

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

В.И.Илькун, Г.А.Ульева

**МАТЕРИАЛТАНУ
ЖӘНЕ ӨНЕРКӘСІП БҰЙЫМДАРЫ
БӨЛШЕКТЕРІНЕ АРНАЛҒАН
КОНСТРУКЦИЯЛЫҚ
МАТЕРИАЛДАР**

1 бөлім

Алматы, 2017

УДК 620(075.8)
ББК 30.3я73
И 45

*Рекомендовано к изданию в качестве учебного пособия
Ученым советом «Карагандинского государственного
индустриального университета»*

Рецензенттер:

- Канаев А.Т.** – Л.Н.Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университетінің «Стандарттау және сертификациялау» кафедрасының меңгерушісі, техника ғылымдарының докторы, профессор (Астана қ.)
- Ким В.А.** – Ж.Әбішев атындағы Химия-металлургиялық институты) СМК «Шойын металлургиясы және отын» зертханасының меңгерушісі, техника ғылымдарының докторы, профессор (Қарағанды қ.)

Илькун В.И., Ульева Г.А.

- И** **Материалтану және өнеркәсіп бұйымдары бөлшектеріне арналған конструкциялық материалдар:** 2 бөлімді анықтамалық-әдістемелік құрал. 1-бөлім – Машина бөлшектеріне арналған дайындаманың физика механикалық сипаттамалары және жасау технологиясы / В.И.Илькун, Г.А.Ульева – Алматы: «Бастау», 2017. – 440 бет.

ISBN 978-601-281-222-0

Анықтамада машина бөлшектеріне арналған конструкциялық материалдардың негізгі қасиеттері және сипаттамалары, конструкциялық материалдардың құрылымы, жартылай дайын өнімдер және шойынды дайындамалар, құйма болаттарға сипаттамалар берілген, қысыммен өңдеумен алынған машина бөлшектеріне арналған дайындамалар және жартылай дайын өнімдердің сипаттамалары, түсті металдар және олардың негізіндегі қорпалардың сипаттамалары, түсті металды қортпалы құймалар, композициялық және металды емес матреилалдардың сипаттамалары қарастырылған. Өртүрлі пайдалану және температуралық тәртіпте жұмыс жасайтын машина бөлшектерін құрастыруға арналған негізгі шарттар ұсынылған.

Кітап жобалау-конструкциялық ұйымдар және кәсіпорындардың инженер-конструкторлары, инженер-механиктер және инженер-технолог мамандарға арналған. **Бұл басылым жоғарғы оқу орындары және колледждердің механикалық, машинажасау мамандықтарында оқитын студенттер, магистранттарға негізгі материал ретінде пайдалануға ұсынылады.**

УДК 620(075.8)
ББК 30.3я73

ISBN 978-601-281-221-3 (общ.)
ISBN 978-601-281-222-0 (1 часть)

© Илькун В.И., Ульева Г.А., 2017
© «Бастау», 2017

Мазмұны

Кіріспе	8
1 Бөлім. Машина бөлшектеріне арналған конструкциялық материал ретіндегі болат	11
1.1. Металды және металды емес қоспаларды бағалау және болаттың сапалы сипаттамасына олардың әсер етуі	11
1.1.1. Болат қасиетіне және құрылымына көміртектің әсері ..	11
1.1.2. Болат қасиетіне тұрақты қоспалардың әсері	11
1.1.3. Машина бөлшектеріне арналған болаттарға қатысты талаптар	14
1.2. Конструкциялық болаттардың жіктелуі.....	17
1.2.1. Кіріспе түсініктер.....	17
1.2.2. Көміртекті конструкциялық болаттар	18
1.2.3. Легірілген конструкциялық болаттар	22
1.2.4. Төмен легірілген құрылысты болаттар	23
1.2.5. Арматуралық болаттар	26
1.2.6. Салқындай штамптауға арналған болаттар.....	27
1.2.7. Цементтелетін болаттар	28
1.2.8. Жақсартылатын болаттар	32
1.2.9. Кесумен жоғары өңделетін болаттар	39
1.2.10. Жоғары берікті мартенситті ескіретін болаттар.....	42
1.2.11. Жоғары берікті созылымдылығы жоғары болаттар.....	43
1.2.12. Серіппелі-рессорлы болаттар	44
1.2.13. Шарикті подшипниті болаттар	47
1.2.14. Тозуға төзімді болаттар.....	49
1.2.15. Тоттануға және ыстыққа төзімді болаттар және қорtpалар	50
1.2.16. Криогенді болаттар	63
1.2.17. Ыстыққа берікті болаттар	64
1.3. Инструменталды болаттар және қатты қорtpалар.....	74
1.3.1. Кесу инструменттеріне арналған болаттар	75
1.3.2. Жылдам кесу болаттары	77
1.3.3. Өлшеу инструменттеріне арналған болаттар	83
1.3.4. Штапты болаттар	84
1.3.5. Инструменталды қатты қорtpалар.....	95
1.3.6. Қаттылығы жоғары материалдар	105
1.4. Ерекше физикалық қасиетті болаттар және қорtpалар	106
1.4.1. Қысқаша жіктеу.....	106

1.4.2. Магнитті болаттар және қортпалар	107
1.4.3. Металды шынылар (сынғышты қортпалар).....	111
1.4.4. Қыздыру элементтеріне арналған электрлі кедергілігі жоғары болаттар және қортпалар.....	114
1.4.5. Сызықты кеңейу және иілімді қасиетті берілген температуралық коэффициентті қортпалар	121
1.4.6. «Қалыпты жады» әсерлі қортпалар	130
1.5. Конструкциялы ұнтақты материалдар және бұйымдария	131
1.5.1. Жалпы сипаттамасы	131
1.5.2. Кеуекті материалдар.....	132
1.5.3. Конструкциялық материалдар	134
1.5.4. Электртехникалық материалдар.....	136

2 Бөлім. Қысыммен өңдеумен алынатын машина бөлшектеріне арналған қара металды дайындамалар

және жартылай дайын өнімдер	138
2.1. Болатты дайындамалар жіктелесі	138
2.2. Бастапқы материалдар және оларды соғу, штамптауға дайындау	142
2.3. Шыңдалғы жіктелесі	161
2.4. Соғу және штамптау әдістері.....	164
2.5. Салқындай көлемді штаптау процестерінің сипаттамасы және жіктелесі	172
2.5.1. Жалпы жүйелеу.....	172
2.5.2. Салқындай штамптау тәсілдері.....	185
2.6. Табақты штамптау	190
2.6.1. Жалпы түсініктер	190
2.6.2. Табақты штамптау технологиясы	190
2.6.3. Созуа.....	193
2.6.4. Табақты штамптау кезіндегі престеусіз операциялар ..	196
2.7. Ыстықтай көлемді штамптау.....	197
2.7.1. Жалпы сипаттама.....	197
2.7.2. Ыстықтай көлемді деформациялау тәсілдері.....	197
2.7.3. Көлемді штамптау.....	199
2.7.4. Сұйық металды штамптау.....	201
2.8. Еркін соғу	201
2.8.1. Жалпы сипаттама.....	201
2.8.2. Еркін соғудың негізгі опреациялары.....	203
2.9. Металды илектеу (таптау).....	206
2.9.1. Жалпы анықтамалар.....	206

2.9.2. Илектеу (таптау) технологиясы	208
2.9.3. Илектеу (таптау) стандарты	210
2.9.4. Біліктерді калиберлеу	215
2.9.5. Таптаманы қолдану және бұйымдар түржиыны	216
2.9.6. Илектеу (таптау) өндірісіндегі технологиялық опреациялар.....	218
2.9.7. Тігіссіз құбырларды илектеу (таптау) және арнайы профилдер	221
2.10. Созу	222
2.11. Престеу.....	224
2.12. Пластикалық деформациялау алдында металды қыздыру	227
3 Бөлім. Шойынды құймалар	232
3.1. Шойын маркасы және оның негізгі механикалық қасиеттері	232
3.2. Сұр шойынды маркалар жіктемесі.....	234
3.3. Сұр шойынды құймалар сипаттамасы және қолданыс аумағы	238
3.4. Сұр шойынды құйманың қасиетіне химиялық құрамның әсері	249
3.5. Жоғары берікті шойынды құйманың сипаттамасы және қолданыс аумағы	250
3.6. Жоғары берікті шойынды құйманың қасиетіне химиялық құрамның әсері	266
3.7. Соғылған шойынды құймалар сипаттамасы және қолданыс аумағы	269
3.8. Соғылған шойынды құймалар қасиетіне химиялық құрамның әсері	277
3.9. Шойынның тозу төзімділікті сипаттамасы	279
3.10. Ванадийлі және Шарпи қағидасын қанағаттандыратын легіріленген кейбір басқа шойындар.....	286
3.11. Ыстыққа төзімді шойындар	291
3.12. Тоттануға төзімді шойындар.....	309
3.13. Магнитті емес шойындар.....	315
3.14. Қарсы фракциялық шойындар	316
3.15. Конструкциялық алюминді шойындар сипаттамасы және оның химиялық құрамының құйма қасиеттеріне әсері	317
3.16. Шойынды құймаларды алудың технологиялық ерекшеліктері.....	319

4 Бөлім. Түсті металдар және олардың негізіндегі қортпалар ..	322
4.1. Кіріспе түсініктер.....	322
4.2. Алюминий және оның негізіндегі қортпалар	322
4.2.1. Алюминидің физика-химиялық қасиеттері	322
4.2.2. Алюминий қортпаларының жіктемесі және таңбалануы.....	323
4.2.3. Термиялық өңдеумен беріктендірілмейтін деформацияланатын алюминий қортпалар	326
4.2.4. Термиялық өңдеумен беріктендірілетін, деформацияланатын алюминийлі қортпалар.....	327
4.2.5. Алюминді қортпаларды термиялық өңдеу	330
4.3. Магний және оның негізіндегі қортпалар	332
4.3.1. Магнийдің физика-химиялық қасиеттері.....	332
4.3.2. Магний негізіндегі қортпалардың сипаттамалары	333
4.3.3. Деформацияланатын магний қортпалары	334
4.4. Титан және оның негізіндегі қортпалар	335
4.4.1. Титанның физика-химиялық қасиеттері	335
4.4.2. Титан негізіндегі қортпалардың сипаттамалары	335
4.4.3. Деформацияланатын титанды қортпалар.....	337
4.5. Мыс және оның негізіндегі қортпалар.....	338
4.5.1. Мыстың физика-химиялық қасиеттері	338
4.5.2. Мыс негізіндегі қортпаларды таңбалау.....	340
4.5.3. Латуни	341
4.5.4. Латуни қасиетіне қоспалардың әсері	343
4.5.5. Латунды термиялық өңдеу.....	344
4.5.6. Латунийді дәнекерлеу және пісіру	346
4.5.7. Қолалар	347
4.5.8. Қоланы термиялық өңдеу.....	354
4.5.9. Мысты-никельді қортпалар.....	354
4.6. Никель және оның негізіндегі қортпалар.....	356
4.6.1. Никельдің физика-химиялық қасиеттері.....	356
4.6.2. Никель негізді қортпалар	356
4.7. Сырғанау подшипниктеріне арналған подшипникті қортпалар	357
4.7.1. Жалпы мәдіметтер	357
4.7.2. Қалайлы және қорғасынды баббиттер.....	359
4.7.3. Мырышты қарсы фрикциялы қортпалар.....	360
4.7.4. Алюминді қарсы фрикциялы (подшипникті) қортпалар	361

5 Бөлім. Композициялық және металды емес конструкциялық материалдар	362
5.1. Металды матрицалы композициялық материалдар.....	362
5.1.1. Жалпы мәліметтер.....	362
5.1.2. Талшықты композициялық материалдар.....	364
5.1.3. Дисперсті-беріктендірілген композициялық материалдар.....	365
5.2. Металды емес материалдар.....	366
5.2.1. Металды емес материалдар жайлы жалпы мәліметтер.....	366
5.2.2. Полимерлер жіктемесі.....	367
5.2.3. Полимерлер қасиеті.....	371
5.3. Пластикалық массалар.....	374
5.3.1. Жалпы мәліметтер.....	374
5.3.2. Пластмасса жіктемесі.....	376
5.3.3. Термопластичные пластмассы.....	377
5.3.4. Терморективті пластмассалар.....	388
5.3.5. Газды толықтырылатын пластиктер.....	392
5.3.6. Конструкциялық материал ретінде пластмасса ерекшеліктері.....	395
5.4. Металды емес матрицалы композициялық материалдар.....	397
5.4.1. Жалпы жіктемесі.....	397
5.4.2. Карботалшықты жіптер (көмірлі пластиктер).....	399
5.4.3. Бороталшықты жіптер.....	403
5.4.4. Органикалық талшықты жіпті.....	404
5.5. Синтетикалық эластомерлер.....	405
5.5.1. Жалпы мәліметтер.....	405
5.5.2. Жалпы қолданысты резиналар.....	406
5.5.3. Арнайы қолданысты резиналар.....	407
5.6. Желімді материалдар және герметиктер.....	410
5.6.1. Жалпы мәліметтер.....	410
5.6.2. Желімдер жіктемесі.....	413
5.7. Герметиктер.....	418
5.8. Органикалық емес шынылар.....	420
5.8.1. Жалпы мәліметтер.....	420
5.8.2. Шынының жалпы сипаттамасы.....	422
5.8.3. Техникалық шыныны пайдалану.....	423
5.8.4. Шынының әртүрлі түрлері.....	424
5.9. Керамикалық материалдар.....	426
5.9.1. Жалпы мәліметтер.....	426

5.9.2. Таза тотықтар негізіндегі керамикалар	427
5.9.3. Оттексіз керамика	428
5.10. Ағашты материалдар	432
5.11. Лакты бояулар және қосымша материалдар	433
5.11.1. Лакты бояу материалдары	433
5.11.2. Қосымша материалдар	434
Қолданылған әдебиеттер тізімі	436

Кіріспе

Барлық металдар және қорtpалар екі топқа бөлінеді. Темір және оның негізіндегі қорtpалар (болат шойын) қара түсті металдар, ал қалған металдар (Be, Mg, Al, Ti, Cr, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, W, Au, Hg, Pb және т.б.) және олардың қорtpалары – түсті деп аталады.

Қара түсті металдар кеңінен қолданылады. Темір негізінен болаттың (материалдардың) 90% кем емес мөлшері жасалады. Түсті металдармен салыстырғанда темір және оның қорtpаларының бағасы қымбат емес.

Қатты және жартылай сұйық күйдегі металдардың жылу- және электрөткізгіштігі жоғары, электркедергілігінің температуралық коэффициенті төмен. Металдардың көптеген бөлігінің өткізгіштігі жоғары. Сонымен бірге барлық металдар жақсы деформацияланады.

Нақты бөлшектер үшін конструкционды материалды, материал маркасына дұрыс таңдауға тәуелді салмақ, беріктілік, жобаланатын бөлшектер сенімділігі, осы бөлшектер қайда орналасуына қатысты жинамалы бірлік таңдап алынады. Конструкционды материалдарды дұрыс таңдау үшін оның қасиетін, механикалық сипаттамасын, жұмысшы температура диапазонын жетік білу керек, сонда таңдап алынған конструкциялық материалды бөлшек дұрыс жұмыс жасайды. Осы тәртіпке сәйкесті жұмыс жасау жағдайына тәуелді температуралық тәртіп және конструкциялық материал анықталады.

Кітапта машина бөлшектеріне арналған конструкциялық материалдардың негізгі сипаттамалары, конструкциялық материалдардың құрылымы, болат құймасы, шойынды дайындамалар және жартылай дайын өнімдердің сипаттамалары, қысыммен өңдеумен жасалған машина бөлшектеріне арналған дайындамалар және жартылай дайын өнімдер сипаттамалары, түсті металдар және олардың қорtpаларының сипаттамалары, түсті металды құймалар, композициялық және металды емес материалдардың сипаттамалары ұсынылған.

Техникалық прогресс көптеген жаңа машинажасау материалдарының пайда болуына әсер етті. Қазіргі уақытта сериялы өндірілетін (автомобильдер, тракторлар, танктер және т.б.), сонымен бірге ерекше бірегей жасалатын бұйымды (зымыран, серіктестікті жүйелер, жабдықтар), ұзақ уақыт салмақсыздық, төмен температура және т.б. жағдайда жұмыс жасайтын көптеген мөлшердегі конструкциялық мате-

риалдар және әртүрлі қолданысты және пішінді бөлшектердің түрінің көптігіне қатысты, мысалы, осы бөлшек атқаратын қызметке қатысты бөлшек атауы және таңдап алынған материал жайлы максимум мәлімет беретін шартты белгілердің құрлымдық ақпараттылығының арттуына байланысты жүйелеу қажетілігі туындайды. Осы бағыттағы бірінші эзірлемелер осы басылымның авторларының бірімен көптеген жыл бұрын жасалды [1, 2].

Сондықтан осы оқулықта машина бөлшектеріне арналған конструкциялық материалдарды таңдаудағы техника-экономикалық және әдістемелік негіздемелер, илекті профилдер, шыңдалғы, кара және түсті металды құймалы дайындамалар, композициялық және металды емес материалдардың құрылымы және шартты белгілеріне арналған мысалар қарастырылған.

Осы оқу құралының мақсаты – конструкциялық материалдарды және сәйкесті технологияларды таңдауға арналған әдістемелерді, әртүрлі қолданысты бұйымдар жобалау және пайдаланудағы нақты жағдайды ескерумен бір уақытта аралас ғылымдар қатарының жалпы ережеелерімен бірге материалтану білімін бірге пайдаланумен оңтайлы есептерді шешуге қатысты шығармашылық тәсілдерді қолдануды игеруге көмек көрсету.

Авторлар осы кітап бірінші кезекте техникалық жоғарғы оқу орындары және колледждердің магистранттары және студенттеріне қолданысы және күрделі, көлемі бойынша әртүрлі есепті-графикалық жұмыстарды орындау, сонымен қатар жалпытехникалық және арнайы профилді оқу пәндерін игеру кезінде нақты көмек көрсететіне сенеді.

1 БӨЛІМ. МАШИНА БӨЛШЕКТЕРІНЕ АРНАЛҒАН КОНСТРУКЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛ РЕТІНДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН БОЛАТ

1.1. Металды және металды емес қоспаларды анықтау және болаттың сапалық сипаттамасына олардың әсері

1.1.1. Болаттың қасиеті және құрлымына көміртектің әсері

Өндірісті көміртекті болат – химиялық құрамы бойынша күрделі қоспа. Негізі темірден басқа (оның құрамы 97,0÷99,5% шегінде ауытқиды) оның құрамында өндірістік технологиялық (Mn, Si) ерекшеліктерге қатысты көптеген элементтер бар не оларды толығымен одан (S, P, O, N, H), сонымен бірге кездейсоқ жағдайға қатысты (Cr, Ni, Cu және т.б.) бөліп алу мүмкін емес. Бірақта негізгі элемент, ал нақты – көміртек қарапайым көміртекті болатқа арнайы қосылады.

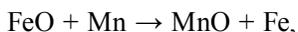
Теміркөміртекті қорпалар < 2,14% құрамды көміртек кезінде **болат** деп аталады.

Көміртектің құрамының көбейюіне қатысты болат құрылымы өзгереді. C < 0,8% кезінде болат құрамында феррит + перлит; C = 0,8% кезінде – перлит; C > 0,8% кезінде – перлит + туынды цементит болады. Болат құрамындағы көміртек құрамының көбейюі беріктіктің жоғарлауына және созылғыштықтың төмендеуіне (1.1 сурет) әкеп соғады. Көміртек құрамының көбейюі сұйықты сынғыштық шегін жоғарлатады және тұтқырлықты аймақта соққы тұтқырлығын азайтады (бұл денеіміз, температура кезінде сұйықтық сынғыштық шегінен жоғары) (1.2 сурет) [1].

1.1.2. Болат қасиетіне тұрақты қоспалардың әсері

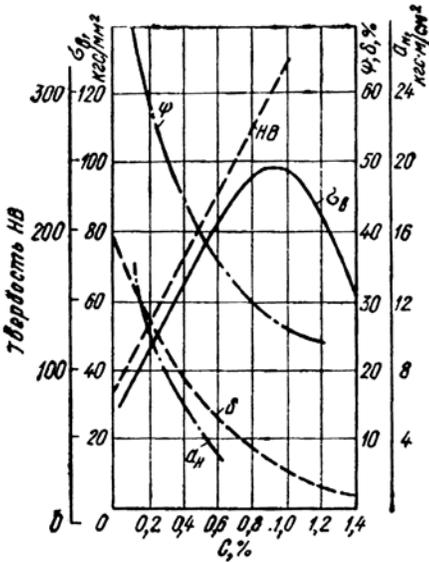
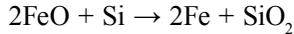
Mn, Si, P, S, сонымен қатар газдар (H, N, O) тұрақты қоспалар. Әдетте осы элементтердің құрамы келесі жоғарғы шекпен шектеледі (%): 0,8Mn; 0,5Si; 0,05P; 0,05S.

Марганец болатқа оттексіздендіру, бұл дегеніміз зиянды қоспаларды, темірдің шала тотығын жою үшін қосылады:

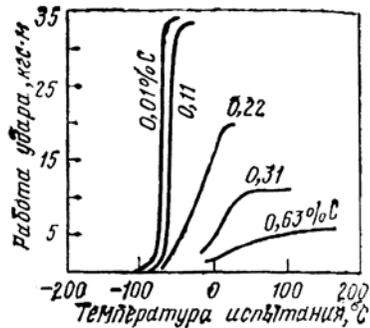


Марганец сонымен бірге зиянды күкіртті темір қосылысын жояды, феррит және цементитте ериді, ыстықтай илектелген өнімдердегі беріктікті жоғарлатады.

Кремнийдің бастапқы қосымы марагнецке ұқсас әсер етеді. Кремний болатты оттекіздендіреді реакция бойынша:



1.1 сурет. Болаттың механикалық қасиетіне көміртектің әсері



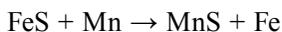
1.2 сурет. Темірдің сұйық сынғыштығына көміртектің әсері

Кремний ферритте толығымен, тек ғана кремнийдің тотығы түрінде шлаққа қалқып шығуға үлгермеген бөлігінен басқа бөлікте ериді және металда силикатты қоспа түрінде қалады.

α -Fe **форсфордың** еруі 1,2% құрайды. Фосфор ферритте ерігенде сынғыштық күйге өтудегі температураны күрт жоғарлатады не басқаша – болатта сұйық сынғыштығы орындалады. Бірақта жеке жағдайда фосфордың болуы шартты, сонымен мысалы, ол кескіш инструментпен болатты өндеуді жеңілдетеді, ал мыс болған кезде тотануға қарсы кедергілікті жоғарлатады.

Фосфор сияқты **күкірт** металға кеннен, сонымен қатар пешті газдардан – жанған отын өнімі O_2 беріледі. Жоғары сапалы болатта күкірт 0,02÷0,03% артық болмау керек. Сұйық металды синтетикалық

шлактармен өңдеумен күкірт құрамын 0,003% дейін азайтуға болады. Күкірт темірде ерімейді және оның кез келген мөлшері көміртекпен – темір сульфид (FeS) қосындысын құрайды, ол 988°C кезінде түзілетін эвтектика құрамында болады, жеңіл бақитын және сынғышты эвтектика, түйіршіктер шекарасы бойынша орналасқан, 800°C және жоғары кезде болат сынғышты болады, бұл қызылды қыздыратын температура ауданы. Бұл құбылыс **қызылбекемдік** деп аталады. Осы құбылысқа байланысты жоғарғы құрамды күкіртті болат ыстықтай қысыммен өңделмейді. Болат құрамында марганецтің болуы күкірттің зиянды әсерін азайтады, сонымен бірге оны сұйық болатқа қосқан кезде реакция марганец сульфидінің түзілуімен орындалады:



Марганец сульфиді 1620°C кезінде, сонымен ол ыстықтай өңдеу температурасына қарағанда өте жоғары температура кезінде балқиды. Ыстықтай өңдеу температурасы кезінде ($800\div 1200^\circ\text{C}$) марганц сульфиді созылғышты және сыртқы күш әсері кезінде сопақшалы линза түрінде созылады.

Сульфидтер созылғышты және сынғышты тотықтармен салыстырғанда ыстықтай өңдеу кезінде деформацияланады, механикалық күштің әсерінен үгіледі және тізбек (FeO , SiO_2 , Al_2O_3 және т.б.) түрінде орналасады. Жауапты бөлшектер үшін осыған ұқсас қоспалар болмау керек, өйткені олар кернеудің шоғырланған орны ретінде қолдануына қатысты динамикалық және қажу беріктігін төмендетеді. Фосфор күкірт сияқтыкөсумен өңдеуді жеңілдетеді. Жалпы жағдайда күкірт болат құрамындағы зиянды қоспа деп саналады.

Газдар. Болат құрамында оны өндіру тәсіліне тәуелді шамалы мөлшердегі сутегі, азот, оттегі болады. Олар α -қатты ертіндіде, әртүрлі қосындыны – **металды емес қоспаны** (нитридтерді, тотықтарды) түзейді. Үлкен мөлшердегі сутегі сутекті қуысты түзейді. Тотықтар және нитридтер металл қасиетін төмендетеді.

Металды емес қоспалар, тотықтар, сульфидтер деформациялану процесінде үзілген жол (тотықтар), не сопақшалы линза (нитридтер) илектеу бағытының бойына бағытталған. Бұл қоспалар ферриттің кристаллизациялану ортасы ретінде қолданылады, нәтижесінде жолақты ферритті-перлитті құрылым түзіледі, илектеудің бойымен және көленең кесілген үлгінің әртүрлі қасиеттеріне қатысты, бұл қасиеттер қатты анизотропиялықты түзейді [2].

1.1.3. Машина бөлшектеріне арналған болаттарға қатысты қойылатын талаптар

Барлық болаттар үш топқа бөлінеді:

- конструкциялық;
- аспапты;
- ерекше физикалық қасиетті болат және қортпалар.

Қандай да бір машина бөлшектерін жасауға арналған болатты таңдау, қажетті конструкциялық беріктік деңгейімен, механикалық, термиялық және химия-термиялық өңдеу, өндіріс көлемі, тапшылықпен, материалдың бағасы және беріктендіру өңдеуінің құнымен анықталады.

Пайдалану талаптары. Болат машинаның жұмыс жасау жағдайын қанағаттандыруы керек, бұл дегеніміз, берілген конструкциялық беріктікті қамтамасыз ету, басында есептеу деректерімен анықталады. Статистикалық беріктігі есептелген бөлшектер салыстырмалы өте аз. Бұл бөлшектерге үлкен бастапқы керумен, жоғары қысымды қазандықтар және кеме бөлшектері, компрессорлар және трубина дискісі баяу жүктелетін аз санды кейбір бөлшектер жағады. Машинаның көптеген бөлшектері уақыт ішінде ауыспалы, кернеу түзілетін жағдайда жұмыс жасайды. Қаттылық шамасы бойынша тұғыр, корпусы машина бөлшектері, білдектер, беріліс қорабының біліктері, білдектер шпинделдері және т.б. есептеледі.

Машина элементтері және конструкциясы төтенше жағдайда, төмен және жоғары температура кезінде, үлкен динамикалық, статистикалық және циклді артық жүктелу кезінде, машина бөлшектерінің бұзылуына әкеп соғатын қауіпті ортаның әсер ету жағдайында жұмыс жасайды. Созылмалы материалдардан жасалған бөлшектердің артық жүктемелеу кезінде созылмалы деформациялану (өстер және біліктердің иілуі, болтардың керілуі, бекіту бөлшектерінде орнату бетінің қосылуы және т.б.) не тұғырлықты бүліну болуы мүмкін, ол барлық бұзылу себептерінің 15÷20% құрайды. Жоғары температура кезінде ұзақ уақыт пайдалануда жылжымалылық есебінен жиі қажет емес деформациялану байқалады. Күрекше және трубин дискілерінің, булы құбыржолдарының материалдарының және басқа бөлшектердің жылжымалылығы олардың жұмыс жасау мерзімін шектейді.

Сынғышты жарықшалардың түзілуі төмен пайдалану температуралары кезінде, жарықша түріндегі бастапқы ақаулықтар, жоғары қалдықты кернеу, сонымен бірге тотану және циклді пайдалану

жүктемелері әсерінен статистикалық және динамикалық артық жүктемелердің түзілуінен болады. Кеме, көпір, крандар және құрылыс және жол машиналарының сынғышты бүлінуі әдетте кернеудің шоғырланған аймағында және кейбір атқарымнан кейін басталады. Бұл пайдалану ақаулықтары және бір уақытта мүмкіндікті факторлардың үйлесімділігінің жоғарлау факторының сынғышты бүлінуге қарсы кедергіліктің төмендеуіне әсер етуімен орындалады.

Конструкция жұмысының сенімділігі көптеген жағдайда жарықшаның таралуына материалдың кедергілігімен, бұл дегеніміз, оның бүліну тұтқырлығына қатысты анықталады. Жоғары статистикалық берікті сақтау кезінде сынғышты бүліну кедергілігін жоғарлату, түйіршікті ұсақтаумен, термиялы-механикалық өңдеумен, болатты зиянды қоспалардан тазартумен орындалады.

Сокқы тұтқырлығының, бүліну тұтқырлығының жоғарғы мәнін, сұйықтық сынғыштықтың төменгі шегін (төмен температура кезінде жоғары жылдамдықты жүктемемен жұмыс жасайтын және кернеу концентраттары кезінде) қажет ететін бұйымдар үшін ұсақ түйіршікті, никель және молибденмен легіріленген қалыпты болатты қолдану керек.

Тісті доңгелектердің, біліктер, теміржолды вагондар өстері, иінді біліктер, штоктар, көлікті және жүккөтергішті машиналар рамасы, дәнекерленген қосылыс және көптеген басқа бөлшектер және конструкциялар қажу кедергілігімен анықталады.

Шоғырланған кернеу біліктің бір қимасынан екіншіге өту кезінде галтелдер, тістегергіш тісінің табанында, бұранда түбіндегі жырақша, шпонды паза маңайында, бөлшектердегі тесік жанында, тілік түбінде және т.б. түзіледі. Шоғырланған кернеулерді азайту үшін бөлшектерге баяу кесіндеумен ішкі бұрыштарды домалату, жүксіздендіру жырақшаларын (тесіктер) қолдану керек, шоғырланған кернеу көздерін номиналды аз кернеулер аймағында не әртүрлі көздерге қатысты жергілікті кернеулерді максимум ығыстыру керек.

Бөлшек бетіндегі сығу кернеуі қажу жарықшасының түзілуіне қиындық тудырады, төзімділік және өміршеңдік шегінің жоғарлауына әкеп соғады. Төзімділік шегінің жоғарлауына және кернеу шоғырландырушыларының әсерін азайту үшін бөлшектің осы бөлігінде сығу кернеуін түзейтін бетті беріктендіруде индукциялық қыздыру кезінде шынықтыруды, химия-термиялық өңдеу, созылмалы бетті деформациялануды және басқа да технологиялық процестер кеңінен қолданылады.

Машина бөлшектерінің көптеген істен шығуының (80÷90% дейін) көбі, өлшемдердің дәлділінің жоғалуы, п.э.к. төмендеуімен және ауыспалы жүктеме амплитудасының жоғарлауы әртүрлі түрдегі тозу нәтижесінен қажу бүлінуін түзейді. Тозудың азайуы үйкеліс тораптарының дұрыс конструкциясымен (тіреудегі үйкеліс түрін таңдау, майлау жүйесі, ауаны және майлау жүйелерін тазалауға арналған қондырғыны жасау), тозуға бекемді материалдарды пайдаланумен, бетті шыңықтырумен, химия-термиялық өңдеумен, тозуға бекемді қортпаны ертіп дәнекерлеумен, бетке интридтер не карбидтер және т.б. жұқа қабатын жағумен орындалады. Мұндай бөлшектерге: тербеліс подшипниктері, доңгелектер тісі, теміржол доңгелегі және қажу тозуына (қажу түйісуі) икемді көптеген бөлшектер жатады.

Түйісу төзімділігінің жоғарлауы беттерді беріктендіру, материал беріктігінің шегінің жоғарлауымен, түйісу аймағындағы жүктеменің төмендеуімен, бетті тазалықты жақсартумен, сонымен бірге май тұтқырлығын жоғарлатумен орындалды.

Технологиялық талаптар. Болат бөлшекті жасау кезінде аз еңбексыйымдылықты талаптарды қанағаттандыруы керек. Оның ішінде, болат қысыммен және кесумен жақсы өңделуі керек, сондықтан келесі беріктендіру процестерін ескерумен, дайындаманы алын-ала термиялық өңдеу тәртібін дұрыс таңдауға қатысты ерекше мәнге ие болады.

Экономикалық талаптар. Материал, барлық шығындарды ескерумен, тек ғана болат бағасымен бірге ғана емес, сонымен бірге бөлшекті жасаумен және ең соңында, машинада жұмыс жасайтын бөлшектердің пайдалану бекемділігімен мүмкіндігінше арзан болуы керек. Бірінші кезекте ең қымбат емес көміртекті не төмен легіріленген болатты таңдау керек. Құрамында тапшы Ni, Mo, W және басқа элементтер бар қымбат легіріленген конструкциялы болаттар, тек ғана мына жағдайда, егер бұйымға қойылатын талаптар арзан болатты қанағаттандырмаған жағдайда ғана қолданылады. Легіріленген болаттар, егер қажетті сенімділік және ұзақмерзімділікті қамтамасыз етуді талап ету (сұйық сынғыштық шегі төмен жоғары, шынықтырылу, қажу кедергілігі, тозу бекемділігі және т.б.), ерекше қасиеттерді алу (готтану бекемділігі, ыстыққа беріктілік, магнитті қасиеттер және т.б.), технологиялық қасиеттерді жақсарту (кесумен өңдеу, штамптау және т.б.), сонымен бірге дайын өнімнің бірлігінде металл шығынын төмендету не машина қуатын жоғарлату қажет жағдайда қолданылады. Легіріленген болатты қолдану техникалық және экономикалық тұрғыдан тиімді және егер

ол бөлшектердің ұзақмерзімділігін жоғарлату есебінен экономикалық тиімділікті және қорлы бөлшектер шығынын төмендету есебінен металды илекті үнемдеуге мүмкіндік берген жағдайда ғана мүмкін болады.

Материалдарға қойылған осы талаптар жиі қарама-қайшы болады. Сонымен мысалы, берік материалдар технологиялығы кем, кесу, салқынды көлемді штампау, дәнекерлеу және т.б. кезінде өңдеу қиын. Әдетте материалды таңдау кезіндегі шешім болатқа қатысты қойылатын аталған талаптар арасындағы келісушілік жағдайында қабылданады. Жалпы машинажасауда технологияларды жеңілдету және бөлшекті жасау процесінде еңбексыйымдылығын төмендетуге, кейбіреуі қасиетті жоғалтуға не бөлшек салмағын жоғарлатуға бағытталған. Машинажасау саласындағы беріктік (не меншікті беріктік мәселесі) негізгі рөл атқаратын арнайы салаларында материалды таңдау және келесі термиялық өңдеу технологиясы максималды пайдалану қасиетіне жету жағдайына қатысты қарастырыуы керек. Сонымен бірге машинаның өзінің ұзақмерзімділігіне қатысты қатынас бойынша бөлшектердің артық ұзақмерзімді қолдануына ұмтылуға болмайды [1].

1.2. Конструкциялық болаттар жіктемесі

1.2.1. Кіріспе түсініктер

Конструкциялық болаттар машина бөлшектерін (машинажасау болаттары), конструкция және ғимаратты (құрылысты болаттар) бөлшектерді жасау үшін қолданылады. Конструкциялық болат сұйық сынғыштық шегі төмен және сынғышты бұзылуға кедергілікті, жоғары созылмалғы үйлескен, машина бөлшектерін және конструкцияны есептеу кезіндегі негізгі сипаттамасы болып саналатын қатты, сенімді, ұзақмерзімді қолданысты, сонымен бірге аққыштық шегі жоғары, болу керек. Бірқатар жағдайда болаттың тотану не ыстықты беріктігі жоғары болу талап етіледі. Бұйымның ұзақмерзімді жұмыс жасауы қажу кедергілігі, төзу және тоттануға тәуелді болады. Осының барлығы болаттың конструкциялық беріктігін анықтайды. Конструкциялық болаттың сәйкесті технологиялық қасиеттері: қысыммен (илектеу, соғу, штампау және т.б.) және кесумен жақсы өңделеді, ажарлау жарықшақтары түзілмейді, шындалуы жоғары және көміртексізденуге, шынықтыру кезінде жарықшаның түзілуі

және деформациялануға қабілеттілігі аз. Құрылысты конструкциялық болаттар дәнекерлеудің барлық түрі бойынша жақсы дәнекерленеді.

Бұл болаттардың артықшылығы олардың құрамын өзгерту және өңдеумен қажетті қасиеттер кешенін алу мүмкіндігі саналады.

Конструкциялық болаттар өз кезегінде: көміртекті; легірленген; құрылысты; арматуралы; салқындай штамптауға арналған болаттар; легірленген цементтелетін; жақсартатын; кесумен өңделуі жоғары болаттар; мартенситті-ескіретін жоғары берікті; жоғары созылмалы жоғары берікті; рессорлы-серіппелі; шарикті подшипникті; төзуға бекемді; тотану-бекемді және ыстыққа бекемді; криогенді; ыстыққа берікті болып бөлінеді.

1.2.2. Көміртекті конструкциялық болатта

Қорту тәсілі бойынша көміртекті болаттар жіктемесі. Көміртекті болаттар оттекті-конверторлы тәсілмен, ең сапалы көміртекті болаттар – доғалы электрлі пештерде қортылады. Соңғы уақытта Қазақстанда толассыз құю тәсілімен болаттарды өндіру басталды. Қорту кезінде болаттың оттекісіденуі дәрежесіне тәуелді:

– тынышты, пеште (шөміште) алюминий, кремний марганецпен толық оттекісідендірумен алынады;

– жартылай тынышты, аратылқты түрдегі болаттар; бұл болаттар тек ғана алюминий және марганецпен оттекісідендіріледі;

– қайнаған, тек ғана марганецпен оттекісідендірілген, олардың құрамындағы FeO мөлшері жоғары, олар көміртегімен реакцияға түседі, CO түзейді. Металдан осы көпіршіктер бөлінген кезде, болат қайтап жатқан сияқты көрініс болады. Осындай болаттарды таңбалау кезінде «сп», «пс», «кп» әріптерімен белгіленеді.

Сапасы бойынша көміртекті болаттар жіктемесі:

– қалыпты сапалы болат (380-88 МЖСТ) негізінен оттекті конвертерде қортылады. Бұл болаттар «Ст.» әріптерімен 0 ден 6 дейінгі нөмірмен (Ст.1, Ст.2) белгіленеді. Осындай болаттардан ыстықтай тапталған сортты илек (арқалық, швеллерлер, бұрыштар, шыбықтар, сонымен бірге салыстырмалы үлкен емес кернеумен жұмыс жасайтын табақтар, құбыр және шыңдалғы) жасалады. Оларды құрылысты, дәнекерленген, бекіту және болтты конструкцияларда (арқалық, ферма, көтеру крандарының конструкциясы, аппараттар ыдыстар корпусы, қаңқа және т.б.), сонымен бірге газ жауапты машина бөлшектерде (1.1 кесте) қолданады.

Болат 3 топқа бөлінеді: А, Б, В.

А тобындағы болат құрамы рәсімделмейді. Осы топтағы болаттар жеткізу күйінде (тұтынушылар оларды дәнекерлеу және қысыммен өңдемейді) қолданылады, сондықтан механикалық қасиеттері бойынша (аққыштық шегі, беріктік шегі, ұзаруы салыстырмалы) жеткізіледі. Болат нөмірінің жоғарлауына байланысты беріктік жоғарлайды, созылымдылық азайады.

1.1 кесте

Қалыпты сапалы көміртекті болатты қолдану саласы

Болат маркасы	Қолданысы
1	2
Ст0, БСт0	Дәнекерленген және дәнекерленбеген конструкцияның есептелмейтін, жауапты емес элементтері және жауапты емес бөлшектер: төсеніштер, арматуралар, қоршаулар, баспалдақ марштар, төсемдер, шайбалар, қаптамалар, жапсырмалар, және т.б.
Ст1, БСт1	Жоғары және төмен қаттылықты қажет ететін байланыс қосылыстары, анкерлі бұрандалар, қатты байланыс, жауапты емес арматура және т.б.
Ст2сп, Ст2пс, Ст2кп	Терезелі және шамды (фонарь) қапсырмаалар, жауапты емес қолданысты дәнекерленген конструкциялар элементтері, тойтармалар, анкерлі бұрандалар. Цементтелгеннен және нитроцементтелген кейінгі – шамалы жүктемемен үйкелісте жұмыс жасайтын жауапты еме бөлшектерге арналған
Ст3сп, Ст3пс, БСт2пс, БСт3сп, ВСт3сп, ВСт3пс, ВСт3кп, ВСт3Гпс	Ыстықтай тапталған күйде – сортты, пішінді және табақты илек түріндегі құрылысқа арналған және басқа есептелген конструкциялар, дәнекерленген: арқалықтар, фермалар, ернеушілер, түптер, жарықшалар конструкциясы, қысым астында жұмыс жасайтын ыдыстар және аппараттар конструкциясы, булы қазандықтар қаңқасы; термиялық өңделмейтін сәйкесті емес айырлар, өстер, төлкелер, төсемдер, иінтіректер, гайкалар, шайбалар, салпыншақтар, қамыттар және басқа бөлшектер. Бет қаттылығы жоғары және өзекшенің беріктігі жоғары еместікті қажет ететін: айырлар, поршенді саусақ, итергіштер, тістегергіштер, червяк және т.б. цементтеу және цианирлеу

1	2
БСт4пс, БСт4сп, БСт4кп Ст4сп, Ст4пс, ВСт4сп, ВСт4пс	Ыстықтай илектелген күйде – сортты, пішінді, табақты илекті дәнекерленген, жабыстырылған және бұрандалы конструкциялар; аз жүктелетін бөлшектерге арналған: біліктер, өстер, тістегергіштер, төлкелер, төсемдер, иінтіректер, гайкалар, шайбалар, салпыншақтар, қамыттар, червяктер және т.б. бөлшектер – жақсартылған күйдегі және термиялық өңделмеген. Бет қаттылығы жоғары және өзекшенің беріктігі жоғары еместікті қажет ететін: айырлар, поршенді саусақтар, тіреулер, итергіштер, тістегергіштер, червяк және т.б. цементтеу және цианирлеу
БСт5пс, БСт5сп, ВСт5сп	Үлкен емес кернеу әсер ететін машина бөлшектері: бұрандалар, гайкалар, біліктер, өстер, ілмектер, жұлдызшалар, иінтіректер, тарқыштар, арматура-лар, рессор салпыншағы, подшипниктер тіреулері және ыстықтай илектелген және термиялық өңделген күйдегі басқа бөлшектер
БСт6пс, БСт6сп	Жоғары берікті бөлшектер: өстер, біліктер, сына-лар, тарқыштар, фланцтер, керу сақиналары, тракты саусақтар, балғалар тоқпақтары, шпинделдер, құрылыс металл сынықтары және т.б.

Б тобындағы болаттар химиялық құрамы бойынша жеткізіледі, олар әрі қарай тапсырыс берушіге қажетті механикалық қасиеттер кешенін алу мақсатында әртүрлі термиялық өңдеуден өткізіледі. Механикалық қасиеттер рәсімделмейді.

В тобындағы болаттар химиялық құрамы және механикалық қасиеттері бойынша рәсімделеді. Осы топтағы болаттар тұтынушы-ларға жеткізілгеннен кейін дәнекерленеді. Осындай болаттардың қасиеті дәнекерленген тігіс маңында ғана өзгереді.

– **сапалы болаттар** (1050-88 МЖСТ). Оларға химиялық құрамы және құрылымы бойынша қажетті жоғары талаптар қойылады: құрамындағы $S \leq 0,04\%$, $P \leq 0,035 \div 0,04\%$, металды емес қоспалар мөлшері аз, макро- және микроқұрлымы рәсімделеді. Сапалы көміртекті болаттар 08, 15, 20, ..., 85 сандарымен таңбаланады, олар жүздік үлес пайызындағы көміртектің орташа құрамын көрсетеді.

– **жоғары сапалы болаттар**. Бұл болаттарда аз мүмкіндікті күкірт және фосфор ($S \leq 0,035\%$; $P \leq 0,035\%$). құрамын алу көзделеді.

Жоғары сапалы болаттарды белгілеуге арналған болат маркасының соңында «А» әрпі (мысалы, У10А) жазылады.

Көміртек құрамы бойынша көміртеккі болаттар жіктемесі:

– **төмен көміртеккі** (көміртек құрамы <0,25%) 05кп, 08, 07кп, 10, 10кп маркалы болаттар беріктігі жоғары емес және созылмалығы жоғары болады. Бұл болаттарды термиялық өңдеусіз аз жүктелетін бөлшектер ретінде қолданылады. Жұқатабақты салқындай илектелген аз көмерітекті болаттар бұйымдарды салқындай штамптау үшін қолданылады. 15, 15кп, 20, 25 маркалы болаттар қалыптандырылған күйде жиі термиялық өңдеусіз қолданылады. Аз көміртеккі сапалы болаттар отандық дәнекерлеген конструкциялар, сонымен бірге цементтеумен беріктендірілетін машина бөлшектері үшін қолданылады.

Көміртеккі болаттардың механикалық қасиеттері 1.2 кестеде келтірілген.

1.2 кесте

Көміртеккі болаттардың механикалық қасиеттері

Болат маркасы	Аққыштық шегі σ_T , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Үзілудегі уақытша кедергілік σ_B , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Салыстырмалы ұзару δ , %	Салыстырмалы тарылу ψ , %
1	2	3	4	5
08	196 (20)	320 (33)	33	60
10	205 (21)	330 (34)	31	55
15	225 (23)	370 (38)	27	55
20	245 (25)	410 (42)	25	55
25	275 (28)	450 (46)	23	50
30	295 (30)	490 (50)	21	50
35	315 (32)	530 (54)	20	45
40	335 (34)	570 (58)	19	45
45	355 (36)	600 (61)	16	40
50	375 (38)	630 (64)	14	40
55	380 (39)	650 (66)	13	35
58 (55пп)	315 (32)	600 (61)	12	28
60	400 (41)	680 (69)	12	35

– **орташа көміртекті** ($0,3\div 0,5\%C$) 30, 35, 40, 45, 50, 55 маркалы болаттар, машинажасау саласының барлық салалары үшін әртүрлі бөлшектер үшін беті жақсартылған және шынықтырылғаннан, қалыптандырылғаннан кейін қолданылады. Жасытылған күйдегі болат кесумен жақсы өңделеді. Пластиналы перлитті құрлымды эвтектоидке дейінгі болаттар ең жеңіл өңделеді. Болаттардың шыңдалуы (суда шыңдалғаннан кейінгі шекті диаметр $10\div 12$ мм) үлкен емес. Осыған қатысты олар үлкен емес не өте үлкен бөлшектерді жасау үшін қолданылады, бірақта бойлық шыңдауды қажет етпейді. Болаттың шыңдалуын жоғарлату үшін марганецпен (40Г, 50Г) легіренеді.

– **жоғары көміртекті** ($0,6\div 0,85\%C$) 60, 65, 70, 80, 85 маркалы болаттардың беріктігі, тозу бекемдігі жоғары және иілігішті қасиетті. Олар шыңдалғаннан, жасытылғаннан, қалыптандырылғаннан, беті шыңдалғаннан кейін тербелісті және жоғары статистикалық жүктемелер кезінде үйкеліс жағдайында жұмыс жасайтын бөлшектер үшін қолданылады.

– **жоғары көміртекті** ($0,6\div 0,85\%C$) 60, 65, 70, 80, 85 маркалы болаттардың беріктігі, тозу бекемдігі жоғары және иілігішті қасиетті. Олар шыңдалғаннан, жасытылғаннан, қалыптандырылғаннан, беті шыңдалғаннан кейін тербелісті және жоғары статистикалық жүктемелер кезінде үйкеліс жағдайында жұмыс жасайтын бөлшектер үшін қолданылады. Бұл болаттардан серіппелер, рессорлар, шпинделдер, құлыпты шайбалар, илектелген біліктер және т.б. жасалады [1, 2, 3].

1.2.3. Легірленген конструкциялық болаттар

Легірленген болаттар – оларға арнайы қасиеттерді беру үшін химиялық элементтермен легіренеді. Бұл болаттар тракторлы және ауылшаруашылықты машинажасау, автомобильді өндірісте, ауыр және көлікті машинажасау салаларында және аз дәрежеде білдекжасау, инструменталды және өндірісті басқа салаларда қолданылады. Ауыр жүктелетін металконструкциялары үшін кеңінен қолданылады.

Легірленген болаттарда шыңдалудың шекті жылдамдығы аз, шыңдалуы жақсы. Термиялық өңдеуден кейін олардың құрылымы ұсақ түйіршікті және өте дисперсті болады. Болат құрамында легірленген элементтер қаншалықты жоғары болса, соншалықты оның шыңдалуы жоғары болады.

Легірлеуші элементтер ретінде салыстырмалы қымбат емес және тапшы емес элементтер – марганец, кремний және хром қолданылады.

Болаттар, бұл элементтер құрамы, жиі қосымша титан, ванадий, бормен не легіріленеді. Жоғары жүктемелі бөлшектерді жасау үшін болаттар шамалы өте қымбат және тапшы элементтермен, мысалы, никель, молибден, вольфрам, ниобий және т.б. легіріленеді. Легірілетін элементтердің санына тәуелді конструкциялық болаттар үш, төрт компонентті болады. Бұл хромды, хромды никелді, хромникельмолибенді және т.б. (тек ғана темір және көміртекті, олардың құрамына легірлеуші элементтер кіреді).

Легіріленуші деңгейі бойынша, болаттың легірлеуші элементтер құрамындағы кеуек шартты түрде бөлінеді:

- легірлеуші элементтердің 2,5÷5% аз легіріленген;
- легірлеуші элементтердің 10% дейінгі орташа легіріленген;
- легірлеуші элементтердің 10% дейінгі жоғары легіріленген.

Легірлеуші элементтер әріптермен белгіленеді:

А – азот (егер әріп марканы белгілеу ортасында тұрған жағдайда). Егер «А» әрпі марка басында болған жағдайда – болат автоматты, егер марка соңында жазылса – жоғары сапалы. Мысалы, Ас белгіленген болат маркасы – автоматты болат, қорғасымен легіріленген.

Б – ниобий

В – вольфрам

Г – марганец

Д – мыс

Е – селен

К – кобальт

Л – егер «Л» әрпі марка соңында жазылған жағдайда – болат құю тәсілімен жасалған.

М – молибден

Н – никель

П – фосфор

Р – бор

С – кремний

Т – титан

Ф – ванадий

Х – хром

Ц – цирконий

Ч – сирек топырақты

Ю – алюминий

Ш – шарикті подшипникті. Егер «Ш» әрпі марка соңында жазылған кезде болат ерекше жоғары сапалы.

Болат маркасы әріп және сан үйлесімділігімен белгіленеді. Конструкциялық болаттар үшін бірінші екі сан жүздік үлесті пайыздағы орташа көміртек құрамын көрсетеді. Егер легірлеуші элементтер құрамы 1% артық болған кезде, сәйкесті әріптер бүтін бірлікте жазылады. Мысалы, болат 18ХГТ (0,18%С; 1%Cr; 1%Mn; ~0,1%Ti), 12ХНЗ (0,13%С; 1%Cr; 3%Ni) [1, 4].

1.2.4. Құрылысты төмен легіріленген болаттар

Төмен легіріленген қалыңтабақты және кеңжолақты әмбабапты және орамды болат 19282-73 МЖСТ, ал домалақ, квадратты, жолақты

және пішінді – 19281-73 МЖСТ сәйкесті жеткізіледі. Табақ, сортты пішінді илек түріндегі құрылысты болат құрылысты конструкцияны – көпірлер, газды- және мұнай құбыржолдарын, ферм, қазандықтар және т.б. жасау үшін қолданылады. Болат маркасы имарат түріне (конструкция элементі), пайдалану және есептелген температураға, әсер ететін жүктеме сипаты және шамасына және т.б. қатысты таңдалады. Болатты конструкциялар үшін қолданылатын болаттар шартты топқа $\sigma_b/\sigma_{0,2}$ қатысты бөлінеді:

- 380/230 С тобы – қалыпты берікті болат;
- 460/330 С және 520/400 С топтары – беріктілігі жоғары болаттар;
- 700/600 С және 850/750 С топтары – жоғары берікті болаттар.

Төмен легіріленген төменкөміртекті болаттар жақсы дәнекерленеді, дәнекерлеу кезінде оларда салқындай және ыстықтай жарықшалар түзілмейді, дәнекерленген қосылыс және маңайындағы учаскелер (термиялық әсер аймағы) қасиеті, негізгі металл қасиетіне өтке жақын. Қалыпты сапалы көміртекті болатты салыстыру бойынша уақытша кедергілік мәні өте жоғары және жақсы созылмалық сақталған кезде аққыштық шекті, ескіруге қабілеттілігі аз және сынғышты бүлінумен (салқындай сыну шегі төмен) тоттану бекемдігі және тозу бекемдігі жақсы. Төмен легіріленген болаттардың механикалық қасиеттері 1.3 кестеде келтірілген [1, 2].

1.3 кесте

Қалыптабақты және кеңжолақты әмбабапты аз легіріленген болаттардың механикалық қасиеттері

Болат маркасы	Илек қалыңдығы, мм	σ_b , МПа, (кгс/мм ²)	σ_T , МПа, (кгс/мм ²)	δ_5 , %
1	2	3	4	5
09Г2, 09Г2Д	4	441,5 (45)	304 (31)	21
	5÷9		304 (31)	
	10÷20		304 (31)	
	21÷32		294 (30)	
14Г2	4	461 (47)	333,5 (34)	21
	5÷9	461 (47)	333,5 (34)	
	10÷20	451 (46)	323,7 (33)	
	21÷32	451 (46)	323,7 (33)	

1.3 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
12ГС	4	461 (47)	314 (32)	26
	5÷9			
	10			
16ГС	4	490,5 (50)	323,7 (33)	21
	5÷9	490,5 (50)	323,7 (33)	
	10÷20	481 (49)	314 (32)	
	21÷32	471 (48)	294 (30)	
	33÷60	461 (47)	284,5 (29)	
	61÷160	451 (46)	277,5 (28)	
17ГС	4	510 (52)	343,4 (35)	23
	5÷9	510 (52)	343,4 (35)	
	10÷20	490,5 (50)	333,5 (34)	
	4	510 (52)	353 (36)	
17Г1С	5÷9	510 (52)	353 (36)	23
	10÷20		343,4 (35)	
09Г2С, 09Г2СД	4	490,5 (50)	343,4 (35)	21
	5÷9	490,5 (50)	343,4 (35)	
	10÷20	471 (48)	323,7 (33)	
	21÷32	461 (47)	304 (31)	
	33÷60	451 (46)	284,5 (29)	
	61÷80	441,5 (45)	277,5 (28)	
	81÷160	432 (44)	265 (27)	
15ГФ, 15ГФД	4	510 (52)	372,8 (38)	21
	5÷9	510 (52)	372,8 (38)	
	10÷20	510 (52)	353 (36)	
	21÷32	471 (48)	333,5 (34)	
10Г2С1, 10Г2С1Д	4	490,5 (50)	353 (36)	21
	5÷9	490,5 (50)	343,4 (35)	
	10÷20	481 (49)	333,5 (34)	
	21÷32	471 (48)	323,7 (33)	
	33÷60	441,5 (45)	323,7 (33)	

1.3 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
	61÷80	432 (44)	294 (30)	
	81÷100	432 (44)	294 (30)	
15Г2СФ, 15Г2СФД	5÷9	549 (56)	392,4 (40)	18
	10÷20			
	21÷32			
14Г2АФ, 14Г2АФД	4	540 (55)	392,4 (40)	20
	5÷9			
	10÷32			
	33÷50			
16Г2АФ, 16Г2АФД	4	588,6 (60)	441,5 (45)	20
	5÷9	588,6 (60)	441,5 (45)	
	10÷32	588,6 (60)	441,5 (45)	
	33÷50	569 (58)	412 (42)	
18Г2АФпс, 18Г2АФДпс	4	588,6 (60)	441,5 (45)	19
	5÷9			
	10÷20			
	21÷32			

1.2.5. Арматуралық болат

Құрылыстың заманауи әдістері кезінде негізгі құрылыс материалы жиналмалы темірбетон – бұл құрылыс материалы, онда болат және бетонның бірге жұмысы жасауы тиімді үйлескен. Арматуралық темірбетондар конструкцияларында көміртекті не өзекше түріндегі төмен легіріленген болат қолданылады: жылтыр және периодты профильді. Ыстықтай илектелген арматуралық болаттар 5781-82 МЖСТ бойынша, ал термиялық және термомеханикалық өңдеумен беріктендірілген болаттар 10884-81 МЖСТ бойынша жеткізіледі.

Арматуралық болаттардың негізгі сипаттамалары аққыштық шегі, оның шамасы бойынша оның есептеу коэффициенті нормаланады. Аққыштық шегінің жоғарлауы болатты темірбетонды конструкцияларда тиімді қолдануға және құрылысты металды үнемдеуді

қамтамасыз етеді. Юолаттың жеткілікті созылымдылығы күштің қайта таралуын ескерумен жобаланатын конструкция жұмысының сенімділігін жоғарлатады, олардың сынғышты бүлінуінің және уақытынан бұрын күш түсетін қабілетінің жойылуының алдын алады.

Арматуралық өзекшелер механикалық қасиеттеріне тәуелді топтарға бөлінеді. Арматуралық болаттардың механикалық қасиеттері 1.4 кестеде келтірілген.

1.4 кесте

Кейбір арматуралық болаттар тобы және олардың қасиеттері

Болат тобы	Болат маркасы	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
A-I	Ст3 (сп, пс, кп)	380	240	25
A-II	Ст5сп2, 18Г2С	500	300	19
A-III	35ГС, 25Г2С	600	400	14
A-IV	80С, 20ХГ2Ц	900 (800)	600 (600)	6 (7)
A-V	23Х2Г2Т	1050 (1000)	800 (800)	(7)
A-VI	22Х2Г2ЮА, 22Х2Г2Р, 20Х2Г2СР	(1200)	(1000)	(6)

Ескерту: жақшасыз ыстықтай тапталған күйдегі кепілдік берілген қасиеттер, ал жақша ішінде термомеханикалық және термиялық беріктендірілгеннен кейінгі қасиеттер берілген.

Әр топтағы өзекшелердің сондары: A-IV – ақ түсті, A-V – көк түсті, A-VI – сары түсті және A-VII – жасыл түсті бояумен боялады. Термиялық өңделмеген өзекшелер соңы қызыл бояумен боялады [1, 2].

1.2.6. Салқындай штамптауға арналған болаттар

Автомобильді және өнеркәсіптің көптеген салаларында салқындай тапталған қайнатылған болатты 08кп, 08Фкп (0,02÷0,04%V) және 08Ю (0,02÷0,07%Al) маркалардан бөлшектерді жасау үшін салқындай штамптау кеңінен қолданылады. 08кп болат деформациялық ескіруге бейімді, сондықтан ол алюминий және ванадиймен микролегіріледі. Сонымен бірге деформациялық ескірудің алдын алу үшін салқындай

тапталған табақ жасытылғаннан кейін жиі дрессирленеді, бұл дегеніміз, шамалы пластикалық (1÷2%) деформацияланады. Түйіршіктерінің нөмері 6÷8 болат ұсынылады.

Жоғары беріктікті қажет ететін бұйымдарды штамптау үшін төмен лергірленген «екі фазалы» 09Г2С, 09Г2, 16ГФР, 10Г2Ф, 12ХМ маркалы және т.б. 20÷30% мөлшерде бейнит не мартенситті фазаларды беріктендіретін және жоғары созылмалы ферритті матрицадан тұратын құрылымды болаттар қолданылады. Мұндай құрылым бөлшектерді штамптауға арналған табақ қалыңдығын азайтуға, бұл металды үнемдеуге мүмкіндік береді [1, 2].

1.2.7. Цементтелетін болаттар

Цементтелетін бөлшектерге арналған болаттарды таңдаудағы негізгі шарт, өзекшенің механикалық қасиеті, ол шындалу және дайындама қимасының өлшеміне тәуелді болады. Цементтеу (нитроцементтеу) орташа өлшемді тісті дөңгелекті, автомобильдердің беріліс қорабының біліктерін, жылдам жүрісті білдектер біліктерін, шпинделдер және машинаның көптеген басқада бөлшектерін беріктендіру үшін қолданылады. Цементтеу тек ғана бетті қаттылықты ғана емес, сонымен бірге бұйымның төзімділік шегін де жоғарлатады. Салыстырмалы аз көміртекті болаттар үшін ең үлкен беріктендіру тиімділігі және ең аз беріктендіру тиімділігі вольфрам не молибденмен легіріленген болаттарда орындалады. Цементтелген бөлшектер беріктігі қаншалықты үлкен болса, соншалықты өзекшелер беріктігі де үлкен болады.

Цементтелген болаттар үш топқа бөлінеді:

- беріктендірілмеген өзекшелі көміртекті болаттар;
- аз беріктендірілген өзекшелі төмен легіріленген болаттар;
- салыстырмалы жоғары легіріленген өзекшелі болаттар, термиялық өңдек кезінде (**жоғары берікті цементтелген болаттар**) қатты беріктендірілген.

Цементтелген (нитроцементтелген) болаттардың химиялық құрамы және механикалық қасиеті 1.5 кестеде келтірілген.

Цементтеумен беріктендірілетін бөлшектерді жасау үшін төмен көміртекті (0,15÷0,25%С) болаттар қолданылады. Болаттардағы легірілеуші элементтер құрамы өте жоғары болмау керек, бірақта өзекше және қажетті қабат бетінің шынығуын қамтамасыз етуі қажет. Марганец және хром өзекшенің және аз дәрежеде цементтелген қабаттың шындалуын жоғарлатады.

Молибден цементтелген қабаттың шыңдалуын қатты жоғарлатады. Түйіршікті ұсақтау үшін цементтелетін болаттар V, Ti, Nb, Zr, Al және N₂ микролегірлейді. Марганец және хроммен салыстырғанда никель және молибденішікі тотықтандыруға бейімді емес, ол цементтелген қабаттың шыңдалуын және механикалық қасиетті төмендетеді.

Цементтелген болаттар қатты жүктемелі (шамалы құрамды көміртекті төмен легіріленген болаттар) күрделі пішінді бөлшектер үшін қолданылады. Цементтелген болаттарға легірлеуші элементтер ретінде Cr, Ni және т.б. қосылады. Қасиеттерге қойылатын талаптар қаншалықты жоғары болса, соншалықты құрамы бойынша күрделі болаттар қолданылады. Өзекшенің бірнеше есе аз созылымдылығы кезінде беріктік қасиет өте жоғары және цементтелген қабаттың беріктігі жақсы болады. Бұл болаттар артық қысуға аз сезімталды; олардың шыңдалуы шамалы. Цементтелген қабатта хром құрамының жоғарлауымен көміртек концентрациясы жоғарлайды, эвтектоидті қабат тереңдігі, ал термиялық өңденуден кейін шыңдалған қабат тереңдігі тереңдейді.

Хромды болатты ванадиймен (0,1÷0,2%V) легірлеу хромды ванадийлі болаттың (20ХФ болат) механикалық қасиетін жақсартады. Олар артық қызуға деген бейімділігі аз. Шыңдалудың аздығына қатысты олар салыстырмалы үлкен емес бұйымдарды жасау үшін қолданылады.

Жоғары меншікті жүктеме кезінде жұмыс жасайтын үлкен емес қималы және күрделі емес пішінді бұйымдар (төлкелер, біліктер, өстер, жұдырықтық муфталар, поршенді саусақтар және т.б.), 15Х, 20Х (~1%Cr) хромды болаттардан жасалады.

Жоғары меншікті жүктеме кезінде жұмыс жасайтын, орташа өлшемді цементтелген бөлшектерді жасау үшін никель қосылған хромникельді (20ХН, 12ХН3А) болаттар қолданылады.

Никель түйіршіктің өсуіне және тұрпайы цементтелген тордың түзілуіне кедергі жасайды, бұйымның өзекшесіндегі болаттың қасиетіне оң әсерін тигізеді. Хромникельді болаттар ұзақ цементтеу кезінде артық қызуға аз сезімталды және бетті қабаттарға артық көміртектенуіне бейімді емес, өзекше және цементтелген қабаттың шынығуы өте жоғары болады. Никельдің тапшылығына қатысты бұл болаттар басқа болаттармен ауыстырылады мысалы шамалы титанды мөлшерлі хромды марганцпен, ол түйіршікті (18ХГТ, 30ХГТ) ұсақтау үшін ғана қосылады. Титан концентрациясы 0,006÷0,12% дейін болады. Вольфраммен (не молибденмен) хромды никельді болаттарды легірлеу артық салқындаған аустениттің тұрақтылығын жоғарлатады,

Цементтелген (нитроцементтелген) болаттардың

Болат маркасы	Элементтер құрамы, %				
	C	Mn	Cr	Ni	Басқа элементтер
1	2	3	4	5	6
<i>Беріктендірілмеген өзекшелі көміртекті болат</i>					
10	0,07÷0,13	-	-	-	-
20	0,17÷0,24	-	-	-	-
<i>Хромды болат</i>					
15X	0,12÷0,18	-	0,8÷1,0	-	-
20X	0,17÷0,23	0,5÷0,8	0,7÷1,0	-	-
<i>Хромды марганецті болат</i>					
18ХГТ	0,17÷0,23	0,8÷1,1	1,0÷1,3	-	0,03÷0,09Ti
20ХГР	0,18÷0,24	0,7÷1,0	0,75÷1,05	-	-
25ХГТ	0,22÷0,29	0,8÷1,1	1,0÷1,3	-	0,03÷0,09Ti
25ХГМ	0,23÷0,29	0,9÷1,2	0,9÷1,2	-	0,2÷0,3Mo
<i>Хромды никельді болаттар</i>					
12ХН3А	0,09÷0,16	0,3÷0,6	0,6÷0,9	2,75÷3,15	-
12Х2Н4А	0,09÷0,15	0,3÷0,6	1,25÷1,65	3,25÷3,65	-
(20Х2Н4А)	0,16÷0,22	0,9÷0,6	1,25÷1,65	3,25÷3,65	-
<i>Хромды марганецті никельді болат</i>					
15ХГН2ТА	0,13÷0,18	0,7÷1,0	0,7÷1,0	1,4÷1,8	0,03÷0,09Ti
<i>Хромды никельмолибденді болат</i>					
18Х2Н4М4 (18Х2Н4В4)	0,14÷0,20	0,25÷0,55	1,35÷1,65	4,0÷ 4,4	0,3÷0,4Mo 0,8÷1,2W

Ескерту: K_v – өңделу коэффициенті.

химиялық құрамы және механикалық қасиеттері

Механикалық қасиеттер				Кесумен өңделуі			Максималды жұмысшы қималы бөлшектер үшін пайдалану, мм
σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ	КСУ, МДж/м ²	НВ	K _v	
МПа	%	МПа	%				
7	8	9	10	11	12	13	14
400	250	35	70	-	-	-	-
470	300	30	60	-	-	-	-
750	650	15	55	1,0	-	-	-
800	650	11	40	0,6	131	1,7	35
1000	900	9	50	0,8	156÷159	1,0	35
1000	800	9	50	0,8	-	-	40÷60
1300÷1500	1000÷1100	9÷10	45÷50	0,6÷0,7	-	-	60÷80
1200	1100	10	45	0,8	205÷215	-	60÷80
950	700	11	55	0,9	156÷205	0,85	60÷80
1150	950	10	50	0,9	177	0,45	100÷200
1300	1100	9	45	0,8	-	-	-
950	750	11	55	1,0	-	-	50÷70
1150	850	12	50	1,0	195÷270	0,7	120 және артық

ал сондықтан үлкен ауыр жүктемелі бөлшектерді дайындауға арналған болаттардың (18X2H4M4 не 18X2H4B4 болат маркасы) шыңдалуыда жоғарлайды.

Ең жоғары легірететін цементтелетін болаттар (12X2H4, 18X2H4B және т.б.) үлкен қималы болаттарды жасау үшін қолданылады. Бұл ең жоғары берікті болаттар.

Хромды марганецті болаттар көптеген жағдайда қымбат хром-никельді болаттар орнына қолданылады. Марганец аустенит тұрақтылығын жоғарлатады, шыңдалудың шекті жылдамдығын төмендетеді және әсіресе эвтектоидке дейінгі болаттың шынығуын жоғарлатады. Бірақта бұл болаттар артық қысуға қатысты аз тұрақты және хромникельді болаттармен салыстырғанда тұтқырлықтары аз болады. Шамалы мөлшерлі титанды қосумен хромды марганецті болаттардың артық қызуға қатысты бейімділігі төмендетіледі.

18ХГТ және 25ХГТ маркалы болаттар автомобильді және тракторлы, сонымен бірге білдекжасау өнеркәсібінде қолданылады. Бұл болаттар газды цементтеу кезінде ішкі тотықтандыруға бейімді, бұл қабаттың шынығуын және төзімділік шегі төмендейді, сондықтан молибденмен легірілген 25ХГМ болат кеңінен қолданылады, ол қабаттың шыңдалуын жоғарлатумен, ішкі тотықтандырудың зиянды әсер етуін жояды және оның максималды қаттылығын қамтамасыз етеді. ХГТ түріндегі болат ішкі тотықтандыру аймағының төмен шыңдалуы әсерінен, ішкі тотықтандыру аймағының зиянды әсерін жоятын арнайы технологиялық шараларды қолдану жағдайы кезінде үлкен жүктемелі бөлшектер үшін ғана қолданылады.

Хромды марганецті болаттардың шынығуын және беріктігін жоғарлату оны никель – хромды марганецті никелді болаттармен легірлеумен орындалады. Осы болаттардан жасалған автомобильді, тракторлы және көмірлі комбайндер агрегатының жұмыс жасау қоры біршама жоғары болады.

Цементтелетін болаттардың беріктігін жоғарлату мақсатында 18ХР, 20ХР және т.б.) бормен (0,001÷0,005%) легіріледі. Бор тек ғана $\leq 0,5 \div 0,6\%C$ құрамды электроидтке дейінгі болаттардың шыңдалуын жоғарлатады, қыздыру кезінде түйіршіктердің өсуіне әсер етеді, бірақта цементтелген қабаттың шыңдалуын жоғарлатпайды. Бормен легірлеу шыңдаудан және төмен жасытудан кейін болаттар қасиетінің беріктігі жоғарлайды, бірақта тұтқырлық және созылу қасиеттері өзгермейді. Бор болатты артық қызуға қатысты сезімлады етеді, сондықтан, мұндай болат, негізінен, тұқым қушылыққа қатысты ұсақ

түйіршікті (түйіршік нөмері $7 \div 10$) болады. Бормен легіріленген болаттар титанмен оның артық қызуға қатысты тұрақтылығын жоғарлатады [1, 2, 5].

1.2.8. Жақсартылатын болаттар

Машина бөлшектерінің көбі (иінді біліктер, біліктер, өстер, штоктар, шатундар, жауапты бөлшектер турбиндер және компрессорлы машиналар) шынықтырудан кейін жоғары жасатылған орташа көміртекті ($0,3 \div 0,5\%$) **жақсартылған болат** деп аталатын болаттардан жасалады.

Машина бөлшектерін жасауға арналған жақсартылған болаттарды таңдау кезінде, мыналарды, олардың шыңдалуын, циклді беріктігін (төзімділік шегі), соққы тұтқырлығын, төзу кедергілігін және т.б. ескеру қажет. Жақсартылған болаттарды таңдау кезіндегі негізгі көрсеткіштер оның шынығуы саналады, ол болаттың химиялық құрамына, біртекті құрылымдылыққа және түйіршік шамасына тәуелді болады. Болат құрамында легірлеуші элементтер қаншалықты көп болса, соншалықты оның шынығуы жоғары болады. Шынығуы қаншалықты жоғары болса, соншалықты беріктік шегі жоғары және жоғары жасатылған болаттар үшін соққы тұтқырлығының бірқалыпты басқа жағдайы кезінде жоғары болады. бөлшектердің қимасы қаншалықты үлкен болса, соншалықты легіріленген болатты таңдау қажет. Белгі ауыспалы жүктеме кезінде жұмыс жасайтын бөлшектер үшін, ең маңызды көрсеткіш болаттың мықтылық шегі саналады, оның шамасына болаттың химиялық құрамының факторының үлкен саны, термиялық және механикалық өңделу жағдайы, температура, орта, құрылым және т.б. әсер етеді. Жүктемелі жоғары жылдамдықты және кернеу шоғырланған кері температура кезінде жұмыс жасайтын өнімдер үшін, никель және молибден қосылған болаттарды таңдау керек. Ванадий бірдей шынықтыру және беріктік кезінде соққы тұтқырлығын жоғарлатады. Соққы тұтқырлығы және салқиндай сынғыштық көрсеткіштері негізгі шамалар саналатын жағдайларда тұқым қууалаушы ұсақ түйіршікті болаттарды қолдану қажет. Сондықтан жақсартылған болаттардың аққыштық шегі жоғары, кернеудің шоғырлануына қатысты сезімталдылығы аз болуы тиіс, бірнеше есе түсетін жүктемелер кезінде жұмыс жасайтын бұйымдарда – мықтылық шегі және тұтқырлық қоры жеткілікті жоғары, сонымен бірге жасыту сынғыштығына (1.6 кесте) қатысты сезімтал-

Легірлеумен жақсартылатын болаттардың

Болат маркасы	Элементтер құрамы, %				
	C	Mn	Cr	Ni	Басқа элементтер
1	2	3	4	5	6
40	0,37÷0,44	-	-	-	-
45	0,42÷0,49	-	-	-	-
30X	0,24÷0,32	0,5÷0,8	0,8÷1,1	-	-
40X	0,36÷0,44	0,5÷0,8	0,8÷1,1	-	-
40XФА	0,37÷0,44	0,5÷0,8	0,8÷1,1	-	0,1÷0,18V
40XГТР	0,38÷0,45	0,7÷1,0	0,8÷1,1	-	0,03÷0,09Ti
30XГС	0,28÷0,35	0,8÷1,1	0,8÷1,1	-	0,9÷1,2Si
40XH	0,36÷0,44	0,5÷0,8	0,45÷0,75	1,0÷1,4	-
30XH3A	0,27÷0,33	0,3÷0,6	0,6÷0,9	2,75÷3,15	-
40XH2MA	0,37÷0,44	0,5÷0,8	0,6÷0,9	1,25÷1,65	0,15÷0,25Mo
36X2H2MФА	0,33÷0,40	0,25÷0,50	1,3÷1,7	1,3÷1,7	0,2÷0,3Mo
					0,1÷0,18V
38X2H3MФА	0,33÷0,40	0,25÷0,50	1,2÷1,5	3,0÷3,5	0,35÷0,45Mo
					0,1÷0,18V

Ескерту: t_g – температура, осы температурадан артық температура кезінде сыну толығымен тұтқырлықты;

t_n – температура, осы температурадан төмен температура кезінде сыну толығымен сынғышты.

химиялық құрамы және механикалық қасиеттері

Механикалық қасиеттері				Кесумен өңделуі			Салқындай сынғыштық шегі, °C	
σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ	KCU, МДж/м ²	НВ	K _v		
МПа	%	МПа	%					
7	8	9	10	11	12	13	14	15
580	340	19	45	6	-	-	0	-20
610	360	16	40	5	-	-	0	-20
900	700	12	45	0,7	163	0,95	0	-100
1000	800	10	45	0,6	163÷168	0,8	-40	-100
900	750	10	50	0,9	241	0,75	0	-100
1000	800	11	45	0,8	-	-	40	-60
1100	850	10	45	0,4	207÷217	0,85	20	-60
1000	800	11	45	0,7	166÷170	1,0	-40	-120
1000	800	10	50	0,8	228÷235	0,7	-40	-120
1100	950	12	50	0,8	-	-	-40	-120
1200	1100	12	50	0,8	229	0,4	-60	-140
1200	1100	12	50	0,8	-	-	-60	-140

дылығы аз және шынығуы жақсы болу керек. Механикалық қасиеттер машинажасау зауытында болатта (бөлшекте) орындалатын сол термиялық өңдеуге, оның ішінде қабылданған жасыту температура-сына тәуелді болады.

Қимасы $25\div 30$ мм артық бөлшектерді жасау кезінде болаттардың механикалық қасиеттерін жоғарлату үшін болат құрамына легірлеуші элементтер қосылады. Легірленген болаттардың шынығуы үлкен, өте ұсақ түйіршікті, аз шыңдалу кернеулі болады. Осыған қатысты олардың негізгі артықшылығы – кешенді механикалық қасиеттері жақсы болады: жеткілікті тұтқырлық және созылымдылық сақталған кездегі беріктік жоғары, салқиндай сынғыштық шегі төмен және т.б. көптеген конструкциялық легірленген болаттар перлитті топқа жатады. Cr, Mn, Si, Mo, Ni – осы болаттардағы негізгі легірлеуші элементтер. Легірлеуші элементтердің жалпы жиынтығы $3\div 5\%$ артық болмайды. Никельден басқа барлық аталған элементтер болаттың беріктігін жоғарлатады, оның тұтқырлығын және созылуын төмендетеді. Никель керсінше болаттың беріктігін жоғарлатумен бірге оның тұтқырлығын және созылуын төмендетпейді. Осы аталған элементтерден басқа оның құрамына түйіршікті ұсақтау үшін $\sim 0,1\%V$, Ti, Nb, Zr, және шынығуын жоғарлату үшін $0,002\div 0,003\%B$ қосылады.

1.7 кестеде жақсартылған легірленген болаттарды қолдану аумағы келтірілген.

Өлшемі үлкен емес орташа жүктелген бөлшектер үшін хромды (30X, 40X, 50X) болаттар қолданылады. Олар шамалы шыңдалуымен сипатталады, сондықтан олардың шыңдалуын жоғарлату үшін бор (40XP), $1\%Mn$ (30XГ, 40XГ, 40XГР және т.б.), механикалық қасиеттерін (тұтқырлығын) жоғарлату үшін – $0,1\div 0,2\%V$ (40XФА болат маркасы) қосылады.

Хром ($0,9\div 1,2\%$) және марганецпен ($0,9\div 1,2\%$) бірге легірлеу беріктігі және шынығуы жеткілікті жоғары – хромды марганецті (20XГ, 25XГ, 30XГ) дәнекерлену және беріктік қасиеттері жоғары болаттарды алуға мүмкіндік береді. Осы болаттардың кемшілігі: тұтқырлықтары төмен, II түрдегі жасыту сынғыштығына қатысты шектілік жоғары және қыздыру кезінде көміртексізденуіне қатысты аустенит түйіршігі өседі.

II түрдегі жасыту сынғыштығына қатысты қабілеттілікті азайту үшін $0,15\div 0,25\%Mo$ қосылады. Титанды қосу артық қызуға қатысты қабілеттіліктің азайуын қамтамасыз етеді, ал бор – оның шыңдалуын жоғарлатады.

Жақсартылған легірленген болатты пайдалану аумағы

Болат маркасы	Қолданысы
1	2
30X, 30XPA, 35X	Шамалы соққы жүктемесі кезінде орташа және жоғары меншікті күш және жылдамдық жағдайында жұмыс жасайтын бөлшектер – өстер, біліктер, тістегергіштер, саусақтар, төлкелер, бұрандалар, құралбіліктер, тығыздағыштар, көпшіктер, теңгергіш, трансмиссионды біліктер және т.б.
38XA, 40X	Шамалы соққы жүктемесі кезінде орташа және жоғары меншікті күш және жылдамдық жағдайында жұмыс жасайтын бөлшектер – өстер, біліктер, тістегергіштер, саусақтар, төлкелер, шатундар, шатунды бұрандалар жәнет гайкалар, фланцтер, иінтіректер, шпинделдер, құралбіліктер, шығару клапандары, бұрамдық біліктер, рейкалар, муфтаалар, қисықинелер, жартылай өстер, фрикционды дискілер, штоктар және автоктракторлы және жалпы машинажасау салаларында қолданылатын баскада бөлшектер; құбырлы компрессорлар роторлары, бұрамдық біліктер, трубиналы дискілер, құбыржасаудағы қосқыш муфтаалар; металлургиялық машинажасау саласында қолданылатын қысу бұрандалары, ыстықтай илектеу стандартының біліктері, шпинделдер, дөңгелекшелер, білікшелер, өстер, біліктер, төлкелер, шпилькалар, шатундар, жентектелген тәшкелерді тығыздайтын пластиналар, скиптердің жүрісті дөңгелекшелері, маневрлі конустардың тізбектерінің бөлшектері және т.б.
45X 50X	Шамалы соққы жүктемесі кезінде орташа және жоғары меншікті күш және жылдамдық жағдайында жұмыс жасайтын бөлшектер – өстер, біліктер, тістегергішті біліктер, сақиналар, тістегергіштер, төлкелер, саусақтар, илектеу біліктері, үлкен тістегергіштер, тіректі сақиналар, шихтаны үлестіруші дөңгелекшелер
35Г2, 40Г2	Бұрамдық біліктер, жартыөстер, цапфтар, өстер, иінтіректер, білікшелер, тістегергіштер, сақиналар, поршенді штоктар, үлестіргіш біліктер, карданды біліктер және т.б.

1	2
45Г2	Шатундар, жартыөстер, беріліс қорабының біліктері, ілініс муфтасының біліктері, карданды біліктер, бұрамдық біліктер, тістегергішті біліктер, бұрамдық біліктер, шатундар қақпағы, өстер және т.б.
50Г2	Карданды біліктер, тістегергіштер, подшипниктер төлкелері, үйкеліс дискілері, жалпақ параллелді серіппелер, шатундар, иінтіректер, өстер, жоғары берікті бұрандалар және гайкалар. Ыстықтай кесетін дисклі аралар, ыстықтай илектеу біліктері, жентектелген тәшкелер (құйма) дөңгелекшелері, білікті ұсатқыштардың біліктерінің құрсаулары (құйма), балғалы ұсатқыштар ұрғышы, скиптердің жүрісті дөңгелегі (құйма), крандардың жүрісті дөңгелегі (құйма), шихта дөңгелекшесінің үлестіргіші және т.б.
35ХГФ, 40ХГТР	Орташа соққы күші және жылдамдығы кезінде жұмыс жасайтын бөлшектер – жартыөстер, біліктер, иінтіректер, жұдырықтар, жұлдызшалар, саусақтар және т.б.
35ХС, 40ХС	Ілініс муфтасының біліктері, берілісті қайта қосу иінтірегі, жылдамдық қорабының біліктері, шайбалар, өстер, теңестіргіштер, қисықинелер, торсионды біліктер, үйкеліс дискілері және т.б.
30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 38ХМ	Жоғарғы температура (400°С дейін) кезінде жұмыс жасайтын біліктер, өстер, цапфтар, төлкелер, шпилькалар, тістегергіштер, қысқыш патрондар, құбыржол фланцтері, бекіту бөлшектері, бүтін құйылған роторлар, дискілер, жоғарғы қысымды құбыржол бөлшектері
40ХФА	400°С дейінгі температура, жоғарғы қысым кезінде жұмыс жасайтын біліктер, шпинделдер, өстер, төлкелер, траверстер, тістегергіштер, бекіту бөлшектері. Азотталғаннан кейін тозу мықтылығы және бетінің жоғары қаттылығына қатысты талаптар қойылатын – шпилькалар, саусақтар, тістегергіштер және басқа бөлшектер
40ХН, 45ХН, 50ХН	Жоғарғы беріктілік, тұтқырлық және жақсы шындалуы талап етілетін үлкен бөлшектер – иінді біліктер шатундар, тістегергіштер, бұрандалар, экскаватор біліктері, шпинделдер, иінтіректер, цилиндрлер, өстер, бұрамдық біліктер, ілініс муфтасының біліктері, жұдырықты муфталар

1	2
38ХГН	Біліктер, өстер, бекіту бөлшектері және т.б. машинажасау саласындағы жауапты бөлшектер
40ХН2МА	Иінді біліктер, клапандар, шатундар, крандар қақпақтары, тістегергіштер, шпилькалар, муфталар, біліктер, бүтін қйылған роторлар, жүктемелі бұрандалар және т.б.
36Х2Н2МФА, 38ХН3МФА	Жоғары температура (400°С дейін) кезінде жұмыс жасайтын үлкен қималы жауапты бөлшектер – дискілер, бөлшектер, трубина роторы, дискілер, қақпақтар, жоғары кернеулі компрессорлы машиналардың роторының біліктері, бәсеңдеткіштер бөлшектері, бұрандалар, шпилькалар және т.б.
38Х2Ю	Сырғанағыш подшипникте жұмыс жасайтын аспаптардың үйкеліс бөлшектері, қосалқы агрегаттар бөлшектері, су құбырының бөлшектері, көшіргіштер, плундерлер, коперлер, кондукторлардың бағыттаушы төлкелері және т.б.
38Х2МЮА	450°С дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын, жоғары бетті қаттылық, тозу мықтылығы, жоғары шекті мықтылық және термиялы өңдеу кезінде аз деформациялануды қажет ететін, азотпен беріктендірілген жауапты бөлшектер – тістегергіштер, дөңгелекшелер, білікшелер, коперлер, плунжерлер, бағыттаушы төлкелер, цилиндрлі гильзалар, рессорлар, форсункалы инелер, бкус тәрелкасы, стакандар, шашыратқыштар, үлестіргіш білікшелер, шпинделдер, біліктер, булы турбиналардың штокты клапандары және т.б. бөлшектер

Хромды кремний-марганецті болаттардың (хромансил: 20ХГС, 25ХГС, 30ХГС) қасиеттері жоғары кешенді. Олардың беріктігі жоғары және дәнекерленуі жақсы. Жауапты дәнекерленетін конструкцияларға (ұшақжасау) арналған табақтар және құбырлар түрінде қолданылады. Бірақта хромансилді болаттар қыздыру кезінде қалпына келмейтін жасыту сынғыштығына және көміртексізденуге бейімді.

1,4÷1,8%Ni (30ХГСНА болат маркасы) қосумен жоғары шыңдалу және жақсы тұтқырлыққа қол жеткізіледі.

Хромникельді болаттардың ($Ni \leq 3\%$) шыңдалуы жоғары, беріктігі және тұтқырлығы жақсы. Олар динамикалық және тербелісті жүктемелі жағдайда жұмыс жасайтын күрделі конфигурациялы ауыр жүктелетін үлкен бұйымдарды жасау үшін қолданылады. Никель мөлшері қаншалықты көп болса, соншалықты болатты пайдалану температурасы төмен және оның сынғышты бүліну кедергілігі жоғары болады. Бұл 40ХН, 45ХН, 50ХН маркалы болаттардың механикалық қасиеттері жоғары.

Сонымен хромникельді болаттар қалпына келмейтін жасыту сынғыштығына бейімді, сондықтан олар қосымша молибденмен не (40ХН2МА болат) не вольфраммен легіріледі – хромникельмолибденді болаттар деп аталады.

Молибденнен (вольфрам) басқа, хромникельді болат бөлігіне жиі ванадий қосылады, ол ұсақ түйіршікті құрылымды – жоғары берікті, созылмалы, жоғары және төменгі салықды сынғыштықты хромникельмолибденванадийлі болат (38ХН3МФ, 36Х2Н2МФА) алуға мүмкіндік береді. Бұл болаттардан жасалған бөлшектердің жұмысшы температурасы $400 \div 450^\circ\text{C}$. Жоғары легірілген хромникельмолибденванадийлі болаттардың кемшілігі оларды кесумен өңдеу қиын және флокендердің түзілуіне қатысты бейімді. Бұл болаттар үлкен қималы (біліктерді шыңдау және бүтін соғылған трубина роторлары, жоғары кернеулі құбырлы ауа үрлейтін машиналар, бәсеңдеткіштер бөлшектері және т.б.) ерекше берікті материал қажет ететін турбинді және компрессорлы машиналардың жауапты бөлшектерді жасау үшін қолданылады [1, 2, 5].

1.2.9. Жоғары кесумен өңделетін болаттар

Кесумен өңделу болаттың ең маңызды технологиялық сипаттарының бірі. Сондықтан өндірісте **автоматты болаттар** (1414-75 МЖСТ) деп аталатын, жоғары жылдамдықпен кесуді орындауға, инструменттің бекемділігін жоғарлатуға және жоғары сапалы өңделетін бетті алуға мүмкіндік беретін болаттар кеңінен қолданылады. Автоматты болаттар, жоғары өнімділікті автоматты-білдекте өңделетін жалпы өндірісті бұйымдарды өңдеу үшін қолданылады. Жоғары күкірт, фосфор және қорғасын құрамды төменгі және орташа көміртекті болаттардың ерекшелігі мынада, олардың кесу инструментімен жақсы өңделеді.

Жиі қолданылатын автоматты көміртекті А12, А20, А40Г маркалы болаттар, олардың құрамындағы күкірт (0,08÷0,3%) және фосфора ($\leq 0,05\%$) және марганец (0,7÷0,8%) мөлшері жоғары. 40Г болат құрамы 1,2÷1,55%Мп. Сонымен күкірт және фосфор негізгі зиянды қоспа деп саналады, бірақта автоматты болаттар құрамында қорғасын болады. Сонымен бірге күкіртті автоматты болаттар үлкен анитзотропиялық механикалық қасиетті, жылдам бүлінуге бейімді және төзімділік шегі төмен болады.

Болат құрамындағы қорғасын ұсақ домалақ қоспа түрінде болады; металды кескен кезде өңделетін бөлшек және инструмент арасындағы үйкелісті азайтатын қорғасынды қабыршақ түзеледі. Қорғасын қосылған болаттың қасиеті және технологиялық сипаттамасы іс жүзінде өзгермейді. Бірақта қорғасын құрамды болаттарды пайдалану кезінде олардан бөлінетін зиянды заттарға қатысты қорту және дәнекерлеу кезінде арнайы шараларды қабылдауды қажет етеді.

Осы түрдегі болаттар сортты таптама, калибрленген алтыбұрыш және диаметрі 5,6÷9 мм сым түрінде қолданылады. 1.8 кестеде автоматты болаттардың механикалық қасиеттері және 1.9 кестеде оларды қолдану аумағы келтірілген.

1.8 кесте

Автоматты болаттардың механикалық қасиеттері

Болат маркасы	$\sigma_{в}$, кгс/мм ²	$\sigma_{т}$, кгс/мм ²	δ , %	$a_{н}$, (кгс*м)/см ²
АС12ХН	65	45	10	9
АС14ХГН	110	85	8	8
АС19ХГН	120	95	7	7
АС20ХГНМ	120	95	7	6
АС30ХМ	90	75	12	10
АС38ХГМ	95	80	11	8
АС40ХГНМ	100	85	12	9

Құрамында кальций бар өңделуі жоғары арзан болаттар кеңінен қолданылады. Құрамында кальций бар (АЦ – автоматты кальцийлы) көміртекті (АЦ20÷АЦ60) және легіріленген (АЦ45Х, АЦ40Г, АЦ40Г2, АЦ20ХН3 және т.б.) болуы мүмкін [1, 5].

Машинажасау саласында қолданылатын автоматты болаттар

Болат маркасы	Қолданысы
A11, AC11	Кесумен өңделетін шарлы тіреулер, іліністі іске қосатын айыр, тізбектер, бұрандалар, гайкалар
A12, A20	Иінді білікті тістегергіштер, бұрау қолсабының ендірмесі, есік құлпының жетегінің жұдырықты дөңгелекшелері, іліністі диск иінтірегінің өстері, майлы сорап жетегінің тістегергіштері, спидометр жетегінің бәсеңдеткішінің біліктері, сулы сораптың майқұйғыш-пресс-майқұйғышты бұрышты өтпеліктері, дросселді жапшықтар өстері, тежеуді атмосфералық күшейткіштер клапандары, кері клапан қақпағы, тежегіштің негізгі цилиндрінің штуцері, тежеу қалпының тіреулері
A30, A40Г	Жоғары кернеулі гайкалар, өстер, шпилькалар және т.б. бөлшектер
AC14XГН	Сателлитті дифференциал өстері, күпшелер, синхронизатордың сырғанақ муфталары
AC12ХН	Иінді біліктер қыркылдақтары, майлы сорап фланцтері, жағу кілті, штифтер, берілістерді ауыстыру иінтіректері. Тартқыштар, гайкалар, муфталар, жетекті акселератордың иінтіректі өстері, ауалы сүзгіштің қақпағының өстері
AC19XГН	Артқы жүрістің аралықты тістегергіштері, беріліс қорабының қайтарымды білігінің тістегергішінің төлкелері және т.б.
AC20XГНМ	Беріліс қорабының бастапқы білігінің синхронизаторларының тісті тәждері
AC30ХМ	Рульдік басқарудың бұрамдықтары
AC38XГМ	Жартыөстің тиекті подшипниктер сақинасы
AC35Г2	Майлы сораптың білікшелері

1.2.10. Жоғары берікті мартенситті ескіретін болаттар

Бұйымның жоғары конструктивті беріктігіне, егер осы бұйымның құрамындағы бөлшек үлкен берікті және морт сыну кедергісіне үлкен материалдардан жасалған кезде ғана қол жеткізіледі. Химиялық

құрамды және онтайлы термиялық өңдеуді таңдаумен $\sigma_b = 1800 \div 2000$ МПа алынған кездегі болаттар **жоғары берікті** болаттар деп аталады.

Көміртексіз мартенситті ескіретін болаттарда кеңауқымды температура аралығында қысыммен өңдеу кезінде жоғары технологиялық созылымдылық, жақсы созылымдылық және тұтқырлықпен беріктік қасиеттері үйлеседі; қысыммен өңдеуден кейін кез келген жылдамдықпен салықндату кезінде жарықша түзілмейді; жақсы дәнекерленеді. Бұл болаттардың шыңдалуы жақсы және созылымдылық шегі жоғары ($\sigma_{0,002} = 1500$ МПа) болады. Кемшіліктері ликвациялануға бейімді. көміртек мөлшері ($\leq 0,03\%$) аз, сонымен бұл элемент карбидтің легірлеуші элементтерімен болаттың морттылық қабілетін түзейді. Көміртек және азот – зиянды қоспалар, болаттың созылымдылығын және тұтқырлығын төмендетеді.

Дайындама шыңдалғаннан кейін осы болаттардан пластикалық деформациялаумен бұйымдар жасалады. Болаттар шыңдаумен және келесі ескірумен беріктендіріледі. Мұндай болаттарды термиялық өңдеумен $800 \div 860^\circ\text{C}$ шынықтырылады, ауада салқындатылады және жасытумен ескіртеді. Беріктендіру, легірлеуші элементтердің қайта таралу есебінен, $480 \div 500^\circ\text{C}$ кезіндегі жасыту процесінде орындалады.

Мартенситті-ескіретін болаттар никельді ($8 \div 20\%$) темірлі, ал жиі кобальтті қортпа түрінде болады. Ең жақсы үйлесім болатқа $20 \div 25\%Ni$, $7 \div 9\%Co$, $4,5 \div 5,0\%Mo$, $5 \div 11\%Cr$, $0,1 \div 0,35\%Al$, $\sim 0,15 \div 1,6\%Ti$, $\sim 0,3 \div 0,5\%Nb$, $\leq 0,2\%Si$, Mn , $\leq 0,01\%S$, P әрқайысын қосумен байқалады. Интерметаллидтерді алу үшін титан және алюминий қосылады.

Техникада жоғары берікті мартенситті-ескірген Н18К9М5Т ($\leq 0,03\%C$, $\sim 18\%Ni$, $\sim 9\%Co$, $\sim 5\%Mo$, $\sim 0,6\%Ti$) маркалы болаттар кеңінен қолданылады. Осы болатты маркалардың механикалық қасиеттері: ($\sigma_b = 1800 \div 2000$ МПа, $\delta = 8 \div 12$, $\psi = 40 \div 60\%$, $KCU = 0,4 \div 0,6$ МДж/м²). Сонымен бірге аз легірленген мартенситті-ескірген болаттар: Н12К8М3Г2, Н10Х11М2Т ($\sigma_b = 1400 \div 1500$ МПа), Н12К8М4Г2, Н9Х12Д2ТБ ($\sigma_b = 1600 \div 1800$ МПа) және т.б. қолданылады.

Мартенситті-ескірген болаттар ұшақтар дөңгелектерін, ғарыштық ұшу аппараттарының қамтамасын, прецизионды оталық инструменттерді, штамптарды және т.б. жасау үшін қолданылады. Осы болаттарды криогенді техникаларды жасау үшін де қолданады, кері температура кезінде олар жеткілікті созылымдылықты үйлесімді беріктіктігі жоғары болады. осы болаттар созылымдылық шегінің мәні жоғары болуына қатыстысеріппелерді жасау үшін де қолданы-

лады. $11\div 12\%Cr$ мартенситті-ескірген болаттар тоттануға төзімді (03N10X11M2T) болаттар қатарына жатады [1, 6].

1.2.11. Жоғары берікті созылымдылығы жоғары болаттар

Метатұрақты жоғары берікті аустенитті болаттар **ТРИП-болаттар** (Transformation Induced Plasticity – бірінші әріптерге қатысты TRIP) не **ПНП-болаттар** (түрленумен енгізілген созылымдылық) деп аталады. Бұл болаттардың құрамында $8\div 14\%Cr$, $8\div 32\%Ni$, $0,5\div 2,5\%Mn$, $2\div 6\%Mo$, $2\%Si$ дейін (мысалы, 30X9H8M4Г2С2 және 25Н25М4Г1) болады.

Бұл болаттардың ерекше артықшылығы мынада, $980\div 1200^{\circ}C$ температура кезінде аустенизацияланудан кейін M_n және M_k мартенситті түрлену (мартенситті деформацияланудың түзілуінің басталуы) $20^{\circ}C$ төмен орындалады, бұл дегеніміз, болаттың құрылымы аустенитті. Аустенизацияланғаннан кейін болатта жоғары механикалық қасиеттерді қалыптастыру үшін оны $250\div 550^{\circ}C$ (қайта кристаллизациялану температурасынан төмен) кезінде 80% (илектеу, созу, гидроэкструзиялау және т.б.) деформацияландырады.

ПНП-болаттардың механикалық қасиеттері: $\sigma_b = 1500\div 1700$ МПа, $\sigma_{0,2} = 1400\div 1550$ МПа, $\delta = 50\div 60\%$. Осы топтағы болаттарға K_{Ic} бүліну тұтқырлығының жоғарғы мәні және σ -1 төзімділік шегі тән. Бірдей не созылымдылыққа жақын кезде осы болаттардың мартенситті-ескіретін болаттар не легірленуші жоғары берікті болаттармен салыстырғанда аққыштық шегі өте жоғары болады. ПНП-болаттарды кеңінен қолдануға олардың жоғары легірленуі, салыстырмалы төмен температура кезінде деформациялау үшін қуатты жабдықтарды пайдалану қажеттігі, қиын дәнекерленуі, деформацияланған металдың антитропиялық қасиеттері және т.б. кедергі жасайды. бұл болаттар жоғары жүктемелі бөлшектерді, сымдар, тростар, бекіту бөлшектерін және т.б. жасау үшін қолданылады [1,2].

1.2.12. Серіппелі-рессорлы болаттар (14959-91 МЖСТ)

Рессорлы-серіппелі болаттар серіппелер, серпімді элементтер және әртүрлі қолданысты рессорларды жасау үшін қолданылады. Осы болаттарға қойылатын талаптар: ұзақ уақыт ішінде серпімділік қасиеттерді сақтау, серпімділік шегі жоғары, төлімділік шегі жоғары, тұтқырлық және созылмалық жеткілікті және төменгі созылымдылық кезіндегі бұзылу кедергілігі және қажу жоғары. Бұл

болаттар өзінің түзілетін тербелісі және тұрақты тербелісті жұмыс тәртібіндегі қажу өзгерісіне қарсы тұрулары керек. Осы талаптарды қанағаттандыру үшін іс жүзінде әртүрлі құрамды серіппелі болаттар және қортпаларды әртүрлі термиялық және термомеханикалық өңдеу түрлерімен өңделеді. Сонымен бірге болат жақсы шыңдалатын және шынықтырылатын болу керек. Рессорлы-серіппелі болаттардың механикалық қасиеттері 1.10 кестеде келтірілген.

1.10 кесте

Рессорлы серіппелі болаттардың механикалық қасиеттері

Болат маркасы	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм ²	σ_b , кгс/мм ²	δ , %	ψ , %
1	2	3	4	5
65	80	100	10	35
70	85	105	9	30
75	90	110	9	30
85	100	115	8	30
65Г	80	100	8	30
70Г	85	105	7	25
50С2	110	120	6	30
55С2	120	130	6	30
60С2	120	130	6	25
70С3А	160	180	6	25
50ХГ	110	130	7	35
55ХГР	125	140	5	30
50ХФА	110	130	8	35
60С2ХФА	170	190	5	20
60С2Н2А	160	175	6	20
60С2ХА	160	180	5	20
60СГА	140	160	6	25
50СХА	120	135	6	30
50ХГФА	120	130	6	35

Серіппелі болаттар сортты илек, жолақ, таспалы серіппелер, сымдар, беті (күмістелген) жоғары өңделген шыбықтар түрінде жасалады.

Жоғары емес кернеу әсер ететін аз қималы серіппелер үшін көміртекті 65, 70, 75, 85 болаттар қолданылады. Серіппе және рессорларды жасау үшін жиі құрамы $1,5 \div 2,8\% \text{Si}$, $0,6 \div 1,2\% \text{Mn}$, $0,2 \div 1,2\% \text{Cr}$, $0,1 \div 0,25\% \text{V}$, $0,8 \div 1,2\% \text{W}$, $1,4 \div 1,7\% \text{Ni}$ легірленген болаттар қолданылады. Бұл элементтер қажетті шыңдалуды және шынықтырылуды қамтамасыз етеді, болаттың серіппелі шегін және релаксациялық бекемділігін жоғарлатады. Мысалы кремний жасыту кезінде мартенситті ыдырауды сақтай отырып фериттің беріктенуіне жағдай жасайды, серпімділік шегінің жоғары мәні қалыптасады.

Кремнийлі болаттардың (55C2, 60C2A, 70C3A) аққыштық және серпімділік шектері жоғары; оларды машинажасау саласында вагондар салпыншағының серіппелерін, көптеген автомобильдер рессорстарын, торсионды біліктерді және т.б. жасау үшін қолданады. Бірақта кремнийлі болаттар ыстықтай өңдеу кезінде бетті ақаулықты көміртексізденуге және графиттелусізге бейімді, бұл төзімділік шегін төмендетуге әсер етеді. Кремнийлі болатты қосымша хром, марганец, вольфрам және никельмен легірлеуолардың шынығуын жоғарлатады және көміртексіздену, графиттелуге бейімділігі азайтады және қыздыру кезінде түйіршіктердің өсуіне әсер етеді.

Кремний марагнецті және хром марагнецті болаттардың (55CG, 50XГ және т.б.) шынықтырылуы жақсы және оларды диаметрі 25 мм дейінгі шыбықты серіппелерді жасау үшін қолданады. Артық қызуға және көміртексізденуге бейімді емес автомобильді рессорстарды жасау үшін 50XГА болат, клапанды серіппелер үшін 50XФА қолдану ұсынылады. үлкен өте жауапты бөлшектерді жасау үшін 65C2BA, 60C2XФА болаттар (1.11 кесте) қолданылады. Серіппелі элементтер қатты динамикалық жүктеме жағдайында жұмыс жасаған кезде никельді 60C2H2A болат қолданылады.

Патентирленген салқиндай созылған сымдар және салқиндай серілген таспалар серіппелерді жасау үшін, жоғары көміртекті 65, 65Г, 70, У8, У10 болат маркалары кеңінен қолданылады. Сымның жоғары механикалық қасиеттері патентирлеумен және келесі 70% кем емес деформациялану дәрежесі кезінде созумен орындалады. сымның уақытша кедергісі 95% деформацияланудан кейін 2600 МПа жетеді.

Сонымен бірге қарастырылған жалпы қолданысты серіппелі болаттардан басқа машинажасау саласында арнайы қолданысты серіппелі болаттар және қортпалар да қолданылады. Жоғары механикалық қасиеттері және кедергіліктерімен қатар, олардың тотану бекемділіктері, магнитті емес, жылубекемді және т.б. ерекше қасиет-

Рессорлы-серіппелі болаттарды қолдану салалары

Болат маркасы	Қолданысы
65, 70, 75, 85	Қозғалтқыштар клапандарының серіппелері, қалыңдығы 3÷12 мм тікбұрышты қималы жалпақ серіппелер, салқын-дай тығыздалған диаметрі 0,14÷8 мм сымды серіппелер, локомативтер рессорстары, серіппелері, құрсаулары
65Г	Жалпақ және домалақ серіппелер, рессорстар, серіппелі сақиналар, тозу кедергілігі жоғары және жоғары серпімділік қасиеттері талап етілетін Гровер шайбасы және серіппелі түрлі басқа бөлшектер
55ГС	3÷14 мм қалыңдықты рессорлар
50С2, 55С2	Айнымалы иілумен жұмыс жасайтын теміржол көлігінің бөлшектері, рессорлар, салпыншақтар, машинажасаудағы тартылыс серіппелері, жетекші өстер рессорстары және тендері, сақтандырғышты және кері клапан серіппелері
60С2, 60С2А	3÷16 мм қалыңдықты рессорлар, 3÷18 мм қалыңдықты жолақты болатты және қалыңдығы 0,08÷3 мм серіппелі таспалы серіппелер, диаметрі 3÷12 мм сымдытармақты серіппелер (автомобильдің алдыңғы және тәуелсіз салпыншақтар серіппесі, рессорлар, тарту серіппесі, домалақ, квадратты және сопақшалы қималы серіппелер, спиральды серіппелер, торсионды біліктер, пневматикалық қашау және т.б.)
70С3А	Жауапты қолданысты ауыр жүктелген серіппелер
50ХГ, 50ХГА, 50ХФА, 50ХГФА	ГАЗ және ЗИЛ автомобильдерге арналған рессорлар және қалыңдығы 3÷16 мм қалыпты және жоғары дәлдікті жолақты болатты тракторлы рессорлар. Жеңіл автомобильдердің жауапты клапанды серіппелер және рессорлар, секциялық поршенді сақиналарға арналған сальникті серіппелер, автомобильді табақты рессорлар, серіппелер, ұзақ жұмыс жасау циклін қажет тетеін және көп еселі ауыспалы жүктемені пайдалану процесінде жоғары температура (300°С кезінде), кезінде жұмыс жасайтын серіппелер
55ХГР	3÷16 мм қалыңдықты рессорлар
60С2ХФА, 70С2ХА, 65С2ВА, 60С2Н2А	Жауапты және жоғары жүктемелі серіппелер және рессорлар

тері қалыптасқан. Бұл болаттарға жоғары легіріленген мартен-ситті (жоғары хромды тоттануға төзімді болаттар) мартенситті-ескіретін, аустенитті (тоттануға төзімді, магнитті емес және ыстыққа бекемді) болаттар және т.б. жатады [1, 5].

1.2.13. Шарикті подшипникті болаттар

Тербеліс подшипниктері жинау дәлділігін, жұмыс кезіндегі тоқтаусыздығы және өнімділікті анықтайтын көптеген машиналарға (станоктар, автомобильдер, тракторлар, вагондар, электрқозғалтқыштары және т.б.) арналған жауапты бөлшектер саналады. Шарлы подшипниктер бөлшектеріне (сақина, шариктер, дөңгелекшелер) жұмыс процесінде жоғары меншікті ауыспалы жүктемелер әсер етеді. Сондықтан осы бөлшектерге арналған болаттардың қаттылығы, беріктігі, тозуға төзімділігі және төзімділік шегі жоғары болады. Бұл болаттарға металды емес қоспалар (сульфидті, тотықты), макро-және микрожазықтығы, ликвациялығы, өлшемі және кернеу концентраттары болып саналатын, егер олар бөлшектің жоғарғы қабатында орналасқан жағдайда, қоспалардың орналасуы бойынша жоғары талаптар қойылады. Сонымен қатар карбидті әртектілік болмайды. Сонымен бірге подшипниктер жұмысы кезінде тербелісті дене және жұмысшы беттегі сақина бұзылуы және металды емес қоспаның тозып мүжілуі мүмкін, осының барлығы подшипниктің ұзақмерзімділігін қысқартады, тербелісті подшипниктің шариктерд (не дөңгелекшелері) сақинаның сырты және іші бойынша тербелісті жағдайда жұмыс жасайды.

Үлкен емес қималы подшипниктерді жасау үшін хроммен легіріленген жоғары көміртекті болат, мысалы, ШХ15, үлкен қима үшін – үлкен тереңдікте қыздырылатын хромды марагнец кремний болаты ШХ15СГ қолданылады. шарикті подшипникті болаттардың химиялық құрамы 1.12 кестеде, ал 1.12 кестеде оларды пайдалану аумағы келтірілген.

Подшипниктердің сақинасы және дөңгелекшелерінің беріктік және жанасу төзімділікті оңтайлы үйлесімділігін алу үшін шыңдалғаннан және жасытылғаннан кейін ШХ15 болат маркалары үшін қаттылық 61÷65 HRC және ШХ15СГ болат маркалары үшін қаттылық 60÷64,5 HRC, ал шариктер үшін қаттылық 62÷66 HRC болу керек [1, 5].

Тербелісті подшипниктер бөлшектеріне арналған
болаттардың химиялық құрамы, %

Болат маркасы	C	Si	Mn	Cr	W	V
ШХ15	0,95÷1,05	0,17÷0,37	0,2÷0,4	1,30÷1,65	-	-
ШХ15СГ	0,95÷1,05	0,40÷0,65	0,9÷1,2	1,30÷1,65	-	-
95Х18	0,9÷1,0	≤0,8	≤0,7	17,0÷19,0	-	-
8Х4В9Ф2	0,7÷0,8	≤0,4	≤0,4	4,0÷4,6	8,5÷9,5	1,4÷1,7

Подшипникті болаттарды пайдалану аумағы

Болат маркасы	Қолданысы
ШХ9	Шамалы диаметрлі шариктер және дөңгелекшелер
ШХ15	Қабырғаларының қалыңдығы 15÷20 мм сақиналар, шариктер және дөңгелекшелер, диаметрі 20 мм дейінгі тербелісті дене, плунжерлер төлкесі, айдама клапандарының плунжері, айдама клапандарының ершігі, шашыратқыштар корпусы және инелері, итергіштер дөңгелекшелері, жұдырықтар, коперлер, жоғары қаттылықты, тозу мықтылығына және түйісу беріктігіне жоғары талаптар қойылатын бағыттаушы және басқа бөлшектер
ШХ15СГ	Қабырғасының қалыңдығы 40 мм артық емес подшипниктердің үлкен габаритті сақиналары, шариктері және дөңгелекшелері, диаметрі >50 мм шариктер, диаметрі >35 мм дөңгелекшелер, бұрғылау машиналарының роторлы сақиналары, плунжерлер төлкесі, шашыратқыштар корпусы, итергіштер дөңгелекшелері және т.б.
95Х18	Қалыпты зиянды ортаның (теңіз не өзен сулары, сілтілі ертінділер, азотты не сіркелі қышқылды және т.б.) әсер етуімен не 500°С дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын және жоғары беріктілік талаптары қойылатын подшипниктің сақиналары, шариктері, дөңгелекшелері
18ХГТ, 12Х2Н4Т, 20Х2Н4А	Жұмыс жасау процесінде үлкен динамикалық жүктемелер әсер ететін подшипникті бөлшектер, теміржол көліктеріне арналған подшипниктер, үлкен габаритті таптау станогының подшипниктері, үлкен дөңгелекшелі подшипниктер (сақинасының сыртқы диаметрі 500 мм артық) және т.б.

1.2.14. Тозуға төзімді болаттар

Тозуға арналған үлгілік жағдайлар әдетте сырғанау үйкелісі, абразивті (бұйым бетінен бөлшектер жұлынады) тозу саналады. Соққы (мысалы, шынжыр табанды машиналарының трактары үшін, жақты ұсатқыштар, жер қазатын машиналардың қалақтары, теміржолды және трамвайлы жолар айқастырмасы) жоғарғы қысым және абразивті үйкеліс жағдайында тозумен жұмыс жасайтын бөлшектер үшін тозуға төзімді болаттар қолданылады.

Графиттелген болаттар құрамындағы көміртектен (1,75% дейін) және кремний мөлшері (1,6% дейін) жоғары болады. Бұл болаттардағы көміртек бөлігі графиттеумен жасырудан кейін графит түрінде бөлінеді. термиялық өңдеуден кейін құрылым кейбір мөлшерлі домаланған графит қоспасы түріндегі түйіршікті перлитті болады. Графит құрғақ үйкеліс және іліністің алдын алуға арналған майлау рөлін атқарады. Сонымен бірге бұл болаттар қарсы тербелісті қасиетті. Графиттелген болаттар штамптар, матрица, иінді біліктерді, шарлар, құю аппараттарының күрекшелерін және т.б. жасау үшін қолданылады.

Жоғары марганецті құйылған болаттар (Гадфильд маркалы болаттар 110Г13Л, 1882 ж.) құрамында $0,9\div 1,3\%C$, $11,5\div 14,5\%Mn$ болады. Құрылымы артық карбидті аустенитті, шекара бойынша бөлінумен болаттың тұтқырлығын және беріктігін төмендетеді. Сондықтан бұйымдар суда $1050\div 1100^{\circ}C$ шындалады, марганецті аустенитті құрылым алынады. Гадфильд болаты пайдалану процесінде бірауқытта тозу және соққы жүктемесі әсер ететін бөлшектерді жасау үшін кеңінен қолданылады, сонымен бұл болат бекемделуге (қақталмалануға) $60\div 70\%$ деформациялану кезінде қаттылық 500 НВ дейін жоғарлайды, бұл мозаика блогының ұсақталуымен, кристалды тордың бұрмалануымен түсінідіріледі) бейімді. Бұл болат келесі механикалық қасиетті: $\sigma_b = 800\div 1000$ МПа, $\sigma_{0,2} = 250\div 350$ МПа, $\delta = 35\div 45\%$, $\psi = 40\div 50\%$, $180\div 220$ НВ. Абразивті тозумен шамалы соққы жүктемесі үйлескен кезде не таза абразивті тозу кезінде мартенситті түрлену орындалмайды және болаттың тозу төзімділігі жоғары болмайды.

Пайдалану кезінде мартенситті түрленетін 60Х5Г10Л болат соққы-абразивті тозу және циклді түйісу-соққылы жүктеме кезінде жоғарғы төзімді.

Пайдалану кезінде жартылай мартенситті өзгеріс әсер ететін, кавитациялық мүжілу кезінде тозу жағдайында жұмыс жасайтын

гидроптрубина және гидросораптар қалақшалары, кеменің есу бұрандалары және т.б. бөлшектерді жасау үшін тұрақты емес аустенитті 30X10Г10, 0X14АГ12 және 0X14Г12М болаттар қолданылады. Жұмыс барысында кавитациялық мүжілетін, деформацияланатын және бетті қабаттардың бүлінуі, бұйымның бетінде беріктігі жоғары гидравликалық соққы әсерінен мартенситті жаңа қабаттың түзілуіне әсер етеді. Осы процестің бірнеше есе қайталануы метатұрақты аустенитті болаттың жоғарғы тұрақтылығымен түсіндіріледі [1, 6].

1.2.15. Тотануға және ыстыққа төзімді болаттар және қортпалар

Сыртқы ортаның әсер ету нәтижесінде металдардың механикалық қасиеттері, кейде көзге көрінетін сыртқы түрі өзгеріссіз күрт төмендейді. Тоттанудың бірнеше түрі болады. Ең қауіптісі интеркристаллитті тоттану, түйіршіктің шекарасы бойынша таралады, соның әсерінен олардың электрхимиялық мүмкіндіктері өте төмен болады. Интеркристаллитті тоттанған болаттың металдық дыбысы жойылады және иілу кезінде металдың тоттанумен бүлінген жерінде түйіршік шекарасы бойынша үзіледі.

Жоғары температура (550°C артық) кезіндегі газды тотануға қатысты болат төзімділігі **қақты төзімділік** (ыстыққа төзімділік) деп аталады. Электрхимиялық, химиялық (атмосфералық, топырақты, сілтілі, қышқылды, тұзды) кристаллитті және тоттанудың басқа түрлеріне тұрақты болаттар **тоттануға төзімді** (тоттанбайтын) болаттар деп аталады.

Тоттануға төзімді болаттар құрамы олар арналған ортаға тәуелді анықталады. Бұл болаттар негізгі екі топқа бөлінеді:

- хромды, ауада салқындатылғаннан кейін ферритті, мартенситті-ферритті (феррит 10% артық) не мартенситті құрылымды;
- хромникельді, аусенитті, аусенитті-мартенситті не аусенитті-ферритті (феррит 10% артық) құрылымды.

Хромды болаттар. Хром – негізгі легірлеуші элемент, болатты қышқылды ортада тотануға төзімді етеді. Бетте (12,5%Сг кезінде) тоттықты қорғаныс қабыршағы түзіледі. Болатқа 12÷14%Сг қосқан кезде оның электрхимиялық мүмкіндігі оң болады және атмосферада, теңіз (ауызсулы) суында, бірқатар әлсіз қышқылды ертінділерде, тұздар және сілтілі ортада тоттануға қарсы тұрақтылық қалыптасады. Темір хроммен үздіксіз қатты ертінділер қатарын түзейді. Бұл

болаттардың кешенді технологиялық қасиеттері жеткілікті жақсы болады. Көміртек кері (тоттану қасиеті төмендейді) әсер ететін элемент. Болаттың тотану төзімділігі термиялық өңдеумен: шыңдаумен және жоғары жасытумен және бетті ажарлаумен және жылтыратумен жоғарлатылады.

1. Мартенситті және мартенситті-ферритті топты болаттар 12X13, 20X13 болаттардың созылымдылығы жоғары және соққы жүктемесі әсер ететін бөлшектерді, сонымен бірге аз қауіпті реагенттер (атмосфералық тұнба, органикалық қышқылды тұзды сулы ертінділер және т.б.) әсер ететін бұйымдарды жасау үшін қолданылады

2. Ферритті топты төмен көміртекті жоғарғы хромды болаттар (12X17, 15X25, 15X28), олардың тоттануға төзімділігі жоғары. 12X17 маркалы болаттар дәнекерленбейді, оның дәнекерлену тігісіне қатысты аймақтағы түйіршіктер үлкен, созылымдылығы төмен және тоттану төзімділігі салыстырмалы төмен болады. 15X25, 15X28 маркалы болаттардан термиялық өңдеусіз өте зиянды ортада жұмыс жасайтын және соққы жүктемесі әсер етпейтін, пайдалану температурасы -20°C төмен температура кезінде жиі қоланылатын дәнекерленетін бөлшектер жасалады. Бұл болаттың түйіршіктері үлкен құйылған түрлі және 850°C артық қыздыру кезінде түйіршіктері қатты өсуге бейімді, бұл болаттың сынғыштығының түзілуіне әсер етеді. Түйіршікті ұсақтауға және термиялық өңдеумен созылымдылықты жоғарлатуға болмайды, бұл болаттарда $\alpha \rightarrow \gamma$ -түрлену орындалмайды. 15X28 маркалы болатты дәнекерленген конструкциялар кристаллитті аралықты тоттануға бейімді. Көміртек және азот болаттың сынғыштығының (салқындай сынғыштық шегі жоғарлайды) түзілуіне әсер етеді және кристаллитті аралықты тоттануға себепші болады. Кристаллитті тоттану кедергілігін және болат түйіршігінің ұсақталуын жоғарлату үшін болатты көміртектің құрамынан бес есе кем емес мөлшердегі титанмен легіренеді. Құрамындағы $25 \div 30\% \text{Cr}$ ферритті болаттар $450 \div 500^{\circ}\text{C}$ дейін ұзақ қыздыру кезінде сынғышты болады.

Дәнекерленген конструкциялар үшін болат кернеу астындағы тоттануға қарсы жоғары төзімділікті болу қажет кезінде өте төмен көміртекті ($<0,02\%$) құрамды феритті болаттар – **суперферриттер**, мысалы, 015X10M2B маркалы болаттар қолданылады.

Хромникельді болаттар. Никельді қосқан кезде тоттану төзімділігі жақсарады. Хромды тоттанбайтын болаттармен салыстырған кезде аустенитті құрылымды тоттанбайтын болаттардың тоттану төзімділігі жоғары, технологиялық қасиеттері жақсы болады. Олар жоғары

температураға дейін беріктікті сақтайды, бірақта төменгі температура кезінде де созылымдылықты жоғалтпайды. Қышқылды ортада тотануға төзімді. Қосымша мыс және молибденмен легірілену кезінде болаттардың тоттану төзімділігі және қышқылдану төзімділігі жоғарлайды. Шамалы мөлшерлі титан және алюминий дисперсті инермателлидті түзеумен аустенитті беріктендіреді.

1. Аустенитті топты болаттардың аққыштық шегі төмен, беріктігі шамалы, созылымдылығы жоғары, жақсы дәнекерленеді және штампталады, қышқылды ортада тоттану төзімділігі жақсы. Парамагнитті болаттар (04X18N10, 12X18N9T, 17X18N9). Никель өте тапшы және қымбат металл, сондықтан болат құрамына марганец және азот азот (10X14Г14Н4Т, 15X17АГ14) қосылады. 12X18N9T болатты әдетте салқиндай тапталған табақ не таспа түрінде қолданады, сонымен салқиндай пластикалық деформациялану процесінде болат жеңіл бекемделеді (қақталады). Салқиндай деформацияланғаннан (60÷70%) кейін уақытша кедергілік 1200÷1300 МПа дейін жоғарлайды, сонымен бірге салыстырмалы ұзару 4÷5% дейін қысқарады.

550÷750°C дейін шыңдалған болаттарды қыздыру кезінде, мысалы дәнекерлеу кезінде, олар сынғышты және кристаллитті аралықты тоттануға бейімділік қалыптасады. Интеркристаллитті тоттануға қатысты бейімділікті төмендету үшін болат құрамына титан (сирек ниобий) 5×С-0,7 (С – көміртек құрамы) мөлшерінде (12X18N10Т, 12X18N12Т) қосылады. 12X18N10Т маркалы болат қышқылды ортада (мысалы, азотты қышқылды) жұмыс жасау үшін кеңінен қолданылады.

Кристаллитті аралықты тоттанудың жоғарғы кедергілігі, жақсы созылымдылығы және дәнекерленуі төмен көміртекті аустенитті 04X18N10 және 03X18N12 маркалы болаттарға тән. Төменгі құрамды көміртекті болаттар азотты қышқылға және қауіпті ортаға тұрақты, химиялық аппаратураларды жасау үшін кеңінен қолданылады.

Хромникельді тоттануға төзімді болаттар өте қымбатты. Осыған байланысты кейбір жағдайда өте арзан болаттар қолданылады, оларда никельді бөлік марганецпен ауыстырылған. 10X14Г14Н4Т маркалы болат 12X18N10Т маркалы болат орнына қолданылады, әлсіз қауіпті ортада (органикалық қышқылды, тұзды, сілтілі), сонымен бірге -196°C дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын бұйымдарды жасау үшін қолданылады.

Кейбір жағдайда азотты (0,15÷0,4%N) хроммарганецті никельді болаттар қолданылады, олар аустенитті тұрақтандырады және никельді (10X14АГ15, 15X17АГ14, 12X17Г9АН4) орына қолданылады.

Тоттануға төзімді болаттардың механикалық қасиеттері және химиялық құрамы

Болап маркасы	Негізгі элементтер құрамы, %			Механикалық қасиеттері				
	C	Cr	Ni	Басқа элементтер	σ_b	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ
МПа								
Мартенситті топты болаттар								
20X13	0,16÷0,25	12÷14	-	-	850	650	15	50
30X13	0,26÷0,35	12÷14	-	-	950	700	15	50
40X13	0,36÷0,45	12÷14	-	-	1150	900	12	30
Мартенситті-ферритті топты болаттар								
12X13	0,09÷0,15	12÷14	-	-	750	500	20	65
Ферритті топты болаттар								
12X17	0,12	16÷18	-	-	520	350	30	75
15X25T	0,15	24÷27	-	5C-0,9Ti	540	-	40	70
015X17M2Б	0,015	16,5÷18,5	-	1,5÷2,0 Mo; 0,3÷0,5 Nb	450	280	30	60
Аустенитті топты болаттар								
12X18N9	0,12	17÷19	8÷10	-	520	360	30	75
10X14Г14Н4Т	0,10	13÷15	2,5÷4,5	5C-0,6Ti; 13÷15 Mn	650	280	45	60
10X14АГ15	0,10	13÷15	-	0,15÷0,25 N; 14÷16 Mn	750	300	45	55
10X17Н13М3Т	0,10	16÷18	12÷14	5C-0,7Ti	580	280	40	60
Аустенитті-ферритті топты болаттар								
08X21Н6М2Т	0,08	20÷22	5,5÷6,5	1,8÷2,5 Mo; 0,2÷0,4 Ti	750	450	50	55
Аустенитті-мартенситті топты болаттар								
09X15Н8Ю	0,09	14÷16	7÷9	0,7÷1,3 Al	1250	1000	20	50

Органикалық қышқылды, күкірт қышқылды және теңіз суында тоттануға қарсы болаттар тұрақтылығын молибден (10X17H13M2T, 10X17H13M3T) жоғарлатады, ол болатты қортудан бастап дәнекерленген конструкцияларды және аппараттарды жасаумен технологиялықтың жақсы тотану төзімділігін жақсы үйлестіреді.

2. Аустенитті-ферритті топты болаттар құрамында Cr, Ni және кейбір мөлшерде Mo және Ti (08X22H6T, 08X21H6M2T, 12X21H5T және т.б.) болады. Никельді үнемдеу мақсатында X18H8 түріндегі болаттар хромникельді болаттар орына қолданылатын болат ретінде ұсынылған. Аустенитті болаттармен салыстыру бойынша бұл болаттар қанағаттандырылатын созылмалық кезінде жоғары берікті және интеркристаллитті тоттану және тоттанумен жарықшалану кедергілігі жақсы болумен сипатталады. бұл болаттар қасиеттерінің тұрақтылығын сақтамайды: олардың қасиеттері ферритті және аустенитті фазалардың арақатынасына тәуелді. 400÷750°C дейін қыздырған кезде болаттар сынады.

3. Аустенитті-мартенситті топты болаттар (09X15H8Ю, 09X17H7Ю, 08X17H5M3) атмосфералық тоттануға қарсы жақсы төзімділігімен бірге механикалық қасиеттері жоғары және жақсы дәнекерленеді; беріктігі бойынша аустенитті болаттардан артықшылықты. 975°C дейінгі температурада шындалғаннан кейін болаттың созылымдылығы жоғары және пластикалық деформацияланады және кесумен өңделеді. Бұл болаттардың механикалық қасиеттері мартенситтердің мөлшеріне тәуелді, оларды шындау температурасы және суықпен өңдеумен реттеуге болады. Егер мартенсит мөлшері 40% артық болған кезде болаттың созылымдылығы төмендейді, бірақ беріктігі жоғарлайды. Тоттануға төзімді болаттардың механикалық қасиеттері және химиялық құрамы 1.14 кестеде және 1.15 кестеде қолдану аумағы келтірілген.

1.15 кесте

Тоттануға төзімді болаттардың қолдану аумағы

Болат маркасы	Қолданысы
1	2
20X13, 08X13, 12X13	Гидравликалық престер клапандары, тәрелкалары және клапандар ершігі, төлкелер тығыздағышы, бекіткіш, поршенді сақина, турбиналар күрекшесі, үй ыдыстары, құрсаулар, құбырлар

1.15 кестенің жалғасы

1	2
25X13H2	Сондай
30X13, 40X13	Болаттар қаттылығы 50÷60 HRC жоғары және тоттануға төзімділігі жеткілікті. Олардан карбюраторлар инелері, кесу, өлшеу, хирургиялық және медициналық аспаптар, серіппелер, бұрандалар, компрессорлардың пластиналы клапандары, үй ыдыстары және жоғары қаттылық не беріктікті қажет ететін тоттануға төзімді басқа бөлшектер жасалады
14X17H2	Химиялық, авиациялық және өндірістің басқа салаларында технологиялық қасиеттері жеткілікті қанағаттандыратын болат ретінде – дискілер, біліктер, төлкелер, бекіткіштер, компрессорлық машиналар бөлшектері жасалады
95X18	Мұнай жабдықтарына арналған жоғары қаттылықты подшипниктер, жоғары сапалы пышақтар, қарқынды тозатын және зиянды ортада жұмыс жасайтын төлкелер және т.б. бөлшектер
12X17	Тамақ және жеңіл өнеркәсібінің зауыттарына арналған жабдықтар, үй ыдыстары, асүй жабдықтары, адсорбциялық мұнаралар, азотты қышқылдар және нитрозды ыстық газдарға арналған жылу алмастырғыштар, бекіту бөлшектері, білікшелер және араласқан азотты, сіркелі, лимонды қышқылды ертінділерде, тұзды ертінділерде, қышқылдандыру қасиеті бар ертінділерде жұмыс жасайтын аппараттар және ыдыстардың басқа бөлшектері
08X17T	-20°C төмен емес пайдалану температурасы кезінде соққы жүктемесі әсер етпейтін конструкциялар, сонымен бірге осы мақсаттағы 12X17 болат, оның ішінде дәнекерленген конструкцияларға арналған
08X18T1	12X17 және 08X17 болат маркаларына арналған, штампталатын бөлшектер үшін
15X25T	-20°C төмен емес зиянды ортада жұмыс жасауға арналған: азотты қышқыл не электролитті сілтімен жұмыс жасайтын жылу алмастырғыштар құбыры үшін, электродтар, терможүп қаптамасы, қыздыру пештерінің арматурасы, жалынды оталдырғыштар, пиролизді қондырғылар құбырлары және т.б.

1.15 кестенің жалғасы

1	2
15X28	Сондай, шынылы спай үшін
20X13H4Г9	Нүктелі дәнекерлеумен жалғастырылған берік және жеңіл конструкция үшін 12X18H9 және 17X18H9 салқындай тапталған маркалы болатты ауыстырғыш
10X14АГ15, 10X14Г14Н3	Сондай үй ыдыстары және кір жуу машиналары үшін
09X15H8Ю	Серпімді элементтерге арналған және сірке қышқылы және т.б. тұзды ортада, атмосфералық жағдайда жұмыс жасайтын бұйымдарға арналған жоғары берікті болат
07X17H6, 08X17H5M3	Сондай күкіртті қышқылды ортаға арналған және 09X15H8Ю болат
20X17H2	Әлсіз зиянды ортада соққы және қажалумен жұмыс жасайтын ауыр жүктелген бөлшектерге арналған жоғары берікті болат
08X22H6Т	>300°С температура кезінде жұмыс жасайтын химиялық, тамақ және басқа өнеркәсіп салаларына арналған дәнекерлеу аппараттары
08X21H6M2Т	Фосфорлы, күкірт қышқылды, сірке қышқылды жоғары зиянды ортада жұмыс жасайтын бөлшектер және дәнекерленген конструкциялар
15X17АГ14	Әлсіз зиянды ортада жұмыс жасайтын бұйымдар
10X17H13M2Т, 10X17H13M3Т	Қайнайтын сірке қышқылы, фосфор, күкірт қышқылдарының әсер ету жағдайында жұмыс жасайтын дәнекерленген конструкциялар
15X18H12C4ТЮ	Ауалы және зиянды ортада, оның ішінде концентратты азотты қышқылымен жанасумен жұмыс жасайтын дәнекерленген конструкциялар
08X10H20Т2	Теңіз суында жұмыс жасайтын үлкен габаритті бөлшектерді өндіруге арналған магнитті емес болаттар
12X18H10Т, 12X18H9Т, 12X18H12Т	+350°С дейінгі зиянды орта кезінде, -196 ден +600°С дейінгі температурасы қысымымен жұмыс жасайтын корпустар және басқа бөлшектер, араластырылған тұздар, сілтілер, қышқылдар ертінділерімен жұмыс жасайтын дәнекерленген конструкциялар

1.15 кестенің жалғасы

1	2
09X16H4Б	Зиянды ортада жанасумен жұмыс жасайтын жоғары берікті штампталған дәнекерленген конструкциялар және бөлшектер
09X17H7Ю, 09X17H7Ю1	Теңіз суында жұмыс жасайтын қанатты қондырғылар, рөлдер, кронштейндер, кеме біліктері
H70МФ	Тұзды қышқылды, күкірт және фософр қышқылдарының ертідісімен жұмыс жасайтын дәнекерленген конструкциялар
08X18Т	-20°С дейінгі пайдалану температурасы кезінде басқа бұйымдар және тамақ және жеңіл өнеркәсіп жабдықтары, асүй ыдыстары, үй жабдықтарын жасауға арналған 12X18H10Т маркалы болат орнына қолданылатын болат ретінде ұсынылады
08X17H6Т	Теңіз суында жұмыс жасайтын қанатты қондырғылар, рөлдер, кронштейндер, кеме біліктері. 09X17H7Ю, 09X17H7Ю1 маркалы болаттар орнына қолданылатын болат ретінде ұсынылады
08X18Г8H2Т	Зиянды ортада, химия және өндірістің басқа салаларында жұмыс жасайтын дәнекерлеу аппараттары жасалатын 12X18H10Т, 12X18H9Т, 12X18H12Т маркалы болаттар орнына қолданылатын болат ретінде ұсынылады
12X21H5Т	Зиянды ортада жұмыс жасайтын дәнекерлеу конструкциялары үшін қолданылады
10X14Г14H4Т	-196°С температура кезінде, әлсіз зиянды ортада жұмыс жасайтын жабдықтарды жасау үшін 12X18H10Т маркалы болат орнына қолданылатын болат ретінде ұсынылады
12X17Г9АН4	Атмосфералық жағдайда жұмыс жасайтын бұйымдар үшін. 12X18H9 және 12X18H10Т маркалы болаттар орнына қолданылатын болат ретінде ұсынылады
08X17H15M3Т	10X17H13M2Т маркалы болат қолданылатын мақсатта қолданылады
03X17H14M3, 03X16H15M3Б	08X17H15M3Т және 10X17H13M2Т маркалы болаттар қолданылатын мақсатта қолданылады
04X18H10	Жоғары температура кезінде азотты қышқыл және азотты қышқылды ортада жұмыс жасайтын және 08X18H10Т маркалы болат қолданылатын мақсатта қолданылады

1.15 кестенің жалғасы

1	2
03X18H11	Сондай
03X18H12	Сондай және электронды өндірісте
12X18H9, 08X18H10	Жоғары берікті салқындай тапталған табақ және таспа түрінде нүктелі дәнекерленген әртүрлі бөлшектер және конструкциялар, сонымен бірге термиялық өңделетін (шыңдау) бұйымдар үшін қолданылады
17X18H9	12X18H9 маркалы болат қолданылатын мақсатта қолданылады
12X18H10E	Сондай
08X18H10T	12X18H10T және 12X18H12T маркалы болаттарға қарағанда жоғары зиянды ортада жұмыс жасайтын дәнекерленген бұйымдарды жасау үшін қолдануға ұсынылады
06X18H11	Ферритті фаза құрамы қатаң шектелген кезінде 08X18H10 маркалы болат сияқты сол мақсаттарда қолданылады
08X18H12T	Ферритті фаза құрамы қатаң шектелген кезінде 08X18H10T маркалы болат сияқты сол мақсаттарда қолданылады
08X18H12B	12X18H12T маркалы болат қолданылатын мақсатта қолданылады
06XH28MДТ, 03XH28MДТ	Күкіртті қышқылды және қышқылды, фосфорлы қышқылды және 55% сірке қышқылдан басқа, әртүрлі концентрациялы күкіртті қышқылда 80°C дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын дәнекерленген конструкциялар үшін
06XH28M	06XH28MДТ болат маркасына қарағанда, аз зиянды ортада жұмыс жасайтын дәнекерленген конструкциялар және тораптарды жасау үшін қолданылады. Оның ішінде, 60°C жоғары емес температура кезінде, 20% дейінгі төмен концентрациялы күкіртті ортада, сонымен бірге ыстықты фосфорлы қышқыл жағдайында
08X17H13M2T	10X17H13M2T маркалы болат қолданылатын мақсаттарда қолданылады
07X21Г7АН5	Орташа зиянды ортада және -253°C дейінгі криогенді температура кезінде жұмыс жасайтын дәнекерленген бұйымдар үшін

1.15 кестенің жалғасы

1	2
03X21H21M4ГБ	Күкіртті және фторлы қосындылы қоспалы ыстық фосфорлы қышқыл әсер ететін жағдайда жұмыс жасайтын дәнекерленген конструкциялар және тораптарды жасау үшін ұсынылады: жоғары температура (95°С дейінгі) кезінде, азотты қышқылды 80°С артық емес температура және төмен концентрациялы күкіртті қышқылды қосындыларда
ХН65МВ	Өте зиянды ортада жәнеконцентрацияланған сіркелі қышқылды,күкіртті қышқылды және тұзды қышқылды, қышқылдататын сипатты жоғары температура кезінде жұмыс жасайтын дәнекерленген конструкцияларды жасау үшін қолданылады
Н70МФВ	Қалпына келтіретін сипатты басқа ортада және тұзды, күкіртті, фосфорлы қышқылды жоғары температура кезінде жұмыс жасайтын дәнекерленген конструкцияларды жасау үшін қолданылады
ХН58В	Фториондар қатысатын азотты қышқылды ертіндіде жұмыс жасайтын дәнекерленген конструкцияларды жасау үшін қолданылады
ХН65МВУ	Қышқылды-қалпына келтіретін сипатты (күкірт, сірке қышқылы ылғалды хлор, хлорид және т.б.) зиянды ортада жоғары температура кезінде жұмыс жасайтын дәнекерленген конструкцияларды жасау үшін қолданылады
07X16H4Б	Химия өндірісі, атомды энергия нысандары, дәнекерленген тораптар, кемежасау саласындағы жоғары жүктемелі бұйымдар бөлшектерін жасау үшін қолданылады
65X13	Асүй пышақтары және қауіпті қырыну жүзін жасау үшін қолданылады
03X23H6, 03X22H6M2	Химиялық машинажасау саласындағы аппараттарды жасау үшін қолданылады
03X18H10T, 05X18H10T	Сильфондар-компенсаторларды жасау үшін қолданылады

Темір никельді және никельді негізді тоттануға төзімді қортпалар. Аустенитті не аустенитті-ферритті болаттар күкіртті және тұзды қышқылдарда жеткілікті жоғары тоттану төзімділігін қамтамасыз етпейді. Бұл жағдайларда темір никельді қортпалар қолданылады, мысалы, 04ХН40МДТЮ қортпа, ол күкіртті қышқылды ертіндіде үлкен жүктеме кезінде жұмыс жасауға арналған.

Ni-Mo (Н70МФ) негізіндегі қортпалардың азотты қышқылды ертіндіде тоттану кедергілігі жоғары. Ылғалды хлорлы, тұзды қышқылды және күкіртті қышқылды, хлорлы, қышқылар қоспалары және басқада зиянды ортада жоғары температура кезінде жұмыс жасау үшін ХН65МВ қортпа кеңінен қолданылады.

Екі қабатты болаттар тоттанатыну ортада жұмыс жасайтын химиялық аппаратуралар бөлшектерін (аппараттар корпустары, түптер, фланцтер, келте құбыр және т.б.) жасау үшін қолданылады. Екі қабатты табакты болаттар негізгі қабаттан – төмен легіріленген (09Г2, 16ГС, 09Г2С, 12ХМ, 10ХГСНД және т.б.) не көміртекті болаттан (Ст3) және тоттануға төзімді болатты (08Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 06ХН28МДТ, 09Х13) не никельді қортпалы (ХН65МВ, Н70МФ) қалыңдығы 1,6 мм плакирлеуші қабаттан құралады.

Темір никельді және никельді негізді тоттануға төзімді қортпалардың механикалық қасиеттері және химиялық құрамы 1.16 кестеде келтірілген [1, 5].

1.16 кесте

Темір никельді және никельді негізді тоттануға төзімді қортпалардың механикалық қасиеттері және химиялық құрамы (легірілеуші элементтері бойынша)

Болат маркасы	Негізгі элементтер құрамы, %				Механикалық қасиеттері		
	Cr	Ni	Mo	Басқа элементтер	σ_B	$\sigma_{0.2}$	δ
					МПа		%
04ХН40МДТЮ	14÷17	39÷42	4,5÷6,0	2,5÷3,2Ti; 0,77÷1,2Al; 2,7÷3,3 Cu	1250	750	35
Н70МФ	-	басқалары	25÷27	1,4÷1,7 V	950	480	50
ХН65МВ	14,5÷16,5	басқалары	15	3,0÷4,5 W	1000	600	50

Ыстыққа төзімді болаттар және қорпалар. Тотықты қабыршақтардың құрылысы ыстыққа төзімді металлар үшін маңызы үлкен: тотықты қабыршақ қаншалықты тығыз және берік болса, соншалықты ол арқылы өтетін диффузия жылдамдығы аз, соншалықты қорпаның ыстыққа төзімділігі жоғары болады.

Ыстыққа төзімділікті жоғарлатудың негізгі тәсілі – диффузиялық процестерге кедергі жасайтын, бұйым бетінде тығыз SiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , тотықты түзейтін кремний, алюминий не хромен легірлеу саналады. Хром құрамы қаншалықты жоғары болса, соншалықты болат қақтың түзілуіне төзімді болады, мысалы, хром құрамы 15÷17% дейін жоғарлаумен, болаттың қақты төзімділігі 700÷750°C дейін жетеді, ал болатқа 25%Cr қосылған кезде қақты төзімділік 1100°C дейін жетеді. 25%Cr және 5% мөлшерлі алюминиймен легіріленген болаттарда қақты төзімділікті 1300°C дейінгі жоғарлатады. Осылайша, болаттың қақаты төзімділігі (ыстыққа төзімділігі) оның құрылымына емес, оның құрамына тәуелді болады.

Әртүрлі жоғары температуралы қондырғыларды, пештер бөлшектері және газды трубиналарды жасау үшін ыстыққа төзімді, ыстыққа берікті ферритті (12X17, 15X25T және т.б.) және аустенитті 20X23H13, 12X25H16Г7AP, 36X18H25C2 және т.б.) болаттар қолданылады.

Ыстыққа төзімді болаттардың механикалық қасиеттері және химиялық құрамы 1.17 кестеде келтірілген [1, 5].

1.17 кесте

Ыстыққа төзімді болаттарды қолдану аумағы

Болат маркасы	Қолданысы
1	2
15X5	Құбырлар
40X9C2	Автомобильді, тракторлы, дизельді қозғалтқыштардың шығару клапандары, рекуператорлар құбырлары, жылу алмастырғыштар, оттықтар
40X10C2M	Қозғалтқыштар клапандары
30X13H7C2	Автомобильді қозғалтқыштар клапандары
15X6CЮ	Қазандықты қондырғылар бөлшектері, құбырлар
12X13	Турбина бөлшектері, құбырлар, қазандықтар бөлшектері

1.17 кестенің жалғасы

1	2
10X13СЮ	Автотракторлы қозғалтқыштар клапаны, әртүрлі бөлшектер
12X17	Жылу алмастырғыштар, асүй жабдықтары және т.б. құбырлар
08X17Т	Сондай
15X25Т	Аппаратуралар, бөлшектер, терможұп қаптамасы, жалынды оталдырғышты білте электродтары, пиролизді қондырғылар құбырлары, жылу алмастырғыштар
15X28	Аппаратуралар, бөлшектер, пиролизді қондырғылар құбырлары, жылу алмастырғыштар
08X20Н14С2	Құбырлар
20X20Н14С2	Пешті конвейерлер, цементтеуге арналған жәшіктер
20X23Н13	Метанды пиролиздеуге арналған құбырлар, пирометрикалық түтікшелер
08X18Н10, 12X18Н9, 08X18Н10Т, 12X18Н10Т, 12X18Н9Т	Пешті арматура құбырлары және бөлшектері, жылу алмастырғыш, муфелдер, реторттар, келте құбыр, шы, ару жүйесінің коллекторлары, жалынды оталдырғышты білте электродтары
12X18Н12Т	Құбырлар
36X18Н25С2	Пешті конвейерлер және басқада жүктелмелі бөлшектер
10X23Н18, 20X23Н18	Құбырлар және метанды конверсиялауға арналған қондырғылар бөлшектері, пиролиз, табақты бөлшектер
12X25Н16Г7АР	Жұқа табак, таспа, сортты таптамадан жасалған газды құбыржолды жүйелер бөлшектері
55X20Г9АН4	Автомобильді қозғалтқыштар клапаны
45X22Н4М3	Сондай
20X25Н20С2	Қазандықтағы салпыншақтар және тіреулер, электролизді және перолизді қондырғылар құбырлары
ХН38ВТ	Газды құбыржолды жүйелер бөлшектері
ХН28ВМАБ	Турбинаның табақты бөлшектері

1	2
ХН45Ю	Шілтерлі қондырғылар бөлшектері, терможұп қаптамасы, пештің (мысалы, вспученного перлитті өндіру, керамикалық плиткаларды күйдіру) табақты және түтікшелі бөлшектері
ХН60Ю, ХН75МБТЮ	Газды құбыржолды жүйелер бөлшектері, аппаратура
ХН78Т	Газды құбыржолды жүйелер бөлшектері, сортты бөлшектер, құбырлар
ХН60ВТ	Қозғалтқыштың табақты бөлшектері
ХН70Ю	Газды құбыржолды жүйелер бөлшектері

1.2.16. Криогенді болаттар

Төмен температуралар (жасанды суық) өндірісте зымыранды және ғарыштық, тұрмыстық техникадакеңінен қолданылады. Оттегінің қайнау нүктесінен (-183°С) төмен температура **криогенді** деп аталады. Осы температураларда жұмыс жасау үшін арнайы криогенді болаттар және қортпалар қажет, төмен температура кезінде сынғыштықты бүлінуге жоғары кедергілікпен үйлескен қалыпты температура кезінде беріктігі жеткілікті болу керек.

Криоген ретінде төмен көміртекті никельді болаттар және салқиндай сынғыштыққа бейімді емес аустенитті топты болаттар қолданылады. -196°С дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын дәнекерлеген конструкциялар үшін салқиндай сынғыштық шегі төмен 6÷7%Ni (ОН6А) және 8,5÷9,5%Ni (ОН9А) болаттар қолданылады.

Криогенді болаттар қосарлы қалыптандыру (900 және 790°С кезінде) және 560°С кезіндегі жасытудан не суда 810÷830°С дейінгі шындаудан және 600°С кезіндегі жасытудан кейін қолданылады. Криогенді болаттардың механикалық қасиеттері осындай термиялық өңдеуден кейін: қалыпты температура кезінде аққыштық шегі $\sigma_{0,2} = 400\div 450$ МПа, кезінде $\sigma_{0,2} = 680\div 820$ МПа (ОН9А маркалы болаттар үшін өте үлкен мәнді), 196°С кезінде соққы кедергісі $KCU=1,0\div 1,3$ МДж/м² құрайды.

Криогенді болаттардан 196°С төмен температура кезінде сұйытылған газдарды сақтауға және тасымалдауға арналған цилиндрлі

не сферикалық резервуарлар жасалады. Бұйымды жасауға арналған барлық технологиялық операциялар, оның ішінде дәнекерлеу термиялық өңделген табақтарда орындалады.

Аустенитті криогенді болаттар үш топқа бөлінеді:

1) **хромникельді аустенитті болаттар** 12X18H10T және 08X18H10T, олардан сұйытылған газдарды сақтау және көлікті сыйымдылықтар, сұйықталған газдарлы (O_2 , N_2 , H_2 және т.б.) алуға арналған үлкен қуатты ірі габаритті газ үлестіретін қондырғылар жасалады. Олар жақсы дәнекерленеді және криогенді температуралар кезінде ($-253^{\circ}C$ кезінде $\sigma_{0,2} = 600$ МПа, $KCU = 1$ МДж/м²) үлкен тұтқырлықты қорлы болады. 12X18H10T болаттың жоғары созылмалықты қоры оны беріктікті жоғарлату мақсатында орындалатын салқиндай пластикалық деформациялаудан кейін пайдалануға мүмкіндік береді, сонымен хромникельді болатты аустенит тұрақсыз және пластикалық деформациялану әсерінен жартылай мартенситті түрленуі мүмкін.

2) **жоғары беріктікті күрделі легіріленген аустенитті болаттар** 07X21Г7АН5 және 03X20H16АГ6 ($-253^{\circ}C$ температура кезінде $\sigma_{0,2} = 1150 \div 1350$ МПа, $KCU = 1,0 \div 1,3$ МДж/м²). Бұл болаттар штампты дәнекерленген бұйымдар және қалың қабырғалы үлкен габаритті сыйымдылықтарды жасау үшін қолданылады.

3) **хромды марганецті негізді аустенитті болаттар** 10X14Г14Н4Т және 03X13АГ19 қымбат хромникельді аустенитті болаттар орына қолданылады. Болаттар 20 ден $-196^{\circ}C$ дейінгі (03X13АГ19 болат) және $-253^{\circ}C$ (10X14Г14Н4Т болат) температура кезінде жұмыс жасайтын дәнекерленген конструкцияларды жасау үшін ұсынылады. Қалыпты температура кезінде бұл болаттардың аққыштық шегі $400 \div 450$ МПа артық емес [1].

1.2.17. Ыстыққа берікті болаттар

Көптеген аппараттар, машиналар және жеке бөлшектер үлкен кернеу әсерімен жоғарылатылған және жоғары температура кезінде жұмыс жасайды. бұл жағдайларда ыстыққа берікті болаттар және қортпалар қолданылады. **Ыстыққа берікті болаттар және қортпалар** – жеткілікті ыстыққа төзімділікті белгілі уақыт аралығында жоғары температура кезінде кернеумен жұмыс жасауға қабілетті болаттар және қортпалар.

Температура жоғарлаған кезде беріктік сипаттамасы (атомдардың жылжығыштығы жоғарлайды, бос орын мөлшері көбейеді, диффузия-

лық процестер күшейеді, бұл атомадар арасындағы байланыс күшінің төмендеуіне әкеп соғады, соның әсерінен беріктік төмендейді) төмендейді. Металдың балку температурасы қаншалықты төмен болса, қыздыру кезінде соншалықты жылдам беріксіздену басталады. Сондықтан ыстыққа төзімді қортпаларды жасау кезінде балку температурасы жоғары металдар (Fe, Ni, Co, Cr, Mo және т.б.) қолданылады. Егер жоғары температура темпеаура кезінде жұмыс жасайтын бұйым әлсіз жүктелген кезде, бірақта қышқылдану кедергілігі жақсы жағдайда, оларды жасау үшін ыстыққа төзімді болаттар және қортпалар қолданылады.

Болаттар және қортпалардың ыстыққа төзімділігі атомадар арасындағы байланыс шамасына, сонымен бірге оның құрылымдық күйіне тәуелді болады. Ыстыққа төзімділігі қаншалықты жоғары болса, соншалықты оның базасында құралған қортпалардың металды кристалы торларындағы атомдар арасындағы байланыс жоғары болады. Ыстыққа төзімділікті жоғарлату атомдар арасындағы байланыс энергиясының жоғарлауына әсер ететін қатты ертіндіні легірлеумен орындалады, соның нәтижесінде диффузия және өзіндік деффузия процесі баяулайды, ал қайта кристалдану температурасы жоғарлайды; марицамен ұзақ уақытқа когеренті байланысқан, қортпаларда әсіресе интерметаллидті және дисперсті карбидті түйіршіктер шекарасы бойынша және негізгі қатты ертіндіде ұяшықты арнайы құрылым жасалады. Мұндай құрылым жоғары температурада шынықтыру және кейін ескіру нәтижесінде алынады.

Қазіргі кезгегі ыстыққа берікті қортпалардың жұмысшы температурасы шамамен $(0,45 \div 0,8) \cdot T_{\text{пл}}$ құрайды. Ыстыққа төзімді қортпалардың өажетті жұмыс жасау мерзімі 1÷2 сағат (зымыранды) жүзге дейін (авиациялық газды трубиналар) және көптеген мыңдық (стационарлы газды және булы турбиналары) сағат мөлшерінде өзгереді.

Жоғары температура кезінде жұмыс жасайтын ыстыққа төзімді қортпалар ($700 \div 950^\circ\text{C}$ дейін) темір, никель және кобальт негізінде, ал жоғарғы температура ($1200 \div 1500^\circ\text{C}$ дейін) кезінде жұмыс жасау үшін – молибден және күрделі балқитын металдар негізінде жасалады.

Ыстыққа төзімді болаттар жоғары температура кезінде жұмыс жасайтын қазандықтар, газды трубиналар, реактивті қозғалтқыштар, зымырандар және т.б. көптеген бөлшектерін жасау үшін қолданылады.

Ыстыққа төзімді болаттар 2 топқа бөлінеді:

– $350 \div 500^\circ\text{C}$ дейін жұмыс жасайтын **жылуберікті**;

- өте жоғары температура кезінде жұмыс жасайтын **ыстыққа берікті**. Мұндай кортпалардағы темір құрамы 50% артық.

Көміртекті және төмен легіріленген жылу тұрақты **перлитті топты болаттар**, 500÷580°C артық емес температура кезінде ұзақ уақыт (10000÷200000 сағ) жұмыс жасайтын, аққыштыққа бейімді, бірақта салыстырмалы аз жүктелген энергетикалық қондырғылар, тораптар және бөлшектерді жасау үшін қолданылады. Егер жұмысшы температура 400°C артық емес және қысым 0,8 МПа кезінде, табақ және құбыр түрінде жеткізілетін 12К, 15К, 18К, 22К («К» әрпі – қазандықты болаттар) қалыптандырылған көміртекті болаттар қолданылады. Бұл болаттар құрамындағы көміртек (0,15%) аз, олар дәнекерлеумен жалғанады, және сырғымалық кедергілігі жақсы болады.

Жұмысшы температурасы 600°C жауапты, бу өткізгішті және булы артық қызатын құбырлар үшін Cr, V, Mo және Nb құрамды төмен легіріленген болаттар қолданылады. Ферриттің қатты ертіндісіндегі легірлеуші элементтер диффузиялық процеске кедергі жасайды, қайта кристалдану температурасын жоғарлатады, дисперсионды қатудың түзілуіне әсер етеді, карбидті фазаны тұрақтандырады, бұл ыстықты беріктікті жоғарлатады. Көміртек құрамы 0,08÷0,2% болу керек, оның құрамының жоғарлауымен дәнекерлену төмендейді. Ниобий (ванадий) сырғымалық кедергілігін және беріктік ұзақтығын жоғарлату үшін қосылады. 560°C температура және 25,5 МПа қысым кезінде жұмыс жасайтын қазандықты қондырғылар үшін жиі технологиялық қасиеті жақсы және жылуға төзімді 12X1МФ маркалы болаттар қолданылады.

Мартенситті және мартенситті-ферритті болаттар тобы. Газды трубиналар тоаптары және бөлшектері және булы күшті қондырғылар (күрекше, бекіту бөлшектері, құбырлар және т.б.) үшін жоғары хромды (10÷1%Cr дейінгі – мартенситті топты болаттар, 11÷13%Cr – мартенситті-ферритті топты болаттар) W, Mo, V, Nb және В қосымша легіріленген болаттар қолданылады. ыстыққа төзімділікті молибденмен үйлескен вольфрам және ванадий қатты жоғарлатады. Бор, цирконии, церижәне азотпен легіріленген болаттар ыстықты беріктілікті қосымша жоғарлатады. Бұл болаттар ұзақ берікті жоғарғы мәнінен басқа ыстыққа жоғары төзімді. Бұл болаттардың жұмысшы температура-лары 580÷600°C жетеді.

Білы трубиналардың жұмысшы күрекшелерін жасау үшін мартенситті топты 15X1МФ болат кеңінен қолданылады, ол сортты таптама түрінде – ыстықтай деформацияланған қалың табақ және ыстықтай деформацияланған не салқындай деформацияланған құбырлар

Перлитті топты ыстыққа берікті болаттардың химиялық құрамы
(дегірлеуші элементтер бойынша) және қасиеттері

Болағ маркасы	Элементтер құрамы, %					Ұзақ беріктік шегі, МПа	
	C	Cr	Mo	V	Басқа элементтер	$\sigma_{10^4}^{600}$	$\sigma_{10^5}^{600}$
Перлитті топты болаттар							
12X11МФ	0,08÷0,15	0,9÷1,2	0,25÷0,35	0,15÷0,30	-	80	60
15X11М1Ф	0,1÷0,16	1,1÷1,4	0,9÷1,1	0,2÷0,25	-	85	65
12X2МФСР	0,08÷0,15	1,6÷1,9	0,5÷0,7	0,2÷0,35	0,4÷0,7Si; <0,005B	85	65
Мартенситті және мартенситті-ферритті топты болаттар							
15X11МФ	0,12÷0,19	10,0÷11,5	0,6÷0,8	0,25÷0,40	-	97	-
18X12ВМБФ	0,15÷0,22	11,0÷13,0	0,4÷0,6	0,15÷0,30	0,2÷0,4Nb; 0,4÷0,7W; ≤0,003B	180	150
18X12ВМФР	0,15÷0,22	11,0÷13,0	0,4÷0,6	0,15÷0,30	0,15÷0,3Nb; 0,55÷0,85W; 0,5÷1,0Ni; 0,5÷1,0Mn; ≤0,08B	180	140

түрінде жеткізіледі. Перлитті, мартенситті, мартенситті-феритті топты ыстыққа берікті болаттардың химиялық құрамы 1.18 кестеде және 1.19 кестеде механикалық қасиеттері, 1.20 кестеде мартенситті-ферритті топты болаттардың механикалық қасиеттері келтірілген.

1.19 кесте

Мартенситті және перлитті топты ыстыққа берікті болаттардың механикалық қасиеттері

Болат маркасы	σ_B , кгс/мм ²	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм ²	δ_5 , %	ψ , %	a_H , кгс*М/см ²
15X5	78	52	18	50	10
15X5M	80	47	20	50	12
15X5BФ	66	41	22	50	12
40X9C2	85	60	18	45	-
40X10C2M	95	75	18	35	>2
11X11H2B2MФ	90	75	12	50	8
30X13H7C2	120	80	18	25	>2
20X13	66	45	16	55	8
20X17H2	150	125	7	-	4
09X16H4Б	120	90	8	40	6
12MX	42	26	21	45	6
15XM	50	32	20	50	7
12X1MФ	52	36	21	63	10
20XM	80	60	12	50	9
25X1MФ	90	75	14	50	6
25X2M1Ф	90	75	10	40	3
18X3MB	65	45	18	-	12
20X3MBФ	90	75	12	40	8

Перлитті топты ыстыққа берікті болаттарды қолдану аумағы

Болат маркасы	Қолданысы
16М, 12МХ, 15ХМ, 12МХФ, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 12Х2МФБ, 12Х2МФР	Жұмысшы температурасы 500÷620°С, бу қыздырғыштарының құбырлары, буқұбыржолдары, энергетикалық қондырғылардың коллекторлары, булы қазандықтары және буқұбыржолдарының арматурасы
18Х3МФ, 20Х3МВФ	Жұмысшы температурасы 450÷500°С, гидрогенизациялық қондырғылар және мұнайхимиялық аппаратураларға арналған құбырлар
20Х3МВФ	Шыңдалғылар (роторлар, дисклер), бұрандалар
25Х2М1Ф	Бекіту бөлшектері (бұрандалар, шпилькалар), жалпақ серіппелер

Мартенситті-ферритті топты ыстыққа берікті болаттардың механикалық қасиеттері

Болат маркасы	$\sigma_{в}^*$, кгс/мм ²	$\sigma_{0,2}^*$, кгс/мм ²	δ_5 , %	ψ , %	a_n^* , кгс*М/см ²
12Х13	74	60	20	60	14
14Х17Н2	120	90	12	42	4
15Х12ВНМФ	88	70	15	55	9
18Х12ВМБФР	81	65	14	50	8

Ішкі жану қозғалтқыштарының шығару клапандары, рекуператорлар, жылу алмастырғыштар және т.б. үшін мартенситті топты, 0,15÷0,45%С, кремний, хром және молибден 15Х5, 15Х5М, 40Х9С2, 40Х10С2М) құрамды **сильхромдар** деп аталатын хромникельді болаттар қолданылады. Сильхромның кемшіліктері: ІІ түрлі жасыту сынғыштығына бейімді. 700÷800°С дейін жұмысшы температурасы, қыздыру кезінде өте жоғары температураға дейін шыңдауда түйіршік үлкейеді, бұл тұрпаттыкристалды (нефталинисті) сынуға әсер етеді. 500÷600°С жоғары қызу кезінде сильхромдар беріктігі күрт төмендейді. Сондықтан жылдамды қозғалтқыштарда және дизелдерде сильхромдар орнына 700÷800°С дейінгі температура кезінде

Кейбір ыстыққа берікті болаттардың беріктік ұзақтығының шегі және химиялық құрамы (легірлеуші элементтер бойынша)

Болат маркасы	Элементтер құрамы, %							°С температура кезіндегі, $\sigma_{100^{\circ}}$ МПа		
	C	Cr	Ni	Si	Mn	Басқа элементтер	600	700	800	
Карбидпен беріктендірілген аустенитті топты болаттар										
45X14H14B2M	0,4÷0,5	13,0÷15,0	13,0÷15,0	-	-	2-2,75W; 0,25÷0,4Mo	220	-	-	
40X15H7Г7Ф2МС	0,38÷0,47	14,0÷16,0	6,0÷8,0	0,9÷1,4	6,0÷8,0	1,5÷1,9V; 0,65÷0,85Mo	420	240	125	
37X12H8Г8МФБ	0,34÷0,4	11,5÷13,5	7,0÷9,0	-	7,5÷9,5	1,1÷1,4Mo; 0,25÷0,45Nb; 1,25÷1,55V	450	300	150	
Интерметаллиден беріктендірілген аустенитті топты болаттар										
10X11H20Г3Р	До 0,1	10,0÷12,5	18,0÷21,0	-	-	2,3÷2,8Ti; До 0,5Al; 0,008÷0,02B	-	300	100	
10X11H23Г3МР	До 0,1	10,0÷12,5	21,0÷25,0	-	-	2,5÷3,0Ti; До 0,8Al; 1,0÷1,6Mo; 0,008÷0,02B	580	400	200	
Темір никельді негізді болаттар										
ХН35ВТЮ	До 0,08	12,0÷15,0	33,0÷37,0	-	-	2,4÷3,2Ti; 2,0÷4,0W; 0,7÷1,7Al; 0,02B	600	380	220	
ХН38ВТ	0,06÷0,12	20,0÷23,0	33,0÷39,0	-	-	0,7÷1,2Ti; 2,8÷3,5W	-	-	80÷90	

жұмыс жасайтын **аустенитті топты ыстыққа берікті болаттар** қолданылады. Жоғары ыстыққа берікке жету үшін олар Mo, W, V, Nb және В қосымша легіріленеді не термиялық (келесі ескіртумен шыңдау) өңделеді. Бұл болаттардың ыстыққа беріктігі перлитті, мартенситті, мартенсит-ферритті және феритті болаттардың ыстықты беріктігінен жоғары. Аустенитті топты ыстыққа берікті болаттардың химиялық құрамы және механикалық қасиеттері 1.22 кестеде келтірілген. Бұл болаттар бөлінеді:

- гомогенді құрылымды аустенитті, сондықтан термиялық өңдеумен (17X18H9, 09X14H19B2Б, 12X18H12Т, 20X25H20C2 және т.б.) беріктендірілмейді. Қыздыру кезінде фазалық түрлену орындалмайды.
- гетерогенді құрылымды аустенитті, олардың беріктігі термиялық өңдеу: шыңдау (1050÷1100°C) және ескіру (600÷750°C) есебінен жоғарлайды. 37X12H8Г8МФБ, 10X11H20ТЗР және т.б. маркалы болаттар.

Аустенитті ыстыққа берікті болаттар созылмалы және тұтқырлықты, бірақта кесумен нашар өңделеді. Оларды булы қазандықтар, трубиналар қалақшаларын, реактивті қозғалтқыштарының аппараттарының шүмектерін жасау үшін қолданады.

Шамалы жүктеме (газды стационарлы турбиналар) кезінде жұмыс жасайтын газды трубиналы қондырғылардың әртүрлі бөлшектерін жасау үшін, сонымен бірге бекіту бөлшектері үшін 40X15H7Г7Ф2МС болат қолданылады, онда шиі никель марганецпен ауыстырылады. 700°C артық температура кезінде тотығуға қарсы төзімділік шамалы, сондықтан бөлшектер алитирленеді не электролитті никельдендіріледі.

10X11H20ТЗР маркалы болат 700÷750°C дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын жоғары берікті конструкциялардың дәнекерлеу элементтерін жасау үшін табақ түрінде қолданылады. Бұл болатүлкен мөлшерлі титан және алюминиймен, дәнекерленусіз 650÷700°C температура кезінде жұмыс жасайтын газтрубиналы қозғалтқыштардың бөлшектерін жасау үшін қолданылады. Есіру алдындағы салқиндай деформациялану уақытша кедергілікті жоғарлатады. 10X11H20ТЗР болатпен салыстыру бойынша 700÷750°C температура кезінде 10X11H23ТЗМР болаттың ыстыққа беріктігі жақсы.

Темір никельді негіздегі ыстыққа берік қортпалар – бұл қортпалардың негізгі құрылымы қатты хром ертіндісі және темір никельді негізді басқа легірлеуші элементтерден құралады. Олар булы және газды трубиналарды жасау үшін қолданылады. Сонымен

500÷750°C кезінде жұмыс жасайтын трубинді күрекше және дисклерді, шүмекті аппараттар сақиналарын және басқа бөлшектерді жасау үшін ХН35ВТЮ қортпасы қолданылады.

Никельді негіздегі ыстыққа берікті қортпалар. 700°C жоғары температура кезінде жұмыс жасайтын бөлшектер және қондырғылар никель, кобальт және қиын балқытылатын металлдар (800÷1000°C жұмысшы температурасында никель 55% артық) негізіндегі қортпалардан жасалады. Никельді қортпалар тек ғана ыстықты беріктілігі ғана емес, сонымен бірге ыстыққа төзімділіктері де жоғары. Олар деформацияланған не құйылған күйде қолданылады. Гомогенді (нихромдар, инконелдер), гетерогенді (нимониктер) құрамындағы көміртек 0,06÷0,12% аз. Никельді негізді ыстыққа берікті қортпалардың химиялық құрамы және механикалық қасиеттері 1.23 кестеге келтірілген.

Нихромдар – хромды никельді (ХН60Ю, ХН7ВТ) қортпалар. Өте ыстыққа төзімді. Тотыққан ортада жұмыс жасайтын жүктелмеген бөлшектер, оның ішінде қыздыру элементтер үшін қолданылады.

Нимониктер – никель негізіндегі ыстыққа берікті қортпалар. Қақты төзімді жоғары никельді алу үшін хроммен (~20%), ыстыққа төзімділікті жоғарлату (1,0÷2,8%) титанмен және (0,55÷5,5%) алюминиймен легіріленумен орындалады. Сонымен бірге хромнан басқа Ti, Al, Mo, W және т.б. қосылады. Молибден және вольфрам әрі қарай ыстыққа беріктілікті жоғарлату үшін қосылады. γ -ертінділер түйіршіктерінің шекарасын беріктендіру үшін қортпа бор және циркониймен легірілендіріледі. Күкірт, сурьма, қорғасын және қалайы қоспасы қортпалардың ыстықты беріктігін төмендетеді және олардың қысымен өңделуін қиындатады. Осыған байланысты ыстыққа берікті қортпаларды қортукезінде ыстықты беріктікті жоғарлату үшін зиянды жеңіл балқытылатын қоспалардан таза өте таза шихталы материалдарды пайдалану қажет.

Нимониктер әртүрлі техника салаларында (авиациялық қозғалтқыштар, стационарлы газды турбиналар, химиялық аппараттарды жасау және т.б.) және 850°C дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын жұмысшы күректер, трубиналы дискілер, сақиналар, ұзақ қызметті мерзімді бекітшіктер, шүмекті күрекшелер және газды турбиналардың әртүрлі бөлшектерін жасау үшін қолданылады.

Беріктігі шамалы, созылымдылығы жоғары, штампталатын, иілімді және профилирленген ХН77ТЮР никельді қортпа кеңінен қолданылады. Қортпаның дәнекерленуі қанағаттанарлықты. Сонымен қатар 700÷800°C кезінде ыстыққа беріктігі жақсы және созылмалығы

800°C температура кезінде кейбір ыстыққа берікті никельді қоргалардың механикалық қасиеттері және химиялық құрамы (легірлеуші элементтер бойынша)

Болат маркасы	Элементтер құрамы, %							Механикалық қасиеттер		
	Cr	Ti	Al	C	B	W	Басқа элементтер	σ_b	σ_{100}^{800}	δ
XН77ТЮР	19,0÷22,0	2,4÷2,8	0,6÷1,0	0,02	0,01	5,0÷7,0	-	550	200	10
XН70ВМТЮ	13,0÷16,0	1,8÷2,3	1,7÷2,3	0,02	0,02	5,0÷7,0	2,0÷4,0Mo; 0,1÷0,5V	680	230÷270	8
XН55ВМТКЮ	9,0÷12,0	1,4÷2,0	3,6÷4,5	-	0,02	4,5÷6,5	4,0÷6,0Mo; 0,2÷0,8V	850	450	10
XН65ВМТЮ	15,0÷17,0	2,0÷2,8	1,0÷1,5	0,025	0,01	8,5÷10,0	3,5÷4,5Mo	-	300	-

жеткілікті ХН70ВТЮ қортпасы жиі қолданылады. Ол трубинаның бекіту бөлшектері және стационарлы газды трубина аппаратының күрекшелерінің материалы ретінде қолданылады.

Күрделі легірленген қортпаларға кобальтті қосу қортпалардың ыстыққа беріктігін және технологиялықты созылмалығын жоғарлатады.

Кобальтті қортпалар қасиеттері бойынша никельден жақсы. Бұл ЭИ416, ЛК4 (виталлиум) қортпалардан, прецизионды құю әдісімен бөлшектер жасалады. Ол реактивті қозғалтқыштардың шүмекшелі аппараттарының күрекшелері үшін қолданылады. Кобальтті қортпалардың тоттану төзімділігі жоғары және қажалу кедергілігі жақсы болады.

Қиын балқытылатын металдар негізіндегі ыстыққа берікті қортпалар (W, Re, Ta, Mo, Nb). Осы металдар негізіндегі қортпалардың максималды ыстық төзімділігі – 2500°C дейін болады.

Молибден және оның қортпалары (BM1). Легірлеуші қоспа ретінде Ti, Zr, Nb қосылады. 450°C бастап шамалы тотығады. Сондықтан оларды тотанудан силицирлеумен қорғау қажет, онда бетте 0,03÷0,04 мм қалыңдықты MoSi₂ қабаты түзіледі, 1100÷1200°C кезінде тоттанудан толығымен қортпаны қорғайды.

Вольфрам және оның қортпалары. Вольфрам – қиын балқытын металл, ол композициялық материалдарда легірлеуші элемент ретінде қолданылады; электротехника және электроникада (қызатын сымдар, эмиттерлер, вакуумды аспаптардағы қыздырғыштар және т.б.) одан реактивті қозғалтқыштарда шүмектің шекті қимасында мүжілетін ендірмені жасау және т.б. үшін қолданады.

Ренийлі вольфрамды қортпалар созылымдылығын -196°C дейін сақтайды [1, 5, 6].

1.3. Инструменталды болаттар және қатты қортпалар

Қаттылығы жоғары (60÷65 HRC), төзуға төзімді, инструменттің кесу жиектерін сақтауды қамтамасыз ететін, жеткілікті берікті және тұтқырлықты (соғу әрекетті инструменттер үшін), әртүрлі инструменттерді, оның ішінде кесу инструменттерін жасау үшін қолданылатын көміртекті және легірленген болаттар **инструменталды** деп аталады. Кесу жиектері 500÷900°C дейін қызуы мүмкін. Бұл жағдайларда инструменталды материалдардың жылуға төзімділігі негізгі қасиет ретінде ұзақ қызу кезінде жоғары қаттылықты және кесу

қабілеттілігін сақтайды. Сонымен бірге инструменталды болаттың шынықтырылуы да маңызды сипаттамасы ретінде саналады.

Барлық инструменталды болаттар үш топқа бөлінеді:

- жылуға төзімді емес ($3\div 4\%$ дейін легірілеуші элементтерден тұратын көміртекті және легіріленген болаттар);
- жартылай $400\div 500^{\circ}\text{C}$ дейінгі жылуға төзімді, құрамындағы $0,6\div 0,7\% \text{C}$ және $4\div 18\% \text{Cr}$ артық;
- $550\div 650^{\circ}\text{C}$ дейінгі жылуға төзімді (жоғары легіріленген болаттар, ледебуритті топты, Cr, W, V, Mo, Co құрамды), **жылдам кесетін бетті болаттар** деп аталады.

Инструменталды материалдардың ерекше тобына, ерекше жоғары кесу жылдамдығында жұмыс жасайтын инструменттер үшін қолданылатын қатты қортпалар жатады.

Инструменталды көміртекті болат «У» әрпімен белгіленеді, болат көміртекті, сан ондық үлес пайызында көміртектің орташа (У7, У8÷У13, У13А және т.б.) құрамын көрсетеді. Егер көміртек құрамы $\sim 1\%$, онда сан жиі жазылмайды. Легіріленген инструменталды болаттар құрамында $0,9\div 1,4\% \text{C}$ болады. Легірілеуші элементтердің жиынтықты құрамы 5% артық емес болады.

Инструменталды болаттар бөлінеді:

- кесу инструменттеріне арналған көміртекті және легіріленген болаттар;
- жылдам кесетін бетті болаттар;
- өлшеу инструменттеріне аспаптарына арналған болаттар;
- салқындай деформацияланған штамптарға арналған болаттар;
- ыстықтай деформацияланған штамптарға арналған болаттар;
- қатты қортпалар [1, 6, 7].

1.3.1. Кесу инструментіне арналған болаттар

Кесу инструменттеріне қатысты қойылатын талаптар:

1) кездейсоқ соққы жүктемесі кезінде сынғышты бүлінуден сақтайтын жеткілікті тұтқырлық кезінде кесу жиегінің ($62\div 68 \text{ HRC}$) жоғары қасиетін ұсақ сақтау;

2) кесу кезінде кесетін жиектің өлшемдері және пішіндерін сақтауға арналған, үйкеліс жағдайында кесу жиектерінің сақталуын қамтамасыз ететін жоғары тозу төзімділікті;

3) жылу төзімділігі жоғары, бұл дегеніміз, ұзақ қызу (кесу жағдайында кесетін жиектер қатты қызады) кезінде жоғары қаттылықты және кесу қабілетін сақтау бейімділігі;

4) кесу жоғары жылдамдықта орындалған кезде, жылуға төзімділікті және жұмыс процесінде инструменттің бүлінуін алдын алуға арналған кейбір тұтқырлық кезіндегі беріктік жеткілікті болу керек.

Жылуға төзімді емес, төмен шынықтырылған (1435-84 МЖСТ) – көміртекті (0,7÷1,2%С) болат, аз легіріленген (барлық легірлеуші 1÷1,5% элементтердің 1÷1,5%). Аз кесу жылдамдығында жұмыс жасайтын шамалы өлшемді кесу инструменттерін жасау үшін қолданылады, өйткені оның жоғарғы қаттылығы 190÷200°С жоғары қызу кезінде қатты төмендейді. Осы топтағы болаттар арзан, жеңіл кесумен өңделеді, артық қызуға сезімталды. 1.24 кестеде жасытылғаннан кейінгі химиялық құрамы және қаттылығы, 1.25 кестеде – осы топтағы болаттарды қолдану аумағы келтірілген.

Шынықтырғыштығы жоғары инструменталды болаттар, қызбайтын (5950-93-МЖСТ) – легірлеуші элементтер құрамы 5% дейінгі құрамды инструменталды болаттар, олар қыздыруды жоғарлатады. Төмен легіріленген инструменталды болаттың екі тобы болады. Бірінші топқа қызуы терең емес болаттар (7ХФ, 8ХФ, 9ХФ, 11ХФ, 13Х, ХВ4, В2Ф) жатады. Олардың құрамындағы хром, ванадий және вольфрам мөлшері үлкен емес, бұл оларды, көміртекті болаттарға қарағанда артық қызуға және артық жылу төзімділігіне қарсы өте тұрақты етеді. Үлкен емес жылдамдықта (5÷8 м/мин дейін) беріктігі ($\sigma_b = 500\div600$ МПа) жоғары емес материалдарды кесу үшін қолданылады. Олар 200÷250°С артық қызу кезінде жұмыс жасау кезінде қызбайтын инструменттерді жасау үшін қолданады. Осы топтағы болаттардың кесу қасиеттері шынықтыру кезінде салыстырмалы аз деформацияланады.

Екінші топқа терең шынықтырғышты болаттар (9Х1, Х, 9ХС, ХГС, 12Х1, 9ХВГ, ХВГ, ХВСГ) жатады. Олардың құрамында хром мөлшері үлкен; кремнийдің жоғары мөлшері жасыту кезінде мартенситті тұрақтануға және шынықтырғыштықтың жоғарлауына әсер етеді. Марганец, кремний және вольфрам карбидтердің дисперстігін жоғарлатады, артық қызуға қатысты сезімталдылықты азайтады және олар көміртекті және төмен легіріленген болаттарға қарағанда, өте жауапты қолданысты кесу инструменттерін жасау үшін (белгілегіш, плашка, фрез, ұңғылағыш, тартажонғыш) қолданылады. Жоғарғы марганец құрамы (ХВГ, 9ХВСГ) қалдықты аустенитті мөлшерді жоғарлатуға ықпал етеді, бұл оның шыңдалуы кезінде инструменттің деформациялануын азайтады.

Төмен легірілі инструменталды болаттардың химиялық құрамы және қолданыс аймағы 1.26 және 1.27 кестеде [1, 3, 5] келтірілген.

Инструменталды көміртекті болаттардың жастылғаннан кейігі химиялық құрамы және қаттылығы

Болат маркасы	Элементтер құрамы, %							Қаттылық HRC
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu		
У7, У7А	0,65÷0,74	0,15÷0,35	0,2÷0,4	0,1÷0,4	0,12÷0,25	0,2÷0,25	61÷63	
У8, У8А	0,75÷0,84	0,15÷0,35	0,2÷0,35	0,1÷0,4	0,12÷0,25	0,2÷0,25	61÷63	
У8Г, У8ГА	0,80÷0,90	0,15÷0,35	0,35÷0,6	0,1÷0,4	0,12÷0,25	0,2÷0,25	62÷63	
У9, У9А	0,85÷0,94	0,15÷0,35	0,15÷0,35	0,1÷0,4	0,12÷0,25	0,2÷0,25	62÷63	
У10, У10А	0,95÷1,04	0,15÷0,35	0,15÷0,35	0,1÷0,4	0,12÷0,25	0,2÷0,25	62÷63	
У11, У11А	1,05÷1,14	0,15÷0,35	0,15÷0,35	0,1÷0,4	0,12÷0,25	0,2÷0,25	62÷63	
У12, У12А	1,15÷1,24	0,15÷0,35	0,15÷0,35	0,1÷0,4	0,12÷0,25	0,2÷0,25	62÷63	
У13, У13А	1,25÷1,35	0,15÷0,35	0,15÷0,35	0,1÷0,4	0,12÷0,25	0,2÷0,25	62÷63	

Инструменталды көміртекті болаттардың қолданыс аумағы

Болат маркасы	Қолданысы
У7, У7А	Ағашты өңдеуге арналған инструмент – балталар, колундер, қашау құрал, қашау; үлкен емес өлшемді пневматикалық – шапқы, қыспақ, тоқпақтар; слесарлы-монтажды – балғалар, зілбалға, бұрағыш, шоқшалар, аралас атауыз, тістеуіш, бүйірлі тістеуік; ұсталы штамптар
У8, У8А	Ағашты өңдеуге арналған инструмент – фрездер, үңгуіш, балталар, қашау құралы, қашау, бойлық және дисклі аралар; слесарлы-монтажды – тойтармаларға арналған қыспақ, нүктелегіш, бұрағыш, шоқшалар, аралас атауыз, тістеуіштер, бүйірлі тістеуік; тапталған дөңгелекшелер, плиталар және қалайылы қорғасынды қортпалы қысым астында құю қалпына арналған өзекшелер
У9, У9А	Ағашты өңдеуге арналған инструмент, слесарлы-монтажды; төменгі сыныпты дәлділікті және қарапайым пішінді калибрлер
У10, У10А	Ағашты өңдеуге арналған инструмент – қолды және көлденең және ағашты аралар, машиналы ағашты аралар, спиралды бұрғы, салқиндай штамптауға арналған штамптар - сору, үлкен емес өлшемді кесу және шабу және қима бойынша күрт ауыспайтын; төменгі сыныпты дәлділікті және қарапайым пішінді калибрлер; тапталған дөңгелекшелер, егеулер, слесарлы қырнауыш
У11, У11А	Салқиндай орнатылған пуансондар және ұсақ өлшемді штампелдер, төменгі сыныпты дәлділікті және қарапайым пішінді калибрлер, қолды белгілеуіш, егеулер, қырнауыш, шағын өлшемді салқиндай штамптауға арналған штамп, ағашты өңдеуге арналған инструмент
У12, У12А	Қолды белгілеуіш, егеулер, слесарлы қырнауыш, үлкен емес өлшемді салқинды штамптауға арналған штамптар және қима бойынша күрт ауыспайтын; салқиндай орнатылған пуансондар және ұсақ өлшемді штампелдер, төменгі сыныпты дәлділікті және қарапайым пішінді калибрлер
У13, У13А	Соққы меншікті жүктеме кезінде тозу төзімділігі жоғары инструменттер – егерулер, ұстаралы пышақ және жүз, өткір отау инструменттері, қырнауыш, ою инструменті

Жасытылғаннан кейінгі төмен легіріленген инструменталды болаттардың химиялық құрамы және қаттылығы

Болат мар-касы	Элементтер құрамы, %										Қаттылық HRC	
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Ni	Cu				
Терең емес шынықтырылатын болаттар												
7ХФ	0,36÷0,73	0,15÷0,35	0,3÷0,6	0,4÷0,7	-	0,15÷0,3	0,35	-	0,15÷0,3	0,35	0,3	58÷60
8ХФ	0,7÷0,8	0,15÷0,35	0,15÷0,4	0,4÷0,7	-	0,15÷0,3	0,35	-	0,15÷0,3	0,35	0,3	57÷58
9ХФ	0,8÷0,9	0,15÷0,35	0,3÷0,6	0,4÷0,7	-	0,15÷0,3	0,35	-	0,15÷0,3	0,35	-	58÷60
11ХФ	1,05÷1,15	0,15÷0,35	0,4÷0,7	0,4÷0,7	-	0,15÷0,3	0,35	-	0,15÷0,3	0,35	-	62÷65
13Х	1,25÷1,4	0,15÷0,35	0,3÷0,6	0,4÷0,7	-	-	0,35	-	-	0,35	-	62÷65
ХВ4	1,25÷1,45	0,15÷0,35	0,15÷0,4	0,4÷0,7	3,5÷4,3	0,15÷0,3	0,35	0,3	0,15÷0,3	0,35	0,3	62÷67
В2Ф	1,05÷1,2	0,15÷0,35	0,2÷0,5	0,2÷0,4	1,6÷2,0	0,2÷0,3	0,2	0,2	0,2÷0,3	0,2	0,2	62÷65
Терең шынықтырылатын болаттар												
9Х1	0,8÷0,95	0,25÷0,45	0,15÷0,4	1,4÷1,7	-	-	0,35	0,3	-	0,35	0,3	59÷61
Х	0,95÷1,1	0,15÷0,35	0,15÷0,4	1,3÷1,65	-	-	0,25	-	-	0,25	-	62÷65
9ХС	0,85÷0,95	1,2÷1,6	0,3÷0,6	0,95÷1,25	-	-	-	-	-	-	-	58÷62
ХГС	0,95÷1,05	0,4÷0,7	0,85÷1,25	1,3÷1,65	-	-	-	-	-	-	-	61÷63
12Х1	1,15÷1,25	0,15÷0,35	0,3÷0,6	1,3÷1,65	-	-	-	-	-	-	-	62÷65
9ХВГ	0,85÷0,95	0,15÷0,35	0,9÷1,2	0,5÷0,8	0,5÷0,8	-	-	-	-	-	-	≥61
ХВГ	0,9÷1,05	0,15÷0,35	0,8÷1,1	0,9÷1,2	1,2÷1,6	-	0,25	0,3	-	0,25	0,3	62÷63
ХВСГ	0,95÷1,05	0,65÷1,0	0,6÷0,9	0,6÷1,1	0,5÷0,8	0,05÷0,15	0,25	0,3	-	0,25	0,3	60÷62

Төмен легірленген инструменталды болаттың қолданыс аумағы

Болат маркасы	Қолданысы
1	2
7ХФ	Ағаш өңдейтін инструмент – балталар, қашау, шапқы; бедерлеуге арналған инструмент; ажырайтын және жабыстырылған тісті рамалы, домалақ және таспалы аралар
8ХФ	Штемпелдер, салқын металды кесуге арналған пышақтар, нүктелегіш, қабыршақты кесуге арналған кесінді матрицалар және пуансондар
9ХФ	Рамалы, таспалы, домалақ, сүргілеуаралары; штампелдер, салқын металды кесуге арналған пышақтар, кесуге арналған кесінді матрицалар және пуансондар
11ХФ	Ыстық ортада салқындатумен шыңдалатын 30 мм дейінгі белгіленгіштер және баска кесетін инструменттері; салқындай штамптайтын штамптар, пуансондар, калибрлер, отау инструменттері
13Х	Ұсақ инструменттерді (диаметрі 1÷15 мм дейінгі) жасауға арналған көміртекті болаттарды ауыстыратын; бұл инструментті майда шыңдауға мүмкіндік береді. Ұстаралық пышақтар және жүздерді, өткір отау инструменттерін, гравировальных инструменттер, қырнауышты жасауға арналған
ХВ4	Тесу пуансондары, шамалы жылдамдықта қатты материалдарды (ағартылған шойын, шыңдалған бетті біліктер) таза кесуге арналған инструменттер, ою инструменттері
В2Ф	Металға арналған таспалы аралар және пышақты полотно
9Х1	Салқындай таптау біліктері, дрессирлеу стан біліктері, таңба, тескіштер, салқындай ортатылған матрица және пуансондар, ағаш өңдейтін инструменттер
Х	Егеулерді керту кезінде қолданылатын қашау, өте қатты жұдырық, эксцентрикалар және саусақтар; жылтыр цилиндрлі калибрлер және калибрлі сақиналар; токарлы, сүргілеу және қашау кескіштері
9ХС	Ағаш өңдейтін инструменттер, бұрғы, ұңғылағыш, белгілегіш, плашка, гребенки, фрездер, машиналы штемпелдер, салқындай таңбалауға арналған таңбалау құралы

1	2
ХГС	Салқындай орнатылған матрица және пуансондар, шамалы өлшемді (диаметрі не қалыңдығы 70 мм дейін) шабу штамптары олар шамалы көлемді өзгерістер және жиырылуға ұшырамауы керек
12Х1	Өлшеу инструменттері – артқы және бұрышты ұзындық өлшегіштер, калибрлер, шаблондар
9ХВГ	Бұрандалы калибрлер, күрделі пішінді лекала: салқындай жұмыс жасауға арналған күрделі дәл штамптар, олар шамалы көлемді өзгеруге және жиырылуға ұшырамауы керек
ХВГ	Өлшеу және кесу инструменті, шыңдау кезінде оның жоғары жиырылуы болмау керек; бұрандалы калибрлер, созғыштар, ұзын белгілегіш және ұңғылағыш, плашкалар және т.б.; салқындай орнатылған матрица және пуансондар; технологиялық құрылғылар; ағаш өңдейтін инструменттер; қағаз өндірісіне арналған пышақтар
ХВСГ	Қолмен жұмыс жасауға арналған инструменттер – плашкалар, бұрғы, ұңғылағыш, тарақтар, таңба; салқындай ортатылған матрица және пуансондар; технологиялық құрылғылар; ағаш өңдейтін инструменттер; қағаз өндірісіне арналған пышақтар
ХВ4Ф	Шамалы жылдамдықта қатты материалдарды (шыңдалған бетті біліктер) кесумен өңдеу кезіндегі кескіштер және фрездерге арналған; өте қызу жұмыс кезіндегі қырнауышты кескіштер және т.б.
ХВСГФ	Домалақ плашка, ұңғылағыш және басқа кесу инструменттеріне арналған
9Г2Ф	Кесу және штамптау инструменттеріне (плашка, белгілегіш, пышақ, қайшы, өлшеу құралдары, рэзенке және пластмассаны кесуге арналған штамптар) арналған
8Х6НФТ, 9Х5ВФ	Ағаш өңдеу инструменттеріне ұқсас түрдегі (мысалы, жалпақ фрез және т.б.) ағашты фрезелеуге, сүргілеу араларына арналған пышақтар
Х6ВФ	Ағаш кесетін фрезді инструменттерге, салқындай деформациялауға, қолды пышақты полотно, ұстара, матрица, пуансондар, тісті дөңгелеткіштер және басқа инструменттерге, бұранданы дөңгелететін инструменттерге (дөңгелекшелер және плашкалар) арналған

1.3.2. Жылдам кесу болаттары

Жылдам кесу болаттары ыстықтай тапталған, соғылған, салқындай созылған шебектар және соғылған цилиндрлер (шайба) түрінде жеткізіледі. Жылдам кесу болаттары жұмысшы жиектер қызатын және шамалы күшті жүктелу жағдайында қолданылатын кесу инструменттерін жасау үшін; кейде ол отын аппаратурасының инесін, тербеліс подшипнигін, салқындайц престоуге арналған ауыр жүктелетін штамптарды жасау үшін қолданылады. Бұл болаттардың жылутөзімділігі жоғары, ол дегеніміз, «қызылды» қыздыру (~600°C) температурасына дейін осы болаттардан жасалған инструменттер жоғарғы қаттылықты және кесу қасиеттерін сақтайды. Жылдам кесу болаттарының химиялық құрамы, механикалық қасиеттері және қолданыс аумағы 1.28, 1.29 және 1.30 кестелерде келтірілген.

Жылдам кесетін болаттардан жасалған инструменттердің жоғарғы төзімділігін қамтамасыз ететін негізгі қасиеттері, қайтарымды қаттылық, жылутөзімділігі (қызылдытөзімділік), тозу төзімділігі. Беріктік және тұтқырлық. Бірақта, орындалатын операциялар түрлеріне қатысты кесумен өңделетін материалдарға жабдықтардың негізгі параметрлері және басқада факторлар, әрқайсысының рөлі осы қасиеттердің өзгеруіне әсер етеді. Сонымен, мысалы, үздіксіз жону кезінде жалпақ кесу жиекті қарапайым пішінді инструменттер үшін инструменттің жұмыс жасау мерзімі қайтарымды қаттылық, жылу – және тозутөзімділікпен лимиттеледі. Күрделі пішінді, жұқа жүзді, сонымен бірге үздікті жону кезінде қолданылатын инструменттер үшін болаттың беріктігі және тұтқырлығының үлкен маңызы бар. Болатты термиялық өңдеу тәртібі және химиялық құрамының өзгеруі есебінен болатын қандай да бір параметрдің жоғары болуы, негізінен, басқа көрсеткіштердің төмендеуімен орындалады.

Сонымен, қайтарымды қаттылық және жылутөзімділіктің жоғарлауымен болаттың беріктігі және тұтқырлығы әдетте төмендейді.

Жылдам кесу болаттарының жоғары кесу қасиеті күшті карбид түзейтін элементтер – вольфрам, молибден, ванадий, хром, сонымен бірге кобальтпен легірлеу нәтижесінде қамтамасыз етіледі. Кеңінен қолданылатын маркалар: P18, P9, P6M5 («P» әрпі «рапид» – жылдамдық, сөзінің бас әрпі, осы болаттардағы вольфрамның орташа құрамы цифрлармен белгіленеді).

Жылдам кесетін болаттардың химиялық құрамы, %

Болат маркасы	C	Cr	W	V	Co	Mo
P18	0,7÷0,8	3,8÷4,4	17,0÷18,5	1,0÷1,4	-	≤1,0
P12	0,8÷0,9	3,1÷3,6	12,0÷13,0	1,5÷1,9	-	≤1,0
P9	0,85÷0,95	3,8÷4,4	8,5÷10,0	2,0÷2,6	-	≤1,0
P6M3	0,85÷0,95	3,0÷3,5	5,5÷6,5	2,0÷2,5	-	3,0÷3,6
P6M5	0,80÷0,88	3,8÷4,4	5,5÷6,5	1,7÷2,1	-	5,0÷5,5
P18Ф2	0,85÷0,95	3,8÷4,4	17,0÷18,0	1,8÷2,4	-	≤1,0
P14Ф4	1,2÷1,3	4,0÷4,6	13,0÷14,5	3,4÷4,1	-	≤1,0
P9Ф5	1,4÷1,5	3,8÷4,4	9,0÷10,5	4,3÷5,1	-	≤1,0
P18K5Ф2	0,85÷0,95	3,8÷4,4	17,0÷18,5	1,8÷2,4	5,0÷6,0	≤1,0
P10K5Ф5	1,45÷1,55	4,0÷4,6	10,0÷11,5	4,3÷5,1	5,0÷6,0	≤1,0
P9K5	0,9÷1,0	3,8÷4,4	9,0÷10,5	2,0÷2,6	5,0÷6,0	≤1,0
P6M5K5	0,80÷0,88	3,8÷4,3	6,0÷7,0	1,7÷2,2	4,8÷5,3	4,8÷5,8
P9K10	0,9÷1,0	3,8÷4,4	9,0÷10,5	2,0÷2,6	9,0÷10,5	≤1,0
P9M4K8	1,0÷1,1	3,0÷3,6	8,5÷9,6	2,1÷2,5	7,5÷8,5	3,8÷4,3
P6M5Ф3	0,96÷1,05	3,8÷4,3	5,7÷6,7	2,2÷2,6	-	5,5÷6,0
P18Ф2K8M	0,95÷1,05	3,8÷4,4	17,0÷18,5	1,8÷2,4	7,8÷8,5	0,8÷1,2
P12M3Ф2K8	0,95÷1,05	3,8÷4,4	11,0÷13,0	1,8÷2,4	7,8÷8,5	2,8÷3,4
P10M4Ф3K10	1,17÷1,27	3,8÷4,3	10,0÷11,0	3,3÷3,8	9,5÷10,5	3,7÷4,2

Жылдам кесетін болаттар қасиеттері

Болат маркасы	Жасытылғаннан кейінгі қаттылық HRC	Иілу кезіндегі беріктік, кгс/мм ²	Жылу төзімділік (HRC58), °C
1	2	3	4
P18	62÷65	260÷300	620
P12	62÷65	260÷350	620
P9	62÷64	280÷320	620
P6M3	62÷64	320÷360	620

1.29 кестенің жалғасы

1	2	3	4
P6M5	63÷65	320÷360	620
P18Ф2	63÷66	240÷280	630
P14Ф4	63÷66	220÷260	630
P9Ф5	63÷65	240÷280	620
P18K5Ф2	64÷67	180÷220	640
P10K5Ф5	64÷67	180÷220	640
P9K5	63÷66	230÷270	630
P6M5K5	64÷66	260÷300	630
P9K10	63÷67	200÷240	640
P9M4K8	65÷68	220÷260	630
P6M5Ф3	63÷66	270÷310	625
P18Ф2K8M	64÷68	140÷180	640
P12M3Ф2K8	64÷68	180÷220	635
P10M4Ф3K10	65÷69	140÷200	640

1.30 кесте

Жылдам кесетін болаттардың қолданыс аумағы

Болат маркасы	Қолданысы
1	2
P18	Шала және таза кесу инструменттері (фрездер, тісқашауыштар, тарта жоңғыштар, белгілеуіштер, шеверлер және т.б.) беріктік шегі 90÷100 кгс/мм ² дейін шекті конструкциялық болатты бөлшектерді өңдеуге арналған. Вольфрам құрамының жоғары болуына байланысты оны тек ғана қайрау және ажарлау кезінде кесу жиегіндегі күйдіру қауіпімен шектелетін басқа аркалы болаттар қолданылған кезде, жоғары дәлділікті инструменттерді жасау үшін қолданылады.
P12	P18 марканы конструкциялық болаттардан жасалған бөлшектермен ауыстырған кезде өңдеуге арналған әртүрлі (фрездер, тартажоңғыштар, тісқашауыштар, шевершеверлер, белгілеуіштер, ұңғылағыштар, және т.б.) кесу инструменттері

1	2
P9	Үлкен көлемді қажет етпейтін қарапайым пішінді және $90\div 100$ кгс/мм ² дейінгі беріктікті шекті конструкциялық болатты бөлшектерді өңдеуге арналған таза және жартылай таза кесу инструменттері; пластикалық деформациялану әдісімен жасалған бұрғы; ағаш өңдейтін инструмент
P6M3	Беріктік шегі 90 кгс/мм ² дейінгі (ажарлануы төмен) конструкциялық болатты бөлшектерді өңдеуге арналған өлшемдері шамалы таза және жартылай таза (бұрғы, үңгуіштер, сонымен бірге дискілі фрездер және басқа инструменттер, дайындама ретінде табак не жолақ қолданылады) кесу инструменттері
P6M5	Беріктік шегі $90\div 100$ кгс/мм ² дейінгі көміртекті орташа легіріленген конструкциялық болатты бөлшектерді қалыпты жылдамдық кезінде кесумен өңдеуге арналған кесу инструменттерінің барлық түрлері, сонымен бірге, тотанбайтын болаттарды өңдеуге арналған тіскесетін және бұрандалы кесетін инструменттер
P18Ф2	Орташа легіріленген конструкциялы болатты бөлшектерді өңдеуге арналған таза және жартылай таза кесу инструменттері, сонымен бірге ыстыққа берікті қортпалы және тотанбайтын болаттардың кейбір маркалары
P14Ф4, P9Ф5	Үлкен көлемді ажарлауды қажет етпейтін (кескіштер, үңгуіштер, ұңғылағыштар және т.б.) жоғары абразивті қасиетті материалды бұйымдарды өңдеуге (шыныпластиктер, пластмасса, эбонит және т.б.) арналған; легіріленген болаты және қортпалы бөлшектерді өңдеуге арналған қарапайым пішінді таза инструменттер
P18K5Ф2	Негізінен жоғары кесу тәртібі кезіндегі көміртекті және легіріленген конструкциялық болатты бөлшектерді өңдеуге арналған шала не жартылай таза әртүрлі инструменттер (кескіштер, фрездер, бұрғылар және т.б.), сонымен бірге ыстыққа берікті қортпалы және тотанбайтын болатты, жоғары қаттылықты конструкциялық материалдар
P10K5Ф5	Өңделуі қиын әртүрлі материалды (тотанбайтын және жоғары берікті болатты жоғары қаттылықты, ыстыққа берікті қортпалы жән.т.б.) бөлшектерді өңдеуге арналған таза және жартылай таза (кескіштер, фрездер, үңгуіштер, ұңғылағыштар және т.б.) кесу инструменттері

1	2
P9K5, P9K10	Көміртекті және дегірленген конструкциялық болатты, сонымен бірге өңделуі қиын тотанбайтын, ыстыққа берікті және жоғары берікті болатты бөлшектерді жоғары тәртіпте кесу кезінде өңдеуге арналған таза және жартылай таза кесу (кескіштер, фрездер, тіскашауыштар, белгілеуіштер, үңгуіштер және т.б.)
P6M5K5	Жоғары кесу тәртібі кезіндегі көміртекті және легірленген конструкциялық болатты, сонымен бірге тотанбайтын болатты және ыстыққа берікті қортпалы бөлшектерді өңдеуге арналған әртүрлі шала және жартылай таза (фрездер, тіскашауыштар, үңгуіштер, бұранда кесетін инструменттер және т.б.) инструменттер
P9M4K8	Өңделуі қиын материалды (ыстыққа берікті қортпалар, жоғары қаттылықты легірленген конструкциялық болаттар және т.б.), сонымен бірге жоғары кесу жылдамдығы кезіндегі көміртекті және легірленген болатты бөлшектерді өңдеуге арналған әртүрлі (кескіштер, фрездер, үңгуіштер, белгілеуіштер және т.б.) инструменттер; жоғары өнімділікті тістерді кесу инструменттері
P6M5Ф3	Болатты және қортпалы бөлшектерді өңдеуге арналған (пішінді кескіштер, ұңғылағыштар, бұрғылар, тартажонғыштар) таза және жартылай таза инструменттер
P18Ф2K8M	Өңделуі қиын жоғары қаттылықты болатты және ыстыққа берікті қортпалы бөлшектерді өңдеуге арналған (бұрғылар, үңгуіштер, фрездер, белгілеуіштер және т.б.) инструменттер
P12M3Ф2K8	Тотанбайтын және жоғары берікті болатты, өңделуі қиын ыстыққа берікті қортпалы бөлшектерді өңдеуге арналған (бұрғылар, үңгуіштер, фрездер, таражоныштар, белгілеуіштер және т.б.) инструменттер; жоғары кесу жылдамдығы кезінде жұмыс жасайтын автоматты, пішінді кескіштер және басқа инструменттер
P10M4Ф3K10	Негізінен автоматты білдектерде қолданылатын жартылай таза және таза кесу инструменттері, сонымен бірге өңделуі қиын материалды бөлшектерді өңдеуге арналған қарапайым пішінді инструменттер
1P3AM3Ф2	Беріктігі 784 МПа (80 кгс/мм ²) артық емес көміртекті және аз легірленген болатты өңдеу кезіндегі қарапайым пішінді инструменттерге арналған

1	2
P6M5Ф3	Легірленбеген және легірленген конструкциялық болатты өңдеу кезінде таза және жартылай таза инструменттерге (пішінді кескіштер, ұңғылағыштар, тартажоғыштар, фрездер және т.б.) арналған
P12Ф3	Абразивті қасиетті тұтқырлықты аустениетті болаттар және материалдарды өңдеу кезіндегі таза инструменттер
P9M4K8	Тотанбайтын және жақсартылған легірленген, жоғары берікті, ыстыққа берікті болаттарды өңдеу кезіндегі әртүрлі инструменттерге арналған
P2M9K5	Тотанбайтын және жақсартылған легірленген болаттарды өңдеу кезіндегі кесу инструменттеріне арналған

Жоғары берікті, тотануға және ыстықты төзімді болаттар және қортпаларды өңдеу үшін кобальт (P18K5Ф2, P9K5, P6M5K5, P9M4K8, P2AM9K5) құрамды, жоғары жылуөзімділікті (630°C) болаттар қолданылады.

Абразивті қасиетті тұтқырлықты аустенитті болаттар және материалдарды өңдеу кезіндегі таза инструменттер үшін жоғары құрамды ванадийлі P12Ф3 болат қолданылады.

Барлық болаттардың тозу кедергілігі жақсы. Көміртекті және төмен легірленген (жылуөзімділігі 620°C) болатты өңдеу кезінде қарапайым пішінді инструменттер үшін төмен құрамды вольфрам және молибден кезінде жоғары құрамды көміртекті және азотты құрамды болаттар қолданылады.

Вольфрамның тамшылығына және бағасының жоғары болуына қатысты жылдам кесетін болаттан, қалыпты көміртекті инструменталды болатты ұстағышқа бекітілетін инструменттің жұмысшы бөлігі ғана жасалады. Ұнтақты металлургия әдісімен алынған жылдам кесетін болат кеңінен қолданылады. P18 және P6M5 – P0M2Ф3-МП, M6Ф1-МП, M6Ф3-МП болатты ауыстыруға арлаып ұсынылатын негізгі ұнтақты болат құрамында аз мөлшерде тапшы вольфрам болады. Ванадий құрамының жоғары болуына қарамастан, бұл болаттар жақсы ажарланады. Басқада ұнтақты болаттар қолданылады, мысалы, 10P6M5-МП, P6M5K5-МП және P12M3K8. Әдеттегі өндірісті ұқсас болатты инструменттердің төзімділігімен салыстырған кезде ұнтақты болатты кесу инструменттерінің төзімділігі 1,2÷2,0 есе жоғары [1, 5].

1.3.3. Өлшеу инструментіне арналған болаттар

Өлшеу инструменттері (жақшалар, шкалалар, сызғыш және басқа жалпақ және ұзын инструменттер) ұзақ уақыт ішінде өзінің пішінін және өлшемдерін сақтау керек. Сондықтан өлшеу инструменттеріне арналған болаттардың:

- тозу төзімділігі және бетті қабаттарының қаттылығы (62÷65 HRC) жоғары;
- инструменттер өлшемдерінің өзгеруіне ықпал ететін құрылымдық өзгерістерге қарсты төзімді;
- болаттың жоғары металлургиялық тазалығы және артық карбидтің бірқалыпты таралуы жоғары жылтырату қамтамасыз етіледі;
- бетті тазалық жоғары;
- өлшеу плитасының ілінісуі (ысқылануы) жақсы;
- сызықты кеңейу коэффициенті (болат мартенситті құрлымды) аз болады.

Өлшеу инструменттері (лекала, шаблон, қапсырма) келесі өңдеумен табақтардан шабумен жасалады. Өлшеу инструменттері үшін жиі жоғары көміртекті эвтектоидті кейінгі (У8÷У12), хромды (X, X9, 12X1, X12Ф1), цементтелетін (15 болат, 20 болат) және азотталатын (38ХМЮА) болаттар, сонымен хром, марганец, және ванадий және вольфраммен қосымша легірілетін болаттар қолданылады [1, 4].

1.3.4. Штампты болаттар

Металдарды қысыммен өңдеу үшін металды деформациялайтын инструменттер – штамптар, пуансондар, дөңгелекшелер, матрицалар, біліктер және т.б. қолданылады. осындай түрдегі инструменттерді жасауға арналған болаттарды **штампты** (кеңнен таралған инструмент түрі бойынша) деп атайды, ол: салқын күйдегі металды деформациялайтын және ыстық күйдегі металдарды деформациялайтын екі топқа бөлінеді.

Салқын күйдегі металды деформациялайтын штамптарға арналған болаттар, пішіні, өлшемі және шеткі ауытқуы бойынша олар домалақ және квадратты қималы, ыстықтай тапталған домалақ, квадратты қималы, жолақты, калибрленген және күмістелген шыңдалғы түрінде жеткізіледі. Ерекше жауапты қолданысты

инструменттер үшін (күрделі пішінді үлкен габаритті инструменттер, жоғары меншікті жүктеме кезіндегі жұмысқа арналған көлемді деформациялайтын пуансон және матрицалар) электрлі шлақты қайта балқытылғаннан кейінгі болаттарды жеткізілуі мүмкін.

Бұл болаттардың тозу төзімділігі (бетті қаттылығы жоғары), беріктігі жоғары, тұтқырлығы (соққы жүктемесін қабылдау үшін), жылуға төзімді, деформациялану кедергілігі жеткілікті, сонымен бірге жоғары ауыспалы жүктеме кезінде жұмыс жасайды. Осы болаттардан жасалған бұйымдар сынғышты бұліну, аз циклді қажу, жаншылу (пластикалық деформациялану) және тозу есебінен болатын пішіндер және өлшемдердің өзгеруінің ықпал етуінен істен шығады. Үлкен штамптар үшін шындалу кезінде жоғары қызуды және үлкен емес көлемді өзгеруді қамтамасыз ету қажет. Салқындай деформацияланған штампты болаттардың технологиялық қасиеттері жақсы: ажарлануы, артық қызуға қарсы тұрақтылықты, термиялық өңдеу кезіндегі деформациялануы аз және т.б.

Аталған қасиеттер қандай да бір дәрежеде болаттардың жұмыс жасау қабілеттілігіне әсер етеді және жеке маркаларды қолдану тиімділігі, операциялар түріне, деформацияланатын материалдар қасиетіне, жабдықтардың негізгі параметрлері және басқа факторларға тәуелді, осы көрсеткіштердің әрқайсысы өзгеруі мүмкін. Сонымен, мысалы, шабу (просечных) штамптарының жұмыс жасау мерзімі конструкциялық берікті және тозу төзімділігімен лимиттеледі, сонымен қатар салқындай прстейтін ауыр жүктемелі пуансондар үшін деформациялану және жылубекемділікті кедергілік маңызды рөл атқарады. Күрделі конфигурациялық жоғары берікті инструменттердің ең маңызды қасиеттері болып термиялық өңдеу кезіндегі ажарлануы және деформациялану қасиеті саналады. Осыған сәйкесті салқындай деформацияланатын болаттар үш топқа бөлінеді:

- тозу бекемділігі жоғары, жоғары хромды болаттар (X12, X12BM, X12M, X12Ф1, X6ВФ, 8Х6НФТ);
- жылубекемділігі жоғары кешенді легірленген жоғары берікті болаттар (8Х4В3М3Ф2, 8Х4В2С2МФ);
- соққы тұтқырлығы жоғары үнемді легірленген болаттар (7ХГ2ВМ, 7Х3ВМФС).

Жоғары хромды болаттардың тозу бекемділіктері жоғары және майда шыңдау кезінде аз деформацияланады (күрделі пішінді штамптар үшін маңызды), сонымен бірге шынықтырғыштығы жоғары болады. Молибден және ванадий ұсақ түйіршіктердің сақталуына

эсер етеді. Жоғары хромды болаттардың кемшіліктеріне, олардың босандатылған күйде кесумен өңделуі қиын және күрт біртекті емес карбидті жағдайда механикалық қасиеттерді төмендейді. Х6ВФ болат аз карбидті біртектілікті еместі болады, оны жоғары механикалық берікті және тозу кедергілікті (тапталған плашкалар, тісті доңгелекті салқындай таптауға арналған таптағыштар) инструменттер үшін қолданады; бұл болаттардың шынықтырғыштығы 70÷80 мм артық емес. 7ХГ2ВМ болатта жоғары шынықтырғыштық және шынықтыру кезінде аз көлемді өзгерумен шынығу үйлескен. Болаттың соққы тұтқырлығы жоғары. Пластикалық деформациялануға кедергілігі жоғары материал қажет кезінде 6Х6В3МФС маркалы болат қолданылады, оның тозубекемділігі жоғары, әсіресе динамикалық жүктемемен жұмыс жасау кезінде және карбидті біртектілікті еместікке бейім емес. Көптеген жағдайда салқындай деформациялайтын штамптар үшін жылдам кесетін болаттар қолданылады.

Штампталған болаттардың жасырудан кейінгі химиялық құрамы және қаттылығы 1.31. кестеде, ал 1.32 кестеде – қолданыс аумағы келтірілген.

Ыстықтай деформациялайтын штамптарға арналған болаттар пішіні, өлшемі және шекті ауытқулары бойынша домалақ және квадратты қималы шыбықтар (шанг) түрінде жеткізіледі. Электрлі доғамен балқытылған металдардан басқа, ыстықтай деформациялайтын штамптар үшін электршлакты қайта балқытылған болаттар қолданылады.

Ыстықтай деформациялауға арналған штамптар қиын жүктемелі жағдайда жұмыс жасайды және пластикалық деформациялану (жаншылу), сынғышты бүліну, жұмысшы беттің тозуы және қызған торлардың түзілу әсерінен істен шығады. Сондықтан болаттарды салқындай деформациялау үшін жоғарыда аталған қасиеттерден басқа, бұл болаттар ыстыққа төзімді, жылутөзімді, термиялық төзімді (циклді қызу кезінде штамптар бетінде «қызған» жарықшалар түзілуі мүмкін) қасиетті болу керек.

Олардың жасыту сынғыштығына қатысты сезімталдылығы аз болу қажет. Бұл болаттар жұмысшы беттен бөлінетін жылуды жақсы өткізетін жылуөткізгішті болуы керек. Жаншу кедергілігі және қаттылығы болаттардың пластикалық деформациялану беріктігін және кедергілігін сипаттайды, созылмалығы – сынғышты бүліну кедергілігі, қақты төзімділігі және адгезиялыққа қарсы тұрақтылығы – тозу кедергілігімен сипатталады.

Салкындай деформацияланган штампты болаттардың жасыгудан
кейінгі химиялық құрамы және қаттылығы

Болат маркасы	Элементтер құрамы, %										Қаттылық HRC
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	Басқа элементтер			
X12	2,0÷2,2	0,15÷0,35	0,15÷0,4	11,5÷13,0	-	-	-	-	-	-	60÷62
X12BM	2,0÷2,2	0,2÷0,4	0,15÷0,4	11,0÷12,5	0,5÷0,8	0,15÷0,3	0,6÷0,9	-	-	-	60÷62
X12M	1,45÷1,65	0,15÷0,35	0,15÷0,4	11,0÷12,5	-	0,15÷0,3	0,4÷0,6	-	-	-	60÷62
X12Ф1	1,25÷1,45	0,15÷0,35	0,15÷0,4	11,0÷12,5	-	0,7÷0,9	-	-	-	-	60÷62
X6ВФ	1,05÷1,15	0,15÷0,35	0,15÷0,4	5,5÷6,5	1,1÷1,5	0,5÷0,8	-	-	-	-	62÷63
8Х6НФТ	0,8÷0,9	0,15÷0,35	0,15÷0,4	5,0÷6,0	-	0,3÷0,5	-	0,9÷1,3Ni 0,05÷0,15Ti	-	-	56÷57
9Х5ВФ	0,85÷1,0	0,15÷0,4	0,15÷0,4	4,5÷5,5	0,8÷1,2	0,15÷0,3	-	-	-	-	57÷58
Х6Ф4М	1,7÷1,85	0,15÷0,4	0,15÷0,4	5,7÷6,5	-	3,5÷4,0	0,5÷1,0	-	-	-	61÷62
8Х4В2С2МФ	0,8÷0,9	1,6÷2,0	0,25÷0,5	4,2÷4,9	1,8÷2,3	1,0÷1,4	0,8÷1,0	-	-	-	62÷63
8Х4В3М3Ф2	0,75÷0,85	0,15÷0,4	0,15÷0,4	3,5÷4,5	2,5÷3,2	1,9÷2,5	2,5÷3,0	-	-	-	60÷61
7Х3ВМФС	0,65÷0,73	0,8÷1,1	0,3÷0,6	2,5÷3,2	1,3÷1,7	0,8÷1,1	0,5÷0,8	-	-	-	60÷62
7ХГ2ВМ	0,68÷0,76	0,2÷0,4	1,8÷2,3	1,5÷1,8	0,5÷0,9	0,1÷0,25	0,5÷0,8	-	-	-	59÷60
6Х6В3МФС	0,5÷0,6	0,6÷0,9	0,15÷0,4	5,5÷6,5	2,5÷3,2	0,5÷0,8	0,6÷0,9	-	-	-	58÷60

Салқындай деформацияланған штампты
болаттардың қолданыс аумағы

Болат маркасы	Қолданысы
1	2
X12, X12BM	Шабу және тілу, қажалуға қарсы тұрақтылығы жоғары матрицалар және штамптар пуансондары, сонымен бірге шыбықтарды калибрлеуге арналған көздіктер, созу, ию және қалыптау тақталары, қатты соққы және дүмпу әсер етпейтін қажалуға қарсы (негізінен домалақ пішінді жұмысшы бөлiкті) тұрақтылығы жоғары салқындай штамптарға арналған; жиырылу және шамалы көлемдi өзгерiске ұшырамайтын шыңдау кезiндегi күрделi секциялы шанақты штамптар, қалыпты және иiлу штамптары, бұrandаны таптайтын шыбықты металды калибрлеуге арналған көздіктер, созығыш және созу тақтасына арналған; шабу және тілу штамптарының матрицасы және пуансондары; электрлі аппараттардың электрмагнитті жүйелері және электрлі машинаның белсенді бөлігін штамптау
X12M	Тапталған дөңгелекшелер, созығыштар және созу тақталары, металдарды калибрлеуге арналған көздіктер, 140÷160 кгс/мм ² қысым кезінде жұмыс жасайтын шабу штамптарының матрицалары және пуансондары, салқындай жаншу матрицалары және пуансондары
X12Ф1	X12 маркаға арналған сияқты, бірақта үлкен тұтқырлық қажет кезінде қолданылады. Күрделі пішінді профилдеу дөңгелекшелері, эталонды тістегергіштер, тапталған плашкалар, волоки созығыштар, күрделі пішінді шанақты штамптар секциясы; табакты металды қалыптауға арналған күрделі тесіктерді тесу матрицалары, эталонды тістгерегіштер, тапталған плашкалар, созығыштар, 140÷160 кгс/мм ² дейінгі қысым астында жұмыс жасайтын салқындай жаншу пуансондары және матрицалары, электрлі машинаның белсенді қаңылтыр бөлігін штамптауға арналған күрделі конфигурациялы жұмысшы бөлігі шабу және тілу штамптарының (аралас және тізбекті) матрицалары және пуансондары

1	2
Х6ВФ	Бұрандалы тапталған инструменттер (дөңгелекшелер, бұранда кескіштер плашкалар) 140÷160 кгс/мм ² қысым кезінде жұмыс жасайтын матрицалар және пуансондар; қолды пышақты полотно; ағаш өңдейтін фрезерлі инструмент
8Х6НФТ, 9Х5ВФ	Ағаш өңдейтін инструмент – ағашты фрезерлеуге арналған пышақтар; сүргілеу аралары, жалпау фрездер, жұкажүзді инструменттер
Х6Ф4М	Металды ұнтақтарды престоуге арналған пресс-қалыптар; деформациялануы қиын материалдарды өндеуге арналған шабу штамптарының матрицалары және пуансондары, оның ішінде электртехникалық болатты
8Х4В2С2МФ	220÷230 кгс/мм ² дейінгі қысым кезінде жұмыс жасайтын, салқындай көлемді деформациялайтын штамптардың пуансоны және матрицалары; бұрандалы таптамалы және шлицті тапталған дөңгелекшелер; ағаш өңдейтін инструменттер
8Х4В3М3Ф2	Салқындай тапталған бұрандалы тапталған және шлицті тапталған дөңгелекшелер; арошкалар; ағаш өңдейтін инструмент; құбыр кесетін престер пышағы, гильотинді және басқа қайшылы; 200÷210 кгс/мм ² қысым кезінде жұмыс жасайтын салқындай көлемді деформациялайтын штамптар матрицасы және пуансондары
7Х3ВМФС	Жоғары динамикалық жүктемелер кезінде жұмыс жасайтын шабу штамптары; тапталған дөңгелекшелер; 140÷160 кгс/мм ² дейінгі қысым кезінде жұмыс жасайтын салқындай көлемді деформациялайтын штамптардың матрица және пуансондары
7ХГ2ВМ	Аз берікті конструкциялық түсті металдар және қортпалардан жасалған бұйымдарды өндіру кезінде қолданылатын салқындай көлемді деформациялайтын штамптар; күрделі конфигурациялы шабу штамптарының матрица және пуансондары
6Х6В3МФС	Жоғары қаттылықты металдарды салқындай пластикалық деформациялауға арналған бұрандалы дөңгелетілген, тісті дөңгелетілген, шлицті дөңгелетілген дөңгелекшелерге арналған, кесу матрицалары, пуансондар және басқа инструменттер; ағаш өңдейтін кәсіпорын-

1	2
	дарда қолданылатын құбыр кесу машиналарының пышағы, гильотинді қайшылар пышағы, жоғары берікті болат және қортпаларды кесуге қатысты қолданылатын ажыратқыш пышақтар; тау жыныстарын бұзатын шарлы және т.б. ұқаса инструменттер
7ХГ2ВМФ	Аз берікті конструкциялық болатты және түсті қортпалы бұйымдарды өндіру кезінде қолданылатын күрделі конфигурациялы салқиндай көлемді деформациялау және шабу инструменттеріне арналған
7Х3, 8Х3	Горизонталды соғу машиналарында көміртекті және төмен легіріленген конструкциялық болатты дайындама және бекіткіштіыстықтай орнату (пуансон, матрица) инструменттеріне арналған; аз сериялы өндіріс кезінде қысықинелі престерде осы материалдарды ыстықтай престеу және жануға арналған (матрица, пуансон, итергіштер) штамптар бөлшектері; ию, кесу және шабу штамптар

Ыстықтай деформациялауға арналған штамптарға арналған болаттардың технологиялық қасиеттері: шынығуыштықты, шынықтырғыштықты, термиялық өңдеу кезінде инструменттің деформациялануы аз болуын қамтамасыз етумен, артық қызуға қарсы тұрақты, термиялық өңдеу кезінде тотығу және көміртексіздену, шынықтыру және ажарлау кезінде жарықшаның түзілуіне қарсы тұрақты, штампталған дайындаманы жасау процесінде пішіннің өзгеруіне қатысты қабілетті, ажарланғышты, соғымдылықты, өңделуі жақсы болуы қажет.

Экономикалық талаптарға болаттың төмен бағасы және оның тамшылықты еместігі жатады.

Қую, балқыту, химия-термиялық өңдеу, жаншу және басқада арнайы технологиялық процестерді қолданумен штампталған инструментті жасау кезінде штампталған материалдарға қойылатын талаптар шеңбері кеңейеді. Сонымен мысалы, құйма штамптарға арналған болаттың сұйықты аққыштығы жақсы және құймадағы жарықша түзілуге қабілеттілігі аз болу керек. Жарықша түзілу қабілеттілігінің аз және штамптарға арналған болаттардың бедерлі жұмысшы участкелері балқытып қапталған. Салқиндай жаншу инструменттерін жасауға арналған болаттарда, деформациялану

кедергілігін азайту мақсатында құрамындағы көміртек құрамы $0,06 \div 0,2\%$ төмендетіледі. Штамптау инструменттеріне арналған үлкен габаритті шыңдалғыларды дайындауға арналған болаттардың маңызды технологиялық қасиеттерінің бірі, олардың флокенді сезімталдылығының жоғары болуы.

Штамптау жабдықтарының қызмет мерзімін пайдалану қасиеттеріне сәйкес штамптауға арналған материалдарды таңдау есебінен шамалы жоғарлатуға болады. Сонымен, штамптау жабдықтарын жасау үшін штамптардың тозу қарқындылығын азайту үшін қолданылатын болаттың тозу төзімділігі және жылу төзімділігі жоғары, штамптардың пластикалық деформациялануын (жаншу) азайту үшін – беріктік жоғары және жылутөзімді, сынудың не үлкен жарықшалардың түзілуінің алдын-алу үшін – сынғыштық сыну кедергілігі және беріктігі жоғары, ал қызған кездегі жарықшалардың өлшемдерін және санын азайту үшін – қызу төзімділігі жоғары болау керек. Жоғары жылу төзімді штампты болаттар сұйық және изотермиялық штамптауға арналған штамптарды, гидравликалық және механикалық преста ыстыққа берікті болаттар және қортпаларды көлемді штамптауға арналған штамптарды жасау үшін қолданылады. Жоғары берікті болаттар жартылай ыстықтай жаншу және жоғары жылдамдықты штамптау штамптарын жасау, сонымен бірге калибруле және түзету балғалы штамптар үшін қолданылады. Легіріленген конструкциялық болаттарды және деформациялануы қиын болаттар және қортпаларды жаншу штамптарын жасау үшін өте жылу төзімділігі және беріктігі жоғары болаттар қолданылады.

Ыстықтай деформациялауға арналған штампты болаттар ретінде – легіріленген элементті ($0,5 \div 0,5\%C$), шынықтырғыштығы және тұтқырлығы жоғарлайтын болаттар қолданылады. Ыстықтай деформациялайтын штамптау болаттарының негізгі легірілеуші элементтері хром, молибден, вольфрам, ванадий және т.б. Молибден жылу төзімділігін, шынықтырғыштығын жоғарлатады және қайтарымды жасыту сынғыштықты бейімділігін төмендетеді. Ыстықтай деформациялайтын штампты болаттардың химиялық құрамы 1.33 кестеде, ал 1.34 кестеде – олардың қолданыс аумағы қарастырылған.

Үлкен соққылы жүктемелі (соғу штамптары) тоқпақты штамптарды жасау үшін көміртеккі (5XHM, 5XHB және т.б.) құрамы жоғары ($0,6\%$ дейінгі) хромникелді болаттар кеңінен қолданылады. Хромникелді болаттарды ауытыратын арзан болаттар 5XGM, 6XGV маркалы және т.б. хромды марганецті болаттар [1, 2, 5].

Ыстықтай деформацияланған штампты болаттардың жасытылғаннан
кейінгі химиялық құрамы және қаттылығы

Болат маркасы	Элементтер құрамы, %										Қатты- лық HRC	
	C	Mn	Si	Cr	W	V	Mo	Ni	Nb			
3X2B8Ф	0,3÷0,4	0,15÷0,40	0,15÷0,40	2,2÷2,7	7,5÷8,5	0,2÷0,5	-	-	-	-	-	47÷50
7X3	0,65÷0,75	0,15÷0,40	0,15÷0,35	3,2÷3,8	-	-	-	-	-	-	-	48÷52
8X3	0,75÷0,85	0,15÷0,40	0,15÷0,35	3,2÷3,8	-	-	-	-	-	-	-	48÷52
5XHM	0,5÷0,6	0,5÷0,8	0,15÷0,35	0,5÷0,8	-	-	0,15÷0,30	1,4÷1,8	-	-	-	48÷52
5XNB	0,5÷0,6	0,5÷0,8	0,15÷0,35	0,5÷0,8	0,4÷0,7	-	-	1,4÷1,8	-	-	-	48÷52
5XNCB	0,5÷0,6	0,3÷0,6	0,6÷0,9	1,3÷1,6	0,4÷0,7	-	-	0,8÷1,2	-	-	-	48÷52
5XTM	0,5÷0,6	1,2÷1,6	0,25÷0,65	0,6÷0,9	-	-	0,15÷0,30	-	-	-	-	48÷52
4XCMФ	0,37÷0,45	0,5÷0,8	0,5÷0,8	1,5÷1,8	-	0,3÷0,5	0,9÷1,2	-	-	-	-	48÷52
4X2B5ФM	0,3÷0,4	0,15÷0,40	0,15÷0,35	2,0÷3,0	3,5÷4,2	0,3÷0,6	0,4÷0,6	-	-	-	-	48÷50
4X5B2ФC	0,35÷0,45	0,15÷0,40	0,8÷1,2	4,5÷5,5	1,6÷2,0	0,6÷0,9	-	-	-	-	-	52÷55
4X5MФC	0,32÷0,40	0,15÷0,40	0,8÷1,2	4,5÷5,5	-	0,3÷0,5	1,2÷1,5	-	-	-	-	52÷55
4X5MФIC	0,37÷0,44	0,15÷0,40	0,8÷1,2	4,5÷5,5	-	0,8÷1,1	1,2÷1,5	-	-	-	-	52÷55
4X3BMФ	0,40÷0,48	0,3÷0,6	0,2÷0,4	2,8÷3,5	0,6÷1,0	0,6÷0,9	0,4÷0,6	-	-	-	-	52÷55
3X3M3Ф	0,27÷0,34	0,3÷0,5	0,2÷0,4	2,8÷3,5	-	0,4÷0,6	2,5÷3,0	-	-	-	-	48÷52
4X4BMФC	0,37÷0,44	0,2÷0,5	0,6÷1,0	3,2÷4,0	0,8÷1,2	0,6÷0,9	1,2÷1,5	-	-	-	-	54÷56
4X2B2MФC	0,42÷0,50	0,3÷0,6	0,3÷0,6	2,0÷2,5	1,8÷2,4	0,6÷0,9	0,8÷1,1	-	-	-	-	52÷55
5X3B3MФC	0,45÷0,52	0,3÷0,6	0,5÷0,8	2,5÷3,2	3,0÷3,6	1,5÷1,8	0,8÷1,1	-	0,05÷0,15	-	-	54÷56
4XC	0,35÷0,45	0,15÷0,40	1,2÷1,6	1,3÷1,6	-	-	-	-	-	-	-	45÷55
6XC	0,6÷0,7	0,15÷0,40	0,6÷1,0	1,0÷1,3	-	-	-	-	-	-	-	47÷55
4XB2C	0,35÷0,45	0,15÷0,40	0,6÷0,9	1,0÷1,3	2,0÷2,5	-	-	-	-	-	-	47÷55
5XB2C	0,45÷0,55	0,15÷0,40	0,5÷0,8	1,0÷1,3	2,0÷2,5	-	-	-	-	-	-	47÷55
6XB2C	0,55÷0,65	0,15÷0,40	0,5÷0,8	1,0÷1,3	2,2÷2,7	-	-	-	-	-	-	47÷55
6XBГ	0,55÷0,70	0,9÷1,2	0,15÷0,35	0,5÷0,8	0,5÷0,8	-	-	-	-	-	-	44÷48

**Ыстықтай деформацияланған штампты
болаттардың қолданыс аумағы**

Болат маркасы	Қолданысы
1	2
7ХЗ	Горизонталды-соғу машинасындағы көміртекті және төмен легіріленген конструкциялық болатты дайындамаларды түсіруге арналған пуансон және матрицалар; шағын сериялы өндіріс кезіндегі қисықинелі преста жоғары аталған материалдардан жасалған дайындамаларды жаншу және престеуге арналған штамптар; ию, кесу және тілу штамптары
8ХЗ	Жоғары тозу жағдайында жұмыс жасайтын инструменттер; ию, кесу және шабу штамптары
5ХНМ	Төмен түсетін бөлігінің салмағы >3 т бу-ауалы және пневматикалық тоқпақтардың тоқпақты штамптар; жұмсақ түсті қортпалы дайындаманымашиналы жылдамдықта штамптауға арналған штамптар және преста штамптар; горизонталды-соғу машинасына арналған матрица блоктары; металды ыстық кесуге арналған пышақтар; горизонталды соғу машинасының ендірімесіне арналған матрица блоктары
5ХНВ, 5ХНВС	Төмен түсетін бөлігінің салмағы >3 т бу-ауалы және пневматикалық тоқпақтардың тоқпақты штамптар
5ХНСВ	Төмен түсетін бөлігінің салмағы >3 т бу-ауалы және пневматикалық тоқпақтардың тоқпақты штамптар; горизонталды соғу машинасына арналған преста штамптар және матрица блоктары
5ХГМ	Соғу штамптары
4ХСМФ	Легіріленген конструкциялық және тотанбайтын болатты (бірге жылутөзімділігі кем емес 5ХНМ, 5ХНВ маркалы болаттар) дайындаманы деформациялау кезіндегі төмен түсетін бөлігінің салмағы >3 т бу-ауалы және пневматикалық тоқпақтардың тоқпақты штамптар; алюминді қортпалы бұйымдарды өндеуге арналған преста инструменттер; горизонталды-соғу машиналарында дайындаманы түсіруге арналған ендіріме және пуансондар
5Х2МНФ	Қисықинелі преста және тоқпақтарда ыстыққа төзімді қортпалар және конструкциялық болатты шыңдалғыны штамптауға арналған (жақтары не диаметрі >200 мм) үлкен

1	2
	габаритті штамптар; горизонталды-соғу машиналарында конструкциялық және ыстыққа төзімді болатты дайындаманы түсіруге арналған (қысу және қалыптау ендірмелері, жинақты және қалыпты пуансондар) инструменттер; металды ыстықтай кесуге арналған пышақтар
4X5B2ФC	Конструкциялық болаттан жасалған дайындаманы қалыптастыру кезіндегі (диаметрі не қалыңдығы 200 мм дейін) тоқпақтар және престі ендірмелер; горизонталды-соғу машинасындағы легірленген болатты дайындаманы түсіруге арналған инструменттер; мырышты, алюминді және магнийлі қортпаларды қысым астында құюға арналған пресс-қалыптар
4X5MФC	Ұсақ тоқпақты штамптар; жалпы және үлкен (диаметр не қалыңдығы 250мм дейін) сериялы өндіріс жағдайында конструкциялық болатты және түсті қортпалы дайындаманы деформациялауға арналған тоқпақты және престі ендірме; алюминді, мырышты және магнийлі қортпаларды қысым астында құюға арналған пресс-қалыптар
4X5B2ФC	Конструкциялық болаттарды ыстықтай деформациялау кезінде (диаметр не қалыңдығы 200÷250 мм дейін) мырышты, алюминді және магнийлі қортпаларды қысым астында құюға арналған пресс-қалыптарға арналған; горизонталды-соғу машиналарында легірленген конструкциялық және ыстыққа төзімді материалды дайындаманы түсіруге арналған инструменттер
4X5MФ1C	Мырышты, алюминді және магнийлі қортпаларды қысым астында құюға арналған пресс-қалып; конструкциялық болатты дайындаманы деформациялауға арналған (диаметр не қалыңдығы 200 мм дейін) тоқпақты және престі ендірме; горизонталды-соғу машинасында ыстыққа төзімді қортпалы дайындамаларды түсіруге арналған инструменттер; ыстық металды кесуге арналған пышақтар
2X9B6	Алюминді және мысты қортпаларды қысым астында құюға арналған пресс-қалыптар
4X3BMФ	Ұсақ тоқпақты прерстер; тоқпақты және престі ендірмелер (қалыңдығы не диаметрі 300÷350 мм дейін); горизонталды-соғу машинасында конструкциялық болатты және ыстыққа төзімді болатты дайындамаларды деформациялауға арналған горизонталды-соғу машинасының инструменттері; конструкциялық болатты дайындамаларды машиналы

1	2
4Х4ВМФС	Горизонталды-соғу машиналарында жоғары жылдамдықты машинамен түсіру, штамптауға арналған инструменттер; ыстыққа төзімді қортпалар және деформациялануы қиын металдар және қортпаларды тоқпақта және қисықинелі престе (4Х5В2ФС, 4Х5МФ1С, 4Х3ВМФ маркалы болаттар бірге жылу төзімділігі кем емес) және легірленген конструкциялық болаттарды ыстықтай деформациялауға арналған штамптар ендімесі; мысты қортпаларды қысым астында құюға арналған пресс-қалып
3Х3М3Ф	Пайдалану барысында қарқынды салқындатылатын (негізінен ұсақ инструменттер үшін), қисықинелі престер және горизонталды-соғу машиналарында дайындаманы ыстықтай деформациялауға арналған инструменттер; мысты қортпаларды қысым астында құюға арналған пресс-қалыптар; сумен салқындатылатын ыстықтай кесуге арналған пышақтар
4Х2В5ФМ	Ыстыққа төзімді қортпалы және легірленген конструкциялық болатты дайындаманы ыстықтай деформациялауға арналған (соңғы штампты арықтардың ұсақ негідрмелі белгілері, жаншуға арналған пуансон және матрицалар) ауыр жүктелген престі инструменттер
3Х2В8Ф	Мысты қортпаларды ыстықтай престеуге арналған инструменттер; мысты қортпаларды қысым астында құюға арналған пресс-қалыптар
4Х2В2МФС, 5Х3В3МФС	Ауыр жүктелген престі инструменттер (тесу және қалыптаушы пуансондар, матрицалар және т.б.); горизонталды-соғу машиналарында түсіруге арналған инструменттер; ыстыққа төзімді (3Х2В8Ф және 4Х2В5МФ маркалы болаттардың жылу төзімділігі бірге кем емес) және конструкциялық болатты дайындамаларды деформациялауға арналған кернеулі конструкциялы штамптар ендірмелері. 5Х3В3МФС маркалы болаттың шынықтырғыштығы және ыстық төзімділігі өте жоғары
5Х2МНФ	Қисықинелі престе (жақты квадрат не диаметрі 600 мм дейін) және тоқпақта ыстыққа төзімді қортпалар және конструкциялы болатты штамптауға арналған үлкен габаритті тұтас штамптар; (5ХНМ, 4ХМФС бірге жылу өзімділігі кем емес); (қысқыш және қалыптау ендірмесі,

1.34 кестенің жалғасы

1	2
	т жинақты және қалыптау пуансондары); ыстықтай кесу пышақтары
2Х6В8М2К8	Жоғары қысым және температура кезіндегі тотанбайтын және ыстыққа төзімді болаттар және қортепалардан жасалған дайындамаларды штамптауға және престоуге арналған шағын габаритті инструменттер
4ХС	Ыстықтай созуға арналған штамптар, салқындай және ыстықтай металды кесу кезіндегі қайшылар, металды ыстықтай және садқындақ кесу металдарына арналған пышақтар, шапқы, қыспақ
6ХС	Салқындай штамптауға арналған өлшемі үлкен емес штамптар, ажыратпа пышақтар, пневматикалық шапқы
4ХВ2С	Пневматикалық инструменттер (шапқы, қыспақ); жоғары жүктемемен жұмыс жасайтын күрделі пішінді шабу және кесу штаптары
5ХВ2С, 6ХВ2С	Металды салқындай кесу пышақтары, бұранданы домалатын бұранда кескіш, салқындай күйде жұмыс жасайтын пуансондар және қысу матрицалары, ұзақ жұмыс жасайтын ағаш өңдейтін инструмент
6ХЗФС	Салқындай түсіру штамптары, штемпелдер, таңбалағыш, бедерлеу штамптары, слесарлы-монтажды инструменттер
6ХВГ	Табақты және жолақты материалдарда салқындай тесікті (негізінен фигуралы) тесуне арналған күрделі пішінді пуансондар; шыңдау кезінде аз өлшемді өзгертуді қажет ететін, негізінен, ыстықтай штамптауға арналған үлкен емес штамптар
8Х4В2МФС2	Процесс барысында 2300 МПа дейінгі пайдалану қысымы әсер ететін салқындай көлемді деформациялайтын штамптар матрицалар және пуансондар
11Х4В2МФС3С2	Шабу штамптары, оның ішінде «карлит» түрідегі қаптамалы Э412 және Э413 салқындай өңделген электртехникалық болаттарды өңдеуге арналған; салқындай түсіру автоматтарының матрица және пуансондары; 400оС дейінгі жұмысшы беті қызатын және жоғары тозу жағдайында 2000 МПа дейінгі меншікті қысымды қолданылатын салқындай жаншуға арналған итергіштер және пуансондар, шлице- бұранда домалататын инструмент

1	2
6Х4М2ФС	Шабу және түсіру (штампар, пуансондар, пневматикалық шапқы) инструменттері, таптау инструмент
9ХФМ	Дисклі және рамалы ағаш өңдеу аралары
6Х3МФС	Жоғары динамикалық жүктемемен жұмыс жасайтын пуансондар; салқындай түсіру штамптары, штемпелдері, таңбалағыш, бедерлеу штамптары және кейбір слесарлы-монтаждау (7Х3 6ХВ2С маркалы болаттармен ауыстырылатын) инструменттер

1.3.5. Инструментальды қатты қортолпар

Кобальтті байланыспен байланысқан карбидті балқуы қиын металдардан (WC, TiC, TaC) құралған және ұнтақты металлургия әдісімен жасалған қортолпар қатты деп аталады. Қатты қортолпардың құрылымы кобальтпен байланысқан балқуы қиын карбидті бөлшекті металдардан құралады. Басында карбид алынады, кейін ұнтақ түрдегі күйге дейін олар ұсақталады, қоспа престеледі, олар мұқият араластырылады, пресс-қалыпта престеледі және кейін 1400÷1500°С кезінде жентектеледі. Бұл қортолпар ажарлаудан басқа механикалық және термиялық өңделмейді, өйткені олардың қаттылығы өте жоғары болады.

Үш топты (3882-91 МЖСТ) қатты қортолпар жасалады:

- 1) вольфрамды (BK3, BK6, BK8, BK10);
- 2) титанвольфрамды (Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10, Т5К12);
- 3) титантанталвольфрамды (ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ10К8-Б, ТТ20К9).

Қатты кесу қортолпары жасалу тәсілі бойынша құйылған (стеллиттер, сормайттер) және металкерамикалық болып бөлінеді.легірлеуші элементтердің тапшылығына қатысты олардан те ғана жұмысшы бөлік жасалады: құйылған бөліктер көміртекті инструменталды болаттың жұмысшы бетіне балқытылады, ал металкерамика – дәнекерленеді. 1.35 кестеде қатты қортолпардың химиялық құрамы және сипаттамалары, ал 1.36 кестеде – олардың қолданыс аймағы қарастырылған.

Қатты қортолпардың қасиеті және қолданысы негізінен олардың химиялық құрамына (карбидті фазалар қатынасы) тәуелді болады. Сонымен қортолпада қаншалықты кобальт аз және карбидті бөлшектер ұсақ болса, соншалықты тозу төзімділігі жоғары, бірақта беріктік және соққы кедергісі төмен болады. Қатты қортолпардың жылу

төзімділігі (800÷1000°С дейін) шамалы болады. Қатты қортпалардың қаттылығы жоғары кезде сынғыштығы жоғары және созу кернеуіне қатысты беріктігі аз болады, бұл олардың (BK2, BK3, BK25, T30K4, TT7K12 және т.б.) қолданысын шектейді. Инструменттерді сәйкесті пішінге қалыптастыру, кесу тәртібін таңдаумен қатты қортпалардың осы кемшілігі, бірақта толық емес жойылады. Соғу және дүмпумен жұмыс жасау кезінде қатты қортпалар мүжіледі және осындай жағдайда жоғары тозімділігі сақталмайды.

1.35 кесте

Қатты қортпалардың химиялық құрамы және сипаттамасы

Қортпалар маркасы	Химиялық құрамы, %				Тығыздық, г/см ³	Қаттылық HRA	σ _{изг} ² , кгс/мм ²
	WC	TiC	TaC	Co			
1	2	3	4	5	6	7	8
BK3	97	-	-	3	15,0÷15,3	89,5	110
BK3-M	97	-	-	3	15,0÷15,3	91,0	110
BK4	96	-	-	4	14,9÷15,2	89,5	140
BK4-B	96	-	-	4	14,9÷15,2	88,0	140
BK6	94	-	-	6	14,6÷15,0	88,5	150
BK6-M	94	-	-	6	14,8÷15,1	90,0	135
BK6-OM	92	-	2	6	14,7÷15,0	90,5	120
BK6-B	94	-	-	6	14,6÷15,0	87,5	155
BK8	92	-	-	8	14,4÷14,8	87,5	160
BK8-B	92	-	-	8	14,4÷14,8	86,5	175
BK8-BK	92	-	-	8	14,5÷14,8	86,5	175
BK10	90	-	-	10	14,2÷14,6	87,0	165
BK10-M	90	-	-	10	14,3÷14,6	88,0	150
BK10-OM	88	-	2	10	14,3÷14,6	88,5	140
BK10-KC	90	-	-	10	14,2÷14,6	85,0	175
BK11-B	89	-	-	11	14,1÷14,4	86,0	180
BK11-BK	89	-	-	11	13,9÷14,1	86,0	180
BK15	85	-	-	15	13,9÷14,1	86,0	180
BK20	80	-	-	20	13,4÷13,7	84,0	195

1.35 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8
ВК20-КС	80	-	-	20	13,4÷13,7	82,0	205
ВК20-К	80	-	-	20	13,4÷13,7	79,0	155
ВК25	75	-	-	25	12,9÷13,2	82,0	200
Т30К4	66	30	-	4	9,5÷9,8	92,0	95
Т15К6	79	15	-	6	11,1÷11,6	90,0	115
Т14К8	78	14	-	8	11,2÷11,6	89,5	125
Т5К10	85	5	-	10	12,4÷13,1	88,5	140
Т5К12	83	5	-	12	13,1÷13,5	87,0	165
ТТК12	81	4	3	12	13,0÷13,3	87,0	165
ТТ8К6	84	8	2	6	12,8÷13,3	90,5	125
ТТ10К8-Б	82	3	7	8	13,5÷13,8	89,0	130
ТТ20К9	71	8	12	9	12,0÷13,0	89,0	130

1.36 кесте

Қатты қортпалардың пайдалану қасиеттерінің
сипаттамасы және қолданысы

Қортпалар маркасы	Пайдалану қасиеттері	Қолданысы
1	2	3
ВК3, ВК3-М	Өте жоғары тозутөзімді және жоғары шақтамалы кесу жылдамдығы; қалыпты беріктік және соққыға қарсы кедергілік	Үздіксіз кесу кезіндегі таза және жартылай таза жону. Шойынды, түсті металдар және металды емес материалды бөлшектерді бұранданы кесу, ұңғылау және басқа өңдеу түрлері. Шыныны кесу
ВК4, ВК6-М, ВК6	Тозу төзімділігінің жоғары көрсеткіштері және пайдалану беріктігі	Шойынды, түсті металдар және металды емес материалды, титан және оның қортпаларын, тотанбайтын болаттар және ыстыққа беріктік қортпалы бөлшектерді өңдеу кезінде таза жону, шала және таза фрезелеу, бұғылау, үңгу

1.36 кестенің жалғасы

1	2	3
BK4-B	Тозу төзімділігі өте төмен, ал беріктігі BK4 қортпасымен салыстырғанда өте жоғары	Көмір, тақтатас, тұзды тұз және т.б. жыныстарды бұрғылау
BK6-B	Сондай	Тау жыныстарын перфораторлы бұрғылау
BK8	Пайдалану беріктігі өте жоғары, бірақта BK3 қортпасымен салыстырғанда тозу төзімділігі аз	Шойынды, түсті металды, ыстыққа төзімді қортпалы бөлшектерді кесумен шала жону және шала өңдеудің басқа түрлері. Құбыр, шыбық, сымдарды созу және калибрлеу. Штамптау. Геологиялық барлау және мұнай ұңғымаларын айналмалы бұрғылау
BK8-B	Тозу төзімділігі өте төмен және BK8 пайдалану беріктігі өте жоғары	Тасты көмірлерді шарлы қашау, шапқымен бұрғылау. Жоғары қаусыру кезінде болатты және басқа металды құбыр және шыбықтарды созу
BK10	Тозу төзімділігі аз, бірақта BK8 қортпасымен салыстырғанда пайдалану беріктігі өте жоғары	Болатты құбыр және шыбықтарды созу. Тозатын машина бөлшектерін, құрылғы және инструменттерді жасау
BK15	Соққы кедергілігі және пайдалану беріктігі жоғары. Тозу төзімділігі BK8 және BK10 қортпалармен салыстырғанда төмен	Гранит және тау жыныстарын бұрғылау. Үлкен қаусырумен болатты құбырлар және шыбықтарды созу. Жылдам тозатын бөлшектер, штамптарды жасау. Кесумен ағашты өңдеу
BK20, BK25	BK15 қортпасымен салыстырғанда пайдалану беріктігі және соққы кедергілігі жоғары, тозу төзімділігі төмен	Жылдам тозатын машина бөлшектері және штамптау инструменттерін жасау
T30K4	Төмен пайдалану беріктігі кезінде шақтамалы кесу жылдамдығы және титан-вольфрамды қортпаларға арналған тозу төзімділігі ең жоғары	Аз кесу қималы таза жону және болатты өңдеудің негізгі түрлері

1.36 кестенің жалғасы

T15K6, T14K8	Пайдалану беріктігі жоғары, ал тозу төзімділігі және шақтамалы кесу жылдамдығы T30K4 қортпасымен салыстырғанда төмен	Үздіксіз кесу кезіндегі таза және жартылай таза жону, үздік-үздік кесу және болатты өңдеудің басқа түрлері
T5K10	Пайдалану беріктігі жоғары, ал тозу төзімділігі және шақтамалы кесу жылдамдығы T14K8 қортпасымен салыстырғанда төмен	Үздікті қиық және қиманы тегіс емес кесу кезіндегі таза жону, таза сүргілеу, шала фрезерлеу және болатты өңдеудің басқа түрлері
T5K12-B	Пайдалану беріктігі біршама жоғары, ал тозу төзімділігі және шақтамалы кесу жылдамдығы T5K10 қортпасымен салыстырғанда төмен	Сокқы және қиықта, бірқалыпты емес қима кезінде шлак, құм кезінде қуысты қабыршақ бойынша болатты шындалғы, штамптау және құйманы шала жону
TT10K8-B	Қалыпты тозу төзімділігі кезінде кедергілігі және пайдалану беріктігі жоғары	Өңделуі қиын материалдарды шала және таза өңдеу, оның ішінде ыстыққа берікті болат және қортпалар

Маркаларда бірінші әріп қортпаның тобын (BK – вольфрамды, T – титанвольфрамды, TT – титанталвольфрамды), вольфрам тобындағы цифр – кобальт мөлшерін, титанвольфрамды топтағы бірінші цифр – титан карбид мөлшерін, ал екінші – кобальт мөлшерін көрсетеді. Қатты қортпалардың кейбір маркаларының соңында әріпті белгілеу болады: B – жоғары температуралық қалпына келтіру (мұндай қортпалардың тұтқырлығы жоғары) кезінде түзілетін ірі түйіршікті вольфрамнан алынған карбидті вольфрамнан жасалған қортпалар; M – карбид вольфрамды (тозу төзімділігі жоғары болумен ерекшеленеді) ұсақ ұнтақтардан жасалған қортпалар; OM – карбид вольфрамды (өте жоғары тозу төзімділігімен ерекшеленеді) ерекше ұсақ ұнтақтардан жасалатын қортпалар; BK – ерекше ірі карбид вольфрамнан (жоғары тұтқырлығы, сокқыға қарсы төзімділігімен ерекшеленеді) жасалған қортпалар; KC – жоғары температура кезінде алынған карбидті вольфрамнан жасалған қортпалар, бірақта орташа түйіршіктікке дейін

ұсақталады; Б – титантанталвольфрамды маркалы қортпаны жеке белгілеу.

Қатты қортпалар қаттылығы жоғары материалдарды жоғары жылдамдықты кесу, сонымен бірге шамалы механикалық жүктеме жоқ кезде штамптау үшін қолданылады. Өңделген беттің тазалығы, кесу инструментінің жоғары қаттылығына байланысты, жылдам кесу болатты кесу инструменттерімен салыстырғанда жақсы болады [1, 2, 5].

1.3.6. Қаттылығы жоғары материалдар

Қаттылығы жоғары материалдар құрамына және қасиетіне тәуелді металдар және металды өнімдерді кесу, деформациялау және ажарлау үшін қолданылады. олар негізгі қасиеті – жоғары қаттылығы бойынша топтарға бөлінеді: жоғары қаттылықты металдар (1500÷2000 HV), жоғары қаттылықты (2000÷2500 HV), қаттылығы өте жоғары (8000÷10000 HV).

Қаттылығы жоғары материалдар абразивті шеңберге қатты байлаумен бекітілген түйіршіктер түріндегі (монокристалдар) болат, шойын және басқа металдарды ажарлауға арналған абразивті материал ретінде қолданылады. Бұл материалдар сынғышты (иілу кезіндегі беріктігі 300÷400 МПа). Осы жағдайда жоғары сынғыштық жағдайы – оң қасиет саналады; ажарлау кезінде қатты түйіршіктер қайралады, деформацияланбайды (ауыстырлмайды) және өткір және әрі қарай ажарлауға жарамды болады.

Осы топтағы материалдар жиі қолданылады:

- болатты ажарлауға арналған электркорундті шеңберлер; оның қаттылығы 2200÷2500 HV, иілу кезіндегі беріктігі ~80 МПа, жұмысшы температурасы ~1800°C дейін;
- түсті металдарды ажарлау үшін негізінен карбидті кремнийлі шеңберлер қолданылады. Бұл материалдар қаттылығы 1800÷2000 HV, құрылымында қатты фазалар – беріктендіргіштер (ванадий карбиді) бар, жоғары қаттылықты болатты ажарлау үшін аз жарамды. Осындай материалдарды ажарлау кезінде абразивті шеңбер жылдам тозады.

Өте жоғары қаттылықты материалдар. Алмаздар (табиғи және жасанды) қаттылығы өте жоғары (10000 HV) және иілімділік модулі (800000 МПа). Бірақта ию кезіндегі қаттылығы төмен (300 МПа) болады. Алмаздар 800°C дейін тұрақты, оған кейін олар көмірленеді.

Кубті натрид боры (эльбор) ұсақ кристалдар түрінде жоғары қысым кезінде арнайы технология бойынша, сонымен бірге бөлшектер өлшемі 5÷6 мм поликристалды материалдардан жасалады. Иілімділік және беріктік модулінде бірдей алмазды кезінде біршама аз қаттылықты (8500÷9000 HV) болады. Бұл материал ~1400°C температураға дейін тотығуға тұрақты және кесу және ажарлау кезінде түзілетін біршама қызу кезінде өңделетін материалмен (оның ішінде болатпен) өзара әрекеттеспейді.

Кубті натрид боры жеткілікті қалыңдықты металл қабатын алумен жоғары қаттылықты болатты ажарлау үшін қолданылады. Ажарланған қабат осы кезде, ерекше жоғары қаттылықты материалдарға карағанда 1÷3 сыныпты (топты) жоғары болады. Кубті натрид боры сонымен бірге бірқатар материалдарды кесу үшін жарамды [2].

1.4. Ерекше физикалық қасиетті болаттар және қортпалар

1.4.1. Қысқаша жіктемесі

Бұл болаттар аспапжасау өндірісінде кеңінен қолданылады. Аспаптардың көптеген металды бөлшектері үшін кейде берілген магнитті сипаттарды, ал басқа бөлшектер үшін – белгілі электрлі шамаларды, жылу қасиеттерін және т.б. алу керек.

Осы болаттар және қортпалардың механикалық қасиеттерінің мәні негізгі емес. Ерекше қасиетті қортпаларды қорту кезінде қоспалар бойынша тазалық және химиялық құрамының әлділігін сақтауға қатысты өте жоғары талаптар қойылады. Мұндай қортпалар прецизиялықты деп аталады.

Ерекше физикалық қасиетті болаттар және қортпалар бөлінеді:

- магнитті болаттар және қортпалар;
- металды шыны (аморфты қортпалар);
- жоғары электрлі кедергілікті болаттар және қортпалар;
- сызықты кеңеюі берілген температуралық коэффициентті қортпалар;
- «қалып жады» тиімділікті қортпалар [1].

1.4.2. Магнитті болаттар және қортпалар

Магнитті болаттар және қортпалар үш топқа бөлінеді: магнитті-қатты; магнитті-жұмсак; парамагнитті.

1. Магнитті-қатты материалдар әртүрлі қолданысты тұрақты магниттерді жасау үшін қолданылады. Олардың қалдықты индукциялығы үлкен, коэрцитті күші жоғары, магнитті өткізгіштігі үлкен емес. Сонымен бірге тұрақты магнитке арналған материалдарға қатысты уақыт ішіндегі олардың тұрақтылығы қажет. Олар үшін кең гистерезисті ілмек тән. Жоғары коэрцитивті күшті алу үшін бұл болаттардың құрылымы тең емес, әдетте – құрылым ақаулығының тығыздығы жоғары мартенситті.

Тұрақты магниттерге арналған материалдар көміртекті, хромды, кобальтті, Fe-Ni-Al жүйелі болаттар қорпалыар және т.б. жатады. Легірлеуші элементтер коэрцитивті күшті және магнитті индукцияны жоғарлатады, сонымен бірге тұрақты магниттің температуралық және магнитті тұрақтылығын жақсартады.

Хромды және кобальтті болаттар қысым және кесумен салыстырмалы жеңіл өңделеді, бірақта салыстырмалы аз магнитті энергиялы болады. Тұрақты магнитті материалдардың магнитті қасиеттері 1.37 кестеде, магнитті қорпалардың үлгілік қолданысы – 1.38 кестеде келтірілген.

1.37 кесте

Магнитті-қатты қорпалардың магнитті

Қорпа маркасы	Қалдықты индукция Вг, Тл	Коэрцитиялық күш Нс, кА/м
ЕХ3	0,95	60
Е7В6	1,0	68
ЕХ5К5	0,85	90
ЕХ9К15М2	0,8	150
ЮНДК15	0,75	48
ЮН14ДК25А	1,4	52
ЮНДК31Т3БА	1,15	92
ЮНДК40Т8АА	0,9	145
ЮНДК35Т5БА	1,02	110
ЮНДК35Т5АА	1,05	115

Ескерту: «А» не «БА» әріптері бағытталған кристаллизациялаудан кейін магнит құймасының құрылымы бағаналы болатынын білдіреді, ал «АА» – әріпмен монокристалды құрылым белгіленеді.

Үлгілі мақсаты магниттік қорытпалар

Қортпа маркасы	Қолданыс аумағы
1	2
1. Магнитті өткізгіштігі жоғары қорытпалар (магнитті-жұмсақ)	
45Н, 50Н	Шамалы магниттелген не магниттелмеген жоғары индукция кезінде жұмыс жасайтын реле және магнитті тізбекті бөлшектер, дросселдер, шамдар арасындағы және шағын габаритті күшті трансформаторлар өзекшелері үшін
50НХС	Қақпақша, шамалы магниттелген не магниттелмеген жұмыс жасайтын жоғары тазалықты және дыбысты байланыс аппаратурасы және импульсті трансформаторлар өзекшелері үшін
40Н	Автомобильдің тұтандыру сымдарындағы ақаулықтарды жоятын өзекшеге арналған
50НП, 68НМП, 34НКМП, 35НКХСП, 40НКМП	Есептеу аппараттары есеті-есептеу машиналарының элементтері, түзету қондырғылары, коммутирлеуші дросселдер, магнитті күшейткіштердің өзекшелеріне арналған
76НХД, 79НМ, 80НХС, 77НМД	Магнитті экрандардың әлсіз өрістерінде жұмыс жасайтын реле және дросселдер, шағын габаритті трансформатордың өзекшелеріне арналған. Аз қалыңдықта (0,05÷0,02 мм) – түйіспейтін реле және магнитті күшейткіштер, импульсті трансформаторлар өзекшелеріне арналған; 80НХС марка – магнитті қақпақшалардың өзекшелеріне арналған
68НМ, 79НЗМ	Импульсті және кеңжолақты трансформаторлар өзекшелеріне арналған
47НК, 64Н, 40НКМ	Кеңжолақты трансформаторлар, сүзгіштер дросселі, тұрақты индуктивті катушкалар өзекшелеріне арналған
16Х	Әртүрлі басқару жүйелі электрмагнитті және зәкірлердің магнитті сымдарға; қысым және температура, қоршаған ортаның әсер етудегі күрделі жағдайда жұмыс жасайтын қорғаныссыз қаптапалы электрлі машиналар бөлшектерге арналған

1	2
36КНМ	Теңіз суында жұмыс жасайтын магнитті сымдар үшін
83НФ	Әлсіз өрістерде жұмыс жасайтын шағын габаритті трансформаторлар және дросселдер өзекшесіне арналған, магнитті экрандарға арналған
27КХ	Механикалық жүктеме жағдайында және қалыпты және жоғары температура кезінде жұмыс жасайтын электрлі машиналардың роторлары және статорлары және басқа магнитті сымдарға арналған
49К2Ф	Телефонды мамбранды ультрадыбысты түрлендіргішті дестелерге арналған
49КФ	Полюсті ұштар және өзекшелер, магниттер және соленоидтерге арналған
49К2ФА	Электрлі машиналардың роторлары және статорлары, магнитті күшейткіштер, трансформаторларға арналған
79НМП, 77НМДП	Триггерлі жүйелер, ығысу тіркеуіштері, логикалық элементтер, ауыстырып қою қондырғылары, шағын габаритті таспалы магнитті өзекшелерге арналған
81НМА	Жоғары сезімталды радиоэлектронды аппаратурада қолдануға арналған фрозондар, магнитті экрандар, дефектоскоптар, реле, дросселдер, шағын габаритті трансформаторлар, магнитті қақпақшалардың өзекшелеріне арналған
2. Магнитті-қатты қортпалар	
52К10Ф, 52К11Ф, 52К12Ф, 52К13Ф	Шағын габаритті тұрақты магниттерге арналған. 52К10Ф және 52К11Ф маркалы қортпалар, сонымен бірге гистерезисті қозғалтқыштардың белсенді бөліктеріне арналған
35КХ4Ф, 35КХ6Ф, 35КХ8Ф	Гистерезисті қозғалтқыштардың белсенді бөліктеріне арналған
ЕХ3, ЕВ6, ЕХ5К5, ЕХ9К15М2	Жауапты емес қолданысты тұрақты магниттерге арналған

Үлкен емес өлшемді тұрақты магниттерді жасау үшін жоғары көміртекті инструменталды болаттар (У10÷У12) қолданылады, олардың шыңдалудан кейінгі $H_c = 60\div 65$ Э және $B_r = 8000\div 8500$

Гс болады. ЕХЗ (1%С, және 1,5 не 3%Cr) хромды маркалы болаттар көміртекті сияқты шамалы жақын магнитті қасиетті болады. Бұл болаттардың шынықтырғыштығы үлкен, сондықтан олардан үлкен өлшемді магниттерді жасауға болады. Басқа болаттармен салыстырғанда 5 не 15%Mo (ЕХ5К5, ЕХ9К15М2) хромды құраммен қатар кобальт болаттың магнитті қасиеттері ($H_c = 100-170$ Э, Вг до 8000 Гс) ең үлкен, бірақта кобальттің тапшылығы оны пайдалануды шектейді. Жауапты қолданысты жоғары сапалы магниттерді жасау үшін ални (Al+Ni), алниси (Ni+Al+Si), алнико (Ni+Co+Al+Cu) қорпалары қолданылады, олардың меншікті магнитті энергиясы, сонымен бірге коэрцитивті күші де жоғары. Олардан аз габаритті және салмақты қуатты магниттер жасалады, бұл аспапжасау саласы үшін маңызды. Осы қорпалардан жасалған магниттер дәл құю әдісімен алынады, бірақта олар деформацияланбайды. Олардың қаттылығы және сынғыштығы үлкен, олар ажарлаумен ғана өңделеді.

Тұрақты магниттерді өңдеу үшін әртүрлі магнитті текстуралы қорпалар қолданылады, олар салыстырмалы кесумен жеңіл өңделеді. Олар жолақ, таспа және т.б. түрде өндіріледі. Мұндай қорпа ретінде мысалы, **викалалы** (52%Co, 14%V, қалғаны – Fe) қарастыруға болады, 40 кА/м коэрцитивтік күші кезіндегі қалдықты индукциясы 1,0 Тл тең. Сирек жерлі металдар қосындысы негізіндегі жоғары коэрцитивті қорпалар қолданылады.

2. Магнитті-жұмсақ материалдар (электртехникалық болаттар). Осы топтағы болаттар үшін аз коэрцитивті күш, жоғары магнитті өткізгіштік және жіңішке гистерезисті ілмек, артық магниттелген кездегі аз шығын тән. Олардың меншікті электркедергілігі жоғары, оның жоғарлауымен құйынды токтардағы шығын азайады. Магнитті-жұмсақ болаттар тұрақты және ауыспалы токты магнитті сымдарды, тұрақты токты машина полюстерін және зәкірлерін, асинхронды қозғалтқышты роторлар және статорларды, үлкен электрлі машиналардың магнитті тізбектерін, күшті трансформаторлар, аппараттар, аспаптар және т.б. жасау үшін қолданылады.

Магнитті жұмсақтықты алу үшін тепе-теңдікті күйге қатысты максималды жақындық, блоктар ұсатылуын және торлар бұрмалануын, көдерді жоюды, сонымен бірге үлкен түйіршікті алу қажет. Аз коэрцитивті күшті және мерромагнитті материалдардың жоғары магнитті өткізгіштігін алу үшін қоспа және қосындылардан таза болу керек.

Бұл материалдар: төмен тазалықты, жоғары тазалықты және ерекше магнитті қасиетті материалдар болып бөлінеді.

Магнитті-жұмсақ материалдарға ең жақын таза металдар саналады, бірінші кезекте таза(техникалық таза) темір. Таза темір – өзінің құрамы бойынша магнитті-жұмсақ материал, онда барлық қоспалар, әсіресе көміртек, зиянды, сондықтан оның құрамы шектелген. Жеке шектелген жағдайда тек ғана темір негізді қорtpалар ғана емес, сонымен бірге басқа металдар – никель және кобальт қолданылады. Сонымен бірге төмен көміртекті теміркремнийлі қорtpалар – трансформаторлы және динамды болат ($0,05 \div 0,005\%C$, $0,8 \div 4,8\%Si$) кеңінен қолданылады. Кремний темірмен қатты ертінді түзейді, электркедергілікті жоғарлатады, гистерезис ілмегінің көлемін азайтады, түйіршіктің өсуіне қатысты қабілеттілікті жоғарлатады, бұл өз кезегінде магнитті өткізгіштіктің жоғарлауына әсер етеді. Бұл болаттар босатылған күйде қолданылады, сонымен қақталма коэрцитивті күшті жоғарлатады және магнитті өткізгіштікті төмендетеді. Электртехникалық болаттар орама, табақтар, және кесілген таспалар түрінде жасалады. Ол цифрлармен (21427.4-85МЖСТ) таңбалаыады. Бірінші цифр құрылымды және таптау түрін анықтайды: ыстықтай тапталған изотропты (1), салқындай тапталған изотропты (2) және салқындай тапталған [100] бағытта (3) қырлы текстуралы анизотропты. Екінші цифр болат құрамындағы кремний құрамын көрсетеді: 0 – 0,4% дейін, 1 – $0,4 \div 0,8\%$, 2 – $0,8 \div 1,8\%$, 3 – $1,8 \div 2,8\%$, 4 – $2,8 \div 3,8\%$, 5 – $3,8 \div 4,8\%$. Үшінші цифр гистерезистегі шығынды және жылу шығындарын анықтайды. Төртінші цифр – нормаланатын цифрдің санды мәнінің кодын анықтайды. Цифр қаншалықты үлкен болса, соншалықты P1,5/50 ($B = 1,5$ Тл және $f = 50$ кезіндегі меншікті шығын) меншікті шығын аз болады.

Индукцияның үлкен мәндерін алу үшін өте әлсіз магнитті өрісте Fe-Ni қорtpалар қолданылады, олар пермалды – деп аталады, әлсіз магнитті өрістегі бастапқы магнитті өткізгіштігі жоғары қорtpалар. Бұл никельді темірлі ($35 \div 85\%Ni$) $3,2 \div 3,8\%Mo$ қоспалы қорtpалар. Молибден және кобальт қоспасы пластикалық деформациялануға қатысты сезімталдылығын азайтады, магнитті өткізгіштігін және меншікті электрлі кедергілігін жоғарлатады. Мыс меншікті электркедергілікті жоғарлатады және қасиеттерін тұрақтандырады. Жоғары никельді пермаллои (79НМ, 81НМА) салыстырмалы үлкен емес қанығу индукциясы ($\sim 0,75$ Тл) кезінде әлісіз өрісте магнитті өткізгіштігі жоғары болумен сипатталады. Пермаллои вакуумды қайта балқытумен никель және темірдің таза сортынан алынады. Пермаллои магнитті сымдар үшін табақтар және таспа түрінде жасалады. Сонымен бірге **гайперник** деп аталатын $45 \div 50\%Ni$ қорtpалар қолданылады.

Алсифер – үлкен емес коэрцитивті күшті және әлсіз өрістегі магнитті өткізгіштігі жоғары жүйелі Fe-Al-Si (5,4%Al, 9,6%Si, 85%Fe) қорпалар. Алсифер сынғышты және кесумен өңделуі нашар. Қымбат жоғары никельді қортпа пермалл қолданылатын мақсатта қолданылады. Алсиферлі бөлшектер пішінді құюмен жасалады.

Перминвар – тұрақты магнитті өткізгішті қортпа. Бұл қортпалар 45НК (45%Ni, 25%Co, қалғаны – Fe); 45НМК қортпа (45%Ni, 25%Co, 7,5%Mo, қалғаны – Fe); 70НК (70%Ni, 7%Co, қалғаны – Fe).

Пермендюр – кобальті және ванадийлі темірлі (50%Co, 1,8%V, қалғаны – Fe) қортпа. Қайтарымды магнитті өткізгіштігімен, жоғары тұрақты магнитті қасиетімен және қаныққан жоғары индукциялығымен ерекшеленеді. Үлкен емес кеңестікте қуатты ағымды күшті сызықтарды шоғырландыру қажетті кезде аспаптар, магниттерді жасау үшін қолданылады.

Термалды – -60 ден +50°C дейінгі температура аралығында күрт өзгеретін индукциялы қортпалар. Магнитті электрлі аспаптардың қателіктерін автоматты түзету үшін қолданылады. Іс жүзінде 30% Ni, қалғаны – Fe (**термалды**) 30%Cu, қалғаны – Fe (**кальмалды**) қортпалар қолданылады.

3. Парамагнитті болаттар. Электртехника, аспапжасау, кемежасау және техниканың арнайы саласында магнитті емес (парамагнитті) болаттар қолданылады. Осы мақсат үшін парамагнитті аустенитті 17X18N9, 12X18N10T, 55Г9Н9Х3, 50Г18Х4, 40Г14Н9Ф2, 40Х14Н9Х3ЮФ2 және т.б. болаттар қолданылады. Бұл болаттардың кемшіліктері аққыштықтың шегі (150÷350 МПа) төмен, бұл оны жоғары жүктелген машина бөлшектері үшін қолдануда қиындық тудырады. Беріктік деформациялықты және дисперсиялық беріктендіру есебінен жоғарлатылуы мүмкін. Үйкеліс тораптарында жұмыс жасайтын бөлшектердің тозу төзімділігін жоғарлату азоттаумен (40Г14Н9Ф2, 40Х14Н9Х3ЮФ2 және т.б. болаттар) орындалады. 1.38 кестеде магнитті-жұмсақ және магнитті-қатты қортпалардың негізгі техникалық сипаттамалары және қолданыс аумағы келтірілген [1, 2, 3, 8, 9].

1.4.3. Металды шыны (аморфты қортпалар)

Металды шыны не аморфты қортпалар кристаллизациялану жылдамдығынан ($10^6 \div 10^8$ °C/c). артық жылдамдықта балқуианы салқындату тәсілімен алынатын қортпалар. Бұл жағдайда кристалды фазаның қалыптасуы және өсуі мүмкін емес және қатып

қалған металл құрылымы аморфты, ол кезде атомдардың орналасуында жақын тәртіп, сонымен сұйықтықта (балқымада) да сақталады. Металды шыны таспа, сым, гранул, ұнтақ түрінде алынады. Жеңіл аморфты күй Al, Pb, Sn, Cu және т.б. қортпаларда болады. Ni, Co, Fe, Mn, Cr негізіндегі металды шыныны алу үшін оларға металды емес не жартылай металды C, P, Si, B, As, S және т.б. (аморфты түзейтін) элементтер қосылады. Аморфты қортпалар жиі $M_{80}X_{20}$ формулаға жауап береді, мұнда M – бір не бірнеше өтпелі элементтер, ал X – бір не бірнеше металды емес не басқа аморфты түзейтін элементтер ($Fe_{80}P_{13}C$, $Ni_{82}P_{18}$, $Ni_{80}S_{20}$).

Механикалық, магнитті, электрлі және басқа құрылымды-сезімталды қасиетті аморфты қортпалар, кристалды қортпалар қасиеттерінен біршама ерекшеленеді. Аморфты қортпаларға тән ерекшелік, толық деформациялық беріктену жоқ кезде аққыштық шегі және серпімділік шегі жоғары болады. Аморфты қортпалар созылу кезінде сиректі сынғышты, бірақта иілу және сығылу кезінде салыстырмалы пластикалықты болады. Бұл қортпалар салқындай тапталады.

Кобальт негізіндегі аморфты қортпалардың механикалық қасиеттері ($\sigma_T \geq 4500$ МПа) жоғары болады. Темір негізіндегі аморфты қортпалар құрамында 3÷5%Cr кем емес кезде олардың тотану төзімділігі жоғары. Никель негізді аморфты қортпалардың тотану төзімділігі де жақсы. Fe, Co, Ni аморфты қортпалар аморфты түзейтін B, C, Si, P элементті 15÷25% қоспалы қортпалар магнитті-жұмсақ материалдар ретінде, олар электртехникалық және электронды кәсіпорында (трансформаторлар, өзекшелер, күшейткіштер, дросселді сүзгіштер және т.б. магнитті сымдар) қолданылады. Үлкен мөлшерлі кобальт құрамды қортпалар магнитті экрандар және магнитті қақпақшаларды жасау үшін қолданылады, мұнда төзу кедергілігі жоғары материалды пайдалану маңызды.

Металды шынылардың жылдам салқындауына қатысты, оларды қолдану аумағы шектелген, сұйық күйде оларды ені 200 мм дейінгі жұқа таспа (60 мкм дейін) және артық не диаметрі 0,5÷20 мкм сым түрінде алынады. Осы топты материалдарды пайдалануға қатысты мүмкіндіктер аумағы кең [1, 2].

1.4.4. Қыздыру элементтеріне арналған жоғары электрлі кедергілікті болаттар және қортпалар

Қортпалардың құрылымы – қатты ертінді болған жағдайда, олардың электрлі кедергілігі жоғары, болуы мүмкін. Қатты ертін-

ділер түзілген кезде электрлі кедергілік жоғарлайды, элементтер құрамының белгілі әрбір жүйесі үшін максималды мәнге жетеді. Осы құрылым үлкен қаусырумен қортпаларды деформациялауға, электрлі кедергілігі жоғары жұқа таспа және сымды алуға мүмкіндік береді. Осы қолданысты электрлі кедергілігі жоғары болаттар және қортпаларды қыздыру кезінде жұмыс процесінде қыздырғыштардың пішінін сақтауға арналған қақты төзімділікті және беріктігі жеткілікті болу керек. Электрлі кедергілігі жоғары қортпалар электрлі қыздыру пештерінде, тұрмыстық аспаптарда, сонымен бірге резисторлар, терморезисторлар және тензодатчиктерде қолданылады.

Электрлі кедергілігі жоғары темір негізді қақты төзімді қортпалар. Реостатты қортпаларға арналған одан жасалған сым 300÷500°C артық қызбайды, бұл қасиет маңызды мәні емес. Қыздыру элементтеріне арналған жұмысшы температура біршама жоғары кезде қортпалардың қақаты төзімділігі қыздыру элементінің жұмыс жасау мерзімін анықтайды. Электрлі қыздыру аспаптары үшін жиі ферритті топты хромалюминді төмен көміртекті: X13Ю4 (**Фехраль**), 0X23Ю5 (**хромель**), 0X27Ю5А, ыстыққа төзімділігі және электрлі кедергілігі жоғары қортпалар қолданылады.

Реостатты қортпалар үшін мысты қортпа – никелин, константан, манганин, мысты никельді, мырышты, марганецті қортпалар қолданылады. Сондықтан бірфазалы никельді қортпалар пештер, жүктемелі реостаттар, өлшеу аспаптарында электрлі кедергілікті сым және таспа түрінде кеңінен қолданылады. Өлшеу реостаттары және аспаптар бөлшектері үшін Ni-Cu (40%Ni; 1,5%Mn) жүйелі қортпалар қолданылады, олар **константан** деп аталады. Никель не темірге қарағанда меншікті электрлі кедергілігі 5 есе артық константанның (таза никельмен салыстырғанда 1000 есе аз) температуралық коэффициенті өте төмен. ол 400°C дейінгі температура кезінде жұмыс жасайды және оның электрлі кедергілігі өзгермейді. Осыған байланысты аспаптың электрлі тізбегінің жұмысшы сипаттамасы температураға тәуелді болмайды.

32%Ni (1%Mn; 67%Cu) құрамды, бірфазалы қортпалар **никелин** деп аталады, жоғары тотануына байланысты 200°C дейінгі температура кезінде ғана жұмыс жасай алады. Оның электрлі кедергілігі бірнеше есе төмен, ал кедергілікті температуралық коэффициенті константанмен салыстырғанда біршама жоғары. Никелиннің артықшылығы мынада, оның константанмен салыстырғандағы, мыспен жұптағы термоэлектрлі қозғаушы күші 2 есе аз болады. Сондықтан констан-

танды қосумен салыстырғанда оны аспаптағы мысты түйісуге қосқан кезде аз паразитті термотоктар түзіледі.

Осындай термотоктарды толық болдырмау үшін манганин (4%Ni; 12%Mn; 84%Cu) қортпасы қолданылады, никелинмен салыстырғанда оның мыспен жұптағы т.э.қ.к. 15 есе аз болады.

Бұл қортпалардағы қосыпалар(ластаушылар) темір, кремний, қорғасын, күкірт, көміртек (0,06÷0,12%), фосфор, мышьяк, оның шекті құрамы қатаң шектелген. Қортпалар аз пластикалықты, сондықтан ерекше үлкен қыздырушыларды 200÷350°C дейінгі жылытумен жасау керек. 1.39 кестеде жоғары электрлі кедергілікті қортпалардың физикалық қасиеттері келтірілген.

1.39 кесте

Жоғары электрлі кедергілікті қортпалар қасиеттері

Қортпа маркасы	20°C, Ом*мм ² /м кезіндегі меншікті электрлі кедергілік	Электрлі кедергілікті (10 ⁻⁵) темпе- ратуралық коэффициенті	Шекті жұмысшы температура, оС
МНМц3-12 (манганин)	0,43	0,3	200
МНМц40-1,5 (константан)	0,48	0,2	500
МНМц43-0,5 (копель)	0,50	1,4	500
X13Ю4 (фехраль)	1,26	5	1000
1X17Ю5 (мэгапир)	1,30	1	1000
1X25Ю5 (мэгапир)	1,40	-	1150
X20Н80 (нихром)	1,11	1	1100
X15Н60 (нихром)	1,10	1,7	1050

Никель негізіндегі қатты ертінділердің омды кедергілігі жоғары. Жоғары температураға (1100°C дейін) арналған ең кеңінен таралған кедергілікті қортпалар **нихромдар**. Олардың электрлі кедергілігі техникалық темірмен салыстырғанда 10 есе үлкен болады. 80%Ni; 20%Cr қортпажоғары температура кезінде тотығусыз жұмыс жасайды. Металға қатысты тығыз орналасқан Cr₂O₃ қабыршағы тотануданқорғайтын қорғаныс ретінде қолданылады. с 60%Ni; 15%Cr және 25%Fe қортпалар қолданылады. Бұл қортпалар бірфазалы.

Жоғары электрлі кедергілікті қортолалар

Қортолалар маркасы	Химиялық құрам, %											Темір	Басқа элементтер
	Көміртек, артық емес	Кремний	Марганец	Күкірт артық емес	Фосфор, артық емес	Хром	Никель	Титан	Алюминий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
X15105	0,08	0,7 артық емес	0,7 артық емес	0,015	0,030	13,5÷15,5	0,6 артық емес	0,20÷0,60	4,5÷5,5	калғаны	Кальций есепті айыру 0,1 Церий есепті айыру 0,1		
H80XЮД-ВИ	0,03	0,35 артық емес	0,2 артық емес	0,008	0,010	19,0÷20,0	основа	–	3,5÷4,0	0,5 артық емес	Мыс 0,9-1,2		
X23Ю5	0,05	0,6 артық емес	0,3 артық емес	0,015	0,020	21,5÷23,5	0,6 артық емес	0,15÷0,40	4,6÷5,3	калғаны	Кальций есепті айыру 0,1 Церий есепті айыру 0,1		
X27Ю5Т	0,05	0,6 артық емес	0,3	0,015	0,020	26,0÷28,0	0,6 артық емес	0,15÷0,40	5,0÷5,8	калғаны	Кальций есепті айыру 0,1 Церий есепті айыру 0,1 Барий есепті айыру 0,05		

1.40 кестенің жалғасы

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ХН70Ю-Н	0,10	0,8 артық емес	0,3 артық емес	0,020	0,020	0,020	26,0÷ 28,9	қал- ғаны	–	3,0÷ 3,8	1,5 артық емес	Барий есепті айыру 0,10 артық емес Церий 0,03 артық емес
ХН20ЮС	0,08	2,0÷2,7	0,3÷0,8	0,020	0,030	19,0÷ 21,0	19,5÷ 21,5	0,20 артық емес	1,0÷ 1,5	қал- ғаны	Цирконий есепт айыру 0,2 Церий есепті айыру 0,1 Кальций есепт айыру 0,1	
Х20Н73ЮМ-ВИ	0,05	0,2 артық емес	0,3 артық емес	0,010	0,010	19,0÷ 21,0	қал- ғаны	артық емес 0,05	3,1÷ 3,6	1,5÷2,0	Молибден 1,3-1,8 Церий есепті айыру 0,1	
Х15Н60-Н	0,06	1,0÷1,5	0,6 артық емес	0,015	0,020	15,0÷ 18,0	55,0÷ 61,0	0,20 артық емес	0,20 артық емес	қал- ғаны	Цирконий 0,2÷0,5	
Х15Н60-Н-ВИ	0,06	1,0÷1,5	0,6 артық емес	0,015	0,020	15,0÷ 18,0	55,0÷ 61,0	0,20 артық емес	0,20 артық емес	қал- ғаны	Церий есепті айыру 0,1 Магний есепті айыру 0,1	

1.40 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X15H60	0,15	0,8÷1,5	1,5 артық емес	0,020	0,030	15,0÷ 18,0	55,0÷ 61,0	0,30 артық емес	0,20 артық емес	қал- ғаны	–
X20H80-H-BИ	0,05	1,0÷1,5	0,6 артық емес	0,015	0,020	20,0÷ 23,0	қал- ғаны	0,20 артық емес	0,20 артық емес	1,0 артық емес	Церий есепті айыру 0,1 Магний есепті айыру 0,12
X20H80-H	0,06	1,0÷1,5	0,6 артық емес	0,015	0,020	20,0÷ 23,0	қал- ғаны	0,20 артық емес	0,20 артық емес	1,0 артық емес	Цирконий 0,2÷0,5
X20H80	0,10	0,9÷1,5	0,7 артық емес	0,020	0,030	20,0÷ 23,0	қал- ғаны	0,30 артық емес	0,20 артық емес	1,5 артық емес	–
X20H80-BИ	0,05	0,4÷1,0	0,3 артық емес	0,010	0,010	20,0÷ 23,0	қал- ғаны	0,05 артық емес	0,15 артық емес	1,5 артық емес	–
H50L10	0,03	0,15 артық емес	0,3 артық емес	0,015	0,015	–	50,0÷ 52,0	–	–	қал- ғаны	Кобальт 10,0÷11,0
X23Ю5Т	0,05	0,5 артық емес	0,3 артық емес	0,015	0,030	22,0÷ 24,0	артық емес 0,6	0,2÷ 0,5	5,0÷ 5,8	қал- ғаны	Кальций есепті айыру 0,1 Церий есепті айыру 0,1

Бірақта оларда реттелумен байланысты фазалық өзгерістер орындалады. 600°C артық температураға дейін қызу кезінде реттелу күйі бұзылады және атомдардың статистикалық орналасуына әсер етеді. Нихромдар 1000÷1100°C дейінгі температура кезінде тотануға қарсы жоғары төзімді ғана емес, сонымен бірге олар жоғары температураға дейін қызу кезінде жеткілікті үлкен беріктікті сақтайды. Сондықтан нихромдар қазіргі кездегі ыстыққа берікті қортпаларының (ХН77ТЮ: 15÷20%Cr; 0,7%Al; 2,5%Ti, негізі Ni) көбінің негізі саналады. Қатты легіріленген Ni-Cr қортпалар өте жоғары температура (1000÷1100°C дейін)кезінде жұмыс жасайды, деформацияланбайды, олар құйма түрінде қолданылады. Бұл қортпалардың құрамында 0,2%С дейін болады. Олар ескірген кездегі беріктендіру фазасы ретінде легірілеуші элементтердің байланысы және олардың карбидтері саналады.

Ni-Cr негізінде 1000°C дейінгі жоғары температура кезінде жұмыс жасайтын көптеген ыстыққа берікті қортпалар қолданылады. Олар тек ғана титан және алюминий, вольфрам, молибденнен басқа элементтермен легіріленеді. Молибден негізінен γ -фазада (никелдегі хромның γ -қатты ертіңдісі) ериді, оны беріктендіреді.

Жоғары құрамды хромды және алюминиді, ыстыққа төзімділігі 1250÷1350°C дейінгі қортпа **мэгапир** деп аталады, созылмалы емес, одан құйылған кедергілік элементтері жасалады.

Нихромдардың бағасын арзандату және олардың технологиялық қасиеттерін жақсарту үшін никельдің бір бөлігін темірмен ауыстырады. темрлі нихромдар **ферронихромдар** деп аталады, мысалы Х15Н60 (25%Fe), оның максималды жұмысшы температурасы 1050oC (1.39 кестені қара).

1.40 кестеде жоғары электрлі кедергілікті қортпалардың химиялық құрамы, ал 1.41 кестеде – осы қортпалардың қолданыс аумағы қарастырылған [1÷3].

1.41 кесте

Үлгілі мақсаты жоғары электрлі кедергілікті қорытпалар

Қортпалар маркасы	Қолданыс аумағы
1	2
X15Ю5, X23Ю5	Резистивті элементтерге, сонымен бірге электрлі қыздырғышты қондырғыларға арналған
X23Ю5Т, X27Ю5Т	Өндірісті және зертханалық пештерде жұмысшы температурасының шегі 1400°C (X23Ю5), 1350°C

1	2
	(Х23Ю5Т) қыздыру элементтеріне арналған. Х23Ю5Т қортпа сонымен бірге жылулы әсерлі тұрмыстық аспаптар және электрлі аппараттар үшін қолданылады
Х15Н60-Н-ВИ, Х15Н60-Н, Х20Н80-Н-ВИ, Х20Н80-Н	Өндірісті электрпештер және әртүрлі электрқыздырғышты қондырғыларда жұмысшы температурасының шегі 1100°С (Х15Н60-Н), 1150°С (Х15Н60-Н-ВИ), 1200°С (Х20Н80-Н), 1220°С (Х20Н80-Н-ВИ) қыздыру элементтеріне арналған. Х15Н60-Н-ВИ және Х20Н80-Н-ВИ қортпалар жоғары сенімділікті электртермиялық жабдықтардың қыздырғыштары үшін ұсынылады
ХН70Ю-Н	Өндірісті электрпештерде жұмысшы температурасының шегі 1200°С қыздырғыштарға арналған
ХН20ЮС	Өндірісті электрпештер және әртүрлі электрқыздырғышты қондырғыларда жұмысшы температурасының шегі 1100°С қыздырғыштарға арналған

1.4.5. Берілген температуралық коэффициентті сызықты кеңейу және серпімділікті қасиетті қортпалар

Берілген температуралық коэффициентті сызықты кеңейетін қортпалар машинажасау және аспапжасау саларында кеңінен қолданылады. Ең жиі қолданылатын қортпалар Fe-Ni жүйелі, олардың -100 ден +100°С дейінгі температура кезінде α сызықты кеңейу коэффициенті никель құрамының жоғарлауына қатысты 36% күрт төмендейді, ал никель құрамының жоғары кезінде қайтадан жоғарлайды. 600÷700°С температура кезінде мұндай құбылыс байқалмайды және сызықты кеңейу коэффициенті құрамға қатысты баяу өзгереді, бұл қортпалардың парамагнитті күйге өтуімен түсіндіріледі. Осылайша, сызықты кеңейудің температуралық коэффициентінің төмен мәні ферромагнитті тиімділіктермен байланысты. Fe-Ni жүйесінің қортпаларының бұл қасиеті техникада кеңінен қолданылады. Сонымен 100°С дейінгі қыздыру және -100°С (штриховые меры в метрологиидағы штрихті шаралар, геодезиялық аспаптар бөлшектері) дейінгі салқындату кезінде тұрақты өлшемдер сақталу үшін машина және аспаптар бөлшектері 36Н (~0,05%С, 36%Ni, қалғаны – Fe) магнитті қортпалардан жасалады, олар инвар деп аталады. Бұл қортпа -80 дан +100°С дейінгі

температура аралығында тұрақты сызықты кеңейу коэффициентін сақтайды, сызықты кеңейу коэффициенті аз мәнді (темір не никельге қарағанда 10 есе аз) $\alpha = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Температура ауытқан кезде өлшемдері шамалы өзгермейтін аспаптар бөлшектерін жасау үшін қолданылады.

Шынылы не керамикалық корпус не вакуумды аспаптар бөлшектерінде сымдарды дәнекерлеу үшін қосымша кобальт не мыспен легіріленген, шынының сызықты кеңейу коэффициентіне тең және жақын температуралық тәуелділіктегі Fe-Ni жүйелі қортпалар қолданылады. Молибденді шыныларды вакуумды дәнекерлеу үшін **коварлы** деп аталатын 29НК18 қортпасы қолданылады, оның құрамындағы темір қортпасы 29%Ni, 18%Co, $\alpha = (4,5 \div 5,5) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. α шамасы қиын қортылатын шыны сияқты шамамен 500 $^\circ\text{C}$ дейін. 29НК18 қортпаны дәнекерлеумен қыздыру кезінде оның бетінде тотықты қабыршақ түзеледі, ол шынымен өзара әрекеттеседі. Бұл шыны және қортпа (мысалы, радишамдарда) арасында тығыз ілінісудің (адгезия) түзілуіне ықпал етеді.

$\alpha \leq 8,7) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, шынымен дәнекерленген бөлшектерді жасау үшін (мысалы, телевизордың кинескопы) өте арзан ферритті темірхромды қортпалар 18ХТФ және 18ХМТФ (0,35%Mo, 0,36%V, 18%Cr, 0,6%Ti) қолданылады. Бұл қортпалардың қасиеттері бірдей, бірақта 18ХТФ қортпа маркасы арзан, оның құрамында молибден жоқ. 48%Ni (H48) темірлі қортпа **платинит** кеңінен қолданылады, оның сызықты кеңейу коэффициенті ($\alpha \approx 9 \cdot 10^{-6}$) платина және шынымен бірдей. Осы қортпа пайда болғанға дейін шынылы аспаптарға енгізуге арналған өткізгіш ретінде платина қолданылды. Егер платинитті шынымен қыздыру арқылы жабыстырған дәнекерлеу кезде екі материалдың бірдей кеңейуінің нәтижесінде шыныда кернеу түзілмейді. Платиниттің сызықты кеңейу коэффициенті шамалы 400 $^\circ\text{C}$ дейін өзгереді, ал өте жоғары температура кезінде қатты жоғарлайды.

Суперинвар – 30÷34%Ni және 4÷6%Co темірлі қортпа, сызықты кеңейу коэффициенті аз ($\alpha = 1,0 \cdot 10^{-6}$) және -60 ден +60 $^\circ\text{C}$ дейінгі температуралық аралықта ол тұрақты сақталады.

Элинвар – Н36Х38, сызықты кеңейу коэффициентімен қатар тұрақты созылмалық қасиетін (созылымдылық модульді әлсіз температуралық тәуелділікті) сақтайды, соның нәтижесінде дәлді аспаптар және сағат серіппелерін жасау үшін қолданылады.

1.42 және 1.43 кестеде берілген температуралық кеңейу коэффициентті және берілген серпімділік қасиетті қортпалардың

Берілген температуралық сызықты кенейу коэффициентті қорғалар

Қорғалар маркасы	Химиялық құрам, %											Басқа элементтер
	Көміртек артық емес	Кремний артық емес	Марганец	Күкірт артық емес	Фосфор артық емес	Хром	Никель	Кобальт	Мыс	Темір	12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
29НҚ, 29НҚ-ВИ, 29НҚ-ВИ-1, 29НҚ-1	0,3	0,30	0,4 артық емес	0,015	0,015	0,1 артық емес	28,5÷ 29,5	17,0÷ 18,0	0,2 артық емес	кал-ғаны	Алюминий 0,2 Титан 0,1 артық емес	
30НҚД, 30НҚД-ВИ	0,05	0,30	0,4 артық емес	0,015	0,015	–	29,5÷ 30,5	13,0÷ 14,2	0,3÷ 0,5	кал-ғаны	–	
32НҚД	0,05	0,20	0,4 артық емес	0,015	0,015	–	31,5÷ 33,0	3,2÷ 4,2	0,6÷ 0,8	кал-ғаны	–	
32НҚ-ВИ	0,05	0,30	0,4 артық емес	0,015	0,015	0,1 артық емес	31,5÷ 33,0	3,7÷ 4,7	–	кал-ғаны	–	
33НҚ, 33НҚ-ВИ	0,05	0,30	0,4 артық емес	0,015	0,015	–	32,5÷ 33,5	16,5÷ 17,5	–	кал-ғаны	–	
35НҚТ	0,05	0,50	0,4 артық емес	–	–	–	34,0÷ 35,0	5,0÷ 6,0	0,2÷ 0,4	кал-ғаны	Титан, 2,3÷2,8	

1.42 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
36Н, 36Н-ВИ	0,05	0,30	0,3÷0,6	0,015	0,015	0,15 артық емес	35,0÷ 37,0	–	0,1 артық емес	қал- ғаны	Алюминий 0,1 артық емес Ванадий 0,12 артық емес Молибден 0,1 артық емес
36НХ	0,05	0,30	0,3÷0,6	0,015	0,015	0,4÷ 0,6	35,0÷ 37,0	–	0,25 артық емес	қал- ғаны	–
38НҚД, 38НҚД-ВИ	0,05	0,30	0,4 артық емес	0,015	0,015	–	37,5÷ 38,5	4,5÷ 5,5	4,5÷ 5,5	қал- ғаны	–
39Н	0,05	0,30	0,3÷0,6	0,015	0,015	–	38,0÷ 40,0	–	0,2 артық емес	қал- ғаны	–
42Н, 42Н-ВИ	0,03	0,30	0,4 артық емес	0,015	0,015	–	41,5÷ 43,0	–	0,1 артық емес	қал- ғаны	–
42НЛ-ВИ	0,03	0,15	0,5 артық емес	0,010	0,006	–	41,5÷ 42,5	–	0,1 артық емес	қал- ғаны	–
47НХ	0,05	0,30	0,3÷0,6	0,015	0,015	0,7÷ 1,0	46,0÷ 47,0	–	0,2 артық емес	қал- ғаны	–

1.42 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
47НЗХ	0,05	0,30	0,3÷0,6 артық емес	0,015	0,015	3,0÷ 4,0	46,0÷ 48,0	–	0,2 артық емес	қал- ғаны	–
47НД, 47НД-ВИ	0,05	0,30	0,4 артық емес	0,015	0,015	–	46,0÷ 48,0	–	4,5÷ 5,5	қал- ғаны	–
47НХР	0,05	0,30	0,4 артық емес	0,015	0,015	4,5÷ 6,0	46,0÷ 48,0	–	–	қал- ғаны	Бор 0,02 артық емес
48НХ	0,05	0,30	0,3÷0,6 артық емес	0,015	0,015	0,7÷ 1,0	48,0÷ 49,5	–	0,2 артық емес	қал- ғаны	–
52Н, 52Н-ВИ	0,05	0,20	0,4 артық емес	0,015	0,015	0,2 артық емес	51,5÷ 52,5	–	0,2 артық емес	қал- ғаны	–
58Н-ВИ	0,03	0,30	0,54 артық емес	0,015	0,015	–	57,5÷ 59,5	–	0,3 артық емес	қал- ғаны	–

Берілген серпілелі қасиетті қортпалар

Қортпалар маркасы	Химиялық құрам, %													Басқа элементтер
	Көміртек артық емес	Кремний	Марганец	Күкірт артық емес	Фосфор артық емес	Хром	Никель	Молибден	Титан	Алюминий	Кобальт	Темір		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
36НХТЮ	0,05	0,3÷ 0,7	0,8÷ 1,2	0,02	0,02	11,5÷ 13,0	35,0÷ 37,0	-	2,7÷ 3,2	0,9÷ 1,2	-	қал- ғаны	-	
36НХТЮ5М	0,05	0,3÷ 0,7	0,8÷ 1,2	0,02	0,02	12,5÷ 13,5	35,0÷ 37,0	4,0÷ 6,0	2,7÷ 3,2	1,0÷ 1,3	-	қал- ғаны	-	
36НХТЮ8М	0,05	0,3÷ 0,7	0,8÷ 1,2	0,02	0,02	12,0÷ 13,5	35,0÷ 37,0	7,5÷ 8,5	2,7÷ 3,2	1,0÷ 1,3	-	қал- ғаны	-	
42НХТЮ	0,05	0,5÷ 0,8	0,5÷ 0,8	0,02	0,02	5,3÷ 5,9	41,5÷ 43,5	-	2,4÷ 3,0	0,5÷ 1,0	-	қал- ғаны	-	
42НХТЮА	0,05	0,4÷ 0,7	0,3÷ 0,6	0,02	0,02	5,0÷ 5,6	41,5÷ 43,5	-	2,3÷ 2,9	0,6÷ 1,0	-	қал- ғаны	-	
44НХТЮ	0,05	0,3÷ 0,6	0,3÷ 0,6	0,02	0,02	5,0÷ 5,6	43,5÷ 45,5	-	2,2÷ 2,7	0,4÷ 0,8	-	қал- ғаны	-	
97НЛ	0,03	0,2 артық емес	0,3 артық емес	0,01	0,01	-	қал- ғаны	-	-	0,3 артық емес	-	0,5 артық емес	Бериллий 2,1-2,5 Мыс 0,1 артық емес	

1.43 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
68НХВКТЮ, 68НХВКТЮ-ВИ	0,05	0,4 артық емес	0,4 артық емес	0,010	0,015	18,0÷ 20,0	қал- ғаны	–	2,7÷ 3,2	1,3÷ 1,8	5,5÷ 6,7	1,0 артық емес	Вольфрам 9,0-10,5 Бар есепті айыру 0,003 Церий есепті айыру 0,05 Мыс 0,07 артық емес Ванадий 0,2 артық емес Ниобий 0,2 артық емес
17ХНГТ	0,05	0,6 артық емес	0,8÷ 1,2	0,02	0,02	16,5÷ 17,5	6,5÷ 7,5	–	0,8÷ 1,2	0,5 артық емес	–	қал- ғаны	–
40КХНМ	0,07÷ 0,12	0,5 артық емес	1,8÷ 2,2	0,02	0,02	19,0÷ 21,0	15,0÷ 17,0	6,4÷ 7,4	–	–	39,0÷ 41,0	қал- ғаны	–
40КХНМВТЮ	0,05	0,5 артық емес	1,8÷ 2,2	0,02	0,02	11,5÷ 13,0	18,0÷ 20,0	3,0÷ 4,0	1,5÷ 2,0	0,2÷ 0,5	39,0÷ 41,0	қал- ғаны	Вольфрам 6,0÷7,0

химиялық құрамы қарастырылған. 1.44 кестеде берілген температуралық кеңейу коэффициентті және берілген серпімділік қасиетті қортпалардың қолданыс аумағы қарастырылған [1, 3, 6].

1.44 кесте

Қортпалардың үлгілік қолданысы

Қортпалар маркасы	Қолданыс аумағы
1	2
<i>1. Берілген температуралық сызықты кеңейу коэффициентті қортпалар</i>	
36Н, 36Н-ВИ	Климатты температура аралығында тұрақты өлшемдерді қажет ететін аспаптар бөлшектеріне арналған
32НКД	Климатты температура аралығында тұрақты өлшемдерді қажет ететін аспаптар бөлшектеріне арналған және жоғары дәлдікті аспаптар бөлшектеріне арналған
29НК, 29НК-ВИ, 29НК-1, 29НК-ВИ-1	С49-1, С52-1, С48-1, С47-1 шынылы радиоэлектронды аппараттардың вакуумды тығыз элементтеріне дәнекерлеуге арналған
30НКД, 30НКД-ВИ	С40-1 шынылы дәнекерлеудің жеке түрлеріне және С38-1 қиын балқитын шынылы тығыз вакуумды дәнекерлеуге арналған
38НКД, 38НКД-ВИ	Сапфирлі, П-6, С72-4 шынылы вакуумды тығызды дәнекерлеуге арналған
47НХ	16Ш, С72-4 және т.б.термометрикалық шынылы вакуумды тығызды дәнекерлеуге арналған
47НЗХ	«Лензос» және т.б. жұқа шынылы жұқа қабыршақты вакуумды тығыз жалғауға арналған
33НК, 33НК-ВИ	С72-4 шынылы және
47НД, 47НД-ВИ	С93-4, С93-2, С95-2, С94-1, С90-1, С90-2 және т.б. жұмсақ шынымен дәнекерлеуге арналған, герметикалық түйісетін серіппелерге арналған кабаттас және керамикалық жалғауға арналған
47НХР	С90-1, С93-2, С93-4, С94-1, С95-2 және т.б. шынымен-радиоэлектронды аппаратуралы элементтерді вакуумды дәнекерлеуге арналған

1	2
42Н, 42НА-ВИ, 42Н-ВИ	Электр вакуумды техникада
18ХТФ, 18ХМТФ	Герматизирленген түйісулер және С90-1, С93-4, С95-2 шынылы вакуумды тығыз жалғауларға арналған
52Н, 52Н-ВИ	С93-4, С93-2, С95-2, С94-1, С90-1, С90-2 жұмсақ шынымен жалғауға арналған
58Н-ВИ	Ұзындықтың штрихты шамасы на арналған
35НКТ	Жоғары жүктеме кезінде жұмыс жасайтын аспаптар бөлшектеріне арналған
32НК-ВИ	Өте төмен температуралық сызықты кеңейу коэффициентін алу үшін шындауға болмайтын күрделі пішінді бөлшектер, жылтыратылған бетті бұйымдарға арналған
39Н, 36НХ	Төмен температура кезінде жұмыс жасайтын конструкциялар және құбыржолдарына арналған
<i>2. Берілген серіппелі қасиетті қортпалар</i>	
40КХНМ	400°С жейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын тармақты цилиндрлі серіппе, зауыттық серіппелі сағат механизмдеріне арналған, ота жасау бұйымдарына, электрлі өлшеу аспаптарының керндеріне арналған
40КНХМВТЮ	Қолды зауыттық серіппелі сағаттарға арналған
36НХТЮ	250°С дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын бөлшектер және аспаптардың сезімталды серіппелі элементтеріне арналған
36НХТЮ5М	350°С дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын бөлшектер және аспаптардың сезімталды серіппелі элементтеріне арналған
36НХТЮ8М	400°С дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын бөлшектер және аспаптардың сезімталды серіппелі элементтеріне арналған
68НХВКТЮ	-196 ден+ 500°С дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын аспаптар бөлшектері және сезімталды серіппелі элементтерге арналған
17ХНГТ	250°С дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын жалпы және арнайы қолданысты серіппелі бөлшектер және сезімталды серіппелі элементтерге арналған

1	2
97НЛ	300°С дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын ток өтетін және күшті серіппелі сезімталды элементтерге арналған
42НХТЮ	1000°С дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын серіппелі сезімталды элементтерге арналған
42НХТЮА	Сағатты механизмнің талшықты шиыршықтарына арналған
44НХТЮ	200°С дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын серіппелі сезімталды элементтерге арналған
35БТ	Магнитті өрісті жоғары артық өткізетін экрандарға арналған, жоғары артық өткізетін магнитті жүйелі ток өткізгіштерге арналған
БТЦ-ВД	Жоғары артық магнитті энергияны енгізу және шығару жүйелеріндегі топологиялық генераторлар коммутаторларындағы жоғары артық өткізгішті жоғары артық магнитті энергияны енгізу және шығару жүйелеріне арналған; криогенді конструкциялар
70ТМ-ВД	Сұйық гелияның деңгей өлшегіштерінің температуралық түрлендіргіштеріне арналған

1.4.6. «Пішінді жады» әсерлі қортпалар

Серпімділік шегінен артық кернеу кезінде жүктеме алынғаннан кейін металл бастапқы өлшемдерін және пішініне қайтып келмейді, сондықтан «пішінді жады» әсерлі қортпалар жасалды. Бұл қортпалар пластикалық деформациядан кейін өзінің бастапқы геометриялық қалпына не қыздыру нәтижесінде («пішінді жады» әсері), не тікелей жүктеме (жоғары артық серпімділік) алынғаннан кейін қайта қалпына келеді. Сонымен, жоғары температура кезінде сымды спираль етіп бұрағанда және төмен температурада түзетуден кейін және қайта қыздыру кезінде сым қайтадан өз бетімен спираль түрінде бұралады.

«Пішінді жады» қасиетін анықтайтын механизм болатын графикалық қайтарымды термсеріппелі мартенситті түрлену (Курдюмов әсері), көлемнің өзгеруімен орындалады, ол қайтарымды сипатты, «жадыны» қамтамасыз етеді. «пішінді жады» әсерлі

кортпаларда салықндату кезінде мартенситтің кристалдарының термосерпімділігі жоғарлайды, ал қыздыру кезінде олар төмендейді не жойылады. «пішінді жады» әсері төмен температура кезінде және температураның (кейде бірнеше градус тәртіпте) жіңішке аралығында мартенисті түрлену орындалғанда жақсы байқалады.

«Пішінді жады» қасиеті әртүрлі деңгейлі: Ni-Al, Ni-Co, Ni-Ti, Ti-Nb, Fe-Ni, Cu-Al, Cu-Al-Ni және т.б. қайтарымды мартенситті түрленетін қосарлы және өте күрделі кортпалардың үлкен мөлшері белгілі.

Мононикелидті титан NiTi негізіндегі кортпалар кеңінен қолданылады, олар **нитинол** деп аталады. «Пішінді жады» әсері NiTi қосындысында көптеген мың цикл аралығында қайталаынады. Нитинолдың қаттылығы ($\sigma_b = 770 \div 1100$ МПа, $\sigma_t = 300 \div 500$ МПа), созылымдылығы ($\delta = 10 \div 15\%$) жоғары, тотануға және кавитациялық төзімді және демпфирлеуге (шу және тербелісті жақсы сіңіреді) қабілетті. Оны көптеген жауапты конструкцияларда дефпфирлеу қабілеті жоғары магнитті материал ретінде жиі қолданады. Нитинолдан Жер серіктестерінің антеналары жасалады. Антеналар шағын бунтқа жинақталады, ғарышқа жіберлігненнен кейін 100°C артық температурада қызу кезінде өзінің бастапқы пішіні қалпына келеді. Нитинолды автоматты токты үзетін қондырғылар, есте сақтау қондырғыларында, есептеу техникасы және машина бөлшектерін, температуралы-сезімталды түрлендіргіштерді жасау үшін қолданады [1].

1.5. Конструкциялық ұнтақты материалдар және бұйымдар

1.5.1. Жалпы сипаттамасы

Металды ұнтақтан бөлшектерді жасау техника саласында **метал-керамика не ұнтақты металлургия** деп аталатын салаларға жатады. Ұнтақты металлургия әдістері жоғары ыстыққа төзімді, тозуға төзімді, қатты, берілген тұрақты магнитті қасиетті бұйымдар және материалдарды өндіруге мүмкіндік береді. сонымен Бірге ұнтақты металлургия үлкен мөлшерде металды үнемдеуді (кейбір бөлшектерді құю әдісімен және кейін механикалық өңдеу әдісімен жасау кезінде металл шығыны 60÷80%, ал бөлшекті ұнтақты металлургиямен жасау кезіндегі металл шығыны – 2÷5% құрайды) қамтамасыз етеді.

Ұнтақты металлургия, құю әдісі, қысыммен өңдеу әдісімен алуға мүмкін емес, ерекше физика-химиялық, механикалық және технологиялық қасиетті металкерматикалық материалдарды алуға мүмкіндік береді.

Ұнтақты материалдар дегеніміз, металды ұнтақты престоумен қажетті пішінді және өлшемді және қалыптасқан бұйымды вакуум не $0,75 \div 0,8 T_{пл}$ температура кезінде қорғанысты атмосферада келесі жентектеумен бұйымдар жасалатын материалдар. Бірақта көптеген металкерамикалық материалдар және бөлшектердің механикалық қасиеттері төмен (созылмалығы және соққы тұтқырлығы) болады. Сонымен бірге, олардың бағасы құйылған бөлшектер бағасынан қымбат болады. Металкерамикалық материалдарды алу технологиясы мына операциялардан: металды ұнтақтарды алу, қалыптау, жентектеу, өңдеу операцияларынан құралады.

Металдыкерамикалық бөлшектерді өндіру әдістері: салқиндай престоу, гидростатикалық престоу, мунд-даналы престоу, металды ұнтақтарды таптау, жентектеу, ыстықтай престоу, өңдеу операциялары. Қарапайым симметриялық пішінді (цилиндрлі, коникалық, тісті), салмағы және өлшемі бойынша шағын бөлшектерді жасау кезінде ұнтақты материалдарды қолдану ұсынылады.

Бөлшектердің конструкциялық пішіні дайындама өсіне қатысты бұрышты тесікті, ойықты, ішкі жазықты және шығыңқылықты болмау керек. Бөлшектер конструкциясы және пішіні пресс-қалып жазықтығын ұнтақпен бірқалыпты толтыруға, оларды тығыздауға, престоу кезінде кернеу және температураның таралуына және пресс-қалыптан бұйымды алуға мүмкіндік береді.

Термиялық өңдеуден кейін алынған ұнтақты болаттар қасиетті, көптеген жағдайда әдеттегі металлургиялық әдіспен алынған болаттар қасиетінен біршама өзгеше болады. Сондықтан жоғары жүктемелі бөлшектерді ұнтақты металлургия өнімдерінен жасау (сонымен ұнтақты болаттың механикалық қасиеттері кеуектілік және оттегі құрамына қатысты тәуелді: 0,01% артық жоғары құрамды оттегі тұтқырлықты төмендетей және салқинды сынғыштық шегін жоғарлатады) тиімді емес. Осылайша, механикалық қасиетінің төмен, бастапқы материал бағасының жоғары және жентектеу процесінің энергиясыйымдылықты болуына байланысты ұнтақты металлургиялық конструкциялық болаттар тек ғана аз жүктемелі, негізінен күрделі пішінді бөлшектерді жасау үшін қолданылады [1, 10].

1.5.2. Кеуекті материалдар

Кеуекті материалдар дегеніміз, соңғы өңдеуден кейін $10 \div 30\%$ қалдықты кеуектілік сақталатын материалдар. Бұл қорғалар

негізінен анифрикциядық бөлшектерді (подшипниктер, төлкелер) және сүзгіштерді жасау үшін қолданылады.

Антифрикциялық материалдар (кеуектілік 15÷35%) май, күкірт, молибенмен сульфиді, сульфид, селендин, фторпласт, сіңген кеуекті масса (темір, темір-графит-мыс, борид, карбид, кола-графит, титан, тотанбайтын болат) түрінде болады. Олар сырғанау подшипниктерін жасау үшін қолданылады. Антифрикциялық ұнтақты қортпалардың үйкеліс коэффициенті төмен, жеңіл жұмыс жасайды, шамалы жүктемені ұстайды және тозу төзімділігі жақсы болады.

Ұнтақты қортпалы подшипниктер кеуекте болатын майдың «булану» есебінен мәжбүрлі майлаусыз жұмыс жасай алады. Подшипниктер темір-графиттерден (графит 1÷7%) және кола-графиттерден (графит 8÷10Sn және 2÷4% графит) жасалады. ЖГр1, ЖГр3, ЖГр7; БрОГр10-2, БрОГ8-4 және т.б. Темір-графиттің металды негізінің құрылымы ~1% көміртектен салмақты үлесті байланысты перлитті болуы мүмкін. Мұндай құрылым подшипниктердің аз тозуы кезіндегі ең үлкен жылдамдықты және жүктемелі болуына мүмкіндік береді. Темір-графитті материалдарға қатысты 0,8÷1,0%S не 3,5÷4,0% сульфидтер қосылғанда, үйкелісу бетінде сульфидті қабыршақ түзіледі, түйісетін бөлшектердің жұмыс жасауын жақсартады. Қолалы графит микроқұрылымы бойынша майлаумен толған кеуек және графитті қоспалы Cu дегі Sn қатты ертіндісінің түйіршігі түрінде болады. Темір-графитті подшипниктер максималды 100÷200°C температура және 1000÷1500 МПа жүктеме кезінде жұмыс жасайды.

Фрикциялық материалдар – негізді (мыс, темір, никель, және олардың қортпалары), қатты майлау (қорғасын, қалайы, висмут, графит, барий сульфиді, темір) және материалдардан құралған жентектелген (кеуектілік 10÷13%) материалдар және жоғары үйкеліс коэффициенті (асбест, кварцті құм, карбид, тотықтар) қамтамасыз етіледі. Олар ілінісу муфтасы және тежеуіштерде жұмыс жасауға арналған және фрикциялық бұйымдарды (дискілер, сегменттер) жасау үшін қолданылады. Фрикциялық бұйымдардың үйкеліс коэффициенті жоғары, механикалық беріктігі жеткілікті және тозу кедергілігі жақсы болу керек. Фрикциялық металкерамикалық материалдардың сынғыштығы жоғары және беріктігі төмен, сондықтан олардан жасалған бұйымдар болатты негіз және оған жағылған фрикциялық металкремика қабатынан құралады.

Фрикциялық материалдар құрамын материалда жоғары фрикциялық қасиетті қалыптастыратын (асбест, кварцті құм, әртүрлі тотықтар,

балкуы қиын қосындылар және т.б.), майлау ретінде және материалдарды тозудан сақтандырушы материалды (қорғасын, графит, әртүрлі сульфидтер және күкіртқышқылды тұздар) компоненттер құрайды.

Мысты негізді фрикциялық қортпаларды $300\div 350^{\circ}\text{C}$ максималды температуралышынықтырылған болатты бөлшекті жұпта сұйық үйкеліс жағдайында қолданылады, мысалы, МК5 қортпалар ($4\%\text{Fe}$, 7% графит, $8\%\text{Pb}$, $9\%\text{Sn}$, $2\%\text{Ni}$ дейін). майлау материалсыз үйкеліс жағдайында жұмыс жасау үшін (ұшақтар тежеуішінің бөлшектері, тракторлар тежеуішінің төсемдері, автомобильдер, жол машиналар, экскаваторлар және т.б.) темір негізді материалдар қолданылады. ФМК-11 ($15\%\text{Cu}$, 9% графит, 3% асбест, $3\%\text{SiO}_2$, 6% барит).

Сүзгіштер (кеуектілік $25\div 50\%$) темір, қола, никель, тотанбайтын болат және т.б. материалды ұнтақтардан жасалады. Сүзгіштер ұшақтар, автомобильдер, тракторлар қозғалтқышындағы отынды, ауа, әртүрлі сұйықтар және газдарды тазалау үшін қолданылады. Сүзгіштер төлке, түтікше, пластина түрінде жасалады. Олар -273 ден $+900^{\circ}\text{C}$ дейінгі температура кезінде жұмыс жасайды.

Салқынды ағеттердің булану есебінен салқындатуға арналған металкерамикалық материалдар «буланатын» материалдар деп аталады. Бұл материалдар, олар арқылы бөлшектің сыртқы жұмысшы бетіне сұйық не газ (мысалы, ұшақ қанатын кеуекті мысты-никельді қабатпен қаптайды, ол арқылы мұздың қатуын болдырмайтын антифриз жіберіледі) жіберіледі. Буланатын материалдар тотанбайтын болатты, никельді, вольфрамды, титанды және т.б. ұнтақтардан жасалады.

Көбікті материалдар (кеуектілік $95\div 98\%$ дейін) – авиациялық техникада қолданылатын жеңіл толықтырғыштар және жылуды оқшаулайтын материалдар. Сонымен мысалы, вольфраммен салыстырғанда көбікті вольфрамның тығыздығы 6 есе аз (3 Мг/м^3). Көбікті материалдардың негізі поливинилхлоридті, полистирольды және көбікпласты материалдар саналады [1, 10].

1.5.3. Конструкциялық материалдар

Жентектелген материалдар (темір-графит-легірлеуші элементтер): Ж20Д5НЗХ-60 ($0,20\% \text{C}$, $5\%\text{Cu}$, $3\%\text{Ni}$, $1\%\text{Cr}$, қалғаны – Fe; 60 г/см^3 10 көбейтілген тығыздықты білдіреді. Бұл жағдайда 6 г/см^3), Ж10-63, ЖД20-78Пр (сіндіру).

Түсті металдар (магний сіңген кеуекті титан; жентектелген алюминді қортпалар СПАК-4, СПАК-6, САП, САС; ТД-никель, ТД-нихром, мұнда ТД – тория диоксид). Қортпалар (АлП-2, АлПД-2-4, АлПЖ12-4, БрПБ-2, БрПО10-2, БрПО10Ц3-3, ЛП58Г2-2 және т.б.) электртехникалық өндірісте аспапжасау және электронды техника салаларында кеңінен қолданылады. Бірінші екі әріппен материал тобы («Ал» – алюминий, «Б» – бериллий, «Бр» – қола, «Л» – латунь және т.б.) белгіленеді, «П» – ұнтақты қортпа және «-» кейінгі сан – пайыз үлесіндегі материал тығыздығы, «Д» – мыс, «Ж» – темір, «Г» – марганец және т.б., олардан кейінгі цифрлармен қортпа құрамы белгіленеді.

Түсті металды негізді ұнтақты қортпалардың жылу және электрлі өткізгіштігі жоғары, тотануға тұрақты, магниттелмейді, кесу және қысыммен жақсы өңделеді.

Жентектелген алюминді қортпалар (ЖАҚ) ерекше физикалық қасиеттермен жасалады. 20÷200°C температура кезінде болатпен жұпта жұмыс жасайтын аспаптар бөлшектерін жасау үшін қолданылады, ол аз жылуөткізгіштікті аз сызықты кеңейу коэффициентінің үйлестігін қажет етеді. Отико-механикалық және т.б. аспаптарда Al-Zn-Mg-Cu (ПВ90, ПВ90Т1 және т.б.) жүйелі **жоғары берікті ұнтақты қортпалар** қолданылады. Бұл қортпалардың механикалық қасиеттері жоғары, кесумен өңделуі және релаксациялық мықтылығы жақсы.

Сонымен бірге жоғары құрамды Fe, Ni, Co, Cr, Mn, Zr, Ti, V және т.б. элементті, қатты алюминде аз еріген **түйіршікті арнайы қортпалар** қолданылады. Түйіршіктер – бірнеше миллиметрден ондық үлеске дейінгі диаметрлі құйылған бөлшектер. Технологиялық қыздыру (400÷450°C) кезінде қортпаны беріктендіретін, дисперсті фазаның түзілуімен қатты ертіндінің ыдырауы орындалады.

Ұнтақты металлургия арнайы қортпаларды жасау үшін кеңінен қолданылады: никельді негізді ыстыққа берікті, Ni, Al, Ti және Cr негізді дисперсиялы-беріктендірілген материалдар.

Көміртекті және легірленген болатты, қола, латунді, алюминий және титанды қортпалы ұнтақты **жинақты материалдар** (кеуектілік 1÷3%) тістегергіш, жұдырық, крандар, подшипниктер корпусы, автоматтандырылған берілісті бөлшектер және т.б. машина бөлшектерін жасау үшін кеңінен қолданылады. Сонымен бірге ұнтақты конструкциялық (СП10-1...СП10-4, СП30-1...СП30-4, СП30Д3-2, СП60Н2Д2-2, СП30Н3М-2, СП40Х-2, СП45Х3-2 және т.б.), мартенситті-ескіретін (СПХ17Н2, СПХ18Н15, СПХ23Н28 және т.б.) және т.б. болаттар көп мөлшерде жасалады. Болатты таңбалауда

«С» – болат, «П» – ұнтақты әріптер қосылды. «-» кейінгі цифр пайыз үлесіндегі болат тығыздығын көрсетеді.

Талшықты композиттер. Оларды алуға арналған негізгі әдіс ұнтақты матрицамен престелген талқыштар қоспасын жентектеу, сонымен бірге престелген талшықтарға балқымалар сіңіріледі. Армирлеу үшін табиғатты және жасанды талшықтар, жұқа сым, сонымен бірге графитті, борлы, алюминді, вольфрамды, болатты және т.б. материалды тотықтардан алынатын «мұрт» қолданылады. Темір, титан және магнийді армирлеу кезінде композиттердің беріктігі 3÷5 есе, осыған сәйкесті алюминий, молибенді сымдар және бор талқыштарымен жоғарлайды.

Керметтер (керамикаметалды материалдар) көлемі бойынша 50% артық керамикалық фазалы (борид, карбид, тотықтар, нитрид) және металды фазалы (болат, никель, кобальт, балқуы қиын металдар) [1, 10].

1.5.4. Электртехникалық материалдар

Осы мақсат үшін күмісті (СМ30, СМ60, СМ80, СВ30, СВ50, СВ85 және т.б.) не кадмиялы тотықты (ОК8, ОК12, ОК15), мысты (МВ20, МВ40, МВ60, МВ80) және т.б. жалған қортпалы балқуы қиын металдар (W және Mo) қолданылады.

Балқуы қиын материалдар негізі саналады және механикалық қасиеттерді анықтайды, ад жеңіл балқитын металдар толықтырғыштар ретінде қолданылады және материалдардың жоғары электрлі өткізгіштігін қалыптастырады. Алынған материалдар мүжілуге тұрақты. Түйісулер монтметалдардан не биометалдардан жасалады. Метал-керамикалық түйісулер магнитті қосқыштар, жылу релелері және ерекше ақыр тәртіпті реле, контроллерлер, кернеу реттегіштерінде, басқару аппаратураларында, ток түрлендіргіштерде және т.б. қолданылады.

Ажырату түйісулеріне арналған ұнтақты материалдар, жоғары вольтті аппаратураларда қолданылады, престоумен келесі жентектеу не өте жеңіл металды (мысалы, мысты вольфрам не күміспен) жентектелген кеуекті балқуы қиын қаңқаға сіңдірумен жасалады. Дәлдігі нашар аппаратуралардағы түйісулер негізі күмісті никельді, кадмия тотығы және т.б., сонымен бірге мысты-графитті қоспалы материалдардан жасалады. Ажырату түйісулеріне арналған жентектелген материалдар мыс не күміс негізді тозу- және мүжілу төзімділігі бойынша күйеу әдісімен жасалады.

Сырғанақты түйісулер антифрикциялықты, соңғысының тозуын азайтуға арналған қарсы денемен (коллектор не сым) салыстырғанда, өте жұмсақ болады. Сондықтан негізінен электрлі машинаның түйісуін графитті мыстан (графит 8÷75%) жасайды. Аспаптардың сырғанақты түйісулерін жасау үшін графитті мысты, палладий, никельді, дисульфидом молибден дисульфидті, сонымен бірге палладийлі вольфрамды негізді материалдар қолданылады.

Магнитті-жұмсақ материалдар радиотехника, электртехника және өнеркәсіп және техниканың басқа саларында кеңінен қолданылады. Бұл таза темір (карбонильді не электрлітті) және оның Ni, Co, Al қортпалары. Ұнтақты металлургия әдісімен магнитті-жұмсақ (ферритті), магнитті-қатты материалдар (тұрақты магнитті) және магнит-диэлектрлі материалдар алынады. Жентектелген материалдардың кеуектілігі аз, өйткені олар оның магнитті қасиетін күрт төмендетеді. Магнитті-жұмсақ материалдардың әртүрлігі: магнитті-диэлектрлі, магнитті және оқшауланған материалдар композициясынан жасалады. Оқшаулау материалдары механикалық байланыстырғышты (олар магнитті және электрлі арақатынаста металды бөлшектерге бөлінеді). Оқшаулау материалдары ретінде фенолды шайыр, полихлорвинил, силикаттар, каучук және т.б. (5 ден 15% дейін) қолданылады.

Ферриттер таза темірлі және оның негізіндегі қортпалы ұнтақтарды ыстықтай және салқындай престоу әдісімен жасалады.

Магнитті-қатты материалдар негізі темірлі алюминий, никель, мыс, кобальтпен легіріленген күрделі химиялық құрамды металкерамикалық қортпалар. Тұрақты магниттер құйылған қортпаларға арналған жақын қоспалы құрамды ұнтақтардан: ални (Fe-Al-Ni), алнико (Fe-Al-Ni-3÷15%Co) және магнико (Fe-Al-Ni-20÷40%Co) жасалады. Жентектелгеннен кейін магнитті өрісте қортпаларды термиялық өңдеу орындалады. жентектелген магниттер мына қортпалардан Cu-Ni-Co (**кунико**), Cu-Ni-Fe (**кунифе**) алынады. Жұқадисперсті ұнтақтан (бөлшектер өлшемі 0,5 мкм дейін) магниттерді жасау кезінде олардың салмағы осындай құйылған магниттермен салыстырғанда 2 есе азайады, бұл оларды динамикалық аспаптар және т.б. қолдану кезінде өте маңызды. Магнитті қасиеттердің жоғары мәнін RCo₅ түріндегі кобальті сирек топырақты металды қоспалар негізіндегі материалдар қамтамасыз етеді, мұнда R – самарий, празеодим, церий. Бұл магниттердің коэрцитивті күштері ални түріндегі қортпалармен салыстырғанда 30 есе жоғары болады [10, 11].

Раздел 2. Заготовки и полуфабрикаты из черных металлов для деталей машин, получаемые обработкой давлением

2.1. Классификация стальных заготовок

В кузнечно-штамповочном производстве (КШП) исходными материалами для обработки служат черные и цветные металлы. К черным металлам относятся железо и сплавы на его основе – сталь и чугун (последний, как не обладающий необходимой пластичностью, обработке давлением не подвергают и в КШП не используют). Цветные металлы составляют большую группу, в которую входят алюминий, ванадий, вольфрам, магний, марганец, медь, молибден, никель, ниобий, олово, свинец, тантал, титан, хром, цинк и др.

Технически чистое железо (армко) благодаря магнитным свойствам применяется в электротехнике, приборостроении и некоторых других отраслях промышленности. Однако технически чистые металлы, в том числе и железо, в КШП имеют ограниченное применение, так как они не обладают необходимым сочетанием свойств, предъявляемых современной техникой к деталям машин и другим изделиям. Поэтому детали изготавливаются в основном не из технически чистых металлов, а из сплавов, свойства которых регулируются их составом, способом выплавки и последующей обработкой.

Наибольшее применение в КШП получили деформируемые железоуглеродистые сплавы, к которым относится сталь. Кроме основного элемента – железа – сталь содержит углерода от 0,05 до 2% (теоретически до 2,14%) и другие примеси.

Поковки по механическим свойствам подразделяют по категории прочности. Категория прочности обозначается буквами КП с цифрами, соответствующими значению предела текучести после закалки и отпуска. Например, обозначение КП35 показывает, что предел текучести равен 35 кгс/мм². Необходимо иметь в виду, что прочность деталей в эксплуатации определяется не только категорией прочности, а совокупностью всех механических свойств и структурой металла, полученной после термической обработки. Образцы для механических испытаний поковок цилиндрической и призматической форм вырезают из напуска или из тела поковки на расстоянии 1/3 радиуса или 1/6 диагонали от наружной поверхности сплошной поковки, или 1/2 толщины пустотелой или рассверленной поковки.

Стали, применяемые дляковки и штамповки, подразделяются на группы:

- сталь углеродистая обыкновенного качества (сталь групп А, Б, В, например, Ст0, БСт1, ВСт3, ВСт1Гпс и др.);
- сталь углеродистая качественная конструкционная (05кп, 08пс, 11кп, 15, 20пс, 30, 60, 75 и т.д.);
- сталь легированная конструкционная (15Х, 20Х, 30Х 45Г, 50Г, 35Г2, 50Г2 и др.);
- сталь высоколегированная коррозионнотойкая, жаропрочная, жаростойкая (15Х5, 20Х13, 12Х13, 10Х13СЮ, 09Х15Н8Ю, 12Х21Н5Т, 08Х10Н20Т2, 12Х8ВФ, 40Х9С2 и др.);
- сталь инструментальная (углеродистая У7÷У13, У7А÷У13А; быстрорежущая Р9, Р6М5, Р18 и др.; легированная 7ХФ, 13Х, 9Х1, ХВСГ, Х6ВФ, 7Х3, 4ХС и т.д.).

Температурные интервалыковки и штамповки некоторых углеродистых и легированных сталей приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Температурные интервалыковки и штамповки
некоторых углеродистых и легированных сталей

Марка стали	Температура, °С			Рекомендуемый температурный интервалковки, °С
	началаковки	концаковки		
		не выше	не ниже	
1	2	3	4	5
Ст.0, 1, 2, 3	1300	800	700	1280÷750
Ст.4, 5, 6	1250	850	750	1200÷800
Ст.7	1200	850	750	1170÷780
10, 15	1300	800	700	1280÷750
20, 25, 30, 35	1280	830	720	1250÷800
40, 45, 50	1260	850	760	1200÷800
55, 60	1240	850	760	1190÷800
65, 70	1220	850	770	1180÷800
15Г, 20Г, 25Г, 30Г	1250	850	750	1230÷800
40Г, 45Г, 50Г	1220	850	760	1200÷800
60Г, 65Г	1200	850	760	1180÷800

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
15X, 15XA, 20X	1250	870	760	1200÷800
30X, 38XA	1230	870	780	1180÷820
40X, 45X, 50X	1200	870	800	1180÷830
10Г2, 35Г2	1220	870	750	1200÷800
40Г2, 45Г2, 50Г2	1200	870	800	1180÷830
18ХГ	1230	870	800	1200÷850
18ХГТ	1200	850	780	1180÷800
40ХГ	1200	870	800	1180÷830
35ХГ2	1220	870	800	1200÷850
33ХС	1240	870	760	1160÷820
38ХС, 40ХС	1200	870	800	1150÷830
27СГ, 35СГ	1260	850	780	1230÷800
15ХМ	1230	850	780	1200÷800
30ХМ, 30ХМА, 35ХМ	1220	880	830	1180÷850
15ХФ	1250	900	800	1230÷850
20ХФ, 40ХФА	1240	850	760	1200÷800
15НМ, 20НМ	1250	850	800	1230÷820
20ХН	1250	850	780	1200÷800
40ХН, 45ХН, 50ХН	1200	870	780	1180÷830
12ХН2, 12ХН3А	1200	870	760	1180÷800
20ХН3А	1200	850	760	1170÷800
20Х2Н4А	1180	800	750	1150÷780
30ХН3А	1180	900	800	1160÷850
20ХГСА, 25ХГСА	1200	870	800	1160÷830
30ХГС, 30ХГСА, 35ХГСА	1180	870	800	1140÷830
38ХГН	1200	850	780	1180÷800
30ХНВА	1200	900	800	1180÷850
40ХНМА	1180	900	800	1160÷850
20ХН4ФА	1200	900	850	1180÷870

Продолжение табл ицы 2.1

1	2	3	4	5
38ХЮ, 38ХВФЮ, 38ХВФЮА	1180	880	820	1150÷850
38ХМЮА	1180	950	830	1160÷880
ШХ6, ШХ9	1200	900	850	1150÷870
ШХ15	1180	870	830	1130÷850
ШХ15СГ	1180	900	800	1150÷850
9Х2	1150	850	760	1150÷780
У7, У7А, У8, У8А	1125	850	750	-
У9, У10, У11, У12, У13	1100	860	770	-
5ХНМ, 5ХГМ, 5ХНВ	1200	870	850	-
Р18, Р9	1200	920	900	-
Х5М	1220	900	850	1180÷850
Х6СМ	1180	950	850	1150÷870
4Х9В2	1200	950	870	1180÷900
1Х13, 2Х13, 3Х13	1180	950	850	1150÷900
4Х13	1200	-	800	1180÷820
3313Н7С2	1150	900	850	1130÷870
1Х17Н2	1150	900	850	1130÷870
Х17	1120	820	720	1080÷750
Х28	1150	700	-	1120÷680
Х17Н13М2Г	1180	950	870	1150÷900
4Х14Н14В2М	1160	950	870	1140÷900
Х18Н9Г	1180	950	870	1150÷900
2Х18Н9	1150	900	850	1130÷870
0Х18Н12Б	1150	900	850	1130÷870
Х23Н18	1180	850	800	1150÷820

Металл нужно ковать в том интервале температур, в котором его пластичность (способность изменять форму) наибольшая. Это называется **температурный интервалковки**. В его пределах металл должен находиться в однофазном состоянии, то есть все его зерна должны

иметь одинаковые строение и свойства, тогда при ковке они будут деформироваться в одинаковой степени. Если же металл будет находиться в двухфазном или многофазном состоянии, то пластичность каждой фазы будет различная, деформация получится неоднородной и возможно разрушение. Только углеродистые стали можно ковать при температурах, соответствующих двухфазному состоянию, так как аустенит и феррит между линиями GS и PG у доэвтектоидных сталей обладают хорошей пластичностью, а равномерная смесь аустенита с зернами цементита между линиями ES и SK у заэвтектоидных сталей также обладает достаточной пластичностью при температурах не ниже 750°C.

Температура интервалаковки различных сталей зависит от их химического состава и исходного состояния.

Несоблюдение температурных интерваловковки, указанных в карте технологического процесса, зачастую приводит к браку. Окончательный выбор стали можно осуществить лишь после анализа групп сталей с соответствующими свойствами (см. раздел 1) [5, 6, 12-14].

2.2. Исходные материалы и их подготовка дляковки, штамповки

В качестве исходного материала для кузнечно-штамповочного производства применяют металлы в виде слитков, проката различных профилей, пресованных прутков и даже жидкий металл.

Дляковки, штамповки используют сталь, получаемую в конвертерах и электропечах. Дляковки существенное значение имеет способ выплавки стали, в результате которого получают сталь, подразделяемую на спокойную и кипящую. Спокойная сталь, раскисляемая полностью до разливки, застывает в плотные слитки, с сосредоточенной в прибыльной части (при разливке сверху) усадочной раковины. Ее отделяют вместе с прибыльной частью слитка в процессековки. При разливке кипящей стали раскисление происходит в изложнице, причем, несмотря на бурное выделение газов, получаемые слитки имеют большое число пузырей и пустот по всему сечению. Для непосредственнойковки кипящая сталь менее пригодна, так как в слитках из нее трудно обеспечить полную заварку пустот и пузырей в процессековки. Однако после прокатки эту сталь применяют для штамповки.

Стальные слитки. В качестве исходного металла слитки применяют дляковки в кузнечном производстве. Штамповка литых заго-

товок имеет незначительное применение в кузнечно-штамповочном и специализированном производствах. Литые заготовки получают не в обычных изложницах, а в формах с конфигурацией, близкой к поковке. Обычные кузнечные слитки отливают сверху в изложницы с полостью, имеющей форму усеченной пирамиды и поперечное сечение шести-, восьми- или двенадцатиугольника. Начали применять слитки и с большим числом граней, вплоть до 24. Форма слитка учитывает условия кристаллизации металла и требования к поковке. В отлитом слитке к нижнему (меньшему) основанию пирамиды примыкает донная, а к верхнему – прибыльная части слитка, составляющие отходы сталелитейного цеха, удаляемые в кузнечном цехе. Отходы, приходящиеся на донную часть слитков, не превышает 2÷3%. При обрубке донной части по телу слитка отходы увеличиваются до 5÷8% (как правило, это относится к легированной стали). Отход на прибыльную часть составляет 18÷22%, а для легированной стали в отдельных случаях достигает 30% и более. Отношение наибольшей длины L_o , используемой для изготовления поковок, к среднему поперечному размеру D_{cp} слитка обычно не превышает 2,5 (табл. 2.2). Слитки массой не менее 200 кг чаще применяют для производства отливок из высоколегированных сплавов. Слитки массой более 350 кг могут быть использованы для уникальных изделий.

Таблица 2.2

Основные размеры стального слитка электрошлакового переплава и его параметры

	Масса, т				Размеры, мм					
	слитка полная	годной части	донной обрести (не менее)	головной обрести (не менее)	D_1	D_2	H_0	h_1	h_2	h_3
	18,0	15,3	0,9	1,8	1130	1020	2550	120	280	2150
	30,0	25,5	1,5	3,0	1320	1210	3050	150	330	2570
	40,0	34,0	2,0	4,0	1530	1420	3000	150	320	2530
	60,0	49,8	3,0	7,2	1680	1560	3750	180	470	3100

Однако при ковке таких слитков производство столкнется с определенными трудностями. При ковке на прессе усилием 150 МН максимальный диаметр слитка не должен превышать 3400 мм. В связи с отсутствием крана соответствующей грузоподъемности можно работать на сдвоенных кранах, но это создает неудобства при выполнении некоторых операций. Известные трудности связаны также с необходимостью переоборудования печного хозяйства для нагрева слитков очень больших масс.

Удлиненные слитки. В промышленности используют удлиненные слитки с отношением $L_0/D_{cp} = 3 \div 5$, если отсутствует осадка или предусмотрена разрубка слитка на части. Здесь прибыльная часть является продолжением пирамидальной формы слитка. Отходы при отделении прибыльной части слитка составляют всего около 12%, а донной части 1÷3%. Химический состав металла удлиненных слитков однороднее состава металла обычных слитков, а металл имеет большую плотность за счет меньшего количества пустот и пузырей; это позволяет уменьшить уковку для устранения следов литой структуры при ковке. На рис. 2.1-2.6 приведены слитки различной конфигурации, а в таблицах 2.3-2.11 – их основные размеры и массовые характеристики.

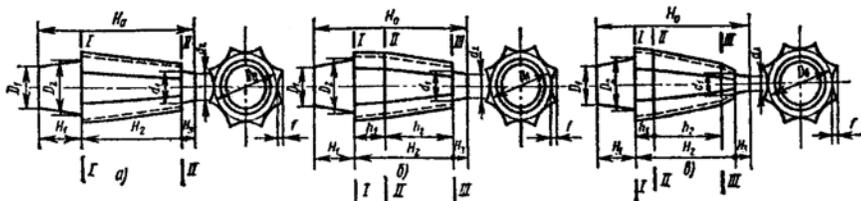


Рис. 2.1 Кузнечный слиток

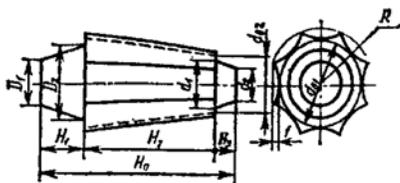


Рис. 2.2 Восьмигранные слитки

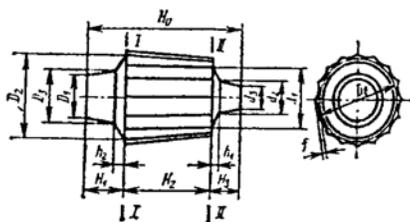


Рис. 2.3 Слиток, отливаемый в вакууме, с соотношением высоты к диаметру, равным единице

Параметры кузнечных слитков

Слитка полная	Масса, т				Размеры, мм												f	Склиз	
	Слитки полной части	Прибыльной части	Донной части		годной части слитка						прибыли			донной части					
					H ₂	h ₁	h ₂	D _{ср}	D _{в сечении}			D ₁	D ₂	H ₁	d ₁	d ₂			H ₃
									I-I	II-II	III-III								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2,1	1,77	0,256	0,074	1550	-	-	441	475	390	-	335	405	350	380	188	210	2110	10	a
3,35	2,685	0,551	0,114	1276	-	-	588	602	550	-	425	580	390	490	221	240	1906	18	a
3,9	3,21	0,556	0,134	1950	-	-	521	580	445	-	506	570	355	435	218	270	2575	16	a
4,3	3,433	0,700	0,167	1340	-	-	648	660	606	-	472	640	410	580	308	225	1975	20	a
4,9	3,91	0,823	0,167	1405	-	-	676	686	630	-	492	666	422	580	308	225	2052	25	a
5,0	3,640	1,235	0,125	1074	333	592	736	787	769	676	691	770	430	607	285	167	1671	25	в
6,5	5,057	1,140	0,303	1540	-	-	737	750	688	-	487	730	570	650	352	285	2395	25	a
7,0	5,11	1,715	0,175	1187	355	665	830	895	875	765	819	875	465	690	260	164	1816	22	в
7,6	6,032	1,265	0,303	1630	-	-	783	790	740	-	565	770	490	650	352	285	2405	25	a
8,75	7,065	1,382	0,303	1672	-	-	836	860	776	-	609	830	492	650	352	285	2449	25	a
9,5	7,01	2,25	0,24	1324	393	745	922	990	967	854	890	966	500	762	350	187	2011	25	в
10,3	8,26	1,6	0,44	1592	-	-	926	940	876	-	655	820	550	880	430	350	2492	25	a
11,8	9,54	1,82	0,44	1870	-	-	920	940	865	-	628	820	640	880	430	350	2860	25	a
13,5	9,95	3,23	0,32	1515	448	845	1025	1113	1088	954	770	950	815	7707	335	235	2565	30	в

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
14,0	11,215	2,345	0,44	1912	-	-	984	1008	924	-	696	943	650	780	430	350	2912	26	a
17,5	13,708	3,212	0,58	2095	-	-	1040	1060	980	-	722	1025	768	910	410	350	3213	28	a
19,0	15,208	3,212	0,58	2325	-	-	1040	1060	980	-	722	1025	768	910	410	350	3443	28	a
22,0	17,32	3,89	0,79	2285	-	-	1119	1140	1060	-	815	1105	826	1010	475	395	3506	28	a
23,5*	17,31	5,4	0,79	1920	-	-	1238	1338	1110	-	911	1185	915	1010	475	395	3230	20	a
25,0	19,9	4,31	0,79	2420	680	1740	1172	1170	1170	1092	844	1003	960	1010	475	395	3775	30	б
25,0	19,95	4,26	0,79	2204	-	-	1224	1246	1158	-	786	1064	925	1010	475	395	3524	30	a
27,5	22,45	4,26	0,79	2455	-	-	1229	1256	1158	-	786	1064	925	1010	475	395	3775	30	a
28,5*	20,853	6,724	0,923	1995	-	-	1332	1434	1200	-	1005	1290	950	1100	450	460	3405	20	a
29,5	24,14	4,57	0,79	2485	715	1770	1273	1260	1260	1225	805	1090	945	1010	475	395	3825	30	б
31,5	25,69	4,887	0,923	2650	715	1935	1272	1260	1260	1222	782	1090	1025	1100	450	460	4080	30	б
31,5	25,69	4,887	0,923	2430	-	-	1322	1347	1250	-	878	1148	900	1100	450	460	3790	32	a
34,0*	24,868	8,031	1,101	2120	-	-	1411	1521	1273	-	1076	1375	997	1188	480	480	3597	20	a
34,5	28,23	5,347	0,923	2650	-	-	1326	1356	1250	-	848	1148	1000	1100	450	460	4110	32	a
37,5	27,021	9,270	1,209	2185	-	-	1451	1560	1310	-	1075	1410	1117	1270	520	520	3822	22,5	a
39,0	31,85	6,049	1,101	2720	770	1950	1397	1392	1392	1314	884	1196	1040	1188	480	480	4280	34	б
42,5	34,54	6,859	1,101	2600	285	2315	1501	1500	1500	1400	962	1262	1000	1188	480	480	4080	36	б
43,0**	31,331	10,46	1,209	2395	-	-	1497	1626	1340	-	1091	1466	1250	1270	520	520	4165	20	a
46,0	37,66	7,131	1,209	2824	514	2310	1501	1500	1500	1400	934	1262	1100	1270	520	520	4444	36	б
50,0	40,8	7,991	1,209	3046	736	2310	1501	1500	1500	1400	960	1300	1130	1270	520	520	4696	36	б

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
51,0*	37	12,2	1,45	2435	—	—	1620	1750	1455	—	1253	1600	1106	1415	458	560	4101	25	a
56,0	45	8,68	1,45	3046	521	2525	1597	1600	1600	1478	1996	1350	1175	1415	458	560	4889	38	б
61,0	49,47	10,08	1,45	3270	745	2525	1597	1600	1600	1478	1040	1400	1200	1415	458	560	5030	38	б
67,5	55,16	10,46	1,88	3220	600	2620	1702	1705	1705	1580	1060	1436	1250	1400	445	630	5100	40	б
79,0	61,97	14,73	2,3	3280	325	2955	1796	1800	1800	1670	1370	1620	1250	1550	470	665	5170	40	б
79,0*	61,97	15,05	1,98	3369	714	2655	1826	1920	1870	1558	1352	1720	1226	1520	500	560	5155	30	б
89,0	70,47	16,23	2,3	3700	740	2960	1796	1800	1800	1670	1340	1620	1400	1550	470	665	5765	40	б
89,0*	70,47	16,55	1,98	3741	1086	2655	1833	1946	1870	1558	1285	1720	1450	1520	500	560	5751	30	б
104,0	82,28	18,72	3,0	3856	876	2980	1897	1900	1900	1760	1240	1720	1600	1650	470	775	6231	44	б
104,0**	82,28	18,72	3,0	3884	—	—	1909	2020	1748	—	1396	1832	1453	1650	470	775	6087	35	a
120,0	94,44	22,02	3,54	4018	758	3260	1992	1990	1990	1860	1527	1815	1440	1750	585	820	6278	46	б
120,0**	94,44	22,02	3,54	3884	—	—	2049	2160	1888	—	1571	1985	1410	1750	585	820	6114	49	a
137,0	108,84	23,96	4,2	4232	872	3360	2103	2100	2100	1970	1444	1890	1640	1900	690	710	6582	50	б
142,0	113,84	23,96	4,2	4380	1020	3360	2103	2100	2100	1970	1444	1890	1640	1900	690	710	6730	50	б

Таблица 2.4

Характеристика и размеры восьмигранных слитков

Слитка полная	Масса, т			Размеры, мм												Конусность на дне стороны, %	
	Годной части	прибыльной части	Донной части	годной части слитка			прибыли			донной части			H ₀	f	R		
				d _{в1} *	d _{в2} *	d _{сп} *	H ₂	D ₁	D ₂	H ₁	d ₁	d ₂					H ₃
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1,6	1,27	0,275	0,055	435	355	395	1280	270	360	395	355	200	125	1800	18	18	6,28
2,0	1,61	0,319	0,071	470	395	433	1380	340	390	380	395	250	125	1885	18	18	5,44
2,5	2,063	0,35	0,087	520	435	477,5	1485	367	430	420	435	250	125	2030	20	20	5,72
3,0	2,503	0,41	0,087	545	450	497,5	1640	400	465	450	450	250	125	2245	18	18	5,8
3,5	2,9	0,5	0,1	570	474	522	1760	420	308	425	474	250	130	2315	18	18	5,46
4,0	3,4	0,6	0,1	620	500	560	1730	470	540	460	500	250	125	2315	16	22	7,0
4,5	3,531	0,864	0,105	670	600	635	1395	508	600	480	600	250	125	2000	20	20	5,02
5,0	3,852	0,978	0,17	694	618	656	1430	470	616	480	590	300	200	2110	22	22	5,32
6,0	4,15	0,745	0,105	648	518	583	1965	485	560	470	510	250	170	2605	20	20	6,64
6,0	4,662	1,168	0,17	740	662	701	1560	495	680	540	590	300	200	2300	22	22	5,0
7,5	5,8	1,443	0,257	880	775	827,5	1375	625	820	500	670	315	230	2106	24	24	7,6
8,0	6,282	1,461	0,257	820	736	778	1645	565	760	600	670	355	230	2475	24	24	5,1
9,0	7,02	1,545	0,435	890	820	855	1565	630	830	520	790	355	295	2380	26	26	4,92
10,0	7,78	1,785	0,435	890	820	855	1725	620	830	600	790	355	295	2620	26	26	4,92

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10,3	7,8	2,243	0,257	985	880	932,5	1465	737	905	590	670	315	230	2285	26	26	7,2
11,2	8,672	2,098	0,435	890	820	855	1900	620	830	710	790	355	295	2905	26	26	4,92
13,3	10,373	2,492	0,435	940	864	902	2020	687	880	790	790	355	295	3105	26	26	5,2
15,6	12,474	2,691	0,435	1005	925	965	2140	720	945	830	900	450	290	3260	26	26	5,12
19,2	15,085	3,525	0,590	1070	980	1025	2340	805	1010	910	900	450	290	3540	28	28	5,48
21,0	16,38	3,915	0,705	1150	1060	1105	2170	860	1080	745	1020	520	300	3330	28	28	5,3
23,0	18,066	4,23	0,705	1150	1060	1105	2380	805	1080	860	1020	520	300	3425	28	28	5,3
25,5	20,017	4,778	0,705	1200	1116	1158	2400	855	1130	860	1020	520	300	3560	30	30	4,4
27,6	21,674	5,221	0,705	1200	1116	1158	2585	825	1130	950	1020	520	300	3835	30	30	4,4
30,0	23,4	5,6	1,0	1265	1165	1215	2570	895	1195	1000	1020	520	300	3870	32	30	5,0
32,0	25,05	5,95	1,0	1265	1165	1215	2715	895	1195	1000	1020	520	300	4015	32	32	5,0
34,0	26,86	6,14	1,0	1330	1225	1277,5	2610	972	1260	900	1140	550	320	3830	32	32	4,9
36,0	28,47	6,53	1,0	1330	1225	1277,5	2760	960	1260	940	1140	550	320	4020	32	32	4,9
39,0	30,615	6,925	1,46	1400	1290	1345	2732	1049	1330	880	1270	650	380	3992	34	34	4,88
41,5	32,88	7,16	1,46	1400	1290	1345	2935	1030	1330	935	1270	650	380	4250	34	34	4,88
45,0	35,28	8,26	1,46	1500	1400	1450	2670	1140	1430	930	1270	650	380	3980	36	34	4,32
47,0	36,8	8,7	1,46	1500	1400	1450	2780	1115	1430	980	1270	650	380	4140	36	34	4,32
51,6	40,86	9,28	1,46	1500	1400	1450	3060	1090	1430	1065	1270	650	380	4505	36	34	4,32
57,0	44,5	10,6	1,9	1600	1478	1539	3020	1185	1530	1085	1450	720	405	4510	38	36	4,84
63,0	49,37	11,73	1,9	1600	1478	1539	3360	1169	1530	1130	1450	720	405	4895	38	36	4,84

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
68,0	53,5	12,6	1,9	1705	1580	1642,5	3155	1315	1635	1010	1450	720	405	4570	40	38	4,76
74,8	60,3	12,6	1,9	1705	1580	1642,5	3520	1315	1635	1010	1450	720	405	4935	40	38	4,76
82,0	63,6	15,6	2,8	1800	1670	1735	3470	1370	1730	1120	1640	820	450	5040	40	38	4,4
87,0	68,13	16,07	2,8	1800	1370	1735	3670	1360	1730	1160	1640	820	450	5280	40	38	4,4
104,0	81,43	19,77	2,8	1900	1760	1830	3900	1410	1830	1310	1640	820	450	5660	44	38	4,7
120,0	94,33	21,77	3,9	1990	1860	1925	4150	1495	1920	1330	1820	840	550	6030	46	38	4,0
132,0	103,0	25,1	3,9	2100	1970	2036	4020	1560	2030	1380	1820	840	550	5950	50	38	3,82
170,0	134,805	31,295	3,9	2226	2078	2152	4700	1670	2156	1510	1820	840	550	6760	54	38	4,06

Таблица 2.5

Характеристика и размеры слитков, отливаемых в вакууме

Масса, г			Размеры, мм															
СЛИТКА ПОЛЫЯ	ГОДНОЙ ЧАСТИ	ПРИБЫЛЬНОЙ ЧАСТИ	ДЮННОЙ ЧАСТИ	годной части слитка				прибыли				донной части						
				I-1	II-II	H ₂	D ₁	D ₂	D ₃	H ₁	h ₂	d ₁	d ₂	d ₃	H ₃	h ₁	H ₀	f
60,6	42,2	15,9	2,5	2030	1710	2050	1110	1830	1300	1390	490	1480	835	710	490	225	3930	25
87,0	60,18	23,61	3,21	2300	1940	2200	1435	2155	1645	1450	530	1430	935	760	580	255	4230	30
136,5	95,97	36,1	4,43	2700	2300	2530	1595	2610	1800	1720	730	1675	1085	835	600	275	4850	30
142,0	95,97	36,1	9,93	2700	2300	2530	1595	2610	1800	1720	730	2070	815	730	1575	490	5825	30

Характеристика и размеры роторных слитков, отливаемых в вакууме

Масса, т				Размеры, мм													С СКИЗ				
Слитка полная	Слитка годной части	Прибыльной части	Донной части	годной части слитка						прибыли						донной части					
				в сечении			H ₂	h ₃	D ₁	D ₂	D ₃	H ₁	h ₂	d ₁	d ₂	d ₃		H ₃	h ₁	H ₀	f
				I-I	II-II	III-III															
34,5*	25,368	8,031	1,101	1500	1250	—	2135	—	1105	1385	—	1020	—	1085	670	570	520	205	3675	20	a
37,5*	27,021	9,27	1,209	1530	1290	—	2150	—	1150	1440	—	1000	—	1250	590	510	520	235	3670	22,5	a
51,0*	37,35	12,2	1,45	1720	1430	—	2400	—	1420	1700	—	1100	—	1395	715	450	550	115	4050	25	a
65,3*	45,5	17,9	1,9	1830	1510	—	2650	—	1410	1675	—	1320	—	1330	690	540	570	180	4540	30	a
180**	119,66	50,5	9,84	2760	2360	—	3000	—	1720	2550	1905	1990	995	2130	1330	1130	810	375	5800	35	a
205**	144,66	50,5	9,84	2760	2360	2760	3560	560	1720	2550	1905	1990	995	2130	1330	1130	810	375	6360	35	б
235**	174,66	50,5	9,84	2760	2360	2760	4200	1200	1720	2550	1905	1990	995	2130	1330	1130	810	375	7000	35	б
300**	190	90	20	3370	2930	3150	3180	1600	1950	3150	2220	2480	885	2680	1200	1080	1670	500	7330	35	б

Таблица 2.7

Характеристики восьмигранных укороченных слитков с двойной конусностью

Вес слитка, т	Весовое соотношение частей слитка, %			Размеры, мм																		
	Прибыль-ная часть	корпус	Донная часть	Прибыльная часть								Корпус								Донная часть		
				D ₁	D ₂	H ₁	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	h ₁	h ₂	h ₃	H ₂	H ₀	d ₁	d ₂	H ₃				
1,3	29,23	68,23	2,54	438	490	325	520	510	450	350	200	370	103	673	1128	330	158	130				
1,6	28,13	69,25	2,62	479	525	344	565	550	480	380	214	410	100	724	1216	360	160	148				
1,8	26,0	71,3	2,7	478	540	340	586	572	505	400	238	428	106	772	1262	380	180	150				
2,1	26,6	70,7	2,7	515	576	367	615	600	530	420	250	450	110	810	1330	400	180	153				
5,0	24,7	72,8	2,5	697	762	436	837	819	726	637	333	592	149	1074	1677	607	285	167				
6,0	24,4	73,1	2,5	426	820	445	890	870	771	690	350	630	160	1140	1750	660	260	165				
7,0	24,5	73,0	2,5	819	875	465	939	919	809	715	355	665	167	1187	1816	690	260	164				
8,5	24,1	73,4	2,5	856	940	485	1004	983	972	764	390	710	180	1280	1950	735	320	185				
9,5	23,69	73,79	2,52	890	966	500	1040	1017	904	793	393	745	186	1324	2011	762	350	187				
11,5	23,5	74,0	2,5	961	1030	530	1110	1086	960	845	431	792	197	1420	2145	820	320	195				
13,0	21,0	76,5	2,5	705	1080	645	1173	1148	1014	805	448	845	222	1515	2395	770	335	235				

Характеристики двенадцатигранных укороченных слитков

Вес слитка, т	Весовое соотношение частей слитка, %				Размеры, мм							
	прибыль- ная часть	корпус	Донная часть	D ₂	Прибыльная часть			Корпус			Донная часть	
					D ₁	H ₁	b ₁	b ₂	H ₂	H ₀	d ₁	d ₂
28,5	23,62	73,14	3,24	1290	870	1474	1240	2000	3330	1100	450	460
33,0	23,6	73,1	3,3	1085	965	1550	1298	2105	3580	1140	425	510
37,5	24,7	72,1	3,2	1304	955	1605	1355	2190	3145	1270	520	520
51,0	23,9	73,25	2,85	1395	1025	1800	1505	2440	4025	1415	458	560
64,0	23,4	73,5	3,1	1608	1015	1930	1618	2660	4235	1520	500	560
70,0	21,5	75,2	2,7	1608	1015	1930	1618	2950	4525	1520	500	560

Характеристика восьмигранных удлиненных слитков

Вес слитка, т	Весовое соотношение частей слитка, %		Размеры, мм						
	прибыль- ная часть	корпус	донная часть	Прибыльная часть			Корпус		
				D ₂	H ₁	b ₁	b ₂	H ₂	
2,9	10÷12	85,5÷88,0	2,0÷2,5	518	210	518	404	2020	
3,5				540	240	540	440	2090	
5,8				662	295	662	550	2260	
10,8				800	270	800	640	2950	

Разновидностью кузнечных слитков являются **полые слитки**, которые могут быть получены, например, разливкой в изложницы со вставленными в них холодильниками. Этот способ опробован для слитков массой до 80 т. Внешне размеры и форма полого слитка такие же, как и у обычного сплошного слитка, исключение составляет несколько меньшая его длина (отношение $L_{сл}/D_{cp} = 1,25$). У этих слитков важным условием для кристаллизации является соотношение $L_{сл}/\delta \approx 4$ (δ – толщина стенки полого слитка). Применение полых слитков эффективно для поковок с отверстиями, так как устраняется операция прошивки. Нагрев полых слитков может быть менее продолжительным, чем нагрев сплошных слитков, без предварительных выдержек и проходить до более высоких температур. Эти слитки не имеют осевой рыхлости и внецентренной ликвации, за исключением предпробильной части слитка.

Беспробильные слитки получают в обычных изложницах с недоливом. Раковина получается небольшой по сечению, но удлиненной, что удобно для полых поковок, у которых середина удаляется прошивкой.

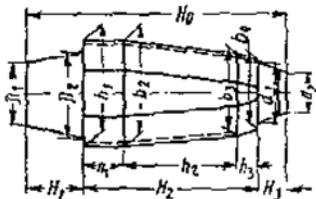


Рис. 2.4. Восьмигранный укороченный слиток с двойной конусностью корпуса



Рис. 2.5. Двенадцатигранный укороченный слиток

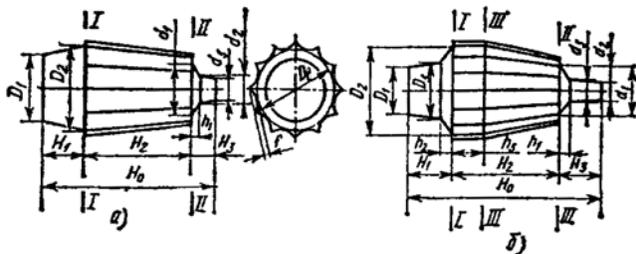


Рис. 2.6. Роторные слитки, отливаемые в вакууме

Таблица 2.10

Параметры слитков плазменно-дугового переплава

Масса, кг					Размеры, мм					
слитка после отливки	слитка после обдирки	годной части слитка	головной обреси	донной обреси	Диаметр слитка		Длина			
					после отливки	после обдирки	слитка полная	годной части	головной обреси	донной обреси
135	112	93	11,2	7,8	148	135	1000	830	100	70
376	341	283,1	34,1	23,8	247	235	1000	830	100	70

Таблица 2.11

Параметры слитков электронно-лучевой плавки

Масса, кг					Размеры, мм					
слитка после отливки	слитка после обдирки	годной части слитка	головной обреси	донной обреси	Диаметр слитка		Длина			
					после отливки	после обдирки	слитка полная	годной части	головной обреси	донной обреси
451	392	320,2	39,2	32,6	247	230	1200	980	120	100
1040	932	761,2	93,2	77,6	375	355	1200	980	120	100

Малоприбыльные слитки получают при подогреве и специальном утеплении надставки в период заливки и остывания стали в изложнице. Металл, находящийся относительно продолжительное время в жидком состоянии, питает небольшую по объему зону усадочной раковины, которая оказывается высоко расположенной. Коэффициент выхода годного при ковке из таких слитков достигает 0,84÷0,87.

Слитки с повышенной конусностью (до 12° вместо обычных 5°) применяют для укорачивания области, в которой расположена усадочная раковина. Компактная раковина получается в результате уменьшения перемещения металла вдоль оси слитка в процессе его остывания.

Увеличенная конусность слитка способствует повышению однородности металла, что приводит к уменьшению разброса показателей механических свойств по сечению слитка. Также применяются слитки с двойной конусностью корпуса массой до 13 т восьмигранного сечения и крупные слитки с тронной конусностью. Число граней слитка в большой степени обусловлено кристаллизацией металла.

В Московском институте стали и сплавов разработана конструкция трехлепесткового девятигранного слитка, который удовлетворяет одновременно требованиям кристаллизации иковки в вырезанных и комбинированных бойках. Основной причиной неоднородности механических свойств по сечению слитка является его химическая неоднородность и, в частности, различное содержание углерода в разных местах слитка. Неоднородность распределения углерода в радиальном направлении повышается по мере приближения к прибыльной части слитка, причем наибольшая неоднородность наблюдается вблизи перехода конусной части слитка к прибыльной, где она увеличивается в 1,4 раза. Несмотря на уменьшение содержания углерода по направлению к периферии от оси слитка, предел прочности у края слитка выше, чем вблизи оси, что является результатом рыхлости металла слитка под усадочной раковинной.

Помимо химической неоднородности качество металла снижает значительное количество дефектов, имеющих в слитках. Кроме усадочной рыхлости, пустот и пузырей в слитках могут быть трещины и плены.

Катаный металл. Для штамповки променяют прокат черных металлов разнообразных профилей (рис. 2.7). Дляковки используют прокат только простейших профилей (рис. 2.7, а, б), из полученных после его разубки заготовок изготавливают поковки небольших и средних размеров. Прокат поставляют согласно ГОСТам по габаритным размерам, профилям, точности размеров и маркам стали. Поковки изготавливают из обычной углеродистой конструкционной, инструментальной и специальных сталей различного химического состава и качества.

Для штамповки используют все виды проката нормальной и повышенной точности, а также калиброванный металл по 3-му, 4-му и 5-му классам точности.

Обжатая заготовка (блюм) (рис. 2.7, а). В поперечном сечении она представляет собой квадрат с закругленными ребрами. Размеры H_0 стороны болванок составляют 140÷450 мм с допусками от ± 5 до

± 10 мм при минимальной длине 1 и максимальной 6 м. Этот вид заготовки применяют для относительно больших поковок.

Сортовой прокат (рис. 2.7, б). К нему относится катанка круглого и квадратного сечений. Диаметр заготовки $5 \div 200$ мм, а размеры сторон квадратного сечения $6 \div 250$ мм при торговой длине $2 \div 6$ м.

Профильный прокат (рис. 2.7, в) позволяет сократить подготовительные операции и значительно упростить процесс штамповки, при этом стоимость поковок обычно снижается.

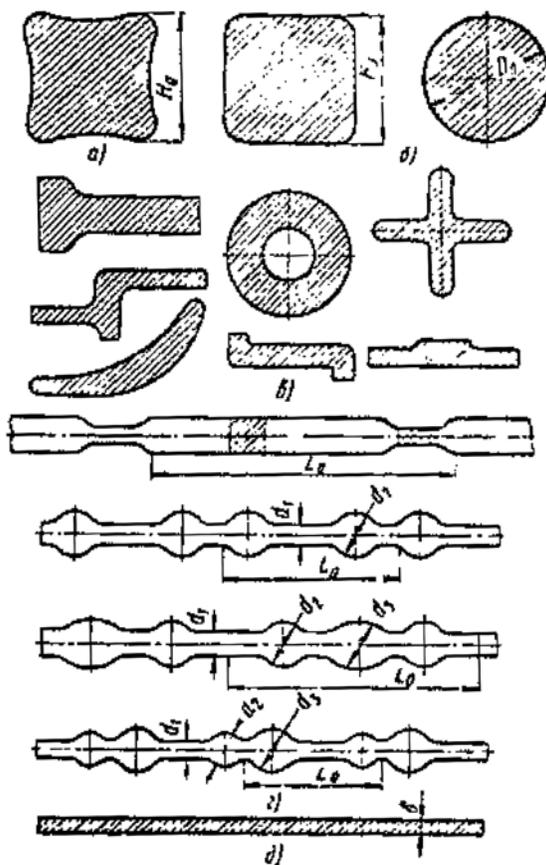


Рис. 2.7 Типы прокатных профилей дляковки и штамповки:
 H_0 – сторона квадрата; D_0 – диаметр заготовки; L_0 – длина периода или мерной заготовки; δ – толщина полосы

Прокат периодического профиля (рис. 2.7, г) имеет неодинаковые поперечные сечения по длине. Получают его продольной прокаткой (с образованием и последующей обрезкой местного заусенца) или поперечной прокаткой на специальных станах, устанавливаемых иногда даже в кузнечных цехах. Прокат периодического профиля находит большое применение в крупносерийном производстве поковок, так как при штамповке фасонных заготовок исключаются подготовительные операции. Характеристика стали горячекатаной периодического профиля дана в таблице 2.12, характеристика стали горячекатаной круглого сечения, получаемого путем поперечно-винтовой прокатки – в таблице 2.13.

Таблица 2.12

Характеристика стали горячекатаной периодического профиля, получаемого путем продольной прокатки

Наименование параметра	Величина параметра профиля
1	2
Масса 1 м, кг	7÷50
Наибольшая длина L одного периода, мм	1960
Отношение площадей большего сечения к меньшему с чередованием сечения прямоугольник-двутавр или швеллер: – профиль с двухсторонним совпадающим периодом при постоянной ширине – профиль с односторонним периодом при постоянной ширине – профиль с двухсторонним совпадающим периодом и свободным уширением без заусенцев – профиль с двухсторонним совпадающим периодом и ограниченным уширением	До 3,5 До 1,7 До 1,8 До 2,25
Угол α наклона наружных граней поперечных сечений профиля, град.	Не более 10
Радиус R перехода от одного сечения к другому в продольной плоскости, мм	Не менее 150
Ширина профиля B, мм	Не более 240

Продолжение таблицы 2.12

1	2
Допускаемые отклонения: – по длине одного периода, % – по ширине профиля, мм – по высоте профиля, мм	± 1 $\pm 1,5$ ± 3
Допускаемое смещение верхней половины профиля, мм: – продольное с – поперечное е	Не более 5 Не более 2
Допускаемая кривизна на 1 м длины профиля, мм	Не более 4
Длина прутков (с удалением неполных периодов с переднего и заднего концов), м	Не более 6

Таблица 2.13

Характеристика стали горячекатаной круглого сечения, получаемого путем поперечно-винтовой прокатки

Наименование параметра	Величина параметра со стана		
	70	120	250
Наибольшие диаметры исходной заготовки D и прокатного профиля d_{\max} , мм	70	120	250
Наименьший диаметр прокатного профиля d_{\min} , мм	25	40	100
Наибольшая длина L прутка, мм	2500	4000	6000
Наименьшая длина промежуточной части L_{\min} между двумя участками с большими диаметрами, мм	15	30	50
Радиус сопряжения r, мм, не менее	5	10	15
Длина непрокатанного участка переднего конца прутка $L_{\text{п.к.}}$, мм, не менее	100	120	200
Длина непрокатанного участка заднего конца прутка $L_{\text{з.к.}}$, мм, не менее	30	50	100
Наибольший угол перехода от меньшего сечения к большему в направлении прокатки α , град.	45	45	45
Наибольший угол перехода от большего сечения к меньшему в направлении прокатки β , град.	20	20	20
Отношение диаметра заготовки к наименьшему диаметру профиля d_{\min} , не более	2	2	2
Допускаемая кривизна на 1 м длины профиля, мм, не более	4	4	4

- Примечание: 1. Допускаемые отклонения по диаметрам профилей $\pm 1\%$.
 2. δ – припуск на разрезку, величина которого устанавливается при заказе.
 3. L_n – длина одного периода (заготовки).

Полосовая заготовка (рис. 2.7, д) для горячей штамповки применяется толщиной более 5 мм. Наибольшее распространение получила углеродистая полосовая сталь. Применяют также конструкционную сталь, специальную, качественную и высококачественную. На рис. 2.8, рис. 2.9 показаны соответственно сталь горячекатаная круглого сечения, получаемая путем продольной прокатки, и периодического профиля, получаемая путем поперечно-винтовой прокатки.

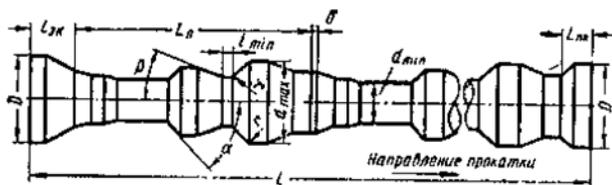


Рис. 2.8. Сталь горячекатаная круглого сечения, получаемого путем поперечно-винтовой прокатки

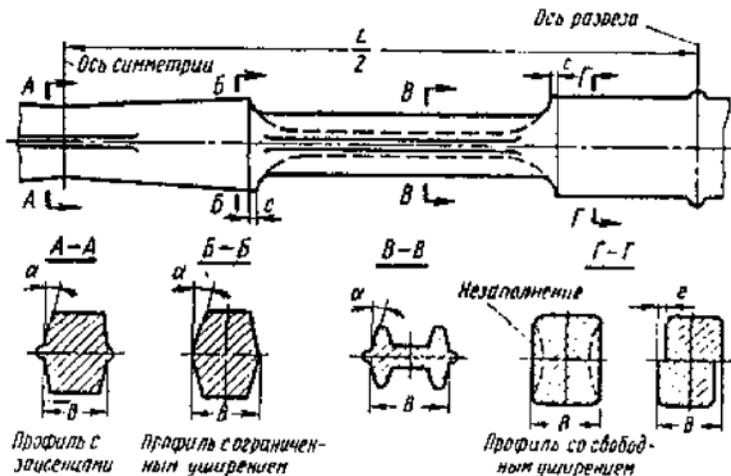


Рис. 2.9. Сталь горячекатаная периодического профиля, получаемого путем продольной прокатки

В последние годы значительно расширилась номенклатура применяемых для машиностроения металлов и сплавов. Например, современный автомобиль состоит из деталей, изготовленных из 70 различных сплавов. В специальном машиностроении и для нужд новой техники используют сплавы сложных составов на основе вольфрама, ниобия, молибдена и сплавы, содержащие такие элементы, как бериллий, цирконий, кобальт и др. Новые сплавы сложного состава поступают в обработку в виде слитков, полученных в результате дуговой и электронно-лучевой плавки.

Разновидности заготовок. На склады исходных материалов штамповочных цехов металл доставляют в виде прутков так называемой торговой длины ($2\div 6$ м). Наибольшее распространение получили прутки длиной $2\div 4$ м. В отдельных случаях штамповку осуществляют непосредственно от прутка (высадка на горизонтально-ковочных машинах и концевая штамповка перпендикулярно оси заготовки на прессах и молотах). При работе на автоматах часто применяют бунтовую заготовку. Индивидуальные заготовки по профилю подразделяют на **простые** и **фасонные**. К заготовкам простого профиля относятся круглые, квадратные и прямоугольные. Фасонные заготовки имеют постоянное или переменное сечение вдоль оси и более сложную конфигурацию, которая может быть получена литьем, ковкой, предварительной штамповкой, прокаткой или вальцовкой. Заготовки простого и фасонного профилей бывают **штучными, спаренными и многостучными**. По размерам заготовки подразделяют на **мерные, кратные и произвольной длины** (в пределах торговой и меньшей длины) [12, 14, 15].

2.3. Классификация поковок

Поковки, штампуемые на прессах, можно разделить на два класса и четыре группы (табл. 2.2). Некоторые поковки в зависимости от варианта штамповки можно отнести к различным группам, например:

- поковка сателлита, штампуемая по одной штуке, относится к группе II подгруппе 1 (рис. 2.10, а), а штампуемая из длинной заготовки по несколько ($3\div 6$) штук – к группе I подгруппы 1 (рис. 2.10, б);
- поковку типа фланцевой втулки можно получить осадкой головки из заготовки диаметром d и отнести к группе II подгруппы 1

- или же выдавливанием стержня из заготовки диаметром D и отнести к группе III подгруппе 1 (рис. 2.11);
- поковку крестовины можно получить осадкой (группа II, подгруппа 2) или осадкой с выдавливанием (группа III подгруппа 1) и т.д.

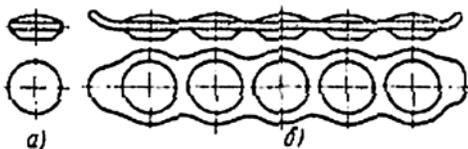


Рис. 2.10. Способы штамповки поковки сателлита:
а – по одной поковке; б – цепочкой

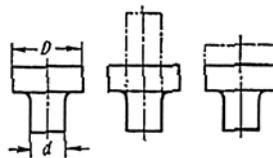


Рис. 2.11 Способы штамповки фланцевой втулки:
а – осадкой;
б – выдавливанием

Мелкие поковки, штампуемые по несколько штук одновременно, образуют фигуру, соответствующую группе I подгруппам 1 и 3. К этим же группам относятся спаренные в одну линию (последовательно) поковки (рис. 2.12, а). Поковка, образующая фигуру, соответствующую группе II, показана на рис. 2.12, б.

Поковки сложной формы получаются штамповкой на двух агрегатах (например коленчатый вал), в отдельную группу не выделены, так как по переходам штамповки на прессе их можно включить в одну из подгрупп, например, к группе I подгруппы 5.

Заготовки для поволок первой группы, как правило, укладывают в ручей горизонтально, а второй – вертикально (на торец). Однако, если разница между диаметром и высотой заготовки во второй группе незначительна (до 1,5:1), заготовки можно укладывать горизонтально.

Некоторые поковки штампуют как в открытых, так и в закрытых штампах, поэтому поковки, штампуемые в закрытых штампах, в классификации отдельно не выделены, тем более что встречаются поковки, у которых отдельные элементы получают штамповкой в закрытом, а другие – доштамповкой в открытом ручье.

Категории штамповок в зависимости от механических свойств приведены в таблице 2.14 [14, 16].

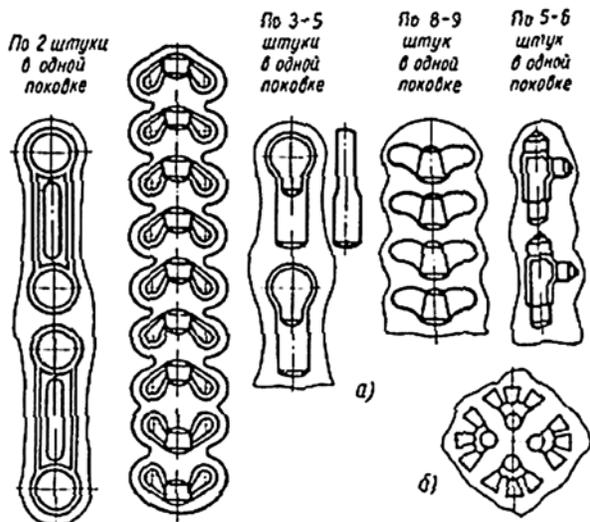


Рис. 2.12. Поковки, получаемые парной или многоступенчатой штамповкой:
 а – поковки группы I; б – поковки группы II

Таблица 2.14

Категория поковок в зависимости
 от механических свойств

Категория прочности	Механические свойства, не менее						Диаметр отпечатка при замере твердости по Бринеллю $d_{отп}$, мм
	Пределы, кгс/мм ²		Диаметр (толщина) поковки сплошного сечения, мм				
	теку- чести	проч- ности	до 100	100÷ 300	300÷ 500	500÷ 800	
1	2	3	4	5	6	7	8
КП 18	18	36	6,5	6,0	5,5	5,0	5,85÷5,00
КП 20	20	40	6,0	5,5	5,0	4,5	5,60÷4,80
КП 22	22	44	5,5	5,0	4,5	4,0	5,35÷4,65
КП 25	25	48	5,0	4,5	3,5	3,5	5,00÷4,50
КП 28	28	54	4,5	3,5	3,0	3,0	4,80÷4,30
КП 32	32	58	4,0	3,5	3,0	3,0	4,65÷4,20
КП 35	35	60	6,0	5,5	5,0	4,0	4,55÷4,10

Продолжение таблицы 2.14

1	2	3	4	5	6	7	8
КП 40	40	63	6,0	5,5	5,0	4,0	4,40÷4,00
КП 45	45	65	6,0	5,5	5,0	4,0	4,30÷3,95
КП 50	50	67	6,0	5,5	5,0	4,0	4,15÷3,85
КП 55	55	70	6,0	5,0	4,5	4,0	4,05÷3,75
КП 60	60	75	6,0	5,0	4,5	4,0	3,95÷3,65
КП 65	65	80	6,0	5,0	4,5	4,0	3,85÷3,55
КП 70	70	85	6,0	5,0	4,0	4,0	3,75÷3,45
КП 75	75	90	6,0	5,0	4,0	–	3,65÷3,40
КП 80	80	95	6,0	5,0	4,0	–	3,55÷3,35

2.4. Методы ковки и штамповки

Слитки большинства сплавов и предварительно деформированные высокопрочные сплавы следует обрабатывать, по возможности, при более мягких напряженных состояниях прессованием в открытых штампах с ограниченным уширением, а также в закрытых штампах.

Классификация поковок, штампуемых на КГШП, приведена в таблице 2.15.

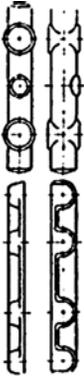
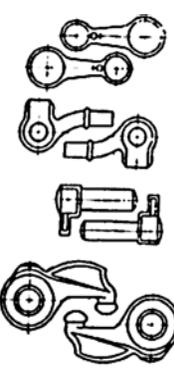
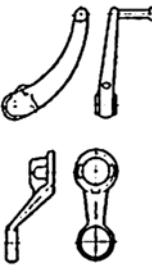
Высоколегированные сплавы обладают пониженной пластичностью при наличии в деформируемом объеме растягивающих напряжений и отсутствием сил, препятствующих разрушению. Поэтому такие сплавы в виде прессованных прутков надо обрабатывать в открытых штампах с ограниченным уширением, а также в закрытых штампах с вертикальными поверхностями гравюр, не имеющими углов наклона, например, на горизонтальных ковочных машинах или под молотом или прессом в закрытых штампах с выталкивателем.

Малопластичные и хрупкие сплавы следует обрабатывать прессованием с противодавлением, когда пластическая деформация осуществляется при неравномерном всестороннем сжатии с высокими главными сжимающими напряжениями при малых деформациях и напряжениях растяжения.

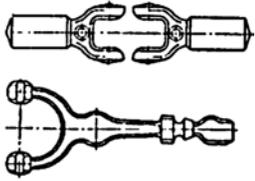
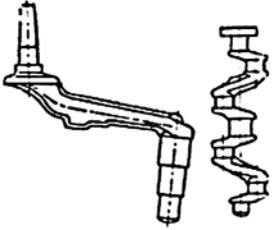
Классификация методов ковки и штамповки в зависимости от пластичности сплавов приведена в таблице 2.16.

Особенностью горячей обработки давлением тугоплавких металлов и сплавов является высокая температура процесса (2400÷1400°С).

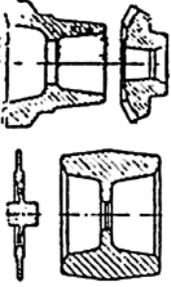
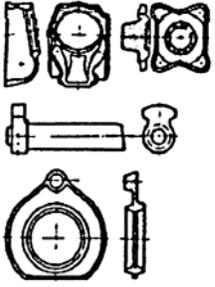
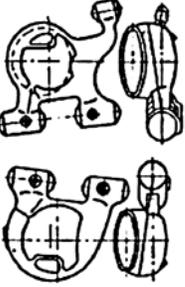
Классификация поковок, штампуемых на КГШП

Группа	Подгруппа	Особенности штамповки	Эскизы типовых поковок
1	2	3	4
Класс А. Поковки, при изготовлении которых преобладающим процессом является осаживание			
1. Поковки удлиненной формы			
1. С прямой осью: а) несложной формы и с небольшой разницей в поперечных сечениях;		Без предварительной подготовки заготовок	
б) более сложной формы, в которых значительная разница поперечных сечений достигнута спариванием поковок;		Подготовка заготовки, как правило, не требуется или же достаточно пережимного ручья	
в) с большой разницей в поперечных сечениях		Требуется подготовка заготовок на отдельном оборудовании	
2. С изогнутой осью		Применяется гибочный ручей. В ряде случаев возникает необходимость в замках	

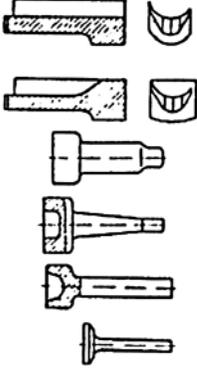
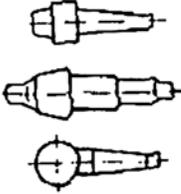
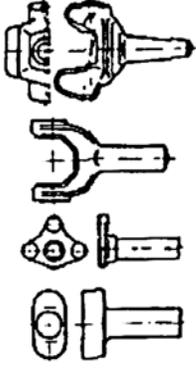
Продолжение таблицы 2.15

1	2	3	4
<p>1. Поковки удлиненной формы</p>	<p>3. С отрезками</p>	<p>Применяется предварительно-заготовительный ручей</p>	
	<p>4. С развилками</p>	<p>Применяется рассекатель в предварительном ручье</p>	
	<p>5. Сложной формы</p>	<p>Заготовки часто получают на отдельном оборудовании; в штампах используют все виды ручьев, включая гибочные; применяют рассекатели в предварительно-заготовительном и предварительном штамповочных ручьях</p>	

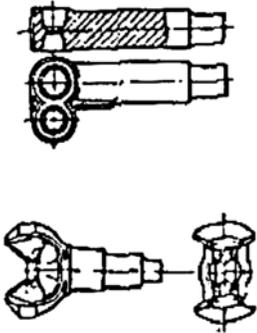
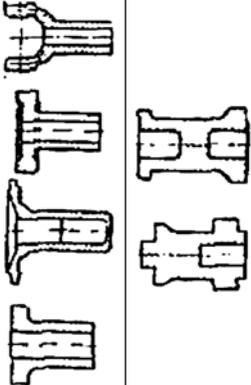
Продолжение таблицы 2.15

1	2	3	4
<p>II. Поковки, круглые в плане или близкие к этой форме</p>	<p>1. Круглые в плане</p>	<p>Применяется осадочная плошадка или заготовительный ручей. Штамповка в открытых и закрытых штампах</p>	
	<p>2. Квадратные и близкие к круглым и квадратным в плане</p>	<p>Применяется осадочная плошадка или заготовительный ручей.</p>	
	<p>3. С отрезками</p>	<p>Штамповка в открытых и закрытых штампах</p>	

Продолжение таблицы 2.15

1	2	3	4
<p>III. Поковки типа стержня с утолщением (головкой)</p>	<p>Класс Б. Поковки, при изготовлении которых преобладающим процессом является выдавливание</p>	<p>Стержни постоянного и переменного (конического, ступенчатого) сечения, сложной формы, с центральным и эксцентричным расположением головок по отношению к оси</p> <p>Головки: а) несложной осесимметричной формы (тарельчатые, фланцевые, конусо- и шарообразные, ступенчатые) б) сложной формы и типа развиллин</p>	<p>Прямое выдавливание</p>  <p>Осаживание головок в закрытом ручье</p>  <p>Осаживание головок в закрытом или открытом ручье</p> 

Продолжение таблицы 2.15

1	2	3	4
<p>III. Поковки типа стержня с утолщением (головки)</p>	<p>в) сложной формы в двух взаимно перпендикулярных сечениях</p>	<p>Осаживание головок в открытых ручьях в плоско-сти, перпендикулярной к направлению выдавливания, или последовательно в двух взаимно перпендикулярных плоскостях</p>	
<p>IV. Поковки с полостями</p>	<p>1. С полостью с одной стороны 2. С полостями или выступами с двух сторон</p>	<p>Выдавливание прямые. Заготовки сплошные, с отверстиями, из труб</p> <p>Матрицы разъемные. Движение пуансонов двустороннее</p>	

Продолжение таблицы 2.15

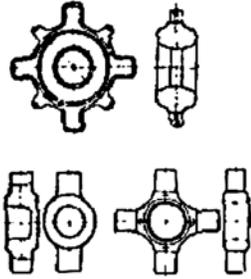
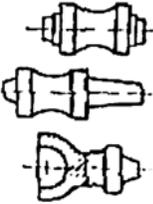
1	2	3	4
<p>V. Поковки с отрезками или двусторонними утолщениями</p>	<p>1. С отрезками (типа креповин)</p>	<p>Выдавливание комбинированное (прямое и поперечное). Матрица разъемная</p>	
	<p>2. С утолщениями</p>	<p>Выдавливание поперечное. Матрица разъемная</p>	

Таблица 2.16

Группы методов обработки давлением

Группа	Методы обработки
1. Методы, которые могут приводить к хрупкому состоянию	<ol style="list-style-type: none"> 1. Свободная ковка на плоских бойках 2. Свободная ковка в плоских ручьях многоручьевых штампов 3. Прокатка на гладких валках 4. Волочение
2. Методы, повышающие пластичность	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ковка в фигурных бойках 2. Ковка в пластичной оболочке 3. Ковка в фигурных ручьях многоручьевых штампов 4. Штамповка в открытых штампах со свободным уширением 5. Прокатка в калибрах
3. Методы, значительно повышающие пластичность	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прессование выдавливанием 2. Штамповка в открытых штампах с ограниченным уширением 3. Штамповка в закрытых штампах с ограниченным уширением 4. Штамповка в закрытых штампах без уширения 5. Прессование выдавливанием с противо давлением 6. Штамповка в закрытых штампах с противо давлением 7. Штамповка в пластичной оболочке

Средняя температура начала горячей обработки конструкционной стали ниже, чем для жаропрочных сплавов, и составляет $1200 \pm 200^\circ\text{C}$.

Только после предварительной деформации слитков и проведения вакуумного рекристаллизационного отжига, в результате которых пластичность тугоплавких металлов и сплавов резко возрастает, температура начала обработки давлением может быть понижена до $1400 \pm 250^\circ\text{C}$ в зависимости от марки сплава и толщины сечения штамповочной заготовки. Поэтому поковки и штамповки необходимо изготавливать после предварительной деформации слитков и рекристаллизационного отжига заготовок. Первую деформацию слитков наиболее целесообразно выполнять методом прессования.

Второй особенностью обработки давлением тугоплавких металлов и сплавов является необходимость в защите их от окисления в процессе нагрева, обработки давлением и охлаждения, так как высокая скорость окисления и высокая растворимость газов при нагреве, начинающаяся с $300\div 500^{\circ}\text{C}$, приводят к окислению и охрупчиванию поверхностных слоев деформируемых заготовок. Это вызывает понижение пластичности металлов при обработке давлением и значительное снижение выхода годного. Лучшей защитой от окисления является проведение нагрева, деформации и охлаждения в вакууме или нейтральной среде. В случае отсутствия таких условий надо производить нагрев и охлаждение в нейтральной или восстановительной средах, а деформацию – на воздухе. Покрытие поверхности заготовок или слитков эмалью в сочетании с нагревом в нейтральной среде также обеспечивает частичную защиту от окисления [15].

2.5. Характеристика и классификация процессов холодной объемной штамповки

2.5.1. Общая систематизация

Объемная штамповка – метод обработки, при котором принудительное перераспределение металла заготовки производится в полости инструмента, называемого **штампом**.

Повышение точности и качества заготовок – одна из основных задач современной технологии машиностроения. Наиболее полно эта задача реализуется при использовании процессов, основанных на холодной пластической деформации. К числу наиболее прогрессивных процессов, основанных на холодной пластической деформации, относятся взаимно дополняющие друг друга процессы листовой и холодной объемной штамповки.

При холодной объемной штамповке достигается: деформационное упрочнение, отсутствие надрезов, направленность волокна вдоль конфигурации штампованной заготовки, улучшение микрогеометрии (по сравнению с обработкой резанием, литьем и горячей штамповкой), увеличение коэффициента использования металла (по сравнению с литьем и горячей штамповкой – на 30% и более, по сравнению с обработкой резанием – в $2\div 3$ раза). В среднем коэффициент использования металла составляет $0,90\div 0,93$. Значительно снижаются трудоемкость

и станкостроение. Процессы характеризуются высоким уровнем механизации и автоматизации, значительно опережая процессы литья и горячей штамповки. Применение многопозиционных штамповочных автоматов, а также установка на прессы многопозиционных штамповочных автоматов обеспечивает повышение производительности в 5÷10 раз и более по сравнению с современными автоматами для обработки резанием эквивалентных деталей.

Дальнейшее расширение области применения холодной объемной штамповки вместо обработки резанием, а также литья и горячей штамповки может быть достигнуто улучшением эксплуатационных свойств, усложнением формы, увеличением абсолютных размеров (массы) штампуемых деталей. Значительным резервом технологии изготовления деталей сложной формы является сочетание холодной объемной штамповки с другими видами холодного деформирования – специальными видами обработки с локальным нагружением (раскаткой, штамповкой качающимся и вращающимся инструментом и др.), листовой штамповкой (вытяжкой с утонением стенки и др.).

Задача технолога и конструктора – выбрать наиболее оптимальный вариант технологии, конструкцию инструмента, параметры оборудования. При решении этих вопросов целесообразно исходить из классификации операции холодной объемной штамповки (табл. 2.17).

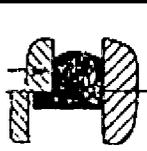
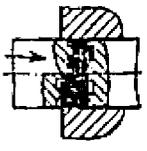
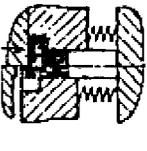
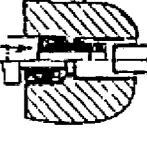
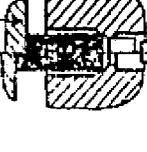
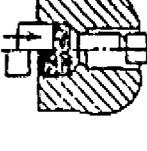
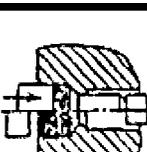
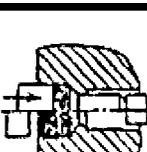
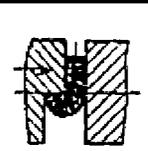
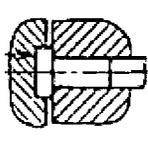
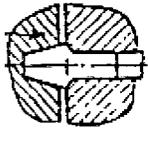
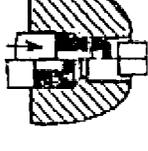
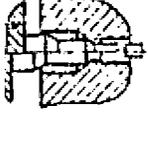
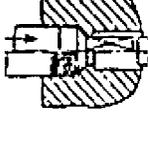
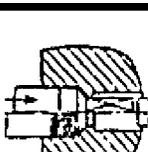
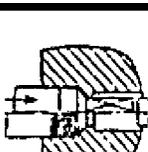
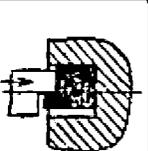
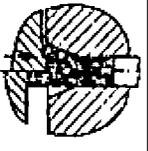
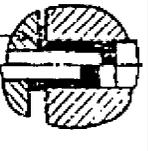
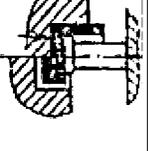
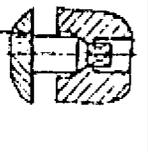
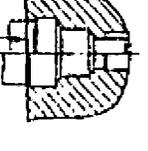
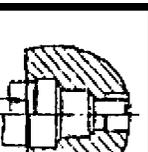
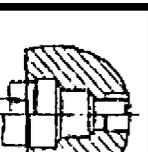
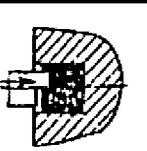
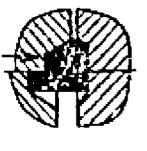
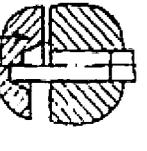
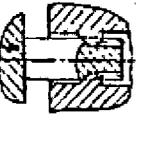
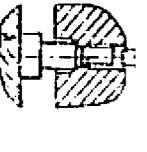
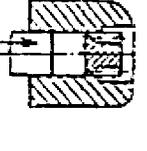
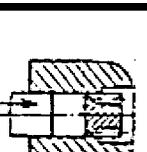
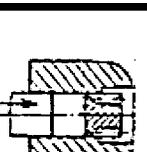
Все операции в зависимости от характера преобладающего формоизменения разделены на 12 групп с индексами А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И, К, Л, М, Н, каждому из которых соответствует ряд с порядковым номером 1÷12:

- А, Б, В – осадка, высадка, чеканка и их разновидности;
- Г, Д, Е – редуцирование, прямое выдавливание и их разновидности;
- Ж, И, К, Л, М, Н – выдавливание обратное, комбинированное, радиальное, вытяжка с утонением и др.

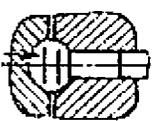
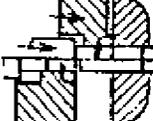
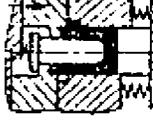
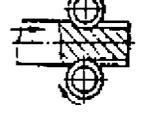
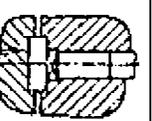
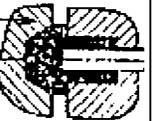
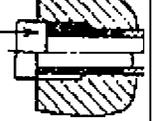
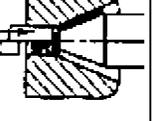
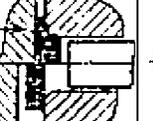
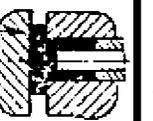
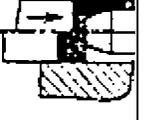
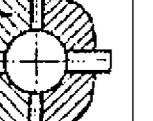
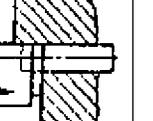
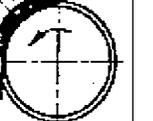
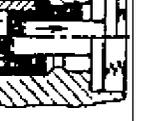
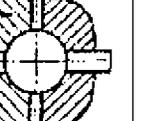
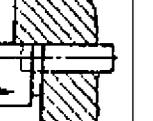
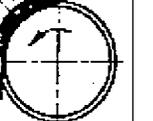
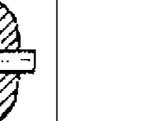
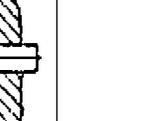
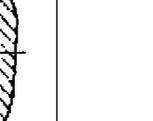
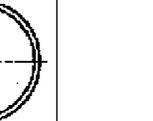
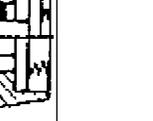
Чтобы оценить варианты технологии не только по числу переходов, силовому режиму, и по сложности и конструкции инструмента, в таблице 4.2 под соответствующим индексом введен показатель условной сложности наладки (1÷9 в порядке повышения сложности). Операции с использованием инструмента примерно одинаковой сложности объединены, и границы раздела выделены толстыми линиями. Каждая операция описана показателем сложности, индексом группы и порядковым номером (например, 2А9, 6Ж1, 6К3).

Таблица 2.17

Классификация операций холодной штамповки черных металлов и сплавов

Группа	Осадка, высадка, чеканка				Редуцирование, прямое выдавливание			
	А	Б	В	5	Г	Д	Е	4
	1	2				3		
1								
2								
3								
4								

Продолжение таблицы 2.17

Л п н а	А		В		Г		Д		Е		
	2	7	5	7	5	7	7	7	7	7	
9											
10											
11											
12											

Группа	Выдавливание обратное, комбинированное, радиальное, вытяжка с утонением							
	Ж	И	К	Л	М	Н		
	5		4					
1								
2								
3								
4								

Продолжение таблицы 2.17

Группы	Ж		И		К		Л		М		Н		
	6		8		8		6		8		9		
5													
6													
7													
8													

Иллюстрация	Ж		И		К		Л		М		Н		
	9	9	8	8	8	8	6	6	6	6	9	9	
9													
10													
11													
12													

Ниже приведены характеристика и назначение операций холодной объемной штамповки.

Операции групп А, Б, В.

А1 – открытая осадка (выравнивание торцов, увеличение поперечного сечения, калибровка по высоте заготовки);

А2 – расплющивание (изменение формы поперечного сечения; заготовки);

А3 – закрытая осадка сплошного стержня (калибровка по высоте и диаметру, устранение овальности сечения и продольной кривизны заготовки);

А4 – разновидность операции А3 с удалением лишнего металла в торцовый заусенец;

А5 – разновидность операции А3 (образование наметок на торцах заготовки);

А6 – калибровка стержневой части заготовки с высадкой фланца;

А7 – калибровка заготовки по схемам операций А3, А4 с образованием фаски в нижней части;

А8 – калибровка расплющиванием (получение заготовок с малыми допусками на размеры поперечного сечения в двух взаимно перпендикулярных направлениях);

А9 – закрытая высадка в полостях пуансона и матрицы (образование местных утолщений различного сечения);

А10 – разновидность операции А9 (дополнительно формируется подго-ловок);

А11 – контурная осадка;

А12 – высадка шариков с истечением и без истечения металла в об-лой;

Б1 – закрытая объемная штамповка;

Б2 – закрытая высадка в пуансоне при $H/D \leq 2,3$ (открытая осадка до соприкосновения боковой поверхности заготовки со стенками инструмен-та; далее закрытая осадка);

Б3 – закрытая высадка в матрице;

Б4, Б5 – закрытая высадка заготовок типа цилиндр с усеченным конусом или многогранная призма с усеченным конусом;

Б6 – высадка в подпружиненном пуансоне (большая часть заготовки направляется в цилиндрическое отверстие пуансона; деформирование осуществляется постепенно с помощью выталкивателя,

скользящего внутри пуансона; используется для набора металла перед заключительными операциями высадки при $H/D > 4,5$);

Б7 – открытая или закрытая высадка в полости пуансона и матрицы при $H/D < 2,3$ (образование утолщений в средней части детали);

Б8 – высадка многогранной головки из заготовки с головкой типа цилиндра с усеченным конусом сверху;

Б9 – разновидность операции Б6 высадки многогранной головки;

Б10, Б11 – закрытая или открытая высадка сплошной части предварительно прошитой заготовки;

Б12 – высадка несимметричной головки в Г-образной полуматрице, полость которой касается заготовки;

В1 – высадка в подвижной матрице;

В2 – предварительная высадка в коническую полость пуансона;

В3 – высадка-осадка фланца без упора заготовки в выталкиватель;

В4 – предварительная высадка (придание головкам заготовок определенной формы, обеспечивающей заполнение металлом многогранных полостей при операциях Б8 и В7);

В5 – фасонирование части заготовки перед последующей высадкой эксцентрично посаженной головки;

В7 – высадка многогранной головки из заготовки типа многогранная усеченная пирамида;

В8 – разновидность операции Б3 (оформление подголовка);

В9 – высадка фланца на полой заготовке в штампе с подвижной матрицей;

В10 – закрытая осадка полой заготовки на оправке;

В11 – свободная осадка с выдавливанием на подвижной оправке (изготовление деталей с фланцем из заготовок в виде стакана);

В12 – формовка кольцевого закрытого бурта.

Операции групп Г, Д, Е.

Г1, Г2 – прямое выдавливание полой детали из полой заготовки (без дна или с дном);

Г3 – прямое выдавливание полой детали;

Г5 – вытяжка полой заготовки из плоского проката с последующим прямым выдавливанием деталей типа стакан (исходная заготовка – круглая, шестигранная, квадратная);

Г6 – редуцирование полой заготовки (с дном, без дна);

Г7 – двустороннее редуцирование сплошного стержня (изготовление ступенчатых деталей типа валиков, шпинделей и т.д.);

Г8 – редуцирование сплошной заготовки, совмещенное с высадкой головки;

Д1 – редуцирование сплошного стержня (обжатие одного из концов заготовки);

Д2 – разновидность операции Д1 (при последующих переходах и для получения деталей ступенчатой формы);

Д3 – закрытое редуцирование (обжатие одного конца заготовки, если свободная часть ее может получить некоторую деформацию);

Д4 – разновидность операции Д1 (обжатие конца полуфабриката с утолщением);

Г4 – открытое или закрытое редуцирование с образование шлицев, зубьев, многогранного профиля;

Г9 – редуцирование вращающимися валками;

Г10 – прямое выдавливание раздачей;

Г11 – разновидность операций Г1, Г2 с наложением растягивающей силы в направлении выдавливания, то есть с натяжением;

Г12 – непрерывное прямое выдавливание через очко, образуемое опорой и канавкой вращающегося колеса под действием сил трения на поверхности контакта колеса и заготовки;

Д8 – сквозная прошивка сплошной заготовки (заготовки проталкиваются друг за другом);

Д7 – прямое выдавливание деталей типа стакан с отверстием в дне из кольцевой заготовки (форма поперечного сечения невыдавленной и выдавленной частей может быть различна);

Д5 – прямое выдавливание стакана со ступенчатой наружной поверхностью из сплошной заготовки;

Д6 – прямое выдавливание с осадкой;

Д10 – редуцирование кольцевой заготовки с последующей калибровкой;

Д11 – редуцирование или прямое выдавливание в инструменте с подпружиненным контейнером;

Д12 – прямое выдавливание полых деталей на подпружиненной оправке;

Е1, Е2 – прямое выдавливание цилиндрического или многогранного стержня (сечение заготовок – разнообразное);

Е3 – разновидность операций Е1, Е2 выдавливания ступенчатой детали;

Е4 – разновидность операций Е1, Е2 с оформлением шлицев, зубьев;

Е5, Е6 – прямое выдавливание по подвижной (подпружиненной) оправке;

Е7, Е8 – прямое выдавливание с формовкой многогранного полого отрезка из кольцевой или из сплошной заготовки;

Е9, Е10, Е11 – прямое и прямое смещенное выдавливания из сплошной заготовки (Е10).

Операции групп Ж, И.

Ж1, Ж2, Ж3, Ж4, Ж5 – обратное выдавливание цилиндрического стакана, стаканов с многогранной (зубчатой) внутренней поверхностью, ступенчатой внутренней и наружной поверхностями, отверстием в дне;

Ж6 – обратное выдавливание из кольцевой заготовки стакана с отверстием в дне;

Ж7 – обратное выдавливание стакана с многогранной наружной поверхностью из цилиндрической заготовки;

Ж8 – обратное выдавливание стакана с конической полостью;

Ж9 – обратное выдавливание со свободным или принудительным перемещением матрицы;

Ж10 – дифференцированное выдавливание в неподвижной матрице при движении пуансона и выталкивателя в одном направлении;

Ж11 – обратное выдавливание с наложением растягивающей силы, т.е. с противонапряжением;

Ж12 – обратное выдавливание с противонапряжением при неподвижном выталкивателе;

И1 – обратное выдавливание сплошного стержня постоянного сечения; перемещение металла относительно стенок инструмента, за исключением зоны контакта в области очага деформации, на «стационарной» стадии практически отсутствует; применяется при получении деталей простого и фасонного сечения;

И2 – обратное выдавливание стакана с многогранной (зубчатой) наружной поверхностью;

И3 – обратное выдавливание стакана с отростком небольшой высоты внутри полости; форма продольного сечения отростка – цилиндр, конус, элементы сферы и др.;

И4 – выдавливание многогранных стаканов из заготовок, полученных операциями Б4, Б6;

И5, И7, И8 – обратное смещенное выдавливание деталей типа двухстенный стакан, стакан с отростком внутри, стакан с полым отростком;

И10 – обратное выдавливание тонкостенных стаканов из заготовок типа стакан; перед выдавливанием в полость полуфабрикатов вводятся оправка, поджимаемая буфером;

И12 – обратное выдавливание в неподвижной матрице при движении пуансона и выталкивателя в одном направлении; заканчивается прошивкой дна стакана.

Операции групп К, Л.

К1 – двухстороннее редуцирование;

К2 – объемная открытая штамповка;

Л1 – закрытая осадка, совмещенная с выдавливанием стержня (получение деталей типа стержень с головкой из заготовок, диаметр которых меньше диаметра контейнера);

К3, Л2, Л3, К7 – свободная осадка с выдавливанием сплошного или полого стержня;

К4, К5, К6, К8, К9, К10, Л6, Л7 – двухстороннее выдавливание (комбинированное);

Л5 – обратное выдавливание с оформлением фланца в условиях открытой прошивки;

Л9 – обратное выдавливание, совмещенное с раздачей верхней части детали;

Л10 – штамповка внутренней поверхности кольцевой заготовки с круговым поперечным выдавливанием металла к центру;

К11 – обратное выдавливание втулок со сквозной полостью;

Л12 – отбортовка с прямым выдавливанием металла фланца.

Операции групп М, Н.

М1, М2 – вытяжка с утонением стенок цилиндрического стакана;

М3 – разновидность операции М1 с уменьшением внутреннего диаметра заготовки;

Н1 – разновидность операции М3 с изменением сечения полости;

Н2 – вытяжка с утонением при местной вытяжке из плоской заготовки;

Н3 – вытяжка с утонением при местной вытяжке на плоской заготовки на ступенчатой оправке;

М5 – разновидность операций К4÷К10, Л6, Л7 в сочетании с круговым поперечным выдавливанием;

Н5 – обратное выдавливание с вытяжкой стакана при обратном ходе пуансона;

М7 – радиальное выдавливание втулок с внутренними гранями и зубьями;

Н7 – вытяжка с утонением при наложении сжимающей силы;

М8 – вытяжка с утонением внутренней стенки двустенного стакана;

Н8 – радиальное выдавливание;

М10, М11 – ротационная вытяжка прямая и обратная;

М6, Н9, Н10, Н11, М12 – поперечное круговое выдавливание (высадка выдавливанием);

Н12 – выдавливание поперечное канальное.

Классификация деталей, получаемых холодной объемной штамповкой, приведена в таблице 2.18. Классификация обобщает технологические возможности прессов и автоматов. Номера групп по вертикали и подгрупп по горизонтали даны в порядке возрастания сложности технологии и конструктивного оформления инструмента [17].

2.5.2. Способы холодной штамповки

Холодная объемная штамповка – процесс штамповки в открытых и закрытых штампах без нагрева металла.

Технология холодной штамповки включает следующие операции:

1) **Холодная высадка** – применяется для образования местных утолщений заготовки требуемой формы (заклепки, винты, болты, гайки, шаров, роликов подшипников качения). Осуществляется в один или несколько переходов.

Заготовкой служит калиброванная проволока или калиброванные прутки диаметром 0,6÷40 мм. Заготовка подается прерывисто вращающимися роликами через отверстие отрезной матрицы. Ножом штучная заготовка отрезается от прутка и специальным захватом переносится на ось штамповки.

2) **Объемная формовка** – операция, при которой деталь получают обжатием заготовки в открытом или закрытом штампе. Наиболее производительным методом объемной формовки является штамповка изделий из полосы («цепочкой») с последующей обрезкой их на специальном штампе (рис. 2.13).

Таблица 2.18

Классификация деталей, получаемых холодной объемной штамповкой

Номер детали в группе	Детали стержневого типа															
	с головкой простой формы		с головкой сложной формы		со ступен- чатым стержнем		с фланцем в средней части		с коническими элементами		с несим- метричной головкой		со сложным широким фланцем		с головками на обоих концах	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10						
09																
10																
11																
12																
13																

Номер детали в группе	Детали осесимметричные полые									
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
	гладкие	со ступенчатой полостью	с отростком в полости	с перемычкой	с наружным отростком	с полым отростком	с фланцем в верхней части	с фланцем в нижней части	с фланцем в средней части	с утолщением у закрытого торца
14										
15										
01										
02										
03										

Номер детали в группе		Детали осесимметричные полые								
		01 гладкие	02 со ступенчатой полостью	03 с отроском в полости	04 с перемычкой	05 с наружным отроском	06 с полым отроском	07 с фланцем в верхней части	08 с фланцем в нижней части	09 с фланцем в средней части
40										
05										
06										
07										
08										

3) **Холодное выдавливание** – изготовление сплошных и полых тонкостенных изделий из толстой заготовки выдавливанием металла в зазор между пуансоном и матрицей. Это операция выполняется прямым, обратным и комбинированным способами.

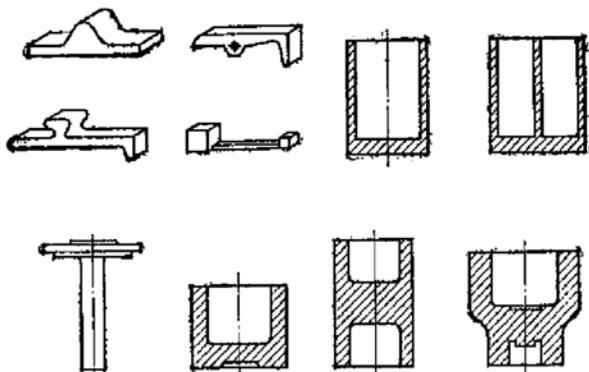


Рис. 2.13. Детали, изготавливаемые холодной объемной штамповкой

4) **Холодная калибровка** – применяется для получения точных размеров и гладкой поверхности деталей, изготовленных горячей штамповкой или другими методами.

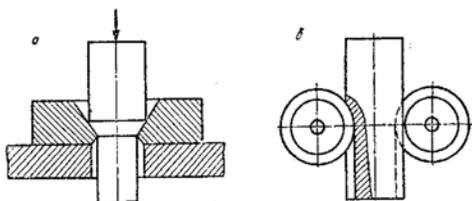


Рис. 2.14. Редуцирование и высадка на электровысадочной машине

5) **Чеканка** – операция, посредством которой образуется выпукло-вогнутый рельеф на поверхности детали за счет незначительного перемещения металла под штампом, применяется в производстве монет, жетонов, медалей и т.п.

6) **Редуцирование** – процесс, при котором необходимая форма поперечного сечения изделий получается проталкиванием заготовки через сплошную роликовую или шариковую матрицу. Редуцированию подвергаются сплошные или пустотелые заготовки (рис. 2.14) [6, 18].

2.6. Листовая штамповка

2.6.1. Общие понятия

Листовая штамповка представляет собой отрасль машиностроения, занимающуюся производством изделий и деталей машин из листового материала. Листовая штамповка характеризуется высокой производительностью, стабильностью качества и точностью, высоким коэффициентом использования металла, возможностью применения простых и эффективных методов механизации и автоматизации процесса. Недостаток: высокая стоимость штампов.

Методами листовой штамповки обрабатываются углеродистые и специальные стали, цветные металлы и сплавы, а также различные листовые пластики и неметаллические материалы (бумага, картон, фибра, ткани). Основным материалом является тонколистовая углеродистая сталь.

2.6.2. Технология листовой штамповки

Технология холодной листовой штамповки включает следующие операции:

1) **Выбор материала** для изготовления детали производится исходя из требований: конструкционных, технологических, эксплуатационных и экономических.

2) **Раскрой металла** – способ расположения деталей в заготовке – листе, полосе, ленте. Применяют два основных вида раскроя: с технологическими отходами и без них. Раскрой с отходами используют для получения изделий сложной формы и характеризуется наличием перемычек между вырезаемыми изделиями и между изделием и краем полосы.

Показателем, характеризующим качество раскроя, является коэффициент использования материала:

$$\eta = \frac{F_u * n}{F} * 100\%, \quad (2.1)$$

где F_u – площадь изделия;

F – площадь листа;

N – количество изделий, получаемых из листа.

На рисунке 2.15 показаны формоизменяющие операции листовой штамповки.

Раскрой без технологических отходов применяется для изделий простой конфигурации.

Все операции листовой штамповки делятся на 2 группы: **разделительные**, связанные с полным или с частичным отделением одной части материала от другой (вырубка, отрезка, надрезка и др.), и **формоизменяющие**, связанные с перемещением одной части материала относительно другой (гибка, вытяжка, формовка и др.).

3) **Резка листового материала.** Лист предварительно разрезается на полосы требуемой ширины. Эта заготовительная операция выполняется на ножницах. Наиболее широко применяются **параллельные, гильотинные** (с наклонными ножами) и **роликовые** ножницы (рис. 2.16).

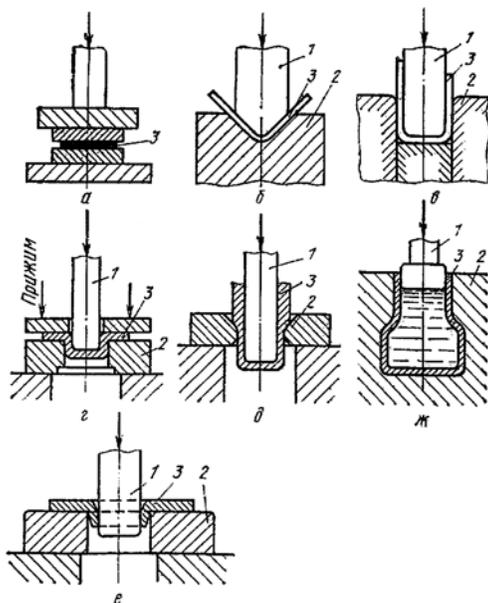


Рис. 2.15. Формоизменяющие операции листовой штамповки:
1 – пуансоны; 2 – матрицы; 3 – изделия или полуфабрикаты

В первых двух типах ножниц нижний нож неподвижен, а верхний перемещается вверх и вниз. **Дисковые** ножницы применяются для резки листов на полосы, разрезки рулонной стали на более узкие

ленты, а также вырезки кругов и заготовок с криволинейным контуром. Ножи представляют собой стальные закаленные диски с острыми кромками, установленные на параллельные рельсы.

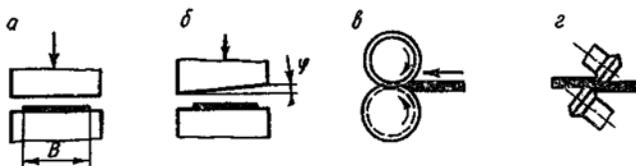


Рис. 2.16. Отрезка на ножницах: а – параллельные ножницы; б – гильотинные ножницы; в, г – роликовые ножницы (дисковые ножницы и ножницы с наклонными ножами)

При изготовлении деталей из тонколистового металла (алюминий толщиной до 2 мм) находит применение **штамповка резиной**. Недостаток: худшее качество среза.

4) **Вырубка и пробивка**. Посредством этих операций получают либо готовые детали, либо заготовки (рис. 2.17). Выполняются эти операции при помощи матриц и пуансонов. Матрица представляет собой стальную закаленную плиту (круглую, прямоугольную), имеющую отверстие с острыми кромками, пуансон – стальной закаленный стержень с острыми кромками. Если требуется получить деталь с хорошим качеством поверхности среза, повышенной точностью и без конусности боковых поверхностей, вводят дополнительную операцию – зачистку.

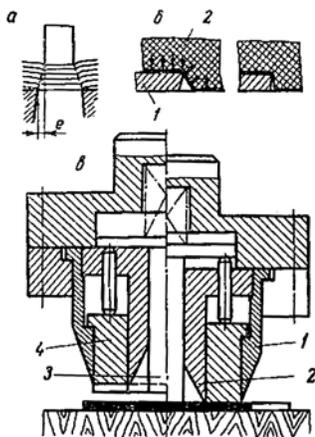


Рис. 2.17. Вырубка и пробивка: 1 – шаблон (пуансон); 2 – листовая резина (матрица); 3, 4 – выталкиватели; а – вырубка-пробивка; б – штамповка резиной; в – вырубка шайбы

При штамповке резиной роль пуансона выполняет шаблон, роль матрицы – листовая резина, заключенная в контейнер. Шаблон представляет собой пластину инструментальной стали толщиной 10 мм, имеющий конфигурацию вырезаемой детали.

При давлении резины край заготовки отгибается вниз и прижимается к подштамповой плите. Резина давит на отогнутый материал, натягивает его и при определенном усилии обрезает (обрывает) по контуру шаблона.

5) **Гибка.** Этот процесс (рис. 2.18) производится в штампах на прессе или на специальных гибочных машинах, профилированных станах, механизированных и ручных приспособлениях.

В процессе гибки внешние волокна изгибаемого материала растягиваются и удлиняются, внутренние – сжимаются. При гибке по радиусу в заготовке могут появиться поперечные трещины, ведущие к разрушению материала.

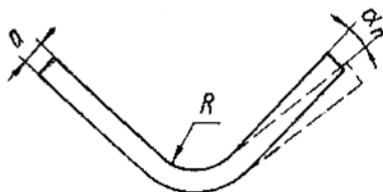


Рис. 2.18 Гибка

При гибке труб и профильных заготовок происходят потери правильной формы и образование складок на поверхности. Для предотвращения этих дефектов производят гибку труб с наполнителями (их набивают прокаленным песком, заливают канифолью, гнут на оправках).

Ввиду наличия упругих деформаций, изделие после гибки меняет свою форму. Это явление называется **пружинение** [6, 18].

2.6.3. Вытяжка

Существует пять разновидностей вытяжки листового металла:

1) **Глубокая вытяжка** – процесс, применяемый для производства полых изделий различной формы и размеров из плоской заготовки при помощи штампов. Круглая плоская заготовка укладывается на матрицу и затем протягивается сквозь нее пуансоном.

Степень изменения формы при вытяжке оценивается коэффициентом вытяжки m , который представляет собой отношение наружного диаметра изделия к диаметру заготовки:

$$m = d/D \quad (2.2)$$

Чем меньше коэффициент вытяжки, тем больше изменение формы претерпевает заготовка. Вследствие наклепа при вытяжке пластичность металла понижается, поэтому с каждой операцией коэффициент вытяжки увеличивается (ухудшается). Для восстановления пластических свойств металла вводится промежуточный отжиг полуфабрикатов.

Усилие вытяжки определяется по формуле:

$$P = L \cdot a \cdot \sigma_b, \quad (2.3)$$

где L – длина периметра вытягиваемого изделия;
 a – толщина материала;
 σ_b – предел прочности.

2) **Вытяжка с утонением (протяжка)** применяется для получения изделий, у которых стенки тоньше дна. Основное отличие этого процесса от ранее рассмотренного: зазор между матрицей и пуансоном значительно меньше толщины материала. Поэтому и происходит утонение стенок. Также при изготовлении деталей сложной формы, при штамповке некоторых сплавов применяются способы: вытяжка с эластичной матрицей или эластичным пуансоном, вытяжка с подогревом фланца.

3) Для **вытяжки с эластичной матрицей** в качестве последней служит резина или жидкость, давящая на заготовку через резиновую диафрагму (рис. 2.19). Недостаток: малая высота получаемых изделий и низкая стойкость резины.

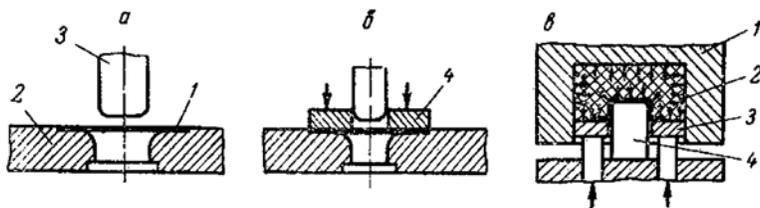


Рис. 2.19. Вытяжка: 1 – заготовка; 2 – матрица; 3 – пуансон;
 4 – прижим; а – вытяжка без прижима; б – вытяжка с прижимом;
 в – вытяжка при помощи эластичной матрицы

4) **Вытяжка с подогревом фланца** – путем нагрева уменьшают сопротивление деформированию фланца заготовки, сохраняя неизменной прочность дна. Нагрев производится электрическими нагревателями, вмонтированными в матрицу. Этот способ позволяет вытягивать в матрицу большой объем металла (то есть улучшать коэффициент вытяжки).

5) **Холодное выдавливание.** В процессе холодного выдавливания металл под действием высокого давления переходит в пластичное состояние и течет в зазор между матрицей и пуансоном. Изделия, полученные этим способом, отличаются высокой точностью, хорошим качеством поверхности и высокими механическими свойствами. Для этого способа применяют материалы, обладающие высокой пластичностью.

Существует три способа холодного выдавливания (рис. 2.20):

- **прямой** – металл течет в направлении движения пуансона;
- **обратный** – металл течет навстречу движению пуансона;
- **комбинированный** – металл течет одновременно в направлении движения пуансона и навстречу ему.

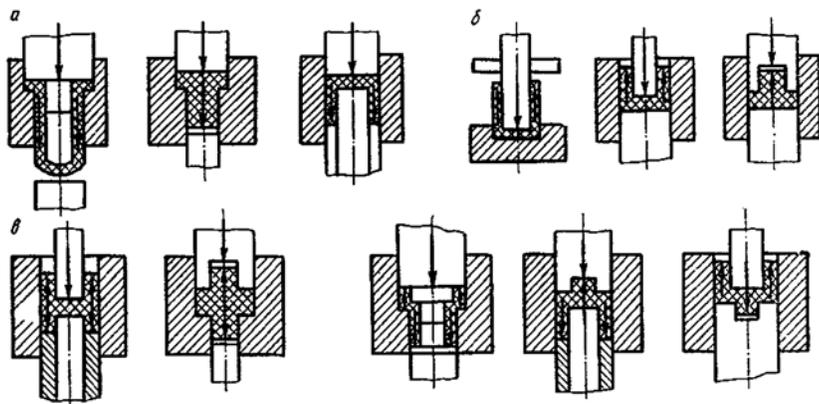


Рис. 2.20. Холодное выдавливание: а – прямое; б – обратное; в – комбинированное

Этими способами получают изделия типа стержней и трубок с различной формой поперечного сечения, гильз, колпачков, сложной формы с различными уступами и ребрами в дне детали [6, 18].

2.6.4. Беспрессовые операции при листовой штамповке

Существуют следующие беспрессовые операции листовой штамповки:

1. Метод **штамповки с помощью энергии взрыва** для изготовления крупных штампованных изделий из толстолистового металла повышенной прочности.

В качестве источника энергии используется взрыв пороха, газовых смесей и бризантных (дробящих) взрывчатых веществ (тротил, аммонит).

Штамп, состоящий из матрицы и прижима с зажатой между ними заготовкой, опускается на дно бассейна. Над заготовкой подвешен заряд со вставленным в него электродетонатором. При взрыве заряда давление образовавшихся газов передается через воду заготовке и деформирует ее.

Штамповка производится в металлических, железобетонных бассейнах или открытых водоемах при наличии подъемных средств для опускания и поднятия штампа.

2. **Штамповка с использованием электрогидравлического эффекта** – если между электродами, помещенными в воду, пропустить мощный электрический импульс, то произойдет электрический разряд, вызывающий высокое давление в окружающей жидкости. Это давление используется для выполнения различных операций листовой штамповки. Установка для такой штамповки состоит из зарядного устройства, заряжающего батарею импульсных конденсаторов, искровых промежутков, позволяющих накопить в конденсаторах дозированное количество энергии и мгновенно подать ее на рабочий разрядник, помещенный в жидкость.

3. **Магнитно-импульсная штамповка** основана на взаимодействии мощного магнитного поля, создаваемого индуктором вокруг заготовки, с полем, создаваемым вихревыми токами, индуцируемыми в заготовке (рис. 2.21).

Промышленный ток поступает в зарядное устройство, включается разрядник, и ток большой силы мгновенно подается в индуктор. При этом создается кратковременное, но весьма мощное магнитное поле, которое взаимодействует с током индуктора, и между ними возникают силы отталкивания. Если внутрь трубчатой заготовки поместить матрицу, то заготовка обожжется по данной матрице и примет ее форму.

По этому способу можно выполнять обжим и раздачу трубчатых заготовок, формовку и пробивку соединений, получение разъемных и неразъемных соединений. Недостатком способа является сравнительно небольшое давление [6, 18].

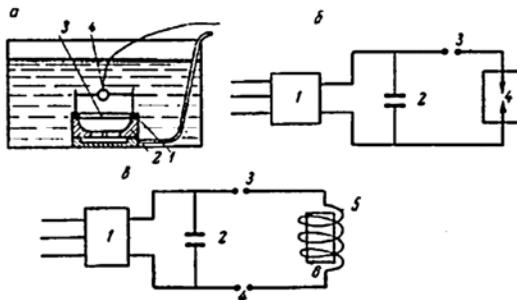


Рис. 2.21. Импульсная штамповка: а) штамповка бризантными веществами: 1 – прижим; 2 – матрица; 3 – заготовка; 4 – подвешенный заряд; б) штамповка с использованием электрогидравлического эффекта: 1 – зарядное устройство; 2 – батарея импульсных конденсаторов; 3 – искровые промежутки; 4 – разрядник, на который подается дозированное количество энергии; в) магнитно-импульсная штамповка: 1 – зарядное устройство; 2 – батарея импульсных конденсаторов; 3, 4 – разрядник; 5 – индуктор; 6 – заготовка

2.7. Горячая объемная штамповка

2.7.1. Общая классификация

Общий технологический процесс горячей штамповки складывается из отрезки заготовок, их нагрева, собственно штамповки, отрезки заусенцев, термической обработки, правки и калибровки, отделки поверхности.

Горячей штамповкой можно получить штамповки точных размеров с минимальными припусками по обрабатываемым поверхностям.

2.7.2. Способы горячей объемной штамповки

Существуют следующие виды горячей объемной штамповки:

1) **Штамповка в открытых штампах** (рис. 2.22, а) – выход части металла заготовки в заусенечную канавку. Толщина заусенца в про-

цессе штамповки уменьшается и при достижении определенных размеров способствует заполнению углов штампа.

2) **Штамповка в закрытых штампах** (рис. 2.22, б) – не предусматривает образование заусенца. Металл затекает в зазор и имеет постоянную толщину.

3) **Штамповка в подкладных штампах. Ручей** – рабочая полость штампа. Штамп состоит из двух частей, перемещающихся друг относительно друга по направляющим штырям.

4) **Одноручьевая штамповка** – штамп не имеет направляющих, верхняя его часть крепится в бабе молота. Совпадение обеих половин штампа обеспечивается направляющими молота. Окалина сбивается при ударах и выдувается сжатым воздухом.

5) **Многоручьевая штамповка.**

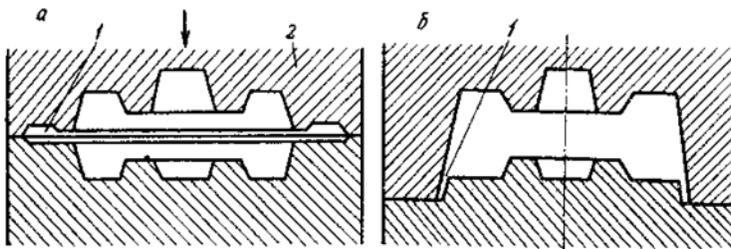


Рис. 2.22. Штамповка в открытых (а) и закрытых штампах (б):
1 – зазор; 2 – штамп

6) **Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП).** Усилие 630÷8000 т. При штамповке на молоте образование заусенца происходит за несколько ударов, в промежутке между ударами заусенец подстывает и тем самым создает большее сопротивление истечению металла в заусенечную канавку, что способствует скорейшему заполнению полости штампа. При штамповке на КГШП образование заусенца и заполнение ручья происходит за 1 ход (удар) прессы, в заусенец поступает наиболее нагретый металл, и поэтому гравюра заполняется хуже. Таким образом, для хорошего заполнения прессового штампа следует смещение плоскости разреза или изменить размеры заусенечной канавки.

Использование КГШП для штамповки выдавливанием дает возможность получать поковки с длинными стержнями простого, сложного и

переменного сечения, глубокие стаканы и даже выдавливать отростки в плоскости, перпендикулярной направлению движения ползуна.

7) **Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).** Главный высадочный ползун движется в горизонтальной плоскости, штампы имеют разъем в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. На ней штампуются детали сложной конфигурации и производится местная деформация на длинных заготовках. Усилие $100 \div 3150$ т.

На ГКМ осуществляются следующие операции: движение главного ползуна – набор (высадка), прошивка и просечка отверстий; выдавливание и обрезка заусенца; ходом бокового ползуна – зажим прутка в матрице, пережим на меньший диаметр, гибка, отрезка от прутка, просечка отверстий и окончательная штамповка.

Штампы ГКМ состоят из пуансонов и матриц. Блоки пуансонов изготавливаются сплошными и составными. Блок матриц состоит из двух частей: неподвижная крепится к станине машины, подвижная – к зажимному ползуну.

Для облегчения передачи заготовки из ручья в ручей при штамповке на ГКМ применяются подъемные столы и пневматические подъемники [6, 18].

2.7.3. Другие виды объемной штамповки

1) **Штамповка на гидравлических прессах** состоит из следующих операций: закрытая прошивка для получения тонкостенных с глубокими отверстиями поковок за одну операцию, протяжка через кольцо (матрицу) для утонения стенок ранее прошитой заготовки, протяжка через роликовую матрицу для получения поковки сложного профиля, выдавливание.

2) **Штамповка на винтовых фрикционных прессах.** Кроме штамповки на них производят гибку, правку и калибровку.

3) **Штамповка на ротационно-ковочных машинах** – изготавливаются стержневые поковки в виде конусных или ступенчатых валов. Это машины с вращающимся шпинделем (вращающимся инструментом) и с вращающимся барабаном (неподвижным инструментом).

4) **Вальцовка** – вытяжка заготовки продольной прокаткой в секторных штампах на ковочных вальцах; служит для получения заготовок фасонного профиля из сортового проката. Используется как завершающая операция по доводке отдельных частей поковки до заданных размеров.

5) **Ковочные вальцы** представляют собой двухвалковый стан продольной прокатки, на валках которого закреплены секторные штампы. Вращаясь, штампы захватывают заготовку и затягивают ее в ручей. На них штампуются сравнительно несложные поковки весом до 1 кг (корпус гаечного ключа, штифт молотилки и т.д.) (рис. 2.23, б).

6) **Штамповка на горизонтально-гибочных машинах** – поковки изготавливаются методом гибки. В зависимости от конфигурации поковки гибка выполняется за один или несколько переходов.

7) **Раскатка** применяется для изготовления колец диаметром $60 \div 1000$ мм. Существует две схемы раскатки (открытая и закрытая) (рис. 2.23, в, г).

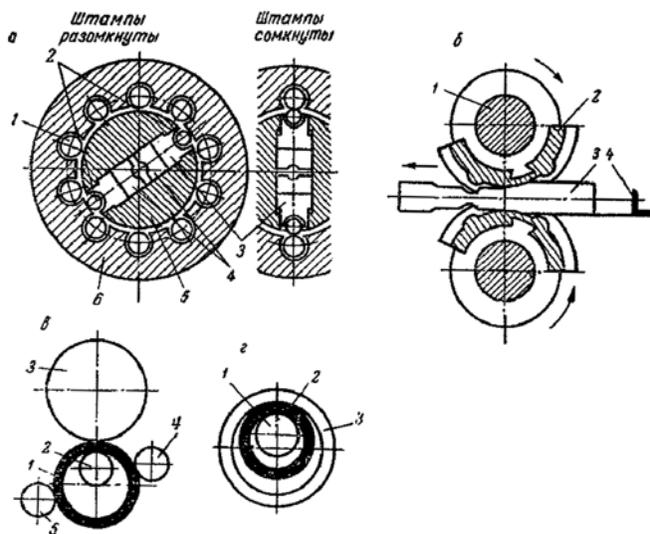


Рис. 2.23. Ротационная ковка (а): 1 – нажимные ролики; 2 – ролики ползунов; 3 – ползуны; 4 – штампы (бойки); 5 – шпиндель; 6 – кольцевая обойма, вальцовка (б): 1 – валки; 2 – секторные штампы; 3 – заготовка; 4 – упор, раскатка: в – открытая, г – закрытая: 1 – заготовка; 2 – профилирующий ролик; 3 – матрица; 4 – направляющий ролик

8) **Накатка** применяется для горячей накатки зубьев шестерен, шлицев на валах и крупных резьб. Выполняется на накатных станках, действующих по принципу поперечной прокатки принудительным вращением заготовки и пары накатных роликов (накатников). Существует два способа накатки: штучная и стержневая.

При **штучной накатке** заготовка зажимается между фланцами, препятствующими растеканию металла вдоль зуба. Накатка происходит при постепенном приближении осей валков к оси заготовки.

При **стержневой накатке** стопку заготовок устанавливают на центрирующее основание и прижимают делительной шестерней. Накатка производится путем вращения стопки и валков и подачи стопки между накатными валками. Накаткой получают прямозубые, косозубые и шевронные зубчатые колеса [6, 18].

2.7.4. Штамповка жидкого металла

Сущность процесса: мерная порция жидкого металла заливается в полость штампа, после чего под действием прессующего пуансона выдавливается в незаполненные части штампа и кристаллизуется под давлением (рис. 2.24).

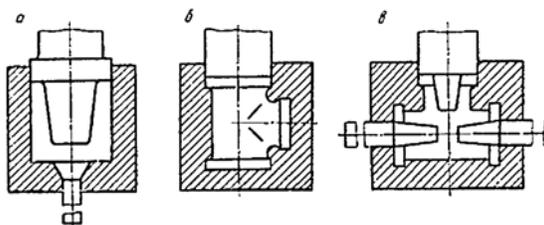


Рис. 2.24. Жидкая штамповка

Преимущества: не требуется мерная заготовка, в качестве шихты могут быть использованы отходы собственного производства. Отсутствие литниковой системы. Применяется для изготовления арматуры из цветных сплавов, сепараторов, подшипников качения, изделий из алюминиевых сплавов, пресс-форм, деталей машин взамен литья из ковкого чугуна и стального литья [6, 18].

2.8. Свободная ковка

2.8.1. Общая классификация

Свободная ковка – процесс, при котором необходимое изменение формы заготовки достигается путем ударов или нажимов бойками (рис. 2.25) прессы или молота (рис. 2.26). Этот процесс применяется

при производстве крупных поковок. Свободной ковкой обрабатываются заготовки весом от 0,1÷0,2 кг до 300 т. Исходной заготовкой для крупных и средних поковок являются слитки массой до 1 т из обычного сортового проката или прессованного металла.

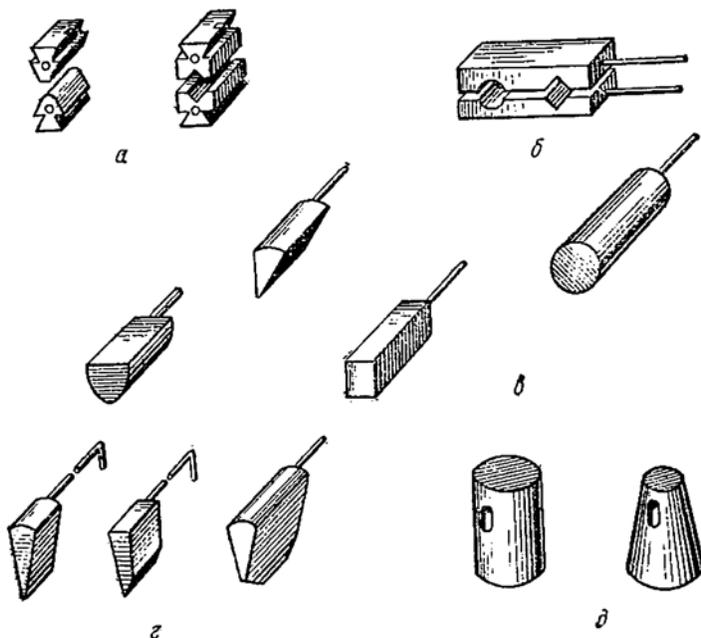


Рис. 2.25. Инструменты, применяемые при свободной ковке: а – бойки, б – обжимки, в – наметки, пережимки и раскатки; г – топоры; д – прошивки

Свободной ковкой достигается не только изменение формы, но и улучшение механических свойств (происходит заварка газовых пузырей, меняется структура металла).

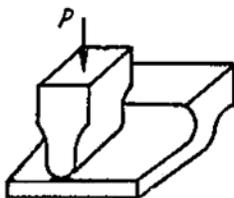


Рис. 2.26. Процесс осуществленияковки

Изменение микроструктуры и механических свойств слитка зависит от степени деформации, которая при ковке вытяжкой характеризуется степенью уковки, равной отношению площади поперечного сечения слитка F_0 к площади сечения поковки F_1 :

$$U = F_0/F_1 \quad (2.4)$$

2.8.2. Основные операции свободнойковки

Различают следующие технологические процессы производства поковок:

1) **Биллетирование** – подготовка слитка к последующей ковке – предусматривает оттяжку конца слитка, который служит для удержания последнего в патроне или клещах манипулятора при последующей ковке. При биллетировании обрубает дефектный слой донной части слитка и устраняют наружные видимые дефекты.

2) **Осадка** (рис. 2.27, а) – увеличение поперечного сечения за счет уменьшения высоты. Осадка, осуществляемая на части заготовки, называется высадкой (рис. 2.27, б).

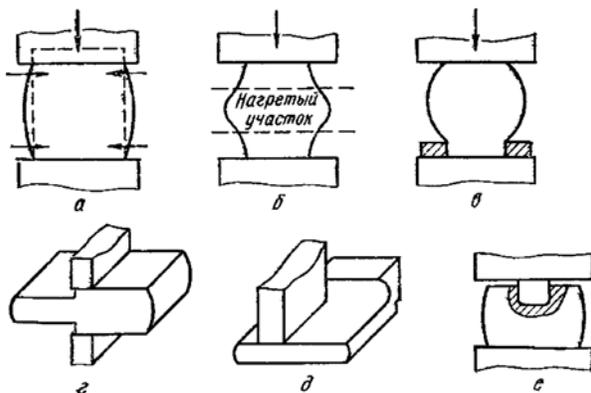


Рис. 2.27 Операции свободнойковки: а – осадка; б, в – высадка; г – протяжка; д – разгонка; е – прошивка

Осадка производится гладкими бойками пресса или молота, а иногда сферическими подкладными плитами. Правила, соблюдаемые при осадке заготовок: слиток предварительно должен быть обкатан для уничтожения граней и конусности, равномерно прогрет до мак-

симальной ковочной температуры, торцы должны быть равными и перпендикулярными оси. Высота заготовки не более 2,5 диаметра. Для уничтожения бочкообразности после осадки и придания поковке цилиндрической формы производится обкатка граней.

3) **Вытяжка (протяжка)** (рис. 2.27, г) – операция, посредством которой увеличивается длина заготовки за счет уменьшения площади ее поперечного сечения. Это операция применяется для изготовления поковок с удлиненной осью: шатунов, тяг и т.д.

Процесс вытяжки осуществляется последовательными обжимами (нажатиями) с подачей заготовки вдоль оси вытяжки и кантовкой вокруг этой же оси. В результате обжима заготовки происходит:

- а) увеличение высоты (обжатие);
- б) увеличение ширины (уширение);
- в) увеличение длины (удлинение);
- г) уменьшение площади поперечного сечения (уковка).

Инструментом для вытяжки являются плоские, закругленные и вырезные бойки, обжимки, раскатки, пережимки (рис. 2.25).

Разновидности вытяжки при ковке пустотелых поковок:

- **разгонка** (рис. 2.27, д) – местное уширение без увеличения ее длины. Производится бойками или раскаткой;
- **вытяжка с оправкой** – увеличение длины пустотелой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок. Применяется при производстве труб, барабанов и т.д.;
- **раздача на оправке (раскатка)** – одновременное увеличение наружного и внутреннего диаметров прошитой заготовки за счет уменьшения ее толщины.

К вспомогательным операциям при вытяжке относятся **намётка**, посредством которой на поверхности заготовок наносятся размёточные углубления; **пережим металла**, при помощи которого намеченные углубления увеличиваются до размера уступа; **образование уступов и выемок**; **передача**, посредством которой одна часть заготовки смещается относительно другой.

4) **Прошивка** (рис. 2.27, е) – получение глухих или сквозных отверстий.

Используют следующие способы прошивки:

- **прошивка без подкладного кольца (пробивка)** (рис. 2.28, а) – применяется для получения отверстий диаметром до 400 мм. Заготовка устанавливается на нижний беёк, а на торец ее ставят прошивень и слегка вдавливают его, затем вынимают и в выемку

- насыпают графит для смазки. Далее вновь устанавливают прошивень и вдавливают его на 75÷80% высоты заготовки;
- **прошивка с подкладным кольцом** (рис. 2.28, б) – применяется для получения отверстий в низких заготовках;
 - **прошивка пустотелым прошивнем** (рис. 2.28, в) – применяется для получения отверстий большого диаметра.

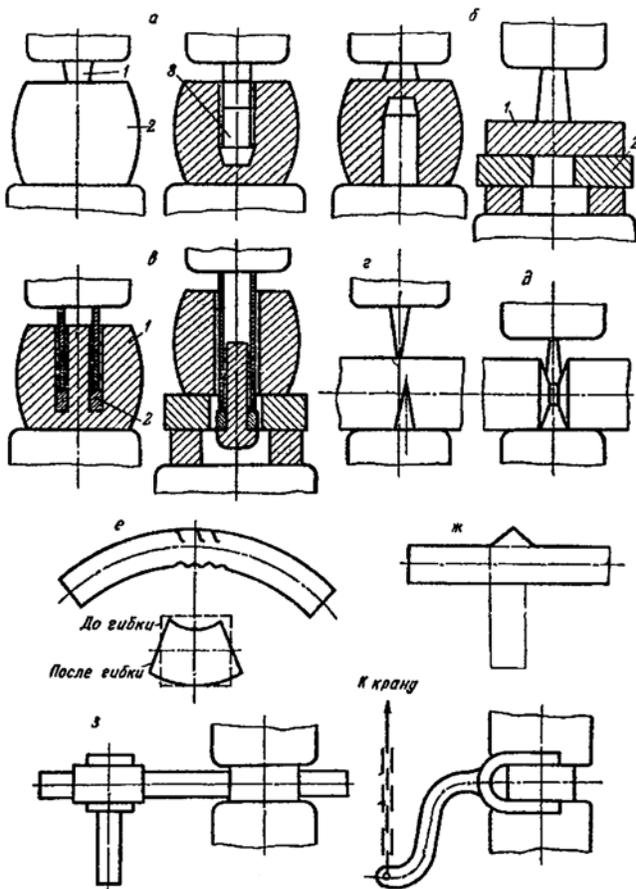


Рис. 2.28. Прошивка, рубка, гибка и закручивание: а – прошивка без подкладного кольца; б – прошивка с подкладным кольцом; в – прошивка пустотелым прошивнем; г – рубка с двух сторон; д – рубка с четырех сторон; е – гибка; ж – увеличение поперечных размеров при гибке; з – закручивание вокруг общей оси

5) **Рубка** (рис. 2.28, г, д) – разделение заготовки на части, частичное подразделение (**прорубка**) или отделение от заготовки части материала по наружному либо внутреннему контуру (**обрубка**). Рубка с двух сторон применяется, когда отделенная часть заготовки с заусенцем идут в отход. При рубке с четырех сторон заготовку подрубают с четырех сторон, а оставшуюся перемычку разрубают обухом топора. Этот способ позволяет избежать образования заусенца и применяется для крупных заготовок из слитков.

6) **Гибка** (рис. 2.28, е, ж) – придание заготовке изогнутой формы по заданному контуру. При гибке возможно образование складок по внутреннему контуру и трещин – по наружному. Для получения в зоне гибки желаемой площади заготовке заранее придают в этом месте увеличенные поперечные размеры.

7) **Закручивание** (рис. 2.28, з) – поворот одной части заготовки относительно другой под определенным углом вокруг общей оси. Применяется при производстве поковок специальной формы – коленчатых валов, спиральных сверл и т.д. Инструментом для закручивания служат вилки и воротки.

Разработка технологического процесса свободнойковки включает:

- составление чертежа поковки;
- определение размера и массы исходного материала;
- выбор основных, вспомогательных и отделочных операций с указанием необходимого основного, вспомогательного инструмента и приспособлений;
- выбор машинного оборудования;
- установление режимов нагрева и охлаждения поковок;
- определение состава кузнечной бригады и норм выработки [6, 18].

2.9. Прокатка металла

2.9.1. Общие определения

Прокатка – процесс обжатия заготовки между вращающимися валками с целью придания ей требуемой формы и размеров. Различают три способа прокатки: продольную, поперечную, винтовую:

- при **продольной** прокатке заготовка под действием сил трения втягивается в зазор между валками, вращающимися в различных направлениях (рис. 2.29, а);

- при **поперечной** прокатке заготовка деформируется валками, вращающимися в одном направлении (рис. 2.29, б);
- при **винтовой** прокатке валки расположены под углом друг к другу и вращаются в одном направлении (рис. 2.29, в). При этом металл получает вращательное и поступательное движение. В результате сложения этих движений каждая точка заготовки движется по винтовой линии.

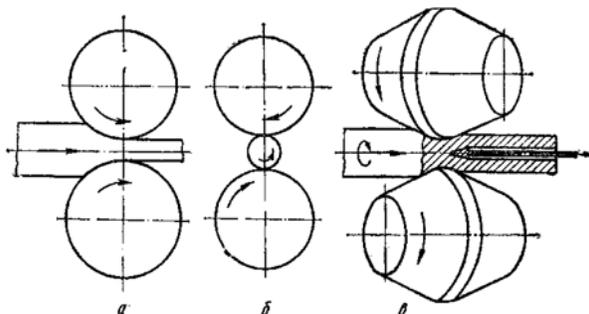


Рис. 2.29. Основные способы прокатки: а – продольная; б – поперечная; в – винтовая

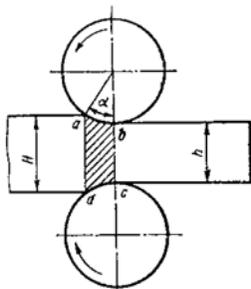


Рис. 2.30 Схема продольной прокатки

Полоса прокатки высотой H силами трения, возникающими между ее поверхностью и поверхностями валков, втягивается в щель между валками, высота которой меньше высоты поломы, и обжимается до размера h (рис. 2.30). Разность $H-h$ называется **абсолютным обжатием**. Процесс прокатки возможен в том случае, если угол α , называемый углом захвата, не превышает некоторой величины, определяемой

коэффициентом трения между металлом и валками. Заштрихованный участок – **дуга захвата**, в этой зоне происходит деформация металла. Этот объем металла называется **очагом** или **зоной деформации** [6, 18].

2.9.2. Технология прокатки

Технология прокатки горячекатаных листов. Горячекатаный листовой прокат подразделяют по толщине на толстолистовой (более 4 мм) и тонколистовой (от 1 до 4 мм). Листы толщиной более 60 мм называют плитами.

Общая схема технологического процесса толстых листов включает в себя подготовку металла к нагреву, нагрев, прокатку, правку в горячем состоянии, охлаждение, резку, термическую обработку, холодную правку, механические испытания, удаление дефектов, упаковку.

Схемы прокатки толстых листов из слитков включают:

- устранение конусности и ребристости слитка продольной прокаткой за 3÷4 пропуска;
- получение необходимой ширины листа из более узкого слитка путем поперечной прокатки на необходимое количество пропусков. Прокатка раската осуществляется в горизонтальной плоскости на угол (то есть между осью валков и большой осью раската угол равен $9\div 12^\circ$) или под прямым углом;
- получение необходимых толщины и длины путем продольной прокатки за необходимое количество пропусков. Пред продольной прокаткой производится кантовка на 90° .

Все большее распространение получает в последнее время контролируемая прокатка листов, обеспечивающая высокий уровень предела прочности и ударной вязкости в сочетании с высокой обрабатываемостью и свариваемостью. Это особенно важно для толстолистовой стали, которая применяется при изготовлении труб большого диаметра, работающих в условиях низких температур. Процесс контролируемой прокатки заключается в нагреве исходного металла до сравнительно низкой температуры, равной $1100\div 1150^\circ\text{C}$, и в прокатке в последних пропусках при температуре $720\div 800^\circ\text{C}$ с относительным обжатием не ниже $15\div 20\%$. При этом механические характеристики металла возрастают: ударная вязкость в 2,2 раза, предел текучести в 1,15 раза, предел прочности в 1,07 раза, а относительное удлинение уменьшается в 1,18 раза.

Схема технологического процесса производства тонколистовой горячекатаной стали включает подготовку металла к нагреву, нагрев, прокатку, охлаждение, смотку с рулоны и отделку листа. Прокатка тонколистовой горячей стали на ПСШ и НШС, как правило, осуществляется в черновой и чистовой группах рабочих клетей, последовательно расположенных друг за другом. Основной задачей прокатки в черновых клетях является удаление окалины с поверхности слябов и получение необходимых размеров подката для чистовой группы. Процесс прокатки в черновых клетях производится без раскатки ширины, если ширина сляба больше ширины листа, и с раскаткой ширины, если ширина сляба меньше ширины листа. Затем раскат передается к чистовой группе клетей. Прокаткой достигаются требуемые размеры полосы по толщине, необходимая точность геометрических размеров, форма полосы и заданный уровень механических свойств. В зависимости от марки стали и толщины прокатываемой полосы температура конца прокатки находится в пределах 800÷930°С. Для регулирования температуры полосы при смотке в рулоны над отводящим рольгангом устанавливаются душирующие устройства. При смотке температура полосы лежит в пределах 600÷650°С. Рулоны листовой стали толщиной 1,5÷12 мм раскраивают на агрегатах непрерывной резки. Затем обрезают боковые кромки, раскат правят, сортируют, маркируют, укладывают в стопы, взвешивают и упаковывают в пачки. Далее осуществляют термическую обработку и отделку тонколистовой горячекатаной стали на установленных в цехах агрегатах.

Технология прокатки холоднокатаных листов. Производимая в цехах холодной прокатки металлопродукция необходима для металлопотребляющих отраслей: машиностроения, приборостроения, электротехнической промышленности и др.

Холодной прокаткой изготавливают листы толщиной 0,35÷2, шириной от 700 до 2300 мм и массой рулона, достигающей 45 т. При этом в качестве исходного металла применяется тонколистовая горячекатаная сталь толщиной от 1,8 до 6 мм, шириной от 700 до 2300 мм и массой рулона до 45 т.

Типовая схема технологии производства холоднокатаной листовой стали состоит из следующих групп технологических операций:

- подготовка исходного металла к прокатке, включающая удаление окалины и дефектов с поверхности и смягчающую термическую обработку исходного материала (подката);
- холодная прокатка;

- отделка холоднокатаной стали, включающая термическую обработку и травление холоднокатаного металла, дрессировку, правку, поперечную и продольную резку, очистку и зачистку поверхности металла, сортировку и упаковку готовой продукции или полуфабрикатов.

Задачами холодной прокатки является получение листовой стали определенных геометрических размеров и качества ее поверхности и обеспечение необходимого уровня различных физико-механических свойств листового металла [6, 18, 19].

2.9.3. Прокатные станы

Станы для производства горячекатаных листов. Исходным продуктом прокатного производства являются слитки различной формы, размеров и массы. Из слитков получают полупродукт в виде блюмов, слябов и заготовок, которые в свою очередь служат исходным продуктом для получения в следующем переделе готовой продукции: рельсов, балок и швеллеров, сортовых профилей, листов и т.д.

Толстолистовые станы снабжены оборудованием большой массы и мощности. Прокатка листов на толстолистовых станах осуществляется главным образом в четырехвалковых клетях, в которых допускаются большие обжатия за проход. Полученный на четырехвалковых клетях лист имеет незначительную разнотолщинность, благодаря применению опорных валков больших диаметров. Диаметры рабочих валков в таких клетях равны 900÷1200 мм, опорных – 1800÷2400 мм. Длина валков лежит в пределах 3000÷5500 мм.

Станы, предназначенные для прокатки толстых листов, классифицируются, главным образом, по числу клетей и их конструкции и по длине бочки валков.

По количеству и расположению валков в рабочей клети станы различаются (рис. 2.31):

- **клетки дуо** – имеют 2 горизонтальных валка;
- **клетки трио** – 3 валка;
- **клетки кварто** – 2 опорных валка и 2 рабочих валка меньшего диаметра;
- **клетки многовалковые** – 2 рабочих валка небольшого диаметра и большое количество опорных валков;
- **клетки универсальные** – одновременно имеются и горизонтальные и вертикальные валки.

Клети дуо могут быть:

- **нереверсивными** – используются при прокатке тонких листов и лент;
- **реверсивными** – используются при прокатке профилей крупных размеров, в блюмингах, слябингах, а также у толстолистовых, рельсобалочных и других станов.

В клети трио прокатка производится в обе стороны без реверсирования валков. В одну сторону между нижним и средним валком, в другую – между средним и верхним.

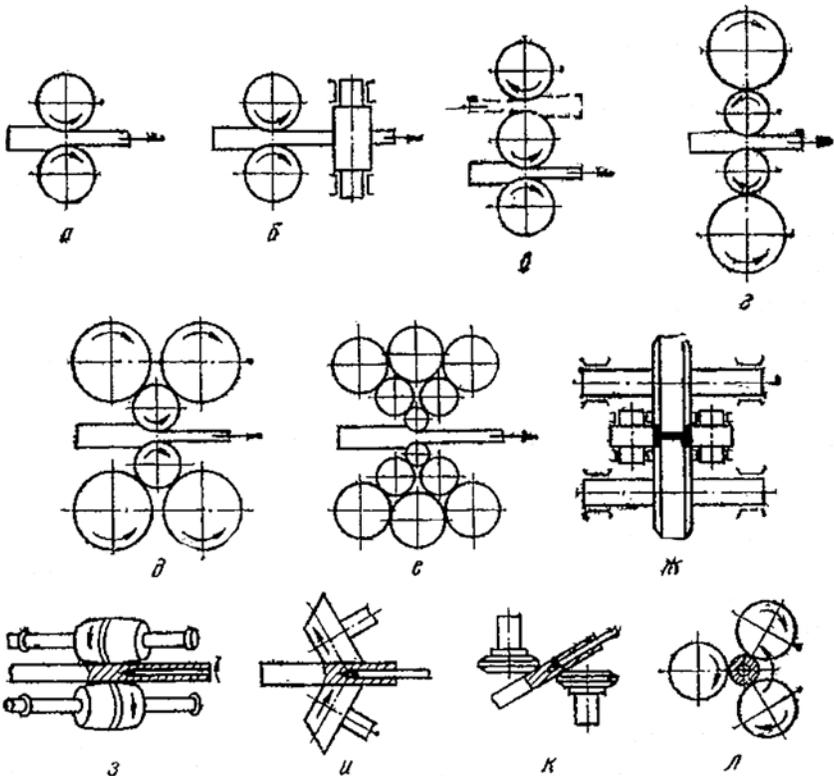


Рис. 2.31. Классификация прокатных станов по конструкции и расположению валков: а – дуо; б – с горизонтальной и вертикальной парой валков; в – трио; г – кварто; д – шестивалковые; е – двенадцати двадцативалковые; ж – универсальные балочные; з-к – трубокатные прошивные станы для прошивки отверстий в сплошных заготовках или слитках круглого сечения; л – трубокатные прошивные станы для удлинения прошитых трубных заготовок

Клетки кварто применяются для горячей прокатки толстых и тонких листов, а также для холодной прокатки тонких листов и лент. Позволяют получить большую точность листа по толщине из-за отсутствия прогиба валков.

Двухклетевой толстолистовой стан 3000, предназначен для производства листов толщиной $8\div 25$ мм, шириной до 2700 мм по технологии контролируемой прокатки, а также толщиной $5\div 25$ мм по обычной технологии. Стан снабжен четырьмя нагревательными печами с шагающими балками, оборудованными устройствами для безударной выдачи слябов. Производительность каждой печи составляет $152\div 168$ т/ч. Основное оборудование стана состоит из двух последовательно расположенных черновой и чистовой четырехвалковой клетки с диаметром рабочих и опорных валков 1000 и 2100 мм, с длиной бочки валков 3000 мм, с мощностью главных приводов – черновой клетки 1600 кВт, чистовой 25200 кВт. Стан оснащен дополнительным оборудованием, включающим устройства для охлаждения листов, правильные машины, холодильники, ножницы, роликую закалочную машину, машину абразивной зачистки и др.

Примером трехвалкового стана является **толстолистовой стан 3600**, предназначенный для прокатки листов толщиной $5\div 50$ мм, шириной $2000\div 3200$ мм и длиной $6\div 28$ м, а также плит (брони) толщиной $50\div 200$ мм, шириной $2000\div 3200$ мм и длиной до 12 м. В состав стана входят участок нагревательных печей, участок рабочих клеток в составе вертикальной двухвалковой клетки с валками диаметром 900 мм и длиной бочки 1400 мм, черновой реверсивной четырехвалковой клетки с рабочими и опорными валками и чистовой реверсивной четырехвалковой клетки с рабочими и опорными валками. В состав оборудования, предназначенного для получения листов толщиной $5\div 50$ мм, входят методические печи, рабочие клетки стана, роликочная закалочная машина, ножницы для обрезки боковых кромок и кромкообрезные ножницы, правильная машина, холодильник, охлаждающее устройство, роликочные печи для нормализации и печи для термической обработки листов. В состав оборудования для производства плит толщиной $50\div 200$ мм входят нагревательные колодцы, окалиносниматель, рабочие клетки, камерные печи с выдвижным подом.

В настоящее время $80\div 90\%$ горячекатаной листовой стали производится на непрерывных и полунепрерывных широкополосовых станах, что объясняется более высокими технико-экономическими показателями работы этих станов по сравнению со станами другого типа.

Полунепрерывный широкополосный стан 2800/1700 предназначен для прокатки толстых листов толщиной 4÷40 мм, шириной до 2500 мм и тонких листов толщиной 1,8÷4 мм, шириной до 1500 мм. Стан имеет в своем составе четыре нагревательные печи, клеть с вертикальными валками, черновые реверсивные двухвалковые клетки с универсальную четырехвалковую клеть, летучие ножницы, чистовой двухвалковый окалиносниматель, шесть чистовых четырехвалковых клеток и две линии отделки: одну – для толстых листов после черновой группы и вторую – для тонких листов в рулонах. Современные НШС являются непрерывные многоклетевые станы (13÷15 клеток с окалиноснимателями) с длиной бочки валков 1700÷2500 мм, производительностью до 4÷6 млн.т проката в год.

Непрерывный широкополосный стан 2000 предназначен для прокатки рулонной стали толщиной 1,2÷15 мм, шириной 900÷1850 мм со смоткой в рулоны. В состав стана входят четыре нагревательные печи с шагающими балками. Черновая группа клеток состоит из шести, а чистовая – из семи клеток. В группу также входят четыре универсальные клетки. Особенностью стана является объединение трех черновых клеток в непрерывную группу, что позволяет сократить черновую группу и повысить температуру проката толщиной 25÷50 мм, поступающего в чистовые клетки. Кроме рабочих клеток в состав черновой группы входят устройства для гидросбива окалины с поверхности подката водой высокого давления (11÷13 МПа), рабочие рольганги, направляющие линейки и промежуточный рольганг со сбрасывателями подката с линии стана (в случае пониженной температуры металла). Чистовая группа состоит из роликового двухвалкового окалиноснимателя и семи четырехвалковых клеток. Между чистовыми клетями расположены петледержатели, обеспечивающие натяжение подката в процессе прокатки, устройства для гидросбива окалины, которые также используются и для понижения температуры прокатываемого металла, а также направляющие линейки и проводки. После прокатки в чистовой группе полосы сматываются в рулоны или на трех моталках, предназначенных для смотки полос толщиной 1,2÷8 мм и шириной 900÷1850 мм, или на двух моталках – для смотки полос толщиной 4÷16 мм и шириной также 900÷1850 мм. Максимальный наружный диаметр рулона достигает 2300 мм, масса 36 т.

Для горячей прокатки труднодеформируемой стали применяют станы с моталками в печах. **Стан 1200** предназначен для прокатки полос толщиной 1,75÷4 мм и шириной 600÷1050 мм из электротех-

нических сталей. В состав стана входят две печи, моталки, тянущие ролики и четырехвалковая клеть. Кроме того, линия прокатки стана оборудована рольгангами для подачи подката и выдачи рулонов, проволками, направляющими роликами и др.

Станы холодной прокатки листов.

Непрерывные прокатные станы холодной прокатки листа устанавливают в цехах с большим объемом производства. Данные станы обычно состоят из 3÷6 рабочих четырехвалковых клетей с индивидуальным приводом рабочих валков, шестеренные клетки и шпиндели. Трехклетевые станы предназначены для прокатки полос углеродистых и легированных сталей толщиной 2,5÷4 мм с суммарным обжатием до 60%.

Наибольшее распространение получили четырехклетевые станы более высокой производительности. Они предназначены для прокатки углеродистых и легированных сталей толщиной от 0,35 до 2,7 мм (жести до 0,2÷0,25 мм) из подката толщиной от 4,75 до 8 мм с суммарным обжатием до 70÷80%.

Непрерывный стан 2500 предназначен для прокатки полосы толщиной 0,6÷2,5 и шириной 1050÷2350 мм в рулонах массой до 25 т со скоростью прокатки до 21 м/с. другие станы производят листовую сталь с рулонах до 30 т с максимальной скоростью прокатки до 25 м/с.

Пятиклетевые непрерывные станы холодной прокатки листов используются для прокатки тонких полос универсального сортамента и жести. В состав **непрерывного пятиклетевого стана 1700** входит следующее оборудование: подающий конвейер, передаточная тележка, отгибатель переднего конца с прижимным роликом, разматыватель, правильнотянущая машина, пять рабочих четырехвалковых клетей жесткой конструкции, моталка, сниматель рулонов, цепные транспортеры, передаточная тележка, весы и оборудование для обвязки и кантовки рулонов.

Многовалковые клетевые станы применяются для холодной прокатки тончайшей ленты.

Прокатный стан состоит из следующих основных узлов и механизмов (рис. 2.32):

- одной или нескольких клетей (1) с валками (2);
- электродвигателя (8);
- моторной муфты (7);
- редуктора (6);
- коренной муфты (5);

- шестеренной клетки (4);
- шпинделей (3).

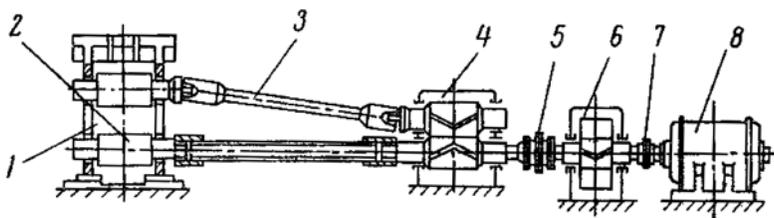


Рис. 2.32. Прокатный стан

Рабочая клеть является основной частью прокатного стана, предназначена для деформирования металла. Она состоит из двух станин, закрепленных на фундаменте. В рабочей клетке устанавливаются прокатные валки, подушки с подшипниками для валков и вспомогательные механизмы для подъема и установки валков.

Прокатные валки обжимают заготовку и придают ей требуемую форму. Изготавливаются из отбеленного чугуна, литой или ковanej стали.

Шестеренная клеть служит для разделения крутящего момента по отдельным валкам, если привод осуществляется от одного общего двигателя [6, 18, 19].

2.9.4. Калибровка валков

Прокатку листов и полом проводят в гладких валках. Прокатку сортового и фасонного металла (квадрат, круг, рельс, швеллер) осуществляют в калиброванных или ручьевых валках, то есть в валках, на рабочей поверхности которых сделаны углубления, называемые **ручьями**. Просвет, образованный между двумя этими углублениями, сделанными на обоих валках, совместно с зазором между валками называется **калибром** (рис. 2.33). Калибровкой профиля называется система последовательно расположенных калибров, обеспечивающая получение готового профиля заданных размеров. Определение размеров этих калибров для различных профилей и является основной задачей калибровки прокатных валков [6, 18].

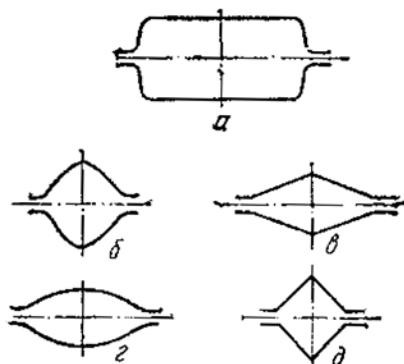


Рис. 2.33 Обжимные калибры: а – прямоугольные (ящичные); б – стрелчатые; в – ромбические; г – овальные; д – квадратные

2.9.5. Применение прокатки и сортамент изделий

Прокатка характеризуется непрерывностью воздействия на металл. Во многих случаях она позволяет получать заготовки, приближающиеся по форме и размерам к готовым изделиям.

Сортамент стального проката – совокупность профилей (по форме поперечного сечения) и их размеров, которые можно получить прокаткой на данном стане. Все изделия, получаемые прокаткой, стандартизованы. В стандартах приведены размеры, площадь поперечного сечения и масса погонного метра профиля, а также допускаемые отклонения от номинальных размеров. В стандартах на профили (балки, швеллеры, уголки и т.д.), применяемые для изготовления различных конструкций, кроме размеров площади поперечного сечения и массы одного погонного метра, приведены также справочные величины: момент сопротивления, момент инерции, радиус инерции и др.

Во всех стандартах приведены также допускаемые отклонения по длине и по ширине проката, длина поставляемых полос. Кроме ГОСТов на сортамент, имеются также ГОСТы на технические условия, включающие требования в отношении химического состава стали, механических свойств, поверхности прокатываемого металла, макро- и микроструктуры стали, правил приемки, методов испытания, маркировки и т.д.

Все прокатные изделия в зависимости от их формы можно разделить на четыре основные группы:

- **сортной прокат** – круглая, квадратная, шестигранная, полосовая, угловая сталь, швеллеры, двутавры, рельсы и др.;
- **листовая сталь** – тонко- и толстолистовая;
- **трубы** – бесшовные (горяче-, холоднокатаные), шовные (сварные);
- **специальные виды проката** (профили транспортного и сельскохозяйственного машиностроения, колеса, периодические профили) (рис. 2.34).

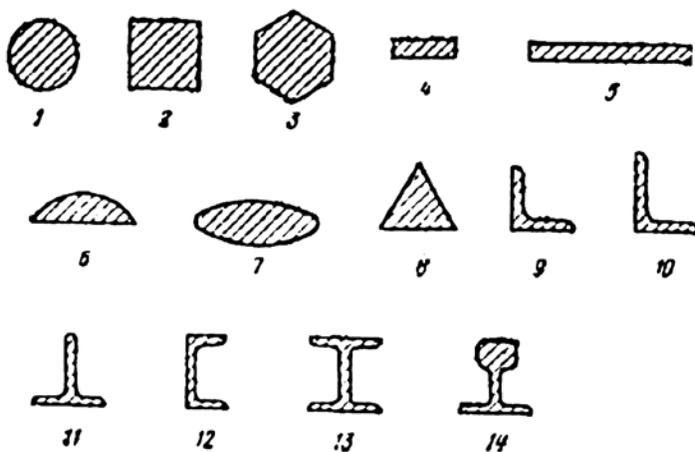


Рис. 2.34. Сортамент прокатной продукции: 1 – круг; 2 – квадрат; 3 – шестигранник; 4 – полоса; 5 – лист; 6 – сегментная сталь; 7 – овальная сталь; 8 – трехгранная сталь; 9 – равнобекий уголок; 10 – неравнобекий уголок; 11 – тавровая балка; 12 – швеллер; 13 – двутавровая балка; 14 – рельс

В зависимости от назначения сортовую сталь можно разделить на профили:

- **общего назначения**, к которым относят круглую, квадратную и полосовую сталь, угловую сталь, швеллеры, двутавровые балки и т.д.;
- **специального назначения**, к которым относят рельсы и профили, применяемые в автотракторостроении, строительстве, вагоностроении и других отраслях народного хозяйства.

Листовую сталь разделяют на две основные группы в зависимости от толщины листов. Листы толщиной более 4 мм относят к толстолистовой стали, а менее 4 мм – к тонколистовой. При этом различают следующие виды листовой стали: котельную, судостроительную, электротехническую, жечь, декапированную, кислото- и жаропрочную, броневую и т.д.

Качественную характеристику стали определяют по химическому составу, механическим свойствам, структуре и назначению для дальнейшей обработки и, наконец, методу плавки.

Исходным материалом при прокатке различных профилей являются слитки или заготовки большей частью квадратного или прямоугольного сечения. Размер этого сечения принимают значительно больше окончательно готового профиля и поэтому, как правило, последний почти никогда не удается получить сразу и за один проход между валками. Поэтому прокатку проводят с несколько проходов. В каждом проходе площадь сечения прокатываемого металла уменьшается, при этом форма и размеры ее постепенно приближаются к требуемому профилю.

При использовании валков цилиндрической или близкой к ним формы (гладких) – прокат получается в виде полос и листов. В случае применения валков с канавками (ручьями) различной формы получается профильный прокат (квадрат, рельс, шестигранник и др.) [6, 18].

2.9.6. Технологические операции в прокатном производстве

Технологическая схема прокатного производства: подготовка исходного материала, нагрев его, прокатка и отделка.

Слитки, поступающие в прокатный цех, подвергаются зачистке – удалению поверхностных дефектов (плёны, трещины, волосовины). Эта операция производится вырубанием дефектов пневматическими зубилами, выжиганием кислородно-ацетиленовым пламенем, зачисткой абразивным кругом или обработкой на металлорежущих станках.

В процессе прокатки необходимо контролировать размер и форму получаемого профиля. Распространенные профили сортового проката: квадрат, круг, угловая сталь.

В качестве исходного материала при прокатке толстых листов используют слябы, а для изготовления листов толщиной более 50 мм и массой более $8 \div 10$ т – тяжелые слитки. Прокатка ведется на двух-

клетевых последовательных станах, у которых одна клеть черновая, вторая – чистовая.

Удаление окалины необходимо, иначе она может вдавиться в поверхность листа и ухудшить его качество. Наилучшим способом является гидроочистка. С этой целью на клетях устанавливаются сопла для подачи воды на лист под давлением до 100 атм. После прокатки и контроля листы режут на нужный размер.

Тонкие листы изготавливают прокаткой в горячем и холодном состоянии. Горячекатаные тонкие листы прокатывают из слябов на непрерывных, полностью автоматизированных станах. Эти станы имеют черновые и чистовые группы рабочих клетей кварто и самостоятельные клетки с вертикальными валками для обжатия боковых кромок. Прокатный металл сматывается в рулоны.

Горячекатаный полосовой металл в рулонах поступает либо на дальнейшую прокатку в холодном состоянии, либо подвергается отделочным операциям – резке на требуемый размер, нормализации и отжигу для снятия наклепа, травлению для удаления окалины.

Отожженный и протравленный листовой материал называется **декапированным**.

Охлаждение проката является одним из основных заключительных процессов его производства. Необходимость охлаждения проката вызвана предохранением его от образования поверхностных и внутренних трещин, остаточных напряжений и получением нужной структуры и физико-механических свойств металла.

Из-за неравномерной потери тепла по поперечному сечению проката при его охлаждении и происходящих в нем структурных превращений в нем возникают напряжения. В начальный период охлаждения поверхностные слои испытывают напряжения растяжения, а внутренние – напряжения сжатия. В последующие периоды охлаждения, наоборот, поверхностные слои – напряжения сжатия, внутренние – растяжения. В металле образуются внешние или внутренние микроили макротрещины, которые служат причиной появления более глубоких трещин или даже полного разрушения. В зависимости от скорости падения температуры металла при его охлаждении применяются следующие виды охлаждения:

– **обычное** – осуществляется на воздухе, в стеллажах, на холодильниках. Такому охлаждению подвергают стали, не склонные к образованию трещин и флокенов. При обычном охлаждении металл должен терять температуру как можно быстрее.

– **замедленное** – применяется для уменьшения температурного перепада по сечению готового проката и обеспечения более полного протекания процесса рекристаллизации с целью снижения величины остаточных термических и структурных напряжений и предотвращения образования флокенов и трещин. Замедленное охлаждение применяется в неотапливаемых колодцах и термостатах. В неотапливаемых колодцах скорость охлаждения контролируется и составляет $10 \div 15^\circ\text{C}/\text{ч}$. Продолжительность охлаждения зависит от марки стали и осуществляется до 3 сут. Термостаты представляют металлические емкости с двойными стенками, пространство между которыми заполнено теплоизолирующими материалами. Термостаты применяют для охлаждения мелкого сорта.

– **ускоренное** – характеризуется очень высокими скоростями охлаждения, достигающими $300 \div 400^\circ\text{C}/\text{с}$, и может применяться только к сталям, не чувствительным к образованию дефектов при любых скоростях охлаждения. По своей сути этот способ является закалкой стали с прокатного нагрева. Полнота закалки регулируется продолжительностью выдержки в воде или ее давлением и температурой воды. Целью ускоренного охлаждения является получение мелкозернистого строения стали; предотвращение образования карбидной четки при прокатке высокоуглеродистой и подшипниковой стали; повышение физико-механических характеристик прокатного металла; получение чистой от окалины поверхности проката; сокращение производственных площадей и снижение себестоимости проката. Ускоренное охлаждение используется для листового проката и катанки перед сматыванием в рулоны и бунты. Применяют также водяное охлаждение на рольгангах и в трубах.

– **быстрый (термоупрочняющий) режим охлаждения** – обеспечивает закалку с последующим режимом самоотпуска с прокатного нагрева. С этой целью применяют регулируемые системы быстрого охлаждения водой. При охлаждении металла могут образовываться наружные и внутренние трещины (флокены). Наружные трещины образуются в результате возникновения остаточных напряжений при прокатке и охлаждении. Наружные трещины бывают разной длины – от очень малой до очень большой и вытягиваются в направлении прокатки. Наиболее склонными к образованию трещин являются быстрорежущая, инструментальная легированная, высокохромистая, хромоникелевая и другие марки стали. Для предупреждения образова-

ния трещин и флокенов применяют замедленное охлаждение и термическую обработку полупродукта.

Прокаткой в холодном состоянии получают тонкий лист для автомобильной, тракторной, консервной промышленности и др. [6, 17, 19].

2.9.7. Прокатка бесшовных труб и специальных профилей

При производстве **бесшовных труб** первой и основной операцией является прошивка слитка или заготовки с образованием гильзы. Прошивку (рис. 2.35) выполняют на прошивных станках с косо расположенными валками либо на прессах. В первом случае заготовка подается в валки, расположенные под углом $8\div 10^\circ$ друг к другу и вращающиеся в одном направлении. При этом в осевой части заготовки создаются радиальные растягивающие напряжения, разрыхляющие металл и облегчающие прошивку отверстия оправкой, устанавливаемой на пути движения заготовки.

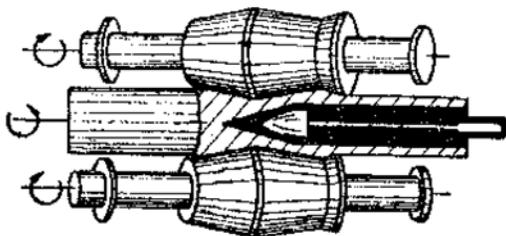


Рис. 2.35. Прошивка на прошивных станках с косо расположенными валками

Прошитая гильза поступает на непрерывный трубопрокатный стан; при этом гильза прокатывается на длинной оправке в стане, имеющем 7÷9 рабочих клетей с круглыми калибрами. После прокатки и извлечения оправки труба может обрабатываться на калибровочном стане.

Сварные трубы изготавливают печной, газовой, электрической и электрогазовой сваркой из мерной полосы – штрипса, длина которой равна длине трубы, ширина – длине окружности трубы с припуском на сварку и толщина – толщине стенки трубы. Широко применяются печная и электрическая сварки.

При печной сварке нагретый до $1300\div 1350^\circ\text{C}$ штрипс протягивается через сварочную воронку. В воронке происходит полное свертывание штрипса в трубу и сваривание кромок под действием высокого давле-

ния. В качестве оборудования применяются цепные и непрерывные валковые станы.

При электросварке заготовку формируют в трубу без нагрева на формовочных непрерывных станах дуо и затем сваривают в трубосварочном стане, где кромки заготовки сближаются и сжимаются. Ток, подводимый к заготовке, нагревает стык до температуры сварки. При получении толстостенных труб среднего и большого диаметра применяется электродуговая сварка под слоем флюса.

Поперечной прокаткой получают профили, имеющие форму тел вращения – шары, шестерни и т.д., а также периодический прокат. Прокатка осуществляется на специальных станах, у которых валки вращаются в одну и ту же сторону. Заготовка подается вдоль валков, имеющих ручки соответствующей формы, расположенные по винтовой линии. Материал перемещается по длине валков и принимает форму их калибров.

Железнодорожные колеса получают из заготовок, отрезанных от слитка. После нагрева заготовки ее ссаживают на гидравлическом прессе и прошивают отверстия, а затем на мощном гидравлическом прессе (7000 т) формируют ступицу, диск и контур обода (рис. 2.36).

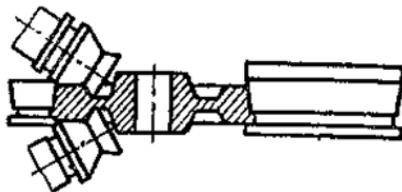


Рис. 2.36. Раскатка обода и прокатка железнодорожных колес

На колесопрокатных станах производится раскатка обода и прокатка. Окончательная калибровка и гибка диска выполняются в штампе под прессом [6, 18].

2.10. Волочение

Волочение – протягивание заготовок через постепенно сужающееся отверстие – волоку (рис. 2.37). Волочение осуществляется в холодном состоянии, редко – в горячем. Получают профили весьма точных размеров и формы с гладкой блестящей поверхностью: тонкую прово-

локу диаметром 5÷10 мм; тонкостенные трубы; фасонные профили и т.д. Этим способом также получают тончайшую проволоку диаметром до 0,005 мм, калибруют прутки диаметром до 100 мм и трубы диаметром 0,5÷400 мм. Волочение в основном производится без предварительного нагрева металла.

При волочении поперечные размеры уменьшаются, а длина увеличивается. Отсутствуют потери металла в виде стружки. Волочением обрабатываются стали всех марок, цветные металлы и их сплавы.

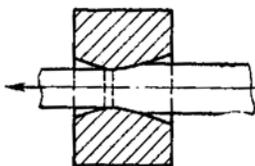


Рис. 2.37. Схема процесса волочения

Процесс волочения состоит из следующих операций:

1) предварительная термическая обработка заготовки с целью снятия наклепа и получения необходимой структуры металла (отжиг или патентирование, то есть нагрев металла до температуры выше критической точки и последующее охлаждение в расплавленных солях или свинце, имеющих температуру 450÷500°С);

2) заострение концов заготовки, чтобы ее можно было протянуть сквозь волоку и захватить клещами волочительного стана;

3) очистка от окалины механическим, химическим или электролитическим способами. Химический способ заключается в травлении заготовок;

4) нанесение подмазочного слоя путем желтения, меднения, фосфатирования, известкования. Подмазочный слой должен хорошо удерживать смазку и препятствовать налипанию металла на инструмент. При желтении поверхность заготовки покрывается тонким слоем гидрата окиси железа (желтого цвета). Меднение производится погружением заготовки в раствор медного купороса, при этом на ней осаждается тонкий слой меди. Фосфатирование представляет собой процесс получения пленки фосфата на поверхности заготовки. Эта пленка пористая, хорошо удерживает смазку. Известкование – это процесс осаждения тонкого слоя извести на поверхности заготовки при погружении ее в кипящий известковый раствор;

5) волочение в один или несколько проходов, в зависимости от необходимой величины обжатия;

б) межоперационная или послеоперационная термическая обработка для снятия наклепа;

7) отделка готовой продукции: отрезка заостренных концов, разрезка в размер и т.п.

Методы волочения:

- с противонатягом (на машинах петлевого типа) – противонатяжение создается натяжными роликами;
- с наложением вибраций;
- с применением ультразвука и др. [6, 18].

2.11. Прессование

Прессование – технологический процесс, применяемый для получения изделий сложного поперечного сечения из пластичных цветных металлов и их сплавов, а также из стали. Прессованные изделия отличаются высокой точностью и качеством поверхности, а сам процесс – высокой производительностью.

Сущность процесса заключается в том, что металл, помещенный в замкнутый объем – контейнер, подвергается высокому давлению и выдавливается через отверстие, принимая его форму. Существуют два метода прессования:

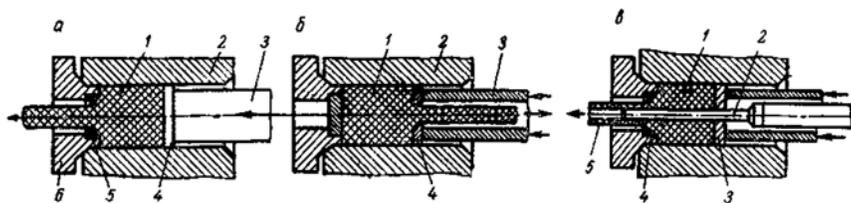


Рис. 2.38 Прессование: а – прямое (1 – заготовка; 2 – контейнер; 3 – шплингот; 4 – пресс-шайба; 5 – матрица; 6 – матрицедержатель); б – обратное (1 – заготовка; 2 – контейнер; 3 – пуансон; 4 – матрица); в – прямое прессование труб (1 – заготовка; 2 – игла; 3 – пресс-шайба; 4 – матрица; 5 – труба)

– **прямой** – заготовка, нагретая до определенной температуры, помещается в контейнер (рис. 2.38, а). С одной стороны контейнера закреплена матрица. С другой стороны на заготовку давит пресс-шайба, связанная со шплинготом, который получает необходимое

давление от плунжера пресса. Под действием этого давления металл выдавливается через отверстие матрицы. В конце процесса в контейнере остается часть металла – пресс-остаток, идущий в отход;

– **обратный** – в контейнер входит не пресс-шайба, а полый пуансон с матрицей на конце (рис. 2.38, б). Матрица давит на заготовку, и металл течет в отверстие матрицы навстречу движению пуансона. При обратном методе снижаются отходы металла на пресс-остаток, но усложняется конструкция пресса.

Прямое прессование труб (рис. 2.38, в) отличается от предыдущих методов наличием иглы, которая проходит сквозь отверстие в заготовке. Длина иглы несколько больше высоты заготовки. При давлении прессшайбы на заготовку металл выдавливается в зазор между матрицей и иглой, образуя трубу. Внутренний диаметр трубы равен диаметру иглы, наружный – диаметру отверстия в матрице.

Имеются и другие методы прессования:

- совмещенное прессование труб с прошивкой при закрытом контейнере;
- прессование профилей переменного сечения;
- прессование с противодавлением;
- вакуумное прессование.

Процесс прессования характеризуется следующими параметрами:

1) **Коэффициент вытяжки** – определяется соотношением площади сечения контейнера F_k к площади сечения всех отверстий матрицы F_m :

$$\lambda = F_k / F_m \quad (2.5)$$

2) **Степень деформации** – определяется как соотношение разности площадей контейнера и всех отверстий матрицы к площади сечения контейнера:

$$\varepsilon = \frac{F_k - F_m}{F_k} * 100\% \quad (2.6)$$

3) **Скорость истечения металла из матрицы** – пропорциональна коэффициенту вытяжки и определяется по формуле:

$$v_u = \frac{F_k * v_n}{F_m} = \lambda v_n \quad (2.7)$$

где v_n – скорость прессования, то есть скорость движения поршня и прессшайбы.

Основным условием успешного проведения прессования является правильный выбор температурно-скоростного режима. Чтобы избежать неравномерностей деформации, особенно при прессовании через многоканальную матрицу.

Основные инструменты, используемые при прессовании (рис. 2.39):

- матрицы;
- иглы;
- пуансоны;
- матрицедержатели;
- иглодержатели;
- прессшайбы;
- втулки (рубашки-приемники) и другой инструмент, работающий в исключительно тяжелых механических и температурных условиях.

Матрицы для прессования прутков имеют один или несколько отверстий.

Стальные трубы рекомендуется прессовать при максимально высоких температурах и скоростях, так как в этом случае уменьшается вероятность образования трещин и расслоений. Поэтому скорость прессования стальных труб 5 м/с и более. Стальные трубы прессуют со смазкой, так как при ее отсутствии горячий металл налипает на инструмент или даже приваривается к нему. В качестве смазки применяют графитовую пасту. При прессовании труб из низкопластичной стали используют металлическую смазку в виде тонкого слоя меди между вытекающим металлом и инструментом. При прессовании труб из нержавеющей, жаропрочной и других высоколегированных сталей в качестве смазки применяют стекло.

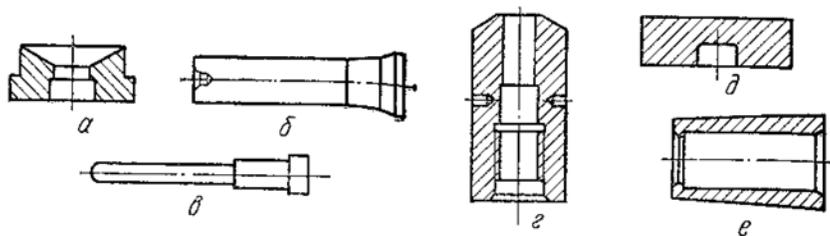


Рис. 2.39. Инструмент для прессования: а – матрица; б – пуансон; в – игла; г – иглодержатель; д – пресс-шайба; е – втулка контейнера

Смазка, уменьшающая внешнее трение, должна наноситься на инструмент (контейнер, матрице) равномерным слоем, чтобы предотвратить тесное соприкосновение трущихся поверхностей и сгладить шероховатости на поверхности инструмента, выдерживать высокие температуры и усилия прессования.

Прессование выполняется на гидравлических прессах – вертикальных и горизонтальных. Вертикальные прессы строят усилием до 1000 т, горизонтальные – до 20000 т. Последние рассчитаны на производство крупных профилей и труб большого диаметра. Весь процесс производства профилей и труб автоматизирован [6, 18].

2.12. Нагрев металла перед пластической деформацией

Процесс нагрева должен обеспечивать достижение требуемой температуры слитка или заготовки, достаточно равномерно распределенной по сечению, минимальное окисление и обезуглероживание поверхности и сохранение целостности нагреваемого металла (то есть отсутствие микро- и макротрещин).

Основное назначение нагрева перед обработкой давлением является повышение пластичности обрабатываемого металла и снижение его сопротивления деформированию. Для обработки давлением нагретой стали ее следует привести в состояние твердого раствора – аустенита; при этом сталь имеет однородную структуру, обладает одинаковыми свойствами во всех частях, пластична и хорошо деформируется (куется).

Нагревать заготовки до очень высоких температур, приближающихся к линии солидуса, не рекомендуется, так как при этом возможны перегрев и пережог металла. **Перегрев** – явление быстрого роста зерен при высоких температурах, ведущее к ухудшению механических свойств металла. При **пережоге** кислород проникает внутрь заготовки и окисляет границы зерен. Металл становится хрупким и при ударе рассыпается. Термической обработкой пережог не исправляется.

Ковать при низких температурах нельзя, так как сталь при этом обладает большим сопротивлением деформированию и мало пластична. Особенно опасно деформировать сталь в области температур $500 \pm 300^\circ\text{C}$, так как в этом интервале температур она хрупка, склонна к образованию трещин с изломом синеватого цвета (синеломкость).

Выбор режима нагрева зависит от свойств стали, формы и размеров заготовки.

Скорость нагрева стали зависит от ее теплопроводности, теплоемкости, формы и размеров заготовки, температуры печи и расположения заготовок в печи. Быстрее нагреваются тонкие изделия, медленнее – массивные. Заготовки крупных сечений нужно выдерживать некоторое время при температуре начала ковки, чтобы выровнять температуру во всем их объеме.

Чем выше скорость нагрева (то есть чем меньше его продолжительность), тем меньше окисление и обезуглероживание поверхности и тем экономичнее (рентабельнее) нагрев. Однако при чрезмерно быстром нагреве, в результате значительного температурного градиента по сечению слитка или заготовки в металле могут возникнуть термические напряжения, которые в некоторых случаях приводят к образованию микро- и макротрещин. Поэтому различают следующие скорости нагрева:

- **технически возможную**, которая зависит от температуры печи, точнее от температурного напора, то есть от разности между температурой печи и средней температурой поверхности заготовки;
- **допускаемую**.

Температура печи и конечная разность температур печи и нагрева заготовки являются основными факторами, при помощи которых можно регулировать скорость нагрева. Время нагрева зависит от формы поперечного сечения (цилиндр, квадрат) нагреваемых заготовок, расположения их на поду печи (рис. 2.40).

Время нагрева рассчитывается по формулам Доброхотова:

$$z = 10 \cdot K \cdot D \sqrt{D} \quad (2.8)$$

где D – диаметр круглой или сторона квадратной заготовки, м;
 K – коэффициент, учитывающий расположение заготовок в печи (табличное значение).

Для высокоуглеродистых и высоколегированных сталей:

$$z = 20 \cdot K \cdot D \sqrt{D} \quad (2.9)$$

Нагрев заготовок и слитков с размером сечения (диаметр или сторона квадрата) более 200 мм приходится обычно вести не с технической возможной, а с допускаемой скоростью, которая обуславливается

величиной термических напряжений и механическими свойствами (пластичностью) нагреваемого металла. Величина термических напряжений будет тем выше, чем больше температурный градиент по сечению заготовки, а последний возрастает с увеличением температурного напора и размера сечения нагреваемого тела, а также с уменьшением температуропроводности металла. Поэтому допустимую скорость нагрева можно считать прямо пропорциональной температуропроводности и обратно пропорциональной квадрату толщины заготовки, коэффициенту линейного расширения и модулю упругости материала заготовки.

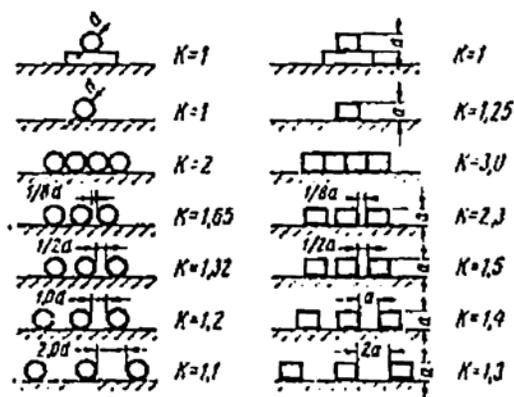


Рис. 2.40. Значение коэффициента K , учитывающего влияние взаимного расположения заготовок на поду печи во время нагрева

При высоких температурах, когда металл обладает достаточной пластичностью, термические напряжения не могут вызвать нарушений сплошности. Поэтому понятие о допустимой скорости нагрева относится в основном к первому периоду нагрева, то есть к нагреву в интервале температур $20 \div 550^\circ\text{C}$ (для углеродистой стали).

По виду используемой энергии нагрев разделяется на 1) **пламенный**; 2) **электрический**. В свою очередь пламенный нагрев может осуществляться за счет сжигания твердого, жидкого или газообразного топлива; электрический нагрев разделяется по способу подведения энергии – нагрев в электропечах сопротивления, контактный нагрев, индукционный нагрев, нагрев в электролите.

Основными печами, применяемыми в кузнечном производстве, являются **мазутные** и **газовые**. Горны находят ограниченное применение (только для мелких заготовок).

По характеру распределения температур и способу загрузки металла печи можно разделить на **камерные (садочные)** и **методические**. В камерные печи металл загружается периодически (садками), и вся садка нагревается одновременно. Температура во всех частях рабочего пространства печи одинакова. В методические печи заготовки загружаются последовательно, по мере нагрева очередной заготовки. Это печи непрерывного действия, и температура рабочего пространства их в различных зонах неодинакова. Имеется подогревательная часть, в которой холодный металл нагревается отходящими газами до температуры 1000°C, и сварочная часть, где металл нагревается до ковочной температуры и откуда происходит его выдача.

Методические печи разделяются по направлению движения газа и металла на: **противоточные** – металл движется навстречу газам; **прямоточные** – металл движется в одном направлении с газами. Печи первого типа применяются для нагрева металла под ковку и прокатку, второго типа – для термической обработки. Существуют печи, работающие по смешанному типу, когда половину своего пути газы движутся в одном направлении с металлом, а вторую половину – навстречу металлу.

По характеру обогрева печи могут быть:

- **с односторонним обогревом** – заготовки укладываются на поду и нагреваются сверху;
- **с нижним обогревом** – заготовка укладывается на трубы, расположенные на поду и охлаждаемые водой (глиссажные трубы).

Широко применяются **толкательные** печи – длинные заготовки при помощи специального механизма толкателя проталкиваются по глиссажным трубам, короткие заготовки проталкиваются просто по поду печи, располагаясь вплотную одна к другой.

Для нагрева концов длинных заготовок под высадку применяют шелевые печи с конвейером, расположенным вне печи. Заготовка зажимается профильными звеньями цепи конвейера и протаскивается с определенной скоростью вдоль печи. Конец заготовки, находящийся в печи, нагревается до требуемой температуры.

1. В **карусельные** печи заготовки ставят на торец, что увеличивает поверхность, поглощающую тепло, то есть заготовки нагреваются быстрее. Угар металла при этом меньше, так как заготовки лежат на

поду неподвижно и окалина предохраняет поверхность заготовки от дальнейшего окисления, а в толкательных печах при передвижении заготовок окалина осыпается и не ее месте образуется новая.

2. **Электрический нагрев** позволяет почти полностью избавиться от окалины и улучшает условия труда.

В электропечах сопротивления металл нагревается за счет тепла, выделяющегося при прохождении электрического тока по спиральям из жаропрочных материалов с большим электросопротивлением. Печи сопротивления применяют при нагреве медных сплавов и в лабораторной практике.

3. **Контактный нагрев** основан на свойстве электрического тока выделять тепло при прохождении по проводнику. В качестве проводника используется сама нагреваемая заготовка. Она зажимается между контактами из красной меди, и по ней пропускается ток силой в десятки тысяч ампер. При этом выделяется большое количество тепла, которое в короткое время нагревает заготовку до ковочной температуры.

Контактный нагрев обладает рядом достоинств (небольшой расход электроэнергии, быстрота и хорошее качество нагрева), которые обеспечивают широкое его применение как для полного нагрева длинных заготовок под штамповку на молотах и прессах, так и для нагрева части длины под местную деформацию (гибку). Диаметр заготовок, нагреваемых контактным способом, не более 75 мм, так как при большем диаметре требуется очень большая сила тока.

4. При **индукционном нагреве** заготовка помещается внутри катушки (индуктора) из медной трубки, по которой для охлаждения протекает воды. Через катушку пропускается ток. При этом ток, проходя по заготовке, нагревает ее. Индукционный нагрев отличается большой скоростью и равномерностью, позволяя почти полностью избежать окалины. Расход энергии несколько выше, чем при контактном нагреве. По этому способу нагревают и длинные, и короткие заготовки под штамповку, прессование, осадку и т.д.

Индукционный нагрев особенно выгоден там, где контактный нагрев вообще исключается (концевой нагрев под высадку, полный нагрев коротких единичных заготовок диаметром выше 75 мм). Его применение резко улучшает условия труда, позволяет автоматизировать процесс. Однако индукционный нагрев требует сложного и дорогого электрооборудования, поэтому его целесообразнее применять в массовом производстве [6, 18, 14].

3 Бөлім. Шойынды құймалар

3.1. Шойындар маркасы және оның негізгі механикалық қасиеттері

Сұр шойын маркаларын стандарттау негізі созылу кезінде уақытша үзілу кедергілігінің шақтамалы аз мәнін рәсімдеу қағидасына негізделген. Осы қағидаға сәйкес шойын маркалары әртүрлі елдердің стандарттарында (3.1÷3.3 кесте) диаметрді 3 мм үлгілік құйылған дайындама стандартында белгілі шақтамалы σ_b аз мәнімен белгіленген.

3.1 кесте

Сұр шойын маркалары және механикалық қасиеттері
(1412-85 МЖСТ)

Шойын маркасының белгіленуі	СЭВ стандарты бойынша белгілеу	σ_b , МПа
СЧ00	31100	анықталмаған
СЧ10	31110	100÷150
СЧ15	31115	150÷200
СЧ20	31120	200÷250
СЧ25	31125	250÷300
СЧ30	31130	300÷350
СЧ35	13135	350 артық

3.2 кесте

Шойын маркалары және механикалық қасиеттері

Шойын маркасының белгіленуі	σ_b , МПа	НВ 5/750 (артық емес)
GGL-00	Не регламентируются	
GGL-15	150	200
GGL-20	200	225
GGL-25	250	245
GGL-30	300	260
GGL-35	350	275
GGL-40	400	285

Сонымен құмадағы осы шойын маркасының беріктік мәні құйма қабырғаларының (диаметрмен) қалыңдығымен анықталатын салқындалу жылдамдығына тәуелді. 3.3, 3.4 кестеде сұр шойынды әрбір марканың үлгілік дайындамаларында жеке құйылған басқа кимасы не диаметрлерінің жеке аз σ_b мәні келтірілген.

3.3 кесте

Сұр шойын маркалары және механикалық қасиеттері
(JIS G5501 жапония стандарты)

Шойын маркасы	Құйманың артық қалыңдығы, мм	Құйылған үлгі диаметрі, мм	σ_b , МПа (кем емес)	НВ (артық емес)
10	4÷50	30	98,1	201
15	4÷8	13	186,0	241
	8 ден 15 артық	20	167,0	223
	15 ден 30 артық	30	147,0	212
	30 ден 50 артық	45	127,0	201
20	4÷8	13	235,0	255
	8 ден 15 артық	20	216,0	235
	15 ден 30 артық	30	196,0	223
	30 ден 50 артық	45	167,0	217
25	4÷8	13	275,0	269
	8 ден 15 артық	20	255,0	248
	15 ден 30 артық	30	245,0	241
	30 ден 50 артық	45	216,0	224
30	8÷15	20	304,0	269
	15 ден 30 артық	30	294,0	262
	30 ден 50 артық	45	265,0	248
35	15÷30	30	343,0	277
	30 ден 50 артық	45	314,0	269

Қабырғадағы әртүрлі қималы созылу және қаттылық кезіндегі
уақытша кедергілік жайлы болжамды мәліметтер
(1412-85 МЖСТ)

Шойын маркасы	Құйма қабырғасының қалыңдығы, мм						
	4	8	15	30	50	80	150
Созылу кезіндегі уақытша үзілу кедергісі МПа (кем емес)							
СЧ10	140	120	100	80	75	70	65
СЧ15	220	180	150	110	105	90	80
СЧ20	270	220	200	160	140	130	120
СЧ25	310	270	250	210	180	165	150
СЧ30	-	330	300	260	220	195	180
СЧ35	-	380	350	310	260	225	205
Қаттылық НВ (артық емес)							
СЧ10	205	200	190	185	156	149	120
СЧ15	241	224	210	201	163	156	130
СЧ20	255	240	230	216	170	163	143
СЧ25	260	255	245	238	187	170	156
СЧ30	-	270	260	250	197	187	163
СЧ35	-	290	275	270	229	201	179

Шойын маркасын таңдау кезінде конструктор құйма қабырғасының қажетті беріктігін алуға ұмыталды. Бірақта өте берік шойын маркасын таңдауда шектеулік кездеседі, өйткені оларды пайдалану қаттылықтың жоғарлатуына, өңделудің нашарлауына, ал кейде құма жиектерінің және жұқа қабырғалардың ағаруына әкеп соғады. Осыған байланысты құйма қабырғасының қалыңдығына қатысты тәуелділікте әрбір шойын маркасын қолдануға қатысты шектеуліктер ұсынылған [20].

3.2. Сұр шойын маркаларының жіктемесі

2,14%С артық көміртекті темір қорпасы **шойын** деп аталады. Шойын құрылымындағы эвтектиканың (ледебуриттің) болуы оны тек ғана құйылған қорпа ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.

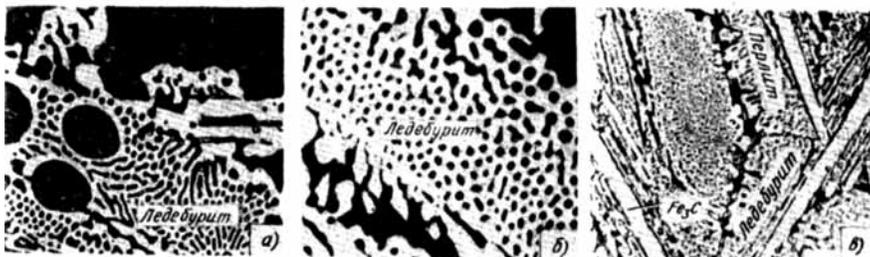
Шойындағы көміртек цементит не графит түрінде не біруақытта цементит және графит түрінде болады.

Көміртектің бөліну түріне қатысты тәуелділікте шойын бөлінеді:

- **ақ** – барлық көміртек цементит түрінде байланысты күйде болады, мұндай шойындар сынығының түрі ақ түсті және тән металды жылтырлық болады;
- **сұр** – барлық көміртек графит түрінде еркін күйде болады. Осындай шойынның құрамындағы графиттің үлкен мөлшеріне қатысты оның сынығының түрі сұр түсті болады;
- **жартылай** – мұндай шойында көміртектің бір бөлігі графит түрінде, бірақта ондағы С 2% кем емес, цементит түрінде болады. Бірқатар жағдайда ақталған бетті шойыннан жасалған бөлшектер қолданылады. Мұндай бөлшектердегі металдың негізгі көлемі сұр шойынды және бетті қабаттағы барлық көміртек цементит түрінде болады. Осындай үлгілік мысал ретінде табақтарды салқындай илектеуге арналған (үлкен мөлшердегі цементит біліктерге жоғары бетті қаттылықты және тозуға қарсы үлкен кедергілікті береді) таптау біліктерін қарастыруға болады.

Ақ түсті шойынның қаттылығы, сынғыштығы жоғары және іс жүзінде кесу инструментімен өңделмейді. Ақ түсті шойын бөлінеді:

- **эвтектикалыққа дейінгі** құрамындағы көміртек құрамы $2,14 \div 4,3\%$;
- **эвтектикалықты** – құрамындағы көміртек $2,14\%$;
- **эвтектикалықтан кейінгі** құрамындағы көміртек $4,3 \div 6,67\%$.



3.1 сурет. Ақ түсті шойындар құрылымы: а – эвтектикалыққа дейінгі; б – эвтектикалықты; в – эвтектикалықтан кейінгі

3.1 суретте қара түсті жерлер сұйық фазадан бөлінген аустенит кристалдарына, ашық түсті жерлер – эвтектикалық цементитке сәйкес келеді. Байқағанымыздай, бастапқы аустенит дендриттер түрінде бөлінеді, ал олардың тармақтарының арасында эвтектика түзілген.

Эвтектикалыққа дейінгі шойында қату V_c сызығынан төмен температура кезінде аустениттің бөлінуімен басталады. Бөлінген аустенит дендриттері дендритті ликвация салдарынан біртекті емес. Эвтектикалыққа дейінгі қатқан шойын құрамы аусенит және ледебуриттен (эвтектика) құралады.

Эвтектикалық қорғпа (4,3%С) тек ғана эвтектика – ледебуриттің түзілуімен тұрақты температура кезінде қатады. Ледебурит колониялы (топтасып) орналастады. Әрбір эвтектикалық колониясы (ледебурит түйіршігі) эвтектикалық аустенит тармақтары таралған қалың пластина түріндегі бір эвтектикалық цементит кристалдарынан құралады.

Ледебурит құрылысы ұялы не пластиналы. Баяу салқындау кезінде, цементит пластинасы түріндегі аустенит кристалдары тармақталып өскен ұялы ледебурит түзіледі. Пластиналы ледебурит жылдам салқындау кезінде аустенитпен бөлінген және жұқа цементит пластиналарын түзеумен құралады. Ұялы және пластиналы құрылым жиі бір колониямен үйлеседі.

Эвтектикалықтан кейінгі шойын (4,3÷6,67%С) СД ликвидус желісі ($Fe-Fe_3C$ күйінің диаграммасы) бойынша температураның төмендеуімен, сұйық фазада түзіледі және цементит кристалдары өсумен қату басталады. 1147°C температура кезінде сұйық эвтектикалық концентрацияға 4,3%С (температураның төмендеуімен көміртек концентрациясы СД ликвидус желісі бойынша азайады) жетеді және ледебуриттің түзілуімен қатады. Қатқаннан кейін эвтектикалықтан кейінгі шойынбастапқы цементит және ледебуриттерден құралады. Бастапқы цементит ақ түсті ине түрінде бөлінеді. ледебуриттен аустенит эвтектоидтен (PSK 727°C желісі) төмен температура кезінде феррит және цементитке ыдырайды.

Қатқаннан кейінгі болат құрамы сынғышты құрылымды құрамдас (ледебуритті) болмайды және жоғары қыздыру температура кезінде тек ғана жоғары созылмалы аустенитті құрылымды болады. Сондықтан олар қалыпты және жоғары температура кезінде жеңіл деформацияланады, бұл дегеніміз, соғылған қортпалы шойыннан айырмашылығы осындай болады.

Сұр түсті шойын – құрамындағы көміртек графит түрінде, пішіні қабыршақты, пластиналы болатын шойын (3.2 сурет) сұр түсті

шойынның металды негізі эвтектоидке дейінгі не эвтектоидті болат (Ф, Ф+П, П. Металды негізді құрылым іс жүзінде сұр шойынның созылмалығына әсер етпейді, бірақта оның қаттылығына әсер етеді.

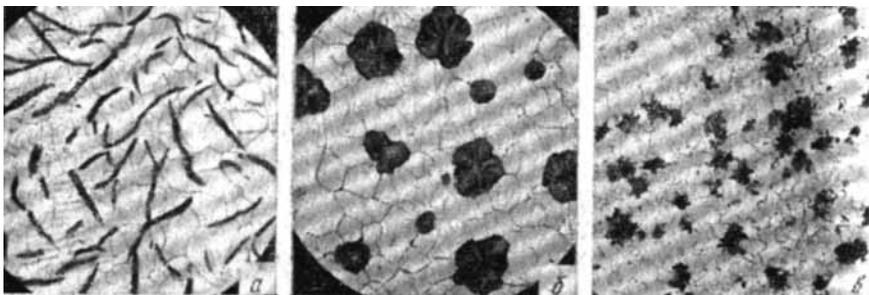


3.2 сурет. Сұр түсті шойынның микроқұрылымы: а – перлитті шойын;
б – ферритті-перлитті шойын; в – ферритті шойын

Негізінен сұр шойынның механикалық беріктігі графит қоспасының мөлшері, пішіні және өлшемдерімен анықталады. Графиттің ұсақ, құйынды қабыршақтары беріктікті төмендетеді. Мұндай түрлер модифицирлеумен (модификатор ретінде силикокальций, алюминий және ферросилиций қолданылады) орындалады. модификаторлар аз мөлшерде енгізіледі, олар химиялық құрамды өзгертпейді, бірақ графитизациялану процесіне үлкен әсер етеді. Сонымен бірге, олар түзілген графит орталықтарының бөлінуіне әсер етеді. СЧ әріптерімен белгіленеді, әрі қарай сандармен иілу кезіндегі (СЧ 24-44) беріктік шегі және созылудағы беріктік шегі көрсетіледі.

Жоғары берікті шойындар – графиттері шар тәрізді пішінді шойындар. Егер модификатор ретінде магнийді қолданған жағдайда, бөлінген графит түрі шар тәрізді (3.3,6 сурет) болады. Осының нәтижесінде шойынның механикалық қасиеттері біршама жақсарады, созылмалығы қатты жоғарлайды және беріктіктің біршама жоғарлағаны байқалады.

Жоғары механикалық қасиеттің түзілуінің негізгі себебі графиттің түрінің шар тәрізді болуы. Сұр шойында графиттің пластиналы бөлінуі өте өткір жиекті ішкі «кертік» түрінде болады, олардың негізінде материалды жүктеу кезінде қатты кернеу концентрациясы түзіледі, ол графитті қоспалардың жалғасы болып саналатын өткір жарықшақтардың дамуына әсер етеді. Шар тәрізді пішінді графитті қоспалар жазықтығы бірқалыпты емес кернеудің таралуын қалыптастырмайды.



3.3 сурет. Графиттің әртүрлі пішіні кезіндегі шойынның микроқұрылымы:
а – пластиналы пішінді графит (қалыпты сұр шойын);
б – шар тәрізді (беріктігі жоғары шойын); в – ұлпа тәрізді (соғылған шойын)

Механикалық қасиеттеріне байланысты жоғары берікті шойындардан жауапты бөлшектер (иінді біліктер, тісті дөңгелектер және т.б.) жасалады. ВЧ әріптерімен таңабаланады, әрі қарай келесі сандармен беріктік шегін және салыстырмалы ұзару (%), мысалы: ВЧ 40-10 белгіленеді.

Соғылған шойын – осындай шойын құрамындағы графит ұлпа түрінде (3.3, в сурет) болады. Графиттің мұндай пішіні соғылған шойындардың жоғары берікті және созылмалы сипатты болуының негізгі себебі.

Соғылған шойындағы көміртек құрамының аз болуы екі себепке қатысты болады:

- жоғары берікті сипатты алу үшін (графитті қоспалар мөлшерін азайту керек);
- қалыптағы құйманы салқындату кезінде пластикалық графиттің бөлінуін болдырмау қажет.

Соғылған шойындар КЧ әрпімен таңбаланады, әрі қарай сандармен беріктік шегі және салыстырмалы ұзару (%), мысалы: КЧ 30-6 белгіленеді [1, 2].

3.3. Сұр шойынды құймалардың сипаттамасы және қолданыс аумағы

Ең кеңінен таралған құйма қортпа сұр шойын, содан кейін көміртектегі және легіріленген болат, сонымен бірге түсті металдар және қортпалар саналады.

Конструкциялық шойындар үшін ең маңыздысы олардың механикалық қасиеттері саналады, механикалық қасиеттерге қатысты

олардың машнажасау және металлургиялық әртүрлі салаларда қолданылуы анықталады. Сонымен бірге, оларға қатысты жиі төзу тұрақтылығы, тоттануға кедергілі және басқада физикалық және химиялық қасиеттеріне қатысты талаптар қойылады. Құймалардағы бұл қасиеттер кейбір жағдайларда (мысалы, қалыпты өндіру кезінде) қалыпты легірленбеген не төмен легірленген шойындарды қолданумен қамтамасыз етіледі. Арнайы қасиеттер бойынша талап басым болған кезде орташа не жоғары легірленген шойындарды қолдану қажет. СЧ 24-44-СЧ 44-64 шойындарға арналған механикалық қасиеттер нормалары арнайы құйылған диаметрі 30 мм цилиндрлі үлгілермен анықталады. Сонымен бірге механикалық, физикалық және химиялық қасиеттері бойынша барлық құйылған шойындарға технологиялық қасиеттерді сақтау шарттары қойылады, олардың негізгілерінің бірі – құйылған. Конструкциялық шойыннан осы қатынастағы ең үздігі сұр шойын, сұр шойыннан пайдасыз не аз пайдалы және ең үлкен жарамды шығымды құймаларды алуға болады. Осы, сонымен бірге оның басқа ерекшеліктері, оның ішінде өндіріс технологиясының қарапайымдылығы және бағасының арзан болуы, сұр шойынды ең кеңінен таралған құймалы қортпа ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл шойынның сұйықты аққыштығы жоғары және шөгуі аз болады.

Химиялық және физикалық қасиеттеріне қатысты сұр шойынды құймаларды келесі негізгі топтарға бөлуге болады:

- аз және орташа беріктікті – тіреу, қақпақ, суппорттар, негіз, жұқақабырғалы құймалар, үлкен емес жұмысшы қысымдар әсер етеін бөлшектерді, подшипниктерді және т.б. жасауға арналған;
- өте жоғары және жоғары беріктікті – машинажасау саласындағы жауапты құймаларды (цилиндрлер, тістегергіштер, тұғыр, маховитер, цилиндрлер блоктары, сораптар корпусы, радиалды-бұрғылау білдектерінің бағанасы, муфта, иінді біліктер және т.б.) жасауға арналған.

Беріктігі ең аз шойынды маркалар СЧ 00 және СЧ 10 феритті негізді ірі пластиналы графитті. Ең берікті – шойындар маркалары СЧ 24-44 ден СЧ 44-64 дейінгі перлитті негізді құйынды пішінді ұсақ графитті қоспалы болады.

Сұр шойынға (не сұр шойынды құймаларға) арналған стандарттарда σ_b аз шақтамалы мән рәсімделмейді.

Іілу кезіндегі беріктік шегі, құйылған дайындамада 30мм диаметрмен анықталған, ұзақ уақыт бойы созылу кезіндегі уақытша

үзілу кедергілігімен сұр шойынның механикалық қасиеттерінің көрсеткіштері белгіленді. 3.5 кестеде сұр шойынның әртүрлі маркасына арналған $\sigma_{изг}$ және σ_b шекті мәні келтірілген

Сығу кезіндегі беріктік шегі, сұр шойында шамамен σ_b қарағанда 3÷4 есе жоғары. Артық сығу және иілу кернеуі әсер етумен жұмыс жасайтын бөлшектер үшін осы себеп бойынша сұр шойын тұрғыдан және бағасы бойынша ең арзан конструкциялықты материал болып табылады.

Созылу күшіне қарағанда, сұр шойынның сғу күшінің өте жоғары кедергілігін пайдаланумен олардың қималарының асиметриялы болуы есебінен иілетін конструкцияның беріктігін жоғарлатуға болады.

Кесу кезіндегі беріктік шегі, шамамен мына $\tau_{ср} = (0,75\div 1,8)\sigma_b$ теңдеумен сипатталады. Аз мән өте беріктігі жоғары шойынға сәйкес келеді.

3.5 кесте

Статистикалық жүктелу кезіндегі сұр шойынның механикалық қасиеті

Шойын маркасы	$\sigma_{изг}$, МПа	Тіреулер арасындағы арақашықтық кезіндегі иілу меңзері, мм		$\sigma_{сж}$, МПа	$\tau_{ср}$, МПа
		600	300		
СЧ10	280	7,0	3,0	530	110
СЧ15	350	8,0	3,0	650	150
СЧ20	420	9,0	3,0	800	200
СЧ25	490	10,0	3,5	950	250
СЧ30	560	11,0	4,0	1100	300
СЧ35	630	12,0	4,5	1250	350

3.6 кестеде BS 1452 1977 Ұлыбританиялық стандарттары бойынша сұр шойынның механикалық қасиеттері келтірілген.

Сокқы тұтқырлығы (КС). Сұр шойын сынғышты материал саналады. Сұр шойынның сокқы тұтқырлығы $10\div 80$ кДж/м² (3.7 кесте) шегінде болады. КС өте жоғары мәні өте жоғары маркалы шойынға сәйкес келеді:

Марка чугуна	СЧ15	СЧ20	СЧ25	СЧ30	СЧ35
КС, кДж/м ² 10	20	40	60	80	

Ферритті негіз кезінде сұр шойынның соққы тұтқырлығы 100, ал перлитті сұр шойын кезінде – 70 кДж/м² құрайды.

3.6 кесте

Сұр шойынның механикалық қасиеттері

Свойства қасиеттері	Шойын маркасы						
	150	180	220	260	300	350	400
Созылу кезіндегі уақытша үзілу кедергісі, МПа	150	180	220	260	300	350	400
Созылу кезіндегі аққыштық шегі, МПа:							
$\sigma_{0,01}$	42	50	62	73	84	98	112
$\sigma_{0,02}$	98	117	143	169	195	228	260
Бұзылу деформациясы, %	0,6÷0,75	0,5÷0,7	0,39÷0,63	0,57	0,50	0,50	0,50
Серпімді деформация, %	0,15	0,17	0,18	0,20	0,22	0,25	0,28
Ø 20 мм тілікті үлгінің созылуы кезіндегі уақытша үзілу кедергісі, МПа	120	144	176	208	240	280	320
Сығу кезіндегі беріктік шегі, МПа	600	672	768	864	960	1080	1200
Сығу кезіндегі аққыштық шегі, МПа:							
$\sigma_{0,01}$	84	100	123	146	168	196	224
$\sigma_{0,02}$	195	234	246	338	390	455	520
Қиықтағы беріктік шегі, МПа	173	207	253	299	345	403	460
Бұралу кезіндегі беріктік шегі, МПа	173	207	253	299	345	403	460
Серпімділік модулі, ГПа:							
созылу кезінде	100	109	120	128	135	140	145
сығу кезінде	100	109	120	128	135	140	145
Қажу шегі, МПаПа	68	81	99	117	136	145	152

Соққы кедергісі. Бір соққымен бұліну энергиясы бойынша анықталатын кертiкті үлгiдегi сұр шойынның соққы тұтқырлығының мәні төмен және іс жүзінде қалыпты соққы жүктемесі әсер ету кезінде

шойынды бөлшектердің жұмыс жасау қабілеттілігі сипатталмайды. Ең нақты көрсеткіш көпеселі соққы жүктемесі әсер ету кезіндегі сұр шойынның бүліну кедергілігі саналады. Циклді соққылы сынау кезінде соққы саны, не үлгінің бүлінуіне дейінгі көпеселі соққы энергиясының жиынтығы анықталады. Бұл көрсеткіштер шойын беріктігімен тығыз коррелирленеді.

Серпімділік модулі, әртүрлі маркалы сұр шойынның серпімділік модулі $70 \cdot 10^3$ ден $160 \cdot 10^3$ МПа дейін және жоғары, шойын маркасы жоғары болған сайын жоғары болады:

Шойын

маркасы СЧ10 СЧ15 СЧ20 СЧ25 СЧ30 СЧ35

$E \cdot 10^{-3}$, МПа $70 \div 110$ $70 \div 110$ $85 \div 110$ $90 \div 110$ $120 \div 145$ $130 \div 160$

Е модулі, біріншіден, шойын құрамындағы графиттің мөлшеріне және оның қоспасының өлшеміне тәуелді болады. Марицаның әсері маңызды емес.

3.7 кесте

Әртүрлі берікті сұр шойынның соққы тұтқырлығы және соққы кедергісі

σ_b , МПа	КС, кДж/м ²	Сынғанға дейінгі соққы саны	Легірлеуші элементтер, %
280	30,0	650	0,8P
300	30,0	2248	0,2Cr; 0,2Cu
350	70,0	24900	1,7Ni

Циклді тұтқырлық не демпфирлеуші қабілеттілік. Құрылымның біртекті болмауына және пластиналы графиттің болуына қатысты сұр шойындағы мәжбүрлі ауытқу біршама жылдам басылады. Циклді тұтқырлықты жүктелудің кез келген түрі кезінде және ф циклінің серпімді барлық энергиясына қатысты энергия шығынымен анықтауға болады, оның мәні түзілетін кернеу шамасына біршама тәуелді болады. Әдетте ϕ $1/3\sigma$ тең кернеу кезінде анықталады. Сұр шойынға арналған ϕ шамасы марканың жоғарлауымен төмендейді:

Шойын

маркасы СЧ15 СЧ20 СЧ25 СЧ30 СЧ35

ϕ , % 32 30 28 25 22

Әртүрлі маркалы сұр шойындағы ϕ мәні 20÷30% құрайды, бұл шар тәрізді графитті шойынмен (15 артық емес) және болатпен (4% артық емес) салыстырғанда біршама жоғары.

Сұр шойын үшін қыздыру кезінде беріктік және қаттылықтың төмендеуі тән. 423÷523 К кезінде беріктіктің төмендеуі байқалады, ал кейін 623÷673 К кезінде беріктік бастапқы мәнге дейін жоғарлайды, әрі қарай – бірқалыпты төмендейді. Көптеген жағдайда жоғары температура кезінде жұмыс жасайтын бөлшектер үшін қысқамерзімді сынау көрсеткіштерінің мәні емес, беріктіктің ұзақтығының мәні, ал сонымен бірге аққыштық жылдамдығы маңызды, ол қыздырылған үлгіге тұрақты кернеудің ұзақ уақыт әсер етуі кезінде пластикалық деформациялану жылдамдығымен сипатталады. Сұр шойынның жылжымалы жылдамдығы температура және кернеуге қатысты тәуелді болады. 10 жылдық жұмыс жасау мерзіміне қатысты шақтамалы жылжымалы жылдамдық $1 \cdot 10^5\%/сағ$ тең болады. Легіріленген $5 \div 0,7\%Mo$ жылжымалықты кедергілікті біршама жоғарлатады.

Шойын **тығыздығы** қаншалықты жоғары болса, көміртек және кремний құрамы және оның құрылымдағы графит аз болады. Тығыздыққа микрокеуектілік әсер етеді, ол шойынды құймада болуы мүмкін. Тығыздық $\pm(0,3 \div 0,8 \text{ кг/м}^3)$ шекте ауытқуы мүмкін.

Сұр шойынның құрылымын және қасиетін анықтайтын маңызды элементтер, металда қандай да бір мөлшерде болатын көміртек және кремний. Сұйықты аққыштық C, Si, P құрамының жоғарлауымен жоғарлайды және S жоғарлауымен төмендейді. Соңғы уақыт ішінде кремниймен қатар алюминийге графиттеуші элемент ретінде үлкен көңіл бөлінеді, онымен кейде жартылай не толығымен сұр шойындағы кремний ауыстырылады. Бұл шойынның механикалық қасиеттерін, әсіресе созылмалықты жоғарлатады. Жұқа көркем құюға арналған шойындардың сұйықты аққыштығы жоғары ($1,0 \div 1,2\%P$) болуы керек. басқа элементтерде құрылым түзілуге, сонымен қатар сұр шойынның қасиетіне де әсер етеді. Бірақта сонымен бірге олардың салыстырмалы аз концентрацияларындағы бкл әсер ету шамалы болады.

Шойынның қасиеттеріне әсер ететін факторлар: металл құрамы, балқыманың сұйық күйі, салқындау жылдамдығы, термиялық өңдеу.

Сұр шойынның құрылымы өте әртүрлі және оның қасиетін анықтайтын негізгі фактор. Ол оның химиялық құрамына және салқындау жылдамдығына, құйма қабырғасының кері пропорционалды қалыңдығына тәуелді болады. Сонымен бірге қарастырылатын қасиеттерге қатысты тәуелділіктегі негізгі маңыздысы графит не

матрица. Жауапты құймалар үшін ең үздік құрылым жиі перлитті, сорбитті не трооститті матрица және ұсақ бірқалыпты таралған пластиналы графит. Сұр шойынның құрылымын және оның қасиетін анықтайтын маңызды процесс – бұл графитизациялану, оған тек ғана графит сипаты және мөлшері тәуелді емес, сонымен бірге матрица құрылымының шамалы дәрежесі де тәуелді болады. Салыстырмалы графитизациялануға қарқынды әсер ететін элементтер келесі кезектілікпен сипатталады:

+ Si, Al, C, Ti, Ni, Cu, P, Zr, | Nb |, W, Mn, Cr, V, S, Mg, Ce, Te, B –

Элементтер, Nb қатысты осы қатарда сол жақта орналасқан, графиттеуші элементтер, оң жақта графиттеуге қарсы элементтер орналасқан.

Сұр шойынның маңызды қызметтік қасиеті оның фрикциондылығы, тозу мықтылығы және герметикалығы (3.8 кесте).

3.8 кесте

Болат бойынша майлаумен үйкеліс кезіндегі болат және сұр шойынның үйкеліс коэффициенті және тозуы

Үйкеліс жұбы	Үйкеліс коэффициенті	Тозу, мг	
		шойын	болат
Шойын-болат	0,03	0,95÷1,15	1,35÷1,62
Болат-болат	0,077	1,88	1,88

Сұр шойын фрикционды пластмассамен жұпта құрғақ үйкеліс кезінде фрикционды материал ретінде қолданылады. Сұр шойын бетті үйкелісті қызу кезінде сырғанау жылдамдығының кең диапазонында жеткілікті жоғары (0,2÷0,4) және тұрақты үйкеліс коэффициентін, жақсы тежеуді қамтамасыз етеді. Осыған қатысты ол фрикционды дискілер, ұшақтар, автомобильді дискілер және тежегішті барабандарда қолданылады.

Тозу мықтылығы үйкеліс жағдайында жұмыс жасайтын машиналар және бөлшектердің ұзақмерзімділігімен сипатталады және $г/м^2·сағ$ немесе $мм/ч$, $мм/жыл$ және т.б. металл шығынындағы жылдамдық ретінде анықталады. Үйкеліс кезіндегі машина бөлшектерінің тозуы екі негізгі факторға: үйкеліс жағдайы (сырғанау жылдамдығы, жүктелу, орта) және үйкелісетін материал жұбына тәуелді анықталады. Майлаумен, құрғақ үйкеліс, абразивті және мүжілу-кавитациялық кезіндегі тозу анықталады. Үйкеліс аймағында қажалатын денелердің

материалдарының ілінісуі артық не абразивті (сызатты) әсер ету жағдайында тозудың аз қарқыны байқалады. Сұр шойынның тозу мықтылығы басқа металдар сияқты үйкеліс жағдайымен анықталады, бірақта шойын құрамы және Шарпи ережелерін қанағаттандыратын оның құрылымының ерекшелігінің маңызы үлкен болады.

Сондықтан үйкеліс жағдайына қатысты әртүрлі шойындар қолданылады. Сонымен майлаумен үйкеліс жағдайында, үйкеліс коэффициенті $0,001 \div 0,10$ (майлау болмаған кезде $\mu = 0,12 \div 0,8$) сипатталатын антифрикционды шойындар қолданылады. Майлау болмаған кезде сұр шойынның тозуы аз болса, соншалықты оның қаттылығы үлкен болады. Абразивті тозу жағдайында сұр шойынның салыстырмалы мықтылығы төмен болады. Бұл жағдайда қаттылығы және беріктігі жоғары легіріленген шойындар қолданылады.

Кез келген материалмен жұптасқан сұр шойын үйкелісі кезінде, құрылымда, пластиналы графиттің болуына қатысты оның ерекше антифрикционды қасиеттері байқалады. Үйкеліс кезінде графит жартылай мүжіледі және қатты майлау рөлін атқарады. Сондықтан құрғақ үйкеліс кезінде жұп жеткілікті жоғары жылдамдық және жүктеме кезінде қарқынды тозусыз жұмыс жасайды. Графитті қоспалы майлау кезіндегі үйкелісте майлау сіңеді, майлау мүжілген графитке қатысты жазықтықта сақталады. Осыған қатысты үйкеліс тәртібіндегі «майлаусыз ашығу» кезеңде майлау тәртібі сақталады, сондықтан жылдамдық және жүктеменің кең аралығында шойын антифрикционды және тозуға мықты материал ретінде қолданылады.

Абразивті ортадағы үйкеліс кезінде сұр шойын тозуға тұрақты материал ретінде қолданылмайды. Бірақта майлау абразивті бөлшектермен (қозғалтқыштар цилиндрлеріне және компрессорларға, бағыттаушы білдектерге тән жағдай) қалыпты ластанған кезде оның тозу мықтылығы жеткілікті жоғары болады. Үйкеліс аймағында графитті кеуектер абразивті бөлшектерді «жұтады», соның әсерінен абразивті тозу қарқыны төмендейді.

Сұр шойынның тозу мықтылығы оның құрылымына тәуелді болады. Құрылымның әсері әртүрлі үйкеліс жағдайында әртүрлі дәрежеде байқалады. Металды негізді (шыңдалмаған) шойынды перлитті құрылымның тозу мықтылығы ең жоғары болады. Сонымен бірге перлит қағшалықты дисперсті болса, соншалықты тозу аз болады; ал ферриттің $5 \div 15\%$ артық мөлшері шойын қаттылығын және тозу мықтылығын, оның қарсы кетікті қасиеттерін төмендетеді. Сұр шойынның тозуына ферриттің кері әсер етуі өте қатты байқалады.

Перлитті шойындағы эвтектикалық цементит қоспасы, әсіресе ластанған майлау жағдайында (абразивті тозу) оның тозу мықтылығын жоғарлатады.

Сапалы орындалған шыңдалу (мартенсит қаттылығы 700 HV кем емес, шойын 42 HRC кем емес) сұр шойынның тозу мықтылығын біршама жоғарлатады.

Тозу қарқынына графиттің таралуы әсер етеді, ол графит пластиналары арасындағы «а» орташа арақашықтығымен (графитті қоспалы қиылсатын қиманың кері санының шамасы) сипатталады. Шойында цилиндрлер гильзасы графит пластинасының оңтайлы ұзындығы – 45÷90 мкм.

Герметикалық, құйма қабырғасы арқылы белгілі қысым астында газ не сұйықтықтың сүзуге қарсы тұру қабілеттілігі ретінде, графитке қатысты, сонымен бірге шөгу кеуектілігіне және жұмысшы орта күйіне және қасиетіне, бір жағынан, ал екінші жағынан құйманың құрамы, құрылымына және тығыздығына тәуелді сұр шойынның маңызды пайдалану қасиеті. Мұндағы ең маңызды құрылымдық құрамдас бөлік графит, оның құрамының және өлшемдерінің жоғарлауы графитті кеуектіліктің жоғарлауына әсер етеді. Шөгпелі кеуектілік қоректену жағдайына қатысы тәуелділікте орындалады, ол металды статистикалық қысым және құманың кату градиентінің жоғарлау шамасы бойынша жақсарды.

Герметикалық газ, сұйықтың (шығынмен) ағу жылдамдығы, не қысым шамасымен, сол кезде ағудың басталуы анықталады. Құйманың герметикалығын анықтайтын негізгі фактор, қуыс және кеуектің өздерінің арасындағы олардың өзара бір-бірімен (транзиттік), жалғастыруы саналады. Транзитті кеуектілік құйманы сынау не пайдалану процесінде жеке кеуектер арасындағы далданың бүліну есебінен жоғары қысым кезінде жоғарлайды. Сұр шойындағы транзитті кеуектер металды матрица және графитті қоспалар арасындағы жалғастырушы болып саналады, сонымен бірге дендритті жалғастырушылар арасындағы жолақ өлшемі 1 мкм кем емес болады.

Шойынның герметикалығы графит қоспасының мөлшері және өлшемінің жоғарлауы кезінде төмендейді. Қалыңдығы 1 мм қабырға арқылы газдың ағуы, шойынның көміртекті эквиваленттінен жоғары және оның салқындау жылдамдығы төмен болғанда үлкен болады. Легірлеу шойынның герметикалығын жоғарлатады.

Тоттану төзімділігі. Сұр шойын тотануға төзімді материал саналмайды. Қышқылды күшті және әлсіз ертінділердегі оның тотану

жылдамдығы жоғары болады. Хроммен (0,4÷0,8%) және никелмен (0,35÷1,0%), легіріленген сұр шойын 323 К дейінгі температура кезінде сілтілі төзімді болады.

Сұр шойынның тотану төзімділігіне, химиялық құрам және құрылымға қарағанда құймадағы оның тығыздығы үлкен әсер етеді. Құрамындағы кремний 1,5% кем сұр шойынның тығыздығы үлкен болады. Центробежді тәсілмен құйылған сұр шойыннан құбырдағы түпті тотану жылдамдығы аз және стационарлы қалыпта құйылған құймаларға қарағанда оның тығыздығы үлкен болады.

0,6% дейінгі Cu қосқан кездеәлсіз қауіпті бірқатар ортада (атмосфералық тоттану және сірке қышқылындағы тоттану) сұр шойынның тоттану төзімділігі жоғарлайды. Тұзды және сілтілі ертінділерде мысты шойындардың төзімділігі жоғары болады. 2% дейінгі Sn қосқан кезде шойын төзімділігі 10-, 20%-қышқылда 1,3÷2,3 есе (тұзды қышқыл); 1,8÷2,0 есе (азотты қышқыл); 2÷6 есе (күкіртті қышқыл); 1,3÷2,3 есе (тұзды қышқыл); 2,5÷3,0 есе (сіркелі қышқыл) жоғарлайды. 1:2 қатынаста (1% дейінгі жиынтықта) сурьма және мыспен легірлеу бірқатар қышқылдағы сұр шойынның төзімділігі, әсіресе тұзды қышқылдағы сұр шойынның төзімділігі жоғарлайды.

Пластикалық графитті сұр шойынның ыстыққа төзімділігі, жоғары берікті және соғылған сұр шойынға қарағанда төмен, өйткені графитті қоспалар шекарасы бойынша шойынның тотығуы орындалады. Хром және мыспен (1% дейін) легірлеу ең жақсы нәтижелерді береді. Сұр шойынның модифицирлеу, графитті ұсатумен, тұрақтылықтың дамуына және тотануға қатысты тұрақтылықты жоғарлатады.

Құйылған сұр шойын қасиеті басқа қорғаларға қарағанда жақсы болады. Бұл оны жұқақабырғалар құмасы үшін пайдалануға мүмкіндік береді және жарамды шығудың жоғары коэффициенті кезінде технологиялық процестердің салыстырмалы қарапайымдылығы анықталады. Біріншіден, атап өту қажет, $\lambda_{ж}$ **сұйықтың аққыштығы** әртүрлі тәсілдермен, бірақта жиі металды не құмды қалыпта құйылатын спиральді үлгі бойынша анықталады. Сұр шойынның жоғары құймалы қасиеті әртүрлі құймалы бөлшектерді алуға мүмкіндік береді. Сұр шойынан жасалған мұндай бөлшектер болатты бөлшектермен салыстырғанда шамамен орташа 1,5 есе, түсті қорғалар құймаларынан бірнеше есе арзан болады. Сұр шойынның маркасы қаншалықты төмен болса және соншалықты фосфор құрамы жоғары, соншалықты $\lambda_{ж}$ үлкен болады. Басқа элементтердің әсер етуі негізінен, металдың тұтқырлығының өзгеруімен; бірауақытта марганец

және күкірт құрамы жоғары MnS сульфидтер түзілуімен анықталады, сонымен бірге ерімеген графит және басқа балқуы қиын металды емес қоспалы металда $\lambda_{ж}$ төмендейді. Шихтаны таңдаумен және сәйкесті сұйық металлды өңдеумен (күкіртсіздену, газдандырусыз, артық қызу) осы қоспаларды жоюмен біршама $\lambda_{ж}$ жоғарлатуға болады. Жоғарлаған $\lambda_{ж}$ мәні өте пайдалы, өйткені құйманың қосылмай қалу ақаулығы, толығымен құйылмау, газды қылау, шөкпелі кеуектілік және т.б. ақаулықтардың азайуы мүмкін. Сонымен қатар аз $\lambda_{ж.мин}$ сұйықтық аққыштығы шойын маркасы және құйма қалыңдығына қатысты тәуелділікте анықталады. Сонымен, мысалы, СЧ 20÷СЧ 30 маркалы шойындар үшін көлем қимасы 50 мм² спиральды үлгі кезінде келесі $\lambda_{ж.мин}$ шектіктер ұсынылады:

Құйма қалыңдығы, мм	3÷6	6÷15	15÷25	>25
$\lambda_{ж.мин}$, см	50÷70	40÷50	30÷40	20÷30

Құйманың салқындау жылдамдығы шойынның құрылымының қалыптасуына біршама әсер етеді. Салқындау жылдамдығының жоғарлауы шойындағы химиялық байланысқан көміртектің (цементита) мөлшерлемесінің жоғарлауына, ал еркін графиттің бөлінуі азайады. Сондықтан әртүрлі қималы құйма шойынында бір химиялық құрамды шойында әртүрлі құрылымды шойын алынады. Мысалы, үлкен жылдамдықпен салықндатылатын құйма бетінде ақ шойын құрылымы түзіледі, ал шойынның орта бөлігінде графитизациялану дәрежесі әртүрлі сұр құрылым түзіледі. Салқындау жылдамдығы құйма қабырғасының қалыңдығына, материал түріне және шойынның құю температурасына қатысты тәуелді болады.

Автомобильдер және тракторлар конструкциясындағы сұр шойынында құйылған бөлшектер салмағы жалпы салмақтың 15÷25% құрайды. Негізгі номенклатура – бұл жауапты бөлшектер: блоктар, қақпақшалар, цилиндрлер гильзасы, қозғалтқыштың түпті подшипниктерінің қақпақшалары, тежеу дискілері және ілініс дискілері, тежеу барабандары, бөлшектер үшін сұр шойын оңтайлы технологиялықты және тиімді конструкциялы материалдар ретінде қолданылады.

СЧ10, СЧ15, СЧ20 маркалы шойындар – ферритті және ферритті-перлитті шойынды. Бұл шойындар құйма қабырғасының қалыңдығы 10÷30 мм жұмыс жасау кезінде шамалы жүктемелер әсер ететін аз жауапты бөлшектерді жасау үшін қолданылады. Сонымен СЧ10 шой-

ыны құрылысты бағаналар, іргетасты плиталарды, ал СЧ15 және СЧ20 – автомобильдер, тракторлар, білдектер, ауылшаруашылығының машиналарының аз жүктемелі құйылған бөлшектерін жасау үшін қолданылады. Перлитті шойындар (СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30, СЧ35) қабырғалар қалыңдығы 60÷100 мм (қабырға қалыңдығы қаншалықты қалың болса, соншалықты механикалық қасиеттері төмен болады) жауапты құймаларды (үлкен қысым жағдайында тозумен жұмыс жасайтын механизмдер және қуатты білдектер тұғырлары, поршендер, цилиндрлер, бөлшектер, компрессорлар, арматуралар, дизельді цилиндрлер, козғалтқыштар блоктары, металлургиялық жабдықтар бөлшектері және т.б.) жасау үшін қолданылады [20, 21].

3.4. Сұр шойынды құймалардың қасиетіне химиялық құрамының әсері

Машинажасау салаларында қолданылатын құймалар үшін қолданылатын сұр шойын құрамында 2,7÷3,6%С, 1,5÷3,5%Si, 0,4÷1,0%Mn, 0,3%P дейін, 0,1%S дейін болады. Қалыңқабырғалар үшін көміртек құрамының төменгі шегі, ал жоғары – жұқақабырғалы құймалар үшін қолданылады. Шойын құрамына кіретін көміртек жартылай еркін күйде, ал қалған бөлігі байланысты күйде (Fe_3C химиялық қосылыс не темірдегі қатты көміртекті ертінді түрінде) болады. Көміртектің құрамының жоғарлауымен еркін бөлінетін графит мөлшері жоғарлайды. Осы кезде әрбір қоспаның өлшемі көбейеді. Графитті пластиналардың құйындылығы қаншалықты аз болса, соншалықты олардың металды массадағы шоғырлануы азайады, соншалықты шойын беріктенеді. Шамалы көлемдегі пластиналардың үлкен санының шоғырлануы шойынның кеуектілігіне әсер етеді.

Кремний цементтің ыдырауына және графиттің бөлінуіне ықпал етеді. Кремнийдің шойынның микроқұрылымына өзінше әсер етуі, көп жағдайда көміртекке ұқсас болады.

Марганец толығымен шойында ериді, ертіндіге феррит және цементпен бөлінеді. ол графиттелуге кедергі жасайды және шойынның ағаруына ықпал етеді. Марганец құрамы 1% дейін болған кезде күкірттің кері әсерін бейтараптандырумен механикалық қасиеттің жоғарлауына ықпал етеді. Әрі қарай марганец құрамы жоғарлаған кезде шойынның сынғыштығы жоғарлайды.

Күкірт темірмен бірге FeS қосылысын түзейді, ол шойында ериді. Шойын қатқан кезде күкіртті темір темірмен жеңіл балқитын қорпа

Fe+FeS түзейді, балку температурасы 950°C. Бұл қортпа шойында ең соңында қатады және кристалдар арасындағы кеңестікте орналасады, бұл жоғары температура кезінде шойынның механикалық қасиеттерін төмендетеді. Күкірт шойынның сұйықты аққыштығын төмендетеді, шөгуді жоғарлатады және құймадағы жарықшаның түзілуіне қатысты қабілеттілікті жоғарлатады. Шойындағы күкірттің кері әсер етуі күкірт құрамынан 5÷6 есе жоғары мөлшерлі марагнецті қосумен бей-тараптандырылады,

Қатты шойын құрамындағы фосфор еріген күйде болады. Құрамы ерудің жоғары шегінен артық болған кезде ол фосфидті эвтетикалықты түзеді, ол фосфордың 0,7% дейінгі мөлшері кезінде жеке қоспа түрінде бөлінеді, сонымен бірге тағы үлкен мөлшерлі кезде осы қоспалар жалпақ тоға бірігеді. Жауапты құймада фосфор құрамы 0,2÷0,3% артық емес болу тиіс. Оның жоғары құрамы шақтамалы шойынның сұйық аққыштығын жоғарлатумен жұқақабырғалы құйманы (мысалы, көркемді құю) жасау үшін қажет, олар үшін жоғары беріктік қажет емес.

Никель графиттеуге және ұсақ дисперсті перлиттің түзілуіне ықпал етеді, әртүрлі қимада тығыз құрылымды және бірқалыпты құйманы алуды қамтамасыз етіледі.

Хром карбид түзейтін, графиттелуді қиындататын элемент саналады. Ол шойын қаттылығын жоғарлатады және оның өңделуінің нашарлатады. Сондықтан хромды енгізу кезінде міндетті түрде кремний құрамы жоғарлайды. Негізінен, хром никельмен бірге бөлінеді, шойынның жоғары механикалық қасиетін алуды қамтамасыз етеді.

Молибден ұсақ және тығыз құрылымды, сонымен бірге ол шойынның ыстықты беріктігін жоғарлатуға ықпал етеді. 3.9 кестеде сұр шойынның маркаларының химиялық құрамы келтірілген [21].

3.5. Жоғары берікті шойынды құймалар сипаттамасы және қолданыс аумағы

Жоғары берікті шойынның механикалық және пайдалану қасиетінің диапазоны кеңінен қолданылады. Шойындар арасындағы ең жоғары созылмалық және тұтқырлықпен сипатталатын ферритті жоғары берікті шойын, құйылған бөлшектерге және салқынды және соққы тұрақтылықты, жақсы дәнекерлеу және кесумен өңдеуді қамтамасыз етеді.

3.9 кесте
SAE J431C (АКШ) стандарттарына сәйкесті шойындар маркалары және химиялық құрамы

Шойын мар-касы	Элементтер құрамы, %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Cu	Sn		
Дизельді қозғалтқыштар блоктары және қақпақшалары										
СЧ 20	3,2÷3,5	2,0÷2,4	0,6÷0,8	0,3÷0,45	0,15	0,03÷0,08	0,15±0,4	-		
СЧ 20	3,3÷3,45	2,0÷2,4	0,5÷0,7	0,3÷0,4	0,12	0,03÷0,08	0,3±0,4	-		
СЧ 25	3,2÷3,5	1,7÷2,1	0,5÷0,8	0,3÷0,6	0,2÷0,5	0,03÷0,08	0,3±0,6	-		
3000 (СЧ 20)	3,1÷3,4	1,9÷2,3	0,6÷0,9	-	-	-	-	-		
3500 (СЧ 25)	3,0÷3,3	1,8÷2,2	0,6÷0,9	-	-	-	-	-		
Блоки карбюраторлы қозғалтқыштар блоктары										
СЧ 20	3,3÷3,5	2,1÷2,4	0,45÷0,6	0,1÷0,35	0,1÷0,25	-	-	0,06±0,1		
СЧ 25	3,3÷3,6	2,3÷2,6	0,8÷1,1	0,2÷0,35	0,15±0,35	-	0,4±0,6	-		
СЧ 30	3,2÷3,4	2,0÷2,3	0,5÷0,8	0,25±0,4	0,1±0,25	-	-	0,08±0,12		
СЧ 35	3,25÷3,35	2,1÷2,2	0,5±0,7	0,1±0,25	0,1±0,3	-	-	-		

Ескерту: жақша ішінде 1412-85 МЖСТ бойынша эквивалентті марка берілген.

3.10 кесте
Жоғары берікті шойын маркалары және механикалық қасиеттері

Шойын маркасы	σ _в , МПа	σ _{0,2} , МПа (артық емес)	δ, %		Шойын маркасы	НВ	σ _в , МПа	σ _{0,2} , МПа (артық емес)	δ, %		НВ
			220	250					370	420	
ВЧ35	350	220	22		ВЧ60	140÷170	600	370	3		192±277
ВЧ40	400	250	15		ВЧ70	140÷202	700	420	2		228±302
ВЧ45	450	310	10		ВЧ80	140÷225	800	480	2		248±351
ВЧ50	500	320	7		ВЧ100	153±245	1000	700	2		270±360

Перлитті жоғары берікті шойын статистикалық және циклді жүктемелерге, тозу және кетікті тұрақты кедергілікті болады.

Жоғары берікті шойын белгіауыспалы динамикалық жүктемелі, жоғары қысымды, қалыпты қауіпті газды сұйық орталы (қышқылды, тұзды, сілтілі), кері температуралы (-100°C дейін), термоқажу, (400÷600°C дейінгі максималды температуралық цикл кезінде) жылулы соққы жғдайында жұмыс жасайтын соғу және сұр шойынды, көміртекті болаттар орына қолданылады.

Соққы- және тотануға мықтылықтың үйлесімділігіндегі жоғары герметикалық жоғары берікті шойын фитингтер және екпінді құбырлы ең тиімді материал ретінде қолданылады.

7293-85 МЖСТ сегіз жоғары берікті шойынды маркалар қарастырылған (3.10 кесте). Көрсетілгендей, жоғары берікті шойынды маркалар шартты шекті аққыштық ($\sigma_{0.2}$) және созылу (σ_b) кезінде уақытша үзілу кедергілік көрсеткіштерімен анықталады. Ал марка ВЧ әріптерімен шартты және шартты сандық цифрмен минималды σ_b мәні МПа*10⁻¹ белгіленеді.

Жоғары шойынның ерекше айырмашлығы оның механикалық қасиеті саналады, бұл шар тәрізді графиттің болуына қатысты, сұр шойында қаншалықты графит созылмалы болса, соншалықты матрицаның жұмысшы кимасы әлсіз, сонымен қатар, өте қатты керткішеуші әсер етеді, соның нәтижесінде графитті сфероидтер айналасында еі дәрежелі кернеу концентрациясы түзіледі. Сонымен бірге жоғары берікті шойыннан және тағы сияқты басқа шойындардан, металл құрамын таңдаумен, оның ішінде легірлеу, өндіріс технологиясын және термиялық өңдеу әдістерін таңдаумен белгілі құрылымдық матрицаны алуға болады.

Осының барлығы, қолданыстағы шойындар түрлеріне қатысты артық жоғары механикалық қасиетті шойын түрлерін алуға мүмкіндік береді. Жоғары берікті шойынның механикалық қасиеттері құйылған күйде не термиялық өңдеуден кейін қамтамасыз етіледі. Салыстырмалы ұзарту, қаттылық және соққылы тұтқырлық көрсеткіштері тек ғана нормалы-техникалық құжаттар талаптарына қатысты анықталады, олар 7239-85 МЖСТ нормаларына сәйкес болу керек, бұл нормада өндіруші және тұтынушы арасындағы келісім бойынша, нормалық шамалардан басқа салыстырмалы ұзарту, қаттылық және соққы тұтқырлығы белгіленеді.

Жоғары берікті шойынның маркалары және механикалық қасиеттері жайлы мәліметтері 3.11 кестеде келтірілген. Кейбір шетелдік стандарт-

тарда (мысалы, АҚШ) барлық жоғары берікті шойындар маркалары үшін тек ғана қаттылық және металды негізді түрлер рәсімделген. Жеке шетелдік фирмалар стандартында, көптеген ұлттық стандарттар талабынан біршама артық жоғары берікті шойындардың механикалық қасиетінің сондай деңгейі рәсімделеді.

3.11 кесте

Шетелдік стандарттарға сәйкес жоғары берікті шойын маркалары және механикалық қасиеттері

Шойын маркасы	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	НВ, ГПа	КС, кДж/м ²
	(кем емес)				
1	2	3	4	5	6
Ұлыбритания BS 2789-85					
350/22	350	-	-	-	-
400/18	400	-	18	-	-
420/12	420	255	12	-	-
450/10	450	-	10	-	-
500/7	500	315	7	170÷241	-
600/3	600	360	3	192÷269	-
700/2	700	410	2	229÷302	-
800/2	800	470	2	248÷352	-
900/2	900	-	2	-	-
Жапония JIS G5502-1986					
FCD40	400	260	15	121÷197	-
FCD45	450	300	10	143÷217	-
FCD50	500	350	7	170÷241	-
FCD60	600	400	2	207÷285	-
FCD70	700	450	2	229÷321	-
АҚШ, ASTM A-536-802					
60-40-18	420	280	18	140÷190	-
65-45-12	450	315	12	140÷190	-
80-55-06	560	385	6	190÷225	-
100-70-03	700	490	3	240÷300	-
120-90-02	840	630	2	270÷400	-

3.11 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
АҚШ, ASTM A476-70					
80-60-03	560	420	3	201	-
Италия, UNI 4544 1979					
42/10	420	300	10	140÷190	-
42/14	420	280	15	130÷170	-
50/5	500	380	5	160÷220	-
55/2	550	400			
	2	190÷250	-		
ФРГ, DIN 1693 1973					
GGG40	400	250	15	135÷185	980÷1960
GGG50	500	320	7	170÷220	590÷1180
GGG60	600	380	3	200÷250	390÷780
GGG70	700	440	2	235÷285	190÷490
GGG80	800	500	2	270÷335	90÷290
GGG35,3	350	220	22	110÷150	-
GGG40,3	400	250	18	120÷165	-
Франция, NF A32-201 1976					
FGS38-15	380	240	15	200	-
FGS42-12	420	280	12	220	-
FGS50-7	500	350	7	210÷260	-
FGS60-2	600	400	2	330÷280	-
FGS70-2	700	470	2	240÷300	-
Австрия, NORM 3193					
SG42	420	280	12	-	-
SG50	500	350	7	-	-
SG60	600	420	2	-	-
SG38	380	250	17	-	-
SG70	700	500	2	-	-
Бельгия, NBN 830-02					
FNG	500	-	2	-	-
FNG38-17	380	240	17	140÷170	-

3.11 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
FNG42-12	420	280	12	150÷200	-
FNG50-7	500	350	7	170÷240	-
FNG60-2	600	400	2	210÷280	-
FNG70-2	700	450	2	230÷300	-
FNG80-2	800	500	2	240÷320	-
Чехословакия, ČSN 42-1242					
42-2438	380	250	17	140÷200	-
42-2442	450	280	12	160÷220	-
42-2450	500	350	7	200÷260	-
42-2460	600	420	2	220÷280	-
42-2470	700	500	2	240÷300	-
ГДР TGL-8119					
GGG40	400	280	12	150÷190	-
GGG45	450	350	-	100÷240	-
GGG50	500	350	5	180÷240	-
GGG60	600	420	2	220÷300	-
GGG70	700	500	2	260÷320	-
ПНР, PN-69/H-83123					
ZS3817	380	250	17	140÷170	600
ZS4012	400	280	12	140÷200	400
ZS4005	450	330	5	160÷220	300
ZS5002	500	380	2	180÷260	200
ZS6002	600	420	2	200÷280	200
ZS7002	700	480	2	220÷300	200
ZS8002	800	500	2	220÷300	200
ZS9002	900	540	2	240÷300	200
ССР, STAS 6071-702					
38-11	380	240	11	140÷180	160
42-12	420	280	12	150÷200	200
45-5	450	320	5	160÷240	150
50-7	500	400	7	170÷240	-

3.11 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
60-2	600	400	2	210÷280	150
70-2	700	470	2	230÷300	200
Финляндия, SF 52113					
GRP38	380	250	17	-	-
GRP40	400	280	12	-	-
GRP50	500	350	7	-	-
GRP60	600	400	2	-	-
GRP70	700	470	2	-	-
Үндістан, IS 1865					
SG38/17	380	240	17	171	-
SG42/12	420	280	12	187	-
SG50/7	500	350	7	170÷240	-
SG60/2	600	400	2	210÷280	-
SG70/2	700	450	2	230÷300	-
SG80/2	800	480	2	260÷330	-
Нидерланды, NEN 6002-D					
GN	500÷700	350	2	170÷320	170
GN38	380	250	170	180	
GN42	420	280	12	200	
GN50	500	350	7	170÷240	
GN60	600	420	2	200÷275	
GN70	700	500	2	220÷320	
Норвегия, NS 11-301					
NS11-338	380	240	20	150	190
NS11-342	420	280	15	140÷180	
NS11-350	500	350	7	170÷230	
NS11-360	600	400	5	200÷360	
NS11-370	700	450	3	230÷300	
Швеция, SIS 1407					
17-02	400	250	18	130÷170	200
17-12	380	250	20	160	
17-15	350	220	22	150	

3.11 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
27-02	500	350	7	170÷230	-
32-03	600	400	5	200÷260	-
37-01	400	450	3	230÷300	-
ОАР, SABS 936					
SG38	380	250	17	180	-
SG42	420	280	12	200	-
SG50	500	350	7	170÷240	-
SG60	600	400	4	210÷280	-
SG70	700	450	3	230÷300	-
SG80	800	500	2	265÷330	-
Түркия, TS 526					
DDK38	380	250	17	-	-
DDK42	420	280	12	-	-
DDK45	450	350	5	-	-
DDK50	500	350	7	-	-
DDK60	600	420	2	-	-
DDK70	700	500	2	-	-

Осы шойынның кейбір маркаларының тозу төзімділігі жоғары, тоттану төзімділігі, жылу төзімділігі, ыстық төзімділігі, сынғыштық төзімділігі, антифрикциялық қасиеті, өңделуі жақсы және дәнекерленеді және автогенді кесумен өңделеді.

Жоғары берікті шойынның жоғары сұйық аққыштығы, аз шөкпелігі, ыстық жарықшалардың түзілуіне қатысты қабілеттілігі шамалы болуы өте маңызды. Сонымен бірге сұр шойынмен салыстырғанда оның шөкпелі қылаудың түзілуіне қатысты бейімділігі және құю кернеуі жоғары және болат не соғылған шойын деңгейінде болады.

Негізінде жоғары берікті шойынның механикалық қасиеті, құйманың салқындау бетінің аумағына (F_0 , м²) қатысты, құйма көлеміне қатысты құйма қабырғаларының қалыңдығының абсолютті мәніне (V_0 , м³) қатысты тәуелді болады, келтірілген қабырға қалыңдығы не модуль ($M_0 = V_0 * F_0$, м) деп аталады. Құйма қабырғасының қалыңдығы және салқындау жылдығының әсер етуінде қалың қимадағы феррит

құрамы жоғарлайды, графиттің флотациялану қауіптілігі күшейеді және оның пішінін және таралуын әлсіздендіреді, элементтердің карбид түзейтін және модифицирлануының микроликвациялануын күшейеді. Осының барлығы беріктіктің, тұтқырлықтың төмендеуіне әсер етеді және пайдалануда қалың қабырғалы бөлшектердің жұмысқа білеттілігін қысқартады. Ескеру қажет, құйманың бетінде әрқашан жоғары қаттылықпен және төменгі созылмалықпен сипатталатын ұсақтүйіршікті құрылымды ферритті құйма қабыршағы болады. Осы себепті шамалы диаметрлі құйылған үлгілердің салыстырмалы ұзаруы аз және құйылмаған қабыршақтар үлгілерімен салыстырғанда беріктігі өте жоғары болады.

Жоғары берікті шойындарға арналған механикалық қасиеттердің ішіндегі ең маңыздысы, дұрыс шар тәрізді пішінді графитті алу саналады, бірақ кейбір жағдайда аралас пішінді графиттің түзілуі мүмкін. Графиттің дұрыс шар тәрізді пішіні бірқатар факторларға (металл құрамы, модифицирлену жағдайына, шихталы материалдар және балқытудың басқа шарттарына) тәуелді болады, бірақ бірінші кезекте ол қалдықты Mg, Ce не басқа сфероидизаторлар құрамымен байланысты болады. Кристаллизациялану пішініне құйманың салқындау жылдамдығы біршама әсер етеді: жылдамдық қаншалықты үлкен болса, соншалықты графиттің шар тәрізді пішіні дұрыс болады.

Легірленбеген не әлсіз легірленген жоғары берікті шойынның маңызды қасиеттерінің қатарына жоғары механикалық қасиеттен басқа подшипникте үйкеліс жағдайында жұмыс жасайтын бөлшектерде байқалатын антифрикциялық қасиет жатады. Осындай жағдайда жұмыс жасайтын материал қасиеттеріне, жоғары тозу төзімділіктен басқа, бірқатар басқа қасиеттер, оның ішінде төмен үйкеліс қасиеті, жоғары жылуөткізгіштік және т.б. жатады.

Төзу төзімділігі жоғары берікті шойындардың оң ерекшелігіне жатады, сондықтан бұл шойын жиі абразивті төзу және жоғары меншікті қысым және майлау қиындық тудыратын (иінді біліктер, турбин бөлшектері және т.б. бұйымдар) жағдайында жұмыс жасайтын бөлшектерді жасау үшін қолданылады. Бұл жағдайда қолданылатын ең қолайлысы, үйкеліс коэффициенті аз және төзу аз болумен сипатталатын легірленбеген жоғары берікті шойынды матрица ретінде перлит қолданылады. мысалы, перлитті шойынның (НВ 270) 1,4 МПа меншікті қысым кезіндегі үйкеліс коэффициенті 0,63, меншікті 2,5 МПа қысым кезінде – 0,52, перлитті-ферритті матрица (НВ 207) кезінде сәйкесті 0,70 және 0,62 тең болады.

Кесу жағдайында ең аз, иілу, созылу және бұралу кезінде аралықты, сығу жағдайында ең жоғары, жоғары берікті шойынның **статистикалық беріктік** сипаттамасы. 3.12 кестеде статистикалық жүктеме кезіндегі жоғары берікті шойынның ферритті және перлитті маркалардың беріктік және аққыштық шегі ұсынылған. Жоғары берікті шойынның, соғылған шойынның және құйылған көміртект болаттардың салыстырмалы негізгі механикалық көрсеткіштерінен байқағанымыздай, жоғары берікті шойынның бірдей беріктік, аққыштық (және қажу) кезінде иілу және бұралу кезінде 1,3÷1,9 есе, ал сығу кезінде – 2÷4 есе артық болады.

3.12 кесте

7239-85 МЖСТ қарастырылмаған жоғары берікті шойынның механикалық қасиеттері

Шойын маркасы	Беріктік шегі, МПа				Аққыштық шегі, МПа			
	иілу кезінде	сығу кезінде	бұралу кезінде	кесу кезінде	иілу кезінде	сығу кезінде	бұралу кезінде	кесу кезінде
ВЧ35	700	1200	400	320	440	760	250	200
ВЧ40	800	1400	420	340	540	930	280	230
ВЧ45	850	1500	440	360	620	1100	320	260
ВЧ50	900	1600	520	400	630	1120	360	280
ВЧ60	1000	1800	600	450	660	1200	400	300
ВЧ70	1100	2000	680	500	700	1280	440	320

Жоғары берікті шойынның **серпімділік модулі** графит пішініне және аз дәрежеде – металды негіздің микроқұрылымға тәуелді болады.

Шойын маркасы	Е, ГПа
ВЧ35, ВЧ40	160÷165
ВЧ45	165÷170
ВЧ50, ВЧ60	170÷175
ВЧ70	175÷180
ВЧ100	180÷190

Конструкциялық материалдардың қабілеттілігі салмақта және ең аз деформациялану кезіндегі ең жоғары жүктеме жалпылама көрсеткіштермен $(\sigma_{0,2} \cdot E)/\gamma^2$ анықталады, мұнда $\sigma_{0,2}$ – шартты аққыштық шегі,

Е – серпімділік модулі, γ – тығыздық. Осы көрсеткіштер бойынша жоғары берікті шойынның салмағы бойынша материалдар тиімділігі соғылған шойын және құйылған болаттармен салыстырғанда біршама артық болады.

Материал	$((\sigma_{0,2} \cdot E)/\gamma^2) \cdot 10^{-11} \text{ Па} \cdot \text{м}^6 \cdot \text{кг}^{-2}$
ВЧ	6,81÷26,38
КЧ	5,51÷17,84
Болат	6,33÷11,73

Жоғары берікті шойындардың **төзімділік шегі** кесу жағдайында ең аз, иілу, бұралу, және созылу кезінде кезекті аралықты, сығу жағдайында өте жоғары болады. Жоғары берікті шойындардың төзімділік шегі статистикалық беріктіктің жоғарлауымен жоғарлайды, ал төзімділік коэффициенті K_f , σ_1/σ_b қатынасына тең матрица құрылымына, кремний құрамына және термиялық өңдеу тәртібіне тәуелді болады. Мысалы, перлитті жоғары берікті шойын шыңдау және жасытудан кейін σ_b және σ_1 (1039 және 340 МПа сәйкес) при пониженном уровне K_f төменгі дәреже кезінде жоғары мәнді болады. Жоғары шойынның төзімділік шегі бытыратқышты ағысты беріктету көмегімен, бетті дөңгелекшелермен таптау, жалынды және индукциялық шыңдаумен жоғарлатылады.

Жоғары берікті шойынның **демпфирлеуші қабілеттілігі** (циклді тұтқырлық) конструкциялық болаттарға қарағанда 2÷3 есе жоғары. Ферритті жоғары берікті шойындардың демпфирлеуші қабілеттілігі ферритті-перлитті сыныпты және жоғары берікті шойынмен салыстырғанда жоғары болады. Жоғары берікті шойындардың демпфирлеуші қабілеттілігі көміртек, кремний (3,5% дейін) құрамындағы жоғары кезінде жоғары және марганец жоғарлаған кезде төмендейді.

Соққы тұтқырлығы – жоғары берікті шойынның созылмалығын бағалаудың негізгі шарттары саналады. Соққы тұтқырлығының жоғары мәні жоғары берікті шойынды ферритті маркалы (ВЧ35, ВЧ40), ең төменгі 0 перлитті (ВЧ70, ВЧ80). Жоғары берікті феритті шойынның тұтқырлықты-сынғышты өту температурасы ең төмен болады. Бірақта ферритті-перлитті жоғары берікті шойындардың кирогенді температурасы (-100°С төмен), КСУ шамасы бойынша басқа жоғары берікті шойындардан артық болады. Феритті жоғары берікті шойындардың соққы тұтқырлығы үлкен габаритті қалыңқабырғалы құймаларда іс жүзінде оңтайлы химиялық құрамды және құюдың технологиялық факторлары жағдайы кезінде жеке құйылған үлгілер деңгейінде сақталады. крем-

ний, марагнец, молибден, тұрақтандыратын карбидтердің, сонымен бірге мыс және фосфордың жоғары құрамында жоғары берікті шойынды сынғышты болады және оның соққы тұтқырлығы төмендейді. Ферритті жоғары берікті шойындарды никельмен легірлеу бірдей берікті жоғары берікті шойынның сынғыштықты төзімділік температурасын төмендетеді. Жоғары берікті шойындардың соққы тұтқырлық мәндері 3.13 кестеле келтірілген.

Ферритті, феритті-перлитті және перлитті жоғары берікті шойындардың **серпімділік модулі** температура 500÷550°C дейін көтерілген кезде салыстырмалы әлсіз төмендейді. Созылу және сығу кезіндегі механикалық қасиеттер диапазонындағы 20 ден 400°C дейінгі температураға қатысты тәуелді болады, ал өте жоғары температура кезінде біршама төмендейді. Ферритті шойынмен салыстырғанда перлитті жоғары берікті шойындар, әсіресе 600°C артық температура кезінде біршама жылдам беріксізденеді.

Салыстырмалы ұзару ~600°C дейінгі температураның көтерілуімен біршама төмендейді, кейін күрт (2÷4 есе құрылымдық күйі және химиялық құрамына қатысты тәуелділікте) жоғарлайды.

3.13 кесте

Жоғары берікті шойынды марканың соққы тұтқырлығының мәні, кДж/м²

Шойын маркасы	КС	КСУ	Шойын маркасы	КС	КСУ
ВЧ35	800÷1500	170÷250	ВЧ60	100÷30	-
ВЧ40	300÷800	100÷150	ВЧ70	100÷250	-
ВЧ50	300÷500	30÷100	ВЧ100	-	100÷160

Феритті жоғары берікті шойындардың **жылжымалық кедергілігі** ~425°C дейінгі температура кезінде перлитке қарағанда төмен болады. Өте жоғары температура кезінде перлитті шойынның жылжымалылығы өте графитизациялаумен шартты өсу күшінен жоғары температурасы кезінде орындалады. перлитті жоғары берікті шойын ферлитті шойынмен салыстырғанда сынау ұзақтығы 102÷103 сағ артық емес кезде ~650°C температура жағдайында бүлінеді. Сығу және созылу кезінде ферлитті және перлитті жоғары берікті шойындар жылжымалылығы шамамен бірдей.

Кері температура кезіндегі жоғары берікті шойындардың ерекше созылмалық және тұтқырлық (КС, δ), көрсеткіштері, механикалық қасиеттері металды негіз түрі және графит пішініне қатысты күшті тәуелді болады.

Жоғары берікті шойынның **тығыздығы** оның кристаллизациялану жағдайымен және қорпаның құрамдас құрылымдық арақатынасы және мөлшеріне қатысты тәуелді анықталады:

Матрица	γ , кг/м ³
Ферритті	7100÷7200
Перлитті	7200÷7300
Бейнитті	7250÷7350

Жоғары берікті шойындардың тығыздығына графит қоспасы үлкен әсер етеді. Сондықтан қорпадағы көміртек және кремний мөлшерінің жоғарлауы оның тығыздығының азайуына ықпал етеді. Жоғары берікті шойынның құрылымында цементитті құрамдасының жоғарлауы кезінде тығыздық жоғарлайды және тығыздық ақ шойын тығыздығына қатысты жақындайды.

Жоғары берікті шойынның **жылуөткізгіштігі** құрылымды құрамдастың мөлшеріне және температурасына қатысты анықталады. Химиялық құрам, графитті пішін, цементитті қоспа және оның дисперстілігі жылусыйымдылыққа іс жүзінде ықпал етпейді. Температураның жоғарлауына қатысты графиттің жылусыйымдылығы жоғарлайды, бірақта феррит және цементит шамалы өзгереді. Таза темірдің (ферриттің) жылусыйымдылығы цементит және графиттің құрамдас құрылымына қатысты аз болады.

Жоғары берікті шойынның **жылуөткізгіштігі** графиттің мөлшеріне қатысты тәуелді ғана емес, сонымен бірге графитті қоспалар пішініне де тәуелді болады. Жоғары берікті шойындағы цементит мөлшерінің жоғарлауы оның жылусыйымдылығының шамалы төмендеуімен орындалады.

Жоғары берікті шойынның **температура өткізгіштігі**. Графит пішініне қатысты тәуелсіз жоғары температура кезіндегі шойынның температура өткізгішті коэффициенті азайады. 473 К дейінгі температура кезінде графитті қоспа пішініне қатысты температура өткізгіштік шамалы тәуелді болады. 873 К артық температура кезінде графит пішінінің шойынға әсері шамалы әлсіз болады.

Жоғары берікті шойынның **электркедергілігі** материалдың құрылымды сезімталды қасиеті көптеген факторларға: химиялық құрамға,

мөлшерге және металды емес қоспалардың фазаларының қатынасына тәуелді болады. Шойын құрамындағы цементитті құрамдастың мөлшерінің жоғарлауымен кедергіліктің жоғарлауымен орындалады. бірдей металды негіз кезінде графит мөлшерінің жоғарлауы электркедергіліктің жоғарлауына әсер етеді. Шойындағы кремний және көміртек қортпадағы осы элементтердің құрамының көбейуіне және керсінше азайуына біршама әсер етеді. Никель және алюминий өздерінің концентрациясының жоғарлауына қатысты меншікті электркедергілікті жоғарлатады. Фосфор электркедергіліктің жоғарлауына әсер етеді, сонымен оның әсер етуі температураның жоғарлауымен күшейеді.

Жоғары берікті шойындардың магнитті қасиетті химиялық құрамға және құрылымдық құрамдастардың арақатынасының мөлшеріне қатысты болады.

Магнитті индукция графиттің өлшемдерінің жоғарлауымен, магнитті өрістің үлкен мәндері, аз кернеулі мәндерге қарағанда өте баяу жоғарлайды. Жоғары берікті шойындардың температурасының жоғарлауы басында баяу, ал кейін өте жылдам азайумен магниттелумен қанығумен, коэрцитивті күштер және гистерезистегі шығындар, сонымен бірге магнитті өткізгіштіктің жоғарлауымен орындалады. Жоғары берікті шойынның магнитті-жұмсақ сипаттамасы төмен көміртеккі болаттарға қарағанда төмен, бірақта жоғары берікті шойынды магнитті сымдардың жасалуы өте қарапайым және пластикалық деформацияланады, бұл коэрцитивті күштің жоғарлауына әсер етеді, сондықтан жоғары берікті шойынды магнитті сымдардың магнитті сипаттамасының шығыны болатпен салыстырғанда аз болады.

Сызықты кеңейу коэффициенті α бөлме температурасынан эвтектоидті өзгеріс басталған нүктеге дейін температура жоғарлаған кезде жоғарлайды, $A_c^H \div A_c^K$ температура аралығында күрт төмендейді. Әрі қарай қызу температурасы α жоғарлаған кезде күрт жоғарлауы байқалады. α секіруі эвтектоидті өзгеру кезінде A_c^H нүктесінен артық температура кезінде термоциклирлеу жағдайында жоғары берікті шойындардың ұзақмерзімділігіне шешуші ықпал етеді.

Тозу төзімділігі. Ферритті негізді жоғары берікті шойынның тең басқа жағдай кезінде тозу төзімділігі аз болады. Шойындағы перлитті құрамдас мөлшерінің жоғарлауы тозу төзімділігінің шамалы жоғарлауымен орындалады. Жоғары берікті шойынның тозу төзімділігіне магнийдің әсер етуі ферриттің микроқаттылығының

жоғарлауымен байқалады. Перлитті сыныпты жоғары берікті шойын $0,05 \div 0,08\% \text{Mg}$ құрамы кезіндегі тозу төзімділігі максималды болады.

Термотөзімділік. Салқындаудың орташа жылдамдығымен термодинамикалық кезінде феритті жоғары берікті шойынның термотөзімділігі бойынша үздік саналады перлитті жоғары берікті шойын $450 \div 500^\circ \text{C}$ дейінгі температура кезінде ғана қолданылады, сонда перлит қызу салдарынан ыдырамайды. Ферритті-перлитті құрылымды шойынның термотөзімділігі шамалы болады.

Тоттану төзімділігі. Ең қауіпті өндірістік атмосферада шойынның тотануға қатысты шығыны жылына 120 мкм артық емес болады, бұл шойынды бөлшектердің бетті тотану өнімдерінің қорғанысты қасиетіне қатысты. Жоғары берікті шойындар атмосфералық тотану төзімділігі бойынша болаттан, оның ішінде мыспен легіріленген шойынның шамалы арықшылығы болады. Жоғары берікті шойынның сулы тотануының кедергілігі өте жоғары болады. Ферритті жоғары берікті шойынның төзімділігі су ағысында 8,2 м/с жылдамдықпен қозғалатын перлитпен салыстыру бойынша өте төзімді болады. Топырақты тоттану жағдайында шойынды құбырлардың ұзақмерзімділігі көптеген факторларға (топырақ кеуектілігі, дренаж, топырақты судағы еритін қосындылардың болуына және т.б.) тәуелді болады. Питтингті тоттану айналасындағы топырақпен құбырдың бірқалыпты емес жанасуы кезінде тотану қарқынды орындалатыны байқалады, бұл құбыр астындағы топырақтың жеткілікті тығыздалуын қажет етеді. Тотану жағдайына тәуелді шойынды құбырлардың питтингтену жылдамдығы $0,05 \div 1$ мм/жыл құрайды. Легіріленбеген жоғары берікті шойынәлсіз және орташа минералды қышқылдар концентрациясы кезіндегі тотану кедергілігі төмен болады. Ферритті жоғары берікті шойынның перлитті шойынмен салыстырғандағы тотану төзімділігі жақсы болады. Жоғары берікті шойындар жоғары сілтілі ертінділердегі тотану кернеуіне қатысты жарықша түзілуге бейімді болады. $3 \div 5\% \text{Ni}$ қосқан кезде жоғары берікті шойынның сілтілі ертінділердегі тотану кедергілігі жоғарлайды.

Жоғары берікті шойындардың **герметикалығы** олардың сұйық және газдарды сүзуге қарсыласуына қатысты қабілеттілімен сипатталады және негізінен графит пішінімен, сонымен бірге матрица құрылымымен, шихатлы материалдар құрылымымен, құйманың салқындау жылдамдылығымен, пішін материалы, құйманың дұрыс көректенуі, қатты қалыптарлы пайдалану, сұйық шойын құрамымен (әсіресе

көміртек және кремний бойынша) анықталады. Гидроберіктіктің шекті мәні жоғары берікті шойынды үлгілердің герметикалығының бүлінуінсіз 50МПа артық болады. Матрицада,ы феррит үлесінің жоғарлауы шойынның герметикалығын азайтады. Сондықтан металды негіздегі перлит құрамын жоғарлататын легірлеуші компоненттері қалайы, хром, никель, молибден) шойын герметикалығын 2÷4 есе жоғарлатады. Жоғары берікті шойынның жоғары герметикалығы оны жауапты қолданысты құймалар өндірісінде: цилиндрлер қақпақшалары, корпустар, құбыркомпрессорлар, гидроаппаратура бөлшектері, екпінді құбырлар, құбыржыюлды арматура және т.б. пайдалануға мүмкіндік береді.

Жоғары берікті шойындардың берікті, пайдалану, физикалық, технологиялық қасиеттерінің жақсы үйлесімділігіне қатысты өнеркәсіптің барлық салаларында кеңінен қолданылады. Отандық және шетелдік іс тәжірибеден байқағанымыздай, олар көптеген жағдайда болаттаы құймалар, болатты шыңдалғы, соғылған және сұр шойын орнына қолданылады.

Болатпен салыстырғандағы жоғары берікті шойынның артықшылығы оның аз тығыздығы және салмағы, ол шойынның жоғары сұйықты аққыштық қасиетіне қатысты өте жұқақабырғалы бөлшектерді құюға мүмкіндік береді. Бқл қатынастағы ең маңызды артықшылық балку температурасының өте төмен (шамамен 300°C) болуы саналады, бұл балқыту процесін жеңілдетеді және арзандатады. Сонымен бірге құю қалыптарын жасауды жеңілдетеді және арзандатады, өйткені құю жүйелері және т.б. қымбат қалыптау материалдарын, арнайы керамиканы қажет етпейді. Жоғары берікті шойынның тағы бір артықшылығы мынада, оның құю қасиеті қолайлы, оның ішінде құю шөгіндісі аз және осыған сәйкесті ыстық жарықшаларды түзуге қатысты бейімділігі төмен, сонымен бірге жоғарыда атап өткендец тұтқырлығы үлкен циклді және қызметтік қасиеттерінің мәні өте жоғары (тозу төзімділігі және анифрикциялық қасиеті, ыстыққа беріктігі, өңделуі және т.б.).

Соғылған шойынмен салыстырғандағы жоғары берікті шойынның тағы бір артықшылығы, оның құю және механикалық қасиетінің жоғары болуы, көптеген жағдайдaтермиялық өңдеусіз қолданылады, сонымен бірге кез-келген қималы, салмақты және өлшемді бөлшектер үшін қолданылу мүмкінділігі саналады.

Жоғары берікті шойынның механикалық қасиеттерінің жоғарғы мәні олармен сұр шойынды алмастыруға мүмкіндік береді, соны-

мен бірге қабырғалар қалыңдығын және құйма салмағын азайтуға мүмкіндік береді. Мысалы, жоғары берікті шойынды қолданған кезде сужолды құбырлардың қалыңдығы, метрополитендердің және жерасты шахталарының тубингті салмағы шамалы азайады, сонымен бірге конструкцияның металсыйымдылығы $1,5 \div 2,0$ есе төмендейді.

Аталған себептер бойынша жоғары берікті шойындар қазіргі уақытта жоғарғы статистикалық, соққы және циклді жүктелу жағдайында тозумен жұмыс жасау кезінде бірнеше килограммнан бірнеше тоннаға дейін, сонымен бірге жоғары температура және қауіпті ортаның әсер етуі кезіндегі салмақты жауапты қолданысты бөлшектердің үлкен номенклатурасы үшін қолданылады [20, 21].

3.6. Жоғары берікті шойынды құйманың қасиетіне химиялық құрамның әсер етуі

Жоғары берікті шойынның механикалық қасиетін анықтаудағы негізгі факторлардың бірі металл құрамы саналады.

Жоғары берікті шойындағы көміртек құрамы, сұр шойынға қарама-қарсы болады, жоғары механикалық қасиеттерді алу үшін төмен деңгейді сақтау қажет емес. Керсінше, ол әдетте $3,2 \div 3,6\%$ шегінде жоғары маркалар үшін сақталады, бұл вгранкада металды алу процесін жеңілдетеді, шойынның құйылу қасиетін жоғарлатады, сонымен бірге оның механикалық қасиеттеріне кері әсер етпейді, бұл пластиналы пішіндегі графит кезінде орындалады.

Кремний жоғары берікті шойынның құрылымына және механикалық қасиетіне шамалы әсер етеді. $3,0 \div 3,3\%$ кремний құрамы кезінде штекізатты күйде тұрақты ферритті құрылымды алуға ықпал етеді, бірақта шойынның созылмалдылығы бұл кезде бірқатар төмендейді және $3,5\%$ кремний мөлшері кезінде ол сонымен қатар қалыпты марагнец және фосфор құрамында сынғыштықтың түзілуіне ықпал етеді. Сондықтан созылмалылық тұрғысынан $Si = 2,0 \div 2,3\%$ тең деп қолданылады, таза ферритті алу үшін термиялық өңдеу орындалады. Кремний құрамы соққы тұтқырлығына кері әсер етпеу үшін $2,3\%$ артық емес және салқынсынғыштық шегін төмендету мақсатында шойынның салқынсынғыштығы үшін өте маңызды. Басқа жағдайда кремний құрамы артық болуы мүмкін.

Марагнец жоғары берікті шойын құрылымына кремний әсеріне қарсы әсер етеді, феррит мөлшерін төмендетеді және перлит мөлшерін жоғарлатады, осыған байланысты беріктік шегі жоғарлайды және

созылмалық төмендейді. Сондықтан жоғары созылмалықты алу үшін марагнец құрамы 0,4% артық емес болу керек, азайтылады, ал кейде термиялық өңдеу мүлдем қолданылмайды. Сонда құйылған құрылымдағы перлиттің кейбір мөлшері шақтамалы, бұл көптеген жағдайда іс жүзінде кездеседі, марагнец мөлшері $0,4 \div 0,8\%$ шегінде болу керек; бірақта салқиндай сынғыштық шегін төмендету үшін шақтамалы марагнец құрамы 0,3% артық емес болу қажет.

Фосфор жоғары берікті графиттің құрылымына және қасиетіне фосфидті эвтектикті тұзумен және ұзаруды және соққы тұтқырлығын төмендетуімен әсер етеді, сондықтан оның құрамы 0,1% артық емес болады және егер мүмкін болған жағдайда, әсіресе қалыңқабырғалы құймаларда төмен болуы мүмкін, мұнда оның ликвациялануы кеңінен дамиды. Егер де шойындағы жоғары ұзару міндетті болмаған жағдайда, фосфор құрамы $0,12 \div 0,1\%$ артық болуы мүмкін.

Бастапқы сұйық шойындағы күкірт құрамы төмен деңгейде болуы мүмкін, ол модификациялау және шар тәрізді пішінді графитті алуды қиындатады және сфероидизаторлы тотықтардың түзілуі салдарынан жоғары берікті шойынның механикалық қасиетін төмендетеді.

2,0% артық мөлшердегі мыс шар тәрізді графиттің түзілуіне кедергі жасайды. Сонымен бірге $1,0 \div 1,5\%$ мөлшердегі мыс перлиттің түзілуіне, шойын беріктігінің жоғарлауына және оның созылмалығының төмендеуіне әсер етеді.

Алюминий мыс сияқты жоғары берікті шойынға кері әсер етеді, 0,2% құрам кезінде пластиналы графиттің түзілуіне және әсіресе $0,25 \div 0,6\%$ кезінде құйманың баяу салқиндауына жағдай жасайды. Біраққытта созылмалық біршама төмендейді, бірақта өте жетілдірілген модификациялау кезінде шойында жоғары құрамды алюминді шар тәрізді графиттің түзілуіне мүмкіндік береді.

Никель жоғары берікті және сұр шойында перлит құрамының жоғарлауына, оның ішінде толығымен перлитті құрылымды 4,8% Ni алуға мүмкіндік береді. Құрылымның перлитизациялану себебі, жоғары берікті шойынға шамалы никель мөлшерін ($0,7 \div 2,0\%$) қосқан кезде соққы тұтқырлығының мәні $12 \div 14$, бөлме температурасы кезінде $9 \div 12$ кгс·м/см², -70°C температура кезінде $2 \div 5$ кгс·м/см² дейін, -10°C (үлгілерді керткісін сынау кезінде) кезінде төмендейді.

Жоғары берікті шойын құрамындағы никель және молибден бірге легіріленген кезде (шамамен 0,8% және 0,2%) шикізатты күйде бейниті және мартенситті құрылымының түзілуіне мүмкіндік береді.

Жоғары берікті шойын құрамындағы никель және молибден бірге легіріленген кезде (шамамен 2,0% және 3,5%) жоғары тозу төзімді және кавитациялық қасиетті мәнді конструкциялық шойынды алуға әсер етеді.

Осылайша, салыстармалы үлкен емес марганец және никельмен (сонымен бірге хром, молибден және мыс) легірілену конструкциялық жоғары берікті шойынның тек ғана механикалық қасиетін ғана емес, сонымен бірге оның арнайы қасиеттерін (тозу кедергілігін, тоттану, мүжілу, жылжымалық және т.б.) жоғарлатуға мүмкіндік береді.

Сфероидизатор ретінде қолданылатын магний және церий әдетте жоғары берікті шойын құрамында 0,03 және 0,02% мөлшерде, керсінше жағдайда графит шар тәрізді пішінде жартылай ғана кристаллизацияланады, соның әсерінен шойынның механикалық қасиеттері төмендейді. Бірақта магний және церийдің жоғары қалдықты артық құрамы шикізатты құрылымда цементиттің түзілуіне, кейін «қайта модифицирленуге» (пластиналы графиттің түзілуіне) әсер етеді. Сондықтан қалдықты магний және церий құрамы, 08 және 0,05% артық емес болу керек.

Микроқоспалар модифицирлену процесіне, сондықтан, жоғары берікті шойын қасиетіне үлкен ықпал етеді. Көптеген жағдайда олар шар тәрізді графиттің түзілуіне кедергі жасайды және шойын қасиетін төмендетеді. Сондықтан олардың құрамы шектеулі (%): 0,009Pb; 0,13Sn; 0,026Sb; 0,003Bi; 0,04Ti; 0,08As; 0,3Al болады. Бірақта осы элементтердің әсері күрделі және кейдк олардың кейбіреуі өте пайдалы (мысалы, қорғасын, кесумен өңдеуді жақсартады) болады.

3.14 кестеде жоғары берікті шойын маркаларының химиялық құрамы келтірілген [20, 21].

3.14 кесте

Жоғары берікті шойындардың ұсынылатын химиялық құрамы

Шойын маркасы	Элементтердің салмақтық үлесі, %						Ni
	C	Si	Mn	P	S	Cr	
			артық емес				
1	2	3	4				5
Ферритті шойын							
ВЧ38-17	3,4÷3,8	2,1÷2,8	0,4	0,1	0,02	0,05	-
ВЧ42-12	3,4÷3,8	2,1÷2,8	0,4	0,1	0,02	0,1	

3.14 кестенің жолғасы

1	2	3	4				5
Ферритті-перлитті шойын							
ВЧ45-5	3,4÷3,8	2,1÷2,7	0,4	0,1	0,02	0,1	-
ВЧ50-2	3,2÷3,6	1,9÷2,2	0,5÷0,8	0,1	0,02	0,1	-
Перлитті шойын							
ВЧ60-2	3,2÷3,6	1,9÷2,2	0,5÷0,8	0,1	0,02	0,1	-
ВЧ70-3	3,2÷3,6	2,6÷2,9	0,6÷0,9	0,1	0,02	0,1	-
ВЧ80-3	3,2÷3,6	2,6÷2,8	0,6÷0,9	0,1	0,02	0,1	-
Бейнитті шойын							
ВЧ100-4	3,2÷3,6	3,4÷3,8	0,6÷0,9	0,1	0,02	0,1	-
ВЧ120-4	3,2÷3,6	3,4÷3,8	0,6÷0,9	0,1	0,02	0,1	0,2÷0,8

3.7. Соғылған шойынды құйманың сипаты және қолданыс аумағы

Соғылған шойынды стандарттау қаттылық шегінің (НВ) σ_b , δ , (3.15 кесте) аз шақтамалы мәнін рәсімдеу қағидасына негізделген. Соғылған шойынның механикалық қасиеті диаметрі 16мм құйылған үлгілерде анықталады.

3.15 кесте

Соғылған шойындар маркасы

Шойын маркасы	σ_b , МПа	δ , %	НВ
	(кем емес)		
КЧ30-6	294	6	100÷163
КЧ33-8	323	8	100÷163
КЧ35-10	343	10	100÷163
КЧ37-12	362	12	100÷163
КЧ45-7	441	7	150÷207
КЧ50-5	490	5	170÷230
КЧ55-4	539	4	192÷241
КЧ60-3	588	3	200÷269
КЧ65-3	637	3	212÷269
КЧ70-2	686	2	241÷285
КЧ80-1,5	784	1,5	270÷320

Соғылған шойынды созу кезінде аққыштық өрісі болмайды, сондықтан аққыштық шегі $\sigma_{0,2}$ кернеу деп қолданылады, онда үлгідегі қалдықты деформация 0,2% құрайды

Ферритті және перлитті сыныпты соғылған шойынды созу кезіндегі уақытша үзілу кедергісі жоғары берікті шойынмен салыстырғанда біршама төмен болады. Соғылған шойынның салыстырмалы ұзаруы жеткілікті жоғары: ферритті сыныпты маркаларда 6 дан 20% дейін және перлитті сыныптағы маркаларда 1,5 ден 10% дейін болады. Ферритті және перлитті сыныпты соғылған шойын қаттылығы жоғары берікті шойынмен салыстырғанда төмен болады. Бқл айырмашылық ферритті маркалы шойындарда байқалады: 100÷163 НВ (ферритті сыныпты соғылған) 100÷200 НВ қарсы (ферритті сыныпты жоғары берікті шойын).

Соғылған шойынның қаттылығының өте төмен болуының негізгі себебі – оның құрамындағы кремний мөлшері аз. Шетелдік стандарттарда рәсімделген соғылған шойынды маркалардың механикалық қасиеті 3.16 кестеде келтірілген.

3.16 кесте

Шетелдік стандарттар бойынша соғылған шойындар маркалары

Шойын маркасы	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	НВ
	(кем емес)			
1	2	3	4	5
SAE (АҚШ)				
M3210	345	244	10	До 156
M4504	448	310	4	163÷217
M5003	517	345	3	187÷241
M5503	517	379	3	187÷241
M7002	621	483	2	229÷269
M8501	724	586	1	269÷302
DIN 1692 1973 (ФРГ)				
GTS35	343	196	12	До 150
GTS45	441	294	7	160÷200
GTS55	539	353	5	180÷220
GTS65	637	421	2	210÷250

3.16 кестенің жолғасы

1	2	3	4	5
GTS70	686	538	1	240÷270
Ch Mall B 40	392	216	10	125÷200
Ch Mall B 45	441	255	7	150÷210
AP-A38811 (Франция)				
MN35-10	343	196	12	-
MN38-18	372	225	18	-
MP50-5	490	323	5	170÷230
MP60-3	588	392	3	200÷245
MP70-2	686	490	1	240÷285
PN 56/H – 83222 (ПХР)				
C3308	323	-	8	До 149
C3510	343	-	10	До 149
C3712	362	-	12	До 149
BS 6681 1986 (Ұлыбритания)				
B30-06	300	-	6	150
B32-10	320	190	10	150
B35-12	350	200	12	150
P45-06	450	270	6	150÷200
P50-05	500	300	5	160÷220
P55-04	550	340	4	180÷230
P60-03	600	390	3	200÷250
P65-02	650	430	3	210÷260
P70-02	700	530	2	240÷290
W35-04	350	-	4	230
W38-12	380	170	12	200
W40-05	400	200	5	220
W45-07	450	230	7	220

Соғылған шойынның механикалық қасиеті, сұр және жоғары берікті шойынға қарағанда аз дәрежеде құйма қимасының жоғарлауымен төмендейді.

Соғылған шойынды кесумен өңдеу, көміртекпен байланысты бірдей құрамды болат не жоғары берікті шойынға қарағанда, әсіресе ферритті шойында жақсы болады. Соғылған шойынды бөлшектер жақсы престеледі, бедерленеді. Ферритті соғылған шойынды құйма салқынды түзетіледі, ал перлитті шойын ыстық күйде түзетіледі.

Серпімділік қасиеті, 3.17 кестеде келтірілгендей серпімділік модулімен сипатталады. Соғылған шойынның серпімділік қасиеті сұр шойынның және сәйкесті жоғары берікті шойынның қасиеттің жоғарлатады.

3.17 кесте

Соғылған шойынның серпімділік модулінің мәні

Көрсеткіштер	Соғылған шойындар модулдерінің мәні	
	ферритті	перлитті
$E \cdot 10^{-3}$, МПа	170	170÷185
$E_{сж} \cdot 10^{-3}$, МПа	172	177÷195
$E_{кр} \cdot 10^{-3}$, МПа	60	60÷74
Ығысу модулі $G \cdot 10^{-3}$, МПа	70÷78	67÷69
Пуассон коэффициенті, ν	0,35	0,28

Серпімділікті емес қасиет – тербеліс қабілеттілігі тұншықтыруы – демпфирлеуші қабілеттілікпен не циклді тұтқырлықпен ϕ , % (цикл энергиясына қатысты цикл барысындағы энергия шығынының үлесі) анықталады. Циклдегі тұтқырлық конструкцияның мәжбүрлі және еркін тербелісінің тұншығуымен сипатталады, шойынның конструкциялық беріктігі және белгіауыспалы жүктеме жағдайында керткітерге қатысты сезімталдылықпен анықталады. Сұр шойын үшін циклді тұтқырлық қарқындылығы өте аз кернеу кезінде жоғарлайды; жоғары берікті және соғылған шойындарда бұл жоғарлау біраз уақыт өткеннен кейін басталады. Шойынның циклді тұтқырлығын жоғарлататын негізгі құрылымдық фаза графит саналады.

Перлит мөлшерінің жоғарлауымен соғылған шойындардың демпфирлеуші қабілеттілігі төмендейді, бірақта барлық жағдайда болатпен салыстырғанда төмен болады және осындай жүктеме және металды матрицамен жоғары берікті шойын шамамен сәйкес болады.

Соққы т ұтқырлығы КС, КСУ шойын қаттылығына тәуелді, ферритті матрицалы соғылған шойынның соққы тұтқырлығы максималды болады. Жоғары берікті шойынмен салыстырғанда соғылған шойынның КС өте жоғары. 500÷800 К температурамен соғылған шойынды құйманың жылдам салқындауы соққы кедергілігінің күрт және сәйкесті соққы тұтқырлығының төмен төмендеуіне әкеп соғады.

Төзімділік шегі. Соғылған шойын беріктігі бойынша белгі ауыспалы жүктеме кезінде сұр шойын 35Л болатқа қатысты жақындықта артық және шамалы жоғары берікті шойынан кем болады. соғылған және жоғары берікті шойынның кернеу концентраторларына қатысты сезімталдылығы төмен. Бұйымдардың жұмыс жасау қабілеттілігінде беріктік және созылмалықтың стандарты көрсеткіштері толық сипатталмайды. Металдың қасиетін толық анықтау үшін көп еселі соққы жүктемесіне сынау орындалады және бүліну жұмысы анықталады. Түйіршікті перлитті соғылған шойынның соққы-қажу ұзақмерзімділігі ең жоғары; пластиналы перлитті соғылған шойынға ақарғанда оның өміршеңдігі екі есе жоғары болады.

3.18 кестеде динамикалық жүктеме кезінде соғылған шойындардың механикалық қасиеттері келтірілген.

3.18 кесте

Динамикалық жүктеме кезінде соғылған шойындардың механикалық қасиеттері

Соққы тұтқырлығы, кДж/м ² :	Соғылған шойынның механикалық қасиеті	
	ферритті	перлитті
КС	550÷2000	200÷800
КСУ	100÷500	50÷160
σ_{1p} , МПа	85÷110	105÷140
σ_{1j} , МПа	95÷190	170÷250
τ_{1j} , МПа	105÷150	180÷260

Температураның жоғарлауымен беріктік сипаттамасы төмендейді, 700 К бастап – созылмалық жоғарлайды. Молибденмен легірілген перлитті соғылған шойынның жоғары берікті шойынмен салыстырғанда кем емес жоғары ұзақ берікті болады.соғылған шойынның

механикалық қасиеттерін қысқамерзімді және ұзақмерзімді сынау нәтижелері 3.19 кестеде келтірілген. Бөлшектердің жауаптылық дәрежесіне қатысты тәуелділікте шақтамалы жылжымалығы $1 \cdot 10^{-5}$ ден $1 \cdot 10^{-4}$ %/сағ.

3.19 кесте

698 К кезіндегі қысқамерзімді және ұзақмерзімді сынау кезіндегі соғылған шойынның механикалық қасиеті

Соғылған шойын түрі	Қысқа-мерзімді сынау		4000 сағ ішіндегі сынау ұзақтығы				
	$\sigma_{в^2}$, МПа	δ , %	$\sigma_{в^2}$, МПа	δ , %	Жылжымалық жылдамдығы* 10^5 , %/сағ, кернеу кезінде σ , МПа		Жылжымалық шегі, МПа, деформациялану жылдамдығы кезінде $1 \cdot 10^{-5}$ %/сағ
					62	78	
Ферритті-перлитті	398	15,3	204	22,4	1,59	4,63	60
Ферритті	199	4,7	115	7,0	2,61	8,7	55

Соғылған шойынның механикалық қасиеті негізінен оның металды негізіне қатысты тәуелді болады. Перлитті шойынды КЧ 45-6 және т.б. төмен созылмалық кезіндегі беріктігі өте жоғары болады. Ферритті соғылған шойын, мысалы, КЧ 37-12, беріктігі аз, созылмалығы өте жоғары болады. Ұлпа тәрізді графиттің үлкен дәрежеде сфероидизациялану және өлшемдердің зайуы кезінде ферритті соғылған шойында біруақытта беріктігі және созылмағы жоғарлайды, бұл құбылыс басқа шойындарда байқалмады. Қаттылық негізінен графитке қатысты металды негізге, серпімділік модуліне (E) тәуелді болады, сонымен бірге оның пішініне үлкен әсер етеді. Беріктік шегі, соққы тұтқырлығы, созылмалық металды негізге және графитке қатысты болады; сонымен бірге жоғары берікті шойынмен салыстырғандағы ерекшелік, ол пішінге ғана әсер етпейді, сонымен бірге графит мөлшеріне де әсер етеді. Осыған байланысты ең үлкен беріктілікті дисперсті перлит кезінде және ең үлкен жинақты графиттің аз мөлшерінде алуға болады, сонымен бірге ең үлкен созылмалық – ферритте және сондай графитте

болады. Графиттің дисперстілігі соғылған шойынның механикалық қасиетіне, оның ішінде сынғыштық шегі және динамикалық және циклді жүктеме кезіндегі тәртіпке әсер етпейді.

Соғылған шойын **тығыздығы** құрамдас құрылымдық арақатынастына қатысты тәуелді болады: ферритті соғылған шойынға қарағанда перлитті соғылған шойынның тығыздығы үлкен, болады. Көміртек құрамының жоғарлауына қатысты соғылған шойынның тығыздығы төмендейді.

Соғылған шойынның барлық маркаларының **жылулық кеңейту коэффициенті** шамалымен ерекшеленеді. **Жылуөткізгіштік коэффициенті** λ соғылған шойын маркаларында, әсіресе ферритті сыныпты шойындарда жеткілікті жоғары және болаттың, жоғары берікті және сұр шойынмен салыстырғанда жылуөткізгіштігі артық болады. Соғылған шойынның жылуөткізгіштігі температураның жоғарлауымен төмендейді.

Электрлі және магнитті қасиеттер. Соғылған шойынның меншікті электркедергілігі ρ графитті қоспалар пішінімен, құрамы және металды матрица құрылымымен анықталады. Пластинаны графит, перлит және кремнийдің құрамының жоғары болуы шойынның электркедергілігін жоғарлатады. Соғылған шойынның сұр шойынмен және жоғары берікті шойынмен (шамамен 1,5 есе) салыстырғанда (шамамен 3 есе) меншікті электркедергілігі төмен болады. Ферритті соғылған шойын перлитті шойынмен салыстырғанда магнитті өткізгіштігі, магнитті индукциясы өте жоғары және қалдықты индукциясы және коэрцивті күші аз болады, бұл дегеніміз, оның гистерезистегі аз шығынмен бөлшектерді жасауға арналған қажетті қасиеттер бар екендігін білдіреді. Ұсақталған графитті қоспалар және соғылған шойынның құрылымындағы перлит үлесінің жоғарлауы магнитті өткізгіштікті төмендетеді және коэрцивті күшті жоғарлатады.

Соғылған шойындардың **тозу төзімділігі** микроқұрылым (перлитті мөлшерлі және түрімен), металды емес (сульфидті) қоспалармен және үйкеліс жағдайына қатысты – майлау мөлшері, біліктер және подшипниктер арасындағы саңылаумен, білік материалына қатысты анықталады. Шойынды үлгінің шикізатты болат бойынша үздік антифрикциялықты қасиетті 187÷197 НВ және 60÷70% перлит кезінде перлитті-ферритті соғылған шойынның майлаумен жұмыс жасауы кезінде анықталады. Перлитті соғылған шойынның **үйкеліс коэффициенті** майлаумен үйкеліс кезінде 0,05÷0,10, құрғақ үйкеліс

кезінде – 0,30÷0,45 тең болады. Құрғақ үйкеліс кезінде жақсы нәтижелерді жоғары құрамды күкіртті (0,25 ден 0,30% дейін) жақсы көрсеткіш көрсетеді.

Соғылған шойынның **герметикалығы** жоғары. Қабырға қалыңдығы 8 мм кезінде 4 МПа гидравликалық қысымды осындай шойынды құйма ұстайды. Сонымен бірге құмадағы шөкпелі және газды-шөкпелі ақаулықтардың түзілуіне қатысты бейімді болады, бұл герметикалықты күрт төмендетеді.

Соғылған шойынның **тотану төзімділігі** көпетеген факторлармен: химиялық құрам, құрылым, тығыздық, температура, қауіпті ортамен анықталады. Электрхимиялық тоттану металды емес қоспада қоспа кезінде десперсті құрылымды құрамдастың жоғарлауымен күшейеді.

Соғылған шойын ақ шойынна ұзақмерзімді жасыту көмегімен алынады, оның нәтижесінде химиялық байланысты көміртек бос күйде бөлінеді және ұлпалы қоспа түрінде графиттеледі.

Соғылған шойынның негізгі артықшылығы қимасы бойынша оның қасиетінің біртектілігіне, іс жүзінде құймада кернеудің болмауына, жоғары механикалық қасиетіне және өте жақсы өңделуіне қатысты. Соғылған шойынның беріктігі, созылмалдығы, соққы жүктемелеріне кедергілігі және тозу төзімділігі жеткілікті жоғары болады. Одан жасалған құйма кесу инструменттерімен жеңіл өңделеді. Бірақта мұндай шойындарда, сұр шойынмен (сұйық аққыштығы аз, үлкен көлемді шөгу және т.б.) салыстырғанда біршама құю қасиеті нашар, бұл көміртектің өте өмен құрамымен түсіндіріледі.

Соғылған шойын автомобильдер, теміржол вагондарын және ауышаруашылық машиналарының бөлшектерін құю үшін қолданылады, оларға пайдалану процесінде күрделі және соққы жүктемелер әсер етеді. Сонымен бірге әртүрлі арматураларға арналған – фитингтер, тығыдар және т.б. жасалады. Бұл шойын иілу және бұралуда жақсы жұмыс жасайды, 400°C дейінгі температура кезінде жоғары механикалық қасиеттерін сақтайды. Іс жүзінде соғылған шойын қабырға қалыңдығы минималды 3÷4 мм, максималды – 50 мм және бірнеше граммнан 250 кг дейінгі салмақты, ал жеке жағдайда 2000 кг дейін құйманы алу үшін қолданылады. сонымен бірге соғылған шойынды (қабырғалар қалыңдығы бірқалыпты, өтулер баяулы, жылу тораптарын жою және т.б.) тиімді конструкцияланған құймаға қойылатын міндетті шартты талаптар бірі жоғары сапалық, сенімділік және осы шойыннан жасалатын бұйымдар өнімділігінің үнемділігі саналады.

Соғылған шойынның **физикалық қасиеті** және сонымен бірге механикалық қасиеттер матрица құрылымының өзгеруінің салдарынан жасыту процесінде өзгереді. Жасыту кезінде соғылған шойын тығыздығы, Фуко тогында кернеу және шығыны азайады.

Соғылған шойынның **тозу төзімділігі** тозудағы жұмыс жасайтын бөлшектердің пайдалану қасиетінің маңыздылығына қатысты және негізінен қаттылық анықталады, соның салдарынан осы жағдайларда тек ғана перлитті және перлитті-феритті соғылған шойын қолданылады. Шойынды үлгінің үйкелісі кезінде шыңдалған болат бойынша ең жақсы нәтижені, жоғары жылдамдықта жұмыс кезінде, жоғары қысым кезінде перлитті негізді (90÷100% П) және қаттылығы 220÷260 НВ соғылған шойын қамтамасыз етеді. Соғылған шойынның тозуындағы салыстырмалы майлаумен үйкелісті (20 МПа қысымда) кезінде және құрғақ үйкеліс (2,0 МПа қысымда) сынаудан байқағанымыздай, перлитті соғылған шойынның тозу тұрақтылығы меншікті 30 МПа қысым кезінде майлаумен жұмыс жасау жағдайында, құрғақ үйкеліс кезінде өте жылдам жұмыс жасайды. Ферритті-перлитті негізді соғылған шойынның құрғақ үйкелісі кезінде майлаумен жұмыс жасау жағдайында салыстырмалы антифрикциялық қасиеті төмен болады. Құрғақ үйкеліс жағдайында антифрикциялық қасиетті жоғарлату үшін жоғары құрамды күкіртті (0,25÷0,40%) соғылған шойынды пайдалануға болады. Перлитті соғылған шойынның құрылымында графитті қоспалы және сульфидтердің жоғары мөлшері антифрикциялық және қажалуға қарсы қасиетті сырғанаумен үйкеліс жағдайында жоғарлауға әсер етеді. Ферритті-перлитті негізді соғылған шойынның үйкеліс коэффициенті сұйықты үйкеліс кезінде 0,05÷0,10, ал суық үйкеліс кезінде – 0,30÷0,45 тең. Қолалы төлкені пайдалану кезіне қарағанда перлитті соғылған шойынды біліктер және төлке аралығындағы саңылауда антифрикциялы материал ретінде 10÷15% артық қолданылады [20, 21].

3.8. Соғылған шойынды құйманың қасиетіне химиялық құрамның әсері

Соғылған шойынның механикалық қасиетіне химиялық құрамының әсері металл құрлымының өзгеруі және феррит және перлиттің легіріленуі нәтижесінде байқалады. Соғылған шойын алынатын ақ шойынның химиялық құрамы мынандай: 2,2÷2,9%С; 0,8÷1,4%Si; 0,4÷0,6%Mn; 0,08÷0,2%P; 0,12%S дейін. Шойынның химиялық

құрамын таңдау құйма қабырғасының қалыңдығына қатысты тәуелді болады.

Соғылған шойынның механикалық қасиетін негізгі реттеуші көміртек саналады. Ол феритті және перлитті соғылған шойынның беріктік, созылмалы, соққы тұтқырлығының шегін төмендетеді. Соғылған шойынның маркасы қаншалықты жоғары болса, соншалықты көміртек құрамы соншалықты төмен болады, сонымен бірге тек ғана графитті мөлшері ғана емес оның өлшемі төмендейді, сонымен бірге оның пішіні жақсарады. Көміртек және кремний құрамын таңдаумен құйма құрлымы толығымен ақ түсті болады, бірақта оны аз уақыт ішінде жұмсарту орындалады. Жұқақабырғалы құйма үшін көміртек және кремний құрамы жоғары шекте, ал қалыңқабырғалар үшін – төменгі шекте сақталады. Шақтамалы шекте кремний құрамының жоғарлауы беріктікті, қаттылықты жоғарлатады және соққы тұтқырлығын төмендетеді, бірақта шойында жұмсарту кезінде перлит қалған жағдайда, кремний шойын созылмалығын және тұтқырлығын жоғарлатады.

Марганец құрамы күкірт құрамымен анықталады. Әдетте сұр шойынға қарағанда соғылған шойын құрамындағы марганец құрамы 3÷4 есе артық болады. Артық мөлшердегі марганец ферритті легірлеумен графиттелуге ықпал етуді тежеумен күкіртті байлау үшін соғылған шойынның созылмалығы және соққы тұтқырлығын төмендеуге және оның қаттылығын және беріктігін жоғарлату үшін қажет.

Марганецпен байланысты артық мөлшерлі күкірт құрылымды перлитейді, соғылған шойынның беріктігін және қаттылығын жоғарлатады, соның әсерінен оның созылмалығы және соққы тұтқырлығы төмендейді. Бұл артық марганецтің әсеріне қарағанда қатты әсер етеді.

Фосфор созылмалық және соққы тұтқырлығын төмендетеді. Фосфор құрамының төмендеуі кері температура жағында соғылған шойынның сынғыштық шегінде араласуға әсер етеді, сонымен фосфор құрамы <0,1% кезінде ферритті соғылған шойынның сынғыштық шегі -100°C дейін араласады.

Мыс бірнеше рет беріктікті жоғарлатады және созылмалықты төмендетеді. Сонымен 1,5% Cu құрамы кезінде берікті шегі 30 МПа жоғарлайды, ал қаттылықтың шамалы өзгерісі кезінде салыстырмалы ұзару 1,0÷1,5% азайады.

Соғумен қайта өңдеу үшін қолданылатын ақ шойынға арналған шихтаға қатысты графитизациялануды күрделендіретін хром құрамы

бойынша ерекше талаптар қойылады. Оның мөлшері феритті шойын үшін 0,06% артық емес және перлитті соғылған шойындар үшін 0,2% артық емес болу керек. Хромның артық жоғары құрамы кезінде карбид толық ыдырамаған кезде және соғылған шойынның созылмалы қасиеті орындалмайды.

Бастапқы ақ шойынның газды құрамы балқытудың технологиялық процесі және балқыту жабдықтарын таңдау соғылған шойынның қасиетіне біршама әсер етеді. Оның металдағы 0,011% құрамына азот кері әсері; оттегінің ұқсас әсері 0,004% құрамы кезінде байқалады.

3.20 кестеде соғылған шойын маркаларының химиялық құрамы келтірілген [20, 21].

3.20 кесте

Ұсынылатын соғылған шойынның химиялық құрамы

Марка шойыны	Элементтердің салмақтық үлесі, %							
	C	Si	Mn	S	P	Cr		
				артық емес				
Ферритті шойын								
КЧ30-6	2,6÷3,0	0,9÷1,3	0,3÷0,6	0,18	0,20	0,08		
КЧ33-8	2,5÷2,9	0,9÷1,3	0,3÷0,6	0,18	0,20	0,08		
КЧ35-10	2,4÷2,8	0,9÷1,5	0,3÷0,5	0,12	0,12	0,06		
КЧ37-12	2,3÷2,7	1,0÷1,4	0,3÷0,5	0,12	0,12	0,06		
Перлитті шойын								
КЧ45-6	2,4÷2,8	0,6÷1,5	0,3÷0,6	0,12	0,12	0,06		
КЧ50-4	2,4÷3,0	0,9÷1,6	0,3÷1,2			0,12	0,12	0,08
КЧ56-4								
КЧ60-3								
КЧ63-2								

3.9. Шойынның тозу төзімділігінің сипаттамасы

Ақ шойынның тозу төзімділігі – бұл хромды, марганец-хромды, никель-хромды шойындар тобы, оның негізгі ерекшелігі легіріленген темір карбидтерінің микроқұрылымында және (не) легірілеуші элементтер карбидтері абарзивті тозу жағдайында жоғары тозу төзімділігін қамтамасыз етеді.

Ақ шойынның механикалық қасиеті біріншіден, жоғары қаттылықпен, созылу және иілу кезіндегі қалыпты берікпен және іс жүзінде созылмалықпен сипатталады. Оларды пайдаланудың негізгі аумағы – абразивті тозудан машина тораптарын қорғау. Жүзді инструментпен тозуға төзімді ақ шойынның құрамында карбидтің болуына қатысты нашар өңделеді.

Ыстықты және салқынды жарықшаның түзілуіне қатысты ақ шойынның қасиеті жоғары, бұл қортолалардың кристаллизациялануының аралығының, сызықты шөгу шамасы үлкен, жылу өткізгіштігі төмен ($12 \div 15$ Вт/м·К) болуына байланысты. Сондықтан ақ шойынды құйылған бөлшектерді құрастыру және қалыптың технологиясын жобалау кезінде шөгудің аз қиындығын, құйманың әртүрлі қимасында температураны теңестіруді қамтамасыз ету қажет.

Карбид торларының кристаллографиялық түрі бойынша ақ тозуға төзімді шойындар келесі негізгі топқа бөлінеді:

- карбидті Me_3C түрлі шойындар (легіріленбеген және төмен хромды шойындар). Карбидті түрлі Me_3C шойындардың химиялық құрамы 3.21 кестеде келтірілген. Осындай шойындағы хром құрамы $4 \div 5\%$ артық емес. Хроммен ғана легіріленген шойынның марица құрылымы перлитті болады. Олардың қаттылығы құйма қабырғасына қатысты тәуелді болады. $3,0 \div 5,0\%Ni$ легіріленген төмен хромды шойындар **нихард** деп аталады.
- карбидті Me_7C_3 түрлі шойындар (ақ шойындардың негізгі тобы, хроммен легіріленген). Карбидті түрлі Me_7C_3 шойындардың химиялық құрамы 3.22 кестеде келтірілген. Металды негіздің микроқұрылымы және қаттылығы осындай шойындарда термиялық өңдеу түріне тәуелді кең аумақта өзгеруі мүмкін.
- карбидті $Me_{23}C_6$ және Me_7C_3 түрлі шойындар (жоғары хромды ақ шойындар тобы).

$Me_{23}C_6$ және Me_7C_3 карбидті түрлі жоғары хромды ақ шойындар, басқа түрлі ақ түсті тозуға төзімді шойындармен салыстыру бойынша ыстыққа төзімді және тотану төзімділігі жоғары тозу төзімділігі жоғары болады. 3.23 кестеде жоғары хромды шойындардың химиялық құрамы және оның қаттылығы келтірілген.

3.24 кестеде ақ тозуға төзімді шойындардың механикалық қасиеті келтірілген.

Me_7C_3 карбидті шойынның иілуі кезінде беріктік шегі карбид мөлшерінің жоғарлауымен азайады. 100×100 мм қималы үлгілерге қарағанда диаметрі 16 мм үлгілер созылуы кезіндегі беріктік $1,5 \div 2$ есе жоғары болады.

Ме₃ карбидті тозуға төзімді ак шойындардың химиялық құрамы

Шойын маркалары	Элементтер құрамы, %										Қаттылық, HB
	C	Si	Mn	Cr	Ni	P		S	басқа		
						артық емес					
Хромды төмен легіріленген перлитті шойындар											
ЧХЗТ	2,6÷3,6	0,7÷1,5	1,0	2,01÷3,0	-	0,30	0,12	0,5÷0,8Cu	440÷590		
1А	2,4÷3,4	0,5÷1,5	0,2÷0,8	2,0	-	0,15	-	0,7÷1,0Гі	350		
1В	2,4÷3,4	0,5÷1,5	0,2÷0,8	2,0	-	0,5	-	-	350		
1С	2,4÷3,0	0,5÷1,5	0,2÷0,8	2,0	-	0,15	-	-	200		
Никель хромды мартенситті											
Нихард-2:											
ЧН4Х2	2,8÷3,6	0,0÷0,1	0,8÷1,13	0,8÷2,5	3,5÷5,0	0,30	0,15	-	400÷650		
2А	2,7÷3,2	0,30÷0,80	0,20÷0,80	1,5÷3,5	3,0÷5,5	0,15	0,15	0,5Мо дейін	450		
Ni-Cr-LC	2,5÷3,0	0,8	До 1,3	1,4÷4,0	3,3÷5,0	0,3	0,15	1,0Мо дейін	550÷600		
260NiCr4 2	2,6÷2,9	0,2÷0,8	0,3÷0,7	1,4÷2,4	3,3÷5,0	-	-	0,5Мо дейін	430÷690		
Нихард-1:											
2В	3,2÷3,6	0,30÷0,80	0,20÷0,80	1,5÷3,5	3,0÷5,0	0,15	0,15	0,5Мо дейін	500		
Ni-Cr-NC	3,0÷3,6	0,8	До 1,3	1,4÷4,0	3,3÷5,0	0,3	0,15	1,0Мо дейін	550÷600		
330NiCr4 2	3,0÷3,6	0,2÷0,8	0,3÷0,7	1,4÷2,4	3,3÷5,0	-	-	0,5Мо дейін	430÷690		
Ni-Cr-GB	2,6÷2,9	0,8	До 1,3	1,1÷1,5	2,7÷4,0	0,3	0,15	1,0Мо дейін	550÷600		
Марганецті хромды											
ЧГ7Х4	3,0÷3,8	1,4÷2,0	6,0÷8,0	3,0÷5,0	-	0,1	0,05	-	390÷450		
W1	3,2÷3,4	0,8÷1,4	2,0÷3,0	1,0÷2,0	1,5 дейін	0,08	0,10	1,0÷2,0Cu	500÷600		
W2	2,5÷2,8	1,0÷1,4	2,5÷3,5	0,1 дейін	1,5 дейін	0,08	0,12	0,7÷0,9Mo	500÷600		

Me₇C₃ карбидті тозуға төзімді ак шойындардың химиялық құрамы

Шойын маркалары	Элементтер құрамы, %										Қаттылық, НВ	
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	P		S			басқа
							артық емес		8	9		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Хром оникельді маргенситті												
ЧХ9Н5	2,8÷3,6	1,2÷2,0	0,5÷1,5	8,0÷9,5	4,0÷6,0	≤0,4	0,06	0,1	-	490÷610		
Ni-НСr	2,5÷3,6	1,0÷2,2	До 1,3	7,0÷11,0	4,5÷7,0	До 1,0	0,10	0,15	-	500÷600		
300CrNiSi9 5 2	2,5÷3,5	1,5÷2,2	0,3÷0,7	8,0÷10,0	4,5÷6,5	До 0,5	-	-	-	430÷690		
2С	2,4÷2,8	1,5÷2,2	0,2÷0,8	8,0÷10,0	4,0÷6,0	До 0,5	0,10	0,15	-	≥450		
2D	2,8÷3,2	1,5÷2,2	0,2÷0,8	8,0÷10,0	4,0÷6,0	До 0,5	0,10	0,15	-	≥500		
2E	3,2÷3,6	1,5÷2,2	0,2÷0,8	8,0÷10,0	4,0÷6,0	До 0,5	0,10	0,15	-	≥550		
W4	3,3÷3,6	2,0÷2,4	3,5÷4,0	7,0÷9,0	3,0÷3,5	До 1,5	0,08	0,12	1,5÷2,0Cu; 1,0V дейін	400÷700		
Хром молибденді												
ИЧХ12М	2,6÷3,0	До 0,7	0,5÷1,0	11,5÷14,0	-	1,4÷1,6	0,10	0,06	-	HRC 60÷64		
12%Cr	2,4÷2,8	До 1,0	0,5÷1,5	11,0÷14,0	0,5 дейін	0,5÷1,0	0,10	0,06	1,2Cu дейін	≥550		
3F	2,0÷2,7	До 1,0	0,5÷1,5	11,0÷13,0	2,0 дейін	2,5 дейін	0,10	0,10	2,0Cu дейін	≥600		
3G	2,7÷3,4	До 1,0	0,5÷1,5	11,0÷13,0	2,0 дейін	3,0 дейін	0,10	0,10	2,0Cu дейін	≥650		

3.22 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЧХ16	1,6÷2,4	1,5÷2,2	1,0 дейін	13,0÷19,0	-	-	0,10	0,05	-	400÷450
300CrMo15 3	2,3÷3,6	0,2÷0,8	0,5÷1,0	14,0÷17,0	0,7 дейін	1,0÷3,0	-	-	Cu	380÷690
300CrMo15 2 1	2,3÷3,6	0,2÷0,8	0,5÷1,0	14,0÷17,0	0,8÷1,2	1,8÷2,2	-	-	Cu	380÷750
3A	1,8÷3,0	1,0 дейін	0,5÷1,5	14,0÷17,0	2,0 дейін	2,5 дейін	0,10	0,06	2,0Cu дейін	≥600
15%Cr-Mo-LC	2,4÷2,8	1,0 дейін	0,5÷1,5	14,0÷18,0	0,5 дейін	1,0÷3,0	0,10	0,06	1,2Cu дейін	450÷600
BF182	2,5	1,0	0,5	15	-	0,5	0,05	0,05	-	HV 700
3B	3,0÷3,6	1,0 дейін	0,5÷1,5	14,0÷17,0	2,0 дейін	3,0 дейін	0,10	0,10	2,0Cu дейін	≥650
15%Cr-Mo-NC	2,8÷3,6	1,0 дейін	0,5÷1,5	14,0÷18,0	0,5 дейін	2,3÷3,5	0,10	0,06	1,2Cu дейін	550÷600
260CrMoNi20 21	2,3÷2,9	0,2÷0,8	0,5÷1,0	18,0÷22,0	0,8÷1,2	1,4÷2,0	-	-	Cu	380÷750
3C	1,8÷3,0	1,0	0,5÷1,0	17,0÷22,0	2,0 дейін	3,0 дейін	0,10	0,10	2,0Cu дейін	600
20%Cr-Mo-LC	2,0÷2,6	1,0 дейін	0,5÷1,5	18,0÷23,0	1,5 дейін	1,5 дейін	0,10	0,06	1,2Cu дейін	450÷600
20%Cr-Mo-NC	2,6÷3,2	1,0 дейін	0,5÷1,5	18,0÷23,0	1,5 дейін	1,5÷2,0	0,10	0,06	1,2Cu дейін	450÷600
Хромды марганецті										
ИЧ210Х12Г5	1,9÷2,3	0,4÷1,0	4,6÷5,6	11,0÷14,0	-	-	0,8	0,06	-	HRC 53÷60
ЧХ16М2	2,4÷3,6	0,5÷1,5	1,5÷2,5	13,0÷19,0	-	0,5÷2,0	0,10	0,05	1,0÷1,5Cu	490÷610
ИЧ300Х18Г3	2,7÷3,0	0,4÷0,8	2,0÷4,5	17,0÷21,0	-	-	0,1	0,06	0,05÷0,1Zr; 0,05÷0,1B	HRC 55÷61
ЧХ22	2,4÷3,6	0,2÷1,0	1,5÷2,5	19,0÷25,0	-	-	0,10	0,06	0,15÷0,35V; 0,15÷0,35Ti	330÷610

Me₇C₃ және Me₂₃C₆ карбидті тозуға төзімді ак шойындардың химиялық құрамы

Шойын маркалары	Элементтер құрамы, %										Қаттылық, HB
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	артық емес		басқа		
							P	S			
3D	2,0÷2,8	1,0	0,5÷1,5	22÷28	2,0 дейін	1,5 дейін	0,10	0,10	2,0Cu дейін	≥600	
3E	2,8÷3,5	1,0	0,5÷1,5	22÷28	2,0 дейін	1,5 дейін	0,10	0,10	2,0Cu дейін	≥600	
25%Cr	2,3÷3,0	1,0 дейін	0,5÷1,0	23÷28	1,5 дейін	1,5 дейін	0,10	0,06	1,2Cu дейін	450÷600	
260Cr27	2,3÷2,9	0,5÷1,5	0,5÷1,5	24÷28	1,2 дейін	1,0 дейін	-	-	-	380÷750	
300CrMo27 1	3,0÷3,5	0,2÷1,0	0,5÷1,0	23÷28	1,2 дейін	1,0÷2,0	-	-	-	380÷750	
ИЧХ28Н2	2,5÷3,0	0,7÷1,4	0,5÷1,0	25÷30	1,5÷2,0	-	0,08	0,1	Cu	500÷550	
ЧХ32	1,6÷3,2	1,5÷2,5	До 1,0	30÷34	-	-	0,10	0,08	0,1÷0,3Ti	245÷340	
ЧХ28Д2	2,2÷3,0	0,5÷1,5	1,5÷2,5	25÷30	0,4÷0,8	-	0,10	0,08	1,5÷2,5Cu	390÷640	
ИЧ170Х30Г3	1,7÷2,0	0,5÷0,9	2,8÷3,5	29÷32	-	-	0,1	0,06	0,05÷0,1Zr	HRC 42	
ИЧ210Х30Г3	2,05÷2,35	0,5÷0,9	2,8÷3,5	30÷33	-	-	0,1	0,06	0,05÷0,1Zr	HRC 52	

Тозуға төзімді ақ шойындардың механикалық қасиеттері

Шойын маркасы	σ_B	$\sigma_{изг}$	Шойын маркасы	σ_B	$\sigma_{изг}$
ЧХЗТ	200	400	300CrMo15 2 1	450÷1000	-
ЧН4Х2	200	400	ИЧ210Х12Г5	-	785
260NiCr4 2	320÷390	-	ЧХ16М2	170	490
330NiCr4 2	280÷350	-	ИЧ300Х18Г3	-	720
ЧГ7Х4	150	330	ЧХ22	290	540
W1	345	-	260Cr27	560÷960	-
W2	345	-	300CrMo27 1	450÷1000	-
ЧХ9Н5	350	700	ИЧХ28Н2	350	700
300CrNiSi9 5 2	500÷600	-	ЧХ32	390	690
W4	415	-	ЧХ28Д2	390	690
ЧХ16	350	700	ИЧ170Х30Г3	-	785
300CrMo15 3	450÷1000	-	ИЧ210Х30Г3	-	785

Тозуға төзімді ақ шойындардың физикалық қасиеті

Шойын маркасы	E, ГПа	Тығыздық ρ , кг/дм ³	20÷100°C аралығындағы жылулық кеңейу коэффициенті, $\alpha \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	20÷100°C аралығындағы жылуөткізгішті λ , Вт/м·К
260NiCr4 2	169÷183	7,7	8÷9	14,0
330NiCr4 2	169÷183	7,7	8÷9	14,0
300CrNiSi9 5 2	169	7,7	14÷15	12,6÷15,0
300CrMo15 3	154÷190	7,7	11÷15	12,6÷15,0
260CrMo15 2 1	154÷190	7,7	11÷15	12,6÷15,0
260CrMo20 2 1	154÷190	7,7	11÷15	12,6÷15,0
260Cr27	154÷190	7,6	12÷15	12,6÷15,0
300CrMo27 1	154÷190	7,6	12÷15	12,6÷15,0

Ақ тозуы төзімді кейбір шойындардың физикалық қасиеттері 3.25 кестеде келтірілген. Жылулық кеңейу коэффициенті, серпімділік модулі және Me_3C карбидті шойынның жылуөткізгіштігі Me_7C_3 карбидті шойынға ақарағанда төмен болады.

Тозу төзімділігі және тотану төзімділігі. Тотану ортасында абразивті тозу кезінде бетті қабаттың беріксізденуі нәтижесінде тозу күрт күшейеді. Сондықтан бірауқытта тотануға төзімді шойында ғана тозу төзімділігі жоғары болады. Ақ хромды шойындар үшін бұл жағдай хром концентрациясы 12% кем емес кезде орындалады, сонда қортпа бейтарапты, қышқылды және тотыққан ортада хром тотығының қабыршағының түзілуі кезіндегі тотануға төзімді болады. Басқа материалдарға қарағанда тотану төзімділігі (30%Cr) жоғары шойынның бейтарапты ортада тозу төзімділігі бірқалыпты, ал абразивті-тотану ортасында – өте жоғары. ИЧ210Х30Г3 маркалы шойын абразивті-тотану ортасындағы барлық сынақта максималды тозу төзімді екендігі анықталды.

Сұр шойындарға қарағанда ақ шойындардың құйылу қасиеті нашар. Бірақта олардың сұйықты аққыштығы әдетегі қалыпта қабырғалар қалыңдығы $3\div 4$ мм және қабырға қалыңдығы $6\div 8$ мм құйылған дайындаманы алуға жеткілікті болады. Ақ шойындардың сызықты шөгугі көміртекті болаттың сызықты шөгугіне қатысты жақын болады. Кремний хромды шойындардың сұйықты аққыштығын жақсартады. Құю қасиетінің кешені бойынша перлитті ақ шойындардың және нихард шойындар ең аз технологиялықты, олардан кейін Me_7C_3 карбидті шойындар қарастырылады. Эвтектикті шойынға қатысты әсіресе жақын Me_7C_3 және $Me_{23}C_6$ карбидті жоғары хромды шойындарда жарықшалардың түзілуіне ең аз бейімді шойындар саналады [20, 21].

3.10. Ванадийлі және Шарпи қағидасы қанағаттандырылатын кейбір басқа легіріленген шойындар

Фазалардың орналасуының толық инверсиялығын қажет ететін, Шарпи қағидасына сәйкес келетін ванадийлі шойындар, әсіресе ақ шойындардың ерекше сипаты, қоспалардың бір-біріне қатысты окшауланған түрде орналасуын құрайтын қатты құрылым, ал ең артық тұтқырлықты жалпақ матрицаны құрайды. Бұл ең үздік дәреже қортпалардың тозу төзімділігін және жоғары антифрикциялық қасиетін ғана емес, сонымен бірге беріктік, тұтқырлық, жылулы ауысу жағдайында төзімділік қамтамасыз етіледі. Фазаның орналасуының

осындай инверсиясы легірлеумен, легірлеу және термиялық өңдеу, пастикалық деформациялану, жоғары құрамды марагнецті эвтектикалық ақ шойындарды жоғары температуралы термиялық үйлестірумен орындалады. Беріктіктің максималды мәні шойынның микроқұрылымының (при 11÷12%V) толық инверсиялығына сәйкесті максималды қаттылық біршама ванадий (шамамен 9%) құрамының аз кезінде орындалады. Ұстау процесінде (5÷6 сағ) 1000÷1050°C кезінде карбидті қоспалар бір бірінен толығымен оқшауланады, бұл Шарпи қағидасына сәйкес құрлымының қалыптасуына әкеп соғады, сонымен бірге кокильде құйылатын шойындарда ең үздік нәтижелер алынады. Олардың созылмалығы, тұтқырлығы жоғары, соққы жүктемесі әсері кезінде пластикалық деформацияланады (иілу). Сонымен бірге бұл шойындардың қаттылығы жоғары (≈ 40 HRC) және абразивті тозу кедерділігі жақсы.

Ақ шойын ванадиймен 8÷12% мөлшерде легірленеді, термодинамикалық белсенділікті жоғарлататын көміртекпен ақ шойын элементтері қосымша легірлену есебінен 3,5÷4,5% дейін ванадий құрамы азайтылады. Кешенді-легірленген шойындағы ванадий титанмен ауыстырылады. Қасиеттері бойынша мұндай шойындар Mn-Cr-V-шойындарда өзгеше болмайды. Ванадийлі шойынның беріктігінің жоғарлауы оны никель және кремниймен легірлеу кезінде орындалады. Максималды беріктікке $\sim 2,5\%Si$ сәйкес келеді. Әрі қарай шойындағы кремний құрамының жоғарлауы біршама сынғыштықты және беріктіктің төмендеуіне әсер етеді. Қаттылық кремний концентрациясының жоғарлау шамасы бойынша сызықтықты жоғарлайды. Максималды беріктік $\sim 3,3\%Ni$ кезінде, максималды қаттылық – $\sim 4\%Ni$ кезінде орындалады. Көміртектің (2,2%) аз құрамы кезінде мыспен ($\sim 1,5\%$) және кремний ($\sim 1,5\%$), ванадиймен шойынды кешенді легірлеумен HB (390÷430) механикалық қасиетің жоғарғы көрсеткіштері алынады.

Аталған шойындардың үйкеліс жағдайындағы төзімділігі өте жоғары, ШХ15 маркалы болаттың төзімділігінен 2÷7 жоғары, шыңдалған және жасытылған, қаттылығы 61 HRC, іс жүзінде қаттылығы 66 HRC P18 жылдам кесу маркалы болаттың тозу төзімділігіне тең. Тозға төзімділік ерекше шамалы ақ шойынды марагнец, ванадий және көміртекпен кешенді легірлеу кезінде жоғарлайды, соның VC және Me_7C_3 нәтижесінде карбидтер шойынның мартенситті-аустенитті матрицалы болады. Тозатын бетте осындай құрылым кезінде соққысыз әсер ету кезінде абразивті бөлшектер жабысады,

жоғары бастапқы қаттылықпен (57÷65 HRC) жақсы тозуға төзімділік қамтамасыз етіледі. Мұндай шойын ұсақтау күрекшелері, жылдам тозатын жер қазатын машиналар бөлшектерін жасау үшін ұсынылады.

Кешенді-легіріленген ванадийлі ақ шойындар келесі көрсеткіштермен $\sigma_b \leq 100$ кгс/мм² және $\delta \leq 2,5\%$ сипатталады. Аустенитті күй температурасы кезінде оларда жоғары созылмалық қалыптасады, ол олардың пластикалық деформациялану мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Соңғы қасиет, байқағанымыздай, қатты және жұмсақ фаза пішінінің өзара қолайлы орналасуында қалыптасады. Кейбір ванадийлі шойындардың химиялық құрамы 3.26 кестеде келтірілген.

Қалыпты сұр шойындарда Шарпи қағидасы, негізінде, сақталмайды: феррит эвтектикалық колония ортасында артық аустенитті дендриттердің өсті аймағында бөлінеді. Сұр шойынның ағару кезеңінің басында ледебуритті цементит қоспасы эвтектикалық аустенитті-графитті колония айналасында торлы не тармақ аралық дендритті құрылымда қабат түрінде орналасады. Сонымен бірге осындай қолайсыз құрылымдық құрамдастың орналасуын инверсиялау үшін қолданылатын құралдар белгілі. Мысал ретінде 1,6÷3,5%Al құрамды шойын қолданылады. Аустенит құрамындағы алюминийдің жоғары құрамды және дендриттер түрінде кристаллизацияланады. Сонымен бірге осы түрдегі қортпалардың жоғарғы тозу төзімділігін қамтамасыз ететін ферриті-перлитті құрылымды сипатты инвертирлеу түзіледі.

Цариймен осындай шойындарды микролегірлеу графитті түйіршіктердің жинақтылығын жоғарлатады және γ -фазаның сақталуына ықпал етеді, бұл құрғақ үйкеліс жағдайында Al-Ce-шойындардың жоғары тозу төзімділігін, жоғары механикалық қасиеттерін ($\sigma_b < 50$ кгс/мм²) және жоғары қақтану төзімділігін қамтамасыз етеді. Біршама жоғары қаттылыққа (285 НВ) қарамастан олар кесумен жақсы өңделеді, өйткені құрлымыдық қаттылық бойынша – қатты қоспа γ -фазалары жұмсақ матрицада күшті дефференцирленеді.

Шарпи қағидасына сәйкесті мысалды құрылым ретінде жартылай графиттелген ванадийлі шойындар қарастырылады, оларда көміртекті шамалы бөлігінде пластиналы не шар тәрізді графит болады, ал бір бөлігі ванадий карбидтерінде байланысады. Шикізатты күйде және ерекше осындай шар тәрізді графитті қортпалар жастылығынан кейін созылмалығы жоғары ($\delta_5 < 7,5\%$), қаттылығы төмен (250 НВ) және кесумен жақсы өңделеді. Олардың жасыту және жұмсартудан

3.26 кесте
Микроқұрылымы толық және жартылай инверсияланған шойындардың химиялық құрамы

Шойын түрі	C	Si	Mn	Cr	V	Cu	Ti
Ақ ванадийлі	1,7÷3,0	0,5÷2,5	0,7 дейін	0,1 дейін	3,0÷10,0	1,5 дейін	-
Пластиналы графитті жартылай ванадиймен графиттелген	3,3÷4,0	2,0÷3,3	0,5 дейін	0,05 дейін	1,5÷4,5	0,5÷1,2	-
Сондай, шар тәрізді графитті	3,5÷4,0	3,0÷4,2	0,5 дейін	0,05 дейін	1,5÷4,5	0,5÷1,2	-
Ақ аустенитті ванадиймен кешенді легірілген	2,7÷3,8	0,5÷1,5	7,5÷20,0	7,0÷12,0	3,0÷8,0	-	-
Ақ мартенситті-аустенитті ванадиймен кешенді легірілген ванадиймен кешенді легірілген	2,7÷3,8	0,5÷1,5	3,5÷5,0	7,0÷11,0	4,0÷8,0	-	-
Ақ титанмен кешенді легірілген	2,3÷2,8	0,6 дейін	0,5÷8,0	7,0÷12,0	-	-	1,5÷3,0
Ақ марганецті	1,7÷2,5	0,5÷1,5	15,0÷35,0	-	-	-	0,2÷0,5

3.27 кесте

Жоғары марганецті шойындардың механикалық қасиеті

Көміртек құрамы	σ_p , МПа	δ , %	КС, кДж/м ²	HRC
2,0÷2,2	450÷500	1÷2	200÷300	27÷30
2,3÷2,5	400÷450	1,5 дейін	100÷200	32÷37
2,6÷2,8	350÷400	1,0 дейін	100 дейін	38÷43

кейінгі қаттылығы 56÷60 HRC және тозу төзімділігі жоғары, олардың беріктігі 150 кгс/мм² жетеді.

Ванадийлі ақ шойындардың кесумен өңделуі қиындық тудырады, сондықтан аз көлемді механикалық ажарлаумен өңдеумен кұюдың дәл тәсілдерімен бөлшектерді жасауға болады.

Ванадийлі ақ шойындар ауыр пайдалану жағдайында жұмыс жасайтын бөлшектерді жасау (кұрғақ үйкеліс, абарзивті орта, жоғары статистикалық және динамикалық жүктеме) үшін ұсынылады. Мұндай жағдайда ванадийлі шойындарды пайдалану экономикалық тұрғыдан тиімді екендігі анықталған.

Жоғары марганецті ақ шойындар. Кокильде құйылған (3.27 кесте) жоғары марганецті ақ шойындардың (2,0÷2,8 %С, 20÷35%Mn, 0,4÷1,0%Si) ерекшелігі олардың жоғары созылмалығы және соққы тұтқырлығы саналады. Осы шойындардың үлгілері 30° дейінгі соққы кезіндегі иілудің бүлінсуінсіз соққыны ұстайды.

Құйылған күйдегі жоғары марганецті шойындардың салыстырмалы ϵ тозу төзімділігі термиялық өңдеуден кейін (жақшада) келесі көрсеткіштермен сипатталады:

Сынау жағдайы:	ϵ
– бос абразивте	1,6 (2,1)
– электрлі корундті қабықша бойынша	1,5 (1,9)
– кремнийлі қабықшада	3,1 (4,1)

Жоғары марганецті термиялық өңделген ақ шойындар соққы жүктеме және тозу жағдайында жұмыс жасайтын бөлшектерге арналған 110Г13Л маркалы болат орнына қолдану ұсынылады, мысалы, ұсатқышты-ұсақтау жабдықтарының, экскаваторлар бөлшектері.

Деформацияланған ақ шойын. Ақ шойын құрамындағы күрт өзгерістер пластикалық деформациялану нәтижесінде алынады, бұл болаттың жоғары механикалық қасиеті және қаттылықты, тозуға төзімді ақ шойын қасиеттеріне жақын үйлескен, арзан материалды алуға мүмкіндік береді. Графитизациялануға қатысты бейімді емес ақ шойын ыстықтай деформацияланады. Деформациялану процесінде құйылған шойында сынғыштық және төмен беріктік түзіледі эвтектикалық карбидтер деформацияланады және ұсақталады, аустенитті түйіршік ұсақталады, шойын құрылымының ледебуритті қаңқасы толығымен бұзылады. Нәтижесінде ақ шойыннышамалы беріктенуі орындалады, оның созылмалығы және соққы тұтқырлығы

жоғарлайды. Шойынның металды негізін марганец, никель және молибден құрамымен реттеуге болады.

Келесі құрамды 1,7÷2,5%С, 0,9÷1,5%Cr, 0,4÷0,6%Nb немесе 0,5÷0,7%V, 0,1÷0,3%Mo және 0,03÷0,08%Ti деформацияланған ақ шойынның механикалық қасиетінің көрсеткіші: $\sigma_{\text{в}} = 890\div1100$ МПа, $\sigma_{0,2} = 620\div820$ МПа, $\delta = 1\div4$, КС = 50÷400 кДж/м², HRC 33÷42. Мұндай шойындарды тісті сүргілеу білдектерінің төсемдерін жасауға арналған термиялық өңделген 35Л және 40Х маркалы болаттармен бірге тозуға төзімділікті материалдар ретінде пайдалануға болады, бұл олардың жұмыс жасау мерзімін 8÷10 есе жоғарлатады. Деформацияланған шойындарды ыстықтай илектеу біліктерін жасау үшін қолдануға болады, бұл біліктер төзімділігін ~1,5 есе жоғарлатады [20, 21].

3.11. Ыстыққа төзімді шойындар

Қазіргі кезде машинажасау саласында әртүрлі пайдалану жағдайында құйма жұмысының сенімділігін және ұзақмерзімді жұмыс жасауын қамтамасыз ететін, жоғары берікті ғана емес, сонымен қатар бірқатар арнайы қасиетті материалдарды пайдалану қажеттілігі туындайды. сондықтан ерекше физикалық қасиетті жоғары легіріленген шойынды құймалар кеңінен қолданылады, мысалы, тотануға төзімділікті (26÷36%Cr), магнитті емес (12%Mn дейін, 2%Cu дейін). Сонымен бірге бұл шойындар сәйкесті болаттарға қарағанда арзан және жақсы құймалы қасиетті.

Легіріленген шойындар әдетте ыстыққа төзімді, ыстыққа берікті, тозуға төзімді, тотануға төзімді, магнитті емес қасиеттері бойынша жіктеледі, ал құрамы бойынша – хромды, никельді, кремнисті, алюминді, марагнецті. сонымен бірге легірлеуші элемент шойынға біруақытта бірнеше арнайы қасиетті қалыптастырады.

Тотықты ортада қызу кезінде қалыпты төмен легіріленген шойын тотанады, графитизациялану нәтижесінде көлем жоғарлайды. Арнайы ыстыққа төзімді легіріленген шойындар тотықты газды ортада қызу кезінде шамалы тоығады және өседі. Ыстыққа төзімді шойындардың тотану нәтижесінде салмақ 0,5 г/м²·сағ жоғарлайды және 150 сағат пайдалану температурасы кезінде 0,2% артық емес жоғарлайды.

Легіріленген шойындардағы алюминий, кремний, никель, хром құрамының белгілі құрамы кезінде ыстық төзімділігі жоғарлайды. Алюминий, кремний, хром сияқты легірлеуші элементтер шойын бетінде тығыз темір, тотықтарының, шпинельдердің, сонымен

біретотықты тотанудан қорғаумен тотықтың түзілуін қамтамасыз етеді. Сонымен бірге, олар қызу кезінде құрылымның тұрақтылығын қамтамасыз етеді, шойынның өсуін төмендетеді.

Ыстыққа төзімді шойындарға пластиналы және шар тәрізді графитті хромды, кремнийлі, алюминді шойындар жатады. Жоғары никельді тотануға төзімді ыстыққа берікті шойындардың ыстық төзімділігі жоғары, бірақта ыстыққа төзімді шойын ретінде қолдану оның бағасының жоғары және никельдің тапшылығына қатысты шектеледі. Жоғары хромды ақ шойын және жоғары алюминді шойындардың ыстыққа төзімділігінің деңгейі өте жоғары, бірақта оларды пайдалану олардың өңделуінің нашарлығына, құймада жарықшаның түзілуіне қатысты бейімді және қабыршақ және кеуектілік түріндегі ақаулықтарға қатысты шектеледі. Белгілі жұмыс жасау жағдайында аз құрамды алюминді хромды, алюминді шойындар өте арзан және технологиялықты, экономика тұрғысынан құйылған бөлшектердің анықталған ұзақмерзімділік деңгейімен қамтамасыз етіледі.

Ыстыққа төзімділік әдетте екі көрсеткіштер: қақты төзімділік және өсу тұрақтылығы бойынша анықталады. Қақты төзімділік берілген температура кезінде белгілі ортада үлгінің сәйкесті шыдамдылықтан кейін салмақты әдіспен не корродирленген қабат тереңдігін тікелей өлшеумен анықталады. Үлгінің салыстырмалы өлшемдерінің өзгеруі бойынша анықталатын шойынның өсуі орындалады. Шойынның тозу төзімділігі гидроабразивті және әртүрлі абразивті ортада сынау кезінде, сонымен бірге сұйық үйкеліс және майлаумен үйкеліс кезінде үлгінің салыстырмалы салмағының өзгеруі бойынша анықталады. Әртүрлі қышқылда, сілтідегі және басқа зиянды сұйық ортадағы тоттану төзімділігі тоттану жылдамдығы $\text{г/м}^2\cdot\text{сағ}$ немесе мм/жыл бойынша анықталады. Тікелей тотану тереңдігін анықтау әдісі үлгінің бетіндегі қақаты жою және сынауға дейінгі және кейінгі үлгі өлшемдерін өлшеумен орындалады.

Легірленген шойындарды сипаттауда атап өту қажет, олардың арнайы қасиеттері, конструкциялық шойындарға қарама-қарсы біріншіден, олардың құрылымымен анықталатын легірлеуші элементтер құрамы және құрылымымен анықталады.

Алюминді шойын. Арнайы қасиетті Fe-C-Al жүйелер қорпаларының арнайы фазалар түзілуі және графитизациялануға қатысты әртүрлі бейімділік нәтижесінде құрылымы әртүрлі болады. Алюминді шойын құрамында 0,6-1,5 ден 29÷32%Al болады. Алюминді шойындардың кейбір маркалары біруақытта тотану төзімділігі, тозу

термиялық төзімділігі, беріктігі жоғары болады. Құрамындағы 14%Al артық шойындардың ыстыққа төзімділігі ең жоғары болады. Алюминий және көміртек құрамына қатысты тәуелділікте алюминді шойындар құрылымда графиттің түзілуінсіз, пластиналы графитпен кристаллизацияланады, ал шар тәрізді графитпен модифицирлеу кезінде оның физика-механикалық қасиеттерінің диапазоны біршама кеңейеді.

Шойын құрамында Al 5÷8% болған кезде оның құрылымы кейбір мөлшерлі графитті легіріленген ферритті болады. Құрамындағы Al 11÷17% болған қорпаларда графит болмайды, және олардың құрылымы феритті және γ -фазалы, жоғары қаттылығымен (360÷400 HV) ерекшеленеді. Құрамындағы Al 11÷17% қорптада феррит парамагнитенді, γ -фазалы ферромагнитенді болады. Осы шойынның царий не оның қоспаларымен модифицирленеді, бұл феррит түйіршіктерінің шекаралары бойынша орналасқан құрамдас γ -фазалар ферромагнитті құрылымның түзілуіне қатысты орындалады. сол кезде графитшар тәрізді пішінді болады. Кальций не оның қосындысымен 19÷25%Al құрамды шойын модифицирленгеннен кейін γ -фаза іс жүзінде түзілмейді, ал графитцприймен модифицирленген шойынмен салыстырғанда өте дұрыс шар тәрізді пішінді болады. Шойын құрамдындағы Al 26% артық кезде барлық көміртек Al4C3 карбид түріндегі байланыс түрінде болады, микроқаттылығы 960÷1000 HV.

Арнайы қасиетті өндірісте қолданылатын алюминді шойындар құрамы 3.28 кестеде келтірілген; оның негізгі қасиеті – ыстыққа төзімді және тозуға төзімді. Шойын құрамындағы Al 5÷8% кезінде ыстық төзімділік жеткілікті деңгейімен сипатталады және 800°C кезінде оның салмағы барлығы 0,4 г/м²-сағ жоғарлайды. Бірақта өте жоғары температура кезінде ыстық төзімділік біршама төмендейді, сондықтан осы құбылысты жою үшін шойын қосымша Si, Ni, Cr және Cu легіріленеді, сонымен бірге максималды қақ төзімділік 10,5% тең кремний және алюминий құрамының жиынтығы кезінде жоғарлайды. Шойын құрамындағы алюминий құрамының көбейуінде оның ыстық төзімділігі үздіксіз жоғарлайды, сонымен Al 14% кезінде шойын 1000°C кезінде 0,1 г/м²-сағ салмақта жоғарлауымен сипатталады. Бірақта, ыстық төзімділігі жақсы болуына қарамастан бұл шойын өзінің үлкен сынғыштығы және төмен механикалық қасиеті өңделуінің қанағаттанарлықсыздығына қатысты қолданылуы шектеулі. ЖЧЮ22Ш маркалы шойынның қақа төзімділігі және өсу тұрақтылығы бойынша

көрсеткіштері өте жоғары, ол іс жүзінде 1100°C дейінгі температурада тотықпайды. Оның жоғары ыстық төзімділігі бірқатар зиянды ортада. Оның ішінде пешті және күкіртті газдар және артық қызған булы ортада сақталады.

3.28 кесте

Жоғары легіріленген алюминді шойындардың химиялық құрамы, %

Шойын маркасы	C	Si	Al	Cr	Mn	P	S
ЖЧЮ2ХШ	3,0÷3,8	2,0÷3,0	1,0÷2,0	0,5÷1,2	0,8	0,1	0,03
ЖЧЮ6С5	1,8÷2,4	4,5÷6,0	5,5÷7,0	-	0,8	0,3	0,15
ЖЧЮ7Х2	2,5÷3,0	1,5÷3,0	5,0÷9,0	1,5÷3,0	1,0	0,3	0,12
ЖЧЮ22	1,6÷2,5	1,0÷2,0	19,0÷25,0	-	0,8	0,2	0,08
ЖЧЮ22Ш	1,6÷2,5	1,0÷2,0	19,0÷25,0	-	0,8	0,2	0,03
ЖЧЮ30	1,0÷1,2	До 0,5	29,0÷31,0	-	0,7	0,04	0,08

3.29 кесте

Кейбір алюминді шойындардың механикалық қасиеті

Шойын маркасы	σ_B , МПа	$\sigma_{изр}$, МПа	Қаттылық, НВ
ЧЮХШ	390	590	183÷356
ЧЮ605	120	240	236÷294
ЧЮ7Х2	120	170	254÷294
ЧЮ22Ш	290	490	235÷356
ЧЮ30	200	350	356÷536

Шар тәрізді графитті алюминді шойын балку температурасына дейін іс жүзінде жоғары ыстық төзімділікті сақтайды. 29÷31%Al құрамды шойынның (пирофераль деп аталады) ыстыққа төзімділігі және 1100°C кезінде де жоғары болады, шамамен 0,2 г/м²·сағ салмақ жоғарлайды, ал сонымен бірге жоғары температура кезінде оның тозу төзімділігі өте жақсы болады. Пироферальді өндірісте кеңінен қолдануға кедергі жасайтын негізгі себеп, оның бөлме температурасы кезінде өз бетімен ыдырауға қатысты бейімді қасиеті, бұл оның Al₄C₃ карбидті металды негіздің болуына қатысты орындалады, бөлмелі және төмен температура кезінде, әсіресе ылғал болған кезде тұрақсыз. Пироферальдің кемшіліктеріне жарықшаның түзілуіне жоғары бейімділік және қалыпты кесу инструментімен кесілмеуі жатады.

Пироферальға 0,3% дейінгі мөлшерде титанды, сонымен бірге Сг не FeCe араластырған кезде оның қасиеті жоғарлайды және қалыпты температура кезінде құрылымның тұрақтылығы жоғарлайды.

Алюминді шойынның механикалық қасиеттері 3.29 кестеде келтірілген. Құрамындағы Al 8% дейінгі шойындар магний не оның лигатурасымен, Al 19÷25% құрамды – құрамында мына элементтер бар царий, кальций не кешенді қоспалармен модифицирленеді. Атап өту керек, магниймен модифицирленген құрамындағы Al 5÷8% шойын үлкен сынғыштықпен сипатталады және осы себепті оны өндірісте қолдану шектелген. 11÷17% Al кезінде шойын құрамындағы кремнийдің 6% дейінгі мөлшері, Ca, Si, Mg және PЗМ құрамды кешенді қоспалармен оны модифицирлеуден кейін шар тәрізді графитті алуға мүмкіндік береді, бірақта бұл оның сынғыштығын төмендетпейді. Сонымен бірге 19÷25%Al құрамды алюминді шар тәрізді шойын 1000°C температура кезінде ұзақуақытты шыдамдылықтан кейін де жоғары беріктік сақталады.

Пластиналы графитті алюминді шойынның механикалық қасиеті төмен болады. Шар тәрізді графитті алюминді шойынның созылуы кезінде фосфор беріктігі төмендейді. Жоғары алюминді шойындар қаттылығы негізінен алюминий құрамы бойынша анықталады. Егер алюминий құрамы 19÷23%, көміртек құрамының 1% азайуы. Шамамен шойын қаттылығын 100 НВ жоғарлатады. Кремний құрамының жоғарлау шамасы бойынша шойын қаттылығы жоғарлайды. Шар тәрізді графитті алюминді шойынның серпімділік модулі шамасы бойынша шар тәрізді графитті қалыпты шойынның серпімділік модуліне сәйкес және 680÷690°C дейін температура көтерілген кезде бірқалыпты төмендейді. 690÷730°C температура аралығында серпімділік модулінің күрт төмендеуі орындалады.

Алюминді шойынның сызықты кеңейу коэффициенті температура және алюминий құрамының көбейуімен жоғарлайды. Шар тәрізді алюминді шойынның сызықты кеңейу коэффициенті, пластиналы графитті шойынмен салыстырғанда біршама төмен болады. Алюминді шойынның жылу өткізгіштігі, сұр және жоғары берікті шойынға қарағанда қалыпты температура кезінде төмен болады. Температураның жоғарлауына қатысты алюминді шойынның жылу өткізгіштігі жоғарлайды, сонымен бірге легірленбеген шойындарда төмендейді. 950oC кезінде сұр және жоғары берікті шойындарға қарағанда алюминді шойынның жылу өткізгіштігі екі еседен артық жоғары болады.

Алюминді шойындардың қак төзімділігі балқу температурасына дейін жоғары болады. Пластиналы шойынның қак төзімділігі, шар тәрізді графитті шойындарға қарағанда бірнеше есе кем болады. Біраққа бұл айырмашылық маңызды емес.

$19\div 25\%Al$ құрамды шойын өңделуді қанағаттандырумен сипатталады. Сонымен ірге көміртек құрамының жоғарлауымен ол жақсарады.

Шойын құрамында алюминий құрамының болуы балқыту процесін күрделіндіреді және сапалы құйманы алуды қиындатады. Сұйық шойындағы алюминий тотықтанады, газ сіңіреді, газды қылау, тотықты қабыршақ және қоспа түріндегі ақаулықтардың түзілуіне әсер етеді. Сондықтан қорту, пештен тыс өңдеу, құюдың технологиялық шаралар тәртібін сақтау қажет. Графитті құрылымды алюминді шойындардың өңделуі қанағаттандырылғықты; графитсіз шойын іс жүзінде кесумен өңделмейді. Алюминиймен легіріленген шойындар өндірісті не орташа тазалықты тоқты индукциялық пеште балқытылады; артық қыздыру температурасы $1550^{\circ}C$ артық емес, басында шойын сутегімен қанықтырылады, бұлқұймада кеуектіліктің түзілуіне әсер етеді. Құрамында $27\%Al$ бар шойындарда жоғары артық қызу температурасы жылдам ыдырайтын Al_4C_3 тұрпатты қоспаларының түзілуіне ықпал етеді. Индукциялық пеште балқыту кезінде алюминий күйігі $0,5\div 3,0\%$ құрайды.

Шойындағы көміртектің еруінің төмендеуі нәтижесінде қортпадан бөлінетін жоғары алюминий құрамы кезінде бөлінетін артық графит құймада кеуектіліктің түзілуіне ықпал етеді, сондықтан берілген алюминий құрамы кезінде тепе-теңдікке қатысты қортпа құрамындағы көміртектің құрамы жақын болу қажеттілігі ұсынылады. Ферроцариймен алминді шойынды модифицирлеу металды ағызу алдында тікелей пеште орындалады. шар тәрізді графитті алюминді шойын, шойынның $1350\div 1490^{\circ}C$ температурасы және $800^{\circ}C$ дейінгі температура кезінде жеке балқыған алюминийді араластырумен алынады. Сонымен ірге модифицирленген қоспалар алюминийде еруі қажет.

Алюминийлі шойынды құймаларжақсы желдетілетін шикізатты және құрғақ қалыпта алынады. Үлкен бетті вертикалды не еңістіпен орналастыру қажет. Үлкен бөлшекті құйма кезінде қоспаларды қолдану қажет. Ірі бөлшектерді құю кезінде бейімді қоспаларды пайдалану қажет.

Фосфор құрамы 0,2 ден 0,06% дейін азайған кезде сұйықты аққыштық шамамен 2 есе төмендейді; алюминді шойында көміртектің құрамы 1% жоғарлаған кезде, басқа тең жағдай кезінде

сұйық аққыштық жоғарлайды және Al 5÷8% құрамы кезінде ол сұр шойынның сұйықты аққыштығынан айырмашылығы аз болады.

Осындай шойынның сызықты шөгу мәні 1,5÷1,8%, ал шар тәрізді графитті шойында Al 19÷25% кезінде ол 2÷2,6% жоғарлайды. Көміртек және кремний құрамының азайуында шойынды шойын шөкпесі жоғарлайды. Құю температурасы және шойын құрамына қатысты тәуелділікте өзгеретін шөкпелі қылау көлемі пластиналы графитті шойын үшін 2,6÷4,0%, шар тәрізді шойын үшін 4,2÷7,0% құрайды. Сонымен бірге пиррофераль қасиеті төмен болады.

Алюминді шойынды құймада түзілетін қалдықты кернеу келесі жасытумен төмендеуі мүмкін, сонымен бірге қысқамерзімді шыдамдылық >700÷750°C температура кезінде алюминді шойында кернеу шамалы релаксацияланады; сондықтан осы шойындағы кернеуді жою үшін жасыту температурасы 750°C кем емес болу керек.

3.30 кестеде алюминді шойынды қолдану аумағы келтірілген.

3.30 кесте

Жоғары легіріленген алюминді шойынды құймалардың пайдалану қасиеті және пайдалану аумағы

Шойын маркасы	Пайдалану қасиеті	Қолданыс аумағы
1	2	3
ЖЧЮ2ХШ	650°C дейінгі температура кезінде пешті газдарға және ауа атмосферасындағы ыстыққа төзімді, балқыған шынының әсеріне төзімді	Шынылы бұйымдарға арналған пресс-қалып, пешті жабдықтар бөлшектері, табақты таптау станының таза клеттерінің рольгантердің дөңгелекшелері
ЖЧЮ6С5	800°C дейінгі температура кезінде пешті газдар және ауа атмосферасындағы ыстық төзімді, күкіртті құрамды ортадағы төзімді; каяуға қарсы төзімді	Пешті арматура бөлшектері, агломерациялық машинаның оттықтары, күйдіру пештерінің бөлшектері
ЖЧЮ22	1000°C температура кезіндегі ауалы ортада ыстыққа төзімді, күкіртті құрамды ортада, су буында; қалыпты және жоғары температура	Қазандықтар арматурасының бөлшектері, булы қыздырғышты қазандықтардың дистанциялықты бөлшектер, күйдіру қолчедан

1	2	3
	кезіндегі тозу төзімділігі, балқыған шынының әсеріне қарсы тұрақты, магнитті еместі; төмен және жоғары температура кезінде көптеген көміртек және күкірт қосындысына тұрақты, үлкен концентрациялы органикалықө емес қышқылдағы тұрақты	ды және цементті пештердің қыздыру сақиналы пештер бөлшектері, агломерациялық машиналар оттығы, термиялық пештер бөлшектері, алюминді балқытуға арналған тиглдер, оттықты қаптау бөлшектері, шыны балқытатын пештердің бөлшектері және пресс-қалыптар
ЖЧЮ22Ш	ЖЧЮ22 шойын маркалары сияқты. Төмен және жоғары температура кезінде берікті жоғары. 1100°С дейінгі температурадағы ауалы ортада ыстыққа төзімді, ванадийлі тоттану жағдайына тұрақты	ЖЧЮ22 маркалы шойындар сияқты, бу қыздырғыштардың көлеңкелі қорғаныс бөлшектері
ЖЧЮ30	ЖЧЮ22 шойын маркалары сияқты. 1100°С дейінгі температура кезінде ауалы ортадағы ыстыққа төзімді. Кесумен өңделмейді, ылғалды ортада қалыпты температура кезінде өз бетімен ыдырауға бейімді.	Колчеданды күйдіру пешінің бөлшектері, термиялық пештер бөлшектері, алюминді балқытуға арналған тигель

Хромды шойын. Аз қоспалы хромды (4% артық емес) легіріленген шойындар қызу кезінде эвтектоидті цементтің тұрақтылығын жоғарлатады және шойынның өсуін азайтады. Хромды шойындардың кристаллизациялану ерекшелігі, қатты ертінділер және цементтің, егер хром құрамы 3% артық болған кезде – арнайы карбидтер және қатты, магнитті емес және 42÷48% Cr (σ -фаза ретінде белгілі) сынғышты интерметаллидті Fe-Cr түзілуі саналады. Хромды шойындар негізінен ыстықты-тотты және тозуға төзімді материал ретінде қолданылады. шойынның ыстық төзімділігі ондағы хром (15% жоғары) құрамының жоғарлауымен көтеріледі. Сонымен бірге, бірауқытта жоғары температура және қажалу жағдайында жұмыс жасайтын қортпаларда көміртек құрамын 2,5÷3,5% көбейту қолайлы

әсер етеді. Кремний шойынның қақтың түзілуіне қарсы кедергілігін жоғарлатады, бірақта жоғары температура кезінде беріктік, сонымен бірге шойынның созылмалығы және термиялық төзімділігі төмендейді, сондықтан әдетте жоғары хромды шойын құрамында оның құрамы 4% артық емес болады.

Көміртек құрамының азауы және хром құрамының көбейуімен шөкпелі қылаудың түзілуіне қатысты бейімділік жоғарлайды. Сонымен мынаны ескеру қажет, хром құрамының өсуімен шойынның салқынды жарықшаның түзілуіне қатысты шойын бейімділігі жоғарлайды, сондықтан құйманың әртүрлі бөлігі бірқалыпты салқындауды қамтамасыз ететін құйманың салқындауына және оны термиялық өңдеуге қолайлы жағдай жасау керек. Хромды шойындарды қорту доғалы, сонымен бірге индукциялық электр пештерде орындалады.

Хромды шойындардың тозу төзімділігі қорпаның құрылымы және қаттылығымен анықталады, сондықтан осындай шойынның өқаттылығына қандай термиялық өңдеу тәртібі ықпал ететінін білу керек. 400 НВ және артық қаттылық кезіндегі шойынның тозу төзімділігі ВК4, ВК6М, ВК3М пластиналы кескіштермен өңделуі мүмкін. 4÷5 кесу тереңдігі кезінде кесу жылдамдығы 25 м/мин артық емес, шала өңдеу үшін беріліс $0,3\div 0,4$ мм/айн және таза өңдеу үшін $0,5\div 0,6$ мм/айн болады.

Хромды шойынның келесі маркалары қолданылады:

- ыстық төзімділікті және тозу төзімділікті – ЖЧХ, ЖЧХ2, ЖЧХ16, ЧХ22, ЧХ34, Х28П, Х28НД3Ю2;
- тозу төзімділікті – ИЧХН4, ИЧХ2Н4, ИЧХ3ТД, ИЧХ4Г7Д, ИЧХ13Г3М, ИЧХ12Г5, ИЧХ15М2, ИЧХ28Н2, ИЧХ28Н2М2 және т.б.

Легірленген маркалы шойындар әріптермен белгіленеді: Ч – шойын, Х – хром, Н – никель, Т – титан, С – кремний, Г – марганец, М – молибден, Д – мыс, Ю – алюминий, П – фосфор Ш – шар тәрізді графит, И – тозуға төзімді, Ж – жыстыққа төзімді. Төмен хромды шойындар құрамында (ЧХ1, ЧХ2, ЧХ3) Сг 0,4 ден 3,0% дейін және әдеттегі сұр шойынға қарағанда өте жоғары ыстыққа төзімділікпен сипатталады. Бұл шойындар пластиналы графитті металды негізді перлитті құрылымды болады. Бірақта шойындағы хром құрамының жоғарлау шамасы бойынша эвтектикалықты цементит қоспасы түзіледі.

Цементиттің түзілуін болдырмау үшін кремний және көміртек құрамы көбейтіледі, шойын модифицирленеді. Төмен хромды шойынның механикалық қасиеті оның ерекше құрылымымен байланысты және салыстырмалы көп емес.

Құрылымда үлкен эвтетикалық цементтің болмауына қатысты σ_b нақты мәні 290 МПа жетеді және ұсақ графитте жеткілікті болады.

20÷30%Cr (ЧХ16, ЧХ28, ЧХ32) құрамды жоғары хромды шойындар, тотану төзімділігі жоғары конструкциялық материалдар, 1000оС кезінде криолитті-алюминий тотықты қортпаларда және анодты газды алюминді электролизді ортада, тұзды ертінділерде не басқа қортпаларда және азотты тотықты және сульфаты (азотты, күкіртті, фосфорлы, сіркелі және т.б.) әртүрлі қышқылды ертінділерде жұмыс жасайтын бөлшектер үшін тотану төзімділігі жоғары конструкциялық материалдар ретінде қолданылады.

3.31 кестеде хромды шойынның механикалық қасиеті, 3.32 кестеде химиялық құрам, 3.3 кестеде пайдалану сипаттамасы және қолданыс аумағы келтірілген.

3.31 кесте

Хромды шойындардың механикалық қасиеті

Шойын маркалары	σ_b , кгс/мм ²	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм ²	f_{300} , мм	НВ
	10 ⁷ Па			
ИЧХ3ТД	24	48	2,0	480÷600
ИЧХ4Г7Д	15	34	2,0	500÷600
ИЧХН4	23	48	4,0	340÷460
ИЧХ2Н4	22	42	1,5	470÷650
ИЧХ15М2	18	50	4,0	500÷600
ИЧХ28Н2	30	55	4,0	480÷600
ИЧХ28Н2М2	33	55	4,0	470÷600
ЖЧХ	18	36	2,5	207÷286
ЖЧХ2	15	32	2,5	207÷286
ЖЧХ3	-	32	3,0	228÷364
ЖЧХ16	35	70	3,0	400÷450
ЧХ22	30	55	3,0	260÷340
ЧХ28	35	55	6,0	220÷270
ЖЧХ30	30	50	2,0	364÷550
ЧХ34	40	60	5,0	325÷400
Х28П	30	50	1,5	280÷400
Х28Д3Ю2	55	80	5,0	364÷550

Хромды шойындардың химиялық құрамы

Шойын маркалары	Элементтердің салмақтық үлесі, %						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Прочие
	Ыстыққа тезімді тогтануға тезімді						
ЖЧХ	3,0÷3,8	1,5÷2,5	1,0	0,5÷1,0	1,0	-	-
ЖЧХ2	3,0÷3,8	2,0÷3,0	1,0	1,0÷2,0	1,0	-	-
ЖЧХ3	3,0÷3,8	2,8÷3,8	1,0	2,0÷2,7	1,0	-	-
ЖЧХ16	1,6÷2,4	1,5÷2,2	1,0	15,0÷18,0	-	-	-
ЧХ22	0,6÷0,9	3,0÷4,0	0,8	20,0÷24,0	-	-	-
ЧХ28	0,5÷1,0	0,5÷1,3	0,8	26,0÷30,0	-	-	-
ЖЧХ30	1,6÷3,0	1,5÷2,0	0,7	28,0÷32,0	1,0	-	-
ЧХ34	1,5÷2,2	1,3÷1,7	0,8	32,0÷36,0	-	-	-
Х28П	1,8÷2,8	1,8÷2,5	0,6	25,0÷30,0	-	-	0,8÷1,5P
Х28НД3Ю2	2,2÷3,0	0,8÷1,2	1,2÷1,8	25,0÷30,0	0,5±0,8	2,5÷3,5	1,0÷2,0Al
	Тоғуға тезімді						
ИЧХН4	3,0÷3,4	3,0÷2,8	1,0	0,8÷1,2	3,5±5,0	-	-
ИЧХ2Н4	2,7÷3,6	0,5÷0,9	0,8	1,6÷2,6	3,8±5,0	-	-
ИЧХ3ТД	2,6÷3,6	0,7÷1,5	1,0	2,0÷3,0	0,5	0,8	1,0Ti
ИЧХ4Г7Д	3,0÷3,8	1,4÷1,8	6,0÷8,0	3,0÷5,0	0,5	0,7	1,0Cu
300Х13Г3С2М	2,7÷3,0	1,3÷2,5	2,0÷4,0	12,0÷14,0	-	-	1,0Mo
ИЧХ13Г3М	2,7÷3,0	0,5÷0,7	3,4÷3,9	11,0÷18,0	-	-	0,8Mo
ИЧХ12Г5	2,6÷3,0	0,7	4,5÷5,2	12,0÷14,0	-	-	-
ИЧХ15М2	2,8÷3,6	0,5÷0,8	1,0	12,0÷18,0	-	-	2,0÷3,0Mo
ИЧХ28Н2	2,7÷3,0	0,7÷1,4	0,8	28,0÷30,0	1,5±3,0	-	-
ИЧХ28Н2М2	2,6÷3,0	0,4÷0,8	1,0	28,0÷30,0	1,5±3,0	-	1,8÷2,2Mo

Хромды шойындардың ыстыққа төзімді,
тоттануға төзімді және тозуға төзімді құймаларының
пайдалану қасиеті және қолданыс аумағы

Шойын маркалары	Пайдалану қасиеттері	Қолданыс аумағы
1	2	3
ЖЧХ	Үйкеліс және тозу жағдайында газды, ауалы, сілтілі ортада тотану төзімділігі жоғары. Ыстыққа төзімділігі ауалы ортада 500°C дейін	Кокилдер, шыны қалыптар, шілтерлер, доменді пештің тоназтқышты плиталары, агломерациялық машиналардың оттықтары, коксохимиялық жабдықтар бөлшектері, газды қозғалтқыштар және компрессорлардың бөлшектерінің күкіртті көміртекті ретортары, дизелдердің выхлопные коллекторлары
ЖЧХ2	Сондай. Ыстыққа төзімділігі ауалы ортада 600°C дейін	Агломерациялық машиналардың шілтерлерінің оттықтары және арқалық, химиялық жабдықтардың түйісу аппараттарының бөлшектері, мұнай өңдейтін зауыттардың құбырлы пештерінің торлары, турбокомпрессорлар бөлшектері, шынымашиналар бөлшектері
ЖЧХ3	Сондай. Ыстыққа төзімділігі ауалы ортада 650°C дейін	Термиялық пештер бөлшектері, электролиздер, оттықтар, шынымашина бөлшектері, сөндіру вагондарының қаптама плиталары
ЖЧХ16	Ыстыққа төзімділігі ауалы ортада 900°C дейін, калыпты және жоғары температура кезінде тозуға төзімді, үлкен концентрациялы органикалық емес қышқылға қарсы тұрақты	Химиялық машинажасау арматуралары, пешті арматура, цементті пештер бөлшектер

3.33 кестенің жалғасы

1	2	3
ЧХ22	1000°C температура кезінде ыстыққа төзімді және абразивті тұрақты	Температураның күрт ауысуы әсер етпейтін химиялық және цементі пештер бөлшектері
ЧХ28, ЧХ34	900°C дейін ванадийлі тотану жағдайында тұзды ертінділер және балқымаларында, күкіртті қышқылға тоттануы төзімді	Сораптар, вентилендер, әртүрлі сыйымдылықтар, реторттар және тамақ өнеркәсібінің химиялық аппараттарының басқа бөлшектері және т.б.
Х28П	Мырышты қорпада тозуға төзімді және тотануға төзімді	Мырышты бақымада (төлкелер, поршендер, подшипниктер) жұмыс жасайтын үйкелісті жұпты бөлшектер
Х28НД3Ю2	Қалыпты және жоғары температура кезінде 1100°C дейін ыстыққа төзімді және тозуға төзімді	Болатты үздіксіз құю қондырғысының ұстау элементтер армирлеу, агломерациялық машиналар оттығы, жентектеу тәшкесінің жиегі
ЖЧХ30	1100°C дейін ауалы ортада ыстыққа төзімді. 900°C дейін ванадийлі тотану жағдайында абразивті тозуға қарсы күкіртті ортада тұрақты. Күкіртті қышқылда тоттануға төзімді. Қалыпты және жоғары температура кезінде беріктігі жоғары	Күкіртті кендері күйдіру пештерінің тарақтары және тістері, құмды шүмекті – ұсатқышты аппараттар, алюминді электролиздер қаптамасының қорғанысты бөлшектері, химиялық аппаратуралар бөлшектері, булы қыздырғыштардың көлеңкелі қорғанысы

Шетелде белгілі 1,5÷2,2%С, 1,5÷2,2%Si, 13÷18%Cr құрамды жоғары хромды шойын «сормайт» атауымен, абразивті тозу кезінде жұмыс жасайтын шыбықтар және ұнтақ түрінде жасалатын бөлшектер бетін ертіп дәнекерлеу үшін, сонымен бірге абразивті ортада (сонымен бірге жоғары температура кезінде) жоғары тозу төзімділігімен сипатталатын 2,5÷3,5%С, 2,8÷4,2%Si, 25÷31%Cr, 3÷5%Ni, ≤1,5%Mn, ≤0,08%S, ≤0,8%P, HRC≈50 құрамды қорпалар ретінде қолданылады. хромды шойындар тығыздығы 7,3÷7,5 г/см³ шекте болады.

Кремнийлі шойын. Кремнийлі шойын, негізінен қақты, өсу-және тоттануға төзімді шойын ретінде қолданылады. 3.34 және 3.35 кестелерде осы шойынның химиялық құрамы және қолданыс аумағы келітірілген. $5\div 6\%Si$ құйылған күйде ол бір фазалы ферритті матрицалы және $900^{\circ}C$ дейінгі температура кезінде қатты төзімділігі және өсу тұрақтылығы жақсы болады. $900^{\circ}C$ кезінде ЖЧС5 маркалы шойынның өсуі $0,2$ ден $0,8\%$ дейін, $1000^{\circ}C$ кезінде $0,6$ ден 1% дейін ауытқиды. Пластиналықтан шар тәрізді графитке өту кезінде шойын құрылымының қатты төзімділігі және өсу тұрақтылығы ауалы ортада және генераторлы газды жану өнімінде біршама жоғарлайды. Шамалы мөлшерлі хром және марганец мөлшерімен кремнийлі шойынды қосымша легірілеу перлитті құрылымның түзілуіне әсер етеді, бұл дегеніміз, оның қатты төзімділігіне және өсу тұрақтылығына шамалы әсер етеді.

Кремнийлі шойынды никельмен (2% дейін) не хроммен ($0,5\div 4\%$) легірілеу оның ыстыққа төзімділігін жоғарлатады. Шар тәрізді графитті шойын өте ыстыққа төзімді.

Кремнийлі шойын тығыздығы кремний мөлшеріне тәуелді және $6,7\div 7,0$ т/м³ шекте болады. Кремний құрылымының жоғарлауымен шойын тығыздығы төмендейді. Пластиналы және шар тәрізді графитті шойынның жылуөткізгіштігі кремнийлі шойынның жылу өткізгіштігімен бірдей.

373 К ($100^{\circ}C$) температура кезінде ол $0,058$, ал 873 К ($600^{\circ}C$) кезінде – $0,075$ Вт/м²·К. Сызықты кеңейу коэффициенті $273\div 1173$ К ($0\div 900^{\circ}C$) аралығында $(14\div 17)\cdot 10^{-6}$ К⁻¹ құрайды.

Химиялық машинажасау саласында ЧС15 және ЧС17 (ферросилидтер) кеңінен қолданылады. Олардың күкіртті, азотты және хромды қышқылдарда, бірақтар органикалық қышқылдар әртүрлі температура және концентрацияда, сонымен бірге бөлмелі температура кезінде фосфорлы қышқылда және сілтілі (тотану төзімділігі 10 баллдық жүйе бойынша анықталады: 1 баллға дейін $<0,001$ мм/жыл шығынды жеткілікті шойын төзімділігі, 10 баллға дейін >10 мм/жыл шығынды тұрақты емес шойын анықталады) тұзды ертінділерде тотану төзімділігі жоғары болады. Бұл қортепалардың теңіз суында, жерасты суларында анодты еру жағдайында төзімділіктері жақсы болады, бұл оларды су және жер асты ғимарттарында катодты қорғанысты анодты жерге қосу стансалары үшін қолдануға мүмкіндік береді. Ферросилидтің механикалық қасиеттерін жоғарлату мақсатында

кейде ол мыспен легіріленеді. ЧС15 шойынға 8÷10%Сu қосқан кезде оның беріктігі 20 кгс/мм² дейін және соққы тұтырлығы 1,0 кгс·м/см² дейін жоғарлайды. Бірақта қортпаның тоттану төзімділігі төмендейді. Эвтектикалықты құрамды (0,5÷0,7%С) кезінде осы шойында оңтайлы механикалық қасиеттер анықталды.

Атап өту қажет, алюминді қвасцта, мырышты және темір купоросында, тұзды қышқылда және басқа қосындыларда ферросилидтің төзімділігі қанағаттанарлықсыз болады. Тұзды қышқылда оның төзімділігін жоғарлату үшін ферросилид әдетте 4% дейінгі мөлшерде молибденмен, кейде 2,5% дейін қосымша никельмен легіріленеді. Бұл қортпалар «антихлор» деген атаумен белгілі. «антихлор» концентрациялықты бағана, қазандықтар, сораптар, құбырлар және арматураларды жасау үшін қолданылады. «антихлор» барлық технологиялық температуралар кезінде кез келген тұзды, күкіртті және азотты қышқылдар концентрациясында тұрақты, бірақта оны тұзды әлсіз азотты қышқылды не күкіртті қышқылмен ауыстыру кезінде, сонымен бірге тұзды қышқыл және бромды хлорлы сутегінде плавикті қышқылды булар, күкіртті қышқылдар, балқыған сілтілер кезінде пайдалану ұсынылмайды. Кремний құрамының жоғарлауы «антихлор» тотану төзімділігін жоғарлатады, бірақта осы кезде қортпаның қаттылығы және сынғыштығы жоғарлайды.

3.34 кесте

Кремнийлі шойынның химиялық құрамы, %

Шойын маркасы	С	Si	Mn	S	P	Басқа элементтер
ЖЧС5	2,5÷3,2	4,5÷6,0	≤0,8	0,12	0,3	0,5÷1,0 Cr
ЖЧС5Ш	2,7÷3,3	4,5÷5,5	≤0,8	0,03	0,1	До 0,2 Cr
ЧС13	0,6÷1,4	12,0÷14,0	0,3÷0,8	-	-	-
ЧС15	0,5÷0,8	14,0÷16,0	0,3÷0,8	0,07	0,1	-
ЧС17	0,3÷0,5	16,1÷18,0	0,3÷0,8	0,07	0,1	-
ЧС15М4	0,6÷0,9	14,0÷16,0	0,6÷1,0	0,1	0,1	3,0÷4,0 Mo
ЧС17М3	0,3÷0,6	16,1÷18,0	0,6÷1,0	0,1	0,3	2,0÷3,0 Mo

Кремнийлі шойынды құймалардың пайдалану қасиеті және қолданыс аумағы

Шойын маркасы	Пайдалану қасиеттері	Қолданыс аумағы
1	2	3
ЖЧС5	700°С дейінгі температура кезіндегі ауалы орта және оттықты және генераторлы газда ыстыққа төзімді	Күкірт көміртекті реторттар, цементті өндірісті күйдіру пештеріне арналған оттықтар
ЖЧС5Ш	Күкірт газды құрамды 800°С дейінгі температура кезіндегі ауалы орта және оттықты және генераторлы газда ыстыққа төзімді	Қазандықтардың оттықты арматурасы, буқыздырғышты қазандықтардың дистанцирлеуші бөлшектері, газды шүмек, термиялық пештердің түпті плиталары, газды трубиналар корпусы, мырышты қортпаларға арналған жолдықұймалы машиналар қазандығы, термиялық пештер бөлшектері, алюминді балқытуға арналған тигль, күкіртті көміртекті реторттар, оттықтар және т.б.
ЧС13	Сілтілі және қышқылды әртүрлі концентрацияда (плавикті, тұзды қышқыл және жоғары температура кезіндегі сілтілер), әртүрлі температура және концентрация кезінде бірқатар органикалық қышқылда тоттануға төзімді, анодты еру жағдайында теңіз және жерасты суларында төзімді	200°С дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын химиялық аппараттардың басқа бөлшектері және сораптар, винтилдер, реторттар, күкірт және басқа концентрациялық қышқылдар әсер ететін
ЧС15, ЧС17	Әртүрлі температура кезінде тұзды және сілтілі ертінділер, көптеген концентрирленген және ара-	Центробежді және поршенді сорапты бөлшектер (цилиндр, поршен, клапандар, қаптамалар, реторттар, құбырлар), араластыр-

3.35 кестенің жалғасы

1	2	3
	лас қышқылдардағы тотану төзімділігі жоғары, органикалық қышқылда, анодты еру жағдайында теңіз және жерасты суларында төзімді	ғыштар күрекшелері, фитингтер, төлкелер, дисклер, жылуалмастырғыштар, реакциялық аппараттар, компрессорлар, сонымен бірге әртүрлі химиялық өндіріске арналған жабдықтар
ЧС15М4, ЧС17М3	Барлық технологиялық температура кезінде кез келген тұзды қышқылға төзімді, азотты және пикринді және фосфорлы қышқылда, сонымен бірге төрт хлорлы көміртекте, темір купороста және сутегі тотығында	Концентрациялық бағаналар, сораптар, құбырлар және әртүрлі химиялық өндірісті арматуралар

Қортпа құрамында Мо 4% артық болған кезде оның тотану төзімділігі іс жүзінде өзгермейді, бірақта қаттылық және сынғыштық жоғарлайды. 3.36 кестеде кремнийлі шойындардың механикалық қасиеттері берілген.

3.36 кесте

Кремнийлі шойынның механикалық қасиеті

Марка чуғуна	σ_b , кгс/мм ²	σ_n , кгс/мм ²	f_{300} , мм	Твердость НВ
ЖЧС5	10,0÷15,0	22,0÷30,0	1,5	140÷300
ЖЧС5Ш	25,0÷40,0	-	-	255÷321
ЧС13	10,0÷14,0	22,0÷30,0	1,5	270÷360
ЧС15	6,0÷10,0	17,0÷24,0	1,2	300÷400
ЧС17	4,0÷7,0	14,0÷16,0	1,0	400÷460
ЧС15М4	6,0÷7,0	14,0÷16,0	1,0	430÷460
ЧС17М3	6,0÷7,0	10,0÷12,0	0,5	430÷460

Кремнийлі шойында кремний құрамының жоғарлауымен оның беріктігі төмендейді. Шар тәрізді графитті шойында, пластиналы

графитті шойынға қарағандағы пластиналықтың айырмашылығында, беріктіктің қарама-қарсылығында, температураның жоғарлауымен, үлкен мөлшерде беріктік және созылмалық сақталады. Сонымен бірге ЖЧС5Ш маркалы шойында ұзақ уақыт шыдамдылықта (500 сағат) 900°C кезінде беріктік 9%, ал ЖЧС5 маркалы шойында – 27% төмендейді. Кремнийлі шойынның соққы тұтырлығы салыстырмалы төмен – 0,5 кгс·м/см² артық емес (керткісіз).

0÷900°C температура аралығында ЖЧС5 және ЖЧС5Ш маркалы шойындардың мәндері жақын бірдей $\alpha = (14,0\div 16,0) \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ ферросилидтерде α мәні аз, және оның ішінде 0÷200°C аралығында $\alpha = 4,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Кремний құрамы жоғары кезде шойынның жылу өткізгіштігі төмендейді.

Қалыпты шойынға қарама-қарсы ЖЧС5 және ЖЧС5Ш маркалы шойынның жылу өткізгіштігі температураның жоғарлауымен көтеріледі және айырмашылығы аз болады. Ферросилидте ол одан аз және шамамен 0,025 кал/см·с·°C құрайды. Кремнийлі шойын тығыздығы кремний құрамының жоғарлауымен төмендейді және 6,7÷7,0 г/см³ шегінде ауытқиды.

Кремнийлі шойынның құю қасиетін сипаттаумен, атап өту керек, ЖЧС5 және ЖЧС5Ш маркалы шойынның сұйықты аққыштығы бойынша сұр шойыннан айырмашылығы аз. Ферросилидтер ішінен құюға ең жарамды эвтектикалық құрамды шойын саналады. Эвтектикалықтан төмен көміртек құрамы кезінде жарықша және шөкпелі қылаудың түзілуі жоғарлайды, ал сұйықты аққыштық төмендейді. Сұйық металдың беті тұрақты тотықты қабыршақпен жабық болады, іс жүзінде қалып материалымен реагирленбейді; сондықтан ферросилидті құймалар таза, күйік ізінсіз алынады.

ЖЧС5 маркалы шойынның еркін құю шөгіндісі 1,0÷1,25%, ал ЖЧС5Ш – 1,3÷1,6%. Мөлшері 1,5% дейінгі хромды пластиналы графитті кремнийлі шойынды легірлеу құю шөкпесін 1,45% дейін жоғарлатады. Пластиналы графитті кремнийлі шойынның шөкпелі қылауды түзуге бейімділігі сұр шойынмен салыстырғанда ешқандай айырмашылығы болмайды, ал ЖЧС5Ш маркалы шойын шөкпелі қылауды түзуге бейімді; бірақта бұл бейімділік, жоғары берікті шойындармен салыстырғанда біршама төмен, құю температурасы және шойын құрамына қатысты 4÷7% құрайды.

Ферросилидтердінеркін құю шөкпесі 1,2÷2,% шегінде болады. «антихлор» құрамында ол шамалы 2,2%. Сонымен бірге «анти-

хлор» ферросилидпен салыстырғанда концентрациялықты шөкпе қылауының түзілуіне бейімділігі үлкен болады. Осы қортпаларды құю құрғақ және ылғалды қалыптарда орындалады. қалыптан құйманы алу кезінде салықнды және ыстықты жарықшаның түзілуінің алдын алу үшін оны $760\div 800^{\circ}\text{C}$ дейін қызған пеште келесі салықндатумен қатқаннан кейін алу керек не келесі міндетті жасытумен қалыпта баяу салқындауды қамтамасыз ету қажет.

Құрамындағы $\text{Si}5\div 6\%$ шойынды қорту вагранды және басқа пештерде, сонымен ібрег ферросилидтерді қорту тек ғана доғалы не индукциялық пештерде орындалады. Құрамындағы $\text{Si} 15\div 17\%$ жоғары кремнийлі қортпаларды қорту ерекшелігі олардың газды қанығуға деген бейімділігінің жоғары болуы, әсіресе сутегімен. Сондықтан мұндай қортпалар әдетте полиэтиленді термиялық деструкцияланған өнімдермен тазаланады. Осындай өңдеуден кейін қортпадағы сутегінің құрамы $3 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ дейін азайады. ферросилидті царий және ФЦМ5 лигатурамен модифицирлеу қортпаның физикалық және химиялық біртектілігін жоғарлатады. Кремнийлі шойында шар тәрізді графитті алу әдеттегі тәсілмен орындалады.

ЖЧС5Ш маркалы шойынды құймалар кернеуді жою үшін термиялық өңделеді. Ферросилидті және «антихлор» құймалары өте сынғышты, сондықтан механикалық өңдеу, монтаждау және тасымалдау кезінде онымен мұқият жұмыс жасау керек [20, 21].

3.12. Тоттануға төзімді шойындар

Легірленген тоттануға төзімді шойындар тұрақты аустенитті матрицаның (жоғары никельді шойындар) түзілуі есебінен металл бетінде пассирлеуші қабықшаның түзілуін (жоғары кремнийлі шойындар) қамтамасыз етумен легірленген матрица (жоғары хромды шойындар) және графиттің түзілуінің алдын алу, не легірлеу есебінен тоттануға төзімділігі жоғары болады.

Жоғары хромды шойындар. Жоғары хромды шойындардың механикалық қасиеті өте жоғары. Созылу кезіндегі үзілудің уақытша кедергіліктің аз мәні $29\div 38 \text{ МПа}$ шегінде болады. Кейбір тоттануға төзімді шойындардың химиялық құрамы 3.38 кестеде, ал механикалық қасиеттері 3.39 кестеде келтірілген.

Тоттануға төзімді шойындардың химиялық құрамы

Шойын маркасы	Элементтер құрамы, %					
	C	Si	Mn	Cr	P	S
ЧХ22С	0,6÷1,0	3,0÷4,0	1,0	19,0÷25,0	0,10	0,08
ЧХ28	0,5÷1,6	0,5÷1,5	1,0	25,0÷30,0	0,10	0,08
ЧХ32	1,6÷3,2	1,5÷2,5	1,0	30,0÷34,0	0,10	0,08

Тоттануға төзімді шойындардың механикалық қасиеттері

Шойын маркасы	σ_b , МПа	$\sigma_{изг}$, МПа	НВ
	кем емес		
ЧХ22С	290	540	215÷340
ЧХ28	370	560	215÷270
ЧХ32	290	490	245÷340

25÷30%Cr және 2,7÷3,0%С құрамды шойын тығыздығы (7,4÷7,6)*10³ кг/дм³, сызықты шөкпе – 1,6÷1,9%. Осындай шойындардағы жылуөткізгіштік коэффициенті 176 Вт/м·°С, бұл сұр шойынның жылуөткізгіштігінен шамамен екі есе төмен.

Жоғары хромды шойындардан тұрақты жүктеме әсер етпейтін концентрленген азот және фосфорлы қышқылды аппаратура бөлшектері, абразивті қажалатын пешті арматура бөлшектері, ұсақ сортты стандартты өткізгішті арматуралары және т.б. жасалады.

Жоғары никельді шойындар. Ыстық беріктігі жоғары, магнитті емес, тозуға төзімді пластиналы және шар тәрізді жоғары никельді шойындар қауіпті газды ортада тоттануға төзімді болады. 3.40 кестеде никельді шойынның химиялық құрамы, 3.41 кестеде никельді шойындардың механикалық қасиеттері, 3.42 кестеде никельді шойындардың қолданыс аумағы келтірілген. Никель құрамының жоғарлауы және кремний құрамының азайуымен құрылымның аустенизациялануы жоғарлайды. Осыған мыс және никель әсер етеді. Шар тәрізді графиттің механикалық қасиетін алу кезінде шойынның механикалық қасиеті, әсіресе оның созылымдылығы қатты жоғарлайды.

Пластиналы және шар тәрізді графитті никельді шойындар беріктігі және қаттылығы хром құрамының көбейуімен жоғарлайды, ал шамалы созылымдылық төмендейді. Сонымен біргеникель құрамының жоғарлауы және оны жартылай марганецпен ауыстырған кезде беріктік мәні жоғарлайды.

Никельмен шойынды легірлеу λ және ρ төмендетеді; α мәні сол кезде және $20\%Ni$ $\alpha = (17\div 19) \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ жоғарлайды. Әрі қарай никель мөлшерінің жоғарлауы, сонымен бірге хром және марганецпен легірлеу α мәнін $12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ дейін төмендетеді, ал $35\div 37\%Ni$ кезінде аустенитті шойын (монивар деп аталатын) $0\div 200^\circ\text{C}$ температура аралығында ең төмен $\alpha = (1,5\div 2,5) \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ мәнді болады. Бірақта температураның жоғарлауымен α мәні жоғарлайды. Жоғары никельді шойындардың меншікті жылу сыйымдылығы $0,11\div 0,12$ құрайды. пластиналы және шар тәрізді графитті жоғары никельді шойындар үшін λ мәні сәйкес 46 және 15 тең болады. Никельді шойындар тығыздығы $7,4\div 7,6 \text{ г/см}^3$ шегінде, ал никель-хромды (нихард түрлі) $7,6\div 7,8 \text{ г/см}^3$ шегінде ауытқиды.

Пластиналы және шар тәрізді графитті никельді шойындар магнитті емес, тоттануға төзімді, ыстық берікті және салқынды төзімді материал ретінде кеңінен қолданылады. никельді шойындар теңіз суында және $20\% NaCl$ ертіңдісінде жұмыс жасайтын бөлшектерді жасау үшін қолданылады.

Ыстыққа берікті шойындарға ұзақ шекті берікті және жылжымалығы кедергілігі жоғары, аустениті-карбидті матрицалы шар тәрізді графитті жоғары никельді шойындар жатады. Шар тәрізді графит және тұтқырлықты матрица жеткілікті механикалық қасиетті қамтамасыз етеді, ал жақсы құю қасиеттері осы шойыннан күрделі пішінді құймаларды алуға мүмкіндік береді.

Құрамындағы Ni 20% және қосымша хром және молибденмен легірілген шар тәрізді графитті аустенитті шойын, ыстыққа төзімді материал ретінде қолданылады, бұл жағдайда жартылай никельді марганецпен ауыстыру қажет емес, сонымен $Ni-Cr$ -шойынға қарағанда, $650\div 750^\circ\text{C}$ кезінде $Ni-Mn$ -шойынның жылжымалы жылдамдығы және қақ түзегіштігі біршама жоғары болады. Ауденситті шойындардың жылжымалық кедергілігін жоғарлату мақсатында, ол келесі ауада салқындатылумен төрт сағат ішінде $1020\div 1050^\circ\text{C}$ кезінде гомогенизирленген жасыту, кейін жоғары температуралы жұмсарту орындалады. мұнда қаттылық $170\div 250 \text{ НВ}$ ден $130\div 190 \text{ НВ}$ дейін, ал магнитті өткізгіштік минималды мәнге ($1,03\div 1,05$) жетеді. Қосарлы термиялық

өңдеу, ыстық берікті материалдар ретінде қолданылатын шар тәрізді графитті жоғары никельді шойындар үшін ғана қажет

3.40 кесте

Никельді шойындар құрамы, %

Шойын маркасы	C	Si	Mn	Cr	Ni	Басқа элементтер
Пластиналы графитті шойындар						
ЧНХТ	2,7÷3,4	1,4÷2,0	1,0÷1,6	0,2÷0,4	0,3÷0,7	Ti 0,12 дейін
ЧН1ХМД	2,8÷3,2	1,6÷2,0	0,9÷1,2	0,2÷0,6	0,7÷1,5	Mo 0,3÷0,6 Cu 0,2÷0,5
ЧН2Х	3,0÷3,6	1,0÷1,4	0,6÷1,0	0,4÷0,6	1,5÷2,0	-
ЧН15Д7Х2	2,2÷3,0	1,4÷2,0	1,0÷1,6	1,5÷3,0	14,0÷16,0	
Шар тәрізді графитті шойындар						
ЧН1МШ	3,2÷3,8	1,8÷2,8	0,8÷1,2	До 0,1	0,8÷1,4	Mo 0,3÷0,6
ЧН11Г7Х2Ш	2,5÷3,0	1,8÷2,5	5,0÷8,0	1,0÷2,5	10,0÷12,0	-
ЧН15Д3ХШ	2,5÷3,0	2,0÷2,5	1,3÷1,8	0,6÷1,0	14,0÷16,0	Cu 3,0÷3,5
ЧН19С4ХШ	2,1÷2,5	4,0÷5,0	1,5÷2,0	0,9÷1,5	18,0÷20,0	Cu 0,4 дейін
ЧН19Х3Ш	2,5÷3,0	1,8÷2,5	1,0÷1,6	1,5÷3,5	17,0÷20,0	-
ЧН20Д2ХШ	1,8÷2,5	3,0÷3,5	1,5÷2,0	0,5÷1,0	19,0÷21,0	Cu 1,5÷2,0

3.41 кесте

Негізгі никельді шойындардың механикалық қасиеттері

Шойын маркасы	$\sigma_{в^3}$ кгс/мм ²	$\sigma_{0,2^3}$ кгс/мм ²	$\delta, \%$	$E,$ кгс/мм ²	a_H (кертiкті), кгс*м/см ²	Қат- тылық НВ
1	2	3	4	5	6	7
ЧНХТ	>24	-	-	-	-	220÷286
ЧН1ХМД	>30	-	-	-	-	220÷286
ЧН2Х	>32	-	-	-	-	209÷260
ЧН15Д7Х2	>18	-	1,5	-	-	180÷200
ЧН19Х3	>18	-	-	-	-	209÷255
ЧН11МШ	>25	-	>1,5	14000÷15000	-	220÷286

3.41 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7
ЧН1Г7Х2Ш	>40	-	>4,5	15000÷16000	2,0÷4,0	209÷255
ЧН15Д3Х2Ш	>35	-	>4,0	-	-	209÷255
ЧН20Д2ХШ	>40	>20	>30	-	>4,5	140÷170
ЧН19Х3Ш	>40	-	5	-	-	209÷255
ЧН19С4ХШ	>40	-	2	-	-	209÷255

3.42 кесте

Никельді шойынды құймалардың
үлгілік қолданыс аумағы

Шойын маркасы	Қолданысы және пайдалану жағдайы	Сипатты бөлшектер атауы
1	2	3
Пластиналы графитті шойын		
ЧНХТ	Поршеньді іштен жану қозғалтқыштарының бөлшектері, газмотокомпрессорлар, оның ішінде газды орта және сулы ертінділерде тозу жағдайында жұмыс жасайтын целлюлозды-қағаз өндірісі үшін	Газмотокомпрессорлар және дизель клапанының бағыттаушы төлкелері және ері, майлы алмалы-салмалы сақиналар және поршеньді компрессорлардың маслоты; тегістеу пресінің бөлшектері және қағаз жасайтын машиналардың ұсақтау диірменінің гарнитурасы
ЧН1ХМД	Поршеньді машиналар, іштен жану қозғалтқыштарының бөлшектері және компрессорлары, газды тоттану (отынның жану өнімі, техникалық оттегі) және тозу жағдайында жұмыс жасайтын	Бу машиналары және турбинлары, іштен жану қозғалтқыштарының газ шығатын келте құбырлары, цилиндрлер қақпақшалары және блоктар; темловоз және кеме дизельдерінің поршеньдері және бу машиналарының цилиндрлерінің гильзалары, оттекті және газмотокомпрессорлар бөлшектері

1	2	3
ЧН2Х	Жоғары механикалық қасиетті құймалар үшін, тоттану төзімділігі және тозу кедергілігі жоғары	Тісті дөңгелешелердің әртүрлі түрлері, қозғалтқыштар цилиндрлері, абразивті дискілер, дросельдер және т.б.
ЧН15Д7Х2, ЧН19Х3	Теңіз суы, су буымен артық қызған ортада 50°C температураға дейін кез-келген концентрациялы күкіртті қышқыл ертіндісіне, әлсіз қышқылды ертіндісіне, сілтіде тоттану және мүжілуі төзімді бөлшектер үшін	Арматуражасау және мұнай өңдеу және химиялық өнеркәсіпті сораптар, вентиль және т.б. бөлшектер
Шар тәрізді графитті шойын		
ЧН1МШ	ЧН1ХМД және ЧН2Х шойынды, бірақта механикалық қасиеттері жоғары және 500°C дейінгі температура кезіндегі термотөзімділікті бөлшектер үшін	Қақпақшалар және дизель цилиндрлерінің түбі, поршеньдер қақпақшалары, поршеньді сақина маслоты
ЧН15Д3ХШ	Теңіз суы, су буымен артық қызған ортада 50°C температураға дейін кез-келген концентрациялы күкіртті қышқыл ертіндісіне, әлсіз қышқылды ертіндісіне, сілтіде тоттану және мүжілуі төзімді бөлшектер үшін. Хром құрамын аз кездегі магнитті емес, термиялық кеңейу коэффициенті жоғары шойын	Арматуражасау және мұнай өңдеу және химиялық өнеркәсіпті сораптар, вентиль және т.б. бөлшектер; электртехникалық өндірісті магнитті емес құйылған бөлшектер; іштен жану қозғалтқыштарының газ шығатын коллекторлары және клапандардың бағыттаушы төлкелері және ері, поршень қақпақшалары, цилиндрлер гильзасының ендімесі
ЧН11Г7Х2Ш, ЧН19Х3Ш	Для жаропрочных и ростостойчивых деталей, работающих под нагрузкой при повышенных температурах (до 600°C), а также деталей, работающих в щелочных	Газ шығатын коллекторлар, бағыттаушы клапандар, турбоайдағышты және газды трубиналар корпусы, поршень қақпақшасы, сораптар корпусы,

1	2	3
	средах, в пищевой промышленности, при изготовлении искусственного шелка и пластмасс	вентиль және магнитті емес бөлшектер
ЧН20Д2ХШ	-110°С дейін температура кезіндегі жүктемемен жұмыс жасайтын магнитті емес бөлшектер	Мұнай өңдейтін және қайта өңдейтін өнеркәсіп сораптары және т.б. бөлшектер, отынды арматура бөлшектері, тоңазтқышты техника, газды жағуға арналған компрессорлар
ЧН19С4ХШ	Ыстыққа төзімділігі жақсы және сүскірт қышқылы, теңіз суында араласқан тотану төзімділігі жоғары бөлшектер үшін. Перлитизациялануға қатысты 500÷600°С температура кезіндегі жұмыс үшін жарамсыз	Мұнай өңдейтін және химиялық өнеркәсіпті жапқыштар, вентиль, сораптар, клапандар, өндірістік пештер жапқыштары, ішкі жану қозғалтқышының бөлшектері

Басқа мақсатта қолданылатын шойындарда тек ғана гомогенизирлейтін жасыту орындалады. шетелде никельді маркалы шойындардың үлкен мөлшері қолданылады, өте маңызды, никель құрамы 20% жоғары, мысалы, L.NiCr30.3, L.Ni35, S.Ni22, S.NiMn23.4, S.NiCr30.1 (сонымен бірге S.NiCr30.3 және S.NiCr30.5.5), S.Ni35, S.NiCr35.3 (мұнда – L пластиналы графит белгіленеді, S – шар тәрізді, бірінші цифр никельге қатысты, екінші – екінші легірлеуші элементке – Mn, Cr).

Бұл шойындар аустенитті сыныпты және келесі қасиеттермен сипатталады:

- L.NiCr20.2 және L.NiCr20.3 шойындар 600°С дейін ыстық төзімді және өсуі тұрақты, сілтіде тотануға төзімді;
- L.NiSiCr20.5.3 шойын теңіз суына және араласқан күкірт қышқылына тұрақты;
- L.Ni35 және L.NiSiCr30.5.5 шойындар шар тәрізді графитті шойынға ұқсас, аз сызықты кеңейу коэффициенті кезінде $\alpha = (5\div 6) \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ тоттануға төзімді және 800°С кезінде жылу соққысына қарсы тұрақты;

- S.Ni22 және S.NiMn23.4 шойындар -196°C температура кезінде жүктемемен жұмыс жасау кезінде жарамды және т.б..

Аустенитті никельді шойындардың сызықты кеңейу коэффициенті никель құрамына тәуелді. 20%Ni шойын $\alpha = (17\div 19) \cdot 10^{-6}$. Әрі қарай никель құрамы жоғарлаған кезде марганец және хроммен легірлеу коэффициенті $12,5 \cdot 10^{-6}$ дейін төмендейді.

35%Ni $\alpha = (1,5\div 2,5) \cdot 10^{-6}$ кезінде, бұл дегеніміз күрт төмендейді дегенді білдіреді. Жоғары никельді шойындардың меншікті жылусыйымдылығы $0,11\div 0,2$ кДж/кг·К. Жоғары никельді шойындар тығыздығы $(7,4\div 7,8) \cdot 10^3$ кг/м³ шекті болады. Аустенитті жоғары никельді шойындар хромның төмен (2% кем) құрамы кезінде магнитті емес болады [20, 21].

3.13. Магнитті емес шойындар

Магнитті емес шойындарға, перлитті матрицалы (ЧГ8Д3, ЧН11Г7Ш) шойындармен салыстырғанда магнитті өткізгіштігі жүз есе төмен шойындар жатады. Пластиналы және шар тәрізді графитті, аустенитті матрицалы жоғары марганецті, жоғары никельді, никель-мараганецті шойындар әлсіз магнитті (магнитті емес) болады. Осы шойындар магнитті емес материал ретінде, ватты шығындар не магнитті өрістің бұрмалануы минимумды болу қажет жағдайда электртехникалық құю өндірісінде қолданылады. магнитті шойындардан майлы ажыратқыштар төлкелері және қаптамалары, қақпақтары, күшті трансформаторлар құрсамасы, роторлар және статорлар қақпақшалары, ішкі маховик, электрлі машиналардың орамы және шина ұстағышы, кейбір электрмагнитті көтеру бөлшектері, магнитті сепараторлардың корпусы және қақпақтары және басқа бөлшектері, электрлі аппараттардың, машина, аспаптардың әртүрлі бөлшектері жасалады [20, 21].

3.14. Қарсы фракциялықты шойындар

Қарсы фракциялық қортыпалар майлаумен үйкеліс тораптарында қолдануға арналған, үйкелісетін бөлшектердің, жұмысқа жаттығу кезеңінде және келесі пайдалану кезінде қажалусыз және кетіктердің қалыптасуынсыз, сонымен бірге тозуға төзімділікті жоғарылықпен қалыпты жұмыс жасауын қамтамасыз етеді. Олар қарсы денемен (әдетте болатпен) жұпта жұмыс жасау кезінде төмен үйкеліс

коэффициентімен сипатталады және температура және сырғанау жылдамдығы, жүктеменің кең диапазонында үйкеліс бетінде майлау қабыршағының сақталуын қамтамасыз етеді. Құрылымында пластиналы, жинақты және шар тәрізді графитті қоспа құрылымды қарсы фракциялық шойындар, толығымен аталған талаптарға жауап береді. Перлитті, перлит-ферритті және аустенитті құрылымды металды негізді осы шойындардың үйкеліс және тозу төзімді кезде оларға салмақ түсетін жақсы қабілеттілікті қалыптастырады. Қарсы фракциялы шойындардың қосымша тозу төзімділігінің жоғарлауы цементит және фосфидті эвтетиканың мөлшері оның құрылымында шамалы болуымен қамтамасыз етіледі.

Қарсы фракциялықты материалды таңдау кезінде үйкелісетін беттердің артық қызуын болдырмау және үйкелістегі шығынды төмендету мақсатында үйкеліс коэффициентінің аз шамасы қамтамасыз ету қажет. Қарсы фрикциялықты шойыннан үйкеліс торабының әртүрлі бөлшектері (төлке, төсем, сырғанау подшипнигі, тығыздық, дөңгелекшелер) жасалады; тау-кенді және көмірлі жабдықтар, құрылыс және жол машиналар, тракторлар және экскаваторлар, ауылшаруашылықты машиналар; турбинаның кейбір үйкелісетін бөлшектер, компрессорлар, қозғалтқыштар және сораптар.

Марганецті шойын. Марганецті шойын, негізінен, қарсы фракциялы және магнитті емес материалдар ретінде қолданылады. егер марганец құрамы 7% артық құрамды болған кезде графитизациялану күрт тежеледі. АЧС-5 маркалы қарсы фракциялықты шойын қалыптандырылған не шыңдалған білікпен жұпта жүктелген үйкеліс тораптарда жұмыс жасауға арналған.

Пластиналы және шар тәрізді графитпен тозуға төзімді шойындар 45Г2 шыңдалған болатты маркалы дөңгелекшелер жұбындағы құрғақ сырғанау үйкелісі кезіндегі құрсама салмағының шығыны өлшенеді. Әрі қарай тозудың 1,5÷1,8 есе азайуына қосымша молибденмен легіріленген шойын, сонымен бірге кешенді легіріленген марганец және кремниймен (3,6%С, 4%Si, 5,5%Mn) әсер етеді. Шар тәрізді графитті шойын цариймен модифицирленеді.

Марганецті шойын магнитті емес материал ретінде негізінен 10÷12%Ni және 5÷6%Mn құрамды шойын қолданылады, әдебиетте «номаг» деген атаумен белгілі аустенитті құрылымды қамтамасыз ету үшін құйма қабырғаларының қалыңдығына қатысты әртүрлі құрамды марганец және басқа элементтер ұсынылады:

Қалыңдық, мм	5÷10	10÷20	20÷30	30÷40	40÷60
Mn, %	7,5÷8,5	8,5÷9,5	9,5÷10,5	10,5÷11,5	11,5÷12,2

Құрамында карбидтің болуына қатысты марганецті шойындардың өңделуі қиын. Сондықтан әдіпті өңдеу аз болуы керек, егер бұл мүмкін болған жағдайда, абарзивті инструментпен өңдеу және ажарлау ғана қарастырылған.

Марганецті шойынның сұйықты аққыштығы толығымен қанағаттанарлықты, бірақта ол жоғары көлемді және сызықты шөкпелі болады, сондықтан, шөкпелі ақаулықтар және жарықшаның түзілуіне қатысты бейімді [20, 21].

3.15. Конструкциялықты алюминді шойынның сипаттамасы жәнеоның химиялық құрамының құйманың қасиетіне әсері

Конструкциялық алюминді шойын құрамындағы Al 4% дейін болады. Құйылған микроқұрылымда ($Si \leq 1,0\%$ кезінде) графитті кристаллиттер пішіні вермикулярлығы қатысты жақын, силикокальций ($0,1\%$ дейін) не силикомешметалмен ($0,5\%$ дейін) модифицирлеу кезінде өте жинақты және шар тәрізді болады. Құрылымдағы шар тәрізді графитті тұрақтылықты алу лигатурамен не балқымалардың кешенді модификаторлармен модифицирлеу кезінде алынады, сонымен құрылым алюминий және кремнийге қатысты тәуелді болады.

Конструкциялық алюминді шойындардың механикалық қасиеті салыстырмалы шамалы дәрежеде оның көміртекті ($3,0 \div 3,5\%$) және алюминий ($2,0 \div 3,0\%$) құрамына қатысты тәуелді, бірақта кремний қортпасындағы концентрациясына қатысты өте сезімталды болады. Берікті, тұтқырлықты және созылмалығының үйлесімді қолайлы өте сипаты алюминді шойында ондағы $\leq 1,0\% Si$ құрамы кезінде модифицирлеумен орындалады.

Тең беріктік кезінде алюминді шойын қалыпты шойыннан өте төмен қаттылықпен ($40 \div 60$ НВ) ерекшеленеді. $-80^\circ C$ дейін температура төмендеген кезде төмен құрамды кремний ($0,5\%$ дейін) және фосфорлы ($0,05\%$ дейін) алюминді шойынның соққы тұтқырлығы іс жүзінде өзгермейді. Марганец беріктік және қаттылықтың ($10 \div 15\%$) жоғарлауына әсер етеді және соққы тұтқырлығын төмендетеді, егер оның концентрациясы $0,8 \div 1,2\%$ артық болмаған жағдайда. Бірдей қолданысты қалыпты шойынға қарағанда алюминді шойындағы фосфор құрамы үлкен мөлшерде ($1,5 \div 2,0$ есе) болады.

Si+Al (құйманың ≥ 60 мм диаметрі кезінде $\geq 5\%$) үлкен мөлшерлі шикізатты күйдегі алюминді жоғары берікті шойындардан ферритті матрицаны алу үшін, өте жоғары тұтқырлықты сипатта ($a_n \geq 6 \div 8$ кгс·м/см²) Si:Al $\approx 1:1$ концентрациясының арақашықтығы кезінде орындалады.

Алюминді конструкциялық шойындар никельмен (0,8÷1,5% дейін), мыспен (0,6÷0,8% дейін), хроммен (0,2÷0,3% дейін), ванадий не титанмен (0,2÷0,4% дейін) және молибденмен (0,2÷0,4% дейін), негізінен бастапқы құрылымдық түзілімді ұсақтау және әртүрлі қималы құйманың біртекті микроқұрылымын алу үшін легіріленеді. Осы шойындар әртүрлі термиялық өңдеумен өңделеді. Вермикулярлы және шар тәрізді графитті төмен кремнийлі алюминді шойындардың шыңдалуы, әдеттен 1,5÷2,0 есе артық, Mn, Cu, Cr және Mo легірлеу кезінде өседі, бұл жақсарту орнына қалыптандырумен (қалыпты не жоғары температуралы) бірге беріктендіру түрдегі термиялық өңдеу қолданылады.

Алюминді шойынның физикалық қасиеті: $\gamma = 7,0 \div 7,1$ г/см³; $\alpha_{20}^{100} = 11,5 \cdot 10^{-6}$ 1/°C; $\alpha_{20}^{700} = 14,7 \cdot 10^{-6}$ 1/°C; $\rho = 80$ мкОм·см; $\lambda = 0,2$ кал/см·с·°C 100°C кезінде және 500°C кезінде $\lambda = 0,1$ кал/см·с·°C.

Конструкциялықты алюминді шойындар келесі өндіріс салаларында қолданылады:

- автожасау салаларында – шасси бөлшектері және жүкті автотомобильдер ілгішті, газ шығатын коллекторлар түріндегі жұқакабырғалы құйма, төлке, иінтірек және т.б., шасси бөлшегі және жеңіл автомобильдің корпусты бөлшектері, автоматтандырылған қорап бөлшектері;
- ауылшаруашылықты машинажасау салаларында – шасси бөлшектері, корпусты бөлшектер, орташа ауылшаруашылықты құйма;
- ұсақ құйма – фитинг. Тығын, барашка және т.б.

Мұндай шойындарды қорғу үшін вагранка және электрлі пештер қолданылады. соңғы жағдайда алюминий тікелей шихта құрамына енгізіледі, сонымен күйік 15÷20% құрайды. Шихтаның негізгі бөлігі ретінде аз кремнийлі құйылған және қайта өңделген шойындарды пайдалану пайдалы. Жауапты қолданысты құйманы алу үшін синтетикалық алюминді шойындарды («синтегаль») пайдалану тиімді [20, 21].

3.16. Шойынды құйманы алудың технологиялық ерекшеліктері

Шойынды қорту. Құю өндірісінде 90% артық шойын вагранка деп аталатын пеште қортылады. Вагранка биіктігі (тиеу терезесіне дейін) 3÷10 м, ішкі диаметрі 700÷2500 мм. Шойынды құюға арналған металды шихта доменді шойын, доменді феррокортпалар, шойынды және болат қалдығы, жоңқа және өндірістік қайтармадан (құюжолы. Кіріс, ақаулықты құйма) құралады. Шойынды қортуға арналған отын ретінде негізінен кокс, кейде тас көмір не термоантрацит, сонымен бірге аралас отын, кокс және табиғи газ қолданылады. флюстер ретінде әк, плавикті шпат, доломит, апатит қолданылады.

Шойынды вагранкада қорту біршама жетілдірілген. Жетілдірілген конусты профилді шахтамен, футерлеусіз сумен салқындалатын қорту аймақты, арнайы сифон көмегімен шойын және шлак бөлінетін конструкциялы вагранкалар кеңінен қолданылады. Салқындай үрлеумен бірге ыстықтай оттегімен байытылған ауа қолданылады. бұл қорту процесін қарқындалтуға, вагранка өнімділігін жоғарлатуға, қымбат және тапшы кокс шығынын азайтуға мүмкіндік береді.

Индукциялық және доғалы электрлі пештерде шойынды қорту – тазалау, жоғары берікті және басқа сапалы шойындарды өндірудің маңыздылығы үлкен мәнді. Ең жетілдірілген индукциялықты пеш (тигельді) дәлді химиялық шойын құрамын алуды, оны тазалауды, жоғары артық қыздыруды қамтамасыз етеді. Өндірісте сонымен бірге дуплекс-процесс қолданылады, онда вагранкада шойын қортылады, ал оны жеткізу, тазалау, артық қыздыру индукциялық пеште орындалады. Сондай тәсіл аз электрэнергия шығыны кезінде жоғары сапалы шойынды алуға мүмкіндік береді. Аралас қорту: доғалы пеш – индукциялы тигельді пеш және дуплекс-процестің басқа нұсқалары қолданылады.

Шихтаның металды бөлігі құйылған және қайта өңделген шойыннан, өндірістік қайтарымнан, болатты скрап, феррокортпалар қоспасы және т.б. құралады. Шихтаға арнайы брикет түріндегі кремний карбидін қосқан кезде газбен ерітілген металды қоспа, тотық бойынша шойын тазалығы біршама жоғарлайды. Негізгі отын – төмен құрамды күкіртті құю коксы, ол қорту кезінде жартылай металға өтеді. Флюс ретінде әдетте әк қолданылады. вагранкаға шихталы материалдар жоғаудан тиеу терезесі арқылы тиеледі. Ауалы үрлеу пештің төменгі бөлігіндегі фурма арқылы беріледі. Қортылған шойын және шлак

көрікке және әрі қарай жинағышқа ағады, мұнда шойынның химиялық құрамы орташаланады. Пешті газдар жалын сөндіргіштен құбырға жіберіледі.

Фурмадан биік 600÷800 мм деңгейде дейін вагранканың төменгі бөлігінде жұмыстың алдында кокс тиеледі және бос колошты түзеумен жағылады, оған кезекпен қортылатын металл мөлшері, кокс және әк және тиеу терезесіне дейін тиеледі.

Қортылған шойын құб шөмішіне ағызылады, тесумен және қайтадан қолмен шойын ағатын тесік бітеледі. Шлак қажетті мөлшер бойынша шлакты ағызатын тесік арқылы ағызылады.

Құд қалыптардың ерекшеліктері. Қалып материалдарын таңдау кезінде сұр және жоғары берікті шойындар үшін құю кезінде қортпа температурасы ескеріледі, 1200÷1400°C сұр шойын үшін, артық қызмен құю жағдайында – 1450÷1500°C. «ыстық» шойын кезінде қалыпты және өзекшелі қоспа, қалыптау бояу және т.б. жоғары термохимиялық тұрақтылық жоғары болады.

Құюжолды жүйелерді таңдау кезінде шойынның сұйықты аққыштығы және аз шөгуі ескеріледі. Қарапайым құйма үшін құюжол бір қоректендіргішпен жасалады. Көптеген жағдайда шойын құйманың жұқа қималарына жеткізіледі. Үлкен және күрделі құймалар кезінде қалыптың барлық бөліктері бірқалыпты толу үшін бірнеше қоректендіргішті құюжол жүйесі қолданылады.

Ақ шойынның сұйықты аққыштығы төмен және оны құю алдында 1450÷1500°C дейін қыздырылады, сондықтан қалыптау қоспасының күйіктілігі жоғары болады. Осы шойынның үлкен шөуіне қатысты қалыптау қоспасының бейімділігі жоғары болады. Қалыптардың кірісі үлкен.

Қалыпқа шойынды құю. Үлкен емес қалыптар сыйымдылығы 15÷50 кг қолды шөміштен құйылады. Өте үлкен қалыпты құю үшін сыйымдылығы 5 т дейінгі барабанды түрлі механизацияландырылған шөміш құйылады. Мұндай шөміштерде шойынның шайқалу мүмкіндігі аз және ашық бетті шөмішке қарағанда шойын баяу салқындайды. Шөмішке шлактың түсуін болдырмау үшін шлакты ұстағышты аралықтар қолданылады.

Шөміш қаптамасы табақты болаттан жасалады, оның іші отқа төзімді шамотты массамен, үлкен шөміштер – шамотты кірпішпен футерленеді. Футерленген шөміш кептіріледі және қортпаның салқын-дауының алдын алу үшін 600÷800°C дейін қыздырылады [6, 18].

4 БӨЛІМ. ТҮСТІ МЕТАЛДАР ЖӘНЕ ОНЫҢ НЕГІЗІНДЕГІ ҚОРТПАЛАР

4.1. Кіріспе түсініктеме

Түсті металдар және оның негізіндегі қорТПалар өндірістің әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады. Алюминді, магнийлі және титанды қорТПалар авиациялық өнеркәсіпте кеңінен қолданылады. Сонымен бірге олардың негізіндегі жеңіл металдар және қорТПалы бұйымдар құрылыс, көлікті машинажасау, аспапжасау және өнеркәсіптің басқа салаларында кеңінен қолданылады. Мыстың электрөткізгіштігі жоғары сондықтан электртехникада кеңінен қолданылады; ол көптеген маңызды өндірістік қорТПалар негізі саналады. Көптеген ыстық төзімді, ыстық берікті және электртехникалық қорТПалардың негізі никель саналады. Біруақытта ол жиі арнайы болаттарда легірлеуші элемент ретінде қолданылады. Жаңа техника үшін конструкциялық материалдар ретінде қортылуы қиын металл (вольфрам, молибден, ниобий, хром және т.б.) және оның негізіндегі қорТПалар қолданылады.

4.2. Алюминий және оның негізіндегі қорТПалар

4.2.1. Алюминийдің физика-химиялық қасиеті

Алюминий – күмісті ақ түсті металл. Балку температурасы 660°C. ГЦК торлы, $a = 0,4041$ нм. Тығыздығы төмен $2,7$ г/см³, Алюминий жер қыртысында үлкен мөлшерде (8,8%) кездеседі. Тазалыққа тәуелділікте алюминий бөлінеді:

- ерекше таза А999 (99,999%Al);
- жоғары тазалықты А995 (99,995%Al), А99 (99,99%Al), А97 (99,97%Al), А95 (99,95%Al);
- техникалық тазалықты А85, А8, А7, А6, А5, А0 (99,0%Al).

Алюминийде қоспа ретінде беріктенетін аймақты және фазаны қалыптастыратын Fe, Si, Cu, Mn, Zn, Mg, Ni элементтер болады. Mn және Mg металдар біруақытта тотану төзімділігін жоғарлайды. Кремний құймалы алюминді қорТПалар (силуминдер) қатарында, эвтектикалардың түзілуіне қатысады, негізгі легірлеуші элемент саналады. Ni, Ti, Cr, Fe металдар қорТПалардың ыстық беріктілігін жоғарлатады, диффузиялық процесті тежейді және тұрақты күрделі легірленген беріктендіргішті фаза түзіледі. ҚорТПадағы литий оның

серпімділік модулінің өсуіне әсер етеді. Сонымен қатар магний және марганец алюминийдің жылу- және электрлі өткізгіштігін, ал темір – оның тотану төзімділігін төмендетеді.

Алюминийдің бетінде Al_2O_3 жұқа қабыршақтың түзілу әсерінен оның тоттану төзімділікті жоғары алюминий қаншалықты таза болса, соншалықты оның тоттану төзімділігі жоғары болады. Салқындай пластикалық деформациялану техникалық алюминийді беріктету $\sigma_b = 150$ МПа, $\delta = 6\%$, АДМ – жұмсақ не күйдірілген босандатылған $\sigma_b = 8$ МПа, $\delta = 35\%$ беріктік шегін 150 МПа дейін жоғарлатады, бірақта салыстырмалы жіңішкеру 6% дейін төмендейді. Алюминий қысыммен, жеңіл өңделеді, кесумен өңдеу қиындау, барлық дәнекерлеу түрімен дәнекерленеді.

Жоғары тазалықты алюминий фольга, ток өткізгіштер және кабельді бұйымдарды өндіру үшін қолданылады. Техникалық алюминийтабақтар, профилдер, шыбықтар, сымдар және т.б. жартылай дайын өнімдер түрінде жасалады және АД0 және АД1таңбалады. Техникалық алюминийдің төмен беріктігіне қатысты, жоғары созылмалық қажет ететін жүктеме әсер етпейтін, дәнекерленуі жақсы, тоттану кедергілігі, жылу өткізгіштігі және электр өткізгіштігі жоғары конструкция элементтерін және бөлшектерін жасау үшін қолданылады. Техникалық алюминийден әртүрлі құбыржолдар, палу-балы, теңізді және өзен кемелері, кабельдер, электрсымдар, бөлме аралықтары, есіктер, рамалар, ыдыстар, сүтке арналған цистерна жасалады [1, 10].

4.2.2. Алюминийлі қорtpпалар жіктемесі және таңбалануы

Алюминий қорtpпаларының барлық қайта өңдеу сатысында технологиялығы жақсы, жеткілікті беріктік, созылмалық және тұтқырлық кезінде тығыздығы аз, тоттану төзімділігі жоғары, авиациялық, кеме-жасау, автожасау, құрылыс және халықшаруашылығының басқа саларында кеңінен қолданылады, осыған байланысты:

1) жоғары созылмалық алюминді табактан терең штамптау, аз қалыңдықты таптаумен бөлшектер (кәмпитті орауға арналған фольга) жасалады;

2) алюминийдің жоғары электрөткізгіштігі (мыстан 65%) электр-техникалық мақсатта қолдануға (өткізгішті металл) мүмкіндік береді;

3) алюминий органикалық қышқылдарға тұрақты, тотану төзімділігі жоғары, осыған қатысты алюминді бұйымдар кеңінен қолданылады.

Al-Cu, Al-Si, Al-Mg, Al-Cu-Mg, Al-Cu-Mg-Si, Al-Zn-Mg-Cu, Al-Mg-Si қортпа жүйелері кеңінен қолданылады. Бұл қортпалар тепе-теңдікті жағдайда төмен легіріленген қатты ертінді және интерметаллидті фазалар түрінде қолданылады. Барлық алюминді қортпаларды былайша бөлуге болады:

- **деформацияланатын**, жартылай дайын өнімдер (табақтар, плита, шыбықтар, профилдер, құбыр және т.б.), сонымен бірге шыңдалғы және штампталған дайындама таптау, престеу, соғу және штамптау тәсілімен алынады;
- **құйылған**, пішінді құюға арналған.

Деформацияланатын қортпалар термиялық өңдеумен беріктену қабілеттілігі бойынша бөлінеді:

- **термиялық өңдеумен беріктенбейтін қортпалар**;
- **термиялық өңдеумен беріктенетін қортпалар** (20°C және жасанды кезіндегі шыңдалу сонымен бірге табиғи ескіру).

Деформацияланған және құймалы қортпалар арасындағы шекара эвтектикалық температура кезінде қатты ертінділермен қанығу шегімен анықталады. Жоғары температура кезінде компонентті құрамды қортпалардың еру шегі аз, осындай температура кезінде созылмалық ең үлкен және беріктік ең аз болады, сондықтан қысыммен ыстықтай өңделеді.

Эвтектикалық құрылым созылмалықты, престелу, тапталу, соғылу қабілеттілігін күрт төмендетеді және эвтетикалық біршама мөлшерінде (әдетте үлкен емес) мұндай өңдеу жүзеге асырылмайды. Тұрақты температура кезінде (таза металдар, эвтектикалық қортпалар) кристаллизацияланатын металдардың сұйықты аққыштығы жақсы болады. Жоғары температура кезінде еру шегінен артық өту кезінде сұйықты аққыштық күрт жоғарлайды.

Алюминийлі құймалы қортпалардың құйылу қасиеттері жақсы, олардың сұйық аққыштығы жоғары, құйына қалпы бойынша жұқақабырғалы және күрделі құймаларды алуды қамтамасыз етеді. Қортпалардың қортылу температурасы төмен: 550÷650°C, көптеген қортпалардың желісті шөгуі 1,0÷1,25% құрайды.

Барлық алюминийлі қортпалар бес негізгі топқа (4.1 кесте) бөлінеді [1, 2, 10].

Қазіргі уақытта қортпаларды таңбалау кезінде үш түрлі таңбалау қолданылады: ескі әріпті-цифрлі, цифрлі және легіріленген болаттарды таңбалау қағидасына негізделген 1583-93 МЖСТ бойынша құймалы алюминийлі қортпаларды әріпті-цифрлі таңбалау орындалады.

Стандартты алюминийлі қорtpалар жіктемесі

Топ	Жүйе	Қорtpа маркасы	Қорtpа сипаттамасы
I	Al-Mg Al-Mg-Mn-Si Al-Mg-Si-Mn Al-Mg-Si-Ti-Be Al-Mg-Be-Ti	АЛ8 АЛ13 АЛ29 АЛ22 АЛ23, АЛ27	4%Mg артық құрам кезінде қорtpалардың тығыздығы минималды және тоттану төзімділігі жақсы
II	Al-Si Al-Si-Mg Al-Si-Mn-Mg	АЛ2 АЛ9, АЛ9В АЛ4, АЛ4В	5%Si артық қорtpа құрамы кезінде жоғары құймалы қасиетті
III	Al-Cu Al-Cu-Mn-Ti	АЛ7, АЛВ АЛ19	4%Cu артық құрамды қорtpаның құйылу қасиеті төмен. Бұл қорtpалар жоғары берікті қасиеттерімен ерекшеленеді
IV	Al-Si-Cu	АЛ3, АЛ5, АЛ6, АЛ10В, АЛ14В, АЛ4М, АЛ32, В124 және т.б.	Құймалы қасиеттер бойынша Al-Si-Mg жүйелі қорtpалар нашар, бірақта олардың беріктігі және ыстықты беріктігі жоғары
V	Сложная	АЛ1, АЛ16В, АЛ17В, АЛ1В, АЛ20, АЛ21, АЛ24, АЛ25 АЛ26, АЛ30	Қорtpалардың ыстық беріктігі жоғары және құю қасиеті төмен

Ескерту: 1. Теңізді ортада жұмыс жасайтын бөліктерге арналған қорtpаларды қолдану кезінде АЛ2маркалы қорtpада мыс құрамы 0,3% артық емес, АЛ28 маркалы қорtpада – 0,1%.

2. АЛ7 және АЛ7В маркалы қорtpаны кокильде құюға арналған қорtpаларды қолдану кезінде шақтамалы кремний құрамы 3% дейін, АЛ22 маркалы қорtpада титан болмайды.

3. АЛ11 маркалы қорtpада қысыммен құю кезінде қорtpаларды қолдану кезінде шақтамалы магний болады, АЛ22 маркалы қорtpада шақтамалы 0,8÷1,6%Si құрамды, 0,5%Mn дейін және титан болмайды.

4. АЛ3В, АЛ9В және АЛ14В маркалы қорtpалы тамақты ыдыстар үшін қолданылатын қорtpа кезінде қорғасын құрамы 0,15% артық емес, мышьяк 0,015% және мырыш 0,3%.

Бірінші А әрпі қортпа негізін – Al, келесі әріп негізгі легірлеуші элементтің атауының бірінші әрпіне сәйкес (К – кремний, М – мыс, Mg – магний, Mn – марганец, Ni – никель, Cu – мырыш) жазылады. Өріптен кейін жазылатын санмен сәйкесті компоненттің орташа құрамы (салмақ бойынша %) жазылады. Егер қортпа құрамындағы легірлеуші элемент 1% кем болғанда, онда осы элемент белгіленетін әріп таңбалау кезінде жазылмайды. Таңбалау кезінде қолданылатын әріптер «ч» (таза) және «оч» (ерекше таза) темір және кремний қоспалары бойынша қортпалардың жоғары тазалығы жайлы ақпарат жазылады.

Осымен қатар, сапалы механикалық, химиялық және басқа қортпалардың, жартылай дайын өнімдер және бұйымдардың технологиялық өңделуінің әріпті-цифрлі таңбалануы жазылады [10].

4.2.3. Термиялық өңдеумен беріктенбейтін деформацияланатын алюминий қортпалары

Al-Mn (AMn) және Al-Mg (AMg) осы жүйенің қортпаларына жатады. Олар салыстырмалы жоғары емес беріктік, жоғары созылмалық және тотану төзімділігімен сипатталады. Бұл қортпалар қысыммен (штаптау, ию) жақсы өңделеді, жақсы дәнекерленеді және тотану төзімділігі жақсы болады. Кесумен өңдеу қиын. Олар терең штамптаумен алынатын бұйымдар үшін жоғары созылмалық қажет жағдайда қолданылады. Қортпалар шамалы жүктеме әсер ететін дәнекерленген және тойтарылған конструкция элементтері үшін қолданылады.

Марганец алюминийлі қортпалардың тотану тұрақтылығын ғана төмендетпейді, сонымен бірге оны біршама жақсартады. Сондықтан Al-Mn жүйесінің қортпалары таза алюминийден жоғары беріктігі және тотану төзімділігі бойынша ерекшеленеді. Магний пайдалы легірлеуші элемент. Ол тотану кедергілігін (магний құрамы 3% артық емес) жоғарлатады; алюминийлі қортпалардың (ол алюминийден жеңіл) тығыздығын төмендетеді, оның созылмалығын төмендетпей, берікті жоғарлатады. Сондықтан Al-Mg жүйелерінің қортпасы кеңінен қолданылады, олар таза алюминийге қарағанда өте берік және жеңіл болады. Беріктену беріктетумен жасалады.

AMn, AMg2, AMg3 қортпалары сұйық сыйымдылықтарын (бензинге арналған бактар), құбыржолдарды, есік және т.б. жасау үшін қолданылады.

AMg5, AMg6 қортпалары орташа жүктелген бөлшектерді (рама және вагон шанақтары, лифтер, көтеру крандарының тораптары және т.б.) жасау үшін қолданылады [1, 2, 10].

4.2.4. Термиялық өңдеумен беріктенетін, деформацияланатын алюминийлі қорғалар

Al-Mg-Si (AB, АД31, АД33) қорғалар жүйесі шыңдалумен (520÷530°C) және жасанды ескірумен (150÷170°C 10÷12 сағат ішінде) және беріктендіріледі. Бұл қорғалар материал күйіне қатысты тәуелділіктен тыс кернеу астында шытынаумен отануға қатысты бейімді емес. Олар шыңдалу және ескірген күйде кесумен өңдеу қанағаттандырылады, сонымен бірге нүктелі, тігісті және аргонды-доғалы дәнекерлеу көмегімен дәнекерленеді. -70 ден +50°C дейін температура аралығында жұмыс жасайтын АД31 және АД33 қорғалардың тоттану төзімділігі үлкен.

Беріктік және созылмалықтың жақсы үйлесімділігімен ерекшеленеді **дуралюминдер** – Al-Cu-Mg (Д1, Д16, Д18, Д19, ВД17 және т.б.) жүйелер қорғалары, оларға қосымша марганец қосылады. Термиялық өңдеу кезінде беріктену күрделі құрамды ГП аймағының не θ -метатұрақты фазаның түзілуімен орындалады.

Марганец дуралюминнің тоттануға қарсы төзімділігін жоғарлатады, ал T (Al₁₂Mn₂Cu) фазасының дисперсті бөлшегі түрінде қайта кристаллизациялану температурасын жоғарлатады және механикалық қасиеттерді жақсартады. Қоспа ретінде темір және кремний болады. Темір мысты байланыстырады, соның нәтижесінде ескіру кезіндегі беріктену тиімділігі төмендейді. Кремний Mg₂Si және W (Al_xMg₅Cu₄Si₄) фазаларды түзейді, ол алюминийде ериді және келесі ескіру кезінде қорғаны беріктендіреді. Сонымен бірге кремний беріктіктің төмендеуіне әсер етеді. Темір және кремний тұрпаты ерімейтін интерметалды фазаны түзеумен жарықша төзімділігін төмендетеді, созылу кернеуінің әсерінен жарықшаның таралуы жеңілдетіледі. Сондықтан шақтамалы 0,5%Fe және 0,5%Si құрамды болады. Темір және кремний құрамы 0,1÷0,3% дейін төмендейді және беріктік және тұтқырлық шегінің өзгеруінсіз шамалы бүліну тұтқырлығын жоғарлатады.

Дуралюминнің беріктенуі шыңдалумен (494°C) және ескірумен (190°C кезінде, 68 сағат ішінде) орындалады. шыңдалған дуралюмин құрылымы артық қаныққан α -катты ертінді және ерімейтін темір қосындысынан құралады.

Табақты жасалатын дуралюмин тоттанудан қорғау үшін плакирленеді, бұл дегеніміз, жоғары тазалықты (99,5% төмен емес) қалыңдығы табак қалыңдығынан 4% жұқа алюминий қабатымен

қапталыады. Плакирлеу дуралюмин берiктiктi шамалы (520 ден 440 дейiн МПа) төмендетедi, тоттану төзiмдiлiгiн жоғарлатады.

Дуралюмин шыңдалған күйде кесумен және ескiру күйiнде және жасытылған күйде нашар өнделедi, нүктелi дәнекерлеумен дәнекерленедi және жарықшаның түзiлуiне қатысты бейiмдiлiкке байланысты балқытумен дәнекерлеумен дәнекерленбейдi. Д16 қортпадан ұшақтардың қаптамасы, шпангоуттерi, спингерi және лонжероны, күштi қаңқалар, құрылысты конструкция, жүктi автомобильдер шанақтары және т.б. жасалады. Компрессорлар күрекшесi ВД17 қортпадан, Д1 қортпадан ауалы бұрандалар күрекшелерi, Д17 қортпадан тойтарма, Д16, Д19 қортпадан ұшақтар конструкциясының күштi элементтерi жасалады.

Авиль қортпалары (АВ). Бұл Al-Mg-Si жүйелерiнiң қортпалары. Олар берiктiгi дураминдерге қарағанда төмен, бiрақта, ыстықты және салқынды күйде созылмалығы жақсы болады. Кесумен өнделедi (шыңдалғы және ескiру) және аргонды және түйiсумен дәнекерленедi. Авиль қортпалары жалпыт тоттану кедергiлiгi жоғары, бiрақта кристалдар аралықты тоттануға бейiмдi.

Авиль суда салқындаумен 515÷525°C температура кезiнде шыңдалады, содан кейiн 12 сағат iшiнде (АВТ1) 160°C кезiнде табиғи және жасанды ескiру орындалады. шыңдалудан кейiн (шыңдалғы және жасанды ескiру аралығында аралықты уақытта жоғарлаумен қортпа берiктiгi ескiруден кейiн төмендейдi) жасанды ескiру орындалады. берiктендiру фазасы авильде Mg₂Si қосындысы саналады.

Авильдi қортпадан әртүрлi жартылай дайын өнiмдер (табақтар, құбырлар және т.б.), ыстықты және салқынды күйде жоғары созылмалықты қажет ететiн салмақ түсетiн бiрқалыпты жүктемелi конструкция элементтерi, вертолеттер бұрандаларының күрекшелерi, қозғалтқыштың соғылған бөлшектерi, рамалар, есiктер жасалады.

Жоғары берiктi қортпалар Al-Zn-Mg-Cu (В93, В95, В96Ц) жүйелi, үлкен уақытша кедергiлiк мәнiмен (550÷700 МПа дейiн) сипатталады. Шыңдалу 460÷470°C температурада, ыстықты не ыстық суда салқындатумен, кейiн 3÷10 сағат iшiнде 135÷145°C кезiнде жасанды ескiру орындалады. берiктендiрушi фазалар MgZn₂, Al₂Mg₃Zn₃ (Т-фаза) және Al₂CuMg (S-фаза). Mn және Сг қоспасы тоттықты төзiмдiлiктi жақсартады. Олардың тоттану төзiмдiлiгi, дуралюминдердiң тоттықты төзiмдiлiгiне қарағанда жоғары. Жоғары берiктi қортпалардың жұмысшы температурасы 120°C артық болмайды. Не ол жылуберiктi емес болады.

Қортпалардың ыстық күйдегі созылмалығы жақсы және салыстырмалы жасырудан кейін салқындай күйде жеңіл деформацияланады. Осы қортпадан жасалған профилдер табақтардан шамалы берікті. В95 қортпалы табақтар тоттану төзімділігін жоғарлату үшін $0,9\div 1,3\% \text{Zn}$ алюминий қортпаларымен плакирленеді. Кесумен жақсы өңделеді және нүктелі дәнекермен дәнекерленеді; $T \leq 100\div 120^\circ\text{C}$ кезінде ұзақ уақыт жұмыс жасайтын, сығу жағдайында жұмыс жасайтын (стрингерлер, шпангоуттер, лонжерондар) жоғары жүктемелі бөлшектерді жасау үшін ұшақ жасау өндірісінде қолданылады.

Соғу және штамптауға арналған қортпалар. Бұл Al-Mg-Si-Cu (AK6, AK8) жүйелі қортпалар. Қысыммен ыстықтай өңдеу кезіндегі созылмалығы өте жоғары және сапалы кесекті алуға мүмкіндік беретін құю қасиеттері қанағаттанарлықты болады. Олар түйісу және аргондоғалы дәнекерлеумен қанағаттанарлықты дәнекерленеді, кесумен өңделеді, кернеу астында тоттануға бейімді емес. Осы қортпалы бөлшектердің тоттану төзімділігі қмтамасыз ету үшін олар анодирленеді (электрхимиялық тотықтандыру) не лақты бояумен қапталады. Бұл қортпалар криогенді температурасы кезінде жұмыс жасауға қабілетті.

AK6 қортпасы, ыстық күйде жоғары созылмалықты (мотор астындағы рама, бекіту бөлшектері, қанатшалар және т.б.) жоғары болуы қажет етілетін күрделі пішінді және орташа берікті бөлшектерді жасау үшін қолданылады.

AK8 қортпалар ауыр жүктемелі штампталған бөлшектерді жасау үшін (мотор астындағы рамалар, тігісті тораптары, лонжерондар белдігі, вертолет бұрандасының күрекшелері және т.б.) қолданылады. AK8 қортпалардың технологиялығы, AK6 қортпаларына қарағанда кем. Соғу және штамптау $450\div 475^\circ\text{C}$ температурасы кезінде орындалады. олар шыңдалады және $6\div 15$ сағат ішінде $150\div 165^\circ\text{C}$ кезінде ескіру орындалады. Ескіруге арналған беріктендіру фазасы Mg_2Si , CuAl_2 және ω -фаза ($\text{Al}_x\text{Mg}_5\text{Cu}_3\text{Si}_4$) саналады.

Ыстыққа берікті қортпалар Al-Cu-Mn (D20, 1201) и Al-Cu-Mg-Fe-Ni (AK4-1) жүйелі. Бұл қортпалар 300°C дейінгі температура кезінде жұмыс жасайтын бөлшектер үшін (поршендер, цилиндр қақпақшалары, қанашалар, к.рекшелер және трубореактивті қозғалтқыштың өсті компрессорларының дискілері және т.б.) қолданылады. Қортпалардың ыстық беріктілігі, диффузиялық процестерді және күрделі легірілетін ұсақ дисперсті беріктендіретін фазаларының түзілуі, Fe, Ni, Ti, Zr, V қосымша легірлеу есебінен жоғарлайды. Беріктендіру фазасы

CuAl₂, Al₁₂CuMg, Al₁₂Mn₂Cu, Al₁₉FeNi, Al₆Cu₃Ni саналады, олар қатты қортпаның ыдырауы кезінде коагуляцияға қатысты тұрақты дисперсті бөлшек түрінде бөлінеді, жоғары беріктікті қамтамасыз етеді. Ыстық күйде жоғары технологиялықты және созылмалықты қортпалар жақсы (Д20) не қанағаттанарлықты (АК4-1) дәнекерленеді, бірақта төменгі тоттану төзімділігімен ерекшеленеді; олар тоттанудан анодирлеу және лакты бояумен қаптаумен қорғалады. Д20 қортпасы 300°C кезінде АК4-1 ($\sigma_{100}^{300} = 45$ МПа) қортпамен салыстырған кезде жоғары ыстыққа берікті ($\sigma_{100}^{300} = 80$ МПа) болады. АК4-1 қортпасы ыстық не суық суда (530±5)°C кезінде шыңдалады, ал кейін 8÷12 сағат аралығында 90°C температура кезінде ескірту орындалады [1, 2, 10].

4.2.5. Алюминий қортпаларын термиялық өңдеу

Алюминий қортпаларын беріктендіру үшін шыңдау және ескірту, ал тепе-тең емес құрылымды және деформациялық ескіру ақаулықтарын жою, қортпаның сызылмалығын төмендету үшін – жасыту орындалады.

Алюминий қортпаларын шыңдау, қортпаларды белгілі бір температураға дейін қыздырумен, артық қаныққан қатты ертінділерді алу үшін қалыпты температураға дейін жылдам салықндату және осы температура кезінде шыдамдылықпен, үлкен бөлігі алюминийде не артық интерметаллидті фазада толығымен еру орындалады. Шыңдау температурасы 465 ден 525°C дейін ауытқиды. Өте жоғары температура артық күүді (түйіршік шекаралары бойынша балқу) орындалады, бұл жартылай дайын өнім бетінде жарықша, көбіршіктердің түзілуіне әсер етеді, тоттану кедергілігін, механикалық қасиеттерін және сынғышты бүліну кедергілігін төмендетеді. Шыдамдылық қатты ертіндіде артық фазаның еруін қамтамасыз ететіндей аз болу керек.

Шыңдау кезіндегі салқындету шекті жылдамдықтан жоғары жылдамдықта орындалады. **Шыңдаудың шекті жылдамдығы** – салқындетудың аз жылдамдығы, онда артық қаныққан қатты ертінді ыдырауының алдын-алу орындалады. шыңдау үшін жиі су (10÷40°C) қолданылады. Механикалық қасиетті және тоттану төзімділігін төмендететін қатты ертінді жартылай ыдырамау үшін пештен қыздырылған жартылай дайын өнімнің шыңдау ыдысына жеткізу уақыты 15÷30 сек артық емес болу тис. Алюминий қортпалардың шыңдалуы 120÷150 мм, бұл $d_{кр}$ теңестіріледі. Қортпа шыңдалғаннан

кейінгі салыстырмалы беріктігі жоғары емес және созылмалығы жоғары болады.

Шыңдалған қортпалардың ескіруі. Шыңдалудан кейін ескіру орындалады, онда қортпа $150\div 200^{\circ}\text{C}$ температура (жасанды ескіру) кезінде $10\div 24$ сағат ішінде не $150\div 200^{\circ}\text{C}$ температура кезінде $10\div 24$ сағат ішінде не бірнеше тәулікте (табиғи ескіру) қалыпты температурада ұсталады. Ескіру процесінде артық қаныққан қатты ертінді ыдырайды, бұл қортпаның беріктенуімен орындалады.

Ескіру кезінде Гинье-Престон ГП-1 аймағы түзіледі. Егер қортпа табиғи ескіруден кейін қысқа уақытта (бірнеше минут не секунд) $240\div 280^{\circ}\text{C}$ дейін қыздырылады және жылдам салқындатылады, бірақ толық беріктену төмендейді және қасиеті жаңа шыңдалған күйге (қайтарым) сәйкес болады. Беріксіздендіру ГП-1 аймағы осы температура кезінде тұрақсыз және қатты ертіндіде ериді. Қалыпты температура кезінде келесі қортпадан қайтадан ГП-1 түзіледі және беріктендіру орындалады.

100°C ұзақ шыдамдылық не 150°C кезінде бірнеше сағат ішінде шамалы беріктендірілген құрылыммен үлкен ГП-2 аймақтың түзілуіне ықпал етеді. $150\div 200^{\circ}\text{C}$ кезінде бірнеше сағат ішінде шыдамдылықта, ГП-2 аймағы орналасқан кезде орында аралықты θ' -фазаның дисперсті (жұқа пластиналы) бөлшектер түзіледі, $200\div 250^{\circ}\text{C}$ температура кезінде коагулирленеді, бұл тұрақты θ -фазаның түзілуіне әсер етеді.

Осылайша, табиғи ескіру кезінде тек ғана ГП-1 аймақ ғана түзіледі. Жасанды ескіру кезінде келесі құрылымдық өзгерістер: ГП-1 \rightarrow ГП-2 \rightarrow θ' \rightarrow θ (CuAl_2) орындалады.

Ескіру аймағы – ГП-1 және ГП-2 аймақтары түзіледі, одан кейін қортпаның аққыштық шегі, созылмалығы, жоғары, тоттану төзімділігі жақсы және сынғышты бүлінуге қатысты сезімталдығы төмен болады.

Фазалы ескіру – θ' - және θ -фазалары түзіледі, одан кейін кернеу астында тоттану және сынғышты бүліну кедергілігі, тұтқырлық, созылмалық төмендейді.

Шыңдалу және ескіруден кейін қортпада жоғары тығыздықты шоғырланумен қайта кристаллизацияланбаған құрылым сақталады, бұл оның беріктігінің жоғарлауына әсер етеді, оның беріктігін жоғарлатады. б Бұл құбылыс **құрылымдық беріктендіру** деп аталады, оның нәтижесінде беріктік және аққыштық шегі $30\div 40\%$ дейін жоғарлайды.

Диффузиялық жасыту (гомогенизация). Жасытудың осы түрі, дендритті ликвацияны жою үшін қысыммен өңдеу алдында кесекте

орындалады, ол біртекті емес қатты ертіндіні алуға және түйіршік шекаралары бойынша бөлінетін және дендритті тармақтар аралығында сынғышты тепе-тең емес CuAl_2 , Mg_2Si эвтектикалық қоспалардың бөлінуіне әсер етеді. Гомогенизациялану процесінде қатты ертінділердің кристаллиттері теңеседі, ал интерметаллид ериді. Интерметаллидтің келесі салқындау процесінде бірқалыпты таралған ұсақ қайтрамалы қорпалар бөлінеді. Нәтижесінде құйылған қортпаның созылмалығы жоғарлайды. Гомогенизациялану жұмсартылған табақтарда ұсақ түйіршікті құрлымды алуға және кернеу астында тоттануға қатысты бейімділіктің төмендеуіне әсер етеді. Гомогенизациялану температурасы 4÷40 сағат уақытта $450\div 420^\circ\text{C}$, салқындау – ауа не пешпен бірге орындалады.

Қайта кристаллизацияландыратын жасыту. Деформацияланған қортпа бастапқы қайта кристаллизациялану температурасынан жоғары температураға қыздырумен орындалады. қақталма және ұсақ түйіршікті алу үшін қолданылады. Жасытумен қайта кристаллизацияландыру температурасы $350\div 500^\circ\text{C}$, уақыты 0,5÷2 сағат.

Шыңдалу және ескірту орындалған қортпаларды беріксіздендіруге арналған жасыту. Жасыту $360\div 450^\circ\text{C}$ температура 1÷2 уақыт аралығында орындалады. Осы температурада қаныққан қатты ертінді толық ыдырайды және беріктенген фаза коагуляцияланады. Салқындату жылдамдығы $30^\circ\text{C}/\text{сағ}$ артық емес болады. Жасытудан кейін қортпаның уақытша кедергілігі төмен, созылмалығы қанағаттанарлық және кернеу астындағы тоттану кедергілігі жоғары болады [1].

4.3. Магний және оның негізіндегі қортпалар

4.3.1. Магнийдің физика-химиялық қасиеттері

Магний – ашық-сұр түсті металл. Ол 1808 жылы анықталды. Магнийдің сипатты қасиеті оның $1,74 \text{ г}/\text{см}^3$ аз тығыздығы. $T_{\text{пл}} = 650^\circ\text{C}$. ГПУ торы ($a = 0,35200 \text{ нм}$). Аллотропиялық түрлену болмайды. Бұл химиялық белсенді металл. Ауада ұнтақ, жөңке не шаң түрінде жылдам тұтанады. Магний пиротехника және химия өнеркәсібінде қолданылады. Аз тығыздығына қатысты магний авиациялық және басқа өнеркәсіпте қолданылады.

Магнийдің беріктігі және созылмалығы аз. Төмен созылмалық–ГПУ тордағы сырғанау жазықтығының аз санды болуына қатысты

нәтиже саналады. Осындай төмен қасиет таза магний конструкциялық материал ретінде қолданылады. Техникалық магний үш марка түрінде МГ90 (99,9%Mg), МГ95 (99,95%Mg), МГ96 (99,96%Mg) қолданылады [1, 2, 10].

4.3.2. Магний негізіндегі қортпалар сипаттамасы

Магний және оның қортпалары тоттануға тұрақты емес. MgO тотықты қабыршағы қорғанысты қасиетті емес (Al_2O_3 алюминийдегі қабыршақ ретінде), оның тығыздығы $3,2 \text{ г/см}^3$ магнийдің тығыздығы шамалы жоғары, сондықтан ол шытынайды. Температураның жоғарлауымен магний тотықтануы жоғарлайды. Сонымен магний қортпаларының құю кезіндегі сұйық акқыштығы төмен, тек ғана жоғары (225°C және артық) температура кезінде пластикалы деформацияланады. Магний қортпаларында атомдардың диффузиялық қозғалысы аз, бұл магний қортпаларында ондағы фазалық түрленудің баяу орындалуына әсер етеді. Сондықтан термиялық өңдеу (диффузиялық не қайта кристаллизацияландырумен жасыту, шыңдау, ескіру) үлкен шыдамдылықты (24 сағатқа дейін) қажет етеді.

Сонымен бірге магний қортпасы аз тығыздығы, жоғары меншікті беріктікпен, тербелісті жақсы сіңірумен, уранмен өзара әрекеттеспейді, сондықтан авиациялық және зымыран жасау өнеркәсібінде кеңінен қолданылады. Магнийлі қортпалардың кемшілігі оларды қысым өңдеу және құю қиын. Қортпалар түйісу дәнекерімен, инертті газдардың қорғанысты ортасында доғалы дәнекерлеумен қанағаттанарлық дәнекерленеді және кесумен жақсы өңделеді.

Магнийлі қортпалар бөлінеді:

- 1) **деформацияланатын** – престеледі, тапталады, соғылады, штампталады және қысыммен өңдеудің басқа түрлерімен өңделеді, «МА» әрпімен таңбаланады;
- 2) **құйылған** – пішінді құю әдісімен бөлшектерді алуға арналған, «МЛ» әрпімен таңбаланады.

Магнийлі қортпадағы негізгі легірлеуші элементтер марганец, алюминий және мырыш саналады. $6\div 7\%$ дейінгі мөлшердегі алюминий және мырыш магнийдің механикалық қасиеттерін жоғарлатады. Марганецпен магний α -қатты ертіндісін түзейді, тоттану кедергілігін және магний қортпасының дәнекерленуін жоғарлатады. Церконий түйіршікті ұсақтайды, механикалық қасиетін және тоттану кедергілігін жоғарлатады. Сирек металдар және торий магний қортпаларының

ыстық беріктігін жоғарлатады. $0,005 \div 0,012\%$ мөлшердегі бериллий қорту кезінде магнийдің тотықтануын, құю және термиялық өңдеуді төмендетеді.

Магний қортпаларынан жасалған бұйымдардың тоттануға қатысты тұрақтылығының аздығына қатысты тотықтанады. Тотыққан бетке лак бояулы қамтама жағылады [1, 2, 10].

4.3.3. Деформацияланған магний қортпалары

Деформацияланған (престелген) магнийдің механикалық қасиеті, құйылған магнийге қарағанда жоғары кешенді: $\sigma_b = 200$ МПа, $\delta = 11,5\%$, 40 НВ. Деформацияланған қортпалар ыстықтай тапталған шыбықтар, жолақтар, профилдер, сонымен бірге шыңдалғы және штампталған дайындама түрінде жасалады.

Магний қортпалары төмен температура кезінде аз созылмалы болады. $200 \div 300^\circ\text{C}$ қызған кезде қосымша жазықты сырғанау (1001) және (1120) (базис жазықтығы (0001)) түзіледі, сонымен бірге оның созылмалығы жоғарлайды, сондықтан қысыммен өңдеу жоғары температура кезінде орындалады. Деформациялану қаншалықты аз болса, соншалықты магний қоспаларының созылмалы технологиялығы жоғары болады. Престеу $300 \div 480^\circ\text{C}$, $340 \div 440^\circ\text{C}$ (басталуы) ден $225 \div 250^\circ\text{C}$ (соңы) дейін температура аралығында таптау орындалады. штамптау пресс астында жабық штампта $480 \div 280^\circ\text{C}$ температура аралығында орындалады.

МА1 қортпа салыстырмалы созылмалық технологиялығы жоғары, дәнекерленуі және тоттану төзімділігі жақсы; төмен берікті қортпалар тобына жатады. Қортпаға Al-Mn 0,2%Ce (МА8) енгізу түйіршікті ұсақтайды, механикалық қасиетті жоғарлатады және салқынды күйде деформациялану жақсартады.

МА2-1 (Mg-Al-Zn) қортпаның механикалық қасиеті жеткілікті жоғары, технологиялық дәнекерленуі жақсы, бірақта кернеу астында тоттануға қатысты бейімді, табақты штамптаудың барлық түрі орындалады және жеңіл тапталады.

Mg-Zn-Zr жүйесінің МА14 қортпасының механикалық қасиеті жоғары, ыстық берікті (250°C дейін) кернеу астындағы тоттануға қатысты бейімді емес. Қортпаның кемшілігіне ыстықтай таптау кезіндегі жарықшаның түзілуіне қатысты бейімділік жатады. Қортпа $160 \div 170^\circ\text{C}$ кезінде жасанды ескіру процесінде қортпа беріктенеді.

Алдын ала шындалу престоу температурасына қатысты ауада салқындату орындалады.

Деформацияланған магний қортпаларынан жартылай дайын өнімдер (табақтар, шыбықтар, профилдер және т.б.), арматура, бензо-және май жүйелері, дәнекерленген, жоғары жүктемелі бөлшектер жасалады [1, 2, 10].

4.4. Титан және оның негізіндегі қортпалар

4.4.1. Титанның физика-химиялық қасиеттері

Титан – сұр түсті металл. $T_{пл} = 1668 \pm 5^\circ\text{C}$. Титанның екі аллотропиялық модификацияланған түрі қолданылады: 882°C дейін – α -Ті ГПУ торлы, жоғары температура кезінде – β -Ті (882°C кезінде) ОЦК торлы.

N_2 , C , O_2 және H_2 титанның қаттылығын және беріктігін жоғарлатады, бірақта созылмалықты, дәнекерлену және тоттану кедергілігін төмендетеді. Сутегі өте зиянды, гидридтердің бөлінуіне қатысты титан сынғышты болады. Сутегі титан қортпаларында 0,015% артық болмау керек.

Титан бетінде тұрақты тотықты қабыршақ жеңіл түзіледі, теңіз суында тоттану кедергілігі, сонымен бірге кейбір қышқылды және зиянды ортада жоғарлайды. Титан кернеу астында кавитациялықты тоттануға тұрақты.

Техникалық титанның екі маркасы жасалады: ВТ1-00 (99,53%Ті), ВТ1-0 (99,46%Ті). Техникалық титан қысыммен өңделеді, доғалы дәнекермен дәнекерленеді, кесумен жаман емес өңделеді. Титаннан құбыр, шыбықтар, табақтар, сымдар және жартылай дайын өнім жасалады.

Титан негізінен авиация, зымыранжасау және техниканың басқа салаларында, меншікті беріктіктің маңызы қажет салаларда қолданылады. Титанның тығыздығы аз $4,5 \text{ г/см}^3$ [1, 2, 10].

4.4.2. Титан негізіндегі қортпалар сипаттамасы

Титан негізіндегі қортпалар техникалық титанмен салыстырғанда кеңінен қолданылады. Fe, Al, Mn, Cr, Sn, V, Si титанды легірлеу оның беріктігін жоғарлатады, бірақта біруақытта созылмалығын және тұтқырлығын төмендетеді. Al, Zr, Mo ыстық беріктікті, Mo, Zr, Nb, Ta, Pd – қышқыл ертіндісіндегі тоттану төзімділігін жоғарлатады. Титанды қортпалардың меншікті беріктігі, тоттану төзімділігі жоғары.

Өндірістік титанды қортпалар құрылымы – бұл легірлеуші элементтердің α - және β -модифицирленген титанның қатты ертіндісі. Al, N₂, O₂ – α -тұрақтандырғыш; Mo, V, Mn, Fe, Cr – β -тұрақтандырғыш. Кейбір β -тұрақтандырғыштар титанмен интерметалды қоспаны Ti_xMe_y түзейді. Мұндай β -тұрақтандырғыштар **эвтектоидті түзеушілер** деп аталады. Сонымен легірлеуші элементтер аллотропикалық модификацияланған титан тұрақтылығына қандай да бір әсер етеді, құрылымына қатысты бөлінеді:

– α -қортпалар, құрылымы – α -титанда легірлеуші элементтердің қатты ертіндісі. α -қортпадағы негізгі легірлеуші элемент – алюминий, сонымен бірге олардың құрамында бейтарапты элементтер (Sn, Zr) және β -тұрақтандырғыштардың шамалы мөлшері болады;

- α + β -қортпалар, α - және β -тұрақтандырғыштан құралады;
- β -қортпалар.

Титанды қортпалы үлкен бөлшектер үшін беріктендіретін термиялық өңдеу сирек қолданады. Бұл титанды қортпалардың аз шыңдалуы, тұтқырлықты бүлінудің мәні төмен және бөлшектің жиырылуымен түсіндіріледі.

Титанды қортпалардың тозу кедергілігі төмен және үйкеліс торабы қолданылған кезде химия-термиялық өңдеу орындалады. Титанның тозу тұрақтылығын жоғарлату үшін 30÷60 сағат ішінде 850÷950°C кезінде азотталады. Титан қортпасындағы диффузияланған қабат қалыңдығы 50 сағат ішінде 950°C кезінде азотталудан кейін 0,05÷0,15 мм, қаттылығы 750÷900 HV.

Титан қортпалары шамалы тығыздық, жоғары меншікті беріктік, жылутөзімділік және тоттану кедергілігі жақсы болу негізгі рөл атқаратын кезде қолданылады. Титанды қортпалар авиация, зымыранды техника (ұшақтарды қаптау, зымыран және қозғалтқыш корпусы, стационарлы трубин күрекшелері және дискілер және авиациялық қозғалтқыштар компрессорлары), кемежасау (теңіз кемелерін қаптау, су асты кемелері, жүзу бұрандалары), химиялық машинажасау (сығылған газдарға арналған баллон, зиянды химиялық сұйықтық және газдарға арналған сыйымдылық), медицина (медициналық техника бұйымдары) және көптеген ауылшаруашылығы салаларында қолданылады.

Өндірістік технология бойынша титанды қортпалар жіктеледі:

- 1) деформацияланған;
- 2) құйылған [1, 10].

4.4.3. Деформацияланатын титан қортпалары

Титанды қортпалардың үлкен мөлшері алюминиймен легіріледі, материалдың қаттылығы, беріктігі, ыстық беріктігі және ыстық тәзімділігі, сонымен оның тығыздығын төмендетеді. Қатты ертіндіні легірлеу және пластикалық деформациялану арқылы беріктендіріледі. Сонымен титанды қортпалар құрамында алюминий болады, «ВТ» әріптерімен таңбаланады, сонымен бірге цифрмен алюминийдің пайыздық құрамы жазылады.

ВТ5 қортпа – деформацияланатын α -қортпа ыстық күйде қысыммен жақсы өңделеді және дәнекерленеді; 450°C дейін термиялық тұрақты. Бұл қортпаның тоттану кедергілігі, ыстық беріктігі, тоттану тұрақтылығы, криогенді температура кезінде созылмалығы жоғары, сутекті сынғыштыққа қатысты бейімді болады. Қортпаны қалайымен қосымша легірлеу (ВТ5-1) қортпаның технологиялық және механикалық қасиеттері жақсарады. Осы қортпадан табақтар, шыңдалғы, құбырлар, сымдар, профилдер жасалады.

ОИ4 қортпа – жалған- α -қортпа ыстықтай және салқиндай күйде қысыммен жақсы өңделеді, дәнекерлеудің барлық түрімен дәнекерленеді. Бірақта сутекті сынғыштыққа бейімді.

Ең үздік нәтиже $\alpha+\beta$ -қортпаларында орындалады. олар шыңдау және ескіруден тұратын термиялық өңдеумен беріктенеді. Бірақта α -қортпаларға қарағанда нашар дәнекерленеді. ВТ6 қортпа – механикалық және технологиялық жақсы және термиялық өңдеумен (900÷950°C кезінде шыңдалады және 450÷500°C кезінде ескіреді) беріктенеді. Ескіруден кейін $\sigma_b = 1200\div1300$ МПа. Қортпа құрамындағы алюминий және ванадий құрамының төмендеуі (ВТ6С модификациясы) оны дәнекерленген конструкцияда қолданылады. ВТ14 қортпа (Ti-Al-Mo жүйе) шыңдалған күйдегі (жақсы деформацияланады) технологиялығы жоғары және ескірген кездегі беріктік жоғары болады. Ол дәнекерлеудің барлық түрімен дәнекерленеді. Ауыр жүктемелі бөлшектерді, сонымен бірге 400°C кезінде ұзақмерзімді, 500°C кезінде қысқамерзімді жұмыс жасайтын бөлшектерді жасау үшін қолданылады. Қортпа 850÷880°C кезінде суда шыңдалумен және 12÷16 сағат, 480÷500°C кезінде келесі ескерумен беріктенеді. ВТ14С қортпа дәнекерленген конструкцияларда қолданылады, 5,5%Al құрамды. Ыстыққа берікті $\alpha+\beta$ -қортпа ВТ8 изотермиялық жасытудан кейін қолданылады. Ұзақты берік және жоғары жылжымалық кедергілікті;

сондықтан жүктемемен 450÷500°C кезінде ұзақ уақыт жұмыс жасауға арналған. Қортпаның дәнекерленуі нашар, бірақта жақсы деформацияланады және негізінен шыңдалғы және штампталған дайындама, шыбық түрінде қолданылады.

Псевдо-β-қортпа жоғары құрамды β-тұрақтандырушымен, шыңдалған күйде жоғары созылымдылықпен және ескірумде жоғары беріктікпен сипатталады. Олар аргонды-доғалы дәнекермен қанағаттанарлықты дәнекерленеді. Қазіргі кездегі жалған-β-қортпалар (BT19, BT35, BT32), Ti-Al-V-Cr-Sn-Zr-Mo жүйеге жататын ең озық қортпалардың бірі BT35 қортпа саналады. Осы қортпаны алюминиймен (3%) легірлеу кезінде кесекті құю процесінің технологиялын жоғарлатады, ескіру тиімділігі жоғарлайды, қортпаның тығыздығын азайтады. Молибденнің негізгі бөлігін ванадиймен (15%) ауыстыру қортпа тығыздығын азайтады және біруақытта оның меншікті беріктігін жоғарлатады. Қалайы салқындай пластикалық деформациялану процесінде қортпаның технологиялығын жоғарлатады, сонымен бірге ескіру тиімділігінің жоғарлауына әсер етеді. Қортпаға 1% церконийді енгізуғ әдетте біртекті емес бастапқы құрлымының үлкен болуына қатысты дәнекерленген қосындыда метатұрақты фазаның бірқалыпты ыдырауына әсер етеді. Қортпа шыңдалғаннан (800°C, 8/мин жылдамдықта салқындайды) кейін $\sigma_b = 760$ МПа және $\delta = 16\%$, ескіруден кейін (520°C) $\sigma_b = 1180$ МПа және $\delta = 5\%$. BT35 қортпа 260÷300°C аралығында ұзақ уақыт жұмыс жасайтын плиталар, шыбықтар, құбырлар және шыңдалғылар, ұшақжасау бөлшектерін жасау үшін қолданылады.

BT32 (Ti-Al-V-Mo-Cr-Fe жүйелі) қортпалардың стандартты механикалық параметрлері BT35 қортпаларға жақын болады.

Титанның β-қортпасының 29÷35%Mo құрамды, жоғары тоттану төзімділігі, технологиялық созылмалы және дәнекерленуі жақсы екі түрі (4201 және 42014) белгілі. олар бірқатар тоттануға төзімді материалдарды () ауыстыратын материал ретінде қолданылады [1, 10].

4.5. Мыс және оның негізіндегі қортпалар

4.5.1. Мыстың физика-химиялық қасиеттері

Мыс – қызыл, сынығында қызғылт түсті металл. $T_{пл} = 1083^\circ\text{C}$. ГЦК торы ($a = 0,31607$ нм). Тығыздығы 8,94 г/см³. Мыстың электр-, жылу өткізгіштігі. Созылмалығы жоғары, тоттануы аз. Мыстың

жоғары электр өткізгішті, оның техникада өткізгішті металл ретінде қолданылады. Мыс әдеттегі атмосфералық жағдайда, тұзшы, теңіз суында және басқа зиянды ортада тоттануға кедергілігі жақсы, бірақта күкіртті газдар және аммиактағы тұрақтылығы әлсіз болады. Мыс қымыммен жеңіл өңделеді, бірақта кесумен өңделуі нашар, үлкен шөгуге қатысты құймалы қасиеттері жоғары емес. Мыстың дәнекерленуі нашар, бірақта жеңіл балқытып дәнекерленуі жеңіл орындалады. мыстың кемшіліктеріне оның бағасының жоғары, шамалы тығздығы, құю кезіндегі үлкен шөгпелігі, ыстықты сынғыштығы, кезумен өңдеу күрделі болады.

Кері температура кезінде мыстың берікті қасиеті жоғары және 20°C температура кезіндегі созылмалығы өте жоғары. Техникалық мыста салқынды сынғыштық байқалмаады. Температураның төмендеуімен аққыштық шегі жоғарлайды және пластикалық деформациялану кедергілігі күрт жоғарлайды.

Мыс табақтар, жолақтар, шыбықтар, құбырлар, пішінді профилдер, фольга және әртүрлі өлшемді сымдар түрінде қолданылады. домалақ, тікбұрышты (жапырылған) және пішінді қималы сымдар созумен алынады. Жалпақ таптау ыстықты және салқындай таптаумен алынады. Тапталған жартылай дайын өнімді өнімдер плиталар, такталар, анодтар, табақтар, таспалар, жолақтар және фольгаларға бөлінеді. плиталар негізінен ыстықтай таптаумен алынады. Табақтар ыстықты-салқындай таптаумен жасалады. Жолақтар және таспалар 495-92 және 1173-93 МЖСТ бойынша және мысты фольга 5638-75 МЖСТ бойынша жасалады. Радиаторлы таспаға, микроқұрылымдық бойынша сапаны анықтауға қатысты жоғары талаптар қойылады. Мысты деформацияланған жартылай дайын өнім өндірісінің көлемінде құбырлар өндірісі сымнан кейін екінші орынды алад, олар 617-90 МЖСТ және 15040-77 МЖСТ сәйкес жасалады.

Мыстың жоғары жылу өткізгіштігі дәнекерлеуге кері әсер етеді, сонымен дәнекерлеу кезінде бөлінетін жылу жылдам дәнекерлену орнынан жылдам бөлінеді, фосформен тоттыққан мыстың дәнекерленуі жақсы, оның қалдықты жоғары құрамы мыстың басқа маркаларымен салыстырғанда өте төмен жылуөткізгішті болады. Мысты дәнекерлеу кезінде оның жоғарғы температура әсерінен кеңейуі ескеріледі, сондықтан дәнекерленетін материалдардың жиегінің тұрақтануын мұқият қадағаланады. Дәнекерленетін металл 500÷600°C дейін қыздырылады.

Мыс жұмсақ бақытып дәнекермен және қатты дәнекермен дәнекерленеді. Жұмсақ дәнекермен дәнекерлеу кезінде (қалайы және қорғасын) іс жүзінде мыстың беріктік қасиетінің төмендеуімен орындалады. қатты дәнекермен дәнекерлеу кезінде жоғары температура кезінде мыстың беріксізденуі орындалады. Қатты дәнекерлі дәнекермен ыстықтай күйдегі температура кезінде мыстың шамалы беріктігіне қатысты аз болады. Қатты дәнекерлер ретінде мысты дәнекерлеу үшін төмен легірлі қортпалар, оның негізіндегі мысты күміс, фосфор, сонымен бірге кадмия және марганец қоспасы негізіндегі қортпалар қолданылады.

Мыстың кесумен өңделуі салыстырмалы төмен. Таза мысты бөлшектерді өңдеу кезінде ұзын жөңқа алынады. Мыс кескішке жабысады (тармақтардың түзілуі), сонымен ұсақ бөлшектер кесу инструменттерінің жиегіне жабысады, тармақтар үзілген кезде инструмент беті бүлінеді. Босандатылған күйдегі жартылай дайын өнімдер беріктетуге қарағанда өңделуі нашар болады. Инструменттің тозуы бастапқы қоспадағы мыстың шала тотығының құрамының жоғарлауымен жоғарлайды. Сондықтан өңдеу кезінде оттекті құрамды мысты өңдеу үшін вольфрам карбидінің аз құрамды жылдам кесу болатты инструментті қолдану ұсынылады. Оттексіз мыс қатты қортпалы инструментпен өңделеді.

Мыс, алтын сияқты қоспалар түрінде кездеседі. Мыстың тазалығына тәуелді келесі маркалар жасалады: M00 (99,99%Cu); M0 (99,97%Cu); M1 (99,9%Cu); M2 (99,7%Cu); M3 (99,50%Cu). Электртехника өндірісті, электртехника және электрвакуумды техникада оттексіз мыс M06 (0,001%O₂) және тотыққан M1p (0,01%O₂) кездеседі. Оттексіз мыстан жоғары электрөткізгішті үлкен ұзындықты таспа және қалыңдығы бойынша шақтаамалы қаттылықпен жасалады. Мыс құрамындағы қоспалар оның қасиетіне үлкен әсер етеді. Оттегі – мыс және оның қортпаларының ең зиянды қоспасы. Ол мыстың технологиялық созылмалығын төмендетеді, оның тоттану төзімділігін азайтады, дәнекерлеу және бақытып дәнекерлеу процесін қиындатады. Сутегі металды тереңдікте диффундирлейді және мысты шала тотықпен өзара әрекетеседі. Түзілген су буы қатты мыста ерімейді және жалпақты еместіктің, жарықшаның, үзілу түзілуіне металдың микрокөлемінде жоғары қысым түзіледі, осыған қатысты созылмалық және беріктік төмендейді [1, 2, 22].

4.5.2. Мыс негізіндегі қортпаларды таңбалау

Мыс қортпаларының механикалық және техникалық қасиеттері жоғары, төзу және тоттану кедергіліктері жақсы болады.

Екі негізгі мыс қортпаларының топтары бөлінеді.

- 1) **латунилер** – мырышты мыс қортпасы;
- 2) **қолалар** – басқа элементті мыс қортпасы.

Мысты қортпаларды былайша таңбалау қолданылады. қортпалар «Л» – латунь» немесе «Бр» – қола әрптерімен белгіленеді, содан кейін қортпаны түзейтін негізгі элемент әрпіжазылады. Мысалы, О – Sn, Ц – Zn, Мц – Mn, Ж – Fe, Ф – P, Б – Be, Х – Cr және т.б. әріптен кейін жазылған цифрлар легірлеуші элемент мөлшерін (пайызды) көрсетеді.

Қола және латуньнің тәртіпті цифрлары әртүрлі. Латуньмен деформацияланатын маркаларда «Л» әрпінен кейінгі бірінші екі цифр пайызда мыстың орташа құрамын (Л70 – латунь, 70%Cu) көрсетеді. Легірленген деформацияланған латунь жағдайында тағы екі әріп және цифрмен легірлеуші элемент атауы және мөлшері таңбаланады, мысалы, ЛАЖ60-1 (60%Cu, 1%Al, 1%Fe). Мырыш құрамы 100% қатысты әртүрлі анықталады.

Деформацияланатын қолада негізі элемент – мыс құрамы көрсетілмейді, бірақта 100% қатысты айырмашылықта анықталады. Бір бірінен «-» арқылы бөлінген әріптен кейінгі цифр пайыз түріндегі легірлеушіэлементтердің орташа құрамын көрсетеді; цифрлар және әріптер қола не басқа элемент құрамында болатын құрамды көрсетумен сол тәртіп бойынша (мысалы, БрОЦ4-3: 4%Sn, 3%Zn) орналасқан. Мыс құрамы 100% қатысты айырмашылықта анықталады [1, 2].

4.5.3. Латуньдер

Латунь дегеніміз, мыс негізіндегі қосарлы не көп компонентті қортпалар, ондағы негізгі легірлеуші элемент мырыш саналады. Мыспен салыстырғанда латуньнің беріктігі, қаттылығы, тоттану төзімділігі және сұйық аққыштығы үлкен болады. Мыс мырышпен негізгі α -қатты ертінді қатарынан басқа электронды түрлі β , γ , ϵ фазалар қатарын түзейді. Жиі латунь құрылдымы α - немесе $\alpha+\beta'$ -фазадан құралады. α -фаза – ГЦК торлы мыстағы қатты мырыш ертіндісі саналады. Мыстағы мырыштың еру шегі 39%. β' -фаза – ОЦК тормен CuZn электронды қосындылы базада беріктенген қатты ертінді.

Бір фазалы α -латунь ыстықты және салқынды пластикалық деформациялануды жақсы қабылдайды. Салқындай және ыстықтай күйде бір фазалы (созылмалы) α -латуньдерге Л96 (**томпак** – α -латунь жоғары құрамды мысты (61% кем емес) жатады. Түсі алтын сияқты, олар зергерлік және декоративті бұйымдарда қолданылады, Л80 (**жартылай томпак**) және Л68, созылмалығы үлкен емес, Л68 әртүрлі бөлшектер штампталатын жұқа табак, таспа және т.б. жартылай дайын өнім түрінде жасалады.

Екіфазалы $\alpha+\beta'$ -латуньдер (Л159, Л60) салқынды күйде аз созылмалы (55÷61%Cu). Олардан шыбықтар, олардан кесумен өңдеу көмегімен әртүрлі бөлшектер жасалады. Бірфазалы латуньге қарағанда, $\alpha+\beta'$ -латуньдер аз созылмалы, бірақта өте берік және тозуға төзімді.

Екіфазалы латунь Al, Fe, Ni, Sn, Mn, Pb және т.б. элементтермен сирек легіріленеді. Мұндай латуньдер **арнайы немесе көп компонентті** деп аталады. Легірлеуші элементтерді (никельден басқа) енгізу мыстағы мырыштың еруін азайтады, оны $\alpha+\beta'$ -латуньге қосқан кезде β' -фазаның мөлшері азайады, екіфазалы латунь бірфазалы (α -латунь) түзіледі. Легірлеуші элемент беріктік (қаттылық) жоғарлайды, бірақта созылмалық азайады.

Қаталған күйдегі (20%Zn артық) латунь ылғал, оттегі және аммиак болған кезде тоттанумен («мерзімді») шытынауға бейімді болады. Латуньді жартылай дайын өнімдердің шытынауының алдын-алу үшін келтірілген жасыту 250÷650°C кезінде, ал латуньді бұйым 250÷270°C кезінде орындалады.

Барлық латуньдер технологиялық белгілері екі топқа бөлінеді: **деформацияланатын** (табақтар, таспалар, құбырлар, сымдар және т.б. жартылай дайын өнімдер) және **құйылған** – пішінді құюға арналған.

Деформацияланатын латунь металды қысыммен өңдеудің әртүрлі тәсілдерімен бұйым және жартылай дайын өнімдерді өндіру үшін қолданылады. қолданылатын α -латуньдердің (Л96, Л90) созылмалығы, жылу өткізгіштігі және тотану төзімділігі жоғары. α - (Л70) және $\alpha+\beta'$ -латуньде (Л62) мырыш құрамының жоғаралуымен өте жоғары беріктілік алынады, бірақта тоттану төзімділігі төмендейді. Бұл латуньдер мыс не томакпен салыстырғанда кесумен жақсы өңделеді. темірмен легіріленген (ЛАЖ60-1-1 және ЛЖМц59-1-1) деформацияланатын латуньдердің тоттану қасиеті жоғары болады. Олар кемежасау саласында бөлшектерге арналған бөлшектерді жасау үшін қолданылады. Теңіз суында қалайымен легіріленген латуньнің тұрақтылығы өте жоғары, мысалы, ЛО70-1 және ЛО62-1, **теңізді латунь** деп

аталады. ЛС59-1 латунь (**автоматты латунь** 40%Zn, 1÷2%Pb) автоматты білдектерде кесумен шыбық түрінде жасалады [1, 2, 10].

4.5.4. Латунь қасиетіне қоспалардың әсер етуі

Латуньнің механикалық және технологиялық қасиетіне жеңіл балқытылатын қоспалар кері әсер етеді, қатты күйде мыс-мырышты қоспалардағы еру шектелген. Осындай қоспалардың әсер етуіне қатысты ең сезімталды бірфазалы α -латунь саналады. Қатты ертінді құрамындағы жеке фаза түзмейтін қоспа латуньнің механика және технологиялық қасиетіне кері әсер етпейді.

Алюминий толығымен қатты ертінді құрамында болады және қоспа ретінде латунь қасиетіне кері әсер етпейді. Алюминийдің аз қоспасы қорту кезінде мырыштың күйуін азайтады: мырыштың булануына кедергі жасайтын балқыма бетінде алюминий тотығының қорғаныс қабыршағы түзіледі.

Никель және марганецтің шамалы мөлшері қатты ертінді құрамына енеді және латуньнің физикалық, механикалық және технологиялық қасиеттері шамалы әсер етпейді. Никель қайта кристаллизациялану температурасын жоғарлатады.

Темір латуньнің қайта кристаллизациялану процесінің дамуын қиындатады және түйіршікті ұсақтатады, осыған қатысты қорпалардың механикалық және технологиялық қасиеттерін шамалы жоғарлатады. қарсы магнитті бөлшектерді жасау үшін латуньдегі темір құрамы 0,03% артық болу керек.

Кремний, қоспа ретінде қатты ертінді құрамында болады. Кремнийдің әсерінен латуньнің балкумен дәнекерлену және дәнекерлену процесі жақсарады, тоттанумен шытынауға қарсы төзімділігі жоғарлайды.

Висмут зиянды қоспалар қатарына жатады. Бірфазалы латуньнің ыстықты сынғышты болуына әсер етеді. Оның өндірісті латунь құрамындағы құрамы 0,002÷0,003% шектелген.

Қорғасын жоғары температура кезінде α -латунь созылмалығын төмендетеді. Ол латуньнің ыстықты сынғыштықты болуына әсер етеді, сондықтан бірфазалы латуньдегі оның құрамы 0,03% шектеледі. Бірақта қорғасын латуньнің кейбір технологиялық қасиетін, әсіресе кесумен өңдеуді жақсартады. Сондықтан өндірісте 1% артық қорғасын құрамында қорғасынды латунь тобы қолданылады.

Сурьма зиянды қоспа саналады, ол қысыммен салқындай және ыстықтай өңдеу кезінде латуньнің технологиялық созылмалығын төмендетеді. Бірақта суоьманың микроқоспасы (0,1% дейін) мырышсызданумен байланысты екі фазалы латунь қатысты жартылай тотану шоғырланады.

Мышьяк. Оның үлкен концентрациясында (0,5% жоғары) латунь созылмалығы жоғалады. Бірақта мышьяк теңіз суы жағдайында жұмыс жасайтын бөлшектерді жасау кезінде легірлеуші элемент ретінде және латунь үшін үлкен қызығушылық тудырады. Микролегірлеу кезінде (0,025÷0,06%) мышьяк аз мөлшерде латуньді тотанумен шытынаудан сақтайды және теңіз суымен түйісу кезінде мырышсыздалады.

Фосфор қортпа қаттқан кездеаралықты фазаны түзейді, ол қаттылықты жоғарлатады және күрт латунь созылмалығын төмендетеді. Фосфордың шамалы мөлшері латуньге оң әсер етеді, оның механикалық қасиетін жоғарлатады және құйылған металл түйіршігі ұсақталады, бірақта деформацияланған латуньнің қайта кристаллизациялануы кезінде фосфор түйіршіктің өсуімен орындалады. латунь қортылған кезде тотықтырғыш ретінде фосфорды пайдалану ұсынылмайды, сонымен мырыш өте энергетикалық тотықтырғыш ретінде фосфор орнына қолданылады. Латуньнің өндірістік маркаларында фосфор концентрациясы 0,005÷0,01% шектеледі [22].

4.5.5. Латуньді термиялық өңдеу

Латуньді термиялық өңдеудің кең таралған операция – жасыту. Латуньге қатысты гомогенизациялану жасыту қолданылмайды, мысты-кристаллизациялану аралығы үлкен емес мырышты қортпарларда ликвациялық құбылыс шамалы, интерметаллидті фаза сынғышты кристаллизациялықты туынды құрылымда байқалмайды. Сондықтан кесекті қыздыру және келесі ыстықты деформацияланумен іс жүзінде толығымен бірқалыпты емес кристаллизациялану әсерінен жойылады.

Латуньге қатысты жиі қысыммен өңдеу кезінде аралықты операция ретінде қайта кристаллизацияланумен және соңғы жасыту қолданылады, қалыпты беріктік кезінде жоғары созылмалы бұйым жасалады. Қайта кристаллизацияланған латуньнің маңызды құрылымдық сипаты – түйіршік өлшемі. Жасыту кезінде оңтайлы қасиетті алу үшін біртекті түйіршікті өлшемді ұсақ түйіршікті құрылым алынады.

Латуньді жасыту температурасы қайта кристаллизациялану температурасының басында 250÷350°C артық температура таңадалады. Көптеген өндірістік қорпалар маркалары үшін ол 450÷700°C шегінде болады. Құрамы бойынша мыстағы мырыштың максималды еру нүктесіне жақын латунь, жоғары дәлділікті температураны пеште реттеумен және пеш көлемі бойынша оның үлкен бірқалыпты таралуымен жасытылады.

Латуньнен табақ және таспаларды алу кезіндегі жоғары деформациялану дәрежесі таптау текстурасының түзілуіне қатысты ол жұмсартумен жасыту кезінде жасыту текстурасына өтеді. Аннизотропты қасиетті осындай жартылай дайын өнімдерден бұйымдарды штамптау фестонистлілік бойынша ақаулықтың түзілуіне әсер етеді. Осындай ақаулыққа қатысты бейімділік және фестондар биіктігі жартылай өнімді алу технологиясына: өту кезіндегі деформациялану дәрежесі, аралықты және соңғы жасыту температурасы және т.б. қатысты болады. Анықталған, фестондар биіктігі екі соңғы өту кезінде деформациялану дәрежесінің жоғарлауымен өседі, соңғы алдындағы жасыту температурасының төмендеуі және соңғы жасыту температурасының жоғарлауымен; табақты дайындау кезінде деформацияланудың аз дәрежесі кезінде анизотропиялық шыдамдылық аралықты жасыту температуралары төмен болған сайын айқын болады.

Түйіршік өлшемі толығымен қайта кристаллизацияланған латунь құрылымында біртекті болады. Қайта кристаллизацияланумен жасыту тәртібінің бұзылуы кезінде әртүрлі өлшемді түйіршіктің екі тобы түзіледі. Бұл «қосарлы» деп аталатын терең созу, ию не ажарлату және өнімді уландыру кезінде қажет емес құрылым.

Түйіршік өлшемінің көбейуіне байланысты штампталған бұйымның бетінің сапасы нашарлайды, 40 мкм артық өлшем кезінде латунды бұйымдарға тән кедір бұдырлық «апельсинді қабыршақ» пайда болады.

Дұрыс таңдалған өңдеу тәртібі штампталған бұйымдағы осы ақаулықты жоюға мүмкіндік береді. Толығымен қайта кристаллизацияланбаған жартылай дайын өнімді штамптау кезінде өте шағын өлшемді түйіршік «апельсинді қабыршақ» түзілемейді.

Толық емес жасыту 250÷350°C температура аралығында орындалады. Ол латунді бұйымдардың «мерзімді» шытынауы деп аталатындарға қатысты қалдықты кернеуді азайту үшін қолданылады. Тоттанудың бұл түрі құрамындағы Zn 15% артық емес латунге

тәне және кернеу (қалдықты және әсер ететін) бірақытта әсер етуі кезінде кристаллиттер арасындағы жарықша, сонымен бірге ерекше химиялық реагенттер (мысалы, ертінділер және аммика жұбы, ылғалды күкіртті ангрід, әртүрлі аминдер және т.б.) дамиды.

Қалдықты кернеуді азайту үшін жасыту, беріктетумен алынатын механикалық қасиетердің шамалы төмендемеуі үшін қайта кристаллизациялану басындағы төмен температура аралығындағы температурада орындалады. Әдетте аралық 250 және 330°C аралығында болады. Осындай операция біршама қалдықты кернеуді азайтады және юйым көлемі бойынша олар теңестіріледі [22].

4.5.6. Балқытумен және латунмен дәнекерлеу

Латундер жұмсақ дәнекермен дәнекерленеді. Дәнекерлеу алдында қышқылда ажарлау не уландырумен дәнекерленетін бет тазаладанады. Дәнекерлеуіш ретінде құрамындағы Sn~60% қорпалар қолданылады. Мырышпен қатты өзара әрекеттесуіне ұатысты сурьма құрамы 0,25÷0,5% артық емес болу керек. Дәнекерлеу хлоридті флюстер (мысалы, хлорлы аммоний) қолданумен орындалады.

Бірфазалы α -латундер қатты дәнекерлермен (күмісті, мысты – фосфорлы және т.б.) дәнекерленеді. $\alpha+\beta$ -латундердің дәнекерленуі жұмсақ дәнекереушілерге қарағанда қатты дәнекерлеушілерде біршама нашар болады. Латундерді басқа қатты дәнекерлеушілермен дәнекерлеу кезінде сәйкесті флюстерді қолдану керек.

Лаутнилердің дәнекерленуі мыспен салыстырғанда біршама нашар болады. Ойықты емес қосылыстарды жалғау үшін келесі дәнекерлеу түрлері қолданылады: көмірлі электродты доғалы, шығынды электродты доғалы, вольфрамды (шығынсыз) қорғанысты газды орталы (аргон, гелия) электродты, оттекті-ацитиленді дәнекерлеуіш электрлі түйіспелі дәнекерлеу (нүктелі, дөңгелекшелі, тігісті) және т.б. инертті газды ортада вольфрамды электродпен латундерді доғалы дәнекерлеу кезінде доғаның әсеріне кедергі жасаумен орындалуы қиын болады. Сондықтан үлкен жылдамдық кезінде орындау керек. Оттекті – ацитиленді дәнекерлеу кезінде жақсы нәтиже алынады. Жоғары құрамды мырыш кезіндегі латундер түйісумен дәнекерленуі қанағаттанарлықты орыдалады.

Лаутндер құрамындағы мырыш құрамының жоғары болуы оның булануына қатысты доғалы дәнекерлеуді қиындатады, сондықтан

қосымша материалдар құрамындағы мырыш мөлшері салыстырмалы аз болу керек. Латундерді құрамындағы Zn 15÷30% көмірлі электродпен дәнекерлеу $\text{Cu}+3\%\text{Si}$ қортпалы қосымша материалдар көмегімен орындалады [22].

4.5.7. Қолалар

Қолалар – бұл қосарлы және компоненті мысты қоспалар, ондағы негізгі легірілеуші элемент мырытан басқа әртүрлі металдар болады. Қолаларды латундермен салыстырғанда өте берікті, тоттану төзімділігі және қарсы фракциялы қасиеттері өте жоғары болады. Олардың теңіз суындағы, көптеген органикалық қышқылдардағы, көмірқышқылды ертінділердегі тоттану төзімділігі жеткілікті.

Химиялық құрамы бойынша ұолалар екі топқа бөлінеді: қалайылы, онда негізгі легірілеуші элемент қалайы, және қалайысыз: алюминді, бериллелді, марганецті, кремнийлі және т.б. Жоғары – және электркізгішті төмен легіріленген ұолалар ерекше топты түзейді: хромды, цирконийлі және т.б. қалайысыз қолалар өздерінің қасиеттері бойынша және кейбір қасиеттері бойынша қалайылы қолалардан артық болады, сондықтан олар машинажасау және өнеркәсіптің басқа салаларында кеңінен қолданылады.

Қолалар арматуралар, бұрамдық дөңгелектердің тәжін, төлкелер, бактар, жылуалмастырғыштар, аспаптардың серіппелі бөлшектерін, дәнекерлеу машиналарының электродтарын және басқа машина бөлшектерін және механизмдерді жасау үшін қолданылады.

Өндіріс технологиясы бойынша **деформацияланған және құйылған** қолаларға бөлінеді. Деформацияланған қолалар химиялық құрамы бойынша әртүрлі болады. Олардан жартылай дайын өнімді және бұйымдарды жасау кезінде әртүрлі қысыммен өңдеу тәсілдері (таптау, престеу, соғу, штамптау, созу) қолданылады.

Қалайылы қолалар – мысты қалайылы қортпалар. Құрылымы бойынша бірфазалы (α -ГЦК торлы мысты қалайылы қатты қалайы ертіндісі) және α - және δ -фазалы құрамды екіфазалы болады. Әдетте δ -фазалар құрамындағы 7÷9% артық қалайы болған кезде бөлінеді. Ол қоланың қаттылығы және сынғыштығын жоғарлатады. Қортпада электронды қосылыстар да түзіледі: β -фаза (Cu_3Zn); ε -фаза (Cu_3Sn); γ -фаза – химиялық қосылыс негізіндегі қатты ертінділер, олардың табиғаты анықталмаған; η – химиялық қосылыс (Cu_6Sn_5). Құрамындағы Sn 4÷5%

дейінгі қолалар деформациялану және жасытудан кейін полиэдрикалы құрамды болады және негізінен α -ұатты ертінді түрінде болады.

Қалайының үлкен құрамы кезінде қола құрамында тепе-теңдік күйінде α -қатты ертіндіде эвтектоид ($\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$) болады. Беріктік шегі қалайы құрамының көбейуімен жоғарлайды. Қалайының жоғары концентрациясы кезінде құрылымында $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ сынғышты қосылысты шамалы эвтектоид мөлшерінің болуына қатысты, беріктік шегі күрт төмендейді. Қола құрамында Sn 4÷6% болған кезде салыстырмалы ұзару біршама жоғарлайды, эвтектоид түзілген кезде қатты тқмендейді.

Әдетте қалайылы қолалар Zn, Fe, P, Pb, Ni және басқа элементтермен легірленеді, ол қаттылық, беріктік, тозу төзімділігін жоғарлатады. Легірлеуші элементтердің әсер етуі әртүрлі болады. Мырыш қоланың технологиялық қасиеттерін жақсартады және қоланы арзандатады. Никель механикалық қасиетті, тоттану төзімділігін және құйма тыңыздығын жоғарлатады және ликвациялықты азайтады. Темір түйіршікті ұсақтайды, бірақта қоланың технологиялық қасиеттерін және тоттану кедергілігін төмендетеді. Қорғасын қоланың механикалық қасиеттерін төмендетеді, бірақта құйманың тығыздығын жоғарлатады, негізі – кесумен өңдеуді жеңілдетеді және ұарсы фракциялық қасиеттерін жақсартады. Қалайылы қолалардың құйылу қасиеттері жаұқсы және күрделі пішінді бөлшектерді кұю үшін қолданылады. Қалайылы қолалы құйманың кемшілігі оның мкрокеуектілігі жоғары болады. Қолалар, әсіресе, екіфазалы қолалардың қарсы фрикциялық қасиеті жоғары, сондықтан олар жиі қарсы фрикциялық бөлшектерді жасау үшін қолданылады.

Қалайылы – фосфорлы қолалар. БрОФ6,5-0,15, БрОФ6,5-0,4, БрОФ7-0,2 және БрОФ8-0,30 қасиеттері және химиялық құрамы бойынша бір біріне жақын, сондықтан олар бір қортпалар тобына жатқызылады. Бұл қолалар жоғары механикалық, тоттану және қарсы фрикциялық қасиетті болады. БрОФ6,5-0,15 қолалардың деформацияланудан кейін беріктігі және серпімділігі жоғары және аспаптарды серіппелі бөлшектерін жасау үшін қолданылады.

БРОФ6,5-0,4 қола негізінен целлюлозды-қағаз өндірісіне арналған торларды жасау үшін қолданылады. Осы мақсаттар үшін тозу төзімділігі бойынша ең үздік қоспалар саналады.

БрОФ7-0,2 қоланың қалыпты және жоғары температуралар кезіндегі механикалық қасиеттері жоғары болады. Ол престелген шыбықтар түрінде жасалады, өйткені қалайының жоғары құрамы қысыммен

өңдеуді қиындатады. Қолаланың тозу төзімділігі салқындай деформациялаумен жоғарлатылады.

БрОФ8-0,3 қолалар құрамындағы қалайы құрамы, БрОФ7-0,2 қоламен салыстырғанда үлкен мөлшерде болады және беріктік қасиеті және тозу төзімділігінің жиынтығы бойынша одан артық болады.

Қалайылы қолалар **деформацияланатын** және **құйылатын** болып бөлінеді. Деформацияланатын қолалар (БрОФ6,5-0,4, БрОЦ4-3, БрОЦС4-4-2,5) жасытылған (қатты) және жұмсартылған (жұмсақ) күйдегі таспа, шыбық түрінде жасалады. Бұл қолалар жиі серіппе және серіппелі бөлшектерді жасау үшін әртүрлі кндіріс салаларында қолданылады. Деформацияланған қалайылы қола құрылымы – α -қатты ертінді. Құйылған қолалармен салыстыру бойынша деформацияланған қолалар жоғары беріктілігі, тұтқырлығы, созылмалығы және қажу кедергілігімен сипатталады.

Алюминийлі қолалар қосарлы (мысалы, БрА5), болуы мүмкін және никель, марганец, темір және т.б. қосымша легіріленеді. Алюминийлі қола құрамындағы $Al_{11} \pm 12\%$ дейін болады. Көптеген жағдайда олар толық құқықты тапшы қалайылы қола және басқа қортпаларды ауыстырушы болып табылады. Алюминийлі қолалы қосарлы және қоспалы легіріленген Ni, Mn, Fe және т.б. элементтер жиі қолданылады. Алюминий құрамы 9% дейінгі қортпалар – бірфазалы және мыстағы алюминий α -қатты ертіндісінен құралады. α -фаза созылмалы, бірақта оның беріктігі шамалы. β -фаза $565^\circ C$ артық температура кезінде орындалады, созылмалы, Cu_3Al электронды қосылыс базасындағы қатты ертінді түрінде болады. Құрамдағы алюминий 9% құрылымда эвтектоид $\alpha + \gamma'$ ($\gamma' - Cu_{32}Al_9$ электронды қосылыс) түзіледі. $\alpha + \gamma'$ екіфазалы қортпалар жоғары берікті, бірақта оның созылмалығы шамалы төмен болады. Темір түйіршікті ұсақтайды және механикалық және қарсы фрикциялық қасиетті жоғарлатады. Никель ($500 \pm 600^\circ C$) жоғары және төмен температура кезінде механикалық және тозу төзімділігін жақсартады. Алюминий қоланың физикалық қасиеттеріне шамалы әсер етеді. Алюминийдің құрамының жоғары болуына қатысты алюминийлі қола тығыздығы таза мыстан біршама төмен болады. Бұл жағдай әсіресе авиакосмостық техника және кемежасау саласында өндірісте кеңінен алюминийлі қоланы кеңінен пайдалануға мүмкіндік береді. Тығыздықтың төмендеуі экономикалық қатынаста тиімді болады. Алюминийлі қола жақсы жылтырлайды және алюминийдің болмауына қатысты шағылысу қабілеттілігі жаұсы болады. Қола құрамында алюминий құрамының болуына байланысты жарық

толқынның (мыспен салыстыру бойынша) шағылысу спекторында максимумды өте қысқа толқын жағына ығысады. Қола құрамында алюминийдің шамалы мөлшерінің болуы таза мысқа қатысты сипатта болуына қатысты жоғары жылуөткізгіштігін күрт төмендеуге қатысты орындалады. Сонымен, Al ~10% құрамды өндірісті алюминийлі қоланың жылуөткізгіштігі (таза мысқа арналған 390 Вт/м·К орнына) орташа 75 Вт/м·К құрайды. Бірақта бұл төмендеу алюминийлі қоланың (мысалы, техникада төмен температурада) кейбір қолданыс аумағын кеңейтуге әсер етеді.

Температураға қатысты тәуелділікте алюминийлі қоланың жылуөткізгіштігін өзгеруі ерекше қызығушылық тудырады. Сонымен қатар таза мыс үшін жоғары температура кезінде жылуөткізгіштік шамалы төмендейді, алюминийлі қола, сонымен бірге мысты негізді көптеген басқа қорғалар үшін жоғары температуралы жылуөткізгіштіктің жоғарлауы тән болады.

Осыған ұқсас алюминийлі қоланың жылуөткізгіштігі және электрөткізгіштігі өзгереді; алюминий құрамының жоғарлауына байланысты ол төмендейді, сонымен бірге электрөткізгіштіктің төмендеуі температуралы электрөткізгіштік коэффициентінің азайуымен орындалады. Басқа элементтермен легірілген және біріншіден марганец және никельмен легірілуэлектрөткізгіштіктің күрт төмендеуіне әкеп соғады. Сонымен, мысалы, марганецті қорғалардың электрлі кедергілігі жоғары және осыған қатысты олар арнайы техникада қолданылады.

Алюминийлі қоланың механикалық және техникалық қасиеті жоғары, теңіз және тропикалық атмосферадағы тоттану кедергілігі жақсы. Бірфазалы қолалардың тереңді штамптау кезіндегі созылмалығы жоғары болады. Екіфазалы ұлалар ыстықтай деформацияланады не пішінді құю түрінде қолданылады. Алюминийлі қоланың құймалы ұсасиеті, қалайылы қоланың құймалы қасиеттеріне қарағанда төмен, бірақта олар құйманың жоғары тығыздығын қамтамасыз етеді.

Кремнийлі қолалар (БрКМц3-1) беріктігі және созылмалығы жақсы болады. Олар магнитті емес, аязға төзімді. Кремниймен (3,5% дейін) мысты легірілу кезінде беріктік және созылмалық жоғарлайды. Никель және марганец кремнийлі қоланың механикалық және тоттану қасиеттерін жақсартады. Бұл қолалар қысыммен, кесумен жеңіл өңделеді және дәнекерленеді. Жоғары механикалық қасиетті, серпімді және тоттану төзімділігі жоғары болуына қатысты олар 250°C дейінгі температура, сонымен бірге зиянлы ортада (тұзшы, теңіз суы) жұмыс

жасайтын радиожабдықтар және серіппелер және аспаптардығы серіппелі бөлшектерін жасау үшін қолданылады.

Мыстағы кремнийдің еру шегі: 5,3%, 852°C перитектикалық тепе-теңдік температура кезінде жеткілікті жоғары болады. Температураның төмендеуімен ол төмендейді және 20°C кезінде шамамен 3,5% құрайды. Кремнийлі қолаға 3% артық емес Si қос қола кеңінен қолданылады. Кремнийлі қола арасында никель және марганецпен қосымша легіріленген қолалар кеңінен қолданылады. Осы элементтерді қосумен кремнийлі қоланың механикалық және тоттану қасиеті жақсарады.

Кремнийлі марагнецті қоладағы БрКМц3-1 марганец қоспасы (1,0÷1,5%Mn) іс жүзінде толығымен α -қатты ертінді түрінде болады, сондықтан осы қортпадан жасалған жартылай дайын өнімдер беріктендіретін термиялық өңдеумен өңделмейді. Никель кремниймен бірге Ni₂Si қосылысты түзейді, оның еруі температураның төмендеуімен күрт төмендейді. БрКН1-3 қола термиялық беріктендірілетін қортпалардың қатарына жатады. Беріктену 850°C шыңдалудан кейін ескіру (1 сағат ішінде 450°C) кезінде орындалады.

БрКМц3-1 және БрКН1-3 кремнийлі қоланың серіппелігі және қарсы фрикциялық қасиеті жоғары, тоттану төзімділігі жақсы болумен ерекшеленеді. Олар технологиялықты: ыстықтай және салқындай күйде қысыммен жақсы өңделеді, қола және болатпен жақсы дәнекерленеді, қатты және жұмсақ дәнекерлеулермен жеңіл дәнекерленеді.

БрКМц3-1 қолалы жартылай дайын өнім шыбық, сым, жолақ, табақ және әртүрлі өлшемді таспалар түрінде аспапжасау, химиялық және жалпы машинажасау, теңізді кемежасау салалары үшін серіппе және серіппелі бөлшектер, металды тор, қарсы фрикциялық бөлшектер және т.б. бөлшектерді жасау үшін қолданылады.

Бериллийлі қолалардың (БрБ2) механикалық (оның ішінде серпімділікті) қасиеті жоғары, тоттануға ұарсы төзімді және электрлі және жылуөткізгіштігі қанағаттанарлықты, жаұсы дәнекерленеді. Дисперсиялық қатудан кейін кесумен өңдеу қиындық тудырмайды. Ве 2÷2,5% құрамды қортпалардың қасиеті оңтайлы. Олар беріктік қасиеті, серпімділік шегі және релаксациялану төзімділігі, электрлі және жылуөткізгіштігі жоғары болумен ерекшеленеді. Олар магнитті емес, сокқы кезінде ұшқын болмайды, технологиялықты (жақсы штампталады). Бериллийлі қолалар сылқынды сынғыштықты қатысы бейімділігі аз және -00÷+250°C темпратура аралығында жұмыс

жасай алады. Кемшілігі: бағасы жоғары және тапшы, сонымен қатар ол зиянды. Бұл қортпалар дисперсиялық қатыру әдісімен термиялық өңдеумен беріктендірілетін қортпалар қатарына жатады. 760÷780°C дейін қолаларды қыздыру кезінде біртекті α -ертінді түзіледі, ол қалыпты температура кезінде сумен жылдам салқындату нәтижесінде сақталады. Шыңдалғаннан кейін қоланың беріктігі аз, созылмалығы жоғары шыңдаудан кейін ескіру кезінде беріктенуге қабілетті, сонымен бірге шыңдалған күйде пластикалық деформацияланады.

Бериллийлі қолалы серпімді элементтердің температуралық тұрақтылығы мысты негізді басқа қортпалармен салыстырған кезде шамалы жоғары, электрөткізгіштігі мыстың электрөткізгіштігіне қатысты 25÷30% құрайды.

Бериллийлі қоланы легірлеу оның қасиетін жақсартуға бағытталған. Легірлеуші элементтер ретінде N, Co және Ti қолданылады. Бериллийлі қола жиі 0,1÷0,25% титанмен (БрБНТ1,9; БрБНТ1,7) легірленеді. Бұл элементтер үздікті ыдырауды жояды және үздіксіз ыдырауды қиындатады. Бериллийлі қолаларқасиетін жақсарту үшін қосымша шамалы кобальт, никель және темірмен легірленеді.

Бериллийлі қола ескіру кезіндегі бөлінетін қатты ертіндіге қатысты дисперсті бөлшектердің қатты дислокациялықты тежелуіне қатысты пластикалық деформациялану кедергілігінің жоғары болуымен ерекшеленеді, сондықтан олардың серпімділікті шегі жоғары болады. Осы кедергіліктің жоғарлауына байланысты берілген кернеу кезіндегі микропластикалық деформациялану азайады және кернеудегі релаксациялану да төмендейді. Осының барлығы негізгі сипаттама серіппелі элементтердің қасиетін анықтайтын қортпалардың релаксациялану төзімділігінің жоғарлауына әсер етеді.

Бериллийлі қолада ескіру және шыңдалу аралығындағы пластикалық деформациялану қолданылатын төмен температуралы механикалық өңдеу (ТТМӨ) орындалады. Бұл жағдайда шыңдалған қортпаның деформациялану жағдайы жоғары серіппімділік сипаттамасын алу және ескіру кезінде қатты ертіндінің барлық көлемі бойынша бірқалыпты ыдырауды қамтамасыз етеді.

Бериллийлі қола шетелдік дамыған елдердің өнеркәсібінде кеңінен қолданылады. Олардан плиталар, табақтар, таспалар, ыстықтай престелген шыбықтар, дәнекерленген және тігіссіз құбырлар, престелген профилдер және басқада жартылай дайын өнімдер жасалады.

Уақытша кедергілігінің мәні, аққыштық және серпімділік шегі жоғары бериллийлі қоланың тоттану кедергілігі жақсы және

дәнекерленеді, кесумен өңделеді. Бериллийлі қола мамбран, серіппе, серіппелі түйісу, жауапты қолданысты серпімді элементтер, электронды техникада және т.б. тозумен (жартылай автоматтандырылған жұдырықтар) жұмыс жасайтын бөлшектерді жасау үшін қолданылады.

Қорғасынды қолалар. Ұрғасын іс жүзінде сұйық мыста ерімейді. Сондықтан қатудан кейінгі қорғалар мыс және қорғасын қоспаларынан құралады. Қоланың мұндай құрылымы жоғары қарсы фрикциялық қасиетті қамтамасыз етеді. Бұл жоғары қысым және үлкен жылдамдықта жұмыс жасайтын сырғанау подшипниктерінің төсемдерін жасау үшін БрС30 қолалар қолданылады. Қалайылы қолалармен салыстырғанда қорғасынды қолалардың жылуөткізгіштігі 4 есе үлкен болады, сондықтан оларда үйкеліс кезінде түзілетін жылуды жақсы бөлінеді. Меаникалық қасиетінің жоғары болмауына қатысты БрС30 болатты таспалар (кұбырларда) жұқа қабатты дәнекерленеді. Бұл қолалар тығыздығы бойынша ликвациялануға (мыс тығыздығының мәні 8,94 және қорғасын тығыздығының 11,34 г/см³ мәнінің әртүрлігіне, сонымен бірге кристаллизацияланудыңкең аралығына қатысты) бейімді. Қорғасынды қолалар жиі никель және қалайымен легіріленеді, мыста ериді, механикалық және тоттану қасиеті жоғарлайды.

Марганецті қолалар. Марагнецті қолалар ұрамындағы марганец 20% дейін болады, барлық температуралар кезінде қатты күйде бірфазалы болады. Марганец мыстың қайта кристаллизациялану температурасын (150÷200°C) жоғарлатады және ыстыққа берікті сипаттамасын жақсартады.

БрМц5 қола өндірісте кеңінен қолданылады. Ол ыстықтай және салқындай күйде қысыммен жақсы өңделеді, тоттану төзімділігі жоғары, жоғары температура кезінде жоғары қасиеттерді сақтайды.

Хромды қолалар (БрХ0,5) механикалық қасиеті, электр және жылу өткізгіштігі жоғары, жоғары температура (450÷500°C) кезінде ұайта кристаллизацияланады. Қола құрамында 0,4÷1,0%Cr; 0,2%Ag болады. Күміс қоланың механикалық қасиетін және қайта кристаллизациялану температурасын жоғарлатады. Қолалар суда (~950°C) шыңдалумен және 6 сағат ішінде 400°C кезінде келесі ескірумен беріктенеді

Цирконийлі қолалар. Мысқа жақынды жылу және электр-өткізгіштігі және ыстыққа төзімділігі (оның ішінде жылжу кедергілігі) жоғары болады. Қолалар құрамында 0,1÷0,8%Zr (БрЦр0,2÷БрЦр0,7) болады. Олар кешенді өңдеумен: шыңдаумен (~920°C) келесі салқын-дай пластикалық деформацияланумен (деформациялану дәрежесі

75% дейін) және ескірумен (~450°C, 1 сағ.) беріктенеді. Ескіру кезінде α -қатты ертіндіден беріктенген Cu_3Zr фаза бөлінеді [1, 10, 22].

4.5.8. Қоланы термиялық өңдеу

Қоланы термиялық өңдеудің негізгі түрлері: гомогенизациялау, аралықты және соңғы жасыту саналады. Осы операциялардың негізгі мақсаты – қысыммен өңдеуді жеңілдету және созылмалықты жоғарлату саналады. Қалайылы қолалар гомогенизациялықты жасытуды орындауды қажет ететін жалғыз қортпалар саналады. Cu-Sn қортпалар жүйелерінде кристаллизацияланудың үлкен аралығына қатысты сұйық және қатты фазалар құрамы бір бірінен өзгеше болады, бұл дендритті ликвацияның орындалуына әсер етеді. Кесектерді келесі ыстықтай қысыммен өңдеуде пластикалық деформациялану бірқалыпты кристаллизацияланбауға қатысты түзелген қалайылы қолалардағы қатты ертіндінің химиялық біртекті еместігін толық жоюға мүмкіндік бермеді. Қалайылы қоланы гомогенизациялаумен жасыту нәтижесінде құрылымның біртектілігі жоғарлайды, бірқалыпты емес интерметаллидті фазалар қатты ертіндіде ериді, кесектегі кристаллиттер қимасы бойынша химиялық құрам теңеседі. Сондықтан гомогенизациялықты жасыту – қалайылы қолалы сапалы деформацияланған жартылай дайын өнімдерді алуға қатысты негізгі шарттардың бірі саналады.

Сонымен, мысалы, алдын ала гомогенизациялаумен жасытылған деформацияланудан кейін БрОФ7-0,2 шыбықтардың салыстырмалы ұзындығы 18 мм ұзарды, жасытылмаған шабақтар қасиетімен салыстыру бойынша кейбір беріктік және қаттылықты 3÷3,5 есе жоғарлатуға мүмкіндік туды. Қалайылы қолалы кесектерді гомогенизациялықты жасыту 700÷750°C кезінде кейін жылдам салқындаумен орындалады. Жасыту температурасы және уақыты ликвациялану салдарын жоюға жеткілікті болу керек. Салқындай қысыммен өңдеу кезіндегі аралықты жасыту 500÷650°C орындалады. Сонымен бірге толығымен қалайылы қолалардың салқындай пластикалық деформациялану әсерінен түзілетін қақтама толығымен жойылады [22].

4.5.9. Мысты – никельді қортпалар

Мысты – никельді қортпалар техникада кеңінен қолданылады. Никельмен мысты легірлеу оның механикалық қасиетін, тоттану

төзімділігін, электркедергілікті және термoeлектрлі сипаттаманы біршама жоғарлатады.

Мельхиор (МНЖМц30-1-1; МН19) – мыс негізіндегі қосарлы және өте күрделі қортпа. Негізгі легірлеуші элемент – никель, мыс беріктігін шамалы жоғарлатады. Мельхиорлардың электрлі кедергілігі жоғары, жылуөткізгіштігі аз болады. Қортпаларға тән ерекшелік олардың әртүрлі зиянды ортада (теңіз суында, органикалық қышқылдарда, тұздар ертіндісі және т.б.) тоттану төзімділігінің жоғары болуы саналады. Сонымен, 30%Ni мысты никельді қортпалардың 10 не 20%Ni не латундермен салыстырғанда кернеу астындағы шытынаумен тоттануға өте төзімді болады. Мельхиорға қосылған шамалы марганец және темір қоспасы оның төзімділігін жылдам қозғалысты теңіз суының ағысында жоғарлатады. Бір фазалы құрылымды мельхиорлар ыстықтай және салқынды пластикалық деформациялану кезінде қысыммен жақсы өңделуге қабілетті.

Нейзильбер (МНЦ15-20; МНСЧ16-29-1,8). Нейзильбер түріндегі үш еселі Cu-Ni-Zn жүйелі қортпалар құрамындағы Ni 5÷35% және Zn 13÷45% болады. Мыстағы үш еселі никель және мырышты қатты ертінділер 15% Ni және 20%Zn (МНЦ15-20) кеңінен қолданылады.

Мельхиормен салыстырғандағы нейзильбер қортпаларының беріктігінің жоғарлауы мысты-никельді қатты мырышты ертіндімен қосымша легірлеумен орындалады. Қортпаларда ыстықтай және салқынды пластикалық деформациялану жеңіл орындалады. Нейзильберті бұйымдардың тоттану төзімділігі (тұзды ертінді және органикалық қышқылды ортадағы төзімділігі жеткілікті) жоғары және әдемі күмісті түсті болады. Нейзильбердің кесумен өңделуін жақсарту мақсатында шамалы мөлшерде қорғасын (2% дейін) қосылады. Мұндай ұорғасынды құрамды нейзильбер (МНСЧ16-29-1,8), сағат механиздері және т.б. ұсак бөлшектерді жасау үшін қолданылады. Қорғасын құрамының болмауына қатысты бұл қортпалар ыстықтай тапталады, сондықтан табакты жартылай дайын өнімді кесектерді алу үшін салқынды күйде өңделеді.

Куниальдер – бұл қортпалар үш еселі Cu-Ni-Al негізінде алынған. Никельді мысты қортпалардың механикалық қасиетін жоғарлату шамалы алюминий қоспасымен оларды легірлеу арқылы орындалады. Өндірісте куниаль түріндегі қортпалардың екі әртүрі: куниаль А (МНА13-3) және куниаль Б (МНА6-1,5) қолданылады. Қортпалардың механикалық және серпімділік қасиеттері, сонымен тоттану төзімділіктері жоғары. Салқынды сынғыштыққа бейім емес. Куниальдер

ыстық күйде қысыммен өңделеді. Осы қортпаларды термиялық өңдеу арқылы беріктендіруге болады. Беріктенудің шамалы тиімділігі ескіру алдында шыңдаудан кейін жасытумен (ТТӨӨ) орындалады. Сонымен, мысалы, алдын ала ыстықтай және салқиндай күйде тапталған қоспалар беріктігінің шегі, 900°C шыңдаудан кейін 250÷350 МПа тең. Әрі қарай шыңдалған үлгілерді салқиндай деформациялау (қаусыру – 25%) келесі 550°C кезінде ескірумен, 5÷10% ұзару кезінде 800÷900 МПа дейін беріктіктің жоғарлауына әсер етеді [22].

4.6. Никель және оның негізіндегі қортпалар

4.6.1. Никельдің физика-химиялық қасиеттері

Никель – аллотропикалық өзгеріске ұшырамайтын, ГЦК торлы ферромагнитті металл. $T_{\text{пл}} = 1453^{\circ}\text{C}$. Кюри нүктесі 358°C . Никель – берік және созылмалы металл, Fe, Cu, Al, Ti негізіндегі және т.б. металды негізді, сонымен қатар, никельді қортпалар негізі ретінде қортпаларды легірлеуші элемент ретінде кеңінен қолданылады. Никельдің атмосфералық жағдайда тоттану кедергілігі жақсы болады. Оның балқуының жоғарғы температурасы және қалыпты серпімділігінің жоғарғы модулі оның негізінде ыстыққа төзімді қортпаларды не оның құрамы жоғары қортпаларды алуға әсер етеді. Никель негізіндегі арнайы ферромагнитті ұасиетті қортпалар, кте аз температуралы коэффициентті созылмалы модульдер және сызықты кейейу коэффициенті қортпалар қолданылады, сонымен бұл осы қортпалардың ферромагнитті қасиеттерінің әсері саналады.

Таза никель электрлі вакуумды техникада қолданылады, өйткені оның буларының серпімділігі аз және ол жоғары вакуум кезінде буланбайды. Никельдің термоионды эмиссиясы жоғары болады.

Радишамдары және шырақ бөлшектері 2,3÷3,3% не 4,6÷5,4%Mn мөлшерлі марганецпен легірленген никельдерден жасалады. Марганец қортпалардың мүжілу төзімділігін жоғарлатады, газсыздандуды жеңілдетеді. Сондықтан марганецпен легірленген никельден тығызды таспа және сымдар жасалады [1].

4.6.2. Никельді негізді қортпалар

Никель және оның қортпалары соғылады, престеледі жоғары температура кезінде тапталады, сондықтан қызылды сынғыштықты

түзейтін ондағы күкірт мөлшері шамалы болу керек. Күкірт Ni_3S_2 қосылысын түзейді, ол никельмен бірге $644^{\circ}C$ кезінде балқитын жеңіл балқитын $Ni+Ni_3S_2$ эвтектиканы түзейді. никельді қортпалардағы қызылды снғыштыұты жою үшін шамалы мөлшерлі магний қосылады, ол никельге қарағанда күкіртпен жақын туыстас және балқуы қте киын сульфидтерді түзейді.

Мысалы, сулы тұзды ертінділі және сілтілі, булы, органикалық қосылысты зиянды ортада жұмыс жасау үшін **монель** (28%Ni; 2,5%Fe; 1,5%Mn) қортпалары қолданылады. Ол тек ғана тоттануға қарсы төзімді ғана емес, сонымен бірге беріктігі және созылмалығы жоғары болады. Қату кезінде онда орындалатын дендритті ликвациялану, ыстықтай және салқындай қысыммен өңдеуден кейін жасыту кезінде толық жойылады. Полиэдритті құрылымды монель химиялық маши-нажасау саласында қолданылады.

Дендритті құрылымды монель температураның жоғарлауымен сызықты магнитті индукцияны жоятын қортпа ретінде аспапжасау саласында қолданылады. Мұндай қортпалар **калмаллды** қортпалар деп аталады.

Никельді негізді электртехникалық қортпалар толығымен 1 бөлімнің «Ерекше физикалық қасиетті қортпалар» атты тарауында толығымен сипатталған [1].

4.7. Сырғана подшипниктеріне арналған подшипникті қортпалар

4.7.1. Жалпы мәліметтер

Подшипникті қортпалар деп подшипниктер төсемдері жасала-тын қортпалар аталады. Осы мақсатта шойын, қола, және Pb, Sn, Zn не Al негізіндегі жеңіл балқитын **баббиттер** деп аталатын қортпалар қолданылады.

Төсемді материалдарының қасиеттері мынандай болады:

- 1) болатты беттегі үйкеліс коэффициенті үлкен емес болу керек;
- 2) екі үйкелісетін беттердің тозуы аз болу керек;
- 3) бұл материал жеткілікті меншікті қысымға шыдамды болу керек.

Бірінші және екінші талаптар, егер білік және төсем беті майлау қабыршағымен бөлінген жағдайда орындалады. Егер төсем құрылымы біртекті емес және жұмсау негізді және қатты қоспалардан құралған

жағдайда, онда ұзақ уақытты емес жұмыс жасау кезінде төсем бетінде микробедерлік түзіледі, қатты қоспалар бөлінеді, төсем және білік арасында кеңестік түзіледі онда майлау (Шарпи қағидасы) ұсталады.

Қалайылы және қорғасынды қортпалардың құрылымы осыған ұқсасты болады. Бірақта осындай қортпалар өзінің төмен беріктігіне қатысты үлкен қысымға шыдамайды, ал балқудың төмен температурасына қатысты артық қызу салыстырмалы шамалы болады.

Сондықтан шойынды, қолалы төсемдер баббитті қортпалардан жасалады.

Шойынды төсемдер сұр перлитті шойыннан (АЧЦ-1, АЧЦ02) жасалады. Бұл төсемдерге арналған ең арзан материал; ол шамалы меншікті қысымды ұстайды, бірақта өте үлкен үйкеліс коэффициентіне қатысты шойынды төсемдерді жылдам жүрісті берілістерде қолдануға болмайды.

Қолалы төсемдер қалайылы және қорғасынды қолалардан жасалады. Қоланың құрылымының біртекті болмауына қатысты (қалайылы қолада α -қатты ертінді жұмсау негізді, ал эвтектоид $\alpha+\beta$ -қатты қоспалы) майлау төсем бетінде жақсы ұсталады. Сонымен қоланың жоғары беріктігіне қатысты, бұл материал ауыр жұмыс жасау (меншікті қысым үлкен, айналу тазалығы жоғары) жағдайында жауапты подшипниктерді жасау үшін қолданылады.

Қте жұмсақ жеңіл балқитын подшипникті қортпаларды пайдалану кезінде білік мойнының тозуы азайады. Баббиттердің (осы қортпаны тапқан ағылшын инженері Баббиттің атымен аталады) болатпен үйкеліс коэффициенті аз және майлауды жақсы ұстайды.

Қарсы фрикциялықтылық – бұл материалдың сырғанаумен аз үйкеліс коэффициентін және үйкелістегі шығының аз болуын қамтамасыз етуі. Қарсы фрикциялықтылықты қортпалар:

- қаттылығы жеткілікті, бірақта сол кезде біліктің қатты тозуына әсер етпейді;
- жергілікті кернеулер (созылмалы) әсерімен салыстырмалы деформациялануы жеңіл болады;
- бетте майлау материалдары ұсталады;
- подшипник және білік арасындағы үйкеліс коэффициенті аз болады.

Осы қортпалардың балку температурасы жоғары емес, сонымен бірге ол тоттануға қатысты төзімді және жылуөткізгіштігі жақсы болады.

Осы талаптарды қамтамасыз ету үшін қарсы фракциялы қортпалардың құрылымы гетерогенді, жұмсақ және созылмалы негізді және өте қатты бөлшекті қоспалардан құралады [2, 10].

4.7.2. Қалайылы және қорғасынды баббиттер

Қалайылы және қорғасынды баббиттер былайша: Б83, Б88, БН (никельмен), Б16 (16%Sn), БС6 таңбалаынады. Қалайылы баббиттер кемелі дизельдержің трубиналы подшипниктерінде, турбосораптарда, турбокомпрессорлар, электрлі және т.б. ауыр жүктелемелі машиналарда қолданылады. Б83, Б88 – көп компонентті қортпалар, олардың негізі ретінде Sn-Sb (83%Sn-Sb) жүйесі қолданылады. 4.1 суретте осы баббиттердің микроқұрылымының суреті келтірілген.

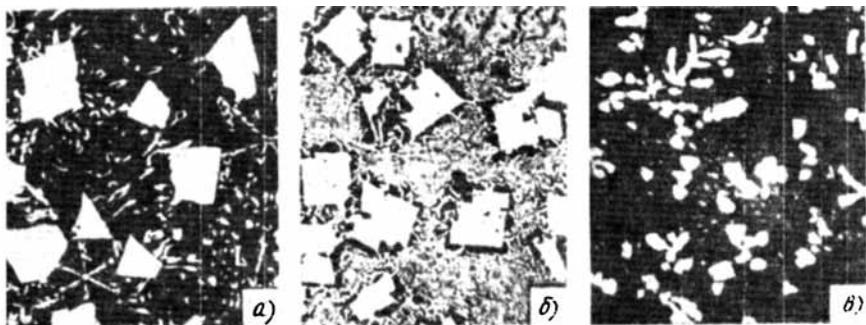
Қортпаның жұмсақ негізі – α -қалайыдағы сурьманың қатты ертіндісі саналады, ал қатты кристаллдар β -фаза, ол SnSb химиялық қосылыс негізіндегі қатты ертінді түрінде болады.

Sn және Sb тығыздығы бойынша ерекшеленеді, сондықтан осы металдардың қортпалары шамалы ликвациялануға қатысты бейімді. Осы ақаулықтың алдын алу үшін баббитке мыс қосылады. Ол қалайымен Cu_3Sn химиялық қосылысты түзейді, кристаллдар баббитте қатты қоспаларды түзейді, қосымша төсемдердің тозу төзімділігін жоғарлатады.

Қорғасынды баббиттер аз жүктелген подшипниктерде қолданылады. Б16, БН, БС6 қорғасынды – қалайылы баббиттер құрылымы α -қатты ертінділі – Sn, Sb және Cu қорғасынды (жұмсақ құрамдас) және қатты бөлшекті β -фазаыалы (SnSb), Cu_3Sn және Cu_2Sb болады. Эвтектика 13%Sb және 87%Pb құралады, сондықтан заэвтектикалықтан кейінгі қортпалар (16÷18%Sb) жақсы болады. Жұмсақ негізді эвтектика ($\alpha+\beta$), ал қатты қоспалы –сурьма кристаллдары саналады.

Ni, Cd, As баббиттердің қарсы фракциялығын және механикалық қасиетін жоғарлатады. Ni α -ертіндіні беріктендіреді. Cd және As (БН қортпалар) AsCd қосылысын түзейді, ол SnSb (β -фазалары) қосылысының түзілуіне негіз болады.

Sb қоспалы Pb қортпалар және шамалы қоспалы мыстар (БС) кеңінен қолданылады, оның құрылымы эвтетикалы (Pb- дағы Sb түріндегі қатты ертінді) + β (Sb дағы Pb түріндегі қатты ертінді), бастапқы β кристаллдар және қатты құрамдас рқлін атқаратын Cu_2Sb қосылысынан құралады.



4.1 сурет. Баббиттер құрылымы: а – Б83; б – Б16; в – БКА

Теміржлды көлікте кальцийлі баббиттер (вагондар подшипниктері, тепловозды қозғалтқышты иінді біліктер подшипниктері және т.б.) кеңінен қолданылады. БК қортпалар (4.1, сурет) Pb-Ca-Na жүйесіне жатады. Жұмсақ құрамдас баббиттер α -фазалы (Pb-дағы Na и Ca қатты ертінді), ал қатты құрамдас – Pb_3Ca кристалдар. Натрий α -ертіндінің қаттылығын жоғарлатады.

Беріктігі ($\sigma_b = 60 \div 120$ МПа) үлкен емес баббиттер, тек ғана берікті болатты (шойынды) не қоғалы корпусты подшипниктерде ғана қолданылады. Автомобильді қозғалтқыштардың жұқақабырғалы подшипникті төсемдері үздіксіз құю желісінде алынған биметалды таспалардан штампталады. Үлкен диаметрлі подшипник жеке станционарлы не центробежді тәсілмен, сонымен бірге ұысыммен құю тәсілімен құйылады.

Қарсы фракциялықты қасиеттің жоғарлауы және қажалумен бөліну кедергілігінің жоғары болуын жаңа триметалды подшипниктермен қамтамасыз етіледі, олар болатты негізді, аралықты кеуекті мысты-никельді не металды керамикалық қабатты және қорғасынды қортпалы, бетті қабатының қалыңдығы 0,1 мм артық емес жұмысшы бетті түзейді және аралықты қабатты кеуектілікті толтырады. Триметалдар автомобильді машинажасау (ЗИЛ, ГАЗ) саласында кеңінен қолданылады [2].

4.7.3. Мырышты қарсы фракциялы қортпалар

ЦАМ10-5, ЦАМ9,5-1,5 мырышты қарсы фракциялы қортпалар маркаларының құрамында Al және Cu басқа $0,03 \div 0,06\%$ Mg болады.

Құйылған түрдегі қортпалар монометалды төсемдер, төлкелер және т.б. үшін қолданылады. ЦАМ10-5 қортпа болатты корпусты биметалды бұйымдарды құю үшін қолданылады.

Деформацияланған түрдегі ЦАМ9,5-1,5 қортпа таптау және төсемдерді келесі штамптау әдісімен болатты және алюминийлі қортпалы биметалды жолақты алу үшін қолданылады.

Бұл қоспалар 1200С температура кезінде жеткілікті беріктік ($\sigma_b = 250\div 400$ МПа) және жоғары қарсы фракциялық қасиет әсеріне қатысты 100°C артық емес температура кезінде қолданылатын үйкеліс тораптарына арналған қола орнына қолданылады. Өте жоғары температура кезінде қортпалар жұмсарады және білікке жабысады [22].

4.7.4. Алюминийлі қарсы фрикциялы (подшипникті) қортпалар

Алюминийлі қарсы фрикциялықты (подшипникті) қортпалар маркалары АО3-1, АО9-2, АО20-1, АН-2,5. Қортпалардың негізгі компоненттері Sn, Cu, Ni, Si, алюминиймен гетерогенді құрылым түзейді.

Қортпада қаншалықты Sn көп болса, соншалықты оның қарсы фракциялық қасиеті жоғары, бірақта құйылған қортпалардағы Sn құрамы 10÷12% артық болмау керек, өйткені жоғары температура кезінде қажалу кедергілігі және тозу төзімділігін қалайылы құрамдас тұрпатты тордың түзілуін төмендетеді. Деформацияланған қортпаларда қалайылы құрамдас жеке ішкі түйіршікті қоспа түрінде орналасады, бұл Sn құрамын жоғарлатуға және қортпаның қарсы фракциялық қасиетін шамалы жақсартады.

АО3-1 және АО9-2 қортпалар қалыңдығы 10 мм артық емес монометалды төсем және төлкелерді құю үшін қолданылады.

АО20-1 және АН-2,5 қортпалар таптау әдісімен төсемді келесі штамптаумен болатты биметалды таспаны алу үшін қолданылады. АН-2,5 қортпалы подшипниктерді құюмен де жасауға болады. Ауыр жүктемелі жылдамдықты подшипниктер жұмыс жасаған кезде осы қортпалардың жұмысшы бетіне Sn не қалыңдығы 0,02÷0,03 мм басқа жұмсақ металл қабаты жағылады.

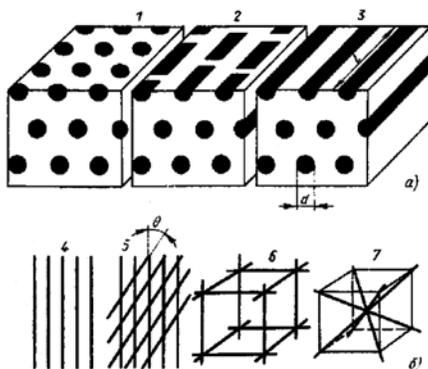
Mg, Si, Ti, Mn, Sn құрамды АММгК-1 қортпалар әзірленген. Осы қортпаларды подшипниктер үшін алюминийлі қортпалар орнына қолдану 0,007÷0,01 үйкеліс коэффициентін, тозу төзімділігін 1,5÷2,0 есе, кетікке қарсы төзімділікті 2 есе жоғарлатады [1, 2, 10].

5 БӨЛІМ. КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЖӘНЕ МЕТАЛДЫ ЕМЕС КОНСТРУКЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР

5.1. Металды матрицалы композициялық материалдар

5.1.1. Жалпы мәліметтер

Композициялық материалдар негізгі металда ерімейтін (дисперсиялық-беріктенген материалдар) жоғары берікті талқыштармен (талшықты материалдар) не жұқа дисперсті балқуы қиын бөлшектермен беріктенген металды матрицадан (полимерлі, керамикалық және т.б. Al, Mg, Ni және олардың қортпалары) құралады. Металды матрица талқыштарды (дисперсті-беріктенген материалдар) дисперсті бөлшектер біртұтас біріктіреді. Талшық (дисперсті бөлшектер) және байлам (марица), қандай да бір композицияны құрайды, сондықтан **композициялық материалдар** деп аталады (5.1-сурет).



5.1-сурет. Композициялық материалдардың құрылымы (а) және үздіксіз талқыштармен (б) армилену сұлбасы: 1 – түйірішті (дисперсиялы- берікті) материал; 2 – дискретті талшықты композициялық материал; 3 – үздіксіз талшықты композициялық материалдар; 4 – талшықтың үздіксіз төселуі; 5 – талшықтың екіөлшемді төселуі; 6, 7 – талшықтың көлемді төселуі

Композициялық материалдар дәстүрлі конструкциялық материалдардан бірқатар кешенді қасиеттерімен ерекшеленеді, бұл оны жаңа конструкцияларды әзірлеу және жетілдіру үшін кеңінен қолдануға мүмкіндік береді.

Композициялық материалдар үшін келесі белгілер жиынтығы тән:

- материалдардың құрамы, пішіні және компоненттердің таралуы алдын ала белгілі болады;
- материалдар шекарасында бөлінген әртүрлі химиялық құрамды екі және одан артық компоненттерден құралады;
- материалдар қасиеті оның әрбір компонентіне қатысты анықталады, олардың құрамы материалда жеткілікті болады;
- материалға компонентер қасиеттеріне қатысты жақсы, жеке алынған қасиеттер тән болады;
- материал макроқөлемде біртекті және микроқөлемде біртекті емес болады.
- материал табиғатта кездеспейді, ол адам жасаған өнім саналады.

Композициялық материалдардың компоненті геометриялық белгілері бойынша әртүрлі болады. Компонент барлық көлемі бойынша үздіксіз, матрица (металдар және оның қоспалары, органикалық және органикалық емес полимерлер, керамикалық, көміртекті және т.б.) саналады. Матрица қасиеті композицияның жасалуының технологиялық процестерінің параметрлері және оның пайдалану сипаттамасымен анықталады: тығыздық, меншікті беріктік, жұмысшы температура, қажалумен бұліну кедергілігі және зиянды ортаның әсері. Компонент үздікті, композициялық материалдар көлемінде, армирлеуші және беріктендіруші болып бөлінген. Армирлеуші (беріктендіруші) компоненттер матрицада бірқалыпты таралған. Олардың беріктігі, қаттылығы, модульді серпімділігі жоғары және осы көрсеткіштер бойынша шамалы матрицадан артық болады.

Толтырғыш геометриясы бойынша композициялық материалдар үш топқа бөлінеді:

- нөлдік-өлшемді толтырғыштармен, олардың өлшемдері үш өлшеуде бірдей тәртіпті болады;
- бірөлшемді толтырғышты, оның бір өлшемі екі басқа өлшемнен артық болады;
- екіөлшемді толтырғышты, оның өлшемі үшіншіден біршама ратық болады.

Толтырғыштардың орналасу сұлбасы бойынша композициялық материалдар үш топқа бөлінеді:

- бірөсті (сызықты) толтырғыштар, матрицада бір біріне параллелді талшық, жіп, жіп тәрізді кристалдар түрінде орналасқан;
- екіөсті (жазықты) матрицада параллелді жазықтықта армирлеуші толтырғыш талшық, жіп тәрізді кристалдар маты, фольга түрінде орналасқан;

- үшөсті (көлемді) армирлеуші толтырғыштың орналасуымен және оның орналасуында артық бағыт болмайды [1, 2, 10].

5.1.2. Талшықты композициялық материалдар

Талшықты толтырғышты материалдар (беріктендіргішті) армирлеуші әсерлі механизм бойынша **дискретті**, онда диаметрге қатысты талшық ұзындығының қатынасы $l/d \sim 10^3$, және **үздіксіз талқышты** онда $l/d = \infty$ болып бөлінеді. Матрицада дискретті талшық ретсіз орналасады. Талшық диаметріне қатысты ұзындық қаншалықты үлкен болса, соншалықты беріктену дәрежесі жоғары болады.

Композициялық материалдардың бір бөлігі қабатты құрылымды болады, онда әрбір қабатпараллелді үздіксіз талшықтардың үлкен санымен (әрбір қабатты басқа үздіксіз талшықпен армирлеуге болады) армирленген.

Композициялық материалдар әдеттегі қортпалардан уақытша кедергілікті және төзімділік шегі (50÷100%), қаттылық коэффициентінің жоғарғы мәнімен және жарықшаның түзілуіне қатысты төмен бейімділікпен ерекшеленеді.

Композициялық (талшықты) материалдардың беріктігі талшықтар қасиетімен анықталады; матрица негізінен армирленуші элементтер арасында негізінен кернеуді қайта тарауы керек. Сондықтан талшық беріктігі және модуль серпімділігі, матрицаның беріетігі және модуль серпімділігінен біршама үлкен болу керек.

Металды негізді композициялық материалдардың беріктігі және ыстықты беріктігі жоғары, бірақта өте аз созылмалы болады. Бірақта талшық матрицада түзілетін жарықшаның таралу жылдамдығын азайтады, және іс жүзінде толығымен кездейсоқ сынғышты бүлінудің болмауына кедергі жасайды. Бірөсті талшықты композициялық материалдардың ерекшеліктері талшық бойындағы және көлденең механикалық қасиеттерінің анизотропиялықтылығы және шоғырланған кернеуге қатысты аз сезімталды болады.

Матрица және талшықжасалу және пайдалану кезінде өзара әрекеттеспеуі (өзара диффузиялану болмау керек) керек, өйткені олардың өзара әрекетесуі композициялық материалдардың беріктігінің төмендеуіне әкеп соғады.

Алманийлі, магнийлі және титанды қортпалардың балқуы қиын бор, кремний карбиді, титан дибориді және алюминий тотығымен үздіксіз армирленуі біршама ыстық төзімділікті жоғарлатады

(5.1-кесте). Композициялық материалдардың ерекшелігі, температураның жоғарлаған уақытта беріксіздендіру жылдамдығы аз болады.

Бір не екіөлшемді армирлендіретін композициялық материалдардың негізгі кемшілігіне көлденең үзілу және қабат аралық ығысуындағы кедергіліктің төмен болуы жатады. Бұл кемшілік көлемді армирлендірілген материалдарда кезеспейді [1, 10].

5.1-кесте

Композициялық материалдарды беріктендіретін материалдар

Нені беріктендіреді	Қалай беріктендіреді
алюминий, магний және оның қортпалары	борлы және көміртекті талшықтармен, сонымен бірге балкуы қиын, беріктігі және серпімділік модулі жоғары қосылысты талшықтармен (карбидтер, нитридтер, боридтер және тотықтар). Жиі жоғары берікті болатты сымдар талшықтары ретінде қолданылады
титан және оның қортпалары	молибденді сымды, и сапфирлі талшықты, кремний карбиді және титан боридімен
никельді қортпалардың ыстық төзімділігін жоғарлатуға арналған	вольфрамды не молибденді сыммен армирлеу қолданылады

5.1.3. Дисперсті – беріктенген композициялық материалдар

Талшықты композициялық материалдардан дисперсті-беріктенген композициялық материалдардың ерекшелігі мынадай, композициялық материалдағы негізгі элемент жүктеме түсетін матрица саналады, ал дисперсті бөлшектер ондағы шоғырлану қозғалысын тежейді. Жоғары беріктік $10 \div 500$ нм бөлшек өлшемі кезінде олардың арасындағы орташа арақшықтық $100 \div 500$ нм және матрицадағы олардың бірқалыпты таралуында орындалады.

Ерімейтін матрицалы материалда беріктендіру фазасы ретінде тұрақты қиын балқитын қосылысты (торий тотығы, гафний, иттрий, күрделі тотықтар қосылысы және өте сирек кездесетін металдар) пайдалану материалдың $0,9 \div 0,95 T_{пл}$ дейінгі жоғары беріктігін сақтауға мүмкіндік береді. Осыған байланысты бұл материалдар ыстыққа төзімді материалдар ретінде қолданылады.

Алюминийлі негізді қортпалар – ЖАҰ (жентектелген алюминий ұнтағы) алюминий және дисперсті Al_2O_3 қабыршағынан құралады. Al_2O_3 бөлшектері шоғырлану қозғалысын тиімді тежейді және соның нәтижесінде қортпа беріктігі жоғарлайды. Беріктік ұзақтығы бойынша олар деформацияланатын алюминий қортпаларынан артық болады.

Никельді дисперсті-берікті материалдардың (ВДУ-1: никель, торий екітотығымен беріктенген; ВДУ-2: никель, гафний екітотығымен беріктенген) болашағы зор. Бұл қортпалардың ыстыққа беріктігі жоғары. Дисперсті-беріктенген композициялық материалдар, талшықты, температураның жоғарлауымен бүлінуге қатысты тұрақты және осы температура кезінде шыдамдылығы ұзақ болады.

Композициялық материалдарды қолдану аумағы шектемлеген. Олар ұшақтардың жоғары жүктемелі бөлшектері (қаптау, лонжерондар, нервюр, аспаптар беті және т.б.) үшін авиация саласында, қозғалтқыштарда (компрессор және турбина қалақшалары және т.б.), қатты қызатын күшті аппараттар конструкциясының тораптары үшін ғарыштық техникада (), қатты элементтер, аспаптар беттері үшін автомобильжасау саласында шанақты, рессорлар, рама, шанақтар беттері, бамперлер және т.б. жеңілдету үшін, тау-кен өндірісінде (бұрғылау инструменті, комбайн бөлшектері және т.б. азаматтық құрылыста және халықшаруашлығының көптеген салаларында қолданылады [1, 10].

5.2. Металды емес материалдар

5.2.1. Металды емес материалдар жайлы жалпы мәліметтер

Металды емес материалдарға органикалық және органикалық емес полимерлі материалдар: әртүрлі түрлі пластикалық массалар, металды емес негізді композициялық материалдар, акучук және резиналар, желімдер, герметика, лакты-бояу жабындары, сонымен бірге графит, шыны, керамика жатады. Олардың беріктік, қаттылық және аз тығыздық кезіндегі майысқақтығы, жарықты мөлдірлігі, химиялық тұрақтылығы, диэлектрлі қасиеті, бұл материалдарды жиі басқа материалдармен ауыстыруды қажет етпейді. Сонымен қатар атап өту қажет, олар технологиялық және қолдануда тиімді. Бұл материалдар әртүрлі машинажасау саласында кеңінен қолданылады.

Металды емес материалдар тегі бойынша табиғи, жасанды және синтетикалық болып бөлінеді. **Табиғи** органикалық материалдарға,

табиғи каучук, ағаш, шайыр (янтарь, канифоль) мата, жүн, зығыр және т.б. жатады. Органикалық емес табиғи материалдарға графит, асбест, слюда және кейбір тау кен жыныстары жатады. **Жасанды** органикалық материалдар табиғи полимерлі өнімдерден (вискозды талшықтар, целлофан, күрделі және қарапайым эфирлер, целлюлоза) алынады. **Синтетикалық** материалдар қарапайым төмен молекулалы қосылыстардан алынады. Жасанды және синтетикалық материалдардан дайын өнім және соңғы бұйымның берілген қасиеттерін алу мақсатында бастапқы заттардың қасиеттерін жобалауға және үйлестіруге болады. Нәтижесінде синтетикалық және металды емес материалдар табиғи материалдар орнына кеңінен қолданылады.

Соңғы уақытта конструкциялық материалдар ретінде металды емес материалдар, негізінен, синтетикалық полимерлі материалдар қолданылады. Полимерлердің негізгі ерекшелігі мынандай, олардың металдарға тән емес бірқатар қасиеттері бар және металды конструкциялық материалдарға қатысты жақсы қосымша материал ретінде қолданылады не олардың орнына толығымен қолданылады [1, 10].

5.2.2. Полимерлер жіктелімі

Полимерлер – макромолекулалы заттар, бірдей атомдар тобын құрайтын, қайталанатын көпсанды элементарлы тізбектерден құралады. Полимерлер молекуласында үлкен атомдар санынан құралған негізгі тізбек анықталады. Негізгі тізбектің атомдары берік химиялық ковалентті байланыспен байланысқан, оның энергиясы 330÷360 кДж/моль құрайды. Шеткі тізбектердің ұзындығы біршама аз болады.

Полимерлер құрамы бойынша бөлінеді:

- **органикалық** – осындай тізбектердің негізгі молекулалық тізбегі тек ғана, химиялық төзімділігі, беріктігі және майысқақтығы жоғары көміртекті атомдардан (шайыр, каучук) құралған;
- **органикалық емес** – бұл қосылыстар құрамында көміртекті қаңқа болмайды. Мұндай материалдардың негізін кремний тотығы, алюминий, магний, кальций және т.б. (силикатты шыны, керамика, слюда, асбест, графит) материалдар құрайды. Бұл материалдар тығыздығы өте жоғары, ұзақ жылу төзімділігі жоғары болумен ерекшеленеді. Бірақта шыны және керамика сынғышты, динамикалық жүктемелерді көтермейді.

Полимерлер микромолекулаларының пішіні бойынша бөлінеді:

– **сызықты** – спиральды тізбекті бұралған және ирек тәрізді ұзын. Сызықты микромолекулалар ұзындығы оның көлденең қимасынан бірнеше мың есе үлкен. Сондықтан осындай макромолекулаларға иілгіштік тән, ол бірнеше тізбектен ($10 \div 20$) құралатын қатты участкелер-сигменттермен шектеледі. Мұндай макромолекулалардың негізгі тізбек бойындағы беріктігі жоғары, өзара әлсіз байланысқан және материалдың жоғары созылмалығын қамтамасыз етеді. Қыздырумен жұмсартылады, салқындаудан кейін – полимер қатып (полиамид, поли-этилен) қалады;

– **тармақталған** – шеті тармақталған, бұл макромолекулалардың бір-біріне жақындауын қиындатады және молекулалар арасындағы өзара әрекеттесуді төмендетеді, бұл дегеніміз, оның тығыз орналуына кедегі жасайды дегенді білдіреді. Осындай пішінді макромолекулалы полимерлердің беріктігі аз, балқуы және қопсуы жоғары болады. Молекула аралықты өзара әрекеттесудің табиғаты физикалық тұрғыдан орындалады. Мұндай байланыстың энергиясы $5 \div 40$ кДж/моль жетеді;

– **сатылы** – макромолекулалар тігілген пішінді, олар өте берік, ерімейді және балқымайтын полимерлерден құралады, осы полимерлер қыздыру кезінде жұмсарады және ертіндіде ісінуге бейімді болады. Сатылы полимерлердің жылу төзімділігі, қаттылығы жоғары, стандартты органикалық ертінділерде ерімейді;

– **кеңестікті (торлы)** – макромолекулалары үшөлшемді тігілген полимерлер көлденең бағытта берікті химиялық байланысты, соның нәтижесінде әртүрлі қоюлықты торлы құрылым түзіледі. Сирек торлы (торлы) полимерлер еру және балқу қасиеттерін жоғалтады, олар серпімді (жұмсақ резиналар) болады. Қою торлы полимерлер (кеңестікті) қатты, жоғары жылу өткізгіштігімен, ерімейтін қасиеттерімен ерекшеленеді. Кеңестікті полимерлер негізінде, сыртқы әрекетке төзімділігі жоғары, жұмсармайтын және ісінбейтін металды емес конструкциялық материалдар жасалады;

Полимерлердің макромолекулалары иілгішті, бұл дегеніміз, бір-біріне салыстырмалы олардың жеке учаткелері жылжуға бейімді болады. Полимерлердің иілгіштігі мынандай қасиеттерге тән: он жүзді пайызға жететін қайтарымды жоғары майысқақтықты деформациялануға, сырғымалылыққа тән болады. Майысқақтылық резиналар және каучуктерде нақты байқалады;

Полимерлер полярлығы бойынша бөлінеді:

- **полярылы** – мұндай полимерлерде полярылы байланыс топтары (Cl, -F, -OH), не оның құрылымындағы симметриялы еместік болады. Полярылықтылық полимерлерге қаттылықты, жылу төзімділікті қасиетті береді, бірақта оның аяз төзімділігі төмен болады;
- **полярылы емес** – қызметі топтар симметриялы орналасқан және атомдардың өрістендірілмеген байланыс сәттері өзара толықтырылады. Полярылы емес полимерлер (көмірсутегі негізіндегі) жоғары сапалы, жоғары тазалықты диэлектрлі, олардың аяз төзімділігі өте жақсы болады.

Полимерлердің полярылығын диэлектрлі өткізгіштік (ϵ) шамасы бойынша анықтауға болады. Полярылы емес полимерлер фторопласт және полиэтилен, $\epsilon = 2,1$ тең, полярылы полимерлерде – органикалық шыны, капронда – $\epsilon \geq 3,5$ тең.

Фаза күйі бойынша полимерлер бөлінеді:

- **сынғышты** – макромолекулалар тізбегінің байламы түрінде болады. Байлам көп санды молекулалар қатарынан құралады, олар бірінен кейін бірі орналасқан. Байлам көрші элементтер құрылымына салыстырмалы қозғалуға бейімді. Сонымен бірге сынғышты полимерлер глобулдарға оралған молекулалардан да түзілуі мүмкін. Амфорлы полимердің глобулярлы құрылымы, глобул шекаралары бойынша сынғышты бүлінуге байланысты оның механикалық сипаттамасы жоғары болмайды. Температура әсер еткен кезде глобулалар сызықты түзілімге тізілуі мүмін, бұл полимердің механикалық қасиетін жоғарлатуға әсер етеді;

- **кристалды** – осы полимерлердің макромолекулаларының құрылымы ретті және жеткілікті иілгішті болады. Иілгішті байлам бірнеше рет 180о бұрылу кезінде таспаға жиналады, ол пластина түзілумен бір-біріне жалпақ жағымен жалғанады. Осындай бірнеше пластиналардың төселуі кристалдардың түзілуіне әсер етеді. Кристалдар полимердегі үлкен қаттылықты, сонымен бірге жылу төзімділіктің түзілуіне әсер етеді. Өсетін кристалға қатысты полимердің кристаллизациялануы кезінде бірден жеке атомдар не молекулалар қосылмайды, бүтін макромолекулалар тізбегі қосылады. Полимердің кристаллизациялану жылдамдығы металдың кристаллизациялану жылдамдығынан төмен болады. Полимерлер кристаллизацияланған кезде реттелген өте күрделі (байламдар, пластиналар, талшықтар) молекулалар түзіледі. Полимердің кристалды участкесі реттелмеген – сынғышты полимер участкесімен кезектесіп орналасады.

Қызуға қатысты полимерлер бөлінеді:

– **термопластикалықты** – қыздыру кезінде жұмсарады, балқиды, салқындату кезінде қатады. Осы полимерлерде қыздыру және салқындату кезінде ешқандай химиялық қайтарымды өзгерістер орындалмайды. Осындай полимерлердің макромолекулаларының құрылымы сызықты не тармақталған болады;

– **термореактивті** – түзілудің бірінші кезеңінде сызықты құрылымды болады және қыздыру кезінде жұмсарады, химиялық реакция барысында қатады (кеңестікті құрылым түзіледі) және әрі қарай қатты күйде қалады. Термореактивті полимерлер қыздыру кезінде қайтарылымайтын химиялық өзгеріске ұшырайды, соның нәтижесінде олар қатады, әртүрлі ортада еру және пішінін өзгерту қабілетін жояды. Полимердің қатқан күйі **термотұрақтылық** деп аталады.

Полимерлер үш физикалық күйде болады: шыны тәрізді, зоғары майысқақты, және тұтқырлықты аққышты. **Шыны тәрізді** күй – қатты, сынғышты, молекулалық тізбек құрамына кіретін атомдар тепеңдік жағдайы қасында тербелісті қозғалады. Тізбектер қозғалысы және макромолекулалардың жылжуы орындалмайды.

Жоғары майысқақтық жоғары полимерерге ғана тән қасиет, материалдың үлкен жүктеме кезінде (тізбектер тербеледі және макромолекулада иілу қабілеті түзіледі) үлкен қайтарымды пішін өзгерту қабілеттілігімен сипатталады. **Тұтқырлықты аққышты** күй сұйық күйге ұқсайды, бірақта одан үлкен тұтқырлықтылықпен (барлық макромолекулалар қозғалмалы) ерекшеленеді. Температураның өзгеруіне байланысты сызықты не тармақталған полимерлер бір физикалық күйден басқа физикалық күйге ауысуы мүмкін [1, 10].

5.2.3. Полимерлер қасиеттері

Полимерлер құрылысының ерекшелігі олардың физика-механикалық және химиялық қасиеттеріне үлкен әсер етеді. Үлкен молекулалық салмаққа қатысты олар газ тәрізді күйге өте алмайды. Қыздыру кезінде төмен тұтқырлы сұйық түзіледі, ерімейді, термотұрақты. Молекулалық салмақтың жоғарлауымен еру азайады. Полимерлердің механикалық қасиеті (созылмалылық, беріктік) оның құрылымына, физикалық күйіне, температура және т.б. тәуелді болады.

Бағдарламалы беріктендіру. Кристалды және шыны тәрізді күйдегі полимерлер бағдарламалы болады. Процесс жоғары майыс-

қакты және тұтқырлықты аққышты күйдегі полимерлердің баяу созылу кезінде орындалады. Макромолекулалар күшті өріске бағдарланады, бағдарсызбен салыстырғанда реттелген құрылымды болады. Бағдарлау процесінде молекула аралықты өзара әрекеттесу жоғарлайды, бұл бағдарлау бағытында 2÷5 есе үзілу кезінде беріктіктің жоғарлауына, перпендикулярлы бағытта беріктік азайады және бастапқы материал беріктігінің 30÷50% құрайды. Бірөсті бағдарлау бағытында серпімділік модулі шамамен 2 есе жоғарлайды. Жоғары беріктік жеткілікті серпімділікпен үйлеседі, бұл тек ғана жоғары полимерлерге ғана тән болады.

Бағдарлы сынғышты және кристалды полимерлердің кейбір қасиеттері бірдей, бірақта ол фазалық күймен ерекшеленеді, сондықтан уақыт аралығында кристалды полимерлердің құрылымы жақсарады, сынғышты бағдарлы полимерлер әрі қарай жиі бағдарсызданады (әсіресе қыздыру кезінде).

Релаксациялық қасиеттері. Полимерлердің механикалық қасиеттері берілген жүктеменің жылдамдығы және әсер ету уақытына қатысты болады. Бұл макромолекуланың ерекше құрылымына байланысты орындалады. берілген кернеудің әсерімен тізбектердің түзілуі және бұралуы (олардың конформациясы өзгереді) орындалады. өйткені макромолекула, байлам және басқа молекула астындағы құрылымдар қозғалады. Осының барлығы белгілі уақытты және тепе-теңдікті (**релаксация**) орнатуды қажет етеді, бірден (10^{-4} секундтан бірнеше тәулікке дейін және айлар) орындалмайды. Іс жүзінде статистикалық жағдайда тұрақты жүктелу кезінде салыстырмалы ұзару және жылжымалық өзгермеген кезде кернеу релаксациясының мәні маңызды болады. Барлық полимерлерге жүктелу жылдамдығының жоғарлауымен беріктік шегінің жоғарлауы тән болады. Сол кезде серпімді емес деформациялану әсері азайады не жоғарлайды. Металдар сияқты полимерлі материалдардың статистикалық және динамикалық кедергілікті; кернеу не температура қаншалықты жоғары болса, соншалықты ұзақмерзімділік аз болады. Температуралы-уақтыша беріктік тәуелділік полимерлі материалдарда, металдарға қарғанда қатты байқалады, олардың қасиеттерін анықтау кезінде оның мәні маңызды болады.

Полимерлердің ескіруі – пайдалану және сақтау кезінде материалда дамушы күрделі химиялық және физикалық процестер нәтижесінде орындалатын өздігінен қайтарымсыз маңызды техникалық сипаттамаларды. Ескіру көпесе деформациялану кезінде жылдам

орындалады; ескіруге ылғал аз әсер етеді. Ескіру себептеріне жарық, жылу, оттегі, озон және т.б. механикалық емес факторлар жатады, сондықтан ескіру жарықты, жылулық, озонды, және атмосфералы болады.

Атмосфералық ескіру әртүрлі климатты жағдайда бірнеше жылдар жағдайында орындалады. жылулық ескіру полимердің балку (ыдырау) температурасынан төмен 50°C температура кезінде орындалады.

Сынау ұзақтығы бастапқыға қатысты 50% негізгі көрсеткішті азайтуға арналған қажетті уақытпен анықталады.

Ескіру мәні полимерді құрылымдайтын және құрылымсыздандырумен, бос радикалдардың (ниондар сирек) түзілуімен орындалатын күрделі тізбекті реакция ретінде қарастырылады. Егер құрылымсыздандырылған жағдайда полимер жұмсарады, ұшпалы зат (мысалы табиғи каучук) бөлінеді, ал құрылымдау кезінде қаттылық, сынғыштық жоғарлайды, майысқақтылықтың төмендеуі байқалады. Жоғары температура кезінде (200÷500°C және артық) органикалық полимерлер термиялық ыдырайды; үлгінің барлық көлемінде булануға қабілетті молекулалар түзіледі.

Полярлы орынбасарлы (фторполимерлер) полимерлердің жылулық полимеризациялануы жоғары, полимерлер термиялық құрылымсыздануға қатысты тұрақты болады. Кремний органикалық қосылыстар озонға қатысты төзімді. Тропикалық атмосферада тұрақты полимерлер, полиамидті талшықтар, табиғи және синтетикалық каучук, вискоза, мақталы-қағазды талшықтар тұрақсыз болады.

Полимерлі материалдардың ескіруін тежеу үшін тұрақтандырығыштар, антиоксиданттар (аминдер, фенолдар және т.б.) қосылады. Тұрақтандырылған материалдарды ұзақ уақыт пайдалану шамалы ұзарады. Күйемен тұрақтандырылған полиэтиленнің сынғыштығының басталу мерзімі 5 жылдан артық, поливинилхлоридті құбырлар 10÷25 жыл жұмыс жасайды.

Радиациялық төзімділік. Полимерлерде иондалатын сәулелену әсерінен ионизациялану және қозуы, ол химиялық байланыстың үзілуімен және бос радикалдардың түзілуімен орындалады. полимерлердің радиациялық төзімділігі сәулелерді сіңіру мөлшерімен анықталады. Шеткі топты (полистирол) бензолды сақиналы полимерлер радиацияға қатысты ең тұрақты полимерлер саналады, сонымен СБН6-тобының құрылымы энергетикалық деңгейінің саны үлкен, соның әсерінен энергияны сіңіру барлық молекула бойынша жылдам шашырайды, химиялық реакция болмайды. Радиациялық төзімділікті

жоғарлату үшін полимерге антирадтар (хош иісті аминдер, энергияны энергияның шашырау тиімділігін беретін фенолдар) қосылады.

Полимерлердің вакуумды төзімділігі. Вакуум полимерлі материалдарға әртүрлі әсер етеді. Олардың қасиетінің төмендеуі материалдан әртүрлі (пластификаторлар, тұрақтандырғыштар) қоспалардың бөлінуі және құрылымсыздандыратын процестердің орындалуына байланысты. Көмірсутекті каучуктер негізінде резиналар үшін жинақты қалдықты деформациялану және кернеудің релаксациялануы жылдамдатылады, бұл жұмыс жасау қабілеттілігін төмендетеді.

Вакуум төзімділікті анықтау газ өткізгіштік, газдың бөлінуі және конструкциялық вакуумдықтың сақталу уақыты бойынша анықталады. **Газөткізгіштік** – тығыздағыш (мембрандар, диафрагмалар, герметикалық төсемдер) арқылы бу не газ ағыстарын анықтайтын техникалық сипаттама.

Газөткізгіштікке полимер құрамы, құрылымы, температура, сонымен бірге газ табиғаты әсер етеді: әсіресе сутегі және оттегіне қарағанда азот үшін ол аз болады. Газөткізгіштік полярлы сызықты полимерлерде аз, иілгішті макромолекулалар (каучук) болған кезде ол жоғарлайды. Пластификаторлар енгізілген кезде газөткізгіштік жоғарлайды, ал минералды толықтырғыштар оны азайтады.

Абляция – бұл ыстық газды ағыстың әсері кезінде материалдың салмағының шығынымен орындалатын материалдың бүлінуі. Абляциялану процесінде механикалық күш. Жылу және зиянды ортаның ағысты жиынтығы әсер етеді. Абляциялық төзімділік материалдың механикалық, термиялық, термоқышқылды құрылымсыздануына қатысты материал төзімділігімен анықталады. Сызықты құрылымды полимерлі негізді материалдардың төзімділігі төмен болады. Абляциялану температурасы 900°C артық емес. Сатылы не торлы құрылымды термиялық төзімді негізді материалдардың абляциялануға қатысты төзімділігі жоғары болады. Оларда құрылымдау және көміртексіздендіру (карбонизациялау) процестері орындалады. абляциялану температурасы 3000°C жетуі мүмкін. абляциялық төзімділікті жоғарлату үшін армирлеуші толықтырғыштар қосылады. Сонымен шынылы талшықтар балқытылады, сол кезде көп мөлшерлі шығын жұмсалады. Металдардың жылу төзімділігіне қарағанда пластиктердің жылуөткізгіштігі бірнеше жүз есе аз болады, сондықтан қысқамерзімді жоғары температура әсер еткен кезде материалдың ішкі қабаты 200÷350°C дейін қызады және механикалық беріктілік сақталады.

Адгезия – түйісетін (ілінісу беріктігі) әртекті денелердің жабысуы. Адгезия молекула аралықты өзара әрекеттесуге шартталған. Адгезияға қатысты полимерлер қабілеттілігі, оларды қабыршақ түзеуші материалдар ретінде (желімдер, герметикалар, қаптамалар), сонымен бірге толықтырылған және армиленген полимерлі материалдарды алу кезінде пайдалануға негізделген. Адгезиялық қоысысты жасау үшін материалдардың бірі пластикалықты, аққышты (адгезді), ал екіншісі қатты (субстрат) болуы мүмкін. бетті адгезді субстратпен сулаудың мәні маңызды болады.

Адгезия мөлшері қосылыстың бүлінуінің меншікті күшімен анықталады, ол адгезиялық беріктік деп аталады. Адгезиялық беріктікті жоғарлату үшін, адгез полярлы иілгішті макромолекулярлы болу керек. Қосылыс беріктігіне температура, уақыт, қысым әсер етеді [1, 10].

5.3. Пластикалық массалар

5.3.1. Жалпы мәліметтер

Пластмассалар (пластиктер) полимерлер негізіндегі органикалық материалдар түрінде болады, қыздыру кезінде жұмсаруға қабілетті және қысым астында белгілі тұрақты пішінді қабылдайды. Пластмасса негізі жоғары молекулалық қосылыс. Қарапайым пластмассалар бір химиялық полимерлерден құралады. Күрделі пластмассалар құрамында полимерлерден басқа қоспалар – **полимерлі заттар** болады, олар **байланыстушы** ретінде қолданылады. пластмассаны құрайтын:

- 40÷70% мөлшеріндегі **толықтырғыштар** (ағаш ұны, маталар, қағаз, көмір шаңы, талшықты заттар және т.б.) механикалық қасиетті, қаттылықты жоғарлату, әртүрлі ортада беріктікті, қаттылықты, төзімділікті жоғарлату, дайын өнімді арзандату, фрикциялық, қарсы фрикциялық қасиеттерді қалыптастыру үшін қосылады;
- **пластификаторлар** 10÷20% мөлшерлі (эфирлер, стеарин, олеин қышқылы) өңдеуді жеңілдету, майысқақтылықты, созылмалықты қалыптасыру үшін енгізіледі;
- **тұрақтандырғыштар** ұзақмерзімділікті жоғарлату үшін;
- кеуектүзеушілер;
- **қатқылдандырғыштар** (кейібр металдардың тотығы, уротропин және т.б.) бірнеше пайыз мөлшерінде қатыру үшін енгізіледі,

бұл дегеніміз, молекула аралықты байланысты жасау және жалпы молекулалық торға қатырғыш солекуласын орналастыру; пластмассаның көптеген қасиеттеріне әсер етеді;

- **майлаушы заттар** бұйымды өндіру және пайдалану кезінде жабдықтарға пластмассаның жабысып қалуын болдырмау үшін қолданылады;
- **бояғыштар** (минералды пигменттер, органикалық қышқылдардың спиртті ертінділері) пластмасса белгілі бояу түсіне боялады және оның өзіндік құны арзандат

Пластмассаның мөлшерінің өзгеруімен оның әртүрлі қасиеттері өзгереді.

Пластмасса ерекшеліктеріне мыналар жатады:

- тығыздығы аз ($1 \div 2 \text{ т/м}^3$);
- жылуөткізгіштігі төмен ($0,1 \div 0,3 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$);
- болаттарға қарағанда $[(15 \div 100) \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}]$ шамалы жылу кеңеуі $10 \div 30$ есе үлкен;
- электроқшаулау қасиеті жақсы;
- химиялық төзімділігі жоғары;
- фрикциялық және қарсы фрикциялық қасиетті;
- технологиялық қасиеттері жақсы.

Күшті пластиктердің беріктігі болат беріктігіне сәйкес және жоғары.

Пластмассалардың кемшілігі жылу төзімділігі шамалы, модулі серпімділігі және металдар және қортпалармен салыстырғандағы соққы тұтқырлығы төмен, ал кейбір пластмассалар – ескіруге бейімді [1, 10].

5.3.2 Пластмассалар жіктемесі

Толықтырғыш түрлері бойынша пластмассалар бөлінеді:

- ұнтақты (карболитті);
- газ тәрізді толықтырғышты (пенопласт, поропласт);
- талшықты толықтырғышты (талшық-жіпті);
- шынылы толықтырғышты (шынылы талшық жіпті);
- асбесті толықтырғышты (асбесті талшығы жіпті);
- қабатты толықтырғышты (гетинакс, текстолит, ағашқабатты пла-стик).

Қайтарымды қыздыруға қатысты байланыстырушы полимердің реакциясы бойынша:

- **терморективті** – жылулық өңдеуден кейінгі терморективті полимерлер (шайыр) негізінде – қату – термотұрақты күйге өтеді. Терморекативті пластмассалар сынғыштығымен ерекшеленеді, шөуі үлкен 10÷15% және оның құрамында толықтырғыштар болады;
- **термопластикалықты** – қыздыру кезінде жұмсаратын термопластиктер негізіндегі полимерлер және салқындатудан кейін қатады. Осы таза полимерлер не пластификаторлы полимерлер композициялы, қарсы ескіргішті болады. Термопластар төмен 1÷3% шөгуімен ерекшеленеді. Оларға аз сынғыштық, үлкен серпімділік және бағдарлауға қатысты қабілеттілік тән болады.

Пластмассаны қолдану бойынша келесі топтарға бөлуге болады:

- конструкциялықты – күшті бөлшектер және конструкцияларға, күшті емес бөлшектерге (оптикалық, мөлдір, химиялық төзімді, қосымша) арналған;
- төсемді, тығыздағышты;
- фрикциялық және қарсы фрикциялықты;
- электроқшаулы;
- жылуоқшаулы;
- от, май, қышқылдың әсер етуіне қатысты төзімді;
- қаптау-безендіргішті;
- қосымша.

Бір пластик бірнеше топқа тән қасиеттерге ие болады. Мысалы, текстолит, біруақытта конструкциялы, электроқшаулы және төсемді материал ретінде қолданылуы мүмкін [1, 10].

5.3.3. Термопластикалық пластмассалар

Термопластикалық пластмассалар негізін сызықты тармақталған құрылымды полимерлер құрайды, кейде құрамында пластификаторлар болады. Пластификаторлар 60÷70°C артық емес температура кезінде жұмыс жасауға қабілетті, өйткені осы температурадан жоғары температура кезінде физика-механикалық қасиеттер күрт төмендейді. Кейбір жылутөзімді пластмассалар 150÷200°C кезінде жұмыс жасай алады, ал қатты тізбекті және циклді құрылымды термотөзімді пластмассалар 400÷600°C дейін тұрақты болады. Термопластардың беріктік шегі 10÷100 МПа, серпімділік модулі – (1,8÷3,5)·10³ МПа. Термопластардың ұзақ уақытты статистикалық жүктелуімәжбүрлі-майысу деформациялануының пайда болуына әсер етеді және оның

беріктігін төмендетеді. деформациялану жылдамдығының жоғарлауымен мәжбүрлі-майысқақты деформациялану болмайды және қатты және сынғышты бүліну түзіледі.

1. **Полиэтилен** полярлы емес. Оны төмен және жоғары қысым кезінде түссіз этилен газын полимеризациялаумен алады. 100°C дейінгі температура кезінде пайдаланылады, аязда ол -70°C төмен температура кезінде сынғышты болады. Суға төзімді, диэлектрлік қасиеті жақсы, қышқылдарға, сілтілерге төзімді. Полиэтиленді қабыршақтардың газөткізгіштігі жақсы, бірақта су буының сіңуі өте жаман болады. Иондаушы сәулелендіру әсерінен полиэтилен қатады: үлкен беріктікке және жылу төзімділікті болады. Кемшілігі: ескіруге бейімді. Тоттануға төзімді бөлшектерді (құбыр, төсемдер, шлангтер), жоғары тазалықты қондырғылар бөлшектерін жасау, сымдар кабелдерінің қорғанысты қаптамасын оқшаулау, өнімдерді орау үшін қолданылады,

2. **Полистирол** полярлы. Бұл сынғышты, қатты, мөлдір полимер, сызықты құрылымды болады. Диэлектрлік қасиеттері жақсы, механикалық беріктігі қанағаттанарлықты, жұмысшы температурасы (100°C дейін) жоғары емес, сілтіге, минералды және органикалық қышқылдарға, майға химиялық төзімді болады. 200°C температура кезінде ыдырайды, стирол түзіледі. Қысым астында құю әдісімен табақтар және бөлшектерді, аз жүктелетін бөлшектерді және жоғары тазалықты оқшаулағыштарды жасау үшін қолданылады. кемшілігі: төмен температура кезінде сынғышты, бетті жарықшаның бірқалыпты түзілуіне бейімді.

3. **Полипропилен** бұл жоғары физика-механикалық қасиетті, зиянды емес қатты материал. Полиэтиленге қарағанда созылу кезіндегі беріктігі ы, соққы тұтқырлығы жоғары. Жүктелусіз максималды пайдалану температурасы 150°C . Кемшілігі: аяз төзімділігі төмен (-30°C дейін). Ол токарлы, фрезерлі, бұрғылау станоктарында механикалық өңделуі жеңіл орындалады. құбыр, пленка, синтетикалық талшық, пенпластарды жасау үшін қолданылады. полипропиленді пленкалардың мөлдірлігі, жылу төзімділігі жоғары, газ – және бу өткізгіштігі төмен болады.

4. **Фторопласт-4** полярлы емес, сынғышты-кристалды құрылымды. Ұзақ пайдаланудағы температуралық шек 250°C шектеледі. Ол салыстырмалы жұмсақ, өйткені сынғышты фаза жоғары майысатын күйде болады. Зиянды ортаның әсеріне: тұзды, күкіртті, плавикті, азотты қышқылды, арақтар, сілтілер, күкірсутегіне өте жоғары тұрақты. Ол сілтілі металдар балқымаларының, сонымен

бірге жоғары температура кезіндегі фтор және фторлы хлор әсерінен бүлінеді, үйкеліс коэффициенті төмен (0,04), балқу температурасына (327°C) тәуелді емес. Жанбайды және сумен және басқа сұйықтармен суланбайды. -269°C дейін сынғышты емес. 80°C төмен температура кезінде иілгіштігін сақтайды. Кемшілігі: жоғары температура кезінде фтордың бөлінуіне қатысты зиянды, салқындысынғышты және созылмалықтың болмауына қатысты қайта өңдеу қиын. Мембрана, құбыр, айналдырғыш, сораптар, тығыздаушы төсемдер, сиффондар, манжет, металдардағы қарсы фракциялық қаптамаларды, сонымен бірге электррадиотехникалық бөлшектерді жасау үшін қолданылады. термопластардың физика-механикалық қасиеттері 5.2-кестеде келтірілген.

5. Фторопласт-3 полярлы, сызықты сынғышты кристалды ақ түсті полимер. Полимердің кристалдылығы салқындау жағдайына қатысты болады. Фторопласт-3 жоғары дәрежелі кристалды (баяу салқындау кезінде) жоғары тығыздықты, қаттылықты болады. төмен дәрежелі кристалды полимер созылмалы болады. Фторопласт-3 жұмысшы температурасының диапазоны: 105 ден 70°C дейін болады. 300°C жоғры қыздыру зиянды газ тәрізді фтордың түзілуімен оны құрылымсыздандырады. Престеу, ұсыым астында құю және т.б. әдістермен бұйымды ұайта өңдеу жеңіл болады. Химиялық төзімділігі бойынша біршама фторопласт-4 артық болады. Фторопласт-3 төмен тазалықты диэлектр ретінде ол құбыр, шлангтер, клапандар, сораптар, қорғанысты металды қаптамаларды және т.б. жасау үшін қолданылады.

6. Полиметилметакрилат (органикалық шыны) – бұл күрделі акрилді эфирлер және метакрилді қышқылды негізді мөлдір, сынғышты түссіз полярлы термопласт. Бұл материал минералды шыныға қарағанда (1180 кг/м³) 2 есе жеңіл, атмосфералық төзімділігі жоғары, оптикалы мөлдір (жарық мөлдірлігі 92%), 75% ультракүлгін сәулені өткізеді. Механикалық беріктігі жоғары, -60°C дейін сынғыштық болмайды, диэлектрлі қсиеті жақсы және табиғи жағдайда ескіруге ұатысты төзімді. 80°C дейін қыздыру кезінде жұмсара бастайды, ал 105÷150°C кезінде созылмалы болады, бұл одан әртүрлі бқлшектерді қалыптастыруға мүмкіндік береді. Органикалық шыны араласқан қышқыл және сілтілердің, көмірсутекті отын және майлау материалдарының әрекетіне қатысты төзімді. Кесшілігі: бетті қаттылығы жоғары емес. Пайдалануға арналған органикалық шынының жарамдылығын анықтайтын шарттар тек ғана олардың

беріктігі емес, сонымен бірге күміс деп аталатын материалды бетті және ішінде пайда болатын жарықшақтар да саналады. Бұл ақаулық шынының мөлдірлігін және беріктігін төмендетеді. «күміс» түзілу себебі төмен жылутөзімділікке және жоғары кеңейу коэффициентіне байланысты түзілетін ішкі кернеу саналады. Органикалық шынының термотөзімділігі және соққы тұтқырлығының жоғарлауы бағдарлаумен орындалады, сол кезде бірнеше рет соққы тұтқырлығы және «күмістенуге» қатысты төзімді; оның басқа полимерлермен полимеризациялануы және көпқабатты шыны (триплекстер) пайдаланылады.

Өндірісте қалыңдығы $0,8\div 24$ мм табақ түрінде өндіріледі. Жарықтандыру аппараттарын, ұшақтар және автомобильдер шыныларын, білдектердің қорғанысты қалқандарын, сағат өндірісінде қолданылатын шыныларды жасау үшін, жарықтехникалық бөлшектерді, оптикалық линза және т.б. жасау үшін қолданылады.

7. Поливинилхлорид (ПВХ) – бұл сызықты сынғышты полярлы полимер. Көптеген ортада төзімді: суда, сілтіде, араласқан қышқылды майларда, бензинде. 70°C қатысты жағын температура кезінде жұмсарады. ПВХ винипласт және пластикат түрінде қолданылады. **Винипласт** – бұл пластифицирленбеген қатты поливинилхлорид, мөлдір емес қатты зат түрінде болады; табақтар, құбырлар, қаптамалар және дәнекерлеу шыбықтары түрінде жасалады. Механикалық жақсы өңделеді, жеңіл дәнекерленеді, әртүрлі желімдермен желімделінеді, салқындыққыштыққа қатысты бейімді, тіліктерге сезімталды, төмен температура және төмен жылутөзімділік кезінде сынғыштығымен ерекшеленеді. Қабыршақты винопласт тоттануға қарсы қаптама ретінде – химиялық аппаратураларды футерлеу, сымдарды оқшаулау және басқа мақсаттарда қолданылады. Жұмыс жасау мерзімі басқа металды емес тоттану материалдары – текстолит, фаолитке қарағанда $2\div 3$ есе жоғары болады. Кемшілігі: төмен ұзақты берікті және жүктеме астында ($60\div 70^{\circ}\text{C}$ артық емес) жұмысшы температурасы төмен, сызықты кеңейу коэффициенті үлкен, төмен температура кезінде сынғышты. Конструкциялық материал ретінде түсті металдар орынан қолданылады. Сонымен бірге дәрі-дәрмекті және тамақ өнімдерін орау, кітап және папкалар қаптамасы, электртехникалық мақсаттарда, желдеткішті ауажолдарын жасау кезінде қолданылады. Кейбір полярлы термопластардың физика – механикалық қасиеттері 5.3.кестеде келтірілген.

Пластикат қабыршақ, түйіршік, таспа не түтікше түрінде жасалады. Ол ескіруге қатысты жақсы төзімділікпен, жоғары майысқақ-

тылықпен және аяз төзімділікпен, өте төмен электроқшаулау қасиеттерімен ерекшеленеді. 70°C дейінгі температура кезінде бұл төзімділік 1000 сағаттан артық болады. Қабыршақты пластикат майысқақты, ылғалөткізгішті, жанбайды, бензин және әртүрлі майлардың қарсы әрекетіне төзімді болады. оның аяз төзімділігі -15 ден -50°C дейінгі шекте, өте төмен температура кезінде ол сынғышты болады. 160÷195°C жұмсару температурасы. Кабелдер, аккумуляторлы бактарды оқшаулау, құбырларды жасау, тығыздағышты төсемдер және т.б. бұйымдар үшін кеңінен қолданылады.

8. **Полиамидтер** – кристаллизацияланатын полярлы полимерлер. Соққы жүктемесі кезінде жоғары беріктік, жақсы майысқақтық, жақсы қарсы фрикциялық қасиеттермен ерекшеленеді. Үйкеліс коэффициенті ($f < 0,05$) төмен, ол тек ғана фторпластан төмен болады, бірақта олар өте жоғары тозу төзімділігіне ие, тербелісті сіңіруге қабілетті,, соққыға берікті, тропикалық жағдайда тұрақты болады. қазіргі уақытта өте көптеген мөлшерлі полиамидтер синтезделген, бірақта өндірісте кеңінен қолданылатындары **капрон**, **лавсан** және **нейлон**. Сонымен бірге полиамидтер жоғары меншікті берікті жоғры тоттануға төзімді, электроқшаулау және қарсы фрикциялық қасиетті үйлесімді болады. олардан тістегергіштер, бұранда, гайка, подшипниктер, подшипниктерге қатысты төсемдер, төлкелер, муфталар, есу бұрандаларының күрекшелері, электроқшаулар, медициналық инструменттер жасалады, қарсы фрикциялық металдар қаптамасы ретінде де қолданылады. Кемшілігі: аяз төзімділігі төмен,, су сіңіруге қатысты күрт тәуелді, 100oC артық температура кезінде берітік күрт төмендейді, қайта өңдеу кезінде тоттығу әсерінен ескіруге бейімді.

9. **Полиуретаны**. Кислород в молекулярной цепи сообщает этому полимеру гибкость, эластичность. Ему присуща высокая атмосферостойкость и морозостойкость (от -60 до -70°C). Верхний температурный предел составляет 120÷170°C. Свойства полиуретанов близки к свойствам полиамидов. Из полиуретана вырабатывают пленочные материалы и волокна, которые малогигроскопичны и химически стойки.

10. **Полиэтилентерефталат** – күрделі кристалды полярлы полиэфир, **лавсан**, шетелде – **майлар**, **терилен** атауымен өндіріледі. 80°C артық қыздыру кезіде кристаллизациялана бастайды. Негізгі тізбектегі оттегінің болуына қатысты аяз төзімділігі (-70°C) жақсы. Бензолды сақина жылутөзімділікті жоғарлатады (балку температурасы 255÷275°C). Диэлектрлі және салыстырмалы жоғары химиялық төзімді,

Полярлы емес термопласттардың физика-механикалық қасиеттері

Материал	Тығыздық, кг/м ³	Жұмысшы температура, °С		Беріктік шегі, МПа			Салыстырмалы ұзару, %	Соққы тұтқырлығы, кДж/м ²	Ток газалығы кезіндегі диэлектрлік өткізгіштік 10 ⁶ Пц	Меншікті кедерлік, Ом*М	Электрлі беріктік, МВ/м
		max	min	$\sigma_{раст}$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{изг}$					
Полиэтилен: - ПЭВД - ПЭНД	913÷329	105÷108	-40, -70 және төмен	10÷17	12	12÷17	50÷600	Сын-байды	2,2÷2,3	10 ¹⁸	45÷60
	949÷953	120÷125	-70 және төмен	18÷35	20÷36	20÷38	250÷1000	Сондай	2,1÷2,4	10 ¹⁸	45÷60
Полипропилен	900	150	-15	25÷40	11	-	200÷800	33÷80	2,2	1017÷1018	28÷40
Полистирол	1050÷1080	90	-20	37÷48	90÷100	65÷105	1÷4	10÷22	2,5÷2,7	1016÷1018	20÷25
Фторопласт-4	1900÷2200	250	-269	15÷35	10÷12	14÷18	250÷500	100	1,9÷2,2	1019	35÷40

Полярлы е термопласттардың физика-механикалық касиеттері

Материал	Тығыздық, кг/м ³	Жұмысшы темпе- ратура, °С		Беріктік шегі, МПа			Салыстырмалы ұзару, %	Соқыы тұтқыр- лығы, кДж/м ²	Серпінділік модулі, МПа	Каттылық НВ	Сызықты көңейу коэф-ті $\alpha \cdot 10^6, \text{с}^{-1}$	Жылуеткі- зіштік коэф-ті, Вт/м·К
		max	min	$\sigma_{\text{раст}}$	$\sigma_{\text{сж}}$	$\sigma_{\text{нғг}}$						
Фторопласт-3	2090±	125	-195	30±	-	60±	20±	20±	-	100±	6	0,2± 0,4
	2160			45		80						
Орг. шыны	1200	60	60	63±	100±	90±	2,5±	8±	2900±	10±	-	0,17± 0,19
				100	105	120	20	18	4100	300	-	-
Поливинил-хлорид	1400	65±	-10±	40±	80±	40±	5±	70±	2600±	10±	-	-
		80	-40	120	160	120	100	80	3000	160	-	-
Полиамиды	1100±	60±	-20±	38±	-	35±	70±	80±	1200±	74±	2±14	-
	1140	110	-60	60		70	280	125	1500	150		
Поликарбонат, дифлон	1200	130±	-100±	70	-	24±	-	150	-	80±	2,5±6	0,2
		140	-135			120				160		
Полиарилат	1200	155±	-100	55±	105±	100±	15±	120	1650	-	-	0,2
		250		120	145	125	20					
Пентапласт	1400	150	20	80±	-	-	5±	12±	-	-	5±8	0,24
				110			10	16				
Полиформаль-дегид	1140±	130	-40±	20±	85±	60±	10±	24±	-	110±	8	0,3
	1400		-60	55	95	85	40	140	-	140		
Полиметилм-такрилат	1200	60	-60	63±	-	90±	2,5±	8±	-	-	-	-
				100		120	20	18				
Винилласт	2090±	65	-10	40±	-	80±	10±	50±	-	-	-	-
	2160			60		120	50	100				

Термореактивті пластмассалардың физика-механикалық қасиеттері

Материал	Тығыздық, кг/м ³	Ұзақ жасалатын температурасы, °С	Беріктік шегі, МПа			Салыстырмалы ұзару, %	Соңғы түтқырлығы, кДж/м ²	Серпінділік модулі, МПа	Каттылық НВ, МПа
			$\sigma_{раст}$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{изг}$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ұнтақты:									
- ағашты ұнды резольды шайыр	1400	100÷ 110	30	50÷150	60	0,3÷0,7	5	6300÷ 8000	300÷ 400
- ұсақталған кварцті резольді шайыр	1700÷1850		28		45	0,6	3		300÷ 500
- кремний органикалық шайыр минералды толықтырғышты	160÷1800		25÷30		-	-	6÷12		300÷ 500
Талшықты:									
- талшықжіп	1350÷1450	110	30÷60	80÷150	50÷80	1÷3	9÷10,4	8500	250÷ 270
- асботалшықжіп	1950	200	-	110	70	4÷3	20	18000	300
- шыны талшық	1700÷1900	280	80÷500	130	120÷250	1÷3	25÷150	-	-
Қабатты:									
- гетинакс	1300÷1400	150	80÷100	160÷290	80÷100	1÷3	12÷25	10000	-

5.4-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
- текстолит	1400	125	65÷100	120÷150	120÷160	1÷3	30	5000÷ 10000	-
- асботекстолит	1600	190	55	-	-	-	20÷25	20000	186÷ 300
- ДСП	1350	140÷ 200	180÷300	100÷180	140÷280	-	80÷90	18000÷ 30000	-
- шыны текстолит	1600÷1900	200÷ 300	250÷600	210÷260	150÷420	-	50÷200	18850÷ 30000	-
- СВАН	1800÷2000	200	350÷1000	350÷450	500÷700	-	180÷500	35000	-

5.5 кесте

Сатинді тоқылған толықтырғышты шынытекстолиттердің кейбір физика-механикалық қасиеттері

Материал	Байланыстырушы заттар	Тығыздық, кг/м ³ ,	Созылу кезіндегі беріктік, МПа	Серпінділік модулі, МПа	Соқы тұлқырылымы, кДж/м ² ,	Диэлектрлі өткізгіштік І	Пайдалану температурасы, °С
КАСТ-В	Фенолформальдегидті шайыр	1,5÷1,8	300÷500	18000÷ 25000	60÷90	3,8÷8,0	200
ВФТ-С	Сондай	1,7÷8,0	450÷550	22000	90÷125	4,25÷4,5	200
СК-9ФА	Кремний органикалық шайыр	1,8÷1,9	150÷350	18000÷ 25000	105	3,8÷7,0	250
Ст-911-1А	Эпоксидті шайыр	1,65÷1,75	400÷600	21000	480	4,25÷4,5	200

тропикалық ауа-райы жағдайына тұрақты. Одан тістегергіштер, кронштейн, аркандар, қайыстар, маталар, пленалар, талшықтар және т.б. жасалады.

11. **Поликарбонат** – күрделі полярлы кристалды көмір қышқылды полиэфир **дифлон** деген атаумен өндіріледі. Балку кезінде және келесі салқындауда онда сынғышты құрылымды қалыптастыруға болады. мұндай материал шыны тәрізді және мөлдір болады. Поликарбонаттарға иілімділік және біруақытта беріктік және қаттылық тән болады. материалдың үзілуі кезінде беріктік бойынша винипластка қатысты жақын және жоғары берікті тұтқырлықпен ерекшеленеді, ол салқынсынғышты емес. Ұзақты қыздыру кезінде, жұмсару температурасына дейін, үлгілер өзінің өлшемдерін сақтайды және төмен температура кезінде майысқақ болады. Поликарбонат тұз, сілті ертінділеріне химиялық тұрақты; жарықты жылу вакуумды ескіруге және жылу соққысына шыдамды, тропикалық тұрақты, бірақта ионизлеуші сәулеленудің әрекетіне қатысты төзімділігі шектеулі болады. Поликарбонаттан тістегергіштер, подшипниктер, автобөлшектер, радиобөлшектер және т.б. жасалады, криогенді техникада сұйық газды ортада жұмыс жасауға арналған. Иілгішті, берік қабыршақ түрінде қолданылады.

12. **Полиарилаттар** – күрделі полярлы гетертізбекті полиэфирлер. Оларға жоғары термиялық төзімділік және аяз төзімділік (-100°C дейін), жаақсы беріктік көрсеткіштері және қарсы фракциялық қасиеттер (эстеран) тән. Полиарилаттар радиациялықты және химиялық төзімді, техника қолданылмайтын терең вакуумде жұмыс жасайтын подшипниктерді жасау үшін қолданылады.

13. **Пентапласт** – хлорланған полярлы қарапайым полиэфир, баяу кристаллизацияланатын полимерлерге жатады. Майлау материалдарына өте төзімді, бұрғылау жабдықтарында нығыздағыш ретінде қолданылады. Поливинилхлоридпен салыстырғанда қызуға қатысты төзімді. Пенопласт беріктігі винипласт беріктігіне жақын, бірақта ол 180°C температураны ұсатйды және жақсы қалыптасады, салқынаққышты емес, қажалуға қатысты төзімді, электроқшаулау қасиеті, су төзімділігі қанағаттанарлықты. Химиялық төзімділігі бойынша фторопласт және винипласт аралығындағы аралықты жағдайды алады. Пентапластан құбыр, клапан, қабыршақ, және металдардағы қорғанысты қаптама, сорапты бөлшектер дәлді аспаптар жасалады.

14. **Полиформальдегид** – қарапайым полярлы сызықты полиэфир. Кристалдығы жоғары (75%) және өте тығызды кристалдардың

орамы мынандай үйлесімдікті, қаттылық, жоғары берікті тұтқырлық және серпімділікті береді. Қолданылатын температуралық аралық -40 ден 130°C дейін, ол суға төзімді, минералды майларға және бензинге қатысты төзімді. Тісті беріліс, тістегергіш, подшипниктер, клапандар, автомобильдер бөлшектері, конвейерлер және т.б. жасау үшін қолданылады.

15. Термотөзімді пластиктер. Олардың пайдалану температурасы 400°C дейін болады. Осы полимерлерде фениленді тізбектер иілгішті тізбектермен кезектеседі, сол кезде жаңа қатты тізбекті полимерлер тобы пайда болады, оларға тұрақты гетероциклдер енгізіледі. Циклді құрылымның тұрақтылығы 600°C дейін және артық. Оларға жатады:

– **хош иісті полиамид (фенилон)** – сызықты гетеріізбекті полимер, кристалдануға бейімді, ол ұзақ уақыт жұмыс жасау температурасы 250÷260°C (балқу температурасы 430°C), сұйық азот температурасы кезінде аяз төзімді, радиация және химиялық төзімділікке қатысты төзімділігі жоғары. Капронмен салыстыру бойынша қажу кедергілігі жоғары және тқзуға төзімді. Одан подшипниктер, екпінді қондырғылардың нығыздағыш бөлшектері, тісті дөңгелек, электрберілісті бөлшектер, қабыршақ, талшық, қағаз (номекс) жасалады;

– **арилокс-полифениленоксид** – қарапым хош иісті полиэфир, аморфен, кристалдануы қиын, термиялық тұрақтылығы бойынша фенилон тұрақтылығы жоғары. Оны ұзаө уақыт 130÷150°C дейінгі температура кезінде қолдануға болады, химиялық төзімді, су сіңіргіштігі төмен, физика-механикалық сипаттамалары жақсы: $\sigma_p = 60\div84$; $\sigma_{сж} = 105\div115$, $\sigma_{изг} = 100\div125$ МПа; $\varepsilon = 20\div100\%$; $a = 40\div140$ кДж/м². Одан жабдықтар бөлшектері, оталық инструменттер, жоғары тазалықты қондырғылардағы оқшаулау жасалады;

– **полисульфон** – қарапайым хош иісті полиэфир, кристалдануы қиын полимер. Термиялық тұрақты, химиялық төзімді, беріктік қасиеттері бойынша полифениленоксидке қатысты жақын болады. Полисульфон қабыршақ, құйылған бұйымдар және -100 ден 175°C дейінгі (инертті атмосферада 400°C дейін) температура кезінде падалануға арналған қаптама түрінде қолданылады. Олан автомобильдер бөлшектері, білдектер, тұрмыстық машиналар, электртехникалық бұйымдар, баспахана қысқышына арналған металдандырылған матрицалар жасалады;

– **полиимидтер** – хош иісті гетерциклді полимерлер. Құрылымына тәуелді полиимидтер термопластикалы және терморективті болады. іс

жүзінде сызықты полиимидтер кеңінен қолданылады. Полиимидтердің механикалық ($\sigma_p = 90\div 130$, $\sigma_{сж} = 200\div 240$, $\sigma_{изг} = 180\div 230$ МПа, $\varepsilon = 4\div 20\%$, $a = 60\div 120$ кДж/м²) және электроқшаулау қасиеттері жоғары, жұмысшы температурасының диапазоны (-200 ден 300°С дейін) кең, радиацияға қатысты төзімді, жоғары температура кезінде терең вакуумда ұзақ жұмыс жасайды, жылжымалықты кедергілігі жақсы, қажалуға төзімді, үйкеліс коэффициенті төмен болады. полиимидтер негізінде лавсаннан кем емес берікті қабыршақтар алынады. Полиимидтер ертінділер, май, әлсіз қышқыл және негіздердің әрекетіне қатысты төзімді; су буы және қайнаған су ұзақ әсер еткен кезде бүлінеді конструкциялық, қарсы фрикциялық және электроқшаулау қолданысына арналған бұйымдарды жасау үшін қолданылады;

– **полибензимидазолдар** – хош иісті, гетерциклді түссіз полимерлер. Бірақта тізбектегі түйісен жүйелердің түсі қара түсті. Кристалды және сынғышты құрылымды, термопластикалы және терморективті болуы мүмкін. Термотөзімділігі жоғары (ауадағы ыдырау температурасы 300÷600°С), берікті көрсеткіштері жақсы, диэлектрлі қасиеттері жоғары болады. талшықтар отқа төзімді және термиялық төзімді болады. полибензимидазолдар негізіндегі композициялар абляциялық термоқорғанысты материалдар ретінде қолданылуы мүмкін. Қабыршақ, талшық, арнацы костюмдерге арналған маталар, ретінде қолданылады, одан подшипниктер, тістегергіштер жасалады, пластиктерді армирлеуге арналған баланыстырушы ретінде қолданылады.

16. Толықтырғышты термопласттар. Армирлеуші толықтырғыштар ретінде шыны талшық, асбест, органикалық талшық және маталар қолданылады. Талшықты толықтырғыштар полимерде күш түсетін қағқаны түзейді және осымен материалдар беріктенеді. Өндірістік көлемде ұсақ шабылған шыны талшықты толықтырғышты полиамидтер және поликарбонаттар қолданылады. Толықтырылмаған полимерлермен салыстыру бойынша шыныталшықтардың беріктігі ($\sigma_b = 90\div 149$, $\sigma_{сж} = 110\div 140$, $\sigma_{изг} = 150\div 220$ МПа) және жылутөзімділігі, қажалу кедергілігі және тозутөзімділігі жоғары, жылжығыштығы шамалы. Жұмысшы температура аралығы -60 ден 180°С дейін болады.

Синтетикалық талшық түріндегі (пропиленді талшық, капрон, лавсан, виол) толықтырғышты термопласт озықты материал саналады. мұндай талшықтардың байланыстырушы химиялық табиғаты жақын және беріктенуі (талшық және байланыстырушы бірге жұмыс жасады)

жоғары. Талшықты термопластардың жылжығыштығы шамамен 5 есе төмендейді, ұзақты беріктік он есе жоғарлайды.

Қабатты термопластар құрамында матаны толықтырушы ретінде әртүрлі талшықтар болады. жоғары берікті пластмассаны алу үшін полиамидтер, армирленген шыны маталар қолданылады. Капрон (П-6), армирленген шынымата, оның механикалық қасиеті жоғары: $\sigma_B = 400 \div 430$, $\sigma_{сж} = 280 \div 300$, $\sigma_{изг} = 450 \div 500$ МПа, $a = 250 \div 300$ кДж/м² және 220°C дейін жұмыс жасайды. Талшықты термопластардан подшипниктер, тісті берілістер, құбырлар, бұранда, зиянды ортаға арналған сыйымдылықтар және т.б. жасалады [1, 10].

5.3.4. Термореактивті пластмассалар

Термореактивті пластмассалар термореактивті шайыр негізінде жасалады, байланыстырушы заттар: фенолформальдегидті, аминокальдегидті, эпоксидті, полиимидті, кремний органикалықты, қанықпаған полиэфирлер саналады. пластмасса осы шайырлар негізінде термопластардан жоғары жылутөзімділігі, оларды пайдаланудағы температуралық аралықтағы физика-механикалық қасиетті тұратылықпен ерекшеленеді, жылжымағыштыққа қатысты бейімді емес, беріктігі жоғары, жоғары температура кезінде жұмыс жасауға қабілетті. Шайыр толықтырғыштың жеке қабаты ретінде желімделеді, өйткені элементарлы талшық олармен бірге біруақытта жүктемені қабылдайды, сондықтан байланыстырушы зат қатқаннан кейін материал қабатталған кезде үзілуде жеткілікті берікті болу керек. Жоғары адгезиялықты қамтамасыз ету үшін байланыстырушы полярлы болу керек. Қажетті, байланыстырушы және толықтырушы сызықты кеңейудің температуралық коэффициенттері шамалары бойынша жақын болады.

1. **Ұнтақты толықтырғышты пластмассалар.** Толықтырғыштар ретінде органикалық (ағашты ұн) және минералды (ұсақталған кварц, асбест, слюда, графит және т.б. ұнтақтар қолданылады. Дайын бұйымдар тікелей не 15÷185°C кезінде құюмен престеумен алынады. Ұнақты пластмассалар қасиеттері (пресс-ұнтақ) изотроптылығымен, механикалық беріктігінің жоғары еместігімен және төмен соққы тұтқырлығымен сипатталады, электроқшаулау көрсеткіштері қанағаттанарлықты. Пресс-ұнтақ маркасы әріп және цифр жиынтығынан құралады. К әрпімен «композиция» деген сөз белгіленеді. Одан кейінгі сан – байланыстырушы шайыр нөмері (мар-

касы), ал цифр белгілі толықтырғышқа сәйкес болады. Сонымен 1 цифрі, толықтырғыш целлюлоза екенін білдіреді, 2 – ағаш ұны, 3 – слюдті ұн, 4 – плавикті шпат, 5 – ұсақталған кварц, 6 – асбест. Марка К-220-21 белгіленеді, бұл пресс-ұнтақ №220 резольды шайыр негізінде жасалғанын және толықтырғыш: ағаш ұны және целлюлозалар екенін білдіреді. Жасау үшін қолданылады:

- жаңа әзірленген шайыр негізіндегі жалпы қолданысты аз жүктелген бөлшектер, шамалы механикалық жүктеме жағдайында жұмыс жасады, жоғары кернеулі ток әсері 10 кВ артық емес және температура 60°C жоғары емес;
- резольды шайыр негізіндегі электртехникалық қолданысты бөлшектер, 200°C артық емес температура кезінде 20 кВ артық емес кернеулі ток әсерін ұстайды;
- су және жылу төзімділігі жоғары, соққыға берікті, химиялық төзімді, қисықты төзімді бөлшектерді

Минералды толықтырғыштар пластмассада сулы, химиялық төзімділікті, жоғары электроқшаулау қасиеттерін, тропикалық климатқа қатысты тұрақтылықты қалыптастырады. Эпоксидті шайыр негізіндегі композициялар машинажасау саласында әртүрлі инструменталды құралдарды, соңу және қалыптау штамптарын, білдектер корпустарын, жинау және тексеру құрылғыларын, құю моделдерін, кофирлер және т.б. қондырғыларды жасау үшін қолданылады. Олар тозған бөлшектер және құймаларды қалпына келтіру үшін қолданылады.

2. Талшықты толықтырғышты пластмассалар. Салыстырмалы жоғары емес физика-механикалық қасиетті. Талшықты толықтырғыштарды пайдалану беріктікті жоғарлатуға мүмкіндік береді. Талшықты толықтырғыштар ретінде әдетте ұзын талшықты асбестер, мақталы целлюлоза, шынылы талшық қолданылады.

Фенолформальдегидті біланыстырушы сіңірілген мақталы целлюлозды толықтырғышты пресс-материалдар талшықжіп деп аталады. Ұнақты пресс-материалдармен салыстыру бойынша олардың соққы тұтқырлығы біршама жоғары болады. Талшықжіптеріілу және бұралумен (қолсаптар, тіркулер, фланцтер, бағыттаушы төлкелер, шкивтер, маховиктер және т.б.) жұмыс жасайтын жалпы техникалық қолданысты бөлшектерді жасау үшін қолданылады.

Толықтырғышты асботалшықжіптер байланыстырушы – фенолформальдегидті шайырлы асбет саналады. Асботалшықжіптердің фрикциялық (тежеу) қасиеттері жақсы және жылутөзімділігі жоғары (200°C жоғары), қышқылды ортаға қатысты тұрақты, бірақта су

ткзімділігі және диэлектрлі қасиеттері бойынша пресс-ұнтақтан төмен, салыстырмалы жоғары еместі берікті және аққыштығы аз, сондықтан олардан жұқақабырғалы бұйымдарды жасау қиындық тудыртады. Тежеу қондырғылары ретінде қолданылады.

Синтетикалық шайыр шынылы талшықпен толықтырылған кезде **шыныталшықжіп** алынады, оның меншікті беріктігі жоғары, бұл дегеніміз, тығыздыққа қатысты жатқызылған беріктік саналады, тербелісті және белгіауыспалы жүктемелер, тоттануы, микро-организмдердің әсеріне қатысты кедергілігі жақсы. Бағдарланбаған шыныталшықжіптер құрамында толықтырғыш ретінде қысқа талшықтар болады. материал изотропты жоғары механикалық сипаттамалы; күшті электртехникалық бөлшектерді, машинажасау бөлшектерін (реттығын, сораптар нығыздағыштары және т.б.) жасау үшін қолданылады. **Бағдарланған шыныталшықжіптер** құрамында толықтырғыш ретінде жеке иіру бағдарлы орналасқан ұзын талшықтар болады және мұқият байланыстырушымен желімделінеді; бұл өте жоғары шыныпластик беріктігін қмтмасыз етеді. Шыныталшықжіптер -60 ден 200°C дейінгі температура кезінде, сонымен бірге тропикалық жағдайда жұмыс жасайды, үлкен инерциялық жүктемелерді ұстайды. Екі жыл ішіндегі ескіру коэффициенті $0,5 \div 0,7$. Терморекативті пластмассалардың физика-механикалық қасиеттері 5.4-кестеде келтірілген.

3. Қабатты пластмассалар күшті конструкциялық жәнеөңдеуші материалдар саналады. табакты толықтырғыштар, қабатпен төселген, пластикте анизотроптылықты қалыптасырады, құрылымы қабатты. Радио және электртехникада, машинажасау, химиялық өндірісте, құрылыс салаларында кеңінен қолданылады.

Гетинакс модифицирленген фенольды, анилиноформальдегидті және карбамидті шайыр және әртүрлі қағаз сорттары негізінде жасалады. Қолданысы бойынша электртехникалық және безедіруші болып бөлінеді. 120÷140°C температура кезінде қолданылады. Гетинакс май және минералды майларға қарсы төзімді, сірке, тұз қышқылына әлсіз сезімталды, бірақта қатты қышқылдар және ыстықты сілтілер әрекетіне олар төзімсіз. Электр және радиотехника, әсіресе радио-қабылдағыштар және теледизорлар үшін баспа сұлбаларын, ұшақтың, теміржол вагондарын, кеме каюталарын, жолаушылар кабиналарын қаптау үшін, құрылыс саласында қолданылады.

Текстолит (байланыстырушы – терморекативту шайыр, толықтырғыш – мақтақағазды маталар) тербелісті жүктемелерді сіңіру қабілеті шамалы, шыңдалуға қарсы кедергілігі жақсы. Қолданысқа қатысты

тестолиттер конструкциялық, электртехникалық, графиттелген, иілгішті төсемді болып бөлінеді. Текстолит конструкциялық материал ретінде подшипниктерді, тістегергіштерді, төсемді сақиналарды, тісті дөңгелектерді жасау үшін, илектеу стандартында, центробежді сораптарда, турбиналарда және т.б. қолданылады. Падалану температурасы 60 ден +80÷90°С дейін болады.

Ағашты-қабаты пластиктер (АҚП) фенол және-крезольно-формальдегидті шайыр сңіген, және табақ не плита түрінде престелген жұқа табақты ағаш шпонынан құралады. Қарсы фрикциялық қасиеті жақсы, кейбір жағдайда олар жоғары қалайылы қола, баббит, текстолит орына қолданылады. АҚП химиялық төзімділігі, қалыпты ағашпен салыстырғанда өте жоғары емес. АҚП жылутөзімділігі 140°С жетеді. Олардың кемшілігіне, судың сіңуіне қатысты ісінуі жатады. АҚП конструкциялық және қарсы фрикциялық материал ретінде кемежасау, теміржол көлігі, машинажасау саласында және электртехникалық өнеркәсіпте қолданылады; олардан тістегергіш, подшипник төсемдері, төлкелер, автомобильді және теміржол вагондарының, қайықтар, тігін машиналарының бөлшектері жасалады.

Асботекстолит – бұл қабаты, кіріспелі спирт ертіндісі сңген және ыстықтай престелген асбестті маталы пластиктер. Құрамының 38÷43% байланыстырушы, қалған – асбесті мата. Жылутөзімділігі жоғары, диэлектрлі көрсеткіші басқа қабаты пластиктермен салыстырғанда төмен. Конструкциялықты, фрикциялы және термооқшаушау материалы саналады. Кремний органикалық байланыстырушы (300°С) материалдардың жылутөзімділігі өте жоғары, алмеханикалық беріктігіфенолды асбопластиктерден жоғары болады. Асботекстолит 1÷4 сағат ішінде 250÷500°С температураға шыдайды және қысқамерзімді 3000°С және артық болады. Олар тежеу кондырғыларын (майлаусыз үйкеліс коэффициенті 0,3÷0,38), майлау майымен (0,05÷0,07), төсемдер, трубогенераторлар бөлшектерін, фрикциялық дискілерді, ротациялық бензосораптардың күрекшелерін және төмен және жоғары температура кезінде жұмыс жасайтын әртүрлі кондырғыларды жасау үшін қолданылады.

Шынытекстолиттерде толықтырғыш ретінде шынылы мата қолданылады. жоғары механикалық беріктіктің аз тығыздықпен үйлесімділігі, жақсы жылутөзімділікті шынытекстолиттер техника, металдардың көптеген салаларында кеңінен қолданылоады. Олар білдекте жақсы өңделеді. Олар конструкциялық материал ретінде ұшақжасау, зымыранды техника, радиотехника салаларында,

электрокшаулау материалдары ретінде қолданылады. **СВАМ материалы** шыныталшықты анизотропты материал ретінде қолданылады, онда шынылы жіптер фильерден шығатын жерде шынылы шпон түрінде өзара желімделінеді және фанера сияқты төселеді. СВАМ, жоғары қаттылықты және жоғары соққы тұтқырлықты ($a = 400 \div 600$ кДж/м²) конструкциялық материал ретінде сипатталады. Шыныпластиктердің ерекшеліктері механикалық қасиеттерінің біртекті еместігі (көрсеткіштердің әртүрлілігі 7÷15%), әртүрлі факторларға қатысты болады: құрам, құрылымы, технология, температура: температураның жоғарлауымен беріктік төмендейді. Әртүрлі бағытта материалды күшейту толықтырғышты сәйкесті орналастырумен орындалады. 200÷400°С температура кезінде шыныпластиктер ұзауақыт жұмыс жасайды, бірақта шыныпластиктер абилрлеуші жылуқорғанысты материал ретінде бірнеше ондықты секунд ішінде қысқуақытта бірнеше мың градусты қабылдайды. Шыныпластиктердің кемшілігі: серпімділік модулі жоғары емес: $E = 20000 \div 58000$ МПа. Бірақта меншікті қаттылығы бойынша олар болат, алюминий қорғалары және титаннан кем болмайды, ал меншікті беріктігі бойынша созылу кезінде металдан артық болады. Кейбір шыныпластиктердің физика-механикалық қасиеттері сатинді тоқымалы толтырғышпен 5.5-кестеде келтірілген [1, 6, 10].

5.3.5. Газбен толтырылған пластиктер

Газбен толтырылған пластиктер қатты және газ тәрізді фазалардан құралған гетерогенді дисперсті жүйелер түрінде болады. Мұндай пластмассалар құрылымы қатты полимер-байланыстырушымен түзілген, ол оларда газды фаз-толықтырғышпен таралған элементарлы ұяшықта қабырғасын не кеуекті түзейді. пластмассаның мұндай құрылымы өте аз салмақты және жоғары жылудыбысоқшаулау сипаттамаларын береді. Газбен толықтырылған пластмассалар физикалық құрылымына қатысты пенопласт, поропласт және сотопласт болып бөлінеді. Газбен толықтырылған пластмассалардың физика-механикалық қасиеттері 5.6 кестеде келтірілген.

1. **Пенопласттар** – ұяшықты құрылымды материал. Пенопласттардың микроскопикалық ұяшықтары газбен толтырылған, өзара байланыспайды; пенопластың көлемді салмағы 20÷300 кг/м³. Тұйықталған ұяшықты құрылымы жақсы қалқымалықты және жоғары жылуқоқшаулау қасиетін қамтамасыз етеді. Жылөткізгіштік коэффи-

Газбен толтырылған пластмассаның физика-механикалық касиеттері

Материал	Шамалы кг/м ³	Жұмысшы температура, °С	Беріктік шегі, МПа			Серпінділік модулі, МПа	Соққы тұтырғыны, кДж/м ²	Су сіңіруі 30 таул., ішінде %	Жылуткі- згішті коэффициент, Вт/м·К
			$\sigma_{раст}$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{изг}$				
Пенополистирол (ПС-1)	25÷200	-60÷60	0,7÷4,2	0,1÷3	1÷6	55±100	1÷1,9	0,05±2	0,035±0,045
Пенополивинилхло- рид (ПВХ-1)	50÷200	-60÷60	1,5÷4,5	0,4÷2	2÷4	80±85	0,7÷1,5	0,3	0,040±0,055
Пенополиуретан	60÷200	-60÷200	1,8÷2,8	0,2÷3	-	-	0,4÷1,5	-	0,03±0,06
Поролон	30÷70	-40÷100	0,1	-	-	-	-	-	0,03±0,06
Пенофенопласт (ФФ)	200	-60÷150	2÷1,2	2÷4	1,5	-	0,2	-	0,036±0,06
Фенолкаучуковый (ФК-20)	200	-60÷130	2	1,5÷3	2,5÷3	56	0,8	-	0,035±0,06
ФК-20-А-20	200	200÷250	0,8÷1,5	1÷2,3	1÷3	58	0,5±0,75	-	0,055±0,075
Пенополисилоксан (К-40)	250÷300	200÷300	0,8	1,5÷2	-	49,5	-	-	0,04±0,055
Пенополиэпоксид	100÷200	-60÷200	-	0,3÷6	0,5÷7	-	0,2±0,3	0,1 за 24 сағ.	0,03±0,07
Пенокарбамид (мипора)	10÷20	110÷130	-	0,05	-	-	0,04±0,20	<500 за 24 сағ.	0,026±0,04

циенті төмен – $0,003 \div 0,007$. Пенпластар беріктігі жоғары емес және материал тығыздығына тәуелді болады. Пенопластарға пенополистирол (ПС), пенополивинилхлорид (ПВХ) қатысты, ол $\pm 60^\circ\text{C}$ температура кезінде қолданылады, фенолформальдегидті шайыр (ФФ) негізінде терморективті фенолкаучукті (ФК), $120 \div 160^\circ\text{C}$ дейінгі температурада жұмыс жасайды.

Пенопласт, жеңіл толтырғыш, конструкцияның меншікті беріктігін, қаттылығын және күшті элементтердің тербеліс төзімділігін жоғарлатады. Пенопласт кабина, контейнерлер, аспаптар, тоңазтқыштар, рефрижераторларда, құбырларда және т.б. жылуоқшаулау үшін қолданылады. олар құрылыс, ұшақжасау, кемежасау, теміржол көлігі салаларында кеңінен қолданылады. Жұмсақ және майысқақ пенопластар (поролон түріндегі) амортизаторлар, жұмсақ орындықтар және т.б. үшін қолданылады.

2. **Поропласттар** (губкалы материалдар) ашық кеуекті құрылымды, ұяшықтар өзара араласады. Бұл материалдар полистиролдер, поливинилхлорид және әртүрлі эфирлі полимерлер негізінде майысқақты жасалады. Олардың болжамды тығыздығы $25 \div 60$ ден $130 \div 500 \text{ кг/м}^3$ дейін өзгереді. Оларға **пенополистирол** (теміржол вагондарын, тоңазтықштар және т.б. жылуоқшаулауға арналған), **пенополиуретан** (майысқақаты және қатты), газбен толтырылған фенопластар, **мипор пенопласт** (тоңазтықшты қондырғыларды, акустикалық оқшаулау үшін) **қолданылады**. Кемшіліктері: сынғыштығы және су сіңіруі үлкен болады.

3. **Сотопласттар** жұқа табақты материалдардан жасалады, оларға басында гофр түрі қалыптастырылады, кейін гофр табактары ара ұясы түрінде желімделінеді. Сотопластарға арналған материал ретінде әртүрлі байланыстырушылар сіңірілген (полиимидті, фенолформальдегидті) маталар қолданылады. Сотопласттар үшқабатты панельдерде жеңіл толтырғыштар түрінде қолданылады, сотопласт қабатына күш түсетін қаптама желімделеді. Мұндай конструкция жоғары қаттылықты қамтамасыз етеді және тұрақтылық шығынынан сақтандырады. Сотопластар үшін жеткілікті жоғары жылуоқшаулау, электроқшаулау қасиеттері тән болады. Мұндай сотопластар көпқабатты панельдерде толықтырғыштар түрінде ұшақжәне кемежасау саласында күш түсетін конструкцияларда; ғарыштық кемелердің сыртқы жылуқорғанысын және жылуоқшаулауын жасау кезінде; ұшақтардың антеналарында қолданылады.

Соңғы уақыт ішінде өнеркәсіпте кеңінен армиленген газбен толтырылған пластмассалар кеңінен қолданылады, бұл аз тығыздықты үлкен беріктікпен үйлестіруге мүмкіндік береді, бұл дегеніміз, меншікті беріктікті жоғарлауға әсер етеді. Газбен толтырылған пластмассалар металл табақтарымен не өте берік табақтармен, газбен толтырылмаған пластмассалармен армиленеді. Олардың құрамдас бұйымдарының терморезистивті пластмассалары желімделумен және механикалық жалғаумен жасалады [1, 6, 10].

5.3.6. Конструкциялық материалдар ретіндегі пластмассалар ерекшеліктері

Машина конструкциясында пластмассаларды қолдану жиі техникалық шешімге қатысты, бірақ сонымен бірге экономика тұрғысынан тиімді саналады. Пластмассаны қолдану біршама күрделі салымды (ғимарат, жабдықтар, инвентарь шығыны) 4÷6 есе, сонымен қатар, жобалық жұмыстардың еңбексыйымдылығын 4÷5 есе, жабдықтар қажеттілігін, өзіндік құнды, салмақ және материал шығындарын (металлсыйымдылық) өндіріс циклдерін және жобалау мерзімін қысқартуға мүмкіндік береді. Пластмассаны қолдану тиімділігі пайдалануда конструкция салмағын 4÷5 есе төмендету, пайдалану шығындарын (майлау, жөндеу және т.б.) қысқарту, машинаның пайдалану сенімділігін арттыру, конструкцияның техникалық жұмыс жасау мүмкіндіктерін кеңейту және оның техника-экономикалық параметрлерін жоғарлату, операциялар санын және олардың еңбексыйымдылықтарын 5÷6 есе қысқарту кезінде байқалады. Пластмассадан жасалған бөлшектер түсті металды бөлшектерге қарағанда 4÷9 есе арзан ғана емес, сонымен жеке жағдайда (құйылған) қара металды бөлшектерден 2÷6 есе арзан болады.

Қарсы фрикциялықты материалдар. Үйкеліс тоабындағы пластмассалық подшипниктердің тозы металды подшипниктерге қарағанда біршама аз болады. Бұл жағдайға пластмассаның химиялық инерттілігі әсер етеді. Текстолиттер және АҚП ауыр жұмыс жасайтын жағдайдағы (жүктеме 300 МПа дейін, ал қола және баббиттер үшін 280 және 120 МПа) үйкеліс тоаптары үшін қолдануға болады. Текстолит, гетинакс және АҚП көтеру крандары, илектеу стандартында қолданылады. Ішінде резиналы ендіріме салынған болатты төлкелі подшипниктер кеңінен қолданылады. бұл подшипниктердің салқындауы және

жоғары беріктігі (ауылшаруашылығының машиналарында, токарлы, фрезерлі және т.б. білдектерде) жақсы болады.

Тісті, бұрамдық, қайысты берілістер. Тісті және бұрамдық іліністердегі пластмассалы бөлшектердің тоз төзімділігі жоғары, зиянды химиялық ортада жұмыс жасауы сенімді, салмағы аз, жасалуы қарапайым. Тістегергіштерді жасау үшін текстолит, АҚП, полиформальдегид қолданылады. полиамидті пластмассалы қайыстар зиянды ортада жұмыс жасауы тұрақтылығымен ерекшеленеді. Полиамидтерден (нейлон, перлон) буксирлі арқан, тотанудан қорғау үшін олармен болатты арқандар қапталады.

Фрикциялықты қондырғылар. Шамалы тежеу қуатты фрикциялық тораптар үшін асбесті толтырғышты пластмассалар қолданылады. осы тоаптарды пайдалану кезіндегі температура 250°C артық емес болу керек. Пластмассалар табақты толтырғыштармен гетинакс түріндегі импульсті қыздыру 1000°C дейін орындалады.

Муфталар, төсемдер. Муфталарды жасау үшін текстолит және капрон қолданылады. Бұл материалдар соққыны сіңіреді, шусыз жұмыс жасауды қамтамасыз етеді. Қатты емес муфталар үшін серпімді элемент ретінде резиналы дискілер қолданылады.

Пластмассалы нығыздағыштар және амортизаторлар. Пластмассалар әртүрлі бөлшектердің жоғары герметикалы жалғануын қамтамасыз етеді. Мұндай нығыздығыштар жоғары химиялық төзімділігімен спатталады. Осы мақсатта текстолитті, полихлорвинилді төсемдеро, сонымен бірге шыныталшықпен армирленген табактар қолданылады. пластмассалы амортизаторлардың әдетте жұмыс жасау мерзімі шамамен резиналы амортизаторлармен салыстырғанда 1,5 есе артық болады.

Машина және конструкциялардың басқа бөлшектері. Фенопластан жиі тексеру-өлшеу аппаратураларының корпустары жасалады. Бұл салмақты, бұйым бағасын азайтады, сонымен бірге оларға декоративті сипатты береді. Ауыр жүктемелі конструкциялар корпусын жасау үшін өте берік шыныпластиктер қолданылады.

Құбыржолды арматура. Пластмассалы құбырларды пайдалану тиімді, олардың тоттану төзімділігі жоғары және салмағы аз, бұл тасымалдауды жеңілдетеді. Негізгі материалдар: полихлорвинил, полиэтилен, полиамид, фторопласт, фенопласты графитті және асбесті толтырғышты фенопластар. Термопласты құбырлар жақсы иіледі, дәнекерленеді және желімделінеді. Сонымен бірге пластмассадан құбырлы арматуралар (бұрыштар, шүмектер, бұранда) жасалады.

Пластмассалы қаптамалар. Металды бұйымдар пластмассалармен қапталған, оларда металдың жоғары беріктігі пластмассаның оң қасиеттерімен үйлестірілген. Мұндай үйлесімділік қымбат және тапшы түсті металдарды және жоғары легірленген болаттарды арзан көміртекті болаттармен ауыстырға мүмкіндік береді. Кремний органикалықты қаптамалар сумен суланбайды, сондықтан олар көлікті құралдардың терезелерін қаптау үшін (мұндай шынылардан жаңбыр тапшысы жеңіл ағады және жүргізушіге жақсы көру қамтамасыз етіледі) қолданылады.

Азық-түлікті машинажасау саласында полимерлі материалдар қолдану қарастырылған [1, 10, 23].

5.4. Металды емес матрицалы композициялық материалдар

5.4.1. Жалпы жіктеме

Металды емес матрицалы композициялық материалдар кеңінен қолданылады. металды емес матрица ретінде полимерлер, көміртекті және керамикалық материалдар қолданылады. эпоксидті, фенолоформальдегиті және полиамидті полимерлі матрицалар кеңінен қолданылады. матрица композицияға пішінді қалыптастырумен байланыстырылады. Беріктендіргіштер ретінде: жіп тәрізді кристалдар (тотықтар, карбидтер, боридтер, нитридтер және т.б.) негізіндегі, беріктігі және қаттылығы жоғары шынылы, көміртекті, борлы, органикалық талшықтар қолданылады.

Полимерлі матрицалы композициялық материалдардың бірқатар артықшылықтары анықталған, оның ішінде меншікті беріктік жоғары, серпімділікті сипатты, зиянды ортаның әрекетіне қатысты төзімді, қарсы фрикциялық және фрикциялық қасиеттері жоғары жылуқорғанысты және амортизациялық қасиеттерімен бірге жақсы болады. Сонымен бірге пластиктердің кешіліктері де бар: сығу және ығысу кезіндегі беріктігі және қаттылығы төмен, $100\div 200^{\circ}\text{C}$ дейінгі температура жоғарлған кезде беріктік төмендейді, климаттық факторлардың әсері және ескіру кезінде физика-механикалық сипаттамалары өзгереді. Композициялық материалдардың қасиеті компоненттер құрамына, олардың үйлесімділігіне, арақатынасты мөлшеріне және олардың арасындағы беріктік байланысына тәуелді болады.

Армирлеуші материалдар талшық, ширақ, жіп, таспа, көпқабатты мата түрінде болады.

Металды негізді композициялық материалдардың механикалық қасиеттері 5.7-кестеде келтірілген.

5.7-кесте

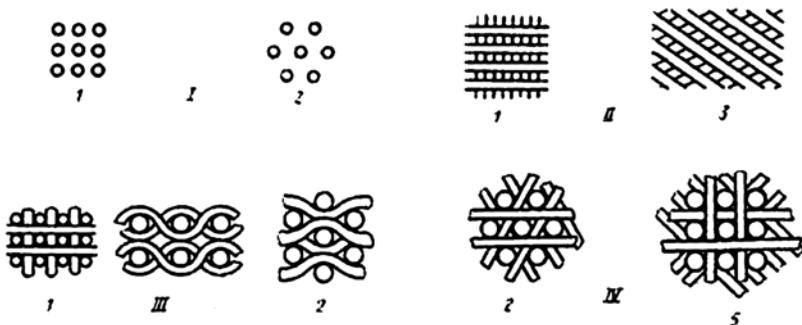
Металды негізді композициялық материалдардың механикалық қасиеттері

Материал	σ_b	σ_{-1}	E, ГПа	σ_b/γ	E/ γ
	МПа				
Бор-алюминий (ВКА-1А)	1300	600	220	500	84,6
Бор-магний (ВКМ-1)	1300	500	220	590	100
Алюминий-көміртек (ВКУ-1)	900	300	220	450	100
Алюминий-болат (КАС-1А)	1700	350	110	370	24,4
Никель-вольфрам (ВКН-1)	700	150	-	-	-

Бағдарлы материалдардағы беріктендіргіштердің құрамы 60÷80 айн.%, бағдарсыз материалдарда (дискретті талшықты және жіптәрізді кристалды) – 20÷30 айн.%. талшықтың серпімділік модулі және беріктігі қаншалықты жоғары болса, соншалықты композициялық материалдардың беріктігі және қаттылығы соншалықты жоғары болады. Матрица қасиетімен ығысу және сығу кезіндегі композицияның беріктігі және қажумен бүліну кедергілігі анықталады.

Беріктендіргіш түрі бойынша композициялық материалдар шыныталшықжіпті (5.3.4 тарауды қара) көміртекті талшықты карбид-талшықжіпті, борлы талшықжіпті және органикалық талшықжіпті болып бөлінеді.

Қабатты материалда байланыстырушы талшық, жіп, таспаға сіңеді, төсеу жазықтығында бір-біріне параллелді төселеді. Жазықты қабаттар пластинаға жинақталады. Қасиет анизотропты болады. Сонымен бірге анизотропты қасиетті изотропты материалды да жасауға болады. Талшықтарды әртүрлі бұрыш астында төсеуге болады, композициялық материалдар қасиеттері ауытқиды. Түйдек қалыңдығы бойынша қабаттарды төсеу тәртібіне қатысты қатты материалдардың иілуі және бұралуы тәуелді болады. Үш, төрт, және артық жіпті (5.2-сурет) беріктендіргішті төсеулер қолданылады. Үш өзара перпендикулярлы жіптер құрылымы ең жиі қолданылады. беріктендіргіштер өсті, радиалды және шеңберлі бағытта орналасады.



5.2 сурет. Композициялық материалдарды армирлеу сұлбасы:

I – бір бағытты; II – екі бағытты; III – үш бағытты; IV – төрт бағытты; 1÷5 – талшықты төсеу (1 – тікбұрышты, 2 – гексаго-нальды, 3 – қисық бұрышты, 4 – қисафған талшықты, 5 – n жіпті жүйе)

Үшөлшемді материалдар блок, цилиндрлер түрінде кез келген қалыңдықта болады. Көлемді маталар үзілу және қабаттымен салыстырғанда ығысу кедергілігінде беріктікті жоғарлатады. Төрт жіпті жүйе куб диагональдары бойынша беріктендіргіштің орналасуымен түзіледі. Төрт жіпті құрылым тең салмақты, негізгіжазықтағы ығысу кезінде қаттылығы жоғары болады [1, 10].

5.4.2. Карботалшықжіптер (көмірпластиктер)

Карботалшықжіпті композициялар полимерлі байланыстырушы (матрица) және көміртекті талшық (карботалшықтар) беріктендіруші түріндегі болады.

Жоғарғы энергиялы көміртекті талшықтар С-С байланысы оларға өте жоғары температура кезінде (2200°С дейін бейтарапты және қалпына келтіруші ортада), сонымен бірге төмен температура кезінде беріктікті сақтауға мүмкіндік береді. Талшық бетінің тотықтануы қорғанысты қамтамалармен сақталады. Шынылы талқыпен салыстырғанда карботалшық байланыстырушымен нашар суланады (бетті энергия төмен), сондықтан олар уландырылады. Ығысу кезінде қабат аралықты беріктік көмірпластиктерде 1,6÷2,5 есе жоғарлайды. Байланыстырушы ретінде синтетикалық полимерлер (полимерлі карботалшықжіптер) қолданылады; синтетикалық полимерлер (карботалшықжіптер кокстеледі) пиролизделінеді; көміртек

(пирокөміртекті карботалшықжіптер) пролитті болады.

Карботалшықжіптер жоғары динамикалық және статистикалық қажалу кедергілігімен ерекшеленеді, бұл қасиет қалыпты және өте төмен температура (ішкі үйкеліс есебінен материалдың өзіндік қызуын болдырмайтын талшықтың жылуөткізгіштігі жоғары) кезінде сақталады. Олар сулы- және химиялық төзімді. Көмірпластиктердің жылуөткізгіштігі шыныпластиктерге қарағанда 1,5÷2 есе жоғары. КМУ-3 және КМУ-3л карботалшықжіптерді 100°C дейінгі температура кезінде пайдалануға болады полиамидті байланыстырушы негізінде 300°C дейінгі температура кезінде қолдануға болады. **Карбошыныталшықжіптер** құрамында көмірлі шынылы талшықтар болады, бұл материалдың арзан болуына әсер етеді.

Көміртекті матрицалы карботалшықжіптер. Кокстелген материалдар әдеттегі полимерлік карботалшықжіптер, инертті не қалпына келтіру атмосферасында пиролиздеумен алынады. 800÷1500°C кезінде карбонизирленген, 2500÷3000°C кезінде графитирленген карботалшықжіптер түзіледі. Пиролиз кезінде түзілетін байланыстырушы кокстың көміртекті талшықпен ілінісу беріктігі өте жоғары болады. Осыған байланысты композициялық материалдар жоғары механикалық және абляциялық қасиетті терімляық соққыға қатысты төзімді.

КУП-ВМ түріндегі көміртекті матрицалы карботалшықжіп беріктік және соққы тұтқырлықты мәндері бойынша арнайы графиттерден 5÷10 есе артық болады; инертті атмосферада және вакуумде қыздыру кезінде ол 2200°C дейін беріктікті сақтайды, ауада 450°C кезінде тотығады және қорғанысты қаптаманы қажет етеді.

Полимерлі карботалшықжіптер кеме- және автомобиль жасау (жарысты машиналарының кузовтары, шасси, есу бұрандалары) салаларында қолданылады; одан подшипниктер, жылыту жабындары, спорт инвентарлары, ЭЕМ бөлшектері жасалады.

Жоғары модульді карботалшықжіптер ұшақты техника, химиялық өнірісті аппаратулар, ренгенді жабдықтар және т.б. жасау үшін қолданылады. Көміртекті матрицалы карботалшықжіптер әртүрлі графиттер орынан қолданылады. олар төзімді химиялық аппаратуралар, ұшақты тежегіш дискілерінің жылулық қорғанысы үшін қолданылады. ғарыштық техникада көпірпластиктерден күн батареяларының жабындары, жоғары қысымды баллондар, жылу қорғанысты жабын жасалады. Көмірлатстиктерді ұшақтар конструкциясында қолдану оның

Полимерлі матрицалы бірбағытты композициялық материалдардың физика-механикалық касиеттері

Материал	Тығыздық, кг/м ³			Беріктік шег, МПа				Серпімділік модулі, МПа			Меншікті қаттылық E/p, 10 ³ км	Үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзар, %	Меншікті беріктік σ/p, км	Соқы тұлқырығы, кДж/м ²	10 ⁷ циклдер базасындағы кажу кедергілі, МПа	100 сат. аралығындағы иілу кезіндегі беріктік ұзақтығы, МПа	
	σ _{раст}	σ _{сжк}	σ _{изг}	σ _{сдв}	созылу кезінде	иілу кезінде	ығысу кезінде										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Қарботалшықжіптер:																	
КМУ-1л	1,4	650	350	800	25	120	10	2,8	8,6	0,5	46	50	300	480			
КМУ-1у	1,47	1020	400	1100	30	180	145	3,5	12,2	0,6	70	44	500	880			
КМУ-1в	1,55	1000	540	1200	45	180	160	5,35	11,5	0,6	65	84	350	900			
КМУ-2в	1,3	380	-	-	-	81	-	-	6,2	0,4	30	-	-	-			
Борлы талшықжіптер:																	
КМБ-1м	2,1	1300	1160	1750	60	270	250	9,8	-	0,3÷0,5	-	90	400	1370			
КМБ-1к	2,0	900	920	1250	48	214	223	7,0	10,7	0,3÷0,4	43	78	350	1220			
КМБ-2к	2,0	1000	1250	1550	60	260	215	6,8	13,0	0,3÷0,4	50	110	400	1200			
КМБ-3к	2,0	1300	1500	1450	75	260	238	7,2	12,5	0,3÷0,4	65	110	420	1300			

5.8 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
КУП-ВМ көміртекті матрицалы қарботалшықжіл:														
КУП-ВМ	1,35	200	260	640	42	160	165	-	-	-	-	12	240	-
Органикалық талшықжіптер:														
майысқақаты	1,15÷	100÷	75	100÷	-	2,5÷	-	-	0,22÷	10÷20	8÷15	500÷	-	-
талшықты	1,3	190	180	180	8,0	8,0	-	-	0,6	-	-	600	-	-
қатты	1,2÷	650÷	180÷	400÷	-	-	-	-	2,7	2÷5	50	-	-	-
талшықты	1,4	700	200	450	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-

құрылымында бастапқы кезеңде сұйық матерцалы толықтырғышпен сулану тәжіежесінде түзілетін жарықша, кеуек, қабатталу түрінде болатын ақаулыққа қатысты қолданылмайды. Талшықтағы жарықша фаза аралықты өзара әрекетесуді азайтады және қататын матрицадағы кернеудің шоғырлануын жоғарлатады [1, 10].

5.4.3. Борлы талшықжіптер

Борлы талшықжіптер полимерлі байланыстырушы және беріктендіруші – борлы талшық түріндегі композиция түрінде болады. Борлы талшықжіптердің сығу, ығыстыру, және кесу кезіндегі беріктігі жоғары, жылжымалығы төмен, жоғары қаттылықты және серпімділік модульді, жылуөткізгіштігі және электрөткізгіштігінің жоғары болуымен ерекшеленеді. Борлы талшықтардың ұялы микроқұрылымы матрицамен бөлінген шекарада ығысу кезінде жоғары беріктікті қамтамасыз етеді. Армирлену бағытындағы беріктік қасиеті талшықтың қисаюуы және байланыстырушы матрицадағы кеуектің болу жағдайында біршама азайады. Борлы талшықжіптердің физика-механикалық қасиеттері 5.8-кестеде келтірілген. Сонымен бірге үздіксіз борлы талшықтарда кешенді борлы шыныжіптер қолданылады, олар бірнеше параллельді борлы талшықтарда шыныжіппен тоқылады, пішінтұрақтылықты қалыптастырады.

Борлы шынылыжіптерді қолдану материалдың жасалуының технологиялық процесін жеңілдетеді. Борлы талшықжіптерді алу үшін матрица ретінде модифицирленген эпоксидтер және полиамидті байланыстырушылар қолданылады. Борлы талшықжіптер қажу кедергіліктері жоғары, олар радиация, су, органикалық ертінділер және жану-майлау материалдарының әсер етуіне төзімді.

Борлы талшықжіптердің механикалық өңделуі қиын және оны орындау үшін қымбат алмазды және қатты қортпалы инструменттер қолданылады.

КМБ-1 және КМБ-1к борлы талшықжіптер 200°C температура кезінде ұзақ уақыт жұмыс жасауға арналған; КМБ-3 және КМБ-3к қайта өңдеу кезінде жоғары қысымды қажет етпейді және 100°C артық емес температура кезінде жұмыс жасай алады; КМБ-2к 300°C температура кезінде де жұмыс жасауға қабілетті. Борлы талшықжіпті бұйымдар авиациялық және ғарышты техникада (профилдер, панелдер, компрессорлар роторлары және күрекшелері, бұранда күрекшелері жәнетікүшақтың трансмиссиялық біліктері)

қолданылады. Олардың жоғары беріктігі және қаттылығы сығу кезінде ұшу аппараттарының конструкцияларында қолданылады: арқалықтар, стрингерлер, шасси жолдары, Борлы пластиктер металды күшті конструкциялардың күшейткішті элементтерінің бекітушісі, газтрубиналы қозғалтқыштардың құрсаулы дискілері және компрессорлы роторлары ретінде жеңінен қолданылады [1, 10].

5.4.4. Органикалық талшықжіптер

Органикалық талшықжіптер синтетикалық талшық – капрон, нитрон, лавсан түрінде толықтырғыштар (беріктендіргіштер) және полимерлі матрицалардан құралған комозициялы материал түрінде болады. Мұндай материалдардың салмағы аз, салыстырмалы меншікті беріктігі және қаттылығы жоғары, жылуқорғаныс қасиеттері жоғары, күрт температура ауысқан және белгіауыспалы жүктеменің әсері кезінде тұрақты. Синтетикалық талшықтар үшін тоқымалы қайта өңдеу кезінде беріктік шығыны үлкен емес; бүлінуге аз сезімталды.

Материал құрылымы ақаусыз. Кеуектілік 1÷3% (басқа материалдарда 10÷20%) артық емес. Күрт температураның ауытқуы, соққы және циклді жүктемелердің әсері кезінде осыған байланысты органикалық талшықжіптердің механикалық қасиеттері тұрақты болады. Соққы тұтқырлығы жоғары (400÷700 кДж/м²). Осы материалдардың кемшілігі сығу және жылжу кезіндегі (майысқақ талшықтар үшін) беріктігі салыстырмалы төмен болады.

Органикалық талшықты тжіптер зиянды ортаға және тропикалық ылғалды климатқа қатысты төзімді; диэлектрлі қасиеттері жоғары, жылуөткізгіштігі төмен. Көптеген органикалық талшықтыжіптер ұзақ уақыт 100÷150°С температура кезінде, ал полиимдті негізді байланыстырушы және полиоксадиазольды талшықтар – 200÷300°С температура кезінде жұмыс жасайды. Органикалық талшықжіптер электрөндірісінде, авиациялық техникада автожасау салаларында окшаулау және конструкциялық материалдар ретінде; олардан құбырлар, реактивтерге арналған сыйымдылықтар, кеме корпустарының қаптамасы жасалады. Органикалық талшықжіптер ұшақтар және тікұшақтардың замануи конструкцияларында күш түсетін және қосымша конструкцияларда, тікұшақтардың күш түсетін бұрандаларының күрекшесі, бекіту блоктарының элементтерін, өрістегі панельдерді жасау үшін қолданылады, органикалық талшық-

жіптеролардың пайдалану сенімділігін сақтау кезінде бөлшектердің салмағын 20-40% төмендетеді [1, 10].

5.5. Синтетикалық эластомерлер

5.5.1. Жалпы мәліметтер

Резинаны алуға арналған бастапқы материал ретінде каучук (табиғи каучук өсімдіктер шырынынан: гевея, көк-сағыз, тау-сағыз және жасанды каучук: натрий-бутадиенді каучук, полихлоропренді және т.б.) қолданылады.

Резина дегеніміз, химиялық қайта өңделген каучук өнімі, ол вулканизаторлармен (күкіртпен, натриймен) өзара әрекеттесу, термиялық өңдеуді орындау (ыстықтай вулканизациялау) не ол қолданылмайды (салқындай вулканизациялау) нәтижесінде алынады. Резинаның беріктігін және тозу төзімділігін жоғарлату үшін оған бетті белсенді заттар, сонымен бірге толықтырғыштар (күйе, кремний тотығы, титан, бор, барит, тальк) қосылады. Қалыпты температура кезінде резина жоғары майысқақты күйде және оның майысқақты қасиеті температураның кең диапазонында сақталады. Резинаның ерекшелігіне оның аз сығылуы жатады. Резинаның басқа ерекшелігіне ол техникалық материал ретінде деформациялануы релаксациялықты сипатты болуы жатады. Қалыпты температура кезінде релаксациялану уақыты 10^{-4} с және артық болады. Резинаның жұмыс жасау кезінде көпеселі механикалық кернеулі жағдайда, бұйым қабылдайтын энергия бөлігі үйкеліс ішінде жоғалады, ол жылуға түрленеді және гистерезисті шығын себебі саналады. Қалыңқабырғалы бөлшектерді (шина) пайдалану кезінде материалдың жылуөткізгіштігінің төмен болуы себебінен резина салмағындағы температураның жоғарлауы оның жұмыс жасау қабілеттілігін төмендетеді.

Резинаға біруақытты температура, озон, жүктеме, ультракүлгінді сәулелердің әсері ескіру процесінің қарқынды дамуына әсер етеді. Төмен кері температурада резина іс жүзінде толығымен жоғары майысқақты қасиетін жоғалтады және шыны тәрізді күйге өтеді. Қасиеттер шығын деңгейі сығу не созылу кезіне қарағанда ығысу жағдайында анық байқалады. Ионизирлеуші сәулелену әрекетінің әсерінде резина есіреді. Радиацияға қатысты резинаның ескіруі каучук табиғатына, ортаға, резина құрамына, сәулелелену мөлшерінің қуатына тәуелді болады.

Резиналы материалдарға қажалуға қатысты жоғары төзімділік, газды- және су сіңіргіштік, химиялық төзімділік, электрлі оқшаулау қасиеті шамалы тығыздығы сипатты болады. Резиналы бөлшектер машинажасау саласында қолданылады, топтарға бөлінеді: тығыздағышты, тербеліс- және дыбыс оқшаулау, қарсы соққылы, күшті, тіректі сырғанақты, иілгішті толықтырғышты төсемдер, қарсы ауалы. Фрикциялықты қорғанысты.

Негізгі каучуктерден баска резина құрамына: вулканизирлеуші заттар, вулканизациялануды жылдамдатқыштар, толықтырғыштар, пластификаторлар, қарсы ескіргіштер, және бояулар болады. **Вулканизирлеуші заттар** (күкірт, мырыш не магний тотығы, нитрокосылыстар) макромолекулалар арасындағы көлденең байланыстың түзілуіне тікелей қатысады. олардың резина құрамындағы құрамы $5\div 7\%$, қатты резинада, шамамен, эбонитте, – 30% дейін болады. **Жылдамдатқыштардың** қатысумен (тиурам, каптакс, қорғасын тотығы) вулканизациялану процесі белсенді болады. **Толықтырғыштар** каучукке әсер етуімен белсенді және инертті болып бөлінеді. белсенді толықтырғыштар (күйе, кремний тотығы) резинаның қаттылығын және беріктігін және қажалу кедергілігін жоғарлатады. инертті толықтырғыштар (талык, бор, және т.б.) резинаның бағасын арзандату мақсатында қосылады. **Пластификаторлар** (техникалық вазелин, парафин, стеарин қышқылы, минералды және өсімдікті майлар), резина құрамында болумен ($8\div 30\%$), олардың қайта өңделуін жеңілдетеді, майысқақтық және аяз төзімділікті жоғарлатады. **Ескіруге қарсы қолданылатын заттар** (антиоксиданттар) резинаның ескіру процесін баяулатады, оттегімен қосылуға кедергі жасайды. Ескіруге қарсы қолданылатын заттар химиялық әрекетті (альдоль, неозон), резинада диффундирленетін оттегімен әрекетеседі, оның тотығудан сақтайды. Ескіруге қарсы қолданылатын заттардың физикалық (парафин, балауыз), әрекеті бетті қабыршақты түзеумен оттегінің диффузиялануын қиындатады. **Бояғыштар** (жоса, ультрамарин), тек ғана декоративті қызметі ғана орындамайды, сонымен бірге қысқатолқынды жарық бөлігін сіңірумен жарықты ескіруден сақтайды [1, 10].

5.5.2. Жалпы қолданысты резиналар

ТК (табиғи каучу) изопрен полимері. Майлы және хош иісті ертінділерде ериді, тұтқырлықты ертінді түзеді, желім ретінде қолданылады. $80\div 100^\circ\text{C}$ артық қыздыру кезінде созылмалы және

200°C кезінде ыдырай бастайды. -70°C кезінде ТК сынғышты болады. Әдетте аморфенді, бірақта, ұзақ уақыт сақталу кезінде ол кристаллизациялануы мүмкін. ТК резинаны алу үшін күкіртпен вуланизацияландырылады. НК негізіндегі резиналар жоғары майысқақты, берікті, сулы- газөткізгішті, электрлі қасиеттері жоғары болады.

СБК (синтетикалық бутадиенді каучук) кристаллизацияланбайды және созылу кезіндегі беріктік шегі төмен, сондықтан резинаға оның негізіне күшейткішті толықтырғыштарды енгізу керек. СБК-Аяз төзімділігі жоғары емес (-40 ден -45°C дейін). Ол ТК ісінетін ертінділерде ісінеді, оған техникалық қсиеттері бойынша және күкіртпен вулканизациялануы жақын орындалады.

СКС (бутадиен-стирольді каучук) бутадиен және стирольді бірге полимеризациялану кезінде алынады. Бұл ең жалпы қолданысты каучук. Стироль қағшалықты көп мөлшерде болса, соншалықты беріктік жоғары, бірақта аяз төзімділігі төмен болады. СКС ескіру кедергілігі жақсы және көпеселі деформациялану кезінде жұмыс жасайтын резиналар алынады. Олардың газөткізгіштігі және диэлектрлі қасиеттері бойынша ТК негізді резиналарға тең келеді. СКС негізіндегі резиналарды төмен температура (-74 ден -77°C дейін) кезінде қолдануға болады.

СИК (синтетикалық изопренді каучук) изопренді полимеризацияланған өнім. Ескіру бойынша СИК физика-механикалық қасиеттері табиғи каучукке жақын. СИК негізіндегі резиналар вакуумды техникада қолданылатын электроқшаулау материалдарын және бөлшектерін алуға арналған резиналар алынады [1].

5.5.3. Резины специального назначения

Специальные резины подразделяют на несколько видов: маслостойкие, теплостойкие, светоозоностойкие, износостойкие, электротехнические, стойкие к гидравлическим жидкостям.

1. **Маслостойкие резины** получают на основе каучуков хлоропренового (наирит) СКН и тиокола.

Наирит – хлоропреновый каучук. Резины на основе наирита обладают высокой эластичностью, вибростойкостью, озоностойкостью, устойчивы к действию топлива и масел, хорошо сопротивляются тепловому старению. Морозоустойчивость от -35 до -40°C. Электроизоляционные свойства на основе полярного наирита ниже, чем у резины на основе неполярных каучуков.

СКН (бутадиен-нитрильный каучук) продукт совместной полимеризации бутадиена с нитрилом акриловой кислоты. Чем выше полярность каучука, тем выше его механические и химические свойства и тем ниже морозостойкость (от -50 до -60°C). Резаны на основе СКН обладают высокой прочностью, хорошо сопротивляются истиранию. Могут работать в среде бензина, топлива, масел в интервале температур от -30 до 130°C. Применяются для производства ремней, конвейерных лент, рукавов, маслобензостойких резиновых деталей (уплотнительные прокладки, манжеты и т.п.).

Полисульфидный каучук, или тиокол образуется при взаимодействии галоидопроизводных углеводов с многосернистыми соединениями щелочных металлов. Это хороший герметизирующий материал. Механические свойства резины на основе тиокола невысокие. Эластичность резин сохраняется при температуре от -40 до -60°C. Теплостойкость не превышает 60÷70°C. Тиоколы новых марок работают при температуре до 130°C.

Акрилатные каучуки – сополимеры эфиров акриловой (или метакриловой) кислоты с полярными полимерами. Для получения высокопрочных резин вводят усиливающие наполнители. Достоинством акрилатных резин является стойкость к действию серосодержащих масел при высоких температурах; их широко применяют в автомобилестроении. Они стойки к действию кислорода, достаточно теплостойки, обладают адгезией к полимерам и металлам. Недостатком является малая эластичность, низкая морозостойкость, невысокая стойкость к воздействию горячей воды и пара.

2. Теплостойкие резины.

СКТ (синтетический каучук теплостойкий) представляет собой кремнийорганическое соединение. Слабо полярно, но обладает хорошими диэлектрическими свойствами. Диапазон рабочих температур составляет от -60 до 250°C. Низкая адгезия делает их водостойкими и гидрофобными; применяется для защиты от обледенения. В растворителях и маслах набухает, имеет низкую механическую прочность, высокую газопроницаемость, плохо сопротивляется истиранию. Если в СКТ ввести атомы фтора или CN, приобретает устойчивость к топливу и маслам. Введение атомов бора, фосфора дает возможность повысить теплостойкость. Силоксановые резины сгорают при 600÷700°C, а в течение нескольких секунд выдерживают 3000°C.

3. **Морозостойкими** являются резины на основе каучуков, имеющих низкие температуры стеклования, например, ниже -75°C.

4. **Светоозоностойкие** резины вырабатывают на основе насыщенных каучуков.

Фторсодержащие каучуки получают сополимеризацией ненасыщенных фторированных углеводородов. Устойчивы к тепловому старению, воздействию масел, топлива, различных растворителей (даже при повышенных температурах), негорючи. Вулканизованные резины обладают высоким сопротивлением истиранию. Теплостойкость длительная (до 300°C). Недостатком является малая стойкость к большинству тормозных жидкостей и низкая эластичность. Резины из фторкаучуков широко применяют в авто- и авиапромышленности.

СКЭП – сополимер этилена с пропиленом, представляет собой белую каучуковую массу, которая обладает высокой прочностью и эластичностью, очень устойчива к тепловому старению, имеет хорошие диэлектрические свойства. Резины на основе фторкаучуков и этиленпропилена стойки к действию сильных окислителей, применяются для уплотнительных изделий, диафрагм, гибких шлангов и т.д., не разрушаются при работе в атмосферных условиях в течение нескольких лет.

ХСПЭ (хлорсульфополиэтилен) является насыщенным полимером. резина на основе ХСПЭ обладает повышенным сопротивлением истиранию при нагреве, озono-, масло- и бензостойка, хороший диэлектрик. Интервал рабочих температур от -60 до 215°C. Применяется как конструкционный и защитный материал (противокоррозионные, не обрастающие в морской воде водорослями и микроорганизмами покрытия, для защиты от воздействия γ -излучения).

БК (бутилкаучук) получают совместной полимеризацией изобутилена с небольшим количеством изопрена (2÷3%). Химически стойкий материал, обладает стойкостью к кислороду, озону и другим химическим реагентам, высоким сопротивлением истиранию и высокими диэлектрическими характеристиками. Это химически стойкий материал. В связи с этим он в основном предназначен для работы в контакте с концентрированными кислотами и другими химикатами, в шинном производстве (срок службы покрышек в 2 раза выше, чем покрышек из НК).

5. **Износостойкие резины** получают на основе полиуретановых каучуков СКУ.

Полиуретановые каучуки обладают высокой прочностью, эластичностью, сопротивлением истиранию, маслбензостойкостью.

Рабочие температуры резин на его основе от +30 до 130°С. Отличаются высокой морозостойкостью (до -75°С). Резины стойки к радиации. Зарубежные названия Уретановых каучуков вулколлан, адипрен, джентан, урепан. Применяют для автомобильных шин, конвейерных лент, обкладки труб и желобов для транспортирования абразивных материалов, обуви и др.

6. **Электротехнические резины** включают электроизоляционные и электропроводящие резины.

Электроизоляционные резины, применяемые при изоляции токопроводящей жилы проводов и кабелей, для специальных перчаток и обуви, изготавливают только на основе неполярных каучуков.

Электропроводящие резины для экранирования кабелей получают из каучуков НК, СКН, наирита, особенно из полярного каучука с введением в их состав углеродной сажи и графита (65÷70%).

Резину, **стойкую к воздействию гидравлических жидкостей**, используют для уплотнения подвижных и неподвижных соединений гидросистем, рукавов, диафрагм, насосов. Набухание в жидкости не превышает 1÷4%.

Физико-механические свойства каучуков и саженополненных резин представлены в таблице 5.9 [1, 10].

5.6. Клеящие материалы и герметики

5.6.1. Общие сведения

Клеи представляют собой индивидуальные вещества, смеси органических, элементарорганических или неорганических соединений и расплавы полимеров, способные отверждаться в результате прохождения химических реакций (полимеризации, поликонденсации, вулканизации), испарения растворителя или затвердевания расплава, что приводит к образованию прочной пленки, жестко связанной с соединяемыми поверхностями. Клеи и герметики относятся к пленкообразующим материалам и имеют много общего с ними. В зависимости от назначения пленкообразующие материалы делят на **клеящие**, применяемые для склейки различных материалов, и **герметики**, обеспечивающие уплотнение и герметизацию швов, стыков, емкостей и т. д.

Клеи и герметики могут быть в виде жидкостей, паст, замазок, пленок. В состав этих материалов входят следующие компоненты:

Таблица 5.9

Физико-механические свойства каучуков и саженаполненных резин

Группа по назначению	Тип каучука	Плотность каучука, кг/м ³	Предел прочности, МПа	Удлинение, %		Температура, °С		Набухание в смеси бензин-бензол за 24 ч, %
				относительное	остаточное	рабочая	хрупкости	
Общего назначения	НК	910÷920	24÷34	600÷800	25÷40	80÷130	-40÷-62	200÷600
	СКБ	900÷920	13÷16	500÷600	10÷45	80÷150	-42÷-68	
	СКС	919÷944	19÷32	500÷800	12÷20	80÷130	-48÷-77	
	СКИ	910÷920	31,5	600÷800	28	130	-58	
Специальные:								
бензомаслостойкие	Наирит	1225	20÷26,5	450÷550	10÷20	100÷130	-34	40÷80
	СКН	943÷986	22÷33	450÷700	15÷30	100÷117	-48	20÷70
Тиокол		1300÷1400	3,2÷4,2	250÷550	20÷40	60÷130	-40	2,4
химически стойкие	Бутилкаучук	920	16÷24	650÷800	30÷45	до 130	-30÷-70	набухает
теплостойкие	СКТ	1700÷2000	35÷80	360	4	250÷325	-74	180
теплохимически стойкие	СКФ	1800÷1900	7÷20	200÷400	2÷10	250÷325	-40	9÷14
износостойкие	СКУ	-	21÷60	350÷550	2÷28	130	-21÷-50	не набухает

- **пленкообразующее вещество** (в основном термореактивные смолы, каучуки), которое определяет адгезионные, когезионные свойства и основные физико-механические характеристики;
- **растворители** (спирты, бензин и др.), создающие определенную вязкость, способствуют введению других компонентов и получению клеевых композиций требуемой консистенции;
- **активаторы** – вещества или смесь веществ, введенные в расплав или раствор, увеличивают их адгезию к основе;
- **пластификаторы** для устранения усадочных явлений в пленке и повышения ее эластичности; отвердители и катализаторы для перевода пленкообразующего вещества в термостабильное состояние;
- **отвердители** взаимодействуют со связующей основой, в результате чего основа становится твердой, приобретая при этом сетчатую структуру. Ускорить отверждения могут катализаторы, не претерпевающие в ходе реакции химических превращений;
- **наполнители** в виде минеральных порошков, повышающих прочность соединения, уменьшающих усадку пленки. Для повышения термостойкости вводят порошки Al , Al_2O_3 , SiO_2 , для повышения токопроводимости – серебро, медь, никель, графит;
- **стабилизаторы** предотвращают или замедляют старение полимерной основы. Их действие аналогично действию стабилизаторов в пластмассах.

Клеевые соединения хорошо выдерживают усталостные нагрузки, по сравнению с другими видами неразъемных соединений (заклепочными, сварными и др.) имеют ряд преимуществ:

- возможность соединения различных материалов (металлов и сплавов, пластмасс, стекол, керамики и др.) как между собой, так и в различных сочетаниях;
- атмосферостойкость и стойкость к коррозии клеевого шва;
- герметичность соединения;
- возможность соединения тонких материалов;
- снижение стоимости производства;
- экономия массы и значительное упрощение технологии изготовления изделий.

Прочность склеивания зависит от степени адгезии, когезии и механического сцепления пленки с поверхностью склеиваемых материалов. Ее можно повысить путем механического сцепления пленки клея

с шероховатой поверхностью материала; для этого перед склеиванием часто поверхности деталей фрезеруют или зачищают шлифовальной шкуркой.

Адгезионные свойства металлов различны. По мере убывания этих свойств металлы можно расположить в следующем порядке: сталь, бронза, алюминиевые сплавы, медь, железо, латунь.

Недостатками клеевых соединений являются относительно низкая длительная теплостойкость (до 350°C), обусловленная органической природой пленкообразующего вещества; невысокая прочность склеивания при неравномерном отрыве; часто необходимость проведения склеивания с подогревом; склонность к старению. Однако имеется ряд примеров длительной эксплуатационной стойкости клеевых соединений. Новые клеи на основе кремнийорганических и неорганических полимеров обеспечивают работу клеевого шва при температуре до 1000°C и выше, однако большинство из них не обладают достаточной эластичностью пленки.

Клеи позволяют изготавливать трехслойные (сотовые) конструкции, отличающиеся малой массой, высокой прочностью. Применение клеев позволяет уменьшить массу конструкции и значительно упростить технологию ее изготовления [1, 10].

5.6.2. Классификация клеев

Классификация клеев производится по следующим признакам:

- по пленкообразующему веществу – смоляные и резиновые;
- по адгезионным свойствам – универсальные, склеивающие различные материалы (например, клеи БФ) и с избирательной адгезией (белковые, резиновые);
- по отношению к нагреву – обратимые (термопластичные) и необратимые (термостабильные) пленки;
- по условиям отверждения – холодного склеивания и горячего склеивания;
- по внешнему виду – жидкие, пастообразные и пленочные;
- по назначению – конструкционные силовые и несиловые.

Чаще используют классификацию по пленкообразующему веществу. Смоляные клеи могут быть терморезактивными и термопластичными. Терморезактивные смолы дают прочные, теплостойкие пленки, применяемые для склеивания силовых конструкций из металлов и

неметаллических материалов. Клеи на основе термопластичных смол (поливинилацетата, акрилатов и др.) имеют невысокие прочностные характеристики, особенно при нагреве, и применяются для несилевых соединений неметаллических материалов. Резиновые клеи, в которых основным пленкообразующим веществом является каучук, отличаются высокой эластичностью и применяются для склеивания резины с резиной или резины с металлами. Высокотемпературными являются неорганические клеи.

Основные требования к герметикам: высокая адгезия к металлам и другим материалам, эластичность и непроницаемость для различных сред, тепломорозостойкость, высокая химическая устойчивость. Герметики классифицируют по составу: каучуковый, каучуково-смоляные и смоляные.

1. Смоляные клеи. В качестве пленкообразующих веществ этой группы клеев применяют терморезактивные смолы, которые отверждаются в присутствии катализаторов и отвердителей при нормальной или повышенной температуре. Клеи холодного склеивания, как правило, обладают недостаточной прочностью, особенно при повышенных температурах. При горячем склеивании происходит более полное отверждение смолы, и клеевое соединение приобретает прочность и теплостойкость. Физико-механические свойства конструкционных смоляных клеев представлены в таблице 5.10.

Клеи на основе модифицированных фенолоформальдегидных смол. Эти клеи применяют преимущественно для склеивания металлических силовых элементов, конструкций из стеклопластиков и т.п.

Фенолкаучуковые композиции являются эластичными теплоустойчивыми пленками с высокой адгезией к металлам. К этому виду относятся клеи ВК-32-200, ВК-3, ВК-4, В К-13 и др. Клеевые соединения теплостойки, хорошо выдерживают циклические нагрузки, благодаря эластичности пленки обеспечивается прочность соединения при неравномерном отрыве. Клеи водостойки и могут использоваться в различных климатических условиях.

Фенолполивинилацеталевые композиции наиболее широко используют в клеях БФ. Клеи БФ-2 и БФ-4 представляют собой растворы фенолоформальдегидной смолы, смешанной с поливинилбутиралем (бутваром). Клеи БФ-2 и БФ-4 применяют для склеивания металлов, пластмасс, керамики и других твердых материалов. Теплоустойчивость клеевых соединений невысокая, водостойкость удовлет-

Таблица 5.10

Физико-механические свойства конструкционных смоляных клеев

Клей	Предел прочности, МПа			Температура склеивания, °С	Водостойкость (сравнительная)	Температура склеивания, °С
	при сдвиге	при равном отрыве	при неравном отрыве			
Фенолформальдегидный	13÷15	-	-	60÷100	Хорошая	20 или 50÷60
Фенолкаучуковый	14÷25	17÷20	3÷5	200÷350	Отличная	165÷205
Фенолполивинилацеталевый	17÷18	36÷60	0,8÷1,2	200÷350	Хорошая	180
Фенолполивинилбутиральный	22	32÷35	3,0	60÷80	Удовлетворительная	120÷140
Фенолкремнийорганический	12÷17	28÷30	-	250÷600	Хорошая	180÷200
Эпоксидный	10÷30	10÷60	1,0÷1,5	60÷350	Удовлетворительная	20 или 80÷210
Полиуретановый	11÷20	22÷35	2,5÷3,0	60÷100	Хорошая	18÷25 или 105
Полиуретановый карборансо-держажий	10÷20	-	-	350÷1000	То же	150
Кремнийорганический	9÷17,5	15÷22	0,8÷2,0	350÷1200	Удовлетворительная	180÷270
Полибензимидазольный	15÷30	-	-	350÷540	Отличная	150÷400
Полиимидный	15÷30	-	-	300÷375	То же	180÷260

ворительная. Более теплостоек клей ВС-10Т, который отличается высокими характеристиками длительной прочности, выносливости и термостабильности при склеивании металлов и теплостойких неметаллических материалов.

Фенолкремнийорганические клеи содержат в качестве наполнителей асбест, алюминиевый порошок и др. Клеи являются термостойкими, они устойчивы к воде и тропическому климату, обладают хорошей вибростойкостью и длительной прочностью. Клеи ВК-18 и ВК-18М способны работать при температуре 500÷600°С. Клей ВК-18М применяют для склеивания инструментов. Он позволяет увеличить стойкость деталей в 1,5÷4 раза.

Клеи на основе эпоксидных смол. Отверждение клеев происходит с помощью отвердителей без выделения побочных продуктов, что почти не дает усадочных явлений в клеевой пленке. Отверждение смол можно вести как холодным, так и горячим способом. В результате наличия полярности эпоксидные смолы обладают высокой адгезией ко всем материалам. К клеям холодного отверждения относятся Л-4, ВК-9, КЛН-1, ВК-16, ЭПО. Эпоксидные клеи горячего отверждения ВК-32-ЭМ, К-153, ФЛ-4С, ВК-1 и другие являются конструкционными силовыми клеями. Их применяют для склеивания металлов, стеклопластиков, ферритов, керамики. Для всех эпоксидных клеев характерна хорошая механическая прочность, атмосферостойкость, устойчивость к топливу и минеральным маслам, высокие диэлектрические свойства.

Быстроотверждающийся клей УП-5-207М стоек к смене температур, влажности, вибрации, старению, клей УП-5-213 предназначен для древесно-пластмассовых спортивных изделий, стоек к ударам, вибрации, влаге. Клеи могут работать при температурах от -60 до 40°С.

Полиуретановые клеи. Композиции этого вида клеев могут быть холодного и горячего отверждения. В состав клея входят полиэферы, полиизоцианаты и наполнитель (цемент). При смешении компонентов происходит химическая реакция, в результате которой клей затвердевает. Клеи обладают универсальной адгезией, хорошей вибростойкостью и прочностью при неравномерном отрыве, стойкостью к нефтяным топливам и маслам. Представителями полиуретановых клеев являются ПУ-2, ВК-5, ВК-11, лейконат, вилад. Эти клеи токсичны.

Клеи, модифицированные карборансодержащими соединениями, обладают высокой термостойкостью. Клей ВК-20 выдерживают

длительно температуру 350÷400°C и кратковременно 800°C, имеет высокую длительную прочность. Клей циакрин не подвержен старению, и при хранении прочность его возрастает.

Клеи на основе кремнийорганических соединений. Эти клеи теплостойкие. Кремнийорганические полимеры не обладают высокими адгезионными свойствами. Клеи ВК-2, ВК-8, ВК-15 и другие отверждаются при высокой температуре. Клеи устойчивы к маслу, бензину, обладают высокими диэлектрическими свойствами, не вызывают коррозии металлов и применяются для склеивания легированных сталей, титановых сплавов, стекло- и асбобластиков, графита, неорганических материалов.

Клеи на основе поликарборансилоксанов обладают стойкостью к термоокислительной деструкции, способны длительно работать, при температуре 600°C, кратковременно при 1200°C, имеют высокую адгезию к различным материалам.

Клеи на основе гетероциклических полимеров. Полибензимидазольные и полиимидные клеи обладают прочностью, высокой стойкостью к термической, термоокислительной и радиационной деструкции, химически стойки. Клеевые соединения могут работать в течение сотен часов при температуре 300°C, а также при криогенных температурах (ПБИ-1К, СП-6). Этими клеями можно склеивать коррозионно-стойкие стали, титановые сплавы, стеклопластики и различные композиционные материалы.

2. **Резиновые клеи** предназначены для склеивания резины с резиной и для крепления резины к металлу, стеклу и др. Резиновые клеи представляют собой растворы каучуков или резиновых смесей в органических растворителях. В состав клеев горячей вулканизации входит вулканизирующий агент. Склеивание проводят при температуре вулканизации 140÷150°C. Соединение получается прочным, подчас не уступающим прочности целого материала. Для увеличения адгезии вводят синтетические смолы (пример такой композиции клей 88 НП). Соединение получается достаточно прочное, стойкое к воздействию морской воды. Хорошей склеивающей способностью и стойкостью к действию масел и топлив обладают клеи 9М-35Ф, ФЭН-1 и др. В случае склеивания теплостойких резин на основе кремнийорганического каучука и приклеивания их к металлам применяют клеи КТ-15, КТ-30, МАС-1В. Их клеевые соединения могут работать при температурах от -60 до 200÷300°C.

Клей-герметик виксинт применяют для склеивания резин, стекла, полиимидной пленки, стеклянных тканей.

3. Неорганические клеи. Эти клеи являются высокотемпературными. Клеи (связки) могут быть в виде концентрированных водных растворов неорганических полимеров; в виде твердых порошков, которые сначала плавятся, а потом затвердевают, и в виде дисперсий. Последние затвердевают или вследствие химического воздействия порошка и жидкости (клей-цемент), или без химического взаимодействия при высыхании (клеи-пасты).

Фосфатные клеи являются растворами фосфатов. Часто в состав клеев вводят наполнители инертные или активные. Порошки металлов образуют аморфные кислые фосфаты. Клей АХФС (на алюмохромфосфатной связке) отверждается при различных температурах (от 20 до 250°C); имеет предел прочности $\sigma_b = 3 \div 10$ МПа, огнеупорность 1000÷1800°C, водо- и кислотостоек, обладает хорошей адгезией, применяется для склеивания различных металлов, графита и др.

Керамические клеи (фритты) являются тонкими суспензиями оксидов щелочных металлов (MgO, Al₂O₃, SiO₂ и др.) в воде. Такие клеи наносятся на склеиваемые поверхности, подсушиваются, а затем при небольшом давлении нагреваются до температуры плавления компонентов и выдерживаются в течение 15÷20 мин. Прочность соединения сохраняется при температуре 500÷1000°C.

Силикатные клеи. Жидкое стекло обладает клеящей способностью, им можно склеивать стекло, керамику, стекло с металлом, асбест. Алюмосиликатная связка (АСС) образует клеи, отверждающиеся при 120°C за 1÷2 ч. Клеями можно склеивать разнородные материалы (металлы, стекло, керамику). Прочность соединения металлов $\sigma_{сж} = 455 \div 1100$ МПа, $\sigma_b = 50 \div 150$ МПа [1, 10].

Физико-механические свойства конструкционных смоляных клеев представлены в таблице 5.10.

5.7. Герметики

Герметики применяют для уплотнения и герметизации клепаных, сварных и болтовых соединений, топливных отсеков, и баков, различных металлических конструкций, приборов, агрегатов. Физико-механические свойства герметиков представлены в таблице 5.11.

Тиоколовые герметики получают на основе полисульфидного кау-

чука. Сера, входящая в состав основной молекулярной цепи, сообщает пленке высокую газо- и паронепроницаемость. У них высокая адгезия к металлам, древесине, бетону. Они стойки к топливу и маслам (У-30М и УТ-31). Срок службы герметиков 25 лет. Их применяют в авиационной и автомобильной промышленности, в судостроении, для строительной техники.

Анаэробные герметики получают на основе полиакрилатов. При отверждении они не дают усадки и не требуют больших давлений. Пленки герметиков стойки к вибрации и ударам, они могут работать в агрессивных средах и при высоких давлениях, длительно – при температуре -200 до 200°C, кратковременно – до температуры 300°C. Прочность соединения при сдвиге 6÷17,5 МПа. Анаэробные герметики применяют для герметизации микродефектов в сварных соединениях, отливках, штампованных деталях, для контровки болтов, резьбовых соединений, герметизации трубопроводов и др. Недостатком этих герметиков является высокая стоимость.

Кремнийорганические герметики отличаются повышенной теплостойкостью. Представителями их являются виксинт и эластосил. Виксинт применяется для поверхностной герметизации металлических соединений, электро-, радиоаппаратуры, для внутришовных клепаных и сварных соединений; может работать при температуре от -60 до 250°C; стоек в различных климатических условиях; выдерживает вибрацию и удары. Эластосил применяется для герметизации металлов, органических и силикатных стекол, керамики, бетона; водо-, тепло-, атмосферостоек при температуре от -60 до 200°C, является диэлектриком.

Эпоксидные герметики могут быть холодного и горячего отверждения; работают в условиях тропической влажности, при вибрационных и ударных нагрузках; применяются для герметизации металлических и стеклопластиковых изделий (УП-5-197С применяется в судовых конструкциях, УП-6-103 – в шахтной аппаратуре, УП-5-105-2 – в электрорадиотехнических изделиях, УП-5-122АТ стоек к топливу и маслам). Герметики холодного отверждения могут длительно работать при температуре от -60 до 75°C, горячего отверждения при температуре от -60 до 140°C.

Фторкаучуковые герметики тепло-, масло-, топливостойки, работают в агрессивных средах (СКФ-260НМ, СКФ-260НМ-2). Их основой служат низко- и среднемолекулярные каучуки (Ф-4Д, СКФ-26 и др.), у них исключительно высокие герметизирующие свойства, кислото- и

паростойкость. Они негорючи и длительно могут работать при температуре 250°C, а при температуре 300°C 100÷200 ч. Недостатками этих герметиков являются неудовлетворительная морозостойкость (-22°C), хотя они не растрескиваются при температурах до -60°C. Кроме того, они нестойки к большинству тормозных жидкостей; недостаточно пластичны, имеют высокую стоимость. Основное применение фторкаучуковые герметики находят в автомобильной и авиационной промышленности.

Таблица 5.11

Физико-механические свойства герметиков

Герметик	Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа	Удлинение, %		Рабочая температура, °C	Рабочая среда
			относительное	остаточное		
Тиоколовый (У-30М)	1200÷1400	2,9÷3,4	300÷400	2÷10	-42÷130	Топливо, масло
Кремний-органический	1020÷1800	1,5÷4,5	150÷600	0÷10	-60÷300	Различные климатические условия
Фторкаучуковый	1600÷3200	7÷14	120÷450	20÷50	-20÷250	Топливо, масло, агрессивная среда
Эпоксидный	-	6÷55	-	-	60÷75	Тропическая атмосфера

Из **полиуретановых** герметиков применяют вилад – 13-2М, из полиэфирных – ПН-33, герметик холодного отверждения, используемый для герметизации металлических отливок. Имеет следующие свойства: $\sigma_{сж} = 12\div21$ МПа, $\sigma_{в} = 10\div15$, $a = 5\div10$ кДж/м² [1, 10].

5.8. Неорганическое стекло

5.8.1. Общие сведения

Неорганическое стекло следует рассматривать как особого вида

затвердевший раствор – сложный расплав высокой вязкости кислотных и основных оксидов (оксиды щелочных и щелочно-земельных металлов). Стеклообразное состояние является разновидностью аморфного состояния вещества. При переходе стекла из расплавленного жидкого состояния в твердое аморфное в процессе быстрого охлаждения и нарастания вязкости беспорядочная структура, свойственная жидкому состоянию, как бы «замораживается». Поэтому неорганические стекла характеризуются неупорядоченностью и неоднородностью внутреннего строения. Стеклообразующий каркас стекла представляет собой неправильную пространственную сетку, образованную кремнекислородными тетраэдрами. При частичном изоморфном замещении кремния в тетраэдрах алюминием или бором образуется структурная сетка алюмосиликатного или боросиликатного стекла. Большинство стекол имеет рыхлую структуру с внутренней неоднородностью и поверхностными дефектами.

Для получения неорганического стекла сплавляют различные комбинации стеклообразующих оксидов (кремния, бора, германия, мышьяка, фосфора), образующих структурную сетку, и модифицирующих оксиды натрия, калия, лития, кальция, магния, бария (используемые для изменения физико-химических свойств стекол), так как их введение разрывает прочные связи Si-O-Si и снижает прочность, термо- и химическую стойкость стекла, одновременно облегчая технологию его производства. Кроме того, в состав стекла вводят оксиды железа, алюминия, свинца, титана, бериллия и др., которые самостоятельно не образуют структурный каркас, но могут частично замещать стеклообразующие карбиды и этим сообщать стеклу нужные технические характеристики. Таким образом, промышленные стекла являются сложными многокомпонентными системами.

Классификация стекол:

а) в зависимости от химической природы стеклообразующего вещества:

- силикатные;
- алюмосиликатные;
- алюмофосфатные и др.
- боросиликатные;
- алюмоборосиликатные;

б) по содержанию модификаторов:

- щелочные;

- бесщелочные;
- кварцевые.
- в) по назначению:
 - технические (оптические, светотехнические, электротехнические, химико-лабораторные, приборные, трубные);
 - строительные (оконные, витринные, армированные, стеклоблоки);
 - бытовые (стеклотара, посудные, бытовые зеркала и т.п.).

Технические стекла выпускаются промышленностью в виде готовых изделий, заготовок или отдельных деталей [1, 23].

5.8.2. Общие свойства стекол

При нагреве стекло плавится в некотором температурном интервале, который зависит от состава. Для промышленных стекол температура стеклования t_c , ниже которой стекло приобретает хрупкость, $425\div 600^\circ\text{C}$, температура размягчения t_p лежит в пределах $600\div 800^\circ\text{C}$. В интервале температур между t_c и t_p стекла находятся в высоковязком пластическом состоянии. При температуре t_p $1000\div 1100^\circ\text{C}$ проводятся все технологические процессы переработки стекломассы в изделия. Свойства стекол, как и всех аморфных тел, изотропны. Плотность стекла колеблется от 2200 до 6500 $\text{кг}/\text{м}^3$ (для стекла с оксидами свинца или бария она может достигать 8000 $\text{кг}/\text{м}^3$).

Механические свойства стекол характеризуются высоким сопротивлением сжатию ($500\div 2000$ МПа), низким пределом прочности при растяжении ($30\div 90$ МПа) и изгибе ($50\div 150$ МПа). Модуль упругости высокий ($45\div 100$ МПа), коэффициент Пуассона $\mu = 0,184\div 0,26$. Твердость стекла часто определяется методом царапания по минералогической шкале Мооса и равна $5\div 7$ единицам (за 10 единиц принята твердость алмаза). Ударная вязкость стекла низкая ($1,5\div 2,5$ $\text{кДж}/\text{м}^2$), оно хрупкое. Более высокие механические свойства имеют стекла бесщелочного состава и кварцевые.

Важнейшими специфическими свойствами стекол являются их оптические свойства: светопрозрачность, отражение, рассеяние, поглощение и преломление света. Обычное неокрашенное листовое стекло пропускает до 90%, отражает примерно 8% и поглощает около 1% видимого и частично инфракрасного света; ультрафиолетовое излучение поглощается почти полностью. Кварцевое стекло является

прозрачным для ультрафиолетового излучения. Коэффициент преломления стекол составляет $1,47\div 1,96$, коэффициент рассеяния (дисперсии) $20\div 71$. Стекло с большим содержанием оксида свинца поглощает рентгеновское излучение.

Термостойкость стекла характеризует его долговечность в условиях разных изменений температуры. Она определяется разностью температур, которую стекло может выдержать без разрушения при его резком охлаждении в воде ($t = 0^\circ\text{C}$). Для большинства видов стекол термостойкость колеблется от 90 до 170°C , а для кварцевого стекла она составляет $800\div 1000^\circ\text{C}$. Химическая стойкость стекол зависит от образующих их компонентов: оксиды SiO_2 , ZrO_2 , TiO_2 , V_2O_5 , Al_2O_3 , CaO , MgO , ZnO обеспечивают высокую химическую стойкость, а оксиды Li_2O , Na_2O , K_2O , BaO , PbO снижают ее. Высокими показателями химической и термической стойкости обладает кварцевое стекло ($99,5\%\text{SiO}_2$). Коэффициент линейного расширения стекла составляет от $5,6\cdot 10^{-7} \text{ c}^{-1}$ (кварцевое) до $90\cdot 10^{-7} \text{ c}^{-1}$ (строительное), коэффициент теплопроводности $0,7\div 15 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$.

Для повышения механических свойств и термостойкости стекол в настоящее время используют различные методы их поверхностного упрочнения (поверхностного слоя); путем химической, термической (закалка) и термомеханической обработки. Для закалки стекло нагревают до $620\div 650^\circ\text{C}$, выдерживают при этой температуре, а затем быстро и равномерно охлаждают с двух сторон. При этом прочность на удар возрастает в $5\div 7$ раз, термическая стойкость – в $2\div 3$ раза, прочность стекла к нагрузкам – в $4\div 6$ раз. Химический метод упрочнения заключается в удалении методом травления дефектного слоя с трещинами [1, 23].

5.8.3. Применение технических стекол

Для остекления транспортных средств используют преимущественно триплексы, термопан и закаленные стекла. Оптические стекла, применяемые в оптических приборах и инструментах, подразделяют на **кроны**, отличающиеся малым преломлением, и **флинты** – с высоким содержанием оксида свинца и большими значениями коэффициента преломления. Тяжелые флинты не пропускают рентгеновское и γ -излучение. Светорассеивающие стекла содержат в своем составе фтор. Остекление кабин и помещений, где находятся пульта

управления дуговых печей, прокатных станов и подъемных кранов в литейных цехах, выполняется стеклами, содержащими оксиды железа и ванадия, которые поглощают около 70% инфракрасного излучения в интервале длин волн $0,7\div 3,0$ мкм. Кварцевое стекло вследствие высокой термической и химической стойкости применяют для изготовления тиглей, чаш, труб, наконечников, лабораторной посуды. Близкое по свойствам к кварцевому стеклу, но более технологическое кварцоподное (кремнеземное) стекло используют для электроколла, форм точного литья и т.д. Электропроводящие (полупроводниковые) стекла: халькогенидные и оксидные ванадиевые, находят широкое применение в качестве термисторов, фотосопротивлений [10].

5.8.4. Разновидности стекол

1. **Безосколочное стекло (триплекс).** Это комбинированное стекло, состоящее из нескольких слоев обычного и органического стекла. Эти слои склеивают. Применяются для остекления самолетов, автомашин, судов, а также приборов, работающих при повышенных температурах и давлениях.

2. **Пеностекло.** Его получают вспениванием расплавленного стекла при $700\div 900^\circ\text{C}$ путем введения газообразующих веществ (мела, угля, кокса). Пеностекло имеет малую плотность, его используют в качестве тепло- и звукоизоляционного материала, для изготовления фильтров, от которых требуется высокая химическая стойкость. (Применение 1 т пеностекла в строительстве позволяет экономить $85\div 90$ т красного кирпича).

3. **Теплозвукоизоляционные стекловолоконистые материалы** имеют рыхловолокнистую структуру с большим числом воздушных прослоек, волокна в них располагаются беспорядочно. Такая структура сообщает этим материалам малую объемную массу ($20\div 130$ кг/м³), низкую теплопроводность $0,030\div 0,0488$ Вт/м·К. Разновидностями стекловолоконистых материалов являются:

- **стекловата**, применение которой ограничено ее хрупкостью;
- **стекломаты** (АСИМ, АТИМС, АТМ-3), состоящие из стекловолокон, расположенных между двумя слоями стеклоткани или стеклотсетки, простеганной стеклонитками. Они применяются в интервале температур $-60\div 600^\circ\text{C}$;
- **плиты** – материалы, вырабатываемые из короткого волокна и

синтетических смол, их коэффициент звукопоглощения при частоте 200÷800 Гц равен 0,5, а при частоте 8000 Гц – 0,65.

Стекловату, маты, плиты применяют для теплозвукоизоляции кабин самолетов, кузовов автомашин, железнодорожных вагонов, электровозов, корпусов судов, в холодильной технике. Ими изолируют различные трубопроводы, автоклавы и т.д.

4. Стеклокристаллические материалы (ситаллы). Термин «ситаллы» образован от слов: стекло и кристаллы. Стекла – аморфны, ситаллы же получают путем введения в стекла катализаторов (нуклеаторы), способствующих созданию центров кристаллизации. Ситалловые изделия получают также порошковым методом спекания. По структуре и технологии получения ситаллы занимают промежуточное положение между обычным стеклом и керамикой. Отличаются от стекла не только составом, но и кристаллическим строением, а от керамических материалов – более мелкозернистой и однородной микрокристаллической структурой. Ситаллы имеют высокую твердость, термостойкость (до 700÷800°C) и химическую устойчивость. Из ситаллов изготавливают обтекатели управляемых снарядов, поршни и цилиндры двигателей внутреннего сгорания, обоймы подшипников для работы без смазки при температурах до 540°C, а также футеровочные плиты, работающие на истирание.

Причина ценных свойств ситаллов заключается в исключительной мелкозернистости, почти идеальной поликристаллической структуре. Свойства ситаллов изотропны. Большая абразивная стойкость делает их малочувствительными к поверхностным дефектам. Плотность ситаллов 2400÷2950 кг/м³, $\sigma_{изг} = 70\div560$, $\sigma_{в} = 112\div161$, $\sigma_{сж} = 700\div2000$ МПа, модуль упругости 84÷141 ГПа. Прочность ситалла зависит от температуры: до температуры 700÷780°C его прочность уменьшается незначительно, при более высоких температурах быстро падает. Ударная вязкость ситаллов выше, чем ударная вязкость стекла (4,5÷10,5 кДж/м²), однако они относятся к хрупким материалам. Твердость их приближается к твердости закаленной стали (микротвердость 7000÷10500 МПа). Ситаллы весьма износостойки, коэффициент трения 0,07÷0,19. Жаропрочность ситаллов под нагрузкой составляет 800÷1200°C. Максимальная температура размягчения $t_{разм} = 1250\div1350$ °C. Термостойкость высокая 500÷900°C. Коэффициент линейного расширения $(7\div300)\cdot 10^{-7}$ с⁻¹. По теплостойкости ситаллы превосходят стекла (2÷7 Вт/м·К). Обладают высокой химической стой-

костью к кислотам и щелочам, не окисляются даже при высоких температурах. Они газонепроницаемы и имеют нулевое водопоглощение. Являются хорошими диэлектриками.

Ситаллы подразделяют на:

- **фотоситаллы** – получают из стекол литиевой системы с нуклеаторами (коллоидными красителями). Фотохимический процесс протекает при облучении стекла ультрафиолетовыми или рентгеновскими лучами, при этом внешний вид стекла не изменяется. Процесс кристаллизации происходит при повторном нагревании изделия;
- **термоситаллы** получают из стекол систем $MgO-Al_2O_3-SiO_2$, $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ и др. с добавкой TiO_2 , FeS и т.п. нуклеаторов. Кристаллическая структура ситаллов создается только в результате повторной термической обработки предварительно отформованных изделий. Содержание кристаллической фазы $30\div 95\%$. По внешнему виду ситаллы могут быть непрозрачными и прозрачными (количество стеклофазы до 40%);
- **шлакоситаллы** получают на основе доменных шлаков и катализаторов (сульфаты, порошки железа и др.). Для усиления ситаллизации вводятся соединения фтора.

Применение ситаллов определяется их свойствами. Из ситаллов изготавливают подшипники, детали для двигателей внутреннего сгорания, трубы для химической промышленности, оболочки вакуумных электронных приборов, детали радиоэлектроники. Ситаллы используются в качестве жаростойких покрытий для защиты металлов от воздействия высоких температур. Их применяют в производстве текстильных машин, абразивов для шлифования, фильер для вытягивания синтетических волокон, лопасти воздушных компрессоров, сопла реактивных двигателей, точных калибров и оснований металлорежущих станков [1, 6].

5.9. Керамические материалы

5.9.1. Общие сведения

Керамика – неорганический материал, получаемый из отформованных минеральных масс в процессе высокотемпературного обжига. В результате отжига ($1200\div 2500^\circ C$) формируется структура материала

(спекание), и изделие приобретает необходимые физико-механические свойства.

Техническая керамика включает искусственно синтезированные керамические материалы различного химического и фазового состава; она обладает специфическими комплексами свойств. Такая керамика содержит минимальное количество или совсем не содержит глины. Основными компонентами технической керамики являются оксиды и бескислородные соединения металлов. Любой керамический материал является многофазной системой. В керамике могут присутствовать фазы:

- **кристаллическая**, представляющая собой определенные химические соединения или твердые растворы. Эта фаза составляет основу керамики и определяет значения механической прочности, термостойкости и других ее основных свойств;
- **стекловидная**, находящаяся в керамике в виде прослоек стекла, связывающих кристаллическую фазу. Обычно керамика содержит 1÷10% стеклофазы, которая снижает механическую прочность и ухудшает тепловые показатели. Однако стеклообразующие компоненты (глинистые вещества) облегчают технологию изготовления изделий;
- **газовая**, представляющая собой газы, находящиеся в порах керамики; по этой фазе керамику подразделяют на плотную, без открытых пор и пористую. Наличие даже закрытых пор нежелательно, так как снижается механическая прочность материала [1, 10].

5.9.2. Керамика на основе чистых оксидов

В производстве оксидной керамики используют в основном следующие оксиды: Al_2O_3 (корунд), ZrO_2 , MgO , CaO , BeO , ThO_2 , UO_2 . Структура керамики однофазная поликристаллическая. Температура плавления чистых оксидов превышает $2000^\circ C$, поэтому их относят к классу высокоогнеупоров. С повышением температуры прочность керамики понижается. При использовании материалов в области высоких температур важным свойством является окисляемость. Керамика из чистых оксидов не подвержена процессу окисления. Как и для других неорганических материалов, оксидная керамика обладает высокой прочностью при сжатии по сравнению с прочностью при растяжении

или при изгибе.

Керамика на основе Al_2O_3 (корундовая) обладает высокой прочностью, которая сохраняется при высоких температурах, химически стойка, отличный диэлектрик. Термическая стойкость корунда невысокая. Изделия из него широко применяют во многих областях техники: резцы, используемые при больших скоростях резания, калибры, фильеры для протяжки стальной проволоки, детали высокотемпературных печей, подшипники печных конвейеров, детали насосов, свечи зажигания в двигателях внутреннего сгорания. Керамику с плотной структурой используют в качестве вакуумной, пористую – как теплоизоляционный материал. В корундовых тиглях проводят плавление различных металлов, оксидов, шлаков.

Особенностью **оксида циркония (ZrO_2)** является слабокислотная или инертная природа, низкий коэффициент теплопроводности. Рекомендуемые температуры применения керамики из ZrO_2 – 2000÷2200°C. Она используется для изготовления огнеупорных тиглей для плавки металлов и сплавов, как тепловая изоляция печей, аппаратов и реакторов, в качестве покрытия на металлах для защиты последних от действия высоких температур.

Керамика на основе оксидов магния и кальция стойка к действию основных шлаков различных металлов, в том числе и щелочных. Термическая стойкость низкая. Ее применяют для изготовления тиглей, кроме того, MgO используют для футеровки печей, пирометрической аппаратуры и т.д.

Керамика на основе оксида бериллия отличается высокой теплопроводностью, что сообщает ей высокую термостойкость. Прочностные свойства материала невысокие. Оксид бериллия обладает способностью рассеивать ионизирующее излучение высоких энергий, имеет высокий коэффициент замедления тепловых нейтронов, применяется для изготовления тиглей для плавки некоторых чистых металлов, в качестве вакуумной керамики в ядерных реакторах.

Керамика на основе оксидов тория и урана имеет высокую температуру плавления, но обладает высокой плотностью и радиоактивна. Эти виды керамики применяют для изготовления тиглей для плавки родия, платины, иридия и других металлов, в конструкциях электропечей (ThO_2), для тепловыделяющих элементов в энергетических реакторах (UO_2). Свойства керамики на основе чистых оксидов приведены в таблице 5.12, свойства бескислородной керамики – в таблице 5.13 [1, 10].

Свойства керамики на основе чистых оксидов

Оксиды	Температура плавления, °С	Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа			Модуль упругости, МПа	Твердость по Моосу	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^{-6}, \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	Удельное сопротивление, Ом·см	Стойкость к тепловому удару	Стойкость к эрозии
			$\sigma_{\text{раст}}$	$\sigma_{\text{изг}}$	$\sigma_{\text{сж}}$							
Al ₂ O ₃	2050	3990	260	150	3000	382	9	8,4	36,2±6,08 (100÷1600°С)	1016	Высокая	Высокая
ZrO ₂	2700	5600	150	230	2100	172	7÷8	7,7	1,95±2,44 (100÷1600°С)	104 (1000°С)	Низкая	То же
BeO	2580	3020	100	130	800	310	9	10,6	218,6±151,1 (100÷1600°С)	1014	Высокая	Средняя
MgO	2800	3580	100	110	1400	214	5÷6	15,6	34,4±6,57 (100÷1600°С)	1015	Низкая	То же
CaO	2570	3350	-	80	-	-	4÷5	13,8	13,8±8,37 (100÷1600°С)	1014	То же	То же
ThO ₂	3050	9690	100	-	1500	140	7	10,2	10,4±3,34 (100÷1600°С)	1013	То же	Высокая
UO ₂	2760	10960	-	-	980	164,5	6	10,5	9,8±3,4 (100÷1600°С)	103 (800°С)	-	-

Примечание: в скобках указана температура испытания

Таблица 5.13

Свойства бескислородной керамики

Оксиды	Температура плавления, °С	Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа			Модуль упругости, МПа	Твердость по Моосу	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, с ⁻¹	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К
			$\sigma_{\text{раст}}$	$\sigma_{\text{изг}}$	$\sigma_{\text{сж}}$				
Карбид кремния SiC	2600	3200	155	-	2250	394	9,2÷9,5	16,7 (200÷1400)	
Дибриды титана TiB ₂	2980	4520	140	246	1350	-	-	-	
Дибриды циркония ZrB ₂	3040	6080	-	-	-	-	6,88	-	
Нитрид бора BN «белый графит»	2350	2340	50÷110 0,7÷1 (1000)	50÷110	500÷600	8,65 (25); 1,16 (1000)	1÷2	15÷12,3 (300÷1000)	
Нитрид кремния Si ₃ N ₄	1780÷1820	3200	-	160	-	317	-	30	
Дисилицид молибдена MoSi ₂	2030	6240	281 (980)	473 (980)	1130 (20); 340 (1400)	430	-	8,3 48,5 (900)	

Примечание: в скобках указана температура применения, °С

5.9.3. Бескислородная керамика

К тугоплавким бескислородным соединениям относятся соединения элементов с углеродом (карбиды), бором (бориды), азотом (нитриды), кремнием (силициды) и серой (сульфиды). Эти соединения отличаются высокими огнеупорностью ($2500\div 3500^{\circ}\text{C}$), твердостью (иногда как у алмаза) и износостойкостью по отношению к агрессивным средам. Материалы обладают высокой хрупкостью. Сопротивление окислению при высоких температурах (окалиностойкость) карбидов и боридов составляет $900\div 1000^{\circ}\text{C}$, несколько ниже оно у нитридов. Силициды могут выдерживать температуру до $1300\div 1700^{\circ}\text{C}$ (на поверхности образуется пленка кремнезема).

Карбиды. Карборунд (SiC) обладает высокой жаростойкостью ($1500\div 1600^{\circ}\text{C}$), высокой твердостью, устойчивостью к кислотам и не-устойчивостью к щелочам; применяется в качестве нагревательных стержней, защитных покрытий графита и в качестве абразива.

Бориды. Эти соединения обладают металлическими свойствами, их электропроводность очень высокая. Они износостойки, тверды, стойки к окислению. Используются для изготовления термопар, работающих при температуре свыше 2000°C в агрессивных средах, труб, емкостей, тиглей. Покрытия из боридов повышают твердость, химическую стойкость и износостойкость изделий.

Нитриды. Неметаллические нитриды являются высокотемпературными материалами, имеют низкие теплопроводность и электропроводимость. При обычной температуре это изоляторы, а при высоких температурах – полупроводники. Твердость и прочность этих нитридов меньше, чем твердость и прочность карбидов и боридов. В вакууме при высоких температурах они разлагаются. Стойки к окислению, действию металлических расплавов.

Нитрид бора $\alpha\text{-BN}$ – «белый графит» – имеет гексагональную, графитоподобную структуру. Это мягкий порошок, стойкий к нейтральной и восстановительной атмосфере, используется как огнестойкий смазочный материал, изделия из него термостойки. Хороший диэлектрик при 1800°C в бескислородной среде. Применяется в качестве материала обтекателей антенн и электронного оборудования летательных аппаратов. Другой модификацией является $\beta\text{-BN}$ – алмазоподобный нитрид бора с кубической структурой, называемый эльбором. Его получают при высоком давлении и температуре 1360°C в

присутствии катализатора. Плотность эльбора 3450 кг/м^3 , температура плавления 3000°C . Он является заменителем алмаза, стоек к окислению до 2000°C (алмаз начинает окисляться при температуре 800°C).

Нитрид кремния (Si_3N_4) более других нитридов устойчив на воздухе и в окислительной атмосфере до 1600°C . По удельной прочности при высоких температурах превосходит все конструкционные материалы, а по стоимости дешевле жаропрочных сплавов в несколько раз. Нитрид кремния является прочным, износостойким, жаропрочным материалом. Он применяется в двигателях внутреннего сгорания (головки блока цилиндров, поршни и др.), стоек к коррозии и эрозии, не боится перегрева теплонагруженных деталей.

Силициды отличаются от карбидов и боридов полупроводниковыми свойствами, окислительностью, они стойки к действию кислот и щелочей. Их можно применять при температуре $1300\text{--}1700^\circ\text{C}$, при 1000°C они не реагируют с расплавленным свинцом, оловом и натрием. Используются наиболее широко в качестве стабильного электронагревателя в печах при температуре 1700°C в течение нескольких тысяч часов. Из силицидов изготавливают лопатки газовых турбин, сопловые вкладыши двигателей; используют как твердый смазочный материал для подшипников, защитных покрытий от высокотемпературного окисления для изделий из тугоплавких металлов.

Сульфиды. Из сульфидов нашел практическое применение только дисульфид молибдена (MoS_2), имеющий высокие антифрикционные свойства. Его применяют в качестве сухого вакуумстойкого смазочного материала. Рабочие температуры на воздухе от -150 до 435°C , в вакууме до 1100°C , в инертной среде до 1540°C . Электропроводен, немагнитен, стоек к радиации, воде, инертным маслам и кислотам (кроме крепких HCl , HNO_3) и царской водке. При температуре выше 400°C начинается процесс окисления с образованием оксидной пленки, а при 592°C образуется MoO_3 , являющийся абразивом [1].

5.10. Древесные материалы

Древесина является волокнистым материалом, поэтому часто в изделиях комбинируют продольные слои с поперечными, что существенно повышает прочность изделий из этого материала.

Достоинства древесины: малая плотность (легкие породы – сосна, ель, липа, осина, ольха; тяжелые – дуб, граб, лиственница, груша, сам-

шит), достаточно высокая удельная прочность, хорошее сопротивление ударным и вибрационным нагрузкам, низкий температурный коэффициент теплового расширения (в 2÷3 раза меньше, чем у стали), высокая стойкость к ряду кислот, солей и масел. Древесина обладает отличными технологическими свойствами – хорошо обрабатывается на станках, склеивается, соединяется гвоздями и шурупами. К недостаткам древесины следует отнести ее высокую водопоглощаемость, изменяющую размеры, форму и прочность изделий, а также склонность к загниванию, отсутствие огнестойкости. Для защиты древесины от загнивания изделия покрывают лакокрасочными и пластмассовыми покрытиями.

Древесину широко используют в машиностроении (борта и пол автомобилей, некоторые конструкции в вагонах, подшипники и др.). Особенно важно применение в машиностроении древесины для оснастки модельных отливок. В пищевой промышленности древесину используют в качестве тары.

Особенно широко древесина применяется в строительстве и производстве строительных конструкций (оконные рамы, дверные блоки, полы, перекрытия, стропила). Иногда некоторые породы (лиственницу) применяют для изготовления свайных фундаментов, например, в Венеции.

Виды древесных материалов:

- **фанера** – листовый материал, получаемый склейкой листов древесного шпона. Толщина фанеры изменяется от 1 до 12 мм, более толстые клееные конструкции называются плитами. Водостойкость фанеры зависит от применяемого клея (фанера ФСФ на фенолформальдегидном клее обладает повышенной водостойкостью, фанера ФК на карбамидном клее и ФБА на альбумино-казеиновом клее обладают средней водостойкостью, фанера ФБ на белковых клеях – ограниченной водостойкостью).
- **прессованная древесина** получается прессованием нагретых в пресс-формах древесных заготовок. Прочность прессованных материалов возрастает примерно в 2 раза при растяжении, а при изгибе им сжатии – в 3 раза. Их ударная вязкость составляет 60÷80 кДж/м². Такую древесину используют как заменитель металла из нее изготавливают подшипники, втулки, челноки и другие детали [23].

5.11. Лакокрасочные и вспомогательные материалы

5.11.1. Лакокрасочные материалы

В качестве защитных и декоративных покрытий металлических и неметаллических деталей и изделий применяют лакокрасочные материалы. Некоторые лакокрасочные материалы (лаки, олифы) образуют при высыхании прозрачные пленки, а другие (краски, эмали) – непрозрачные. Лакокрасочные покрытия придают поверхности блеск, цвет, рисунок и, кроме того, защищают поверхность от разрушения, происходящего под воздействием атмосферы.

Лаками называют растворы смолы в спирте, применяемые для придания изделиям блеска. Лаки бывают летучие, быстросохнущие, медленно сохнущие, черные, светлые, жирными, средними, тощими.

Спиртовые лаковые пленки обладают большей твердостью по сравнению с пленками из масляных лаков, но зато меньшей эластичностью, хуже противостоят воздействию воды и легко подвергаются полировке.

Достоинства: простота их нанесения на изделия любой формы, отсутствие вредного воздействия на изделия, невысокая стоимость. Лакокрасочными материалами называют жидкие вещества, обладающие способностью затвердевать («высыхать»), образуя на поверхности покрытого предмета тонкую пленку, прочно связанную с изделием.

Эмали и шпаклевки обладают большой водостойкостью и химической устойчивостью. Еще большей стойкостью обладает лак с добавлением резиновой меламиновой смолы [23].

5.11.2. Вспомогательные материалы

Различают следующие виды вспомогательных материалов:

- смазочные вещества применяются для увеличения срока службы трущихся частей машин и понижения коэффициента трения;
- охлаждающие жидкости используются для облегчения обработки металлов резанием;
- кожа предназначена для различного рода прокладок, уплотнительных колец, тормозных муфт и приводных ремней. Обладает пористостью, высокой механической прочностью, высокой воздухо-, паро- и водопроницаемостью и низкой теплопроводностью.

- стью. Хорошо работает в условиях многократных изгибов;
- асбест относится к группе волокнистых материалов, обладает хорошей огнестойкостью, прочностью на разрыв, малой электро- и теплопроводностью, эластичностью, кислотощелочеустойчивостью. Используется для изготовления тормозных и транспортных ремней, тканей костюмов рабочих горячих цехов;
 - текстильные (пряжа, вата, ленты, шнуры, веревки, войлок и т.п.) используются во многих отраслях промышленности в качестве теплозвукоизоляции, амортизирующих подушек, уплотнительных прокладок, набивок, фильтров и др.;
 - бумажные (картон) применяются для электроизоляции в качестве упаковочных материалов и прокладок;
 - склеивающие используют для соединения отдельных частей изделий. Склеивание упрощает процесс сборки, обеспечивает гладкость поверхностей, исключает применение заклепок, болтов. Прочность конструкций при этом увеличивается и в несколько раз превосходит прочность клепаных и сварных соединений.

К универсальным клеям относится карбонильный клей, который используется для склеивания металлов, древесины, пластмасс, мрамора, слюды, фетра, стекла, резины, текстиля и других материалов [23].

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение – М.: Машиностроение, 1990. – 428 с.
2. Гуляев В.П. Металловедение – М.: «Металлургия», 1978. – 648 с.
3. Государственные стандарты союза ССР «Сталь качественная и высококачественная. Сортовой и фасонный прокат. Калиброванная сталь» – М.: Издательство стандартов, части 1, 2, 1990.
4. Гольдштейн М.И. и др. Специальные стали / М.И. Гольдштейн, С.В.Грачев, Ю.Г.Векслер. – М.: «Металлургия», 1985. – 408 с.
5. Тылкин М.А. Справочник термиста ремонтной службы – М.: «Металлургия», 1981. – 648 с.
6. Технология металлов / Б.В.Кнорозов, Л.Ф.Усова, А.В.Третьяков, И.А.Арутюнова и др. Изд. 2-е / Под ред. Б.В.Кнорозова. – М.: «Металлургия», 1978. – 904 с.
7. Илькун В.И., Дамуллина Е.Р. Выбор машиностроительных материалов при детализации сборочных чертежей (дидактический материал при решении производственно-технических задач) – Алма-Ата: Республиканский издательский кабинет МНО и ССО КазССР, 1989. – 59 с.
8. Булыгина С.М., Канаев А.Т. Физика и физические свойства металлов и сплавов. – Алматы: издание РИК по учебной и методической литературе, 1999. – 118 с.
9. Епифанов Г.И. Физика твердого тела – М.: «Высшая школа», 1977. – 288 с.
10. Материаловедение и технология металлов. Под ред. Г.П.Фетисова – М.: «Высшая школа», 2005. – 862 с.
11. Илькун В.И. и др. Конструкционные материалы для деталей машин. В 2-х книгах. Книга 1 «Физико-механические характеристики и технология изготовления для деталей машин». Под общ. ред. В.И.Илькуна – Караганда: АО «Карагандинская полиграфия», 2009. – 512 с.
12. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства. Изд. 2-е – М.: «Машиностроение», 1976. – 560 с.
13. Зорчев С.Н., Кузьминцев В.Н. Технический контроль поковок – М.: «Высшая школа», 1987. – 167 с.
14. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник в двух томах под ред. М.В. Сторожева. Т. 1. изд. 2-е – М.: «Машиностроение». 1967. – 448 с.
15. Ковка и штамповка. Справочник в 4-х томах / Ред. совет Е.И.Семенов (пред.) и др. – М.: «Машиностроение». 1985. – Т. 1 Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка / Под. ред. Е.И.Семенова. 1985. – 568 с.

16. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник в двух томах под ред. М.В. Сторожева. Т. 2. изд. 2-е – М.: «Машиностроение». 1967. – 448 с.
17. Ковка и штамповка. Справочник в 4-х томах / Ред. совет Е.И.Семенов (пред.) и др. – М.: «Машиностроение». 1987. – Т. 3 Холодная объемная штамповка / Под. ред. Г.А.Навроцкого. 1987. – 598 с.
18. Технология металлов и других конструкционных материалов / М.А.Барановский, Е.И.Вербицкий, А.М.Дмитрович, Н.Г.Интяков и др. Изд. 2-е. Под ред. М.А. Барановского. – Минск: «Вышэйшая школа», 1973. – 528 с.
19. Зотов В.Ф. Производство проката – М.: «ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ», 2000. – 352 с.
20. Чугун. Справочник под ред. А.Д.Шермана – М.: «Металлургия», 1991. – 635 с.
21. Гиршович Н.Г. Справочник по чугунному литью. 3-е изд. – Л.: «Машиностроение», 1978. – 758 с.
22. Осинцев О.Е., Федоров В.Н. Медь и медные сплавы – М.: «Металлургия», 2004. – 543 с.
23. Травин О.В., Травина Н.Е. Материаловедение – М.: «Металлургия», 1989. – 384 с.

**Илькун Владимир Иванович
Ульева Гульнара Анатольевна**

**МАТЕРИАЛТАНУ ЖӘНЕ
ӨНЕРКӘСІПТІ БҰЙЫМДАРҒА АРНАЛҒАН
КОНСТРУКЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР**

1 бөлім

ISBN (общ.)
ISBN (I часть)

Компьютерде беттеген және мұқаба дизайнін жасаған – **Любовицкая Ольга**

Басуға 2017 жылы қол қойылды.
Форматы 60x84 1/16. Көлемі 18,5 баспа табақ.
Times гарнитурасы. Офсеттік басылым.
Тапсырыс № ____. Тиражы – 1000 дана.

«Бастау» баспасы
Мемлекеттік лицензия – № 0000036
ҚР Білім және ғылым министрлігі.
ҚР Ұлттық мемлекеттік кітап палатасының
халықаралық код беру туралы №155 –
978-601-281 сертификаты.
Қазақстан Республикасы Ұлттық бизнес-рейтингінің
«Лидер отрасли – 2015» ұлттық сертификаты.
Алматы қаласы, Сейфуллин даңғылы, 458/460-95.
Тел.: 279 49 53, 279 97 32.

«Полиграфсервис» баспаханасында басылды (тел.: 233 32 53).
Алматы қаласы, 050050, Зеленая көшесі, 13-а.

