

И. НОСИРОВ

# МАТЕРИАЛШУНОСЛИК

Ўзбекистон республикаси олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги техника олий ўқув юртлари талабаларига ўқув қўлланма сифатида тавсия этган

ЎЗБЕКНИҲ АҚИТУВЧИ 1993

Мазкур қўлланма техника олий ўқув юртлари талабаларига мўлжалланган. Унда материалшунослик фани ва назариясига доир маълумотлар берилган. Металлар, қотишмалар ва металл бўлмаган материалларнинг хоссалари ҳамда уларга ишлов бериш натижасида хосса ўзгаришлари аниқ мисоллар билан кўрсатилган.

Тақризчилар: проф. В. А. Мирбобоев ва доц. С. А. Алимов

НОСИРОВ ИЛҲОМ

МАТЕРИАЛШУНОСЛИК

Олий ўқув юртлари учун  
ўқув қўлланма

Тошкент —«Ўқитувчи»— 1994

Нашриёт муҳаррири *Раҳима Аслонова*  
Бадний муҳаррир *Фарҳод Некқадимбоев*  
Техн. муҳаррир *Шоира Бобохонова*  
Мусахҳиҳ *Мақсуда Минаҳмедова*

ИБ № 6089

Теризга берилди 3.02.93. Босишга руҳсат этилди 7.01.94. Формати 60×90<sup>1/16</sup>.  
Кегли 10 шпонсиз. Адабий гарнитураси. Юқори босма усулида босилди. Шартли б. л.  
14,5. Шартли кр.-отг. 14,70. Нашр. л. 15,49. Тиражи 3000. Буюртма № 2327.

«Ўқитувчи» нашриёти. Тошкент, Навоий кўчаси, 30. Шартнома № 11—153—92.

Ўзбекистон Республикаси Матбуот давлат қўмитаси 1-босмахонасида босилди. 700002.  
Сарбон кўчаси, 1-Берк кўча, 2-уй. 1994.

Н 2604000000—159  
353 (04)—93 101—93

© «Ўқитувчи» нашриёти, 1994.

ISBN 5—645—01924—5.

## СУЗ БОШИ

Кейинги йилларда фан-техника тараққиёти муносабати билан саноатнинг барча тармоқлари, айниқса оғир саноат ва машинасозлик саноати ривожланиб бормоқда. Саноатнинг ривожланиши арзон, пухта, ишлатиш қулай бўлган янгидан-янги материалларни излаб топиш, материалларнинг хоссаларини яхши билган ҳолда уларни зарурий йўналишда ўзгартирish технологиясини ишлаб чиқишни тақозо этади.

Бу вазифаларни ҳал этиш учун техника олий ўқув рида талабаларга «Материалшунослик» фанини пухта ўргатиш, уларнинг «Материалшунослик» фанидан чуқур ва атрофлича билим олишларини таъминлаш зарур. Шу соҳада ўзбек тилида дарслик ва қўлланмаларнинг етишмаслиги талабаларнинг пухта билим олишларини маълум даражада қийинлаштирмоқда. Ана шуларни эътиборга олган ҳолда муаллиф ўзининг Тошкент автомобиль ва йўллар институтида кўп йиллар давомида ўқиган маъруза ва иш тажрибалари асосида ушбу ўқув қўлланмани яратишга жазм этди.

Қўлланма техника олий ўқув юртлари талабаларига мўлжалланган мавжуд дастур асосида ёзилган бўлиб, у металл, металлмас ва композицион материалларга онд маълумотларни тез ичига олган. Унда материалларнинг хоссалари, тузилиши ва ишлатилиш хусусиятлари имкони борича тўлиқ ёритишга ҳаракат қилинган. Дозим бўлган жойларда чиқиндиларсиз технологияни жорий қилиш, аτροφ-муҳитни муҳофаза қилиш масалаларига ҳам эътибор берилди. Иложи борича, атамаларнинг ўзбекча муқобилидан фойдаланилди, лекин айрим жойларда тушунарли бўлиши учун халқаро варианты ҳам берилди.

Муаллиф қўлланма қўлёзмасини кўриб чиқиб, ўзларининг фойдали-танқидий фикр-мулоҳазаларини билдирган Тошкент автомобиль ва йўллар институтининг «Материалшунослик ва конструкцион материаллар» кафедрасининг ходимларига, Тошкент давлат техника дорилфунунининг ўқитувчилари — проф. В. А. Мирбобоев ва доц. С. А. Алимовларга ўзининг самимий миннатдорчилигини билдиради. Қўлланма ҳақидаги барча фикр-мулоҳазаларни мамнуният билан қабул қилади.

*Муаллиф*

## 1-б о б. МАТЕРИАЛШУНОСЛИК АСОСЛАРИ

### 1. МАТЕРИАЛ ҲАҚИДА ТУШУНЧА

Инсонлар ўз фаолиятида моддаларни ишлаб чиқариш маҳсулоти деб қарайдилар. Моддалар аслида эса материянинг маълум бир барқарор массага эга бўлган бўлагидир. Ана шундай моддий дунёни техникада «материал» деб аташ қабул қилинган. Демак, материаллар меҳнат жараёнининг маҳсули бўлиб, ундан инсоният ўз талабларини қондирадиган буюмлар яшашда фойдаланади. Материаллар ишлаб чиқаришда бирламчи восита ҳисобланади. Материал бўлмаса, саноат жараёнлари ҳам бўлмайди. Масалан, мис (материал) ишлаб чиқариш учун рудалар (мис рудалари) қазиб олиниши керак. Хомашё материалларни олиш учун ҳам меҳнат сарфланади, яъни рудалар қазиб олиниб, қайта ишлаш учун руда бойитиладиган комбинатларга юборилади. Сўнгра бойитилган рудалардан мис олинади. Мисдан эса турли хил буюмлар ишлаб чиқарилади. Мис олишда руда хомашё материал бўлса, буюм ишлаб чиқаришда миснинг ўзи хомашё материал ҳисобланади. Меҳнат жараёни шуни кўрсатадики, сифат жиҳатидан барча хомашёларни икки турга бўлиш мумкин. Бирламчи хомашё ёки биринчи бор материални ҳосил қилиш учун ишлатиладиган модда. Лекин ана шу бирламчи материални ҳосил қилиш учун ҳамма вақт ҳам танланган хомашё 100 фоиз сарфланмайди, яъни унинг маълум қисми чиқиндига айланиши мумкин. Ана шу чиқиндилар ҳам бошқа буюмларни ишлаб чиқариш учун хомашё, яъни иккиламчи хомашё бўлиши мумкин. Масалан, ёғочнинг қайта ишланишидан чиққан қиринди (иккиламчи хомашё) мебель саноатида ишлатилади.

Буюмлар ишлаб чиқариш учун материаллар билан бир қаторда ярим фабрикатлар ҳам ишлатилиши мумкин. Ярим фабрикат деганда қайта ишланган, лекин ҳали тайёр буюм ҳолига келтирилмаган материал тушунилади. Буюм олиш учун материални, яъни ярим фабрикатни қайта ишлаш яна давом эттирилиши керак. Демак, бир ишлаб чиқаришда тайёрланган материал (маҳсулот) бошқа ишлаб чиқариш учун ярим фабрикат ҳисобланади.

### 2. МАТЕРИАЛШУНОСЛИҚ ФАНИ

Материалнинг техникага яроқлилиги унинг тузилишига боғлиқдир. Материалнинг тузилиши деганда, унинг бир бутунлигини таъминловчи, яъни ташқи ва ички таъсирларга фаол қар-

шилиқ кўрсатувчи ички боғланишлар тушунилади. Ана шу ички боғланишларга мувофиқ материалнинг хоссалари ҳам ўзгариши мумкин. Демак, материалларнинг хоссалари уларни бир-бири билан солиштиргандагина ажратиш мумкин бўлган фалсафий тушунчадир. Бу тушунча миқдор ва сифат ўзгаришларни ўз ичига олади.

Материалнинг таркиби, тузилиши ҳамда хоссалари ўртасидаги амалий боғланишларни ўрганадиган фан материалшунослик деб аталади. Материалнинг таркиби деганда шу материалнинг қандай кимёвий элементлардан тузилганлиги тушунилади. Кундалиқ турмушимизда қўлланиладиган материаллар аксарияти биргина кимёвий элементдан иборат бўлмай, кўп элементларнинг мажмуи ёки бирикмасидан иборат. Материалнинг тузилиши тушунчаси анча кенг маънодаги тушунча бўлиб, кўз ёки оддий лупа билан кўриб бўладиган макротузилиш, махсус (500—2000 марта катта қилиб кўрсатадиган) оптик асбоблар — металломикроскоплар ёрдамида ўрганиладиган микроструктура ҳамда 100 000 марта катта қилиб кўрсатадиган электрон микроскопларда ёки рентген нурлари таъсир эттириш билан кузатиладиган супмикроскопик структураларни ўз ичига олади. Материалнинг хоссалари деганда, унинг кимёвий, физик ва механик хоссалари тушунилади.

Илгари материал қандай кўринишда бўлса, одамлар уни шундайлигича ишлатганлар. У вақтда улар ҳали материалнинг тузилиши ҳақидаги тушунчага эга эмас эдилар. Кейинчалик материал хоссаси билан унинг ички тузилиши ўртасидаги боғланишни ўрганишга ўтилди. Шундан кейингина буюмларнинг ишлатилиш шароитига қараб материаллар хоссаларини бошқариш имкониятига эга бўлинди. Материалнинг хоссалари ҳамда ундан тайёрланган буюмларнинг ишлатилиш шароитини билган ҳолда унинг чидамлилиги ва узоқ муддат ишлай олишини олдиндан ҳисоблаб аниқлаш мумкин бўлади.

Кимё, физика, механика каби фанларнинг муваффақияти натижасида материалларнинг ички тузилишлари ўрганила бошланди. Материалшунослик фанининг кейинги тараққиёти ҳам шу фанларнинг эришган ютуқларига боғлиқдир. Кейинги йилларда фан-техника тараққиёти натижасида янгидан-янги материаллар яратилмоқда, ишлаб чиқаришнинг янада самарали усуллари кашф этилмоқда. Иккинчи томондан, материалшунослик фанининг муваффақияти структурани яхшилаш, буюмларнинг конструкцияларини ясашда материалларни қайта ишлашнинг самарали усулларини кашф этиш ҳамда уни такомиллаштиришдир. Хомашёни қайта ишлаб, унинг ҳолати, тури ёки шаклини ўзгартириш ҳамда материал, ярим фабрика ёки буюм ясаш жараёнлари технологик жараён деб аталади. Буюмларнинг мўлжалланган муддатда муваффақиятли ишлай олиши ана шу технологик жараённинг қанчалик тўғри ва самарали бажарилишига, материалнинг тўғри танланишига боғлиқ.

дир. Материалшунослик фани машина ва механизмларни инсон манфаати учун ишлатишда материал хоссаларини бошқаришнинг илмий-назарий асосини ташкил қилади.

Ишлаб чиқаришнинг ҳажми ортиб борган сари атроф-муҳитнинг ифлослиниб заҳарланиши материалларнинг ишлаб шариоитларини оғирлаштириб бормоқда, унга қўйиладиган талаблар ҳам ортиб бормоқда. Табиат маҳсулотларини кўпроқ янсон манфаатига бўйсундириш, атроф-муҳитни муҳофаза қилишда илмий асосларга таяниш, ҳосил бўлаётган иккиламчи хомашёни зарарсизлантирибгина қолмай, балки улардан янги материал ва буюмлар ишлаб чиқариш лозим. Чиқиндисиз тўлиқ технологик жараёни топиш ва уни амалга ошириш эндиликда ҳам иқтисодий, ҳам ижтимоий аҳамиятга эга.

### **3. МАТЕРИАЛШУНОСЛИК ФАНИНИНГ РИВОЖЛАНИШ ТАРИХИДАН ҚИСҚАЧА МАЪЛУМОТ**

Тараққиётнинг дастлабки — тош, бронза ва ниҳоят темир даврларида ҳар бир даврнинг ўзига яраша материаллари пайдо бўлиб, давр мезонини белгилаган. Инсонлар даставвал тош ва суюк материалларни макон ва қурол учун ишлатганлар. Тошни қайта ишлаб қурол ясаганлар. Бу қуролларни аввал сувчун ишлатган бўлсалар, кейинчалик тошдан ерни қайта ишлайдиган қуроллар, яъни ишлаб чиқариш воситаларини ясаганлар. Натижада аста-секин ёғочни, терини ва қум-тупроқни (лойни) қайта ишлаш — сопол саноати яратила борди. Сопол саноатининг тараққиёти борган сари касб буюмларини ишлаб чиқаришга имкон яратди. Бронза даврига келиб, тош қуролларнинг аҳамияти йўқола бошлади ва металлургия саноати вужудга кела бошлади. Металл қотишмаларнинг таркибини ўзгартириш орқали унинг хоссаларини бошқариш мумкинлиги маълум бўлди ва бу жараён амалиётда қўлланила борди. Темир даврига келиб, мавжуд бўлган ишлаб чиқариш кучлари тараққиётга тўсқинлик қилиб қолди. Осиёда, Урта ер денгизи атрофида, Хитой территорияларида илк бор металлларни қайта ишлайдиган корхоналар вужудга келди.

Сув ва ҳаводан фойдаланиш материалшунослик саноатида янги тараққиётни очди. Темир эритиб тозалашда пуфлаш учун ҳаводан фойдаланиш эса суюқлантирилган металллар температурасини ошириш имконини берди. Натижада металл қўшимчалардан тўла тозаланиб, унинг сифати яхшиланади. Металл ишлаб чиқаришда писта кўмир ўрнига коксланадиган кўмирдан фойдаланиш эса давр талаби — ишлаб чиқаришни кескин ошириш натижасида вужудга келди. Қокслаш технологиясининг кашф этилиши металлургия саноатини тез ривожлантирди.

Пўлат олишнинг янги-янги усуллари кашф этилди. Англияда аввал Г. Бессемер (1856), сўнгра С. Томас (1878), Францияда

эса П. Мартен (1864) каби ихтирочилар пўлат олишининг янги усулларини яратишди.

...XVIII аср охири XIX аср бошларига келиб машинасозлик жуда тараққий этиб кетди. Бу эса металлларни кўплаб ишлаб чиқаришни талаб қиларди. Материалларни ишлаб чиқариш даражасини ошириш бу соҳадаги олдинги амалий ютуқларни умумийлаштириш ҳамда бу соҳа учун янги илмий асослар яратишни талаб қилди. Натижада XIX асрга келиб, материалшунослик машинасозликдаги махсус фанга айланиб қолди. Материалшуносликнинг фан сифатида такомиллашишига талантли рус олими ва ихтирочиси Д. К. Черновнинг (1839—1921) фазалар ўзгариши ҳақидаги назарияси жуда катта туртки бўлди. Бу фаннинг ривожланишига яна А. Ледебурнинг (немис олими) металллар структураси тушунчаси, инглиз физиклари Ф. Лавес ҳамда В. Юм-Розерининг янги типдаги фазаларни кашф этиши ҳам таъсир қилди. Металлшунослик фанининг шу даврдаги тараққиётига тадқиқотнинг янги (инструментал) усулларининг кашф этилиши ҳам таъсир қилди, масалан, рентген нурларининг кристалл тузилишини ўрганишга қўлланилиши ҳамда металл тузилишининг металломикроскоп (металлография) усуллари кашф этилди. Кўп изланишлар натижасида кристалланиш ҳамда жисмлардаги гетероген мувозанат назариялари яратилди.

Ички ёнув двигателларининг кашф этилиши, шунингдек автомобиль саноати, темир йўл транспорти ҳамда ҳаво флотининг тараққиёти материаллар хоссаларини яхшилаш, уни қайта ишлаш саноатини такомиллаштиришни тақозо этди. Натижада такомиллашган домна печлар, пўлат эритиладиган мартен печлари барпо этилди, саноат миқёсида прокатланган ярим фабрикат ҳамда материаллар кўплаб ишлаб чиқила бошланди. Пўлатларни пайвандлаш мумкин эканлигини Н. Н. Бенардос ва Н. Г. Славянов илмий асосда исботлаб берди. Икки электрод ўртасида ёй ҳосил қилиш кашфиёти эндиликда одамлар манфаати учун ишлатила бошланди.

Рус олими А. М. Бутлеров 1881 йили оламшумул кашфиётни амалга оширди. Жисмларнинг кимёвий тузилиш назариясини кашф этди. Кейинчалик Бутлеровнинг бу назарияси асосида қуйи молекулали органик кимёвий моддалардан полимерлар олиш мумкинлиги исботланди. 1909 йилда С. В. Лебедев хоссалари жиҳатидан табиий каучукка ўхшаш сунъий каучукни синтез қилиб олди. Ҳозирги вақтда техникани сунъий каучуксиз тасаввур қилишимиз қийин. Шундай қилиб, машинасозликда ишлатиладиган металл материаллар ҳукмдорлиги тугади, улар билан бирга сунъий материаллар ҳам ишлатила бошланди.

Асримизнинг 40-йилларига келиб, илмий техника жуда ривожланиб кетди, материалшунослик фани катта ютуқларга эришди. Бу даврда бир қатор материаллар кашф этилди. Юқори ўтказувчанликка эга бўлган янги материаллар, ярим ўтказ-

гичлар, сунъий олмос ҳамда углерод асосидаги бошқа материаллар кашф қилинди.

Домна печларида содир бўлаётган оксидланиш-қайтарилиш жараёналари натижаларини тўлиқ ҳисобга олишнинг кашф этилиши билан материалларнинг тузилиши ва технологик жараён ҳақидаги билим янада бойиди. Бу эса материалшунослик саноатининг янада ривожланишига сабаб бўлди. Бизнинг мамлакатда суюқ металлни тўхтовсиз қўйиш технологияси, пўлат ишлаб чиқаришнинг кислотродли конвентер усули амалда қўлланила бошланди. Турли ферроқотишмаларни олиш, пўлат эритишнинг электрометаллургия усулларида фойдаланиш пўлат сифатининггина ошириб қолмай, балки жуда кўп турдаги легирланган пўлатларни олиш имконини туғдирди. Материаллар мустаҳкамлигини оширишнинг янги усуллари кашф қилинди. Термик ишлов таъсирида пластик деформацияланиш, яъни термомеханик ишлов усули, коррозиябардош, оловбардош ҳамда махсус магнит хоссаларига эга бўлган, ҳаттоки аввалги маълум геометрик формаларини «эсида» сақлаб қола оладиган қотишмалар кашф этилди. П. А. Ребиндер (1898—1972) томонидан кашф қилинган, юза активлигини оширувчи моддаларнинг қаттиқ юзага молекуляр таъсир этиш механизми эса янги интенсиз технологияларни яратишга асос солди.

Янги турдаги полимерларни синтез қилиш билан бир қаторда, уларни қайта ишлаш технологияси ҳам такомиллашиб борди. Айниқса, полимер материалларнинг иссиқликка чидамлигини ошириш, хоссаларини барқарорлаштириш устида катта ишлар олиб борилди. Натижада иссиқбардош полимерларни синтез қилиш технологияси, полимерларни ҳам металл материалларга ўхшаш модификациялаш усули яратилди.

Ҳозирги илмий-техника тараққиёти пухта ва энгил материалларни ишлаб чиқаришни тақозо этади. Шунинг учун материалшунослик фани олдига қўйилган янги вазифа турли компонентлардан иборат бўлган композицион материалларни ишлаб чиқаришнинг илмий асосларини яратишдан иборат. Чунки машина механизмларининг янги конструкциялари олдида уларда қўлланилган материалнинг солиштирама оғирлигини камайтириш, тезликни ошириш, ишлаб чиқариш жараёнининг экологик тозаллигини таъминлаш, конструкциянинг ишлаш муддатини ошириш каби талаблар қўйилмоқда.

Ишқаланиш жуфтлари машина ва механизмларнинг жуда муҳим қисми бўлиб, уларнинг ишлаш сифати ва муддатини белгилайди. Шу сабабли материалнинг ишқаланиб емирилишини камайтириш муҳим вазифадир. Кейинги пайтда шу муаммо устида икки йўналишда иш олиб борилмоқда. Биринчи йўналиш ишқаланиш коэффициентини кичик ва ейилишга чидамли янги композицион материаллар ва конструкцияларни яратиш бўлса, иккинчи йўналиш ишқаланиш жуфтларининг ишлаш



жараёнида юзаларда содир бўладиган мураккаб физик-кимёвий жараёнларни илмий асосда чуқур ўрганишдир.

Бизда 1956 йили ишқаланиш жуфтларининг юзаларида молекулаларининг танлаб сараланиши натижасида ишқаланиш жуфтларидаги емирилишнинг йўқолиш имкониятини туғдирадиган кашфиёт қилинди. Бироз кейинроқ эса материалларни вакуумда радиация таъсирида бомбардимон қилиш натижасида унинг ишқаланиш коэффициентини энг паст даражада бўлишига олиб келадиган кашфиётлар ҳам қилинди. Бундай кашфиётлар, умуман олганда, машина ва механизмларнинг емирилиши натижасида кўриладиган жуда катта зарарнинг олдини олиш имкониятини беради.

Космос материалшунослигидаги муҳим масалалардан бири космос шароитида материаллар хоссаларининг барқарорлигини таъминлашдан иборатдир. Материалшуносликда пайдо бўлган янги йўналишлардан бири космос материалшунослигидир. Бу йўналишга биринчи бўлиб, рус олимлари С. П. Королёв (1906—1966) ҳамда А. Т. Туманов (1909—1976) лар асос солишди.

Шундай қилиб, материалшунослик фани ўз тарихига эга бўлди, нисбатан қисқа вақт ичида жуда кўп турдаги материаллар бунёд этилди, энг муҳими, машинасозликнинг ажралмас қисми бўлган материалшунослик дастури вужудга келди.

#### 4. МАТЕРИАЛШУНОСЛИКДАГИ МУАММОЛАР

Маълумки, ҳар вақт янги техника намунасини яратиш учун ишлатиладиган материаллар илм-фаннинг энг охириг ютуқларига асосланиб танланади, яъни энг янги материаллар ишлатилади. Янги яратилган машиналар, албатта юқори ишчи босимда ишлатилиши, катта тезликларга эга бўлиши ҳамда катта температураларга чидай олиши керак. Бу кўрсаткичлар эски намуна кўрсаткичлари билан солиштирилиб, машинанинг солиштира қуввати белгиланади. Демак, бу кўрсаткичларнинг юқори даражада бўлиши материалшунослик фанининг ютуғидир.

Ҳозирги замон машиналари материалларни биринчи навбатда юқори мустаҳкамликка эга бўлишини тақозо қилади. XX асрга келиб материалларнинг мустаҳкамлиги қарийб 8—10 баробар ортди. Ҳозирги кундаги энг мустаҳкам материалларнинг емирилиши учун  $10^3$  МПа зўриқиш (кучланиш) керак бўлади. Баъзи лаборатория ишларида қўлланиладиган монокристалларнинг емирилиши учун, ҳаттоки  $10^4$  МПа кучланиш талаб этилади. Ҳозирги замон фани олдидаги муаммолардан бири амалда ишлатилаётган юқори мустаҳкамликка эга бўлган материалларнинг пухталигини янада ошириш, иқтисодий жиҳатдан уларнинг таннархини камайтиришдан иборат.

Ҳаддан ташқари қаттиқ материаллар — борид, карбид, сульфид олмосларни ишлаб чиқариш ва уларни қўллаш саноати

нинг имкониятига ва техник жиҳатдан такомиллашганига боғлиқ бўлади. Бундай материаллар жуда катта қаттиқликка эга бўлиш билан бир қаторда, мўрт бўлганликлари сабабли, уларни қайта ишлаш бирмунча қийинчилик туғдиради. Шунинг учун бундай материалларни саноат миқёсида қайта ишлаш ҳамда қайта ишлашнинг технологик жиҳатдан такомиллашган ва самарали усулларини топиш муаммоси ҳам бор.

Материалнинг самарадорлиги машинасозликда масса ўлчов бирлигига тўғри келадиган машинанинг қуввати ёки унинг унумдорлиги билан белгиланади. Демак, машинасозликка қўйилаётган янги талаб машина ва механизмларнинг қувватини, унумдорлигини ошириш ҳамда улар учун ишлатиладиган материалларнинг пухта ва енгил бўлишига эришишдир. Масалан, кейинги пайтда олинган магний ҳамда литий қотишмалари ана шундай талабларга жавоб беради. Шундай материаллардан яратилган бир хил массали конструкцияларнинг деформацияга қаршилиги пўлат ёки титандан ясалган конструкцияларнинг қаршилигидан устун туради. Газ билан тўйинтирилган баъзи материаллар ҳозирги замон техникаси бўлмиш авиация ва космик кемаларда жуда қўл келмоқда. Шунинг учун авиация ва космик техника учун бундай материалларни етказиб бериш муҳим муаммолардан биридир.

Техникада баъзи материаллар олдинги геометрик шаклини «эслаб қолиш» самарадорлигига эга. Масалан, пластик деформация натижасида ўз шаклини ўзгартирган конструкция вақт ўтиши билан қиздирилса, яна олдинги шаклига қайтади. Металлларнинг бундай хоссалари тиббиётнинг жарроҳлик соҳасида, айниқса космик кемаларда жуда муҳим аҳамиятга эга. Масалан, титан асосидаги қотишмалардан қуёш нури таъсирида ишлайдиган космик антенналар тайёрланади. Металл қотишмаларнинг илгари маълум бўлмаган хоссаларини кашф этиш техника муаммоларидан биридир.

Реактив двигателларнинг борган сари кўп қўлланиши материалшунослик фани олдига юқори кучланиш ва катта температурага чидай оладиган материалларни яратиш муаммосини қўймоқда. Лекин шундай материаллар яратишнинг қўлланиб келинаётган усули, яъни темир, никель, алюминий ва бошқа металллар асосидаги қотишмаларни ҳосил қилиш имкониятлари чегараланиб қолди, чунки двигатель деталларининг ишлаш шароитлари, ана шу элементларнинг суюқланиш температурасига яқинлашиб қолди. Масалан, кўпинча пўлатнинг ишлаш температураси 750—800°C, никель қотишмаларники эса 1100°C дан ошмайди. Яқин вақтларгача металлларнинг юқори температурага нисбатан кам мустаҳкамлиги янги двигатель конструкцияларини яратишга тўсқинлик қилиб келарди, чунки конструкция материалининг ишлай олиши турбинадаги газ температурасига боғлиқ. Бу муаммонинг ҳал этилиши материал структурасидаги доначаларнинг майда бўлишига боғлиқ. Чунки

структурадаги дончалар (кристаллитлар) жуда майда ва шакли ихчам бўлган материалнинг мустаҳкамлиги 1,5 баробар катта бўлиши мумкин. Масалан, материалларнинг кристалланиш жараёнини катта тезликда олиб бориш орқали ўлчами бугдой ёки шар шаклига яқин микротузилишли донача (гранула) олинади. Бу материаллар юқори мустаҳкамликка эга бўлади.

Ички ёнув двигателларининг қувватини ошириш ишчи температуранинг ошишига олиб келади. Ишчи температурани ошириш эса конструкция материалининг юқори температурага чидамлилигига боғлиқ. Шунинг учун ички ёнув двигателларда сополдан фойдаланиш муаммоси пайдо бўлмоқда. Аммо ҳамма муаммо материалнинг юқори температурада ишлай олишида ҳам эмас. Техникада баъзи жабҳалар борки, технологик жараён жуда паст температурада боради. Материаллар эса паст температурада жуда мўрт бўлади. Масалан, криоген техникада жараён — 150°С дан паст температурада боради. Шунинг учун газлар, масалан, кислород ва азотни ажратиб олиш ҳамда уларни суюқ фазага келтириш каби жараёнлар ҳам муаммодир. Бундай материалларни яратиш энергетика саноати ва ярим ўтказгич материаллар тараққиётига боғлиқ. Энергетикада ўта ўтказувчан соленоидлар, электр машиналарнинг ўрамлари электр ўтказувчан материаллардан тайёрланади. Бу соҳанинг келажак материалларидан ўта ўтказувчан трансформаторлар, электр тармоқлари ва термоядро реакцияларидаги ёруғлик дастасини (плазmani) ушлаб қола оладиган кучли магнитлар тайёрланади.

Техникада тоза металлдан кўра унинг мураккаб қотишмалари муҳим аҳамиятга эга. Шунинг учун «техник тоза» ёки «кимёвий тоза» металллар кўпроқ махсус изланнишларни олиб бориш мақсадида лабораторияларда ишлатилади. Лекин кейинги пайтда техниканинг баъзи соҳаларида металлларнинг тозаллиги жуда катта аҳамиятга эга бўлиб қолди. Масалан, кимёвий тозалликка эга бўлган темир ёки рух элементларнинг коррозияга чидамлилиги юқори эканлиги маълум бўлиб қолди. Кейинги вақтда атом ёқилғининг тозаллиги талаб қилинадиган бўлди. Масалан, уран таркибидаги қўшилма элементларнинг миқдори 10<sup>-5</sup>% дан ошмаслиги керак. Ярим ўтказгичлар техникасида ҳам материалларнинг тозаллигига катта аҳамият берилмоқда. Электроника саноатининг баъзи соҳалари ва космос техникасида ҳам материалнинг тозаллиги жуда юқори даражада бўлиши керак. Илмий-техниканинг кейинги тараққиётига қўйиладиган техник талаблар яна ҳам ортиб боради. Техник ҳамда иқтисодий талабларнинг ортиб бориши ҳамда ер юзи ва ер ости ҳомашёларнинг чегараланганлиги туфайли мустаҳкамлиги юқори бўлган янги-янги материалларни ишлаб чиқариш технологиясини топиш ва уни ўзгартириш вазифаси пайдо бўлади. Бунинг учун биринчи навбатда мавжуд материалларга ўзга қўшимчаларни қўшиш ҳамда асосий материал элементини

у билан ҳеч қандай боғланишда бўлмаган зўриқтирувчи элементлар билан бойитиш, яъни композицион материалларни синтез қилиш каби муҳим аҳамиятга эга бўлган ишларни ба- жариш лозим. Композицион материаллар машина ва меха- низмларнинг узоқ ишлаши ҳамда техник-экономик кўрсаткич- ларини оширибгина қолмай, балки ишлаб чиқариш жараёнини ҳам такомиллаштириши мумкин. Аммо композицион материал- ларнинг кўплаб ишлаб чиқарилиши муҳим муаммоларни ҳам туғдириши мумкин. Масалан, баъзи композицион материаллар- ни ишлаб чиқариш инсон саломатлигига катта зарар келтира- ди, атроф-муҳитни заҳарлайди, яъни янги экологик муаммо- ларни келтириб чиқаради. Лекин композицион материаллардан оқилона фойдаланиб, улардан энг катта фойда олиш материалшунослик фанининг муҳим вазифаларидан биридир.

Материалларни емирилишдан, айниқса коррозия таъсирида емирилишдан ҳимоя қилиш асосий муаммо бўлиб қолмоқда. Ишлаб чиқаришнинг кенгайиб бориши натижасида атроф-му- ҳитнинг кимёвий таъсири жуда ортиб кетди. Емирилган маш- на қисмларини тиклаш учун катта маблағ сарф этилмоқда. Материалларнинг ишлаш жараёнидаги тузилиш (структура) ўзгариши қонуниятлари ҳамда унинг оқибатини ўрганиш хос- саларнинг турғунлигига эришиш имкониятини беради. Демак, ишлаш муддатини аниқроқ белгилаш имконияти яратилади.

Юқорида келтирилган қисқа маълумотлардан кўриниб ту- рибдики, материалшунослик фанининг ютуқлари олдида турган муаммолар илмий-техника тараққиёти учун муҳим аҳа- миятга эгадир.

## **2-606. МАТЕРИАЛЛАРНИНГ ТАРҚИБИ ВА ТУЗИЛИШИ**

Моддаларнинг таркиби ва тузилиши кенг маънодаги тушун- ча бўлиб, материалларнинг хоссаларини белгилайди. Материал- ларнинг таркиби ва тузилиши ҳақидаги билим уларни ишла- тишда ва қайта ишлашда рўй бераётган жараёнларни тушунишга ва оқибат натижада материалларни техникада қўллашнинг илмий асосларини яратишга олиб келади. Мате- риал таркибининг тузилиши материалда содир бўлаётган ҳоди- са ва жараёнларнинг барқарорлиги, яъни атом ва молекула тузилиши ёки атомлар орасидаги боғланишларнинг тури каби тушунчаларни ҳам ўз ичига олади.

Д. И. Менделеев даврий жадвалидаги кўпчилик элементлар металллардир. Шунинг учун ҳам материалшунослик фанида металлларга катта ўрин ажратилган.

Умуман олганда металл ва металл бўлмаган элементлар орасидаги принципиал фарқни аниқлаш анча қийин. Бир эле- ментнинг бир модификацияси металл бўлса, иккинчи модифи- кацияси металл бўлмаслиги мумкин (масалан, оқ ҳамда кул- ранг қалай). Лекин шуни айтиш керакки, металл бирикмалари

ва қотишмалари кўпинча кристалл тузилишга эга. Баъзан металл бирикмалари металлмас хоссаларига эга бўлиши мумкин (масалан, MgSn). Металлларнинг металлмас хоссаларга эга бўлган элементлар билан ҳосил қилган бирикмаси металлмас бирикма ёки қотишмани ҳосил қилади, дейиш ҳам нотўғридир. Масалан, металлларнинг водород, углерод, азот билан ҳосил қилган бирикмалари металл хоссаларига эгадир.

## 1. МЕТАЛЛ БОҒЛАНИШ

Элементларнинг ўзаро таъсирлашуви натижасида ҳосил бўладиган металл ёки металл бўлмаган бирикмаларнинг ҳосил бўлиши уларнинг атомлари орасидаги боғланишга боғлиқ бўлади. Жисмларни бир бутун қилиб турувчи куч ҳам ана шу атомлар орасидаги боғланишнинг турига боғлиқдир. Металларда учрайдиган боғланишлар тури металл боғланиш дейилади. Металл боғланиш металллар атомларидаги эркин электронлар ҳисобига вужудга келади.

Металл боғланишларда атомлар бир-бирига яқинлашганда уларнинг ташқи қаватидаги электронлари биргина атомга тегишли бўлмасдан, балки қўшни атомларга ҳам тегишли бўлиб, қўшни атомларнинг электронлари билан бирга электрон булутларини ҳосил қилади. Бу ҳолатдаги боғланиш энергияси мусбат зарядланган ион билан манфий зарядланган электрон булути орасидаги электростатик тортишиш кучи билан белгиланади. Боғланишнинг махсус тури бўлган металл боғланиш материалнинг кўпчилик хоссаларини вужудга келтиради (масалан, юқори электр ўтказувчанлик ва иссиқлик ўтказувчанлик).

Маълумки, ҳар қандай жисм фазода энг кам потенциал энергияга эга бўлишга ҳаракат қилади, яъни маълум шароит учун мувозанатга интилади. Шунингдек, мавжуд маълум боғланишларнинг ҳамма турлари (ион боғланиш, молекуляр боғланиш, ковалент ва металл боғланиш)да ҳам атомлар бир-бирига нисбатан потенциал энергия энг кам бўлган масофани эгаллашга ҳаракат қиладилар.

Материалдаги бир хил атомларнинг кимёвий жиҳатдан фарқи бўлмаганлиги учун кўп сондаги атомлар потенциал энергия энг кам ҳолатни эгаллайди, яъни тугунларида атомлар ётган кристалл панжарани ҳосил қилади. Демак, реал материалларнинг хоссалари кристалл панжаранинг турларига боғлиқ бўлади.

## 2. МЕТАЛЛЛАРНИНГ КРИСТАЛЛ ТУЗИЛИШИ ВА КРИСТАЛЛ ПАНЖАРА ХОССАЛАРИ

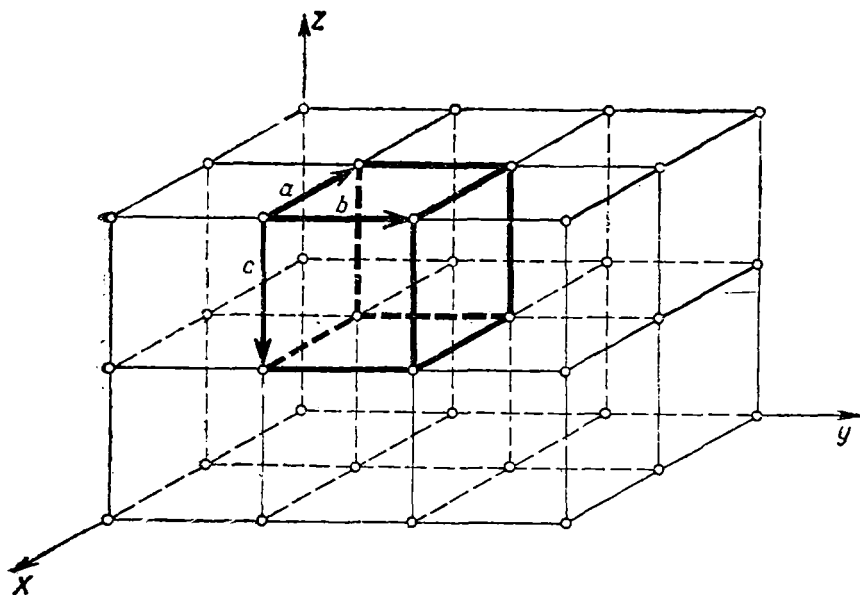
Материалнинг кристалл тузилишини оддий кўз билан аниқласа бўлади. Металлдан бирор намуна олиб, унинг юзасини яхшилаб жилвирласак, йирик доначаларни кўришимиз мум-

кин. Бу доначалар ёруғлик нурины қайтариш хоссасига эга бўлса, қаттиқ жисм кристалл тузилишга эга экан деган хулосага келиш мумкин. Лекин ҳар қандай қаттиқ жисм кристалл жисм бўлавермайди.

Қаттиқ жисмдаги заррачаларнинг ўзаро таъсир энергияси даражасини иссиқлик таъсиридаги атомларнинг ҳаракат энергиясига солиштириш мумкин. Аммо бу энергия заррачаларни парчалаш учун сарф қилинадиган энергиядан анча кам. Шунинг учун қаттиқ жисмдаги заррачаларни бир-бирига кучли таъсир этувчи заррачалар деб қаралади. Қаттиқ жисмнинг физик ва механик хоссалари ана шу заррачаларнинг жисмда ўзаро фазовий жойлашишига боғлиқ бўлади.

Кристалл жисм деб заррачаларнинг жисмда фазовий жойлашининг маълум бир геометрик тартибига айтилади. Одатда бундай жойлашиш аниқ симметрияга эга бўлиш билан бир қаторда кўп қиррали жисмни эслатади. Аслида ана шу қирраларнинг кесилган жойи (жисмнинг учи) атомларнинг жойлашиш ўрнини кўрсатади. Демак, кристалллар учта ўлчамда жойлашган атомлар тартиби бўлиб, мувозанат шаронтида тўғри симметрияга эга бўлган кўп қиррали жисмдир. Кристалл жисмда заррачаларнинг (атом, кон еки молекула) уч ўлчам бўйича донмий такрорланиши (қайтарилиши) натижасида кристалл панжара (ёки кристалл тўр) ҳосил бўлади. Кристалл панжарада заррачаларнинг ўзаро тортишиш ва итарилиш мувозанатни сақланади, бунда ички потенциал энергия ана шу мувозанатни сақлаш учун керак бўлган энг кам қийматга эга бўляли. Заррачаларнинг кристалл жисмдаги бундай жойлашиш тартиби юзлаб, минглаб кристалл панжара даври сифатида қайтарилиши мумкин.

Материалларнинг кристалл тузилиши ҳақидаги тушунчани элементар кристалл катак (ячейка) орқали ифодалаш осон. Элементар катак деганда атом кристалл тузилишининг энг кичик қисми тушунилиб, ана шу катакни уч ўлчам бўйича кўп мартаб қайтарилиши натижасида жисмнинг фазовий кристалл панжараси ҳосил бўлади (1-расм). Элементар кристалл панжараларнинг қирралари, одатда а, б, с билан белгиланади ва бу кўрсаткичлар кристалл даврини белгилайди ёки қайтарилиш (узатиш) вектори деб ҳам аталади. Ана шу элементар катакчани характерлаш учун яна координацион сон, атомлар жойлашининг зичлик коэффиценти деган тушунчалар ҳам киритилган. Кристалл жисмларда кристалл панжаранинг турлари атомларнинг ўзаро жойлашишига қараб ҳар хил бўлади. Кристалл катакчанинг тури координацион сон тушунчаси билан ифодаланади. Кристалл панжарада энг яқин бир хил масофада турган атомлар сонига шу кристалл панжаранинг координацион сони деб аталади ва у ҳарфлар билан белгиланади. Масалан, оддий куб катакнинг координацион сони 6 га тенг бўлиб, К6, марказлашган куб катакчаники К8, ёқлари марказ-



1-расм. Кристалл панжаранинг энг кичик катакчаси (элементар ячейкаси).

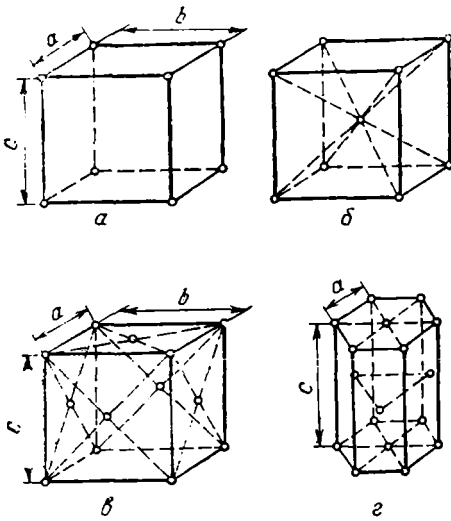
лашган куб катакниги эса  $K12$ , атомлари зич жойлашган гексагонал катакниги  $\Gamma12$  ва шунингдек, оддий тетрагонал катакниги  $T6$  деб белгиланади. Куб катакчанинг ўлчамлари қиймати атом ўлчамлари қиймати билан белгиланади, бундай ўлчов бирлиги нанометр (нм) деб аталади (1-жадвал).

Кристалл панжара турлари 14 та бўлса ҳам, кўпчилик металллар учун 4 та турдаги элементар катакча, яъни оддий, марказлашган ҳамда ёқлари марказлашган куб катакчалар ва гексагонал катакча (2-расм) турлари кўп учрайди.

Металлларнинг кристалл панжара тури аниқ бўлса, атомларининг ўлчамларини ҳисоблаш билан аниқлаш мумкин. Масалан,  $K8$  кристалл панжара учун  $d = a \cdot \sqrt{3}/2$  бўлса,  $K12$  кристалл панжара учун эса  $d = a \cdot \sqrt{2}/3$  бўлади.

1-жадвал. Баъзи металлларнинг элементар катакча ўлчамлари

Атом катакчанинг тури	Металлар	Элементар панжара қирралари ўлчами, нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ см}$ )
K6	Fe	$a = b = c; a = 28606$
K8	Cr	$a = b = c; a = 0,28788$
K12	Ni	$a = b = c; a = 0,35165$
$\Gamma12$	$Ti_z$	$a = 0,2951; c = 0,4679;$ $c/a = 1,5873$



2-расм. Металларда учрайдиган элементар катокча турлари:

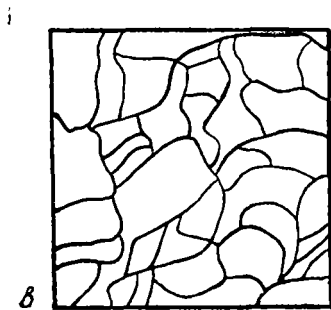
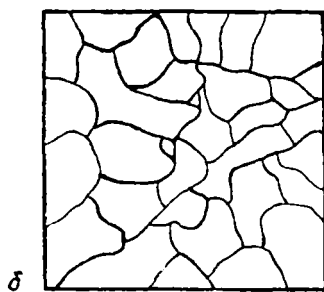
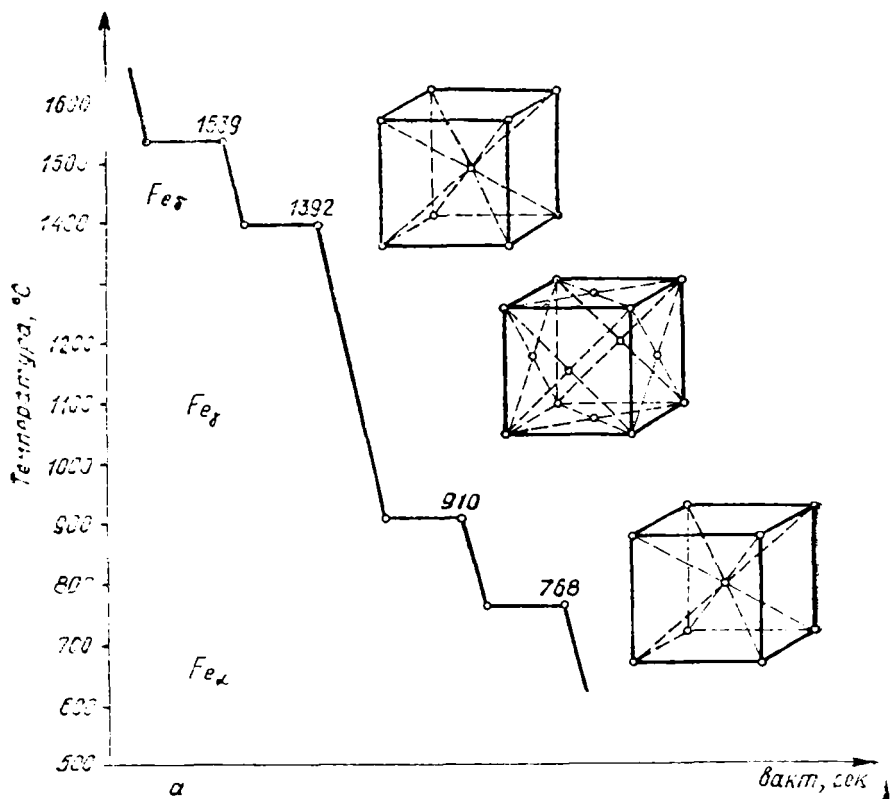
а — б — катокча; б — ёқлари марказлашган катокча; в — ёқлари марказлашган катокча; г — ёқлари марказлашган катокча.

Кристалл панжара хусусиятини белгилайдиган яна бир муҳим ўлчам бор. Ҳар бир элементар катокчага тўғри келадиган атомлар сони. Масалан, К8 кристалл панжара тугунчаларида 8 та атом бўлиб, бу атомларнинг ҳар бири 8 та яна шунақа элементар катокчага тегишлидир (фазола). Демак, ҳар бир элементар катокчага бир атомгина тўғри келади. Лекин К8 ячейканинг ўртаси (маркази) да турган атом шу элементар катокчанинг ўзигагина тегишли эканлигини ҳисобга олсак, ҳар бир элементар кристалл катокчага тўғри келадиган атомлар сони 2 га тенг

Юқориди айтганимиздек, кристалл панжаранинг ҳар хил турларининг мавжудлиги жисмнинг энг кам ички потенциал энергияга эга бўлиши, шу шароитда жисмнинг маълум бир турғунликка эга эканлигини ифодалайди. Маълум шароитда кўп элементлар К8 элементар катокча шаклида бўлади, қолган элементлар эса Г6 ёки К12 кўринишда бўлади. Лекин кристалл панжара турғун бўлган шароитда температура оралиғи ёки мавжуд шароит ўзгарса, янги турғун шароитга мос бўлган кристалл панжара тури ҳам ўзгаради. Масалан, биргина темир элементи шароитга қараб, К8 ва К12 ёки кобальт элементи К12 ва Г6 кристалл панжараларга эга бўлиши мумкин. Шунга ўхшаш марганец, қалай, титан каби кўплаб металлларни келтириш мумкинки, улар бир неча типдаги элементар катокча турига эга.

Биргина кимёвий элементнинг шароитга қараб, бир неча элементар кристалл панжара турларига эга бўлиши металллардаги полиморфизм ёки аллотропик шакл ўзгариши деб аталади. Кристалл панжаранинг бир турдан иккинчи бир турга ўтиши жараёни металллардаги полиморф ўзгариши деб аталади. Металлардаги полиморф ўзгариши изотермик (температура ўзгармасдан содир бўладиган) жараён бўлиб, у иссиқлик чиқа-





3- расм. Темирнинг полиморф ўзгариш эгри чизиги ва структураси:  
 а — совитиш иситиш изотермаси; б — Fe<sub>δ</sub> кристалл тузилиши; в — Fe<sub>γ</sub> кристалл тузилиши.

## 2- жадвал. Баъзи металлларнинг полиморф ўзгаришлари

Элемент	Элементнинг полиморф кўриниши	Мувозанат ҳолатнинг температура оралиғи	Кристалл турилиши
Fe	$\beta$	0—911 ва 1392—1539 911—1392	K8 K12
Co	$\alpha$ $\beta$	0—450 450—1480	Г12 K12
Si	$\alpha$ $\beta$	0—18 18—232	K6 Т8
Ti	$\alpha$ $\beta$	0—882 882—1660	Г12 K8
Mn	$\alpha$ $\beta$ $\gamma$	0—700 700—1079 1079—1143 1143—1244	K6 K6 T12 K8

риш ёки ютиш хусусиятига эга. Бошқача қилиб айтганда, полиморф ўзгаришда қайта кристалланиш содир бўлади.

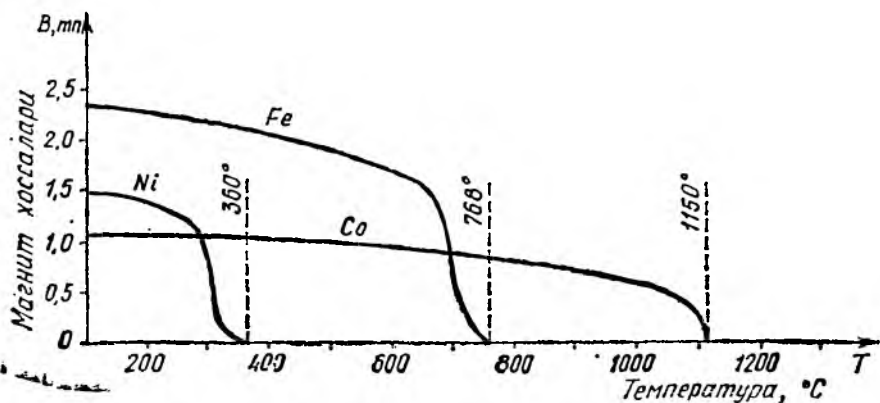
Биргина элементнинг бир неча турдаги кристалл панжара кўринишлари полиморф қаторни ташкил қилади. Бу қатор  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  ва ... к. билан белгиланади. Кўпгина металллар (Fe, Sn, Co, Mn, Ti ва ҳ. к.) полиморфизм хоссасига эгадир. 3-расмда темирнинг совитилиш ёки иситилиш жараёнида содир бўладиган изотермик полиморф ўзгаришлари кўрсатилган. Элементларнинг ҳар хил полиморф шакллари мисол тариқасида 2-жадвалда келтирилган.

Энди металл полиморфизмига мисол қилиб, темир полиморфизмини кўриб чиқамиз (3-расм). Темир 1539°C да кристаллана бошлайди, натижада ҳосил бўлган кристалл панжара тури марказлашган куб катакча (K8) шаклида бўлади. Демак, 1392°C дан 1539°C гача K8 шаклида ( $\delta$ -модификация) бўлади. Совиш температураси 1392°C га етганда кристалл катакчанинг шакли ўзгаради (K8→K12), яъни полиморф ўзгариш рўй беради. Температура 911°C гача пасайганда яна полиморф ўзгариш рўй беради (K12→K8). Ёқлари марказлашган (K12) куб катакча яна марказлашган куб катакчага (K8) ўтади. Ёқлари марказлашган куб катакча темирнинг  $\gamma$ -модификацияси дейилади, 911°C дан кичик температурада ҳосил бўлган марказлашган куб катакча эса  $\alpha$ -модификация деб аталади. Демак, қиздирилганда ҳам худди шу жараён қайтарилади ( $\alpha$ → $\gamma$ → $\delta$ ),  $\alpha$ -ҳамда  $\delta$ -модификацияларнинг куб катакчалари шак-

ли бир хил бўлганлиги учун  $\delta$ -модификацияни юқори температурали  $\alpha$ -модификация деб ҳам аталади.

Аммо  $768^\circ\text{C}$  да юз берадиган изотермик жараён темирдаги полиморф ўзгаришларга алоқадор эмас. Температура  $768^\circ\text{C}$  бўлганда, темир атомининг атрофидаги  $d$ -қобикда электронлар жуфти ҳосил бўлади, лекин кристалл панжара тури ўзгармайди (К8). Электрон қобиғидаги бундай ўзгариш темирнинг магнит хоссалари ўзгаришига олиб келади. Шунинг учун ҳам темир  $768^\circ\text{C}$  дан пастда ферромагнит ва  $768^\circ\text{C}$  дан юқори температурада эса паромангнит хоссасига эга, фақат темир эмас, балки бошқа элементлар ҳам юқори температурада ўзининг магнит хоссаларини ўзгартиради (масалан, никель, кобальт ва ҳ. к.). Элементларнинг магнит хоссаларини йўқотиш хусусиятлари изотермик жараён бўлиб, бу изотермик температуралар П. Кюри нуқтаси деб ҳам аталади (4-расм). Металлардаги магнит хоссаларининг ўзгариши ферромагнит хоссаларига эга бўлган элемент атомларининг ташқи қобиғидаги электронлар тузилишининг ўзгаришини билдиради. Демак, юқори температурада йўқотилган магнит хоссалари металл совитилганда янв аста-секин тикланади, магнит ўзгариш изотермик температурадан пастда металл яна ферромагнит хоссага эга бўлиб қолади. Полиморф ўзгариш магнит ўзгариши билан бир хил эмас ва улар бир-бирларига боғлиқ ҳам эмас. Масалан, темир учун  $\alpha$ -модификацияга ўтиш  $911^\circ\text{C}$  да, магнит ўзгаришлари эса  $768^\circ\text{C}$  да содир бўлади, кобальт элементининг  $\alpha$ -дан  $\beta$ -модификацияга ўтиши эса  $450^\circ\text{C}$  да, магнит ўзгариши эса  $1000^\circ\text{C}$  дан юқорида содир бўлади.

Металлардаги полиморф ўзгаришлар фақат ўзгармас температура оралиғигагина боғлиқ бўлмасдан, балки юқори босим таъсирида аллотропик шакл ўзгариши содир бўлиши мумкин.



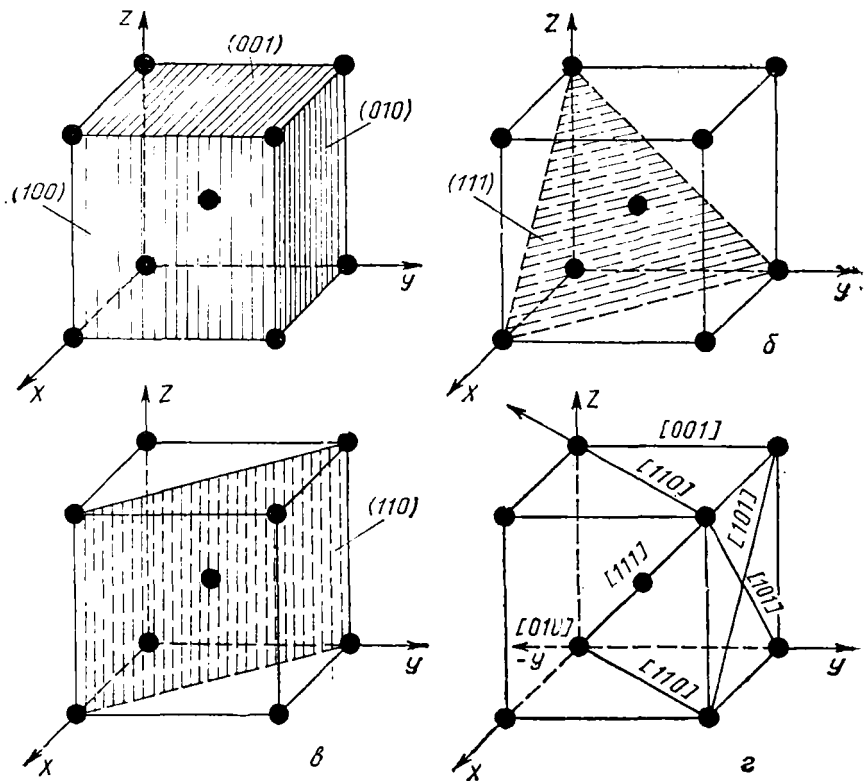
4-расм. Металлар магнит ҳолатининг ўзгариши.

Масалан, босим остидаги полиморф ўзгаришларни техникада қўлланишига ёрқин мисол қилиб сунъий олмос олиш жараёнини кўрсатиш мумкин. Углерод юқори атмосфера босими остида ( $10^4$  МПа) ва юқори температура таъсирида олмос модификациясига ўтади. Сунъий олмос эса техниканинг турли жабҳаларида жуда кенг қўлланилади.

Металлардаги полиморфизм хоссаларининг кашф қилиниши металл ва қотишмалар хоссаларини бошқаришга кенг имконият яратиб беради. Металларни у ёки бу кристалл панжара турига эга эканлигини аниқлашда рентген нуридан фойдаланиш катта аҳамиятга эга бўлди. Металларнинг турли температурадаги рентген нури тасвири орқали кристалл панжара турлари аниқланади.

Кристалл жисм биргина яхлит кристаллдан иборат (монокристалл) ёки бир-бирига нисбатан тартибсиз (хаотик) жойлашган кўп кристаллар (поликристаллар) дан иборат бўлиши мумкин. Монокристалларнинг амалиёт учун ҳозирча аҳамияти кам. Лекин металлларнинг кўпгина физик хусусиятларини монокристалларда ўрганиш мумкин. Шу нуқтаи назардан кристалларнинг физик хусусиятларини икки гурпуага бўлиш мумкин. Биринчи гурпуага монокристалларда атомларнинг жойлашиш тартибига боғлиқ бўлмаган хусусиятлар (масалан, жисм зичлиги)ни киритиш мумкин. Ҳақиқатан, жисмнинг зичлиги кристалл панжаранинг ҳамма йўналишида бир хил бўлади. Иккинчи гурпуага ташқи куч таъсиридаги хоссалар (механик хоссалар), яъни кристалл панжарага таъсир қайси йўналишда эканлигига боғлиқ бўлган физик хусусиятлар киради. Турли йўналишдаги хоссалар, масалан, эластиклик модули ёки магнит хусусияти ва бошқа хоссалар бир-бирларидан фарқ қилади. Кристалл панжара хоссаларининг йўналишига боғлиқлигига анизотропик хусусият деб аталади. Бу ерда анизотропия фақат монокристалларга тааллуқлидир. Параллел йўналишларда хоссалар бир хил бўлади. Шунинг учун координата бошидан ўтадиган параллел юзалар оиласи учун битта йўналишни кўрсатиш кифоя қилади. Бу эса тўғри чизиқ ёки юзада ётган бир нуқтани аниқлашга имкон беради, иккинчи нуқта эса ҳамма вақт координата бошида бўлади. Бу нуқта кристалл катакча ётган кристалл панжаранинг тугунини ташкил қилади ва унинг координаталари бутун сонларни ифодаловчи  $U$ ,  $V$ ,  $W$  ҳарфлар билан белгиланади. Бу ҳарфлар квадрат қавсда  $\{U, V, W\}$  бўлса, йўналишлар индексини, оддий қавсда  $(U, V, W)$  бўлса, юзалар индексини ифодалайди. Бу индекслар орқали силжиш юзаларини аниқлаш қулай бўлади (5-расм).

Поликристаллардаги кристалл йўналишлари дончаларда мужассамлашган бўлиб, дончалар (кристаллитлар) жисмда турли тартибда (хаотик) жойлашганлиги учун анизотропик хусусиятларга эга эмас. Поликристаллар изотропик хусусиятларга эга, ҳамма йўналишда ҳам бир хил хоссаларга эга. По-



5-расм. Монокристаллларнинг анизотропик хоссаларига оид чизма (кристаллографик йўналишлар ҳамда юзалар индекслари кўрсатилган).

ликристалларда анизотропик хоссани ҳосил қилиш мумкин. Агар ташқи таъсир натижасида доначалар йўналишини маълум тартибга солинса (масалан, пластик деформация орқали), бундай поликристаллитлар ҳам анизотропик хусусиятларга эга бўлади. Техникада бу усуллардан металл ва қотишма хоссаларини бошқаришда кенг фойдаланилади.

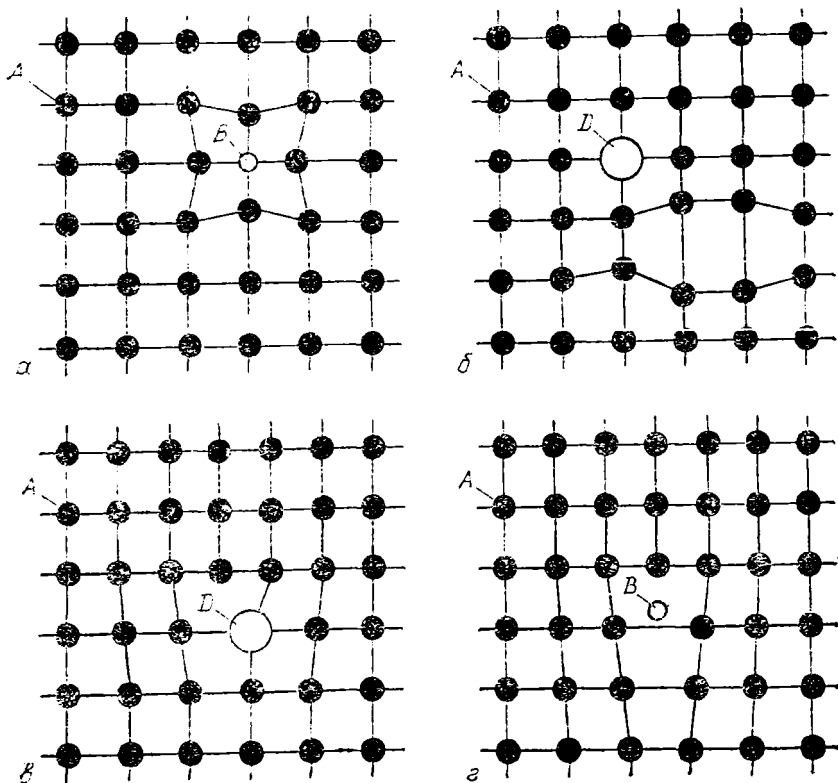
### 3. КРИСТАЛЛАРДАГИ НУҚСОНЛАР ВА УЛАРНИ АНИҚЛАШ УСУЛЛАРИ

Идеал ҳамда реал jismlar деган тушунча мавжуддир. Биз шу пайтгача кристаллардаги атомларнинг аниқ ва юқори тартибда жойлашишини кўриб ўтдик, яъни идеал кристалл панжара ҳақида фикр юритдик.

Ҳақиқатда эса кристалл панжара тугунларининг баъзиларида атом бўлмасдан, тугун бўш қолиши ҳам мумкин ёки крис-

талл панжара атомлари орасига ортиқча атом жойлашиш ҳам мумкин. Бундай ҳол кристалл панжаранинг нуқсонли (дефекти) дейилади. Атомларнинг ҳажмда жойлашиши эса панжаранинг нуқсонли тузилиши деб аталади. Реал кристалл панжалар ана шундай нуқсонли тузилишга эга (6-расм).

Кристалл панжаранинг нуқсонли тузилиши жисмнинг хоссаларини белгилайди. Нуқсон ўлчамларга эга бўлиб, нуқтали, чизиқли ҳамда сиртқи нуқсонларга бўлинади. Нуқтали нуқсонлар учта йўналишдаги ўлчамларга эга эмас. Бундай нуқсонлар кристалл панжарада энг кўп учрайди. Масалан, кристалл панжара тугунларида атом ўрни бўш қолиши (вакансия) ёки атомлар орасига ўзга атомнинг сиқилиб кириб қолиши (сингдирилган атом). Вакансия исталган кристалл панжарада учраса, сингдирилган атом эса зичлиги камроқ бўлган кристалл панжарада учрайди. Вакансия мавжуд бўлган кристалл панжара



6-расм. Реал кристалл панжаранинг нуқсонли тузилишлари:

*a* — вакансия; *б* — ўлачамлари катта бўлган атомнинг кристалл панжара тугунларида жойлашиши; *в* — дислокацион атом; *г* — сингдирилган (ёки ортиқча) атом қатори,

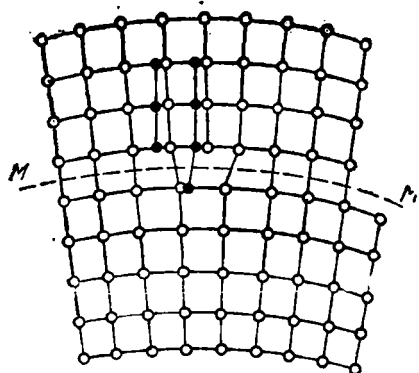
термодинамик турғун бўлади, яъни атомларнинг иссиқлик таъсиридаги ҳаракати мобайнида йўқ бўлиб ва яна пайдо бўлиб туради. Масалан, суюқланиш температурасига яқин температурадаги вакансия атомларининг миқдори ҳамма атомларнинг 1—2% ини ташкил қилади. Вакансия атомларининг ҳаракати эса кристаллардаги атом диффузиясига сабаб бўлади. Сингдирилган дислокация атом эса шу кристалл жисмнинг ўз атоми ёки ўзга қўшимча элементлар атоми бўлиши мумкин. Кристалл панжара атомларидаги вакансия, дислокация ҳодисалари, қўшимча элемент атомлари ёки ионлари жисм-хоссаларини ўзгартиради, ҳаттоки жисмнинг рангини ҳам ўзгартиради. Нуқталар нуқсонлар ёки атрофидаги атомларнинг мувозанатига таъсир кўрсатади. Маълум даражадаги потенциал ички кучланишларни вужудга келтиради (кристалл панжаранинг бузилиши натижасида). Лекин умумий ҳажмда бундай ички кучланишлар ўз мувозанатига эга. Шунинг учун бундай нуқсонларга эга бўлган кристалл панжара барқарор ҳисобланади.

Икки ўлчамга эга бўлган нуқсонларга чизиқли нуқсонлар деб аталади. Бундай нуқсонлар кристалланиш жараёнида ёки пластик деформация натижасида вужудга келади.

Реал кристаллардаги чизиқли дислокациянинг икки кўриниши, яъни четки (чизиқли) ва винтсимон (бурама) дислокациялари мавжуд. Кристалл юзасидаги ҳамма вакансиялар тўпланиб, нуқсонлар йиғиндисини ҳосил қилади. Мана шу ҳалқа юзига тик (перпендикуляр) текисликлардаги атомларнинг тартибни жойлаштириш геометрияси бироз бузилади, яъни четки дислокация ҳосил бўлади (7-расм). Четки дислокацияга эга бўлган реал кристалларнинг силжиш деформациясига қаршилиги идеал кристалларга қараганда камроқ бўлади. Бундай нуқсонга эга бўлган кристалларда силжиш рўй берганда, «ортиқча» вакансия ҳалқаси орқали ҳар бир атом қаторида кетма-кет атомлар ўзаро ўрин алмашиши натижасида бутун бир кристалл орқали силжиш рўй беради.

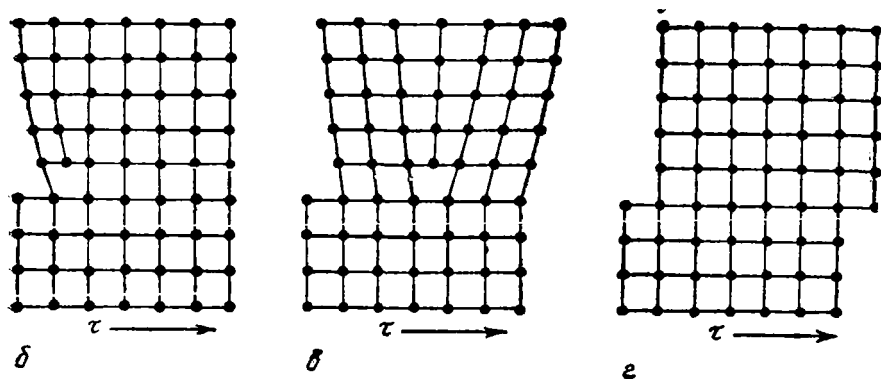
Вакансия тўпланган жойдаги нормал йўналиш бўйича силжиш натижасида ҳосил бўлган дислокация винтсимон дислокация деб аталади. Бу тушунчани Дания олими Д. Бюргерс киритган. Агар винтсимон дислокация кристаллнинг юзасига чиқса, зинапоя ҳосил бўлади. Кристаллар кристалланиш жараёнида шу зинапоя шаклида ўсади.

Дислокациянинг вужудга келишидаги силжиш вектори Бюргерс вектори деб аталади, у дислокация қийматини белгилайди. Бу вектор модулининг энг кичик қиймати кристалл панжара атомлари орасидаги масофага тенг. Умуман олганда, дислокация фазовий чизиқ бўлиши ҳам мумкин. Лекин бундай модуль қиймати ўзгармаса ҳам, дислокация йўналиши ўзгариши мумкин. Дислокациянинг яна бир муҳим хусусиятларидан бири унинг зичлигидир. Кристаллнинг 1 см<sup>2</sup> юзасини кесиб ўтган дислокация сонига дислокация зичлиги дейилади. Жуда



7-расм. Чизиғли нуқсонларнинг ҳосил бўлишини тушунтирувчи чизма:

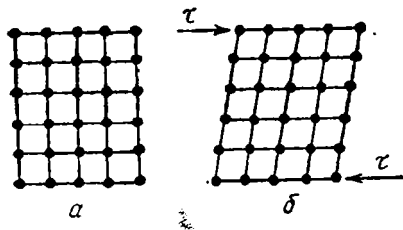
*a* — дислокациянинг жойлашиши (MM — силжиш юзаси); *б*, *в*, *г* — дислокациянинг юзга чиқиш даврлари.



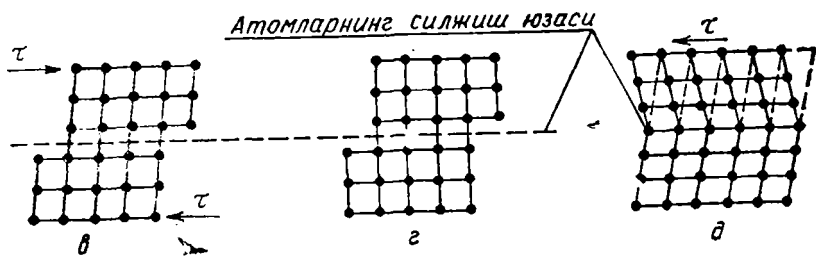
секин кристалланаётган жисмларнинг дислокация зичлиги  $10^2$ — $10^4$  см<sup>-2</sup> га тенг. Мувозанатдаги поликристалларнинг дислокация зичлиги  $10^6$ — $10^7$  см<sup>-2</sup> га етади. Жуда катта пластик деформация натижасида дислокация зичлиги  $10^8$ — $10^{12}$  см<sup>-2</sup> га етиши мумкин.

Кристалл жисмдаги дислокация кристалл панжаранинг қийшайишига сабаб бўлади, яъни катта дислокацияли кристалл жисмнинг ички потенциал энергияси кичик дислокацияли кристалл жисмнинг ички потенциал энергиясидан катта бўлади. Ташқи куч таъсирида кристалл панжарадаги дислокациялар ҳаракатга келади. Бир хил йўналишга эга бўлган дислокациялар бир-бирига қўшилиб, катта энергияни ҳосил қилади. Турли йўналишдаги дислокациялар бир-бири билан ейишиб кетади. Демак, шундай вазият бўлиши мумкинки, пластик деформация ошиши билан дислокация ҳаракати тўхтайди, яъни дислокация зичлиги маълум критик қийматга эга бўлади. Ташқи куч таъсирини янада ошириш металлда дарз ҳосил бўлишига сабаб бўлади, яъни жисм емирилади.





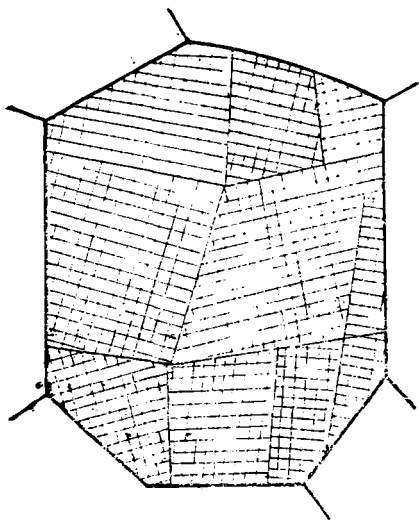
8-расм. Силжини кучи ( $\tau$ ) таъсирида кристалл панжаранинг эластик ва пластик деформацияланиши; *a* — мувозапат ҳолат; *b* — куч таъсирида кристалл панжаранинг эластик қийшайиши; *в, з* — пластик деформация таъсирида бир атом масофага силжиш; *д* — қўш кристалли дислокацион кўчиш.



Агар кристалл жисмдаги нуқсонлар уч ўлчамга эга бўлса, бундай нуқсонлар сиртқи нуқсонлар деб аталади. Бундай нуқсонларга кристаллларнинг йўналиши ўзгарган чегаралар, хусусан ўхшаш, яъни қўш кристалллар кўради. Ўхшаш кристаллар бутун бир кристаллнинг бир қисми бўлиб, кристалл тузилиши иккинчи бир қисмининг акси бўлади. Бошқача қилиб айтганда, яхлит бир кристаллнинг симметрия ўқи бўйлаб синишидир. Бунда бир-бирининг аксини ифода этадиган ва синиш юзасига эга бўлган 2 та кристалл ҳосил бўлади (8-расм). Бу кристаллардаги синиш симметриясини қўш кристаллар юзаси деб аталади. Қўш кристаллар кристалланиш, деформация ёки деформацияланган металлларни юмшатиш натижасида ҳосил бўлиши мумкин. Қўш кристаллардаги ўхшаш атомлар вектор бирлигига тенг бўлган масофага эмас, балки ундан анча кам масофага силжиганда дислокация рўй беради.

Сиртқи нуқсонларга дислокациянинг ейилиб, тўпланиб қолган жойи (дислокация девори) ҳам киради. Электрон микроскоп ёрдамида ана шундай деворлар яққол кўринади. Сиртқи ва текисликдаги нуқсонлар умуман олганда блоклар, дончалар чегараларини ҳосил қилади.

Реал поликристаллар жуда кўп дончалар (кристаллитлардан) иборат. Бу дончаларнинг ўлчами юздан бир миллиметрдан тортиб, бир нче миллиметргача бўлиши мумкин. Ҳар бир донча (кристаллит) яхлит бир кристалл эмас, балки у ҳам ўз навбатида парчалардан (фрагмент) ёки бўлакчалар (блок) дан иборат бўлиб, уларнинг ўлчамлари дончанинг ўлчамидан 100, ҳатто 1000 марта кичикдир (9-расм). Агар поликристалларда дончалар бир-бирига нисбатан тартибсиз ҳамда



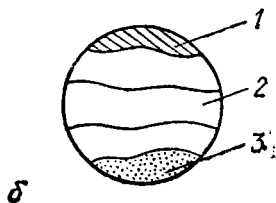
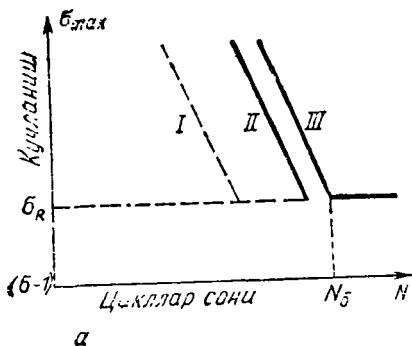
9-расм. Кристаллитларнинг ички тузилиши.

лади. Доначаларнинг четларида ҳам нуқсонлар кўп учрайди, ўзга қўшимчалар, дислокация ҳамда вакансия тўпламлари йиғилади, яъни доначаларнинг четларида ҳажмий ҳамда сиртқи нуқсонлар кўп бўлади.

Ҳажмий нуқсонлар ҳам сиртқи нуқсонларга ўхшаш уч ўлчамга эга. Масалан, металлларнинг кристалланиши жараёнида вужудга келадиган ғовак, дарз ва чўкмалар бунга мисол бўлади.

Жисм доначалари ўлчамлари ёки уларнинг бир-бирига нисбатан жойлашиш тартибини лупа ёрдамида аниқлаш мумкин. Металл тузилишидаги нуқсонларни оддий кўз, лупа ҳамда оддий микроскоп орқали текшириш усули макроскопик усул деб аталади. Макронуқсонларга ғоваклар, дарзлар, доначаларнинг чегаралари, металл юзасидаги бирор-бир элементларнинг йиғилиб қолиши (ликвация) каби нуқсонлар киради. Силиш юзаларини текшириш ҳам макроанализга киради, у уч хил кўринишда бўлиши мумкин. Агар силиш юзаси ғадир-будур бўлса, материалдан тайёрланган буюм деформацияга учрамайди, яъни металл мўрт бўлиб, ташқи куч таъсирида синади. Агар кристалл жисмдаги доначалар деформацияланмаса, яъни донача чегаралари етарли даражада нуқсонларга эга бўлса, кристалл ана шу донача чегаралари бўйлаб емирилади. Силиш юзаси ойна каби ялтироқ бўлса, юзада силиш маркази бўлади, ана шу марказдан силиш толаларининг йўналиши кўриниб туради, бундай силиш қовушоқ силиш деб аталади. Бундай силиш жуда катта деформация натижасида вужудга келади.

катта бурчак остида жойлашган бўлса, парчалар бир-бирига нисбатан кичик бурчак (бир неча секунддан, то бир неча минутгача) остида жойлашган. Ҳар бир парча ичидаги кристалл панжаранинг тузилиши идеал кристалл тузилишига яқин, лекин парчанинг атрофи эса дислокация тўсиқларига эга бўлиб, парчалар бир-бирига нисбатан ана шу тўсиқлар орқали бурилиши мумкин. Донача ичидаги бир-бирига нисбатан озгина силжиган ана шундай парчалар йиғиндиси ўзига хос мозик тузилишга эга. Донача четларидаги парчалар донача ўртасидаги парчаларга қараганда анча каттароқ бурчакка (1—5 градусга) бурилган бў-



10-расм. Чарчаш натижасида емирилиш диаграммаси (а) ва унга мос келадиган емирилиш тури (б): I — нуқсонларнинг йиғилиш даври; II — дарзнинг ўсиши; III — синишнинг охириги даври; 1 — дарзнинг ҳосил бўлиш маркази; 2 — чарчашдан емирилиш (толасимон емирилиш); 3 — жарашанинг и (охириги емирилиш даври).

Чарчаш натижасида синиш ҳам худди шундай содир бўлади. Синиш юзасининг бир парча жойи бўртиб чиқиб, қолган жойлари текис, толасимон, ялтироқ бўлганда содир бўладиган синишга аралаш синиш деб аталади (10-расм).

Синиш юзаларини макроскопик анализ қилиш катта аҳамиятга эга, чунки бунда синиш сабабларини аниқлаш мумкин.

Кристалл жисмларнинг ундан ҳам нозикроқ нуқсон тузилишларини аниқлаш микроскопик усул деб аталади. Микроскопик анализ натижасида доначаларнинг таркиби, доначалардаги нуқсонлардан тортиб, дислокацион тузилишларни ҳам аниқлаш мумкин. Бунинг учун оптик микроскоплар (1500—2000 марта катта қилиб кўрсатадиган) ёки электрон микроскоплардан фойдаланилади. Ҳозирги замон электрон микроскоплари тузилишни 100.000 мартадан 500.000 мартагача катта қилиб кўрсата олади. Элементар кристалл панжаранинг турлари рентген нури таъсирида ўрганилади. Кристалл панжарадаги атомларнинг жойлашиши, улардаги нуқсонлар, дислокация, парчаларнинг жойлашишини рентгенография, нейтронография каби усуллар ёрдамида ўрганиш мумкин.

#### 4. КРИСТАЛЛ ЖИСМ АТОМЛАРИ ДИФФУЗИЯСИ

Юқорида кристалл жисмнинг тузилишида вакансия, дислокацион атомлар температуранинг кўтарилиши билан ўз ўриларини алмаштиришларини кўрсатиб ўтган эдик. Кристалл жисмдаги бу ҳаракат диффузиянинг асосини ташкил қилади. Техникада қўлланилаётган муҳим жарраёнлар, кўпгина табиий, сунъий кимёвий реакцияларнинг асосини диффузия ташкил қилади.

Жисмнинг газ, суюқ ҳамда қаттиқ ҳолларида қўлланиладиган диффузия қонунлари Фик қонунлари деб аталади. Биринчи қонун газлардаги заррачаларнинг тартибсиз ҳаракатига асосланади, яъни бу қонун асосида диффузия йўналишини аниқлаш қийин. Агар аралашманинг таркиби, яъни концентрацияси бир хил бўлмаса, диффузия маълум бир йўналишга эга бўлади. Масалан, заррачалар катта концентрацияли аралашмадан кичик концентрацияли массага диффузияланади. Фикнинг биринчи қонунига биноан бундай оқим қуйидагича ифодланади:

$$dM = -D \frac{d\varphi}{dX} \cdot dS \cdot dt.$$

Агар масса бир компонентли бўлиб, икки қисмдан иборат бўлса, биринчи қисмнинг зичлиги иккинчи қисмга қараганда каттароқ деб қараш керак. Бу ҳолда модда зичлик катта қисмдан зичлик кичик қисмга диффузияланади. Агар шартли равишда жисмни икки компонентли система деб қаралса, минус ишора  $dt$  вақт давомида  $dS$  фазовий юздан  $dX$  йўналишга перпендикуляр бўлган йўналишда биринчи компонентни кўри концентрацияли қисмдан кичик концентрацияли қисмга диффузияланишини ифодалайди. Бу тенгламада  $\frac{d\varphi}{dX}$  — зичлик градиенти;  $D$  — диффузия коэффициенти.

Куб катакчали поликристалларда диффузия коэффициенти диффузия йўналишига боғлиқ эмас, яъни у изотропик хоссага эга. Бошқа ҳолларда диффузия коэффициенти тажриба ўтказиш усули билан аниқланади.

Кристалл жисмдаги диффузия жараёни механизми ҳар хил бўлиши мумкин. Ўз-ўзидан диффузияланишда ҳам, қўшимча заррачалар диффузиясида ҳам вакансия механизми муҳимдир. Бу ҳолда диффузиянинг энг оддий кўриниши атомнинг қўшни вакансияга кўчишидир, натижада янги вакансия ҳосил бўлади. Диффузион алмашиш механизми кристалл катакча ёқлари ўртасидаги атом орқали ҳал этилади. Бу механизм кўпроқ ёқлар ўртасида кичик ўлчамли атомлар жойлашган ҳолларда рўй беради. Масалан, кристалл панжарасида углерод, азот, бор атомлари жойлашган темирда диффузиянинг шу механизми кузатилади.

Маълумки, диффузия тезлиги кристалл панжарадаги вакансия ёки дислокацион атомларнинг зичлигига боғлиқ. Температуранинг ошиши билан бу нуқсонларнинг зичлиги ҳам ортиб боради. Шунинг учун ҳам диффузия тезлиги температурага боғлиқдир.

Реал кристалл жисмлар нуқсонларнинг нотекис жойлашиши билан характерланади. Реал кристалларнинг тузилиши диффузия механизмига катта таъсир қилади. Энг муҳими диффузион жараёнлар кристалл жисмларда рўй берадиган фаза ўзгаришининг сабабчиларидир.

### 3-б о б. МАТЕРИАЛЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ

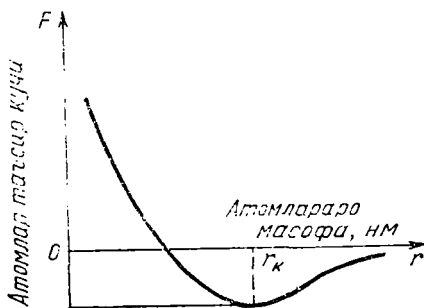
Бу бўлимда материалларнинг структурасига боғлиқ бўлган хоссаларини, яъни механик, электромагнит ва иссиқ ўтказувчанлик хоссалари ҳамда коррозияга қаршилик кўрсатиш хусусиятлари ва технологик хоссалари ҳақида қисқача маълумот берилади.

#### 1. МАТЕРИАЛЛАРНИНГ МЕХАНИК ХОССАЛАРИ

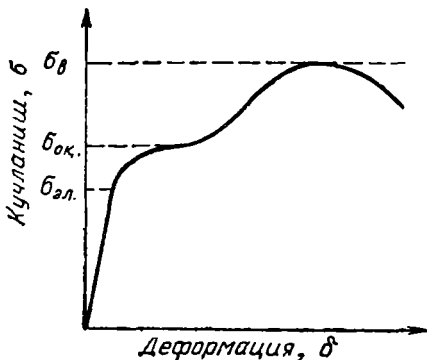
Материалларнинг механик хоссалари уларнинг ташқи механик куч таъсирига қаршилик кўрсатишидир. Механик хоссалар чўзилиш, эгилиш, сиқилиш ва буралишга чидамлилиги, қаттиқлиги ёки ишқаланишдаги ейилишга бардошлилиги каби кўрсаткичлар билан ифодаланади. Бу хусусиятлар синалаётган намунанинг шаклига, ўлчамларига, намуна юзасининг микрогеометриясига, баъзан эса синаш температураси ҳамда синаш шароитига боғлиқ бўлади.

Материалнинг мустаҳкамлиги деб, унинг ташқи куч таъсирида емирилишга қаршилик кўрсатишига айтилади. Назарий мустаҳкамлик кристалл панжарадаги атомларнинг ўзаро таъсир кучига боғлиқ. Атомларнинг ўзаро таъсир кучи атомлар орасидаги масофага боғлиқ бўлиб, критик масофа ( $r_k$ ) га тўғри келадиган тортишиш кучи  $F_m$  билан ифодаланади (11-расм). Агар ташқи кучнинг жисмга таъсир этувчи қисми  $F_m$  дан ошиб кетса, атомлар бир-бирдан ажрелиши керак. Назарий мустаҳкамлик  $F_m$  кучга мос келадиган  $\sigma_m$  кучланиш билан ифодаланади. Агар ташқи куч таъсиридаги кучланиш  $\sigma_m$  дан катта бўлса, аввал дарз ҳосил бўлади, сўнгра ташқи таъсир давом эттирилаверса, емирилиш содир бўлади.

Леккин реал материаллар маълум нуқсонли тузилишга эга, шунинг учун реал мустаҳкамлик тузилишнинг мустаҳкамлиги деб аталади. Материалларнинг синаш усули билан аниқланган мустаҳкамлик чегараси назарий мустаҳкамлик қийматидан юз, ҳатто минг марта камдир. Бунинг сабаби материалларнинг нуқсонли тузилиши бўлиб, ташқи куч натижасида вужудга келадиган ички кучланиш кўндаланг кесим юзаси бўйлаб нотекис тақсимланади. Шунинг учун реал материалларнинг мустаҳкамлиги техникада қайд қилинган мустаҳкамлик бўлиб, у чўзилиш диаграммасидаги қонуниятга эга (12-расм).



11-расм. Атомлар орасидаги ўзаро таъсир кучининг улар орасидаги масофага боғлиқлигини.



12- расм. Металлар учун чўзиш диаграммасининг умумий кўриниши.

Ташқи куч натижасида материал ўз шаклини ўзгартиради, яъни жисмнинг аввалги ўлчамлари ўзгаради. Бундай ҳолга шакл ўзгариши ёки деформация деб аталади. Деформациянинг хусусияти сифатида нисбий чўзилиш ёки нисбий сиқилиш даражаси қабул қилинган. Нисбий чўзилиш ва сиқилишда жисм ҳажми ўзгармайди, лекин унинг ўлчамлари ўзгаради. Масалан, намуна цилиндр шаклида бўлса, ўрта қисми диа-

метрининг кичрайиши ҳисобига унинг узунлиги ортади. Бундан деформация нисбий узайиш даражаси билан ифодаланади:  $\delta = (l - l_0) / l_0$ . Бу ерда  $l_0$  ҳамда  $l$  намунанинг аввалги ва тажриба вақтида узилишдан олдинги узунлигидир.

Техникада материалларнинг мустаҳкамлиги ифодалаш учун унинг чўзилишдаги хусусиятлари қабул қилинган. Агар ташқи куч таъсирида намуна ўз ҳолатига тўла қайтиб келса, яъни  $l = l_0$  бўлса, қолдиқ деформация бўлмайди ва кучланишнинг бу чегараси эластиклик деб аталади. Бу чегарада деформация ташқи кучга пропорционал бўлади. Бу пропорционалликнинг бузилиш нүқтаси тажриба орқали аниқланади. Агар бу чегара 0,05 % қолдиқ деформация натижасида аниқланса, бу деформацияга тўғри келадиган эластиклик чегарасидаги кучланиш  $\sigma_{эл} = \sigma_{0,05}$  бўлади. Демак, пропорционаллик чегараси эластиклик чегарасини ифодаловчи назарий тушунча бўлиб, бу чегарани реал белгиловчи қиймат эса  $\sigma_{0,05}$  билан ифодаланади.

Гук қонунига асосан материалларнинг эластиклик хусусияти идеал эластик материал хусусияти билан бир хилдир. Деформация билан ташқи куч таъсири чизиқли боғланишдадир:

$$\sigma = E\delta.$$

Бу ерда  $E$  — пропорционаллик коэффициенти ёки бўйлама эластиклик модули (Юнг модули). Ўзаро перпендикуляр юзаларда уринма куч таъсирида соф силжиш рўй беради:

$$\tau = G \cdot \gamma.$$

Бу ерда  $\tau$  — уринма кучланиш;  $G$  — силжиш модули;  $\gamma$  — силжиш бурчаги.

Агар жисмга ҳамма тарафдан куч таъсир этса, жисмдаги ҳажм ўзгариш шакл ўзгаришсиз рўй беради, кучланиш эса қуйидагича ифодаланади:

$$\sigma = k \cdot \beta.$$

Бу ерда  $\kappa$  — ҳажм эластиклиги модули (ташқи куч таъсирида шакл ўзгармасдан ҳажм ўзгариши);  $\beta$  — нисбий ҳажм ўзгариши.

Материалнинг чўзилиш хусусиятини ўрганишда бўйлама нисбий чўзилиш ( $\delta$ ) ҳамда куч йўналишига перпендикуляр йўналишдаги нисбий сиқилиш ( $\epsilon$ ) аниқланади. Нисбий сиқилишнинг нисбий узайишга нисбати Пуассон коэффиценти деб аталади:

$$\mu = \epsilon : \delta.$$

Юқорида келтирилган коэффицентлар ўртасида қуйидаги боғланиш мавжуддир:

$$\kappa = \frac{E}{3(1-2\mu)} \text{ ёки } G = \frac{E}{2(1+\mu)}.$$

Кўпчилик металллар учун Пуассон коэффиценти 0,3 га тенг. Бошқа материаллар учун 0,5 га тенг, унда  $G = E/3$  ҳамда  $\kappa = \infty$  бўлади. Антизатроп материаллар учун  $E$  ва  $G$  ўзгармас бўлиб, Пуассон коэффиценти эса таъсир қилаётган куч йўналишига боғлиқ бўлади.

Емирилишдан олдин пластик деформацияланиш хусусиятига эга бўлган материалларда оқиш рўй беради. Оқувчанлик чегараси пластик материалларнинг асосий хусусиятларидан бири ҳисобланади. Чўзилиш эгри чизигидан кўриниб турибдики (12-расм), кучнинг қиймати маълум чегарада орттиб бориши билан нисбий чўзилиш миқдори ўзгармайди. Бундай шароитда материал оқади, шу ораликдаги кучланишга оқувчанлик чегараси  $\sigma_{оқ}$  деб аталади. Кўпчилик материалларда эса оқувчанлик чегараси катта эмас, нисбий узайиш 0,2 % ни ташкил қилади ва шартли равишда  $\sigma_{0,2}$  деб белгиланади.

Агар ташқи куч таъсири давом эттирилверса, материал яна деформацияланади. Емирилиш дақиқасида ўлчанган куч қийматига тўғри келадиган кучланишга мустаҳкамлик чегараси деб аталади. Чўзилиш диаграммасидаги энг катта кучнинг намуна (синашдан олдинги) кўндаланг кесимига нисбати материалнинг шартли мустаҳкамлик чегараси деб аталади ва шу кучга тўғри келадиган энг катта кучланишга материалнинг вақтинчалик қаршилик кўрсатиш кучланиши деб аталади ( $\sigma_b$ ). Бу кўрсаткич материалнинг мустаҳкамлик қийматини белгилайди. Металл ва бошқа материаллар чўзилганда узиллишдан аввал намуна кўндаланг кесимида узилиш бўйинчаси ҳосил бўлади, яъни кўндаланг кесим юзаси камаяди. Намунанинг ҳақиқий мустаҳкамлик чегараси синалаётган материалга таъсир этаётган кучнинг ҳосил бўлган бўйиннинг кўндаланг кесимига нисбати билан ўлчанади.

Жуда кичик пластик деформацияга эга бўлган материалларнинг мустаҳкамлик чегараси жисмнинг асосий механик хоссаларини белгилайди. Бундай материалларда узилиш бўйинчаси ҳосил бўлмайди.

Материалларнинг хоссаларини солиштириш мақсадида чўзилиш, сиқилиш ва бураб синаш каби хоссаларга давлат томонидан махсус ГОСТ лар белгиланган.

Реал ҳолда машина ва ускуна воситалари динамик куч таъсирида бўлади. Шунинг учун давлат стандарти (ГОСТ) бўйича материаллар синовдан ўтказилади. Материалнинг динамик кучларга қаршилиги динамик мустақамлик дейилади, яъни ташқи куч йўналиши ва таъсир нуқтаси вақт бирлиги ичида маълум тезликда ўзгаради (зарбий таъсир, портлаш, тебраниш ва ҳ. к.).

Ташқи куч таъсири ўзгариши билан материалнинг у таъсири қабул қилиш хусусиятлари ҳам ўзгаради. Бунда материалнинг оқувчанлик чегарасидаги деформацияланиши бироз кечикади. Чунки кучнинг таъсир этиши шунчалик тезки, материалдаги силжиш рўй беришга улгуролмайди. Лекин таъсир инерция энергиясига эга бўлиб, куч таъсири тўхтагандан кейингина деформация рўй беради, яъни оқиш ёки деформацияланиш куч таъсирдан орқада қолади. Кучнинг таъсири тез бўлса, куч таъсири тўхтатилгандан кейин қолдиқ деформация қайд қилинмайди, яъни материал эластиклик хусусиятини намоён қилади. Шунинг учун динамик ва статик куч таъсирида ҳам пластик материаллар мўртликдан емирилади.

Материалларнинг динамик таъсирга чидамлилиги улардан конструкциялар ясашда муҳим аҳамиятга эга. Материалларга динамик куч таъсирида деформациянинг кечикиши зарбий қовушоқлик деб аталади ва у миқдор жиҳатдан ҳар бир ўлчов бирлигидаги юзани зарб билан эгиб емирилиш учун сарф бўлган энергия билан ўлчанади. Маълум намуналарда ташқи таъсирдан ҳосил бўлган кучланишни бир жойга йиғиш учун ҳар хил шаклда ариқчалар қилинади. Намуналар ўлчамлари ва ариқчалар (дарзлар) шакли махсус давлат стандарти бўйича тайёрланади.

Зарбий қовушоқлик КС (ёки  $a_n$ ) билан белгиланади. Давлат стандарти (9454-78 ГОСТ ва 4647-80 ГОСТ) га кўра намунадаги ариқчалар шакли уч хил, яъни  $U$ ,  $V$  ва  $T$  шаклда бўлади.

Зарбий қовушоқлик қийматини белгилашда тажриба температураси, зарб энергияси миқдори ва ариқча ўлчамлари (чуқурлиги ва эни мм да) кўрсатилади. Масалан,  $KST+100$  150/3/7,5. Бунда  $100^\circ\text{C}$  тажриба температураси. Агар тажриба нормал шароитда ўтказилса,  $T$  нинг тепасига синаш температураси қўйилмайди,  $150$  Ж — зарб энергияси, яъни ишнинг миқдори;  $3$  — намунадаги ариқчанинг чуқурлиги;  $7,5$  — намунадаги ариқчанинг эни (мм да кўрсатилган). Агар синов минус температуралар ( $-100$  — —  $269^\circ\text{C}$ ) да олиб бориладиган бўлса, 22848—77 ГОСТ дан фойдаланиш керак.

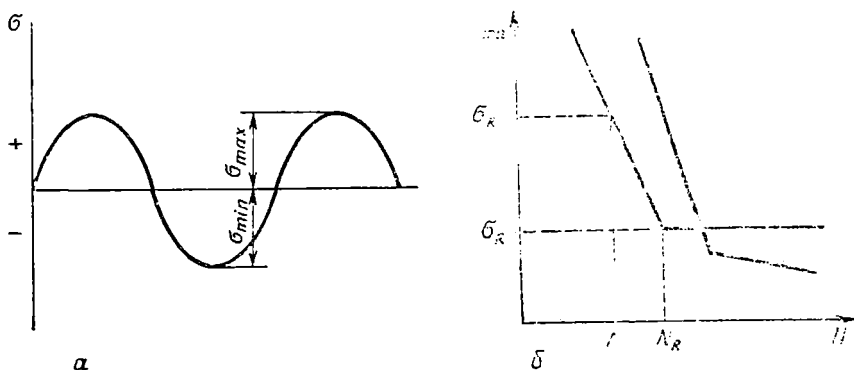
Машина ва ускуналар воситаларининг ишлан шароитидаги ташқи куч таъсири ҳар хил бўлиши мумкин. Масалан, куч йў-



налиши тез ўзгарадиган шаронда материал тузилишида маълум нуқсонлар (масалан, микродарзлар) йиғилиб боради. Натижада материал хоссалари ўзгариб боради. Бу жараёни материалнинг чарчаш жараёни деб аталади. Чарчаш натижасида содир бўладиган емирилишда дислокациянинг зичлиги ўзгаради (ортиб боради) ва маълум жойларда вакансия йиғилиб боради, натижада силжиш чизиқлари ҳосил бўлади. Бундан ташқари, намунанинг сирт юзларида микроўзгаришлар рўй бериб, айрим жойларда зичлик ўзгариши мумкин. Нуқсонларнинг ортиб бориши натижасида микродарз ўлчамлари ҳам ортиб боради ва статик емирилишга бўлган қаршилиқ камаяди. Материалнинг чарчаш натижасида сннишга қаршилиқ кўрсатиш хусусияти чидамлилик деб аталади.

Чарчаш жараёнининг миқдор кўрсаткичи сифатида ташқи куч таъсир йўналишининг маълум муддатда ўзгариш сони (цикли) ёки ташқи кучнинг таъсир этиш вақти қабул қилинган. Бу жараён материалда ички нуқсонларнинг бориши билан куч йўналишининг ўзгариш (цикл сони) сони ўртасидаги боғланишни ифодалайди.

Таъсир этаётган куч йўналишининг ўзгариш даврида (бир циклда) кучланиш мусбат қийматдан аста-секин манфий қийматга ўзгаради (13-а расм). Энг катта мусбат қиймат ва энг кичик манфий қийматларнинг материалда дарз пайдо бўлгунча қайтарилиш сони синанишнинг бирлик ифодаси ( $N_c$ ) қилиб олинади. Синалаётган материал чидамлиги 14-б расмда кўрсатилганидек, синаш бирлиги сони ( $N_R$ ) максимал кучланиш  $\sigma_R$  га тўғри келади. Агар материалнинг ишташ даври синаш бирлиги сони ( $N_R$ ) дан кичик бўлса ( $N_N < N_R$ ), материалнинг чегараланган чидамлигини кўрсатувчи максимал кучланишнинг қиймати  $\sigma_{RN}$  эса  $\sigma_R$  дан катта бўлади.



13-расм. Кучланишнинг даврий ўзгариш графиги (а) ва чарчаш эгри чизиқлари (б); 1 — пўлатдан ясалган намуна; 2 — мисдан ясалган намуна  
 $\sigma_{max}$ -циклда қайд қилинган энг катта кучланиш,  $N$  — куч таъсирдаги даврлар сони

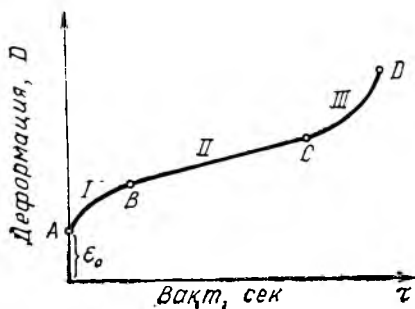
Материалнинг чарчаши максимал кучланишга, куч йўналишининг ўзгариш тезлигига, синалаётган намуна ўлчамлари ва юза микрогеометриясига ҳам боғлиқ. Материалнинг чидамлилигини аниқлаш узоқ вақтни талаб қилади. Шунинг учун давлат стандарти (19533—74 ГОСТ) га биноан чидамлиликини босқичма-босқич куч таъсир эттириш усулида қисқа вақт ичида аниқлаш таклиф этилади.

Материалнинг маълум температурада узоқ вақт куч таъсирига чидамлилиги унинг узоқ муддатга чидамлилигини билдиради.

Бу хусусиятнинг сон қиймати материалга бериладиган максимал кучланиш (материалнинг емирилмасдан чидайдиган максимал кучланиши) га тенг. Масалан, материалнинг узоқ муддатга чидамлилиги адабиётда  $\sigma_{1000}^{700} = 120$  МПа деб берилади. Демак, бу материал  $700^{\circ}\text{C}$  температурада 1000 соат 120 МПа максимал кучланишга емирилмасдан чидай олади. Лекин максимал кучланишнинг қиймати (120 МПа) шу температурада аниқланган вақтинчалик қаршилик кўрсатиш кучланиши ( $\sigma_s$ ) дан кичикдир. Материалнинг узоқ муддатга чидамлилиги синаш давлат стандарти (10145-81 ГОСТ) билан белгиланади.

Материал ташқи куч таъсирида емирилишдан олдин чўзилиб деформацияланади. Қанча кучланиш катта бўлса, узилиш учун шунча кам вақт кетади. Ўз ўқи бўйича осиб қўйилган тўсин бир қанча вақт ўтгандан кейин бўйига чўзилади. Демак, материалнинг бир хил ўзгармас куч таъсирида деформацияланишига қовушоқ оқувчанлик дейилади. Ҳар қандай қаттиқ жисм қайта ишлаш ёки ишлатилиш жараёнида озми-кўпми салқийди. Бу эса машина ва ускуналарнинг ишлашига салбий таъсир кўрсатади. Айниқса юқори температурада ишлаш катта қийинчиликлар туғдиради. Оқиш жараёни бир хил температура ва кучланишдаги деформация — вақт диаграммасида оқувчанлик эгри чизиги билан ифодаланади. Бунда оқиш жараёни бир хил тезликда бормайди. Биринчи даврда оқиш номувозанатда бўлса, иккинчи даврда оқиш тезлиги муқобиллашади. Учинчи

даврда эса оқиш кескин тезлашади (14-расм). Кристалл материалларда юз берадиган оқиш натижасида дислокациялар кўчади, натижада бутун ҳажм бўйича кучланиш бир хилда тарқалади, яъни дарзлар атрофида тўпланган кучланишлар тарқалади (релаксацияланади). Материал ичидаги кучланишларнинг текисланиши натижасида вужудга келган термодинамик бар-



14-расм. Оқувчанлик эгри чизиги

қарорликка релаксаццион жараён деб аталади. Материалнинг оқувчанлиги ҳам синаш усули билан аниқланади.

Материалнинг оқувчанлиги давлат стандарти билан (ГОСТ 1497-84) белгиланган. Масалан, оқувчанлик кучланиши  $\sigma_{0,2}^{760}$  деб белгиланган бўлса, демак, синаш температураси  $700^{\circ}\text{C}$ , рухсат этиладиган нисбий чўзилиш 0,2 %, синаш вақти эса 100 соатга тенг.

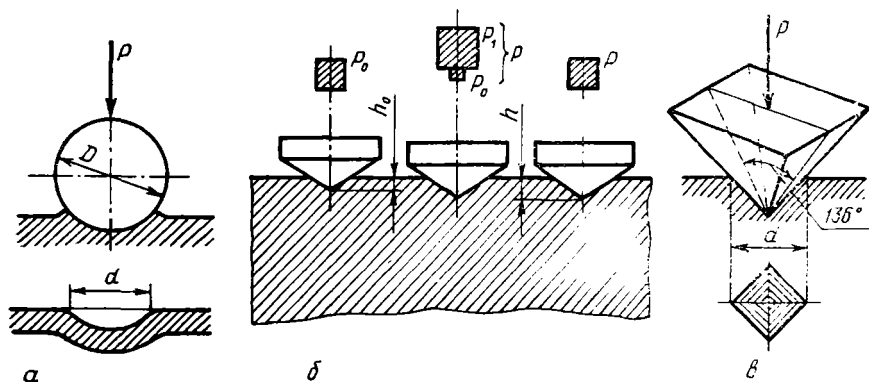
Нуқсонлар ва ички кучланишларнинг материал юзасида нозик тақсимланиши материал мустаҳкамлигини камайтиради. Реал жисмларнинг ҳажми турлича бўлганлиги учун ҳажм бирлигига тўғри келадиган ички структура нуқсонлари ҳам ҳар хил миқдорда бўлади. Шунинг учун конструкциялар (тишли ёлдирак, валлар, дисклар, турбина парраги ва ҳ. к.)нинг мустаҳкамлиги доимо материалнинг техник мустаҳкамлигидан кам бўлади.

Материалларнинг механик хоссаларини белгилайдиган яна бир муҳим хусусият қаттиқликдир. Синалаётган материалга ундан қаттиқроқ бошқа бир жисм ботирилганда синалаётган материалнинг унга кўрсатадиган қаршилиги материал қаттиқлиги дейилади. Демак, қаттиқлик материалнинг пластик деформацияга қаршилик кўрсатишидир. Қаттиқликни ўлчаш учун шар ёки конус шаклидаги жисм синалаётган намуна юзасига ботирилади, натижада ўша жойда шар ёки конус шаклининг ўрни қолади, яъни материал ўша жойда пластик деформацияланади. Демак, шу деформация материалнинг қаттиқлигини ифодалайди.

Материал қаттиқлигини ўлчашнинг бир неча усуллари mavжуд. Энг олдний усулларида бири материални эговлаб кўришидир. Агар материал осон эговланса, демак материал юмшоқ, қийин эговланса, материал қаттиқ деган нисбий тушунчага эга бўламиз. Тахминий ишларда бу усулни қўллаш мумкин. Бунинг учун махсус ускуна, асбоб, вақт, маблағ талаб этилмайди.

Машина воситаларининг ишлаши ҳамда ишлаш муддатлари юза қаттиқлигига боғлиқдир. Техникада қаттиқлик Бринелл, Роквелл, Виккерс усуллари орқали аниқланади. Бу усулларнинг ҳар бири давлат томонидан стандартлаштирилган.

Қаттиқликни аниқлашнинг Бринелл усули (9012—59 ГОСТ)да намунанинг юзасига пўлатдан тайёрланган шар ботирилади. Шарнинг диаметри, таъсир кучи ҳамда кучнинг таъсир этиш вақти стандарт бўйича белгиланган. Қаттиқлик ( $HV$ ) таъсир этаётган куч ( $P$ ) нинг шар намуна юзасида қолдирган юза ўлчами ( $S$ ) га нисбати билан ўлчанади (15-расм). Демак, шар изини тўғри ўлчаш қаттиқликни аниқлашда асосий технологик жараён ҳисобланади. Қаттиқлиги катта ёки нисбатан катта бўлмаган материалларнинг қаттиқлиги Бринелл усулида аниқланади. Уртача қаттиқликка эга бўлган материаллар учун Роквелл усули (9013—59 ГОСТ) кўпроқ қўлланила-



15-расм. Қаттиқликни ўлчашнинг Бринелл (а), Роквелл (б) ва Виккерс (в) усуллари.

ди. Виккерс (2999—75 ГОСТ) ва Шор (263—75 ГОСТ) усуллари нисбатан қаттиқ материалларнинг қаттиқлигини ўлчашда қўлланилади. Бу усуллар ёрдамида аниқланган қаттиқлик миқдорлари бир-бирлари билан боғланмайди. Бринелл ва Роквелл усуллари ёрдамида аниқланган қаттиқлик миқдори тахминан қуйидагича боғланган:  $HB \approx (9,5—10) HRC$ . Қаттиқликнинг қиймати Н билан белгиланади, В ёки R ҳарфлар усулнинг бош ҳарфи (Бринелл, Роквелл). Қўйилаётган кучга биноан Роквелл усулидаги кўрсаткичлар А, В, С деб белгиланган.

Техникада юққа металл қоғозлар (фольга) ёки юққа қопламалар қаттиқлигини ҳам ўлчашга тўғри келади. Бунда материалнинг қаттиқлиги ўлчанаётганда ботирилаётган жисмнинг шакли жуда кичик бўлиши керак. Кўп фазали жисмларда фазалар қаттиқлигини ўлчашда ҳам шундай талаблар қўйилади. Микроқаттиқликни ўлчаш учун (9450—76 ГОСТ; 18835—73 ГОСТ) махсус давлат стандартлари мавжуд.

Лекин юқорида келтирилган усуллар билан машина воситаларининг ишчи юзаларини ўлчаб бўлмайди, чунки юзада нуқсон қолади. Қаттиқликни ўлчашнинг динамик усуллари юзада нуқсон қолдирмайди. Масалан, қаттиқ материалдан тайёрланган болғачани маълум масофа юқорига кўтариб, намуна юзасига ташланса, болғача намуна юзасига урилиб, яна юқорига бир неча марта кўтарилиб тушади. Болғачанинг биринчи марта юзага урилиб, юқорига кўтарилган масофа ва тебранма ҳаракатнинг сўнишидан юза қаттиқлиги аниқланади. Бир тўда қилиб бирлаштирилган ультратовуш тебранишининг сўнишига қараб қаттиқликни ўлчаш асбоблари саноатда кенг қўлланилади.

Қаттиқлик Ф. Мосс усулида минералогик кўрсаткичлардан фойдаланиб топилади. Бунинг учун 10 та эталон минерал олинади ва улар қаттиқлигининг ўсиб бориши тартибида жойлаш-

тирилади. Бу минераллар билан текширилатган жисм чизилади (тимдаланади). Минераллардан қайси бири намунада чизиқ (из) қолдирса, демак, намунанинг қаттиқлиги чизаётган минерал қаттиқлигидан кам деб ҳисобланади. Шундай минераллар тўпламига мисол келтириш мумкин. Масалан, тальк, гипс, кальцит, флюорит, апатит, ортоклаз, кварц, топаз, корунд, олмос. Ҳар бир кўрсатилган минералларнинг қаттиқлиги маълум. Улардан синалаётган намунанинг қаттиқлиги аниқланади.

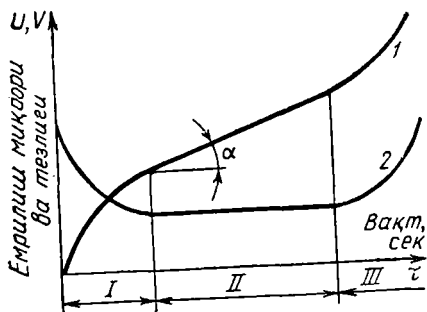
Материалнинг қаттиқлиги ҳам унинг механик хоссаларини белгилайди. Лекин материалларнинг қаттиқлиги (Н) билан муштақамлиги ( $\sigma_b$ ) орасида назарий боғланиш аниқланмаган. Баъзи ҳолларда материаллар учун амалда тажриба орқали аниқланган формула  $\sigma_b = HB$  3 дан фойдаланилади. Лекин бу формула ҳамма вақт ҳам тўғри бўлавермайди.

Материалнинг триботехник (ишқаланувчи жуфтлар ҳақидаги фан) хусусиятларига қараб, ишқаланиш жуфтларига ишлатиладиган материаллар танланади. Материалнинг триботехник хусусиятлари деганда фақат ишқаланиш кучи, ишқаланиш коэффициентлари ёки ишқаланиш эмирилиш тезлигини эмас, балки юзанинг ишқаланишидан содир бўладиган физик-кимёвий жараёнлар тўплами ҳам тушунилади. Масалан, ишқаланиш жуфтлари юзаларининг мослашиши, ишқаланиш эмирилиш тезлиги, ишқаланиш шароитлари, мойланиш даражаси, мой ва ёшққа совиштиш муҳити хусусиятлари, температура, ташқи куч таъсири, ишқаланиш жуфтларининг бир-бирига нисбатан ҳаракат турлари ва ҳ. к. Булардан кўриниб турибдики, ишқаланиш эмирилиш жуда мураккаб жараёндр.

Мутахассислар яқин-яқингача материалларнинг ишқаланиш эмирилишини асосий механик хосса деб билардилар. Лекин маъна ва ускуналарнинг барвақт ишдан чиқишига ишқаланиш эмирилишдаги физик-кимёвий жараёнлар сабабчи эканлиги яққол кўриниб қолди.

Ишқаланиш ички ва ташқи бўлиши мумкин. Масалан, ички ишқаланишга пластик деформация натижасида дончаларнинг бир-бирига нисбатан ишқаланиши, ташқи ишқаланишга эса бир жисм юзасида иккинчи бир жисмнинг сирпаниши киради. Эмирилиш эса икки жисмнинг бир-бирига ишқаланиши натижасида вужудга келади. Демак, ишқаланиш натижасида эмирилиш содир бўлади. Ишқаланиш эмирилиш деганда ўзаро ҳаракатдаги икки жисм юзаларидан материал кукун сифатида ажралиб чиқиши натижасида ишқаланиш жуфтларининг геометрик ўлчамларининг ўзгариши тушунилади.

Материалнинг ишқаланишдаги эмирилишга чидамлилиги деб ишқаланиш жуфтларининг маълум ишлаш шароитида эмирилишга қаршилигига айтилади. Эмирилиш икки усулда ўлчанади. Маълум вақтдан кейин ишқаланаётган жуфтлардан бирининг геометрик шакл ўлчами ўлчанади ёки ишқаланиш жуфтларининг ишлашдан олдинги ва ишлашдан кейинги ҳажмлари



16-расм. Вақт бирлиги ичида эмирилиш (II) миқдори (I) ва тезлиги (V) нинг (2) ўзгариш графиги:

I — ишқаланиш юзalarининг мослашиш эм: ланиш; II — икк эмирилиш; III — эмирилиш тезлигининг кескин ўсиш

(ёки массаси) ўлчанади. Ҳар биқкала усул ҳам амалда кенг қўлланилади. Эмирилиш қиймати (U) нинг эмирилиш учун кетган вақт (τ) га ёки босиб ўтилган масофа (h) га нисбати эмирилиш тезлиги дейилади:

$$v = u \tau \text{ ёки } \tau = u L$$

Триботехник хусусиятларининг ўзгариш қонуни 16-расмда келтирилган. Ишлаш шаронтига қараб ишқаланиш жуфтларининг эмирилиш турлари ҳар хил бўлади: абразив материаллар таъсиридаги

эмирилиш, адгезион эмирилиш, эрозия эмирилиш, чарчаш натижасида эмирилиш ва ҳ.к. Ишқаланиб эмирилиш давлат стандартига эга (23002—78 ГОСТ). Эмирилиш бўлгани билан ҳамма ҳолатда ҳам у ишқаланиш куч жарган ишидир. Бунда юзанинг деформацияланиши натижасида температура ҳамда структура ўзгаришлари рўй беради. Эмирилишга юза хусусиятлари ва унинг ўзгаришлари асос сабаб бўлади, ҳажмий мустақамликнинг таъсири эса озроқдир. Шунинг учун материалнинг асосий механик хосса-лави маълум бўлгани билан ҳамма вақт ҳам унинг триботехник хусусиятларини олдиндан айтиб бўлмайди. Маълумнинг триботехник хусусиятларини экспериментал усули маълум методологик кетма-кетликка эга. Тажриба олдин маълум намуналарда, сўнгра стендларда, лабораторияларда ўтказилади, энг охирида эса ишлаб чиқариш шаронтида ўтказилади.

## МАТЕРИАЛНИНГ КОРРОЗИЯГА ЧИДАМЛИЛИГИ

Материал кўпинча кимёвий муҳитда ишлатилади. Кимёвий муҳит металл юзаси билан ўзаро таъсирлашиб, кўпинча материалга зарар етказиши мумкин. Ташқи муҳитдан иборат бўлган кимёвий модда таъсирида эмирилишга коррозия деб аталади. Коррозия эмирилиш металл юзасидагина эмас, балки кристаллитлар орасида ҳам содир бўлиши мумкин. Металларда механик куч таъсирида ҳосил бўлган нуқсонлар коррозияни тезлашти-

риши ёки коррозия механик емирилишни тезлаштириши мумкин. Бундай емирилишга аралаш, яъни механик-коррозион емирилиш дейилади. Ҳозир жадаллаштирилган ишлаб чиқариш шароити, атроф-муҳитнинг ифлосланиши ҳамда кимёвий технологиянинг тараққиёти коррозион емирилишни кучайтирмоқда. Натижада уни бартараф этиш учун ортиқча харажатлар қилинмоқда. Шунинг учун коррозия турларини ўрганиш, уларни синфларга бўлиш, коррозиянинг олдини олиш каби ишлар ривожлантирилмоқда.

Кимёвий коррозияга температура таъсирида металлнинг оксидланиши, буғ шароитидаги газ коррозияси ёки ёқилгининг ёниши натижасида чиқадиган газларнинг металл юзасига таъсири натижасида содир бўладиган оксидланиш-қайтарилиш жараёнлари, электр тоқини ўтказмайдиган суюқ жисмлар (органик суяқликлар, спиртлар) нинг коррозион таъсири ва ҳ. к. киради.

Электролит хоссасига эга бўлган газ ёки суюқ муҳит таъсиридаги емирилиш электрокимёвий коррозия дейилади. Масалан, нам ҳаво, нам тупроқ ёки денгиз суви, кислота, ишқор ва туз эришмалари ва ҳ. к. таъсиридаги емирилиш бунга мисол бўлади.

Металлларга коррозиянинг таъсири турлича бўлиши туфайли емирилиш ҳам турлича бўлади. Коррозия металл юзасига барабар таъсир этса, бутун юза бўйича бир текисда емирилиш содир бўлади. Бундай емирилиш коррозия бир текис тарқалган емирилиш ёки умумий коррозион емирилиш деб аталади. Коррозия юза бўйича бир текисда содир бўлмаслиги мумкин. Бу ҳолда юзанинг маълум қисмларидагина емирилиш содир бўлади, яъни юзанинг маълум нуқталарида «яра»лар ҳосил бўлади. Кристаллитлар орасида (доначаларнинг ажралиш юзларида) ҳам коррозия содир бўлади. Бундай коррозия локал (бир жойга йиғилган) коррозия дейилади. Бир текис тарқалмаган коррозион емирилишлар текис коррозион емирилишга қараганда бирмунча хавфли ҳисобланади, чунки у материалнинг тезроқ емирилишига олиб келади.

Коррозион емирилиш маълум муддат давомида содир бўлади. Коррозион емирилиш тезлиги, яъни коррозия тезлиги коррозия мақдори (мм)нинг вақтга нисбати билан ўлчанади. Коррозия тезлиги, биринчидан, машина воситаларининг ишлаш шароитининг аниқлигига боғлиқ бўлса, иккинчидан, коррозия натижасида ҳосил бўлган масса (металл устидаги юлқа парда) нинг асос билан қандай мустаҳкам боғланганлигига боғлиқ. Лекин металл юзасида ҳосил бўлган парда эриб ҳам кетиши мумкин. Бунда коррозион емирилиш натижасида машина воситаларининг ўлчамлари ўзгариши мумкин.

Кўпинча материалларнинг коррозион емирилишга мустаҳкамлиги балл кўрсаткичлари билан ифодаланади (3-жадвал).

### 3-жадвал. Пўлат ва қотишмаларнинг коррозия мустаҳкамлик турлари

Материалнинг коррозия эмирилишга мустаҳкамлик турлари	Балл	Емирилиш
Тақомиллашган мустаҳкамлик (ТМ)	1	$T.M < 0,001$
Юқори мустаҳкамлик (ЮМ)	2	$0,005 > ЮМ > 0,001$
	3	$0,01 > ЮМ > 0,005$
Ўрта мустаҳкамлик (ЎМ)	4	$0,05 > ЎМ > 0,01$
	5	$0,01 > ЎМ > 0,05$
Қуйи мустаҳкамлик (ҚМ)	6	$0,5 > ҚМ > 0,1$
	7	$1,0 > ҚМ > 0,5$
Жуда қуйи мустаҳкамлик (ЖҚМ)	8	$5,0 > ЖҚМ > 1,0$
	9	$10,0 > ЖҚМ > 5,0$
Мустаҳкамлиги йўқ даражада (МИ)	0	$MI > 10,0$

Кристаллар орасидаги коррозия тезлигини материалнинг электр ўтказувчанлигининг ўзгариши ёки механик хоссаларининг ўзгаришига қараб ҳам аниқласа бўлади.

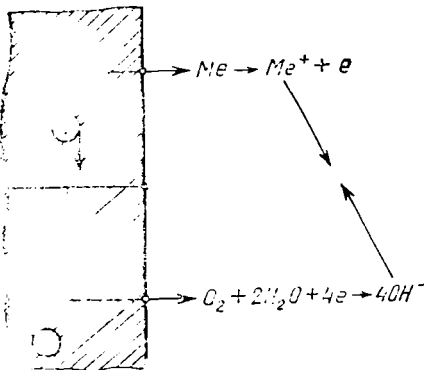
Баъзи металллар юзасида оддий шаронгта ҳам юпқа металл оксид пардаси ҳосил бўлиб, уни коррозия эмирилишдан сақлайди. Оксид қатламининг ҳосил бўлиш шаронтига қараб, унинг қалинлиги ҳар хил, яъни  $30 \div 40$  нм дан  $0,5 \div 1$  мм гача бўлади. Оксид қатламининг қалинлиги қанча юпқа бўлса, у шунча асос билан мустаҳкам бўлган бўлади.

Оксид қатламининг тузилиши ҳам ҳар хил бўлади. Баъзи оксид қатламлар ғовак бўлиб, ўзидан кислород ёки бошқа агрессив муҳитни осон ўтказиб юборади. Натижада оксид қатламининг остидаги асос борган сари коррозиядан эмирилиб боради. Агар оксид қатлами ғовак тузилишга эга бўлса, унинг қалинлиги борган сари ортиб бораверади ва маълум қалинликка етганда кўчиб тушади, яъни асосдан ажралади. Агар металл юзасида ҳосил бўлаётган қатлам тузилиши ғовак бўлмай зич бўлса, унинг кейинги оксидланишдан муҳфиз қилиш хусусияти яхши бўлади. Бундай қатламининг қалинлиги ўсмайди. Натижада материални узоқ вақт коррозия эмирилишдан сақлаб туради.

Техника амалиётида кўпроқ электрохимиявий коррозия эмирилиш содир бўлади. Бундай коррозия мураккаб жараён бўлиб, гальваник элементларда содир бўладиган жараён билан тушунтирилади (17-расм).

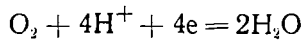
Электр ўтказувчанлиги ва кимёвий фаоллиги кучли бўлган металлларда электрохимиявий коррозия эмирилиш содир бўлади. Электролит деб ҳисобланган муҳит (газ ёки суюқлик) да металл юзаси электроманфий ва электромусбат потенциалга эга бўлади, яъни электрохимиявий потенциалга эга бўлади.



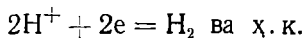


17-расм. Коррозион системанинг ҳосил бўлиш схемаси.

Металл юзасининг электроманфий потенциалга эга бўлган қисмида оксидланиш рўй бериб, электрод эриши мумкин (анод) масалан,  $Fe = Fe_{2+} + 2e$  ёки қаттиқ ҳолатдаги коррозия маҳсулот ҳосил бўлади, масалан,  $Cd + 2H_2O = Cd(OH)_2 + 2H^+ + 2e$ . Металл юзасининг электромусбат потенциалга эга бўлган қисмида (катод) эса муҳит компонентларидан бир нечаси қайтарилади, масалан, сув буғи ёки водород қайтарилади:



ёки



Электролиз системаси узилиб қолса, анод ва катод вазифарларини бажараётган қисмлардаги реакция бир хил тезликда қайтарилади. Узилган система аъзолари ўзаро мувозанатда бўлмаганлиги учун ҳам металл коррозияга учрайди. Агар коррозия система боғланган бўлса, у ҳолда анод ва катод қисмларда бораётган реакциялар тезлиги бир хил бўлмаганлиги учун ҳам коррозия тезлиги ортади. Демак, коррозия система узилган ҳолда ҳам, боғланган ҳолда ҳам металлларда электрокоррозия эмирилиш рўй беради. Металларни коррозиядан сақлаш учун махсус таркибга эга бўлган коррозиябардош қотишмалар ишлаб чиқилган. Лекин металл таркибини ўзгартириш билан ҳар қандай коррозиянинг олдини бутунлай олиб бўлмайди, албатта. Шунинг учун коррозиянинг олдини оладиган махсус усуллар ишлаб чиқилган. Масалан, коррозиябардош махсус металл ва металл бўлмаган қопламалар ишлатилади ёки машина воситалари ишлайдиган муҳитнинг коррозия таъсири йўқотилади.

Металл сиртини антикоррозия қопламалар билан қоплаш энг кўп тарқалган усуллардан бирidir. Металл ёки металл бўлмаган қопламаларни термик, кимёвий ёки электрокимёвий усуллар билан олиш мумкин. Қопламанинг вазифаси металл юзасини ташқи муҳит таъсиридан сақлашдан иборат. Масалан, оддий шароит учун баъзи пайтда машина воситаларини оддий (органик) бўёқ билан бўяб қўйиш кифоя бўлса, анча агрессив (кислота, ишқор) муҳитлар учун албатта маълум қалинлик-

даги металллар ва металл бўлмаган қопламалар керак бўлади. Техникада машина воситаларини коррозиядан емирилишдан сақлаш учун металл юзаси хром, алюминий, кумуш ва шунга ўхшаш элементлар билан қопланади. Ҳозирги пайтда металл юзаси полимер асосида олинган композицион материаллар билан қопланади.

Агрессив суяқ муҳитда ишлайдиган машина воситаларини коррозиядан сақлаш учун муҳитга махсус кимёвий моддалар (ингибиторлар) ни қўшиш мумкин. Масалан, пўлатларнинг сувда зангламаслиги учун сувга махсус моддалар сифатида натрий нитрат ( $\text{NaNO}_3$ ), хромат ва бихроматлар ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ;  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) қўшилади. Бундай қўшимчалар сифатида этаноламиндан ҳам фойдаланиш мумкин. Тайёр машина воситалари шундай эритмаларга шимдирилган қоғозга ўралади. Бу қоғоз ичида машина воситалари ишлатилгунга қадар коррозияга учрамасдан яхши сақланади.

### 3. МАТЕРИАЛЛАРНИНГ ЭЛЕКТР ВА МАГНИТ ХОССАЛАРИ

Электр машинасозлиги, электр энергиясини ишлаб чиқиш, радио ва электротехника ҳамда бошқа шунга ўхшаш саноатда кўплаб махсус материаллар ишлатилади. Бу материаллардан самарали фойдаланиш учун уларнинг махсус хоссалари, яъни электр ўтказувчанлиги, магнит ва бошқа хоссалари ҳақида маълумотга эга бўлиш керак.

Материал ўзидан электр токини яхши ўтказиши учун ток зарядини ташувчи заррачаларга эга бўлиши керак. Материаллардаги электр заррачасининг кўчиб юришига кўрсатиладиган қаршилик материалнинг электр қаршилиги дейилади. Материалларнинг электр ўтказиш хусусияти махсус назария орқали тушунтирилади.

Қаттиқ жисмларнинг мувозанат ҳолатида электронлар ниқ бир энергияга эга бўлади. Металлларнинг электр ўтказувчанлиги атомлардаги эркин электронларнинг ҳаракатига боғлиқ. Температуранинг ортиши билан бу электронларнинг ҳаракати ортади, яъни металлнинг электр қаршилиги ортади. Абсолют ноль температурада электрон ҳаракатдан тўхтади, демак, электр ўтказувчанлик фақат материалнинг кристалл тузилишига боғлиқ бўлади. Масалан, баъзи материаллар ўзи учун хос бўлган критик температурагача совирилганда ўта ўтказувчанликни намоён қилади.

Ўзгарувчан токка кўрсатилаётган қаршилик тўла қаршилик деб аталади, чунки ҳар қандай ўтказгич бунда актив қаршиликдан ташқари индукцион ва ҳажмий қаршиликка эга бўлиб, улар ўз навбатида электр ва магнит майдонларини тўла қилади. Ток йўналишининг ўзгариш тезлиги ортиб бориши билан қаршилик ҳам ортиб боради, чунки ток ўтказгичнинг юза қисмида тўпланган бўлади.

Материалларнинг электр қаршилиги солиштирма электр қаршилик билан ифодаланади:  $\rho = k \cdot S \cdot L$ ,

бу ерда  $k$  — электр қаршилик;  $S$  — намунанинг кўндаланг кесим юзаси ( $\text{мм}^2$ );  $L$  — намуна узунлиги ( $\text{мм}$ ). Металлар учун бу формула қуйидагичадир:  $\rho_m = \rho_0(1 + \alpha_p T)$ , бу ерда  $\rho_m$  ва  $\rho_0$  — материалнинг маълум температура ( $T$ ) ва абсолют температурадаги солиштирма электр қаршилиги;  $\alpha_p[(\Delta\rho/\Delta T)(\rho_0)]$  — электр қаршиликнинг температура коэффициент;  $\Delta\rho$  — солиштирма электр қаршиликнинг  $T$  температура ўзгаргандаги қиймати.

Диэлектриклардаги ток ҳажм ёки юза бўйлаб оқади. Шунинг учун ҳажм бўйлаб оқувчи токнинг солиштирма қаршилиги  $\rho_p$  ( $\text{ом} \cdot \text{м}$ ), юза бўйлаб оқувчи токнинг солиштирма қаршилиги ( $\text{ом}$ ) билан ифодаланади.

Солиштирма қаршиликка тескари бўлган катталиқка солиштирма электр ўтказувчанлик деб аталади. Ўтказгичлар учун солиштирма электр ўтказувчанлик  $\sigma = 10^7 \div 10^9$  ( $\text{ом} \cdot \text{м}$ ) $^{-1}$  га, ярим ўтказгичлар учун  $\sigma = 10^{-1} \div 10^5$  ( $\text{ом} \cdot \text{м}$ ) $^{-1}$  га ва диэлектриклар учун  $\sigma = 10^{-16} \div 10^5$  ( $\text{ом} \cdot \text{м}$ ) $^{-1}$  га тенг.

Солиштирма электр қаршилик ва солиштирма ўтказувчанликларни хусусиятларини ўлчаш давлат стандартлари билан белгиланади. Масалан, қаттиқ диэлектрик материаллар ўлчами 6433.2—71 ГОСТ, суяқ диэлектриклар ўлчами эса 6581—75 ГОСТ давлат стандартлари билан белгиланади.

Ташқи электр майдон таъсирида диэлектриклардаги электр зарядининг силжишига диэлектрикнинг қутбланиши (поляризация) деб аталади. Силжиган зарядлар ташқи электр майдонига қарши майдонни ҳосил қилади. Диэлектрикларнинг қутбланиши диэлектрикдаги кимёвий боғланишларнинг хусусиятига боғлиқдир. Электронларнинг силжиши натижасида атом ва ионлар бир-бирларидан маълум масофада турган 2 хил ишорали икки заряднинг тўпламига айланиб, диполларни ҳосил қилади.

Электр диполларининг асосий хусусияти сифатида диполь momenti қабул қилинган:

$$P = q \cdot L$$

Бу ерда  $q$  — диполь заряди;  $L$  — зарядлар орасидаги масофа, яъни диполь елкаси.

Диполь momenti диполь ўқи бўйлаб, манфий заряддан мусбат зарядга томон йўналилади. Материалнинг ҳажм бирлигига эга бўлган диполь momenti ёки қутбланиш вектори диэлектриклар-

$$\text{нинг қутбланиш хоссасидир: } \vec{P} = \sum_{i=1}^N \vec{P}_i.$$

Бу ерда  $\vec{P}$  — заррача (атом, ион, молекула) ning диполь momenti;  $N$  — материални ҳажм бирлигидаги заррачалар сони. Бир хил

таркибли (изотроп) диэлектрик қутбланиш векторининг йўналиши ташқи электр майдонининг кучланиш йўналишига тўғри пропорционалди:  $\vec{P} = \kappa \cdot \varepsilon_0 \cdot E = (\varepsilon - 1)\varepsilon_0 E$ .

Бу ерда  $\kappa$  — диэлектрикнинг электр майдонида қутбланиши:  $\varepsilon_0$  — электрик констант;  $\varepsilon$  — диэлектрикларнинг ўтказувчанлиги. Анизотроп хусусиятига эга бўлган кристалл диэлектриклар диполь моменти ( $\vec{L}$ ) нинг йўналиши билангина боғланиб қолмай, балки кристалл симметрия ўқиға ҳам боғлиқ бўлади.

Кристалл диэлектриклар (масалан, сегнетоэлектриклар) маълум температура оралиғида ўз-ўзидан қутбланади, ташқи таъсирға ҳам берилувчан бўлади. Бундай диэлектриклар П. Кюри температурасигача қиздирилса, қутбланиш йўқолади ва қутбсиз ҳолатни акс эттирувчи фаза ўзгариши рўй беради.

Диэлектриклардаги ўзгарувчан электр майдон энергиясининг бир қисмини иссиқлик энергиясига айланишиға диэлектрик йўқотиш дейилади.

Диэлектрик йўқотиш миқдори диэлектрик йўқотишнинг тангенс бурчаги ( $\text{tg } \delta$ ) билан ифодаланади. Диэлектрикларнинг ҳажм бирлиғиға тўғри келадиган диэлектрик йўқотиш қиймати қуйидагича аниқланади ( $B, \text{м}^2$ );  $P' = k \cdot E^2 f \text{tg } \delta$ .

Тенгламадаги  $k$  — коэффициент;  $E$  — кучланиш ( $\text{В/м}$ );  $f$  — электр майдонининг ўзгариш тезлиги (герцларда ўлчанади);  $\varepsilon$  — диэлектрикларнинг ўтказувчанлиги;  $\varepsilon \cdot \text{tg } \delta$  кўпайтма диэлектрик йўқотиш коэффициенти дейилади. Материалларнинг диэлектрик ўтказувчанлиги 6433.4-71 ГОСТ, диэлектрик йўқотишнинг тангенс бурчаги коэффициенти 22372-77 ГОСТ давлат стандартиға эга.

Диэлектрикларда тўсатдан кучланиш ортиб кетганда (маълум миқдорғача) электр ўтказувчанлик ҳам ортади. Бу ҳодисаға диэлектрикнинг тешилиши (пробой) дейилади. Бу ҳолда ток маълум кенгликда диэлектрик бўйлаб оқади. Диэлектрикларнинг тешилишиға сабаб бўлган электр майдоннинг кучланиши диэлектрикларнинг электрға мустаҳкамлигини ифодалайди. Бундай кучланиш диэлектрикдаги тешикни ҳосил қиладиган кучланиш  $E$  деб аталади.

Ташқи магнит майдониға жойлаштирилган жисм магнитланиб қолади. Жисмнинг магнитланишиға сабаб, жисмнинг магнит моментиға эғалигидир. Магнит моменти вектор катталikka эға. Бу катталиқ жисмнинг магнит майдони манбасидир. Биргина атом учун магнит орбитал вектор ва электронлар моменти (спинлари) йиғиндисига тенг. Ядронинг магнит моменти эса электронларнинг магнит моментидан анча кам.

Материалларнинг магнитланиш миқдори ҳажм бирлиғидаги атомларнинг магнит моментлари йиғиндисига тенг. Уни материалнинг магнитланиш даражаси деб аталади. Бир хил магнитланган материалнинг магнитланиш даражаси қуйидагича ифодаланади:  $\vec{I} = \vec{M} / V$ . Бу ерда  $M$  — магнит моменти;  $V$  — намунанинг ҳажми.

Материалнинг магнитланиш даражаси билан магнит майдони орасидаги боғланиш материалнинг магнитни қабул қилиш қобилиятини кўрсатади:

$$R_m = I H,$$

бу ерда  $H$  — магнит майдони кучланиши.

Материалларнинг магнитни қабул қилиш қобилиятига қараб, уларни уч синфга бўлиш мумкин: диамагнетиклар, парамагнетиклар ва ферромагнетиклар.

Диамагнетизм материалларнинг ташқи магнит майдони таъсирида қарама-қарши йўналишда магнитланиш хусусиятини англатади. Бу хусусият ҳамма жисмларда бўлиб, атомларнинг ҳамма электрон моментлари ўзаро ейишиб кетгандагина намоён бўлади. Диамагнетик хосса материални магнит қабул қилиш қобилиятига тескари кўрсаткичга эга ( $R = -10^{-6} \div 10^{-5}$ ).

Парамагнетиклар мусбат магнитланиш қобилиятига эга ( $R = 10^{-6} \div 10^{-3}$ ). Парамагнит хусусиятига эга бўлган жисмларда атомларнинг иссиқлик ҳаракати натижасида ўзгармас магнит моментлари тартибсиз йўналишларда бўлади. Улар ташқи магнит майдони таъсирида маълум йўналишга эга бўлади ва натижада материал магнитланиб қолади. Агар материалнинг магнитланиши кучли бўлса ( $R_m \gg 1$ ), ферромагнитлар деб аталади ва магнитланиш хусусияти, майдон кучланиши ҳамда температура билан чизиқли боғланишда бўлмайди.

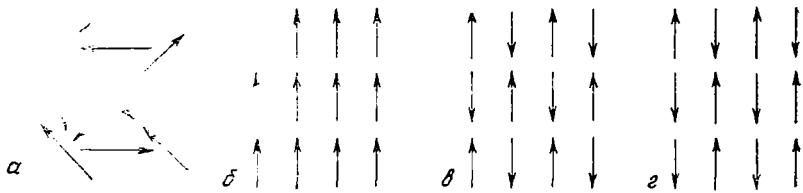
Демак, ферромагнетизм материаллардаги микроҳажмда магнит моментларининг тартибли ҳолати ўрнатилишини англатади. Магнит моментларининг бундай тартибли ҳолатида атом (ион) магнит моментлари параллел ва бир хил йўналишда бўлади. Бундай ҳажмларга доменлар деб аталади ва улар магнит майдони бўлмаган ҳолда ҳам магнит моментларига эга, яъни ўз-ўзидан магнитланиши мумкин.

Антиферромагнетикларда магнетизм хоссасини ҳосил қилувчи қўшни заррачаларнинг магнит моментлари ўзаро қарама-қарши йўналган бўлиб, магнит майдони бўлмаганда материалнинг магнитланиши нолга тенг бўлади.

Материаллардаги магнит моментларининг тартиби схема тарзида 18-расмда берилган.

Материалларнинг магнитланиши ( $R_m$ ) асосан температурага боғлиқдир. Температуранинг кўтарилиши парамагнетикларнинг магнитланишини камайтирса, ферромагнетикларникини кескин кўтаради. Кюри нуқтасига яқинлашганда энг катта қийматга эга бўлади Кюри нуқтасида ферро ҳамда ферриманетик материаллардаги ўз-ўзидан магнитланиш хоссаси йўқолиб, материаллар оддий парамагнетик хусусиятларга эга бўлиб қолади.

Жисмдаги магнит майдонининг ўртача йиғиндиси магнит майдони хусусияти бўлиб, магнит қўзғатувчи деб аталади. Магнит қўзғатувчи  $\vec{B}$ , магнит кучланиши  $\vec{H}$  ҳамда магнитланиш  $\vec{I}$  қуйида-



18-расм. Атомларнинг магнит моментлари бўйича тартибланишнинг кўрсатувчи чизма:

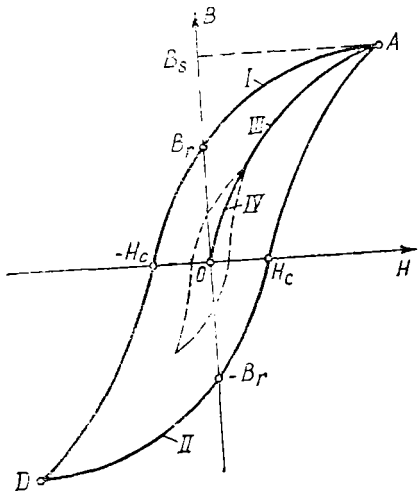
**a** — парамагнетиклардаги, **b** — ферромагнетиклардаги, **c** — антиферромагнетиклардаги, **d** — ферримгнетиклардаги тартибланиш.

га боғланганли  $\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{I})$ , бу ерда  $\mu_0 = 4 \times 10^{-7}$  гн м — магн. имийки. Агар  $R_m = \vec{I} \vec{H}$  эканлигини ҳисобга олсак,  $\vec{B} =$  дир. Бу ерда  $\mu = 1 + R_m$ .

Ферромагнетикларнинг ўзгарувчан магнит майдонида магнитланишида гистерезис ҳодисаси рўй беради, яъни магнит майдони кучланиши ўзгариши билан жисмнинг магнитланиши бир хил миқдорда рўй бермайди (19-расм).

Кучли магнит майдонида намуна тўла магнитланиши мумкин (D нуқта). Ташқи майдон кучланиши камайиб боғиши билан магнит қўзғатувчанлик  $I$  эгри чизиқ бўйлаб камайди ( $+B_r - H_c$ ),

чунки ўсаётган доменларнинг магнит моментлари вектори майдон векторига қарама-қаршидир. Майдон кучланиши нолга тенг бўлиб қолганда ҳам намуна ҳали магнитланган бўлади (қолдиқ магнит). Бу қолдиқ магнит индукция ( $B_r$ ) га тенг бўлади. Кучли магнит майдонида тўла магнитланган ферромагнит намуна майдон кучланиши ўзгариши билан магнитсизланади. Ана шу магнитсизланишга олиб келган майдон кучланишига коэрцатив майдон ёки коэрцатив куч дейилади. Магнитсизлантирган майдон кучланиши янада ошганда магнитланиш рўй беради (D нуқта). Намунанинг қайта магнитланишини II эгри чизиқ ифодалайди.



19-расм. Магнит гистерезисига эга бўлган ферромагнетикларда магнитлантириш ва магнитсизланттириш эгри чизиқлари.

Магнит майдони ўзгариш амплитудасини нолгача камайтириб, қайта магнитланиш даврини қайтара бориб, намунани тўла магнитсизлантириш мумкин.

Магнит хусусиятларини аниқлашда бажариладиган ишлар ва ўлчаш воситалари ГОСТ 8.268--77, ГОСТ 17809—72, ГОСТ 20906—75, ГОСТ 12635—67, ГОСТ 12636—67, ГОСТ 12637—67, ГОСТ 12119—80 давлат стандартлари билан белгиланган.

#### 4. МАТЕРИАЛЛАРНИНГ ТЕХНОЛОГИК ХОССАЛАРИ

Машина воситаларини тайёрлашда мавжуд материалларнинг қайта ишлаш имкониятлари қандай даражада эканлиги материалнинг технологик хоссалари дейилади. Материалнинг бундай хусусиятларини билган ҳолда машина воситаларини яшашнинг технологик жараёнларининг лойиҳаларини тузиш усулларини танлаш мумкин. Асосий технологик хоссаларга кесиб ишлаш, босим остида ишлаш, материалнинг суяқ ҳолдаги хусусиятларидан фойдаланиш, пайванд чок олиш имкониятлари, деформацияланиши ҳамда иссиқлик таъсирида шаклнинг ўз геометрик ўқини сақлай олиш хусусиятлари ва шунга ўхшаш бошқа хусусиятлар киради.

Кесиб ишлашда материални кесиб ишлангандаги маҳсулотнинг сифатигина эмас, балки кесиб ишлаш жараёнининг самардорлиги, ишланган юзанинг микрогеометрияси, маҳсулот геометрик ўлчамларининг аниқлик даражаси, кесувчи асбобнинг турғунлик даражаси, кесиш тезлиги, кесиш кучлари, қиринди турлари ҳисобга олинади. Материалнинг кесиб ишлашга яроқчилигини аниқлаш учун юқорида айтилган кўрсаткичларни эталон қилиб олиш керак.

Босим остида ишлашда намунанинг пластик деформацияланиш хоссаларидан фойдаланилади. Материалларни босим остида ишлаш материалнинг турига ҳамда уларни қайта ишлаш усулига боғлиқ. Масалан, материалларнинг эгилиш хусусияти 14019—80 ГОСТ стандартга биноан аниқланади. Металлларнинг эгилиши натижасида ҳосил бўлган биринчи нуқсонлар — дарз кетиш, эгилиш бурчаклари шу стандартга биноан аниқланади. Агар маълум кучланиш таъсирида бундай емирилиш, қатлам кўчишлар содир бўлмаса, намуна синовдан ўтган ҳисобланади. Юпқа (лист ёки лента) материални сиқиб чиқариш усули билан синаш 10510—80 ГОСТ давлат стандартига тўғри келиши керак. Синашдаги деформация жараёнида оқиш бошланмасдан намунада маълум ўйма (лунка) ҳосил бўлади. Материалнинг емирилмасдан ҳосил бўлган ўйма ўлчамига қараб материалнинг синалганлиги ҳақида хулоса чиқарилади. Махсус ўлчамларда жуваланган материалларнинг чўкиш хусусиятларини синаш учун 8817—80 ГОСТ давлат стандарти белгиланган. Маълум ўлчамдаги намунага сиқадиган куч таъсир эттирилса, намунанинг бўйи қисқаради. Бунда намунада дарз

ҳосил бўлмаса, емирилиш ёки қисмларнинг кўчиши содир бўл-  
маса, материал саноидан ўтади.

Машинасозликда деталлар борган сари кўпроқ кукун ҳолат-  
даги материаллардан тайёрланмоқда. Шунинг учун ҳам ку-  
кун материалларнинг хусусиятларини ҳам аниқлаш керак.  
Масалан, бундай материалларнинг кукун ҳолдаги оқувчанлиги,  
зицлана олиши ҳамда шакл қабул қилиш хусусиятлари аниқ-  
ланади. Материалнинг кукун ҳолдаги оқувчанлиги 20899—75  
ГОСТ давлат стандартига жавоб бериши керак. Оқувчанлик  
деб маълум ўлчамга эга бўлган тешикдан вақт бирлиги чида  
ўзишга улгурган масса (кукун) миқдорига айтилади. Бу ос-  
са кукундан маҳсулот ясалаётганда жуда муҳимдир, яъни қан-  
ча вақт ичида қолип тўла бўлиши аниқланади. Қолиплардаги  
кукунга босим берилганда кукун қалинлигининг камайишига  
қараб зицланиш хусусияти аниқланади. Босим остида ишланган  
кукун материалларнинг қолип шаклини тўлдириб олишига қара-  
б, шаклланиш хоссаси аниқланади. Кукун материалларнинг бу  
хоссалари 25250—82 ГОСТ давлат стандарти билан белгила-  
нади.

Суюқ материалнинг оқувчанлиги деганда суюқ металлни  
маълум шаклдаги қолипга қуйилганда намоеън бўладиган ху-  
сусиятлари тушунилади. Суюқ ҳолдаги оқувчанлик материал-  
нинг кимёвий тузилишига, температурага ҳамда қовушоқликка  
ва қолип материалларнинг хусусиятларига боғлиқ бўлади. Бун-  
дай хусусиятлар тажриба асосида аниқланади. Суюқ металл  
қолипларга қуйилгандан кейин қотиши (кристалланиш) нати-  
жасида чўкади. Бу хусусият суюқ металл ҳажми билан қотган  
металл ҳажми орасидаги фарқ билан ўлчанади. Худди шу усул  
билан металлларнинг чўкиш коэффициентлари аниқланади.

Материалларнинг пайванд чок ҳосил қилиш хусусияти де-  
ганда, чокнинг ишлай олиш хусусияти тушунилади. Бунда пай-  
вандланган материалнинг сифати асосий материал сифатига  
ўхшаш бўлиши керак. Пайванд чокнинг хусусиятларини асосий  
материал хусусиятларига солиштириш билан синаб кўрилади.  
Пайвандланган маҳсулотларнинг механик хоссалари 6996—66  
ГОСТ билан белгиланади, пайвандлаш ёйи ҳамда кавшарлаш  
13585—68 ГОСТ билан белгиланади. Пайванд чокнинг турлари  
(чокнинг шакли) ҳам 7512—82 ГОСТ давлат стандартига эга.  
Пайванд чокнинг узоқ муддатга чидай олиши (ишлай олиши)  
10145—81 ГОСТ давлат стандарти билан белгиланади.

#### **4-б о б. МЕТАЛЛ АСОСИДАГИ ҚОТИШМАЛАРДАГИ ФАЗА УЗГАРИШЛАРИ**

Тоза металлларнинг механик хоссалари улар асосидаги му-  
раккаб бирикмаларнинг хоссаларига қараганда анча ёмон бў-  
лади. Шунинг учун ҳам техникада тоза металлларга қараганда



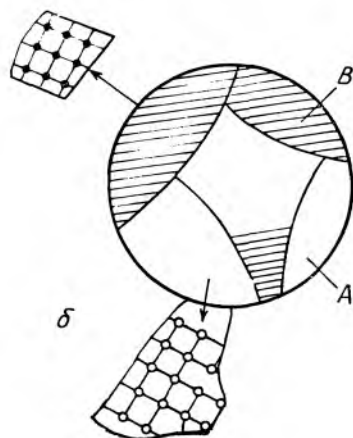
уларнинг қотишмалари кўпроқ қўлланилади. Иқтисодий жиҳатдан ҳам тоза металлларга қараганда қотишмаларни қўллаш фойдалироқдир, чунки тоза металлни олиш қийин, таннархи юқори, хомашё захираси ҳам чегараланган.

Металл қотишма деганда бир элемент асосида бир неча элементларнинг ўзаро аралашмасидан ҳосил бўлган жисм тушунилади. Шу жисмни ташкил қилувчи кимёвий элементларга унинг ташкил қилувчилари (компонентлари) деб аталади. Қотишма бир жинсли (бир фазали) ёки кўп жинсли (кўп фазали) бўлиши мумкин. Фаза деб жисмнинг бир жинсли қисмига айтилиб, у ўз чегарасига эга, қачонки юза чегарасидан ўтилганда хоссалар кескин ўзгаради. Мураккаб жисмдаги фазалар йиғиндиси материал тузилишини (структурасини) ҳосил қилади.

Фаза ва тузилишларнинг мувозанати ташқи муҳит таъсирига боғлиқ бўлади ҳамда температура-компонентлар концентратсияси диаграммаси билан ифодаланади.



а



б

20-расм. Механик аралашманинг микроструктураси кўриниши (а) ҳамда А ва В элементларнинг алоҳида кристалланиши (б).

Қотишмаларни ташкил қилган компонентларнинг сонига қараб, бир компонентли ёки кўп компонентли қотишмалар бўлади. Фазаларнинг сонига қараб эса бир фазали ёки кўп фазали қотишмалар бўлиши мумкин.

## 1. МЕТАЛЛ ҚОТИШМАЛАРИ ФАЗАЛАРИ

Қотишма таркибидаги компонентлар ўзаро ҳар хил таъсирлашувда бўлиши мумкин: суяқ ҳолда бир-бирида чексиз эриши мумкин (суяқ эритма фазаси), қаттиқ ҳолда ҳам бир-бирида эриши мумкин (қаттиқ эритма фазаси) ёки ўзаро кимёвий таъсирлашиб, кимёвий бирикмалар (оралиқ фаза) ни ҳосил қилиши мумкин.

Мураккаб жисм А ва В икки компонентдан иборат деб олайлик, бунда икки ҳолни кўриш мумкин: биринчи ҳолда компонент суяқ ҳолатда бир-бирида чексиз эриса ҳам, кристал-

ланаётганда ҳар бири алоҳида-алоҳида кристаллланади. Шунинг учун бундай мураккаб структура механик аралашма деб аталади. Бу аралашма икки компонентли ёки икки фазадан иборат бўлади, яъни ҳар бир компонент ўзи алоҳида кристаллангани учун алоҳида фазани ҳосил қилади (20-расм). Иккинчи ҳолда эса *A* ва *B* компонентлар ўзаро таъсирлашиб, бир хил таркибли қаттиқ эритмалар ёки кимёвий бирикмалар (оралиқ фазалар) ни ҳосил қилиши мумкин.

Қаттиқ эритмалар деб, *A* компонентнинг элементар кристалл панжарасида иккинчи *B* компонент атомлари жойлашишига айтилади. Кристалл панжарани ҳосил қилган *A* компонент эритувчи вазифасини ўтайди. Кристалл панжарада *B* компонентнинг фақат айрим атомлари қатнашаётгани учун эрувчи модда деб аталади.

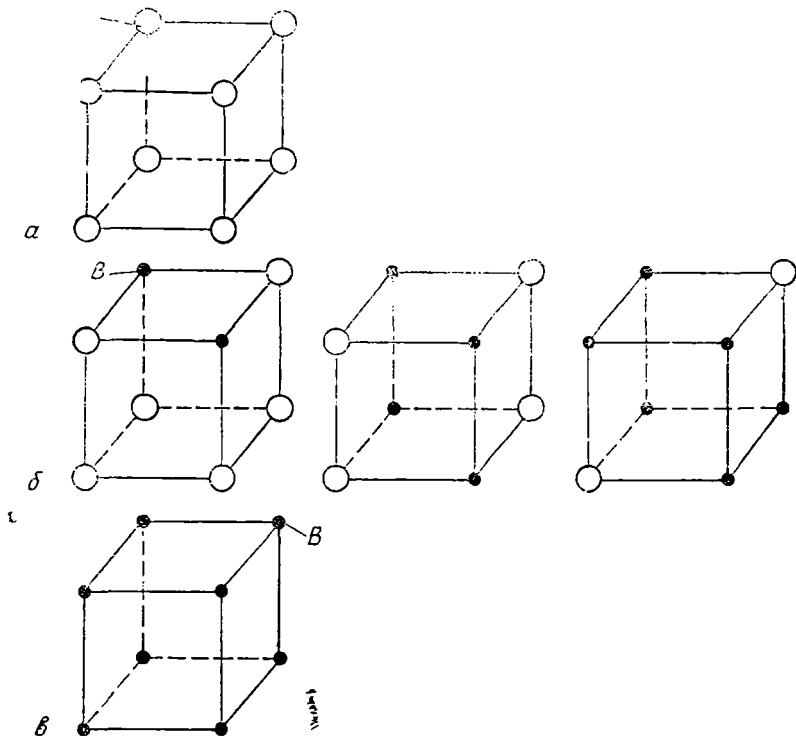
Лекин кристалл панжарада эрувчи *B* модданинг ўрнини *A* эритувчи модда атомлари олиши мумкин, у ҳолда ўрин олиш қаттиқ эритмаси ҳосил бўлади. Агар эрувчи *B* модда *A* эритувчи компонент кристалл панжарасидаги атомлар орасига жойлашса, бундай қотишма *сингдириш қаттиқ эритмаси* деб аталади. Масалан, *A* компонент ўрнида алюминийни олсак, *B* компонент ўрнида мис олсак, бу қотишма ўрин олиш қаттиқ эритмасига мисол бўла олади. Алюминий кристалл панжараси сақланиб қолган шароитда 5,5% мис атомлари алюминий атомларининг ўрнини олиши мумкин. Демак, мис алюминийда 5,5% гача эрий олади. Умуман олганда ҳамма металллар у ёки бу даражада бир-бирида эриши мумкин. Шундай металллар ҳам борки, тўла бир-бирида эриши мумкин, масалан, *A* компонент кристалл панжарасидаги атом ўринларини *B* компонент атомлари борган сари алмаштириб борса, натижада *A* компонент кристалл панжараси ўрнига *B* компонент кристалл панжараси ҳосил бўлади (21-расм). Бундай қаттиқ қотишмаларга *бир-бирида чексиз эрийдиган қаттиқ эритмалар* деб аталади. Масалан, кристалл панжаралари ёқлари марказлашган куб шаклига эга бўлган моддалар: кумуш ва олтин, никель ва мис, молибден ва вольфрам, ванадий ва титан ва ҳ. к. бир-бирларида чексиз эриши мумкин.

Бир-бирида чексиз эрийдиган қаттиқ эритмаларни ҳосил қилиш учун қуйидаги шартлар бажарилиши керак:

1. Қаттиқ эритмани ташкил қилган компонентларнинг элементар кристалл панжаралари турлари бир хил бўлиши керак. Фақат шундагина қаттиқ эритмадаги компонентларнинг миқдор ўзгариши натижасида бир элементнинг элементар кристалл катакчаси иккинчи элементнинг элементар катакчасига аста-секин ўтиши мумкин.

2. Компонентлар атомларининг радиуси бир-бирига яқин бўлиши керак, аниқроғи уларнинг фарқи 9—15% дан ошмаслиги шарт.

3. Компонентларнинг атом валентлик электронлари бир-би-



21- расм. Бир-бирида чексиз эрийдиган компонентларнинг кристалл панжалари:

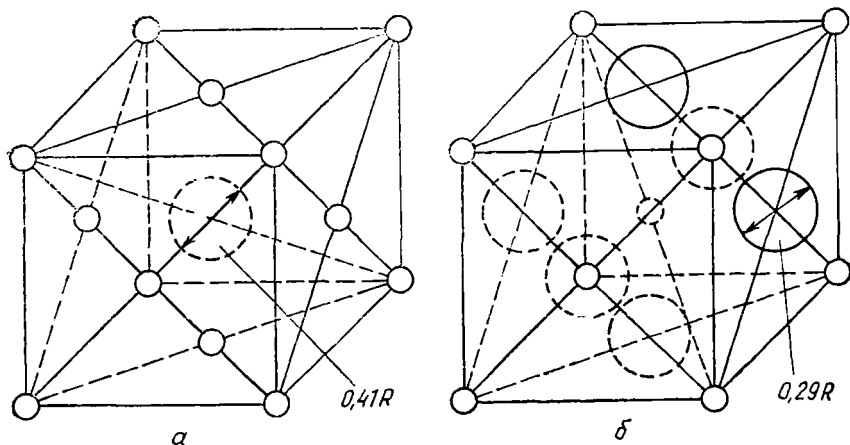
а — соф А компонент; б — В компонентнинг А компонент қаттиқ эритмаси; в — соф В компонент.

рига яқин бўлиши керак, яъни Менделеев даврий системасида компонентлар бир-бирига яқин туриши керак.

Ана шу шартлар бажарилгандагина металллар бир-бирида чексиз эриши мумкин. Агар бу шартлар маълум даражада бажарилса, бажарилиш даражасига қараб элементларнинг эриш чегараси белгиланади.

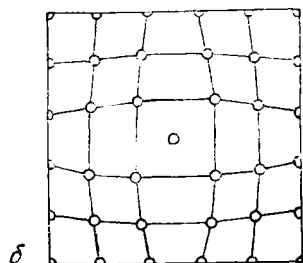
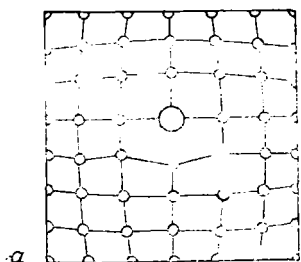
Қаттиқ эритмаларнинг ҳосил бўлиш назарияси мукаммал ўрганилмаган. Масалан, юқорида айтиб ўтилган ҳамма шартлар бажарилган ҳолда ҳам мис ва темир бир-бирида чексиз эримайди ва ҳ. к.

Сингдириш қаттиқ эритмасини ҳосил қилиш учун А эритувчи элементнинг атомлари орасидаги масофа В эрувчи элементнинг атоми жойлашиши учун етарли бўлиши керак. Демак, эрувчининг атоми ҳар қандай атом орасидаги бўшлиққа жойлашмай, шундай бўшлиққа жойлашиши керакки, шу бўшлиқ ўлчамлари атом ўлчамларига тенг ёки ундан катта бўлиши керак. Масалан, ёқлари марказлашган куб катакчада



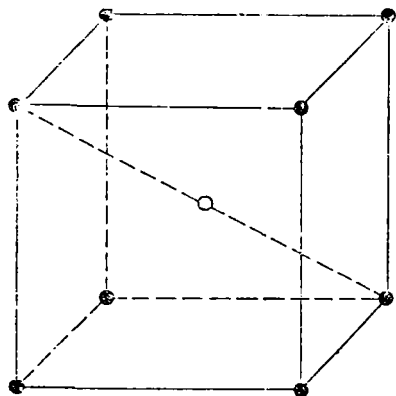
22-расм. Ёқлари марказлашган (а) ва марказлашган (б) куб ячейкаларнинг атомлари орасидаги бўшлиқ тасвири.

(22-расм) энг катта бўшлиқ кубнинг ўртасида бўлади ва бу бўшлиққа атом радиуси  $0,41R$  га тенг бўлган атом жойлаша олиши мумкин ( $R$  — куб каттакчадаги атом радиуси). Марказлашган куб каттакча учун энг катта бўшлиқ ён томонларини марказида бўлиб, унинг ўлчами  $0,29R$  га тенгдир. Шунинг учун ёқлари марказлашган куб каттакчада атомлар зич жойлашишига қарамасдан марказлашган куб каттакчага қараганда бўшлиқ ўлчами каттароқ бўлади.



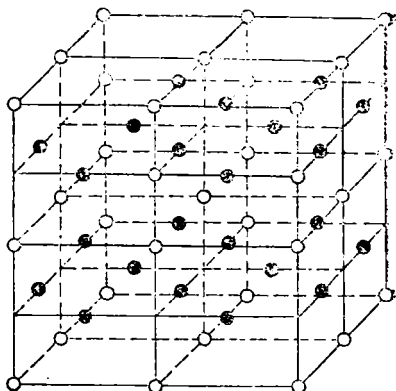
23-расм. Сингдириш ёки ўрин алмашиш қаттиқ эритмасида кристалл панжара мувозанатининг бузилиши.

Сингдириш қаттиқ эритмасини ҳосил қилишда атомлар орасидаги бўшлиқ билан сингдирилаётган атом ўлчами орасидаги фарқ 9—15% ни ташкил қилиши ҳам мумкин. Шунинг ҳам айтиш керакки, қаттиқ эритма ҳосил бўлишида дислокациянинг ўрни ҳам катта бўлади. Масалан, дислокация чегарасига сингдирилаётган ўзга атомларнинг жойлашиши такомиллашган, яъни бузилмаган каттакча оралигида жойлашишдан кўра осонроқдир. Сингдирилган атомлар ўрин алмашган атомларга қараганда дислокацияга кўпроқ боғланган бўлади, яъни Котрелла муҳитини ҳосил қилади.



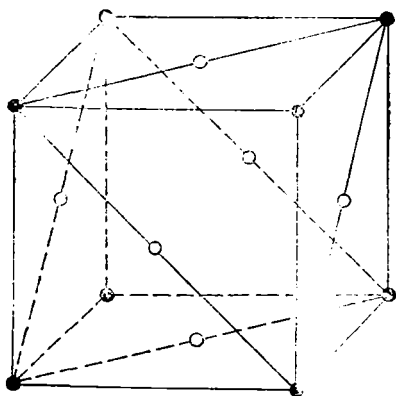
a

● Zn, ○ Cu



б

● Au, ○ Cu



в

● Au, ○ Cu

24-расм. Сингдириш қаттиқ эритмаси кристалл панжараларида атомларнинг тартибли жойлашиши:

а — С1 — Zn;    в — А1 — Cu

Демак, ўрин алмашган қаттиқ эритма ҳам, сингдириш қаттиқ эритмаси ҳам кристалл панжаранинг маълум бир чегарада қийшайишига (деформацияланишига) олиб келади (23-расм). Қаттиқ эритма микроструктураси шартли равишда мувозанатдаги доначани ташкил қилгани учун жисмда фаза ажралиши рўй бермайди. Шунинг учун қаттиқ эритмаларни мувозанатдаги структура деб қаралади.

Умуман сингдириш қаттиқ эритмаларида эриш кам бўлади. Эрувчи элементнинг атом ўлчами анча кичик бўлган ҳолдагина эриш рўй беради. Шунинг учун ҳам металлларда кўпинча углеводород, азот, водород каби металл бўлмаган элементлар эрийди. Бу элементларнинг атом ўлчамлари 0,046—0,07 нм ни ташкил қилади. Пулат ва чўянларда бундай қаттиқ эритмалар муҳим ўрин тутади.

Сингдирилган атом эритувчининг кристалл панжарасида тартибли жойлашиши ҳам мумкин. Бундай эритмалар тартиб-

ли сингдириш қаттиқ эритмаси деб аталади. Масалан,  $\text{Cu—Au}$ ,  $\text{Fe—Al}$ ,  $\text{Fe—Si}$  ва бошқа шунга ўхшаш қотишмаларда юқори температурада атомлар тартибсиз сингдирилган бўлса, температура пасайиши билан сингдирилган атомлар маълум тартибда жойлашиб қолади (24-расм). Кристалл панжаранинг бундай тузилиши металл хоссаларини ҳам ўзгартиради. Масалан, 21,5% Fe ва 78,5% Ni дан иборат қотишма (пермаллой) нинг магнитланиши кескин ўзгаради, электр қаршилиқ ортади, қаттиқлиги ҳам ортиб, пластиклиги камаяди.

Металл қотишмаларда кимёвий бирикмалар ва табиати жиҳатидан унга яқин бўлган фазалар жуда кўп учрайди.

Кимёвий бирикмаларнинг ҳосил бўлишида кристалл панжара билан боғлиқ бўлган махсус хусусиятлар вужудга келади. Уларни қаттиқ эритмадан кескин ажратиш турадиган хусусиятлар куйидагилардир:

1. Кимёвий бирикма ўзига хос кристалл панжара турини ҳосил қилиш хусусиятига эга. Янги типдаги кристалл панжара шу кимёвий бирикмани ташкил қилувчи компонентларнинг кристалл панжара турларидан тубдан фарқ қилади. Кимёвий бирикмаларда компонентларнинг атомлари тартибли жойлашган бўлиб, маълум жойлашиш қонуниятларига эга. Кўпчилик кимёвий бирикмаларнинг элементар кристалл панжараларининг турлари мураккаб бўлади.

2. Бирикмада элементар массасининг нисбати дсимо сақланади. Шунинг учун кимёвий бирикмалар содда қилиб  $A_mB_n$  ифода билан белгиланади. Бу ерда  $m$  ва  $n$  бутун сонлар бўлиб, элементларнинг атом нисбатларини ифодалайди.

3. Кимёвий бирикмаларнинг хоссалари шу бирикмани ташкил қилувчи элементлар хоссаларидан кескин фарқ қилади.

4. Суюқланиш температураси ҳам ўзгармас бўлиб, кимёвий бирикма суюқланиш температурасигача сақланиб қолиши ҳам мумкин, лекин суюқланиш температурасига етмасдан парчаланиб ҳам кетиши мумкин.

Агар кимёвий бирикма суюқ фазадан тўғридан-тўғри кристалланса ёки қиздирганда суюқланиш температурасигача сақланиб қолса, бундай бирикма барқарор кимёвий бирикма деб аталади. Агар кимёвий бирикма қаттиқ фазаларни мувозанати ўзгариши натижасида вужудга келса ёки қиздириш натижасида қаттиқ ҳолда диффузион парчаланиб кетса, бундай кимёвий бирикмалар беқарор кимёвий бирикмалар деб аталади.

5. Кимёвий бирикмаларнинг ҳосил бўлишида температура ўз-ўзидан ўзгариши мумкин.

Кимёвий бирикмаларнинг ҳосил бўлишида атом электрон тузилишлари бир-биридан кескин фарқ қиладиган компонентлар қатнашади.

Кимёвий бирикмаларга мисол сифатида магний элементи-нинг даврий жадвалдаги бошқа элементлар билан ҳосил қилган бирикмаларини кўрсатиш мумкин. Масалан  $\text{MgSn}$ ,  $\text{Mg}_2\text{Pb}$ ,

$Mg_3Bi_2$  ва ҳ. к. Металлар билан металллар бирикканда кимёвий боғланишнинг металл боғланиш тури сақланиб қолади. Қотишмалардаги бундай боғланишлар интерметаллид боғланишлар, ҳосил бўлган фазалар эса интерметаллидлар деб аталади.

Ўзгарувчан валентликларга эга бўлган Fe, Mn, Cr, Mo ва бошқа шунга ўхшаш элементларнинг кристалл панжараларида атом ўлчами кичик бўлган углерод, азот, бор ва водород атомлари сингиши мумкин. Бундай боғланишларнинг тузилиши ва хоссалари бир-бирига жуда ўхшайди ва сингиш фазалари деб аталади. Масалан, металл нитридлари (TiN, FeN, VN ва ҳ. к.) ва айниқса пўлатлар таркибидаги карбидлар ( $Fe_3C$ ,  $W_2C$ , VC, TiC ва ҳ. к.) бунга мисол бўлади.

Сингиш фазасининг ҳосил бўлиши элементар кристалл панжаранинг тури ҳамда ташкил қилувчи элементларнинг атом ўлчамларига боғлиқ бўлади. Агар металлмас элементнинг атом ўлчами  $R_x$ , металлнинг атом ўлчамини  $R_n$  десак, у ҳолда  $R_x/R_n < 0,59$  бўлса, металл кристалл панжаранинг тури оддий куб катакча (K8, K12) бўлиши мумкин. Лекин бу куб катакчаларнинг геометрик ўлчамлари металллардаги куб ячеёка ўлчамларидан албатта фарқ қилади. Агар  $R_x/R_n < 0,59$  шарти бажарилмаса (масалан, темир, марганец ва хром карбидлари), сингиш фазасининг кристалл панжарасининг тузилиши мураккаб бўлади.

Металларнинг электрон таркиби нисбатига биноан ҳам боғланиш ҳосил бўлиши мумкин. Бундай боғланишларга электрон боғланишлар дейилади. Уларнинг асосий хусусиятларидан бири умумий валент электронларнинг ҳар бир элементар кристалл ячеёкага тўғри келадиган сони деб қаралади. Масалан, 3/2 (1,48), 21/13 (1,62), 7/4 (1,73) нисбатларга тенг боғланишларни учратиш мумкин. Ҳар бир кўрсатилган нисбатга тўғри келадиган маълум элементар кристалл панжара тури мавжуддир. Мис, кумуш ва олтин бирикмалари кўпинча электрон боғланиш орқали бирикади. Механик аралашма ва қаттиқ эритмадан ташқари ҳар қандай боғланишли бирикмалар оралиқ фазалар деб аталади. Жумладан, кимёвий бирикмалар ҳам оралиқ фазалар дейилади.

## 2. МУВОЗАНАТ ҲОЛАТИДАГИ ФАЗАЛАР

Металл қотишмалари таркибидаги компонентлар суяқ ҳолда бир-бирида чексиз эрийди. Қаттиқ ҳолда эса уларнинг бир-бирида эриши чегараланган бўлиши мумкин. Қотишмалар таркибидаги компонентлар миқдор ўзгаришларининг температурага боғлиқлиги график фаза ва структуранинг мувозанат ҳолатини белгилайди. Бундай график фазаларнинг мувозанат ҳолат диаграммаси деб аталади.

Системанинг мувозанат ҳолати жисмнинг маълум шароитдаги энг кичик ички энергияга эга бўлган ҳолатидир. Жисмлар

ҳамма вақт ички энергиясини камайтиришга интилади, жисм суюқ ҳолатдан қаттиқ ҳолатга ўтаётганда, яъни кристаллланаётганда мувозанат фазаларни ҳосил қилади. Бунда мумкин қадар секин совитиш, қаттиқ ҳолатдан суюқ ҳолатга ўтишда эса жуда секин иситиш керак. Қотишмаларнинг ҳаммаси қандайдир нисбатан мувозанатда бўлмаган (метастабил) фазаларга эга бўлади. Материалшунослик амалиётида қотишмаларнинг мувозанатда бўлмаган ҳолатини ўрганишдан мақсад материалларнинг ишлатилиш соҳасини кенгайтиришдир.

Гиббс қондасига биноан икки тушунчада чекиниш бўлиши мумкин: 1. Фазалар етарли даражада катта ўлчамга эга, шунинг учун уларнинг юзасида содир бўладиган жараёнлар ҳисобга олинмайди;

2. Қотишмани ташкил қилувчи ҳар бир компонент фазаларнинг ажралиш юзаларидан ўта олиши мумкин. Агар шундай фаразлар ўринли бўлса, бундай ҳолда ҳолат диаграммасининг математик ифодасини аниқлаш мумкин. Фазалар эркинлик даражасини ўзгартирувчи кўрсаткичлар — компонент сони, фазалар сони, температура ва босимдир:

$$C = K + 2 - \Phi,$$

бу ерда  $K$  — компонентлар сони;  $2$  — ташқи таъсир (температура ва вақт);  $\Phi$  — фазалар сони.

Системанинг эркинлик даражаси деганда миқдор ўзгаришлари содир бўлганда, яъни температура ва босим маълум даражада ўзгарса, мувозанатдаги фазалар сонининг ўзгармаслиги тушунилади. Ўзгармас аниқ таркибли қотишма учун ташқи ўзгарувчан факторлар температура ва босимдир. Металларга фазалар қондаси қўлланилганда температура ташқи ўзгарувчан фактор сифатида, босим эса ўзгармас деб қабул қилинади. Фақат жуда юқори босимда фаза ўзгаришлари рўй беради (масалан, сунъий олмос олишда). Оддий шароит учун системанинг эркинлик даражаси қуйидаги кўринишда бўлади:  $C = K + 1 - \Phi$ . Лекин эркинлик даражаси фақат бутун ва мусбат сон бўлиши мумкин. Шунинг учун  $C = K + 1 - \Phi \geq 0$  ёки  $\Phi \leq K + 1$ . Демак, мувозанат ҳолатдаги қотишмаларда фазаларнинг сони энг кўпи билан компонентларнинг сонидан битта кўп бўлиши мумкин. Система кўп, масалан, учта компонентли бўлса, фазалар сони 4 тадан кўп бўлмайди.

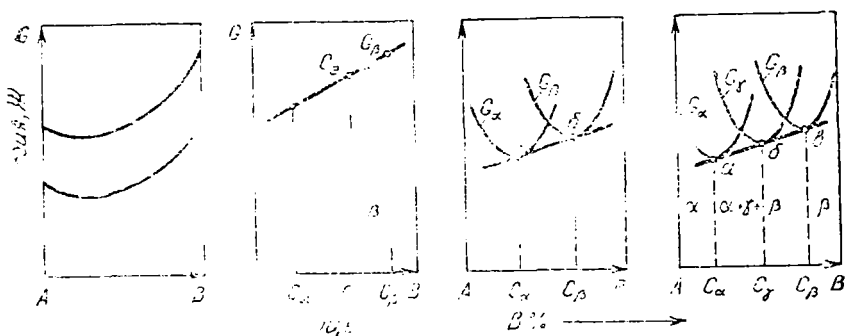
Мувозанат ҳолатдаги бир неча компонентлардан иборат бўлган система максимал фазалар сонига эга бўлса, у ҳолда эркинлик даражаси нолга тенг бўлади ( $C = 0$ ). Бундай мувозанат ҳолат инвариант ҳолат деб аталади. Икки компонентли системада эркинлик даражаси  $C = 1$  бўлса, система бир вариантли ёки моновариантли, агар  $C = 2$  бўлса, система бивариантли бўлади.



Материалшунослик назарияси ва амалиётида икки компонентли ҳолат диаграммаси муҳим аҳамиятга эга.

Юқорида айтганимиздек, мувозанат ҳолатнинг асосий шартини жисмнинг энг кам ички эркин энергияга, яъни энг кичик термодинамик потенциалга эга бўлишидир. Жисм бир (суюқ ёки қаттиқ) фазадан иборат бўлса, фазанинг эркинлик даражаси (Гиббс энергияси  $G$ ) унинг таркиби ва табиатига боғлиқ бўлади. Агар суюқ ва қаттиқ фазалар эркинлик даражасининг таркибга нисбатан ўзгаришини (25-а расм) солиштирсак, қаттиқ фазанинг эркинлик даражаси ( $G_2$ ) кам бўлади. Шунинг учун ҳам қаттиқ фаза барқарор бўлади. Агар система икки ёки уч фазадан иборат бўлса, ўзгармас температура ва босимда эркинлик даражасининг ўзгариши силжиш қондасига бўйсунди (25-б расм) ва тўғри чизикли функционал боғланишда бўлади, яъни  $G_e$  таркибдаги қотишманинг эркинлик энергиясини белгиловчи  $G_2$  ва  $G_1$  нуқталарни бирлаштирувчи тўғри чизикда ётади ва уни  $\alpha$ - ва  $\beta$ - фазаларнинг масса миқдорига теслари пропорционал бўлган икки кесимга ажратади. Текис системани ташкил қилган  $\alpha$ - ва  $\beta$ - фазалар ўзгарувчан таркибга эга бўлса, ҳар бир фазанинг эркин энергияси маълум қонуният асосида ўзгариши мумкин (25-в расм), яъни маълум температурада фазалар таркиби  $G_2$  ва  $G_1$  билан белгиланади ва икки қилима аралашмаси ( $\alpha + \beta$ ) нинг эркинлик даражаси  $ab$  тўғри чизик билан белгиланади. Бунда  $G_2$  концентрациядан кам бўлган таркиб фақат  $\alpha$  фазадан ва  $G_1$  концентрациядан кўп бўлган таркиб эса фақат  $\beta$  фазадан иборат бўлади.

Икки компонентли системада баъзи бир ҳолларда учта фаза мувозанатда бўлиши мумкин (суюқ ва иккита қаттиқ фаза). Барқа-



25-расм. Жисм эркин энергиясининг ( $G$ ) қотишма таркибига боғлиқлиги диаграммалари.

роп фазалар таркиби  $G_\alpha$ ,  $G_\gamma$  ва  $G_\beta$  эгри чизиқларга уринма бўлган тўғри чизиқдаги а, б, в нуқталарнинг концентрация ўқиға проекцияси ( $C_\alpha$ ,  $C_\gamma$ ,  $C_\beta$ ) билан белгиланади (25 г-расм). Бунда  $C_\alpha$  концентрациягача фақат  $\alpha$  фаза барқарор бўлиши мумкин.  $C_\alpha - C_\beta$  концентрация оралиғида эса учта фаза— $\alpha$ ,  $\gamma$  ва  $\beta$  фазалар барқарор бўлади.  $C_\beta$  концентрациядан юқори концентрацияда фақат  $\beta$  фаза барқарор бўлади.

### 3. ТЕМПЕРАТУРА ТАЪСИРИДАГИ СТРУКТУРА ЎЗГАРИШЛАРИ

Қотишмалардаги фаза ўзгаришларида ҳосил бўлган янги фазанинг эркинлик даражаси бирданга пасайиб кетмайди, балки жараён давомида аста-секин камайиб боради. Ана шу жараённи билган ҳолда ҳолат диаграммаларини математик усулда электрон ҳисоблаш машиналари ёрдамида тузиш мумкин. Ҳозирги қўлланилаётган ҳолат диаграммалари тадқиқот усулларида олинган натижалар асосида тузилган.

Ҳолат диаграммалари Н. С. Курнаков усулида тузилади. Бунинг учун тажриба асосида қотишмаларнинг қизиш ва совиш эгри чизиқлари чизилади. Бу эгри чизиқлардаги критик температура нуқталари аниқланади. Қаттиқ ҳолатдаги фаза ўзгаришларини аниқлаш учун эса қўшимча равишда физик-химёвий, микроскопия, рентгенография, дилатометрия усуллари ҳамда магнит хоссаларини аниқлаш усулларидан кенг фойдаланилади.

Қотишма структурасида рўй бераётган ўзгаришлар ва уларнинг хоссалари ҳақида ҳақиқий маълумотга эга бўлиш учун ҳолат диаграммасидан ташқари фаза ўзгариши жараёнининг механизми ва кинетикасини билиш керак.

Зичликлари бир-биридан кескин фарқ қиладиган элементлардан ҳосил бўлган қотишмалар (масалан, темир билан қўрғошин ёки мис билан қўрғошин) ни ҳисобга олмаганда кўпчилик металллар суюқ ҳолатда бир-бирида чексиз эрийди.

Тоза металллардаги каби қотишмаларда ҳам ўта совиш натижасида кристалланиш содир бўлади. Кристалланиш натижасида ҳосил бўлаётган фазаларнинг таркиби албатта суюқ фаза таркибидан фарқ қилади. Суюқ жисмнинг кристалланиш олинган таркибида флуктация жараёни мавжуд бўлганда кристалланиш турғун маркази ҳосил бўлади. Суюқликнинг айрим жойларидаги таркибнинг жисм ўртача зичлигидан фарқ қилиши миқдорий флуктация дейилади.

Суюқ металллардаги эркин атомларнинг сони жуда катта бўлгани учун миқдорий флуктация ҳам температура таъсирида етарли даражада катта бўлади.

Флуктация натижасида эски фазанинг айрим жойларида янги фаза марказлари ҳосил бўлади. Янги фаза маркази маълум ўлчам

$r_*$ ) га эга бўлади. У ўсиш қобилиятига эга. Агар бу ўлчам ортиб бормаса, янги марказ эски фазада эриб кетиши мумкин. Суюқ металл кристалланишида миқдорий флуктуация қанча кўп булса, шунча кўп янги фаза марказлари ҳосил бўлади.

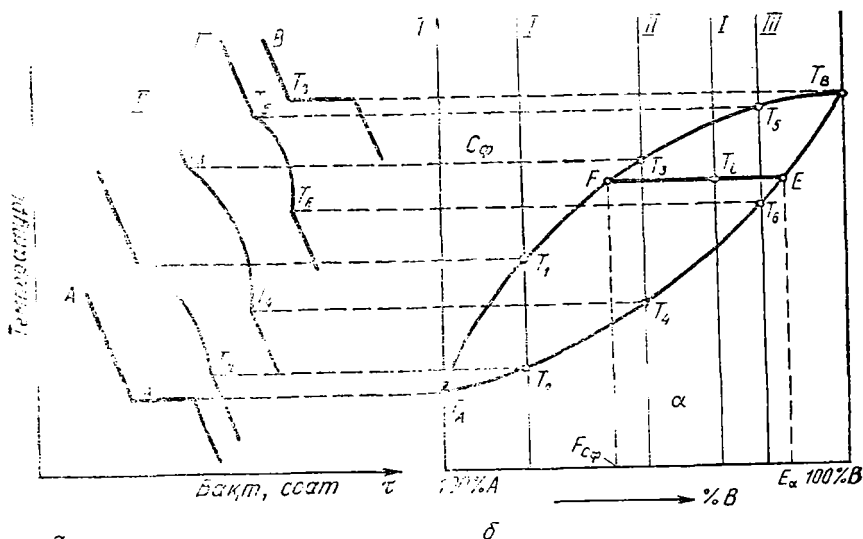
Суюқ қотишмаларнинг кристалланишида ҳосил бўлаётган янги фазаларнинг ўсиш тезлиги тоза металллардагига қараганда камроқ бўлади. Чунки суюқланмада элементларнинг диффузион кўчиши рўй беради. Суюқланма таркиби билан қаттиқ фаза таркиби орасидаги фарқ қанча катта бўлса, янги марказларнинг ўсиш тезлиги ҳам шунча кичик бўлади.

Ҳолат диаграммалари ва уларни анализ қилиш назарий материалшуносликнинг бир бутун катта бўлими ҳисобланади.

Қетишма тузилишининг мувозанатдаги ҳолат диаграммасини 4 та турга бўламиз. Икки компонентдан иборат системанинг ҳолат диаграммаси ана шу тўртта диаграмманинг айримларининг аралашмасидан иборат бўлиши мумкин. Демак, ҳолат диаграммасини 4 та турга бўлиш фақат назарий жиҳатдангина тўғридир.

#### 4. КОМПОНЕНТЛАРИ БИР-БИРИДА ЧЕКСIZ ЭРИЙДИГАН СИСТЕМАЛАРНИНГ ҲОЛАТ ДИАГРАММАЛАРИ

Суюқ ва қаттиқ ҳолатда бир-бирида чексиз эрийдиган А ва В компонентларнинг ҳолат диаграммалари кўриниши 26-расмда келтирилган.



Суюқ ва қаттиқ ҳолатда бир-бирида чексиз эрийдиган А ва В компонентларнинг ҳолат диаграммасининг қўшилган ҳолати (а) ва солинган ҳолати (б) эриш чизиқлари.

Бундай диаграммани тузиш учун тоза А ва В компонентлар ҳамда уларнинг турли таркибли қотишмаларининг иссиқ ва совиш эгри чизиқлари чизилади. Совиш эгри чизиқларидаги критик нуқталар аниқланади. Тоза металлларнинг кристалланишида маълум вақт оралигида совиш тезлиги ўзгармайди, яъни  $\tau$  га параллел бўлган температура чизиғи мавжуд. Демак, кристалланиш бошланишидан тамом бўлгунга қадар ўзгармас температурада содир бўлиб, бунга маълум ( $\Delta\tau_1 = \tau - \tau_2$ ) вақт талаб этилади (26-а расм). Демак, металлнинг кристалланишида ажралиб чиққан иссиқлик унинг совиётганда олган иссиқлиги билан ўзаро ейишиб кетади. Натижада кристалланиш тамом бўлганга қадар совиш эгри чизигида горизонтал қисм ҳосил бўлади. Иситиш жараёнида кристаллларнинг суюқланиши натижасида иссиқлик ютилади, яъни эндотермик жараён содир бўлади. Агар тоза металлларнинг совиш эгри чизигидаги  $T_a$  ва  $T_b$  нуқталарни „температура — таркиб“ диаграммасига кўчирсак, диаграммада  $T_A$  ва  $T_B$  нуқталар ҳосил бўлади (26-б расм).

Худди шу йўсинда  $m\% A - n\% B$  оралиқдаги таркибга эга бўлган 1, 2, 3 ва ҳ. к. қотишмаларни олиб, ҳар биғининг совиш эгри чизиқлари тажриба асосида аниқланади ва шу эгри чизиқлардаги критик нуқта ҳолат диаграммасига кўчирилади. Кристалланишнинг бошланиш нуқталари ( $T_A, T_1, T_2, T, T_B$ ) диаграммадаги ўз ўрни билан ўзаро бирлаштирилса, маълум температурада ва маълум таркибли қотишма кристалланишини ифодаловчи эгри чизиқ — ликвидус чизиғи ҳосил бўлади. Ликвидус чизигидан юқорида гомоген суюқ эритма, пастиди эса икки фазали гетероген система — суюқ ва қаттиқ фазалар мавжуд.

Совиш эгри чизиқларидаги кристалланишнинг тамом бўлиш нуқталари ( $T_A, T_2, T_4, T_c, T_B$ ) диаграммадаги ўз ўрни билан ўзаро бирлаштирилса, кристалланишнинг бутунлай тамом бўлганлигини ифодаловчи эгри чизиқ — солидус чизиғи ҳосил бўлади (26б-расм). Шу чизиқдан юқорида суюқ ва қаттиқ фаза ( $C_p - \alpha$ ), чизиқнинг пастиди эса фақат битта гомоген  $\alpha$  фаза — А элементнинг В элемент билан ҳосил қилган қаттиқ эритмаси мавжуд. Каттик эритма ( $\alpha$ ) қуйидагича ифодаланади:  $A(B)$ , яъни В элементнинг А элементдаги қаттиқ эритмаси ёки  $B(A)$ , яъни А элементнинг В элементдаги қаттиқ эритмаси.

Ҳолат диаграммасида маълум температурага мос келадиган  $F\bar{B}$  горизонтал чизиқ (конода) ўтказилса, бу чизиқнинг ликвидус ва солидус билан кесишган нуқталари қотишманинг таркибий қисмларини кўрсатади. Масалан,  $I$  қотишманинг  $T$  температурадаги фаза миқдорини аниқлаш учун ликвидусда ётган  $F$  нуқтанинг таркиб чизигига пресецияси туширилади, бу нуқта ( $F_{ср}$ ) қотишма суюқ фазасидаги А ва В элементларнинг  $T_i$  температурадаги миқдорини кўрсатади. Солидус чизигида ётган  $E$  нуқтанинг таркиб чизигидаги  $E_\alpha$  проекцияси қотишма  $\alpha$  қаттиқ фазасидаги А ва В элементларнинг  $T_i$  температурадаги миқдорини кўрсатади. Кконода чизигидан ( $F - E$ ) фсйдаланиб (26-б расм), суюқ ва қаттиқ фаза

миқдорлари аниқланади. Бунинг учун кесмалар қондасидан фойдаланилади. Масалан,  $\alpha$ - қаттиқ фаза ва суюқ фаза миқдорлари, яъни қаралаётган нуқтада қанча суюқ ва қанча қаттиқ фаза борлиги қуйидагича аниқланади:

$$\alpha = (FT_1) FE \cdot 100 \%$$

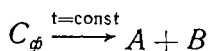
$$C_{\phi} = (T_1E) FE \cdot 100 \%$$

Шундай қилиб, кесмалар қондаси ёрдамида икки фазали системанинг фазадаги элементлар миқдори ҳамда фазалар миқдорини аниқлаш мумкин экан.

Ҳолат диаграммасидаги фаза ўзгаришлар, жумладан кристалланиш ҳам жуда секин совиштиш натижасида содир бўладиган диффузион жараёнدير. Реал шароитда ҳосил бўлаётган кристаллар бир таркибли бўлмаслиги мумкин, чунки совиш тезлиги анча фарқ қилади. Ҳолат диаграммасидаги солидус чизиғи, совиш тезлиги катта бўлганда, анча пастроқдан ўтади. Ҳолат диаграммаларидаги фаза ўзгариш чизиқлари фақат мумкин қадар секин совиштишдагина ўз кучига эга, совиш тезлиги ўзгарса, фаза ўзгариш чизиқлари ҳам ўзгаради.

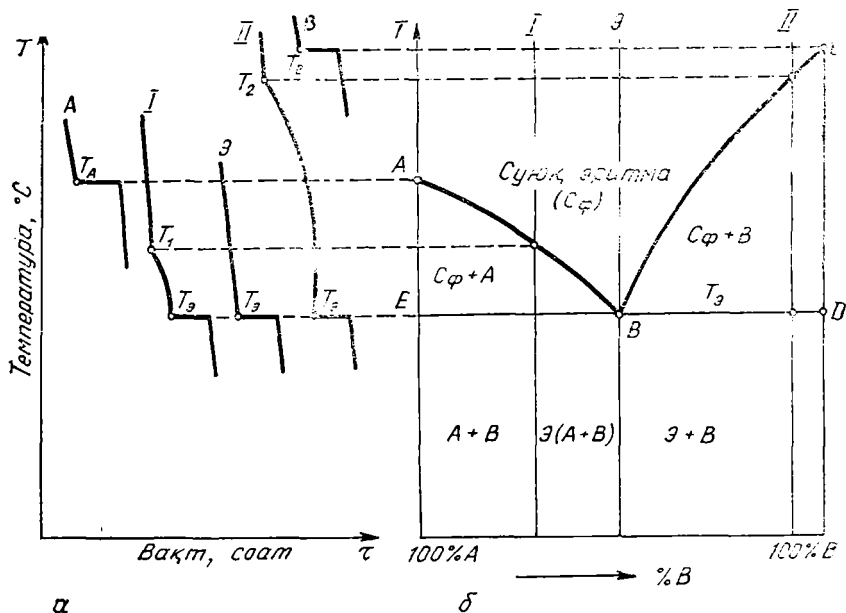
## 5. КОМПОНЕНТЛАРИ ҲАРАТ ЧЕГАРАЛИ ЭРИЙДИГАН СИСТЕМАЛАРНИНГ ҲОЛАТ ДИАГРАММАЛАРИ

Металлар кўпинча бир-бирида ҳегарали эриб, ўзгарувчан ёки ўзгармас таркибли фазаларни ҳосил қилади. Компонентлар бир-бирида жуда кам эриган ҳолларни амалда компонентлар бир-бирида эримайди деб қараш мумкин. Чунки бунда ҳосил бўлаётган фазалар реал шароитда фақат механик аралашмадан иборат бўлади (27-б расм). Бунда  $AB$  эгри чизиғи бўйича суюқ эритмадан фақат  $A$  элементнинг кристаллари ажралиб чиқади,  $BC$  эгри чизиғи бўйича эса  $B$  элементнинг кристаллари ажралиб чиқади ( $ABC$  — ликвидус чизиғи). Кристалланишнинг тамом бўлиши  $EBC$  солидус чизиғи билан ҳегараланган. Ликвидус ва солидус чизиқларининг ораси иккита фазадан — суюқ ва қаттиқ фазалардан иборат. Суюқ фазанинг таркиби  $B$  нуқтага мос келганда ( $m\% A + n\% B$ ) суюқ фазадан бир пайтда ўзгармас температура ( $T_{\phi}$ ) да иккита қаттиқ фаза  $A$  ва  $B$  кристаллар ажралиб чиқади. Бундай изотермик реакция эвтектик реакция деб аталади ва қуйидагича ифодаланади:



Эвтектик реакция натижасида ҳосил бўлган қотишма эса эвтектик-механик аралашма деб аталади.

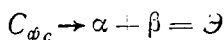
Суюқ жисм солидус чизиғидаги  $B$  нуқтадан чап ва ўнгга ётган нуқталаргача тўла парчаланмайди, бунда шу қолдиқ суюқлик таркиби  $B$  нуқтадаги суюқ қотишма таркибига тўғри

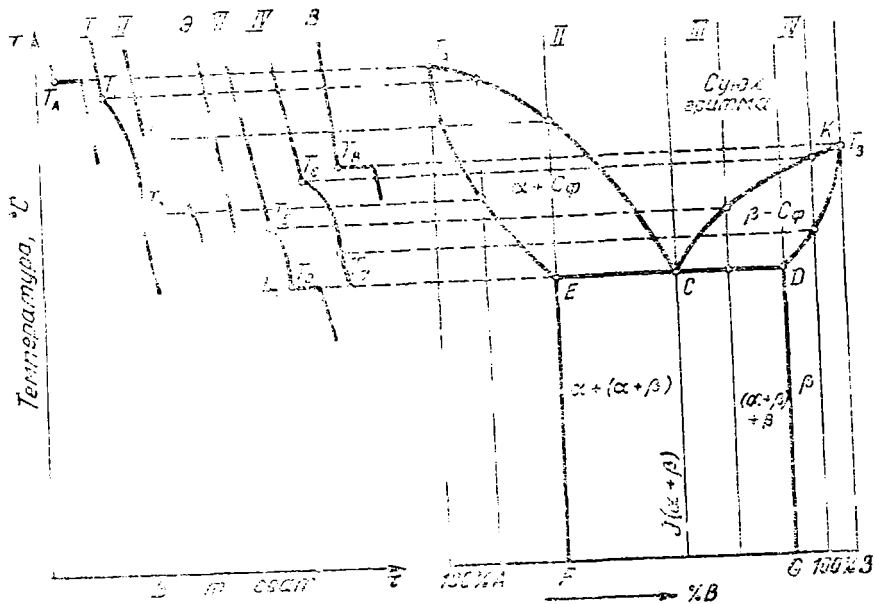


27-расм. Компонентлари бир-бирида эримайдиган системанинг ҳолат диаграммаси (а) ва совиш эгри чизиқлари (б).

келади. Шунинг учун қолдиқ сууюқ фаза  $B$  нуқтанинг чап ва ўнг томонида эвтектик реакция бўйича парчаланеди. Демак, солидус чизигининг пастиди ҳосил бўлаётган қаттиқ қотишмалар чапда ( $A + Э$ ) дан ва ўнгда ( $Э + B$ ) дан иборат бўлади. Эвтектик-механик аралашмадан чап ёки ўнг томондаги системалар эвтектика ( $A + B$ ) дан қанча йироқлашса, таркибиде шунча эвтектик-механик аралашма камайиб боради, соф  $A$  ва  $B$  кристаллари эса ортиб боради. Тоза  $A$  ва  $B$  элементларнинг ҳамда хоҳлаган (I, II) ва эвтектик (Э) таркибидаги қотишмаларнинг совиш эгри чизиқлари 27-а расмда келтирилган.

Агар элементлар бир-бирида яхшигина эриб, ўзгармас таркибли фазаларни ҳосил қилса, ҳолат диаграммасининг кўриниши 28-б расмда кўрсатилгандай бўлади. Бунда  $B$  элементнинг  $A$  элементдаги қаттиқ эритмаси  $\alpha$  ҳосил бўлиб,  $E$  нуқта  $B$  элементнинг энг кўп эриган қийматини кўрсатади. Иккинчи қаттиқ эритма  $\beta$  эса  $A$  элементнинг  $B$  элементдаги қаттиқ эритмаси бўлиб, энг кўп эриш қиймати эса  $D$  нуқтага тўғри келади. Сууюқ эритманинг таркиби  $C$  нуқтанинг таркибига тўғри келганда ўзгармас температура ( $T_3$ ) да сууюқликдан бир пайтда  $\alpha$  ва  $\beta$  қаттиқ эритмалар ажралиб чиқиб, эвтектик-механик аралашма ҳосил бўлади:





28-расм. Компонентлари бир-бирида эриб, ўзгармас таркибли фазаларни ҳосил қиладиган системанинг ҳолат диаграммаси (б) ва совиш эгри чизиқлари (а).

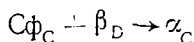
Ликвидус (АСК) чизиғидан юқорида суяқ эритма (суяқ фаза) барқарор бўлиб, солидус чизиғи (АЕСДК) дан пастда эса қаттиқ фаза мавжуд бўлади. А ва В компонент оралиғидаги исгалган таркибдаги қотишмалар (I, II, Э, III, IV) ни совиш эгри чизиқлари 28-а расмда келтирилган.

Кристалланиш натижасида соф  $\alpha$  фаза ҳосил бўладиган таркибдаги I қотишмани  $T_1$  температурагача совитганимизда кристалланиш бошланади, чунки  $T_1$  дан юқорида система моновариантдир. Кристалланиш тугаганда ( $T_2$ ) система бир фазали ҳолатга ўтади, яъни фақат  $\alpha$ -қаттиқ эритма ҳосил бўлади. Шунингдек II таркибли қотишманинг кристалланишида  $T_3$  —  $T_3$  оралиғида суяқ фаза совитилганда фақат  $\alpha$  кристаллар ажралиб чиқади. Система температураси  $T_3$  га тенг бўлганда қолдиқ суяқ фазадан бир вақтда  $\alpha$ - ва  $\beta$ -фазалар ажралиб чиқади. Кристалланиш тамом бўлгандан кейин II қотишманинг қаттиқ ҳолдаги таркиби  $\alpha + (\alpha + \beta)$  дан иборат бўлади. Эвтектик таркибли қотишма (Э)  $T_3$  температурагача совитилса, совиш эгри чизиғида горизонтал қисм ҳосил бўлади, чунки кристалланиш жараёнида иссиқлик ажралиб чиқади. Кристалланиш

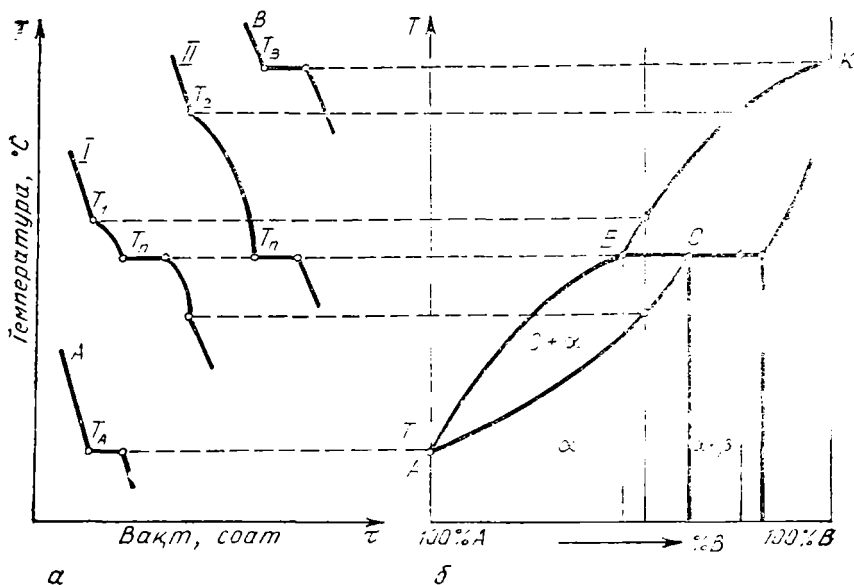
тамом бўлгандан кейин система ( $\alpha$  ва  $\beta$ ) кристалларнинг механик аралашмасидан иборат бўлади.

Эвтектиканинг ўнг томонида жойлашган III ва IV таркибли қотишмаларда ҳам кристалланиш I, II таркибли қотишмалардаги каби бўлади.

Компонентлари бир-бирида чегарали эрийдиган система-ларда ўзгармас температурада суюқ эритмадан иккита қаттиқ фаза бирданига ажралмаслиги ҳам мумкин. Бунда суюқ эритмадан битта қаттиқ фаза ажралиб чиқиб, қолдиқ суюқ фаза билан реакцияга киришади ва натижада янги қаттиқ фаза ҳосил бўлади (29-б расм). Шундай қилиб, қаттиқ фаза икки хил йўл билан ҳосил бўлади. Биринчи йўл  $AE$  ва  $EK$  ликвидус чизиқлардан совиш натижасида суюқ фазадан  $\alpha$  ва  $\beta$  қаттиқ фазалар ажралиб чиқади. Иккинчи йўл  $C$  нуқтадаги суюқ фазанинг таркиби  $E$  нуқтанинг таркиб чизиғидаги проекциясига ва  $\beta$ -қаттиқ фазанинг таркиби  $D$  нуқтанинг таркиб чизиғидаги проекциясига тенг бўлганда кристалланишда  $C$  нуқтадаги суюқ ва қаттиқ фазаларнинг ўзаро таъсири натижасида  $\alpha_c$  қаттиқ эритма ҳосил бўлади:



Бундай реакция перетектик реакция деб аталади. Демак, АСДК солидус чизиғи бўлиб, ЕСД перетектик температура го-



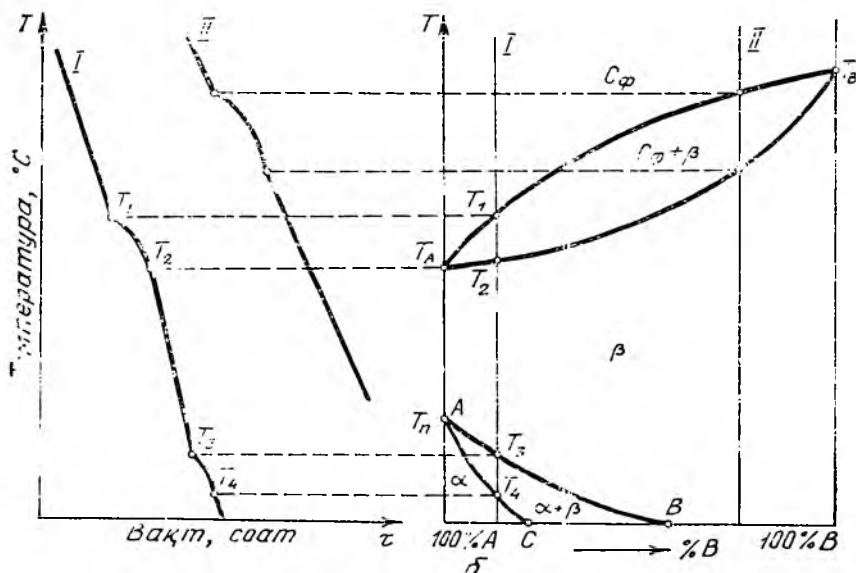
29-расм. Компонентлари бир-бирида чегарали эриб, перетектик ўзгариш ҳосил қиладиган системанинг ҳолат диаграммаси (б) ва совиш эгри чизиғи (а).



ризонтали деб аталади.  $C$  ва  $D$  нуқталар проекциялари орасида эса перетектик механик аралашма ( $\alpha + \beta$ ) ҳосил бўлади, ундан чапда  $\alpha$ -қаттиқ эритма, ўнгда эса  $\beta$ -қаттиқ эритма ҳосил бўлади.

## 6. ПОЛИМОРФ ВА ЭВТЕКТОИД ЎЗГАРИШЛИ ҚОТИШМАЛАРНИНГ ҲОЛАТ ДИАГРАММАЛАРИ

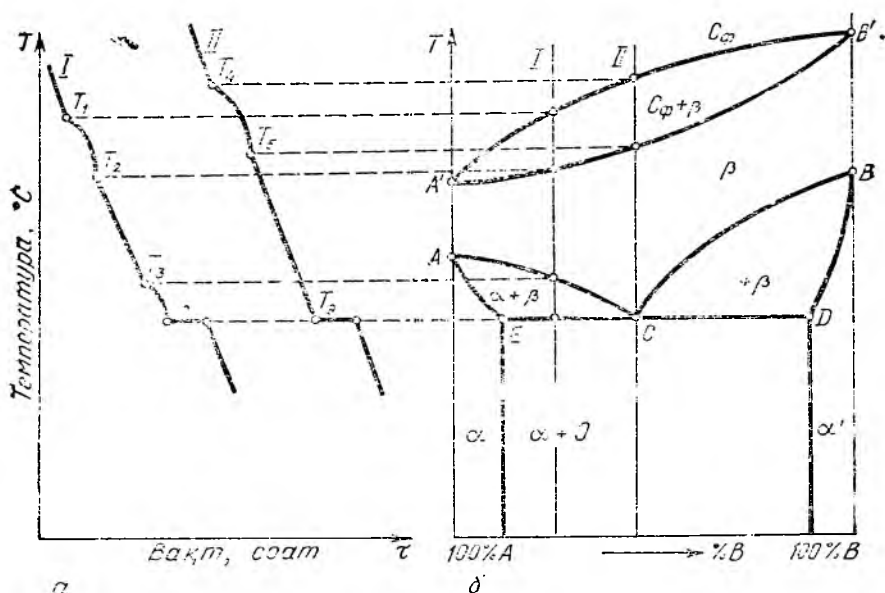
Кўпчилик металллар полиморф хусусиятларга эга бўлиши мумкин. Металлардаги полиморфизм қаттиқ ҳолатда қайта кристалланишга олиб келади, натижада элементар кристалл панжара турининг ўзгариши элементларнинг бир-бирида эриш даражасига таъсир қилади. Масалан,  $A$  ва  $B$  элементлар бир-бирларида қаттиқ ҳолатда чексиз эриса, элементлардан бирининг полиморф ўзгариш температурасида элементларнинг бир-бирида эриш даражаси ўзгаради (30-б расм). Диаграммадаги  $T_A$  температура  $A$  элементнинг полиморф ўзгариш температураси, яъни  $A$  элемент  $\alpha$ - ва  $\beta$ -модификацияларга эга. 30-с расмдаги I қотишманинг суяқ эритмасидан  $T_1$  температурада  $\beta$ -қаттиқ эритма ажралиб чиқа бошлайди, яъни  $C\phi \rightarrow (C\phi)_{\text{қат}} + \beta$ ,  $T_2$  температурада эса кристалланиш тугаланиб  $\beta$ -қотишма ҳосил бўлади.  $T_3$ — $T_4$  температура оралиғида  $A$  элементнинг кристалл панжара тури ўзгариши муносабати билан  $\alpha$  қаттиқ



30-расм. Компонентларнинг биринида полиморф ўзгариш содир бўладиган системанинг совини эгри физиклари (а) ва ҳолат диаграммаси (б).

эритма ҳосил бўлади,  $T_4$  температурадан пастда қотишма фақат  $\alpha$  қаттиқ эритмадан иборат бўлади. Маълумки, фақат соф  $A$  элементда полиморф ўзгариш изотермик жараён бўлади, қотишмада эса полиморф ўзгариш  $T_3$ — $T_4$  температура оралиғида содир бўлади. Диаграммада  $B$  нуқтадан ўнг томонда  $\beta$ -қаттиқ эритма бўлади, у  $B$  элементнинг элементар кристалл панжараси асосида бўлганлиги учун полиморф ўзгариш рўй бермайди. Шунинг учун система оддий шароитгача совитилганда ҳам қотишма  $\beta$ -қаттиқ эритмадан иборат бўлади.

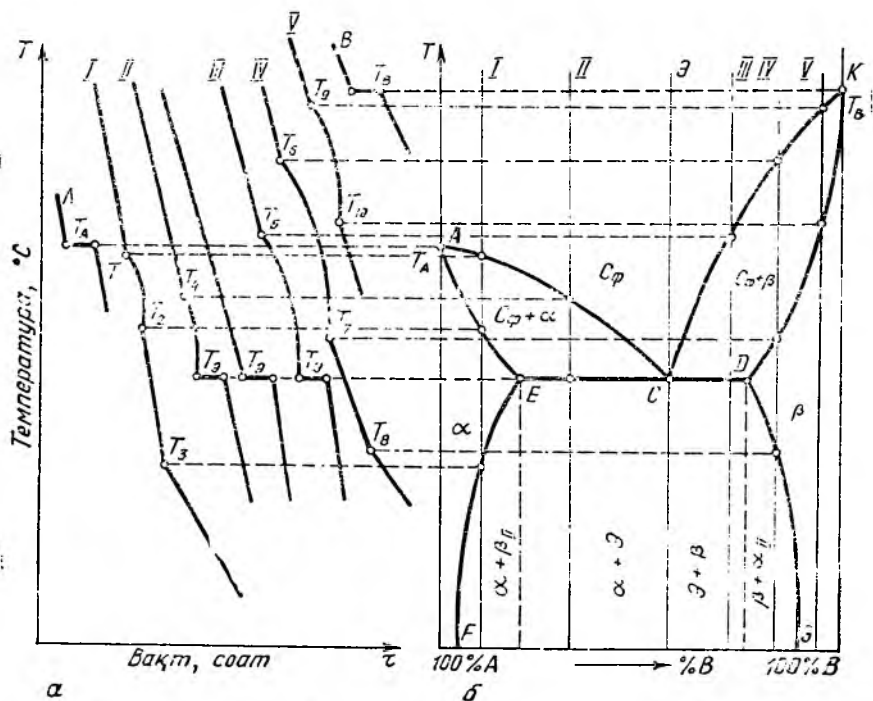
Баъзи қотишмаларда юқори ва қуйи температурада компонентларнинг бир-бирларида эриш даражаси ўзгаради. Масалан, юқори температурада  $\beta$ -қаттиқ эритма барқарор, қуйи температурада эса  $\alpha$ -қаттиқ эритма барқарор (31-расм) дир. Расмдаги I қотишма  $T_1$  дан  $T_2$  гача совитилганда  $\beta$ -қаттиқ эритманинг ҳосил бўлиши тамомланади. Қотишма  $T_3$  га қадар совитилганда компонентларнинг эриш даражаси ўзгарганлиги муносабати билан  $\beta$ -қаттиқ эритма парчаланadi. Шунинг учун  $T_3$ — $T_3$  температура оралиғи  $\alpha + \beta$  фазалардан иборат бўлади. Температура янада псайтирилса,  $\beta$ -қаттиқ эритма эриш даражаси билан бир-бирдан фарқ қиладиган  $\alpha$  ва  $L'$ -фазаларга парчаланadi. Лекин  $\beta$ -қаттиқ эритманинг таркиби  $C$  нуқтанинг проекциясига тенг бўлганда (31-расм, б даги II қотишма)  $\beta$ -фаза ўзгармас температурада бирданига  $\alpha + \alpha'$ -фазаларга парчаланиб, механик аралашмани ҳосил қилади. Бундай реакция



31-расм. Эвтектонд ўзгаришга эга бўлган системанинг совитиш эгри чизиқлари (а) ва ҳолат диаграммаси (б).

эвтектик реакцияга ўхшаганлиги учун эвтектик реакция деб аталади. Умумий ҳолда бундай реакция  $\beta \rightarrow \alpha + \alpha'$  деб ёзилади. Бундай реакция натижасида ҳосил бўлган  $\alpha + \alpha'$  таркибли аралашма эвтектонд механик аралашма деб аталади. Эвтектонднинг чап тарафидаги таркиб ( $\alpha + \mathcal{E}$ ) га эга бўлган қотишма эвтектойдгача бўлган, эвтектонднинг ўнг тарафидаги таркиб ( $\mathcal{E} + \alpha'$ ) га эга бўлган қотишма эса эвтектонддан кейинги қотишма деб аталади.

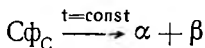
Кўпинча қотишмаларнинг кристалланиш жараёнида компонентларнинг бир-бирида эриш даражаси ўзгариши мумкин, яъни ўзгарувчан таркибдаги қаттиқ эритмаларни ҳосил қилиши мумкин (32-расм). Диаграммада *АСК* ликвидус, *АЕДК* солидус ҳамда *ЕСД* тўғри чизиқ эвтектик реакция борадиган чизиқлардир, *EF* ҳамда *ДG* эгри чизиқлар эса *A* ва *B* элементларнинг ўзаро бир-бирида эриш даражасини кўрсатувчи чизиқлар (32-расм, б) дир. I таркибли қотишма  $T_3$  температурагача совитилса,  $\alpha$ -қаттиқ эритмадан ортиқча *B* компонент асосидаги  $\beta$  II-қаттиқ эритма ажралиб чиқади. Иккинчи марта  $\beta$ -фаза ҳосил бўлаётгани учун у  $\beta$  II фаза деб белгиланади. Худди шунингдек III ва IV таркибли қотишмаларнинг кристалланиши ҳам ўзига хос хусусиятларга эга. I ва IV қотишмалардаги



32-расм. Компонентлари ўзгарувчан таркибдаги фазаларни ҳосил қилувчи эритмаларнинг совитиш эгри чизиқлари (а) ва ҳолат диаграммаси (б).

$\alpha$  ва  $\beta$ -қаттиқ эритмалар совиш натижасида  $\alpha$  ва  $\beta$  - қаттиқ эритмаларни ҳосил қилади. Иккиламчи  $\beta$  - қаттиқ эритманинг таркиби  $G$  нуқтага,  $\alpha$ -қаттиқ эритманинг таркиби эса  $F$  нуқтага мос келади.

Эвтектик таркиб ( $\mathcal{E}$ ) га эга бўлган суюқ қотишманинг ўзгармас температураси ( $T_{\mathcal{E}}$ ) да  $C$  нуқтада эвтектик реакция содир бўлади:

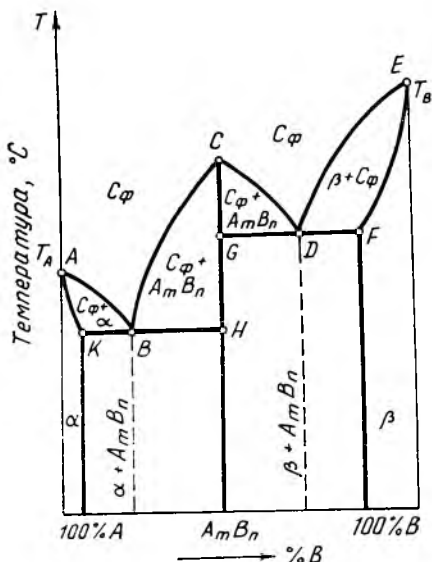


Эвтектоид механик аралашма ( $\alpha + \beta$ ) дан чап томонда  $\alpha + \mathcal{E}$  таркибли, ўнг томонда эса  $\mathcal{E} + \beta$  механик аралашма ҳосил бўлади.

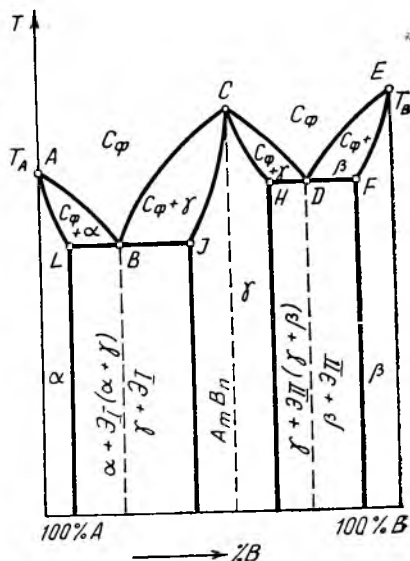
## 7. КИМӨВИЙ БИРИКМА ҲОСИЛ ҚИЛАДИГАН ҚОТИШМАЛАРНИНГ ҲОЛАТ ДИАГРАММАЛАРИ

Компонентларнинг ўзаро таъсирлашуви натижасида ўзгарувчан ёки ўзгармас таркибли барқарор ва беқарор кимёвий бирикмаларни ҳосил қиладиган қотишмалар ҳам мавжуд.

Агар кимёвий бирикманинг кристалланиш жараёнида ҳосил бўлган кимёвий бирикма эриш температурасигача парчаланмаса, бундай кимёвий бирикмалар барқарор бирикмалар деб аталади. Агар кимёвий бирикма перетектик реакция натижасида ҳосил бўлса ёки қиздиришда қаттиқ ҳолат бошқа фазаларга



33-расм. Компонентлари ўзгармас таркибдаги барқарор кимёвий бирикма ҳосил қиладиган системанинг ҳолат диаграммаси.

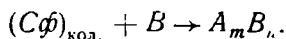


34-расм. Компонентлари ўзгарувчан таркибдаги кимёвий бирикмалар ҳосил қиладиган системанинг ҳолат диаграммаси.

парчаланиб кетса, бундай кимёвий бирикмалар беқарор бирикмалар деб аталади. Барқарор кимёвий бирикмаларнинг ҳосил бўлиш ҳолат диаграммаларига 33-расмдаги диаграммани мисол тариқасида келтириш мумкин. Бунда барқарор кимёвий бирикманинг фазаси умумий ҳолда  $A_m B_n$  деб белгиланади. Кўпинча бундай диаграммалар иккита эвтектикали диаграммалардан иборат бўлади. Биринчи  $\alpha$ -фаза  $B$  элементнинг  $A$  элементдаги қаттиқ эритмасини ифодалайди, яъни  $\alpha = A(B)$ . Иккинчи  $\beta$ -фаза  $A$  элементнинг  $B$  элементдаги эритмасини ифодалайди, яъни  $B(A)$ . Суюқ эритманинг  $C$  нуқтадаги таркиби кимёвий бирикманинг кристалланиш жараёнида ҳосил бўлишини белгилайди, яъни суюқ қотишманинг кристалланишидан  $A_m B_n$  кимёвий бирикма ҳосил бўлади. Биринчи эвтектик реакция натижасида  $B$  нуқта таркибидаги қотишмада  $\alpha + A_m B_n$ , иккинчисида, яъни  $D$  нуқта таркибидаги қотишмада  $A_m B_n + \beta$  эвтектик механик аралашмалар ҳосил бўлади.

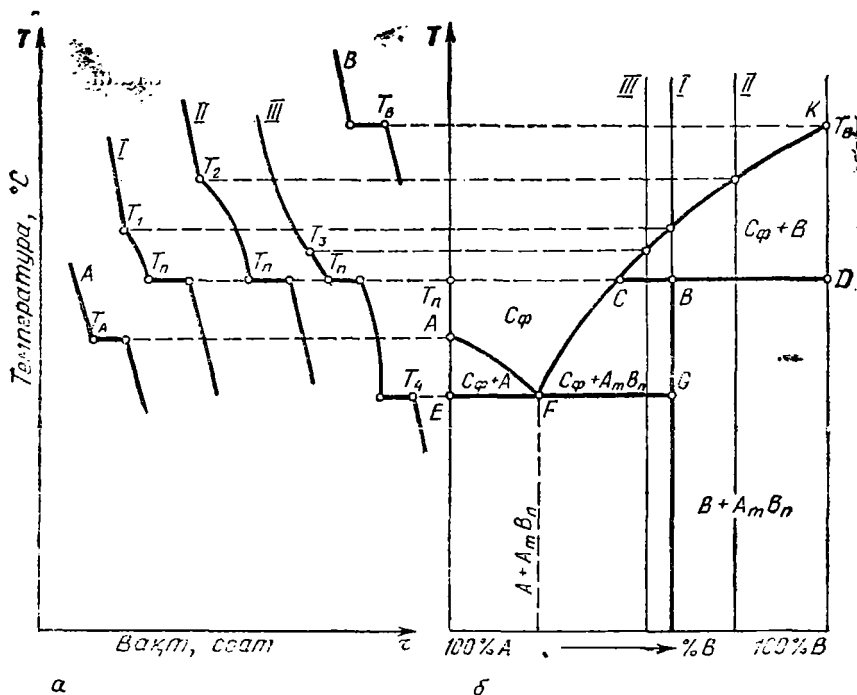
Кимёвий бирикма ҳосил қиладиган қотишма диаграммаларида шу кимёвий бирикмаларни ташкил қилган элементлар ўзаро чегарали эриб, ўзгарувчан таркибли фазаларни ҳам ҳосил қилиши мумкин (34-расм).

Перетектик реакция натижасида, яъни суюқ жисмдан битта қаттиқ фаза ажралиб чиқиши натижасида қолдиқ суюқ фазанинг таркиби бойиши муносабати билан кристалланиш жараёнида ҳам кимёвий бирикма ҳосил бўлиши мумкин (35-расм). Бундай кимёвий бирикма беқарор кимёвий бирикма бўлади.  $B$  нуқтадаги қолдиқ суюқ фазанинг таркиби  $C$  нуқта таркибига тенг бўлганда кимёвий реакция рўй беради:



Перетектик температура горизонтали ( $CD$ ) даги ҳар қандай қолдиқ суюқ қотишма таркиби  $C$  нуқта таркиби билан белгиланади ва  $B$  нуқтадан ҳар иккала томонда кимёвий бирикма ҳосил бўлаверади. Шунинг учун кристалланган механик аралашманинг таркиби  $B$  нуқтадан ўнгда  $A_m B_n + B$  га, чапда эса  $C\phi + A_m B_n$  га тенг.  $B$  нуқтанинг ўзида эса суюқ эритмадан  $A_m B_n$  кристалланади.  $F$  нуқтада содир бўладиган эвтектик реакция натижасида соф  $A$  элемент билан  $A_m B_n$  кимёвий бирикманинг механик аралашмасидан иборат структура ҳосил бўлади.

Маълумки, кимёвий бирикмаларнинг хоссаларни уларни ташкил этган элементларнинг ҳамда бу элементлар ҳосил қилган қаттиқ эритмаларнинг хоссаларидан кескин фарқ қилади. Масалан, темир карбид ( $Fe_3C$ ), темир нитрид ( $FeN$ ) темир ва унинг қотишмаларига қараганда катта қаттиқликка эга. Масалан, вольфрам карбиднинг ( $WC$ ) қаттиқлиги ( $HV$ ) 1790 (17900 МПа) га, титан карбид ( $TiC$ ) нинг қаттиқлиги эса ( $HV$ ) 2850 (28500 МПа) га тенг. Кўпинча кимёвий бирикмалар

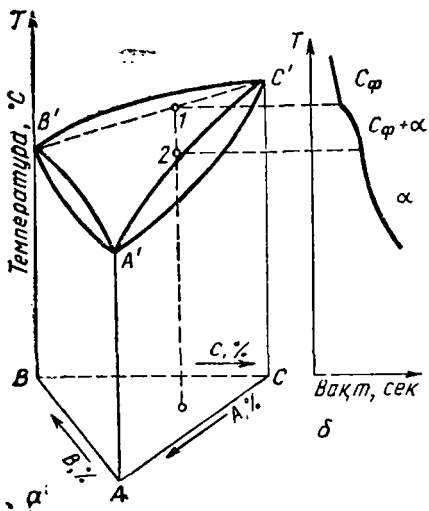


35- расм. Компонентлари беқарор кимёвий бирикма ҳосил қиладиган системанинг совиш эгри чизиги (а) ва ҳолат диаграммаси (б).

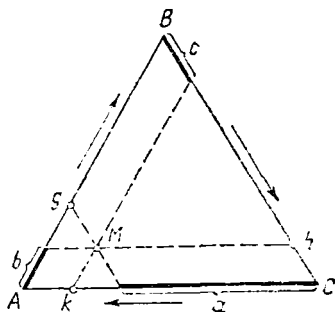
структурани мустаҳкамловчи модда сифатида ишлатилади. Масалан, гетероген структурага эга бўлган пўлатда темир карбиднинг, алюминий қотишмаларида  $CuAl_2$  бирикманинг аҳамияти жуда каттадир.

## 8. УЧ КОМПОНЕНТЛИ ҲОЛАТ ДИАГРАММАЛАРИ

Қотишмадаги компонентлар сони ортиб бориши билан ҳолат диаграммалари фазовий диаграммаларга айланади, улар асосида учбурчак (уч компонентли), тўртбурчак (тўрт компонентли) ва ҳ. к. геометрик шакллар ҳосил бўлиб, уларнинг қирралари эса компонент миқдорини белгилайди. Уч ва ундан кўпроқ компонентли қотишмалар ҳам муҳим техник аҳамиятга эга. Уч компонентли ҳолат диаграммаси мураккаб фазовий геометрик шакл бўлиб, асоси тенг томонли учбурчакни ташкил этади. Учбурчакнинг қирралари эса ҳар бир элементнинг миқдор ўзгаришларини белгилайди, учларига эса элементларнинг белгилари  $A, B, C$  қўйилади ва улар шу элементларнинг миқдори 100% эканини билдиради. Уч қиррали призманинг учала



36-расм. Бир-бирида чексиз эрийдиган уч компонентли системанинг ҳолат диаграммаси (а) ҳамда совшиш эгри чизиғи (б).



37-расм. Уч компонентли система ҳолат диаграммаси учун таркиб учбурчағи.

томони билан биргаликда уч компонентли қотишма ҳолат диаграммасини ифодалайди (36- расм).

Уч компонентли қотишмаларнинг таркибини аниқлаш учун тенг томонли учбурчак хоссаларидан фойдаланилади (37- расм). Агар шу учбурчак ичидаги ҳар бир нуқтадаги қотишманинг таркибини аниқлаш керак бўлса, шу нуқтадан ёқларга параллел чизиқлар ўтказилади. Шу параллел чизиқлар учбурчак ёқлари билан кесишиб,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  кесмаларни ҳосил қилади, уларнинг йиғиндиси учбурчак ён томони узунлигига тенг бўлади:  $a + b + c = AB = BC = CA$  (37- расм).

Шундай қилиб, тенг томонли учбурчакнинг томонлари қотишманинг ташкил қилувчи ҳар бир элементнинг 100% эканлигини билдиради. Масалан,  $M$  нуқтадаги қотишма элементлари миқдорини аниқлаш учун  $M_h$ ,  $M_k$ ,  $M_g$  кесмалардан фойдаланилади (37- расм). Бу кесмалар эса  $a$ ,  $b$ ,  $c$  кесмаларга тенг бўлиб,  $a$  кесма қотишмадаги  $A$  элементнинг,  $b$  кесма  $B$  элементнинг,  $c$  кесма эса  $C$  элементнинг миқдорини белгилайди. Шунингдек, тенг томонли учбурчак хусусиятларидан фойдаланиб, уч компонентли қотишмалар учун қўлгина қонуниятлар аниқланган.

## 5- б о б. ПЛАСТИК ДЕФОРМАЦИЯНИНГ МЕХАНИК ХОССАЛАРГА ТАЪСИРИ

Машина воситаларининг мустақамлиги, махсус хоссаларга эга бўлиши, ишқаланиб емирилишга бардошлилиги, ишлаш муддати материалга боғлиқ бўлади. Машина воситаларини

тайёрлаш учун ишлатиладиган материал яхши технологик хоссаларга эга бўлиши керак.

Материаллар мустақкамлиги ташқи куч таъсири остидаги материалнинг ҳолати (кучланиш табиати, деформацияланиш) билан белгиланади. Структурадаги нуқсонлар, силжиш механизми ва қотишманинг таркиби деформация қонуниятларини белгилайди.

Ташқи куч таъсирида материалда рўй бераётган структура ўзгаришлари механик хоссаларни синашда намоён бўлади. Механик синашда материалларнинг силжиш ва чўзилишдаги эластиклик модуллари ( $G$ ,  $E$ ), мустақкамлик чегараси ( $\sigma$ ), нисбий узайиш ( $\delta$ , %), сиқилиш ( $\epsilon$ , %), зарбий қовушоқлик ( $a_n$  ёки  $KSI$ ) каби муҳим хусусиятлари аниқланади. Машина воситаларининг ишлаш шароитидаги мустақкамлигини, яъни конструкцион мустақкамлигини аниқлаш учун чарчашга ва ишқаланиб емирилишга қаршилиги аниқланади.

Материалларнинг конструкцион мустақкамлиги кристалл тузилишдаги фазалар таркиби, нуқсон тузилиши, қотишма таркибини ўзгартириш (легирлаш) билан бошқарилади. Машина воситаларининг фақат устки қисмини мустақкамлаш ва таркибини ўзгартириш (модификациялаш) орқали ҳам конструкцион мустақкамликни ошириш мумкин.

Материални пластик деформациялаш технологик усул самараси ҳамда конструкцион мустақкамликни оширишнинг энг муҳим самарали йўлидир.

## 1. МЕТАЛЛ ҚОТИШМАЛАРИ ДЕФОРМАЦИЯСИ

Қаттиқ жисмга ташқи механик куч таъсир этганда қотишмада деформация билан бир қаторда ички кучланиш пайдо бўлади. Масалан, жисм нотекис қиздирилганда ҳам шу ҳолга рўй бериши мумкин. Бундай кучланишлар металлда турлича тарққа.

*Бутун ҳажм бўйича тарқалган кучланиш мувозанатлаштирилган I тур кучланишлар дейилади. Алоҳида доначалар (кристаллитлар) бўйича тарқалгани эса, мувозанатлаштирилган II тур кучланишлар ва ниҳоят, элементар кристалл қата ҳажми бўйича тарқалган мувозанатлаштирилган III тур кучланишлар дейилади.*

Ички куч (масалан, фаза ўзгариши) таъсирида ҳам кучланишлар вужудга келади. Бунда материал деформацияланиши, атомларнинг жойлашиш тартиби ўзгариши мумкин. Кўпинча карбид ва нитридларнинг ҳосил бўлишида ёки ҳажми кичикроқ бўлган фаза ўрнининг ҳажми катта бўлган фаза эгаллашида ички кучланишлар пайдо бўлади.

Демак, ташқи ҳамда ички кучланишлар таъсирида жисм ўз ўлчамларини ўзгартиради, яъни деформацияланади. Жисмдан ташқи куч таъсири (кучланиш) олинса, жисм ўзининг аввалги



Ўлчамларига қайтиши (эластик деформация) ёки қайтмаслиги (пластик деформация) мумкин.

Эластик деформацияда кучланиш таъсирида атомлар орасидаги масофа бироз ўзгаради, лекин силжиш ёки атомларнинг кўчиши рўй бермайди. Шунинг учун кучланиш йўқолиши билан жисм ўз ҳолига тез қайтади.

Монокристаллардаги деформация кристалл панжаранинг кристаллографик йўналишига боғлиқ, яъни монокристалл эластик анизотропия хусусиятига эга.

Поликристаллар учун деформация Гук қонунига бўйсунди, яъни амалда деформация кучланишга пропорционал бўлади:

$$\sigma = E \cdot \delta.$$

Бу ерда  $E$  — эластиклик модули (коэффициент),  $\sigma$  — нисбий деформация, яъни кучланиш таъсирида намунанинг нисбий ўзгариши.

Жисмнинг муҳим хусусиятлари унинг эластиклик модулига боғлиқдир (4- жадвал).

4- жадвал. Баъзи поликристалл ҳолатдаги металлларнинг Юнг коэффициенти

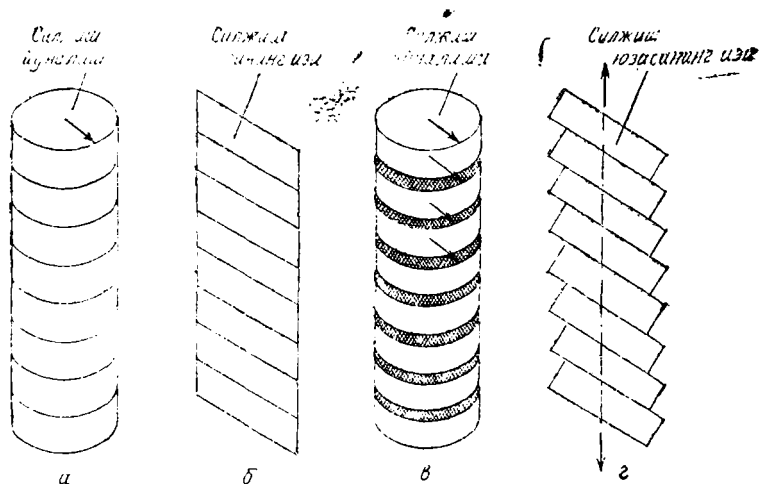
	Al	Al	Cu	Ni	Fe	Cr	W
$E \cdot 10^{-11}$ МПа	7,19	8,02	12,3	20,5	21,7	24,0	39,6

Металлардаги эластиклик чегараси кўп ҳолларда 0,01—0,1% деформация атрофида бўлади, баъзан у 10% ни ташкил қилади. Масалан, махсус хоссаларга эга бўлган қотишмаларда фаза ўзгариши рўй берганда металл эластиклиги катта бўлади.

Кўпчилик ҳолларда деформация пластик деформация бўлиб, жисм ўзининг аввалги ҳолатига қайтиб келмайди. Монокристалларда пластик деформация натижасида кристалл панжарадаги атомлар маълум бир сирпаниш текислиги бўйлаб силжийди. Бунда кристалл панжаранинг силжиган қисми силжимаган қисмига нисбатан аниқланади. Бу силжиш натижасида жуфтланиш ҳосил бўлади. Бу силжиш бирданига рўй бермайди, балки кучланиш маълум критик қийматга етганда бу ҳодиса содир бўлади.

Маълумки, намунага бўйлама куч таъсир этаётганда бу куч икки ташкил этувчига ажралади. Қотишманинг ташқи куч таъсирида деформацияланишида фақат уринма (тангенциал) куч иштирок этади, силжиш юзасидаги перпендикуляр йўналган нормал кучнинг аҳамияти йўқ.

Қайси бир юзага тўғри келадиган атомлар сони кўп бўлса, ўша юзада силжиш эҳтимоли кўп бўлади. Силжиш юзаси



38-расм. Ҳар хил сирпаниш юзалари бўйича силжиш схемаси: а, б — деформациядан олдинги ва в, г — деформациядан кейинги ҳолатлар.

билан кристалл юзасини кесишиш чизигигача силжиш чизиги деб аталади. Силжиш юзаси ва унга тегишан силжиш йўналиши биргаликда силжиш системасини ташкил қилади. Кристалл жисмда силжиш системалари қанча кўп бўлса, металл шунча катта пластикликка эга бўлади. Мисол тариқасида 38-расмда ҳар хил сирпаниш юзаларида содир бўладиган силжишлар тушунтирилган.

Агар силжиш системалари сони кам бўлса (масалан, гексагонал эич жойлашган кристалл ячейкада 3 га тенг), у ҳолда деформацияланиш аксланиш (жуфтланиш) механизми бўйича содир бўлади. Демак, металлларнинг деформацияси икки йўл билан содир бўлади.

## 2. ПЛАСТИК ДЕФОРМАЦИЯ

Нуқсонсиз (идеал) кристалларда бир атом масофага силжиш рўй бериши учун жуда катта уринма куч таъсир этиши керак, чунки силжиш юзасида ётган атомлар бир пайтнинг ўзида бирданига бир атом масофага силжиши керак бўлади. Ана шу силжиш учун керак бўладиган кучланишни назарий жиҳатдан аниқлаш мумкин:

$$\tau_c = G 2\pi = 0,16G.$$

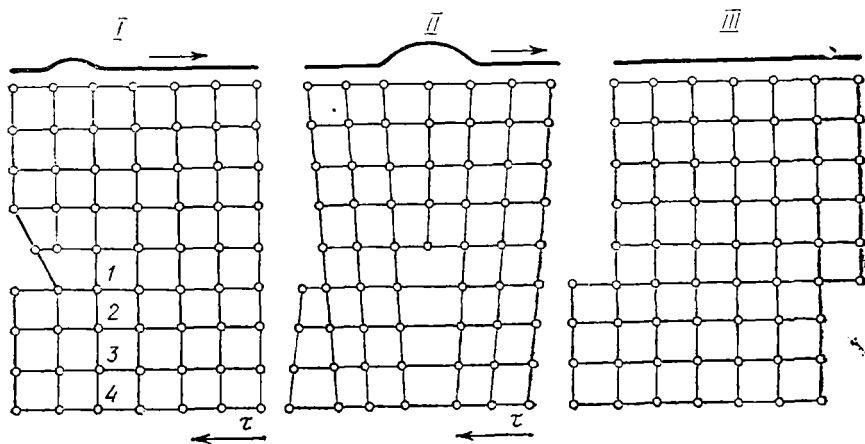
Бу ерда  $G$  — силжишдаги эластиклик модули.

Лекин амалиётда поликристалл материаллардаги бир атом масофага силжиш учун 1000 марта кам кучланиш етарли бўлади, чунки реал металллар нуқсонли тузилишга эга. Нуқсонлар ичида энг муҳими дислокациядир.

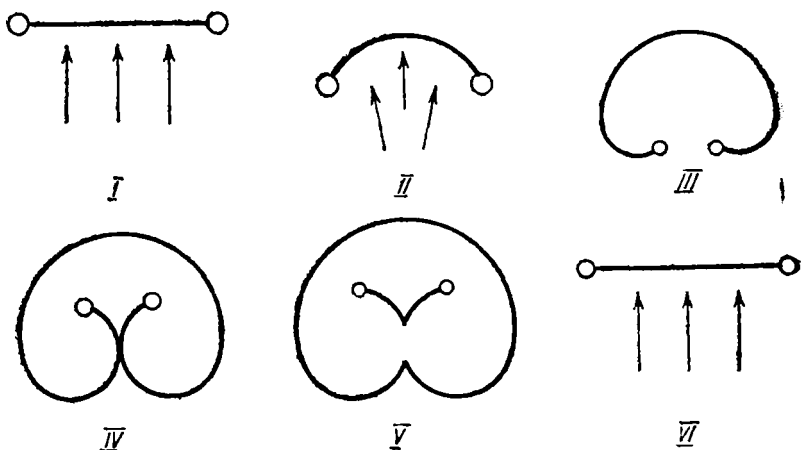
Модомики, реал металлларда жуда кўп дислокациялар мавжуд экан, силжиш юзасидаги атомлар группасини бир атом масофага силжишидан кўра, уни яқинроқ масофада турган дислокация орқали силжиши энергетик жиҳатдан қулайдир, яъни кристалл панжарадаги дислокация яқинидаги атомлар қайта жойлашади (39-расм).

Расмдаги тугалланмаган 1- атом ўзидан пастроқда жойлашган атомлар билан тортишиб туриш, сирти паст қисмдаги атом сиртига мос келиши учун бир атом масофага кўчиши учун яъни атомлар билан жойлашиш тартибини сақлаш учун 2<sup>1</sup>, 3-, 4- атомлар бир атом масофадан камроқ масофага силжийди. Дислокация кейинги қаторда поғона ҳосил қилмагунча бу жараён (II ҳолат) давом этади. Ниҳоят, шундай вазият вужудга келадик. (III ҳолат) тугалланмаган ярим текислик (дислокация) ажратиш юзасига чиқиб кетади, натижада атомлар бир атом масофага тўла силжийди. Реал кристалларда дислокация зичлиги катта бўлганлиги сабабли ( $10^7$ — $10^8$  см<sup>-2</sup>) ҳар бир силжиш юзаларида бир эмас, балки бир неча ўйлаб дислокациялар бўлгани ва улар кучланиш таъсирида ҳаракатда бўлганлиги учун металл пластик деформацияланади (чўзилади). Чўзилиш (оқиш) натижасида дислокациялар доначалар орасидаги юза (блоклар орасидаги юза) га чиқishi сабабли поғона ҳосил бўлади. Бундай поғона, яъни силжиш чизигининг баландлиги дислокация зичлигига боғлиқ бўлади. Дислокациянинг силжиши диффузион жараёнларга боғлиқ эмас, шунинг учун амалда у температурага боғлиқ бўлмайди.

Пластик деформацияда дислокация кўчиши билан унинг зичлиги ортиб,  $10^{11}$ — $10^{12}$  см<sup>-2</sup> га етиши мумкин.



39-расм. Сирпанишдаги четки дислокация схемаси (I, II, III — сирпаниш даврлари; юқоридаги эгри чизик дислокациянинг кўчишини кўрсатад



40- расм. Силжиш жараёнида дислокацияларнинг кўпайишини тушунтирувчи чизмалар.

Дислокациянинг кўпайиш манбаларидан энг муҳими Франк-Рид манбаидир (40- расм). Агар маълум сабабларга кўра чизиқли дислокациянинг иккала учи боғланган (масалан, кўшимча ёки кесишган дислокация ушлаб турган) бўлса, (I ҳолат) уринма кучланиш натижасида бу дислокация чизиғи эгилади (II ҳолат), кучланиш таъсири давом этаверса, учлари боғланганлиги учун дислокация ҳалқа шаклига келади (III ҳолат). Жараённинг кейинги тараққиётида ҳалқа бекилиб (IV ҳолат), янги (иккита) дислокация чизиғи ҳосил бўлади (V ҳолат), ҳосил бўлган ҳар бир дислокация (VI ҳолат) худди I ҳолатдаги каби икки учи боғланган деб қаралади.

Биринчи босқичда пластик деформация бир система силжишида дислокациянинг кўчиши орқали содир бўлади, натижада кучланишнинг миқдори ортиб боради. Шундан кейин кучланиш ошмаса ҳам силжиш рўй бераверади (енгил силжиш даври), ундан кейинги даврда силжиш системада давом этади, дислокацион структура жуда мураккаблашади, дислокациялар бир-бири билан кесишиб, тўсиқларни ҳосил қилади (тўдали силжиш даври). Энди дислокациялар кўпайиши тўхтайдми, чунки ўсиш учун бир-бирига тўсиқлик қилади, натижада механик хосса ортади, чунки материалларнинг янада деформацияланиши учун кўпроқ кучланиш талаб этилади (деформацион мустаҳкамлик пайдо бўлади). Шундай ҳолатда кучланишнинг ортиши натижасида дислокация бир силжиш юзасидан иккинчи силжиш юзасига ўтади. Лекин бунда турли ишорага эга бўлган дислокациялар ўзаро ейишиб кетиши мумкин.

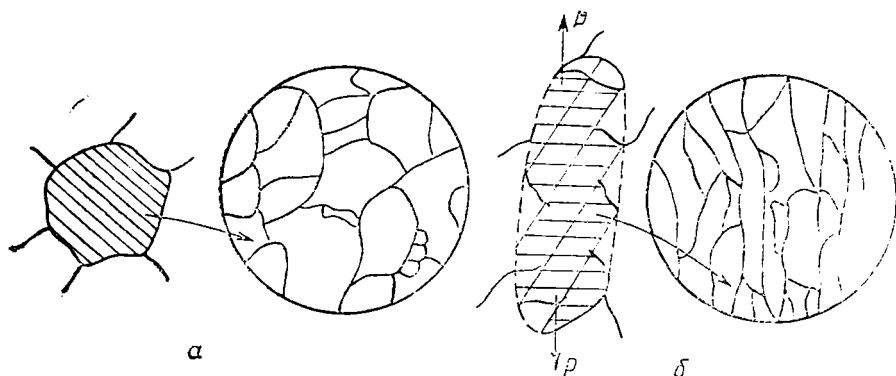
Маълум температурада ( $\sim 0,3 T_{\text{Эр}}$ ) дислокация диффузия ҳисобига ҳам кўчиши мумкин. Бунда йиғилган вакансия атомлар ҳисобига бир ёки бир неча атом масофага кўчиши мумкин. Дислокациянинг бундай кўчиши «эмакляб» ўтиш деб аталади, чунки у йўлда учраган тўсиқларни ҳам айланиб ўтиши мумкин, тўсиқдан ўтгандан кейин яна бошқатдан қўшилиш хусусиятига эга. Дислокациянинг силжиши натижасида жуда кўп вакансия ва дислокация атомлари вужудга келади. Жисм беқарор — номувозанат ҳолатга келади.

### 3. ДЕФОРМАЦИЯ НАТИЖАСИДА МУСТАҲҚАМЛИКНИНГ ОШИШИ ҲАМДА МЕТАЛЛ ВА ҚОТИШМАЛАРНИНГ ЕМИРИЛИШИ

Поликристаллар деформациясининг асосий сабаблари доначаларнинг (кристалларнинг) бир-бирига нисбатан турли тартибда жойлашиши ва ажралиш юзасига эга бўлишидир. Донача чегаралари дислокация йўлидаги тўсиқ вазифасини бажаради, натижада чегара яқинида дислокация зичлиги ортади. Доначаларнинг бир-бирига нисбатан турлича жойлашиши уларнинг бир хил деформацияланмаслигига сабаб бўлади.

Деформация ортиб борган сари доначаларнинг деформацияланиш қиймати орасидаги фарқ камайиб боради, доначалар эса куч йўналишига перпендикуляр йўналишда тартиблана боради, яъни деформациялангандан кейин текстура ҳосил бўлади (41-расм). Деформациядан кейинги структурага деформация шароити, кристалл тузилиш ҳамда металлдаги қўшимчалар таъсир кўрсатади. Икки фазали қотишмалар учун иккинчи фазанинг мавжудлиги деформациядан кейинги структурани мураккаблаштиради.

Маълумки, доначаларнинг ўзи блоклардан иборат бўлади. Деформацияланган структурада фаза ёки донача ичидаги



41-расм. Силжиш натижасида кристалл доначанинг шакл ўзгариши: а — деформациядан аввалги; б — деформациядан кейинги донача ва структура.

блоклар ҳам майдаланади ва бир-бирига нисбатан жойлашиш бурчаклари кескин фарқ қила бошлайди. Натижада доначаларда II тур кучланиш, кристалл панжараларда эса III тур кучланиш вужудга келади.

Поликристалл металл ва қотишмаларнинг доначаларида силжиш йўналишларининг кўпайиши дислокация зичлигини оширади, жуда кўп нуқсонлар (вакансия, дислокация атомлари) ни вужудга келтиради. Оддий температурада рўй бераётган бундай жараён металл мустаҳкамлигини оширади. *Металл ва қотишманинг бундай ҳолатини пачоқланган ёки яссиланган ҳолат деб аталади.* Пачоқланиш даражаси кристалл панжара тузилиши ва унда ҳосил бўладиган силжиш йўналишларининг кўпчилигига боғлиқ бўлади. Пачоқланиш учун кетган механик энергиянинг қарийб 10% и жисмда ички кучланиш (потенциал энергия) тариқасида қолади. Пачоқланиш металл ва қотишмаларда анизотропик хоссаларни ҳосил қилади ҳамда уларнинг пластиклиги камайиб, оқувчанлик чегараси ортади. Пластик деформация қиймати ортиб бориши билан юқорида қайд этилган хоссалар ўзгариши давом этади.

Пачоқланиш қиймати маълум даражага етганда деформациянинг давом этиши намунада дарз ҳосил бўлишига ва унинг емирилишига олиб келади. Дарз емирилишдан анча илгари ҳосил бўлиб, намуна узилгунча (емирилгунча) катталашиб боради. Материалда дислокация девори ҳосил бўлган жойда микродарз ҳосил бўлади. Доначалар чегараларида блоклар ва ўзга қўшимчалар сабабли дислокациянинг йиғилганлиги учун ўша жойда кучланишнинг тўпланиши дарзни вужудга келтиради.

Ҳосил бўлган микродарзларнинг тури ва уларнинг тарқалиш хусусиятлари материалнинг пластик ёки мўртлигига боғлиқ бўлади. Агар материал мўрт емирилса, фақат дарз кетган жойдагина пластик деформация содир бўлади, дарзларнинг кенгайиши (тарқалиши) бўлмайди. Емирилиш юзалари текис бўлмай, доначалар чегаралари яққол кўринади.

Агар микродарз ҳосил бўлган жойнинг юқорисида жуда катта деформация излари кўришиб, дарзнинг тарқалиш йўналиши билиниб турса, бундай емирилиш бошланган бошланғич дарздан тарам-тарам толалар аниқ йўналишга эга бўлади.

Мўрт емирилишда дарзнинг тарқалиш тезлиги товуш тезлигидан юқори, яъни қовушоқ емирилишдаги дарзнинг тарқалиш тезлигидан анча юқори бўлади.

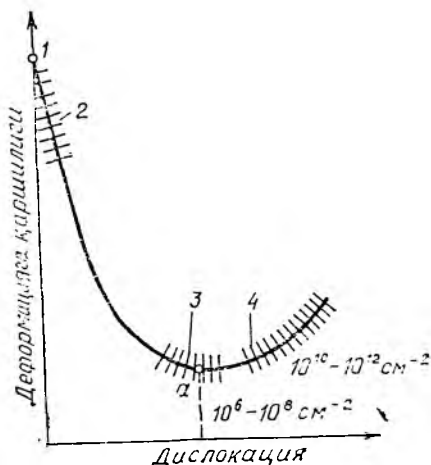
Металл ва қотишмалар жуда кўп бир-бирига нисбатан турлича жойлашган доначалардан (кристаллитлардан) иборат бўлганлиги учун емирилиш доначаларни кесиб ўтиши (транскристаллит емирилиш) ёки донача чегараларидан ўтиши мумкин (интеркристаллит емирилиш). Биринчи ҳолда емирилиш юзаси кўпинча қовушоқ емирилади, лекин мўрт емирилиши ҳам мумкин. Аммо иккинчи ҳолда емирилиш фақат мўрт бўлади.

Емирилиш жараёнига температура, деформация тезлиги, кучланишлар таъсир этади. Кўпчилик ҳолларда, масалан, Fe, Mo, W каби тоза металллар температура таъсирида мўрт ёки қовушоқ емирилиши мумкин. Температура пасайиши натижа-сида қовушоқ емирилиш мўрт емирилишга ўтиши материал-нинг мўрт емирилиш чегарасини белгилайди. Кучланишларни тўпловчи сабаблар (дарзлар, радиусланмаган бурчаклар, гео-метрик ўлчамнинг кескин ўзгариши) ҳам материални мўрт еми-рилишга олиб келиши мумкин. Шунинг учун маълум ишлаш шароити учун машина воситаларининг конструкцион мустаҳ-камлигини белгилашда мўрт емирилишга олиб келадиган са-бабларни ҳисобга олиш керак. Бунинг учун етарли даражадаги аниқликда механик синовлар ўтказиш керак.

#### 4. МЕТАЛЛ ВА ҚОТИШМАЛАРНИНГ ҚОНСТРУКЦИОН МУСТАҲҚАМЛИГИНИ ОШИРИШ УСУЛЛАРИ

Материалларнинг техник мустаҳкамлиги назарий мустаҳ-камлигидан фарқ қилади. Материалшуносликнинг ҳал қилин-маган муаммоларидан бири техник мустаҳкамлик билан назарий мустаҳкамликни бир-бирига яқинлаштиришдан иборатдир. Назарий мустаҳкамлик атомлар орасидаги тортишиш кучи ху-сусиятлари билан белгиланади ва ҳисоблаб аниқланади. Бун-дай мустаҳкамлик техник мустаҳкамликдан юз, ҳатто минг баробар каттадир. Реал металллардаги техник мустаҳкамликни назарий мустаҳкамликдан бундай фарқ қилиши металл крист-талл панжаранинг нуқсонли тузилишларидандир.

Кристалл тузилишдаги дислокация сонини бошқаришнинг металл мустаҳкамлигига таъсири 42-расмда келтирилган. Мус-таҳкамликнинг дислока-ция сонига боғлиқлиги қонуни тўғри чизиқли функция бўлмай, дисло-кация сони бирор-бир критик қийматга эга бўл-ганда энг кам мустаҳ-камликка эга бўладиган, яъни минимум мустаҳ-камликка эга бўлган чи-зиқли функциядир. Дис-локация сони ҳар бир см<sup>2</sup> юзада  $10^6$ — $10^8$  га еган-да кристалл жисм мини-мал мустаҳкамликка эга бўлади (42-расм, *a* даги критик нуқта). Бу нуқта-нинг чап томонидаги эг-ри чизиқ қисмида дисло-



42-расм. Металлларнинг деформацияга қаршилигини структурадаги нуқсон зичлигига боғлиқлиги графиги.

кация сони камайиши билан мустаҳкамлик кескин кўпаяди, ўнг томонида эса дислокация сони ортинан билан м-лик ортиб боради. Демак, амалда мустаҳкамликни ошириш учун дислокациянинг сонини камайтириш ёки кўпайтириш усулларини қўллаш мумкин. Биринчи усул фақат яхлит кристалл доначадан иборат бўлган материалларда, яъни якка доначали нозик толалар олишда қўлланилади. Бундай толаларда дислокация сони жуда кам бўлиб, мустаҳкамлиги эса назарий мустаҳкамликка яқинлашиб боради. Лекин амалда бундай толаларни олиш анча қийин ва иқтисодий ноқулай бўлганлиги учун бундай толалар фақат илмий текшириш ишларида қўлланилади. Шундай бўлса ҳам баъзи пайтда кам позиция материалларни зўриқишга мустаҳкамлигини ошириш учун қўшимча сифатида бундай толалар қўлланиши мумкин.

Иккинчи усул, яъни дислокация зичлигини оширишга асосланган мустаҳкамликни ошириш усули амалиётда кенг қўлланилади. Бундай мустаҳкамликни ошириш усуллари дислокациянинг силжини тўсиқларини ҳосил қилишга асосланган. Масалан, бунга деформацион мустаҳкамлаш (наклёп), легирлаш, термик ишлаш, кимёвий-термик ишлаш ҳамда термомеханик ишловларни кўрсатиш мумкин. Бу усуллар ёрдамида бир группа дислокацияни иккинчи группа дислокациялари тўхтатиб қолиши мумкин ёки кўчаётган дислокацияни легирловчи элементлар атрофида ҳосил бўлаётган кучланиш майдони ҳам тўхтата олади. Кўчаётган дислокацияларни тўхтатишда доначалар ва блокларнинг чегаралари, иккинчи фазани ташкил қиладиган ўзга қўшимчаларнинг ҳиссалари ҳам катта бўлади.

Шундай қилиб, 42-расмда келтирилган критик нуқтадан ўнг томонда мустаҳкамликнинг ошиши дислокация зичлигининг ошиш ҳисобига бўлади. Лекин дислокация зичлигини тўхтовсиз ошириб бўлмайди. Металларда дислокация зичлигини энг катта қиймати дарз ҳосил бўлиши билан чегараланади. Дислокациянинг критик зичлигидан ( $10^6$ — $10^8$  см<sup>-2</sup>) дарз ҳосил бўлгунча ( $10^{12}$ — $10^{13}$  см<sup>-2</sup>) зичликни ошишида материалга қўйилаётган кучланиш билан дислокация зичлиги орасида қуйидаги боғланиш мавжуд:

$$\sigma = \sigma_0 + \alpha G v$$

Бу ерда  $\sigma$  — дислокация зичлиги ошмасдан аввалги, яъни металлнинг юмшатиш ҳолатидаги силжишга бўлган мустаҳкамлиги;  $\alpha$  — материалнинг хусусиятлари (кристалл панжара тузилиши, дондорлиги ва ҳ. к.) га боғлиқ бўлган коэффициент;  $v$  — Бюргерс векторининг қиймати;  $\rho$  — дислокация зичлигининг ошиш даражаси. Ҳисоблар шунини кўрсатдики, дислокация зичлиги  $10^{12}$ — $10^{13}$  см<sup>-2</sup> га етганда оқувчанлик чегарасида мустаҳкамлик ( $\sigma_0$ )  $10^{-2}$ — $10^{-3}$   $G$  га етиши мумкин.

Легирлаш усули билан мустаҳкамликни оширишда, яъни



дислокация кўчишини тўхтатишда легирловчи элементлар маълум миқдорда қўшилгандагина яхши натижа бериши мумкин. Дислокация кўчиши легирловчи элементларнинг атом ўлчамларига, аниқроғи легирловчи элемент билан асосий элемент атомлари ўлчамлари орасидаги фарққа боғлиқ бўлади. Бу боғланиш Мотта ва Набарро формуллари орқали қуйидагича ифодаланади:

$$\sigma_l = G\varepsilon ECN.$$

Бу ерда  $\varepsilon$  атом ўлчамлари коэффициентлари бўлиб,  $(r-r_0)/r_0$  га тенг ( $r$  ва  $r_0$ — легирловчи ва эритувчи элементларнинг атом ўлчамлари),  $G$ — эритувчи элементнинг силжиш модули,  $C$ — легирловчи элементнинг қотишма таркибидаги атом миқдори.

Легирловчи элементлар сифатида қўшилаётган қўшимчалар қотишмада сингдириш ёки ўрин алмашиш қаттиқ эритмасини ҳосил қилиши мумкин. Мустаҳкамликнинг ошиши эса қандай турдаги эритма ҳосил бўлишига боғлиқ. Масалан, сингдириш қаттиқ эритмаси ўрин алмашиш қаттиқ эритмасига қараганда мустаҳкамликни кўпроқ оширади. Сингдириш қаттиқ эритмаларида мустаҳкамликни ( $\sigma$ ) оқувчанлик чегарасидаги мустаҳкамлик ( $\sigma_{0.2}$ )  $\approx 10^{-3}G$ ) га етказиш мумкин.

Баъи металл қотишмаларини тоблашда ёки эскиртиришда иккиламчи фазалар (оралиқ фазалар) ажралиб чиқиши мумкин. Қотишмада ана шу фазаларнинг жойлашиши дислокация кўчишига тўсиқ бўлади. Агар бундай қўшимчалар юмшоқ асосда тек тақсимланган бўлса, яхши натижа беради. Дислокация ана шу тўсиққа учраганда бўлиниши ёки тўсиқни четлаб ўтиши мумкин. Иккала ҳолда ҳам металлнинг пластик деформацияланиши қийинлашади. Иккиламчи фазалар таъсирини қуйидаги формула бўйича ҳисобга олиш мумкин:

$$\sigma_l = G \cdot v \cdot k.$$

Бу ерда  $k$ — қўшни иккиламчи фазалар орасидаги масофа. Бу усул билан мустаҳкамликни ошириш жараёнида оқувчанлик чегарасидаги кучланиш қиймати  $10^{-2}G$  га етиши мумкин. Бунда кўпинча карбид ва нитридлар иккиламчи фаза сифатида учрайди. Дислокациянинг кўчишига донча чегаралари тўсқинлик қилади, қўшни дончаларда силжиш юзалари бир-бирига тўғри тушмайди, чунки дончалар ёки ундаги майда блоklar ҳам бир-бирига нисбатан ҳар хил бурчакда жойлашган. Шунинг учун улар деформацияланишга қаршилик кўрсатади. Мустаҳкамликнинг бундай ошишини Холла-Петча ифодаси орқали қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\sigma_l = \sigma_0 + kd^{1/2}.$$

Бу ерда  $\sigma_0$  ва  $k$ — ўзгармас қийматлар,  $d$  эса дончанинг ўртача ўлчами.

Мустаҳкамликни шу йўл билан  $10^{-4}G$  га етказиш мумкин. Шундай қилиб, дислокациянинг кўчишини тўхтатишга имкон берадиган структура тузилишига эга бўлиш мумкин. Бу структура маълум ҳажмда ички кучланишларнинг тўпланишига йўл қўймаган ҳолда мустаҳкамликни ўнлаб марта оширишга имкон беради. Бунинг учун қотишмани легирлаш, қотишма элементларини ўзга қўшимчалардан тозалаш, қотишма доначаларини майдалаш каби ишлар бажарилади.

Ишлатилаётган материалларнинг ҳажмий мустаҳкамлигидан ташқари шу материаллардан тайёрланган машина воситаларининг ишчи юзалари хусусиятлари ҳам катта аҳамиятга эга. Ишчи юзаларнинг юза қаттиқлиги, ишқаланишда емирилишга қаршилиги катта бўлиши керак. Бундай хусусиятларга юзани модификациялаш орқали эришилади. Масалан, юзани пластик деформациялаш орқали пухталикини ошириш мумкин, юзани тоблаш орқали юзадан маълум чуқурликдаги структурани майдалаш, юза қатламини бошқа элементлар билан диффузион бойитиш мумкин. Ҳозирги вақтда амалиётда қўлланилаётган бундай усуллар 5-жадвалда келтирилган.

Машина воситалари ишчи юзаларини узоқ муддат ишлашига эришиш керак. Бунинг учун конструкцияларни тўғри танлаш ҳамда юза микронотекислигини ГОСТ га биноан белгилаш лозим.

#### 5-жадвал. Металл ва қотишмаларнинг юза қисмини пухталаш усуллари

Усулнинг номи	Усул қўлланиш шартлари ва шартлари	Усулни қўлландаги техник лозим жараён
Ишчи юзани пухта қоплам билан қоплаш	1. Кимёвий чуқуртириш усули билан қоплама олиш 2. Юзани кавшарлаш	Оксидлаш, сульфидлаш, фосфатлаш, электролиз усули билан металлни юзага чуқуртириш ва ҳ. к. Газ алангаси, электролит, плазма ёки лазер ёрдамида кавшарлаш ва ҳ. к.
Юзадаги миқдор ўзгаришларга эришиш (модификациялаш) Юзадаги структура ўзгаришларга эришиш	Юзани диффузион бойитиш 1. Юзани термик ишлаш 2. Юзани юқори энергия ёрдамида ишлаш 3. Юзани механик ишлаш	Кимёвий-термик ишлаш Юқори тебранишдаги электр токи ёрдамида ёки аланга ёрдамида тоблаш ва ҳ. к. Лазер ёки плазма ёрдамида тоблаш, электронимпульс, электроэрозия ҳамда ультратовуш ёрдамида ишлаш ва ҳ. к. Юзага шар ёки ғалтак билан тебранма ҳаракатдаги (вибрация) ишловни бериш
Юза микротопографиясини модификациялаш	Юзага электрокимёвий механик ишлов бериш	Юзани электр ёрдамида ялтилатиш, юзаларни жуда нозик жилтврлаш, юза тошсиз фрикцион усулда жилтврланади.

Машинасозликда материал мустаҳкамлигига бўлган талаблар ортиб бормоқда. Шунинг учун жуда кўп навли пўлатлар ва рангли металллар саноат миқёсида ишлаб чиқарилмоқда. Масалан, ҳозирги пайтда турли пўлатларнинг мустаҳкамлиги 1600—2200 МПа ни ташкил қилса, титан қотишмаларининг мустаҳкамлиги 1000—1250 МПа, алюминий қотишмалариники эса 550—600 МПа га етади. Лекин машина конструкцияларининг мустаҳкамлигини янада ошириш масаласи янги тараққиёт талабидир. Шунинг учун юмшоқ асос ёрдамида юқори пухталликка эга бўлган композицион материалларни лойиҳалаш усуллари яратилмоқда.

## 6-б о б. ДЕФОРМАЦИЯЛАНГАН МЕТАЛЛ ВА ҚОТИШМАЛАРНИНГ ҚАЙТА КРИСТАЛЛАНИШИ

Пластик деформацияланишга сарф бўлган механик энергиянинг бир қисми металлда (қотишмада) ички потенциал энергия сифатида сақланиб қолади. Бунда нуқсонлар кўпайиб, кристалл панжаранинг тузилиши тартиби бузилиши мумкин, натижада механик хусусиятлар ўзгаради, яъни пачоқланган ҳолат вужудга келади. Кристалл панжара тузилишининг бузилиши, ички кучланишларнинг вужудга келиши металлни номувозанат ҳолатга олиб келади. Шу номувозанат ҳолатни маълум кичик температура ( $T < 0,1 T_c$ ) да термодинамик жиҳатдан мувозанатда деб ҳам қараш мумкин. Бошқача қилиб айтганда диффузион жараёнлар содир бўлмайдиган шароитда пластик деформацияланган металлни термодинамик мувозанатда деб қараш мумкин.

Деформацияланган металл температурасининг ошиши билан нуқсонлар зичлигининг камайиши ҳисобига ҳамда кристалл панжаранинг тўғриланиши натижасида янги термодинамик мувозанат ҳосил бўлади. Бундай ўзгариш қайта кристалланиш натижасида вужудга келади ва температуранинг кўтарилиши даражасига қараб, бир неча босқичларга бўлинади.

Пластик деформация натижасида ҳосил бўлган нуқсонлар зичлиги ва унинг металлда қандай тақсимланганлиги қайта кристалланиш жараёнининг асосий хусусиятларини белгилайди. Материалнинг конструкция мустаҳкамлигини белгиловчи механик хусусиятлар ҳам нуқсон тузилишига боғлиқ бўлади. Қайта кристалланишнинг бошланғич давридаёқ нуқсонларнинг қайта тақсимланиши содир бўлганлиги учун ҳам металл хусусиятлари ўзгаради. Қайта кристалланишнинг кейинги босқичларида доначаларнинг ўзаро жойлашиши ҳамда унинг ўлчамлари ўзгаради, яъни қаттиқ ҳолда қайта кристалланиш содир бўлади.

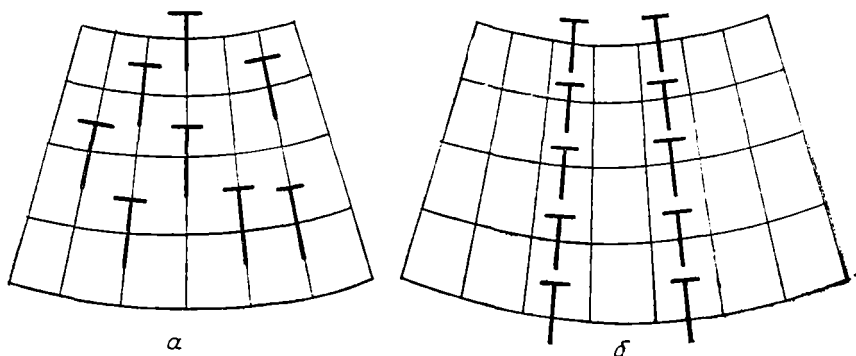
Металларга механик ва термик ишлов бериш тартиби белгиланаётганда албатта қайта кристалланиш температураси

ҳамда қайта кристалланишдан кейинги механик хусусиятларнинг ўзгариши ҳисобга олиниши шарт. Шунинг учун материалнинг деформациядан олдинги, деформациядан кейинги ҳамда қайта кристалланишдан кейинги структура тузилишидаги ўзгаришларни ўрганиш муҳим аҳамиятга эга.

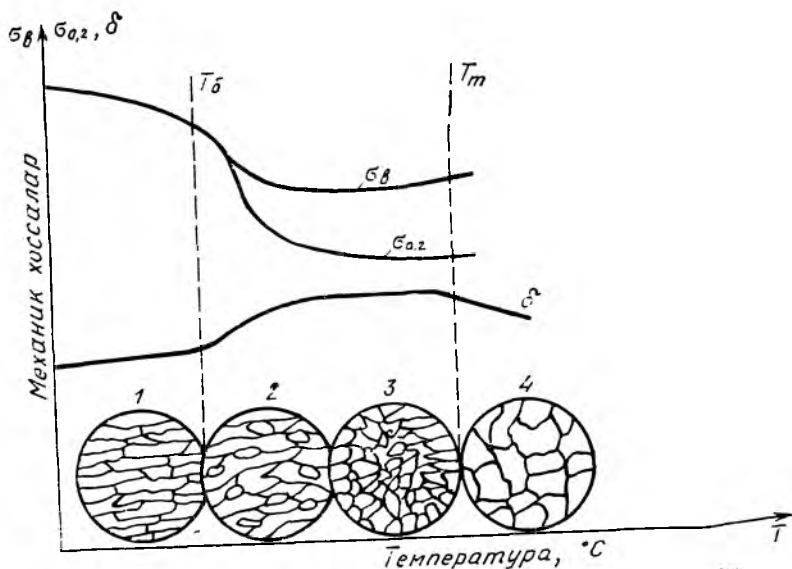
## 1. ҚАЙТИШ ҲАМДА ҚАЙТА КРИСТАЛЛАНИШ

Пачоқланган доначани тиклаш жараёнининг биринчи босқичида ( $T < 0,3 T_c$ ) донача ўлчамлари ва ҳолатида ҳеч қандай сезиларли ўзгариш бўлмайди, лекин баъзи хусусиятларнинг орқага қайтиши (тикланиши) содир бўлади. Қайтиш ҳам ўз навбатида икки босқичдан иборат бўлиб, биринчи босқичда материалдаги нуқтавий ва чизикли нуқсонлар қайга тақсимланади. Бу нуқсонларнинг бир қисми ўзаро ейишиб ҳам кетади, натижада нуқсонлар зичлиги анча камаяди. Бундай босқич дам бериш деб аталади. Қайтиш жараёнининг биринчи босқичида физик хоссалар аввалги ҳолига анча тикланади, механик хоссалар эса 10—15% орқага қайтади. Пластик деформация натижасида ҳосил бўлган чизикларни рентгенограммада аниқ кўриш мумкин.

Пластик деформация натижасида тартибсиз тўпланган дислокациялар (43-а расм) қайтишнинг иккинчи босқичида ишоралари бўйича тартибланади, натижада металлда дислокациясиз майдонлар ҳосил бўлади (43-б расм). *Шунинг учун бу босқични хос майдонларнинг ҳосил бўлиши, яъни полигонлаш деб аталади.* Бундай тузилишни дислокацион тўр ҳосил бўлиш деб аташ ҳам мумкин. Бундай тузилиш анча барқарор бўлиб, металлнинг эриш температурасигача сақланиб қолади. Лекин дислокациясиз майдонларнинг ҳосил бўлиши ҳамма материалларда ҳам кузатилавермайди. Масалан, мисда ҳосил бўлмайди,



43- расм. Доначалардаги дислокация тўри (полигонлар)нинг ҳосил бўлишини кўрсатувчи чизма; а — тартибсиз ва б — тартибли дислокация.



44- расм. Пачоқланган (пластик деформацияланган) металл қайта қиздиришда механик хосса ва структуранинги ўзгариши:

$T_b$  — рекристалланишнинг бошланиш температураси  $T_t$  — таъмир бўлиш температураси; 1, 2, 3, 4 — структура ўзгаришлари.

темир, алюминий, молибден каби металлларда ҳосил бўлади. Қайтишнинг иккинчи босқичида пачоқланган структуранинги қаттиқлиги ва мустаҳкамлиги камайиб боради (44- расм). Бунда структурادا содир бўладиган туб ўзгаришларга замин тайёрланади.

Температура янада оширилса, структура ўзгаришлари рўй беради, яъни пачоқланган доначалар ўрнига мувозанатдаги янги доначалар ҳосил бўлади. Бундай жараён қайта кристалланиш (рекристалланиш) деб аталади. Бу жараён қайтишдан тубдан фарқ қилиб, эски пачоқланган доначалар ўрнига янги мувозанатдаги доначалар ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган янги доначалар нуқсонлардан анча холи бўлиб, тўғри ўқли шаклга эга бўлади. Янги доначаларнинг ҳосил бўлиши одатда энг кўп пачоқланган доначадан бошланади (44- расмдаги 2- структура) ва бу доначаларнинг ўсиши эса тўғри ўқли шаклга олиб келади.

Қайта кристалланишнинг бундай бошланғич даври бирламчи кристалланиш деб аталади. Бундай қайта кристалланишнинг содир бўлиши учун маълум шарт бажарилиши керак. Масалан, пластик деформация маълум даража (одатда 2—8%) дан кам бўлмаслиги керак. Агар металл кимёвий тозалikka эга бўлса, қайта кристалланишнинг бошланиши учун суюқланиш температурасининг 10% и ҳам етарли бўлади. Қотишмалардаги қайта

кристалланишнинг бошланиши учун катта температура талаб этилади ( $0,5—0,6 T_c$ ). Умуман қайта кристалланиш учун керак бўладиган температура қиздириш вақти, деформациядан аввалги донача ўлчамлари ҳамда деформация даражасига боғлиқдир.

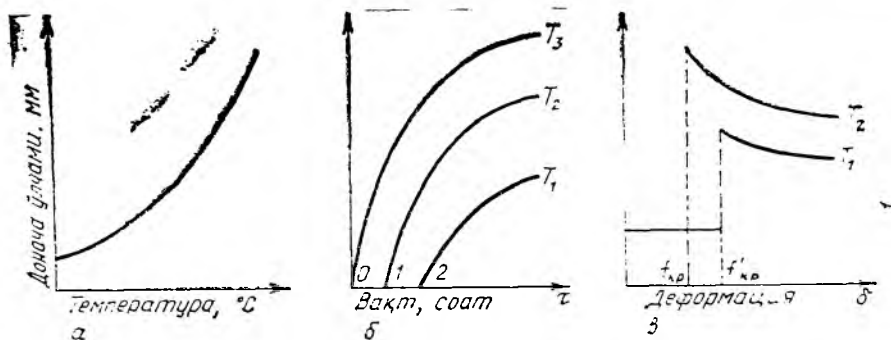
Бирламчи қайта кристалланиш натижасида дислокация зичлиги камайганлиги сабабли механик хоссалар тўла қайтарилади. Доначалар тўла қайта ҳосил бўлгандан кейин бирламчи қайта кристалланиш тугалланган ҳисобланади. Пачоқланган структура юмшатиш ҳолатдаги мувозанатга қайтади. Бирламчи қайта кристалланиш натижасида структура ва хоссаларнинг ўзгариши 44-расмда келтирилган.

Агар пластик деформацияланган материал бирламчи қайта кристалланишнинг бошланиш температурасида биров ушлаб турилса ёки температура биров оширилса, қайта кристалланишнинг кейинги босқичи бошланади. Бу босқичда дончаларнинг ўртача ўлчам қийматлари текисланади. Баъзи дончалар қўшни дончалар ҳисобига ўсади. Бу босқичда термодинамика қонуналарига асосан умумий ажралош юзалари камаяди, чунки ҳар қандай жисм юза энергиясини камайтиришга интилади. *Бу босқичдаги баъзи дончаларнинг ўсиши кристалланишдаги йиғилиш деб аталади* (44-расмдаги 3-структура) Бу йиғилиш натижасида оқувчанлик чегарасидаги мустаҳкамлик янада камаяди. *Қайта кристалланишда дончанинг ўсиши маълум тезликка эга бўлганлиги учун бу жараён иккиламчи қайта кристалланиш деб аталади.*

## 2. ҚАЙТА КРИСТАЛЛАНГАН КРИСТАЛЛ СТРУКТУРАСИ

Конструкция мустаҳкамликни оширишнинг самарали усулларида бири структурани майдалаш, яъни майда дончаларни структурани ҳосил қилишдир. Қайта кристалланиш жараёнини ўрганиш учун дончаларнинг ўсиш қонуниятларини аниқлаш муҳим аҳамиятга эга. Ана шу қонуниятларга асосан чегаралар кўчиши ёки нуқсонлар ейилиши ҳисобига дончаларнинг чегаралари ўзгариши мумкин.

Янги дончаларнинг ҳосил бўлишида асосан температура катта ўрни тутати. Температуранинг таъсир этиш даври ҳамда пластик деформация даражаси ҳам янги чегараларни ҳосил бўлишида муҳим аҳамиятга эга. Нисбатан кичик температурада дончанинг ўсишида кам ўзгариш даври мавжуд бўлиб, температура кўтарилган сари, дончанинг ўсиши тезлашади (45-расм, а) Дончанинг ўсишига температуранинг таъсир даври ҳам температурага боғлиқ бўлади (45-расм, б). Пластик деформациянинг қайта кристалланаётган дончанинг ўсишига таъсири анча мураккаб (45-расм, в). Юқорида айтганимиздек, деформация критик қиймат (2—8%) дан кам бўлганда қайта кристалланиш жараёнида янги дончаларнинг ҳосил бўлиши энергетик нуқтан назардан етарли бўлмайди. Шунинг учун

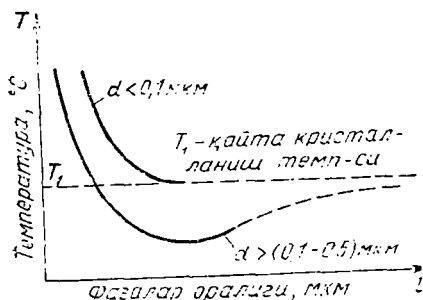


45-расм. Рекристаллизациядан кейин донача ўлчамларининг температура (а) га, деформация даври (б) ҳамда деформация даражаси (в) га боғлиқлигини кўрсатувчи график ( $T_1 < T_2 < T_3$ ); 01 ва 02 — инкубацион давр оралиғи;  $f_{кр}$  ва  $f'_{кр}$  — деформациянинг критик даражаси.

кристалланиш умуман бўлмайди, чунки нуқсонлар зичлиги жуда кичикдир. Кичик деформацияда нуқсонлар зичлиги асосан дона чегарасида бўлиб, озгина температура кўтарилиши билан бу зичлик чегара томонидан ютилади, натижада чегаралар қўшилиб кетиб, доначалар жуда йириклашади. Агар деформация етарли даражада катта бўлса, нуқсон зичлиги ҳам катта бўлади, қайта кристалланишда донача чегараси йўқолиб, уларнинг бирлашиш эҳтимоли кам бўлади, доначаларнинг ўсиши чегаранинг ҳаракати натижасида рўй беради. Лекин доначанинг катталиги чегараларнинг ютилиши ва доначаларнинг бирлашишидан ҳосил бўлган донача ўлчамидан кичик бўлади.

Умуман олганда, қайта кристалланишдан кейин структура изотроп хусусиятга эга бўлиши керак, яъни механик хоссалар куч йўналишига боғлиқ бўлмаслиги керак. Лекин бундай ҳолат деформация даражаси кам бўлганда рўй бериши мумкин. Деформация даражаси катта бўлганда алюминий, темир, мис ва бошқа металлларда қайта кристалланишдан сўнг механик хоссалар анизотроп хусусиятга эга бўлади. Намунани куч йўналишига перпендикуляр йўналишидаги хоссалари куч йўналишидагига қараганда катта бўлади. Бу ҳолатни қайта кристалланишнинг тузилиши деб аталади. Бу тузилиш деформацияланган металл тузилишини эслатади. Шунинг учун юмшатиш учун юмшатиш температураси паст бўлганда бундай тузилиш яққол кўринади. Бундай тузилиш амалиётда хоссаларни кучайтириш мақсадига материалларни қайта ишлаш билан биргаликда қўлланилади.

Қайта кристалланишга металлнинг кимёвий тозаллиги ҳамда фазанинг таркиби катта таъсир кўрсатади. Агар ўзга фаза ўлчами унча катта бўлмаса ( $d < 0,1$  мкм) ва бу фазалар миқдори металл ёки қотишмада камроқ бўлса, бу қўшимчалар қайта кристалланиш жараёнига амалда таъсир кўрсатмайди. Нис-



46-расм. Рекристалланиш температура-сининг иккиламчи фаза ўлчамлари ва улар орасидаги масофага боғлиқ

катининг металл тузилишига ва фазалар ҳажмининг нисбатига боғлиқлиги билан тушунтирилади. Агар иккиламчи фазалар (ёки ўзга қўшимчалар) металлда зич жойлашган бўлса, донча чегараларининг ҳаракатига тўсқинлик қилади, яъни қайта кристалланиш секинлашади. Ҳарик қўшимчалар сони кам бўлса, шу қўшимчаларнинг ўзи қайта кристалланиш марказларининг ҳосил бўлишига ёрдамлашади, демак қайта кристалланишнинг тезлашишига шароит яратилади.

### 3. СОВУҚ ВА ИССИҚ ҲОЛДА ДЕФОРМАЦИЯЛАШ

Металлар пластик деформациясидан кейин қайта кристалланиш юмшатиши жуда муҳим ўрин тутати. Ҳар қандай металл маълум даражада пластик деформацияланади. Металлнинг пластик деформацияланиш хоссасини тиклаш мақсадида қайта кристалланиш юмшатиши берилиб, структура тикланади. Ана шу йўл билан металлни исталганча пластик деформациялаш мумкин. Металларни термик ишлашда ҳам қайта кристалланиш юмшатишининг ўрни катта.

Деформация маълум даража (2—8%) дан юқори ва температура маълум қиймат ( $T_{кр}$ ) га эга бўлганда деформацияланган металлда қайта кристалланиш жараёни борниш мумкин. Деформацияланаётган металл температураси ( $T^a$ ), критик температура қийматидан кичик бўлса ( $T^a < T_{кр}$ ) деформация натижасида мустаҳкамлик ортади (пачоқланган структура ҳосил бўлади) ва деформация температураси қандай бўлишига қарамай, бу деформациялаш *совуқлайин деформациялаш* деб аталади. Агар деформацияланаётган металл температураси қайта кристалланиш температурасидан катта бўлса ( $T^a > T_{кр}$ ), бундай деформация *иссиқ ҳолда деформациялаш* деб аталади.

батан каттароқ ўлчам ( $d > 0,1-0,5$  мкм) га эга бўлган қўшимчалар ёки иккиламчи фаза қайта кристалланишга сезиларли даражада тўсқинлик қилиши мумкин (46-расм). Агар бундай қўшимчаларнинг сони камроқ бўлса, қайта кристалланиш тезлашади, чунки бундай қўшимчалар орасидаги масофа ( $l$ ) катта бўлади. Қайта кристалланиш тезлигининг ўзга қўшимчалар орасидаги масофага боғлиқлиги донча чегаралари ҳара-



Бунда мустақкамлик ошмайди, чунки деформация вақтида қайта кристалланиш жараёни содир бўлишга улгуради. Одатда иссиқ ҳолда деформациялаш температураси қайта кристалланиш температурасидан анча юқори бўлади. Чунки, шунда қайта кристалланиш тезлиги ортади. Баъзи металллар учун А. П. Гуляев томонидан келтирилган қайта кристалланиш температураси 6-жадвалда кўрсатилган.

6-жадвал. Қайта кристалланиш ва иссиқлашнинг деформациялаш температуралари

Металлар	Температура, °С		
	Қайта кристалланиш	Қайта кристалланиш юм. натиғи	Иссиқлигича босим остида ишлаш
Темир	450	600—700	800—1300
Пўлат	450	600—700	800—1300(1100)
Мис	270	450—500	600—800
Титан	250	400—500	250—600
Алюминий	50	250—350	250—460
Молибден	900	1400—1600	1400—2000

Иссиқлашнинг босим остида ишлашда деформацияланиш билан қайта кристалланиш навбатма-навбат содир бўлганлиги учун бундай жараён **динамиқ қайта кристалланиш** дейилади. Бундай жараён тўхтатилиб, металл тез совитилса, структуранинг пачоқланган шаклини қайд қилиш мумкин. Бунда совитиш муҳитининг температураси қайта кристалланиш температурасидан анча паст бўлиши шарт.

Баъзи жуда майда донадорликка ( $d=0,5-10$  мкм) эга бўлган материалларни иссиқ ҳолда деформациялашда жуда катта пластиклик, яъни ўтапластиклик намоён бўлади. Бундай жараёнда деформация тезлиги катта бўлиб, кучланиш кам бўлганда ҳам намунани нисбий узайиши жуда катта ( $10^2-10^3\%$ ) бўлади. Лекин бунда материалнинг деформацион мустақкамлиги ошмайди. Бундай ўтапластик ҳолатнинг вужудга келишига биринчидан, дислокациянинг доначалар чегараси бўйлаб сурилиши, иккинчидан, кучланиш таъсирида донача атомларининг маълум йўналиш бўйича диффузион кўчиши сабаб бўлади.

Ўтапластик ҳолатда металлнинг оқиш чегарасидаги кучланиш деформация тезлигига боғлиқ бўлади:

$$\sigma_{оқ.} = k \cdot \varepsilon^m.$$

Бу ерда  $k$  коэффициент бўлиб,  $m$  деформация тезлиги кўрсаткичи. Бу кўрсаткич олатдаги материаллар учун  $m \leq 0,3$  бўлса, ўтапластик материаллар учун эса  $m=0,5-0,7$  бўлади. Жуда майда доначали бир фазали системага эга бўлган материалларда ўтапластиклик намоён бўладиган температура ( $0,6-0,8 T_c$ )

да ўтапластиклик унча барқарор бўлмайди, жараён тўхтаб қолиши мумкин.

Шу сабабдан техникада қўлланиладиган ўтапластик материаллар кўпинча икки фазали бўлади (эвтектика, эвтектонидли ва бошқа қотишмалар). Бунда фазаларнинг энг катта ажралиш юзаларини таъминлайдиган фаза ҳажмларининг оптимал нисбати 1:1 бўлганда, доначаларнинг юқори температурада ўсишига тўсқинлик қиладиган ҳолат вужудга келади. Доначалари жуда майда бўлган ўзга қўшимчалар қўшилганда ҳам улар қотишма доначаларининг юқори ҳароратда ўсишига қаршилиқ кўрсатади. Утапластикликни намоён қиладиган қотишмаларга мисол тариқасида рухнинг алюминий билан (22 Al) ҳосил қилган қотишмасини ёки титан, рух ва алюминий (22 Al) қотишмасини кўрсатиш мумкин.

Ўтапластикликни пўлатларда ҳам кузатиш мумкин. Масалан, фаза ўзгариши температурасига яқин температура (680—720°C) да ёки мартенситга парчаланишдаги силжиш жараёнида шундай бўлиши мумкин. Шунинг учун поғонали тоблашда ана шундай хусусиятга эга бўлган машина воситаларини эгилиш (деформацияланиш) дан сақлаш учун тобланиши билан пресс остига олинади.

Ўтапластикликни намоён қиладиган материаллардан мураккаб шаклдаги машина воситалари ҳажмий пресслаш усули билан тайёрланади, чунки бунда деформацияланиш даражаси 200—300% га етиши мумкин.

## 7-боб. ТЕМИР ВА УНИНГ ҚОТИШМАЛАРИ

Ҳозирги вақтда тоза темир халқ амалиётининг жуда кўп жабҳаларида ишлатилади. Кукун металлургиясининг хомашёси сифатида кукун шаклда ишлаб чиқарилади, пайвандлаш технологиясида, трансформаторларни ишлаб чиқаришда ва бошқа кўп маҳсулотлар ишлаб чиқаришда тоза темир ишлатилади. Тоза темир ва кам углеродли темир катта пластикликка эга бўлганлиги учун чўзиш усули билан ҳосил бўладиган маҳсулотларни ишлаб чиқаришда қўлланилади. Магнит хусусиятлар темирнинг тозалигига боғлиқ. Шунинг учун улардан магнит материаллари сифатида электротехника саноатида ўзақлар, стартер ва электр машиналарининг роторлари тайёрланади. Темир машина воситаларининг ишчи юзаларини қаттиқлигини ошириш ва уларни таъмирлаш мақсадида қоплама сифатида ҳам ишлатилади. Масалан, автомобиль ва трактор машинасозлигида ҳамда уларни таъмирлаш саноатида шундай технология қўлланилади. Темир оксидлари минерал бўёқлар сифатида, баъзилари эса ( $Fe_3O_4$ ,  $\gamma-Fe_2O_3$ ) магнит материаллар сифатида ишлатилади. Темир тузлари ҳам кўп қўлланилади.

Лекин тоза темирга нисбатан темир қотишмалари, айниқса темир-углерод қотишмаси катта аҳамиятга эга. Пўлат ва чўян

ҳамма мамлакатларда ҳам ҳар йили миллионлаб тонна ишлаб чиқарилади. Улар ҳозирги замон техникаси учун асосий материал ҳисобланади. Темир қотишмаларининг муҳимлиги шундаки, темир полиморфизмга, яъни аллотропик шакл ўзгаришга эга. Темир қотишмалари яхши физик-кимёвий хоссаларга ҳам эга, темир ва углероднинг ўзаро таъсирлашувидан жуда хилма-хил фазалар ҳосил бўлади. Шунинг учун ҳам бу қотишмалар санъатнинг кенг эҳтиёжини қондиради.

Ҳозирги замон санъати, яъни қурилиш, машинасозлик ва бошқа соҳаларда конструкцион пўлатлар, юқори пухталиқка эга ва коррозияга бардошли зангламас пўлатлар, кесиб ишлаш ва босим остида ишлаш учун ишлатиладиган асбобсозлик пўлатлари ҳамда золдирли подшипниклар (ишқаланиш жуфтлари) ва пуржиналар тайёрланадиган пўлатлар, махсус хоссаларга эга бўлган пўлатлар жуда кенг қўлланилади.

Темир қотишмаларининг яна бир муҳим тури чўянлардир. Чўянлар янши технологик хоссаларга эга: кам чўкма ҳосил қилади, суяқ ҳолдаги оқувчанлиги яхши ва шунинг билан бир қаторда ётарли даражада пухта, кам ейиладиган ва бошқа муҳим хоссаларга эга бўлган материалдир. Чўянларнинг ҳам бир неча турлари мавжуд бўлиб, кўп хил белгиларга (марка), яъни ҳар хил навларга эга.

Темир-углерод системасида ўзаро таъсирлашув натижасида олдинда аниқ билиш мумкин бўлган материалнинг хоссаларига эга бўлиш мумкин. Бундай қотишмаларнинг хоссаларини махсус сирловчи элементлар қўшиб, янада кенгайтириш мумкин. Бунинг натижасида ҳолат диаграммаларидаги бурилиш (критик) нуқталарнинг ўрни ўзгариши, яъни фазаларнинг таркиби ўзгариши мумкин. Демак, бундай тадбирни қўллаш йўли билан материалнинг ишчи хусусиятларини, масалан, ишқаланиб емирилиш даражасини, коррозияга бардошлилигини, оловбардошлилигини ва шунга ўхшаш муҳим хоссаларини бошқариш мумкин.

## 1. ТЕМИРНИНГ ХОССАЛАРИ

Темир ялтироқ бўлиб, оч кулранг металлдир. У жуда узоқ тарихга эга. 7-жадвалда темир ва баъзи муҳим элементларнинг ер қобиғидаги ўртача миқдори берилган.

7-жадвал. Баъзи элементларнинг ер қобиғидаги миқдори

Элементнинг кимёвий белгиси ва исми	W	Ni	Mo	Co	Cr	Mg	Cu	Fe	Al
	...	никель	молибден	...	хр	марганец	мис	темир	алюминий
Миқдори (магн. нисбатга % да)	2 · 10 <sup>-2</sup>	8 · 10 <sup>-2</sup>	3 · 10 <sup>-2</sup>	1,8 · 10 <sup>-2</sup>	3,5 · 10 <sup>-2</sup>	9 · 10 <sup>-2</sup>	1 · 10 <sup>-2</sup>	5,1	8,8

Бу жадвалдан кўриниб турибдики, темир Ер қобиғида етарли даражада кўп миқдорда учрайди. Табиатда у кўпинча оксид ҳамда сульфат, силикат, карбонат, фосфат ва бошқа бирикмалар ҳолида учрайди. Лекин металлургия саноати учун муҳим руда материали сифатида магнетит  $\text{Fe}_3\text{O}\cdot\text{H}_2\text{O}$ , сидирит  $\text{FeCO}_3$ , гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , лимонит  $\text{Fe}_2\text{O}\cdot\text{H}_2\text{O}$  ва бошқа шунга ўхшаш бирикмалар ишлатилади. Темирнинг бу рудалардаги миқдори 16—70% га тенг. Темирнинг энг бой рудалардаги миқдори 50% дан кўп, ўртача бойликка эга бўлган рудалардаги миқдори 25—50% ва баъзи рудалардаги миқдори 25% дан камдир.

Рудалардан пўлат ва чўян ишлаб чиқарадиган саноат соҳасига металлургия саноати деб аталади.

Тоза темирни икки хил усулда, яъни темир тузларини электролиз қилиш ёки темир оксидларини водород таъсирида қайтариш усулида олиш мумкин. Лекин кейинги вақтда руда таркибидаги темирни водород, табиий газ ва кичик температурада кўмир ёрдамида қайтариб олиш йўлга қўйилмоқда.

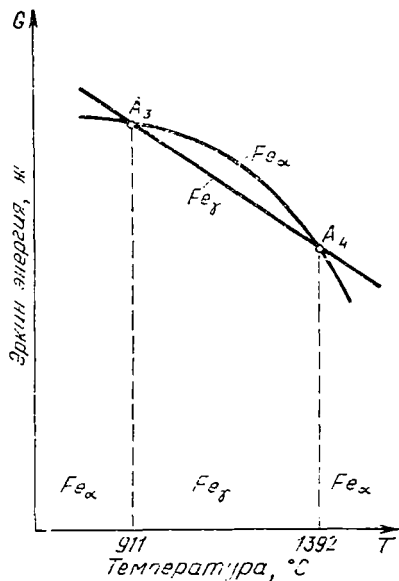
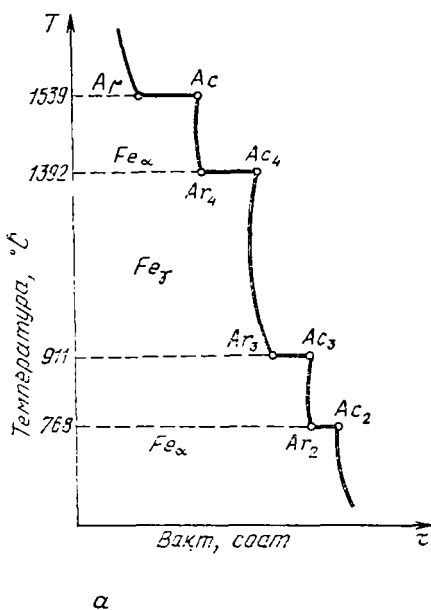
Тоза темир жуда юмшоқ ҳамда магнит хоссасига эга бўлганлиги учун унга бўлган талаб ошмоқда. Лекин металлургия маҳсулотининг қарийб 95% ини пўлат ва чўян ташкил қилади.

Темир Менделеев даврий системасининг VIII группасига мансуб бўлиб, кобальт ва никель билан ёнма-ён туради. Темирнинг суюқланиш температураси  $1539^\circ\text{C}$  га тенг бўлиб, қатор аллотропик шакл ўзгаришларга эга эканлигини юқорида келтирган эдик.

Темир магнит хоссаларга эга (ферромагнит) ва эга бўлмаслиги (парамагнит) ҳам мумкин. Темирнинг магнит хоссаларининг ўзгариши ҳам изотермик жараёнлиги ҳамда фақат темир эмас, балки кўпчилик магнит хоссаларига эга бўлган элементлар ҳам бундай қонуниятга бўйсунганини ҳам юқорида кўрсатган эдик.

Темирнинг совинш (исинш) эгри чизиғидаги (47-расм, а) изотермик ўзгаришлар ( $\text{A}\text{C}_3$ ,  $\text{A}\text{Г}_3$ ,  $\text{A}\text{C}_4$ ,  $\text{A}\text{Г}_4$ ), яъни аллотропик шакл ўзгаришлар атом кристалл тузилишининг термодинамик барқарорлигига боғлиқ. Температурага қараб  $\alpha$ -Fe ёки  $\gamma$ -Fe нинг ҳосил бўлиши эркинлик даражасининг кичиклиги билан изоҳланади. Масалан,  $911^\circ\text{C}$  ва  $1392^\circ\text{C}$  температурада  $\gamma$ -Fe ва  $\alpha$ -Fe ларнинг эркинлик даражаси тенг. Агар температура  $911^\circ\text{C}$  дан кичик бўлса ёки  $1392^\circ\text{C}$  дан юқори бўлса,  $\alpha$ -Fe ёки  $\sigma$ -Fe ларнинг эркинлик даражаси  $\gamma$ -Fe нинг эркинлик даражасидан кам бўлади (47-расм, б).

Темир асосидаги қаттиқ эритмаларнинг ҳосил бўлиши ҳам атом кристалл тузилишига боғлиқ. Масалан,  $\alpha$ - ва  $\gamma$ -темирларнинг кристалл панжарасининг тузилиши даврлари 0,286 ва 0,0364 нм бўлиб, ундаги бўш жойларнинг ўлчами 0,06 нм ни ташкил қилса, ёқларининг ўлчами 0,1 нм га яқин бўлади. Уг-



47-расм. Тоza темирнинг совниш эгри чизигидаги фаза ўзгаришлар (а) ҳам да фазаларнинг эркин энергияси ўзгаришининг температурага боғлиқлиги (б).

лероднинг темирда эриш даражасининг ҳар хиллиги ҳам кристалл панжарадаги бўш жойларнинг ўлчамларига боғлиқ. Углерод атомининг ўлчами 0,154 нм га тенг бўлганлиги учун у  $\gamma$ -Fe га қараганда  $\alpha$ -Fe да жуда кам эрийди.

8-жадвал. Тоza темирнинг 20°C даги механик хоссалари

Тоza темир олиш жараёни	$\sigma_{b2}$ , МПа	$\sigma_{0.2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	Е, МПа	$\tau$ , МПа	НВ, МПа
Вакуум усули	291,5	176,5	50	93	—	—	—
Электролит усули	180—250	100—140	40—50	70—80	$21 \cdot 10^4$	$8,2 \cdot 10^4$	4500—6000
Корбонил усули	200—280	90—170	30—40	70—80	$20,7 \cdot 10^4$	—	5500—8000
Техник тоza темир олиш усули	180—320	90—250	30—40	70—80	$20—21 \cdot 10^4$	—	8000—2000

Темир зичлиги катта бўлган металлларга кирди ( $\gamma$ -7,68 г/см<sup>3</sup>). Лекин темирнинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги унинг тозалик даражасига боғлиқ (8-жадвал).

Темирнинг кимёвий хоссалари ҳам унинг тозалигига боғлиқ. Оддий температурада ҳам ҳавода намуна юзасида занг ҳосил бўлади ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Бундай занг қатламининг тузилиши го-вак бўлиб, кислородни ўзидан осон ўткази олиши сабабли занг тагидаги металл яна зангланади.

Темир 200°C дан юқориди қуруқ ҳавода қиздирилса, юзда юлқа оксид қатлам ҳосил бўлади, бу қатлам металлни кейинги занглашдан сақлайди. Темирни занглашдан асраш учун юза рух, никель, хром каби металлларнинг юлқа қатламини билан қопланади. Баъзи вақтда темирнинг занглашини секинлашти-радиган усуллар ҳам қўлланилади. Масалан, темир устига ак-тивроқ (рух ва шунга ўхшаш) металл бириктирилади, бирик-тирилган металл анод вазифасини ўтайди. Юқори даражадаги тоза темирнинг коррозияга бардошлилиги ҳам юқоридир. Темир-нинг эритмаларда коррозияга бардошлилигини ошириш учун унга оз миқдорда бошқа легирловчи қўшимчалар, масалан, мис қўшилади.

Темир суюлтирилган кислоталарда эриб, водородни ажра-тиб чиқариш ва  $\text{Fe}^{+2}$  ионни ҳосил қилиш хусусиятига эга. Суюлтирилган  $\text{HNO}_3$  ҳам темирни эритади. Лекин  $\text{HNO}_3$  нинг қуюқ ва  $\text{H}_2\text{SO}_4$  нинг 65—10% ли эритмаси таъсирида юлқа қоплама ҳосил бўлади, бу қоплама темирнинг кимёвий фаол-лигини камайтириши мумкин.

Темир ишқорларнинг суюқ эритмаларида одатда эримади.

Кислород билан темир ҳар хил валентли бўлганлиги учун кўп оксидларни ҳосил қилади. Масалан, темир (II)-оксид ( $\text{FeO}$ ), темир (III)-оксид ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), темир (II, III)-оксид  $\text{Fe}_2\text{O}_4$  ( $\text{FeO}$  ва  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  нинг бирикишидан ҳосил бўлган).

Темир қотишмалари орасида темирнинг олтингургурт билан ҳосил қилган бирикмалари  $\text{FeS}$  ва  $\text{F}_2\text{S}$  ҳам учрайди.

Темир азот билан ўзаро таъсирлашиб,  $\alpha$ -,  $\gamma$ -,  $\epsilon$ - қаттиқ эрит-маларни ҳосил қилади, баъзида нитрид фазалари ( $\text{Fe}_4\text{N}$ ,  $\text{Fe}_2\text{N}$ ) ҳам учрайди. Азот таъсирига асосланган махсус жара-ёнлар ҳам мавжуд бўлиб, уларни азотлаш ва нитроцементаци-ялаш дейилади.

Темирнинг углерод билан ҳосил қилган қотишмаси сан. ат учун муҳим аҳамиятга эга. Пўлат ва чўян таркибида ҳар хил фаза ва структураларнинг мавжудлиги пўлат ва чўян хоссала-рини бошқаришга имкон беради.

## 2. ТЕМИР-УГЛЕРОД ҚОТИШМАЛАРИ

Углероднинг  $\gamma$ -Fe да яхши,  $\alpha$ -Fe да эса жуда кам эриш хусусияти пўлат ва чўянлардаги термик ишлов жараёнининг асосини ташкил қилади.

Темир углерод билан ўзаро таъсирлашиб, қаттиқ эритма, кимёвий бирикма ва механик аралашмаларни ҳосил қилиши мумкин. Темир қотишмаларига легирловчи элементларнинг таъсири ҳам хилма-хилдир. Легирловчи элементлар углероднинг темирда эриш даражасига ҳам таъсир кўрсатиб, ўзлари алоҳида карбидларни ҳам ҳосил қилишлари мумкин. Легирланган пўлатда мувозанатдаги  $\alpha$ -қаттиқ эритма — феррит қатори ҳосил бўлиши мумкин (масалан, Mo, W, Al, Si, Co ва ҳ. к.). Шунга ўхшаш Mn, Ni, Co каби элементлар темирда тўхтовсиз эриб,  $\gamma$ -қаттиқ эритмани ҳосил қилади, баъзи элементлар эса (C, N, Cr, Cu)  $\gamma$ -қаттиқ эритма ҳосил бўлиш чегарасини кенгайтиради ва ҳ. к.

Темир-углерод системасида қуйидаги фазалар мавжуд: суяқ қотишма, қаттиқ эритмалар (феррит ва аустенит), кимёвий бирикма (цементит) ва углерод соф графит ҳолатда бўлиши мумкин. Бундан ташқари Fe-C ҳолат диаграммасида перлит ва ледебурит каби механик аралашмалар ҳам ҳосил бўлади.

Углероднинг  $\alpha$ -темирдаги қаттиқ эритмаси **феррит** деб аталади, углероднинг  $\gamma$ -темирдаги қаттиқ эритмаси эса **аустенит** деб аталади. Лекин  $\alpha$ -ва  $\gamma$ -темирларда углероддан ташқари яна бошқа металл ва металл бўлмаган элементлар ҳам эриши мумкин. Ҳар бир металл ва металл бўлмаган элементнинг  $\alpha$ -темирдаги қаттиқ эритмаси ҳам феррит,  $\gamma$ -темирдаги қаттиқ эритмаси эса аустенит деб аталади.

Углерод темир билан ўзаро таъсирлашиб **цементит** ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) кимёвий бирикмани ҳосил қилади. Бундай бирикманинг қаттиқлиги жуда катта ( $\text{HB} \approx 8000 \text{ МПа}$ ) бўлгани билан жуда мўрдир. Кристалл панжарадаги атомларнинг жойлашиши ромб шаклида бўлиб, ўлчамларининг қиймати қуйидагича:  $a = 0,508 \text{ НМ}$ ;  $b = 6,673 \text{ НМ}$ ,  $c = 0,451 \text{ НМ}$ .

Цементитининг суяқланиш температураси аниқ бир қийматга эга эмас, тахминан  $1250\text{—}1260^\circ\text{C}$  га тенг. Цементит яхши магнит хоссаларига эга ҳам эмас. Фақат кичик температурада кучсиз магнит хоссасига эга,  $217^\circ\text{C}$  дан юқори температурада эса бутунлай магнитсизланади.

Суяқ қотишманинг кристалланиши натижасида бирламчи цементит ёки қаттиқ ҳолда диффузион қайта тақсимланиши натижасида иккиламчи ёки учламчи цементитлар ҳосил бўлиши мумкин. Иккиламчи ( $\text{II}$ ) ва учламчи ( $\text{III}$ ) цементитлар беқарор бўлиб, маълум температурагача қиздирилганда қаттиқ эритма ва графитга парчаланиши мумкин.

Темиртемир кристалл панжарасидаги углерод ўрнини бошқа металлмас элементлар (масалан, O, N), темир ўрнини эса бошқа металл элементлар олиши мумкин (Mo, Cr, Mn ва ҳ. к.). Кристалл панжарадаги атомларнинг бундай ўрин алмашиши натижасида ҳосил бўлган қаттиқ эритма легирланган цементит деб аталади.

Углероднинг аллотропик шакли **графит** деб аталади. У гексагонал кристалл панжарага эга бўлиб, қатламлар ўзаро кучсиз боғланган бўлади. Шунинг учун графит юмшоқ бўлиб, мустақамлиги ҳам жуда кам, суюқланиш температураси эса жуда ҳам юқори ( $3500^{\circ}\text{C}$ ), зичлиги  $2,5 \text{ г/см}^3$  га тенг.

Графит электр токини яхши ўтказади, шунинг учун ундан электродлар тайёрланади. Графитнинг кимёвий барқарорлиги ҳам юқоридир.

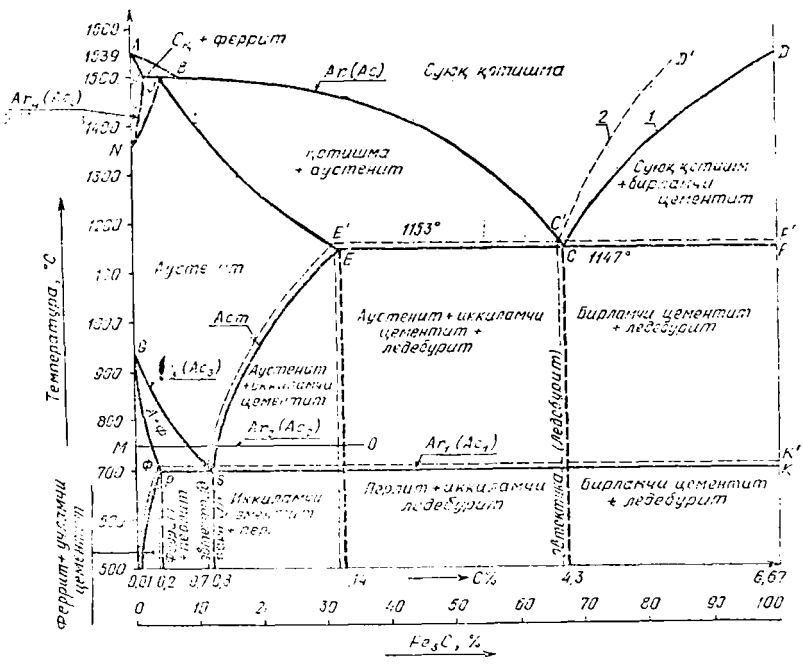
Темир-углерод диаграммасида фазаларнинг ўзаро таъсирлашуви натижасида механик аралашмалар ҳам ҳосил бўлади. Улар ўзларининг ҳосил бўлиш шароитига эга бўлиб, маълум қонуниятларга бўйсунди.

### 3. ТЕМИР-УГЛЕРОД ҲОЛАТ ДИАГРАММАСИ

Икки хил ҳолат диаграммалари мавжуд бўлиб, биринчиси мувозанатда бўлмаган система (метастабил) диаграммаси бўлиб, темир-цементит системаси ўзгаришларини белгиласа, иккинчиси турғун (стабил) система диаграммаси бўлиб, темир — углерод системаси ўзгаришларини белгилайди. Темир — цементит диаграммада метастабил цементит фазаси ҳосил бўлади. Темир-углерод диаграммасида эса углерод барқарордир. Бу диаграммалар иккита горизонтал чизиқ — таркиб ўқиға эга бўлиб, углерод ва цементитнинг қотишмадаги миқдорини белгилайди. Амалда темир-углерод қотишмаларининг  $6,67\%$  углерод туган, яъни  $100\%$  цементит ҳосил қиладиган диаграмма қисмигина муҳим аҳамиятга эга. Шунинг учун темир-углерод диаграммасининг ана шу қисмигина таҳлил қилинади ва у темир-цементит диаграммаси деб аталади (48-расм)

Амалда фаза ўзгаришларидаги совиш температураси исниш температурасига тўғри келмаслиги мумкин. Шунинг учун диаграммада совиш «r» белги, исниш эса «s» белги билан ифодаланади. Барқарор диаграмма учун эса «e» белги қўлланилади. Совиш (исниш) эгри чизиқларида (48-расм) тўртта хусусий температура чизиқлари қуйидагича белгиланади:  $ABC [A_1(A_2)]$  — эриш (совиш),  $NH [A_{r4}(A_{c4})]$  — полиморф ўзгариш,  $Fe_6 \rightarrow Fe_7$ ;  $GS [A_{r3}(A_{c3})]$  — полиморф ўзгариш  $Fe_1 \rightarrow Fe_2$ ;  $MO [A_{r2}(A_{c2})]$  — темирдаги магнит ўзгаришини кўрсатади. Диаграммадаги  $ABCD$  ликвидус чизиғи ва  $ANIECF$  солидус чизиғи орасида бирламчи кристалланиш содир бўлади. Суюқ фазадан аустенитнинг ажралиб чиқиши  $ABC$  чизиғи бўйича бўлса,  $CD$  чизиғи эса суюқликдан цементитни парчаланишини кўрсатади.  $AN$  чизиғи феррит билан суюқ фазани мавжуд бўлиш чегарасини белгиласа,  $ANH$  эса юқори температурали феррит фазасини мавжудлик чегарасини белгилайди.  $NIB$  перетектик горизонтал чизиқ бўлиб, суюқ қотишма билан ферритни ўзаро таъсирлашувидан, яъни перетектик реакция натижа-





48-рас. Темир — углерод системасининг беқарор (1) ва барқарор (2) ҳолат диаграммасининг умумий кўриниши.

сида аустенит ҳосил бўлади. *ECF* горизонтал чизиқ эса эвтектик реакция борадиган температура горизонтали бўлиб, эвтектик механик аралашма ледебуригнинг кристалланишини кўрсатади. *PSK* чизиғи эса аустенитни парчаланиши натижа-сида феррит ва цементит ҳосил бўлишини кўрсатади. Темир — цементит диаграммасидаги *A* нуқта темирнинг суяқланиш тем-пературасини, *D* нуқта цементитнинг суяқланиш температу-расини, *N* ва *G* нуқталар эса темирнинг аллотропик шакл ўзга-риш температурасини белгилайди. Диаграммадаги *H* ва *P* нуқ-талар юқори ва паст температурада углеродни темирда эриш даражасини белгилайди. *E* нуқта углероднинг аустенитда энг кўп эриш даражасини белгилайди. Қолган нуқталар эса эвтектик (*ECF*), эвтектоид (*PSK*) ва перетектид (*HJB*), изотермик ўзгаришларнинг температураларини белгилайди.

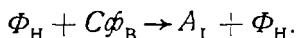
Қотишма таркибидаги углероднинг миқдори 0,02% дан кам бўлса, техник тоза темир 0,02—2,14% га тенг бўлса, бундай қотишма *пўлат* дейилади. Қотишма таркибидаги углероднинг миқдори 2,14% дан ортиқ бўлса, бундай қотишма *чўян* дейи-лади.

Кристалланиш жараёнидаги парчаланишдан ташқари Fe—Fe<sub>3</sub>C диаграммада қаттиқ ҳолда ҳам парчаланиш содир бўла-

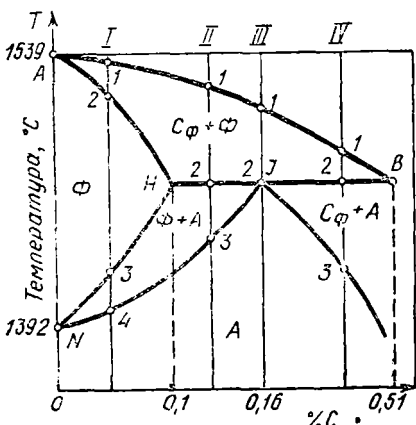
ди. Бу диаграмма орқали пўлат ва чўянларда рўй берадиган ҳамма ўзгаришларни таърифлаш мумкин.

Диаграмманинг юқори температурада рўй бераётган ўзгаришларини кузатиш учун  $Fe-Fe_3C$  диаграмманинг ана шу қисми каттароқ қилиб кўрсатилган 49-расмдан фойдаланамиз. Диаграммадаги *ННВ* горизонтал чизиқ бўйича перетектик реакция содир бўлади. Перетектик реакциянинг содир бўлиши учун пўлатдаги углероднинг миқдори 0,1% дан кўп бўлиши керак (49-расмдаги *Н* нуқта). Биринчи (I) қотишманинг кристалланишида перетектик реакция содир бўлмайди. Диаграммадаги *АВНА* майдонда суюқ фаза ва феррит мавжуд бўлганлиги учун 1- ва 2- нуқталар орасида суюқ фазанинг кристалланиши натижасида феррит ажралиб чиқади. Совиш давом эттирилса, 2- нуқтада кристалланиш тамом бўлиб, 2- ва 3- нуқталар оралиғида феррит ҳосил бўлади (феррит классисидаги пўлатлар).

Совитишнинг кейинги босқичида (3- ва 4- нуқталар орасида) феррит аустенитга парчаланadi ( $Fe_6 \rightarrow Fe_7$ ). Ферритни аустенитга парчаланиши 4- нуқтада тамом бўлиб, ундан кам температурада фақат аустенит фазаси мавжуд бўлади. Иккинчи (II) қотишма учун ҳам 1- ва 2- нуқталар орасида суюқ фазадан феррит парчаланadi, лекин парчаланмай қолган суюқ фазанинг ўзгармас температура ( $T = 1499^\circ C$ ) даги перетектик реакциясига биноан аустенит парчаланadi, натижада 2- ва 3- нуқталар орасида аустенит ҳамда феррит ҳосил бўлади:



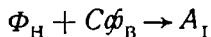
Бу реакцияда қатнашаётган фазалар қуйидаги таркибга эга бўладилар. Бу фаза таркибида углерод миқдори *B* нуқта проекцияси билан белгиланади; феррит таркибидаги углерод *H*



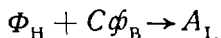
49- расм. Темир — цементит система-сининг ҳолат диаграммасидаги перетектик ўзгариш юз берадиган қисми

нуқта проекцияси билан белгиланса, аустенитда эса углерод миқдори *J* нуқта проекциясига тўғри келади. Қотишманинг 2- ва 3- нуқталари орасидаги структура феррит ва аустенитдан иборат бўлади. Учинчи (III) қотишма учун (*J* нуқтасига тўғри келадиган углерод миқдори 0,16%) ҳам юқорида айтганимиздек, 1- ва 2- нуқталар орасида суюқ фазадан феррит кристалланади. Температура 1499°C бўлганда (2- нуқта), углерод миқдори *H* нуқта проекциясига, ферритдаги углерод миқдори эса *B*

нуқта проекциясига тўғри келадиган суяқ фаза изотермик реакцияга киришиб, углероди  $J$  нуқта проекциясига тўғри келадиган аустенитни ҳосил қилади:

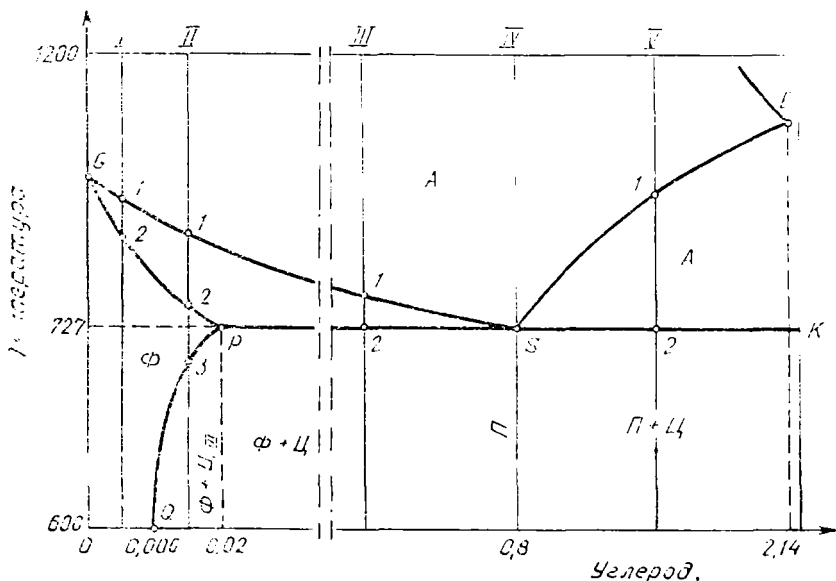


Тўртинчи қотишмада (IV) (углерод 0,16—0,51%) ги 2-нуқтада қолдиқ суяқ фазанинг парчаланишидаги перетектик реакция қуйидагича бўлади:



2- ва 3-нуқталар орасидаги қолдиқ суяқ фаза совиш натижасида 3-нуқтага етиб келганда аустенитга парчаланати. Шундай қилиб, таркибида 0,51% гача углерод бўлган қолдиқ суяқ қотишманинг кристалланиши натижасида  $JE$  эгри чизиги бўйича аустенит ҳосил бўлади.

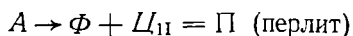
Энди диаграмманинг пастки қисмида аустенитнинг парчаланиши босқичини кўриб чиқамиз (50-расм). Оддий шароитда  $\alpha$ -темирда углерод 0,006% гача эрийди. Агар қотишмада углерод миқдори 0,006% дан кам бўлса ( $I$  қотишма), 1 ва 2-нуқталар орасидаги қотишма аустенит ва ферритдан иборат бўлиб, совиш температурасининг 2-нуқтасида аустенит ферритга парчаланати, чунки  $GP$  эгри чизикда қотишманинг полиморф ўзгариши содир бўлади ( $Fe_1 \rightarrow Fe_2$ ). Совиш давом этиши билан феррит таркиби ўзгармайди. Бундай таркибга эга бўлган қо-



50- расм. Темир — цементит системасининг ҳолат диаграммасидаги этвектонд ўзгариш рўй берадиган қисми.

тишма техник тозалikka эга бўлган темир деб аталади. Қотишмада углерод миқдори 0,006—0,02% оралиғида бўлса (*II қотишма*), бундай қотишмада 1- ва 2-нуқталар ораси аустенит ва ферритдан иборат бўлади, чунки 1-нуқтадан бошлаб полиморф ўзгариш рўй беради ( $Fe_{\gamma} \rightarrow Fe_{\alpha}$ ). Аустенитнинг ферритга парчаланиши *GS* эгри чизиқ бўйича боради. *GP* эгри чизиқда аустенитнинг ферритга парчаланиши тамом бўлади. 3-нуқтадан пастда совиш натижасида феррит таркибидаги ортиқча углерод цементит ҳолида ажралиб чиқа бошлайди, чунки совиш натижасида углероднинг ферритда эриши *PQ* эгри чизиги бўйича камаяди ва ҳосил бўлган структура (*51-а* расм).  $\Phi + C_{II}$  дан иборат бўлади (цементит феррит доначалари орасига жойлашиб, маълум қатламни ҳосил қилади). Қотишмада углерод миқдори 0,02% дан кўп бўлса (*III қотишма*), 1- ва 2-нуқталар орасида структура аустенит+ферритдан иборат бўлади, чунки 1-нуқтадан бошлаб аустенит ферритга парчаланаяди, яъни *GS* эгри чизиги бўйича полиморф ўзгариш ( $Fe_{\gamma} \rightarrow Fe_{\alpha}$ ) рўй беради. Лекин 2-нуқтагача парчаланмай қолган аустенит эвтектоид реакциясига биноан феррит ва цементитга парчаланаяди. Бу қотишмада 2-нуқта *S* нуқтага қанча яқин бўлса, қотишма таркибидаги перлит шунча кўп бўлади (*51-б* расм).

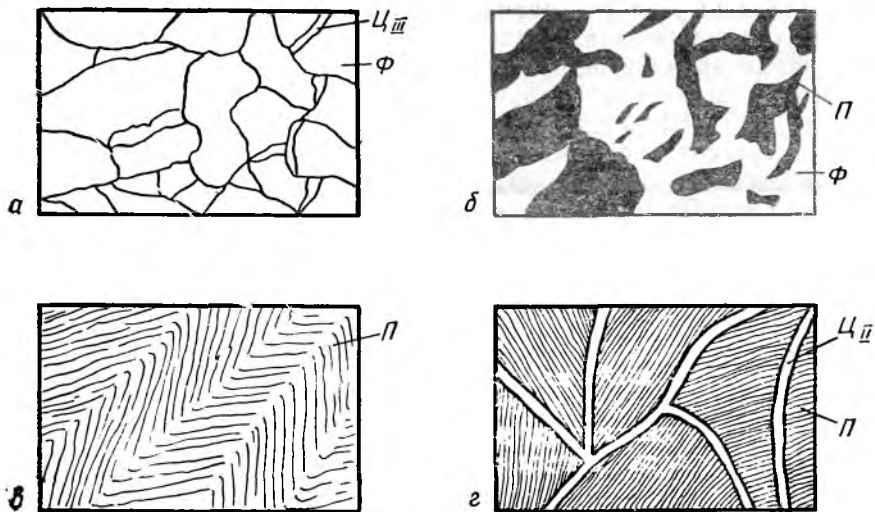
Пўлатнинг таркибидаги углерод миқдори 0,8% га етганда (*IV қотишма*) аустенит изотермик парчаланаяди ( $T=723^{\circ}C$ ):



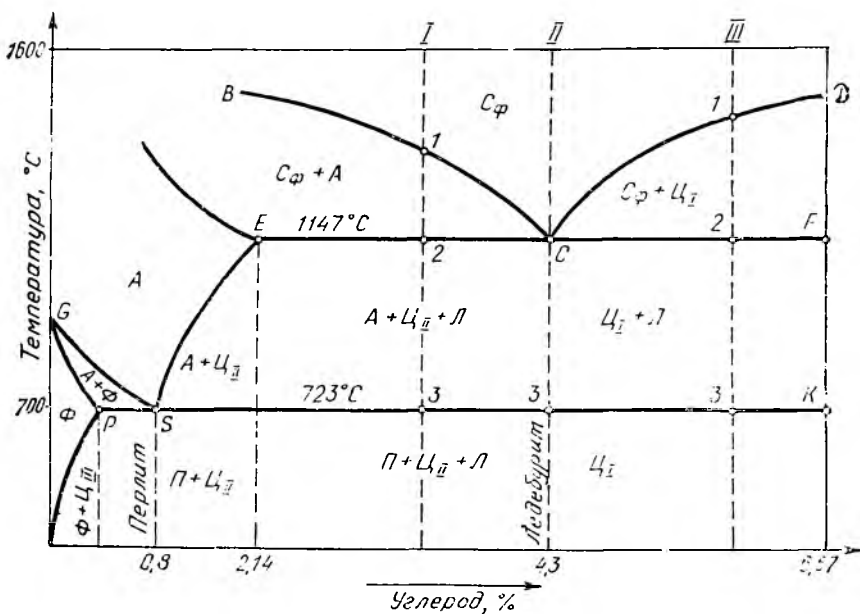
Ҳосил бўлган бирикмага перлит (феррит ва цементит таёқчалари қатлам-қатлам жойлашган) дейилади (*51-в* расм). Бу бирикманин ҳосил бўлиш реакцияси эвтектоид реакция деб аталади. Бундай реакция натижасида ҳосил бўлган перлит эса эвтектоид механик аралашмадан иборат. Шунинг учун пўлат таркибидаги углероднинг миқдори 0,8% дан кам бўлса, бундай пўлатлар эвтектоидгача бўлган пўлатлар бўлиб, таркиби эса  $\Phi + P$  дан иборат. Эвтектоидгача бўлган пўлатларда углерод қанча кўп бўлса, унинг таркибида шунча перлит кўп бўлади.

Пўлатлар таркибидаги углерод миқдори 0,8% дан кўп бўлса, бундай пўлатлар эвтектоиддан кейинги пўлатлар бўлиб, унинг таркиби  $\Pi + C_{II}$  дан иборат. Бундай пўлатларда (*50-расм*-даги *V* қотишма) 1 ва 2 нуқталар орасида углероднинг аустенитда эриши *ES* эгри чизиги бўйича камаяди, яъни аустенитдан углерод  $Fe_3C$  кимёвий бирикма ҳолида ажралиб чиқади. Углероди кам бўлган қолдиқ аустенит 2-нуқтада эвтектоид реакция натижасида перлитга парчаланаяди, иккинчи фаза —  $C_{II}$  таркибида ўзгариш бўлмайди. Натижада  $\Pi + C_{II}$  таркиб ҳосил бўлади. Бунда  $C_{II}$  перлит доначалари орасида ҳосил бўлиб, цементит тўрини ҳосил қилади (*51-г* расм).

Юқорида келтирилган  $Fe-Fe_3C$  диаграмма (*48-расм*) дан кўриниб турибдики, аустенитда углерод 2,14% гача эрийди. Пў-

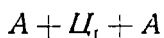


51-расм. Пулат микроструктураси (таркибдаги углероднинг процент миқ-  
дори  $a=0,01$ ,  $b=0,4$ ,  $в=0,8$ ,  $г=1,3$ ).



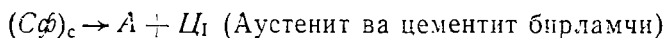
52-расм. Темпр — цементит системасининг ҳолат диаграммасидаги эвтек-  
тик ўзгариш рўй берадиган қисми.

лат таркибида углерод 2,14% дан кўп бўлганда, қотишманинг кристалланиши эвтектик парчаланиш орқали рўй беради. Бундай кристалланиш натижасида ҳосил бўлган қотишма оқ чўян деб аталади (бундай деб аталишига сабаб емирилган ёки синган юза оқиш рангда бўлади). Темир-цементит диаграммасининг бу қисми 52-расмда келтирилган. *BC* чизиқ бўйича суюқ фазадан аустенит кристалланади ва *CD* чизиғи бўйича суюқ фазадан кимёвий бирикма ( $C_1$ ) ажралиб чиқади. Биринчи (1) қотишма таркиби 1- ва 2- нуқталар орасида суюқ қотишма ва аустенит аралашмаси ҳосил бўлади. Суюқ қотишманинг 2- нуқтадаги таркибида углерод миқдори *C* нуқтанинг таркибидаги углерод миқдорига тенг бўлганда, қолдиқ суюқ фаза изотермик реакция бўйича парчаланаяди:



Совиш натижасида парчаланмай қолган қолдиқ суюқ фаза *ECF* эвтектик температура горизонталига етиб келганда, унинг парчаланиши эвтектик реакция бўйича боради. Чунки бундай қолдиқ суюқ фаза таркибидаги углерод миқдори *C* нуқтанинг концентрация чизиғи проекцияси билан белгиланади.

Қотишма таркибида углерод миқдори 4,3% бўлганда, суюқ фазанинг кристалланиши изотермик реакция бўйича боради. Натижада суюқ қотишмадан бир пайтнинг ўзида иккита қаттиқ фазалар — аустенит ва цементит парчаланаяди (52-расмдаги II қотишма):

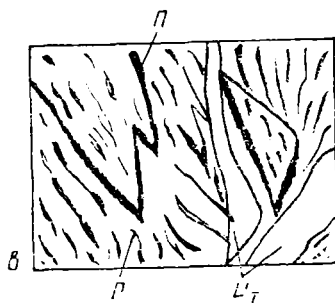


Бундай механик аралашмага ледебурит (олимининг номига қўйилган) деб аталади. Шунинг учун эвтектик температура ( $T = 1147^\circ\text{C}$ ) тўғри чизиғида *C* нуқтанинг чап ва ўнг томонида парчаланишга улгурмаган суюқ қотишмада худди шундай реакция рўй беради. Натижада *ECF* дан пастда, чап томонда аустенит ва ледебурит ( $A + L$ ) ва ўнг томонда ледебурит ва бирламчи цементит ( $L + C_1$ ) барқарор структура ҳосил бўлади. Лекин *ECF* дан юқорида кристалланиш натижасида ҳосил бўлган аустенит ва цементитларнинг таркибида эвтектик температурадан пастда совирилганда ўзгариш рўй бермайди. Суюқ қотишма таркибидаги углероднинг миқдори 4,3% дан кўп бўлса (III қотишма), кристалланишда аввал  $C_1$  парчаланаяди, парчаланишга улгурмаган суюқ қотишма 2-нуқтада эвтектик реакцияга учраб,  $A + C_1$  ни ҳосил қилади.

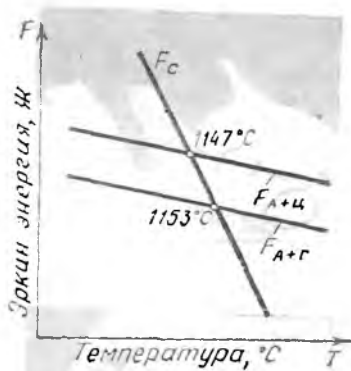
Темир аллотропик шакл ўзгаришига эга бўлганлиги учун *C* нуқтадаги эвтектик реакция натижасида ҳосил бўлган ледебурит механик аралашманинг таркиби температурага боғлиқ. Масалан, II қотишманинг кристалланишида ҳосил бўлган қотишма қуйидаги таркибга эга: *PSK* горизонтал чизиқдан юқорида ледебурит ( $A + C$ ) дан иборат бўлса, чизиқдан пастда эса  $P + C_1$  дан иборат бўлади. Демак, *PSK* чизиқнинг юқорисида

аустенит бўлганлиги учун ледебурит таркиби  $A + \text{C}_1$  дан иборат,  $PSK$  чизигидан пастда аустенит ( $A$ ) эвтектоид механизми бўйича  $P + \text{C}_1$  га парчалангани учун  $PSK$  дан пастда (I ва III қотишмадаги 3-нуқта) ледебурит  $P + \text{C}_1$  дан иборат бўлади. Юқорида кўриб чиқилган уч хил парчаланишда ҳосил бўлган эвтектикагача, эвтектика ва эвтектикадан кейинги чўян микро-структуралари 53-расмда келтирилган. Шу расмлардан кўриниб турибдики, оқ чўянларни структура таркиби перлит ёки ледебуритдан, фазовий таркиби эса феррит ва цементитдан иборат бўлади.

Юқорида айтганимиздек, углероднинг ҳолат диаграммасидаги мувозанат ҳолати икки хил бўлиши мумкин. Углерод цементит ҳолатда метастабил мувозанатда бўлса, унинг графит ҳолати эса стабил мувозанатдадир. Шунингдек,  $Fe-C$  диаграммаси  $Fe-Fe_3C$  га қараганда юқорироқ температура томон ва чапга бир оз силжиган, чунки углероднинг аустенитда эриш даражаси бироз кам. Стабил диаграммада фаза ўзгариш чизиқлари штрих чизиқларда ифодаланган (48-расм). Икки хил диаграмманинг ҳосил бўлишини қуйидагича тушунтириш мумкин. Биринчидан аустенит билан цементит кристалл панжараларда ўхшашлик бор, графитнинг кристалл панжараси мураккабдир. Шунинг учун суюқ фазадан (ёки аустенитнинг парчаланishi натижасида ҳам) цементит ҳосил бўлиши осонроқ. Иккинчидан графитнинг стабиллиги термодинамик жиҳатдан катта, чунки  $A + \Gamma$  ва  $\Phi + \Gamma$  аралашмаларнинг эркинлик даражаси  $A + \text{C}_{II}$  ва  $\Phi + \text{C}_{II}$  аралашмаларникидан анча кам (54-расм). Суюқ ҳолатдан графит кристалланишнинг критик шароити термодинамик вазиятга мос келиши керак (54-расмдаги  $\Gamma_A + \text{C}_{II}$  билан  $F_A + \Gamma$  ораллиғи).



53-расм. а — эвтектикагача; б — эвтектика; в — эвтектикадан кейинги чўян структуралари.



54-расм Темир — цементит системасида ҳосил бўлаётган фаза ва структураларнинг эркинлик даражалари ўзгаришининг температурага боғлиқлиги.

Ҳолат диаграммасидан (48-расм) кўриниб турибдики, графит жуда кичкина температура оралиғида — стабил ва метастабил фаза ўзгариш чизиқлари орасида парчаланаяди (бу фарқ тахминан 6—8°C ни ташкил қилади). Шунинг учун совиш ва ўта совиш тезлиги жуда кам бўлгандагина графитга парчланиш содир бўлади. Агар суяқ қотишмада ўзга қўшимчалар бўлса ( $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  ва ҳ. к.), графитга парчланиш энгиллашиши мумкин. Бунда суяқ фазадан 1147°C дан паст температурада ҳам графит парчланиши мумкин. Графит кристаллари суяқликдан ҳосил бўлса, бир марказдан ўса бошлайди ва шакли

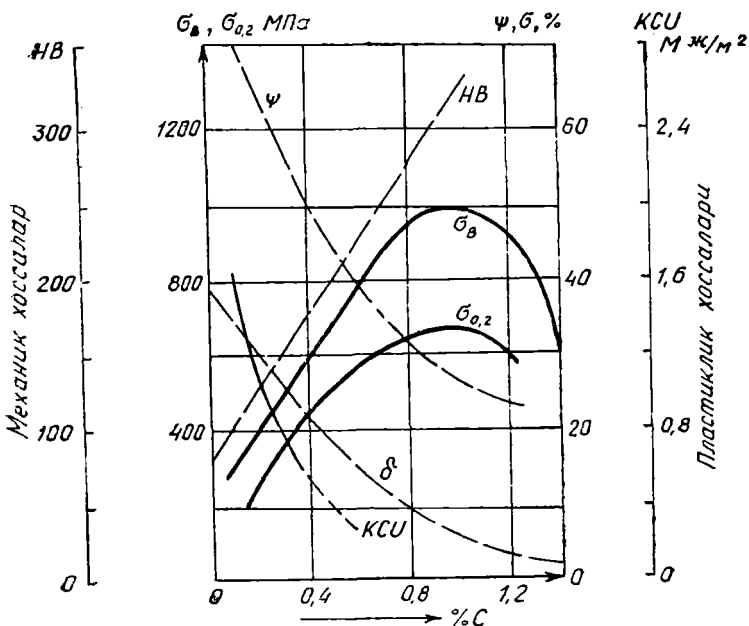
юлдузсимон бўлиб, япроқлари буралган бўлади. Аустенитдан ажралиб чиқаётган графит эса мустақил марказга эга бўлмай, балки бирламчи ўзга қўшимчалар сифатида ажралиб чиқади.

Оқ чўянларни термик ишлаш натижасида графит ажралиб чиқади, натижада чўяни қаттиқлиги камаяди (юмшайди). Масалан, оқ чўяни бир меъерда 950—1000°C температурагача секин 20—25 соат давомида қиздирилса ва шу температурада 10—18 соат ушлаб турилса, цементит графитга парчаланаяди. Бундай таркибга эга бўлган чўяни энди машина конструкцияларини ясада ишлатиш мумкин.

#### 4. УГЛЕРОД ВА ДОИМИЙ ҚУШИМЧАЛАРНИНГ ҚОТИШМА ХОССАЛАРИГА ТАЪСИРИ

Пўлат таркибида темир ва углероддан ташқари жуда кўп ўзга қўшимчалар бор. Лекин пўлатнинг хоссалари асосан углерод миқдорига боғлиқ бўлади. Биринчи навбатда механик хоссалар углерод миқдорига боғлиқ (55-расм). Пўлат секин совитилганда унинг таркиби  $\Phi + C_1$  дан иборат, цементитнинг миқдори эса углерод миқдорига тўғри пропорционалдир, яъни пўлатда қанча цементит кўп бўлса, углерод ҳам шунча кўп бўлади. Пўлатдаги феррит фаза нисбатан юмшоқ ва пластик бўлса, цементит қаттиқ ва мўрт бўлади. Таркибдаги углероднинг ортиши билан пўлатнинг мустақкамлиги  $\sigma_b$  ва қаттиқлиги ( $HV$ ) ортиб боради, зарбий қовушоқлиги ( $KSI$ ) ҳамда пластиклиги ( $\sigma$ ,  $\psi$ ) камаяди. Шунингдек, иссиқлик ва электр ўтказувчанлиги, магнитланиш хусусиятлари ҳам камаяди. Пў-

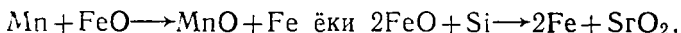




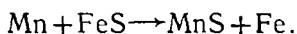
55-расм. Пўлатнинг механик хоссаларини таркибдаги углерод миқдорига боғлиқлиги.

лат таркибида углерод миқдори кўп бўлса, ( $C > 1,0\%$ ) мустаҳкамлик камаяди, мўртлик эса ортади. Чунки дончаларнинг чегарасида цементит тўри ҳосил бўлади, натижада донча чегараларида ички кучланиш ортиб боради ва натижада материал мўрт емирилади.

Пўлат таркибидаги қўшимчаларнинг ҳам фойдали, ҳам зарарли томонлари бор. Фойдали қўшимчаларга марганец, кремний, алюминий ва ҳоказолар киради. Улардан пўлат олишда, яъни темир оксиддан темирни қайтариш мақсадида қўлланилади:



Суюқлантирилган пўлатга ферромарганец ёки феррокремнийни қўшиш билан пўлатни зарарли элементлардан ҳам тозалаш мумкин:



Зарарли элементларга олтингугурт, фосфор, кислород, водород, азот ва ҳоказолар киради. Бу элементлар пўлат хоссаларига салбий таъсир кўрсатади. Бу элементлар таъсирида пўлатнинг иссиқ ёки совуқ ҳолдаги мўртлиги ортади, пластик-

лиги ва қовушоқлиги камаяди ва ҳоказо. Лекин баъзи вақтларда фосфор миқдори оширилади. Чунки фосфор қўшилганда кесиб ишлаш осонлашади, мис билан биргаликда пўлатнинг коррозияга бардошлилиги ортади. Олтингургурт пўлатда боғланган ҳолда ( $FeS$ ) бўлади. Темир сульфид билан темир биргаликда ( $T=988^{\circ}C$ ) да осон эрийдиган эвтектик механик аралашмани ҳосил қилади. Бундай эвтектик механик аралашма пўлат доначаларининг ажралиш юзаларида (чегараларида) жойлашади. Шунинг учун иссиқлигича пластик деформациялашда эвтектик аралашма эриб, пўлат иссиқ ҳолатда мўрт бўлиб қолади. Бундан ташқари, олтингургурт пўлатнинг пластиклигини, зарбий қовушоқлигини, чидамлилигини, пайвандланувчанлигини, коррозия мустаҳкамлигини камайтиради. Олтингургуртнинг зарарли таъсирини пўлат олишда қўшиладиган ферромарганец камайтириши мумкин. Ферромарганец таъсирида темир сульфид марганец сульфидга айланади ҳамда юқори температурада ( $1620^{\circ}C$ ) у шлак билан бирга чиқиб кетади.

Пўлат учун зарарли азот ва кислород элементлари пўлат таркибида асосан оксидлар ( $FeO$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_4N$  ва ҳоказолар) шаклида учрайди ва соф ҳолда макронуксонлар тўпланган жойда жойлашади (дарз ва говакларда). Бу элементлар пўлатнинг совуқ ҳолдаги мўртлигини оширади.

Водород қаттиқ эритма таркибидаги дарз микроговакларида жойлашган бўлади. Агар пўлат таркибида водород кўп бўлса, у бир жойга тўпланиб, микродарз ҳосил қилади. Микродарзнинг шакли шарга яқин бўлади. Уни емирилиш юзасидаги оқ белгилар шаклида кўриш мумкин, яъни металл ичидан емирилганлиги кўриниб туради. Пўлат таркибидаги водороднинг бир жойга тўпланмаслиги учун пўлатни иссиқлигича деформациялашдан кейин секин совитиш керак. Узоқ вақт  $250^{\circ}C$  температура атрофида қиздирилса, у тарқалиб кетади (диффузияланади).

Демак, шуни таъкидлаш керакки, зарарли қўшимчаларнинг миқдорини камайтириш учун пўлат олиш вақтида ачитиш жараёнини тўғри бошқариш керак. Масалан, вакуум ёрдами билан пўлат эритишда кислород, водород ва азот миқдорини камайтириш мумкин.

Машинасозликда қўлланиладиган чўянларда углерод эркин ҳолда — графит шаклида бўлади. Чўян пластик ва мустаҳкам феррит, цементит фазалар ҳамда осон сирпанадиган мустаҳкамлиги жуда кам бўлган юмшоқ графит фазалардан тузилгандир. Агар графитни структурадаги нуқсон деб қаралса, чўянларни жуда катта ҳажмли қўпол нуқсонларга эга бўлган пўлат деб қараш мумкин ёки нуқсон тўри ва кўл дарзларга эга бўлган структура деб қараш мумкин.

Чўянлар таркибидаги углерод миқдори қанча кўп бўлса, уларнинг мустаҳкамлиги шунча кам бўлади, яъни ёмон чўзиладиган бўлади. Лекин графит чўяннинг кесиб ишланишини

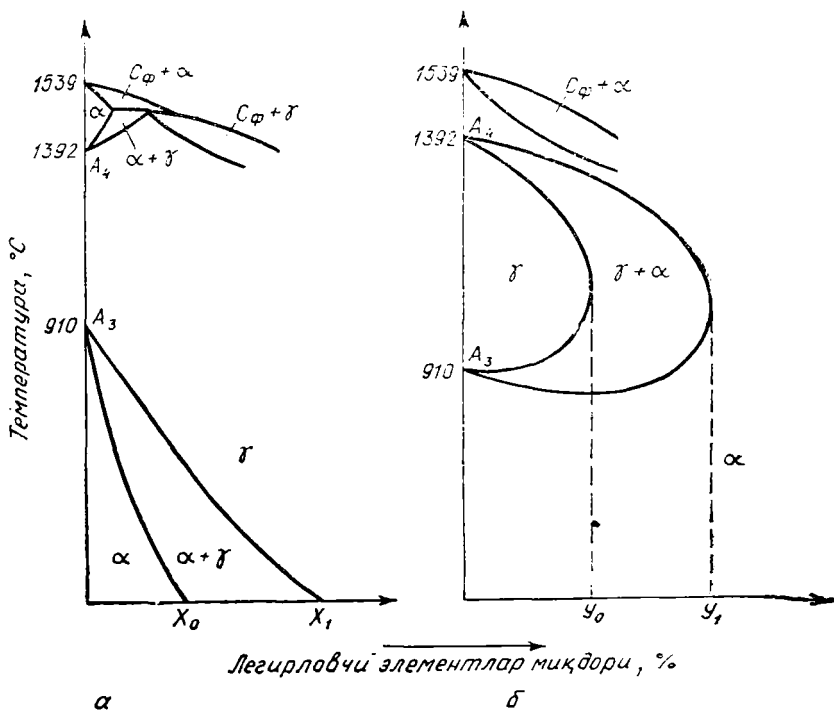
осонлаштиради, ишқаланиш кучини, тебранишни ва динамик таъсирни бироз камайтиради. Чўяндаги марганец ва кремний каби фойдали қўшимчалар углероднинг зарарини бироз камайтиради, натижада чўянинг механик хоссалари яхшиланади.

## 5. ЛЕГИРЛАШНИНГ ҚОТИШМА ХОССАЛАРИГА ТАЪСИРИ

Агар пўлат таркибида углероддан ташқари бошқа элементлар ҳам мавжуд бўлса, Fe—FeC диаграммадаги фаза ўзгариш чизиқлари ўзгаради. Феррит, аустенит, цементит фазалардаги углероднинг эриши ва уларнинг мувозанат температураси турлича бўлади. Демак, қотишмага ўзга қўшимчалар қўшиб, структура ўзгаришларига эришиш орқали пўлат хоссаларини бошқариш мумкин. Бундай мақсадда қўшиладиган қўшимчаларни **легирловчи элементлар**, қотишмаларни эса **легирланган пўлатлар** дейилади. Пўлат ишлаб чиқариш амалиётида легирловчи элементлар сифатида кўпинча Cr, Mo, Ni, Co, V, Ti, W, Zr, Nb ҳамда Mn ва Si каби элементлар қўлланилади ва улар пўлатнинг физик, механик ва технологик хоссаларини яхшилайди.

Легирловчи элементлар пўлат полиморфизмига ҳам таъсир қилади. Полиморф ўзгариш температураси темирда эриган элементларнинг хусусияти ва миқдорига боғлиқ бўлади.

Темирда металллар эриб, ўрин алмашиш қаттиқ эритмасини ҳосил қилади,  $\alpha$ -ҳамда  $\gamma$ -фазаларнинг мавжудлик кенглиги  $A_3$  ва  $A_4$  чизиқларнинг ҳолати билан белгиланади. Легирловчи элементларнинг темир полиморфизмига қандай таъсир этишига қараб, икки синфга ажратиш мумкин: 1) никель ва марганец элементлари. Улар  $\gamma \rightarrow \alpha$  ўтиш температурасини камайтиради, яъни  $A_3$  чизиги пасаяди,  $A_4$  чизиги эса кўтарилади. Натижада  $\gamma$ -фаза жуда катта кенгликни эгаллайди. Оддий температурада аустенит фазаси мавжуд бўлиши мумкин (56-расм, а). Легирловчи элементнинг миқдори  $X_1$  дан ошганда пўлат таркиби бутунлай аустенитдан ( $\gamma$ -фазадан) иборат бўлади. Бундай пўлатлар аустенитли пўлатлар деб аталади. Қотишмаларга мис, углерод, азот элементлари қўшилганда ҳам  $\gamma$ -майдон кенгаяди, лекин бундай кенгайиш чегарали бўлади. Бундай пўлатлар феррит-аустенитли пўлатлар деб аталади; 2) легирловчи элементлар  $A_3$  чизикни кўтариши ва  $A_4$  ни пасайтириши мумкин, яъни  $\gamma$ -майдоннинг қисқариши ҳисобига  $\alpha$ -майдон кенгаяди (56-расм, б). Легирловчи элементнинг миқдори  $U_1$  дан ошганда жуда кенг майдонда  $\alpha$ -эритма ҳосил бўлади. Бундай пўлатлар ферритли пўлатлар деб аталади. Агар легирловчи элементларнинг миқдори  $U_0 - U_1$  орасида бўлса, у ҳолда қисман  $\gamma \rightarrow \alpha$  ўзгариш рўй беради. Бундай таркибли пўлатлар ярим ферритли пўлатлар деб аталади. Иккинчи синфга Cr, W, Mo, V, Si, Al каби легирловчи элементлар киради. Қотишмаларга бор, цирконий, необий легирловчи элементлар жуда озгина қўшилса, юқоридаги сама-



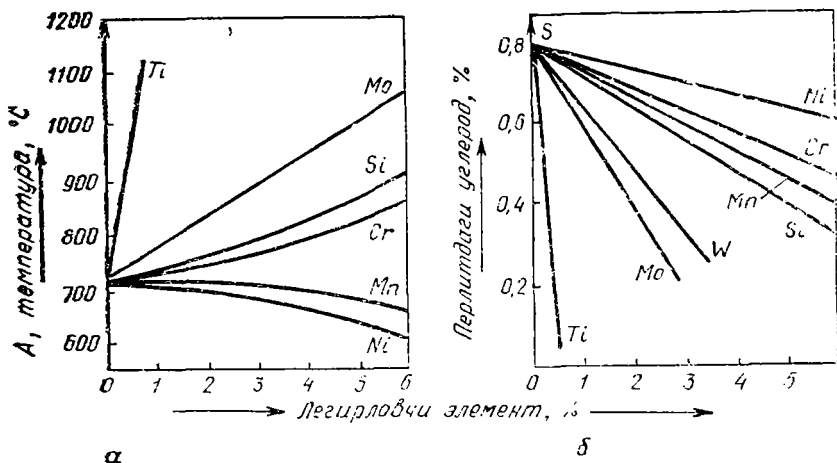
56- расм. Пўлат таркибидagi легирувчи элементларнинг темир полиморф ўзгариш температурасига таъсири:

а — Mn, Ni, Pt; б — Si, Al, Be, W, Sn, Mo, Sb, V, Ti.

рага эришилади. Бу элементлар ҳам иккинчи синф легирувчи элементларига киради.

Шуни ҳам айтиш керакки, пўлат бир вақтда бир неча элементлар билан легирулганда уларнинг таъсири юқоридагидек бўлмаслиги мумкин, легирувчи элементлар баъзида тескари таъсир кўрсатиши ҳам мумкин. Масалан, хром ва никель биргаликда қўлланилганда  $\gamma$ -майдон торайиш ўрнига кенгайди. Углерод легирувчи элементларнинг  $\gamma$ -қаттиқ эритмада эришини оширади.

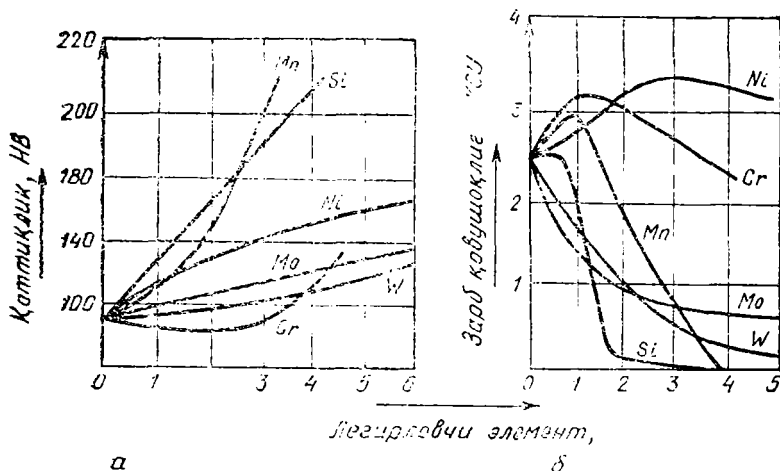
Уз навбатида легирувчи элементлар углероднинг қаттиқ эритмада эриш даражасини ўзгартиради (Fe—Fe<sub>3</sub>C ҳолат диаграммасидаги GS ва SE чизиқлар чапга сурилади). Масалан, углероднинг эвтектоидда эриш даражасини икки баробар камайтириш мумкин. Бундай легирувчи элементлар Ni, Co, Si, W, Cr, Mn. Баъзи элементлар (Ti, V, Nb каби) тескари таъсир кўрсатади, яъни углероднинг эвтектоидда эриш даражасини оширади (Fe—Fe<sub>3</sub>C ҳолат диаграммасидаги GS ва SE чизиқ-



57-расм. Легирловчи элементларнинг  $A_1$  температура (а) ҳамда перлитдаги углерод миқдорига (б) таъсири.

лар ўннга сурилади). Бунга сабаб шуки, карбид ва ферритларнинг эвтектоиддаги таркиби ўзгаради (57-расм).

Легирловчи элементлар ферритнинг пластиклигини сақлаган ҳолда унинг мустаҳкамлигини кескин ошириши мумкин (58-расм). Mn ва Si элементлари бундан мустасно, чунки уларнинг қотишмадаги миқдори  $\sim 2,5\%$  дан ошганда, унинг пластиклиги сезиларли даражада камаяди. Лекин шундай бўл-



58-расм. Ферритнинг қаттиқлиги (а) ва зарбий қовушоқлигига (б) легирловчи элементларнинг таъсири.

са-да, кремний, марганец ва никель мустаҳкамликни кескин оширади. Шуни ҳам таъкидлаш керакки, пўлатга легирловчи элементлар қўшилганда феррит фазасининг мустаҳкамлиги ортса ҳам, пўлатнинг зарбий қовушоқлиги камаяди, легирловчи элементларнинг миқдори 1—2% дан ошганда совуқ ҳолда мўртлик ҳам ортади. Бундан яна никель элементи мустасно, чунки у қўшилганда мустаҳкамлик ошиши билан бир қаторда зарбий қовушоқлик ҳам ортади.

Аустенитли легирланган пўлатлар ҳам мартенситга парчаланиши мумкин. Бунда қаттиқлик ортади. Агар легирланган пўлатда аустенит билан бир қаторда феррит фазаси бўлса, унинг қаттиқлиги фазовий пачоқланиш ҳисобига ошиши мумкин. Шунинг учун феррит синфидаги пўлатларнинг ҳам тоблаш орқали мустаҳкамлигини ошириш мумкин.

Пўлат таркибидаги легирловчи элементлар углерод билан турлича таъсирлашиши мумкин: графит ҳосил бўлишига шартли яратадиган (Si, Al, Cu), графит ҳосил бўлишига таъсир қилмайдиган ва карбидлар ҳам ҳосил қилмайдиган (Co, Ni) ҳамда карбид ҳосил қиладиган (Fe, Mn, Cr, Mo, W) легирловчи элементлар. Аммо карбидларнинг ҳосил бўлиши легирловчи элементларнинг миқдори ва ҳосил бўлган карбидларнинг турғунлигига боғлиқ.

Агар қотишма таркибида легирловчи элементлар кам бўлса, ўз карбидларининг ҳосил бўлишига қараганда уларнинг цементитда эриши осонроқ бўлади. Бундай цементит легирланган цементит деб аталади.

Лекин махсус карбидларнинг баъзилари, масалан,  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  55% гача темирни ўзида эрита олади ва  $(\text{CrFe})_7\text{C}_3$  легирланган карбидни ҳосил қилади.

Пўлат таркибида легирловчи элементлар етарли миқдорда бўлганда улар темир билан бирикиб, металл — металл бирикмалар — интерметаллитлар ( $\text{Fe}_7\text{Mo}_6$ ,  $\text{Fe}_7\text{W}_6$ ,  $\text{Fe}_3\text{Nb}_2$ ,  $\text{Fe}_3\text{Ti}$ ) ни ҳосил қилади. Кўпчилик вақтда бундай интерметаллитлар эскириш натижасида ҳосил бўлиб, металл мустаҳкамлигини ошириши мумкин.

## 8- б о б. МЕТАЛЛ ҚОТИШМАЛАРИГА ТЕРМИК ИШЛОВ БЕРИШ

Термик ишлов бериш структурани бошқариш усули бўлиб, бунда қотишма маълум температурага қиздирилиб, ҳар хил тезликда совитилади. Бу усул машина ишлаб чиқаришда жуда кенг тарқалган бўлиб, материал хоссаларини ўзгартиришнинг энг самарали имкониятларидандир.

Технологик хоссаларни яхшилаш учун термик ишлов оралиқ жараён бўлиши ҳам мумкин. Лекин кўпинча машина воситалари хоссалари тўпламини вужудга келтиришда охириги жараён ҳисобланади.

Термик ишлов учта турда бўлади: соф термик ишлов, термомеханик ишлов (ёки деформацион-термик ишлов) ҳамда кимёвий-термик ишлов.

Соф термик ишловга юмшатиш, меъёрлаш (нормаллаш), тоблаш ҳамда бўшатиш (ёки эскиртириш) усуллари киради. Термик ишлашдаги структура ўзгаришлари жараённинг асосини ташкил қилади. Шунинг учун кимёвий-термик ишлов ҳам, деформацион-термик ишловлар ҳам соф термик ишлов жараёнларини ўз ичига олади.

Юмшатиш натижасида  $Fe-Fe_3C$  ҳолат диаграммасида кўрсатилганидек мувозанатга яқин бўлган структура ҳосил бўлади. Юмшатиш ўзидан олдинги бажарилган технологик жараён (қуйма олиш, болғалаш, жўвалаш, пайвандлаш ва ҳ. к.) да вужудга келган номувозанат ҳолатни мувозанат ҳолатга қайтарди. Икки турдаги юмшатиш мавжуд бўлиб, биринчиси фаза ўзгаришсиз содир бўлади, иккинчиси эса фаза ўзгариши билан боғлиқ. Меъёрлаш (нормаллаш) нинг мақсади юмшатишдан кузатиладиган мақсадга ўхшаш, лекин бу жараёнларнинг совиши тезлиги бир-биридан фарқ қилади.

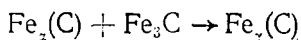
Тоблашда металл фаза ўзгариш чизигидан юқори температурада қиздирилади, совишида эса тез совилади. Бунда мувозанатдаги структура номувозанатдаги (тўйинтирилган) структурага ўтади.

Термик жараёнларда вужудга келган номувозанат ҳолат структураси мувозанат ҳолатдаги структурага қайтарилди. Агар термик ишлаш полиморф ўзгариш билан боғлиқ бўлса, бўшатиш жараёни ўтказилади. Агар термик ишлаш полиморф ўзгаришсиз тўйинтирилган фазани ҳосил қилса, эскиртириш жараёни ўтказилади.

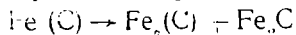
Деформацион-термик ишловда металл деформациялаш ва термик ишлаш биргаликда олиб борилади. Агар пластик деформация фаза ўзгариш чизигидан юқорида олиб борилса, бу жараён қотишмага юқори температурада термомеханик ишлов бериш дейилади. Агар қотишма деформацияси фаза ўзгариш чизигидан пастда олиб борилса, бундай жараён қотишмага кичик температурада термомеханик ишлов бериш деб аталади.

Кимёвий-термик ишлов бериш натижасида миқдор ўзгаришлари сифат ўзгаришига олиб келади. Бунда керакли температурада металл юзаси ҳар хил элементлар билан диффузион бойитилади. Соф термик ишлов эса кимёвий-термик ишловдан кейин ёки олдин ҳам берилиши мумкин.

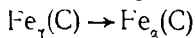
Пўлатларни термик ишлашда  $Fe-Fe_3C$  диаграммага бинан тўртта асосий фаза ўзгаришлари кузатилади: 1) қотишмани  $A_1$  фаза ўзгариш чизигидан юқорироқ қиздирсак, перлит аустенитга парчаланади:



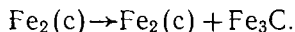
2) аустенитни  $A_1$  фаза ўзгариш чизигидан кичикроқ температурада совитилганда аустенит перлитга парчланади:



3) метастабил мувозанат температурасидан кичикроқ температурада аустенит мартенситга парчланади:



4) Исталган температурада мартенсит перлитга парчланади:

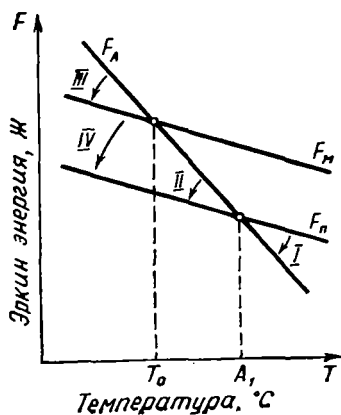


Жисмнинг эркинлик даражасининг ўзгаришини 59-расмда келтирилган графикдан кўриш мумкин. Графикдан кўришиб турибдики,  $A_1$  нуқтадан юқори температурада аустенитнинг эркин энергияси кам, шунинг учун ҳам перлит қиздирилганда аустенитга парчланади (I ўзгариш).  $A_1$  дан кичик температурада тескари жараён содир бўлади, яъни аустенит перлитга парчланади (II ўзгариш).  $T_0$  дан кичик температурада перлитнинг эркин энергияси энг кам қийматга эга бўлади, лекин бунда аустенитнинг мартенситга парчланиши учун сарф бўладиган иш (III ўзгариш) мартенситнинг перлитга парчланиши учун сарф бўладиган ишдан (IV ўзгариш) камроқ. Шунинг учун 59-расмдаги III ўзгариш IV ўзгаришдан аввал содир бўлади.

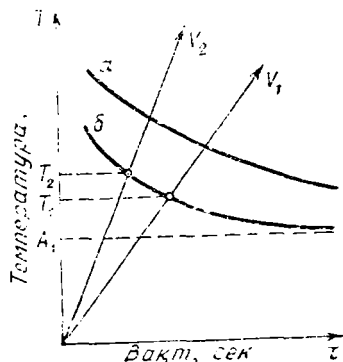
Ана шу жараёнларнинг бориши қонуниятлари йиғиндиси мартеналларга термик ишлов бериш назариясини ташкил қилади.

## 1. ПЕРЛИТНИНГ АУСТЕНИТГА ПАРЧАЛАНИШИ

Темир—цементит диаграммасида кўрсатилганидек, перлит  $A_1$  температурада аустенитга парчланади. Бу жараёнда тўла парчланиш жуда секин совутиш натижасида содир бўлади.



59-расм. Температуранинг ўзгаришига қараб, пўлатдаги фаза ва структура эркинлик энергиясининг ўзгариш қонуниятлари.



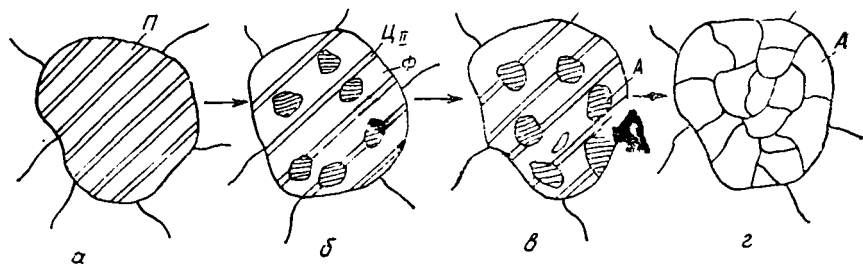
60-расм. Перлитдан аустенитгача бўлишнинг изотермик награммаси ( $T_1$  ва  $T_2$  парчланишнинг бошланиш нуқталари).



Оддий шароитда  $P \rightarrow A$  парчаланишнинг анча кечикиб бориши вақтга нисбатан температуранинг  $A_1$  дан анча юқорироқ кўтарилишига эквивалентдир, яъни бу жараённинг қанча вақт ичида содир бўлиши парчаланиш температурасига боғлиқдир. Бу жараённи перлитнинг изотермик парчаланиш диаграммасидан кузатиш мумкин (60-расм). Бу диаграммада жараённи тезлаштирувчи иситиш тезлигининг ўзгариши ( $V_2 > V_1$ ) кўрсатилган, парчаланишнинг бошланиши ( $a$ ) ва тамом бўлиши ( $b$ ) эгри чизиқлари эса  $A_1$  қийматга вақт бўйича чексиз асимптотик ( $\tau \rightarrow \infty$ ) яқинлашиб боради. Реал шароитда перлитнинг аустенитга парчаланиши маълум температура оралиғида боради, лекин ўртача бир хил доначали аустенитни ҳосил қилиш учун ўта қиздириш зарур бўлади. Демак, температура қанча катта бўлса, парчаланиш шунча тўла ва тез боради.

Перлитнинг (61-расм,  $a$ ) парчаланиши биринчи навбатда феррит + цементит механик аралашмалардаги фаза чегараларида аустенитнинг кристалл маркази ҳосил бўлишига (61-расм,  $b$ ) боғлиқ. Одатда, бу марказнинг нуқсон тўпланган жойда ҳосил бўлиши энергетик жиҳатдан қулайдир, чунки эски таркиб флуктуация натижасида бойиб, янги таркиб ҳосил бўлади. Бу жараённинг асосини, албатта,  $\alpha \rightarrow \gamma$  полиморф ўзгариш ташкил қилади. Иккинчи навбатда, ҳар бир перлит доначасининг ичида шундай марказлар ҳосил бўлганлиги учун (61-расм,  $b$ ) бошланғич доначалар жуда майда бўлади. Шунинг учун парчаланиш охирига бориб, майда доначали аустенитга эга бўлган бошланғич таркиб ҳосил бўлади (61-расм,  $c$ ). Доначалар ўлчамининг бир хил бўлишига эришиш учун маълум вақт шу температурада ушлаб туриш лозим. Ана шу ўсиш жараёнига биноан катта ёки кичик доначали пўлатлар ҳосил бўлиши мумкин.

Баъзида температура  $950\text{—}1000^\circ\text{C}$  гача кўтарилганда аустенит доначалари сезиларли даражада ўсмайди, бундай пўлат табиатан майда доначали пўлат бўлади. Бундай пўлатнинг аустенит доначалари  $1000^\circ\text{C}\text{—}1200^\circ\text{C}$  дан юқорироқ температурада ўса бошлайди, лекин критик температурадан юқорида



61-расм. Перлит доначаси ичида аустенит марказларининг ҳосил бўлиши ва унинг ўсишини тушунтирувчи чизма.

( $T > T_k$ ) доначалар кескин ўса бошлайди. Натижада майда доначали пўлат аустенитнинг ўсиш даражаси йирик доначали аустенитнинг ўсиш даражасидан ҳам ошиб кетади.

Таркибидаги доначалар табиатан ўсадиган пўлатлар 950—1000°C қиздирилганда аустенит доначалари ўлчами температурага пропорционал равишда ўсади.

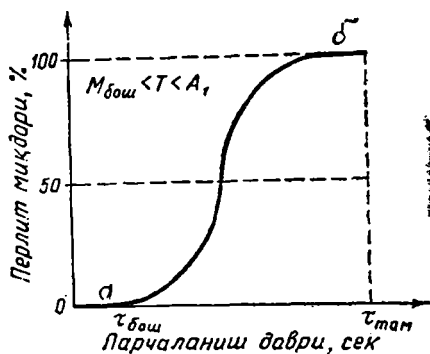
Доначаларнинг ўлчамига қараб, механик хоссалар турлича бўлади. Майда доначали пўлатлар юқори механик хоссаларга, айниқса яхши зарбий қовушоқликка эга бўлади. Шунинг учун пўлат таркибидаги доначалар ўлчамини аниқлаш муҳим аҳамиятга эга. Бунинг учун пўлат таркибидаги аустенит доначаларининг ўсмасдан олдинги ўртача ўлчами аниқланади, сўнгра аустенитнинг ўсиш ёки ўсмаслиги кузатилади. Донача ўлчамлари махсус вакуум қутисига эга бўлган металломикроскопларда аниқланади. Аниқланган донача ўлчамлари давлат стандарти сифатида белгиланган намуна ўлчамлари билан солиштирилади. Бунда донача ўлчами 15 та ўлчам (балл ёки даража) га бўлинади. Ўлчам даражаси ( $N$ ) 1 мм юзадаги доначалар сони ( $n$ ) билан қуйидагича боғланишга эга:  $n = 2^{N+3}$ . Бунда 1 дан 5 гача даражадаги доначалар йирик ва 6 дан 15 гача даражадагилар эса майда доначалар ҳисобланади.

Майда доначали пўлат учун иссиқ ҳолда пластик деформациялашда температуранинг жуда кўтарилиши хавfli эмас, чунки аустенит жуда юқори температурадагина ўса бошлайди. Демак, бундай пўлатларни иссиқлашнинг пластик деформациялашда температуранинг бемалол кўтариши мумкин, чунки аустенит доначаси ўсмайди. Йирик доначали пўлатларни пластик деформациялашда эса температура ораллигини аниқ ушлаб туриш керак, чунки юқорироқ температурада аустенит доначалари тез ўсиши мумкин. Бундай пўлатлар атайлаб махсус усул билан олинмайди, балки табиий ҳосил бўлади. Пўлат олишда алюминий, марганец ва кремний элементларидан ачитқи сифатида фойдаланилади. Бу элементлар суяқ қотишмаларда мавжуд бўлган азот билан бирикиб, нитридларни ҳосил қилади (масалан, алюминий нитрид). Бу нитридлар асосан аустенит доначаларининг ажралиш юзаларида жойлашган бўлиб, улар аустенитда эримагунча (1100°C дан юқорида) унинг ўсишига халақит беради. Карбидларнинг ҳосил бўлиши ҳам аустенитнинг ўсишига тўсқинлик қилади. Айниқса, қийин эрийдиган ванадий, титан металлларининг карбидлари худди шундай таъсир кўрсатади. Пўлат қайнаётган ҳолда қуйилса, аустенит доначалари йирик бўлади, чунки бунда ачитиш учун фақат марганецдан фойдаланилади.

## 2. ЎТАСОВИТИЛГАН АУСТЕНИТНИНГ ИЗОТЕРМИК ПАРЧАЛАНИШИ

Аустенитнинг парчаланиши  $A_1$  температурадан пастда боради. Қанча тез ўтасовитилса, парчаланиш ҳам шунча тез бора-

ди, чунки ҳосил бўлаётган фазалар эркин энергиясининг фарқи шунча катта бўлади. Аустенитнинг ферритга парчаланиши учун унинг таркибидаги углерод бошқа фаза-ларга диффузияланиши керак. Лекин диффузиянинг тезлиги температурага боғлиқ. Шунинг учун парчаланиш кинети-каси ана шу қарама-қарши-ликка боғлиқ бўлиб, парчала-ниш тезлиги оптимал қиймат-га эга. Температура 200°C ва 727°C га тенг бўлганда парча-ланиш рўй бермайди, чунки 727°C да ўтасовитиш даража-си нолга тенг бўлиб, 200°C да диффузиянинг тезлиги жуда кам-дир.

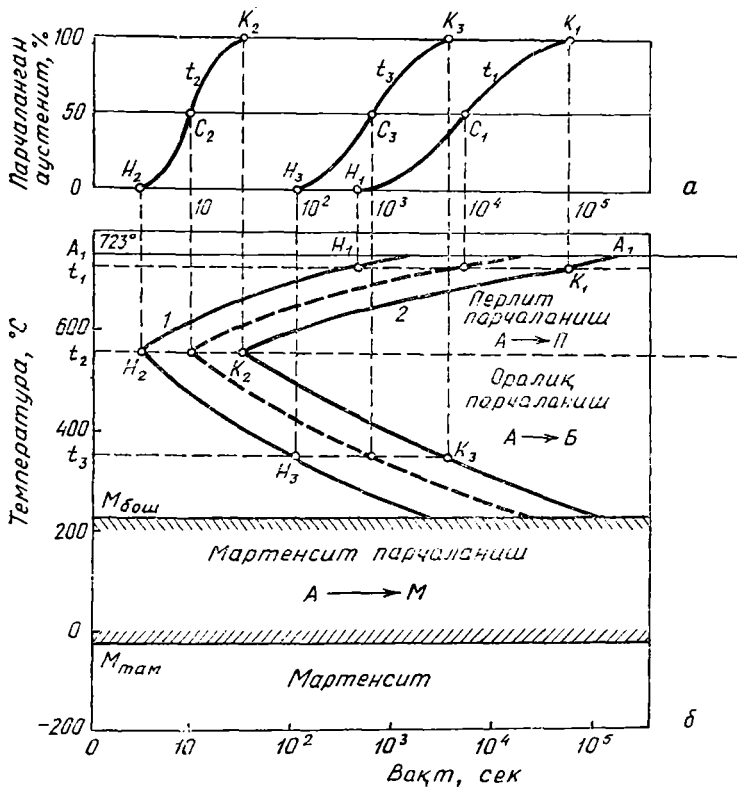


62-расм. Аустенитнинг перлитга парчаланиш даври (кинетикиси).

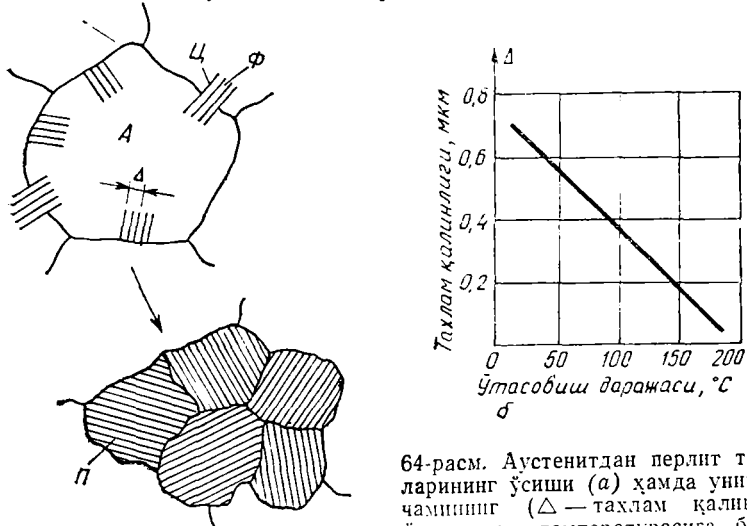
Совитиш жараёнидаги ўзгармас температуранинг қотишма таркибидаги перлитнинг ортиб боришига таъсири 62-расмдаги кинетик эгри чизиқ билан тушунтирилади. Бунда парчаланиш *a* нуқтадан бошланиб, *b* нуқтада тамом бўлади. Энг катта тез-ликдаги парчаланиш 50% га тенг. Ҳар бир давр учун ана шун-дай эгри чизиқлар (63-расм, *a*) ни чизиш билан аустенитнинг изотермик диаграммасини ҳосил қилиш мумкин (63-расм, *b*). Бу ерда Н<sub>1</sub>, Н<sub>2</sub>, Н<sub>3</sub> аустенитнинг парчаланиш нуқталари. К<sub>1</sub>, К<sub>2</sub>, К<sub>3</sub> эса парчаланишнинг тамомланиш, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub> парчаланиш нуқталарини белгилайди. 1-эгри чизиқ парчаланишнинг бош-ланиши бўлса, 2-эгри чизиқ парчаланишнинг тамом бўлишини кўрсатади. Биринчи эгри чизиқнинг чап томонида парчаланма-ган аустенит бўлиб, аустенитнинг парчаланиш инкубацион дав-ри деб аталади. Иккала эгри чизиқ ораси эса парчаланиш дав-ри бўлиб, иккинчи эгри чизиқнинг ўнг томонида парчаланиш маҳсулоти ҳосил бўлади. Келтирилган эгри чизиқдан кўри-ниб турибдики, температура пасайиши билан аустенитнинг барқарорлиги камайиб боради. Маълум *t*<sub>2</sub> температурада барқарор-лик энг кам қийматга эга бўлади, температура янада камай-ганда барқарорлик яна ортади. Температура пасайиб, мартен-ситнинг парчаланиш чегарасига етганда, диффузион жараёнлар тўхтайди, аустенитнинг перлитга парчаланиши мумкин бўлмай қолади. Ундан ҳам паст совитиш температурасида парчаланиш мартенсит усулида боради (63-расм, *b*).

### 3. ПЕРЛИТНИНГ ҲОСИЛ БЎЛИШИ

Аустенит тўхтовсиз ўтасовитилганда қаттиқ ҳолатда қайта кристалланиш жараёни содир бўлиб, перлит ҳосил бўлишида



63-расм. Эвтектоид пўлати (0,8% С) нинг кинетик эгри чизиқлари (а) ҳамда аустенитнинг изотермик парчаланishi (б). (А — аустенит, П — перлит, Б — бейнит; М — мартенсит).



64-расм. Аустенитдан перлит таёқчаларининг ўсиши (а) ҳамда унинг ўлчамининг (Δ — тахлам қалинлиги) ўта совиш температурасига боғлиқлиги диаграммаси (б).

атомлар диффузион қайта тақсимланади. Аустенит доначаларининг чегарасида цементит кристали ҳосил бўлади, натижада чегарадаги аустенит доначалар борган сари углеродга камбағаллашиб,  $\gamma \rightarrow \alpha$  ўзгаришнинг боришига шароит яратилади. Ҳосил бўлган феррит ва цементит энди биргаликда ўса бошлайди. Ана шундай қилиб, феррит ва цементит қатламларидан иборат перлит ҳосил бўлади (64-расм, а). Ўтасовиш қанча тез бўлса, феррит ва цементит таёқчалари шунча майда бўлади (64-расм, б).

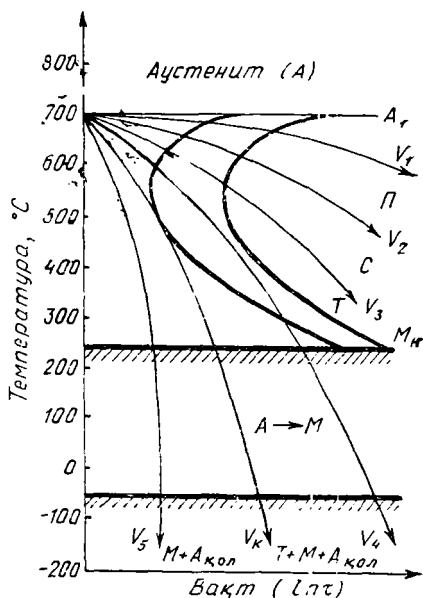
Агар совиш тезлигининг вектори ( $V_1, V_2, V_3$ ) изотермик диаграммани кесиб ўтса, аустенит диффузион қайта тақсимланиш орқали парчаланаяди ва перлит (П), сорбит (С) ҳамда троостит (Т) дан иборат таркиб ҳосил бўлади, уларнинг доначалари

бир-бирдан ўлчамлари билан фарқ қилади (65-расм). Совиш тезлигининг вектори ( $V_4$ ) 1- ва 2-эгри чизиқнинг орасидан кесиб ўтса, оралиқ парчаланаш рўй беради, яъни парчаланаш ярим диффузион ва диффузиясиз (мартенсит) усулда бўлади, ҳосил бўлган структура бейнит (Б) деб аталади.

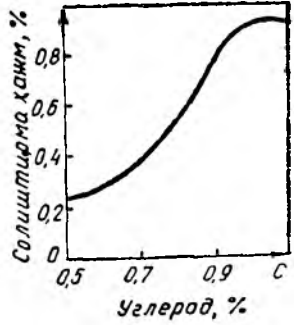
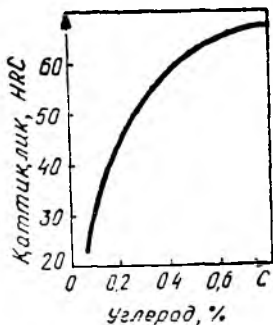
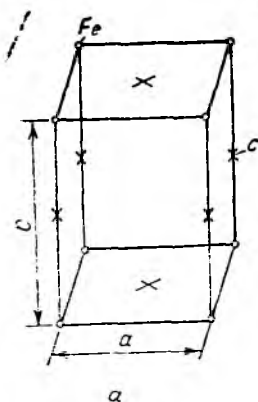
Агар совиш тезлиги 1-эгри чизиққа уринма ўтса,  $V_{кр}$  тезлик диффузияни тўхтатувчи тезлик бўлиб, парчаланашнинг критик тезлиги деб аталади, ҳосил бўлган таркиб мартенситдан иборатдир. Демак, мартенситни ҳосил қилиш учун  $V_5 > V_{кр}$  тезликка эга бўлиши керак (65-расм), яъни аустенитни шундай катта тезликда совитиш керакки, у перлитга парчаланмай, диффузиясиз агрегат кўчишда тўйинтирилган фаза — мартенситни ҳосил қилсин.

#### 4. МАРТЕНСИТНИНГ ҲОСИЛ БЎЛИШИ

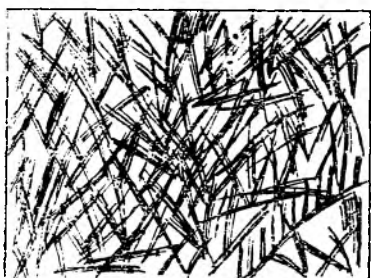
Совиш тезлиги катта бўлганда ( $V > V_{кр}$ ) диффузион жараёнлар тўхтайдди, лекин  $\gamma \rightarrow \alpha$  полиморф ўзгариш содир бўлади. Натижада аустенитда эриган ҳамма углерод ферритда қолиб, тўйинган қаттиқ эритма ҳосил бўлади (ферритда 0,01% углерод эриса, мартенситда 2,14% эрийдди).



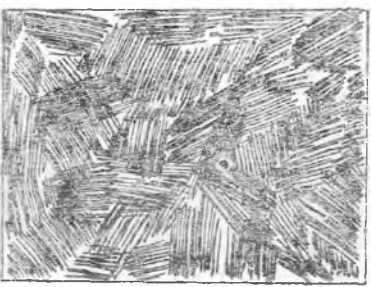
65-расм. Аустенитни тўхтовсиз совитишда ҳосил бўладиган структура-лар (изотермик диаграммада тўхтовсиз совитиш тезликлари берилган; П — перлит, С — сорбит, Т — троостит; М — мартенсит; А — аустенит).



66-расм. Мартенсит хоссалари: *a* — тетрагонал кристалл панжара; *b* — мартенситнинг қаттиқлиги ва унинг парчаланишидаги ҳажм ўзгаришининг пўлат таркибидagi углерод миқдорига боғлиқлиги графиги.



*a*



*b*

67-расм. Пластинка (*a*) ва таёқча (рейка) (*b*) шаклидаги мартенситнинг микроструктураси.

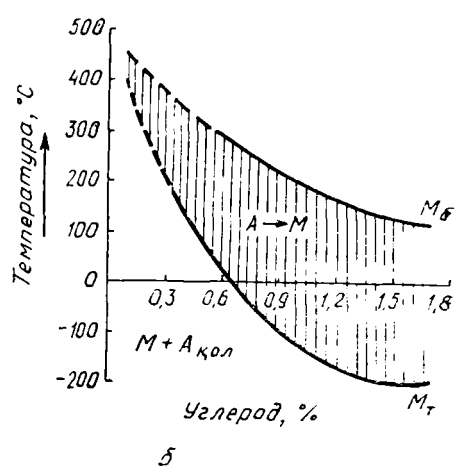
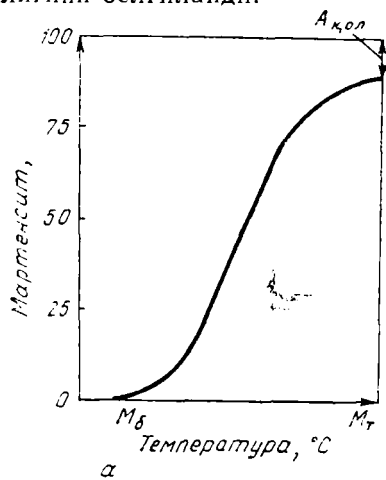
Демак, мартенсит углероднинг  $\alpha$ -темирдаги тўйингон қаттиқ эритмасидир. Фаза ўзгаришида  $\alpha$ -темирнинг элементар кристалл панжараси марказлашган куб шаклида бўлиб, углерод ажралиб чиқиб кетмасдан шу катакча ичида қолганлиги учун унинг шакли тетрагонал бўлади ва  $c/a$  нисбат тетрагоналлик миқдорини ифодалайди. Пўлат таркибида қанча кўп углерод бўлса,  $c/a$  тетрагоналлик даражаси шунча катта бўлади. 66-расмда мартенсит кристалл ячeyкаси ҳамда мартенсит қаттиқлиги ва солиштирама ҳажмининг ўзгариш эгри чизиқлари кўрсатилган.

Мартенсит структураси микроскоп остида нинасимон шаклда кўринади (67-расм). Лекин у баъзида пластинка ёки таёқча шаклда ҳам учрайди. Умуман, мартенсит структураси шакли углерод ва легирловчи элементлар миқдорига боғлиқ бўлади.

**Мартенситга парчаланишда бошланғич ва охириги фазалар миқдори ўзгармайди, агрегат кўчиш натижасида фақат кристалл**

панжара қайта қурилади (диффузиясиз жараён). Мартенсит таёқчалари (пластинкалари) олдинги доначалар ўрнида параллел ёки бир-бирига нисбатан  $50^\circ$  ҳамда  $120^\circ$  бурчак остида жойлашиши ҳам мумкин. Бу парчаланиш жуда катта тезликда боради ва кристалларнинг ўсиш тезлиги ҳам катта бўлади ( $10^3$  м/сек). Парчаланиш давомида кристалл катакча атомлари ўз ўлчамларидан камроқ масофага бир вақтда силжиш натижасида атом панжаранинг тури ўзгаради (агрегат кўчиш содир бўлади). Мартенсит ҳосил бўлиш жараёни ўзининг бошланиш ( $M_6$ ) ва тамом бўлиш ( $M_T$ ) температурасига эга. Агар шу оралиқда температура ўзгармаса (яъни совиш рўй бермаса), парчаланиш ҳам тўхтаб қолади. Лекин перлитга парчаланишда температура ўзгармай қолганда ҳам жараён давом этарди. Шу жиҳатдан мартенситга парчаланиш перлитга парчаланишдан фарқ қилади. Легирланган пўлатлардаги углерод миқдори қанча кўп бўлса, диффузия жараёни секин боради, натижада мартенситга парчаланиш температураси оддий температурадан анча кичик бўлади. Шунинг учун структурада материалнинг ҳажми бўйича парчаланмай қолган қолдиқ аустенит ( $A_{\kappa}$ ) бўлади (68-расм, а). Мартенситнинг ҳажми катта бўлганлиги учун намуна деформацияланиши ҳам мумкин.

Пўлатнинг мартенситга парчаланиш диаграммасидан (68-расм, б) кўришиб турибдики, совиш тезлиги  $M_6$  ва  $M_T$  температурага таъсир қилмайди, пўлатдаги углерод миқдори 0,6% дан кўп бўлганда, парчаланиш манфий температурада давом этади, пўлат таркибидаги углероднинг миқдори парчаланишнинг бошланиши ( $M_6$ ) ва тамом бўлиши ( $M_T$ ) температура оралиғини белгилайди.



68-расм. Мартенсит эгри чизиги (а) ва парчаланиш диаграммаси (б);  $M_6$  — мартенситга парчаланишнинг бошланиши ва  $M_T$  — парчаланишнинг тамом бўлиши;  $A_{\kappa ол}$  — парчаланмасдан қолган қолдиқ аустенит;  $M$  — мартенсит.

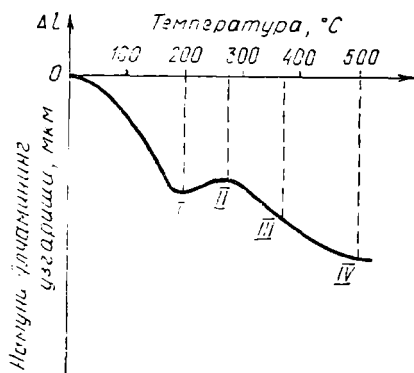
Бейнитнинг ҳосил бўлиши перлит ва мартенситга парчаланиш температуралари орасида рўй беради. Бейнитнинг таркиби тўйинган қаттиқ эритма (мартенсит) ва цементитдан иборат. Бейнит юқорироқ температурада ҳосил бўлса, юқори бейнит, пастроқ температурада ҳосил бўлса, қуйи бейнит дейилади. Юқори бейнитда (500—350°C) ги цементитнинг шакли перлитдагига ўхшаш пластинка шаклида бўлмай, пат шаклда бўлади. Қуйи бейнитдаги цементитнинг шакли мартенситга ўхшаш ингичка нинасимон шаклда бўлади. Шунинг учун қуйи бейнитнинг ҳоссалари юқори бейнитнинг ҳоссаларидан яхшидир.

Юқори бейнитдаги цементит аустенитдаги углероднинг диффузияси натижасида ҳосил бўлади, қуйи бейнитдаги цементит эса мартенситдаги углероднинг ажралиб чиқиши натижасида ҳосил бўлади.

Бейнитнинг парчаланиши охиригача бормайди, яъни таркибиде аустенит қолдиги бўлади. Бейнитга парчаланиш жараёни анча мураккаб бўлиб, диффузия ҳамда силжиш жараёни билан биргаликда содир бўлади.

## 6. МАРТЕНСИТНИ ҚАЙТА ҚИЗДИРИШДА РЎЙ БЕРАДИГАН ҲАВАЛАШЛАР

Амалиётда тобланган пўлатлар ҳоссаларининг барқарорлиги муҳим аҳамиятга эга. Тобланган пўлатни қайта қиздиришда структурада рўй берадиган ўзгаришлар ҳоссаларнинг барқарорлигини йфодалайди. Пўлатни қиздиришда намуна ўлчамлари ўзгаради, чунки мартенсит ва аустенитларнинг парчаланиши кристалл панжараларнинг қайта тузилиши билан боғлиқдир. Бу қайта қурилиш ҳамж ўзгаришларига олиб келади. Ҳажм ўзгаришини ўлчайдиган асбоб дилотометр деб аталади. Ана шу асбобда ёзиб олинган тобланган намуна узунлигининг ўзгариш эгри чизиғи 69-расмда келтирилган.



69-расм. Тобланган пўлатни бўшатишда намуна ўлчами ўзгаришининг температурага боғлиқлиги графиги.

Бўшатишда рўй бераётган диффузион жараённинг тезлиги ва парчаланишнинг тўлалиги температурага боғлиқ. Диаграммадан кўриниб турибдики, биринчи ўзгариш (I)



80—200°C оралиғида рўй бериб, мартенситдан барқарор бўлмаган (метастабил)  $\epsilon$ -карбид ( $\text{Fe}_2\text{C}$ ) ажралиб чиқади. Мартенсит таркибидаги углероднинг диффузиялиниб камайиб бориши натижасида кристалл катақчанинг тетрагоналлиги камаяди, демак, ҳажм ҳам камаяди. Бундай структурани бўшатиш мартенсит деб аталади. Иккинчи ўзгариш (II) 200—260°C оралиғида содир бўлади. Бу жараёнда қолдиқ аустенит тўйинтирилган мартенсит ва карбидга парчаланаяди, яъни бунда ҳам бўшатишган мартенсит ҳосил бўлади. Бу жараёнда парчаланмаган мартенситнинг парчаланиши давом этади. Бу даврнинг охирига келиб,  $\alpha$ -қаттиқ эритма таркибиде 0.15—0.2% углерод мавжуд бўлади. Учинчи (III) ўзгариш 260—380°C оралиғида содир бўлади. Бунда мартенсит таркибидаги ортиқча углерод тўла ажралиб чиқиб,  $\epsilon$ -карбид цементитга айланади ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ), ҳосил бўлган структура бўшатишдаги троостит деб аталади, 380—400°C оралиғида углерод бутунлай кимёвий бирикма—цементитга ўтади. Бунда пўлатнинг зичлиги ортади.

Демак, иккинчи ва учинчи ўзгаришнинг охирига келиб, таркиб яна феррит-цементитдан иборат бўлиб қолади (мувозанатдаги структура). Температураны янада кўтариш (450—650°C) феррит ва цементит доначалари ўлчамларининг ўсиши ҳамда бир хилланишига (сараланишига) олиб келади (тўртинчи ўзгариш). Бунда ҳосил бўлган таркиб бўшатишдаги сорбит деб аталади ва у (олдинги бўшатишган структуралар ҳам) аустенитнинг парчаланишидан ҳосил бўлган сорбитдан (трооститдан) ўлчамлари билан фарқ қилади. Масалан, бўшатишдаги сорбит симметрия ўқиға эға бўлган шаклга, тоблашдаги сорбит эса пластинкасимон шаклга эға. Шунинг учун бўшатишдаги сорбитнинг хоссалари тоблашдаги сорбит хоссаларидан юқори туради. Температура қанча  $A_1$  га яқинлашиб келса, сорбитнинг структураси перлитга яқинлашади (донадор перлит ҳосил бўлади).

Кўпчилик легирловчи элементлар (Mo, Cr, Si, W, Co, V ва ҳ. к.) тобланган пўлатни қайта қиздиришда диффузион жараёнлар тезлигини камайтиради, қолдиқ аустенитнинг парчаланиши ва карбидларнинг йиғилиши (каугуляция) ни қийинлаштиради.

Эскиртириш деганда вақт бирлиги ичида сезиларли структура ўзгаришларисиз материал хоссаларининг ўзгариши тушунилади (полиморф ўзгаришсиз содир бўладиган жараёнлар). Бунда ички кучланишлар камаяди, хоссалар барқарорлашади.

Пўлатларда эскиртиришнинг иккита механизми мавжуд — термик ва деформацион эскиртириш. Термик эскиртириш углерод ёки азотнинг  $\alpha$ -темирда эриши температураға боғлиқ бўлганлиги учун тез совитишда қаттиқ эритма концентрациясининг ошиб кетишиға асосланади. Бундай совитилган пўлат қайтадан қиздирилса (50—150°C), ортиқча углерод ва азот яна қайтадан (карбид ёки нитрид ҳолида) ажралиб чиқади. Урта

ёки юқори углеродли пўлатларда бу жараённинг бўлиши қийин, чунки углерод ўзи цементит таркибида бўлади. Деформацион эскиртириш эса материалнинг рекристалланиш температурасидан пастда содир бўлади. Пўлатлардаги дислокациянинг тўхташи ҳисобига мустаҳкамлик ортади. Шунинг учун эскиртиришнинг бу усули пўлатнинг кейинги деформацияланиш хусусиятини кескин камайтиради. Агар пўлатга легирловчи элементлар қўшилса, эскиртиришга қобилияти камаяди. Пўлатларда бир вақтнинг ўзида ҳам термик, ҳам деформацион эскириш рўй бериши мумкин, лекин бу ҳол бир қатор пўлатларнинг эксплуатацион хусусиятларини ёмонлаштиради.

## 7. ТЕРМИК ИШЛОВ БЕРИШНИНГ ПЎЛАТ ХОССАЛАРИГА ТАЪСИРИ

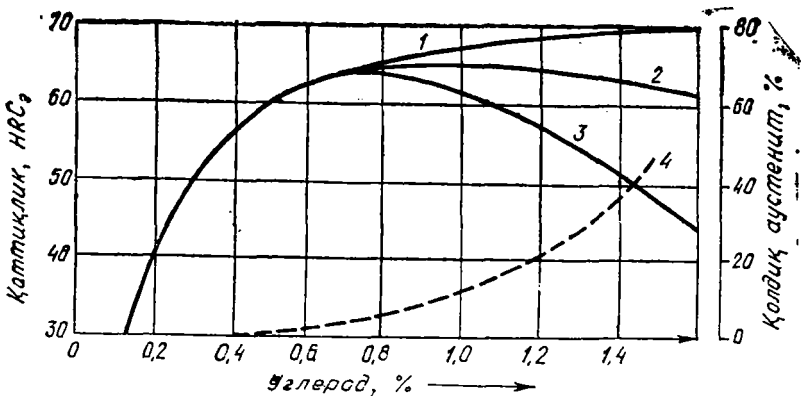
Термик ишлашдан асосий мақсад материалнинг физик ва механик хоссаларини ўзгартиришдан иборат. Юмшатиш жараёни барқарор структурали материални олиш учун қўлланилади. Юмшатиш пўлат юмшоқ ва пластик хусусиятларга эга, унинг структураси эса пластинкасимон феррит ва цементитдан иборат бўлади. Пўлатда углерод қанча кўп бўлса, цементит шунча кўп, демак, механик хоссалар ҳам юқори бўлади. Тоблаш натижасида пўлатнинг қаттиқлиги ортади. Бўшатишда ҳосил бўлаётган барқарор феррит ва цементитдан иборат таркиб мартенситнинг парчаланиш маҳсулотидир.

Углероднинг миқдори ортиб бориши билан мартенситнинг қаттиқлиги ҳам ортиб боради, тетрагонал кристалл панжарада қийшайиш (бузилиш) вужудга келиб, ички кучланиш ортади. Углероднинг миқдори 0,7% га етганда мартенсит энг катта қаттиқликка эга бўлади, углерод миқдорининг кейинги оширилиши қаттиқликнинг ошишига жуда кам таъсир қилади (70-расмдаги 1-эгри чизиқ). Тобланган пўлат таркибидаги углероднинг миқдори катта бўлса, қолдиқ аустенит миқдори ҳам кўп бўлади (4-эгри чизиқ). Аустенит юмшоқ фаза бўлганлиги учун қаттиқлик эгри чизиғи кўпроқ эгилади (2-эгри чизиқ).

Шунинг учун эвтектонддан кейинги пўлатларни тоблашда температура  $A_{cm}$  дан юқори бўлса, қаттиқлик камаяди (3-эгри чизиқ).

Пўлатнинг пластиклиги ва қовушоқлиги мартенсит дончаларининг ўлчамларига, яъни майдалигига боғлиқ. Аустенитнинг дончалари қанча майда бўлса, тобланган пўлат хоссалари шунча яхши бўлади. Бўшатиш термик ишлашнинг охириги жараёни бўлиб, унинг таъсирида механик хоссалар шаклланади.

Бўшатиш жараёнида механик хоссаларнинг ҳаммаси ҳам ўзгаради (71-расм). Мустаҳкамлик кўрсаткичлари ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0.2}$ , НВ) бўшатиш температурасига боғлиқ бўлиб, тобланган ҳолдаги мустаҳкамликка нисбатан умуман камаяди, пластиклик ( $\delta$ ,  $\Psi$ ) кўпаяди. Тоблаш ва бўшатиш температураларини тўғри



70-расм. Тобланган пўлат қаттиқлигининг углерод миқдорига ҳамда тоблаш температурасига боғлиқлиги графиги:

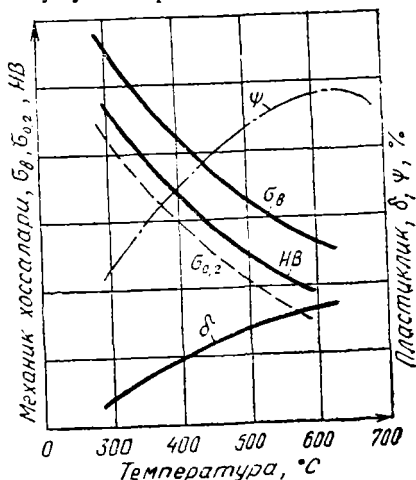
1 — мартенсит; 2 —  $A_1+(20-30^\circ C)$ ; 3 —  $A_c+(20-30^\circ C)$ ; 4 — қолдиқ аустенит.

танлаш орқали қаттиқлик даражаси билан пластикликнинг энг яхши нисбатига эришиш мумкин.

### 9-б о б. СОФ ТЕРМИК ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИ

Соф термик ишлаш технологияси термик ишлаш назариясига асосланган. Машинасозликда ишлатиладиган пўлатларнинг кўпчилик қисми термик ишланади. Термик ишлаш натижасида мустақамликнинг ортиши машина воситаларининг ишлашини яхшилаш, металллардан унумли фойдаланиш ва тежашнинг муҳим усулидир. Машина воситаларини тайёрлаш жараёнида материалга бир неча марта термик ишлов бериш мумкин, лекин ҳар бир термик ишлов бериш технологияси маълум мақсадга мувофиқ танланади.

Материалларнинг турлари кўп бўлиб, амалда машина конструкцияларига қўйиладиган талаблар ҳам тричадир. Демак, термик ишлов бериш технологиясининг турлари ҳам кўпдир. Ишлаб чиқаришнинг унумдорли-



71-расм. Тобланган пўлат хоссаларининг бўшатиш температурасига боғлиқлиги.

гини ошириш учун ҳам термик ишлов бериш турларини тобора кенгайтириш керак бўлади.

## 1. ЮМШАТИШ ВА НОРМАЛЛАШ

Юмшатиш ва нормаллашдан мақсад номувозанатдаги структурани мувозанат ҳолатига қайтаришдир. Амалда юмшатиш деганда *материални маълум температурагача қиздириб, печь билан биргаликда совитишга айтилади.* Мақсадга қараб юмшатиш турлари ҳам ҳар хил бўлади.

Материалнинг кимёвий таркибини мувозанатлаштириш, пластик деформацияланган материални қайта кристаллаш, вужудга келган ички кучланишларни йўқотиш каби жараёнлар **биринчи тур юмшатишга** киради. Биринчи тур юмшатиш жараёнларини амалга ошириш учун материал фаза ўзгариши чизигидан юқори (гомогенлаш) ёки пастда (рекристалланиш) қиздирилади.

Гомогенлаш жараёни катта ҳажмли қуйма машина воситаларидаги дендрид ёки кристаллар орасидаги кимёвий нотекисликлар (ликвация) ни йўқотиш учун қўлланилади. Бунинг учун заготовклар печларга жойлаштирилиб, температура 1100—1200°C гача қўтарилади ва шу температура 8—20 соат давомида ушлаб турилади. Сўнгра заготовклар печь билан биргаликда секин совитилади. Бундай термик ишловга ҳаммаси бўлиб, 100—50 соат чамаси вақт кетиши мумкин. Гомогенлаш жараёнида доначалар ўсиши мумкин. Шунинг учун бундай термик ишловдан кейин қўшимча доначаларни майдалайдиган термик ишлов (иккинчи тур юмшатиш) бериш лозим бўлади.

Пўлатларни рекристаллизацион юмшатиш учун уларни 650—700°C гача қиздириш керак, шу температурада бироз (0,5—1,5 соат) ушлаб туриб, сўнгра печь билан биргаликда совитилади. Бунда ферритни қайта кристалланиши билан бир қаторда цементит ҳам бироз ўсади ва унинг пластиклиги ошади.

Пўлат қуймаларда пайвандлашдан кейин кесиб ишлаш ёки жилвирлашдан кейин ҳосил бўладиган ички кучланишларни йўқотиш ёки камайтириш учун материал юмшатилади. Бундай юмшатишнинг температураси 150—700°C гача бўлиши мумкин. Масалан, жилвирлашдан (160—180°C), кесиб ишлашдан (570—600°C) ёки пайвандлашдан (650—700°C) кейин материал қиздирилиб, аста-секин совитилганда қолдиқ механик ёки термик ички кучланишлар камаяди. Бундай юмшатишга 2—3 соат вақт кетади.

**Иккинчи тур юмшатишда** асосан фазовий таркиб, доначалар шакли ва ўлчамларининг хилма-хиллиги йўқотилади ҳамда юмшатиш асосан фаза ўзгариш температурасидан юқорида олиб борилади. Натижада структура ҳолат диаграммасидаги

мувозанатга яқинлашади. Бундай термик ишловга тўла юмшатиш, чала юмшатиш ва нормаллаш киради.

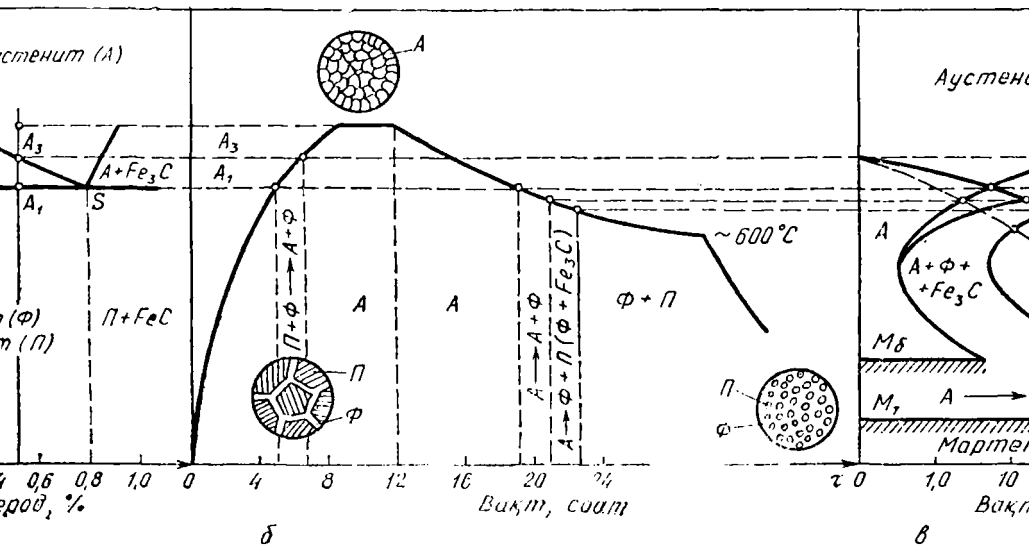
Доначаларни нисбатан майдалаш ва қолдиқ ички кучланишларни йўқотиш учун эвтектоидгача бўлган пўлатларни  $As_3$  дан, эвтектоиддан кейинги пўлатларни эса  $As_1$  дан  $30-50^\circ C$  юқорида (72-а расм) қиздириб, шу температурада бироз ушлаб туриб, сўнгра печь билан биргаликда совитилади (72-б расм). Юқори температурада ушлаб туриш вақти фаза ўзгаришига етарли бўлса бас, натижада майда доначали аустенитни совитиш ҳисобига перлит доначалари ҳам майда бўлади.

Қиздириш тезлиги материалнинг таркибига ва машина воситаларининг шаклига ҳамда печь турига боғлиқ бўлади. Совиш тезлиги (72-в расмдаги  $V_1$  тезлик) асосан материал таркибига боғлиқ бўлиб, пўлатлар учун  $200-250^\circ C/соатни$  ташкил қилади. Бундай термик ишлов бериш технологияси ишлаб чиқаришда тўла юмшатиш деб аталади.

Совиш вақтини камайтириш мақсадида аустенит энг кам барқарорликка эга бўлган температурасида тўла парчалангунча ушлаб турилади. Бунинг учун пўлат  $850^\circ C$  да қиздирилади ва шу температурада кераклича ушлаб турилгандан кейин материал бошқа печга олиб ўтилади, иккинчи печнинг температураси аустенитнинг барқарорлиги энг кам бўлган температурага тенг ёки ундан бироз кам ёки кўп ( $30-50^\circ C$ ) бўлиши мумкин. Ўзгармас температурада ушлаб туриш вақти аустенитнинг тўла перлитга парчланиш даврига тенг. Аустенит перлитга парчланиб бўлгандан сўнг аста-секин совитилади. Ана шундай ишлов бериш изотермик юмшатиш деб аталади ва бунга тўла юмшатишга қараганда 2—3 марта кам вақт сарфланади.

Машинасозлик амалиётида тўла бўлмаган юмшатиш ҳам қўлланилади. Бунинг учун материал  $As_1$  температура атрофи (аниқроғи ундан  $10-30^\circ C$  юқорироқ) да қиздирилади. Бундай термик ишлов беришнинг асосий мақсади ясси (пластинка) шаклидаги перлитни юмалоқ шаклга ўтказишдан иборат. Юмалоқ шаклдаги перлитнинг қаттиқлиги ясси шаклдаги перлитга қараганда бироз кам бўлса ҳам унинг пластиклиги юқоридир.

Нормаллаш тўла юмшатишдан совиш тезлиги билан фарқ қилади, яъни нормаллашда ҳавода совитилади (72-в расмдаги  $V_2$  тезлик). Ҳавода совиш тезлиги печь билан биргаликда совитишга қараганда каттароқ  $V_2 > V_1$  бўлганлиги учун перлитга парчланиш жараёни пастроқ температурада боради. Натижада тўла юмшатишдагига қараганда структура майдароқ бўлади (сорбит ёки троостит ҳосил бўлади). Шунинг учун қаттиқлик ва мустаҳкамлик юмшатишдагига қараганда тахминан 15—20% га юқорироқ бўлади. Баъзи вақтда (пўлат таркибига қараб) нормаллаш фақатгина юмшатиш вазифасини бажармасдан тоблаш ва эскиртириш вазифаларини ҳам бажариши мумкин. Масалан, ўрта углеродли легирланган пўлатлар учун нормаллаш тоблаш ўрнига ўтса, унда нормаллаш билан бир-



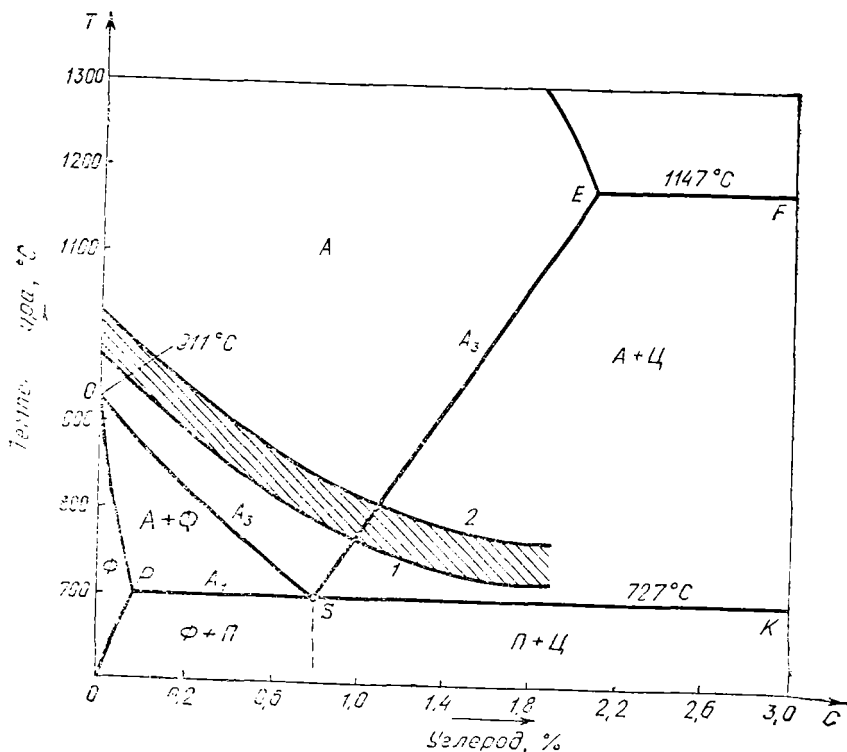
72- расм. углеродлы да арини шид офияси ид чизма:  
 а — темир — углерод диаграмманинг в лат иagram  
 аустенитнинг изотермий паргаланиш диаграм

галикда бўшатиш қўшиб олиб борилиб, тўла юмшатиш вазифасини бажаради.

## 2. ПУЛАТЛАРНИ ТОБЛАШ

Тоблаш машинасозликда материалларнинг мустаҳкамлигини оширишнинг асосий усулларидан бўлиб, машина воситалари ва асбобларга бериладиган термик ишловдир. Тоблаш жараёнидан кейин ички термик кучланишлар вужудга келади. Тоблашнинг бошқа соф термик ишлашдан асосий фарқи уни катта тезлик билан совитишдадир.

Тоблаш температураси  $F-Fe_3C$  ҳолат диаграммасига мувофиқ белгиланади (73-расм). Эвтектоидгача бўлган пўлатлар ферритнинг тўла аустенитга парчаланиши учун  $A_3$  дан  $30-50^\circ C$  юқори температурагача қиздирилади, эвтектоид ва ундан кейинги пўлатлар эса  $A_1$  дан  $30-50^\circ C$  юқори температурагача қиздирилади (1- ва 2-эгри чизиқлар). Кўп углеродли пўлатлар  $A_{cm}$  дан юқори температурада қиздирилса, аустенитда цемен-



73-расм.  $Fe-Fe_3C$  — углерод системаси ҳолат диаграммасининг пўлат қисмида тоблаш температурасини аниқлаш.

титни эриши ҳисобига углерод кўпайиб кетади, натижада тобланган структурада қолдиқ аустенитнинг миқдори кўпайиб, аустенит дончаси ўсади, ички кучлар ортиб боради. Натижада тобланган пўлат структурасининг қаттиқлиги камаяди. Шунинг учун углеродли пўлатларни қиздириш температураси 73-расмда кўрсатилган даражадан ошиб кетмаслиги керак. Лекин легирланган пўлатлар таркибидаги махсус карбидларни аустенитда эритиш мақсадида температурани озгина ( $150\text{—}250^\circ\text{C}$ ) кўтариш мумкин.

Тоблаш учун температурани бир хиллаштириш учун вақт кўп кетса, юза қисмида аустенит дончаси ўсиб кетиши мумкин. Амалда қиздириш вақти ва керакли температурани ушлаб туриш вақти материалнинг шакли, унинг печда тахланиш усули, печнинг тури ва шунга ўхшаш шароитларга боғлиқ бўлади.

Заготовкларни юқори температурали печларда қиздиришда металл оксидланиши мумкин, натижада юза углеродга камбағаллашади (углерод куяди). Машинасозлик амалиётида шундай печлар ҳам борки, унда ҳосил бўлаётган кимёвий муҳит текшириб турилади, яъни оксидланиш реакциялари махсус қурилма орқали бошқариб турилади.

Тоблаш муҳити (совитиш муҳити)ни танлаш ҳам муҳим аҳамиятга эга. Аустенитнинг изотермик парчаланиш диаграммасидан маълумки, тоблаш учун керак бўлган энг кам совитиш тегили эгри чизиққа уринма ўтиши керак. Лекин совитишни мумкин бўлганча, айниқса мартенситга парчаланиш чегарасида секинлатиш керак, чунки ички термик кучланишларни мумкин қадар камайтириш керак. Демак, совитиш муҳитларини танлаш орқали совитиш бошқарилади.

Совитиш муҳити сифатида кўпроқ сув ва минерал мойлар ишлатилади, баъзи вақтда босим остидаги ҳаводан ҳам фойдаланилади. Қизиган металлни совитишда металл юзаси билан совитиш муҳити бир-бирига текканда иккала жисм ҳам ўзларининг муҳим хусусиятларини намоён қиладилар. Юқори температурадаги металл юзасига суяқ совитиш муҳити яқинлашганда буғ ҳосил бўлади ва металл юзасини ўраб олади. Бу буғ иссиқлик алмашишига тўсқинлик қилади. Температура пастга кўнраб борган сари буғ билан қопланган металл юзасида буғни тешиб ўтиш рўй беради. Энди совитиш муҳитининг металл юзасига тегиш имкони туғилгани учун совитиш жараёни тез боради (совитиш муҳити юзасида қайнаш ҳосил бўлади). Совитиш муҳитининг қайнаш температурасидан пастда совитиш суяқлиги оддий иссиқлик алмашиш қонунига бўйсунди. Шунинг учун совитиш муҳитини тўғри танлаш машина воситаларининг турига боғлиқ бўлади. Углеродли пўлатларни тоблашда оддий температурадаги ( $18\text{—}25^\circ\text{C}$ ) сувдан фойдаланилади. Юқори углеродли ва легирланган пўлатлар учун ёки мураккаб шаклдаги заготовклар учун кўпинча минерал ёғлар совитиш муҳити сифатида ишлатилади. Туз эритмалари ҳам совитиш муҳити

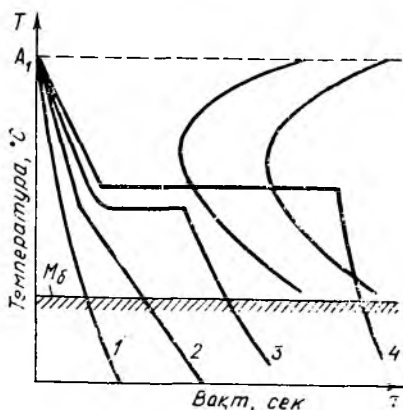


ҳисобланиб, баъзи вақтда минерал ёғлар ўрнида қўлланилади. Юза активлигини оширувчи ёки сунъий полимерларнинг сувдаги эритмалари ҳам бу мақсадларда қўлланилиши мумкин.

Энди амалда кўпроқ қўлланиладиган баъзи аниқ тоблаш усуллари келтирамиз (74-расмдаги 1, 2, 3, 4-эгри чизиқлар).

Агар заготовканинг кўндаланг кесими катта ва шакли унча мураккаб бўлмаса, тўхтовсиз бир муҳитда тоблаш мумкин (1-эгри чизиқ). Лекин бунда термик ишлов бериш қулай бўлгани билан ички кучланишлар катта бўлади, шунинг учун бу усулни жавобгарлиги катта бўлмаган машина воситалари учун қўллаш мумкин. Масалан, юқори углеродли асбобсозлик пўлатлари учун икки муҳитда тўхтатиб тоблаш қўлланилади. Бу усул худди идеал тоблаш режасига ўхшайди. Бунинг учун қиздирилган кесувчи асбоб аустенитнинг барқарорлиги энг кичик даврдан ўтгунча тез совитилади (бунда сув кескин совитиш муҳити), сўнгра мартенситга парчаланиш температурасидан  $80-100^{\circ}\text{C}$  юқорироқ температурада секин совитилади (сувдан олиб, мойга солинади). Бунда кесувчи асбоб деформацияланмайди, ички термик кучлар камроқ ҳосил бўлади (2-эгри чизиқ). Кесувчи асбобнинг тўзилиши мураккаб бўлиб, ҳажми катта бўлса, тўхтатиб тоблаш қўлланилади (3-эгри чизиқ). Бунинг учун қиздирилган маҳсулот тез совитилиб, суяқ муҳитда мартенситга парчаланиш температурасидан юқорироқ температурада бироз ушлаб турилади, сўнгра ҳаво таъсирида совитиш давом эттирилади. Шундай қилганда, мартенситга парчаланишдан олдин температура бутун ҳажм бўйича ўртача бир хиллашади. Поғонали тоблашда баъзан материалнинг мартенситга парчаланиш температурасида рўй берадиган ўтапластикликдан фойдаланиб, махсус мосламалар ёрдамида маҳсулотни маҳкамлаб қўйиш йўли билан деформацияланишнинг олдини олиш мумкин.

Кўпинча ўрта углеродли ( $0,3-0,5^{\circ}\text{C}$  пўлатлардан тайёрланган машинанинг мураккаб қисмлари ўзгармас (изотермик) температурада тобланади. Бунинг учун бейнитгача тез совитилиб бейнитга парчаланиб бўлгунча ўша ўзгармас температурада ушлаб турилади, парчаланиш тамом бўлгандан кейин совитиш яна давом эттирилади (4-эгри чизиқ). Бундай пўлатларда



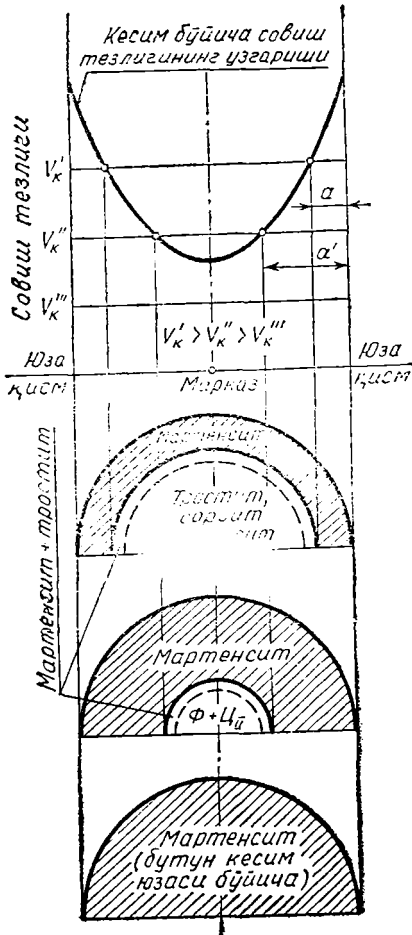
74-расм. Эвтектондгача бўлган пўлатларни тоблаш технологик усуллари ифодаловчи чизмалар.

анчагина миқдорда аустенит парчаланмай қолади. Шунинг учун структура таркибда бейнит билан бир қаторда аустенит ҳам бўлади. Бу пўлатларда шунинг учун қаттиқлик ва пластикликнинг яхши нисбати ҳосил бўлади.

Машинасозлик амалиётида ўз-ўзидан бўшатиш имконини берадиган тоблаш усуллари ҳам бор. Масалан, қиздирилган маҳсулотнинг бир қисмигина совитилади, маҳсулот тоблаш муҳитидан олинганда совитилмаган иссиқ қисми ҳисобига совитилган қисми бўшатиш температурасигача қайта исийди, натижада ўз-ўзидан бўшатиш жараёни содир бўлади. Бундай тоблаш усули билан турли қисмлари турлича қаттиқликка эга бўлган пўлатлар олинади. Машина воситаларининг бир қисмини сув сепиби совитиш билан ҳам лотекис тоблашга эришиш мумкин.

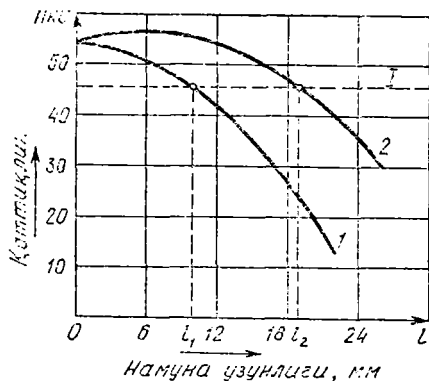
Пўлатларни тоблаш билан боғлиқ бўлган тобланувчанлик ва тоблаш чуқурлиги каби муҳим тушунчалар ҳам бор. Тоблаш вақтида пўлатларнинг ана шу хусусиятларини, албатта, ҳисобга олиш керак. *Тоблаш натижасида эришиладиган энг катта қаттиқлик пўлатнинг тобланувчанлиги дейилади*, у асосан углерод миқдорига боғлиқ. Ҳар хил совитиш муҳитида тобланган пўлатнинг энг катта қаттиқлиги юзанинг қаттиқлигидир.

Юзадан бошлаб, 50% мартенсит ва 50% трооститдан иборат қатламгача бўлган оралиқ тоблаш чуқурлиги дейилади. Совиш тезлиги ҳар хил қатламларда ҳар хил бўлади. Масалан, 75-расмда кўрсатилганидек, маълум қатламдагина мартенсит структураси ҳосил бўлади. Ичқарироқ қатламларда эса бейнит, троостит ва сорбит структуралар ҳосил бўлиб, ўрта қисми умуман тобланмаслиги ҳам мумкин.



**75-расм.** Тоблаш критик тезлигининг тобланган қатлам қалинлигига таъсири:  $a$  ва  $a'$  — тобланган қисм қалинлиги;  $V$  — углеродли пўлатлар ва  $V_k''$ ,  $V_k'''$  — кам ва кўп легирилган пўлатларни тоблаш критик тезликлари.

Тоблаш чуқурлигини аниқлаш учун махсус 5657—69 ГОСТ мавжуд бўлиб, бу ГОСТ га асосан ўзаксимон намунанинг диаметри 25 мм, узунлиги эса 100 мм га тенг. Намуна қиздирилгандан сўнг маълум ускунага қўйиб, тобланади. Сўнгра тобланган томонидан бошлаб, танланган такрорланадиган маълум оралиқда қаттиқликнинг ўзгариш диаграммаси чизилади (76-расм). Одатда, справочникларда ҳар хил материалларнинг ярим мартенситли қатлам қаттиқлиги берилади. Материалнинг берилган ярим мартенситли қатлам қаттиқлигини (I-горизонтал) тажрибада олинган диаграмма кўрсаткичлари билан солиштириб, текширилатган намунанинг тоблаш чуқурлигини аниқлаш мумкин ( $I_1$  ва  $I_2$ ).



76-расм. Таг томонидан тоблаш чуқурлигини аниқлашда намуна узунлиги билан қаттиқлик орасидаги боғлашиш (I — ярим мартенситли пўлат намунасининг қаттиқлиги; I — тоблаш чуқурлиги кичик ва 2 — тоблаш чуқурлиги катта бўлган пўлатлар).

Тоблаш чуқурлиги аустенитнинг барқарорлигига боғлиқ. Шунинг учун легирилган пўлатларнинг тоблаш чуқурлиги анча катта бўлади.

### 3. ПЎЛАТЛАР ЮЗАСИНИ ТОБЛАШ

Кўпчилик ҳолларда машина воситаларининг ишчи юзалари катта қаттиқликка эга бўлади. Ўрта қисмнинг эса қовушоқ бўлиши талаб этилади. Бунга юзани тоблаш орқали эришиш мумкин. Юза шундай тез қиздириладики, маҳсулотнинг устки қатлами тоблаш температурасига етганда ўрта қисмнинг температураси анча паст бўлади. Тез совитиш натижасида юзада катта қаттиқликка эришилади, лекин ўрта қисм қовушоқлигича қолади. Юза юқори мустаҳкамлик ва қаттиқликка эга бўлгани учун ишқаланишдаги ейилишга унинг чидамлилиги ошади, ўрта қисм қовушоқ бўлганлиги учун динамик таъсирга чидамли бўлади.

Ишлаб чиқаришда юза юқори тебранишли ток таъсирида тобланади. Бу усул ўтказгич (тобланаётган жисм) дан индукцион ток ўтганда катта иссиқлик энергиясининг ажралиб чиқишига асосланган. Бунда ўзгарувчан электр майдони ҳосил қилинади, шу электр майдонни ўтказгич кесиб ўтса, унда индукцион ток оқа бошлайди. Ўтказгичнинг қизиши токнинг теб-

раниш даражасига боғлиқ бўлиб, у қанча катта бўлса, қизиган қатлам қалинлиги шунча кичик бўлади. Шунинг учун тоблаш керак бўлган қатлам қалинлигига қараб, токни тебраниш даражасини генераторлар орқали бошқариш мумкин.

Тобланиши керак бўлган қатлам қалинлиги маҳсулотнинг ишчи юзасига қўйилган талабга боғлиқ. Масалан, чарчаш натижасида емирилишни олдини олиш керак бўлса, 1,5—3 мм қатламни тоблаш етарли бўлади, умуман бу усулда 10—15 мм чуқурликдаги қатламни тоблаш мумкин.

Юзани газ алангасида қиздириб ҳам тоблаш мумкин (масалан, атиги бир ёки бир неча машина воситаларини тайёрлаш керак бўлганда). Газ ёнганда етарли даражада (2000—3600°C) иссиқликни ажратиб чиқаради, тоблаш учун шу температура етарли бўлади.

Юзани тоблаш учун кейинги вақтда лазер нуридан ҳам фойдаланилмоқда.

#### **4. ПУЛАТЛАРНИ БЎШАТИШ ВА УЛАРГА СОВУҚЛАЙИН ИШЛОВ БЕРИШ**

Бўшатиш тоблашдан кейин бажарилиши шарт бўлган жараёндр. Бўшатиш учун қиздириш эвтектондгача бўлган пўлатлар учун  $As_1$  чизиғидан пастда олиб борилади ва тобланган намунанинг хоссалари бўшатиш температурасига боғлиқ бўлади. Бўшатиш кичик, ўрта ва юқори температурали бўлади.

Кичик температурали бўшатиш учун тобланган пўлат 180—250°C гача қиздирилиб, шу температурада бироз ушлаб турилади, сўнгра совитилади. Ҳосил бўлган структура бўшатиш мартенсит бўлади, шунинг учун тоблашда эришилган қаттиқлик деярли ўзгармайди, лекин мустаҳкамлик ва қовушоқлик сезиларли даражада ортади. Аксарият ҳолларда кам легирланган ҳамда углеродли пўлатлар шундай бўшатилади. Юзани тоблаш ёки кимёвий-термик ишлашда ҳам ана шундай бўшатиш қўлланилади.

Ўрта температурали бўшатиш учун тобланган пўлат 350—500°C гача қиздирилади (лекин бу температурада ушлаб туриш даври машина воситасининг массасига боғлиқ бўлиб, 1—2 соатдан 3—8 соатгачадир), сўнгра очиқ ҳавода совитилади. Пружиналарнинг чидамлилигини ошириш учун 400—450°C гача қиздириб, шу температурада бироз ушлаб турилгандан кейин сувда совитилади. Шундай қилинганда ҳосил бўлган ички кучланиш сиқиш хусусиятига эга бўлади. Ўрта температурада бўшатишган пўлат структураси троостит бўлади. У троостит бўшатиш (тоблашдаги трооститдан фарқ қилиши учун) деб аталади. Ўрта температурали бўшатиш аксарият ҳолда пружиналар, рессорлар, штампларга берилади.

Юқори температурали бўшатиш 550—680°C да олиб борилади, бу температурада 1—3 соат ушлаб турилади, сўнгра ҳа-

вода совитилади (легиранган пўлатларни иккинчи тур мўртлиқдан сақлаб қолиш учун сув ёки мойда совитилади). Бундай бўшатиш ўрта углеродли (легиранган) пўлатларга қўлланилади. Тўла тоблаш ва юқори температурада бўшатиш яхшилаш деб аталади. Бунинг натижасида сорбит ҳосил бўлади.

Тобланган пўлатларга совуқ температурада ишлов бериш машинасозлик амалиётида тез-тез учраб туради. Юқори углеродли ( $C \leq 0,6\%$ ) ва легиранган пўлатлар  $0^\circ\text{C}$  дан пастда мартенситга парчаланиш давом этади. Масалан, ледебурит, аустенит классидagi пўлатларда худди шундай бўлади. Бундай пўлатларни тоблаш натижасида тўла мартенсит ҳосил қилиш учун  $0^\circ\text{C}$  дан паст температурада совитиш давом эттирилади.  $0^\circ\text{C}$  дан паст температурада совитиш тўғридан-тўғри тоблашни давом бўлса, катта самарадорликка эришиш мумкин. Агар совитиш температуралари орасида узилиш бўлса, аустенит стабиллашиш мумкин ва унинг мартенситга парчаланиши қийинлашади. Машина воситалари ўлчамининг кейинчалик ўзгаришини олдинки олиш мақсадида, совуқлаш ишлов берилгандан сўнгра қайта  $100\text{—}150^\circ\text{C}$  да қиздириб, шу температурада  $1,0\text{—}1,5$  соат ушлаб туриш зарур бўлади. Баъзан тез кесар пўлатларга совуқлаш ишлов берилгандан кейин бир марта юқори температурали бўшатиш ҳам берилади.

## 5. МАШИНАСОЗЛИК ЧЎЯНЛАРИГА ТЕРМИК ИШЛОВ БЕРИШ

Чўянларни қуйиш усули билан катта ҳажмдаги мураккаб машина воситалари олишда ички кучланишларни камайтириш, чўянларни кесиб ишлашни енгиллаштириш мақсадида уларнинг қаттиқлигини камайтириш ҳамда механик хоссаларни яхшилаш, ишқаланишдаги емирилишга қаршиликни ошириш мақсадида термик ишлов бериш усулидан фойдаланилади.

Чўяни термик ишлаш пўлатларни термик ишлашдан фарқ қилмайди. Фақат чўянларда қўшимча равишда графитга парчаланиш давом этиши мумкин, бу эса хоссаларга ўзгартириш киритади. Қўпинча чўянлардаги ички термик кучланишларни камайтириш мақсадида  $500\text{—}600^\circ\text{C}$  гача қиздириб, шу температурада  $6\text{—}8$  соат ушлаб турилади, сўнгра яна янги термик кучланишлар ҳосил бўлмаслиги учун секин совитилади.

Юқори температурали юмшатиш ҳам берилади. Бундан кузатиладиган асосий мақсад чўянинг қаттиқлигини камайтириш ва кесиб ишлашни осонлаштиришдан иборат. Бунинг учун чўян  $850\text{—}950^\circ\text{C}$  гача қиздирилади ва шу температурада бир неча соат ушлаб турилади. Бундан кутилган мақсад  $C_1$  ва  $C_2$  нинг графитга парчаланишини таъминлашдан иборатдир.

Механик хоссаларни яхшилаш учун ҳамда ишқаланиб емирилишга чидамликни ошириш учун меъёрлаш ўтказилади. Бунда ҳам материал  $850\text{—}950^\circ\text{C}$  гача қиздирилиб, шу температурада  $1\text{—}2$  соат ушлаб турилади, сўнгра ҳавода совитилади.

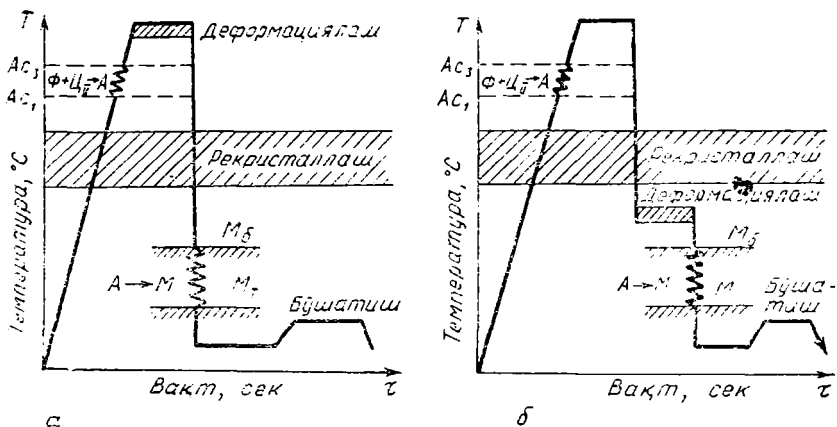
Тоблаш натижасида чўяннинг мустаҳкамлигини бироз бўлса ҳам ошириш мумкин, чунки тобланган чўян структурасида мартенсит билан бир қаторда графит ҳам бўлади. Тоблаш учун 840—900°C гача қиздирилиб, мойда совитилади.

Тобланган чўянга паст температурали (200—250°C) бўша-тиш берилса, ишқаланиб емирилишга бардошлилиги ҳамда қаттиқлиги сақланиб қолади. Бўша-тиш юқорироқ температурада (300—500°C) олиб борилса, қаттиқлик бироз камаяди, пластиклик эса ортади, структура троостит ёки сорбитдан иборат бўлади.

## 6. ПУЛАТЛАРГА ТЕРМОМЕХАНИК ВА МЕХАНОТЕРМИК ИШЛОВ БЕРИШ

Пулатларни тоблаб, кичик температурали бўша-тиш берилгандан кейин  $\sigma_v$  2000—2200 МПа га,  $\delta$  эса 3—4% эга бўлади. Машинасозлик амалиётида материалларнинг мустаҳкамлигини оширишга бўлган талаб ортиб бормоқда. Структурани майдалаш усули билан тобланган пулат мустаҳкамлигини 1,7—2,5 марта ошириш мумкин. Бунинг учун тоблаш ва деформациялаш жараёнлари маълум кетма-кетликда қўшиб олиб борилади.

Термомеханик ишлов бериш (ТМИ) пулатни аустенит структура ҳолатида пластик деформациялаш, сўнгра тоблаш дега-нидир. Агар деформациялаш юқори температура ( $A_{c3}$  дан юқори) да олиб борилса, бу жараён юқори температурали термомеханик ишлов бериш дейилади, агар деформация  $A_{c1}$  дан пастда аустенитнинг барқарор даврида олиб борилса, бу жараён кичик температурали ТМИ деб аталади (77-а, б расм).



77-расм. Юқори (а) ва паст температурада (б) термомеханик ишлов бериш технологиясининг схемаси.

ЮТМИ да пўлат  $As_3$  дан юқори температурада 20—30% *и*ластик деформацияланади, сўнгра товланиб, кичик температурали бўшатиш берилади. Бунда пачоқланган аустенит мартенситга парчаланади. Шунинг учун структура майда доначали мартенситдан иборат бўлиб, дислокация зичлиги ҳам сақланиб қолади. Бунинг ҳисобига мустаҳкамлик ( $\sigma$ ) 2400 МПа гача етади. Мустаҳкамликни бундан ҳам ошириш мумкин экан, лекин пачоқланган аустенит юқори температурада қайта кристалланишга (рекристалланишга) улгуради. ТМИ самарадорлигини ошириш мақсадида пластик деформация мартенситга парчаланмиш температурасидан юқори, қайта кристалланиш температурасидан пастда (400—600° С) олиб борилади, яъни ПТМИ қўлланилади (77-расм, б). Бундай ишлов натижасида мустаҳкамлик ( $\sigma_b$ ) 30000 МПа га, пластиклик эса 6—8% га тенг бўлади.

Тоблашдан кейин пластик деформациялаш усули билан ҳам мустаҳкамликни оширса бўлади. Бундай *термик ишлов механикотермик ишлов* деб аталади. Масалан, пулатни тросетинга тоблаб, у 90—95% га деформацияланса, мустаҳкамлик 5000 МПа га етади. Ана шу йўл билан юқори углеродли пўлатлардан пухта сим тайёрланади. Амалиётда баъзан мартенситга товлангандан кейин уни 3—5% деформациялаб, мустаҳкамлик 15—20% га оширилади.

Юза мустаҳкамлигини оширишнинг махсус аралаш усуллари ҳам бор. Масалан, юзадан ток ўтказиб деформациялаш, яъни электромеханик пластик деформациялаш ҳамда портлатиш ёрдамида юзани мустаҳкамлаш ана шу усулларга киради. Бу усуллар ёрдамида 0,1—0,15 мм қалинликдаги юпқа қатлам мустаҳкамлиги ортади, масалан, ана шу йўл билан ишланган кесувчи асбобнинг барқарорлиги 1,5—2,0 баробар ошади.

## 10- б о б. ПУЛАТЛАРГА КИМЕВИЙ-ТЕРМИК ИШЛОВ БЕРИШ

*Температура таъсирида пўлат юзасини ҳар хил кимёвий элементлар билан диффузион бойитиш кимёвий-термик ишлаш (КТИ) дейилади.* Бу жараёнда юзадаги миқдор ўзгаришлари сифат ўзгаришига олиб келади. Юза қатламнинг кимёвий таркиби ўзгариши қаттиқликнинг ошиши, ишқаланиб ёки коррозия эмирилишга, чарчашга чидамликни ошириш каби хусусиятларни вужудга келтиришга олиб келади. Юзага лазер нури, ион ва электрон дастасини таъсир эттириш йўли билан КТИнинг самараси оширилади.

КТИ да таркиб маълум даражада ўзгариши мумкин, яъни механик хосса фақат структурани ўзгартиришга боғлиқ бўлиб қолмайди. КТИ диффузион хусусиятга эга бўлган жараёндир. Температура, юза атрофида диффузияланадиган элементларнинг зичлиги ҳамда уларнинг таъсир этиш вақти шу жараённи белгилайди. Ҳозирги амалиётда энг кўп қўлланилаётган КТИ

турлари пўлат юзасини углерод ёки азот билан бойитишдир. Юза кремний, бор, никель, алюминий, хром каби элементлар билан ҳам бойитилади.

Пўлатдан ясалган машина воситаларининг юза қатлами таркибини ўзгартириш жараёни учта босқичдан иборат бўлиб, биринчи босқичда диффузияланадиган элемент атомлари активлаштирилади. Бунда асосан температура ҳал қилувчи аҳамиятга эга. Бунда активликни оширувчи қўшимча элементлар ҳам қўлланиши мумкин.

Иккинчи босқичда диффузияланадиган элементлар юзадаги микротекисликларга молекуляр яқинлашади, бошқача қилиб айтганда юзага сингийди. Бундай ҳол модификацияловчи элементнинг юзага адсорбиланиши деб аталади.

Учинчи босқичда юзага молекуляр яқинлашган актив атомлар юзага шимилади, натижада заготовканинг юзасида диффузияланган элементлар қатламларининг таркиби ҳар хил бўлиб қолади. Кейин актив атомлар металлнинг ички қатламларига диффузиялана бошлайди.

Материалларнинг КТИ дан кейинги юза қатламининг таркиб ҳолат диаграммаси бошланғич металл таркибининг ҳолат диаграммасидан албатта фарқ қилади.

Температура, юза қатламга сингдириладиган элементнинг асосий металл атомлари билан ўзаро таъсири ҳамда сингдириладиган элементнинг юза қатламларидаги миқдори маълум бўлса, олдиндан юзада қандай фазалар ҳосил бўлишини билиш мумкин. Юзадаги диффузион қатлам совирилгандан кейин қандай фаза ўзгаришлари содир бўлишини ҳам олдиндан айтиб бериш мумкин. Юзанинг жуда юнқа қатламларидаги бошқариш қийин бўлган таркибни лазер нури ёки электрон дастаси таъсирида аниқлаш мумкин. Бунда ҳосил бўладиган мураккаб метастабил фазалар ҳисобига юза хусусиятлари юқори кўрсаткичларга эга бўлади.

## 1. ПУЛАТ ЮЗАСИНИ УГЛЕРОДГА БОЙИТИШ

Маълумки, пўлатнинг товланиш қобилияти асосан углерод миқдorigа боғлиқ. Кам углеродли пўлатлар пластик деформацияланиш, кесиб ишланиш, пайвандланиш каби бир қатор яхши хусусиятларга эга. Пўлат таркибида углерод қанча кам бўлса, қаттиқлик ҳам шунча кам бўлади, масалан, пўлатда  $C < 0,3\%$  бўлса, товланиш самарадорлиги жуда камайд. Шунинг учун бундай пўлатларни яхши товланиши учун унинг юза қисми углеродга тўйинтирилади. Бундай жараён цементация, унинг муҳити эса карбюризатор деб аталади. Қаттиқ, суяқ, газ муҳитларидаги цементация ҳозирги амалиётда кенг қўлланилмоқда.

Одатда таркибида  $0,08—0,3\%$  углерод бўлган углеродли ёки легирланган пўлатлар цементацияланади. Цементацияланган юзадаги углерод миқдори  $0,8—1,0\%$  атрофида бўлади, юзадан ичкари қатламга қараб углерод миқдори камайиб боради. Ма-



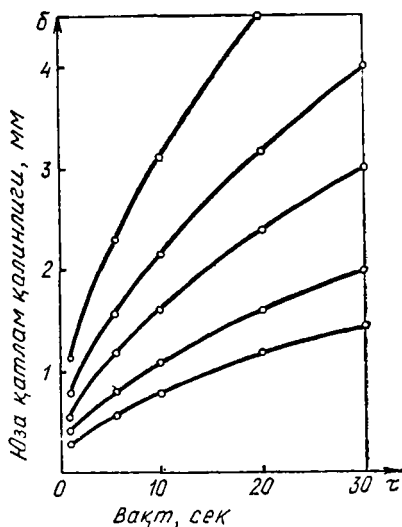
шина воситаларига қатор механик ишлов берилгандан кейингина улар цементацияланади, сўнгра тобланади ва паст температурада бўшатиш ўтказилиб, кейин яна механик ишлов бериллади.

Агар машина воситаларининг юзасида цементациялаш керак бўлмаган жойлари бўлса, ўша жойлар оловбардош лой ёки асбест билан ўраб қўйилади.

Цементацияланган қатлам хусусиятлари асосан температура ва шу температуранинг таъсир этиш вақтига боғлиқ бўлади. 78-расмда температура ва вақтнинг цементация қатлами ўсишига таъсири кўрсатилган. Цементация усули аниқлангандан сўнг температура ҳам белгиланади. Аммо шуни айтиш керакки, цементация температурасини аустенит структурасининг мавжудлик температураси белгилайди, чунки углерод аустенитда кўп эрийди, шунинг учун шу температурада углеродга бойитиш самарадорлиги каттадир. Юза қатлампидан ичкари қатламга борган сари углероднинг миқдори камайиб боради, яъни юздан ичкарига қараб қуйндаги структура қатламлари жойлашади:  $(\text{P}+\text{C}) \rightarrow (\text{P}+\text{F}) \rightarrow$  материалнинг ўзининг структураси. Юза қатламда углероднинг кўп бўлиши қатлам мўртлигини оширади. Шунинг учун цементациялашда юзадаги углерод миқдори 1,1—1,2% дан ошмаслиги керак.

Пўлатларни углеродга бойитиш таъмирлаш техникасида ҳам кўп қўлланилади. Бунда листа қўмир ёки тошқўмирнинг сўндирилган махсус новлари ҳамда активлаштирувчи бирикмалар қўйилади ва кокс билан биргаликда шихта материални ташкил қилади.

Шихтадаги  $\text{BaCO}_3$  углеродни атом ҳолида ажралиб чиқишни фаоллаштиради.  $\text{CaCO}_3$  эса шихта материалларини бир-бирига ёпишиб қолишдан сақлайди. Ишлатилган шихта материали эланиб, яроқли қисми яна янги шихта материалга қўшиб ишлатилади. Пўлатни қаттиқ муҳитда углеродга бойитиш одатда 920—950°C да олиб борилади. Пўлатни шу температурада ушлаб туриш вақти эса қатлам қалинлигига боғлиқ бўлади, масалан, қатлам қалинлиги 0,7—0,9 мм га тенг бўлса, юқори температурада ушлаб туриш



78-расм. Пўлат юзасини углерод билан диффузион бойитиш жараёнига температура ва вақтнинг таъсири графиги:

1—1000°C; 2 — 950°C; 3 — 900°C; 4 — 850°C; 5 — 800°C.

вақти 6—8 соатни ташкил қилади. Агар қатлам қалинлиги 1,2—1,5 мм га тенг бўлса, температурада ушлаб туриш вақти 9—14 соатни ташкил қилади. Аустенитнинг табиий майда доначалардан иборатлиги аниқ бўлса, тоблаш температурасини бироз кўтариш мумкин.

Газ (кўпинча  $\text{CH}_4$ ) ёрдамида юзани углеродга бойитиш қаттиқ муҳитдагига қараганда бир қатор афзалликларга эга. Бунда керакли қатлам қалинлигини таъминлаш осон, жараёни бажариш вақти кам ва уни механизациялаш ҳамда автоматлаштириш мумкин бўлади. Бундан ташқари, цементациялаш учун махсус ускуналар қўлланилмайди, шу печдан фойдаланиб, термик жараёнларни ҳам ўтказиш мумкин.

Суyoқ карбюризаторда цементациялашнинг қаттиқ муҳитли карбюризаторидагига нисбатан иш унумдорлигини 3—5 марта ошириш мумкин. Бунда кўпинча туз эритмаларидаги электролиз жараёнидан фойдаланилади. Машина воситаларининг ишчи юзалари бойитилгандан кейин тобланади ва кичик температурали бўшатиш ўтказилади. Цементацияланган қатлам таркиби мураккаб ҳамда унга қўйилаётган талаблар хилма-хил бўлганлиги учун термик ишлашнинг ўзинга хос усуллари вужудга келади. Цементация температураси юқори бўлиб, у узoқ вақт таъсир этганлиги сабабли заготовка ўрта қисмининг доначалари ўсиши мумкин. Термик ишлаш жараёнида структура тўғриланади ва юза қатлам ҳамда ўрта қисмдаги доналар майдаланади. Агар пўлат аустенитни табиий майда доначали структурага эга бўлса, у цементациядан кейин 840—860°C гача ҳавода совитилади, сўнгра сувда ёки мойда тез совитилади ва паст температурали бўшатиш ўтказилади. Агар пўлат аустенитнинг табиий доначаси ўсадиган бўлса, у ҳолда ўрта қисмининг структурасини майдалаш мақсадида икки марта тоблаш ўтказиш керак. Ўрта қисмининг структурасини тўғрилаш мақсадида биринчи тоблаш (ёки меъёрлаш ўтказса ҳам бўлади) 880—900°C да ўтказилади. Бунинг натижасида юза қисмдаги цементит тўри ҳам йўқолиши (эриши) мумкин.

Иккинчи тоблашда пўлат 760—780°C гача қиздирилади. Бунда цементацияланган қатлам мустаҳкамланади ва унинг қаттиқлиги ортади. Лекин бу технологик жараённинг бажарилиш вақти ортади, натижада маҳсулотнинг таннархи ошади.

Углеродли пўлатларнинг юза қатламининг қаттиқлиги тоблаш натижасида 60—64 HRC га, легирланган пўлатларники 58—61 HRC га тенг бўлади (легирилган пўлатлардаги қолдиқ аустенит ҳисобига қаттиқлик бироз кам бўлади). Ҳамма ҳолларда ҳам кичик температурали (160—180°C) бўшатиш берилади.

## 2. ПЎЛАТ ЮЗАСИНИ АЗОТ БИЛАН БОЙИТИШ

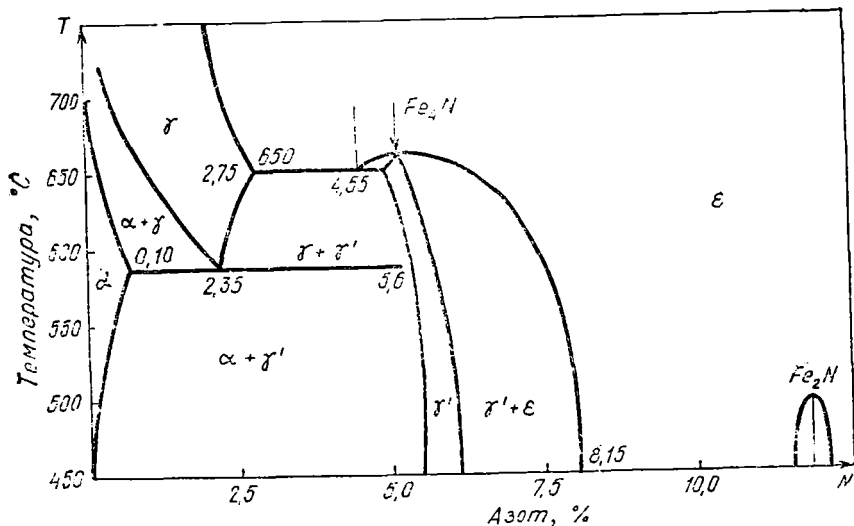
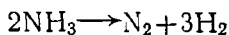
*Пўлат юзасини азот билан диффузион тўйинтиришга азотлаш деб аталади. Азот пўлат таркибидаги металллар билан*

Бирикиб, нитридларни ҳосил қилади. Металл нитридлари билан модификацияланган пўлат юзаси бир қатор махсус хусусиятларга эга бўлади, яъни нисбатан юқори температурада юза қаттиқлиги барқарор бўлади, чидамлилиги, ишқаланишдаги ёйилишга ҳамда коррозияга қаршилиги ортади. Азот билан бойитилган юза қаттиқлиги цементацияланиб, сўнгра тобланган юза қаттиқлигидан анча юқори бўлиб, юқори ишчи температурада (600—650°C) ҳам шу қаттиқлик сақланиб қолади. Маълумки, юзани цементациялаб, сўнгра паст температурали бўшатишда юза қаттиқлигининг барқарорлиги 180—220°C гача, яъни бўшатиш температурасигача сақланиб қолади.

Азотлаш жараёнида юзада ҳосил бўлаётган фазаларни таҳлил қилиш учун Fe—N диаграммадан фойдаланиш керак (79-расм). Юзани азот билан тўйинтиришда қуйидаги фазалар ҳосил бўлади: азотнинг  $\alpha$ -темирдаги қаттиқ эритмаси ( $\alpha$ -фаза); темирнинг  $\gamma$ -модификацияси асосидаги қаттиқ эритма ( $\gamma$ -фаза); темир нитридлари ( $\text{FeN}$ ,  $\text{Fe}_3\text{N}$ ) асосидаги қаттиқ эритмалар ( $\gamma$ -ва  $\epsilon$ -фазалар); 450°C температурада азот миқдори 11,35% бўлганда  $\text{Fe}_2\text{N}$  ҳам ҳосил бўлиши мумкин.

591°C да  $\gamma$ -фаза эвтектоид реакциясига биноан иккита қаттиқ фазаларга парчаланади:  $\gamma \rightarrow \alpha + \gamma'$  натижада азотли перлит ҳосил бўлади.

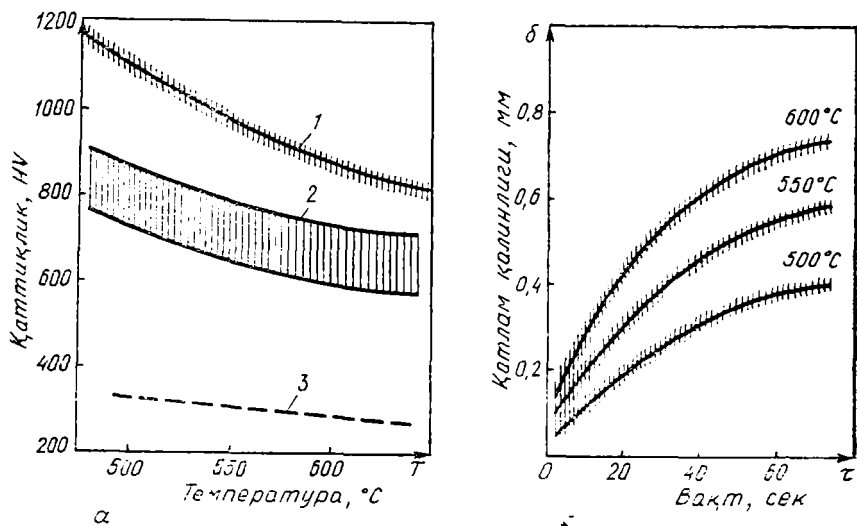
Бойитилган юза атрофида актив азот атомларини ҳосил қилиш учун аммиак юқори температурада парчаланади:



79- расм. Темир — азот ҳолат диаграммаси.

Азотлаш жараёнининг тезлиги актив азот атомларининг ҳосил бўлиш тезлигига боғлиқ. Азотлаш температураси эвтектонидан пастда ва юқорида бўлиши мумкин. Юзада ҳосил бўлаётган фазаларнинг кетма-кетлиги азотлаш температурасига боғлиқ бўлади. Эвтектонидан паст температурада  $\epsilon \rightarrow \gamma' \alpha$  ўзгариш содир бўлади, эвтектонидан юқори температурада  $\alpha \rightarrow \gamma + \gamma' + \epsilon$  қатлам ҳосил бўлади. Тез совиш натижасида  $\gamma$ -фаза парчаланиб,  $\alpha + \gamma'$  структурани ҳосил қилади.

Ҳар қандай углеродли пўлатлар ва ҳатто чўянларнинг юзаларини азот билан тўйинтириш мумкин. Лекин бунда юза хоссаларини фақат темир нитриди белгилайди. Темир нитридининг қаттиқлиги эса бошқа металлларнинг (Cr, Al, Ni, Ti ва ҳоказо) нитридларига қараганда анча кам (80-а расм). Шунинг учун одатда ўрта углеродли легирилган пўлатларга азотлаш технологияси қўлланилади, чунки бунда легирловчи элементларнинг нитридлари ҳосил бўлиб, юза юқори қаттиқликка ва махсус хусусиятларга эга бўлади. Бундан ташқари азотлаш узоқ давом этадиган жараён (1,5—2,5 сутка) бўлиб, бунда қуйидаги кетма-кетликка риоя қилинади. Пўлатларга азотлашдан олдин термик ва ҳамма механик ишловлар берилган бўлиши керак. Урта углеродли пўлатларга термик ишлов берилганда бўшашиш температураси азотлаш температурасидан юқори бўлиши керак, яъни пўлат сорбнт структурага эга бўлиши керак. Азотлаш шарт бўлмаган қисмлар қалай ёки суюқ ойна билан қопланади. Жуда кам ҳоллардагина азотлашдан сўнг нозик жил-



80-расм. Азотлаш температурасининг юза қаттиқлигига таъсири (а) ҳамда қатлам қалинлигининг температурага боғлиқлиги (б):

1 — 38Х2МЮА пўлат; 2 — легирилган конструкция (0,2—0,4% С); 3 — углеродли пўлатлар

вирлаш ўтказилади. Азотлаш жараёни одатда 520—530°C да олиб борилади (80-б расм). Баъзи вақтда жараёни тезлаштириш мақсадида азотлаш икки поғонада, яъни аввал 500—520°C да, сўнгра 540—600°C да олиб борилади. Бундай усул қаттиқликни камайтирмайди, керакли қатламни олиш анча тезлашади. Азотлангандан кейин пўлатлар аммиак муҳитида печь билан биргаликда совитилади.

### 3. ПУЛАТ ЮЗАСИНИ АЗОТ ВА УГЛЕРОДГА БОЙИТИШ

Пўлат юзасини бир вақтда азот ва углеродга бойитишдан мақсад жараён самарадорлигини ҳамда қатлам юзалари қаттиқлигини ва емирилишга чидамлилигини оширишдан иборат.

Юзани углерод ва азот билан бойитишнинг иккита усули мавжуд. Иккала усул бир-биридан жараён олиб бориладиган муҳит билан фарқ қилади. Биринчи усул нитроцементациялаш, иккинчиси эса цианлашдир.

Нитроцементацияни баъзан газ ёрдамида цементациялаш деб ҳам аталади. Нитроцементациялашда юза углерод билан биргаликда азотга ҳам бойитилади. Лекин бойитилган юзада углероднинг миқдори доимо кўп бўлишини назарда тутиб, нитроцементация газ муҳитида цементациялаш деб аталади.

Энг муҳими нитроцементация температураси цементация температурасидан 100°C ча кам (800—850°C) бўлиб, углероднинг диффузияланиш тезлиги азот муҳитида катта бўлади. Шунинг учун нитроцементация жараёнида бир томондан юза хусусиятлари яхшиланса, иккинчи томондан жараённинг тезлашиши ҳисобига унумдорлик ортади.

Нитроцементациядан кейин тоблашни тўғридан-тўғри шу температурадан ёки биров ҳавода ушлаб туриб (температура 800—820°C гача камайгунча) сўнгра тез совитилади. Машина воситалари мураккаб шаклга эга бўлиб, унга қўйиладиган талаблар катта бўлса, алоҳида тоблашни ҳам қўллаш мумкин. Лекин қандай тоблашни қўллашдан қатъи назар, паст температурали бўшатиш ўтказилади (160—180°C). Шунинг учун структура майда мартенсит кристаллари ва нисбатан текис тарқалган 25—30% карбид фаза ҳамда қолдиқ аустенитдан иборат бўлади.

Турли пўлатларнинг юза қатламларидаги углерод ва азотнинг умумий миқдори 1,0—1,65% гача бўлиши мумкин. Бу миқдорларнинг энг яхши нисбатларида нитроцементациядан кейин қаттиқлик (HRC) 58-64 (ёки HV=570—690) га тенг бўлиши мумкин.

Нитроцементациянинг яна бир муҳим хусусияти шундаки, жараён давомида машина воситалари нисбатан камроқ деформацияланади, яъни маҳсулот геометрик шакли қийшайишининг олди олинади. Экология, техника хавфсизлиги, санитария ва

гигиена жиҳатидан ҳам суяқ муҳитли карбюратор қўллашга қараганда бирмунча усулнинг бор.

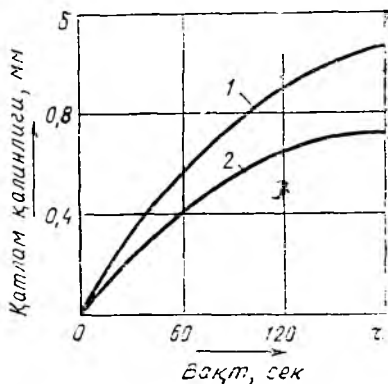
Цианлаш суяқ муҳитда ўтказилади. Суяқ муҳит—циан (циан бирикмалари) тузлари эритмалари ( $\text{KCN}$ ,  $\text{NaCN}$ ) дан иборат бўлиб, жараён  $820\text{—}860^\circ\text{C}$  температурада олиб борилади (81-расм). Бунда диффузион қатлам қалинлиги  $0,15\text{—}0,35$  мм ни кил қилади. Юқори температурали ( $930\text{—}950^\circ\text{C}$ ) цианлашда диффузион қатламни 2 мм га етказиш мумкин. Пўлатлар цианлаш муҳити температурасидан тўғридан-тўғри тобланиб, уларга паст температурали бўшатилар ( $180\text{—}200^\circ\text{C}$ ) бериларди. Бунда қатлам нисбатан юпқа бўлиб, қаттиқлиги  $58\text{—}62$  (HRC) га тенг. Йирик машина воситаларининг қатлам қалинлигини ошириш мақсадида юқори температурали ( $920\text{—}930^\circ\text{C}$ ) цианлаш ўтказилади.

Цианлаш эритмалари нисон учун хавфли бўлганлиги сабабли, ишлаб чиқаришда нисбатан кам қўлланиларди, чунки техник хавфсизлиги қондаларига риоя қилиш шартдир.

#### 4. ЮЗАНИ ДИФФУЗИОН ТЎЙИНТИРИШ

Машина воситаларининг ишчи юза қисмларининг иш унумини ошириш учун у бир қатор элементлар (Al, Ti, B, Cr, Zr ва ҳоказо) билан диффузион бойитиларди. Масалан, машинасозликда штампларни, ҳар хил пресс-формаларни, кесувчи асбоблар юза қисмларининг қаттиқлиги уларнинг ишлаш унумини белгилайди. Юқори температурада қум, тупроқ шароитида ишлайдиган материалларнинг юзаси бор элементига тўйинтириларди. Юзани бор билан тўйинтиришда юқори температурали суяқ ( $\text{Na}_2\text{H}_4\text{O}_7$ ,  $\text{BCl}$ ), газ ( $\text{Ba}_2\text{H}_6$ ,  $\text{BCl}_3$ ) ва кукун ҳолдаги бор бирикмаларидан фойдаланиларди. Бунда юза қаттиқлиги (HV=2000) ҳосил бўлган темир боритлари ( $\text{FeB}$ ,  $\text{Fe}_2\text{B}$ ) ҳисобига ошиб, қатлам қалинлиги  $0,1\text{—}0,4$  мм ни ташкил қиларди.

Машинасозликда бор элементи билан юзани бойитиш раёни суяқ эритмаларни электролиз қилиш усули билан олиб бориларди. Бунда суяқ эритманинг температураси  $930\text{—}950^\circ\text{C}$  га тенг бўлиб, жараён 2—6 соат давом этади. Газ муҳитида бор билан юзани бойитиш нисбатан пастроқ температурада олиб борилади ва 2—6 соат давом этади. Бойитилардиган юзага кукун ёки паста суртиб, старли даражада қиздирилса (масалан, юқори тебранишли ток ёрдамида), қисқа вақт ичда қатлам



81-расм. Цианланган қатлам қалинлиги вақт бўйича ўзгариши графиги (1— $940^\circ\text{C}$ ; 2— $840^\circ\text{C}$ ).

Бор элементиға бойийди. Юза бор элементи билан диффузион бойитилгандан кейин охирги механик ишлов берилади.

Агрессив мухитларда ишлайдиган машина воситаларини коррозияға бардошлилигини ошириш ҳамда юқори температурда ишқаланишдаги ейилишға бардошлилигини таъминлаш мақсадида юза қатлам кремний элементиға бойитилади. Диффузион жараён олиб бориладиган мухит сифатида кукун (ферросилиций) ёки газ (хлор мухитидаги кремний карбидлари) дан фойдаланилади. Бунда температура анча юқори (950—1100°С) бўлиб, жараён 2—12 соат давом этади.

Машинасозлик саноатида кейинги вақтда пўлат юзасини бир ёки бир неча металл билан диффузион бойитиш қўлланилмоқда. Металл диффузияси юқори температурада ҳам жуда секинлик билан боради. Бунда бойитувчи мухит сифатида суюқ металл ёки унинг тузларидан фойдаланилади. Газ мухити ва вакуумда юзани металл билан бойитиш (металлизация) мумкин. Масалан, металл юзасини алюминий ва хромға бойитиш мумкин, бир йўла бир неча элементлар билан бойитилганда диффузия катта унумға эга бўлади. Масалан, хром ва алюминийға титан, ванадий, мис, вольфрам, цирконий ёки металл бўлмаган элементлар ҳам қўшиб бойитиш жараёни олиб борилади.

Юзани алюминий билан диффузион бойитишда юза қатламининг ишлаш унуми алюминийнинг темир билан ҳосил қилган қаттиқ эритмаси  $Fe_2Al$  ҳисобига ортади. Бойитиш мухити сифатида суюқ фаза, кукун ҳолидаги масса аралашмаси (алюминий ва алюминий оксиднинг кукун аралашмаси) ва аммоний хлорид ишлатилади. Аввал юпқа алюминий қопламасини олиб, сўнгра пўлатни юмшатиш ҳам мумкин. Бунда суюқ мухитдаги температура 720°С га ва кукун аралашмасидаги температура 1050°С га тенг. Бойитилган қатлам қалинлигига қараб, жараён 15 минутдан 12 соатгача давом этиши мумкин. Углеродли пўлатларнинг юза қисми алюминий билан бойитилганда унинг оловбардошлилиги ҳамда коррозия эмирилишга чидамлилиги ортади.

Ҳар қандай пўлатдан ясалган машина воситаларининг юзалари хром элементи билан бойитилса, юқори температурада оксидланиб, куйинди ҳосил бўлишиға қаршилиги ҳамда агрессив мухитдаги зангбардошлилиги ортади. Агар буюм ўрта углеродли пўлатдан ясалган бўлса, юза қатламининг қаттиқлиги ва ишқаланиб ейилишға қаршилиги ортади. Бойитадиган мухит кукун ҳолда бўлиб, феррохром, алюминий оксид ва алюминий хлорид аралашмасидан иборат. Бу аралашмага кўмилган буюм 250—1100°С температурада 6—12 соат давомида қиздирилади. Юзада жуда юпқа (0,025—0,03 мм) хром карбид қатлами ҳосил бўлади, унинг қаттиқлиги (HV) 1200—1300 ни ташкил қилади.

Машина воситаларининг ишчи юзаларини бир йўла бир неча

металл ва металл бўлмаган элементлар билан ҳам бойитиш мумкин. Масалан, қаттиқ қотишмадан ясалган кесувчи асбобнинг ишчи юзаси хром билан титанга, ишқаланадиган юзалари эса хром ва кремнийга бойитилади ва ҳоказо. Юзани бир тўда элементлар билан бойитишнинг биргина элемент билан бойитишга қараганда самарадорлиги катта. Лекин бундай бойитиш анча мураккаб жараён бўлганлиги учун машинасозликда кам қўлланилади.

## 5. ТЕРМИК ИШЛОВ БЕРИШ ЖИҲОЗЛАРИ

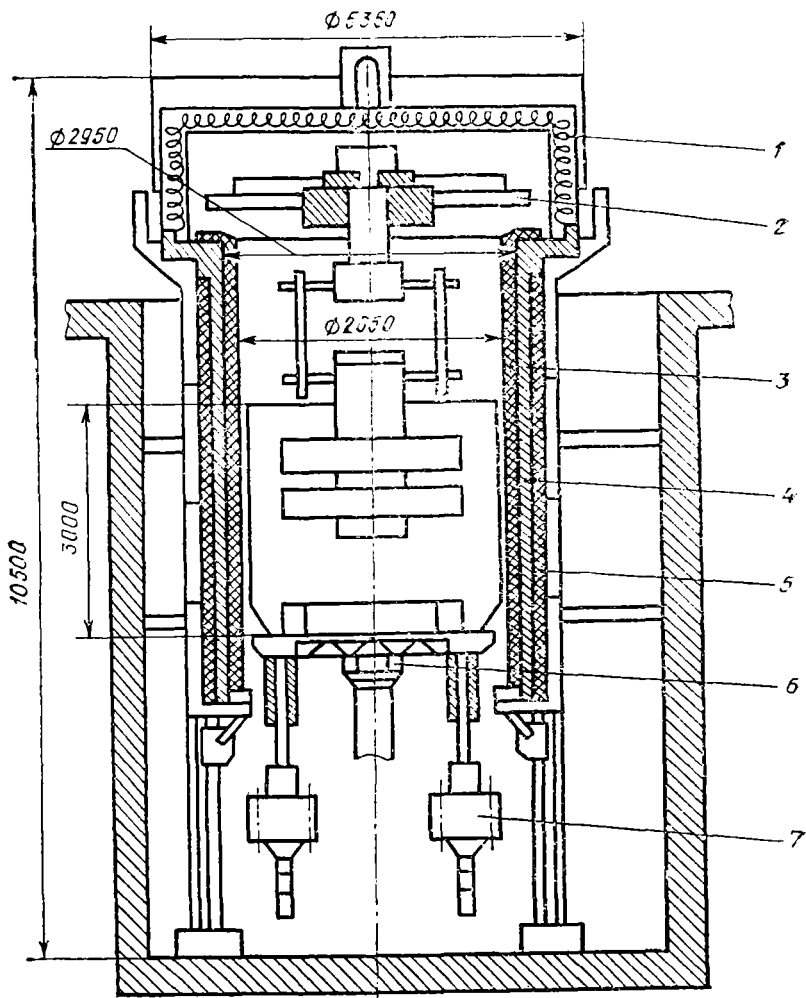
Маҳсулотнинг сифати термик ишлаш учун жиҳоз ва ускуналарнинг тўғри танланишига ҳам боғлиқ бўлади. Термик ишлаш цехларининг жиҳозлари асосан ҳар хил печлардан иборат, кўплаб ишлаб чиқаришларда эса бу печлар махсус агрегатлар таркибига киради. Жараёнлар эса механизациялаштирилган ва автоматлаштирилган бўлади.

Ҳозирги вақтда соф термик ишлов бериш учун қиздиришда ёпиқ (камерали) печлар ишлатилади. Баъзан бу печлар термик ишлов бериш учун мўлжалланган агрегатлар таркибига киритилган бўлади. Камерали печлар оддий ҳаво ёки махсус газ аралашмалари муҳитида ҳам ишлай олади. Термик ишлаш учун қўлланиладиган махсус агрегатлар таркибига кирган печлар филоф билан қопланган бўлиб, ички томонга оловбардош гишт териб чиқилган бўлади. Печнинг ички қисми электр иситувчилар ёки газ пуфлагичлар ёрдамида ёндириб берувчи ускуна — форкамералар билан жиҳозланган бўлади. Агрегатлар иситиш ва совитишни бошқариш ҳамда заготовкларнинг ҳолатини ўзгартириб туриш, уларни печга жойлаш ва печдан чиқариш учун мўлжалланган махсус ускуналар билан жиҳозланган бўлади. Агрегатлар таркибида газларни тақсимлайдиган, унинг таркибини текширадиган ва керакли газлар билан тўлдирадиган махсус ускуналар ҳам бор.

Термик ишлов бериш ускуналаридан бири шахтали печь бўлиб, унинг деворлари оловбардош материаллар билан қопланган, деворининг ташқари томони иссиқликни сақлаб турадиган материал ва металл филоф билан қопланган бўлади. Бундай печларнинг ишчи температураси автоматик равишда бошқариб турилади. Одатда бундай печлар катта ўлчамга эга бўлган заготовклар учун қўлланилади (валлар, тишли гилдираклар ва ҳоказо). Ана шундай печларнинг тузилиш схемаси 82-расмда келтирилган.

Ҳозирги машинасозлик корхоналарида тоблан-бўшатиш жараёнларини тўхтовсиз ўтказадиган махсус агрегатлар ўрнатилган. Бундай агрегатлар таркибига тоблаш печи, совитиш муҳити сақланадиган идиш, ювадиган махсус ускуна ҳамда бўшатиш учун мўлжалланган печь ва совитиш хонаси киради. Агрегат таркибидаги печлар айланма шаклида ҳамма томондан





82- расм. Шахтали электр печ:

1 — олиннадиган қопқоқ; 2 — осма таянч; 3 — иситувчи мослама; 4 — ички муфель; 5 — муҳофаза қилувчи муфель; 6 — елпигич; 7 — совитгич.

газ билан қиздирилади. Унинг таркибига заготовкларни печга юклар турадиган ускуна ҳам киради.

Газ муҳитида углеродга бойитиш ва нитроцементациялашда пастки қисми ҳаракатланадиган агрегатлар қўлланилади. Бундай агрегатларнинг пастки қисмини, яъни заготовка юкланган қисмини итариб чиқарадиган махсус мослама билан жиҳозлан-

тан бўлиб, олиб бориладиган жараён тўла автоматлаштирилгандир.

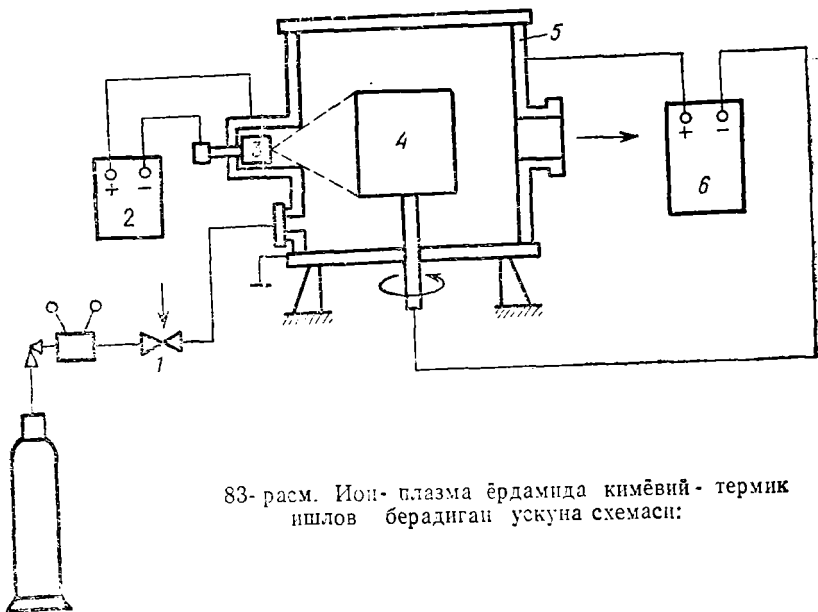
Майда заготовкаларга термик ишлов бериш учун доира шаклидаги электр печлардан ёки конвейер печлардан кенг фойдаланилади.

Тайёрланаётган буюм — заготовкаларни қиздириш учун туз эритмалари билан тўлдирилган махсус ванналардан ҳам фойдаланилади. Бу усул бир қатор афзалликка эга: буюм бутун ҳажми бўйича бир хилда иситилади, иситиш тезлиги катта, буюмнинг маълум қисминигина қиздириш мумкин, кимёвий реакциялардан муҳофаза қилинади ва ҳоказо. Тошкент асбоб-созлик заводида ана шундай жиҳозланган махсус термик ишлов бериш бўлими мавжуддир.

Термик ишлов бериш жараёнини тезлаштирадиган ускуналарга вакуум печлари, индукцион ток билан ишлайдиган агрегатлар, лазер ҳамда электрон дастаси билан ишлайдиган махсус агрегатлар киради.

Кейинги вақтда кимёвий термик ишлов беришга катта аҳамият берилмоқда. Машинасозлик, асбобсозлик, таъбиот амалиётида плазма ёрдамида ишлайдиган «Булат» деб аталувчи ускуна кенг қўлланилмоқда (83- расм).

Бундай ускуналар ёрдамида заготовка юзасида тоза металл ёки турли кимёвий бирикмалардан иборат махсус қопламаларни ҳосил қилиш мумкин (титан, цирконий нитридлари, махсус оксидлар ва ҳоказо).



83- расм. Ион- плазма ёрдамида кимёвий - термик ишлов берадиган ускуна схемаси:

## 11-б о б. КОНСТРУКЦИОН ПЎЛАТ ВА ҚОТИШМАЛАР

Конструкцион пўлатлар машина воситалари ва конструкциялари ҳамда иншоотларни қуришга мўлжалланган. Конструкцион машинасозлик пўлатларига махсус хусусиятли — ишқаланишга бардош берадиган пружиналар тайёрланадиган, зангбардош, словбардош, иссиққа чидамли ва бошқа шунга ўхшаш пўлатлар ҳам киради.

Машина воситалари ва конструкциялари юқори динамик куч, юқори кучланиш ва манфий температура таъсирида ишлаши мумкин. Ана шу шароитлар машина қисмларининг мўрт емирилишига сабаб бўлиши мумкин. Натижада машинанинг унумли ишлаш шароити йўқолади.

Конструкцион пўлатларнинг оқувчанлик чегарасидаги кучланишлари ( $\sigma_{0,2}$ ) юқори бўлиши керак, чунки у машина воситалари ва конструкцияларининг асосий характеристикасидир. Машина воситалари ва конструкцияларини яратиш ҳисобларида пўлатларнинг пластиклиги ( $\delta$ ,  $\psi$ ), мўрт емирилишга қаршилиги (КСИ, КСТ) ва совуқлайини синашнинг энг кичик температура чегараси каби характеристикалар инobatга олинади. Машинанинг узоқ вақт ишлай олиши чарчашни натижасида емирилишга, ишқаланиш ва коррозияга қаршилиқ кўрсатишига ҳам боғлиқ. Булар ҳаммаси пўлатнинг конструкцион мустаҳкамлигини белгилайди.

Мустаҳкамлик ( $\sigma_{0,2}$ ) оширилса, қовушоқлик ва пластиклиги камайди. Фақат дончаларни майдалаш усулигина мустаҳкамликни ошириш билан биргаликда қовушоқликни оширади. Шунинг учун конструкцион машинасозлик пўлатлари майда дончали бўлгани маъқул.

Ҳозирги вақтда машинасозликда ишлатилаётган пўлатларнинг турлари 2000—2500 га етади. Пўлат тамғасида (маркасида) унинг синфлари хусусиятлари ҳақидаги бошланғич маълумотлар берилади.

### 1. КОНСТРУКЦИОН ПЎЛАТЛАР СИНФИ

Конструкцион пўлатлар кимёвий таркиби, ишлаб чиқариш усули, ачитиш даражаси, ишлатиш соҳаси ҳамда структурасига қараб бир қанча синфларга бўлинади.

Кимёвий таркибига биноан пўлатлар углеродли, хромли, никелли, кремнийли ёки хром-никелли, кремний-марганецли пўлатларга бўлинади.

Ишлаб чиқариш усули бўйича пўлатлар шу усул номи билан аталади (мартен пўлатлари, конвертор пўлатлари, электротепеч пўлатлари ва ҳоказо). Ачитиш жараёнининг боришига кўра пўлатлар тинчлантирилган, ярим тинчлантирилган ёки қайнаётган пўлатларга бўлинади.

Пўлатлар сифати зарарли элементлар — фосфор ва олтингургурт миқдори билан белгиланади ва тўртта синфга бўлинади: 1) оддий сифатли пўлатлардаги фосфор миқдори ҳам, олтингургурт миқдори ҳам 0,06—0,07% дан ошмаслиги керак; 2) сифатли пўлатлар асосан мартен печларида олинади. Пўлат таркибидаги олтингургурт ва фосфорнинг миқдори 0,035—0,04% дан ошмаслиги керак. Бу синфга мансуб бўлган пўлатлардаги углерод миқдори текшириб борилади. Ҳар бир тамғадаги пўлат таркибидаги углерод миқдорининг ўзгариши 0,08% дан ошмаслиги керак; 3) юқори сифатли конструкцион углеродли пўлатлар таркибидаги зарарли элементларнинг миқдори алоҳида олинганда 0,025% дан ошмаслиги керак; 4) махсус юқори сифатли пўлатларда эса зарарли элементлар ҳар бирининг миқдори 0,015% дан ошмаслиги керак. Бундай пўлатларнинг зарбий қовушоқлиги яхши бўлади, паст температураларда ҳам ишлай олади, юқори чидамликка эга.

Пўлатни зарарли элементлардан тозалаш жуда машаққатли иш бўлиб, қўшимча технологик жараён талаб этилади. Ҳозирги вақтда пўлат тозалашнинг махсус усуллари мавжуд. Масалан, пўлатлар вакуумли индукцион печларда қайтадан эритилади. Электр ёйи ёрдамида қайта эритиш усуллари ҳам мавжуд. Баъзан электрошлак усулида қайта эритилган пўлат вакуумда электр ёйи усулида яна қайта ишланади. Электрон-нур ҳамда қуёш энергияси таъсирида қайта эритиш йўли билан ҳам пўлатнинг сифатини ошириш мумкин.

Конструкцион пўлатлар тамғасида пўлат таркибидаги углероднинг 0,01% аниқликдаги миқдори сонлар билан белгиланади. Асбобсозлик пўлатлари учун эса углерод 0,1% аниқликда бутун сонлар билан белгиланади. Масалан, пўлат 20 да углероднинг миқдори 0,17—0,24%, яъни ўртача 0,2% га тенг, асбобсозлик пўлатлари У10 даги углероднинг миқдори 0,95—1,05%, яъни ўртача 1,0% га тенг. Легирланган пўлат тамғасидаги сонлардан кейин легирловчи элемент номининг рус алифбосидаги бирор ҳарфлари қўйилади, масалан, Б — ниобий, В — вольфрам, Г — марганец, Д — мис, К — кобальт, М — молибден, Н — никель, П — фосфор, Р — бор, Т — титан, С — кремний, Ф — ваннадий, Х — хром, Ц — цирконий, Ю — алюминий. Бу ҳарфлардан кейин уларнинг ўртача миқдорини билдирувчи бутун сонлар қўйилади. Легирловчи элементнинг миқдори 1—1,5% дан кам бўлса, сон қўйилмайди. Масалан, пўлатнинг маркаси 20Х деб белгиланган бўлса, унда углероднинг ўртача миқдори 0,2%, хромнинг миқдори эса 1,0—1,5% лигини кўрсатади. Агар пўлатнинг маркаси 14Г2 бўлса, углероднинг ўртача миқдори 0,14%, марганецники эса 2,0% лигини кўрсатади ва ҳоказо (легирловчи элементларнинг аниқ миқдори ГОСТ да белгиланган).

Оддий сифатли ҳамда сифатли пўлатларда сифат белгиси қўйилмайди, улар тамғалаш тартиблари билан фарқ қилади.

Лекин юқори сифатли ва махсус юқори сифатли пўлатларни тамғалашда сифат белгиси қўйилади. Юқори сифатли пўлатлар тамғасининг охирига «А» ҳарфи (12А ёки 12ХН3А) қўйилади. Махсус юқори сифатли пўлатлар жуда кам ҳолларда ишлатилади. Кейинги вақтда синтетик шлак ёрдамида қайта эритиш усули билан махсус юқори сифатли подшипник материали олинмоқда. Масалан, ШХ15-Ш, ШХ15СГ-Ш пўлатидаги (5632-72 ГОСТ) охирига «Ш» ҳарфи сифат белгиси ёки махсус синтетик шлак усулида қайта эритиш усули билан олинганлигини билдиради, бошидаги «Ш» ҳарфи эса шарикли (золдирли) подшипник эканлигини билдиради.

Автомат ҳамда ярим автомат дастгоҳларда бир йўла бир неча асбоб билан заготовкаларга ишлов берилади. Бунда материалнинг кесиб ишлаш хусусиятлари барқарор бўлиши керак. Лекин S ва P зарарли элементлар айнан шундай хусусиятларни беради. Шунинг учун автомат пўлатлар (автоматик ҳамда яримавтоматик дастгоҳларда ишлов бериладиган пўлатлар) да S ва P нинг миқдори анча кўп бўлади, яъни механик хусусиятларнинг бироз йўқотилиши ўрнига кесиб ишлаш хусусиятлари яхшиланади. Ана шу мақсадда қўрғошин ҳам қўшилади, масалан, бундай пўлатлар қўйидагича маркаланади: А12, А20, АС11, АС12НХ, АС40. Бу ерда А — автомат пўлат эканлини билдирса, С эса қўрғошин қўшилганлигини билдиради, сонлар эса 0,01% аниқликдаги углерод миқдорини кўрсатади. Пўлат маркасининг охирида «Л» ҳарфи бўлса, бундай пўлат қўйиш учун мўлжалланганлигини билдиради (махсуслаштирилган пўлат, масалан, 20Л, 30Л, 40Л ва ҳоказо).

Пўлатларни тамғалаш ҳарфлардан ҳам бошланиши мумкин. Масалан, Ш — золдирли подшипник пўлати, Р — тезкесар пўлат, Э — электротехник пўлат, А — автомат ва яримавтомат дастгоҳларда кесиб ишланадиган пўлат (кесиб хоссалари барқарорлаштирилган), Е — магнитли қаттиқ пўлат. Бундан ташқари, ҳали ГОСТ га киритилмаган, текшириш-изланиш жараёнини ўтаётган пўлатлар ҳам ишлаб чиқаришда учраши мумкин. Бундай пўлатлар одатда ЭИ (экспериментально-исследовательская) ҳарфлардан бошланиб, мутахассислар томонидан белгиланган маълум тартибдаги сонлар билан белгиланади.

Ишлатилиш соҳаси бўйича ҳам пўлатлар синфларга бўлинади: қурпилиш пўлатлари, машинасозлик-конструкция пўлатлар, асбобсозлик пўлатлари, махсус физик ёки кимёвий хоссаларга эга бўлган пўлатлар ва ҳоказо.

Пўлатлар структурага биноан ҳам синфларга бўлинади. Масалан, юмшатирилган ёки нормалланган пўлатлар. Бундай пўлатлар легиrowлвич элементлар тури ва термик ишланишига қараб феррит, перлит, аустенит, ледебурит, мартенсит синфига кириши мумкин.

## 2. УГЛЕРОДЛИ КОНСТРУКЦИОН ПУЛАТЛАР

Углеродли конструкцион пўлатлар машинасозликда энг кўп қўлланиладиган пўлатлар бўлиб, металлургия саноатидаги ҳамма ишлаб чиқарилаётган пўлатларнинг қарийб 80% ини ташкил қилади. Бундай пўлатларнинг таннархи арзон бўлиб, етарли даражада яхши механик ва технологик хусусиятларга эга. Бундай пўлатлар катта тезликда совитиш билан товланади, лекин тоблаш чуқурлиги катта эмас (12—15 мм), бўшатилганда яхши барқарорлиги ҳам кам.

Углеродли конструкцион пўлатлар сифати жиҳатидан бир неча синфларга бўлинади.

Оддий сифатли конструкцион пўлатлар А, Б, В группаларга бўлиниб, улар механик хусусиятлари ҳамда кимёвий таркиблари билан бир-бирларидан фарқ қилади.

А группидаги пўлатларнинг механик хоссалари тартибга солинган, кимёвий хоссалари аниқ белгиланмаган. Бундай пўлатлар шундайгина маркаланади: Ст0, Ст1, Ст2, ..., Ст6, Ст7.

Б группидаги пўлатларнинг кимёвий хоссалари тартибга солинган, механик хоссалари эса аниқ белгиланмаган. Бундай пўлатларнинг маркази олдинга синф белгиси қўйилади: БСт4, БСт4кп, БСт5 ва ҳоказо.

В группидаги пўлатларнинг ҳам механик, ҳам кимёвий хоссалари аниқ тартибга солинган. Бундай пўлатлардан ҳар қандай қайта ишлаш йўли билан (пайвандлаш, термик ишлов бериш) машина конструкцияларини яшаш мумкин. Улар қуйидагича маркаланади: ВСт3 ёки ВСт5 ва ҳ. к. Оддий сифатли углеродли пўлатлар огирмас шароитда ишлайдиган машина конструкцияларини яшашда кенг қўлланилади. Масалан, Ст5, Ст6 пўлатлардан трамвай ва поезд излари ясалади. Йўл қурилиш машиналари ва қишлоқ хўжалиги машиналарининг вал, тишли филдирак, маҳкамлаш элементлари каби кўп воситалари тайёрланади.

Сифатли конструкцион пўлатларда зарарли элементларнинг миқдори кам бўлганлиги учун уларнинг механик хоссалари ва кимёвий таркиби анча барқарордир. Бундай пўлатлар машинасозлик корхоналарига ҳар хил геометрик шаклда жўваланган ёки босим остида ишланган ярим фабрикат ҳолатида келтирилади, кимёвий таркиби ҳамда механик хоссалари аниқ тартибга солинган бўлади. Улар машинасозликнинг жуда кенг жабҳаларида ишлатилади. Масалан, 08 кп, 05 кп, 10 кп лист пўлатлардан автомобиль томлари, қанотлари ҳамда филоф шаклидаги воситалар ишлаб чиқарилади, 10, 20, 25 пўлатлардан кам юк кўтарадиган валлар, тишли филдираклар каби воситалар тайёрланади. Урта углеродли сифатли пўлатлардан ўртача кучланишда ишлайдиган жавобгарлиги катта машина воситалари тайёрланади. Масалан, 30, 40, 45 пўлатлардан тақсимловчи валлар, филдиракларни ҳаракатга келтирувчи ярим ўқ, тирсак-

ли валлар, кучли тишли ғилдираклар ва шунга ўхшаш воситалар тайёрланади. Бундай пўлатлар тобланиб, юқори температурали бўшатиш берилса, қовушоқлик ва қаттиқликнинг энг самарали нисбати ҳосил бўлади.

Пружина, рессор каби воситаларни тайёрлаш учун пўлатлардаги углерод миқдори 0,5—0,6% дан кам бўлмаслиги керак (65, 70, 75, 80, 85) ҳамда кўндаланг кесим бўйича тоблаш мумкин бўлишлиги учун унга легирловчи элементлар (кўпинча марганец ёки кремний) қўшилади (60С, 65Г, 70 Г ва ҳоказо).

Юқори кучланишда ишлаши керак бўлган рессорлар ва эластик элементларни тайёрлашда 60С2ХА, 60С2ХФА пўлатлар ишлатилади. Оқувчанлик чегараси 1000МПа кучланишга тенг ёки ундан ортиқ бўлса, пружина ва рессорлар 70СЗА, 60С2ХА, 60С2Н2А пўлатлардан тайёрланади.

### 3. ЦЕМЕНТАЦИЯЛАНАДИГАН ҚОНСТРУКЦИОН КАМ ЛЕГИРЛАНГАН ПЎЛАТЛАР

Легирловчи элементнинг пўлат таркибидаги умумий миқдорига қараб, уларни учта синфга бўлиш мумкин: кам легирланган (умумий легирловчи элементлар миқдори  $Q < 5\%$ ), ўрта легирланган ( $Q = 5—10\%$  ҳамда юқори легирланган ( $Q > 10\%$ ) пўлатлар.

Кам легирланган цементацияланадиган пўлатларда одатда 0,1—0,3% углерод ҳамда 0,2—4,4% гача легирловчи элементлар бўлади. Бундай пўлатларнинг устки қатлами углеродга тўйинтирилиб, сўнгра термик ишлов берилади, бунда ўрта қисмининг қовушоқ ва пластиклиги сақлаб қолинади, натижада етарли даражадаги юза қаттиқлигига эришилади ( $HRC = 58—63$ ) Демак, бундай пўлатларнинг ишлаш олиши юза ва ўрта қисмининг механик хоссалари нисбатига боғлиқ бўлади. Машина воситаларининг ўрта қисмида оқувчанлик чегарасидаги кучланиш ошиб борган сари ишлаш қобилияти ҳам яхшиланиб бораверади.

Углерод ва легирловчи элементнинг миқдори ошиб борган сари ўрта қисмининг механик хоссалари ҳам ортиб боради (9-жадвал). Бундай пўлатлар тоблангандан кейини  $\sigma_{0,2}$  га қараб, шартли равишда икки синфга бўлинади: ўртача мустаҳкамлик ( $\sigma_{0,2} \leq 700$  МПа) ва юқори мустаҳкамлик ( $\sigma_{0,2} > 700$  МПа) га эга бўлган цементацияланадиган пўлатлар. 15Х, 20Х, 15ХФ пўлатлар ўртача мустаҳкамликка эга бўлган пўлатларга мисол бўлади. Цементациялаб тоблангандан кейин бундай пўлатларнинг ўрта қисмини мустаҳкамлиги ҳам ортади. Бу пўлатларнинг тоблаш чуқурлиги катта эмас, шунинг учун бундай пўлатлардан кўндаланг кесими унча катта бўлмаган машина воситалари тайёрланади.

Бу турдаги юқори мустаҳкамликка эга бўлган пўлатлар бир неча легирловчи элементлар билан легирланади. Масалан, 12ХНЗА, 20ХНЗА, 20ХН4А пўлатлардан юқори кучланишда ишлайдиган машина воситалари тайёрланади. Легирланган 18ХГТ, 30ХГТ, 2ХГТ пўлатлар қимматбаҳо хром-никелли пўлатларнинг ўрнини босиши мумкин.

Легирланган пўлатлар таркибидаги углероднинг миқдори 0,35—0,5% атрофида, легирловчи элементларнинг умумий миқдори 5% дан ошмайди. Улар катта тезликда куч йўналишини ўзгартириб, зарб таъсири остида ишлайдиган машина воситаларини тайёрлаш учун ишлатилади. Бундай пўлатларнинг оқувчанлик чегарасидаги кучланиши етарли даражада катта ҳамда етарли даражада қовушоқ бўлиши керак.

Пўлатдаги легирловчи элементларнинг сони ва миқдорлари қанча кўп бўлса, тоблаш чуқурлиги шунча катта бўлади. Заготовканинг ўлчам ва массаси катта бўлса, уни тайёрлаш учун ўрта ёки юқори легирланган пўлат қўлланилади. Пўлатнинг таркибида никелдан бошқа элементлар қанча кўп бўлса, мўртлиги шунча ошади. Бундай пўлатларнинг механик хоссалари тоблангандан кейин бериладиган бўшатиш температурасига боғлиқдир.

Ўртача кучланишда ишлайдиган машина воситалари ёки технологик ускуналарни тайёрлашда 30Х, 40Х, 45Х, 50Х каби хромли пўлатлар ишлатилади. Бунда углероднинг миқдори ортиб бориши билан пўлатнинг мустаҳкамлиги ортиб боради, лекин зарбий қовушоқлик ёки пластиклик анча камаяди. Бундай пўлатларни тоблаш чуқурлиги унча катта эмас (15—25 мм), улар бўшатишда мўртликка мойил бўлиб, нисбатан арзон туради. Шу сабабли бундай пўлатлар унча катта бўлмаган машина воситаларини тайёрлашда ишлатилади. Бу пўлатларга қўшимча равишда бор (0,0002—0,0058%) ва ванадий (0,1—0,2%) қўшилса, механик хосса ва қовушоқлиги сезиларли даражада ортади.

Пўлат кам миқдордаги кўп элементлар билан легирланганда таннархи арзон, жуда яхши механик хоссаларга эга мураккаб легирланган пўлатлар ҳосил бўлади. Масалан, хром-кремний-марганецли (30ХГСА, 35ХГСА) пўлатлар. Бу пўлатлар яхши пайвандланади, кесиб ишланади ва пластик деформацияланади, лекин тоблаш чуқурлиги унча катта эмас (25—40 мм). Бундай пўлатлар автомобиль ва қишлоқ хўжалиги машиналарини ишлаб чиқаришда кўплаб қўлланилади.

Никель ва хром билан легирланган пўлат (40ХН, 50ХН) лар етарли даражада юқори мустаҳкамлик ва жуда яхши зарбий қовушоқликка эга. Шунинг учун бундай пўлатдан кўпинча динамик куч таъсирида ишлайдиган машина воситалари тайёрланади. Пўлат таркибидаги никелнинг миқдори қанча кўп бўлса, тоблаш чуқурлиги ҳам шунча катта бўлади. Шунинг учун йirik заготовкalar учун танланган пўлат таркибида никелнинг



Таблица 1. Баъзи цементацияланадиган пўлатларнинг механик хоссалари ва термик ишлов берилиши

Механик хоссалар					Таблаш усули		Силини муш
№	МПа	МПа	%	КСП, МДЖ/м²	Температура, С		
					I таблаш	II таблаш	
700	500	12	45	0,7	980	770—820	Сув ёки Мо
750	550	13	50	0,8	880	760—810	—
1500	1300	9	40	3,0	880	850	Мой
1200	1100	10	45	0,8	860	—	—«—
950	700	11		0,9	860	760—910	—
1150	950	10	50	0,9	860	760—800	—«
1150	850	12	50	40	950	860	Ҳаво, мой

миқдори кўп бўлиши керак. Шунга ўхшаш молибден ва вольфрам ҳам пўлатнинг механик хоссаларига самарали таъсир қилади.

#### 4. ЭСКИРАДИГАН ПЎЛАТЛАР

Ҳозирги вақтда юқори мустаҳкамликка эга бўлган материал лөганда  $\sigma_b \geq 2000$  МПа бўлган материаллар тушунилади. Бундай материалларнинг зарбий қовушоқлиги ҳам  $0,2$  МЖ/м<sup>2</sup> дан кам бўлмаслиги керак. Бундай талабларга эришиш учун пўлатларнинг бир йўла бир неча легирловчи элементлар билан легирлаб, деформацион термик мустаҳкамликка эришилади.

Никель, кобальт, титан, молибден, хром каби элементлар билан легирланган кам углеродли ( $0,03\%$ ) пўлатларни мартенситга эскиртирилганда жуда катта мустаҳкамлик ( $1600—2500$  МПа) ва яхши қовушоқлик ( $0,3—0,5$  МЖ/м<sup>2</sup> га эришиш мумкин ( $10$ -жадвал). Бундай пўлатлар мартенситга эскирадиган (яъни эскиртиришда мартенсит ҳосил бўлади) пўлатлар дейилади.

Мартенситга эскирадиган пўлатларнинг мустаҳкамлигини ошиши қаттиқ эритманн легирлаш ва мартенситга эскиртириш  $\gamma \rightarrow \alpha$  фаза ўзгариши билан тушунтирилади. Бундай пўлат  $800—860^\circ\text{C}$  температурада қиздирилиб, ҳавода тобланади. Натижада  $\text{Fe}_{23}$  да эрий олмаган  $\text{Ti}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Mo}$  каби легирловчи элементлар  $\text{Fe}_7$  темирда эрийди ва совиганда улар ажралиб чиқмайди, балки тўйинтирилган темир-никель мартенситини ҳосил қилади. Бундай мартенсит юқори мустаҳкамлик ва пластикликка эга бўлади.

Ҳавода тобланган пўлат  $450—500^\circ\text{C}$  да бўшатиб, жуда барқарор асос (матрица) билан боғланган интерметаллит фазалар (Лавес фазалари) ажралиб чиқади. Демак, юмшоқ (феррит ва перлит) асосда қаттиқ фазалар ҳосил бўлади. Қаттиқ фазалар билан асос орасидаги боғланш юқори мустаҳкамликни, юмшоқ асоснинг ўзи эса пластикликни белгилайди. Мартенситга эскирадиган пўлатлар жуда кичик температурада, яъни газларнинг суюқ ҳолатга айланадиган температурасида ҳам юқори мустаҳкамлиги ва қовушоқлигини сақлаб қолади, юқори температурада ( $500—700^\circ\text{C}$ ) ҳам механик хоссалари барқарор бўлади. Бундай пўлатларнинг тоблаш чуқурлиги жуда юқори, уларни тобланган ҳолда кесиб, босим остида ишлаш мумкин, у яхши пайвандланади. Термик ишланганда пўлат деформацияланмайди, яъни термик ички кучланишлар натижасида эгилмайди.

Мартенситга эскирадиган пўлатлар асосан самолётсозликда, ракета техникасида, кемасозликда ва криоген техникада (газларни суюқлантириш санъатида) кўн қўлланилади.

**10- жадвал. Мартенситга эскирадиган пўлатларнинг таркиби ва механик хоссалари**

№	Таркиби	Эскиришадиган механик хосса.			
		$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$	$\psi$
0	18; C 0,9; Mo 0,1; Ti 0,02	2100	1900	8	5
1	Ni 12; C 0,1; Mo 0,02	2500	2400	6	3
Г	N 0,1; C 0,1; Mo 0,02; Al 0,02	1600	1550	8	5

•

## 5. ИШҚАЛАНИШДАГИ ЕМИРИЛИШГА ҚАРШИЛИГИ КАТТА БЎЛГАН КОНСТРУКЦИОН ПЎЛАТЛАР

Машина ва ускуналарнинг ишдан чиқишининг асосий сабабларидан бири ишқаланиш жуфтларининг ейилишидир. Ишқаланиш жуфтлари материалларининг сифати ҳам машина ва ускуналарнинг ишлаш сифатини белгилайди.

Ишқаланиб ейилишга қаршилиги катта бўлган бир қатор конструкцион материаллар ишлаб чиқилган. Бунга асосан мавжуд материалларни легирлаш ёки уларга махсус ишлов бериш усули орқали эришилган.

Золдирли ишқаланиш жуфтлари (золдирли подшипниклар)да ташқи ва ички ҳалқа ариқлари бўйлаб золдир айланади, лекин сирпаниб ҳаракат қилиши ҳам мумкин. Шунинг учун бундай материалларнинг чарчаш ва сирпанишдаги емирилишга қаршилиги катта бўлиши керак. Бунинг учун материалнинг қаттиқлиги катта ва структура тузилиши муқобил ҳамда ўзга металлмас қўшимчалардан ҳоли бўлиши керак. Таркиби ва структураси бўйича бундай пўлатлар махсус стандартга эга. Уларнинг таркибидаги углероднинг миқдори 1% атрофида бўлади. Бундай материалнинг тоблаш чуқурлигини ошириш мақсадида унга кўпинча кремний, марганец ва хром қўшиб легирланади. Бундай пўлатлар учун хром асосий легирловчи элемент ҳисобланади. Хромнинг миқдори қанча кўп бўлса, тоблаш чуқурлиги шунча катта бўлади, масалан, ШХ6 пўлат ( $C=1,0\%$ ,  $Cr=0,6\%$ ,  $Mn=0,38\%$ ,  $Si=0,25\%$ ) нинг тоблаш чуқурлиги 10 мм дан ошмайди. ШХ15ГС пўлатнинг тоблаш чуқурлиги 30 мм дан катта. Йирик ишқаланиш жуфтларини тайёрлашда эса тоблаш чуқурлиги катта бўлган 20Х2Н4 пўлат ишлатилади.

Бундай пўлатларни тоблаб, уларга кичик температурали бўшатиш берилса, қаттиқлик даражаси (HRC) 60—66 га етади. Агрессив муҳитда ишлайдиган ишқаланиш жуфтлари юқори углеродли зангбардош (масалан, 95Х18) пўлатлардан тайёрланади. Баъзан ишқаланиш жуфтларининг геометрик ўлчамларини ўзгармас қилиш мақсадида пўлатларга совуқлайин ишлов ( $-70^{\circ}C$ ) берилади.

Қум, тош, тупроқ шаронтида зарб кучи таъсирида ишлайдиган машина воситалари, масалан, экскаватор чўмичининг тишлари, тракторларнинг ҳаракатлантирувчи қисмлари, бетон қориштирадиган машина қисмлари кўпинча Г13Л пўлатлардан тайёрланади. Бундай пўлатлардан тайёрланган машина воситаларининг зарбий куч таъсирида структура дончалари пачоқланади (эзилади), натижада мустаҳкамлик ортади, ишқаланиб емирилишга қаршилик ортади. Пўлатни кесиб ишлаш жуда оғир, шунинг учун заготовкalar асосан босим остида ишлаш ёки қуйиш усули билан олинади.

Сирпаниб-ишқаланиш жуфтлари ҳам пўлатлардан тайёрлашни мумкин. Лекин бунинг учун таркибида цементитни пар-

чалашга етадиган миқдорда кремний тутган юқори углеродли (1,5—2%) пўлат олинмиши керак. Қўйма заготовка 840°C гача қиздирилади ва шу температурада 4 соат давомида ушлаб турилади, сўнгра секин ёки поғонали совитилади. Натижада бундай пўлатнинг структураси феррит ва цементитнинг механик аралашмаси ҳамда графитдан иборат бўлади. Пўлат таркибидаги графит ишлаш давомида мойловчи элемент вазифасини бажаради ва ишқаланиш жуфтларини ёпишиб қолишдан асрайди. Бундай графитланган пўлатдан волочирлаш матрицалари, трактор ва экскаваторлар ҳамда танкларнинг ҳаракат узатувчи занжир элементлари ясалади.

Кум-тупроқ шаронтида абразив заррачалари таъсирида сирпаниб ишлайдиган ишқаланиш воситаларини тайёрлашда махсус қўйма ва кавшарланадиган материаллардан фойдаланилади. Бундай материаллардаги углероднинг миқдори 2—3% бўлиб, карбидларни ҳосил қилувчи элементлар билан легирланган бўлади. Бундай қотишманинг структураси аустенит ва мартенситдан тузилган бўлиб, уларнинг ўзаро нисбатини марганец ва никель қўшиш билан бошқариш мумкин. Масалан, У25Х38, У30Х23Р2С2Г, У30Х26Н4С4Г пўлатлардаги «У» ҳарфи углеродли пўлат эканлигини билдириб, ундан кейинги сонлар эса унинг 0,1% аниқликдаги миқдорини кўрсатади.

## **6. ЗАНГБАРДОШ ВА ЮҚОРИ ТЕМПЕРАТУРАГА ЧИДАМЛИ ПУЛАТ ВА ҚОТИШМАЛАР**

Занглатувчи агрессив муҳитда ишлай оладиган пўлатлар ва металл асосидаги қотишмаларга зангбардош материаллар деб аталади. Зангбардош пўлатлар хромли ёки хром-никелли бўлиши мумкин. Хромли пўлатлар феррит, мартенсит ёки феррит-мартенсит структурага эга бўлиши мумкин. Хром-никелли пўлатлар эса аустенит, аустенит-феррит ва аустенит-мартенсит структурага эга бўлиши мумкин.

Хромли зангламас пўлатларнинг структура ва хоссалари хром ва углерод миқдorigа боғлиқ бўлади. Оксидловчи муҳитда хром пассив ҳолатга ўтади, чунки материал юзасида хром оксид ҳосил бўлади. Хромнинг миқдори 12—14% га етганда турғун хром оксид пардаси узлуксиз ҳосил бўлади. Шунинг учун ўртача 13% хромга эга бўлган пўлат занглатувчи ҳаво муҳити, денгиз суви, ҳатто бир қатор кислота ва ишқорлар ҳамда туз эритмаларида барқарор бўлади. Эвтектоидгача бўлган 12Х13 ва 20Х13 пўлат юмшатиш ҳолатда хромли феррит ва перлитдан иборат бўлса, 30Х13 эвтектоид структураси, яъни перлитга эга бўлади. Шунинг учун углерод миқдори 0,4% бўлганда пўлат (40Х13) эвтектоиддан кейинги структура, яъни перлит-легирилган цементит-хром карбиддан иборат бўлади. Меъёрлашдан сўнг бу пўлатларнинг структураси мартенсит классидagi структурага эга бўлади.

30X13, 40X13 пўлатдан пружиналар, уй-рўзгор асбоблари каби буюмлар, 3X13, 4X13 лардан эса кесувчи ва ўлчов асбоблари ҳамда жарроҳлик асбоблари тайёрланади. X17, X28 пўлатлардан кимё заводлари ускуналари тайёрланади. X25T, X28 пўлатлардан агрессив муҳитда (масалан, қайнаб турган азот кислотада) ишлай оладиган машина воситалари тайёрланади. Пўлатлар хром ва никель (ёки марганец) билан бирга легирланганда унинг зангбардошлиги янада ортади. Аустенит синфига (18%, 9—10%) мансуб пўлатларни суяқ ҳолати кувчанлиги ёмон ҳамда кесиб ишлаш анча оғир бўлганини учун уни босим остида ёки пайвандлаш йўли билан қайта ишлаш осонроқдир. Карбидларнинг эриши ҳисобига бир қанчалик аустенит структурасини ҳосил қилиш учун пўлат 1100—1150°C да қиздирилади ва шу температурада бироз ушлаб турилгандан сўнг сувда ёки ҳавода совитилади. Агар термик ишлов жараёни бузилса ёки ишлаб турганда температуранинг ётилгандан юқорироққа кўтарилишига йўл қўйилса, қанчалик пўлатлар ҳам занглаши мумкин (кристаллараро қўйилган бўлиб беради). Ана шундай занглаш рўй бермаслиги учун пўлатлар қўшимча равишда титан ёки ниобий билан легирланади. Масалан, аустенит синфига мансуб хром-никелли С-Х18Н10, О8Х18Н10, 12Х18Н10Т пўлатлар самолётсозлик машинасозликда қўлланилади.

Хром-никелли пўлатларнинг камчилиги озгина бўлиши таркиб ўзгарса ҳам унинг механик хоссаларининг кескин ўзгаришидадир. Бундай пўлатларга термик ишлов бериш учун 975°C температурагача қиздирилади, сўнгра минус 50—75°C температурада совуқлайин ишлов берилади, кейин эскиртирилади, ҳосил бўлган структура аустенит ва бўшатилган мартенситдан иборат бўлади.

Хромли ва хром-никелли пўлатларга қўшимча равишда алюминий ва кремний элементлари қўшилса, оловбардош пўлатлар туркуми (40X9C2, 10X13CЮ, 12X18H9T) ни ҳосил қилиш мумкин. Масалан, 40X9C2 пўлатлардан автомобиль ва самолёт двигателларининг клапанлари тайёрланади.

Газ турбиналарининг ишчи қисми, реактив ҳамда ичдан ёнувдвигателларининг камералари, нефть-химия саноати ускуналари материаллари юқори температурада берилган вақт давомида мустаҳкамлигини йўқотмасдан ишлай олиши керак. Бундай материалларга юқори температурага (>500°C) чидамли пўлатлар ва қотишмалар киради.

Бундай материаллар асосий талаблардан ташқари оловбардош ва яхши технологик хоссаларга ҳам эга бўлиши керак. Материал оловбардош бўлиши учун юқори температурада оксидланмаслиги, яъни темир куйиндиси ҳосил бўлмаслиги керак.

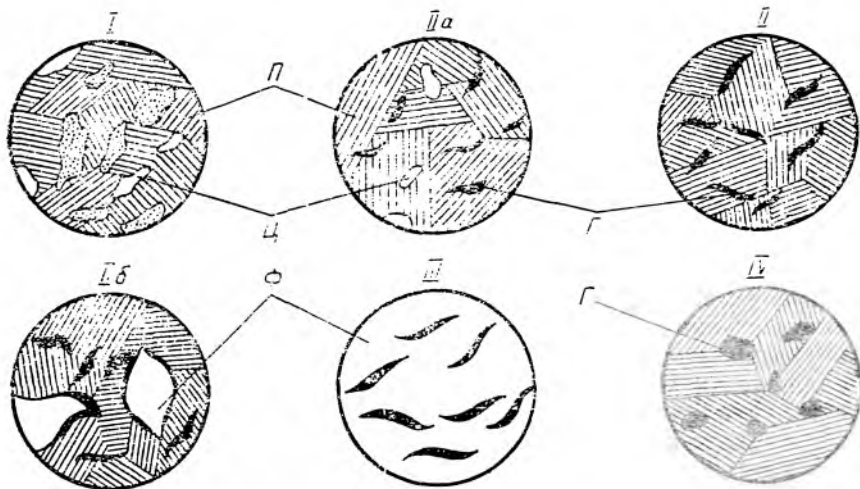
Легирловчи элементлар юқори температурада оқувчанлик чегарасидаги кучланишга таъсир қилади, ҳосил бўлаётган майда интерметаллидлар ва карбидлар дислокацияни кўчишига

тўсқинлик қилади. Натижада материалнинг майда донача ҳисобига мустаҳкамлиги ортади. Қаттиқ эритмаларни легирлаш натижасида атомлар орасидаги боғланиш энергияси ортади, диффузион жараёнлар секинлашади ва рекристалланиш температураси ортади. Шунинг учун пўлат ҳамда никель асосидаги қотишмалар мустаҳкамлигини бирламчи карбидлар (TiC, VC, ZrC, NbC) ва иккиламчи карбидлар ( $Me_mSn$ ) ҳамда интерметаллидлар (NiTi, Ni<sub>3</sub>Al, Ni<sub>2</sub>Nb ва ҳоказо) оширади.

Углеродли пўлатлар (15, 20, 25, 30, 40, 45) дан фақат 350—400°C да ишлайдиган машина воситалари тайёрланади. Буг иситкичлар, турбина ишчи юзаларини тайёрлашда 500—580°C га чидай оладиган перлит класссидаги (16ХМ, 25ХМ, 12Х1МФ) пўлатлар ишлатилади. Бундай пўлатлар меъёрлашдан (950—105°C) сўнг юқори температурада (650—750°C) бўшатилса, япасқи перлит ҳосил бўлади.

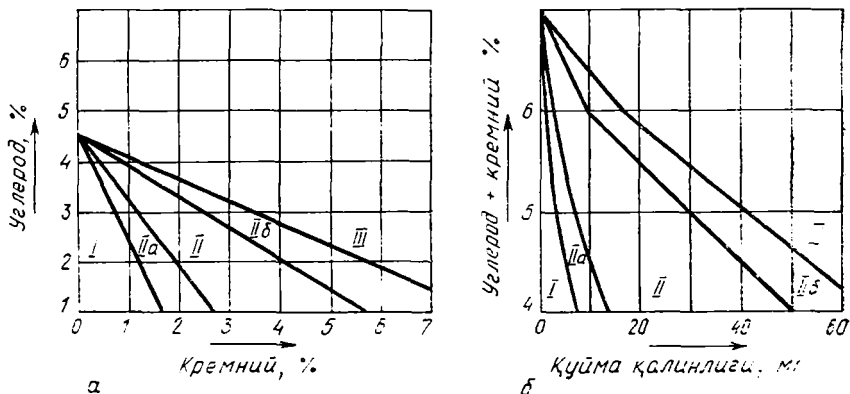
## 12-б о б. ЧҲЯНЛАР

Темир-углерод қотишмаси таркибидаги углерод миқдори 2,14% дан кўп бўлган қотишмалар шартли равишда чўянлар деб аталади. Чўянлар таркибида пўлат таркибига қараганда қўшимчалар (кремний, марганец, фосфор, олтингургурт) кўп бўлади. Шунинг учун чўян хоссалари ана шу қўшимчалар миқдорига боғлиқ бўлади. Қотишма таркибидаги углероднинг ҳолати ва шакли чўян структураси ва хоссаларини белгилайди, ана шунга қараб чўян турлари қуйидагича бўлиши мумкин:



84- расм. Чўян микроструктураси:

I — оқ чўян; II — перлитли кулранг чўян; III — ферритли кулранг чўян; IV — ярим перлитли ярим оқ оралик чўян; V — феррит + перлитли кулранг, VI — юқори мустаҳкамликка эга чўян.



85- расм. Чўян таркибидаги кремний ва углерод миқдори (а) ҳамда қуйма қалинлигининг структурага таъсири (б).

1) агар углерод қотишмада асосан кимёвий бунд ҳолида бўлса, бундай қотишмалар оқ чўянлар деб аталади; 2) агар қотишмада углерод соф графит ҳолида бўлса, графитнинг шаклига қараб, қотишма кулранг, болғаланувчан ва юқори мустақамликка эга бўлган чўянлар дейилади.

Чўян таркибидаги углерод карбид ( $Fe_3C$ ) графит (C) да қаттиқ эритма Fe (C) ҳолида бўлади. Чўянлар алл асосига кўра перлит, феррит ва перлит-феррит структураларга эга бўлиши мумкин. Демак, чўянларнинг механик хоссалари бир томондан графит шаклига боғлиқ бўлса, иккинчи томондан темир асосига боғлиқ бўлади (84- расм).

Чўян структурасининг ҳосил бўлиши асосан таркиб ҳамда совиш тезлигига боғлиқ. Кремний элементи графитнинг ҳосил бўлишига катта таъсир кўрсатади. Шунинг учун чўяндаги кремний миқдори ҳамда совиш тезлигининг ўзгариши эрқали структура бошқарилади (85- расм). Марганец (0,5—1,4%) графитнинг ажралиб чиқишига тўсқинлик қилади, лекин у олтингууртнинг зарарини камайтиради. Фосфор графитнинг ажралиш жараёнига таъсир кўрсатмайди, лекин эвтектик аралашма ҳосил қилиб, чўяннинг суяқ ҳолдаги оқувчанлигини яхшилайдди. Лекин фосфорнинг зарари катта, чунки у чўкманинг ўлчамини катталаштиради, дарзларнинг ҳосил бўлиш эҳтимолини орттиради, нesiқ ҳолдаги мўртликнинг ортишига сабаб бўлади. Шунинг учун ҳам олтингууртнинг таъсирини камайтириш мақсадида чўянга кўпроқ марганец қўшилади.

## 1. ОҚ ВА КУЛРАНГ ЧЎЯНЛАР

Оқ чўян таркибидаги углерод цементит ҳолда бўлганлиги учун у жуда қаттиқ ва мўрт бўлади, уни амалда кесиб ишлаш



жуда қийин. Бундай чўянлар машина қисмларини тайёрлашда ишлатилмайди. Лекин қаттиқлик юқори бўлса, ишқаланишдаги емирилиш камайиши мумкин. Бундай ҳолда кулранг чўянларнинг устки (ишчи) қисмида оқ чўян структурасини ҳосил қилиш учун чўянга махсус термик ишлов берилади. Заготовка-нинг устки қатламида 12—30 мм чуқурликда оқ чўян структу-расини ҳосил қилиш учун тез совитилади.

Кулранг чўяннинг асосий таркиби  $Fe - C - Si$  бўлса ҳам ундаги қўшимчалар — марганец, фосфор ва олтингургурт унинг хоссаларига катта таъсир кўрсатади. Графитнинг шакли кўпинча буралган япроқ шаклида бўлади (86-расм, а). Кулранг чўянларнинг ўртача кимёвий таркиби қуйидагича бўлади:  $C=2,4-3,88\%$ ,  $Si=1,0-5,0\%$ ,  $Mn=0,5-0,8\%$ ,  $P=0,2-0,4\%$ ,  $S \leq 0,12\%$ . Бундай чўяндан тайёрланган қуйманинг структураси чўяннинг кимёвий таркиби ҳамда термик ишлаш усулига боғлиқ. Агар чўянда кремний кўпроқ бўлса, графит сууқ жисмдан кристалланиш жараёнидаёқ ажралиб чиқа бошлайди. Совиш тезлиги катта бўлганда, графит цементитнинг парчаланиши натижасида ҳосил бўлади. Шунинг учун чўяндаги қайта кристалланиш  $Fe-Fe_3C$  диаграммада кўрсатилган.

Кулранг чўяннинг тузилиши бошқа соф графитли чўянлар каби металл асосдан иборат бўлади. Шунга кўра структура перлит ( $P+G$ ), феррит ( $F+G$ ) ҳамда перлит ва феррит ( $P+F+G$ ) асосли бўлиши мумкин. Чўяннинг механик хоссалари металл асоснинг турига ҳамда графит шаклига боғлиқ бўлади. Металл асоснинг хоссалари эса пўлат хоссаларига яқин. Шунинг учун чўянларни жуда кўпол ва кўп нуқсонларга эга бўлган пўлатлар деб қараш мумкин. Графитнинг механик хоссалари паст бўлгани учун у қотишманинг механик хоссалари-ни ҳам пасайтиради. Ундан ташқари графит, асосан ажра-лиш юзаларида йиғилади. Натижада қотишма мўрт бўлиб қо-лади. Чўянда графит қанча кам, унинг ўлчами қанча кичик бўлса, хоссалар шунча юқори бўлади. Чўяннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги ва қаттиқлигига графит унча таъсир қилмайди. Графит қотишмадаги кўпол нуқсон деб қаралса, ички кучла-нишлар ана шу нуқсон атрофида йиғилади. Графит сирпаниш-ни осонлаштирадиган юққа қатлам ҳосил қилганлиги учун қуруқ — мойсиз шароитда ишлайдиган ишқаланиш жуфтларини чўянлардан тайёрлаш яхши натижа беради. Чўян таркибидаги углероднинг соф графит ҳолида бўлиши кесиб ишлашни осон-лаштиради.

Кулранг чўянларни маркалаш учун 1412-85 ГОСТ белгилан-ган. Бундай чўянлар қаттиқлиги 143—255 НВ атрофида бўлиб, мустаҳкамлиги эса тамғада сонлар билан кўрсатилади.

Феррит ҳамда феррит-перлит асосидаги кулранг чўянлар (СЧ10, СЧ15, СЧ18) дан кам юк кўтарадиган машина ва уску-на воситалари, қурилиш конструкция элементлари тайёрланади ( $\sigma_b = 100-180\text{МПа}$ ),  $SЧ=21$ ,  $SЧ=24$ ,  $SЧ=25$ ,  $SЧ=30$ ,  $SЧ=35$

чўянлар ( $\sigma = 210\text{—}350$  МПа ёки  $21\text{—}35$  кг/мм<sup>2</sup>) дан двигатель блоклари ва уларнинг қопқоқлари, поршень ва цилиндрлар тайёрланади. Машинасозликда модификацияланган чўянлар (СЧ=30, СЧ=35, СЧ=44) ни қуйишдан олдин унга махсус қўшимчалар — модификаторлар қўшиб олинади.

### ЮҚОРИ МУСТАҲКАМЛИККА ЭГА БЎЛГАН ЧЎЯНЛАР

Бундай чўянларда оқ чўяндаги цементитнинг парчаланиши натижасида ҳосил бўлаётган графит дончаларининг шакли шарга яқин бўлади, яъни графитнинг солиштирма юзаси энг кичик бўлган ҳолатдир (86-расм, б). Шунинг учун бундай чўянлар юқори пластикликка эга бўлиб, уларнинг механик хоссалари пўлатнинг хоссаларига яқинлашади. Графит структурасининг шакли шар шаклига ўтиши учун суяқ металлга ишқорий ёки ишқорий-ер металллар (0,03—0,07%) қўшилади. Масалан, жуда оз миқдорда (0,05%) магний қўшилса, графит структурасининг шакли шарга яқин бўлади, металл асос эса олдинги турдаги чўянлардаги каби перлитли, ферритли ёки перлит-ферритли бўлиши мумкин. Шунинг учун чўяннинг структура таркиби феррит-графит, феррит-перлит-графит ёки перлит-графитдан иборат бўлиши мумкин.

Графит структураси шар шаклида бўлган чўянларнинг механик хоссалари углеродли қуйма пўлатларнинг хоссаларига яқин. Мустаҳкамлиги юқори чўянлар суяқ ҳолда яхши оқувчанликка эга бўлганлиги учун уларни кесиб ишлаш осон. Бундай чўянларнинг ўртача таркиби қуйидагича бўлади: С=2,7—3,6%; Si=1,6—2,7%; Mn0,5—0,6%; P=S≤0,1.

Юқори мустаҳкамликка эга бўлган чўянлар ҳам кулранг чўянлар каби русча номдаги бош ҳарфлар ВЧ (высокопрочный чугун) билан белгиланади, сўнгра чўзилишдаги мустаҳкамлик (биринчи иккита сон, кг/мм<sup>2</sup> ва нисбий чўзилиш қийматлари (%)) кўрсатилади. Машинасозликда, масалан, қуйидаги чўянлар кўп қўлланилади: ВЧ 38—17; ВЧ 42—12; ВЧ 45—5 ҳамда ВЧ 60—2; ВЧ 80—3 ва ҳоказо.

Юқори мустаҳкамликка эга бўлган чўянларнинг мустаҳкамлигини янада ошириш ҳамда барқарорлаштириш мақсадидан уларга термик ишлов берилади. Масалан, мустаҳкамликни ошириш мақсадидан уларга тоблаш билан бир қаторда юқори температурада (500—600°C) бўшатиш берилади. Баъзида графитнинг шаклини яна мукамаллаштириш учун уларга юмшатиш берилади. Бу турдаги чўянларнинг пластиклиги ( $\delta$ ) 2—7% ва қаттиқлиги 150—360 НВ атрофида бўлади.

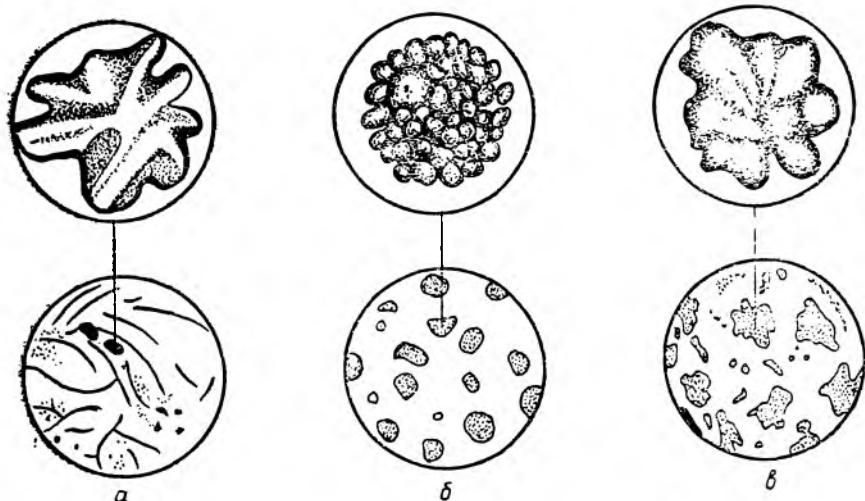
Юқори мустаҳкамликка эга бўлган чўянлар пўлатлар ишлатиладиган соҳада қўлланиши мумкин, масалан, улардан автомобиль ва трактор воситалари — тирсақли валлар, куч кўтарадиган филофлар, пресс траверсалари тайёрланади. Улар-

дан металлургия саноатида жўвалаш ускуналарининг валларини тайёрлаш мумкин.

### 3. БОЛГАЛАНУВЧАН ЧҲЯНЛАР

Оқ чўяни юмшатиш натижасида цементитни парчалаш мумкин. Оқ чўянинг ўртача кимёвий таркиби қуйидагичадир:  $C=2,4-2,8\%$ ;  $Si=0,8-1,4\%$ ;  $Mn=0,3-0,4\%$ ;  $S\leq 0,8-0,1\%$ ;  $P\leq 0,2\%$ . Юмшатиш жараёнида чўян қуймасини оксидланишдан сақлаш учун қумга, шамот ёки металл кукунига кўмилади. Юқори температурада цементитнинг диффузион парчаланиши натижасида ҳосил бўлаётган графит паға-паға шаклда (86-в расм), яъни кулранг чўяндаги графитга қараганда йиғилган бўлади. Бундай чўян шартли равишда болғаланувчан чўян деб аталади, чунки у кулранг чўянга қараганда анча пластик бўлади.

Графитланиш жараёни оқ чўяни  $950-970^{\circ}C$  гача 20—25 соат давомида секин қиздириш билан олиб борилади. Сўнгра шу температурада 10—15 соат ушлаб турилади. Юмшатишнинг биринчи босқичида асосан эвтектикадаги бирламчи ва қисман иккиламчи цементитнинг парчаланишидан графит ҳосил бўлади. Ана шу босқичнинг охирига келиб чўян структураси аустенит-графитдан иборат бўлади. Юқорида келтирилган таркибли оқ чўяндан нисбатан катта пластикликка ( $\delta\leq 12\%$ ) эга бўлган феррит асосли болғаланувчан чўян олинади. Бунинг учун қотишмани графитга парчаланишининг иккинчи даврида эвтек-



86- расм. Графит шаклининг (юқорида) чўян таркибида кўриниши (ласта):

а — кулранг чўянлардаги графит; б — болғаланувчан чўянлардаги графит; в — болғаланувчан чўянлардаги графит

тоид температура атрофида узоқ вақт ушлаб туриш ёки 760°C дан 720°C гача жуда секинлик билан совитиш керак. Шундай қилинганда перлит таркибидаги иккиламчи цементит ҳам графитга парчаланеди, натижада ҳосил бўлган структура Ф+Г дан иборат бўлади. Қотишма таркибида графитнинг миқдори кўп бўлганлиги учун феррит асосли болғаланувчан чўяннинг емирилиш юзаси қорамтир рангда бўлади.

Юмшатиш жараёнини тезлаштириш мақсадида қотишмага баъзида висмут ёки алюминий қўшиб, қуйиш олдидан температура оширилади. Болғаланувчан чўян русча атамаси (ковкий чугун)нинг бош ҳарфлари (КЧ), чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси (кг/мм<sup>2</sup>) ҳамда пластиклик (%) қийматини қўйиб тамғаланади (1215—79 ГОСТ).

Феррит асосидаги КЧ 37—12 ва КЧ 35—10 чўянлар юқори динамик ва статик кучлар таъсирида муваффақиятли ишлай олади. Ундан тезликлар қутисининг филофи, губчаклар каби машина қисмлари тайёрланади. Филофлар, гайка, газ овозини пасайтирувчи воситалар, муфта каби қисмлар кўпинча КЧ 30—6 ва КЧ 33—8 чўянлардан тайёрланади. Ферритли болғаланувчан чўянларнинг қаттиқлиги 160—165 НВ атрофида бўлади.

Оқ чўянни юмшатиш жараёнининг графитга парчланиш иккинчи босқичида уни тез совитиш билан перлит асосидаги кулранг чўян олинади. Бунда оксидловчи муҳит сифатида металл куйиндиси ёки майдаланган руда қўлланилади. Бунда қотишма 1000°C да 51—58 соат ушлаб турилади. Графитга парчланиш даврида заготовканинг юза қисмидан тахминан 2 мм қалинликдаги қатлам таркибидаги углерод ёниб кетади. Чўян ҳавода совитилади. Натижада ички кучланишлар камаяди. Ҳосил бўлган графитнинг шакли йиғилган, яъни паға-паға бўлганлиги учун ҳам перлитли болғаланувчан чўян юқори мустаҳкамлик ва пластикликка эга. Масалан, КЧ 50—6 ва КЧ 55—4 чўянлар юқори мустаҳкамлик ва пластикликка ҳамда ишқаланишга барқарор хусусиятларга эга.

Перлит асосидаги чўянларнинг қаттиқлиги 240—270 НВ атрофида бўлади. Бундай чўянлар автомобилсозликда, қишлоқ хўжалиги машиналарининг қисмлари, тўқимачилик саноати ускуналари, ишқаланиш, зарб ҳамда ўзгарувчан куч таъсирида ишлайдиган воситаларни тайёрлашда ишлатилади.

#### 4. МАХСУС ЛЕГИРЛАНГАН ЧҶЯНЛАР

Легирловчи элементлар чўян структураси, яъни металл асос, графит шакли ва ўлчамларига таъсир кўрсатади. Натижада чўянлар махсус хоссаларга эга бўлиши мумкин. Легирловчи элементларни қўшиш билан ишқаланишга чидамли, коррозиябардош, оловбардош куйинди ҳосил қилишга бардошли легирланган чўянлар олинади (7769—82 ГОСТ).

Қумтупроқ шаронтида ишлатиладиган ишқаланишга чидам-

ли чўянлар никель (3,5—5%) ва хром (0,8%), титан, мис, ванадий, молибден каби бир қанча қўшимча элементлар билан легирланади. Бундай материаллар ишқаланиш жуфтларида мойсиз ишлай олади. Булардан, автомобилларнинг тормоз нофораси, ҳаракатни улаш воситалари, цилиндр гильзаси каби қисмлар ясалади. Хром миқдори юқори бўлган (ЧХ9Н5, ЧХ16М2, ЧХ22, ЧХ28Д2) чўянлардан қаттиқ материалларни майдалайдиган ускуна воситалари, ЧН4Х2 чўяндан абразив муҳит шароитида катта кучланиш остида ишлайдиган тегирмон ускуналари ва воситалари тайёрланади.

Оловбардош легирланган чўянлардан (ЧХ2, ЧХ3) металлургия саноатида агломерат машиналарининг колосниклари, кимёвий муҳитда ишлайдиган коррозиябардош ускуналари, труба-лари каби қисмлар тайёрланади. Бундай чўянлар 600°C (ЧХ2) ва 700°C (ЧХ3) да ҳам хоссаларини йўқотмай ишлай олади. Бундан ҳам юқори температураларда ишлай оладиган ЧЮХШ (650°C), ЧЮ7Х2 (750°C), ЧХ16 (900°C), ЧЮ30 (1100°C) легирланган чўянлар ҳам мавжуд. Бундай чўянлардан металлургия саноатида печь арматуралари, металлни юққа жўвалайдиган ускуналарнинг воситалари, шиша ишлаб чиқариш саноати ускуналари каби ускуналар тайёрланади.

Юқори температурада мустаҳкамлиги катта бўлган шарсимон графитли ЧНМШ, ЧН1Г7Х2Ш, Ч19Х3Ш чўянлар 500—600°C температурада ишлай олади. Улардан дизел, компрессор ускуналари, газ турбиналари қисмлари тайёрланади.

Кам легирланган Ч1, ЧНХТ, ЧНХМД, ЧН28 каби чўянлардан ишқорий ҳам коррозияга газ ва ҳаво муҳитида ишлайдиган машиналарнинг воситалари тайёрланади (поршень ҳалқаси, ички ёнув двигателларининг блоклари, дизель ва компрессорларнинг воситалари). Аynиқса, кислотали ва ишқорий муҳитда кремний билан легирланган (ЧС13, ЧС15, ЧС17) чўян яхши ишлайди. Юқори температура (1100—1150°C) даги кислота, ишқор, туз эритмалари ёки агрессив газ муҳитларида оғир юк кўтара оладиган машина воситалари ЧХ28, ЧХ34 чўянлардан тайёрланади. Ишқаланиш жуфтларининг материали сифатида кулранг, юқори мустаҳкам ва болғаланувчан, легирланган чўянлар кенг қўлланилади (АЧС-1, АЧС-2, АЧВ-1, АЧВ-2, АЧК-1, АЧК-2).

### **13-б о б. АСБОБСОЗЛИК ПЎЛАТЛАРИ ВА ҚАТТИҚ ҚОТИШМАЛАР**

Асбобсозлик пўлатлари синфига углеродли ва легирланган пўлатлар киради. Уларнинг қаттиқлиги, чидамлилиги, ишқаланиб емирилишга қаршилиги катта бўлиши керак.

Асбобсозлик пўлатлари иссиқбардош, яъни юқори температурада ўз хоссаларини йўқотмасдан ишлай олиши керак. Материални қайта ишлаш учун сарф бўлаётган энергиянинг анча-

гина қисми иссиқлик энергияси сифатида ажралиб чиқиб, асбобнинг ишчи юзасида йиғилади. Шунинг учун асбоб материалнинг юқори температурада физик-механик хоссаларини сақлай олиши ишлаб чиқариш унумдорлигини белгилайди.

Узоқ вақт ишлайдиган ўлчов асбобларининг ўлчамлари барқарор, яъни унинг материали қаттиқ ва ейилишга чидамли бўлиши керак. Кукун металлургияси тараққиёти янги асбобсозлик қотишмаларини яратишга имкон беради. Бундай материаллар юқори температура (850—1200°C) да яхши ишлай олади. Ҳозирги вақтда асбобсозликда металл-керамик қаттиқ қотишмалар кенг ишлатилмоқда.

## 1. АСБОБСОЗЛИК ПЎЛАТЛАРИ

Бундай пўлатларнинг муҳим хусусиятлари ишқаланишдаги ейилишга чидамлилиги ва иссиқбардошлилигидир. Бундай хусусиятга эга бўлган материалнинг қаттиқлиги ишланадиган материалнинг қаттиқлигидан юқори бўлиши керак. Асбоб ясаладиган бу материаллар юқори мустаҳкамлик ва қовушоқликка эга бўлиши керак. Кесувчи асбобнинг иш унумдорлиги унинг иссиқбардошлилигига боғлиқ.

Углеродли асбобсозлик пўлатлари сифатли ва юқори сифатли бўлади (1435—74 ГОСТ). Юмшоқ материалларга ишлов бериладиган асбоблар сифатли (У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13) ҳамда юқори сифатли углеродли асбобсозлик пўлат (У7А, У8А, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А), ларидан тайёрланади. Тамгалардаги «У» ҳарфи углеродли пўлат эканлигини билдирса, сонлар эса 0,1 аниқликда углероднинг % миқдорини кўрсатади. Углеродли асбобсозлик материалларининг иссиқбардошлилиги 180—200°C дан ошмайди, уларнинг кесиш қобилиятини яхшилаш учун уларга тоблашдан олдин юмшатиш берилади. Бундай пўлатларни тоблаш учун 760—780°C да қиздириб, сувда ёки туз эритмаларида совитилади, сўнгра паст температурада бўшатиш (150—170°C) берилади, натижада асбоб ишчи юзасининг қаттиқлиги (HRC) 62—63 га тенг бўлади.

Углеродли асбобсозлик пўлатларидан ёғочларга ишлов берилган парма, кескич, метчик, плашка (У11, У12) каби кесувчи асбоблар ҳамда уй-рўзғор асбоблари (теша, болта, арра ва ҳоказолар)ни ясашда фойдаланилади (У8, У9, У10).

Кўндаланг кесими катта бўлган асбобларни ясашда кам легирланган 9ХС, 13Х, 11ХФ, ХВСГ ва ҳоказо асбобсозлик пўлатлари ишлатилади (5950—73 ГОСТ). Уларнинг иссиқбардошлилиги 200—260°C га етади. Бундай пўлатларни тоблаш муҳити сифатида кўпинча минерал мой ёки қайноқ туз эритмаларидан фойдаланилади. Улардан зарб таъсирида ишлайдиган зубила, пуансон, искана каби асбоблар тайёрланади. Тоза ишлов берувчи кесувчи асбоблар эса ХВГ дан тайёрланиши мумкин. Кўпинча, ХВГ пўлати олмос ўрнида ишлатилади, чун-

ки бу пўлат таркибидаги жуда қаттиқ вольфрам карбид фазаси амалдаги тоблаш температурасида аустенитда эримайди. Шунинг учун тобланган пўлат таркибидаги карбидлар кесувчи асбобнинг ишчи юзаси қаттиқлигини оширади.

Углеродли асбобсозлик пўлатларига карбид ҳосил қилувчи W, Mo, V Со каби элементлар қўшилса, улар кесиш тезлигини оширади. Айниқса, пўлат таркибидаги вольфрам элементининг миқдори 9—18% гача етказилса, иссиқбардошлик 600—650°C га ортади, яъни уларнинг иш унумдорлиги углеродли асбобсозлик пўлатларига қараганда 3—5 марта ортади. Шунинг учун ҳам бундай пўлатлар тезкесар пўлатлар деб аталади (19265—73 ГОСТ). Уларда легирловчи элементларнинг миқдори (11-жадвал) кўп бўлганлиги учун уларнинг тоблаш чуқурлиги катта бўлади.

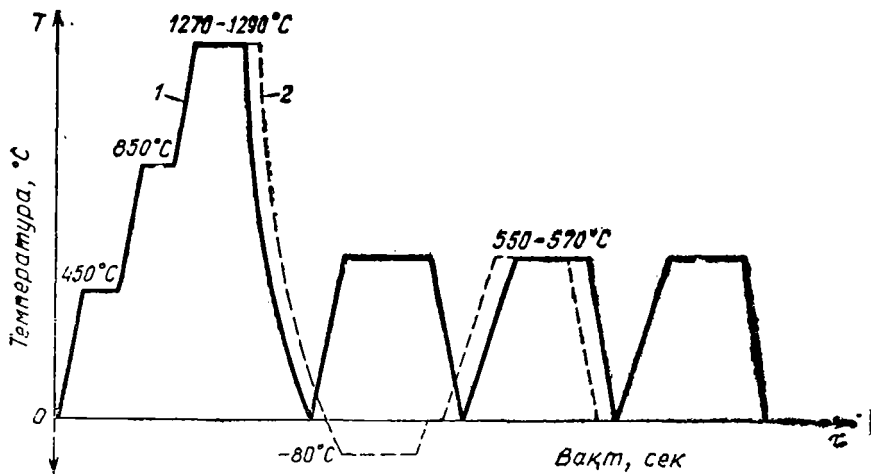
Тезкесар пўлатларни иссиқбардошлилиги бўйича шартли равишда икки турга бўлиш мумкин: 1) вольфрам ва молибден каби легирловчи элементлар қўшилган тезкесар пўлатлар. Уларнинг иссиқбардошлилиги 620°C дан ошмайди (P9, P12, P18, P6M3, P6M ва ҳоказо); 2) вольфрам, кобальт ва ванадий каби легирловчи элементлар қўшилган тезкесар пўлатлар, уларнинг иссиқбардошлилиги 670°C га етади (P18K5Ф2, P10K5Ф2, P9M4K8 ва ҳоказо).

Иккиламчи карбидларни аустенитда эрийдиган қит у учун турли пўлатлар турли температурада тобланади. Масалан, тоблаш температураси P18 пўлати учун 1270—1290°C, P12 пўлати учун 1225—1245°C, P6M5 пўлати учун 1210—1230°C ни ташкил қилади.

Тезкесар пўлатлар ледебурит чўяни синфига киради, шунинг учун ҳам у яхши болғаланади. Пўлатларнинг кесиш хусусиятини яхшилаш учун уларни болғалашдан кейин 800—850°C гача қиздириб юмшатилади, сўнгра тоблаб, бўшатилади. Натижада пўлат керакли бўлган иссиқбардошлиликка эга бўлади. Тоблаш учун пўлат туз эритмаларида қиздирилади. Шундай қилинганда асбоб юзасини оксидланишдан сақлаб, секин ёки поғонали қиздириш мумкин бўлади. Қўпинча поғонали қиздириш технологияси қўлланилади (87-расм). Пўлат 450°C га қиздирилганда бутун ҳажм бўйича температура бир хил бўлгунча кутилади, кейин 850°C температурагача қиздириб, шу темпера-

**11-жадвал. Баъзи кўп қўлланиладиган тезкесар асбобсозлик пўлатларининг кимёвий таркиби**

Пўлат тамғаси	C	Cr	W	V	Mo
P18	0,7—0,8	3,8—4,4	17,5—19	1,0—1,4	0,5—1,0
P9	0,85—0,95	3,8—4,4	8,5—9,5	2,3—2,7	1,0
P6M5	0,82—0,90	3,8—4,4	5,5—6,5	1,7—2,1	5,0—5,5



87-расм. Тезкесар пўлатларга термик ишлов бериш схемаси: совуқ температурада ишлов берилмайдиган (1) ҳамда совуқ температурада ишлов берилмайдиган (2) усуллар схемаси.

турада ушлаб турилса, темир карбид аустенитда эрийдигач ҳолга келади. Тоблангандан кейин тезкесар пўлат структурасининг тахминан 70—75% и мартенсит ва 25—30% и қолдиқ аустенитдан иборат бўлади. Тоблаш самарадорлигини ошириш учун қолдиқ аустенитни парчалаш зарур. Бунинг учун уч марта юқори температурали бўшатиш ўтказилади (550—570°C). Бўшатиш температурасида заготовка 1,0—1,5 соат ушлаб турилади, сўнгра тез совитилади. Ҳар бир бўшатишда тахминан 6—8% қолдиқ аустенит парчаланаяди.

Бўшатиш сонини камайтириш мақсадида кўпинча бир марта совуқ температурада (—80°C) ишлов бериб, сўнгра бир ёки икки марта юқори температурали бўшатиш ўтказилади (550—620°C). Шундай қилинганда тезкесар пўлатнинг қаттиқлиги (HRC) 63—65 га етади.

Баъзида, ейилишга чидамлилигини ошириш мақсадида тезкесар пўлатлар паст температурада цианланади. Бўшатиш температураси (550—570°C) да буғда ишлов бериш орқали пўлатнинг коррозия-бардошлилиги оширилади.

## 2. УЛЧОВ АСБОБЛАРИ ПУЛАТЛАРИ

Машинасозликда ишлатиладиган ўлчов асбобларининг юзаси теп-текис (тоза) ҳамда термик ишлаш жараёнида деформацияланмаслиги, яхши эластикликка ва коррозиябардошликка эга бўлиши ҳамда узоқ вақт давомида емирилмасдан ишлай олиши, яъни ўлчамларини сақлай олиши керак.



Ўлчов асбобларини ясаш учун кўпинча кам легирланган асбобсозлик пўлатлари (Х, ХВГ, ХГ, 9ХС, 12Х1 ва ҳоказо) қўлланилади. Бундай пўлатлар тоблаш учун 840—880°С гача қиздирилади, сўнгра мойда тобланади. Қиздириш температураси бундан ошса, ейилишга чидамлилиги камаяди. Тобланган пўлат 120—140°С гача қиздирилиб, шу температурада 12—60 соат ушлаб турилади. Натижада асбоб юза қисмининг қаттиқлиги (HRC) 62—64 га етади.

Қолдиқ аустенитни бўшатишга мартенситга тўла парчалаш учун совуқлайин (—50—80°С) ишлов ҳам бериш мумкин.

Баъзи пайтда узун ва юпқа асбоблар (чизғичлар, метрли рулеткалар) ясаш учун углеродли ёки легирланган конструкцион (15, 20, 15х, 20х, 12ХНЗА) пўлатлардан ҳам фойдаланилади. Бунда юза қаттиқлиги катта бўлишлиги учун пўлат цементацияланади, сўнгра тобланади.

### 3. ШТАМП ПЎЛАТЛАРИ

Одий температурада ишлайдиган штампларни тайёрлаш учун ишлатиладиган пўлатлар юқори қаттиқликка, мустаҳкамликка, ейилишга чидамликка ҳамда юқори зарбий қовушоқликка эга бўлиши керак. Совуқ ҳолда деформациялашда деформация тезлиги ошиб борган сари асбобнинг ишчи юзаси қизиши мумкин. Шунинг учун бундай материаллар иссиқбардош (350—400°С) бўлиши керак. Катта ҳажмдаги заготовкларни штамплашда асбоб ҳам катта қалинликка эга бўлади. Тобланганда бундай штамплар катта тоблаш чуқурлигига эга бўлиши ва геометрик шакл ўзгармаслиги керак.

Ишлаш шароити ҳамда штампнинг ўлчов аниқлигига қараб, Х, 9ХС, ХВГ, ХВСГ каби легирланган ҳамда У10, У11, У12 каби углеродли пўлатлардан ҳам фойдаланиш мумкин. Тоблаш чуқурлиги катта бўлиши (150—200 мм) керак бўлган пайтда хромли пўлатлар (Х12, Х13М, Х12Ф1) ишлатилади. Бундай пўлатларда карбид фаза ( $Сг_7С_3$ ) мавжуд бўлгани учун уларнинг ишқаланиб емирилишга чидамлилиги катта бўлади.

Штамп қаттиқ, мустаҳкам ва ейилишга чидамли бўлиши учун пўлат турига қараб термик ишлов берилади. Кам легирланган асбобсозлик пўлатларини тоблаш учун уни 1050—1100°С гача қиздириб, мойда тобланади, сўнгра бўшатиш учун 150—120°С гача қиздириб, ҳавода совитилади. Пўлатни иссиқ бардош қилиш учун тоблаш температураси бироз юқорироққа кўтарилади ва бир неча марта (3—4) юқори температурали (500—570°С) бўшатиш ўтказилади. Вольфрам ҳамда кремний билан қўшимча легирланган хромли пўлатлар (4ХВС2, 5ХВС2, 6ХВС2, 4ХС, 6ХС) га ана шундай термик ишлов берилганда жуда яхши зарбий қовушоқликка эга бўлади. Бундай легирловчи элементлар пўлатдаги углерод миқдорини камайтиришга, бўшатиш температурасини оширишга имкон беради.

Иссиқ ҳолда деформациялаш пўлатни рекристалланиш температурасидан юқорида олиб борилганлиги учун штамплар ана шу температурада ўз хоссаларини йўқотмасдан, оксидланмасдан ва коррозияланмасдан узоқ муддат ишлай олиши керак. Йирик штампларни тайёрлашда бўшатишдаги II тур мўртликка эга бўлмаган пўлатлар ишлатилади.

Бундай пўлатларнинг таркибида 0,3—0,6% углерод бўлиб, улар хром, никель молибден ҳамда кремий билан легирланган бўлади. Бу пўлатлар тоблангандан кейин юқори температурада бўшатиш ўтказилади (550—680°C). Масалан, 5XHM пўлат мураккаб шаклдаги штампларни тайёрлашда ишлатилади. 500°C да ҳам ўз хоссаларини йўқотмасдан узоқ вақт ишлай олади. Уртача катталикдаги штамплар 5XGM, 5XNBC пўлатлардан тайёрланади. 5XNB пўлатдан тоблаш чуқурлиги унча катта бўлмаган кичикроқ ўлчамдаги штамплар тайёрланади.

Бундай пўлатлар 820—880° гача тобланади. Бу жараён оксидланиш ва углероддан куйишнинг олдини оладиган муҳитларда олиб берилади. Кейин ҳазода ёки 750—780°C дан бошлаб қойда совинилса ҳам бўлади, яъни тоблашнинг поғонали усули қиланилади.

Штампларнинг ишлатилиш шароитларига қараб, бўшатиш температураси фарқлар хил бўлади. Кичикроқ ўлчамли штамплар жуда қаттиқ ва етилишга чидамли бўлиши учун улар 480—520° температурагача қиздирилиб бўшатилади. Баъзи пайтда мураккаб шаклдаги жуда катта штамплар жуда қовушоқ бўлиши учун юқори температуралар (450—580°C) бўшатиш ўтказилади.

Штамп пўлатлари таркибидagi хром миқдорининг оширилиши (4—5%) куйинди ҳосил бўлишнинг олдини олади ҳамда емирлишга қўл тўқамликни оширади (4X5ФС, 4X5В2ФС, 4X4БМФС).

Пластмассаларни қайта ишлашда (айни қуйма усулда) штамп юзаларига катта талаблар қўйилади. Юза юқори микротозолиг (сизилиқлик)ка эга ҳамда коррозиябардош бўлиши ва юзанинг геометрик ўлчамлари ўзгармас бўлиши керак. Пластмассаларни куйиш учун мўлжалланган металл қолиплар 4XBC2, X12, 7X13, 8X3, 40X, 30XГС пўлатлардан тайёрланиб, кўпинча юза қисмига ҳар хил кимёвий-термик ишлов (азотлаш, цианлаш ва ҳоказо) берилади.

#### 4. АСБОБСОЗЛИК ҚАТТИҚ ҚОТИШМАЛАРИ

Қийин эрийдиган металлларнинг кукун ҳолдаги карбидлари жуда катта қаттиқликка эга. Асоси металл бўлган кукун ҳолдаги карбидлар билан тўйинтирилган материалга металл-керамик қаттиқ қотишмалар (3882—74 ГОСТ) дейилади.

Куқун ҳолдаги WC, TiC ва TaC аралашмасини металл ҳолатдаги кобальт боғловчи (у ҳам куқун ҳолда) элемент билан аралаштириб, қолипларга солинади ва босим остида ишлангандан кейин кобальтнинг сувоқланиш температурасидан юқорироқ температура (1450—1550°C) да пиштилади. Бундай металл-керамик қотишмаларнинг таркиби умумий ҳолда қуйидагичадир:

$$a\% \text{ WC} + b\% \text{ TiC} + v\% \text{ TaC} + c\% \text{ Co.}$$

Қаттиқ қотишмани ҳосил қилишда қатнашаётган карбидларнинг миқдорига қараб, вольфрамли (б-в-о), титан-вольфрамли (в-о) ҳамда титан-тантал-вольфрамли қаттиқ қотишмалар бўлиши мумкин.

Бундай қаттиқ қотишманинг структураси карбидлардан иборат бўлиб, карбидлар эса ўзаро кобальт элементи билан боғланган бўлади.

Вольфрам карбидли (ВК) қаттиқ қотишмаларнинг иссиқбардошлилиги 800°C гачадир. Бунда доначалар қанча майда ва боғловчи элемент (Со) қанча кам бўлса (ВК3, ВК6), қотишмаларнинг ейилишга чидамлилиги шунча катта, лекин қовушоқлиги эса кичик бўлади (тамғадаги ВК дан кейинги бутун сонлар кобальтнинг % миқдорини кўрсатади). Қотишма таркибида кобальт элементи қанча кўп бўлса, қотишма шунча қовушоқ бўлади (ВК8, ВК10, ВК20). Бундай қотишмаларнинг қаттиқлиги 84—89 НРА га, эгилишдаги мустаҳкамлиги эса 1400—1600 МПа га тенг.

Титан-вольфрам карбидли (ТК) қотишмаларнинг иссиқбардошлилиги 900—1000°C га етади. Бундай қотишманинг таркибида TiC ва WC карбидлар бўлганлиги учун унинг қаттиқлиги ВК туркумига кирувчи қотишмалар қаттиқлигига қараганда анча катта бўлади, структурасининг тузилиши эса таркибидаги карбидларнинг нисбатига боғлиқ бўлади. Агар қотишма таркибида TiC кўп бўлса, структурада қарийб (TiW)C ҳосил бўлади. Бундай структура кесиш тезлигини оширишга имкон беради. Масалан, икки карбидли Т15К6, Т5К10 қотишмалар металлга бирламчи ишлов берилишида қўлланилади, Т30К4 қотишма тоза ишлов беришда қўлланилади.

Титан-тантал-вольфрам карбидли (ТТК) қаттиқ қотишма вольфрам карбид (WC) билан учламчи карбид (Ti, Ta, W) С ли қаттиқ эритмани ҳосил қилади. Шунинг учун бу қотишма жуда катта қаттиқлик (НРА—90—92) ва юқори иссиқбардошликка (1100°C) эга. Уч карбидли (ТТ7К12, ТТ10К8-Б) қотишмалар ҳам пўлатларга ишлов беришда ишлатилади.

Қаттиқ қотишмаларни фақат жилвирлаши мумкин, улар жуда қаттиқ бўлганлиги учун кесиб ишланмайди. Кейинги вақтда беритрид асосидаги жуда қаттиқ поликристалл материаллар — композициялар асбоб материали сифатида иш-

нилмоқда. Эльбор деб аталувчи бундай композициялар юқори иссиқбардошлиликка эга. Бундай материаллар токаръ ҳамда фрезерлик ишларида қўлланилади.

## **14-боб. МАХСУС ФИЗИК ХУСУСИЯТЛИ ҚОТИШМАЛАР**

Махсус хусусиятларга эга бўлган қотишмаларга эҳтиёж борган сари ортиб бормоқда. Бошқариладиган ўтказувчанликка, жуда кичик солиштирама электр қаршилиikka, ярим ўтказгич ва магнит хоссаларига, ўзининг аввалги шаклига қайтиш хусусиятларига эга бўлган қотишмалар ҳозирнинг ўзида жуда кенг қўлланилмоқда. Бундай хусусиятларга эришиш учун қотишма таркибидаги элементларнинг нисбатини танлаш, элементларнинг махсус ҳамда структура тузилишларини бошқариш қонуниятларини билиш керак.

Металл ва қотишмаларни қайта ишлашнинг янги технологиясини қўллаш, уларнинг юқори тезликда кристалланиш усулларини яратишга олиб келди. Аморф ҳолатдаги металллар кристалл ҳолатдаги металлларга қараганда юқори мустаҳкамликка эга ҳамда актив коррозияловчи муҳитда барқарордир. Суюқ металлни ўта совитиш натижасида барқарор (квазистабил) махсус ҳолатга эга бўлган аморф структура ҳосил бўлади. Ҳозирги вақтда махсус хусусиятларга эга бўлган янги материалларни яратишда кукун металлургиясининг ўрни муҳимдир.

### **1. ЭЛЕКТР УТКАЗУВЧАНЛИГИ ТУРЛИЧА БУЛГАН МАТЕРИАЛЛАР**

Нуқсонлар ва қўшимчалар миқдори кам бўлганда ўтказувчанлик хусусиятини кескин ошиши металлларга хос бўлган хусусиятдир. Бундай хусусиятли металллар асосан электр энергиясини узатиш ёки улаш материаллари сифатида ишлатилади.

Кумуш қимматбаҳо материал бўлганлиги учун фақат коррозияланиши мумкин бўлмаган электр ўтказгичларда, юқори ва жуда юқори тебранишли электр токида ишлайдиган электр асбобларида ҳамда нозик микросхемаларнинг улаш материаллари сифатида ишлатилади.

Мис кумушга қараганда арзон ҳамда жуда яхши ўтказувчанликка эга бўлганлиги учун машинасозлик ва электр саноатида асосий ўтказувчан материал сифатида ишлатилади. Вакуум усулида олинган мис ноёб хусусиятларга эга. Баъзан юқори тебранишли ток ўтказгичлари (мис)нинг сиртини коррозиядан асраш учун кумуш билан қопланади.

Юқори мустаҳкамликка эга бўлган ўтказувчан элементларда латунлар ва кадмийли ҳамда бериллийли бронзалар ишлатилади (сирпаниш контактлари, мембраналар ва шунга ўхшаш ток ўтказувчи элементлар).

Алюминий ҳам юқори механик хусусиятларга эга бўлган яхши ўтказувчан материал. Мисга қараганда алюминий та-

Биатда кўпроқ учрайди, унинг коррозиябардошлилиги ҳам мисга қараганда юқорироқдир.

Температура камайиб борган сари ўтказгичларнинг электр қаршилиги камайиб боради, баъзи металллар абсолют нолга яқин температурада ўтаўтказувчанликни намоён қилади, солиштирма электр ўтказувчанлик жуда камаяди ( $10^{25}$  ом/м га яқин). Ана шундай материаллар ўтаўтказувчан материаллар деб аталади. Ўтаўтказувчанлик қарама-қарши импульслар ва спинларнинг ҳосил бўлиши билан боғлиқ, яъни температура абсолют нолга яқинлашганда электронларнинг кристалл панжарадаги ионлар билан таъсири йўқотилади, электрон жуфтлари ҳосил бўлиб, юқори электр ўтказувчанликка эга бўлган фаза ҳосил бўлади. Ҳозирги вақтда анчагина металл (W, Be, Cd, Zr, Zn, Mo, Al ва ҳоказо)ларда ўтаўтказувчанлик хусусияти борлиги маълум.

Ўтаўтказувчанликка металллар таркибидаги қўшимчаларнинг таъсири катта, лекин металл қўшимчалари ўтаўтказувчанликнинг критик температурасига кам таъсир кўрсатади. Ўтаўтказувчан металлларнинг қотишмалари ҳам ўтаўтказувчанликка эга бўлади. Бундай қотишмаларга қуйидаги материалларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин: Nb—Zn, Nb—Ti, V—Ti, Ta—Ti.

Ўтаўтказувчан материаллардан ясалган воситаларни кўплаб ишлаб чиқаришда кукун металлургиясидан фойдаланилади. Масалан, шу усул билан ҳар хил ўлчамлардаги симлар ишлаб чиқарилади ёки металл асосидаги ана шундай қотишмалардан махсус қопламалар олинади.

Ўтаўтказувчан материаллар ҳисоблаш техникасида, магнит қурилмаларида, лазер ҳамда элементар заррачаларни тезлаштириш қурилмаларида кенг қўлланилади.

*Солиштирма электр ўтказувчанлиги металларниқидан катта, лекин диэлектрикларниқидан кичик бўлган материаллар ярим ўтказгичлар деб аталади.*

Ярим ўтказгичларнинг муҳим аҳамияти шундан иборатки, металллардан фарқли ўлароқ, электр ўтказувчанликнинг температура коэффициентини мусбат бўлади. Ноль температурада ярим ўтказгичлар ток ўтказмайдиган материалларга (изоляцияторга) айланади.

Ярим ўтказгичларнинг солиштирма электр ўтказувчанлиги ва ўтказувчанлик даражасини бошқариш учун улар легирланади, легирловчи қўшимчаларнинг ўзи донор ёки акцептор вазифасини бажариши мумкин.

Кимёвий таркиби бўйича ярим ўтказгичлар икки хил бўлади: 1) таркиби биргина элементдан иборат бўлган оддий ярим ўтказгичлар (B, C, Si, Ge, Sn, P, As, S, Se, Te); 2) турли хил кимёвий элементлар бирикмасидан ёки қотишмалардан иборат бўлган ярим ўтказгичлар (CuO, ZnO, Ag<sub>2</sub>Se, PbS, S—Te ва ҳоказо). Янада мураккаброқ—уч ва ундан ор-

тиқ элементлардан иборат бўлган ярим ўтказгичлар ҳам бор ( $\text{CuFeS}_2$ ,  $\text{AgFeTe}_2$  ва ҳоказо).

Энг кўп тарқалган ярим ўтказгичлардан бири германийдир (легирланган ёки тоза бўлиши мумкин). Ундан ўзгарувчан токни тўғриловчи элементлар, транзисторлар, фотодиодлар, инфрақизил нурлар учун линзалар тайёрлашда ва бошқа соҳаларда фойдаланилади.

Германийли асбоблар  $70\text{—}85^\circ\text{C}$  да ишлай олади. Кремний асосида ишлайдиган ярим ўтказгич асбоблар нисбатан юқори температурада ( $120\text{—}150^\circ\text{C}$ ) ҳам ишлай олади. Кремнийли ярим ўтказгичлар кучли, катта қувватга эга бўлган токни тўғриловчи асбобларда, кучланишни барқарорлаштирувчи ускуналарда ҳамда қуёш батареяларида ва бошқа шунга ўхшаш ускуналарда ишлатилади.

Лазер техникасида мураккаб ярим ўтказгичлар қўлланилади. Масалан, ярим ўтказгич температура регисторини тайёрлашда оксидлардан фойдаланилади ( $\text{CuO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

## 2. МАГНИТ МАТЕРИАЛЛАРИ ВА ПАРАМАГНИТЛАР

Магнит пўлатлари ва қотишмалари магнитни сингдириш, коэрцитив куч  $H_c$  ва қолдиқ индукция  $B_z$  ва бошқаларига кўра магнит-юмшоқ, магнит-қаттиқ ҳамда парамагнит турларга бўлинади.

Бундай материаллар ишлаб чиқаришнинг технологик хусусиятларига қараб, деформацияланган (совуқ ёки иссиқ ҳолда босим остида ишланган) ҳолда қуйиш ва кукун технологияси бўйича пишитилган ҳамда пресс-магнитлар ҳолида ишлаб чиқарилади.

Магнит-юмшоқ материалларни учта синфга бўлиш мумкин: 1. Юпқа тунука ёки ҳар хил геометрик шаклга эга бўлган легирланмаган электротехника пўлатлари (3836 ГОСТ ва 11036—75 ГОСТ). 2. Кремнийли электротехника пўлатлари (214270—75 дан 121427.3 ГОСТ гача ва 21427.4—78 ГОСТ).

3. Магнитни сингдириши юқори бўлган қотишмалар (10160—75 ва 10994—74 ГОСТ).

Магнит-юмшоқ материаллар трансформатор ва генераторларда, токни улайдиган ускуналарда, электр ўлчов асбобларини ясашда ишлатилади.

Техник тозалikka эга бўлган темир — ўзгармас ток магнит ўтказгичлари — электромагнит, реле каби ускуналар тайёрлашда ишлатилади. Тоza темирдан фойдаланишда ўрама тоқлар (Фуко тоқни) ҳисобига қувват кўп йўқотилади (бу ток қайта магнитлашда ҳосил бўлади). Бундай камчиликни тузатиш учун темирга кремний қўшилади, натижада қувват йўқотилиши камаяди, лекин унинг миқдори 3% дан ошиб кетса, материалда мўртлик ҳосил бўлади. Кремний магнит сингшишини ҳамда

индукцияни оширади, коэрцитив куч ҳамда гистерезис ҳолатидаги йўқотишларни камайтиради.

Қаттиқ магнитли материаллардан ҳар хил доимий магнетиклар тайёрланади. Бундай материаллар таркибида углероднинг миқдори кўп бўлади ( $\sim 1\%$ ), улар хром ёки бирданига хром, кобальт, молибден билан легирланган бўлиб, қуйидагича тамғаланади (6862—71 ГОСТ): ЕХЗ, ЕХ5К5, ЕХ9К15М2 (бунда Е — магнит пўлати эканлигини билдиради). Легирловчи элементлар асосан магнит ҳамда коэрцитив энергияни оширади, доимий магнитларни температура ва механик хоссаларини муқобиллаштиради. Хром ва кобальт билан легирланган пўлатларни кесиб ҳамда босим остида ишлаш анча осон, лекин нисбатан кам магнит энергиясига эга. Бундай пўлатларга бериладиган термик ишлов магнит хоссаларини оширади. Масалан, ЕХ5К6 ва ЕХ9К15М2 пўлат нормалланади, юқори температурада бўшатилади, кейин тобланади ҳамда паст температурада бўшатилади.

Мураккаб ҳамда жавобгарлиги юқори бўлган магнетикларни (масалан, магнит ленталари, дисклар ва ҳоказо) ишлаб чиқаришда кам углеродли деформацияланган қотишмалар ишлатилади. Масалан: Fe—Co—Mo (комол), Cu—Ni—Co (кунико), Fe—V—Co (виколай) ва ҳоказолар.

Ўлчамлари унча катта бўлмаган электрон ҳисоблаш машиналарида ҳамда тезда эслаб қолиш ускуналарида юқори ферромагнит қотишмалар ишлатилади. Бундай материалларни қайта магнитлашда жуда кам, яъни ўндан бир секунддан бир неча секундгача вақт сарф бўлади.

Электротехника ва электр ўлчов асбобларида, кemasозликда ҳамда техниканинг махсус соҳаларида магнит хоссаларига эга бўлмаган (паромагнит) пўлатларни ишлатиш керак бўлади. Ана шу мақсадлар учун аустенит синфига оид 17X18H9, 12X1810T, 55Г9H9X3, 50Г18X4, 40Г14H9Ф, 40X14H9X3ЮФ каби паромагнит пўлатлар ишлаб чиқилган.

Бу пўлатларнинг оқувчанлик чегарасидаги кучланиш кичик бўлади. Шунинг учун бундай пўлатлардан юқори куч остида ишлайдиган машина воситаларини тайёрлаб бўлмайди. Лекин деформациялаш ҳамда майда структура ҳосил қилиш орқали у пўлатларнинг мустаҳкамлигини ошириш мумкин. Ишқаланиш жуфтларида ишлайдиган воситаларни (40Г14H9Ф2, 40X14H9X3ЮФ2) каби пўлатлар) азотлаш орқали емирилишга чидамлилигини ошириш мумкин.

### **3. АВВАЛГИ ШАКЛГА ҚАЙТИШ ХУСУСИЯТИГА ЭГА МАТЕРИАЛЛАР**

Агар материалларни юқори температурада пластик деформациялаш орқали маълум шаклга эга бўлган буюм олинса, у совитилиб паст температурада қайтадан пластик деформация-

ланса, буюм шакли ўзгаради. Кейин буюм яна қайтадан қиздирилса, у юқори температурада ўз-ўзидан пластик деформацияланиб, олинган шаклга қайтади. Материалларнинг бундай хусусиятлари механик шаклни эслаб қолиш хусусияти дейилади.

Материалларни юқори температурада деформациялаш жараёни барқарор фаза температураси чегарасида олиб борилади. Паст температурада деформациялаш эса фаза ўзгариш температурасида ёки унга яқинроқ температурада олиб борилади. Ҳосил бўладиган термоэластик мартенсит бу материалларнинг энг муҳим таркиби ҳисобланади. Термоэластик мартенситнинг ҳосил бўлиши учун мартенсит ва асосий фазанинг элементар кристалл панжаралари когерент боғланган бўлиши керак. Фазалараро чегарада когерентлик бузилиши билан мартенсит кристалларининг ўсиши тўхтайди. Одатда система эркин энергиясининг камайиши билан янги фазалар ўса бошлайди. Агар эластик деформация энергиясининг ошиши кимёвий соф энергиянинг камайишига тўғри келса, системанинг соф энергияси нолга тенг бўлади, яъни у мувозанатда бўлади. Бундай ҳолда мартенсит кристалларининг ўсиши тўхтайди, яъни термоэластик ҳолат вужудга келади. Бундай қотишмаларда мартенситга парчаланишнинг температура гистерезиси унча катта бўлмайди.

Материалларнинг «механик шаклни эслаб қолиш» хусусияти деформация натижасида кристалл панжаралардаги аксланиш жараёнининг содир бўлишига боғлиқ бўлиб, қиздирилганда бу хусусият йўқолади. Лекин деформациянинг шундай критик қиймати борки, ундан катта куч остида деформацияланганда қиздириш билан аксланиш йўқолмайди. Унинг йўқолиши учун материал қайта кристалланиш (рекристалланиш) и лозим.

$Ti-Ni$ ,  $Ti-Au$ ,  $Ti-Pd$ ,  $Ti-Pt$ ,  $Au-Cd$ ,  $Ag-Cd$ ,  $Cu-Zn$

системалар берилган шаклни эслаб қолиш хусусиятларига эга бўлган қотишмаларга мисолдир. Материалнинг «механик шаклни эслаб қолиш» хусусиятининг ҳосил бўлиш температураси материалнинг турига боғлиқ. Масалан, нитипол ( $Ti-Ni$ ) нинг бу температураси  $500-600^{\circ}C$  га тенг. Унинг эластиклик модули ( $E$ )  $66,7-72,6$  МПа га, силжиш модули ( $G$ )  $22,5-24,5$  МПа га, мустаҳкамлиги ( $\sigma_b$ )  $735-970$  МПа га, пластиклиги ( $\delta$ )  $2-27\%$  га, солиштирма электр қаршилиги ( $\rho$ )  $65-75$  мк. Ом. см га, эриш температураси ( $T_s$ )  $1250-1310^{\circ}C$  ва зичлиги ( $\gamma$ )  $6640$  кг/м<sup>3</sup> га тенг.

Бундай материаллар космик кемаларнинг антенналарини тайёрлашда ишлатилади. Антенналар фазога чиққанда эслаб қолган шаклга қайтиб, ўз-ўзидан очилиши керак. Яна улар ўт ўчириш ускуналари муфталарини тайёрлашда ҳам ишлатилади.



#### 4. ЮҚОРИ ЭЛЕКТР ҚАРШИЛИКҚА ЭГА БЎЛГАН МАТЕРИАЛЛАР

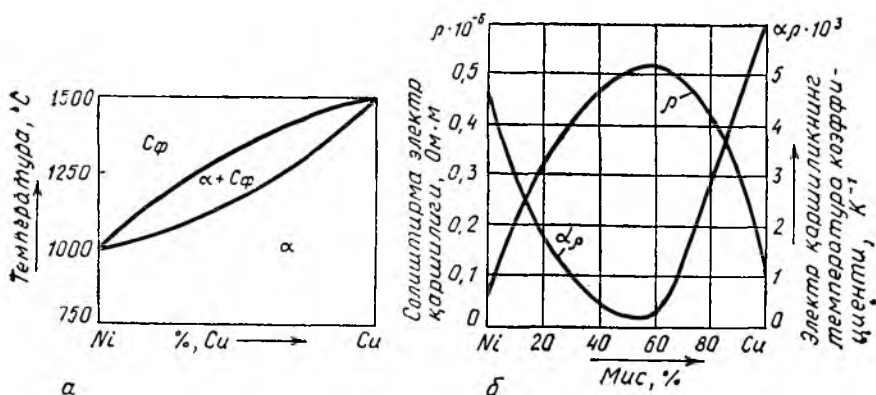
Одатда қаттиқ эритмалар юқори электр қаршиликка эга бўлиб, унинг қиймати эритма компонентларининг ўзаро нисбатига боғлиқ бўлади. Урин алмашиш қаттиқ эритмасининг электр қаршилиги катта бўлади ва сингучи элемент миқдорининг ортиб бориши билан электр қаршилик ўзгариб боради. Бу ўзгариш экстремал характерга эга бўлиши (88-расм) мумкин. Cu—Ni қотишма резистор ва иситиш элементлари ҳамда тензс ва терморезисторларни тайёрлашда қўлланилади.

Иситиш элементлари юқори температурада (1100—1150°C) куйинди ҳосил қилмасдан узоқ муддат шундай ишлай олиши керак. Шунинг учун улар алюминий, хром, никел, кремний каби элементлар билан легирланади.

Иситиш элементларини тайёрлашда нихром (Х20, Н80, Х15, Н60), фехраль (Х13Ю4, Х25Ю5Т) каби материаллар, резистор элементларини тайёрлашда константан (МнМц 40—1,5), никелин (МнМц 30—1,5), манганин (МнМц 3—12) каби қотишмалар қўлланилади.

Қотишма таркибидаги хром ва алюминий миқдорининг ортиб бориши билан қотишманинг куйинди ҳосил қилишга чидамлилиги ортиб боради ва юқорироқ температурада ишлай олади. Нихромларнинг пластиклиги ва технологик хусусиятлари яхши, фихромлар арзон бўлгани билан мўрт ва уларнинг технологик хусусиятлари юқори эмас.

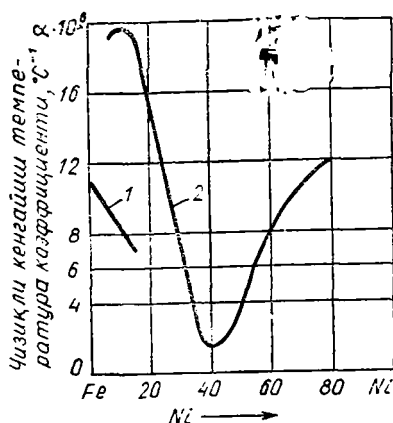
Маълумки, машина ва конструкцияларнинг механик ва термик деформацияларини ўлчаш керак бўлади. Ўлчаш учун тензорезисторлар қўлланилади. Бу тензорезисторлар кўпинча константан, фехраль, нихромлардан, яъни терморезистор электр қаршилиги температура коэффиценти юқори бўлган матери-



88-расм. Никель — мис системасининг ҳолат диаграммаси (а) ҳамда солиштирма электр қаршилик ( $\rho$ ) ва электр қаршилик температура коэффиценти ( $\alpha\rho$ ) нинг қотишма таркибига боғлиқлик графиги (б).

аллардан тайёрланади. Масалан, Н50К10 (50—52% Ni, 10—11% Co, қолгани Fe) қотишма кенг қўлланилади. Бу қотишманинг электр қаршилиги температурага тўғри пропорционал боғланишда бўлиб, 20—200°C да ишлайди. Хромаль ОХ21Ю9—196°C дан 480°C гача, константан — 60 дан 300°C гача ишлайди. Бундай пўлатлар таркибидаги углерод миқдори чегараланган бўлади (0,06—0,12%).

## 5. КЕНГАЙИШНИНГ ТЕМПЕРАТУРА ҚОЭФФИЦИЕНТИ ТУРГУН БУЛГАН ҚОТИШМАЛАР



89-расм. Темир — никель системасидаги қотишмаларнинг чизиқли кенгайиш температура коэффицентининг қотишма таркибига боғлиқлиги графиги:

1 — α-фаза; 2 — γ-фаза.

Қаттиқ эритма ҳосил қилувчи қотишмаларнинг чизиқли кенгайиш коэффицентини қотишма таркиби билан экстремал боғланишга эга. Масалан, Fe—Ni қотишма учун мураккаб функционал боғланиш мавжуд (89-расм). Демак, керакли чизиқли кенгайиш коэффицентига эга бўлган материалларни яратиш мумкин. Бундай материаллар инвар қотишмалар деб аталади, яъни — 60°C дан +100°C гача чизиқли кенгайиш коэффицентини ўзгармайди (12-жадвал).

Инвар қотишмаси (36Н) дан тайёрланган машина қисмлари шончли ишлайди, бу қотишма юқори технологик ху-

12-жадвал. Инвар қотишмаларнинг таркиби ва хоссалари

Қотишманинг тури	Қотишма таркибидagi элемент миқдори, қолгани Fe)			Хосса кўрсаткичлари	
	Ni	Co	Cu	$\alpha \cdot 10^6, \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Температура, $^\circ\text{C}$
36Н (инвар)	35—37	—	—	1,5	—60—100
32НД (инвар)	3,5—33	3,1—4,2	0,6—0,8	1,0	—60—100
29НК (ковар)	8,5—29,5	17—18	—	1,5—6,5	—70—400
47НД (платенин)	46—48	—	4,5—5,5	9,9—11,0	—70—440

сусиятларга ва коррозиябардошликка эга. Бу қотишмадан тайёрланган буюмнинг ишлашни яхшилаш учун қотишмага термик ишлов берилади: 800°C да тоблаб бўшатиш учун 315°C да қиздирилади, сўнгра эскиртирилади. Шундай қилинганда деярли ички кучланишлар ҳосил бўлмайди. Қотишма кобальт билан легирланса, суперинвар ҳосил бўлади. Ўлчов асбобларининг металл қисмига шиша ёлиштириш учун инвардан фойдаланилади, чунки унинг чизиқли кенгайиш коэффициенти шишаникига яқин. Иссиқбардош шишалар учун ковар (29НК) қўлланилади.

Иссиқлик релеларини, компенсаторлар, ўт ўчириш қурилмалари, хабар берувчи мосламаларни тайёрлашда чизиқли кенгайиш коэффициенти ҳар хил бўлган икки қатламли материаллардан фойдаланилади. Бундай материаллар температура биметаллари (термобиметаллар) деб аталади. 19НХ, 20НТ, 24НХ, 27НМ, 46Н, 45НХ каби қотишмалар биметаллардир.

## 6. ЭЛАСТИК ХУСУСИЯТЛИ ПЎЛАТ ВА ҚОТИШМАЛАР

Ўлчов асбобсозлигида ишлатиладиган пўлат ва қотишмалар махсус эластиклик хусусиятига эга бўлиши керак. Бу эластиклик маълум температурада муқобил бўлиб, мустаҳкамлик сақланади. Ўлчов асбобларининг сезгир элементлари — мембраналар, сиффонлар, анероид (металл барометр) қутчалари ана шундай қотишмалардан тайёрланади (42НХТЮ, 36НХТЮ, 17ХНГТ, 68НХВКТЮ, 95НЛ, 95НМЛ). Бундай қотишмалар яхши технологик хоссаларга эга, эскиртирилгандан кейин эса юқори эластикликка эга бўлади. Мустаҳкамликнинг ошиши эса у-фазанинг ажралиб чиқиши ва унинг аустенит кристалл панжараси билан когерент муносабатда бўлишига боғлиқдир.

Температура 300°C гача бўлган шароитларда ишлайдиган асбоб элементлари 36НХТЮ дан тайёрланиши мумкин. Катта температура оралигида (196—500°C) ишлайдиган асбоб элементлари 68НХВКТЮ дан тайёрланади.

Бериллийли бронзалардан ҳам махсус эластик хоссаларга эга бўлган асбоб элементлари тайёрланади. Бронзаларни термик ишлаш орқали бундай хоссаларга эришилади. Масалан, бронзанинг БрБ2 тури тоблаш (780—790°C) дан кейин эскиртирилса (350°C), эластиклик чегарасидаги кучланиш ( $\delta_{0,002}$ ) 120 дан 760 МПа гача ортади. Бу қотишма қўшимча равишда титан, никель, бром ( $\leq 0,1\%$ ) ва магний ( $\leq 0,1\%$ ) билан легирланса, унинг хоссалари янада яхшиланади. Термомеханик ишлов берилганда бериллийли бронзаларнинг эластиклик чегарасидаги кучланишни 1060 МПа гача кўтариш мумкин. Бу элементларни коррозияловчи муҳитдан сақлаш мақсадида уларнинг устки қатлами кадмий ёки никель билан қопланади.

Электр токи таъсирида ишлайдиган эластик элементлар никель ва кобальт асосидаги қотишмалардан тайёрланади, чунки

бундай қотишмалар юқори температурада (<800°C) ҳам ишлаш қобилиятини узоқ сақлаб қола олади.

## 15- б о б. АЛЮМИНИЙ ВА УНИНГ АСОСИДАГИ ҚОТИШМАЛАР

Машинасозлик технологияси ҳамда электр-техника саноатида алюминий кенг доирада ишлатилади. Алюминий машинасозлик материаллари ичида ўзининг муҳим хусусиятлари (солиштирма мустаҳкамлиги, электр ва иссиқлик ўтказувчанлиги ҳамда коррозиябардошлиги) билан ажралиб туради. Алюминийнинг физик ва механик хоссалари уни легирлаш орқали яхшиланади. Конструкция материаллар сифатида алюминий қотишмалари дуралуминий, силуминий ва магналинлар, кукун қотишмалар кенг қўлланилади.

Алюминий қотишмалари ишлаб чиқариш технологияси ва термик ишлангандан кейин мустаҳкамлигининг ошишига қараб турли синфларга бўлинади. Алюминий қотишмалари машинасозлик материали сифатида келгусида кенг ишлатилади. Айниқса, кукун металлургияси усули билан олинадиган алюминий қотишмаларининг аҳамияти жуда каттадир. Бундай материаллар юқори мустаҳкамликка, коррозиябардошликка, оловбардошликка эга. Бундай материаллар жавобгарлиги катта бўлган машина воситаларини тайёрлашда кенг қўлланилмоқда ва бир йўла чиқиндисиз технологияни қўллашга имконият яратмоқда. Алюминий қотишмаларини термик ишлаш натижасида унинг мустаҳкамлиги ва технологик хусусиятларини ошириш мумкин.

### 1. ТОЗА АЛЮМИНИЙ ВА УНИНГ ТЕХНИКАДА ИШЛАТИЛИШИ

Алюминий оқ-кумуш рангдаги металл бўлиб, ёқлари марказлашган куб катакча асосдаги кристалл панжарага эга ва унинг муҳим хусусиятларидан бири ўртача зичлигининг камлиги ( $\gamma = 2700 \text{ кг/м}^3$ ) ҳамда юқори пластиклик ва электр ўтказувчанликка эгалигидир. Алюминий яхши пайвандланади, босим остида осон ишланади, фақат уни кесиб ишлаш қийин. Суюқ алюминийнинг оқиш хусусиятлари ҳам яхши, бироқ қуймада катта ўлчамдаги чўкмаларни ҳосил қилади. Алюминий ҳавода тез оксидлангани учун ундан пўлат устидаги коррозия бардош қопламалар олинади. Алюминийнинг оксидланишидан  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ҳосил бўлади, ундан ҳаво (кислород)нинг ичкарига диффузияланиши қийин. Шунинг учун оксид қатлам остидаги юза узоқ вақт оксидланишдан сақланиши мумкин. Унинг механик хоссалари таркибидаги ўзга қўшимчаларнинг миқдорига боғлиқ.

Энг тоза ёки махсус тозалikka эга бўлган алюминий таркибида 0,001% қўшимча бўлади (А999), юқори тозалikka эга

бўлган алюминий таркибидаги қўшимчаларнинг миқдори 0,005—0,5% бўлади (А995; А99, А97, А95).

Алюминий машинасозликда ток ва иссиқлик ўтказадиган ҳамда унча катта бўлмаган ҳажмли коррозиябардош воситаларни тайёрлашда қўлланилади. Алюминий юқори механик хусусиятларга эга бўлмаганлиги учун ундан ташқи куч таъсирида ишлайдиган воситалар тайёрланмайди. Қўйма алюминийга қараганда деформацияланган алюминийнинг хоссалари юқори бўлади. Шунинг учун саноатда 2 турдаги деформацияланган (АД ва АД1) алюминий ишлаб чиқарилади.

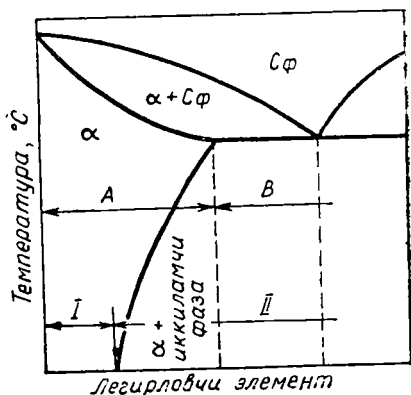
Техник тозалikka эга бўлган алюминий тахта (лист), сим ва бошқа ҳар хил шаклларда чиқарилади. Юқори кучланишга чидамли кабелларни тайёрлашда ҳамда электр ўтказгич тармоқларида алюминийдан жуда самарали фойдаланилади. Озиқовқат саноати учун алюминийдан турли идишлар тайёрланади, маҳсулотларни ўраш учун қоғоз ўрнида ҳам ишлатилади.

## 2. АЛЮМИНИЙ ҚОТИШМАЛАРИ

Алюминий қотишмалари тоза алюминийга нисбатан яхши механик ва технологик хоссаларга эга. Шунинг учун машинасозлик, самолётсозлик, кemasозлик, қурилиш ва қишлоқ хўжалигида алюминий қотишмалари кенг қўлланилади.

Алюминий легирловчи элементлар билан бир хил кўринишдаги ўзгарувчан таркибли қаттиқ эритмаларни ҳосил қилади. Шунинг учун улар ҳолат диаграммаси бўйича синфларга ажратилади (90- расм).

Деформацияланадиган алюминий қотишмаларининг аксарияти яхши технологик хоссаларга эга, пластиклиги юқори ва уларни кесиб ишлаш осон. Шунинг учун улардан турли шаклдаги ярим фабрикатларни ишлаб чиқариш мумкин, масалан, қоғозлар (фольга), листлар, чивиклар, трубалар, қобирғали панеллар, турли кўндаланг кесимдаги симлар, болғалаш ва штамплаш маҳсулотлари. Бундай заготовклар материални совуқлайин ёки иссиқлайин босим остида ишлаш усули билан олинадн (пресслаш, экструзердан ўтказиш, болғалаш, штамплаш, жўвалаш ҳамда



90- расм. Алюминий-легиловчи элемент системаси ҳолат диаграммасининг умумий кўриниши; А — деформацияланадиган қотишмалар; В — қўйма қотишмалар.

13- жадвал. Дуралюминийларнинг таркиби ва хоссалари

Қотишманинг ту, н	Қотишма таркибидаги элементлар,			Термик ишловдан кейинги механик хоссалар		
	Сu	Mg	Mn	$\sigma_{0,2}$	$G_b$ , МПа	$\epsilon$
Д1	4,3	0,6	0,6	240	400	20
Д16	4,3	1,5	0,6	330	410	18
Д19	4,3	2,0	0,75	310	425	18

волочирлаш). Заготовкларни пластик деформациялаш йўли билан олиш самарали технологик жараён бўлибгина қолмай, балки алюминий қотишмаларини мустаҳкамлигини ошириш усули ҳамдир. Лекин деформацияланадиган алюминий қотишмаларининг ичида термик ишлов натижасида мустаҳкамлиги ошмайдиган (I) ва ошадигани (II) ҳам бор (90-расмнинг А қисми). Масалан, Al—Cu—Mg—Mn туркумга кирувчи қотишмалар (дуралюминий) термик ишланганда уларнинг мустаҳкамлиги ошади (13-жадвал).

Дуралюминийлар совуқ ҳолда ҳам, иссиқ ҳолда ҳам яхши деформацияланади. Совуқлаш деформациялаш одатда жараённинг орасида қайта кристаллаш билан юмшатиб (350—370°C), босқичма-босқич олиб борилади.

Мис алюминийда эрийди ҳамда  $CuAl_2$  оралиқ фазани ҳам ҳосил қилади. Оддий температурада мис 0,2% гача эриса, юқори температурада қарийб 5,6% гача эрийди. Дуралюминийларни термик ишлаш усули билан мустаҳкамлаш учун улар тоблаб, эскиртирилади. Бунинг учун қотишма 495—505°C гача қиздирилади ва сувда совитилади, сўнгра 5—6 кун уй температурасида ушлаб турилади, яъни табиий эскиртирилади. Эскиртириш натижасида мустаҳкамлик янги тобланган қотишмага қараганда қарийб 70—75% га ошади. Тобланган дуралюминий мустаҳкамлигининг эскиртириш температураси ва эскиртириш вақтига боғлиқлиги 91-расмда кўрсатилган.

Миснинг алюминийдаги қаттиқ эритмасининг ( $\alpha$ -қаттиқ эритма) эскиртириш жараёнида парчаланиш натижасида мустаҳкамлик ортади. Кристалл панжарада бир текисда жойлашган мис атомларининг қотишмадан ажралиб чиқиши бир неча босқичда содир бўлади. Табиий эскиртиришда (+20°C) ёки сунъий эскиртиришда ( $T < +100—150^\circ C$ ) қаттиқ эритма парчаланмайди (оралиқ фаза ажралиб чиқмайди), қотишма кристалл панжарасидаги мис атомларининг жойлашиши тартиби ўзгаради, холос. Агар эскиртириш температураси юқорироқ ( $T \geq 150—200^\circ C$ ) бўлса, кристалл панжарадаги мис атомлари қайта тартибланади. Бунда коррозиябардошлик ва пластиклик яхшиланади.

Дуралюминийлар самолётсозликда кенг қўлланилади, масалан, Д1 қотишмадан самолёт винтелларининг парраклари, Д16 дан эса фюзеляжларнинг юк қўтарувчи қисмлари ясалади.

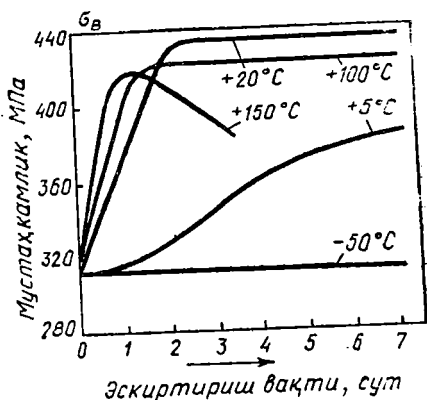
Юқори мустаҳкамликка эга бўлган алюминий қотишмаси (В95, В96) мураккаб таркибли қотишма бўлиб,  $Al-Zn-Mg-Cu$  туркумга киради. Қўшимча равишда улар яна марганец ва хром билан легирланади.

Бундай қотишмалар  $460-480^{\circ}C$  га қиздирилиб, сўнгра сунъий эскиртирилади ( $120-140^{\circ}C$ ). Бунда мустаҳкамлик  $\sigma_s$ ,  $600-700$  МПа га етади.

Бу қотишмаларнинг мустаҳкамлиги дуралюминийга қараганда юқори бўлса ҳам, пластиклиги анча кам, пчки кучланишнинг йиғилиши ва коррозияга мойиллиги ҳам бор. Шунинг учун уларнинг коррозиябардошлигини ошириш учун юзалари  $Al+1\%$  Zn билан қопланади. Юқори мустаҳкамликка эга бўлган қотишмалар температура ( $T > 120^{\circ}C$ ) таъсиридаги ташқи муҳитда ишлайдиган конструкцияларни тайёрлашда ишлатилади.

Юқори температура таъсирида ҳоссаларини йўқотмасдан узоқ вақт ишлайдиган алюминий қотишмалари ҳам бор. Термик ишланганидан бундай қотишмаларга оловбардош (АК4, АК4-1) қотишмалар киради. Улар мураккаб таркибга эга ва  $300^{\circ}C$  гача температурада ишлай олади. Қотишмалар таркибидagi темир, никель, мис ва бошқа элементлар қотишманинг мустаҳкамловчи фазаларини, яъни интерметаллит ( $CuAl_2$ ,  $CuMgAl_2$ ,  $Al_2MnCu$  ва ҳоказо)ларни ҳосил қилади. Қотишма мис, марганец, титан элементлари билан легирланганда диффузион жараёнларни тўхтатиш ҳисобига оловбардошликка эришилади. Оловбардош қотишмалардан тайёрланган машина воситалари товланиб, сўнгра сунъий эскиртирилгандан кейин ишлатилади.

Болғалаш ва штамплash усули билан ишлов бериладиган қотишмалар (АК6, АК8) яхши пластикликка эга. Уларга босим остида иссиқлайин ишлов берилганда дарзлар ҳосил бўлмайди. Бундай қотишмалар  $Al-Cu-Mg$  туркумига киради. Уларга қўшимча сифатида кремний қўшилади. Уларни  $450-475^{\circ}C$  да қиздириш билан болғаланади ва штампланади. Улардан ўрта кучланишда ишлайдиган машина воситалари тайёрланади, товланади ва эскиртирилади, кейин ишлатилади.



91-расм. Дуралюминий мустаҳкамлиги ( $\sigma_s$ ) нинг эскиртириш вақти ва температурасига боғлиқлиги графиги.

### 3. ДЕФОРМАЦИЯЛАНДИГАН АЛЮМИНИЙ ҚОТИШМАЛАРИ

Бу турдаги алюминий қотишмаларига асосан марганец ёки магний элементлари билан легирланган қотишмалар киради. Одатда бундай қотишмалар юқори пластикликка, коррозиябардошлиликка эга бўлиб, яхши пайвандланади. Бу қотишмалар юшатишган ҳолда пластик деформациялаш орқали мустаҳкамланган ёки қисман мустаҳкамланган ҳолда ишлатилади.

Марганец алюминийда эриб, марганецли қаттиқ эритмани ҳосил қилади, лекин бунда озгина миқдорда бўлса ҳам  $Al_6Mn$  фаза ҳосил бўлади. Магнийли қотишманинг совитилгандан кейинги мувозанат ҳолатида  $\alpha + \beta (Al_3Mg_2)$  ҳосил бўлиб,  $\alpha$ -қаттиқ эритма жуда барқарор бўлганлиги учун эритма етарли даражада секин совитилганда ҳам оралиқ фаза ажралиб чиқмайди. Шунинг учун бундай қотишмаларнинг мустаҳкамлигини термик ишлов бериш билан ошириб бўлмайди. Баъзи қотишмаларда, масалан,  $AMg_5$  да иккиламчи фаза ҳисобига мустаҳкамлик ошиши мумкин (14-жадвал). Алюминий — магний қотишмасини қўшимча равишда марганец билан легирланганда майда доначали  $Al_6Mn$  нинг ҳосил бўлиши ҳамда доначанинг майдаланиши ҳисобига мустаҳкамлик ошиши мумкин. Бу жадвалдаги қавс ичидаги сонлар пластик деформациядан кейинги мустаҳкамликни кўрсатади.

Бундай қотишмалардан қуймалар ҳам олиш мумкин. Лекин бунда дендрит ликвалациясини йўқотиш учун қуймани  $450-520^\circ C$  қиздириб, шу температурада  $4-40$  соат ушлаб турилади, сўнгра ҳавода ёки печда совитилади. Деформацияланган қотишма эса рекристалланиш натижасида юмшатилади. Бунинг учун заготовка  $350-500^\circ C$  температурада  $0,5-2,0$  соат ушлаб турилади, сўнгра ҳавода совитилади. Шундай қилинганда структура мувозанатга қайтиб, майда доначали бўлади.

Енгил шароитда ишлайдиган восита ва конструкцияларни тайёрлашда  $AMc$ ,  $AMg_2$ ,  $AMg_3$  қотишмалар кўпроқ ишлатилади. Улардан бензин баклари, трубалар, палуба қисмлари, ромлар тайёрланади.

14-жадвал. Термик ишлов натижасида мустаҳкамлиги ошмайдиган алюминий қотишмалари

Қотишманинг тури	Қотишманинг таркиби, %		$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	
	Mn	Mg			
$AMc$	1,0—1,6	—	130 (170)	50 (130)	23 (10)
$AMg_2$	0,2—0,6	1,8—2,8	200 (150)	100 (200)	23 (10)
$AMg_3$	0,3—0,6	3,2—3,8	200	110	20
$AMg_5$	0,3—0,6	4,6—5,8	300	150	20
$AMg_6$	0,5—0,6	5,8—6,8	300 (400)	150 (300)	13 (10)



Уртача кучланишда ишлайдиган воситалар ва конструкцияларни тайёрлашда АМг5 ва АМг6 қотишмалар ишлатилади. Улардан ромлар, вагон қисмлари, кема анжомлари, лифтлар, юк кўтариш ускуналари ва ҳоказолар тайёрланади.

#### 4. ҚУЙМА АЛЮМИНИЙ ҚОТИШМАЛАРИ

Қуйма заготовкаларни олиш учун Al—Si, Al—Cu, Al—Mg туркумга кирадиган қотишмалардан фойдаланилади. Қотишманинг механик хоссаларини яхшилаш учун у қўшимча равишда титан, цирконий, бор, ванадий элементлари билан легирланади. Қуйма алюминий қотишмаларининг муҳим хусусияти — суюқ ҳолда яхши оқиши, қотгандан кейин кам чўкма ҳосил бўлишлиги ҳамда яхши механик хоссаларга эга бўлишидир.

Қуйма алюминий қотишмаларига бериладиган термик ишлов натижасида механик хоссалар ортади, кесиб ишлаш осонлашади. Алюминий қотишмаларига термик ишлов бериш технологиясини бир неча тур (туркум)ларга бўлиш мумкин. Бу туркумлар  $T_1$ ,  $T_2$ , ...,  $T_8$  деб белгиланади.

Қотишма механик хоссаларини ошириш ҳамда технологик хоссаларини яхшилаш мақсадида  $175^\circ\text{C}$  температурада 5—20 соат ушлаб турилади ( $T_1$ ). Кристалланиш жараёнида вужудга келган термик ички кучланишларни йўқотиш ва қотишма пластиклигини ошириш мақсадида ( $300^\circ\text{C}$  да 5—10 соат давомда) юмшатиш ўтказилади ( $T_2$ ). Мустаҳкамликни ошириш мақсадида тоблаб, эскиртилади. Бундай термик ишловни  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$ ,  $T_6$  туркумдаги режаларда ўтказиш мумкин. Бу туркум режаларининг ҳаммасида ҳам тоблаш температураси  $510$ — $545^\circ\text{C}$  га тенг, бу режалар эскиртириш температураси ва вақти билан бир-биридан фарқ қилади ( $150$ — $200^\circ\text{C}$ , 2—5 соат). Структура ва ҳажми муқобиллаштириш учун қотишма тобланиб, ( $230$ — $250^\circ\text{C}$  да 3—10 соат) бўшатилади ( $T_7$ ). Пластикликни ошириш ҳамда ўлчамларни барқарорлаштириш учун қотишма бирданига ҳам тобланади, ( $240$ — $260^\circ\text{C}$  температурада 3—5 соат ушлаб турилади), ҳам бўшатилади.

Кремнийли қотишма амалиётда кўп қўлланилади. Алюминийнинг кремний билан ҳосил қилган қотишмаси силуминийлар деб аталади. Бундай қотишмаларнинг структураси эвтектикага яқин бўлгани учун суюқ ҳолда яхши оқади, натижада қолипни яхши тўлдиради, яъни қуйманинг геометрик ўлчамлари аниқлиги ортади ҳамда чўкманинг ҳажми кичик бўлади. Силуминийлар яхши кесиб ишланади, уларни пайвандлаш ҳам мумкин. Бу қотишмалар майда ва йирик заготовкаларни олишда ишлатилади. Силуминийлар АЛ2(10—13% Si); АЛ4(8—10% Si) деб белгиланади. Баъзи Al—Cu туркумдаги қуйма алюминий қотишмалари (АЛ7 ва АЛ19) термик ишлангандан кейин юқори механик хоссаларга эга. Бу қотишма кичик ва нисбатан юқори температурада яхши ишлай олади, лекин технологик хоссалари

унча яхши эмас (катта ҳажмли чўкма ва дарзлар ҳосил қилади). Шунинг учун бу қотишмалардан асосан майда заготовклар олинади.

Al—Mg туркумдаги қотишмалардан ҳам қуйма заготовклар олиш анча қийин. Лекин бундай қотишмаларнинг коррозиябардошлилиги яхши, улар юқори механик хоссаларга эга, яхши кесиб ишланади. Масалан, АЛ8 ва АЛ27 қотишмалар нам ҳаво шароитида ишлайдиган қуйма заготовклар олишда (кемасозликда, самолётсозликда) ишланади. Қуйма олингандан кейинги структура  $\alpha$ -қаттиқ эритма билан  $Al_3Mg_2$  ораліқ фазадан иборат бўлади. Лекин қаттиқ қўшимча доначаларнинг чегарасида жойлашгани учун қотишма мўрт бўлади. Шунинг учун АЛ8 ва АЛ27 лардан фойдаланиш учун қотишма тобланиб, эскиртирилади. Термик ишлаш учун қотишма  $430^\circ C$  гача қиздирилиб, шу температурада 12—20 соат ушлаб турилади, ана шундай қилинганда  $Al_3Mg_2$   $\alpha$ -қаттиқ эритмада эрийди, натижада бир хил таркибли қаттиқ эритма ҳосил бўлади. Агар Al—Mg туркумдаги қотишмага 1,5% гача кремний қўшилса (АЛ13, АЛ22), учамчи эвтектика ҳосил бўлади, натижада қотишманинг қуйиш хусусиятлари яхшиланади. Бу қотишмалар ҳам кemasозликда, самолётсозликда кенг қўлланилади.

Оловга чидамли қотишмалардан (АЛ1, АЛ20, АЛ21) ички ёнув машиналари поршенлари, блоклари, блок қопқоқлари тайёрланади. Бу қотишмалар  $275\text{--}350^\circ C$  температурада ўз хусусиятларини сақлаган ҳолда ишлай олади. Бундай қотишмалар мураккаб таркибга эга, қуйма структураси таркибида  $\alpha$ -қотишма билан бир қаторда  $Al_2CuMg$ ,  $Al_6Cu_3Ni$  ва алоҳида ораліқ фазалар (S-фаза) ҳам бўлади. Қуйма заготовклар тобланади ва эскиртирилади ( $T_7$ ). Масалан, поршенлар тайёрлаш учун қотишма тобланиб,  $290^\circ C$  да эскиртирилади. Натижада S-фаза  $\alpha$ -қаттиқ эритмада эриб, бир хил таркибли структурани ҳосил қилади.

Оловга чидамли алюминий қотишмалари қўшимча равишда Fe, Ti, Mn лар билан легирланса, технологик ва механик хоссалар яхшиланади (АЛ20, АЛ21). Масалан, ана шундай мураккаб легирланган АЛ21 қотишмадан  $300\text{--}350^\circ C$  да ташқи куч таъсири остида узоқ муддат ишлай оладиган йирик ва мураккаб шаклдаги заготовклар тайёрланади. Уларни  $525^\circ C$  да сувда тоблаб, барқарорлаштириш учун  $350^\circ C$  да эскиртирилади ( $T_7$ ), механик хоссалар яна ҳам яхшиланади.

## 5. АЛЮМИНИЙ ҚУҚУНИ ҚОТИШМАЛАРИ

Қуқун металлургияси асосида олинган алюминий қотишмалари мустақкамлиги, хоссаларининг юқори температурага барқарорлиги ҳамда коррозиябардошлилиги жиҳатидан қуйма алюминий қотишмаларидан устун туради.

Пиштилган алюминий кукуни материали кукун алюминий билан алюминий оксид ( $Al_2O_3$ ) нинг аралашмасидир. Кукун алюминий суюқ алюминий металини азотли муҳитга сепишдан ҳосил бўлган шарчаларни махсус тегирмонда майдалаш усули билан олинади. Майдалаш жараёнида ҳосил бўлаётган кукун заррачаларининг устки қисми 0,01—0,1 мкм қалинликда оксид парда билан қопланади. Пишитиш учун ишлатишга тайёр бўлган кукуннинг таркибида 6—22%  $Al_2O_3$  бўлиши керак.

Кукун ҳолдаги материалларни совуқлайин босим остида ишлаб, чала маҳсулот ҳосил қилинади. Пишитиш 590—620°C да катта босим (260—400 МПа) остида олиб борилади. Ана шундай усул билан олинган маҳсулот бир хил таркибли структурага эга, яъни бир текис жойлашган  $Al_2O_3$  доначаларини А1 бириктириб туради. Демак, алюминий боғловчи материал вазифасини бажаради. Оксид доначалари дислокациянинг кўчишига тўсқинлик қилади. Шунинг учун бундай материалларнинг мустаҳкамлиги юқори бўлади. Бундай материаллар пиштилган алюминий кукун (САП) дейилади (15-жадвал).

Пиштилган алюминий кукуни материалларидан ишлаш температураси 500°C дан ошмайдиган шароитларда ишлайдиган коррозиябардош мустаҳкам машина воситалари тайёрланади.

Кукун қотишмалари таркибида алюминий ва унинг оксидидан ташқари бир қатор легирловчи элементлар ҳам бўлади (темир, никель, хром, марганец, мис ва ҳоказо). Қуйма алюминий қотишмаларига қараганда кукун қотишмаларнинг ҳоссалари юқори температурада устун тургани билан пластиклиги кам. САС-1 пиштилган кукун қотишманинг таркибида 25—30% Si ва 7% Ni бўлиб, у машинасозликда, ўлчев асбобсозликда кенг ишлатилади.

15- жадвал. Пиштилган алюминий кукунининг (САП) таркиби ва хоссалари

Материалнинг тури	Материал таркибидagi $Al_2O_3$ миқдори, %	Синаш температураси, °С	Хосса кўрсаткичлари		
			МПа	MPa	
САП-1	6—9	20	290	220	7
		350	150	130	8
		500	70	55	2,5
САП-2	9,1—13	20	350	280	4
		350	170	140	3
		500	100	70	2,5
САП-3	13,1—17	20	410	320	3
		350	190	150	1,5
		500	120	90	1,5
САП-4	18—22	20	450	370	1,5
		350	200	130	1,5
		500	130	100	1,3

## 16-б о б. МИС ВА УНИНГ ҚОТИШМАЛАРИ

Мис ва унинг асосидаги қотишмалар муҳим техник аҳамиятга эга бўлган материаллардир. Олтингургуртли руда, мис колчедани ва бошқа рудалар тоза миснинг табиий манбаи ҳисобланади. Миснинг хусусиятлари ўзга табиий қўшимчаларнинг тури ва миқдорига боғлиқ. Мисдаги ўзга қўшимчалар унинг совуқ ва иссиқ ҳолда деформацияланиши ва кесиб ишлаш хусусиятларини яхшилаши мумкин, мустаҳкамлигини эса ошириб, коррозияга қаршилигини камайтириши мумкин.

Умуман олганда миснинг иссиқлик ва электр ўтказувчанлиги, пластиклиги, коррозиябардошлилиги унинг энг муҳим хусусиятлари ҳисобланади. Тоза миснинг технологик хусусиятлари (қўйиш хусусиятлари, кесиб ишланиш хоссалари) ва мустаҳкамлиги яхши эмас. Шу камчиликларни йўқотиш ва миснинг махсус хоссаларини ҳосил қилиш мақсадида мис рух, қалай, қўрғошин ва шунга ўхшаш бошқа элементлар билан легирланади. Мис қотишмаларидан энг муҳими латунь ва бронзалардир. Айниқса, томпақ латунлари ва махсус бронзалар — мельхиорлар, рейзильберлар, куниаллар, копеллар муҳим аҳамиятга эга. Латунь ва бронзалар коррозиябардошлилиги юқори бўлган машина воситалари ҳамда ишқаланиш жуфтларини тайёрлашда муҳим машинасозлик материали ҳисобланади.

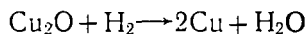
### 1. МИС ВА МИС ҚОТИШМАЛАРИ

Миснинг суюқланиш температураси  $1083^{\circ}\text{C}$  га тенг. Унинг кристалл катакчаси ёқлари марказлашган куб шаклига эга бўлиб, унинг ёқлари ўлчами  $0,36074$  нм ни ташкил қилади. Мис оғир металл бўлиб, зичлиги  $8,94$  г/см<sup>3</sup> га тенг. Миснинг электр ўтказувчанлиги 100% деб қабул қилиниб, бу қиймат бошқа металлар учун эталон ҳисобланади. Тоза мис таркибидаги қўшимчаларнинг миқдорига қараб, мис М00 (99,99% Cu), М0 (99,5% Cu), М1 (99,9% Cu), М2 (99,7% Cu), М3 (99,5% Cu) ва М4 (99,0% Cu) деб тамғаланади. Мис таркибидаги ўзга қўшимчаларнинг миқдори миснинг электр хоссаларига катта таъсир кўрсатади. Шунинг учун ҳам қўшимчаларнинг миқдори тамғалаш принципининг асосини ташкил қилади.

Ўзга қўшимчаларнинг мис хоссаларига таъсирини ҳисобга олган ҳолда уларни икки синфга ажратиш мумкин: 1) қаттиқ эритмалар ҳосил қиладиган қўшимчалар: Ni, Zn, Sb, Sn, Al, As, Fe, P каби элементлар. Бундай қўшимчалар биринчи навбатда мустаҳкамликни оширади, лекин иссиқлик ва электр ўтказувчанликни (айниқса Sb ва As элементлар) кескин камайтиради. Шунинг учун электр ўтказувчан материаллар (М0, М1) да  $\text{Sb} \leq 0,002\%$  ва  $\text{As} \leq 0,002\%$  бўлиши керак. Бундан ташқари сурьма ҳам зарарли элемент ҳисобланиб, иссиқлайин босим остида ишлашни ёмонлаштиради; 2) мисда мутлақ эрмайдиган

қўшимча элементларга қўрғошин, висмут ва бошқалар киради. Бу элементлар донача чегараларида жойлашиб, осон эрийдиган эвтектик механик аралашмани ҳосил қилади. Шунинг учун улар иссиқлайин босим остида ишлагани ёмонлаштиради.

Мис таркибидаги висмутнинг миқдори жуда кам ( $\leq 0,005\%$ ) бўлса, металл иссиқлайин босим остида ишланганда сочилиб кетади, яъни мўртлашиб қолади. Висмутнинг миқдори оширилса, совуқ ҳолда ҳам мўртлиги ортади. Лекин мисда эримайдиган элементлар унинг электр ўтказувчанлигига унча таъсир кўрсатмайди. Миснинг кислород ва олтингугуртли бирикмалари  $\text{Cu}_2\text{O}$  ва  $\text{Cu}_2\text{S}$  эвтектик механик аралашма таркибига киради. Лекин улар ҳам электр ўтказувчанликка кам таъсир кўрсатади. Олтингугурт совуқ ҳолда мўртликни оширса ҳам кесиб ишлаш хусусиятини яхшилайти. Айниқса, кислород миснинг хоссаларига ёмон таъсир қилади. Агар мис таркибида кислород бўлса, мис чала оксид ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) ҳосил бўлади. Бу «водород касаллиги»ни келтириб чиқаради. Мис  $400^\circ\text{C}$  дан юқорироқ температурада водородли муҳитда қиздирилса, водород намунанинг ичига диффузияланади ва  $\text{Cu}_2\text{O}$  билан ўзаро таъсирлашиб, сув буғини ҳосил қилади:



Натижада ҳажм кенгайиб, ички кучлар вужудга келади ва баъзи жойларда дарзлар ҳосил бўлиши мумкин. Бу металлни муддатидан илгари емирилишига олиб келади.

Мис яхши коррозиябардош материал ҳисобланади, ҳаво, оқар ва денгиз сувлари ҳамда шунга ўхшаш агрессив муҳитлар таъсирига барқарор, лекин аммиак ва олтингугурт газлари таъсирида коррозияга қаршилиги йўқдир.

Қуйма миснинг механик хоссалари унча юқори эмас:  $\sigma_b = 220\text{—}240$  МПа,  $\sigma_{0,2} = 70\text{—}95$  МПа,  $\delta = 45\text{—}50\%$ . Пластик деформация натижасида миснинг мустаҳкамлиги ошади  $\sigma_b = 400$  МПа,  $\sigma_{0,2} = 340$  МПа,  $\delta = 45\%$ . Совуқ ҳолда пластик деформациялаш ва сўнгра рекристаллаш бир неча марта термик ишловни такрорлаш усули билан (масалан, сим олишда) мустаҳкамликни ( $\sigma_b$ ) 450 МПа га етказиш мумкин, лекин бунда пластиклик камайтиди ( $\delta = 8\%$ ).

Мисни легирлаш усули билан унинг мустаҳкамлигини, технологик хоссаларини, антифрикцион ва бошқа махсус хусусиятларини бошқариш мумкин. Шу мақсадларда рух, қалай, алюминий, кремний, бериллий, марганец, никель каби элементлар кўпроқ қўлланилади.

Машинасозликда кенг қўлланилаётган мис қотишмалари — латунь ва бронзалар ҳамда мис-никель қотишмалари муҳим аҳамиятга эга. Уларни технологик хусусиятлари бўйича қуйма ва деформацияланадиган қотишмалар, термик ишлаш натижа-

сида мустақкамлиги ошадиган ва ошмайдиган қотишмаларга ажратиш мумкин.

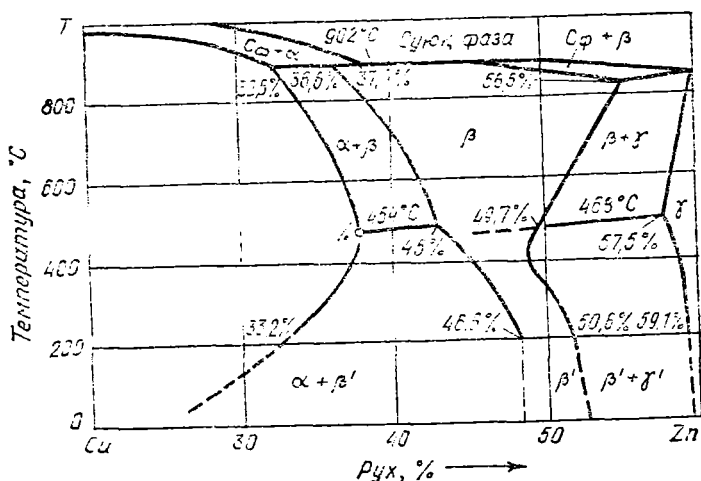
Мис қотишмаларида рух асосий легирловчи элемент бўлса, бундай қотишмалар латунлар деб аталади. Қотишмада легирловчи элемент сифатида қалай, алюминий, бериллий, кремний, қўрғошин каби кўп элементлар ишлатилса, бундай қотишмалар бронзалар деб аталади. Лекин бронзаларда ҳам рух бўлиши мумкин, лекин у қўшимча легирловчи элемент ҳисобланади.

## 2. ЛАТУНЛАР ВА УЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ

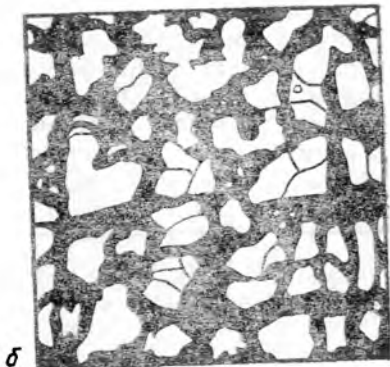
Латунлар юқори механик ва технологик хусусиятларга эга бўлган муҳим машинасозлик материалidir. Латунларнинг структура тузилишларини Cu—Zn диаграммада кўриш мумкин (92-расм). Рух мисда 39% гача эриб, бир хил таркибли  $\alpha$ -қаттиқ эритмани ҳосил қилади. Демак, латунлар қаттиқ эритма бўлиб, яхши пластикликка эга.

Мис рух билан  $\alpha$ -қаттиқ эритмадан ташқари бир қатор  $\beta$ -,  $\gamma$ -каби фазаларни ҳосил қилади. Лекин амалиётда қўлланиладиган латун структураси кўпинча бир фазали  $\alpha$ -қаттиқ эритмадан ёки  $\alpha+\beta$ -фазадан иборат бўлади (93-расм).

Юқори температурада  $\beta$ -фаза (CuZn) нинг элементар кристалл панжарасида Zn атомлари тартибсиз жойлашган бўлади. 454—468°C дагичлик температурада атомларнинг жойлашиш тартиби ўзгаради, яъни CuZn кристалл панжара асосида тартибли сингдириш қаттиқ эритмаси ҳосил бўлади, натижада пластиклик камаяди. Бундай фаза  $\beta'$  деб белгиланади. Қаттиқ эритма юқорида кўрсатилган температурадан бошлаб совитилса, рухнинг мисда эриши ҳам камаяди.



92-расм. Мис — рух системасининг ҳолат диаграммаси.



93-расм. Бир фазали  $\alpha$ -латунъ (а) ва икки фазали  $\alpha+\beta$ -латунъ (б) эриниң микроструктураси.

$\beta$ -фаза пайдо бўлиши билан пластиклик камаяди ва латундаги рухнинг миқдори 45% га етгунча мустаҳкамлик ошиб бораверади. Рух миқдори ундан ошса, қотишманинг мўртлигиги ошиб, мустаҳкамлиги кескин камаяди. Шунинг учун техникада қўлланиладиган латунларда рухнинг миқдори 45—50% дан ошмайди.

Бир фазали  $\alpha$ -латунлар иссиқ ва совуқ ҳолда пластик формацияланади. Икки фазали ( $\alpha+\beta'$ ) латунлар совуқ ҳолда унча пластик эмас, улар иссиқ ҳолда пластик деформацияланади, бунинг учун қотишмани қиздириш температураси ( $\alpha+\beta$ )-фаза ҳосил бўлгунча оширилиши керак. ( $\alpha+\beta$ )-латунларнинг мустаҳкамлиги  $\alpha$ -латунникидан катта, ишқаланиб ёмирилишига эса чидамли, пластиклиги камдир.

Икки фазали латунларнинг хоссаларини янада яхшилаш учун улар қўшимча Al, Fe, Ni, Sn, Mn, Pb ва бошқа элементлар билан легирланади. Бундай латунлар махсус ёки мураккаб таркибли материаллар ҳисобланади. Латунларга қўшимча легирловчи элементлар қўшилса (бундан никель мустасно), рухнинг миқда эриши камайд ҳамда  $\beta$ -фазанинг вужудга келиши осонлашади. Никель рухнинг миқда эришини кўпайтиради. Агар никель қотишмада етарли даражада бўлса, структурада  $\beta\beta'$  ўрнига бир таркибли қаттиқ эритма ҳосил бўлади. Легирловчи элементлар мустаҳкамликни оширади, лекин пластикликни камайтиради (қўрғошин бундан мустасно).

Қўрғошин латунларни кесиб ишлашни осонлаштиради, уларнинг антифрикцион хоссаларини яхшилайдди. Қўрғошинни бир фазали ёки икки фазали латунларга ҳам қўшиш мумкин. Лекин қўрғошин  $\alpha\rightleftharpoons\beta$  полиморф ўзгаришга эга. Латунларда эса бундай ўзгариш рўй бермайди. Бундай полиморф ўзгариш натижасида қўрғошин алоҳида кристалланиб, мис ёки латунъ дончаларининг (чегараларида эмас) ўртасига жойлашади.

Шунинг учун қўрғошин латуннинг кесиб ишлаш хусусиятларини яхшилайти, лекин босим остида ишлашни ёмонлаштиради. Латуннинг коррозиябардошлилигини ошириш учун қўшимча равишда Al, Zn, Si, Ni элементлар қўшилади.

Таркибида 20% дан кўп рух бўлган латунлардан пластик деформация усули билан олинган маҳсулотлар сув, кислород ёки аммиак муҳитида тез коррозияланади ва дарзлар ҳосил қилади. Ана шу дарзларнинг кенгайишини олдини олиш учун бундай маҳсулотлар 250—300°C да қиздирилиб, термик ишлов бериш билан юмшатилади.

Латунлар Л ҳарфи ва мис миқдорини билдирувчи сонлар билан тамғаланади (Л85, Л90, Л96). Масалан, Л90 да 90% мис бўлиб, қолган 10% ини рух ташкил қилади.

Қотишма таркибидаги рухнинг миқдори 10% дан кам бўлса, бу қотишма томпақ, рухнинг миқдори 10—20% орасида бўлса, у материал ярим томпақ материал дейилади. Бундай қотишмалар юқори пластиклик ҳамда иссиқлик ўтказувчанликка эга бўлиб, коррозиябардошлилиги ҳам яхши. Таркибидаги рухнинг миқдори кўпайиб борган сари латунлар арзонлашиб боради (Л59, Л62). Бундай қотишмалар бир қатор яхши хусусиятларга эга, уларнинг мустаҳкамлиги юқори, кесиб ишланади, лекин коррозияга қаршилиги кам.

Кўп элементли мураккаб легирланган латунларда Л ҳарфидан кейин легирловчи элементлар русча номларининг бош ҳарфи, сўнгра уларнинг % миқдорларини кўрсатадиган сонлар қўйилади (ЛАЖ 60—1—1, ЛМцА 57—3—1, ЛО 60—1, ЛК 80—3Л ва ҳоказо) Масалан, ЛАНКМц 75—2—2.5—0.5—0.5, яъни бундай латун таркибида 75% мис, 2.0% алюминий, 2.5% никель, 0.5% кремний ва 0.5% марганец бор.

Технологик кўрсаткичларга кўра латунлар деформацияланадиган ва қуйма олиш учун мўлжалланган (ЛК 80-3,0) бўлиши мумкин.

Алюминийли латунларнинг механик хоссалари ва коррозиябардошлилиги яхши. Деформацияланадиган қотишмаларда 40% гача, қуйма қотишмаларда эса 7% гача алюминий бўлади. Бундайларга мисол қилиб, қуйидаги қотишмаларни кўрсатиш мумкин: ЛА 85-0.5, ЛА 77-2, ЛАМц 77-2-0.5.

Кремнийли қотишмалар денгиз суви ва очиқ ҳаво таъсирида коррозияланмайди. Агар таркибида кремний 3% дан ошмаса, қотишма пластиклик ва юқори механик хоссага эга, лекин кремний миқдори 4% дан ошса, унинг қаттиқлиги ошиб, пластиклиги камаяди. Машинасозликда ЛК 80-3, ЛКС 65-1.5-3 каби латунлар кўп ишлатилади.

Кемасозликда кўпроқ марганец билан легирланган латунлар ишлатилади: ЛМ 58-2, ЛМ 57-3. Бундай қотишмалар совуқ ва иссиқ ҳолда босим остида яхши деформацияланади, механик хоссалари яхши ҳамда сув буғи ва денгиз суви каби агрессив муҳитга чидайти.



Никелли латунлар яхши механик хоссага эга, иссиқ ва соувуқ ҳолда яхши деформацияланади. Машинасозликда латунларнинг ЛН 65-5 ва бошқа турлари кўп ишлатилади.

Қалайли латунлар агрессив муҳитда яхши ишлайди, шунинг учун кемасозликда кўпроқ ЛО 90-1, ЛО 70-1, ЛО 62-1 латунлар ишлатилади. Улар яхши кесиб ишланиши билан биргалликда етарли даражада антифрикцион хусусиятларга ҳам эга. Бундай хусусиятлар қўрғошинли латунларда яхши намоён бўлади. Уларга ЛС 63-3, ЛС 74-3, ЛС 60-1 ларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин.

### 3. БРОНЗАЛАР

Асосий таъсир қилувчи легирловчи элементга қараб бронзалар шартли равишда қуйидаги турларга бўлинади: қалайли, алюминийли, бериллийли, қўрғошинли ва ҳоказо бронзалар. Лекин уларни икки асосий синфга, яъни қалайли ва махсус (қалайсиз) бронзаларга бўлиш анча қулайликка эга.

Қалайли бронзалар жуда яхши антифрикцион хусусиятга эга, ишқаланиш натижасида қизиб кетмайди, совуққа ҳам яхши чидайди. Қуйма заготовкларнинг ҳосил бўлиши бронзаларнинг муҳим камчилиги ҳисобланади. Уларнинг суюқ ҳолдаги оқувчанлиги ҳам яхши эмас, ликвидус ва солидус чизиқларининг температура оралиги жуда кичик бўлгани учун суюқ масса тезда қотиб қолади.

Мис — қалай системаси ҳолат диаграммасида қалайнинг мисдаги қаттиқ эритмаси ( $\alpha$ -фаза) ва бир қатор оралиқ фазалар ҳосил бўлади. Реал шароитда бронза структураси  $\alpha$ -қаттиқ эритма билан ( $\text{Cu}_{21}\text{Sn}_8$ ) оралиқ фазадан иборат бўлади. Техника амалиётида қўлланиладиган бронзаларнинг таркибидаги қалай миқдори 10—12% дан ошмайди. Чунки қалайнинг миқдори бундан ошса, бронза жуда мўрт бўлиб қолади. Бронзалар тез совитилганда унинг структураси йирик, қўпол дендритлардан иборат бўлади.

Қалайли бронзалар қўшимча равишда рух, қўрғошин, никель, фосфор билан легирланади (БрОЦСН 3—7—5—1, БрОФ 6,5-1,5 ва ҳоказо) Бу элементлар бронзанинг қўшимча равишда механик ва технологик хоссаларини яхшилайди. Масалан, никель уларнинг коррозиябардошлилигини оширади, фосфор эса кристалланиш жараёнига таъсир этишдан ташқари антифрикцион хоссаларини яхшилайди. Қўрғошин бронзанинг механик хоссаларини бироз камайтиради, зичлигини оширади, антифрикцион хоссаларини яхшилайди, кесиб ишлашни осонлаштиради. Рух ҳам бронзаларнинг технологик хоссаларини яхшилайди.

Қайта ишлаш технологиясига кўра бронзалар деформацияланадиган ва махсус бронзаларга бўлинади.

Деформацияланган бронзалардаги (5017—70 ГОСТ) қалайнинг миқдори 8% дан кам бўлади (БрОФ 6,5—0,4, БрОЦ 4-3, БрОЦС4—4-2,5). Бундай бронзалардан мураккаб шаклдаги буюмлар, ҳатто пружиналар ҳам тайёрланади. Қуйма бронзалар (613—79 ГОСТ) даги қалайнинг миқдори 6% га тенг ёки ундан кам бўлади. Бундай бронзалар юқори антифрикцион хоссаларга ва етарли даражада мустаҳкамликка эга; улардан арматуралар ҳамда ишқаланиш жуфтлари тайёрланади (БрОЗЦ 12С5, Бр 05ЦНС5, БрО4Ц4С17).

Махсус бронзалар машинасозлик материаллари сифатида ишлатилади. Бундай бронзаларнинг таркибида алюминий, никель, кремний, темир, бериллий, хром, қўрғошин ва бошқа элементлар бўлади, яъни улар мураккаб таркибга эга. Бронзаларда қайси элемент муҳим легирловчи элемент бўлса, бронза шу элемент номи билан аталади. Бундай бронзалар ичида алюминийли бронзалар (БрАЖ 9-4, БрАЖН 10-4-4 ва ҳоказо) энг кўп тарқалган бўлиб, юқори механик хоссаларга эга, уларнинг антифрикцион ва коррозиябардошлилик хоссалари ҳам яхши. Алюминийли бронзаларнинг чўкма ҳосил қилиш хусусиятларини камайтириш ҳамда оксидланиш ва газ пуфакларини ҳосил қилиш хусусиятларини камайтириш мақсадида улар темир, никель, марганец билан қўшимча легирланади (БрА10ЖЗМц2). Улар қуйма ёки деформацияланган ҳар хил шаклдаги яримфабрикат ҳолда чиқарилади. Бундай бронзалар температура таъсири остида ишқаланиш натижасида ейилган, асосан, жавобгарлиги катта бўлган машина воситаларини тайёрлашда ишлатилади.

Кремнийли бронза (БрКМцЗ-1) коррозиябардош ва антифрикцион хоссаларга эга бўлиш билан бир қаторда эластик хусусиятларига ҳам эга. Кремний мисда эриб,  $\alpha$ -қаттиқ эритмани ҳосил қилади, у босим остида яхши ишланади, яъни юқори пластикликка эга. Технологик ҳамда ишлаш хусусиятларини ошириш мақсадида бундай бронзалар бошқа элементлар билан ҳам легирланади: цинк қуйиш хоссаларини яхшилайди, марганец ва никель эса мустаҳкамлик, коррозиябардошлиликни ошириш билан бир қаторда антифрикцион ва кесиб ишлаш хоссаларини ҳам яхшилайди. Қўпинча кремнийли бронзалар қалайли бронзалар ўрнида антифрикцион воситаларни, пружиналар, асбоб ва ускуналарнинг мембраналарини тайёрлашда кўп қўлланилади.

Қўрғошинли бронзалар кўпроқ ишқаланиш жуфтларини тайёрлашда ишлатилади (БрСЗО). Юқорида айтганимиздек, қўрғошин мисда эримайди. Шунинг учун структура мис ва қўрғошин кристалларидан иборат бўлади, бундай структура эса юқори антифрикцион хусусиятларга эга бўлиб, иссиқликни яхши тарқатади. Бундай бронзалардан юқори тезликда катта куч таъсирида ишқаланиб ишлайдиган машина воситалари тайёрланади. Масалан, БрСЗО дан тайёрланган ишқаланиш жуфти-

нинг қалайли бронза БрОЦС4—4—2,5 га қараганда иссиқлик ўтказувчанлиги 4 баробар катта. Бундай қотишмаларнинг механик хоссалари ва коррозиябардошлилигини ошириш мақсадида улар никель ва қалай билан қўшимча легирланади.

Бериллийли бронзалар (Бр52) ҳам муҳим антифрикцион хусусиятларга эга, улар катта кучланиш ва тезликда ишлайдиган машина воситаларини тайёрлашда ишлатилади. Бундай қотишмаларнинг алоҳида хусусиятларидан бири иссиқбардошлилигидир, улар 800°С гача ўз хусусиятларини йўқотмасдан ишлай олади.

Бронзаларнинг нархини пасайтириш мақсадида улар марганец, титан, кобальт ва ҳоказо элементлар билан легирланади.

## **17-бўб. ҚИЙИН ЭРИЙДИГАН, МУСТАҲКАМ ВА АНТИФРИКЦИОН ҚОТИШМАЛАР**

Ишлаб чиқаришнинг махсус хоссали металл ва қотишмаларга бўлган талаби борган сари ортиб бормоқда. Бу техниканинг такомиллашиб боришидан далолат беради. Юқори солиштирма мустаҳкамликка эга бўлган, катта куч таъсирида юқори тезлик ва температурада ишлай оладиган материаллар талаб этилади. Қийин эрийдиган металллар ва улар асосидаги қотишмалар шундай материаллардан ҳисобланади. Ҳозирги вақтда титан ва унинг асосидаги қотишмалар илғор техникада кенг қўлланилмоқда. Кўп материалларнинг солиштирма мустаҳкамлигини ошириш машинасозлик технологияси муаммоларидан бирадир.

Яқин-яқингача рангли металллар (қалай, қўрғошин) асосидаги қотишмалар бирдан-бир антифрикцион қотишмалар ҳисобланган. Лекин бундай қотишмалар жуда қимматдир. Бундай қотишмалар чегараланган кучланиш, тезлик ва температурадагина ишлай оладилар.

### **1. ҚИЙИН СУЮҚЛАНДИГАН МЕТАЛЛ ВА ҚОТИШМАЛАР**

Самолёт ва космик кемаларни яшаш техникасида ҳамда атом энергетикасида суюқланиш температураси юқори бўлган металллар ва улар асосидаги қотишмалардан фойдаланилади. Титан, цирконий, гафний, ванадий, ниобий, тантал, хром, молибден, рений, осмий, родий қийин суюқландиган металлларга киради. Платина синфига кирувчи металлларнинг ҳам суюқланиш температураси юқоридир, лекин бу металллар ноёб металл синфига киради.

Гафний, родий, осмий, рений кам учрайдиган элементлардир. Вольфрам, молибден, тантал, титан, цирконий элементлари техникада кенг қўлланилади.

Қийин суюқландиган металллар кўпроқ самолёт воситалари ва усуну яшашда, ракетасозликда, электровакуум ва

иситгич асбобларни яшашда, электр контактлари каби соҳаларда ишлатилади. Бундай металл ва қотишмалар бир қатор механик, электр ва физик хусусиятларнинг йиғиндисига эга.

Қийин суюқланадиган металлларнинг хоссалари ҳам ўзга қўшимчаларнинг тури ва миқдорига боғлиқ бўлади. Масалан,  $N_2$ ,  $C$ ,  $O_2$ ,  $H_2$  каби қўшимчалар вольфрам, тантал, молибден, ниобий элементларнинг мўртлигини оширади.

Ишлай олиш температураси, термоэмиссия ток зичлиги ҳамда солиштирама электр қаршилик қийин эрийдиган металлларнинг муҳим иш хусусиятларини белгилайди. Масалан, радио ва электрон ускуналар хоссаларининг барқарорлиги ана шу металлларнинг вакуумда маълум температурадаги бугланиш тезлигига боғлиқ. Қийин эрийдиган металллар ана шу шароитларда яхши ишлай олади ҳамда бундай металллардаги эмиссия токи катта зичликка эга бўлади. Шунинг учун ҳам бундай материаллар ёритгич ускуналаридаги катта энергия тарқатадиган қизиш катодларини яшашда ҳамда рентген техникасида кенг ишлатилади.

Электроэрозион емирилишга катта қаршилик кўрсатадиган қотишмалардан ( $W-Mo$ ,  $W-Cu$ ,  $W-Ag$ ) юқори кучланишда ишлайдиган электр контактлари ясалади.

Вольфрам муҳим механик хоссалар ва юқори суюқланиш температурасига ( $3410^\circ C$ ) эга бўлгани учун қаттиқ қотишмаларни ишлаб чиқаришда, машинасозлик пўлатларини легирлашда кўпроқ ишлатилади. Масалан, легирлашда  $W-Fe$  (ферровольфрам) қотишмадан кенг фойдаланилади.

Асбобсозлик пўлатлари ва қотишмаларини ишлаб чиқаришда ҳамда кўпроқ атом техникаси, электротехника, радиоэлектроникада, шунингдек оловбардош пўлатларни ишлаб чиқаришда ниобий элементи ишлатилади.

Тантал жуда яхши коррозиябардошликка эга. Ана шу хусусияти бўйича у фақат ноёб материаллардан кейин туради. У коррозиябардошлилиги ва ишқаланишга бардошлилиги юқори қотишмаларни ишлаб чиқаришда ишлатилади. Масалан, тантал карбид қаттиқ қотишма ишлаб чиқаришда ишлатилади.

Цирконий коррозиябардош ҳамда яхши технологик хусусиятларга эга бўлганлиги учун кенг қўлланилади. Масалан, атом энергетикасида рух, темир, хром ва никель билан легирланган цирконий қотишмаси қўлланилади.

Кейинги пайтда қийин суюқланадиган металллар асосидаги кўп қатламли конструкцион материаллар ишлаб чиқарилмоқда. Бундай материаллар оксидланишга йўл қўймайдиган муҳофазали муҳитда жўвалаш усули билан олинади. Масалан, ана шундай усул билан  $Ta-Nb-Ta$ ,  $Nb-Mo-Nb$  таркибли кўп қатламли ленталарни олиш мумкин. Коррозиябардош пўлатлар ва қийин суюқланадиган металллар асосидаги ана шундай композицион материаллар ҳам ишлаб чиқилган.

Қийин суюқланадиган металллар, одатда, кукун металлургияси асосида қайта ишланади. Қайта ишлаш энергияси сифатида электр ёйидан, электрон-нур дастасидан ҳамда лазер нуридан кенг фойдаланилади.

## 2. ТИТАН ВА УНИНГ ҚОТИШМАЛАРИ

Титан аллотропик шакл ўзгаришга эга, юқори температурада ( $882,5^{\circ}\text{C}$ )  $\alpha \rightarrow \beta$  фаза ўзгариши содир бўлади. Титаннинг  $\beta$  модификацияси марказлашган куб ячейкага эга. Тоza титанни  $298 \pm 2\text{K}$  температурадаги зичлиги  $4,505 \text{ г/м}^3$  га, суюқланиш температураси эса  $1668,5^{\circ}\text{C}$  га тенг.

Азот, углерод, кислород ва водород элементлари титаннинг мустақкамлигини оширади, аммо пайванд чокнинг ҳосил қилиш хусусиятлари ҳамда коррозияга қаршилигини камайтиради. Айниқса, водороднинг таъсири жуда ёмон, унинг таъсирида гидридлар ҳосил бўлиб, титан жуда мўрт бўлиб қолади. Шунинг учун титан таркибидаги водороднинг миқдори  $0,015\%$  дан кўп бўлмаслиги керак.

Қуйидаги жадвалда техник тозалikka эга бўлган ВТ0-00 ва ВТ1-0 титанларнинг механик хоссалари келтирилган.

Титаннинг эластиклик модули кичик, иссиқбардошлилиги юқори эмас, юк таъсирида у оқувчан ҳолатга келади. Шунинг учун ундан конструкцион материал сифатида кам фойдаланилади. Юқори қовушоқликка эга бўлганлиги учун уни кесиб ишлаш ҳам қийин.

Техник титан кимё саноатида, кемасозликда, ядро энергетикасида кенг қўлланилади. Унинг хоссаларини яхшилаш учун у легирланади. Полиморф хусусиятларга таъсир қилишига қараб қотишма таркибидаги легирловчи элементларни икки турга бўлиш мумкин: полиморф ўзгариш жараёни температурасини кўтарадиган элементлар ( $\text{Al}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ). Улар  $\alpha$ -фазанинг стабилизаторлари деб аталади. Полиморф ўзгариш жараёни температурасини пасайтирадиган ( $\beta$ -фазанинг стабилизаторлари)  $\text{Mo}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Fe}$  элементлар. Полиморф ўзгариш жараёни температурасига таъсир кўрсатмайдиган, фақат  $\alpha$ - ва  $\beta$ -фазаларнинг хоссаларининга ўзгартирадиган қўшимча элементлар ҳам бор ( $\text{Sn}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Hf}$ ,  $\text{Th}$ ).

Кўпчилик титан қотишмалари таркибида алюминий бўлади. Икки фазали титан қотишмаларининг термик ишлаш йўли билан

16- жадвал. Титаннинг механик хоссалари

Титаннинг тури	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	Е. ГПа		$\psi$	КСИ, КЖ/м <sup>2</sup>
ВТ1-00	294 – 441	245	103,00	25	60	1180
ВТ1-0	392 – 539	343	103,00	20	55	980

**мустаҳкамлигини ошириш мумкин.** Қотишма таркибда қанча легирловчи элементлар кўп бўлса, унинг мартенситга парчаланish температураси шунча паст бўлади. Қотишманинг эскиртириш температурасини кўтариш (400—550°C) билан унинг мустаҳкамлиги ва қаттиқлигини ошириш мумкин.

Пластик деформацияланган титан қотишмалари (BT5, BT5-1) га 670—800°C да қайта кристалланиш юмшатиши берилса, ички кучланишлар йўқолиб, β-фазанинг барқарорлиги ортади.

Титан қотишмалари қуйиш учун мўлжалланган (BT5Л, BT20Л, BT21Л) ёки деформацияланадиган (BT5, BT9, BT16) турларга бўлинади. Титан қотишмаларини механик хоссалари бўйича ҳам синфларга бўлиш мумкин: ўртача ва юқори мустаҳкамликка эга бўлган, оловбардош, юқори пластикликка эга бўлган қотишмалар. Структурага қараб титан қотишмаларини термик ишлаш натижасида мустаҳкамлиги ошадиган ёки ошмайдиган турларга ҳам бўлиш мумкин.

Титан қотишмалари ҳозирги вақтда самолётсозликда, ракетасозликда, кемасозликдаги жавобгарлиги катта бўлган воситаларни ясашда жуда қўл келмоқда. Лекин титан қотишмаларини хоссаларини яхшилаш билан боғлиқ бўлган муаммоларнинг кўпи ҳали ечилган эмас.

### **3. МАГНИЙ ВА УНИНГ ҚОТИШМАЛАРИ**

Магнийнинг зичлиги кам, солиштирма мустаҳкамлиги катта, технологик хусусиятлари яхши ва у зарбий кучга барқарордир. Шунинг учун у машинасозлик материали сифатида муҳим аҳамиятга эга.

Магний ёнадиган материал, шунинг учун кислород муҳитида қиздирилса, аланга олиши мумкин. Магний нам, кислота, туз эритмалари таъсирида кучли коррозияланади. Лекин ишқорий муҳит, эритиш хусусиятига эга бўлган кислота ва унинг тузлари муҳитига магний анча чидамли. Унинг механик хоссалари структура ва термик ишловга боғлиқ. Легирлаш ёки пластик деформациялаш усули билан структура майдаланганда унинг механик хоссалари яхшиланади.

Таркибдаги ўзга қўшимчаларнинг миқдорига қараб, тоза магний қуйидагича танғаланади: Mg99, (99,99% Mg), Mg96 (99,96% Mg), Mg95 (99,95% Mg), Mg90 (99,90% Mg).

Магний таркибдаги қўшимчалар (темир, кремний, никель, мис, хлор, алюминий, марганец)нинг миқдорлари магнийнинг тозалигини белгилайди.

Тоза магнийнинг коррозиябардошлилиги жуда паст бўлганлиги учун машинасозликда конструкцион материал сифатида ишлатилмайди, у асосан легирловчи қўшимчалар сифатида пулат ва чуян таркибига қўшилади ҳамда ракета техникасида қаттиқ ёқилги ҳосил қилишда ишлатилади.

Магнийни легирлаш усули билан ундан конструкцион материаллар олиш мумкин. Масалан, коррозиябардошлилигини (Zr, Mn), мустаҳкамлигини (Al, Zn, Mn, Zp), оловбардошлилигини (Th) ва қўйиш хусусиятларини яхшилаш мумкин.

Магний асосидаги қотишмаларнинг механик хоссалари бўйича қўйишдаги турларга бўлиш мумкин: юқори мустаҳкамликка эга бўлмаган, юқори мустаҳкам ҳамда оловбардош қотишмалар. Қайта ишлаш технологияси бўйича магний қотишмаларини қўйиш учун мўлжалланган («МЛ» кўринишда тамғаланади) ҳамда деформацияланадиган («МА» кўринишда тамғаланади) магний қотишмаларига бўлиш мумкин. Термик ишлов бериш усули бўйича магний қотишмалари термик ишлаш натижасида мустаҳкамлиги ошадиган ёки ошмайдиган магний қотишмаларига бўлинади.

Магний қотишмаларининг кимёвий таркиби 4937—76 ва 2856—79 ГОСТ билан белгиланади.

Қўйма маҳсулотлар олиш учун мўлжалланган қотишмалар (МЛ5, МЛ6, МЛ10) машинасозликда кенг қўлланилади. Масалан, МЛ5 ва МЛ6 тамғали қотишмаларнинг суюқ ҳолдаги оқувчанлиги яхши. Улардан автомобилсозликда майдонлар, тезликлар қутиси, мой насосларининг филофи, тўхтатиш ускуналарининг филофлари, бошқариш ғилдираклари каби машина воситалари қўйиш усули билан тайёрланади. Бундай қотишмалар Mg—Al—Zn системага кириб, унинг таркибида 5—10% Al ва 0,2—3% Zn бўлади.

Легирловчи элементларнинг бир жойга тўпланиб қолган қисмини бутун ҳажм бўйича тарқатиш ҳамда механик хоссаларни барқарорлаштириш мақсадида қотишма (МЛ5, МЛ6) 420°C гача қиздирилиб, шу температурада 12—14 соат ушлаб турилади. Шундан кейин тобланади. Оқувчанлик чегарасидаги мустаҳкамликни янада ошириш учун қўшимча равишда сунъий равишда эскиртирилади (175°C да 4—5 соат ушлаб турилади).

Оловбардош қотишмаларга кирувчи МЛ10 тамғали қотишмадан 300°C температурагача бардош бериб ишлай оладиган қўйма машина воситалари олинади. Бундай қотишмаларга аввал термик ишлов берилади, сўнгра 593°C да тоблаб, сунъий эскиртирилади (200°C да 12—16 соат ушлаб турилади).

Магний қотишмаларини суюқлантириб, қўйма маҳсулотлар олишда жуда эҳтиёткорлик талаб этилади. Бунда магнийнинг ёниб кетишига йўл қўймаслик керак. Бундай қотишмалар темир қозонларда ҳосил қилинадиган металл шлаклар остида суюқлантирилади. Суюқ қотишма қолипларга қўйилишдан олдин унинг устига олтингургурт сепилса, ҳосил бўладиган олтингургурт гази суюқ массанинг ёнишини олдини олади. Қолип материалига алюминийнинг фторли тузларини қўйиш билан ҳам суюқ массанинг ёнишини олдини олиш мумкин.

Деформацияланадиган магний қотишмалари асосан алюминий билан легирланади (МА1, МА2=1, МА14). Улардан ис-

сиқ ҳолда пластик деформациялаш усули билан хивичсимон, юпқа тахтасимон заготовклар ҳамда болғалаш ва штамплаш маҳсулотлари олинади. Шунинг учун ҳам бундай заготовкларнинг механик хоссалари яққол анизотроп хусусиятларга эга бўлади. Совуқ ҳолдаги пластик деформация бир неча бор оралик (рекристалланиш) термик ишлов билан қўшиб олиб борилади.

МА1 қотишманинг механик хоссалари энг кичик бўлса ҳам у яхши технологик хоссаларга эга, коррозиябардошлилиги ҳам яхши. Лекин унга оз миқдорда (0,2%) гелий (МА8) қўшилса, доначаларнинг майдаланиши ҳисобига механик хоссалар ва совуқ ҳолда деформацияланиш хоссалари яхшиланади.

МА2—1 қотишма Mg—Al—Zn системага киради, юқори механик хоссаларга эга, технологик хоссалари ҳам яхши. Ундан ҳамма усулларда листлар штамплаш ва жўвалаш мумкин. Аммо у кучланиш остида тез коррозияланади.

Магний қотишмалари бир қатор камчиликларга эга. Қуйма қотишмалар ликвация ҳосил қилади, уни йўқотиш ва структурани стабиллаштириш учун юқори температурали гомогенлаш ва узоқ вақтни талаб этадиган сунъий эскиртириш жараёнини ўтказиш керак. Деформацияланадиган қотишмаларнинг иссиқ ҳолда жўваланаётганда дарзлар ҳосил қилиш хусусияти жуда юқори. Бундай қотишманинг коррозиябардошлилиги кам.

Қотишмалардан тайёрланган буюмларнинг юзаларини коррозиядан сақлаш учун уларнинг юзи юпқа оксид, полимер ёки металл парда билан қопланади.

Ҳозирги пайтда магний қотишмалари самолётсозликда, ракетасозликда, атом энергетикасидагина эмас, балки текстиль машиналари ва автомобиль саноатида ҳам кўп қўлланилмоқда.

#### **4. ҚАЛАЙ, ҚҮРҒОШИН ВА ЦИНК АСОСИДАГИ АНТИФРИКЦИОН ҚОТИШМАЛАР**

Илгаритдан қўлланилиб келинаётган қалай ва қўрғошин асосида олинadиган қотишмалардир. Бу қотишмалар баббитлар (1320—74 ГОСТ) деб аталади. Махсус хоссаларга эга бўлиш учун баббитлар таркибига легирловчи қўшимчалар киритилади. Масалан, мис қаттиқлик ва зарбий қовушоқликни, никель қовушоқлик, қаттиқлик, ишқаланишдаги едирилишга бардошлиликни, кадмий элементи мустаҳкамлик ва коррозиябардошлиликни, сурьма эса мустаҳкамликни оширади.

Юқори антифрикцион хоссаларга эга бўлган баббитларнинг асоси  $\alpha$ -қаттиқ эритма бўлиб, унинг таркибида қаттиқ қўшимчалар сифатида интерметаллитлар SnSb бўлади. Бундай қотишмалар юқори тезлик ва катта куч таъсири остида ( $V=50$  м/с,  $P=10-20$  МПа,  $PV=(50-75)$  МПа·м/с) ишлайдиган ишқаланиш жуфтларини яратишда ишлатилади. Маса-



лан, улардан оғир юк кўтарадиган машиналар, юқори қувватли буғ турбиналари ва насосларнинг ишқаланиш жуфтлари тайёрланади. Автомобиль, қишлоқ хўжалиги техникасида ҳамда шунга ўхшаш машиналарда ( $V=30$  м/с,  $P=90$  МПа) қўрғошинли баббитлар кенг қўлланилади (Б16, Б21, БС6).

Баббитлардан тайёрланадиган подшипниклар биметалл ҳолда, яъни қаттиқ асосга юпқа баббит қатламини қуйиб олинади. Шунинг учун бундай подшипникларнинг ишлаш қобилияти баббит қатламининг қалинлигига боғлиқ: қатлам қанча кичик бўлса, подшипник шунча яхши ишлайди.

Баббитларнинг иссиқбардошлилиги юқори эмас. Масалан, баъзи баббитлардан ясалган ишқаланиш жуфтларида температура ишлаш жараёнида  $70^{\circ}\text{C}$  га етганда унинг антифрикцион хусусиятлари ўзгаради.

Қатта бўлмаган тезликда ва кучланишда ишлайдиган подшипниклар рух асосидаги баббитлардан тайёрланади ( $V\leq 3$  м/с,  $P\leq 20$  МПа).

## 18-б о б. МЕТАЛЛ БЎЛМАГАН КОНСТРУКЦИОН МАТЕРИАЛЛАР

Мавжуд конструкцион материаллар запасини ҳосил қилиш учун биринчидан, уларни тежаб ишлатиш, структуранинг хоссаларга таъсирини ошириш талаб қилинса, иккинчидан, янги хом ашё турларини излаб топиш ҳамда уларнинг асосида конструкцион материалларни ишлаб чиқариш талаби қўйилмоқда. Ана шундай материаллар ичида энг муҳимлари пластмассалар, резиналар, целлюлоза асосидаги материаллар, сопол ва композицион материаллардир. Металл, полимер ва сопол асосидаги композицион материаллар келажакда техниканинг ривожланишини белгилайдиган материаллардир. Ҳозирнинг ўзида бу материаллар техникадаги муҳим муаммоларни ечишга ёрдам бермоқда, уларга бўлган эҳтиёж борган сари ортиб бормоқда.

### 1. ПОЛИМЕРЛАР ВА УЛАРНИНГ ТУРЛАРИ

Кейинги вақтда материалларга бўлган эҳтиёжларни қондириш учун материалларни сунъий равишда ишлаб чиқариш кашф қилинди. Ёғоч, чарм, жун, ипак, ойна, каучук каби материалларнинг ўрнини боса оладиган сунъий материаллар ишлаб чиқарила бошланди. Улар учун нефть маҳсулотлари ва газни қайта ишлаш натижасида олинадиган қўшимча маҳсулотлар хом ашё бўлиб хизмат қилади. Металлмас материаллар келиб чиқишига қараб табиий ва сунъий материалларга бўлинади.

Содда кимёвий бирикмалар ёки алоҳида элементлардан мураккаб бирикмаларнинг ҳосил бўлиш жараёнига синтез деб аталади. Синтетик полимерлар мураккаб жисм бўлиб, уларни ҳосил қилиш табиий полимерларнинг молекуляр тузилиши ва

уни ҳосил қилувчи элементларнинг реакцияга киришиш хусусиятларини чуқур билишга асосланган.

Сунъий полимерлар табиий полимерларни модификациялаш усули билан ҳам олинади. Масалан, целлюлозани нитратлаш усули билан сунъий полимер — нитроцеллюлоза олинади.

Полимер материаллари температура остида ўз хоссаларини ўзгартиради. Ана шу хусусиятга кўра полимерлар термореактив ва термопластик полимерларга бўлинади.

Термореактив полимерлар қаттиқ ҳолатда юқори температурагача қиздирилганда суюқланмайдиган ва ҳеч қандай суюқликда эримайдиган бўлиб қолади. Бошқача қилиб айтганда, юқори температурада бундай полимерлар суюқланмасдан ёниб кетади, яъни қайта ишланмайди.

Термопластик полимерларни эса бир неча марталаб қайта қиздириш ва суюқ ҳолда қайта ишлаш мумкин.

Полимерларнинг кимёвий тузилиши унинг хоссаларини тўла ифодаламайди. Унинг хоссалари молекулаларнинг фазода жойлашиш тартибига ҳам боғлиқ.

Ҳозирги пайтда молекулаларнинг тахланиш шакли ва уни хоссаларга таъсири ўрганилган. Молекулаларнинг тахланиш хусусиятига қараб ҳам турларга бўлиш мумкин. Масалан, кристалланидиган ва кристалланмайдиган полимерлар. Битта полимернинг ўзида кристалланиш даражаси ҳар хил бўлиши мумкин.

Бир-бирларига яқин жойлашган полимер молекулалари ўзаро итарилиш ва тортишиш кучига эга. Ана шу кучларнинг маълум нисбатида молекулаларнинг маълум шаклда тахланиши (молекуляр қатлам), яъни структура вужудга келади. Полимер молекулалари жуда узун ва эластик бўлгани учун бу куч молекула ҳажми бўйича ҳар хил бўлади, яъни макромолекулаларнинг тузилишида тартибланган ва тартибсиз қисм вужудга келади. Бу эса ўз навбатида ички энергиянинг камайишига олиб келади. Тартибли қисмларнинг барқарорлиги асосан температурага боғлиқ, улар йўқолиб яна бошқатдан вужудга келиши мумкин. Полимер тузилишидаги бундай тартибли ҳажмлар энг содда шаклдаги структура тузилишидир.

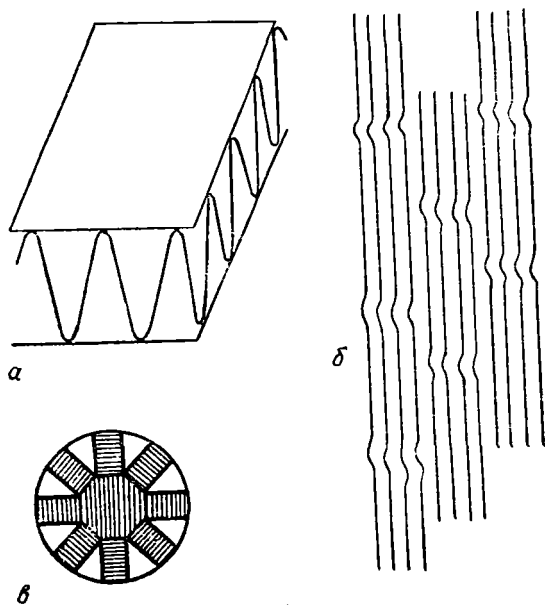
Молекулалари тартибсиз жойлашган полимер структурасида тартибли тузилишларнинг вужудга келиши, кристалл марказлари вазифасини ўтайди. Яқин тартибдаги тузилишлар бириктишиб, катта (мураккаб) тартибдаги тузилишларни вужудга келтиради. Ҳар хил шаклга эга бўлган тузилишлар доимо пайдо бўлиб туради. Кристалл структуранинг фазода ҳар тарафга қараб эркин ўсиши сферолитларни вужудга келтиради. Олдинига тўғри геометрик шаклдаги сферолитлар сонининг кўпайиши уларнинг бир-бирини ўсишига халақит бериб, кўп қиррали шаклга айланади. Кристалл тузилишлардаги кўпчилик нуқсонлар сферолитларда ҳам бўлиши мумкин. Сферолитга кирган макромолекулаларнинг бир қисми тартибга солинмаган ҳам

бўлиши мумкин. Сферолитларнинг ўзи ўзаро оралиқ молекула-лар ёки уларнинг тўдаси билан боғланган бўлади. Шунинг учун эластик молекулали полимерлар тўла кристаллана олмайди. Бундай полимерлар аморф — кристалл полимерлар деб аталади. Полимерлардаги кристалл тузилишларнинг баъзи бир шакли 94- расмда келтирилган.

Полимерлар тўртта физик ҳолатда бўлиши мумкин: кристалл, шишасимон, юқори эластик ва қовушоқ оқувчан ҳолатлар. Полимерларнинг суюқ ҳолатдан қаттиқ ҳолатга ўтиши иккита тартибда содир бўлади: кристалланиш ва шишага ўхшаб қотиш.

Полимерларда кристалланиш ( $T_{кр}$ ) маълум температурада рўй беради. Полимер совитилганда шишасимон қотиш рўй беради. Бу маълум кичик бир температура оралиғида ( $10-20^{\circ}\text{C}$ ) полимернинг яна суюқ ҳолатга қайтиш ҳолатидир. Бу температура полимернинг шишасимон ҳолатга ўтиш температураси ( $T_{ш}$ ) дейилади.

Температура  $T$  дан кичик бўлса, бошланғич тартибдаги сегментлар температураси камаяди ва мўртлик температураси ( $T_m$ ) га етганда полимер материали емирилади, бу қаттиқ жисмнинг мўрт емирилишига ўхшаш бўлади. Температура  $T_m$  дан катта бўлса, тартибли сегментларнинг ҳаракати ҳам оша-



94- расм. Полимер кристалл структуранинг ҳосил бўлиш схемаси:

а — пластики

б — туғун кристалли (фиб)

ди, макромолекулаларнинг тартибланиши ҳам ортади.  $T > T_{ш}$  да эластик макромолекулаларнинг чўзиқ ҳолатидан кўра ўралган ҳолати энергетик жиҳатдан қулайдир. Шунинг учун бундай полимерларга ташқи куч таъсир эттирилса, ўралган молекулалар тўғриланади (катта деформация рўй беради), ташқи куч олинганда, макромолекула яна аввалги ўралган ҳолатига қайтади (деформациянинг қайтиши рўй беради).

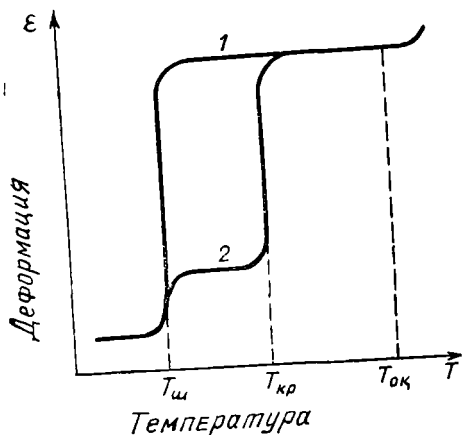
Полимерларнинг куч таъсирида эластик деформацияланиши унинг юқори эластик ҳолати дейилади. Температура оқувчанлик чегарасига ( $T_{ок}$ ) етганда ташқи куч таъсири олинса, деформация қайтиш хусусиятини бутунлай йўқотади. Бундай ҳолатни полимернинг юқори оқувчан ҳолати деб аталади.

Полимерларнинг  $T_{ш}$ ,  $T_{г}$ ,  $T_{ок}$  температураларини аниқлашда термомеханик усул қўлланилади (95-расм). Полимер макромолекулалари атомлари макромолекулалар орасидаги боғланишга қараб мустаҳкам ва деформацияланадиган бўлади. Бу хусусият эластомерларда яққол намоён бўлади.

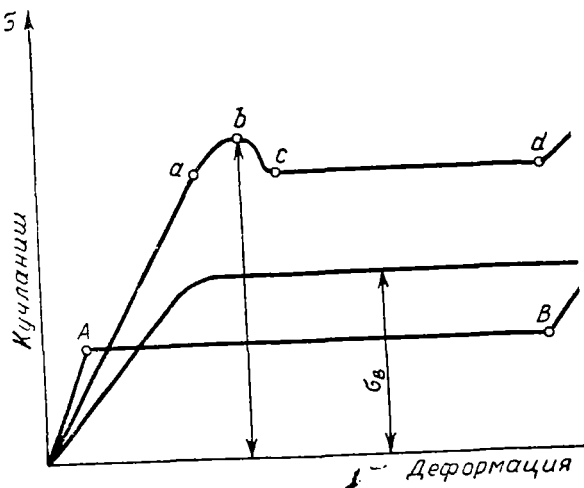
Шишасимон структурага эга бўлган полимерлар маълум температура оралиғида емирилмасдан кучли деформацияланади. Бундай деформация юқори эластикликка яқин бўлгани учун мажбурий-эластик деб аталади (96-расм). Шишасимон структурали полимерлардаги мажбурий-эластиклик хусусиятини  $\sigma - \varepsilon$  эгри чизигидаги деформация ўқиға параллел бўлган  $S_d$  оралиқ ифодалайди. Полимерлардаги юқори эластик деформацияни ифодаловчи кучланишни мажбурий-эластиклик чегараси белгилайди ( $\sigma_n$ ) Баъзи шишасимон структурага эга бўлган полимерларда кучланиш маълум миқдорга етганда кўндаланг кесим кичраяди, «бўйинча» ҳосил бўлади. Намунанинг кейинги

чўзилиши ана шу бўйинча атрофидаги қисмларнинг кўндаланг кесимини камайиши ҳисобига содир бўлади.

Кристалл структурага эга бўлган полимерларни чўзишда ҳам бўйинча ҳосил бўлади. Бу ҳолда  $\delta - \xi$  диаграмма синиқ эгри чизиклардан иборат бўлиб, эгри чизик уч қисмга бўлинади (96-расмдаги 3-эгри чизик). Шишасимон структурали полимернинг чўзилиш чизигидаги  $S_d$  оралиқ макромолекулаларнинг конформацияси ўзгаршини ифодаласа, кристалл тузи-



95-расм. Аморф 1) ҳамда кристалл структурага эга бўлган полимернинг термомеханик эгри чизиклари.



96-расм. Шишасимон (юқори ва пастдаги) ҳамла кристалл структурали (ўртадаги) полимерларнинг «деформация — кучланиш» графиги.

лишдаги полимерларнинг чўзилиш диаграммасидаги АВ (3-эгри чизиқ) оралиқ эса кристалл тузилишдаги йўналишларнинг ўзгаришини ифодалайди.

Полимер материаллари учун емирилиш содир бўладиган кучланиш қиймати куч таъсир этиш вақтига боғлиқ бўлади. Куч қўйилган вақтдан бошлаб, емирилиш содир бўлгунгача кетган вақт полимернинг ишлаш муддати деб аталади. Полимернинг ишлаш муддати ( $\tau$ ) билан емирилиш кучланиши ( $\sigma$ ) орасидаги боғланиш қуйидагича ифодаланади:

$$\tau = \tau_0 e^{(U_0 - \gamma\sigma)RT}$$

Бу ерда  $\tau_0$   $U_0$ ,  $\gamma$  ўзгармас қиймат бўлиб, полимернинг мустақамлигини ифодалайди;  $R$  — коэффицент,  $T$  — температура.

Тенгламадаги  $U_0$  бошланғич активланиш погонасини,  $\gamma$  материалнинг структура сезгирлигини ифодалайди. Демак, юқоридаги тенгламага мувофиқ полимер материалларнинг мустақамлиги температурасига боғлиқ бўлиб, вақт бирлиги ичида ўзгариши мумкин экан.

Полимерларни қайта ишлаш натижасида вужудга келган структураси уларнинг мустақамлигига таъсир кўрсатади. Макромолекулалар йўналишини тартибга солиш усули билан полимерларнинг мустақамлигини бошқариш кенг қўлланилади. Бунда полимер анизатропик хоссаларга эга бўлиши керак. Ана шу мақсадлар учун чўзиш йўналиши танланади, йўналтирилган молекулалар бўйича чўзишга қаршилиги ошади, нисбий

чўзилиш қиймати камаяди. Толасимон тузилишга эга бўлган юқори мустаҳкам полимерларни мустаҳкамлик чегараси 5—6 ГПа га етади.

Полимер материалларнинг муҳим хусусиятларидан бири релаксацияланишидир. Агар полимер чўзиб деформацияланган ва шу ҳолда маҳкамлаб қўйилган бўлса, структурадаги сегментлар (звенолар)нинг қайта тақсимланиши натижасида юқори эластик деформация рўй беради. Бундай ҳол ўз навбатида аввалги кучланиш даражасини пасайтиради, релаксация ҳодисаси рўй беради. Вақт бирлиги ичида аввалги кучланиш қийматининг  $n$  марта камайишига релаксация вақти аталади. Полимерларнинг тузилиши ва ташқи шароитга қараб релаксация вақти бирнеча минутдан бошлаб, бирнеча йилгача бўлиши мумкин.

Материалларнинг доимий куч таъсирида ўз-ўзидан чўзилиши ҳам релаксацион хусусиятга эга. Материалларнинг ишлаш шароитларини белгилашда ана шу хусусиятни, албатта ҳисобга олиш керак.

Полимер структурасини мукаммаллаштириш мақсадида улар физик ва кимёвий модификацияланади, яъни полимерларга легирувчи элементлар, стабилизаторлар, пластификаторлар, бўёвчи моддалар қўшилади.

Полимерларни қайта ишлаш ёки ишлатишда эластикликни ошириш мақсадида уларга пластификаторлар қўшилади. Пластификаторларнинг учуш хусусияти кам бўлиши, кимёвий барқарорлиги юқори бўлиши керак. Пластификаторларнинг вазифаси молекулаларнинг эластиклигини оширишдан иборатдир.

Полиэфирлар, эфирлар, хлор бирикмаларни пластификаторлар сифатида қўлланилади. Пластификаторлар полимер таркибига эритма тарихида киритилади.

Ташқи таъсир (ёруғлик нури, температура, босим ва ҳоказо) натижасида полимер молекулаларининг парчаланиши (деструкцияси) рўй беради. Бу жараён занжир реакциядир. Деструкция натижасида емирилиш содир бўлади. Стабилизаторлар парчаланишдаги занжир реакциянинг боришига тўсқинлик қилади. Стабилизаторлар оксидланишнинг олдини оладиган (антиоксидантлар); температура таъсирида парчаланишни тўхтатадиган бирикмалар (ингибиторлар); ёруғлик нури таъсирида парчаланишни олдини оладиган (светостабилизаторлар) бирикмалар; радиацион нур таъсирида парчаланишни тўхтатадиган бирикмалар (антирадиалар) ва ҳоказо. Стабилизаторлар полимерларни олиш (синтез) жараёнида ёки қайта ишлашда, одатда жуда кам миқдорда (0,01—2%) қўшилади. Стабилизаторлар сифатида аминлар, фенол ҳосилалари, жуда майдаланган металлар қўлланилиши мумкин.

Полимер материалларнинг рангини ўзгартириш учун ҳар хил бўёқ моддалар (пигментлар) қўлланилади. Лекин бундай бўёқлар полимер билан яхши аралашishi ва температура, нур,

ҳаво ва бошқа ташқи таъсирларга чидаб, ўз таъсирини узоқ сақлай олиши керак. Бўёқлар органик ва органик бўлмаган бирикмалар бўлиши мумкин. Масалан, шу мақсадларда металл оксидлари ( $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ), металл тузлари ҳамда қурум (сажа) дан фойдаланилади.

Полимер материалларда тўрсимон структурани ҳосил қилиш учун ҳам қўшимчалар киритилади. Масалан, каучукка шундай структура ҳосил қилиш учун олтингугурт, селен, фенол қўлланилади. Эпоксид, полиэфир, фенол қатронларини (смоаларини) қаттиқ ҳолга келтириш учун мураккаб бирикмалар қўшилади.

Макромолекулаларнинг тартибли жойлашишидан ҳосил бўладиган кристалл структураларни ҳосил қилиш учун ҳам қўшимчалар (0,1—2% легирловчи элементлар) қўшилади.

## 2. КОНСТРУКЦИОН ПОЛИМЕРЛАР

Полимерлар мустақил конструкцион материал сифатида ёки бошқа материаллар билан биргаликда композицион материал сифатида ҳамда лок, парда, тола, бўёқ ва елим сифатида ҳам кўп қўлланилади. Ҳозирги вақтда энг кўп қўлланиладиган полимер материалларга полиолифинлар, поливинилхлоридлар, полиамидлар, полиацеталлар, фторопластлар, поликарбонатлар, полиуретанлар ҳамда фенолформальдегид, эпоксид, полиэфир, кремний, органик бирикмалар ва полиамид қатронлари киради.

Полиэфирларга полиэтилен, полипропилен ва уларнинг кўп-лаб сополимерларини мисол қилиб кўрсатиш мумкин.

Полиэтилен кимёвий муҳит таъсирига чидамлилиги, яхши механик ҳамда технологик хоссаларга эга бўлиши ва арзонлиги билан бошқа полимерлардан ажралиб туради. Полиолефинлар машинасозликда энг кўп қўлланиладиган конструкцион материаллар бўлиб, радиотехникада, кимё саноатида, қишлоқ хўжалигида жуда кенг қўлланилади. Улардан саноат миқёсида плёнкалар, қувурлар, шланг, кабель қобиғи, толалар каби буюмлар ишлаб чиқарилади.

Полипропилен сунъий усулда олинган полимер бўлиб, нисбатан катта қаттиқликка эга, юпқа қатламда ёруғлик ўтказувчан, қалин қатламда оқиш-сут рангга эга, юқори даражада (75%) кристалланган бўлади. Унинг суюқланиш температураси  $170^{\circ}C$  бўлиб, полиэтиленга қараганда мустаҳкамлиги, қовушоқлиги, ишқаланишга бардошлилиги катта. Юқори диэлектрик хусусиятларга эга. Буғ ва газларни ўзидан яхши ўтказмайди, органик бирикмаларда эримайди, ишқор ва қайнаётган суюв таъсирига барқарор, лекин температура ва ёруғлик нури таъсирига барқарорлиги етарли эмас.

Поливинилхлорид (ПВХ) нинг ўртача молекуляр массаси 14000—85000 га тенг. ПВХ машинасозликда кенг қўлланилади, кабель ва кимё саноатида, қишлоқ хўжалигида, айниқса қурилиш материали сифатида, ҳар турли плёнкаларни ишлаб чиқаришда қўлланилади. Қаттиқ ПВХ (винипласт) дан конструкцион воситалар ясалди.

Фторопластларнинг коррозияга агрессив муҳитлар (кислоталар, ишқорлар, юқори температурали муҳит)даги барқарорлиги нисбатан юқори. Политетрафторэтилен ( $\text{CF}_2=\text{CF}_2$ ), политрифторэтилен ( $\text{CF}_2=\text{CHF}$ ), политрифторхлорэтилен ( $\text{CF}_2=\text{CFCl}$ ), поливинилфторид ( $\text{CH}_2=\text{CHF}$ ) каби фторопластлар температурага барқарор бўлиб, 400°C дан юқори температурада термик оксидланиш бошланади. Баъзи фторопластлар ажойиб антифрикцион хоссаларга эга (мойсиз ишлаганда ҳам ишқаланиш коэффициентини жуда кичик, ейлишга бардошлилиги каттадир)

Фторопластларнинг энг биринчи номояндаси политетрафторэтилен (ПТФЭ) бўлиб, уни фторопласт-4, тефлон, флюон деб ҳам аталади. Машинасозлик материаллари орасида ПТЭФ коррозияга агрессив муҳитлар таъсирига барқарорлиги юқори бўлган материалдир, у оби-ҳаво ва микроорганизмларнинг таъсирига ҳам барқарордир.

Фторопласт-4 дан конденсатор ва электр ўтказгичлар учун плёнкалар тайёрланади, ундан антифрикцион ва жипсловчи материаллар сифатида фойдаланилади. Ҳозирги пайтда фторопласт-4 нинг анчагина модификациялари маълум. Бу модификациялар фторопласт-4М (-4МБ, -4МВ-2, -4МД), фторопласт-4НП лардан иборат. Бундай материалларнинг технологик хоссаларни ҳам яхши, улардан машина воситаларини тайёрлашда экструзия ва босим остида қуйиш усулларидан фойдаланса бўлади. Фторопластларнинг камчилиги шундан иборатки, ишқаланишдаги емирилишга барқарорлиги унча катта эмас, совуқ ҳолда ўзгармас куч таъсирида чўзилади (деформацияланади). Фторопластларнинг таркибига модификатор ва бoshқа қўшимчаларни киритиш билан бу камчиликларни бартараф қилиш мумкин.

Плёнка, лок, тола, тўқима ва бошқа шунга ўхшаш материалларни ишлаб чиқаришда фторопласт-3 дан фойдаланилади. Фторопласт-3 (фторлон—3, дайфлон, флюротен деб ҳам аталади).

Элемент-органик полимерларга кремний-органик қатронлар асосидаги полимерлар кирилади. Бундай полимерлар юқори температурада барқарор, оксидловчи ва агрессив муҳитга чидамли ҳамда юқори диэлектрик хусусиятларга эга. Бу қатронлар асосида елим, лок, эмал, мойловчи ва конструкцион материаллар ишлаб чиқарилади. Адгезия хусусиятларини ошириш учун лок ва эмалларга қўшимча равишда эпоксид, полиэфир ва фенол



қатронлари қўшилади. Кремний-органик полимерлар электро-техника саноатида, машинасозлик ва ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади. Кремний-органик каучуклар совуқ ва иссиққа чидамли бўлган резиналарни олиш учун ишлатилади.

Эпоксид, фенол-формальдегид каби қатронлар терморектив полимерлар намояндаси бўлиб, муҳим технологик ва ишлай олиш хусусиятларига эга. Эпоксид қатронлари сунъий олигомер ва полимерлар бўлиб, металл, шиша, сополга ва бошқа материалларга жуда яхши адгезияси билан ажралиб туради. Қаттиқ ҳолатдаги эпоксид қатронларининг ишқорий муҳит, оксидловчи ва органик бўлмаган кислоталарга барқарорлиги яхши. Эпоксид қатронлари композицион машинасозлик материалларини олишда боғловчи элемент сифатида, елим, лок, қуйма компаундлар олишда ишлатилади. Таъмирлаш ишларида у дарзларни ямашда ҳам қўлланилади.

Фенол ва формальдегиднинг ўзаро таъсири натижасида фенол-формальдегид қатронлари олинади. Бундай полимерлар электр токини ўтказмайдиган материаллар (электроизоляторлар)ни ишлаб чиқаришда кўпроқ қўлланилади, улар обиҳаво ва температура таъсирига барқарор бўлади. Улар композицион материалларнинг боғловчи материали сифатида ҳамда елим ва лок ишлаб чиқаришда ҳам ишлатилиши мумкин.

### 3. РЕЗИНАЛАР

Ҳозирги замон техникасида юқори эластикликка эга бўлган материаллар жуда катта аҳамиятга эга. Бундай материаллардан зарбий куч таъсирини юмшатадиган воситалар (амортизаторлар) ҳамда тебранишни пасайтирувчи ёки ютувчи асбоб ва қурилма (демпфер) лар ясалади. Бундан ташқари улардан жипсловчи воситалар тайёрлашда, ускуналарни ташқи муҳит таъсиридан сақлашда ҳам фойдаланилади. Юқори эластик материалларга табиий ва синтетик полимерларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин. Бундай материаллар, одатда жуда катта қайтар деформацияга эга бўлади. Каучуклар муҳим табиий юқори эластикликка эга бўлган материалларга киради. Ҳозирги вақтда жуда кўп хилма-хил сунъий каучуклар ишлаб чиқарилмоқда, бундай материаллар резина ишлаб чиқаришнинг асосини ташкил қилади.

Ҳозирги замон машинасозлигида резинадан тайёрланган воситалар эса жуда кенг қўлланилади. Булардан энг муҳими автомобиль шиналари, ҳар хил жипсловчи воситалар, амортизаторлар, ҳаракат узатувчи воситалар, шланглар ва ҳоказолар. Резиналардан ускуна ва қурилмаларни ташқи муҳитдан муҳофаза қилишда, электр симлари сиртини қоплашда (кабелларни ясашда) фойдаланилади. Каучукни вулканизациялаб, рези-

на маҳсулоти олинади. Каучукларга турли қўшимчаларни қўшиш билан ёруғлик ва радиация нурига чидамли арзон резинасимон маҳсулотлар олинади. Бу йўл билан махсус шартларга чидамли резиналарни ҳам олиш мумкин.

Кейинги вақтда синтетик каучук ишлаб чиқариш жуда кенг ривожланган. Масалан, натрий-бутадиен (СКБ), бутадиен-стирол (СКС), полихлоропен, бутадиен-нитрил (СКН) каби синтетик каучуклар кенг тарқалган. Синтетик каучуклар ўз структурасига кўра катта молекуляр массага эга бўлган чизиқли полимерлардир. Нормал температурада синтетик каучуклар юқори эластиклик ҳолатда бўлиб,  $-40^{\circ}\text{C}$  дан  $-70^{\circ}\text{C}$  гача температура оралиғида шишасимон ҳолатга ўтади.

Ишлатилиш соҳасига кўра, резина оддий ва махсус турларга бўлинади. Оддий мақсадларда қўлланиладиган резиналарга табиий каучук (НК) ҳамда СКБ, СКС, СКН синтетик каучуклар кириди. Бундай резиналар юқори мустаҳкамлик ва эластикликка эга бўлиб, газ ва сувни ўзидан ўтказмайди. Бундай материаллардан камарлар, қўлқоплар, транспортёрлар лентаси, кабель қобиғи, демпфер воситалари ва шунга ўхшаш бошқа буюмлар тайёрланади. Уларнинг зичлиги  $910-920\text{ кг/м}^3$ , мустаҳкамлиги эса  $15-34\text{ МПа}$  дан ошмайди, nisбий чўзилиши  $700\%$  бўлиб, ишлаш температураси  $-80^{\circ}\text{C}$  дан  $130^{\circ}\text{C}$  гачадир. Махсус шароитларда ишлатиладиган резиналарга найрит, СКН, тиокол, СКТ ҳамда иссиқлик ва кимёвий муҳитга чидамли резиналар (СКФ) кириди. Лекин бу резиналар  $-40^{\circ}\text{C}$  дан  $-55^{\circ}\text{C}$  гача температура оралиғида мўрт бўлиб, бензин ва бензол таъсирига кам чидамлидир.

Уларнинг хоссалари 13808-79 ГОСТ, 9.024-74 ГОСТ ҳамда 64333-71 ГОСТ билан белгиланади.

Резиналарнинг зичлиги  $98-190\text{ кг/м}^3$  ни ташкил қилиб, мустаҳкамлиги эса ишлаш шароитининг температурасига боғлиқ. Масалан, найрит ва СКН учун ( $\sigma_b$ ) мустаҳкамлик  $20-26\text{ МПа}$  га, ишчи температура эса  $100-130^{\circ}\text{C}$  га, ҳатто  $170^{\circ}\text{C}$  га тенг.

Машинасозликда ишлатиладиган резиналар бир неча гурпага бўлинади: герметиклар, тебраниш ва товушни ютадиган, зарбий кучнинг таъсирини юмшатадиган, куч узатадиган, ишқаланиш жуфтлари тайёрладиган, эгилувчан ва ҳоказо резиналар. Резиналарнинг физик-механик хоссаларини синовчи ҳамда намуна шакли ва ўлчамларини белгилувчи 269—66 ГОСТ мавжуддир.

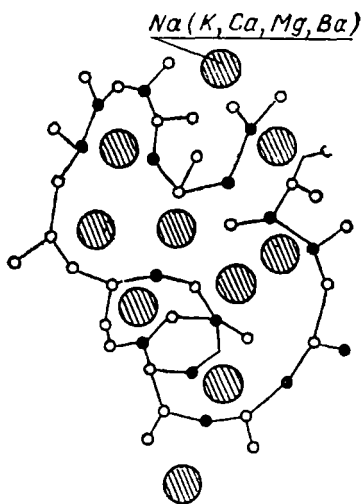
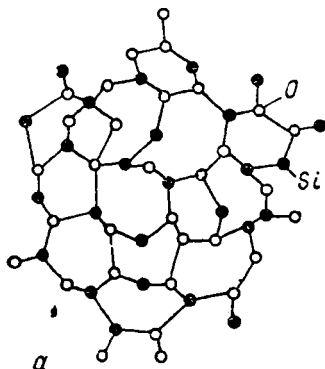
#### 4. ШИШАЛАР

Шисалар шиша ҳосил қилувчи компонентларни ўта совитиш натижасида олинади. Бундай қаттиқ, лекин кристалл бўлмаган материаллар органик бўлмаган шисалар деб аталади.

Хом ашё сифатида кремний, бор, алюминий, фосфор, титан, цирконий, литий, калий, натрий, кальций, магний, қўрғошин элементлари оксидлари қўлланилади.

Мураккаб таркибга эга бўлган системанинг суяқ ҳолатдан қаттиқ ҳолатга ўтиши ҳамда қаттиқ ҳолатдан суяқ ҳолатга ўтиши қайтар жараёндр. Шишасимон ҳолатда система ортиқча ички энергияга эга, шунинг учун унинг кристалл ҳолатга қараганда барқарорлиги камдир. Шунинг учун жисмнинг кристалл ҳолатга ўтиши шишасимон ҳолат орқали рўй беради. Органик бўлмаган шишаларнинг тузилишида жуда кичик ҳажмда микрокристалл тузилишлар (кристаллитлар) мавжуддир. Бундай тузилишлардаги ўрта қисм юқори тартибли жойлашишга эга, унинг атрофларидаги жойлашиш унча тартибли эмас. Кристалл қисмининг ораларида шишасимон ҳолат мавжуддир (кристалл бўлмаган қаттиқ жисм)

Кремнийли (силикат) шишаларнинг асоси кремний (II)-оксиддан иборат бўлиб, нисбатан кенг қўлланилади. Силикат шишаларнинг кристалл панжара тузилишлари тетраэдр синчларидан иборат бўлиб, бурчаклари туташган бўлади. Бундай синчларнинг кристалл кварцлардан фарқи шундаки, боғланиш тугунлари кенг ўзгариши мумкин. Натижада тартибланиш даражаси ўзгаради (97-расм) Кремнийнинг бир қисми алюминий ёки бор элементи билан алмаштирилса, ўзгача тузилиш ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган шишалар алюминий-силикатли ёки бор-силикатли шишалар деб аталади. Модификаторларнинг (Na, K, Ca, Mg, Ba ҳоказо) атомлари кремний-кислород тетраэдри орасига жойлашган бўлиб, асосий каркас тузилишини бузмайди.  $\text{Na}_2\text{O}—\text{CaO}—\text{SiO}_2$  таркибга эга бўлган кўп жинсли силикат шишаларга  $\text{Al}_2\text{O}$  ва  $\text{MgO}$  қўшилади. Бундай шишаларни тайёрлашда шихта материалларини тайёрлаш, махсус печлар-



97-расм. Анорганик шишаларнинг структураси:  
а — кварц шиша; б — ишқорли шиша.

да пишириш, керакли шаклни бериш ҳамда температура таъсирида кимёвий ишлов бериш каби ишларни бажариш керак. Кварц шишалар табиий ва сунъий кварцларни қайта ишлаш орқали олинади.

Техник шишаларнинг асосини алюминий, бор, кремний оксидлари ( $Al_2O_3—B_2O_3—SiO_2$ ) дан иборат мураккаб таркиб ташкил қилади. Техник шишаларнинг кўп жинсли бўлиши хосса ҳамда фаза тузилишларини бошқаришга имкон беради. Масалан, кремний, кислород ва бошқа ташкил этувчиларнинг маълум нисбатида кристалл фаза вужудга келиб, у тез ўсиши мумкин, бу шишанинг мустаҳкамлигига ва ёруғлик ўтказувчанлигига салбий таъсир кўрсатади. Шунинг учун ташкил этувчиларнинг нисбатини тўғри танлаш керак бўлади. Тузилишдаги бетартибликни қисман қайта қиздириш усули билан тузатиш мумкин, бунда бир йўла ички кучланишлар ҳам камаяди.

Шишанинг хоссалари кристалл жисмлар каби изотроп хусусиятга эга. Унинг зичлиги 2200—8000 кг/м<sup>3</sup>ни ташкил қилади ва албатта таркибга боғлиқ бўлади. Шишанинг микроқаттиқлиги 4—10 ГПа га, эластиклик модули 40—120 ГПа га, сиқилишдаги мустаҳкамлиги 2 ГПа га, чўзилишдаги мустаҳкамлиги эса 90 ГПа гача, эгилишдаги мустаҳкамлиги 120 МПа га тенг. Кварц шишаларнинг кимёвий таркиби мураккаб бўлмаса ҳам тузилиши бир жинсли бўлиб, зарбий қовушоқлиги нисбатан кам. У мўрт ва нисбатан юқори мустаҳкамликка эга.

Шиша иситилганда унинг қовушоқлиги ортиб боради, бунга қараб унинг агрегат ҳолатини аниқласа бўлади. Қаттиқ ҳолатдан суюқ ҳолатга ўтиш маълум температура оралигида содир бўлади. Ана шу температура чегаралари шишасимон ҳолатга ўтиш (400—600°C) ва юмшоқ (600—800°C) ҳолат билан белгиланади. Оралиқ температурада шиша юқори қовушоқлик ва пластикликка эга бўлади. Шишани қайта ишлаш учун юмшоқ ҳолатга ўтадиган температурадан юқорироқ температурада (1000—1100°C) қиздирилади.

Шишалар тиниқ бўлиб, ёруғликни яхши ўтказиши. Улар ёруғлик нурини синдириш ва қайтариш коэффициентига эга. Шиша таркибини ўзгартириш ҳамда унинг сиртини юпқа парда қоплама билан қоплаш усули билан унинг хусусиятларини ўзгартириш мумкин. Масалан, саноатда қўлланиладиган оддий шиша кўринадиган ёруғлик нурининг 90% ини ўзидан ўтказиши, ультрарабинафша нурларни эса деярли ҳаммасини ютади. Кварц шишалар ультрарабинафша нурларни тўла ўтказиб юборади. Шиша юзаси юпқа (0,3—1 мкм) металл ёки металл оксидлари билан қопланса, кўринадиган ва инфрақизил нурларни қайтариш хусусияти кескин ошади. Агар шиша таркибига кумуш галогенларидан қўшилса, фототрон деб аталувчи эффект вужудга келади, яъни шиша шаффофлиги ўзгаради ҳамда тушаётган ёруғлик тезлигига қараб, шиша ҳар хил рангда товланади.

Шиша маълум температура оралигида қиздирилгандан кейин кескин совитилса, ёрилмайди, яъни дарз кетиб синмайди. Бу шишанинг муҳим хусусиятларидан биридир. Кварц шишаларнинг чизиқли кенгайиш коэффициенти  $5,8 \cdot 10^{-7} \text{ C}^{-1}$  га, температурага бардошлилиги эса  $1000^\circ\text{C}$  га тенг. Шиша  $540\text{—}650^\circ\text{C}$  гача қиздирилиб юқори температура таъсирида ҳавода ёки мойда тез тобланса, ички кучланишлар барқарорлашади, натижада мустаҳкамлик 3—6 баробар ошади ва зарбий қовушоқлик 5—7 марта ошиши мумкин. Кимёвий ишлов берилган (масалан, заҳарлаш, ион алмашиниш)да ҳам қўшимча равишда мустаҳкамлик ошади.

Шишаларнинг ишлатилиш соҳаси жуда кенг ва хилма-хилдир. Улардан қувурлар, оптик асбоблар, кимёвий ускуналар ва воситалар ҳамда бошқа маҳсулотлар ишлаб чиқарилади. Шишанинг бундай турлари 15130-79 ГОСТ, 3514-79E ГОСТ ва бошқа стандартлар билан белгиланади. Шишалар машинасозлик материаллари бўлган композицияларни яратишда ҳам ишлатилади. Махсус юқори мустаҳкамликка эга бўлган шишаларнинг таркиби ва хоссалари 8325-78E ГОСТ, 10727-73 ГОСТ стандартларда кўрсатилган.

## 5. СОПОЛ МАТЕРИАЛЛАР

Бундай материаллардан кўпроқ қурилишларда (ғишт, томнинг устини ёпадиган материаллар, иншоотларга жилов берувчи воситалар, трубалар ва ҳоказолар) фойдаланилган. Бирор шаклга келтирилган лой маҳсулоти юқори температурада пишитилганда материалларнинг асосий физик ҳамда механик хоссалари намоён бўлади.

Техник сопол материалларга ҳар хил кимёвий бирикмалар киради. Бундай материаллар махсус хусусиятларга эга бўлиб, унинг таркибида лой миқдори жуда кам ёки бутунлай бўлмаслиги ҳам мумкин. Техник сополнинг асосий ташкил этувчилари оксидлар ҳамда металлларнинг кислородсиз бирикмаларидан иборатдир. Ҳар қандай сопол, одатда кўп фазали бўлиб, унда кристалл, шишасимон ҳамда газ фазалари ҳар хил нисбатда бўлади.

Кристалл фазанинг таркиби кимёвий бирикма ёки қаттиқ эритмадан иборат бўлиб, сополнинг асосини ташкил қилади. Бундай таркиб материалнинг механик хоссаларини, иссиқбардошлилигини ва шунга ўхшаш бошқа хоссаларини белгилайди.

Шишасимон фаза сопол материалларнинг асосини ташкил қилиб, қатламлардаги кристалл фазаларни бир-бирига боғлаб туради. Шишасимон фаза сополнинг 1—10% ини ташкил қилиб,

механик мустаҳкамлиги ва иссиқлик кўрсаткичларини камай-тириш билан сопол буюмларнинг ишлаб чиқарилиш технология-сини осонлаштиради.

Сополнинг пишитиш жараёнида газлар йиғилиб қолиши мум-кин. Натижада очиқ ва ёпиқ ғоваклар ҳосил бўлиб, улар ма-териалнинг зичлиги ва пухталигини белгилайди.

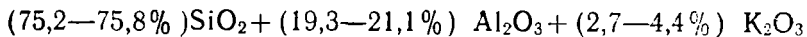
Кўпинча пишитишнинг махсус технологик усули қўллани-лади, бунда сополнинг пухта, ғоваксиз структураси ҳосил бўлади. Бундай сопол материаллардан конструкцияларни тайёр-лашда фойдаланилади, улардан машина воситалари ва асбоб-лар тайёрланади. Ғовакли сополдан эса оловбардош материал-лар, филтёрлар, диэлектриклар тайёрланади.

Оксидлар асосидаги сопол юқори мустаҳкамликка эга. Бун-дай оксидларга алюминий, цирконий, магний, бериллий ва қат-тор металл оксидлари киради. Уларнинг структураси поликри-сталлардан иборат бўлиб, бир фазали бўлади. Алюминий оксид асосидаги сопол юқори температурада ўзининг юқори механик хоссаларини йўқотмай ишлай олади. Бундай материаллардан кескичлар, филтерлар, маълум ўлчамга эга бўлган асбоблар, подшипниклар, печлар, тигеллар тайёрланади. Атом-энергетика машинасозлигида эса бериллий, торий ва уран элементларининг оксидлари асосида олинган сопол қўлланилади.

Карбид, нитрид, боридлар асосидаги сопол ҳам техникада кўп қўлланилади. Кварц туридаги сопол материаллар радио-техникада қўлланилади. Чунки улар пьезоэлектрик каби хусу-сиятларга эга.

Суоқланиш температураси юқори бўлган кислородсиз со-пол деб аталувчи материаллар металл бирикмалари ( $MeC$  — карбид,  $MeB$  — борид,  $MeN$  — нитрид,  $MeSi$  — силицид ҳамда  $MeS$  — сульфидлар) дан иборат бўлиб, техникада катта аҳ-миятга эга. Масалан, машинасозликда кремний нитридан ички ёнув двигателлар воситалари (цилиндр блоки қопқоғи, поршень ва бошқа қисмлар) ни тайёрлашда фойдаланилмоқда. Чунки бундай материаллар катта температура таъсири остида ишлаш хусусиятини йўқотмасдан ишлай олади.  $1600^{\circ}C$  гача оксидла-нишга барқарорлиги ҳамда коррозия ва эрозияга бардошли-лиги катта. Энг муҳими ана шундай шароитда ишлай оладиган ҳамма конструкцион материаллардан энг арзони ҳамда кон-струкцияни тайёрлаш технологияси қулайдир.

Чинни деб аталувчи сопол материаллар етарли даражадаги мустаҳкамликка ҳамда электрни изоляция қилиш хусусиятига эга. Уларнинг кислоталарга чидамлилиги катта. Чиннининг асосини қуйидаги аралашма ташкил қилади:



Сопол материалларни олиш технологияси қуйидаги босқич-лардан иборат. Сопол таркибига кирувчи моддалар майдалана-ди ва ҳосил бўлган кукун яхшилаб аралаштирилиб, унга боғ-

ловчи ва юмшатовчи қўшимчалар қўшилиб намланади. Сўнгра ҳосил бўлган аралашмага бирон шакл бериш учун у босим остида ишланади (пресслаш, экструзиялаш) ёки қуйилади.

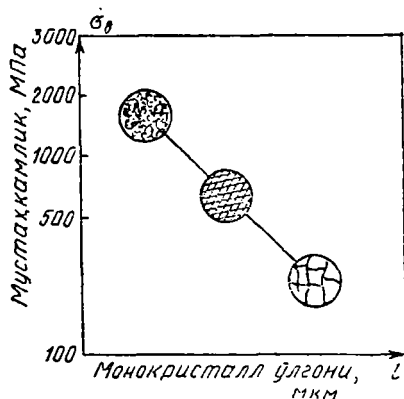
Сопол материалларнинг асосий камчилиги мўртлигидир. Шунинг учун ҳам улар конструкцион материал сифатида ишлатилмайди. Бошқа хоссалари бўйича (қаттиқлик, иссиқбардошлик, коррозиябардошлик ва ҳоказо) сопол материаллар металл ва қотишмалардан устун туради. Шунинг учун асосий муаммо сопол материалларнинг мўртлигини камайтиришдан иборат. Бу материалларнинг мўртлигини камайтириш учун таркибни ташкил қилувчи моддаларни янада юқори даражада майдалаш, бир хил тартибли ва майда доначали структурани ҳосил қилиш ҳамда мумкин қадар агломерат заррачалардан, кимёвий қўшимчалардан фойдаланмаслик керак. Бунинг учун жуда майда кукун доначаларини пишитишда (юмшатишда) температурани юқорироқ кўтариш керак бўлади. Сопол структурасидаги микрокристалл ўлчамлари қанча майда бўлса, унинг механик хоссалари шунча юқори бўлади (98-расм).

Агар ўлчамлари 0,3 мм дан кичик микрокристалларни олиш мумкин бўлса, бундай сопол материалларнинг нисбий чўзилишини 100% га етказиш ҳамда уни экструзия, волочирлаш (чўзиш), болгалаш усулларини қўллаш билан қайта ишлаш мумкин бўлади.

Сопол материалларни кукун, ипсимон, толасимон ҳолатда композицион материалларни ҳосил қилишда ишлатилса, жуда катта самарадорликка эга бўлиш мумкин.

### 19- б о б. КОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАР

Бир бутунлик ҳамда мустаҳкамликни таъминловчи юмшоқ ва қаттиқ фазалар аралашмасидан иборат мураккаб жисмга композицион материаллар деб аталади. Оддийроқ қилиб айтганда кўп компонентли жисмларнинг ўзи композицион материалларни ташкил қилади, масалан, гранит ҳамда кремнийнинг турли бирикмалари. Ҳозирги замон композицион материалларга темир-бетон конструкцияларини мисол қилиб кўрсатиш мумкин. Полимер асосидаги шиша толаларини қўшиб яратилган шишали пластиклар ҳам шундай материалларга мисол бўлади. Кейинги йилларда полимер ва металл асосидаги юқори мустаҳкам композицион материаллар кўплаб ишлаб чиқарилмоқда.



98-расм. Кремний карбид асосидаги сополнинг мустаҳкамлигига монокристалл ўлчамининг таъсири.

## 1. КОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАРНИ ЯРАТИШ УСУЛЛАРИ

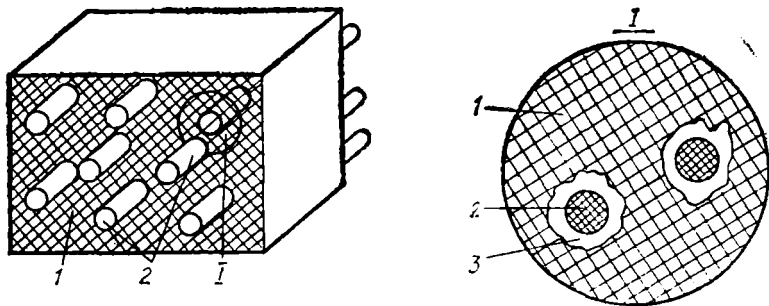
Ҳозирги замон композицион материаллар мураккаб таркибли кўп фазали конструкцион материаллар бўлиб, компонентларнинг ҳажм бўйича нисбатини танлаш усули билан яратилади. Композицион материалларда ҳар бир фаза ўзининг чегарасига эга бўлади.

Композицион материалнинг бир бутунлигини таъминловчи компонент ташкил этувчига боғловчи компонент (матрица) деб аталади. Бошқа компонентлар (арматура, тўлдирувчи ва ҳоказо) нинг шу матрицада жойлашиши маълум геометрик қонуниятга бўйсиниши ёки синмаслиги ҳам мумкин. Матрица билан қўшимчалар орасида махсус юпқа қатлам бўлиб, у ажралиш юзасини белгилайди (99- расм).

Композицион материалларни синфларга ажратишда матрица ёки арматура ва қўшимчаларнинг турига, микротузилиш хусусиятлари ва материални олиш усулига ҳам қаралади.

Матрица материалининг турига қараб, композицион материаллар қуйидаги турларга бўлиниши мумкин: металл асосли, органик бўлмаган (органик бўлмаган полимерлар, минераллар, углерод, сопол) ва кўп матрицали аралаш композицион материаллар.

Боғловчи материалнинг вазифаси маҳсулотга маълум геометрик шакл бериб қолмасдан, балки у кучланишларни ҳажм бўйича бир хил тақсимланишини таъминлайди ва маълум механик хоссани шакллантиради ҳамда арматура ёки қўшимчаларни ташқи муҳитдан сақлайди. Композицион материалнинг иссиқ ва коррозиябардошлилик, электр ва иссиқликни сақлаш қобилияти, қайта ишлаш технологияси каби муҳим хоссалари боғловчининг хусусиятларига боғлиқ. Лекин арматура ва қўшимча элементларнинг турига қараб ҳамда уларнинг матрицада жойлашиши ва геометрик ўлчамларига қараб, композицион



99- расм. Композицион материалларнинг тузилиш схемаси:

1 — матрица (боғловчи материал); 2 — арматура (мустаҳкамловчи) элемент; 3 — ажралиш юзаси.

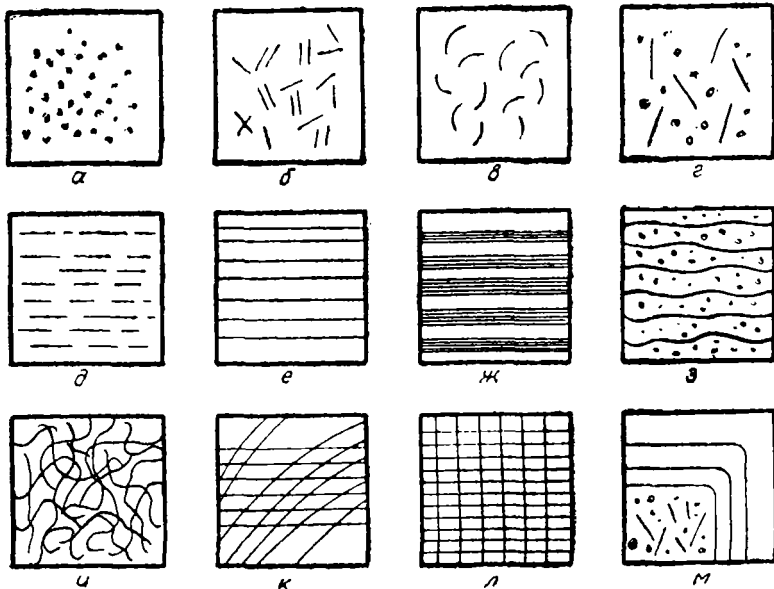


материалларнинг хоссалари ўзгаради. Масалан, композицион материалга қўшимчалар, яъни арматура элементлари асосан, механик хоссаларни кўтариш учун қўшилади. Бунда мустаҳкамлик, бикрлик, пластиклик ортиб, материалнинг зичлиги, электр хоссалари, иссиқлик ўтказувчанлиги ва бошқа хусусиятлар маълум йўналишда ёки фақат алоҳида олинган жойлардагина ўзгаради. Композицион материалларнинг энг муҳим хусусиятлари деформацияга мустаҳкамлигидир. Тўлдирувчилар сифатида қўлланиладиган элементлар одатда майда кукун ёки калта тола ҳолатда бўлади. Бундай қўшимчалар асосан материалнинг таннарини камайтиради. Лекин улар композицион материалнинг мустаҳкамлигини 1,5—2,0 баробар ошириши ҳам мумкин. Маълум миқдордаги (арматура) қўшимчалар материалнинг мустаҳкамлигини 2—10 баробар оширади. Композицион материалларда тўлдирувчи ва қўшимча (арматура) материаллар биргаликда қатнашиши ҳамда уларнинг ўлчамлари ва жойлашиши ҳар хил бўлиши мумкин. Ўлчами уч йўналишда кичик бўлган қўшимчаларга қурум, қум, майда (кукун) дончаларга эга бўлган металллар, фосфатлар, шиша ва лойсимон микросфера шаклдаги материаллар киради. Бир ўлчамли қўшимчаларга толасимон тўлдирувчилар, арматура элементлари, калта толали табиий материаллар (масалан, асбест), ўсимлик материаллари, толасимон кристаллар (оксидлар, алюминий нитрид, бериллий оксид, бор карбид, кремний нитрид), узун толали ҳар хил органик бирикмалар ва ҳоказолар киради. Икки ўлчамли тўлдирувчиларга ленталар, матолар тўрсимон ва бошқа арматураловчи элементларни келтириш мумкин.

Композицион материаллар хоссаларига қўшимча элементлар (тўлдирувчи) нинг таъсири жуда катта бўлганлиги учун кўпинча шу композицион материалнинг номи унинг тўлдирувчиси номи билан ҳам айтилади. Масалан, графитопластлар, шиша толали композициялар, органопластиклар ва ҳоказо.

Композицион материалларни макротузилиши бўйича ҳам фарқлаш мумкин (100-расм). Матрицада тўлдирувчилар тартибсиз жойлашиши мумкин, лекин кўпинча уларнинг тартибли жойлашишига эришишга ҳаракат қилинади. Ҳар хил ўлчамга эга бўлган тўлдирувчи ва арматуралар биргаликда қатнашганда уларнинг ўзаро тартибли жойлашиш имкониятлари кўп бўлади.

Композицион материалларнинг хоссалари ҳамма йўналишда бир хил бўлса, бундай материал хоссалари изотроп бўлади. Бундай материалларга кукун ҳолидаги қўшимчалари хаотик жойлашган композициялар киради. Материалларнинг турли йўналишлардаги хоссалари фарқ қилса, бундай композициялар анизотропик хоссаларга эга дейилади. Бундай композицияларда арматура сифатида толалар, пластинкалар, матолар, тўрлар маълум йўналишда жойлаштирилган бўлади.



100-расм. Тўлдирувчи ва арматуранинг тартибсиз (а—г, и), бир ўқ йўналишида (д—з) ҳамда мураккаб (К, Л, М) жойлашишини тушунтирувчи чизма:

а — кукун; б — калта толалар; в — пайраҳалар; г — кукун билан калта толалар аралашмаси; д — калта толалар; е, и — узун толалар; ж — тўқима ва юлқа материаллар чиқиндис; з — тўқима ва кукун аралашмаси.

## 2. ПОЛИМЕР АСОСИДАГИ КОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАР

Полимер асосидаги композицион материалларда (ПКМ) ҳамма ташкил қилувчиларни бирлаштириб яхлит бир бутунликни ҳосил қилувчи матрица сифатида полимер боғловчилар қўлланилади. ПКМ га пластмассаларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин. Пластмассаларни яратишда полимер асос юқори оқувчанлик ёки юқори эластиклик ҳолатига келтирилади, сўнгра маълум бир технологик усул билан қўшимчалар киритилади, совиғандан кейин (қаттиқ ҳолатда) композиция асоси шишасимон ёки кристалл ҳолатда бўлади. Ҳозирги пайтда жуда ажойиб хоссаларга эга бўлган ПКМ яратилганки, уларнинг солиштирма мустаҳкамлиги, коррозиябардошлилиги, бошқариладиган магнит ва электр хоссалари каби хусусиятлари одатдаги пўлат ва чўян конструкцион материалларнинг хусусиятларидан қолишмайди. Ишлаш қобилиятлари 200—400°C да ҳам сақланиб қоладиган ПКМ лар яратилган. Бундай материалларни келажакда автомобиль, кема ҳамда самолётсозликда кенг ишлатиш имконияти бор. Композицион материалларнинг техникадаги механик тебранишларни тўхтатиши ёки камайтириши ҳам мумкин.

Матрица сифатида ҳам, қўшимчалар сифатида ҳам юқорида кўрсатилган материалларни қўллаш мумкин. Матрицанинг тўлдирувчи жисмларга адгезиясини механик равишда ҳосил қилиш мумкин эмас. Полимер макромолекулаларида жуда мустаҳкам ковалент боғланиш бўлганлиги ва тўлдирувчилар эса металл ёки ион боғланишда бўлганлиги учун матрица билан тўлдирувчи элементлар орасида мустаҳкам кимёвий боғланиш ҳосил қилиш қийин. Шунинг учун тўлдирувчи билан матрица орасида адгезион боғланиш ҳосил қилиш мақсадида юпқа парда қатламдан фойдаланилади.

Ташқи куч таъсири матрица ва тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлигига пропорционал (ёки эластиклик модулига пропорционал) тақсимланса, ПКМ нинг мустаҳкамлиги катта бўлади. Бунинг учун матрицанинг чўзилишдаги деформация қиймати тўлдирувчи (арматура)нинг деформация қийматидан катта ёки тенг бўлиши керак.

Одатда кўпчилик ишлаб чиқариш корхоналарида ПКМ дан маҳсулот тайёрлаш шу материалларни олиш технологияси билан биргаликда олиб борилади.

### 3. МЕТАЛЛ АСОСИДАГИ КОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАР

Металл матрицага эга бўлган композицион материаллар (МКМ) нинг ишлаш хусусиятлари, оловбардошлилиги, бикрлиги, солиштира мустаҳкамлиги металл ва қотишмалардан устун туради. Бу ерда матрица билан тўлдирувчи юзаси орасида физик-кимёвий таъсир мавжуд бўлиб, у асосан диффузион ва кимёвий жараёнлар натижасида содир бўлади. Бу унумли универсал технологияни излаб топиш ҳамда композицион материалнинг таркибини танлаш имкониятини яратади. Тўлдирувчи элементларнинг янги турларини кўпайтириш МКМ нинг қўлланиш соҳаларини янада кенгайтиришга имкон беради. Шунинг учун ҳам янги турдаги МКМ яратишга борган сари кўпроқ эътибор берилмоқда. Масалан, самолётсозликда ва фазовий кемаларни яратишда ишлатиладиган воситалар, антенналар, қуёш энергиясидан фойдаланувчи қисм воситалари каби воситаларни тайёрлашда МКМ дан фойдаланилади.

МКМ ларга қаттиқ майда доначалар билан мустаҳкамланган кукун металлургияси маҳсулотидан фойдаланиб, яратилган материаллар, маълум йўналишда кристаллантирилган материаллар, тоғалли тўлдирувчилардан фойдаланилган материаллар ва ҳоказолар киради. Бундай материалларга, масалан, САП (пиштилган алюминий кукуни) ёки кўп компонентли пўлатлар, металл-сопол қаттиқ қотишмалар ва ҳоказолар киради. Саноатда дисперсион мустаҳкамликка эга бўлган титан, никель ёки алюминий асосидаги оловбардош композициялар кўп ишлатилади. Масалан,  $\text{Cr-Ni}$  асосидаги композициянинг узоқ муддатли мустаҳкамлиги ( $\sigma_{100}$ ) 115 МПа га тенг. Демак, материал

1000°C температурада 100 соат давомида 115 МПа кучланишга чидай олади.

Коррозиябардош композицион қотишмалар ҳам ишлаб чиқилган ва саноатда қўлланилмоқда. Бунга ферро-титанидларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин. Уларнинг асосини легирланган темир қотишмалари ташкил қилиб, унга 10—75% титан карбид қўшимча сифатида қўшилган. Таркибида мустақкамловчи қўшимча сифатида 20—45% титан карбид бўлган ҳамда хром, молибден, вольфрам алюминий ва никель билан комплекс легирланган темир асосидаги композицион қотишма агрессив муҳитда ишлайдиган подшипник воситаларини, тегирмонда ишлатиладиган золдирларни тайёрлашда ишлатилади.

Бундай материалларда мустақкамловчи жисм сифатида металл бўлмаган элементларнинг толалари ёки қийин эрийдиган бирикмалар ( $Al_2O_3$ ,  $ThO_2$ , SiC) ҳамда металлдан тайёрланган симлар (вольфрам, молибден ва ҳоказолар)дан фойдаланилади. Толаларнинг диаметри 1 мкм дан 50 мкм гача бўлиши мумкин (толасимон монокристаллар), симларнинг диаметри эса 0,1—0,3 мм ни ташкил қилиши мумкин. Одатда тола ва симларнинг узунлиги диаметр узунлигидан ўн мартага катта бўлади.

Алюминий асосидаги композицияларда 0,15 мм диаметрли пўлат сим арматура сифатида қўлланилганда мустақкамлик ( $\sigma_b$ ) 3600 МПа га етади, яъни бу алюминийнинг мустақкамлигидан бир неча ўн марта кўпдир. Алюминий асосидаги композицияларни бор толалари билан тўйинтирилганда унинг эластиклик модули ҳам ортади.

Алюминий ва титан асосидаги толасимон қўшимчаларга эга бўлган композициялар кўпроқ самолётсозлик ва космик кemasозликда кенг қўлланилади. Чунки бу соҳада материалнинг солиштира мустақкамлиги муҳим аҳамиятга эга. Бундай материаллар машинасозликда, кимё саноати ва бошқа соҳаларда ҳам кўплаб ишлатилади.

## 20- б о б. МАТЕРИАЛ ТАНЛАШ АСОСЛАРИ

Амалий мақсадларда керак бўладиган материалларни танлаш учун материалларнинг хусусиятларини яхши билиш керак. Материалнинг хусусиятлари эса унинг ташкил этувчиларини табиатига, қотишма ёки композицияларнинг тузилиши ва хossalарига боғлиқдир.

## **1. ЦЕМЕНТАЦИЯЛАНАДИГАН ВА НИТРОЦЕМЕНТАЦИЯЛАНАДИГАН ПУЛАТЛАРНИ ТАНЛАШ**

Машиналарнинг кўп қисмлари цементацияланадиган ва нитроцементацияланадиган пўлатлардан тайёрланади. Кўпинча тишли ғилдираклар, шестерня, червяк ўқлари, тезликларни қайта тақсимлаш воситаларининг ҳамда золдирли ишқаланиш воситалари (подшипниклар), ўлчов ва кесувчи асбоблар ва калибрларнинг мустақкамлигини оширишда материалларни танлаш усулидан фойдаланилади. Машина воситалари ёки кесувчи ва ўлчов асбобларнинг ишлаш унуми пўлатнинг тўғри танланганлигига боғлиқ. Цементациялаш ёки нитроцементациялаш усули деталнинг устки ва ўрта қисмлари қаттиқлиги ва пластиклигининг маълум нисбатини ҳам таъминлайди. Масалан, шестерня ёки тишли ғилдираклар тишлари юзасининг контакт кучлар таъсирига ва эгилишга чидамлилиги катта бўлиши керак. Тишли ғилдирак ва шестерняларни тайёрлаш учун кўпинча 25ХГТ пўлат танланади.

Пўлатдаги легирловчи элементларнинг миқдори камайтирилса, углероднинг аустенитда эриш даражаси ортиши мумкин. Масалан, 25ХГТ пўлатда углероднинг аустенитда эриш даражаси 0,83% дан ошмаслиги керак бўлса, 0,5% Мо, 0,5% Сг билан легирланган 25Х05М05 пўлат аустенитида эриган углероднинг миқдорини 1,32% гача ошириши мумкин, демак, ундаги карбиднинг миқдори ҳам 2—3 марта кўпаяди.

Шуни ҳам айтиш керакки, цементацияланадиган 20ХНЗА пўлатни контакт кучланишга чидамлилиги синалганда, донча чегараларидаги 0,012 мм ли тўр қатлами мустақкамликни 20% камайтирган, 0,02 мм қатламга эга бўлган нуқсон эса цементацияланган пўлатнинг мустақкамлигини икки баробар камайтирган. Одатда бундай нуқсонлар цементация қатламининг 10—20% ини ташкил қилиши мумкин. Бундай нуқсонларга йўл қўймаслик учун цементация температураси кичик бўлиши керак. Шундай қилинганда қора доғ шаклидаги нуқсонлар йўқолиши ёки уларнинг қалинлиги жуда кам бўлиши мумкин.

## **2. ЮҚОРИ ЎЗГАРУВЧАН ТОК БИЛАН ҚИЗДИРИШГА МУЛЖАЛЛАНГАН ПУЛАТЛАР**

Одатда ўрта углеродли ва легирланган пўлатлар (масалан, 40; 45 ёки 40Х пўлатлар) дан тайёрланадиган буюмларнинг устки қисмини мустақкамлаш учун улар юқори ўзгарувчан ток ёрдамида қиздириб тобланади. Лекин бу усул етарли даражадаги юқори мустақкамлик ва ишқаланишга бардошлиликни ҳар-

доим ҳам таъминламайди. Кейинги вақтда махсус тоблаш чуқурлигини ошириш мумкин бўлган 58 (55ПП), 47ГТ, ШХ4РП пўлатлар кенг қўлланилмоқда. Улар учун маълум ҳажмий тоблаш юзаси белгиланади. Бу усул анча юқори конструкцион мустаҳкамликни таъминлайди. Бу пўлатлар мураккаб шаклга эга бўлган машина воситалари тайёрлашда ишлатилади. Улар эгилиб, буралиб ишлайдиган ва контактдаги юқори кучланишлар мавжуд бўладиган шароитда кўпроқ қўлланилади.

Умуман олганда индукцион ток билан тоблаш учун пўлат танланганда қўйидагиларга эътибор бериш керак: машина воситасининг шаклини мураккаблиги, кўндаланг кесим катталиги, тоблаш чуқурлиги ҳамда эришиш керак бўлган механик хоссалар қийматини билиш керак. Масалан, 58 (55 ПП) пўлатдан тоблаш чуқурлиги 1,5—2,5 мм бўлган машина воситалари (тишли ғилдираклар, криставиналар, узун втулкалар ва ҳоказолар) тайёрланади. 47ГТ пўлатдан тоблаш чуқурлиги 5—7 мм ли катта кўндаланг кесимга (40—60 мм) га эга бўлган автомобиль валлари тайёрланади. ШХ4РП пўлатдан юқори кучланишда ишлайдиган золдирли подшипникларнинг ҳалқалари ҳамда золдирлари тайёрланади. Ҳалқаларнинг қалинлиги 12—20 мм бўлганда тоблаш чуқурлиги 2,5—3,5 мм ни ташкил қилади.

Маълумки, 40, 45 пўлатлардан тайёрланган буюмларнинг тобланган юза қатлами нисбатан кичик, лекин ўрта қисмининг қовушоқлиги катта. Бундай пўлатлардан автомобиль ва тракторларнинг тирсакли ва тақсимловчи валлари тайёрланади. Лекин бундай пўлатлар ПП ёки РП пўлатлар билан алмаштирилса, юқори чидамлик ва мустаҳкамлик ҳисобига металл тежалиши, иккинчи томондан бунда легирловчи элементлар ҳам камроқ ишлатилиши мумкин. (17-жадвал). Бу кимёвий-термик ишлаш ўрнини ҳам босиши мумкин, бунда ишчиларнинг ишлаш шароити ҳам яхшиланади.

### **3. КОНСТРУКЦИОН ЯХШИЛАНДИГАН ПЎЛАТЛАРНИ ТАНЛАШ**

Бундай пўлатлардан одатда жавобгарлиги катта машина воситалари тайёрланади (валлар, шатунлар, ўқлар, тишли ғилдираклар ва ҳ. к). Бунда чуқурлиги, даврий кучланишга чидамчилиги, зарбий қовушоқлиги, ишқаланишга қаршилиги ҳамда шунга ўхшаш хоссаларни таъминлаш кўзда тутилади.

Автомобиль ва тракторсозликда кўпинча 40, 45, 40Х, 45Х, 45Г, 50 каби пўлатлар қўлланилади. Лекин бундай пўлатларнинг тоблаш чуқурлиги катта эмас. Шунинг учун кейинги пайтда ана шу пўлатларнинг ўрнига махсус пўлатлар (55ПП, 45ГТ, ШХ4РП) кенг қўлланилмоқда. Уларга цементациянинг ўрнига индукцион токда тоблаш қўлланилади, натижада термик ишлаш технологияси ихчамлашади. Материал танлашдаги

охирги қадам эса унинг технологик хоссаларини ҳамда иқтисодий самарадорлигини ҳисобга олишдан иборат. Масалан, ўрта легирланган 12Х2Н4А пўлатнинг ўрнига 55ПП пўлати ишлатилса, кесиб ишлаш осонлашиши ҳисобига буюм яшаш вақти бир неча ўн баробар қисқаради, буюмнинг таннарни ҳам камаяди.

#### 4. ПРУЖИНА ВА РЕССОРЛАР УЧУН ПЎЛАТЛАРНИ ТАНЛАШ

Пружина ва рессорларнинг узоқ муддат ишлаши кучланиш релаксацияси, яъни ўзгармас деформациядаги кучланишнинг ўз-ўзидан камайишига боғлиқ. Бошқача айтганда релаксация жараёнида эластик деформациянинг бир қисми қолдиқ деформацияга айланади. Пружина ва рессорлар эластиклигининг бундай йўқолиши вақт ўтиши билан машинанинг ишлашига салбий таъсир кўрсатади ва машиналарнинг барвақт ишдан чиқишига олиб келади.

17-жадвал. Тоблаш чуқурлиги катта (ПП) ҳамда чегараланган (РП) пўлатларни қўллашдаги самарадорлик

Пўлатнинг тури		Қайси корхонада қандай машина боғиси тайёрланаётганлиги ҳақидаги маълумотлар	Легирловчи элементларнинг тежамси, %
Одатда қўлланиладиган пўлатлар	Алماштириш мумкин бўлган пўлатлар		
30ХГТ	55 ПП	ЗИЛ машинасининг орқа кўпригидаги ҳаракат узатувчи тишли филдираклар	1,0 Cr 1,0 Mo
40ХГРТ	47 ГТ	ЗИЛ машинасининг ярим ўқи	1,0 Cr 1,0 Mn
20ХГНТР	55 ПП	ЗИЛ, Камаз ва бошқа машиналарнинг криставинаси	1,0 Cr 1,0 Ni
20ХН2М	55 ПП	ГАЗ автомобилсининг орқа кўпригидаги ҳаракат узатувчи конусли тишли филдираклар	1,0 Cr 1,0 Ni 0,25 Mo
30 ХСГА	40	Газ машиналарининг ярим ўқлари	1,0 Cr 1,0 Mn
ШХ15СГ	ШХ4РП	Ҳалқа ёки золдирлари кўндаланг кесими 12—200 мм га тенг бўлган подшипниклар (тоблаш чуқурлиги 2,5—3,5 мм).	1,0 Cr
12ХНЗ	55 ПП	Масалан, темир йўл вагонларида шундай подшипниклар ишлатилди: Электр поездлари ва моторли вагонларда қўлланиладиган куч узатувчи тишли филдираклар.	0,68 Cr 3,0 Ni
18ХГТ	55 ПП	Тепловозларнинг двигателларидаги поршень бармоқлари	
40ХН2МА	47 ГТ	Ҳаракатни тақсимловчи қутидаги тишли филдираклар 40—60 мм кўндаланг кесимга эга бўлган ҳаракат узатувчи ўқлар (тоблаш чуқурлиги 5—7 мм)	1,0 Cr 1,0 Mn 0,8 Cr 1,45 Ni 0,2 Mo

Пружина ва рессорлар учун юқори углеродли ( $C=0,6—0,8\%$ ) пўлат танланиб, тоблаш чуқурлигини ошириш учун улар легирланади. Пўлат кўндаланг кесим бўйича тоблангандан кейин тўла эластикликка эга бўлади. Эластиклик технологик усул билан ҳам оширилади. Масалан, пружина ёки рессорлар, чўян, шарлар ёки қум билан узлуксиз деформацияланиб мустаҳкамланганда қайишқоқлик хусусияти анча ошади. Одатдаги тоблаш (тўхтовсиз тоблаш) ўрнига ўзгармас температурада тобланганда пружинанинг эластиклиги ва мустаҳкамлиги ортади.

Пружина ва эластик ленталар учун пўлат танланганда ишлаш шароити ҳам ҳисобга олинади. Масалан, юқори температура ва оксидловчи муҳитда ишлаш учун зангламайдиган (30X13, 40X13) пўлатлар ҳамда зангбардош (масалан, 12X18H9T) пўлатлар танланади (18-жадвал).

Жадвалдан кўриниб турибдики, буюмнинг ишлаш шароитидаги температура қанча катта бўлса, бошланғич кучланиш бир хил бўлганда ҳам, кучланишнинг камайиши кескин ошиб боради, яъни релаксацион мустаҳкамлик камайиб боради. Амалиётда релаксацияга мустаҳкамлигини ошириш учун махсус қўшимча термик ишлов ҳам берилади. Бундай ишлов шартли равишда «Релаксацион қайта ишлов» деб аталади.

Релаксацион қайта ишлов деганда пружинага температура остида охириги ишлов берилиб бўлгандан кейин унинг ишлаш температурасидан юқорироқ температурада белгиланган куч таъсирида 25 соат чамасида ушлаб туриш тушунилади. Релаксацион ишлов таъсирида пружинада қолдиқ деформация ҳосил бўлади. Бундай ишлов пружинанинг ишлаш турғунлигини оширади.

## **5. СОВУҚЛАЙИН ШТАМПЛАБ БУЮМ ОЛИШГА ПЎЛАТЛАРНИ ТАНЛАШ**

Металлургия корхоналарида жўвалаш усули билан қайта ишланган пўлатлар юпқа ёки қалин лист ҳолида чиқарилади. Улар 9045—70, 4041—71, 16523—70, 1542—71, 503—71, 11268—76, 11269—76 ГОСТ давлат стандартлари билан белгиланади.

Амалиётда кўпинча совуқлайин штамплаш учун кам углеродли пўлатлар қўлланилади. Юпқа қилиб жўваланган пўлат хоссаларига углерод миқдори ҳамда унинг бирикмалари шакли таъсир қилади. Пўлат таркибидаги оз миқдордаги тарқоқ жойлашган цементит ва япасқи шаклдаги перлит ҳам пўлатнинг штампланиш хоссасини ёмонлаштирмайди. Агар цементит тўр шаклида ёйилган эркин ҳолда бўлса, штамплаш анча оғирлашади. Бу пўлатдаги цементит тўрининг миқдори 9045—70 ГОСТ билан белгиланади, унинг деформацияланишга бўлган қобилияти эса чўзилишда содир бўладиган сферик чуқурчаларнинг ҳосил бўлиши ва уни чуқурлиги билан белгиланади (10510—80 ГОСТ). Масалан, қалинлиги 1 мм дан кўп бўлмаган пўлат



**18-жадвал. 12X18H9T пўлатдан ясалган пружинанинг релаксацон мустаҳкамлиги**

Температура, С	Бошлангич кучланиш, МПа	Маълум вақтгача (соатда) юкланган ҳолда ушлаб турилганда кучланишнинг узгарishi, МПа						Кучланишнинг камайishi, %
		1	100	750	1250	1750	2500	
385	202	200	184	150	148	130	112	44,5
420	233	205	128	59	57	43	—	81,5
450	205	190	59	28	—	—	—	86,3

листлари (10Г2, 12Г2, 16Г2, 25ХГСА ва 30ХГСА) совуқ ҳолда штамплашдан аввал 10510—74 ГОСТ бўйича текширувдан ўтиши керак.

Автомобиль ва бошқа машиналарнинг воситаларини тайёрлаш учун пўлат танлашда қуйидагиларга эътибор бериш зарур: ясалаётган буюм машинанинг ташқи ёки ички қисмида жойлашишини аниқлаш; штамплаш учун чўзиш ёки эгиш даражасини белгилаш; пўлатни етказиб бераётган ташкилотга микро-структура ва механик хоссалар бўйича қандай талаб қўйилиши кераклигини аниқлаш ва ҳ. к.

Машинанинг ташқи қисми учун танланган пўлат юзаси тоза бўлиб, унда ўйдим-чўнқир, чизиклар каби нуқсонлар бўлмаслиги керак. Бундай нуқсонлар бўёқ ёки бошқа материаллар билан юққа қатлам билан қопланганда билиниб қолмаслиги керак, чунки бунда сифат ёмонлашади. Машинанинг ички қисмида жойлашадиган буюмлар учун танланган пўлатда бундай нуқсонлар бўлса ҳам материалнинг сифатига таъсир кўрсатмайди.

**ҚУЙИШ УСУЛИ БИЛАН БУЮМЛАР ТАЙЕРЛАШГА ПУЛАТЛАР ТАНЛАШ**

Қуйиш учун мўлжалланган қотишмалар ичида чўян ва пўлатларнинг қуйишдаги технологик хусусиятлари ёмондир, бунда чўяндан кўра пўлатда катта чўкма ҳосил бўлади. Углеродли ва легирланган пўлатларда ҳажмнинг камайиш миқдори ўртача 2,2—2,3% ни ташкил қилса, баъзи легирланган пўлатлар (масалан, 12X18H9ТЛ) нинг чўкиш даражаси 2,7—2,8% ни ташкил қилиши мумкин.

Пўлатларнинг оқувчанлиги ва қолипни тўлдирish хусусияти ҳам нисбатан ёмон. Қуйиш учун мўлжалланган углеродли ва легирланган пўлатларнинг кимёвий таркиби 977—75 ГОСТ билан, юқори легирланган махсус хусусиятларга эга бўлган пўлатларнинг таркиби эса 2176—77 ГОСТ билан белгиланади.

Қуйиш усули билан буюмларни ясашда кўпинча таркибида

0,08—0,6% углерод бўлган пўлатлар танланади. Бундай пўлатларнинг кристалланиш температура оралиғи унча катта бўлмай, 30—60°C ни ташкил қилади. Лекин углерод миқдори 0,6%—1% бўлганда кристалланиш температура оралиғи ҳам ортиб боради, яъни 60—120°C ни ташкил қилади (110Г 13Л пўлат). Шунинг учун ҳам углероди кўп бўлган ҳамда юқори легирланган пўлатларда чўкиш миқдори катта бўлиши билан бир қаторда, ғовакчалар, дарзлар, шакл геометриясининг қийшайиши каби нуқсонлар ҳам ҳосил бўлади. Қуйиш усули билан буюмларни ясаш учун пўлатларни танлашда адабиётларда келтирилган механик хусусиятлардан ташқари технологик хусусиятларни ҳам албатта ҳисобга олиш керак.

Кам углеродли легирланган пўлатларда легирловчи элементларнинг умумий миқдори 2—3% атрофида бўлади. Бундай пўлатларнинг механик хоссалари барқарордир; совуқ температурада ҳам яхши ишлайди; қовушоқ ва дарз ҳосил бўлишига мойиллиги кам, зангбардошлилиги ва ишқаланишга қаршилиги ҳам яхши, яхши пайвандланади ва етарли даражада зарбий қовушоқликка эга бўлиб (30 Дж/см<sup>2</sup>), 14—15% металл тежалади.

Лойиҳаланган машинасозлик ва қурилиш иншоотларини қуришда карбонитридли пўлатлардан фойдаланилади. Масалан, кўприк қурилишида М16С пўлатнинг ўрнига 15ХСНД карбонитридли пўлат қўлланганда 21% ёки 12Г2СМФ пўлат қўлланилганда 44% га яқин металл тежалади.

Кўприк ва йирик машинасозлик иншоотларини қуришда, уларнинг асосий қисмларида 16Г2АФ, 12Г2СМФ, 12ГН2МФАЮ пўлатлар температура остида ишланган ҳолда қўлланилса, иншоот мустаҳкам ва барқарор бўлади.

Кўп соҳада оддий сифатли, камуглеродли пўлатлар ўрнига кам легирланган, температурага чидамли пўлатлар ишлатилса, юқори самарага эришилади. Масалан, машинасозлик саноатидаги йирик иншоотларда, катта ҳажмдаги идишлар (резервуарлар) ёки домна печларининг ғилофларига СтЗсп оддий сифатли пўлат ўрнига иссикбардош кам легирланган 16Г2АФ ёки 09Г2С пўлатлар қўлланилса, биринчи ҳолда 37,7%, иккинчи ҳолда 28,1% металл тежалади.

Майда доначали фазалар (карбонитридлар) пўлат тузилишида (структурасида) бир текис жойлашган бўлиб, ташқи таъсир натижасида ҳосил бўладиган дислокацияни кўчишига халақит беради. Дислокация ана шу тўсиқлардан эгилиб ўтиши керак ёки ана шу майда доначалар орасида йиғилиб, наклёп ҳосил қилади. Шунинг учун ана шундай карбонитридларни ҳисобга ҳосил бўлаётган наклёп металлнинг мустаҳкамлигини 15—25% оширишга олиб келади.

Шундай қилиб, яхши хоссаларга эга бўлиш учун доначаларни майдалаш керак, бу эса ўз навбатида легирловчи элементларнинг тури ва миқдорини тўғри танлашга боғлиқ. Фазалар-

нинг қаттиқ эритмага ўтиш температуралари ҳар хил бўлган карбид ва нитридларни ҳосил қилувчи икки ва ундан ортиқ легирловчи элементлар қўшилганда пухталаниш самарадорлиги катта бўлади. Масалан, 16Г2АФ кам легирланган пўлатда азот элементи бўлганлиги учун унга қўшимча равишда оз миқдорда ( $<0,05\%$ ) алюминий қўшилса, нитрид алюминий ( $AlN$ ) ҳисобига донача майдаланади, демак, мустаҳкамлик ортади.

Пўлатларнинг мустаҳкамлигини ошириш мумкин бўлган тадбирлар ичида доначаларни майдалаш орқали мустаҳкамликни ошириш 30—40% ни ташкил қилади, лекин пўлатларнинг манфий температурадаги мўртлик даражаси бутунлай доначаларнинг майдаланиши билан белгиланади. Пўлатлар манфий температурада, масалан, 0,10—0,15% вольфрам қўшилганда энг катта зарбий қовушоқликка эга бўлади. Юқорида айтганимиздек, бир неча карбид ва нитрид ҳосил қилувчи элементлар қўшилганда, совуқ ҳолда энг яхши зарбий қовушоқликка эришилади.

## 21-б о б. МАТЕРИАЛШУНОСЛИКНИНГ ЭКОЛОГИК МУАММОЛАРИ

Экологик муаммоларни ҳал қилиш масалалари материалшунослик фанининг олдига биосферани қўриқлаш вазифасини қўяди. Ҳозирги пайтда ана шу мақсадга эришиш учун қуйидаги аниқ йўللарни кўрсатиш мумкин.

Ҳар қандай ишлаб чиқариш бир бутун тизимни ташкил қилади десак, ана шу тизимда ишлаб чиқарувчи ҳамда истеъмолчи ўртасида қарама-қаршиликлар мавжуддир. Агар бу икки томон қилишиб ишламаса, демак тизим номувозанатлашади, натижада унинг атроф-муҳит билан муносабати бузилади. Бундай ҳолат вужудга келмаслиги учун ишлаб чиқаришда кам чиқиндилни технологияни жорий этиш зарур бўлади ёки ишлаб чиқариш чиқиндиси шу ишлаб чиқаришнинг ўзида ёки бошқа корхона учун хомашё вазифасини бажариши керак. Бунинг учун тоғ жинсларини қайта ишловчи корхона ёки тайёрлов корхоналарининг маҳсулотлари билан таъминланаётган тайёр маҳсулот ишлаб чиқарувчи корхоналар бир-бирлари билан шундай узвий боғланган бўлишлари керакки, бирининг чиқиндиси иккинчиси учун хомашё вазифасини бажарадиган бўлиши керак, шундагина ташландиқ чиқиндилар камаяди.

Шунинг учун тўла чиқиндисиз технологияга ўтишга ҳаракат қилиш керак. Кундалик амалиётда тайёр маҳсулотни ҳосил қилишда кам чиқинди ҳосил қилишга ёки чиқиндини яна қайта ишлаш мумкин бўлган технологияга эришиш мумкин. Ҳозирги пайтда ўз хизматини бажариб бўлган (эскирган) маҳсулотлардан ҳамда ишлаб чиқариш чиқиндиларини қайта ишлайдиган иккиламчи ишлаб чиқаришлар вужудга келаяпти. Ҳозирги кунда иккиламчи ишлаб чиқаришдаги чиқинди-хомашё саноатда

қўлланилаётган бирламчи хомашёнинг қарийб 20% ини ташкил қилмоқда. Бу соҳада кимёвий ишлаб чиқариш бошқа ишлаб чиқаришлар учун ҳам ўрнатқ бўлмоқда. Масалан, одатдаги оловли металлургия жараянлар ўрнига сув металлургиясини (гидрометаллургияни) қўллаш усули билан кимёвий реагентларнинг савли эритмаларидан металларни ажратиб олиш мумкин. Рух ишлаб чиқаришда табиий концентратлар (хомашё)нинг таркибида олтингугурт миқдори кўп бўлганлиги учун йўл-йўлакай ундан олтингугурт кислотасини ажратиб олиш ташкил қилинган. Фосфор ўғитини ишлаб чиқаришда эса фосфогипс чиқинди бўлиб, ундан табиий хомашё билан биргаликда портландцемент ва гипс материаллари ишлаб чиқарилади. Баъзи чиқиндилар учун, масалан, тўқимачилик саноати чиқиндилари машинасозлик материалларини ишлаб чиқаришда ишлатилса ҳам, бундай технология ҳали такомиллаштирилмаган.

Ишлаб чиқаришда борган сари камбағал таркибли рудаларни (табиий хомашёни) ишлатишга тўғри келаяпти. Шунинг учун ҳам руда чиқиндисини камайтириш ҳақида ўйланмаяпти, лекин ҳамма соҳада кам чиқиндилар ёки чиқиндисиз технологияни ҳам ишлаб чиқаришда жорий қилишнинг илмий-техникавий асослари бор.

Асрлар давомида қўллаб келинаётган индустриянинг етакчи тармоғи бўлган қора металлургия саноатида экологик муаммоларни ҳал қилишнинг янги ишлаб чиқариш услуби жорий қилинмоқда. Масалан, кўп вақт ва энергияни ҳамда қўшимча материалларни талаб қиладиган қора металларни ишлаб чиқаришнинг домна печи жараяни ўрнига, водород ёки табиий газлар ёрдамида темир рудаси концентратларидан тўғридан-тўғри темир олинмоқда. Сувни кўп ишлатадиган корхоналарда уни бир марта ишлатмасдан, сув тозалатгичларда тозалаб, қайтадан ишлатиш жорий этилган. Бу эса экологик хавфсизликни таъминлайди. Бошқа материалларни ҳам ишлаб чиқаришда иккиламчи қайта ишлаш технологиясини ҳам ишлаб чиқиш керак.

Ҳар қандай технология жараян имкониятларидан назарий жиҳатдан 100% фойдаланиш мумкин эмас, лекин унинг самардорлигини оширишга эришиш мумкин. Кўп ҳолларда «Экологик тоза» технология фақат биосфера ёки табиатга таъсир нуқтаи назаридан қаралади, аслида эса ифлосларнинг асосий қисми ёки барчаси технологик жараян бажарилаётган корхонада қолади. Шунинг учун кам чиқиндилар технология биосферани антропоген ифлосланишдан муҳофаза қилишнинг кенг восита усули деб бўлмайди. Мақсадга тўлароқ эришиш учун ишлаб чиқариш маҳсулотига сарф қилинаётган энергия ҳамда материал ҳажминини камайтириш зарур, маҳсулот таъминотини онгли равишда бошқариш ва ишлаб чиқаришни маълум миқдорда чегаралаш ҳамда чиқиндиларни парчаланшининг зарар келтирмайдиган усулларини танлаш даркор.

1. Лахтин Б. М., Леонтьева В. А. Металловедение — М.; Машиностроение, 1990—528 с.
2. Материаловедение — Под ред. Б. И. Арзамасова — М.: Машиностроение, 1986—384 с.
3. Материалы будущего — пер. с нем. Под ред. А. Неймана.— Л.: Химия, 1985—240 с.
4. Металловедение и термическая обработка стали (справочник) — I—III т — М.: Металлургия, 1983—1130 с.
5. Металлополимерные материалы и изделия — под ред. В. А. Белого.— М.: Химия, 1979—312 с.
6. Мирбобоев В. А. Конструкция материаллар технологияси — Т.: Ўқитувчи, 1991—408 с.
7. Носиров И., Гуляметдинов С. З. Полимер қопламалар ва уларнинг қўлланилиши — Т.: Фан, 1975—60-бет.
8. Пинчук А. С., Струк В. А., Мышкин Н. К., Свириденко А. И. Металловедение и конструкционные материалы — Мн.: Высшая школа, 1989—461 с.
9. Тонкая техническая керамика — пер. с япон. Под ред Х. Янагида — М.: Металлургия, 1985—279 с.
10. Тўрахонов А. С. Металлшунослик ва термик ишлаш — Т.: Ўқитувчи, 1968 й.

## МУНДАРИЖА

Сўз боши	1
<b>1- боб. Материалшунослик асослари</b>	<b>4</b>
1. Материал ҳақида тушунча	4
2. Материалшунослик фани	4
3. Материалшунослик фанининг ривожланиш тарихидан маълумот	6
4. Материалшуносликдаги муаммолар	9
<b>2- боб. Материалларнинг таркиби ва тузилиши</b>	<b>12</b>
1. Металл боғланиш	13
2. Металларнинг кристалл тузилиши ва хоссалари	13
3. Кристаллардаги нуқсонлар ва уларни аниқлаш усуллари	21
4. Кристалл жисм атомлари диффузияси	27
<b>3- боб. Материалларнинг хоссалари</b>	<b>29</b>
1. Материалларнинг механик хоссалари	29
2. Материалнинг коррозияга чидамлилиги	38
3. Материалларнинг электр ва магнит хоссалари	42
4. Материалларнинг технологик хоссалари	47
<b>4- боб. Металл асосидаги қотишмалардаги фаза ўзгаришлари</b>	<b>48</b>
1. Металл қотишмалари фазалари	49
2. Мувозанат ҳолатидаги фазалар	55
3. Температура таъсиридаги структура ўзгаришлари	58
4. Компонентлари бир-бирида чексиз эрийдиган системаларнинг ҳолат диаграммалари	
5. Компонентлари ўзаро чегарали эрийдиган системаларнинг ҳолат диаграммалари	61
6. Полиморф ва эвтектонд ўзгаришли қотишмаларнинг ҳолат диаграммалари	65
7. Кимёвий бирикма ҳосил қиладиган қотишмаларнинг ҳолат диаграммалари	68
8. Уч компонентли ҳолат диаграммалари	70
<b>5- боб. Пластик деформациянинг механик хоссаларга таъсири</b>	<b>71</b>
1. Металл қотишмалари деформацияси	72
2. Пластик деформация	74
3. Деформация натижасида мустаҳкамликнинг ошиши ҳамда металл ва қотишмаларнинг емирилиши	77
4. Металл ва қотишмаларнинг конструкцион мустаҳкамлигини ошириш усуллари	79
<b>6- боб. Деформацияланган металл ва қотишмаларнинг қайта кристалланиши</b>	<b>83</b>
1. Қайтиш ҳамда қайта кристалланиш	84

2. Қайта кристалланган кристалл структураси	86
3. Совуқ ва иссиқ ҳолда деформациялаш	88
7- боб. Темир ва унинг қотишмалари	90
1. Темирнинг хоссалари	91
2. Темир-углерод қотишмалари	94
3. Темир — углерод ҳолат диаграммаси ;	96
4. Углерод ва доимий қўшимчаларнинг қотишма хоссаларига таъсири	104
5. Легирлашнинг қотишма хоссаларига таъсири	107
8- боб. Металл қотишмаларига термик ишлов бериш	110
1. Перлитнинг аустенитга парчаланиши	112
2. Ўтасовитилган аустенитнинг изотермик парчаланиши	114
3. Перлитнинг ҳосил бўлиши	115
4. Мартенситнинг ҳосил бўлиши	117
5. Бейцитнинг ҳосил бўлиши	120
6. Мартенситни қайта қиздиришда рўй берадиган ўзгаришлар	120
7. Термик ишлов беришнинг пўлат хоссаларига таъсири	122
9- боб. Соф термик ишлаш технологияси	123
1. Юмшатиш ва нормаллаш	124
2. Пўлатларни тоблаш	127
3. Пўлатлар юзасини тоблаш	131
4. Пўлатларни бўшатиш ва уларга совуқтайин ишлов бериш	132
5. Машинасозлик чўянларига термик ишлов бериш	133
6. Пўлатларга термомеханик ва механотермик ишлов бериш	134
10- боб. Пўлатларга кимёвий-термик ишлов бериш	135
1. Пўлат юзасини углеродга бойитиш	136
2. Пўлат юзасини азот билан бойитиш	118
3. Пўлат юзасини азот ва углеродга бойитиш	141
4. Юзани диффузион тўйинтириш	142
5. Термик ишлов бериш жиҳозлари	144
11- боб. Конструкцион пўлат ва қотишмалар	147
1. Конструкцион пўлатлар синфи	147
2. Углеродли конструкцион пўлатлар	150
3. Цементацияланадиган конструкцион кам легирланган пўлатлар	151
4. Эскирадиган пўлатлар	154
5. Ишқаланишдаги емирилишга қаршилиги катта бўлган конструкцион пўлатлар	156
6. Зангбардош ва юқори температурага чидамли пўлат ва қотишмалар	157
12- боб. Чўянлар	159
1. Оқ ва кулранг чўянлар	160
2. Юқори мустаҳкамликка эга бўлган чўянлар	162
3. Болғаланувчан чўянлар	163
4. Махсус легирланган чўянлар	164
13- боб. Асбобсозлик пўлатлари ва қаттиқ қотишмалар	165
1. Асбобсозлик пўлатлари	166
2. Ўлчов асбоблари пўлатлари	168
3. Штамп пўлатлари	169
4. Асбобсозлик қаттиқ қотишмалари	170
14- боб. Махсус физик хусусиятли қотишмалар	172
1. Электр ўтказувчи турлича бўлган материаллар	172

2. Магнит материаллари ва парамагнитлар . . . . .	17
3. Аввалги шаклга қайтиш хусусиятига эга материаллар	175
4. Юқори электр қаршиликка эга бўлган материаллар . . . . .	177
5. Кенгайишнинг температура коэффициенти турғун бўлган қотишмалар . . . . .	
6. Эластик хусусиятли пўлат ва қотишмалар . . . . .	1
<b>15- боб. Аллюминий ва унинг асосидаги қотишмалар</b>	<b>18</b>
1. Тоza аллюминий ва унинг техникада ишлатилиши . . . . .	18
2. Аллюминий қотишмалари . . . . .	181
3. Деформацияланадиган аллюминий қотишмалари . . . . .	184
4. Куйма аллюминий қотишмалари . . . . .	185
5. Аллюминий кукуни қотишмалари . . . . .	186
<b>16- боб. Мис ва унинг қотишмалари</b>	<b>188</b>
1. Мис ва мис қотишмалари . . . . .	188
2. Латунлар ва уларнинг хоссалари . . . . .	190
3. Бронзалар . . . . .	193
<b>17- боб. Қийин эрийдиган, мустаҳкам ва антифрикцион қотишмалар</b>	<b>195</b>
1. Қийин суюқланадиган металл ва қотишмалар . . . . .	195
2. Титан ва унинг қотишмалари . . . . .	197
3. Магний ва унинг қотишмалари . . . . .	198
4. Қалай, қўрғошин ва цинк асосидаги антифрикцион қотишмалар . . . . .	200
<b>18- боб. Металл бўлмаган конструкцион материаллар</b>	<b>201</b>
1. Полимерлар ва уларнинг турлари . . . . .	201
2. Конструкцион полимерлар . . . . .	207
3. Гезилалар . . . . .	209
4. Шншалар . . . . .	211
5. Сопол материаллар . . . . .	213
<b>19- боб. Композицион материаллар</b>	<b>215</b>
1. Композицион материалларни яратиш усуллари . . . . .	216
2. Полимер асосидаги композицион материаллар . . . . .	218
3. Металл асосидаги композицион материаллар . . . . .	219
<b>20- боб. Материал танлаш асослари</b>	<b>221</b>
1. Цементацияланадиган ва нитроцементацияланадиган пўлатларни танлаш . . . . .	221
2. Юқори ўзгарувчан ток билан қиздиришга мўлжалланган пўлатлар . . . . .	222
3. Конструкцион яхшиланадиган пўлатларни танлаш . . . . .	222
4. Пружина ва рессорлар учун пўлатларни танлаш . . . . .	223
5. Совуқлайин штамплаб буюм олишга пўлатларни танлаш . . . . .	224
6. Қуйиш усули билан буюмлар тайёрлашга пўлатларни танлаш . . . . .	225
<b>21- боб. Материалшуносликнинг экологик муаммолари</b>	<b>227</b>
Фойдаланилган адабиётлар . . . . .	230