

**G. Iljanow**

# **MATERIALLARY ÖWRENİŞ**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

*Türkmenistanyň Bilim ministrligi  
tarapyndan hödürlenildi*

**Aşgabat  
“Ylym” neşirýaty  
2013**

**Iljanow G.**

I 33      **Materiallary öwreniş.** Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby. – A.: Ylym, 2013. – 192 sah.

Türkmenistanyň şertlerinde materiallary öwrenmek barada Hormatly Prezidentimiziň oba hojalygyny mehanizasiýasyny ösdürmekde öňde goýan wezipelerini üstünlikli durmuşa geçirmekde bu kitabyň ähmiýeti uludyr.

Kitapda materiallary öwrenmegiň ylmy esaslary, metallary saýlap almagyň tärleri, Hormatly Prezidentimiziň alyp berýän täze oba hojalyk tehnikalaryny ýerli şertlerde amatly we aýawly ulanmagyň ýollary giňişleýin beýan edilýär. Onda materiallary öwrenmek barada ylmyň we öňdebaryjy tejribäniň gazananlaryndan peýdalanyldy.

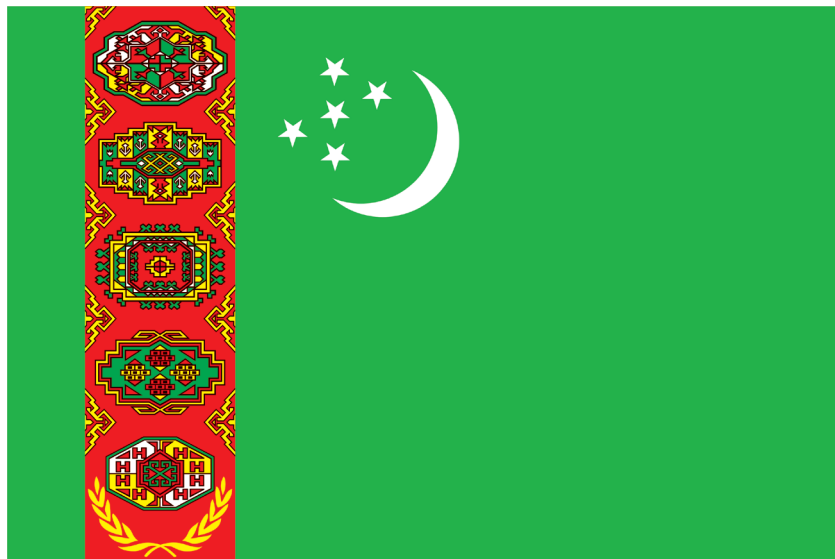
Kitap oba hojalygyny mehanizmleşdirmek ugry boýunça bu ugurda işleýän hünärmenler, maşyngurluşykçylar we bilim alýan talyplar üçin niýetlenen bolup, ondan degişli orta hünär okuw mekdepleriniň talyplary hem okuw gollanmasy hökmünde peýdalanyň bilerler.

**TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI**  
**GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW**





**TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET TUGRASY**



**TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY**

## **TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET SENASY**

Janym gurban saňa, erkana ýurdum,  
Mert pederleň ruhy bardyr köňülde.  
Bitarap, garaşsyz topragyň nurdur,  
Baýdagyň belentdir dünýäň önünde.

*Gaýtalama:*

Halkyň guran Baky beýik binasy,  
Berkarar döwletim, jigerim-janym.  
Başlaryň täji sen, diller senasy,  
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

Gardaşdyr tireler, amandyr iller,  
Owal-ahyr birdir biziň ganymyz.  
Harasatlar almaz, syndyrmaz siller,  
Nesiller döş gerip gorar şanymyz.

*Gaýtalama:*

Halkyň guran Baky beýik binasy,  
Berkarar döwletim, jigerim-janym.  
Başlaryň täji sen, diller senasy,  
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

## GIRIŞ

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow 2007-nji ýylyň iýun aýynyň 12-sine Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetinde Türkmenistanyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisini geçirdi.

Hormatly Prezidentimiz şol mejlisdäki çykyşynda türkmen ylmy-ny ösdürmegiň esasy ugurlary barada anyk maksatlary öňde goýdy..

Hormatly Prezidentimiz milli ylmy ösdürmek maksady bilen, Türkmenistanyň Prezidentiniň ýanyndaky Geňeşiň düzüminde Türkmenistanyň Ylm we tehnika gaznasyny, şeýle hem ýokary Geňeşiň garamagynda Türkmenistanyň Ýokary hünär synagy komitetini döretmegiň, ýokary okuw mekdeplerinde we ylmy edaralaryň ýanynda aspiranturalary hem-de doktoranturalary açmagyň zerurlygyny belläp geçdi.

“Türkmenistanda ylmyň we tehnikanyň esasy ugurlaryny ösdürmegiň maksatnamalaryny işläp taýýarlamak we durmuşa geçirmek, olaryň bilim ugurlary we önümçilik bilen özara ýakyn arabaglanyşygyny üpjün etmek, ýokary hünärli ylmy işgärleri taýýarlamak, täze maglumatlar infrastrukturalaryny döretmek - bularyň hemmesi gaýra goýulman çözülmegini talap edýän meseleleriň bir bölegidir” diýip, Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow sözünü jemläp aýtdy.

XX Halk Maslahatynda Türkmenistanyň oba hojalygynda önümçilik-ykdysady gatnaşyklary ösdürmegiň we onuň kanunçylyk esaslaryny kämilleşdirmegiň hem-de halkymyzyň hal-ýagdaýyny has-da gowulandyrmagyň meseleleri işjen ara alnyp maslahatlaşyldy. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýolbaşçylygynda oba senagat toplumynyň pudagyny ösdürmegiň ýörel-

geleri işlenip düzüldi. Iň esasy zat bolsa daýhany höweslendirmek boýunça möhüm kararlara gelindi we bu ugurda öňde durýan meseleleriň çözgütleri aýdyň beýan edildi.

Aşgabat-Garagum-Daşoguz ýolunyň ugrunda Ahal welaýatynyň Ruhabat etrabyynyň Owadandepi bekediniň ýakynyndaky türkmen metal önümlerini çykaryp başlamak ilkinji türkmen Metallurgiýa (demir önümleri) zawodynda Hormatly Prezidentimiziň öz tagallasy esasynda Diýarymyzy jenneti mekana öwürmek üçin örän uly işler meýilleşdirilip, gurluşyklaryň metal önümleri bilen üpjünçiligi ýerli kärhanamyzyň öndürjek dünýä üňlülerine laýyk gelýän önümleriniň hasabyna amala aşyrylar. Bu bolsa, elbetde, şeýle zerur önümlere bolan islegiň bökdençsiz kanagatlandyrylmagyny yurdumyzda bar bolan metal bölekleriniň tygşytly ulanylmagyny ýola goýýar. Daşary ýurtlarda bu önümleri satyn almak üçin sarp edilýän gyzyl puly tygşytlamaga kömek eder. Gurluşyklaryň özüne düşýän gymmatynyň ep-esli peseljekdigi hem, elbetde, öz-özünden bellidir.

Zawodyň esasy önümçilik bölümünde armatur bölümüniň gurnama işleri ýola goýlan.

Bu önümçilik bölümünde bir wagtyň özünde 1600 dereje gyzgynlykda 25 tonna metal böleklerini eretmek üçin niýetlenen iň häzirki zaman üç elektrodly elektrodugaly peç oturdylyan. Ol her ýylda 130 müň tonna metal çykarmaga mümkinçilik berer, 8-likden 32-lik belgä çenli armaturlaryň her ýylda 100 müň tonnasy çykarylar, şeýle-de 8 görnüşli deň tekjeli burçly polat şwellerleri çykarylar. “Türkmen-demirçigmal” kärhanasy kuwwatly zawody çig mal bilen üpjün eder. Ähli welaýatlarymyzdan metal bölekleri ýygnaýyp, bu ýere getirilýär we täzeden işlenilip bejerilýär.

2009-njy ýylyň 6-njy martynda Türkmenabatda Türkmenistanyň ýaşullarynyň maslahatynda Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow: “Türkmenistany durmuş-ykdysady taýdan ösdürmegiň möhüm meseleleri, ilkinji nobatda, oba hojalygyndaky düýpli özgertmeleri ilerletmek meselesini girizdi. Ýurdumyzyň mundan beýläk hem ösmegi, türkmen halkynyň abadançylygy şu meseleleriň çözülmegine gönüden-göni baglygyr” diýip belledi.

Oba hojalyk önümleriniň öndürilişiniň möçberlerini artdyrmak üçin ýerleriň mesligini we oba hojalyk ekinleriniň hasyllylygyny



ýokarlandyrmaga, şol sanda sowatly ekin dolanyşygyny, naýbaşy tohumlary we biotehnologiýalary ulanmagyň, welaýatlaryň howa ýagdaýy boýunça ýöriteleşdirilmeginiň hasabyna ýokarlandyrmaga aýratyn üns beriljekdigini, oba hojalyk senagatynyň ygtybarly himiýa binýadyny döretmegiň, ýerleriň melioratiw ýagdaýyny gowulandyrmagyň, suwdan netijeli peýdalanmagyň, damjalaýyn suwaryşy we suwy tygşytlaýan beýleki tehnologiýalary ornaşdyrmagyň hem zerurdygyny Hormatly Prezidentimiz belläp geçdi.

2009-njy ýylyň 12-nji iýunynda Ýurtbaştutanymyz Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde ykdysadyýetiň innowasion ösüşini mundan beýläk hem çaltlaşdyrmak, ylmy we inženerçilik işini ýokary depginde ösdürmek maksady bilen, hemişelik hereket edýän esasda Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasyny döretmek baradaky Permana gol çekdi hem-de Berkarar döwletiň bagtyýarlyk döwrüne gadam basan häzirki döwrümüzde ylmyň jemgyýetimizň düýpli täzelenişiniň esasyny düzmelidigini, halkymyzyň bähbitlerine gulluk etmelidigini, bu wezipäniň ylmyň belent borjy we baş maksady bolmalydygyny nygtap aýtdy.

2009-njy ýylyň 15-nji iýulynda Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow Altyn asyr Türkmen kölüniň açylyş dabarasyna üçünji münýýllygyň örän täsin we ajaýyp gidrodesgasy bolan Altyn asyr Türkmen kölüniň birinji tapgyrynyň, zeminiň in uly çölleriniň biri bolan uç-gyraksyz Garagumuň, ümmülmez türkmen sährasynyň, mukaddes topragymyzyň tutuş keşbini, täsin ösümlük we haýwanat dünýäsini düýpgöter özgertjek täze Türkmen kölüniň açylmagy bilen tutuş türkmen halkyny gutlady. Şeýle ägirt desgany doly gurup gutarmak üçin ýokary derejeli, häzirki zaman tehnologiýalaryndan başy çykýan inženerleriň gerekligini nygtap geçdi.

Metallurgiýanyň ösüşi inžener P. P. Anosowyň (1797-1851 ýý.) ady bilen üznüksiz baglanyşyklydyr. Ol ýokary hilli polady eredip almagyň tilsimatyny işläp taýýarlady hem-de metalyň häsiýetiniň onuň kristal gurluşy bilen baglanyşyklydygyny takyklady. Mundan başga-da poladyň düzümini öwrenmek üçin birinji bolup mikroskop ulandy.

Alym-metallurg D.K.Çernow (1839-1921 ýý.) birinji bolup metallar gyzdyrylanda we sowadylanda bolup geçýän hadysalary ylmy taýdan düşündirmek bilen, olary dolandyrmagyň ugurlaryny hem görkezdi.

Rus akademikleri A. A. Baýkow we N. S. Kurnakow metal erginlerine degişlileriň emele gelşiniň täze nazaryýetini hem-de fiziki-himiki barlaglar geçirmegiň usullaryny işläp taýýarladylar.

Gyzgynlyk bilen işläp bejermegiň nazaryýetini we tilsimatyny işläp taýýarlamakda S. S. Şteýnberg (1872-1940 ýý.), N. A. Minkewiç (1883-1942 ýý.) ýaly rus alymlary öz saldamly goşantlaryny goşdular.

Fransiýanyň, Angliýanyň, Germaniýanyň we ABŞ-nyň alymlary hem metallaryň we metal erginleriniň gyzgynlyk bilen işläp bejerilişi bilen baglanyşykly ylmy işleriň durmuşa ornaşdyrylmagy üçin uly goşant goşdular.

Bejeriji kärhanalaryň gurluşyklary, bar bolan bejeriji kärhanalary täzeçe gurmak we tehniki taýdan enjamlaşdyrmak üçin goýulýan maýagoýumlaryň netijeliligi, şonuň ýaly-da oba hojalyk tehnikalaryna edilýän tehniki hyzmatlaryň hem-de bejerişleriň özüne düşýän gymmaty we hili wajyp mesele bolup durýar. Olar bejeriş-hyzmat ediş işleriniň kärhanalaryň arasynda dogry paýlanylyşyna, bejeriji kärhanalaryň düzümine we önümçilik kuwwatlylyklaryna, bileleşip işleýişlerine, enjamlaşdyrylyşyna hem-de olarda önümçiligiň guralyşyna baglydyr. Bu meseleler diplom we ýyllyk taslamalarynyň mowzuklarynyň esasydyr.

Ýokary okuw mekdeplerinde inžener-mehanikleri, inžener tehnologlary we melioratiw işleri mehanizmleşdirmek boýunça hünärmenleri taýýarlamakda, olaryň ýokary hilli, häzirki zaman tehnikalaryna erk etmeginde, önümçilikde metallar gaýtadan işlenilende olaryň içki gurluşlaryny, gyzgynlyk bilen işlenilişini özleşdirmekde, oba hojalyk tehnikalarynyň şaýlaryny ýasamakda we dikeltmekde alan nazaryýet bilimlerini iş ýüzünde özleşdirmeginde şu okuw kitaby uly gollanma bolup hyzmat eder.

## I BAP

### METALLAR HAKYNDÄ UMUMY MAGLUMATLAR

#### 1.1. Metallaryň toparlara bölünişi

Maşynlaryň, mehanizmleriň we abzallaryň detallary ýasalýan metallar **gurnaw** ýa-da **maşyn gurluşyk metallary** diýlip atlandyrylýar. Ähli metallary we metal erginlerini *gara we reňkli metallara* bölýärler.

**Gara metallara** demir we onuň esasyndaky eredilip bolunýanlar (çoýunlar we polatlar) girýär, galanlary bolsa **reňkli metallara** degişlidir (*1-nji tablisa*).

Tebigatda mälim bolan ähli elementleri iki topara, ýagny:

- 1) metallara;
- 2) metal dällere bölýärler.

**Metallar** mahsus bolan ýalpyldawuk, gowy elektrik-ýylylyk geçirijilikli we ş.m. häsiýetlere eýedirler Muňa, ozaly bilen, demri, misi, alýuminini we başgalary degişli etmek gerek.

Metalloidler diýlip atlandyrylýan **metal däller** mahsus bolan metal häsiýetlerine eýe däldirler. Olara kükürt, fosfor we başgalar degişlidir.

Metal elementler tebigatda bar bolan ähli elementleriň tas  $\frac{3}{4}$ -ni düzýärler, ýöne olaryň hemmesi tehnikada giňden ulanylmaýar. Olaryň käbirleri örän seýrek duş gelýärler, özi-de adatdan daşary gymmatdyr. Bular gymmatbahaly (altyn, kümüş, platina) we seýrek (berilliy, wanadiý, uran) metallardyr (*2-nji tablisa*).

Köp metallaryň ulanylmaga ýaramlylygy pesdir, çünki olar gaty döwlegendirler we gatydyrlar (hrom, marganes, surma we başgalar), munuň özi olaryň mehaniki hem-de basyş bilen işlenip taýýarlanyl-magyny kynlaşdyrýar. Olar diňe beýleki metallara ýörite goşundylar hökmünde peýdalanylýarlar.

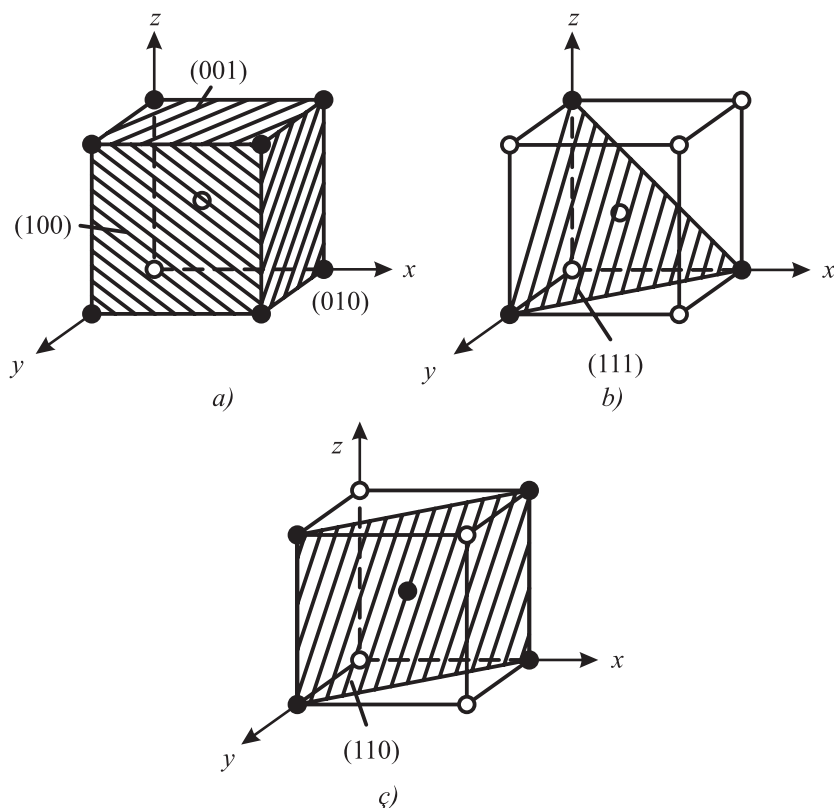






**Utgaşdyryjy san** diýlip bu atomdan deň we has ýakyn aralykda ýerleşýän goňşy atomlaryň sanyna düşünilýär. Ol atomlaryň özara aragatnaşygyny häsiýetlendirýär. Eger  $A$  binýatlaýyn atomy saýlasak (1.2-nji surat), onda bu ýaçeýkada deň we ondan has ýakyn aralykda 1, 2 we 3 atomlar bolar. Gurşap alýan ýönekeý ýaçeýkalarda simmetrik ýerleşen atomyň ýene 3-si, 4-si, 5-si we 6-sy bolup biler. Diýmek, ýönekeý kub gözenek üçin utgaşdyryjy san 6-a deň bolar. Ýöne gözenegiň bu ýönekeý görnüşini metallara degişli däl.

Möçberli merkezleşdirilen kub (**MMK**) üçin utgaşdyryjy san 8-e deňdir, gabyň dykzyzlygy 2-ä deňdir. Gran merkezleşdirilen kub (**GMK**) gözenek üçin utgaşdyryjy san 12-ä, gabyň dykzyzlygy üçin 4-e, pugta gaplanan geksagonal (**GSG**) üçin hem degişlilikde 12-ä we 6-a deňdir.



**1.3-nji surat. MMK atom tekizlik gözenekleri:**  
*a – kub; b – oktaedr; c – romb dekaedra çenli tekizlikler*

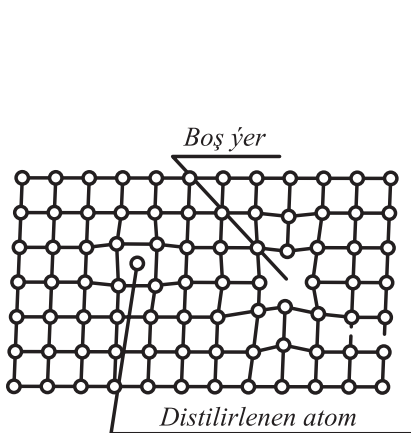
Dürli tekizlikler üçin atomlaryň ýerleşiş dykyzlygynyň birmeňzeş dälidigini nazara almak gerek. Möçber taýdan merkezleşdirilen kub tekizlik gözeneginde (100) (1.3-nji surat) diňe bir atom tekizliginde (110) 2 atom (1 atomy belentliklerde durýan atomlara girizýärler we 1 atomy kubuň merkezinde goýýarlar) ýerleşýär. Şeýlelik bilen, **MMK** atomlaryň has dykyz ýerleşen tekizligi bilen tekizlik bolar (110).

Atomlaryň dürli dykyzlygy zerarly kristalyň köp häsiýetleri (himiki, fiziki, mehaniki) dürli tekizliklerde birmeňzeş dälir. Dürli kristallografik ugurlarda köp kristalyň şu hili birmeňzeş bolmadyk häsiýetlerini **anizotropiýa** diýip atlandyrýarlar.

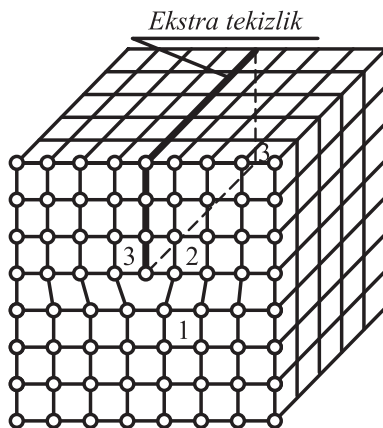
### 1.3. Dürli kristallaryň gurluşy

Elektron mikroskopyň we rentgen seljermesiniň ulanylmagy netijesindeki soňky ýyllardaky barlaglar hakyky kristalyň kristallaşan gurluşynyň köp babatda dogry dälidigini äşgär edýär.

Kristal jynsýň gurluşynyň dogrulygyny bozmagyň häsiýeti we derejesi ep-esli çäkde onuň häsiýetlerini kesgitleýär, şoňa görä-de kämillik derejesine ýetmedik duş gelýän kristal gurluş hakynda, hakyky kristallaryň gurluşy hakynda düşünjäniň bolmagy zerurdyr.



1.4-nji surat. Atomlarda boş ýerleriň döremeginiň çyzygysy



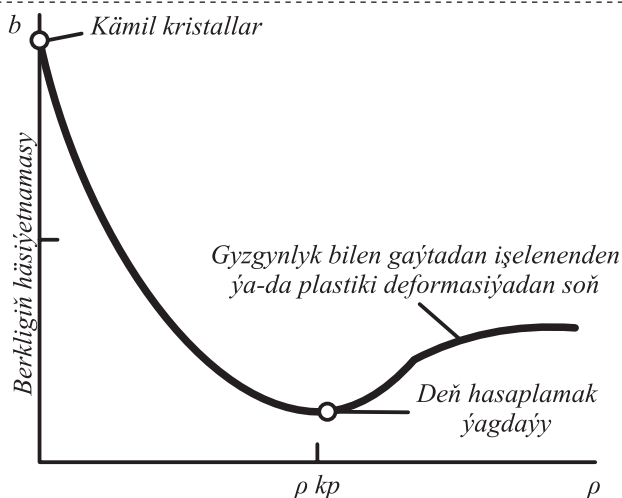
1.5-nji surat. Kristal gözeneklerdäki dislokasiýalar



Kristallaşan gurluşyň kämil bolmazlygynyň görnüşlerinden biri-de kristal gözenegiň uzellerinde eýelenmedik orunlaryň (boş orunlaryň ýa-da atom “deşikleriniň”) bolmagydyr (1.4-nji surat). Gözenegiň bu kemçiligiň metallarda diffuziýa hadysalarynyň bolup geçmeginde möhüm ähmiýeti bardyr.

Kristallik gurluşyň kämil bolmazlygynyň beýleki bir möhüm şerti haýsydyr bir sebäpler boýunça kristal gözenekde **ekstra tekizlik** diýlip atlandyrylýan atomlaryň artykmaç ýarym tekizligi peýda bolanda ýüze çykýan **dislokasiýadyr** (1.5-nji surat). Şeýle tekizligiň 3-3 gyrasy gözenegiň zolak kemçiligini döredýär, ony **zolak dislokasiýasy** diýip atlandyryrlar.

Zolak dislokasiýasy uzynlygyna gözenegiň ýüzlerçe we münlerçe parametrlerine uzalyp biler, göni bolup biler, taraplara eplenip biler. Dislokasiýanyň töwereginde gözenegiň döwlegenlik ýoýulmasynyň giňişligi ýüze çykýar. Şu zerarly dislokasiýalar aralyk ýerleşmeden saga ýa-da çepi ýeňillik bilen ýerini üýtgedip bilerler we öz 3 gyraky atomlarynyň 1 atomlary bilen aragatnaşygy ýola goýup bilerler. Goňşy atom bolsa sag ýa-da çep ýarym tekizlikde ekstra tekizligine öwrülip we gyraky 2 atomlaryň uzaboýuna dislokasiýany döredensoň aralyk ýagdaýa geçip biler. Şeýlelik bilen, dislokasiýa ekstra tekizlige perpendikulýar ýerleşen käbir tekizligiň uzaboýuna berip biler (typançak tekizligi).



1.6-njy surat. Kristal gurluşyň kämil bolmazlyk derejesinden metallaryň we metal eginleriniň pugtalyk derejesine çenli bolan baglylyk çyzygysy

Arassa metallarda 1 sm kub düşünjeleri we tejribe maglumatlary I.A.Odenge kristal gurluşyň kämil bolmazlyk derejesinden metallaryň we eremeleriň pugtalygyna çenli baglylyk çyzgysyny bellemäge mümkinçilik berdi (1.6-njy surat).

Material öwrenişiniň köp meseleleri dislokasiýanyň nazaryýeti bilen aýrylmaz baglanyşyklydyr. Ol metallaryň pugtalygynyň ýapyk ätiýaçlyklaryny durmuşa geçirmeginiň ýollaryny salgy berýär. Olar kristal gözenekde atomara aragatnaşyklaryň güýçlerini has doly peýdalanmakdan ybaratdyr.

## 1.4. Eretmek we ilkinji kristallaşma

Belli bir temperatura çenli ähli metallar gaty ýagdaýda durýar. Kristal gözenegi düzyň atomlar hemişe 10–13 gs ýyglylyk bilen üýtgeýän hereketi amala aşyrýarlar. Temperaturanyň ýokarlanmagy bilen üýtgemek amplitudasy artýar we pugta kesgitlenen temperatura ýetende (eremek temperaturasy) kristallaşan gözenek weýran bolýar. Şunda atomlar ýerlerini tertipsiz ýagdaýda üýtgedip başlaýarlar. Şeýdip metal gaty ýagdaýdan suwuk ýagdaýa geçýär. Amorf (psewogaty) jisimleriň gaty ýagdaýdan suwuk ýagdaýa anyk kesgitlenen geçiş temperaturasy ýokdur.

Ähli jisimler dört agregat ýagdaýynda, ýagny

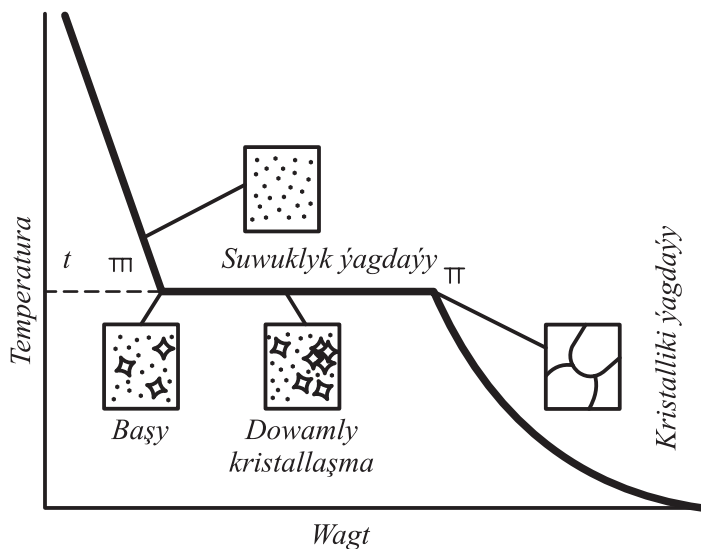
1. Gaty;
2. Suwuk;
3. Gaz şekilli;
4. Ereýän ýagdaýynda bolup bilerler.

Bir agregat ýagdaýdan beýleki agregat ýagdaýlaryna geçişleri **faza özgertmeleri** diýip atlandyryýarlar.

**Kristallaşma** – munuň özi gaz şekilli ýagdaýdan gaty ýagdaýa geçilende kristallaryň emele gelmegidir. Kristallaryň görnüşi, möçberleri we özara ýerleşiş metallaryň we metal erginleriniň ähli häsiýetlerini kesgitleýärler.

$T$  temperaturada  $M$  nokatda suwuk metal haýal sowadylanda kristallaşmanyň ilkinji merkezleri döreýär (1.7-nji surat). Ýylylygy sowmagyň çägi boýunça merkezleriň sany artýar, oň dörän kristallar

öşýär. Häzire çenli tutuş suwuk metal gatamaýar ( $N$  nokady), temperatura hemişelik bolup galýar. Bu hadysa kristallaşmanyň ýapyk ýylylygynyň çykmagy bilen utgaşýar, şoňa görä-de gyşyk sowamakda gozizontal meýdança döreýär. Ol hemişelik temperaturada gaty haldan suwuk hala geçilýändigini görkezýär. Kristallaşma tamamlanandan soň temperatura haýallyk bilen aşaklaýar.



1.7-nji surat. Metallary sowatmanyň egri çyzygy

Metalyň suwuk ýagdaýdan gaty ýagdaýa geçýän temperatura-syny **ilkinji kristallaşmanyň temperaturasy** diýip atlandyrýarlar. Ilkinji kristallaşmadan başga ikinji kristallaşmada gaty ýagdaýdaky metallaryň kristal gurluşynyň üýtgemegi mümkindir.

Ýylylyk çalt gidende käbir metallar kähalatlarda ilkinji kristallaşmanyň serhetlerinden pes temperaturada suwuk halda bolýarlar. Hadysany şu aşakdaky ýaly düşündirýärler. Ýylylygyň çalt gitmegi netijesinde birnäçe kristallaşma merkezleri döreýär we olaryň ýokary derejeli ösüşi bolup geçýär. Munuň özi käwagt metalyň suwuk ýagdaýynda-da hatda onuň temperaturasyny ýokarlandyrmaga ukyply ýylylygyň ep-esli mukdarynyň bölünip çykmagyna hem getirýär.

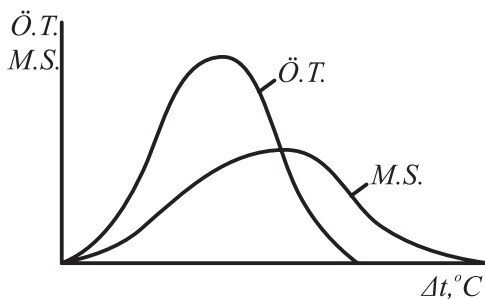
Kristallaşmanyň nazaryýeti boýunça  $t_{\tau}$  we hakyky  $t_{\phi}$  temperaturalarynyň arasyndaky tapawudy ( $\Delta t = t_{\tau} - t_{\phi}$ ) **aşa sowatmagyň derejesi** diýip atlandyrylarlar.

D.K.Çernow kristallaşma hadysasyny, eger kristallaşmanyň merkezleriniň döreyiş tizligi we kristallaryň ösüş tizligi mälim bolsa, mukdar taýdan kesgitläp boljakdygyny belledi.

**Döremek tizligi** – wagt birliginde, möçber birliginde ýüze çykýan kristallaşmanyň merkezleriniň sany (**MS**).

**Ösüş tizligi (ÖT)** – kristalyň gyraňlarynyň zolak möçberleriniň wagt birliginde artmagy.

G.Tamman aşsowatmak derejesiniň ýokarlanmagy bilen kristallaşma merkezleriniň sanynyň we kristallaryň ösüş tizliginiň artýandygyny, maksimuma ýetýändigini, soňra bolsa nula çenli aşaklaýandygyny belledi (1.8-nji surat).



1.8-nji surat. Aşsowatmak derejesindäki kristal merkezleriniň sanynyň we kristallaryň ösüş tizliginiň çyzgysy

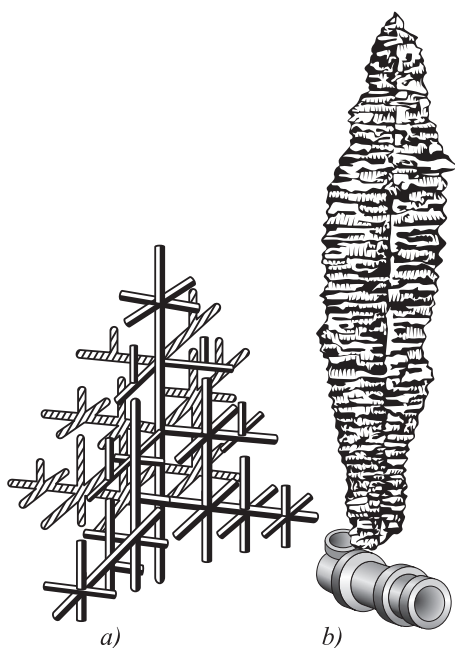
## 1.5. Metal guýmanyň gurluşy

Metal gatan ýagdaýynda döreyän kristallar dürli möçberde we görnüşde bolup bilerler. Munuň özi sowatmagyň tizligine, garyndylaryň häsiýetine we mukdaryna baglydyr. Köplenç, şahalary ýaýran agaç görnüşli kristallar döreyär. Olar **dendritler** diýen ady aldylar (1.9-njy surat). Metal gatanda kristallaşma merkezleriniň birine golaýy – ilki başda dendritiň esasy (uzyn) şahasy (birinji tertibiň oky) döreyär. Birinji tertibiň okunyň uzalmagy bilen bir wagtda onuň gapyrgasynda

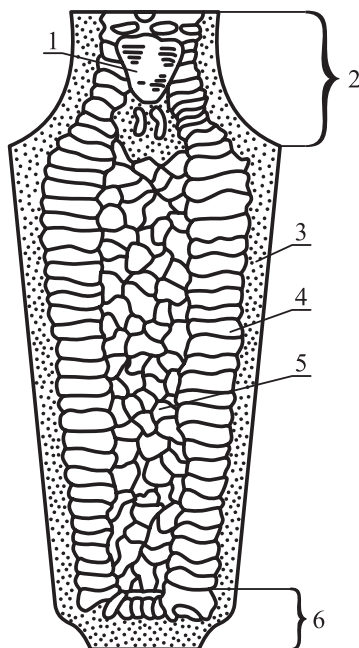
ikinci tertibiň şahalarynyň oňa perpendikulýar ösüşiniň döremegi bolup geçýär, soňkulardan bolsa üçünji tertibiň oklary ösýär we ş.m.

1.9-njy (b) suratda D.K.Çernowyň meşhur dendriti görkezildi. Ol muny poladyň guýmasynyň içerki boşlugynda (rakowinasynda) ýüze çykardy. Kristalyň massasy 3,45 kg, belentligi 30 sm.

Dendrit görnüşdäki kristallary käte häsiýetli relýef görnüşinde guýmanyň gös-göni üstünde ýa-da oturdylan boşlugynyň üstünde suwuk metalyň ýeterlik bolmadyk sowgudynyň ýerlerinde görmek bolýar. Periferiýadan merkeze we aşakdan ýokaryk beýan etmelerde metalyň kristallaşmasyň ugry bilen baglanyşykly, şeýle hem poladyň gatamak şertleriniň üýtgemegi zerarly polat guýmanyň kristal gurluşy birkysmy alynmaýar (1.10-njy surat). Guýmany 3 gurluş zolagyna bölmek bolar. İçinde has çalt sowatmak şertlerinde alynýan ownuk deň oklar, soňra çekilen ok şekilli kristallar we içinde ýene-de deň okly kristallar ýerleşendir. Guýmanyň ýokarky böleginde oturdylan boşluk ýerleşendir. Ýokarky (20–25 uzynlykda) we düýp (5–7% uzynlykda) bölekleri galyndylardyr.



1.9-njy surat. Dendritiň döremek çyzygysy (a) we D.K.Çernowyň meşhur dendriti (b)



1.10-njy surat. Rahat polatla-ryň guýmalarynyň gurluşy

Gaýnaýan poladyň guýmasynyň gurluşy adaty poladyň guýmasynyň gurluşyndan ep-esli tapawutlanýar. Gaýnaýan poladyň guýmasynyň ýokarky böleginde toplanyp oturdylan boşluk ýokdur, ýöne üstünde hem-de çuňlukda ýerleşen köpsanly gaz köpürjikleri bardyr. Gaýnaýan poladyň guýmalary üçin garyndylar paýlanylanda has aňladylan birmeňzeş bolmazlyk we olaryň has ýokary mazmuny häsiýetlidir.

Polat guýmalar käbir kemçiliklere, ýagny boşluklara (oturdylan we gaz), oturdylan portluga we gaz köpürjiklerine, garyndylara (uglerod, kükürt, fosfor we gazlar paýlanan ýagdaýyndaky birmeňzeşligiň bolmazlygy, ýagny likwasiýa), kese we uzaboýuna jaýryklara, metal bolmadyk goşulmalaryň ýokarda saklanmagyna (oksidler, sulfidler, silikatlar) we zyýanly gazlara (wodorod, azot, kislorod) sezewar edildi.

## 1.6. Allotropik özgertmeler

Ähli metallar gyzdyrylanda we gaty ýagdaýynda sowadylanda olary **özürtmelere başdan geçirmeyän metallara** (mis, alýuminiý, magniý, gürşun we başgalar) hem-de **allotropik** diýlip atlandyrylýan **özürtmelere sezewar edilýän metallara** (demir, galaýy, titan, kobolt we başgalar) bölmek bolar.

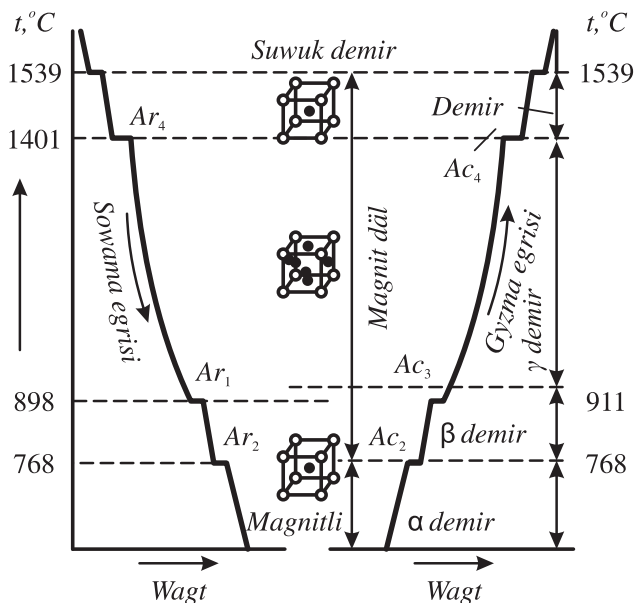
Allotropik özürtmeler netijesinde bir görnüşli gözenege eýe bolan kristal jynsyň atomlary başga görnüşlä geçýärler. Munuň özi başga görnüşli kristallik gözenegi döredýär. Metalyň allotropiki görnüşlerini **modifikasiýalar** diýip atlandyrýarlar we grek elipbiýiniň başlangyç harplary bilen belleýärler ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  we ş.m.). Pes temperaturada durnukly modifikasiýany  $\alpha$  harpy bilen, has ýokary bolanda  $\beta$  harpy bilen, indiki (temperatura şkalasy boýunça) modifikasiýada  $\gamma$ ,  $\delta$  we ş.m. harplar bilen belleýärler.

Metallar üçin allotropiki öwürülmeler mälimdir: ( $\text{Fe}_{\alpha} \dots \text{Fe}_{\gamma}$ ;  $\text{Co}_{\alpha} \dots \text{Co}_{\beta}$ ;  $\text{Ti}_{\alpha} \dots \text{Ti}_{\beta}$ ;  $\text{Mn}_{\alpha} \dots \text{Mn}_{\beta} \dots \text{Mn}_{\gamma} \dots \text{Mn}_{\delta}$ ;  $\text{Sn}_{\alpha} \dots \text{Sn}_{\beta}$ )

Demriň allotropiki özürtmegini gyşyk sowatmak we gyzdyrmak boýunça yzarlamak bolar (*1.11-nji surat*). Gyşyk sowatmakda 1539 °C-de temperaturanyň uly duralgasy demriň suwuk ýagdaýdan gaty ýagdaýa geçmegine laýyk gelýär (ilkinji kristallaşma). Şunda ýylylygyň uly mukdary bölünip çykýar. Emele gelýän kristallar  $\text{Fe}_s a = 2,93 \text{ \AA}$  tarap bilen **MMK-nyň** kristal gözenegine eýedir. Ikinji

- has gysga duralga 1401 °C-de ( $Ar_4$  nokady) syn edýärler. Şunda  $Fe_\delta$   $Fe_\gamma$  geçýär, onuň 3,64  $a$  parametrli GSG-siniň kristal gözenegi bardyr. Üçünji duralga 898 °C-de ( $Ar_1$  nokady) bolup geçýär. Bu ýerde  $Fe_\beta$ -e geçýär. Onuň 2,90  $a$  parametrli **MMK-synyň** kristal gözenegi bardyr. Indiki duralgany 768 °C-de gözegçilik edýärler ( $Ar_2$  nokady). Munuň özi kristal gözenegiň görnüşini üýtgetmezden Fe-e geçişine laýyk gelýär, diňe 2,90-dan 2,8  $A$  çenli parametr azalýar.

Şeýlelik bilen, kristal gözenekleriň dürli görnüşleri bilen demriň iki modifikasiýasy bardyr:  $Fe_{\alpha(\beta, \delta)}$  – **MMK**;  $Fe_\gamma$  – GSG.



1.11-nji surat. Demri gyzdyryp uzaldyş we sowadyş egri çyzygynyň çyzygysy

Sowadylanda bolup geçýän özgertmeler ýylylygyň bölünip çyk-magy bilen utgaşýar, gyzdyrylanda bolup geçýän özgertmeler bolsa ýylylygyň ýuwudylmagy bilen bolup geçýär. Duralgalar, köplenç, gyzdyralandaka garanda has ýokary temperaturalarda bolup geçýär.

Allotropiki özgertmeleriň bolup geçýän temperaturalaryny kri-tiki diýip atlandyýarlar we  $A$  harpy bilen belleýärler (arret fransuz dilinden terjime edilende – *duralga*). Eger özgerme gyzdyrylanda bo-lup geçse, onda  $s$  indeksini (choffage – *gyzdyrmak*), sowadylanda  $r$  (refroidissement – *sowatmak*) indeksini goşýarlar.

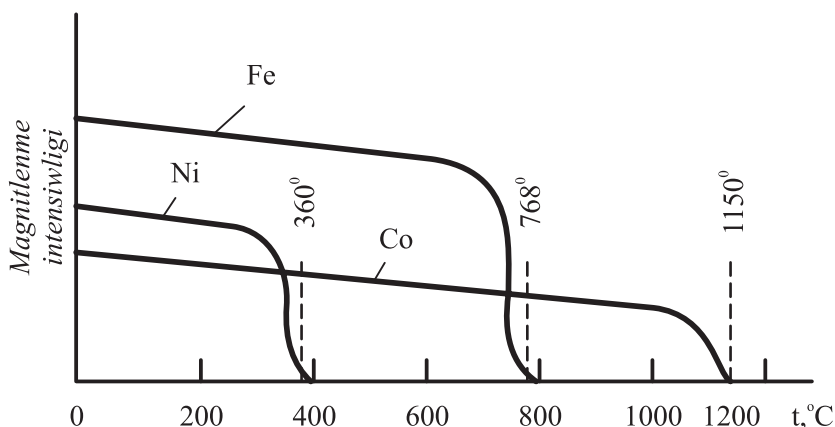
## 1.7. Magnit özgertmeleri

Magnit (ferromagnit) häsiýetlerine eýe bolan metal erginlerinde allotropiki özgertmeler bilen bir hatarda magnit özgertmeleri hem duş gelyär. Olar ferromagnit metalynyň ýa-da metal ergininiň käbir temperaturada gowşak magnitli (“magnitizmi ýitirýär”) bolýandygyndan ybaratdyr. Öň şeýle özgertmäni olaryň ýüze çykyşynyň meňzeşligi zerarly allotropikden tapawutlandyrmadylar. Magnit özgertmelerinde kristal gözenegi üýtgedip gurup bolmaýandygyny, onuň üýtgeşsiz galýandygyny has düýpli barlaglar görkezdi. Allotropik özgertmelerden magnit özgermeleriniň tapawutlanýan aýratynlyklarynyň ýene birnäçesi bardyr.

Magnit häsiýetleri özgermek nokadyna golaýlanda ýuwaş-ýuwaşdan aşak gaçýarlar. Bu nokat häsiýetleriň çapysyk şekilli üýtgemegine laýyk gelmeýär. Magnit özgermesiniň temperatura gisterezisi ýokdur. Bu özgermelerde mehaniki we käbir fiziki häsiýetler üýtgemeyär, elektrik, magnit we ýylylyk häsiýetleri bolsa üýtgeýär.

Häzirki zaman düşüňjelerine laýyklykda, magnit özgertmelerinde atomlaryň ýokary elektron örtükleriniň özara täsirinde üýtgeме bolup geçýär.

Ferromagnit häsiýetleriniň doly ýitgisi **Kýuri nokady** diýlip atlandyrylýan kesgitlenen temperaturada bolup geçýär (1.12-nji surat).



1.12-nji surat. Gyzgynyň täsiri bilen demriň, nikeliň, kobaltynyň magnit häsiýetleriniň üýtgeýiş çyzgysy



---

## II BAP

### GARA WE REŇKLI METALLARYŇ ÖNÜMÇILIGI

---

#### 2.1. Çoýnuň öndürilişi

Domna peçlerinde çoýny eretmek köp zähmeti talap edýän önümçilik işleriniň çylşyrymly toplumydyr. Domna çoýnuny almak üçin demir we marganes magdanlaryndan, flýuslardan, flýuslanan aglomeratdan, okatyşdan we ýangyçdan durýan şihtadan peýdalanýarlar. Owradylanda, saýlanylanda, peýdasy artdyrylanda, böleklenilende çig mallaryň taýynlyk hilinden eredilen çoýnuň hiline baglydyr.

Demir we marganes magdanlary magdan mineralyndan, boş jynslardan we goşundylardan durýar. **Magdan mineraly** diýip demir bilen marganesiň tebigy himiki birleşmelerine, has ýygy okisellere aýdýarlar. **Boş jynsyň** dürli himiki düzümi bolup biler. Ol domna pejinde ereýär we galynda geçýär. Boş jynsyň mukdaryna baglylykda demir magdanlary demre baýlara (45%–70%) we demre garyplara bölünýär. Baý magdanlar owradylandan we saýlanylandan soň göni eredilmäge iberilýär, garyp magdanlaryň bolsa peýdasy artdyrylýar (demriň okisleriniň otnositel mukdarynyň köpeldilmegi).

Demri eretmek üçin gyzyl, goňur, magnit we minerally demir magdanlary, toplumlaýyn magdanlar ulanylýar. Gyzyl demir magdany (gematit) demriň  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  suwsuz okisindäki görnüşinde demriň 55%–70%-nden ybarat. Galanlary bolsa kwarsit görnüşindäki goşundylar we boş jynslardyr. Goňur demir magdany suwly okiseller görnüşindäki we has ýygy limonit görnüşindäki demriň 35%–55%-nden ybarat. Galanlary goşundylar (fosfor) we çägetop-rakdan emele gelen boş jynslar. Magnitli demir magdany (magnetit) demriň  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  okisi görnüşindäki demriň 50%–69%-nden ybarat. Mine-rally demir magdany (siderit)  $\text{Fe O}_3$  kömürturşy duz görnüşindäki demriň 30%–40%-nden ybarat. Boş jynslar – bular kremnezýom, toýun toprak we magniý okisiniň biraz mukdary. Toplumlaýyn magdanlara hromnikel demir magdany (35%–40%

hromuň we nikeliň goşundysy bolan goňur demir magdany); wanadili titanmagnetitler ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  magnetiti,  $\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$  ilmeniti we  $\text{VO}_3$  wanadiý okisi); hromly demir magdany ( $\text{FeO}\cdot\text{CrO}_3$  hromiti) degişli.

Domna önümçiliginde marganes demir magdanlarynyň düzüminde 25 % – 40 % marganes bolanlary ulanylýar. Bu magdanlaryň boş jynsy adaty toýunsow çäge.

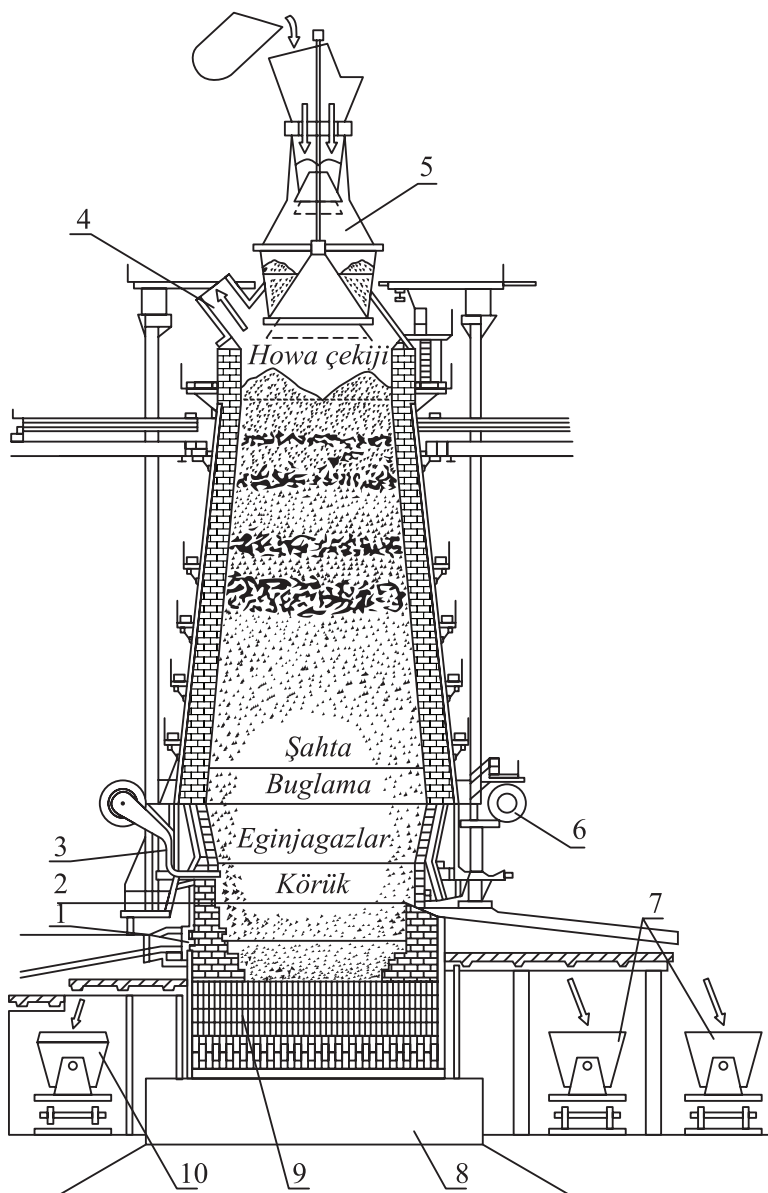
Käwagtlar domna pejine metallurgiýa galyndylarynyň, ýagny kalaşnik tozanynyň, metal skrapynyň, polat erediji önümçiligiň düzüminde marganesi köp bolan täzededen işlenen galyndylaryň, ijara we demir önümçiliginiň okalinalarynyň we kebşirleme galyndylarynyň käbir mukdaryny atýarlar.

Domna önümçiliginde ýangyç bolup koks, agaç kömri we tebigy gaz hyzmat edýär. Ýangyç iň bir ahmiýetlisidir. Kömrüň ýanmagy magdanlaryň dikelmegini, emele gelýän çöýün bilen galyndynyň eremesini we gaty gyzmak üçin zerur bolan ýokary gyzygynlygy döredýär. Ýangyjyň uglerodynyň bölegi himiki birleşmelerde demri dikeltmek üçin ulanylýar.

Flýuslar gerek bolan esaslykdaky galyndylary almak üçin ulanylýar, sebäbi boş jynsda we ýangyçda kremnezýom agdyklyk edýär. Flýus bolup adaty hek daşy ( $\text{CaCO}_3$ ) we dolomitizirlenen has seýrek hek daşy ulanylýar.

Domna pejine salmazdan öň hek daşyny ownatmakdan, ýuwmakdan, elemekden, peýdasyny artdyrmakdan, gyzdyryp sepleşdirmekden ybarat bolan ýörite taýýarlykdan geçirýärler.

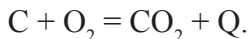
Häzirki zaman domna peçleri flýuslanan aglomeratda işleýärler, oňa magdandan we ýangyçdan başga ownadylan hek daşyny hem goşýarlar. Gyzdyryp sepleşdirmek 1100 – 1200 °C derejede ýörite aglomerasiýa lenta maşynlarynda amala aşyrylýar, onda ýangyç ýananda hek daşynyň himiki düzümi üýtgeýär: 900 °C derejede hek daşynyň kalsisi kalsiniň okisine we kömürturşy gazyna bölünýär, kükürt ýanýar, demriň okisi bölekleyin zakise çenli dikelýär. Ol boş jynsyň kremnisiniň okisi bilen demriň silikatyny döredýär. Ol ereýär we hek daşynyň beýleki böleklerini baglaýar. Onda **aglomerat** diýip atlandyrylýan serişdäniň öýjükli tokgalanan bölekleri döreýär.



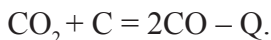
**2.1-nji surat. Domna pejiniň çyzygysy:**

- 1 – çöýünly letka; 2 – galyndyly letka; 3 – furmen abzaly;  
 4 – gaz sowmalary; 5 – gömülyän gurluş; 6 – howa geçiriji;  
 7 – galyndyny daşajjylar; 8 – esas; 9 – leşad; 10 – çöýun daşajjy

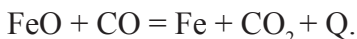
Domna pejiní (2.1-nji surat) gömülýän enjamyň (5) üsti bilen aýratyn porsíýalar bilen (koloşlar) flýuslanan aglomerat ýa-da koks, magdanyň we flýusuň gatlaklary bilen doldurýarlar. Olar boş jynsy galyndyny ýok etmek üçin, onuň ereýiş gyzgynlygyny peseltmek üçin we ýangyjyň küli bilen birleşdirmek üçin girizilýär. Domna pejiniň aşaky böleginde (gorn) ýerleşýän furmanyň (3) üsti bilen kislorod bilen baýlaşdyrylan gyzgyn howany berýärler. Furmanyň ýakynynda ýangyç doly ýanýar:



Kömürturşy gazy ýokaryk görterilip, ýanýan koks bilen galtaşýar we täsir edýär. Şeýlelikde, uglerodyň okisine geçýär:



Uglerodyň okisi demri we onuň okislerini dikeldýär:



Demir magdan bilen uglerodyň okisi darganda döreyän uglerodyň gurumy bilen galtaşyp, uglerogyň, koks, hasabyna dikelýär:

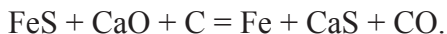


Dikeldilen demir uglerodlanýar. Damjalap domnanyň aşak bölegine akýan çöýün döreyär, ony ol ýerden letkanyň (1) üsti bilen çykarýarlar.

Boş jyns flýus bilen özara gatnaşyp, çalt ereýän galyndyny döredýär. Ol suwuk metalyň üstünde toplanýar, gerek bolan wagtynda letkanyň (2) üsti bilen akdyrylyp alynýar.

Demriň dikeldilýän we uglerodlanýan wagty bilen birwagtda şihadan marganesiň, kremniniň we fosforyň dikelmesi amala aşýar, olar hem çöýnä düşýärler.

Şihada bolan kükürdiň bölegi gazlar bilen gidýär, ýöne onuň esli bölegi galynda siňýär we çöýünde galýar. Galyndy hek daşy bilen ýeterlik gowy doýrulanda (45–50%) pejiň körüginde reaksiýa bolup geçýär. Netijede, kükürdiň bir bölegi galynda geçýär:



Domna peçlerinde aşakdakylar eredilýär:

**Polada hem-de demre öwrülen çöýun** bütün çöýun önümçiliginiň 80–90 %-nden ybarat. Ol polady gaýtadan işlemek üçin iberilýär (M-1 we M-2 marten çöýny; B-1 we B-2 bessemer çöýny; T-1 tomas çöýny);

**Guýma çöýun** çöýun önümçiliginiň 8–17 %-ni tutýar. Ol ýalpyldatmak üçin ulanylýar (LK-00, LK-0, LK-1 we LK-5);

**Ýörite çöýun (ferroerginler)** bütün çöýun önümçiliginiň 2 – 3 %-nden ybarat.

Biziň ýurdumyzda dürli göwrümli domna peçleriniň öndürjiligini deňeşdirmek üçin peýdaly göwrümi ulanmagyň koeffisiýenti (PGUK) kabul edilen:

$$K = V/P.$$

Bu ýerde

$V$  – pejiň peýdaly göwrümi ( $m^3$ );

$P$  – pejiň bir gije-gündizdäki ortaça öndürjiligi ( $t$ ).

Peç näçe gowy işledigiçe, bu koeffisiýent şonça az bolýar. Onuň mazmuny, esasan, eredilýän çöýnuň hiline, magdanyň boş jynsdaky mukdaryna we şihanyň taýýarlyk hiline bagly. Peçleriň köpüsi üçin  $K = 0,44...0,65$ .

## 2.2. Poladyň öndürilişi

Häzirki wagtda polat konwertorlarda, marten we elektrik peçlerinde öndürilýär. Konwertorlarda şihata hökmünde suwuk çöýun we polat döwügi ulanylýar, marten we elektrik peçlerinde polat döwügi bilen suwuk hem-de gaty çöýun ulanylýar, käwagt elektrik peçlerinde diňe polat döwükleri ulanylýar. Şihanyň düzümine hek daşyny we galyndylary emele getirýän käbir beýleki maddalar, turşadyjylar, demir magdany we legirleýän goşundylar girizilýär.

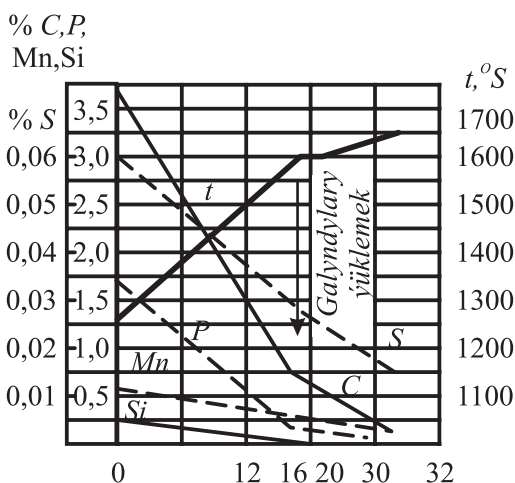
Konwertorlarda polat eredilende uglerody, kremnini, marganesi, kükürdi we fosfory ýok etmek (mukdaryny azaltmak) işini suwuk çöýny howa ýa-da kislorod bilen üfläp amala aşyýarlar.

**Konwertor** diýip oda durnukly futerlenen (bessemer hadysasyn-da turşy dinas bilen, tomasda esasy dolomit bilen) uly polat retorta aýdylýar. Futerowkanyň görnüşine baglylykda, işlenilip taýýarlanylýan

çoýun himiki düzümi bilen tapawutlanýar. Onda we beýleki ýagdaý-da suwuk täzeden işlenen çöýün konwertoryň düýbündäki deşikden berilýän howa bilen üflenilýär.

SSSR döwründe ýüz tonnalyk konwertorlar bilen enjamlaşdyrylan konwertor sehleriniň bir topary guruldy. Olar tehniki kislorodda üstünlik bilen işleýärler. 250 we 300 tonnalyk konwertor desgalary gurulýar.

Zawodlaryň köpüsinde ýapyk düýpli konwertorlar ulanylýar. Olar smoldolomit ýa-da magnezit kerpiçleri bilen futerlenýär. Konwertoryň içine konwertoryň bokurdagyna goýberilýän, emma metalyň derejesine 80–120 mm ýetmeýän wertikal turba şekilli suw sowadyjy furma bilen kislorod üflenilýär. Şeýlelikde, kislorod metalyň aýnasynyň aşagyna üflenilmeyär-de, gaýtam onuň üstüne berilýär. Kislorodyň şeýle getirilme usulynda ýeterlik derejede gidýär (2.2-nji surat). Bu bolsa düzüminde garyndylaryň islendik mukdary bolan çöýny işläp taýýarlamaga we konwertora diňe bir suwuk metaly däl-de, skrapy we demir magdanyny girizmäge mümkinçilik berýär (metalyň agramynyň 30%-ne çenli).



2.2-nji surat. Kislorodly konwertorda garyndylaryň ýanyp ýok bolmak diagrammasy

Garyndylaryň okislenmesi aşakdaky çyzgy boýunça alnyp barylýar:

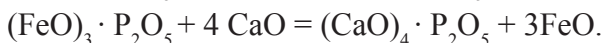
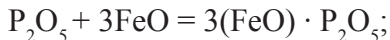


Polat öndürilende zyýanly galyndylary (kükürt we fosfor) ýok etmek hökmandyr. Onuň üçin galynda hek daşy goşulýar.

Kükürdi ýok etme hadysasy:



Fosfory ýok etme hadysasy:



CaS we  $(\text{CaO})_4 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$  görnüşinde dörän birleşmeler galynda geçýärler we peçden ýok edilýär.

Kislorodly konwertorlarda kükürt we fosfor boýunça ýeterlik derejede arassa polatlary almak başardýar, ýagny şeýle konwertorda eremeğiň gidişi hek daşynyň galyndylaryny ulanmaga mümkinçilik berýär. Kislorod bilen üflemeğiň umumy dowamlylygy 18- 26 minutdan ybarat.

Konwertor-kislorod usulynyň ýetmezçiligi onuň uly tozan turuzýanlygyndadyr, poladyň alynma beýleki usullaryndan has köp bolmagydyr.

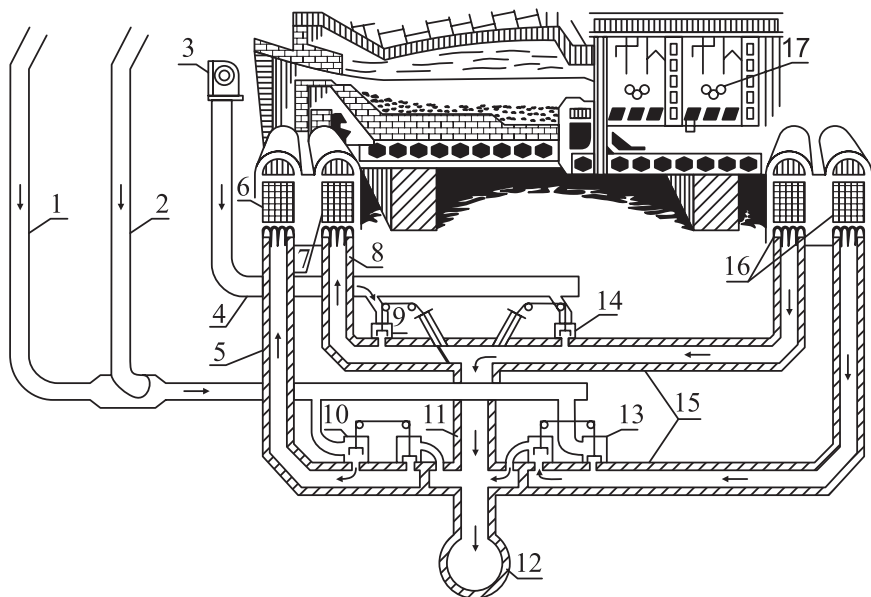
**Marten usuly** dünýäde eredilýän ýokary hilli poladyň 80%-e golaýyny berýän esasy usuldyr. Soňky wagtlarda SSSR-de marten önümçiliginiň paýy, esasan, kislorod-konwertor önümçiliginiň hasabynda kemeldi, emma şonda-da poladyň köp bölegi marten peçlerinde eredilýär. SSSR-de sygymlylygy 600 we 900 t bolan iri marten peçleri bar. Şihta materiallaryny eretmek üçin talap edilýän ýokary gyrgyzlygy (1800 °C) gazy we howany öňünden gyzdirmek bilen gazanýarlar. Häzirki zaman marten peçleri esli derejede mehanizirlenen we enjamlaşdyrylan.

Gaýtadan eredilýän serişdä baglylykda marten eremesiniň iki görnüşü bar: skrap-magdan hadysasy we skrap hadysasy.

**Skráp-magdan hadysasynda** şihhta suwuk çöýundan (60–70%), skrapdan we okisleyjilerden (demir magdany, marganes konsentraty) durýar. Skrap hadysasynda, esasan, polat döwürleri (70%-e çenli) we başga metala öwürülen guýma çöýün peýdalanylýar.

Esasy peçde flýus bolup hek daşy, plawik şpaty we boksit gulluk edýär, turşy peçde bolsa kwars çägesi, şamot boýy gulluk edýär. Mar-ten peji aşakdaky şekilde işleýär (2.3-nji surat).

Gaz we howa kanallar (1 we 2) boýunça gaz klapanyňa (13) el-tilýär. Ondan soňra olaryň garyndysy (5) kanal boýunça regenerato-ra (6) düşýär. Ýelejirediji (3) kanal boýunça howa (4) klapanyňa (9) barýan howany ýellendirýär, ondan soň ol klapan (8) boýunça rege-neratora (7) barýar.



**2.3-nji surat. Sygymlylygy 500 tonnalyk marten pejiniň gurluşynyň we işleýşiniň çyzgysy:**

1 – gaz bermek üçin kanal; 2 we 4 – howa bermek üçin kanallar 5 we 8 – gaz we howa garyndylaryny bermek üçin kanallar; 6, 7 we 16 – regenerator; 9, 10, 13 we 14 – klapanlar; 11 we 15 – turba we ýanma önümlerini sowujy kanallar; 12 – turba; 17 – dolduryjy penjireler



Regeneratorlaryň 1500–1550 °C-ä çenli gyzdyrylan nasadkasy onuň üstünden geçýän gaza we howa ýylylyk berýär. Regeneratorlarda 1200 °C-ä çenli gyzyyp, gaz we howa wertikal kanallar boýunça gazhowa garyndysyny emele getirmek üçin pejiň başjagazyna barýar, gazhowa garyndysy iş giňişliginde ýanýar. Ýanma önümleri pejiň iş giňişliginden sag başjagazlaryň üsti bilen regeneratorlara barýar we kanallar (15 we 11) boýunça turba (12) düşýär. Haçan-da 6 we 7 regeneratorlardaky oda çydamly nasadka sowap başlanda gazyň we howanyň hereket ugry üýtgeýär, klapanlar (9 we 10) ýapylýar, klapanlar (13 we 14) bolsa açylýar. Şol wagtyň özünde gidýan ýanma önümleriň ýylylygy regeneratoryň (16) nasadkasyny 1200–1300 °C-ä çenli gyzdyrýar. Klapanlar açylandan soň ýanma önümleri regeneratorlaryň (6 we 7) nasadkasynyň üstünden gider. Marten peçleriniň köpüsi tebigy gaz bilen mazutyň garyndysynda işleýär.

Şihta serişdeleri (skrap, çöýün, flýuslar) dolduryjy penjireleriň (17) üsti bilen peje ýüklenilýär. Şihtanyň gyzdyrylmagy, metallaryň we galyndynyň eredilmesi we gyzdyrylmasy serişdeleriň we ýanýan gazly çyralaryň (fakelleriň) kontaktynda bolup geçýär. Taýýar polat pejiň podinasynyň in aşaky böleginde ýerleşýän ternawdan (7) çykarylýar. Eredilme döwründe bu ternaw oda çydamly toýun bilen ýapylýar.

Eredilme hadysasy turşy ýa-da esasy bolup biler. Ol futerleýji serişdäniň görnüşine bagly. Turşy hadysada dinas kerpiji ulanylýar, esasy hadysada bolsa magnezit kerpiji ulanylýar (gümmez üçin hromomagnezit).

Şihtanyň ereme döwründe kremniý, marganes, demir, fosfor, ilki bilen, peçdäki gazda we magdanda bolan kislorod bilen okislenýärler, soňra bolsa (ilkinji galyndy döränden soň) galyndyda erän demriň zakisi bilen okislenýärler. Okislenme, takmynan, edil konwertor önümçiligindäki çyzgyt boýunça gidýär. Eremäniň umumy dowamlylygy pejiň goşmasy we önümçilik şertlerine bagly. Ol 6–12 sagat çäklerindedir.

Marten peçleriniň işiniň esasy tehniki-ykdysady görkezijileri – eredilýän poladyň 1 tonnasyna udel harajady we pejiň 1 m<sup>3</sup> podinasyndan poladyň bir gije-gündizdäki çykarylyşy. Polady eretmek üçin ýylylygyň zerur mukdary 3–6 MJ/kg-dan ybarat. Marten peçlerinde eredilýän poladyň agramynyň 10–20%-ne çenli şertli ýangyç ýakylýar. Metallurgiýa zawodlarynda ortaça alynýan polat 9 t/m<sup>2</sup>-e barabar, käbirlerinde bolsa 10–14 t/m<sup>2</sup>-e barabar. Polady eretmegiň ýokary tizlikdäki usullarynyň ösmegi alynýan polady we peçleriň öndürijiligini artdyrýar.

Häzirki döwürde has kämil polat erediji agregatlar bolup elektrik peçleri çykyş edýär. Onda ýylylygy we erän metaly almak üçin elektrik energiýasy energiýa çeşmesi bolup gulluk edýär. Şeýle peçleriň ilkinjisi biziň Diýarymyzda hem guruldy.

Elektrik peçlerinde 2000 °C-ä çenli gyrgyzlyk alyp bolýar. Diýmek, şihanyň kynlyk bilen ereýän komponentlerini (hromy, nikel, titany we beýlekileri) hem eredip bolýar, ýokary esasly galyndyny (CaO 55–60 %-e çenli) ulanyp bolýar, dikeldiş atmosferasyny ýa-da wakuумы (induksion peçlerinde) emele getirip bolýar, metaly gowy okislendirip we gazyzlandyryp bolýar.

Poladyň elektrik bilen eredilmesi üçin peçleriň iki hilisi bar:

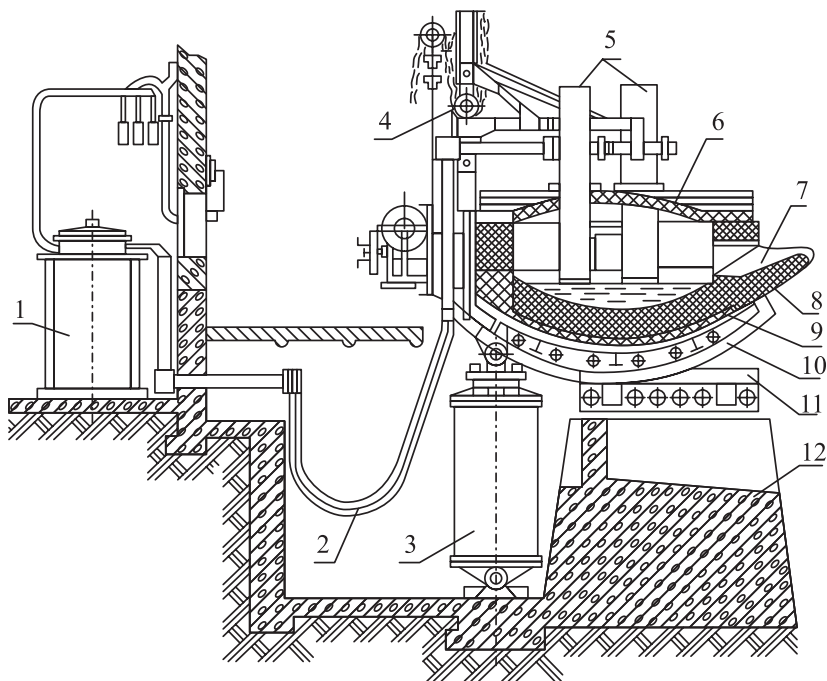
1. Ýaý şekilli peçler. 2. Induksion peçler.

Ýaý şekilli peçler has köp ulanylýar (2.4-nji surat). Peç ýarymto-galak görnüşindäki düýbi bolan silindr şekilindäki kebşirleýji ýa-da berçinleýji kožuhdan (9), ýangyna çydamly futer diwarlary bolan podinadan (8), elektrodlar (5) üçin deşikleri bolan aýrylýan arka gümmezinden, elektrodларыň berkidilmegi we wertikal süýsmegi üçin mehanizmden (4), esasy ugrukdyryjylardan (11), peji goldamak we hereketlendirmek üçin iki sany direg segmentlerinden (10), polat ternaw (7) boýunça çykarylanda peji egmek üçin mehanizmden (3) ybarat. Elektrik energiýasy aýratyn jaýda ýerleşýän transformatordan (1) demir halka we çeýe kabel (2) boýunça berilýär.

Peçde kömür ýa-da grafitlenen elektrodlar ulanylýar. Ereme döwründe elektrodlar ýanýar we olary tüzeleri bilen nurbatlap ýuwaşlyk bilen peje düşürýärler.

Duga elektrik peçleriniň göwrümleri 3 tonnadan 270 tonna çenli we ondan hem ýokary bolup bilýär. Wolgogradyň “Gyzyl Oktýabr” zawodynda her biri 200 tonna bolan iki sany peç işleýär. Häzirki wagtda has kuwwatly peçler taslanýar.

Göwrümi 30 tonnadan ýokary bolan peçleri açyk gümmeziň üsti bilen doldurýarlar. Doldurylandan soň şihalary tä şihla bilen galtaşança düşürýärler, soňra togy birikdirýärler we eretmä başlaýarlar. Okislenilýän döwrüň dowamynda şihla ereýär we metaldaky kremniý, marganes, uglerod (bellenilen çäGINE çenli) we käbir legirleýji elementler ýanýar. Okislenme edil konwertorda we marten pejinde bolup geçýän reaksiýalar boýunça amala aşyrylýar. Dikeldiş döwründe metal gowşaýar we oňa zerur bolan goşundylary goşýarlar, şol sanda legirleýjileri hem goşýarlar.



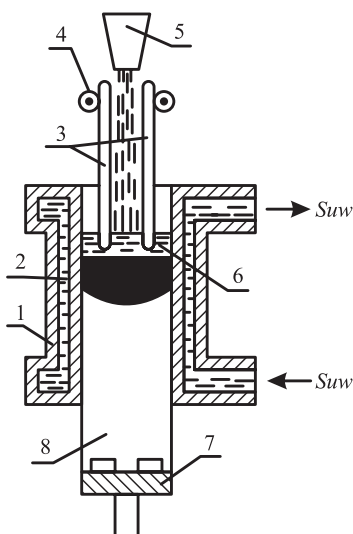
**2.4-nji surat. Sygymlylygy 30 tonnalyk duga pejiniň gurluşy**

1 – pesedlýän transformator; 2 – çeyë kabel; 3 – pejiň ýapgytly mehanizmi;  
 4 – wertikal süýşürji mehanizm; 5 – elektrodlar; 6 – arkaly toplum; 7 – polady  
 çykarmak üçin ternaw; 8 – podina; 9 – polat guty; 10 – daýanç segmentleri;  
 11 – esasyň ugrukdyryjylary; 12 – esas

Elektrik peçlerinde, esasan, ýokary hilli uglerodly we legirleýji polatlary eredýärler. Ýaramly poladyň çykyşy: ähli salnan metalyň 90%-den 96%-e çenlisi yrgyldaýar. Poladyň 1 tonnasyňa elektrik energiýasynyň 800–900 *kWt/sag* harç edilýär. Duga pejinde polady eretmegiň dowamlylygy 6–8 sagatdan ybarat we onuň kuwwatlylygyna we düzümine, eredilýän poladyň kysymyna, şeýle hem başlangyç çig malyň häsiýetine bagly. Elektrik peçlerini ulanmak elektrik energiýasynyň ýeterlik ýokary bahasy sebäpli heniz çäkli.

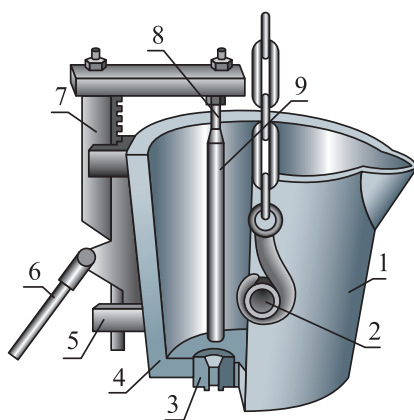
Elektrogalyndyny suwuk hala öwürme beýleki usullar bilen gazanyp bolmajak aýratyn ýokary hilli polatlary we erginleri almak üçin ulanylýar. Suwuk hala öwürmä süýlen, sozulan we guýma; tegelek, gönüburçly, dörtburçly we beýleki kesilen; bitewi we boş, monolit we böleklerden ybarat harç edilýän elektrodlar sezewar edilýär.

Bu usulyň ýönekeýleşdirilen çyzgysy 2.5-nji suratda getirilen. Polatdaky ereýän elektrodлары (7) hadysanyň başynda çykyntgylaryna ýakynlaşdyrýarlar. Soňra naprýaženiýe berýärler we elektrodлар bilen çykyntgylaryň arasynda elektrik dugasy peýda bolýar. Duganyň ýylylygynyň hasabyna flýus ereýär we galyndynyň gatlagy (6) emele gelyär. Haçan-da galyndynyň gatlagy kesgitlenilen galyňlyga ýetende elektrik dugasy oçýär we wagtyň geçmegi bilen ýylylyk toguň ýokary elektrik garşylygy bolan galyndynyň gatlagyndan geçmeginiň hasabyna döreyär. Onda galyndynyň gyzzgynlygy 2000 °C-ä çenli baryp ýetýär. Gaty gyzdyrylan galyndyda elektrodларыň metaly ereýär, metalyň damjalanyp geçirilmeginiň netijesinde goşundylardan arassalanýar we suw sowadylyan tigelde (1) guýmany (8) döretmek bilen çalt kristallaşýan gatlagy (2) emele getirýär.



**2.5-nji surat. Tăzeden eredip guýma elektrogaryndynyň çyzgysy:**

1 – tigel; 2 – suwuk metal; 3 – ereýän elektrodлар; 4 – elektrodлары berkitmek we göçürmek üçin mehanizm; 5 – dozator; 6 – suwuk galyndy gatlagy; 7 – düýbünde goýulýan zat; 8 – guýma



**2.6-njy surat. Polat guýmak üçin susak:**

1 – polat gap; 2 – sapfalar;  
3 – çalşyrylyan susguç; 4 – toýun kerpiçli oda çydamly gatlak; 5, 6 we 7 – dykyny galdyrmak üçin leňnerleriň ulgamy;  
8 – dykynyň polat sterženi;  
9 – futirlenen dyky

Legirleýän goşundylar we flýuslar (uly esasly we ftorly) dozator-dan (5) girizilýär. Gaty gyzdyrylan galyndy metaly kükürtden we fosfordan arassalap ony rafinirleýär. Kükürdiň mukdary 30–50 % azalýar, beýleki zyýanly garyndylaryň mukdary bolsa 2–3 esse azalýar. Elektrogalyndy metalynda metal bolmadyk birikdirmeleriň setirleýin toparlanmalary ýok, düzüm bölekleri örän deň paýlanylýar, däneleriň serhetleri örän arassalygy bilen tapawutlanýar. Bu bolsa mehaniki häsiýetleriň anizotropiýasynyň doly ýoklugyny düşündirýär.

Elektrogalyndyny suwuk hala öwürme usuly bilen ýörite maksatly polatlar öndürilýär: şarik podşipnik, gural we beýlekiler. Bu usul bilen eretmek wakuum dugada suwuk hala öwürmeden has arzan.

Polat öndürilende eredişiň soňunda metal kislorod bilen doýgunlaşdyrylýar. Ony neýtrallaşdyrmak üçin metala kremniý, marganes we alýuminiý girizilýär, olar raskislitel adyny göterýärler. Bu elementler ugleroda we demre garanyňda kislorod bilen has ýeňil birleşýärler. Gowşama derejesi boýunça polatlar

1. Gaýnaýan polatlara.
2. Rahat polatlara.
3. Ýarymrahat polatlara bölünýär.

**Gaýnaýan polat** gowşamaýar we ol guýlanda uglerodyň okisi çykýar (polat ýörite enjamlarda gaýnadylýar). **Rahat polat** doly gowşaýar (ähli kislorod baglanan ýagdaýda bolýar). **Ýarymrahat polat** gaýnaýan we rahat polatlaryň arasynda aralyk ýagdaýy eýeleýär.

Taýýar polady peçden ýa-da konwertordan önünden gyzdyrylan polat-paýlaýjy susaga goýberýärler (2.6-njy surat). Susagyň polat kožuhynyň (1) köpri kranynyň ildirgijini tutmak üçin iki sany sapfasy (2) bar. Susagyň içi odaçydamly kerpiç (4) bilen futerlenen. Susagyň düýbünde metaly çykar-mak üçin deşigi bolan çalşyrgyç bulgur ýerleşýär. Bulgurdaky deşigi sterže-ne (8) berkidilen odaçydamly dyky (9) bilen ýapýarlar. Leňňerleriň toplумы (5, 6 we 7) bilen odaçydamly dyky el bilen galdyrylýar we goýberilýär.

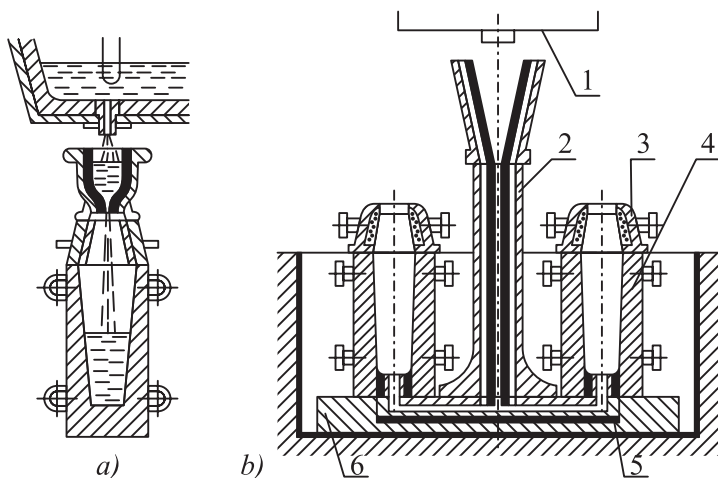
Susakdan polat guýmalary almak üçin olary çoýun galyplara guýýarlar. Olaryň agramy, esasan, 5–8 tonnadan ybarat bolýar.

Polady guýmagyň üç usulyny ulanýarlar:

1. Galyplara ýokardan guýma (iri guýmalar alnanda);
2. Galyplara sifon bilen guýma (ownuk we orta guýmalar guýlanda);
3. Yzygider guýma.

**Ýokardan guýlanda** her galyp aýratynlykda doldurylýar (2.7-nji (a) surat). **Sifon bilen guýlanda** bir wagtyň özünde birnäçe galyp doldurylýar. Şonda susakdaky (1) polat direge (2) düşýär (2.7-nji b surat) we ondan düýbünde (6) ýerleşýän guýujy kanallar (5) boýunça galyplara (4) alnyp gidilýär. Ýokardan guýlan poladyň sifon bilen guýlan polada garanyňda metal bolmadyk az-owlak birikdirmeleri bar. Ýöne sifon bilen guýlan poladyň üsti has arassa.

Galypda polat gatanda metal kiçelýär we kiçelme nowasy emele gelýär. Ol guýmanyň baş böleginiň ýanynda ýerleşýär. Kiçelme nowasyny azaltmak üçin giriji oturtmany (3) peýdalanýarlar (2.7-nji b surat). Oturtmadaky polat iň soňky nobatda gataýar, bu bolsa kiçelme nowasynyň guýmanyň baş böleginiň ýanyna barmaga ýardam edýär.

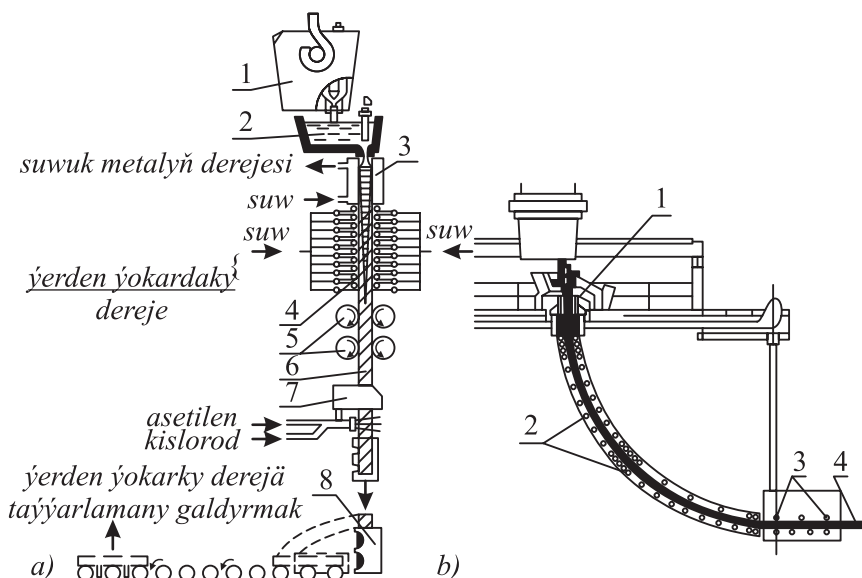


**2.7-nji surat. Galyba polady (a) ýokardan we (b) sifon usulynda guýmak:**

1 – guýujy susak; 2 – merkezi söýeg; 3 – girdejili sap; 4 – galyp;  
5 – guýulýan kanal; 6 – düýbi

Polat yzygider guýlanda metal köp tygşytlanýar, zähmet öndürilijligi artýar, önümiň özüne düşýän gymmaty peselýär (2.8-nji surat). Polat susakdan (1) yzygiderli akym bilen paýlaýjy enjama (2) barýar (2.8-nji (a) surat) we soňra akýan suw bilen sowadylan kristallaşdyryjy (3) gidýär. Kristallaşdyryjy aşagyna gysyjy goýulýar. Metal gysyjy kristallaşdyryjynyň diwarlary bilen galtaşanda çalt doňýar we gysyja kebşirlenýär, soňra onuň bilen bilelikde walkalar (5) bilen kristallaşdyryjydan çykarylýar. Yzygiderli döreýän guý-

manyň gatamasy ikinji sowama (4) zolagyndan geçende güýçlenýär. Gutamykly gatan guýmany gaz kesiji (7) bilen kesýärler. Kantowatel (8) bilen rolglarlara ýerleşdirilýär we göteriji bilen poluň derejesine geçirýärler.



### 2.8-nji surat. Polady üznüksiz guýmak üçin gurnamalaryň çyzgysy:

- 1 – polat susak; 2 – paýlaýjy enjam; 3 – suw bilen sowadylýan kristallaşdyryjy;  
4, 5, 6 – zygyder sowadyjylar; 7 – gaz kesiji enjam; 8 – rolgand rolikle aýlanýan turbajyklar

## 2.3. Demriň magdandan göni dikeldilmegi

Göni dekelmek arkaly demri

1. Gubka.

2. Krisa.

3. Suwuk metal görnüşinde alyp bolýar.

**Gubka görnüşindäki demri (gubka demrini)** gaty (kömür, koks-jagaz) we gaz halyndaky (uglerodyň we wodorodyň okisiniň garyndysy) dikeldijileri ulanyp alýarlar. Bu hadysa turba ýa-da şahta peçlerinde 950–1000 °C gyzygynlykda amala aşyrylýar. Şeýle gyzygynlykda dikel-

dilen demir we boş jyns eremeýär. Alnan önümi döwürler, soň gubka şekilli demri magnit separasiýasy arkaly boş jynsdan aýyrylarlar. Gubka bölejikleri, okatyşlar ýa-da toz görnüşinde alynýar we onuň düzüminde 90%-e çenli demir bolýar. Ol polat önümçiliginde ulanylýar.

**Krisa (krisa demri)** aýlanýan turba peçlerinde alynýar. Magdanyň, gaty ýangyjyň we hek daşynyň garyndysyndan doldurylan şihda pejiň garşy tarapyndaky tozankömür ýangyjynyň ýanmagyndan döreýän gyzgyn gazlaryň akymyna tarap hereket edýär. Peçdäki gyzgynlyk 1250–1300 °C. Şol wagtyň özünde demir gubkadan demriň zakisi we bölekleyin boş jyns ereýär. Alnan önüm krisa kebşirlenýär. Sowadylandan soň ony ownadýarlar we magnit separasiýasyna sezewar edýärler. Krisanyň düzüminde 90–95% Fe, 0,5–1,5% C, 0,2–1% S, 0,2–1% P we galyndylar bolýar.

Häzirki wagtda **suwuk polady** domna önümçiliginden sowup, göni magdandan almak hadysalary işlenilip taýýarlanylady. Bu hadysalarda gubka we krisa demriň önümçiligindäkiden has ýokary gyzgynlyklar ulanylýar, onuň netijesinde demir we galyndy suwuk ýagdaýa geçýär.

## 2.4. Alýumininiň we misiň öndürilişi

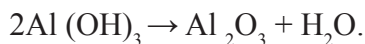
Reňkli metallurgiýa senagat pudaklarynyň öndebaryjylarynyň biri. Reňkli metal magdanlary demir magdanlaryndan has garyp. Meselem, mis magdanlarynyň düzüminde 0,5–2% mis bolanda ony eretmegi ykdysady taýdan peýdaly diýip hasaplaýarlar. Reňkli metal magdanlary, düzgün bolşy ýaly, ýarym metal. Şeýle metallary gaýtadan işlemegiň tilsimatlary ondan ähli reňkli metallaryň çykarylmagyny talap edýär.

Alýuminini öndürme hadysasy üç sany özbaşdak tapgyrdan durýar:

1. Alýuminiý magdanlaryndan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  arassa toýun topraky çykarmak.
2. Eredilen toýun toprakdan elektroliz bilen alýuminini almak.
3. Alnan alýuminini arassalamak (rafinirlmek).

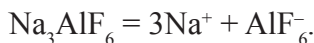
**Arassa toýun topragy** dürli usullar bilen çykarýarlar, olardan has ýaýrany aşgarly usul. Onda magdanyň düzümine girýän toýun topraky aşgarlar bilen işleýärler. Ol natriý alýuminaty ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ ), özi hem suw erginine geçýär. Belli şertlerde galyndydan aýrylan natriý alýuminatynyň ergini alýumininiň gidroksidiniň  $\text{Al}(\text{OH})_3$  galynda çykmagy bilen dargaýar. Ony süzýärler, ýakýarlar. Netijede, arassa toýun toprak emele gelýär:





**Toýun topragyň elektrolizini** 950 °C gyzgynlykda suwuk kriolitde geçirýärler. Arassa toýun toprak 2050 °C gyzgynlykda ereýär, kriolit bilen odnositel ýeňil ereýän elektroliti emele getirýär ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  alýuminiň we natriniň eredilen kriolitftoridi).

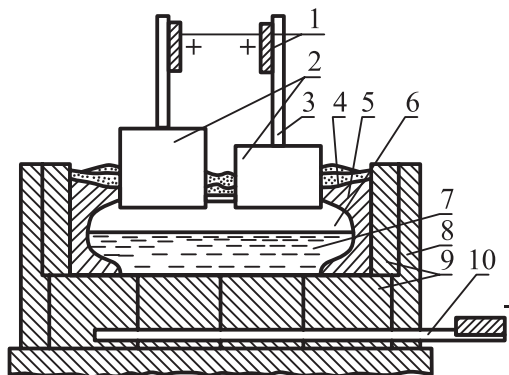
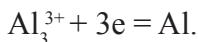
Toýun toprakynyň elektrolizi üçin elektroliz wannalaryny ulanýarlar (2.9-njy surat). Wannanyň gönüburçluk görnüşindäki kožuhy (8) burçly bloklar (9) bilen örülen. Wannanyň düýbüne galyň mis sterženler-katodlar (10) gurnalan. Olar tok çeşmesiniň otirisatel polýusy bilen birleşdirilen. Wanna ýokardan kömür elektrodлары-anodlar (2) goýberilen. Olar mis şinalar (1) polat sterženler (3) bilen birleşdirilen. Elektrodlar tok çeşmesiniň položitel polýusy bilen birleşdirilen. Elektrik togunyň täsiri astynda erän kriolitde reaksiýa bolup geçýär:



Kriolitde erän toýun toprak ionlara dissosirlenýär:



Alýuminiň emele gelen ionlary elektrik togy bilen kömür podinasy (katoda) geçýär. Ol ýerde suwuk metal – alýuminiý bölünip çykýar:



**2.9-njy surat. Elektrolizirlenen wannanyň gurluşy:**

- 1 – mis şinalar; 2 – anodlar; 3 – polat steržen; 4 – toýun toprak;  
5 – gaty elektrolit; 6 – eredilen kriolit; 7 – suwuk alýuminiý;  
8 – polat gap; 9 – burçly bloklar; 10 – mis şinalar

Elektrolizler durman yzygiderli işleýärler. Zerurlygyna görä ýokardan laýyklyklyk gezek-gezeginde toýun toprak salynýar. Elektroliz hadysasynda kriolit harç edilmeýär diýen ýaly. Suwuk alýuminiý (7) ýuwaşlyk bilen kriolitiň (6) gatlagynyň aşagynda wannanyň podinasynda toplanýar. Wanna 3–4 gije-gündiz işländen soň ony ol ýerden ýörite enjamlar bilen çykaryp alýarlar.

Elektroliz wannalarynyň 80–100 sanysyny yzygiderli birleşdirýärler. Olar 4–4,3 *W*-da we 40 000–100 000 *A*-de işleýärler.

Alnan alýuminiýiň düzüminde onuň häsiýetlerini ýaramazlaşdyrýan garyndylar bar. Arassalamak üçin alýuminiýi hlor bilen üfleýärler, susaklarda we peçlerde durlaýarlar, **elektrolit arassalanmasyny** amala aşyrýarlar.

Mis öndürilende düzüminde sulfidler ( $\text{CuS}$ ,  $\text{Cu}_2\text{S}$ ) bolan magdanlar ulanylýar. Bular düzüminde halkopirit ( $\text{CuS}\cdot\text{FeS}$ ) bolan mis kolçedany we düzüminde halkozin ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) bolan mis ýalpyldysdyr. Magdanlaryň düzüminde mis azdyr. Ol 0,5–5%-den ybarat. Arassa görnüşinde mis örän seýrek duş gelýär.

Misi magdanlardan has ýygý pirometallurgiýa usuly bilen we seýrek gidrometallurgiýa usuly bilen alýarlar.

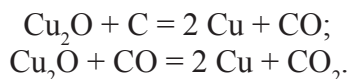
Pirometallurgiýa usuly gurplandyrmadan, bişirmeden, şteýni (bu düzüminde, esasan, misiň we demriň sulfidi ( $\text{Cu}_2\text{S}$  we  $\text{FeS}$ ) bolan ergindir) eretmekden, konwertordaky üflemeden we arassalamadan ybarat. Gurplandyrmagy flotasiýa usuly bilen amala aşyrýarlar. Ol aşakdakýdan ybarat:

Magdany ownadýarlar, flotasiýa maşynyna ýükleýärler, oňa öňünden suwy, reagentleri we köpürjik emele getiriji maddalary garýarlar. Alnan garyndyny howa bilen üfleýärler. Boş jynsyň bölekleriniň mis böleklerinden aýrylmasy olaryň suw bilen dürli hili öllenmesiniň hasabyna amala aşýar. Mise baý bölekler öllenmeýärler we köpürjikler bilen ýok edilýär. Alynýan mis konsentratynyň düzüminde 10–35% mis bolýar.

Konsentrat wertikal köp tekjeli peçlerde, şeýle hem gaýnaýan gatlagy bolan peçlerde bişirilýär. Bişirmäniň netijesinde ilkinji misi almak üçin ulanylýan ýanan galyndy emele gelýär.

Bişirmeden soň mis konsentraty şteýnde eremä sezewar edilýär. Şteýniň düzüminde 20–50% mis, 20–40% demir, 22–25% kükürt, 8%-e golaý kislorod we nikeliň, sinkiň, altynyň we kümüşüň goşundylary bar. Konsentrat has çalt ýalyn serpikdiriji peçlerde eredilýär.

Ilkinji misi şteýni üflemek bilen konwertorda alýarlar. Şol wagt himiki reaksiýalaryň hasabyna gyzgynlyk 1200–1300 °C-ä çenli baryp ýetýär. Bu amal demriň sulfidini howanyň kislorodynyň hasabyna okislemäge mümkinçilik berýär. Düzüminde garyndylaryň (altyn, kümüş, gurşun, sürme we beýl.) 0,5–1,5% mukdary bolan ilkinji misi guýma metallara ýa-da ownadylan ýagdaýynda suwuk ýagdaýynda ony ot bilen arassalamaga (rafinirlenmäge) berýärler. Arassalama garyndylaryň okislenmesinden ybarat. Alynýan okiseller uçýarlar we galyndyly ýagdaýa geçýärler. Galyndylar çekilip alnandan soň misi „öjükdirmе“ bilen dikeldýärler. Metala çyg, soňra bolsa gury agaçlary goşýarlar we olar bilen suwuk misi garyşdyrýarlar. Agaçdan bölünip çykýan gazlar misi dikeldýär we kükürtli gazyň ýok bolmagyna ýardam edýär:



Alnan misi elektroliz üçin galyplara ýa-da anod plastinkalaryna guýýarlar. Ot bilen arassalamadan soň misiň düzümindäki garyndylaryň mukdary 0,5%-den köp bolmaýar.

Elektrolit arassalanmasyndan soň arassalygy has ýokary bolan mis alnýar we altyn, kümüş, selen, tellur we beýleki garyndylar çykarylýar.

## 2.5. Magniniň öndürilişi

Magniy hem edil alýuminiý ýaly Dewi tarapyndan 1808-nji ýylda açyldy.

Arassa magnini almagyň metallurgiýa meseleleri geçen ýüzýyllygyň (XX asyryň) 30-njy ýyllarynda çözüldi. Ilkinji magniy, ýagny onuň ilkinji 20 tonnasy 1937-nji ýylda öndürildi. Ondan soňra magniniň öndürilişi ýokarlanyp başlady. 1943-nji ýylda onuň 250 000 tonnasy öndürildi (SSSR-i hasaba almazdan).

Senagat metallarynyň arasynda magniy iň pes dykzlygy ( $1,7 \text{ g/sm}^3$ ) bilen tapawutlanýar. Bu bolsa magniniň we onuň erginleriniň tehnikanyň dürli pudaklarynda, esasan hem, awiasiýada ulanylmagyna getirýär. Magniy geksagonal gözenekde kristallaşýar ( $a = 3,2 \text{ Å}$ ,  $c = 5,2 \text{ Å}$ ), onuň allotropik öwrülmeleri ýok. Magniniň ereme gyzgynlygy beýik däl we 651 °C-den ybarat (4-nji tablisa).

Magniy we onuň erginleri korroziýa garşy durnukly däl. Magniy diňe gury atmosferada korroziýa garşy oňnositel durnukly. Gyzgynlyk ýokarlananda ol intensiw okislenýär we käwagt öz-özünden ýanýar. Şonuň üçin hem magniy we onuň erginleri ulanylanda, aýratyn-da, ol guýlanda onuň okislenmesine we ýanmasyna garşy çäre görmeli.

Magniniň okis plýonkasynyň (MgO) gorag häsiýetleri ýok (alýuminidäki  $Al_2O_3$  plýonka ýaly), ýagny onuň dykzlygy  $3,2 \text{ g/sm}^3$  magniniň dykzlygyndan has ýokary, şonuň üçin hem ol jaýrylýar. Gyzgynlygyň ýokarlanmagy bilen magniniň okislenme tizligi çalt ýokarlanýar we  $500^\circ\text{C}$ -den ýokary gyzgynlykda gözüňi gamaşdyryjy açyk reňk bilen ýanýar.

Magniniň berkligi we çýeligi pes. Pes çýelik – geksagonal gözenekde typmanyň artykmaç çýeliginiň sanynyň az bolmagynyň netijesidir. Sozulan we ýakylan magniniň takmyny häsiýetleri aşakdakylardan ybarat:

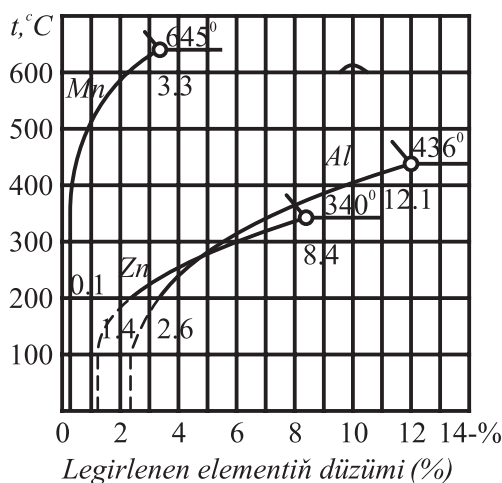
$$\sigma_b = 18 \text{ N/mm}^2; \sigma_{0,2} = 10 \text{ N/mm}^2; \delta = 15\%, \text{ gatylygy HB 30.}$$

Şeýle pes häsiýetleri arassa magnini konstruktion serişdeler hökmünde ulanyлма mümkinçiliginden mahrum edýär. Tehniki magniy himiýa önümçiliginde pirotehnik maksatlar üçin (suwuk hala öwürüji we modifikator hökmünde) peýdalanylýar, ýöne legirleme we termik işleme bilen  $30\text{--}35 \text{ N/mm}^2$ -e deň bolan berklik gazanylyp bilner. Eger magniniň şeýle berklidäki erginleriniň pes dykzlygyny hasaba alsan ( $1,8 \text{ g/sm}^3$  golaý), onda olary ulanmak maksadalaýykdyr.

## 2.6. Magniniň erginleri

Magniy erginlerinde legirleýji goşundylar hökmünde magnide ereýän alýuminiý, sink we marganes ulanylýar (*2.10-njy surat*). Gyzgynlygyň peselmegi bilen ereýjilik hem peselýär, bu bolsa şu erginler üçin wagtyň geçmegi bilen garrama bilen taplamadan ybarat bolan termik işlemäni ulanmaga mümkinçilik berýär.

Termik taýdan işlemäniň magniniň erginleri üçin alýuminiý erginlerindäki ýaly uly mana eýe bolmaýandygyny bellemek zerur, ýagny magniy erginlerinde häsiýetler köp üýtgemeýär.



2.10-njy surat. Mg-Mn, Mg-Al, Mg-Zn  
ulgamlarynda gaty garyndylaryň ýaýlasý

Düzgün bolşy ýaly, magniniň senagat erginleriniň komponentleri bolan alýuminiden, sinkden we marganesden başga, magniniň erginine, adaty, görerimiň ýüzlerçe böleklerinde beýleki elementler hem girizilýär.

Alýumininiň erginleri ýaly magniniň erginleri hem görnüşini boýunça

1. Üýtgeýänlere.

2. Guýmalara bölünýär.

Birinjiler **MA** harplary bilen, ikinjiler **ML** harplary bilen belgilenilýär.

3-nji tablisada has ýaýran görnüşini üýtgeýän magniý erginleriniň düzümi, 4-nji tablisada olaryň mehaniki häsiýetleri berlen.

3-nji tablisa

Görnüşini üýtgeýän magniý erginleriniň düzümi (%) (DUST 14957 - 69)

Ergin	Ulgam	Al	Zn	Mn	Beýlekiler
MA1	Mg-Mn	—	—	1,3–2,5	—
MA2	Mg-Al-Zn	3–4	0,2–0,8	0,15–0,50	—
MA5	Mg-Al-Zn	7,8–9,2	0,2–0,8	0,15–0,5	—
MA10	Mg-Al-Cd-Ag	7,8–8,8	—	0,2–0,6	7–8 Cd:2–2,5Ag
MA11	Mg-Nd-Mn	—	—	1,5–2,5	2,5–4,0Nd 0,1–0,25 Ni

**Görnüşü üýtgeýän magniý erginleriniň mehaniki häsiýetleri (nusgalyk)**

Ergin	Ýagdaýy	$\sigma_b, N/mm^2$	$\sigma_{0,2}, N/mm^2$	$\delta, \%$
MA1	Bişirilen	21	12	8
MA2	Şol bir zat	28	18	10
MA5	„“	32	22	14
MA10	Taplama+garrama	43	30	6

Marganesiň bolmagy, erginde korroziýa we mehaniki häsiýetleriniň az bolmagyna garamazdan, olary gowulandyrýar. Alýuminiý bilen legirleme marganes bilen legirlemeden gaty erginiň has güýçli emele gelmeginiň hasabyna berklik häsiýetlerini ýokarlandyrýar, şonuň üçin hem ergine Al 3–4% girizilende berklik 30  $N/mm^2$ -e golaýlaşýar. Elbetde, Al 3–4% bolan ergin termik taýdan işlenilende belli bolarlyk birleşdirmä ukyply däl. Şol bir wagtda mineral ergini barada hem aýtmak bolar, ýöne düzüminde 8–9% Al bolan MA5 we MA10 erginleriniň berkligi taplamadan (400 °C-ä golaý) we garramadan (175°C) soň 40  $N/mm^2$  bolýar.

Magniý erginlerinde garrama täsirililiginiň beýik dældigini bellemek gerek ( $\Delta \sigma_b = 3 \div 4 N/mm^2$ ;  $\Delta \sigma_{0,2} = 5 \div 8 N/mm^2$ ), şonuň üçin hem, köplenç, bir taplama bilen çäklenýärler. Serhet çykyndylarynyň birmeňzeşliginiň we eremesiniň hasabyna berkligiň biraz ýokarlanmasy bilen birwagtda plastik häsiýetleri hem ep-esli ýokarlanýar. Görnüşü ýaly, MA10 ergini has berk magniý erginidir ( $\sigma_b > 43 N/mm^2$ ), mümkin, has ýokary udel berkligi bolan ergindir.

Dürli metallaryň esasyndaky erginleriň udel berkliginiň mazmunyna seredeliň. Olary deňeşdirmegiň netijesinde udel berkligiň oňtositel ýakynlygyndan dürli erginleriň “rehimsiz” bäsdeşligi görünýär. Nusga hökmünde her topardan has berk erginler alyndy:

	Magniý	Alýuminiý	Titan	Demir
Ergin	MA10	W95	WT6	H18K9MA
$\sigma_b/\gamma$	43:1,8 = 2,4	60:2,9 = 2,1	100:4,5 = 2,2	180:7,8 = 2,3

**Guýma magniý erginleriniň düzümi (%) (DUST 2856 - 68)**

Ergin	Ulgam	Al	Zn	Mn
ML2	Mg–Mn	–	–	1–2
ML3	Mg–Al–Zn	2.5–3.5	0,5–1, 5	0,15–0, 50
ML4	Mg–Al–Zn	5–7	2–3	0,15–0,50
ML5	Mg–Al–Zn	7,5–9,0	0,2–0,8	0,15–0,5
ML6	Mg–Al–Zn	9–10,2	0,6–1,2	0,1–0,5
MA10* <sup>1</sup>	Mg–Nd–Zr	–	0,1–0,7	–
MA12* <sup>2</sup>	Mg–ZnZr	–	4–5	–

\*<sup>1</sup>Düzüminde 0,4–1 % Zr we 2,2–2,8 Nd bar.

\*<sup>2</sup>Düzüminde 0,6–1,1 % Zr bar.

Ulanmak üçin artykmaçlykdan peýdalanmakda çeyeligi we şep-beşikligi (ygtybarlylygy) ýitirmezden berkligi ýokarlandyrmak zerur (dykzylygy has peseltmek mümkin däl), ýagny magniý erginlerinde 50  $N/mm^2$ -e, alýumininiň erginlerinde 75  $N/mm^2$ -e, titanda 130  $N/mm^2$ -e we demirde 220  $N/mm^2$ -e çenli ýokarlandyrmak zerur. Mümkin, bu gazanylar (amalyýetde giňden peýdalanmak manysynda). Guýma magniý erginleriniň düzümi we mehaniki häsiýetleri 6-njy we 7-nji tablisalarda berlen.

**Guýma magniý erginleriniň mehaniki häsiýetleri (nusgalyk)**

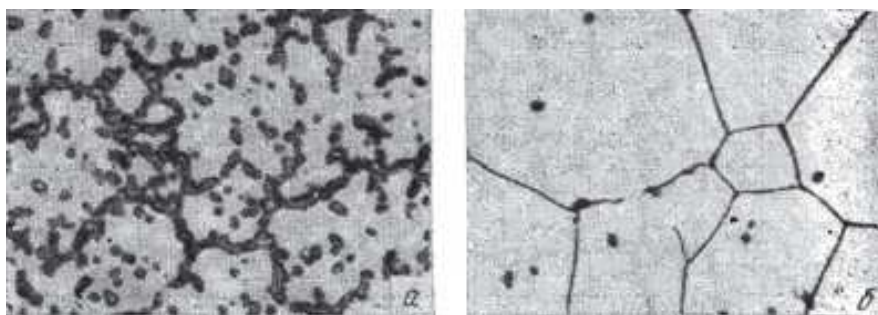
Ergin	Ýagdaýy	$\sigma_b$ , $N/mm^2$	$\sigma_{0,2}$ , $N/mm^2$	$\delta$ , %
ML2	Termik taýdan işlenilmezden	12	3,5	4
ML3	Şol bir zat	18	5,5	8
ML4	„ “ Taplanan we garran	18	9,5	5
		25	12	4
ML5	Termik taýdan işlenilmezden	16	11	1,5
	Taplanan we garran	26	15	2
ML10	Şol bir zat	22	12,5	5
ML12	„ “	27	18	6

Guýma magniý erginleriniň himiki düzümi görnüşi üýtgeýänlere meňzeş, ýöne häsiýetleri boýunça olardan yzda durýarlar, aýratyn

hem, çeyeligi boýunça yza galýarlar. Bu gödek guýma gurluşy bilen bagly (2.11-nji surat). Termik taýdan işleme (taplama üçin gyzdyrylandaky birmeňzeşlik däneleriň serhetlerinde toplanan artyk fazalaryň eremegine getirýär, ol çeyeligi we berkligi artdyrýar.

Az çeyelikde berkligiň gazanylan derejesi  $25\text{--}27\text{ N/mm}^2$ -e deň ( $\delta = 2 + 4\%$ ).

Magnit erginleriniň häsiýetlerini gowulandyrmak zyýanly garyndylary (meselem, demir) bolmadyk arassa şihany ulanmak bilen, däneler gatanda we ownadylanda kristallaşmanyň merkezleri bolan eremeýän fazanyň suwuk ergininde döreyän modifikatorlara girismek bilen gazanylýar.



**2.11-nji surat. ML15. x 250 metal ergininiň mikrogurluşy:**  
*a – guýlan görnüşde; b – taplanan görnüşde*

Guýma magniý erginlerini hem, görnüşi üýtgeýän magniý erginlerini hem gyzgyna çydamly hökmünde ulanyp bolýar. Bu maksat üçin MA11-i (görnüşü üýtgeýänleri) we ML12-ni (guýmalary) ulanmak maksadalaýykdyr.

## 2.7. Berilliniň öndürilişi

Berilliý atom tehnikasynda ulanylýar, ýöne berilliý ýeňil metal, özi hem beýleki ýeňil metallaryň (alýuminiň, magniniň) ulanylýan maksatlary üçin ulanylýar.

Berilliý himiki element hökmünde alýuminiý bilen magniden öň, ýagny 1797-nji ýylda Wokelen tarapyndan açyldy. 1827-nji ýylda berilliý metalynyň ilkinji nusgalary alyndy.



Berilliniň Ýer gatlagyndaky mukdarynyň azlygy (0,0005 %, Fe 5,1 %, Al 7,5 %) sebäpli ol gymmatbahalydyr. Geljekde hem şeýle bahada saklanmagynyň mümkinligi berilliniň we onuň erginleriniň diňe aýratyn ýagdaýlarda ulanyljakdygy dogrusynda çaklamaga mümkinçilik berýär. Haçan-da berilliý öz häsiýetlerine görä bu maksat bilen ulanylyp bilinjek ýeke-täk material bolanda, şeýle-de onuň gymmat bahasy onuň az mukdarda ulanylmagyna päsgel bermese, onda ony maşyngurluşygynda ulanyp bolar.

Dykzylygynyň pesligine ( $1,8 \text{ g/sm}^3$ ) garamazdan, berillide, aýratyn-da, onuň erginlerinde çeyeligiň we berkligiň ýokary moduly, ölçegli durnuklylygy, gurşawlaryň birnäçesinde korroziýa garşy gowy durnuklylygy bar.

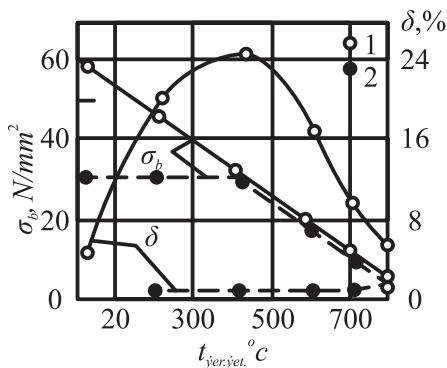
Berilliniň zäherlidigini, şeýle hem çeyeliginiň pesdigini bellemeli. Bu ýagdaýyň esasynda geksagonal kristal gözenek dur ( $a = 2,3 \text{ Å}^\circ$ ;  $c = 3,6 \text{ Å}^\circ$ ).

Berilliniň mehaniki häsiýetleri şeýle:  $\sigma_b = 25 \text{ N/mm}^2$ ,  $\delta = 1 \%$ . Emma ol bölüp çykarmany emele getirýär we görnüşiniň üýtgemeginiň netijesinde berklik ( $\sigma_b$ )  $70 \text{ N/mm}^2$ -e çenli, çeyelik ( $\delta$ ) bolsa 10%-e çenli ýokarlanýar.

Bu bolsa häsiýetleriň örän ýokary anizotropiýasyny görkezýär. Ol otag gyzgynlygynda berklik üçin  $2 \text{ N/mm}^2$ -e, çeyelik üçin 10%-e deň.

Berilliniň mehaniki häsiýet-leri barada (deformasiýa okunyň göni we keseligine häsiýetleri, dürli gyzgynlykdaky häsiýetleri) 2.12-nji suratda berlen çyzgylar gürrüň berýär.

Berillini bişirilenden soň gyzgyn plastik deformasiýa we metalkeramika usuly bilen taýýarlaýarlar. Ownuk bölekleriň ölçegi hem berilliniň häsiýetine täsir edýär, näçe ownuk bolsa şonça-da berkligi ýokary (ownuk bölekleriň ölçegi  $10 \text{ mkm}$  bolanda  $\sigma_b = 40 \text{ N/mm}^2$ ,  $5 \text{ mkm}$  bolanda  $\sigma_b = 50 \text{ N/mm}^2$ ). Gowy mehaniki häsiýetleri almak üçin ownuk däne taýyn önümde hem bolmaly.



2.12-nji surat. Prokatskanyň boýunyň we uzynlygynyň ugruna berilliniň mehaniki häsiýetleri

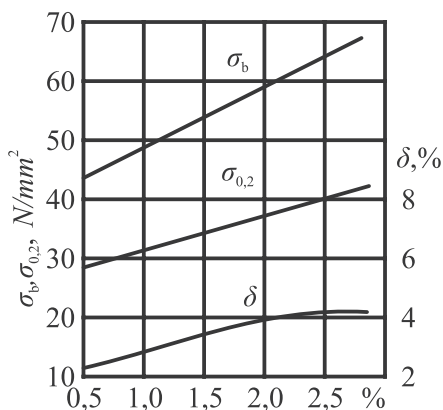
Içki naprýaženiýäni aýyrmak üçin berillini 600 °C gyzgynlykda gyzartmaly. Gaýtadan kristallaşdyrma gyzartmasyny 800 °C gyzgynlykda geçirýärler (T gaýt. kris.: T. Pl. = 0,6 gatnaşygy berilliý üçin örän ýokary).

Biraz mundan ön ýüze çykarylan berilliniň polimorf öwrülmesi ( $\text{Be}_\beta$  kub görnüşindäki gözenegi bar,  $\alpha \rightarrow \beta$  öwrülme gyzgynlygy 1250 °C) häsiýetleri gowulandymak üçin termik taýdan işlemäniň (fazalaýyn gaýtadan kristallaşma) ulanylma mümkinçiligine umyt etmäge rugsat berýär. Ýokary gyzgynlykdaky  $\beta$  faza çýýedir, ýöne ony legirleme bilen hem, çalt sowadyp hem otag gyzgynlygyna çenli sowadyp bolmaýar.

## 2.8. Berilliniň erginleri

Berilliý – az atom ölçegli element. Gaty erginleriň emele gelme-gi kristal gözenegiň üýtgemegine getirip biler, sebäbi beýleki elementleriň atom ölçegi berilliniňkä garanynda has uly. Bu öňden hem pes bolan çýýeligini has hem peseldýär. Şonuň üçin hem berilliniň häsiýetleriniň gowulanmagy legirlemäniň hasabyna däl-de, arassalygyň hasabyna amala aşyrylýar. Berilliniň düzüminde Si-niň 0,001 % bolmagy ýeterlik, ol şol bolşuna örän döwlegen bolýar.

Kislorodyň baýlygy berilliniň ýagdaýyny has gowulaşdyrýar (2.13-nji surat), beýleki metallar üçin bolsa kislorod ýaramaz garyndy bolup hyzmat edýär. Şeýle-de bolsa düzümini berilliniň esasynda etmegi amatly hasap edýärler.



2.13-nji surat. Berilliniň mehaniki häsiýetlerine kislorodyň täsiri

Has amatly ergin Be + 4 – 5 % Cu. Misiň berilliniň düzümine goşulmagy anizotropiýa ýagdaýyny peseldýär we berilliniň ýagdaýynyň gowulaşmagyna getirýär. Netijede, onuň çýýeligini artdyrýar.

Berilliý diňe bir legirleýji element hökmünde ulanylman (mysal üçin, berilliý - bürünç), onuň özi giňden atom tehnikasynda, erginleri bolsa awiasiyada, enjam gurluşygunda ulanylýar.

---

## III BAP

# METAL ERGINLERİNİN NAZARYÝETİNİN ESASLARY

---

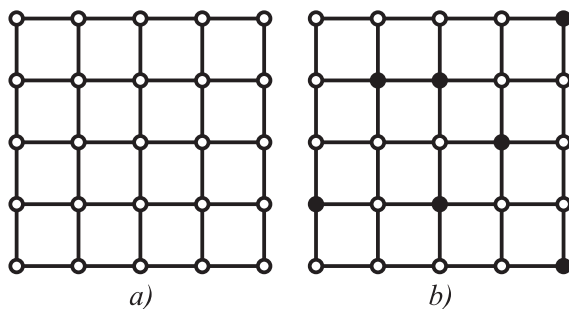
### 3.1. Metal erginlerindäki tapgyrlar

***Metal erginleri*** – metal häsiýetleri bilen tapawutlanýan iki we köp elementleriň birikmesi. Himiki elementleri ýa-da metal erginini emele getirýän birikmeleri komponentler diýip atlandyrmak kabul edildi. Metal ergini iki ýa-da köp komponentlerden ybarat bolup biler, şeýle-de bir ýa-da birnäçe tapgyrlary döredip biler.

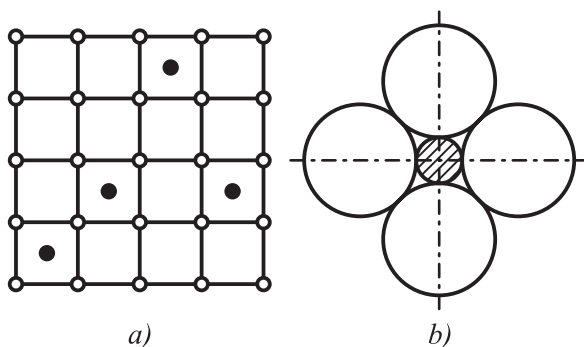
***Tapgyr*** beýleki bölümlerden bölümiň üsti bilen aýrylan birkysmy bolmadyk ulgamyň birkysmy bölegidir. Suwuk ýagdaýda durýan metal erginleri, kada bolşy ýaly, bir tapgyrlyrlar (birkysmydyrlar). Gatandan soň komponentleriň tebigatyna baglylykda metal erginleri 1, 2 we ondan hem köp gaty halyndaky tapgyrlardan ybarat bolup biler. Gaty ýagdaýynda metal ergininiň komponentleri himiki birikmäniň gurluşyny döredip, himiki taýdan özara täsir edip ýa-da özara duffundirläp bilerler, gaty erginleri döredip, ýörite birikdirilen däne-lerden mehaniki garyndyny emele getirip bilerler.

***Gaty ergin*** ereýän elementiň atomlary eredijiniň kristal gözenegine aralaşanda döreýär. **Erediji** diýlip esas hökmünde saklanýan metala, kristal gözenege aýdylýar. Gaty erginler - munuň özi bir tapgyrly ulgamlar bolup, olar sap metal ýa-da himiki birleşme bolup durýan erediji komponent bolan mahalynda emele gelýärler.

Çalyşmak, ornaşdyrmak ýa-da hasaplap çykarmak bilen erginleri tapawutlandyrýarlar. Gaty erginiň çalşylmasy esasy metalyň atomlarynyň bir böleginiň (erediji) erän atomlar bilen çalşymagynda döreýär (3.1-nji surat). Gaty erginleriň çalşygy metallaryň köpüsi eredilende emele gelýär (mysal üçin, demir, hrom, marganes, nikel, wolfram, molibden bilen; mis, sink, galaýy, alýuminiý bilen we ş.m.). Bu erginler komponentleriň organiki ýa-da organiki däl eremeleridir.



**3.1-nji surat. Sap metallaryň kristal gurluşlarynyň çyzgysy**  
*(a) gaty erginleri çalyşmak; (b) açyk tegmil – sap metal tegmili; garamtyl – eredilen*

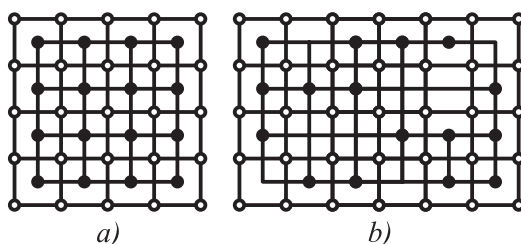


**3.2-nji surat. Kristal gözenekleriň gaty erginleriniň ornaşdyrma çyzgysy:**  
*a – eredilen elementleriň atamlary (gara tegmil),  
 b – atamlaryň arasyndaky boşluklar*

Gaty erginleriň ornaşmagy erdijiniň kristal gözeneginiň (bölekleriniň) arasynda erän elementiň atamlary ýerleşende emele gelýär (3.2-nji surat). Şeýle erginler kiçi atom möçberlerindäki metal däl elementler bilen metallaryň özara täsirinde emele gelýär. Ornaşdyrylan atamlaryň möçberleriniň esaslardan örän az bolmalydygy 3.2-nji (b) suratdan görünýär. *A* demirde (ferrit) we *V* demirde (austenit) uglerodyň erginleri gaty erginleriň bu görnüşiniň mysaly bolup durýarlar.

Gaty erginleriň hasaplanyp çykarylmasý käbir himiki birleşmeleriň esasynda emele gelýär. Sap metallaryň esasynda emele gelýän

ýerleşdirilen we ornaşdyrylan gaty erginlerden olaryň esasy tapawudy şundadyr. 3.3-nji suratda nikel bilen alýumininiň himiki birleşmesiniň kristal gurluşy we Ni bilen Al-de alýumininiň gaty ergini görkezildi. Alýumininiň artykmaç atomlary nikeliň atomlarynyň ýerini çalyşmaýarlar. Olar alýumininiň atomlary bilen dörän ýönekeý kristal gözenekde ornaşýarlar (3.2-nji b suratdaky ak tegelejekler). Şeýlelikde, nikeliň atomlary bolmadyk erkin bölekler peýda bolýarlar. Hasaby çykarylan gaty erginler uly amaly ähmiýete eýedir. Olary gaty erginler öndürilende, mysal üçin, Tic-de Ti, c we VC-de V erginleri we başgalar öndürilende peýdalanýarlar.



### 3.3-nji surat. Kristal gurluşyň çysgysy:

*a – himiki birleşmeler, b – hasaplap çykarylan gaty erginler*

Gaty erginleri (görnüşine garamazdan), adatça, olarda ereýän elementiň konsentrasynyň artmak tertibinde grek harplary  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  bilen belleýärler. Himiki birleşme haçan-da erginiň dürli elementleriniň atomlary öz aralarynda biri-birlerini dartyşanlarynda we olaryň arasynda elektrohimiýa tapawut bolanda emele gelýär. Himiki birleşmelerde metal ergininiň düzümleriň pugta kesgitlenen mukdar gatnaşygy düzümleriň düzümine girýän gözeneklerden tapawutlanýan kristal gözenek bilen häsiýetlendirilýär. Himiki birleşmeler metallaryň arasynda (Fe, Cr we başgalar), şeýle hem metallar bilen metal dälleriň (karbidler, nitritler, oksidler we başgalar) arasynda emele gelýärler we olar ýokary gatylyga, döwlegenlige, ýokary elektrik garşylygyna eýedirler. Olardan käbirleri (karbidler, nitridler, oksidler, fosfidler we başgalar) özbaşdak önüm giňişleýin ulanylmagyna eýe boldular.

Haçan-da dürli elementleriň atomlary itißenlerinde ýa-da meňzeş atomlara garanda gowşak dartysanlarynda **mehaniki garyndy** emele gelýär. Şunda atomlar öz aralarynda diňe umumy serhetler bilen birleşýän aýry-aýry kristal dänelere aýrybaşgalanmaga ymtylýarlar. Mehaniki garyndylar sap düzümlerinden, gaty erginlerden, himiki birleşmelerden we ş.m. ybarat bolup biler. Mehaniki garyndyny emele getirýän kristallar onuň düzümine girýän düzümleriniň kristal gözenegini saklaýarlar. Mehaniki garyndylaryň düzümlerini düzüýän kristallar sowanda, suwuk erginden bir wagtda düşüp galanda (ewtektik garyndy) hem-de erginiň gaty ýagdaýa öwürülmegi netijesinde (ewtektoid garyndy) emele gelýärler.

### 3.2. Gibbsiň fazalarynyň kadasy

Amerikan fizigi Gibbs Jozaýa Willard (1839–1903) termodinamikany we statistik mehanikany döredijileriň biridir. Gibbs termodinamika potentsiallarynyň nazaryýetini işläp düzdi, geterogen sistemalaryň deňagramlylygynyň umumy düzgünini (şertini) – fazalaryň kadalaryny açdy.

Dürli arassa metallaryň we olaryň garyndylarynyň barlaglarynyň netijelerini nazary taýdan barlamak üçin, gyşyk sowatmak arkaly gurlan tejribe usuly bilen esaslandyrmak we metal erginleriniň ýagdaýynyň diagrammalary üçin Gibbsiň fazalar kadasyndan peýdalanylýar. Bu kanun erkinlik derejeleriniň sanynyň, fazalaryň sanynyň we komponentleriň sanynyň arasyndaky mukdar garaşlylygyny belleýär:

$$S = K + D - F.$$

Bu ýerde

$S$  – erkinlik derejeleriniň sany;

$K$  – düzümleriniň sany;

$D$  – deňagramlylygyň daşky faktorlarynyň sany;

$F$  – fazalaryň sany.

**Ulgam** diýlip gaty, suwuk we gaz halyndaky fazalaryň jemine aýdylýar. Olary ulgamy weýran etmezden erkin berip bolar. Ulgam ýönekeý ýa-da çylşyrymly, birkysmy ýa-da birkysmy däl bolup biler.

**Düzüm birligi** diýlip diňe ulgamyň garaşly düzüm bölegine aýdylýar. Ol ýa himiki element, ýa-da garaşsyz himiki birleşme bolup biler.

**Faza** diýlip bölümiň üsti bilen beýleki böleklerden (fazalardan) aýrylýan ulgamyň birkysmy bölegine aýdylýar. Fazalar komponentler, himiki birleşmeler, gaty we suwuk erginler, buglar bolup biler.

**Erkinlik derejesiniň sany (ulgamyň wariantlylygy)** diýlip temperaturanyň, basyşyň we ulgamda fazalaryň sanyny üýtgetmezden fazalaryň konsentrasiýasynyň üýtgemeginiň mümkin bolan wariantlarynyň sanyna aýdylýar.

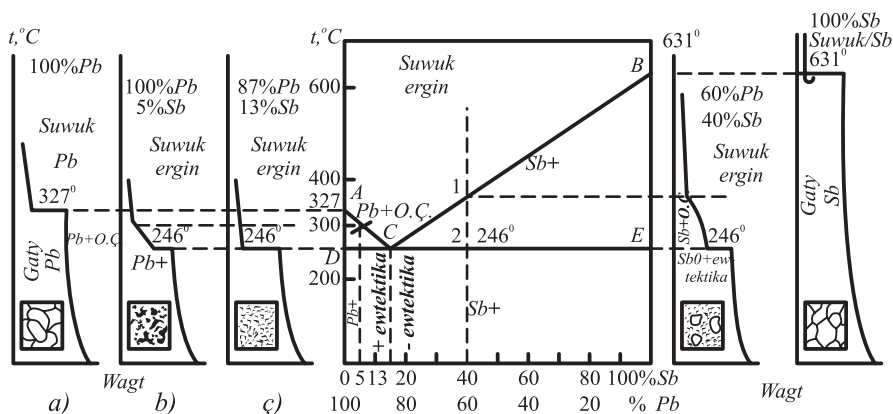
Hemişelik basyş astynda bolýan metal erginleri üçin üýtgeýän daşky faktorlar temperatura we konsentrasiýa bagly bolup durýarlar. Şu ýagdaýda fazalaryň kadasy şu aşakdaky görnüşi kabul edýär:

$$S = K + 1 - F.$$

### 3.3. Metal erginleriniň hal diagrammalarynyň esasy görnüşleri

Metal erginleriniň hal diagrammalary faza ýagdaýynyň, komponentleriň düzüji ulgamynyň temperaturasynyň we konsentrasiýasynyň arasyndaky grafiki garaşlylygy häsiýetlendirýärler. Bu diagrammalar metal erginleriniň gatamagynyň başlanýan we gutarýan temperaturasyny, dürli temperaturalarda sowadylanda we gyzdyrylanda metal erginlerinde bolýan öwrülme üçin olaryň gurluşyny kesgitlemäge mümkinçilik berýärler. Metal erginleriniň hal diagrammalary termiki, mikroskopik, rentgen gurluşy, magnit we beýleki seljermeler arkaly alnan synag barlaglarynyň maglumatlarynyň esasynda gurulýarlar. Esasy, has ýönekeý we giňden peýdalanylýany termiki seljerme usulydyr. Termiki seljermede suwuk haldan gaty hala geçende metal erginleriniň gatamagynyň başlanýan we gutarýan temperaturasyny, şeýle hem gaty ýagdaýdaky metal erginlerinde bolup geçýän ähli öwrülmeleriň temperaturasyny (kritiki temperaturalary) kesgitleýärler. Termiki seljerme üçin düzüm birikmeleriniň biriniň dürli konsentrasiýaly metal erginleriniň birnäçesini taýýarlaýarlar. Bu metal erginlerini barlaga sezewar edýärler, ýagny ereýänçä gyzdyrýarlar, soňra bolsa kem-kemden we deňölçegli sowadýarlar. Wagtyň belli bir aralyklary arkaly metal erginleriniň tem-

peraturasyny belleýärler. Alnan maglumatlaryň esasynda temperatura-nyň koordinatlarynda her bir metal ergini üçin gyşyk sowatmany-wagty gurýarlar. Gyşyk sowadylyp alnanlar alnan häsiýetli (kritiki) nokatlary temperatura koordinatlaryna geçirýärler. Soňra kristallaşmagyň başla-nyňan we gutarýan nokatlaryny özara birleşdirip umumy häsiýetlerde gurlan hal diagrammasyny alýarlar (3.4-nji surat).



3.4-nji surat. Gurşun bilen sürmäniň ergininiň hal diagrammasy we gyşyk sowatmanyň çyzgysy:

a – arassa gurşun; b – 5 % sürme we 95 % gurşunly ergin

**Hal diagrammalarynyň birinji görnüşi.** Gaty ýagdaýda düzümleriň birlikleriniň özara ereýjiligiň bolmazlygy üçin diagrammalaryň bu görnüşiniň häsiýetli aýratynlygy suwuk ýagdaýyndaky organiki däl ereýän komponentler bolup durýarlar we öz kristallarynyň mehaniki garyndysyny döredýärler. Bu görnüşiniň hal diagrammasy boýunça Pb-Sb; Sn-Zn; Pb-Ag ulgamlary kristallaşýarlar. Mysal üçin, Pb-Sb ulgamyň erginleriniň hal diagrammasyny alalyň (3.4-nji surat).

Ýokarky çyzyklarda ähli düzümleriň *AS* we *SW* metal erginleri suwuk ýagdaýda durýarlar. Bu çyzyklarda metal erginleriniň kristallaşmasy başlanýar. Ine, soňa görä-de, *ASW* çyzygyny **likwidus (suwuk) çyzygy** diýip atlandyryýarlar. *DSE* çyzygy metal erginleriniň gatamagynyň ahyryna laýyk gelýär. Aşakdaky *DSE* çyzygynda ähli düzümleriň erginleri gaty ýagdaýda durýarlar, soňa görä-de *DSE* çyzygyny **solidus (gaty)** diýip atlandyryýarlar.



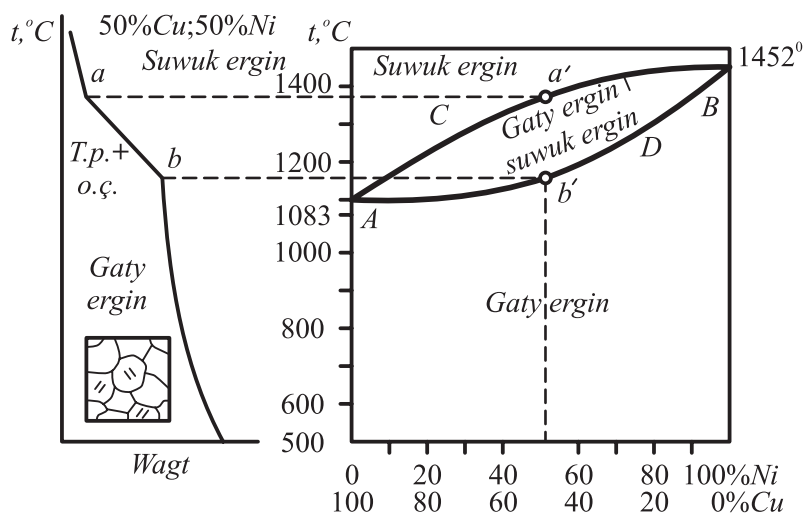
Likwidus we solidus çyzyklarynyň arasyndaky metal erginleri iki fazadan, ýagny suwuk we gaty fazadan durýar. DAS çäklendirilen figura babatda metal erginleri gurşun we suwuk metal ergininiň kristallary görnüşinde, SWE çäklendirilen figura babatda bolsa surma we suwuk metal ergininiň kristallary görnüşinde durýarlar. Aşaky DSE çyzygynda (solidus) ähli metal erginleri gaty ýagdaýda durýarlar, ýöne olaryň faza düzümi dürli-dürlüdür. Aşaky DS çyzygynda olar gurşunyň we ewtektikanyň kristallaryndan durýar, aşaky S ewtektikanyň biridir, aşaky SE çyzygy surmanyň we ewtektikanyň kristallaryndan durýar.

Şeýlelikde, Pb-Sb ulgamynyň erginlerini gurluşy we düzümi boýunça üç topara bölmek bolar. Olar 13 % SB saklaýan metal erginleri, ýagny **ewtektiki**, 13 % SBE çenli konsentrasiýaly, ýagny **ewtektika çenli**, 13 % SB-den köp konsentrasiýaly metal erginleri, ýagny **ewtektikadan soňky** toparlarydyr.

Pb-Sb ulgamynda Gibbsiň fazalar kadalary ulanylyp dürli konsentrasiýalardaky metal erginleri sowadylanda we gyzdyrylanda bolup geçýän ähli üýtgemeleriň nazary barlagyny getirmek bolar. Munuň üçin diagrammada metal ergininiň islendik düzümine laýyk gelýän wertikaly getirmek gerek. Şeýlelikde, diagrammanyň çyzyklarynyň kesişýän nokatlary boýunça ol ýa-da beýieki öwrülmäni kesgitläp bolar (gatamagyň ýa-da eremegiň başy we ahyry).

Mysal hökmünde 60 % *PB*-ni we 40 % *SB*-ni saklaýan metal erginini alalyň we wertikaly geçireliň. Metal ergininiň ýokarky 1-nji nokady suwuk ýagdaýda durýar. Diýmek, faza birdir (suwuk metal ergini). Bu ýerde ulgam iki wariantlydyr ( $S = 2 + 1 - 1 = 2$ ). Diýmek, onuň deňölçegliligini üýtgetmän (metal ergini suwuk ýagdaýda galar), metal ergininiň temperaturasyny we konsentrasiýasyny (kesgitli çäklerde) üýtgedip bolar. *SW* çyzygynda ýatan 1-nji nokatda surmanyň kristallary bölünip çykyp başlaýar. Bu nokatda we ähli üçburçlugyň içinde *SWE* metal erginleri surmanyň we suwuk metal ergininiň kristallaryndan durýarlar. Bu birgörnüşlilik ulgamydyr ( $S = 2 + 1 - 2 = 1$ ). Munuň özi metal ergininiň deňölçegliligini üýtgetmän ýa temperaturany, ýa-da konsentrasiýany erkin üýtgetmäge mümkinçilik berýär. *SE* çyzygynda ýatan 2-nji nokatda metal ergini gutarnykly gataýar we surmanyň hem-de ewtektikanyň kristallaryn-

dan durýan gurluş alynýar. Diýmek, bu ýerde 3 faza bardyr: ewtektikanyň düzümine girýän surma, suwuk metal ergini we gurşun. 2-nji nokatdaky ulgam wariantsyzdyr ( $S = 2 + 1 - 3 = 0$ ) we temperaturanyň ýa-da konsentrasiýanyň islendik üýtgemegi deňölçeçliligiň bozulmagyna getirer. Şeýle ýagdaýda ähli metal erginleriniň gaty halynda durýan DSE çyzygy ähli çyzygyň içinde göze ilýär. Şeýle üýtgemeler ähli ewtektikadan soňky metal erginlerinde bolup geçýär. Ewtektika çenli metal erginlerinde suwuk erginden AS çyzygynda gurşunyň kristallary düşüp başlaýarlar, çünki ol pes temperatura bilen sunna baýlaşýan suwuk ergine garanda gatamagyň has ýokary temperaturasyna eýedir. Gurşunyň kristallarynyň bölünip çykmagy DS çyzygyna çenli göze ilýär. Bu çyzykda suwuk fazanyň galan bölegi (13% surmanyň konsentrasiýasy) ewtektikany döretmek bilen gataýar.



3.5-nji surat. Mis bilen nikeliň hal diagrammasy

**Hal diagrammalarynyň ikinji görnüşü.** Gaty ýagdaýynda komponentleriň birinden beýlekä doly eremek ýagdaýy sebäpli diagrammalaryň bu görnüşü boýunça Cu-Ni; Co-Ni; Fe-Ni we başga metal erginleri gataýarlar. Mysal hökmünde 3.5-nji suratda Cu-Ni ulgamynyň metal erginleriniň hal diagrammasy getirildi.

Pb-Sb ulgamyndan tapawutlykda Cu-Ni metal erginleriniň gatamagy misiň we nikeliň gaty ergininiň kristallarynyň suwuk ergininden bölünip çykmagy bilen başlanýar. Bu metal erginleri temperaturalaryň käbir interwalynda gatap ugraýarlar we iki kritiki nokatda gysyk sowayarlar (iki epin). Epinleriň arasyna suwuk metal erginlerinden gaty erginiň kristallary düşýärler.

*ASW* diagrammanyň ýokarky çyzygy metal erginleriniň kristallaşyp başlamagyna laýyk gelýär.

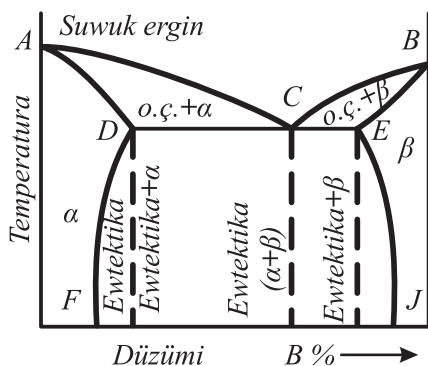
Aşaky *ADB* bolsa kristallaşmagyň ahyryna laýyk gelýär. Şeýlelik bilen, ýokarky likwidus çyzygynda metal ergini suwuk ýagdaýynda durýar (bir faza), *ASB*-de ulgamyň içerki figuralary gaty erginiň we suwuk metal ergininiň kristallaryndan (iki faza) durýar, aşaky solidus çyzygy gaty erginiň birinden durýar (bir faza).

Bu görnüşli diagrammanyň barlagy üçin fazalaryň kadasyny ulanyp, öňki ýagdaýa meňzeş Cu-Ni ulgamynyň metal erginleri sowadylanda we gyzdýrylanda ähli öwrülmeleri yzarlamak gerekdir.

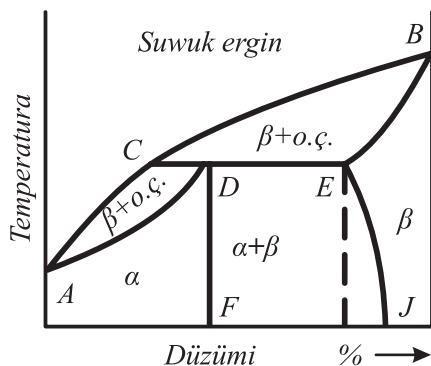
**Hal diagrammalarynyň üçünji görnüşü.** Gaty ýagdaýda komponentleriň özara çäklendirilen eredijiliginiň halaty üçin Cu-Ag ulgamy mysal bolup hyzmat edip biler. *ASB* çyzygy likwidus, *ADEB* çyzygy solidus, *DSE* ewtektik öwrülmäniň çyzygy, *a*-gaty ergin Cu Ag, *β* Ag-de Cu-nyň gaty ergini.

*ASB*-niň ýokarky çyzyklarynda ulgamyň ähli erginleri suwuk ýagdaýda durýar. *AD* we *EB* aşaky çyzyklar babatynda *α* we *β* gaty erginlere laýyk gelýär. Erginler bu ýerde öwrülmek ýagdaýynyň diagrammalarynyň ikinji görnüşiniň shemasy boýunça akýar. Konsent-rasiýalaryň interwalynda *d* nokatdan *e* nokada çenli gataşmak diňe tapawut bilen birinji görnüşiniň diagrammasyna laýyklykda bolup geçýär, ýagny ewtektika misiň we kümüşüň kristallaryndan däl-de, eýsem *α* we *β* gaty erginlerinden ybarat bolar.

**Hal diagrammalarynyň dördünji görnüşü.** Peritektikanyň döremek ýagdaýy üçin peritektiki öwrülmek *a* (5) demir dörände, şeýle hem misiň sink, galaýy, alýuminiý we beýlekiler bilen erginlerinde duş gelýär (3.7-nji surat).



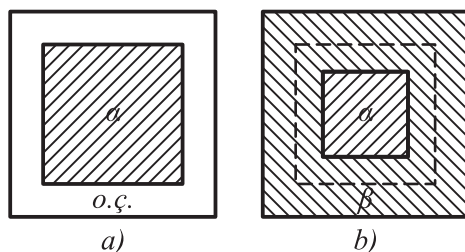
### 3.6-njy surat. Gaty haldaky komponentleriň çäklendirilen erginleriniň hal diagrammasy



### 3.7-nji surat. Peritektiki öwürmeleriň hal diagrammasy

Peritektikanyň döremegi aşakdaky çyzgy boýunça bolup geçýär. Suwuklykdan düşen (3) gaty erginiň kristallary we galan suwuklyk belli bir konsentrasiýada hem-de belli bir mukdarda öz aralarynda beýleki  $a$  gaty erginiň kristalyny döredip reagirleşýärler.

Iki görnüşli peritektikanyň döremek mehanizmi  $SD$  çyzygy boýunça suwuk metal ergini hem-de  $\beta$  gaty ergini özara täsir edende emele gelyän a gaty ergin suwuk metal ergini bilen gurşalan ýagdaýda bolýar. Ol peritektiki reaksiýadan artykmaçlykda galýar (3.8-nji (a) surat).  $DE$  çyzygy boýunça özara täsir etmegiň netijesinde  $\beta$  gaty ergin artykmaç bolup galýar we a gaty ergin onuň gurşawynda bolup galýar (3.8-nji (b) surat). Peritektika (ewtektika ýaly) mehaniki gaýryndydyr, ýöne gurluşy boýunça birneme başgaçadyr.



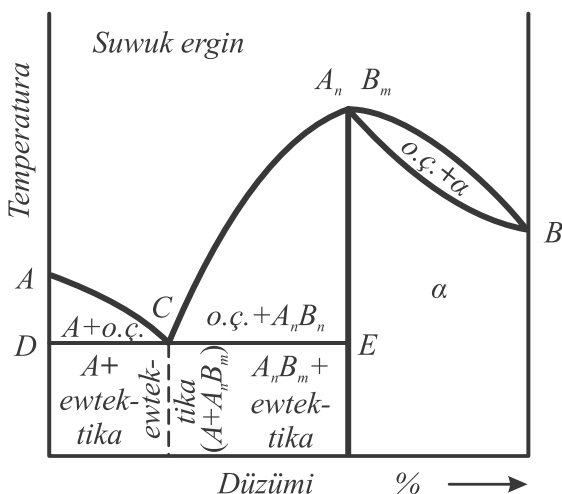
**3.8-nji surat. Peritektikanyň döreýiş çyzgysy:**

*a – daşy suwuk ergin bilen gaplanan gaty erginleriň kristallary;*

*b* – beýleki gaty erginler bilen gursalan gaty erginleriň kristallary

Diagrammadaky  $ASB$  çyzygy likwidus,  $ADEB$  çyzygy solidusdyr,  $SDE$  bolsa peritektiki öwrülmek çyzygydyr.  $S$  çep nokatlary we  $YE$  sag nokatlary öwrülmek ýagdaýynyň diagrammasynyň ikinji görnüşiniň ýörelgesi boýunça akýar.

**Hal diagrammalarynyň başynjy görnüşü.** Himiki birleşmäniň düzüm birikmeleriniň arasyndaky döremek halaty üçin oňa ýagdaýyň ýönekeý diagrammalarynyň iki görnüşini  $a$  we  $b$  düzüm birikmeleri bilen emele getirýän özbaşdak düzüm birligi hökmünde garamak bolar (3.9-njy surat). Sap metala we gaty ergine meňzeş himiki birleşme bir fazaly gurluşa eýe bolar.



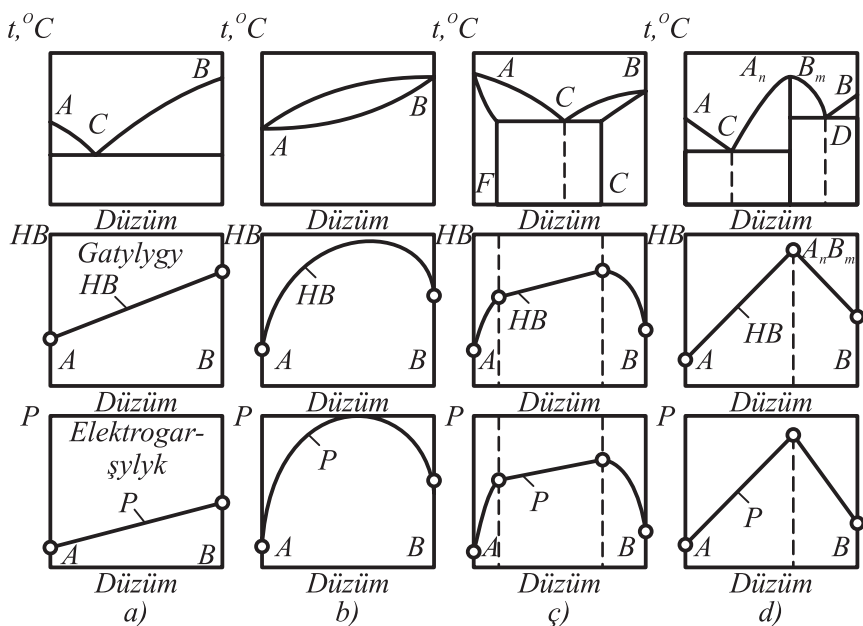
3.9-njy surat. Himiki birleşmeleri döredýän komponentleriň hal diagrammasy

Diagrammada  $ASA_n B_m B$  çyzygy likwidusdyr,  $DSEA_n B_m B$  bolsa solidusdyr. Ergin öwrülmäniň diagrammasynyň çep böleginde birinji görnüşli diagramma laýyklykda A komponentiň we  $A_n B_m$  himiki birleşmäniň kristallaryndan ewtektikanyň döreýän  $SE$  çyzygyndaky tapawut bilen akýar. Öwrülmäniň sag böleginde hal diagrammalarynyň ikinji görnüşiniň shemasy boýunça akýar. Birinji görnüşüň hal diagrammasyna laýyklykda gatap başlan metal erginleriniň gaty-

lyk, elektrik we beýleki fiziki häsiýetnamalary göni çyzyk kanuny boýunça üýtgeýärler (3.10-njy (a) surat).

Eger metal erginlerinde gaty erginleriň üznüksiz hatary emele gelse, onda häsiýetler egri çyzykly garaşlylyk boýunça üýtgeýärler (3.10-njy (b) surat).

Komponentleriň çäklendirilen ereýjiligi bolan metal erginleriniň ulgamynda we himiki birleşme emele gelen mahalynda häsiýetler birinji ýa-da ikinji görnüş üçin diagrammanyň ol ýa-da beýleki böleginiň deňişligine laýyklykda üýtgeýärler (3. 10-njy (b) we (ç) suratlar).



3.10-njy surat. Erginleriň we gurluşlaryň hal diagrammalarynyň baglanyşygy:

a – birinji görnüş üçin, b – ikinji görnüş üçin, ç – üçünji görnüş üçin,

d – başınjy görnüş üçin

## IV BAP

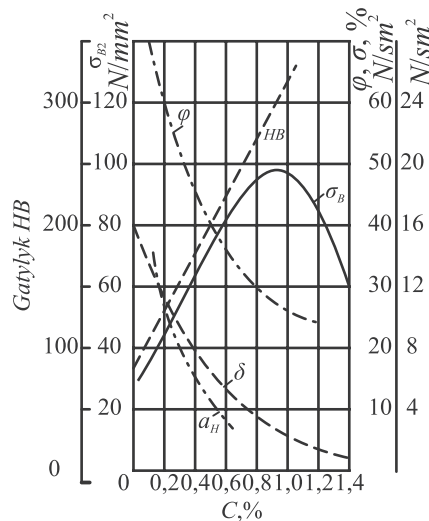
### DEMİR WE ONUŇ ERGINLERİ

#### 4.1. Demir we uglerodyň häsiýetleri

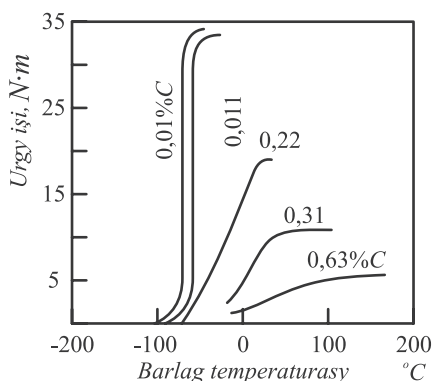
**Demir** – 1539 °C-de ereýän kümşe meňzeş metal. Häzirki alynýan arassa demirde goşundylaryň 0,001 %-i bar, demriň tehniki görnüşlerinde bolsa garyndylaryň 0,1 ... 0,2 %-i (C, Mn, Si, S, P we beýlekiler) bar. Demriň iň möhüm häsiýetleriniň biri allotropiýadyr. Demriň gurluşlary we häsiýetleri bilen tapawutlanýan iki modifikasiýasynyň ( $\alpha$  we  $\gamma$ ) barlygy belli boldy.  $\alpha$  – demir 911 °C-den pes we 1401 °C-den ýokary derejelerde bolýar. 1401–1539 °C  $\alpha$  demri  $\delta$  demir diýip belleýärler.  $\gamma$  demri 911–1401 °C derejeleriň aralygyn-da bolýar.

Demriň mehaniki häsiýetleri (4.1-nji surat) däneleriň arassalygyna we ölçeglerine bagly. Brinnel boýunça demriň gatylygy 580–800-den ybarat, çekilende berkligiň çägi  $\sigma_B = 180...280 \text{ N/sm}^2$ -e, uzalma  $\delta = 30\text{--}50\%$ -e, daralma  $\Psi = 70\text{--}80\%$ -e deň. Demriň köp elementler (C, Si, Mn, Cr, Ni we beýlekiler) bilen ergin döretmesi aňsat. Demriň dykyzlygy  $7,68 \text{ t/m}^3$ -e deň, liniýalaýyn giňelmeginiň koeffisiýenti  $11,7 \cdot 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$  deň.

**Uglerod** dykyzlygy  $2,5 \text{ m}^3$ , ereme derejesi 3500 °C bolan me-tal bolmadyk element (4.2-nji surat). Uglerodyň üç sany (kömür, grafit we almaz) allotropik görnüşi bar. Demirug-lerod erginlerinde (ol ýerde ol ikinji düzümleriň görnüşinde) uglerod ýa grafit, ýa-da sementit  $\text{Fe}_3\text{C}$  görnüşinde (demriň we uglerodyň himiki birleşmesi) duş gelýär.



4.1-nji surat. Poladyň mehaniki gurluşyna uglerodyň täsiri

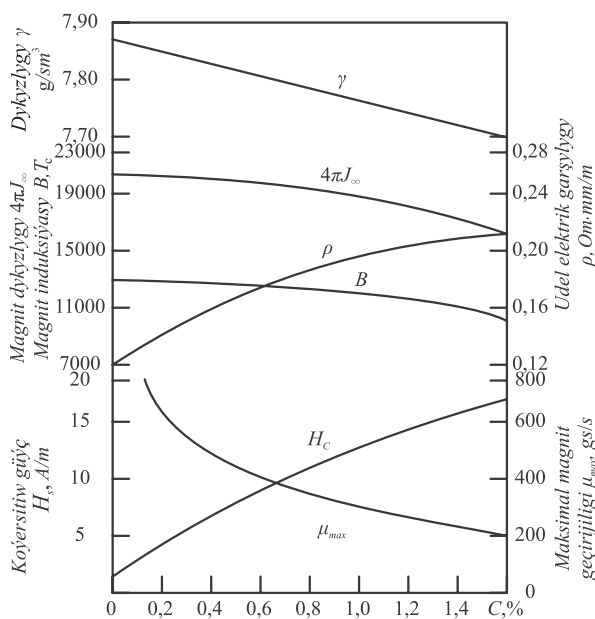


4.2-nji surat. Demirň sowuk döwürmesine uglerodyň täsiri

**Grafitň** uly bolmadyk berkligi we gowşak bildirýän metal häsiýetleri bar. İçinde demir bolan erginlerde ol öz metal häsiýetini ýitirýär. Uglerod demirde suwuk we gaty ýagdaýlarda ereýär we ereýjiligi çäklendirilen  $\alpha$  we  $\gamma$  gaty girizme erginlerini döredýär.

Poladyň düzüminde uglerod esasy garyndy bolup, ol mehaniki we tehnologiki häsiýetlerine güýçli täsir edişi ýaly onuň fiziki häsiýetlerine-de belli bir muk-

darda täsir edýär. 4.3-nji suratda görnüşi ýaly poladyň udel elektrik garşylygy, maksimal magnit geçirijiligi, magnit dykzlygy, magnit induksiýasy, Koýera güýji, ýylylyk we elektrik geçirijiligi ýaly käbir görkezijileri poladyň düzümindäki uglerodyň mukdaryna baglylykda üýtgeýändigine doly göz ýetirip bolýar



4.3-nji surat. Poladyň käbir fiziki gurluşyna uglerodyň täsiri



## 4.2. Demiruglerod erginleriniň fazalary we düzüm bölekleri

Fe – C ( $\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$ ) ulgamynda aşakdaky fazalar, ýagny suwuk we gaty erginler (ferrit we austenit), himiki birleşmeler (sementit), şeýle hem grafit tapawutlandyrylýar. Ferrit, austenit, sementit, perlit, ledeburit we grafit düzüm bölekleri bolup bilerler.

**Ferrit** – uglerodyň we beýleki elementleriň  $\alpha$  demirdäki girizme gaty ergini. Kadaly derejede uglerodyň 0,006 % çäklerinde ereýji bilen pes derejedäki  $\alpha$  ferrit, 727 °C derejede 0,025 % çäklerinde ereýji we uglerodyň aňryçäk 0, 1 % ereýjiligi bilen ýokary derejedäki  $\delta$  ferrit tapawutlandyrylýar. Ferritiň OSK kristal gözenegi bar. Onuň merkezinde uglerodyň atomy ýerleşýär. 768 °C dereje Kýuriniň ferrit üçin nokadydyr, ýagny bu derejeden aşakda ferrit magnitlidir, ýokarda bolsa magnitsizdir. Ferritiň, takmynan, aşakdaky ýaly mehaniki häsiýetleri bar:  $\sigma_B = 25 \text{ N/sm}^2$ ;  $\delta = 50 \%$ ;  $\Psi = 80 \%$ ; HB800–900. Ferrit mikroskopda ýagty (poliedrik) däneler görnüşinde görünýär.

**Austenit** uglerodyň we beýleki elementleriň  $\gamma$  demirdäki girizme gaty ergini. Howa derejesine baglylykda  $\gamma$  demirde 0,8 %-den (727 °C) başlap 2,14 %-e (1147 °C) çenli eräp bilýär. Austenitiň GSK kristal gözenegi bar. Uglerodyň atomy kubuň gyraňlarynyň merkezinde ýerleşýär. Austenitiň gatylygy HB220-ä çenli, ol magnit däl. Austenitiň mikrostrukturasy poliedrik dänelerden düzülen. Ol ferritden tapawutlylykda goşalyklary bilen häsiýetlendirilýär.

**Sementit** demriň uglerod bilen himiki birleşmesi (demir karbidi  $\text{Fe}_3\text{C}$ ). Uglerodyň sementitdäki mukdary 6,67 %. Sementitiň gatylygy HB1000-e çenli, port, plastik däl. Mikroskopda ýalpyldaýan birikdirme görnüşinde görünýär (etil spirtindäki azot kislotasynyň 2–5 % ergini bilen işlenip bejerilende). Sementitiň atomlaryň dykyz gaplamasy bolan çylşyrymly romb görnüşindäki kristallik gözenegi bar. Demriň polatdaky we çoýundaky karbidi metala durnukly döwürdir. Erginlerde uglerod köp bolan ýagdaýynda deňagramlylyk şertlerinde grafit döreýär.

Fe-Fe<sub>3</sub>C ulgamynda sementiti baş görnüşe bölüp bolýar. Olar:

1. Birinji.
2. Ikinji.
3. Üçünji.

4. Ewtektoid.

5. Ewtektik bölünme şertleridir.

Bu bolsa ol erginleriň gurluşyna düşünmek üçin şert döredýär. **Birinji** sementitiň kristallary göni suwuk erginden çykýar. **Ikinji** sementit austenitden durýar – austenitiň 727 °C derejede bölünmeginiň netijesinde döreýär. Uglerodyň perlitdäki mukdary 0,8%. Sementitiň görnüşine baglylykda perlit plastinka görnüşinde we däne görnüşinde bolýar. Perlit ewtektoiddir. **Ewtektoid** diýlip ewtektika meňzeş adaty deňölçegli plastinka ýa-da däne görnüşindäki mikrogarynda aýdylýar, ýöne ol **ewtektika** ýaly suwuk erginden döremän, gaty ergin üýtgände döreýär.

Perlitiň mehaniki häsiýetleri sementitiň bölekleriniň görnüşlerine we ownuklygyna baglydyr. Perlitiň plastinka görnüşindäkisiniň berkligi däne görnüşindäkisinden birnäçe esse ýokary, oňositel uzynlygy bolsa pes.

**Ledeburit** dörän pursatynda uglerod bilen has doýgun sementitden we austenitden ybarat bolan ewtektikadyr. Ol 1147 °C derejede suwuk ergin gatan ýagdaýynda döreýär. Ondan soňky sowadylyşda austenit perlite öwrülýär. Diýmek, ol kadaly howa derejesinde perlitden we sementitden durýar. Ledeburit has gatylygy (HB700) we döwlegenligi bilen tapawutlanýar.

**Grafit** uglerodyň kristal görnüşleriniň biri. Onuň geksagon gözenegi bar. Grafitiň dykzlygy  $2,2 \text{ t/m}^3$ . Grafit çoýnuň we grafitleşdirilen polatlaryň düzüminde bolýar. Ol plastinka, übtük ýa-da şar görnüşinde bolup bilýär. Has amatlysy we gereklişi soňky görnüşidir.

### 4.3. Demir-sementit hal diagrammasy

Demir-sementit (demir-uglerod) hal diagrammasy dürli howa derejelerinde demriň uglerod (uglerodyň konsentrasiýasy 0-dan 6,67%-e çenli) bilen erginleriniň fazalaýyn düzümini we gurluşyny görkezýär.

Ilki bilen, diagrammanyň esasy nokatlaryna we çyzyklaryna seredeliň. Erginleriň kristallaşma hadysasy *ABCD* çyzygyna (likwidus çyzygy) laýyk gelýän howa derejesinde başlanýar. Gatamagyň soňy *AHIECF* solidus çyzygyny emele getirýän howa derejelerine laýyk gelýär.

Demir-sementit diagrammasynda üç sany gorizont al çyzyk bar. Olaryň üstüne nonwariant reaksiýalar akýar. *HIB* çyzygy peritektik

öwrülme çyzygy adyny göterýär. 1499 °C derejede peritektik reaksiýa amala aşýar. Onuň netijesinde austenit emele gelýär. Bu reaksiýa diňe uglerodyň 0,1 %-den 0,5 %-e çenli bolan erginlerinde bolup geçýär.

*ECF* çyzygy **ewtektik öwrülme çyzygy** adyny göterýär. 1147 °C derejede ewtektik reaksiýa amala aşýar, onuň netijesinde ledeburit diýlip atlandyrylýan austenitiň we sementitiň ewtektik garyndysy emele gelýär. Şeýle öwrülme düzüminde uglerodyň 2,14 %-i bolan ulgamyň ähli erginlerinde duş gelýär.

*PSK* çyzygyny **ewtektoid öwrülme çyzygy** diýip atlandyrýarlar. 727 °C derejede ewtektoid reaksiýasy bolup geçýär. Onuň netijesinde **perlit** diýlip atlandyrylýan ferrit bilen sementitiň ewtektoid garyndysy emele gelýär. Ewtektoid öwrülme uglerodyň konsentrasiýasynyň 0,02 %-den köp bolan ähli erginlerinde duş gelýär (ähli senagat erginleri diýen ýaly).

*SE* çyzygy boýunça howa derejesine baglylykda  $\gamma$  demirde (austenit) uglerodyň ereýjiliginiň üýtgemegini syn edip bolýar. Diagrammada uglerodyň konsentrasiýasy 0,8 % bolan sagrakdaky islendik nokady alyp, ony *SE* çyzygyna proyektirläp, soňra bolsa perpendikulýary konsentrasiýanyň okuna goýberip, austenitde eredilen uglerodyň mukdaryny alýarys. Meňzeşlikde *PQ* çyzygyny peýdalanyp bolýar. Ol ähli erginlerde diýen ýaly ferritdäki uglerodyň konsentrasiýasyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

8-nji tablisa

#### Demir-sementit hal diagrammasynyň nokatlary

Nokadyň belligi	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>J</i>	<i>N</i>	<i>E</i>	<i>C</i>
Nokatdaky gyzgynlyk derejesi (°C)	1539	1499	1499	1499	1392	1147	1147
Uglerodyň möçberi (%)	0	0,5	0,1	0,1	0	2,14	4,3

Nokadyň belligi	<i>F</i>	<i>D</i>	<i>G</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>K</i>	<i>Q</i>	<i>L</i>
Nokatdaky gyzgynlyk derejesi (°C)	1147	1250	911	727	727	727	600	600
Uglerodyň möçberi (%)	6, 67	6, 67	0	0, 02	0,8	6,67	0,01	6,67

Demir-sementit diagrammasyndaky nokatlaryň koordinatalarynyň manysy iň täze maglumatlara laýyklykda 8-nji tablisada berlendir. Diagrammanyň nokatlarynyň belgisi halkara tejribesinde umumy kabul edilendir.

Indi diagramma seredeliň. Demir – sementit diagrammasynyň çylsyrmylygy netijesinde ony böleklere bölmek has amatly, ýöne hiç bir prinsipial täze zat aýdylmaz, sebäbi mundan buýana beýan edilýän maglumatlar diagrammanyň ýagdaýynyň iň sada görnüşlerine seredilende demir-sementit diagrammasyny ulanmak hakyndaky maglumatdyr.

Düzüminde uglerodyň 0,1 %-den az bolan  $K_1$  konsentrasiýasynyň erkin ergininde bolup geçýän öwrülmelere seredeliň. 1-nji nokatdan aşaklygyna sowadylanda suwuk erginden  $\delta$  ferritiň kristallary düşüp başlaýar.  $\Delta$  ferritdäki suwuklygyň kristallaşmasy 2-nji nokatda tamamlanýar. *AHN* çäginde diňe  $\delta$  ferrit ýerleşýär. Ergindäki 3-nji nokada çenli hiç hili öwrülme ýok. 3-nji nokatda  $\delta$  ferrit austenite öwrülip başlaýar. *NHI* çäginde  $\delta$  ferrit we austenit şol bir wagtyň özünde durnukly. 4-nji nokatda öwrülme tamamlanýar we *NI* çyzygyndan aşakda diňe austenit bar.

Düzüminde 0,16% uglerod bar bolan erginiň sowamasy başda edil öňki ergin ýaly geçýär (üýtgeýän konsentrasiýaly  $\delta$  ferrit çykýar). *I* nokatda 1499 °C derejede suwuklyk  $\beta$  konsentrasiýasyny kabul edýär,  $\delta$  ferrit bolsa H konsentrasiýasyny kabul edýär we *I* konsentrasiýaly austenit döräp başlaýar. Döwür düzgünlerini ulanyp ( $S = K + 1 - F = 2 + 1 - 3 = 0$ ) üç döwürň barlygyna we degişlilikde öwrülmäniň hemişelik howa derejesinde bolup geçýändigine göz ýetirýäris (sowama egri çyzygynda 6-6' çyzygy).

Uglerodyň mukdary 0, 16%-den az ýa-da köp bolanda peritektik reaksiýa tamamlanandan soň  $\delta$  ferrit ýa-da suwuklyk köp galýar. Ol soňraky sowadylyşda austenite öwrülýär.

Düzüminde uglerodyň mukdary 0,16%-den 2,14%-e çenli bolan erginler BC we IE çyzyklary bilen çäklendirilen derejeleriň interwal-ynda kristallaşýarlar. Gatandan soň (IE çyzygyndan aşakda) erginlerde birdöwürli düzüim-austenit döreýär.

Indi düzüminde uglerodyň 2,14%-i bolan erginleriň ilkinji kristallaşma hadysalaryna seredeliň. Uglerodyň konsentrasiýasy 4,3% bolan ergin 1147 °C derejede austenitden we seimentitden yba-

rat bolan ewtektika (ledeburit) doly öwrülýär. Düzüminde uglerodyň mukdary 2,14%-den 4,3%-e çenli bolan ewtektika çenli erginler austenitiň kristallarynyň döremegi bilen kristallaşmaga başlaýarlar.  $K_1$  konsentrasiýanyň ergini 1-nji nokatda gatap başlaýar.  $A$  nokada laýyk gelyän howa derejesinde ergin austenitiň we suwuklygyň kristallaryndan durýar. Kesim düzgünlerine laýyklykda suwuklygyň paýy  $ac:bc$  kesimleriň gatnasygyna, austenitiň paýy  $ab:bc$  gatnaşygyna deň. Austenitiň we suwuklygyň kristallarynyň himiki düzümi konsentrasiýa okundaky  $c$  we  $b$  nokatlaryň proyeksiýalaryna laýyklykda kesgitlenilýär. Haçan-da howanyň derejesi 2-nji nokada çenli peselende (1147 °C) austenitdäki uglerodyň mukdary 2,14%-e barabar, suwuklykdaky mukdary 4,3%-e barabar bolýar (diagrammada  $C$  nokady). Ähli galan suwuklyk hemişelik howa derejesinde ewtektika öwrülýär.  $EC$  çyzygyndan aşakda ewtektika çenli erginler austenitden we ledeburitden ybarat bolýar.

Ewtektoidden soňky erginler ( $K_2$  ergini)  $CD$  çyzygyna gabat gelyän howa derejelerinde ilkinji sementitiň kristallarynyň gaçmagy bilen kristallaşyp başlaýarlar. Kristallaşýanlygy sebäpli suwuklykdan has köp ilkinji sementit çykyp başlaýar. Onda uglerodyň konsentrasiýasy 6,67%, ýagny ol uglerodyň ergindäki ortaça mukdaryndan köp. Şonuň üçin hem suwuk erginde uglerodyň mukdary azalyp başlaýar.  $d$  nokada laýyk gelyän howa derejesinde suwuk erginiň düzümi  $e$  nokadyň konsentrasiýa okuna proyeksiýasy bilen kesgitlenilýär. Haçan-da gyzgynlyk derejesi 5-nji nokada çenli peselende suwuklygyň düzümi ýene-de ewtektika laýyk gelyär (uglerodyň 4,3 %-i). Bu gyzgynlyk derejesinde galan suwuklyk ewtektika öwrülýär.  $CF$  çyzygyndan aşakdaky ewtektoidden soňky erginler ilkinji sementitden we ledeburitden durýarlar.

Düzüminde uglerodyň mukdary 2,14%-den az bolan ähli erginleriň ilkinji kristallaşmasynyň netijesinde austenit düzümi bar, uglerodyň mukdary 2,14%-den köp bolan erginleriň austeniti ýa-da sementiti köp bolan ledeburit düzümi bar.

Demiruglerodly erginler uglerodyň möçberine görä iki topara bölünýärler.

Düzüminde uglerodyň mukdary 2,14%-e çenli bolan erginlere **polat** diýilýär.

Uglerodyň mukdary 2,14%-den köp bolan erginlere **çöýun** diýilýär.

Sowadylanda polatda austenitiň öwrülmesine seredeliň. Düzüminde 0,8% uglerodyň mukdary bolan ergin 727 °C-ä çenli austenit düzümini saklaýar. Ýuwaşlyk bilen sowadylanda *S* nokadynda austenit mehaniki garynda öwrülýär. Bu garyndy perlit diýlip atlandyrylýan ferritiň we sementitiň plastinkalaryndan ybarat. Hemişelik gyzgynlyk derejesinde gaty erginden birmeňzeş mehaniki garyndynyň döremegini **ewtektoid öwrülme** diýip atlandyrmak, ondan alynýan düzümi bolsa **ewtektoid** diýip atlandyrmak kabul edilen.

Düzüminde uglerodyň mukdary 0,8%-den az bolan polatlary **ewtektoidde çenli**, 0,8%-den köp bolanlary **ewtektoidden soňky** we 0,8% bolanlary bolsa **ewtektoid** diýip atlandyryrlar.

**Ewtektoidde çenli polatlarda** öwrülme ferritiň döremegi bilen başlanýar.  $K_1$  konsentrasiýasynyň polady 2-nji nokada laýyk gelýän gyzgynlyk derejesinde ferrite öwrülip başlaýar. Onuň düzüminde uglerod ýok diýen ýaly.

B nokatdaky gyzgynlyk derejesinde uglerodyň ferritdäki ereýjiligini *a* nokady kesgitleýär. Galan austenit uglerod bilen doýgunlaşdyrylýar. 3-nji nokatda austenitiň galan kristallardaky uglerodyň mukdaryny (0,8%) *S* nokady kesgitleýär. *GPS* çäginde austenit we ferrit bolýar, *PS* çyzygyndan pesde bolsa perlit bilen ferrit bolýar.

Az uglerodly polatlar sowadylanda *PG* çyzygyndan pesde ferritiň düzümine eýe bolýarlar.

Öňden bellenişi ýaly, diagrammada *PQ* çyzygy uglerodyň *a* de-mirde ereýjilik çägi. *Q* nokadyndan sagraddaky çäkde ferritden üçünji sementit düşýär. Ol däneleriň serhetlerinde ýerleşýär we az uglerodly polatlaryň urgy şepbeşikligini güýçli peseldýär. *Q* nokadyndan çepde ýerleşen erginlerde üçünji sementit düşmeýär.

**Ewtektoidden soňky polatlaryň** ikinji kristallaşmasy ikinji sementitiň düşmegi bilen başlanýar.  $K_2$  konsentrasiýanyň ergininde ikinji sementitiň düşmegi 5-nji nokatda başlanýar we 6-njy nokatda tamamlanýar. Ikinji sementit austenitiň däneleriniň serhetlerinde ýerleşýär.

*SK* çyzygynda austenit perlite öwrülýär. Bu çyzykdan pesde ewtektiddən soňky polatlaryň düzümi perlit dänelerinden ybarat, olaryň serhetlerinde tor görnüşindäki ikinji sementit ýerleşýär.

$K_1$  konsentrasiýasynyň erginleri üçin kesimleriň düzgünini ulanyp, döwürleriň we olaryň konsentrasiýalarynyň gatnaşygyny kesgitlep bolýar. *D* nokadynda ferritiň konsentrasiýasy *a* nokadynyň

projeksiýasy bilen kesgitlenilýär, austenitiň konsentrasiýasy bolsa  $c$  nokadynyň projeksiýasy bilen kesgitlenilýär. Bu döwürleriň paylary degişli kesimleriň gatnaşygy bilen kesgitlenilýär.

Ergin 3-nji nokada ýetende austenitiň düzümi ewtektoid konsentrasiýasyny kabul edýär we hemişelik gyzgynlyk derejesinde austenitiň perlite öwrülmesi amala aşýar (sowadyş egri çyzygynda 3–3' go-rizontal meýdança). Öwrülme tamamlanandan soň poladyň düzümi ferritden we perlitden durar.

Indi bolsa çöýunlar sowadylanda bolup geçýän öwrülmelere se-redeliň. Ewtektik konsentrasiýaly çöýun (uglerodyň 4,3 %) 1147 °C gyzgynlykda suwuk erginden ewtektika (ledeburite) öwrülýär. Ol austenitden we sementitden ybarat. Eger uglerodyň austenitdäki mukda-rynyň 2,14-den 0,8%-e çenli azalýandygyny göz önünde tutmasaň, onda 1147–727 °C gyzgynlyk aralygynda ledeburit öz gurluşyny üýt-getmeýär. 727 °C gyzgynlykda ledeburit perlite öwrülýär. Diýmek, 727 °C-den pes derejede ledeburit perlitden we sementitden durar.

**Ewtektika çenli çöýun** (uglerodyň 4,3 %-ne çenli) gaty ýagdaýa geçýän pursatynda austenitden we ledeburitden durýar. Austenitdäki uglerodyň mukdary 2,14%-e çenli. Gyzgynlyk peselende uglerodyň austenitde ereýjiligi peselýär we 727 °C gyzgynlykda 0,8%-e barabar bolýar. Austenitden bölünip çykýan uglerod demir bilen birleşýär we ikinji sementiti emele getirýär. 727 °C gyzgynlykda austenit perlite öwrülýär we kadaly gyzgynlykda ewtektika çenli çöýunuň düzümi per-litden, ikinji sementitden (açyk meýdançalar) we ledeburitden (açyk meýdanda ownuk gara tegmiller) durýar.

**Ewtektikadan soňky çöýunlarda ewtektika** çenli çöýunlarda-ky öwrülmelere meňzeş öwrülmeler bolup geçýär, sebäbi ilkinji se-mentit hiç öwrülmeýär. Ewtektikadan soňky çöýunuň düzümi ledebu-ritden we sementitden durýar.

Düzüm görnüşleriniň has-da ýokary uglerodly erginlerinde, göze görünýän çylşyrymlylygyna garamazdan, diagrammanyň ähli çäkleriniň bir-döwürli ýa-da ikidöwürlidigini görkezmeli. Diňe *HIB* (peritektik öwrülme), *ECF* (ewtektik öwrülme) we *PSK* (ewtektoid öwrülme) çyzyklarynda üç döwür deňagramlylykda ýerleşýär. *SEFK* çäginde iki döwür – austenit we sementit bar, *PKLQ* çäginde ferrit we sementit bar. Olar, demir-sementit hal diagrammasynda görkezilişi ýaly, dürli düzümleriň böleklerini emele getirýärler.



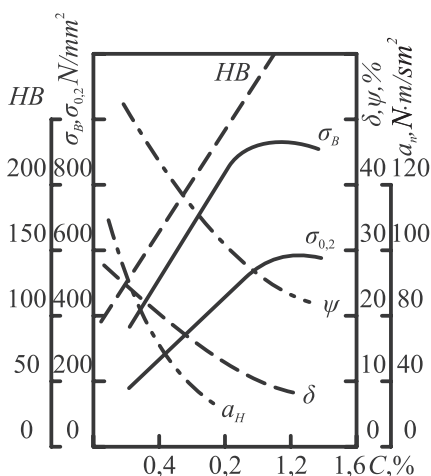
## V BAP

### UGLERODLY POLATLAR

#### 5.1. Uglerodyň we hemişelik garyndylaryň poladyň häsiýetine täsiri

Uglerodly poladyň düzüminde ugleroddan başga elmydama kremniý, marganes, kükürt, fosfor, azot, kislorod, wodorod bolýar. Olar polada polat eredilende düşýärler. Olary **hemişelik goşundylar** diýip atlandyrýarlar. Olar poladyň häsiýetlerine dürli hili täsir edýärler. Hemişelik goşundylary **peýdalylara** (marganes, kremniý) we **zyýanlylara** (kükürt, fosfor, azot, kislorod, wodorod) bölýärler.

Uglerod esasy garyndydyr. Onuň poladyň düzümindäki mukdaryna baglylykda poladyň mehaniki häsiýetleri güýçli üýtgeýär.



5.1-nji surat. Poladyň mehaniki häsiýetlerine uglerodyň täsiri

Poladyň gatylygy (HB) sozulanda onuň berklik çägi ( $\sigma_b$ ) we çeyelik çägi ( $\sigma_{0.2}$ ) uglerodyň 1 %-e çenli artmagy bilen ösýär. Onuň otnositel uzalmasy ( $\delta$ ), otnositel daralmasy ( $\psi$ ) we urgý şepbeşikligi ( $a_n$ ) kemelýär (5.1-nji surat).

Uglerodyň mukdary poladyň tehnologik häsiýetlerine täsir edýär. Onuň mukdarynyň köpelmegi bilen kesiş işi gowulanýar, taplanyjylygy, gyzgynlyga duýgurlygy ýokarlanýar, bişirijiligi ýaramazlaşýar.

**Kükürt** – zyýanly goşundy. Olar demirde eremeýär. Ol onuň bilen FeS himiki birleşmäni (kükürtli demri) emele getirýär. Ol bolsa,

öz gezeginde, demir bilen 985–988 °C gyzgynlykda ereýän ewtektikany emele getirýär. Polat gatyndaky ewtektika daşynda ýeňil ereýän gatlak



hökmünde ýerleşýär. Ewtektikanyň bolmagy gyzgyn ýagdaýda işlenilende (sozma, süýndürme we beýlekiler) kükürdiň mukdary köp bolan poladyň gyzylda döwürmeginiň (gyzyl reňke çenli gyzdýrylandaky portluk) sebäbi bolýar. Basyş astynda işlemeden öň gyzdýrylanda ewtektika ereýär. Onuň netijesinde däneleriň arasyndaky baglanyşyk ýitýär we uçlar zaýa çykýar. Kükürt poladyň çeyeligini we berkligini, sürtülmä garşylygyny we korroziýa durnuklylygyny peseldýär, emma ýok etmäni güýçlendirýär. Kükürdiň polatdaky mukdary 0,5%-den köp bolmaly däl.

**Fosfor** sowukda döwlegenligi ýüze çykarýar (kadaly gyzgynlyk derejesindäki portluk). Ol çeyeligi we şepbeşikligi ýaramazlaşdyrýar. Fosfor ferritde ereýär we poladyň berkligini ýokarlandyrýar. Fosforyň mukdary 0,1%-den ýokary bolan ýagdaýynda poladyň sowukda döwlegenligi birden ösýär. Fosforyň polat kristallaşanda ýol etme meýli hem ýokary bolýar. Bu bolsa fosforyň umumy mukdary 0,1%-den az bolan ýagdaýynda fosfora baý bolan aýratyn bölekleriň döremegine getirýär. Ýokary hilli poladyň düzüminde fosforyň mukdary 0,03%-den ýokary bolmaly däl.

**Marganes** polada turşutmak üçin, ýagny demriň zakisiniň zyýanly goşundylaryny ýok etmek üçin goşulýar. Marganes kükürdiň zyýanly täsirini bitaraplaşdyrýar, ferritde we sementitde ereýär. Marganes poladyň häsiýetlerine gowy täsir edýär, berkligini ýokarlandyrýar we käbir beýleki häsiýetlerini üýtgedýär. Ähli polatlarda marganesiň düzümi birmeňzeş diýen ýaly, ýagny onuň dürli himiki düzümlü polada täsiri, takmynan, hemişelik diýen ýaly. Ýöne marganesiň polatdaky mukdary 0,8%-den ýokary bolmaly däldir.

Adaty mukdardaky **kremniý** (0,5%-den köp bolmadyk) hem edil marganes ýaly poladyň berkligine gowy täsir edýär. Ol polady turşadýar. Kremniniň gurluşyny ýüze çykaryp bolmaýar, ýagny ol ferritde doly ereýär.

**Azodyň, kislorodyň we wodorodyň** polatdaky mukdary köp däldir. Olar gaz şekilli ýagdaýda bolýarlar, özi hem gaty erginde ýerleşýärler, dürli metal bolmadyk birleşmeleri (nitritleri, oksidleri) emele getirýärler. Görkezilen goşundylaryň mukdarynyň azlygy (wodorod 0,0003%–0,0007%, azot 0,004%–0,006%, kislorod 0,005%–0,008%) olaryň täsirini bildirtmeýär diýen ýaly, emma olar urgy şepbeşikligini güýçli peseldýärler. Şeýlelikde, poladyň sowukda döwlegenliginiň ýokarlanmagyna täsir edýärler.

## 5.2. Uglerodly polatlaryň toparlara bölünişi we belgilenişi

Polatlar öndüriliş usuly, himiki düzümi, turşutma usuly, wezipesi, hili we gurluşy boýunça toparlara bölünýärler.

Polatlar *öndüriliş usuly boýunça martene, kislorod-konwertora, Bessemere, Tomasa we elektropolatlara* bölünýär.

*Turşutma şertleri we derejeleri boýunça rahat, gaýnaýan we ýarymrahat polatlary* tapawutlandyrylar.

**Rahat polatlar** metaly, ilki bilen, peçde, soňra bolsa susakda doly turşatmak netijesinde alynýar.

**Gaýnaýan polatlar** doly turşamaýar.

**Ýarymrahat polatlar** aralyk görnüşindäki polatlardyr. Olar has köp ulanylýar.

*Himiki düzümi boýunça* uglerodly polatlar **az uglerodlylara** (0,3 %-e çenli), **orta uglerodlylara** (0,3 %-den 0,6 %-e çenli) we **ýokary uglerodlylara** (0,6 %-den köp) bölünýär.

Bellenilen maksady, wezipesi boýunça *uglerodly polatlar konstruksiýalyklara we gurallyklara* bölünýär.

*Konstruksiýalyklar*, öz gezeginde, **gurluşyk** (0,3 %-e çenli) we **maşyngurluşyk** (0,5 %-e çenli) görnüşlerine bölünýär.

*Gurallyk polatlary kesiji, ölçeýji we galyplaýjy* gurallar üçin öndüriýärler.

*Hili boýunça* polatlar **adaty hillilere** ( $S \leq 0,06\%$ ;  $P \leq 0,04\%$ ), **hillilere** ( $S \leq 0,04\%$ ,  $P \leq 0,04\%$ ) we **ýokary hillilere** ( $S \leq 0,03\%$ ;  $P \leq 0,03\%$ ) bölünýärler.

*Gyzdyrylan ýagdaýdaky gurluşy boýunça* uglerodly polatlar **ewtektoid e çenlilere, ewtektoidlere we ewtektoidden soňkulara** bölünýär.

Öňki SSSR döwründe uglerodly polatlara standartlar kabul edildi. Olar uglerodly polatlaryň belgilenmesini, himiki düzümini, öndüriliş we turşutma usulyny, mehaniki häsiýetlerini we kabul ediş düzgünlerini kesgitleýär. Uglerodly polatlaryň iki görnüşi göz önünde tutulan. Olar **adaty hilli** we **hilli** görnüşlerdir.

**Adaty hildäki uglerodly polatlardan** gyzygynýorelen şekilleri (balkalary, pürsleri, şwellerleri, ýazgyn polatlary, burçluklary, tur-

balary), gaplaýjylary, gurluşyk düzümlerini, armatury we maşynlaryň gaty gereklenmeýän şaýlaryny taýýarlaýarlar.

Wezipelerine we kepillikli häsiýetnamalaryna baglylykda adaty hilli polat üç topara bölünýär:

**A.** Kepillendirilen mehaniki häsiýetli;

**B.** Kepillikli himiki düzümlü;

**Ç.** Kepillendirilen mehaniki häsiýetli we kepillikli himiki düzümlü.

Bu toparlara polatlaryň aşakdaky kysymlary girýär:

**A.** P.0, P.1, P.2., P.3, P.4, P.5, P.6;

**B.** BP.0, BP.1, BP.2., BP.3, BP.4, BP.5, BP.6;

**Ç.** ÇP.2, ÇP.3, ÇP.4, ÇP.5.

Ähli toparlaryň 1-nji, 2-nji, 3-nji we 4-nji belgili polatlaryny turşutma derejesi boýunça **gaýnaýan, ýarymrahat, rahat polatlar** bilen öndürýärler. 5-nji we 6-njy belgilileri **ýarymrahat we rahat polatlar** usuly bilen öndürýärler. 3-nji we 5-nji belgili kysymly ýarymrahat polatlary **adaty we ýokarlandyrylan mukdarly marganes** bilen öndürýärler. **P.0** we **BP.0** kysymly polatlary turşutma derejesi boýunça bölmeýärler. Polatlaryň kysymlarynyň belgilenişi – harplysanly. Ol ýerde P harplary “polady” aňladýar, 0-dan 6-a çenli sanlar bolsa kysymyň himiki düzüme we mehaniki häsiýetlere baglylykdaky şertli belgisini aňladýar. B we Ç harplary poladyň toparyny aňladýar. Poladyň kysymy belgilenende A harpyny görkezmeýärler. Turşatma derejesini belgilemek üçin belgiden soň indeks goşýarlar: g – gaýnaýan, ýr – ýarymrahat, r – rahat polat (meselem, P.3ýr, BP.3r, WP.3r). Düzüminde marganes köp bolan ýarymrahat polady belgilemek üçin belgiden soň G harpyny goýýarlar (P.Gýr, BP.3Gýr, WP.5Gýr).

Harply-sanly belgilemek bilen bilelikde polady ýuwlup aýrylmaýan reňk bilen belgileýärler. Şonda toparyna we turşatma derejesine bagly bolmazdan aşakdaky reňkler ulanylýar: P.0 – gyzyly we sary, P.1 – ak we gara, P.2. – sary, P.3 – gyzyly, P.4 – gara, P.5 – ýaşyl, P.6 – gök.

Marten we elektrik peçlerinde eredilýän hilli uglerodly polat diňe marganesiň kadaly mukdary bolanda rahat, gaýnaýan we ýarymrahat polat bilen öndürilýär. Poladyň belgilerindäki sanlar (05, 08, 10, 20, 25...85) göterimiň yüzlerçe paýlarynda uglerodyň ortaça mukdaryny görkezýär.

Hilli uglerodly polat birmeňzeşligi boýunça adaty polatdan üstün çykýar. Kükürt we fosfor metal bolmadyk birikmeleri boýunça has arassa we uglerodyň mukdar çägi has insiz.

Pesuglerodly polatlar (05 – 25) termik taýdan işlenilmä sezewar edilmeyärler. Olar sementasiýa üçin ulanylýar. Ol gowy gyrgyzylýar we galyplanýar. Ortaça uglerodly polatlar (30 – 55), esasan, termik taýdan işlenen görnüşinde ulanylýar. Ýokary uglerodly (10 – 50) polatlar kalibrlenlen sowuk çekilen prutlaryň we anyk ölçegli simleriň görnüşinde ulanylýar. Berçinleme netijesinde bu polatlaryň berkligi ýokarlanýar, emma çeyeligi peselýär. Has berkleşmä ýuka kesmelerde ýetilýär (simler, ýazgyn ýuka polatlar we beýlekiler). Kalibrlenlen, sowuk çekilen polady ulanmak mehaniki taýdan işlemäniň köp zähmetli amallaryny aradan aýyrýar.

Poladyň kysymalaryny çalyşmazlyk üçin olaryň ulanylýan ýerlerinde, saklananda we daşalanda şekile tagma goýýarlar ýa-da reňk bilen belgileýärler. Hilli uglerodly poladyň ähli kysymlarynyň topbaklaryny, aşaklaryny we gyalaryny ýuwup aýrylmaýan reňk bilen reňkleýärler: 0,8–20 – ak reňk, 25–40 – ak we sary, 45–85 – ak we mele.

Awtomat polatlar az ýükli şaýlary, esasan, burma çüýleri, nurbatlary, wintleri we ş.m. öndürmek üçin ulanylýar. Olary çalt hereket edýän stanoklarda işleýärler. Olaryň ady hem şondan gelip çykýar.

Awtomat polatlar kesme bilen gowy işlenilýär, şonda ýokary hilli üst alynýar. Awtomat polatdaky bu tapawutlandyryjy häsiýetler kükürdiň (0,15 %-den 0,3 %-e çenli) we fosforyň (0,05 %-den 0,15 %-e çenli) ýokarlandyrylan mukdary bilen bagly. Kükürt awtomat polatda marganesiň sulfidi (MnS) görnüşinde bolýar. Ol gysga we döwlegen ýonmalaryň ýüze çykmagyna ýardam edýän, priatkanyň ugruna çekilen birikmeleri emele getirýär. Olar çalgý hökmünde gyryndy bilen guralyň arasyndaky sürtülmäni peseldýär. Fosfor gatylygy, berkligi ýokarlandyrýar we çeyeligi peseldýär, kesilende poladyň ýüzüniň ýylmanak ýalpyldyly bolmagyna ýardam edýär.

Bu polatlary *A* harpy bilen belgileýärler. *A* harpynyň yzyndan degişli san goýulýar. Ol göterimiň yüzlerçe paýlarynda uglerodyň ortaça mukdaryny görkezýär. *G* harpy bolsa marganesiň ýokarlandyrylan mukdaryny görkezýär.

Awtomat polatlary himiki düzümine baglylykda alty topara bölýärler. Olar:

1. Uglerodly kömürli (A11, A12, A20, A30, A35, A40G);
2. Uglerodly gırşun düzümlı (AS14, AS40);
3. Uglerodly kükürtselenaly (A35E, A45E);
4. Hromly kükürtselenaly (A40HE);
5. Kükürtmarganesli gırşun düzümlı (AS35G2, AS45G2);
6. Legirlenen gırşun düzümlı (AS12HN, AS14HGN, AS19HGN, AS20HGNM, AS30HM, AS38HGM, AS40HGNM).

A12 polady kesiji gural bilen işlemegini etalony hasaplanylýar, ýagny bu poladyň işleýjiligi 100% hasaplanylýar. A20 kysymly poladyň işleýjiligi 80–90%-e deň, A30 kysymly poladyň işleýjiligi 80%-e, A40G kysymly poladyň işleýjiligi 70%-e barabar.

---

## VI BAP

### ÇOÝUNLAR

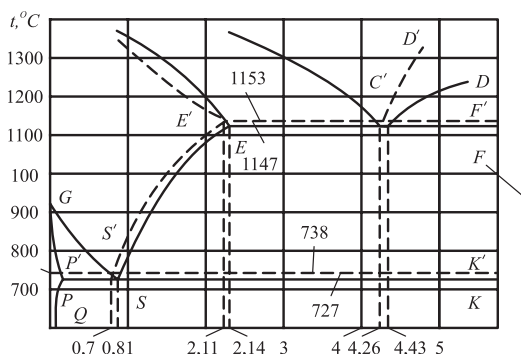
---

Düzüminde 2,14% uglerod bolan demriň uglerod bilen erginlerine **çoyunlar** diýilýär. Gurluşy boýunça çoyunlar **düzümi grafitli** (çal, ýokary berklikli we sozulagan çoyunlar) we **düzümi grafitsiz** (ähli grafiti sementit bilen baglanan ak çoyunlar) çoyunlara bölünýärler.

#### 6.1. Çoýnuň grafitleşmesi

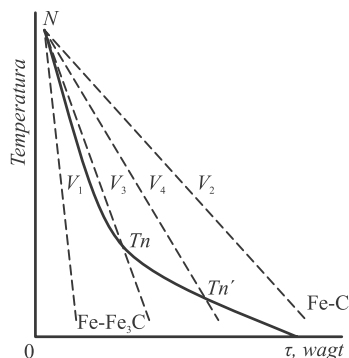
Grafitiň demriň uglerod bilen erginlerindäki kristallaşmasyna (bölünip aýrylmasyna) **grafitleşme** diýilýär. Grafit çoýnuň suwuk ergininden, şonuň ýaly-da gaty metal ergininden (austenitden) hem bölünip aýrylyp bilýär.

Çoýnuň suwuk fazadan grafitleşmegi grafit ulgamynyň diagrammasyna görä bolup geçýär (6.1-nji surat).  $C'D'$  çyzygy boýunça aşakda ilkinji grafit,  $E'C'F'$  efektiki çyzyk boýunça ewtektiki grafit,  $S'E'$  çyzygy boýunça ikinji grafit we  $P'S'K'$  çyzygy boýunça ewtektoid grafiti emele gelýärler.



**6.1-nji surat. Fe-C-nyň hal diagrammasy:**

*üzňüksiz çyzyklar – sementit ulgamy,  
döwür çyzyklar – grafit ulgamy*



**6.2-nji surat. Sowatmanyň tizliginiň kristallaşma hadysasyna täsiri**

Eger-de kristallaşmada grafit bölünip aýrylyp ýetişmese we sementit emele gelse, onda grafitleşme gaty ýagdaýda austenit bolup geçip biler. Şonuň bilen birlikde, biri-biriniň üstüni basýan birnäçe mikroýitgemeleri, ýagny austenitde sementitiň dargamagyny we uglerodyň atomlarynyň austenit eremeklerini, austenitde grafitleşmegiň merkezleriniň emele gelmelerini, austenitde uglerodyň atomlarynyň grafitleşmeginiň merkezine diffuziýalaşmalaryny, grafitiň kristallarynyň (garyndylarynyň) ösmegini görmek bolýar.

Grafitiň bölünip aýrylmany üçin polat bellenilen kiçi tizlikde sowamaly. Şunuň bilen birlikde, poladyň gyzygynlyk derejesi näçe pes bolsa, sowamaklyk hem şonça haýal geçmeli. Sowamak, aýratyn hem, haýal bolmaly. Haçan-da austenit ewtektoidde darganda polat grafiti bölüp çykarýar.

Kristallaşmanyň durnukly Fe – C ulgamy boýunça geçmegi we hemme gyzygynlyk derejelerinde bölünip aýrylmany üçin, sowatmak  $N - N$  çyzygy boýunça geçmeli (6.2-nji surat). Ähli ýagdaýlarda, ýagny sowatmak  $N - N$  çyzygy ( $V_1$  çyzygy) çep tarapdan geçse, onda erkin uglerod bölünip ýetişmeýär we çöýün  $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$  (ak çöýün emele gelýär) we sowamak çyzygy boýunça kristallaşýar. Eger-de sowamak  $N - N$  çyzygy ( $V_2$  çyzygy) sag tarapdan geçse, onda ähli uglerod erkin ýagdaýda bölünip aýrylýar. Çöýün bolsa Fe – C ulgamy boýunça kristallaşýar we ferritden hem-de grafitden ybarat gurluş bolýar (ferritli-grafitli çal çöýün alynýar). Eger-de  $N - N$  çyzygy sowamagyň  $V_3$  we  $V_4$  çyzyklaryny

kesip geçseler, onda  $Tn$  hem-de  $Tn'$  kesişme noktalarynda kristallaşmak metaldurnukly ulgama geçýär (sementitiň bölünip aýrylmagy başlaýar).

## 6.2. Ak çöýun

Ak çöýun demir-sementit ulgamynyň hal diagrammasyna görä kristallaşýar. Ak çöýunuň düzüminde sementitiň köp mukdarda bolmagy netijesinde ol ýokary gatylyga we portluga eýedir. Şol sebäpli ak çöýny kesip işläp bejermek mümkin däldir. Bu çöýun öz adyny döwügininň öçügsi ak reňkine görä aldy. Ak çöýunuň peýdalanylyşy gaty çäklidir.

Kähalatlarda tejribede agardylan çöýun peýdalanylýar. **Agardylan çöýun** diýlip, üstki gatlagynyň gurluşy ak, orta böleginiňki bolsa goňur bolan çöýun guýmalaryna aýdylýar. Ol zolaklaryň arasynda geçiş gatlagynyň bolmagy mümkin. Käbir çuňluga (12–30 mm) çenli üst çalt sowadylanda **çöýunuň agardylmadyk bölegi** hem ýüze çykýar. Ol çöýun metal galyplara guýlanda bolup geçýär. Üstün ýokary gatylygy (HB 400–500) bolmaly. Ol iýilmäge, aýratyn hem, abraziw iýilmäge durnukly bolmagyna sebäp bolýar. Şol sebäpli agardylan çöýundan tigirler, degirmenler üçin şarlar ýasalýar we ş.m.

## 6.3. Çal çöýun

Çal çöýunuň döwlen ýeriniň reňki çaldyr. Onuň sebäbi hem ähli uglerod ýa-da olaryň bölekleri ýasy zolak şekildäki grafit görnüş-de bölünip aýrylýar. Sementitiň dargamak derejesine baglylykda çal çöýun **ferrit, ferrit perlit we perlit gurluşly çöýunlara** bölünýär. Çal çöýunuň gurluşy poladyň gurluşyna meňzeşdir, ýöne onda grafit bardyr.

**Goňur ferrit çöýny** – gurluşy taýdan erkin. Bu hili çöýun ledeburit hem perlit bilen gurluş taýdan baglanyşykly sementitiň doly dargamagy netijesinde alynýar. Çöýunuň düzümi ferritden we grafitden ybaratdyr.

**Çal ferrit – perlit çöýny** az derejede grafitleşmegi bilen häsiýetlendirilýär. Ol gurluşy taýdan erkin we baglanyşykly sementitiň ledeburitde hem-de az-kem perlitde dargamagyndan emele gelýär. Netijede, gurluş taýdan erkin ferrit döreýär. Çöýunuň düzümi ferritden, perliden we grafitden ybaratdyr.

**Çal perlit çöýny** ledeburitiň düzümine girýän sementitiň we ikinji sementitiň doly dargamagyndan emele gelýär. Çal perlit çöýnunda özgermeler doly bolup geçenden soň, ol perlitden we grafitden ybarat bolýar.

Çal çöýnüň häsiýetleri metal esasyň gurluşyna we şekiline, grafit galyndylarynyň ölçeglerine hem-de mukdaryna baglydyr. Metal esasda ferrit näçe az bolsa, çöýnüň berkligi şonça ýokarydyr. Grafitiň ýasy zolak şekilli garyndylary metal esasyň birmeňzeşligini bozýarlar we kertik görnüşinde bolup durýarlar. Iň gowy mehaniki häsiýetlere perlit gurluşy bolan çöýün eýedir. Onda grafit ownuk, endigan ýasy zolaklar şekilindedir.

Çal çöýün harplar we sanlar bilen belleniýär. Ç harpy çaly, ýene-de Ç harpy çöýny, harpdan soňky sanlar bolsa dartylyp süýndürilende ortaça wagt garşylygyny aňladýar (9-njy tablisa).

9-njy tablisa

#### Çal çöýnüň mehaniki häsiýetleri

Çöýnüň kysymy	Süýndürilende berkligiň çägi ( $N/mm^2$ )	Epilende berkligiň çägi ( $N/mm^2$ )	Gatylygy HB
ÇÇ10	98 (10)	274 (28)	143-229
ÇÇ15	147 (15)	314 (32)	163-229
ÇÇ18	176 (18)	358 (36)	170-229
ÇÇ20	196 (20)	392 (40)	170-241
ÇÇ21	206 (21)	392 (40)	170-241
ÇÇ24	235 (24)	421 (44)	170-241
ÇÇ25	245 (25)	451 (46)	180-250
ÇÇ30	294 (30)	490 (50)	181-255
ÇÇ35	343 (35)	539 (55)	197-269
ÇÇ40	392 (40)	588 (60)	207-285
ÇÇ45	441 (45)	637 (65)	229-289

*Bellik:* ÇÇ – çal çöýün.

Kähalatlarda çal çöýünler guýulmazdan öň, olara ýörite goşmaçalary – modifikatorlary (75 %-li ferritli siliziý, silika – kalsiý we beýlekiler) goşmak arkaly modifisirlenýär. Modifisirleme perlit metal esasy çöýün guýmalarynda az mukdarda özbaşdak grafitiň ýasy zolak görnüşlerini almak üçin ulanylýar.



Modifisirilenmä düzüminde az mukdarda kremniý we ýokary mukdar-da marganes bolan çal perlit çoyunlar sezewar bolýarlar. Bu çoynuň modifikatorsyz, gutarylman galan gurluşy bardyr we ledeburitden, perlitden hem-de grafitden ybaratdyr. Onuň düzüminde 2,8–3,3% uglerod bolýar.

## 6.4. Ýokary berklikli çoyun

Ýokary berklikli çoyun magniý ýa-da kükürt bilen modifisirlemek arkaly alynýar. Şonuň bilen birlikde, çoyunda şar görnüşli (sferoidal) grafit emele gelýär. Ol bolsa çoynuň berkligini we maýyşgaklygyny ýokarlandyrýar (10-njy tablisa).

10-njy tablisa

Ýokary berklikli çoynuň mehaniki häsiýetleri

Çoynuň kysymy	Süýndürilende berkligiň çägi ( $N/mm^2$ )	Epilende berkligiň çägi ( $N/mm^2$ )	Otnositel uzynlyk (%)	Gatylygy HB
ÝÇ38-17	373 (38)	235 (24)	17	140-170
ÝÇ42-12	412 (42)	274 (28)	12	140-200
ÝÇ45-5	441 (45)	333 (33)	5	160-220
ÝÇ50-7	490 (50)	343 (35)	7	171-241
ÝÇ50-2	490 (50)	343 (35)	2	180-260
ÝÇ60-2	588 (60)	393 (40)	2	200-280
ÝÇ70-2	686 (70)	441 (45)	2	229-300
ÝÇ80-2	784 (80)	490 (49)	2	250-330
ÝÇ100-2	981 (100)	689 (70)	2	270-360
ÝÇ120-2	1177 (120)	882 (90)	2	302-380

Ýokary berklikli çoyun ÝÇ harplary bilen belleniýär. Olaryň mehaniki häsiýetlerine görä esasy görkezijiler hökmünde dartylyp süýndürilende berkliginiň çägi (belligiň birinji sany) we deňeşdirme uzalmasy (ikinci san) bolup durýar.

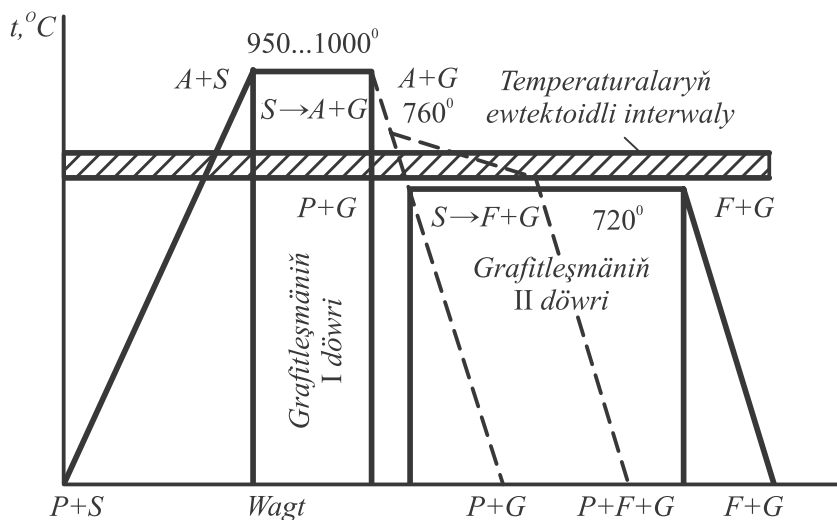
Ýokary hilli çoyunlar (ÝÇ 60 – 2, ÝÇ 45 – 5 we ÝÇ 42 – 12) öz aralarynda metal esaslar bilen tapawutlanýarlar. Ol bolsa çoynuň dürli hili berkligini şertlendirýär. Çoynuň ÝÇ 60 – 2-de gurluşy – perlit, ÝÇ 45 – 5-de gurluşy bolsa ferit – perlit, ÝÇ 42 – 12-de hem gurluşy ferit bolup durýar.

Şu çöýunlaryň ýokary berkligi we maýyşgaklygy olardan has gerekli şaýlary ýasamaga ýardam berýär. Mysal üçin, “Wolga” kysymly ýeňil awtoulagynyň tirsekli walyny düzüminde 3,4–3,6% C; 1,8–2,2% Si; 0,96–1,2 Mn; 0,16–0,30% Cr; 0,01%-den az S; 0,06%-den az P we 0,01...0,03% Mg bolan ýokary berklikli ÝÇ 60 – 2 çöýundan ýasaýarlar.

Düzüminde kükürdiň hem fosforyň mukdary az bolan şeýle dar çäkli çöýunlary çöýun we reňkli metallar eredilýän peçde (wagrankada) däl-de, elektrik peçde eredýärler. Şu ýagdaý gyzgynlygy işläp bermek bilen utgaşyklykda 10-njy tablisada görkezilenden has ýokary häsiýetlere eýedir.

## 6.5. Sozulagan çöýun

**Sozulagan çöýun** diýlip, übtük görnüşli grafitli çöýna aýdylýar. Ol ak çöýundan gyzdyrylyp taplamak arkaly alynýar. Onuň üçin ak çöýnuň guýmalary 950–1000 °C-ä çenli gyzdyrylyp, ondan soň bolsa dowamly saklanyp, haýallyk bilen kadaly gyzgynlyk derejesine çenli sowadylýar (6.3-nji surat).



6.3-nji surat. Sozulagan çöýny basgançakly gyzdyryp taplamanyň grafigi

Dowamly saklamagyň netijesinde sementit dargap, übtük şekilli grafiti emele getirýär. Ýakma hadysasynda ferrit + übtük şekilli grafit gurluşy almak üçin ledeburitiň sementiti (ewtektikany), goşmaça alynýan sementit we perlitniň sementiti (ewtektoidi) dargadylmalydyr. Ewtektikada we ewtektoidde sementitiň dargamagy 950–1000 °C-de bolup geçýär (grafitleşmegiň birinji tapgyry), ewtektoidde perlitniň dargamagy 720 °C-de ýa-da 760–720 °C aralygynda haýal sowadylanda (grafitleşmegiň ikinji tapgyry) bolup geçýär. Perlit + übtük şekilli grafit gurluşly sozulagan çöýny almak üçin grafitleşmegiň ikinji tapgyryny geçirmeýärler, ferrit + perlit + übtük şekilli grafit gurluşy almak üçin bolsa bölekleyin geçirýärler.

Sozulagan çöýün SÇ harplary bilen belleniýär. Ondan soňra ýolunmadaky berklik çäginini we deňeşdirme uzalmasyny görkezýän sanlardan ybarat birlikler ulanylýar (*11-nji tablisa*).

Oba hojalyk we traktor maşyngurluşygynda sozulagan çöýün sapyjylar (muftalar), wtulkalar, uzaboýuna deşikli şaýlar, leňnerler, kronşteýnler, ýyldyzjyklar we ş.m. ýasalanda peýdalanylýar.

*11-nji tablisa*

### Sozulagan çöýnüň mehaniki häsiýetleri

Çöýnüň kysymy	Ýolunmaga wagtlaýyn garşylyk ( $N/mm^2$ )	Otnositel uzynlaşma (%)	Gatylygy HB
SÇ30-6	294 (30)	6	100-163
SÇ33-8	323 (33)	8	100-163
SÇ35-10	333 (35)	10	100-163
SÇ37-12	362 (37)	12	110-163
SÇ45-7	441 (45)	7	150-207
SÇ50-5	490 (50)	5	170-230
SÇ55-4	539 (55)	4	192-241
SÇ60-3	588 (60)	3	200-269
SÇ65-3	637 (65)	3	212-269
SÇ70-2	686 (70)	2	241-285
SÇ80-1,5	784 (80)	1,5	270-320

## 6.6. Aýratyn fiziki häsiýetli çöýunlar

Ýokary gyrgyznylyk derejeli (1000 °C töweregi) şertlerde işlemek üçin gaty gyzgyna durnukly (köýüge durnukly) çöýundan ýasalan şaýlar peýdalanylýar. Bu häsiýetli çöýun 2,5% mukdarda hrom bilen we 6% mukdarda kremniý bilen legirlemek arkaly alynýar (12-nji tablisa).

12-nji tablisa

**Köýüge durnukly çöýnuň mehaniki häsiýetleri**

Çöýnuň kysymy	$\sigma_b, N/mm^2$	$\sigma_s, N/mm^2$	HB	Bellik
KDÇ-0,9	180	360	207...285	-
KDÇ-1,5	150	320	207...285	-
KDÇ-2,5	-	320	228...363	-
KDÇ-5,5	100	240	140...255	Silal
KDÇ-5,5-0,1	220	-	228...321	Şar görnüşli grafitli silal
KDÇ-15-7-2	180	-	120...197	Nirezist

*Bellik:* KDÇ – köýüge durnukly çöýun.

## VII BAP

### DEMİRİN UGLERODLY ERGINLERINDÄKI FAZA ÖWRÜLMELERI

#### 7.1. Polat gyzdyrylanda bolup geýän öwrülmeler

Adaty gyrgyznylygyň derejesinde demir-uglerod erginleriniň gurluşy, ergindäki uglerodyň mukdaryna we *GS* hem-de *SE* çyzyklaryndan aşakdaky sowadylyşyň tizligine baglydyr. Ýuwaş sowadylmanyň netijesinde, ewtektoidde çenli bolan poladyň ferrit we perlit gurluşlary, ewtektoidleriň perlit, ewtektoidden soňkular bolsa perlit we ikinji sementit gurluşlara eýe bolýarlar. Eger bu polatlar kritik gyrgyznylyk

derejesine çenli gyzdyrylsa, olarda faza we gurluş öwrülmeleri bolup geçýär. *PSK* çyzyklarynda poladyň öwrülmelerini şertlendiren kritiki nokatlary (temperaturalar)  $Ac_1$  (gyzdyrylanda) we  $Ar_1$  (sowadylanda) diýip belleýärler, şeýle-de *MO* çyzykda –  $Ac_2$  we  $Ar_2$ ; *GS* çyzykda –  $Ac_3$  we  $Ar_3$ ; *HIB* çyzykda –  $Ac_4$  we  $Ar_4$  hem-de *SE* çyzykda –  $Ac_m$  diýip belleýärler.

Dürli uglerod düzümlü polat kritik gyzgynlyk derejesinden ýokarda gyzdyrylanda bolup geçýän öwrülmeleri synlap geçeliň. Ewtektika çenli bolan polat *PS* we *GS* ( $Ac_1$  we  $Ac_3$ ) çyzyklarynyň arasyndaky gyzgynlyk derejesiniň ugruna çenli gyzdyrylanda polat ferritden we austenitden ybarat bolýar. Gyzdyrmak dowam etdirilen ýagdaýynda bu poladyň gurluşy arassa austenitden ybarat bolýar. Ewtektoidde çenli bolan poladyň  $Ac_1$  nokatdan aşakdaky (727 °C) gurluşy ferritden we perlitden durýar. Gaty ýuwaşdan gyzdyrylyp, hemişelik gyzgynlyk derejesine, ýagny 727 °C-ä ýetende (*PS* çyzykda) perlit austenite öwrülýär.

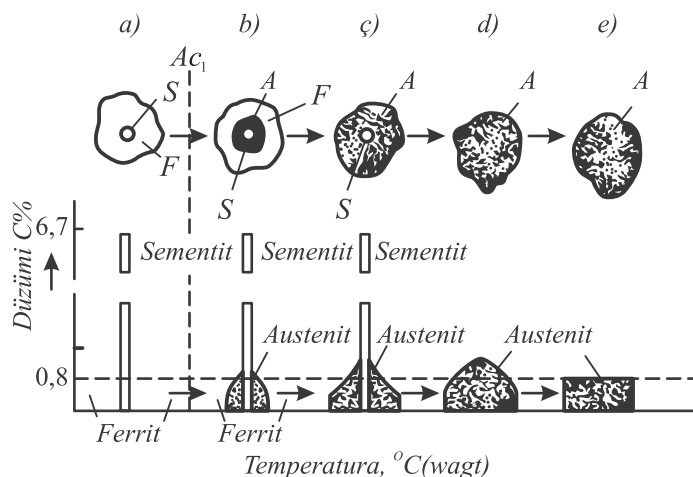
Perlitiň austenite öwrülmegine 7.1-nji suratda görkezilen çyzgytda syn edip bolar. Başlangyç ýagdaýda polat daş-töweregi ferrit bolan sementitden ybarat (7.1-nji (a) surat).  $Ac_1$ -den biraz ýokary gyzdyrylanda austenitiň bölekleri emele gelýär (7.1-nji (b) surat), olarda sementit ereýär. Sementite gös-göni galtaşýan austenitiň gatlagy uglerod bilen has doýgunlaşýar.

Austenitiň emele gelen düwünçekleri sementitiň eremeginiň we ferritiň öwrülmeginiň netijesinde ösýärler. Has dogrusy, ferritiň hasabyna austenitiň kristallarynyň ösüşiniň tizligi sementitiň hasabyna bolanlygyndan hemişe ýokary. Şonuň üçin ferrit austenite öwrüleninden soň sementitiň belli bir mukdary saklanýar (7.1-nji (ç) surat). Ol temperaturanyň ýokarlanmagy ýa-da saklanmagy bilen austenitde ereýär (7.1-nji (d) surat).

Ferrit öwrüleninden we hatda sementit doly eräninden soň austenit düzüminde uglerodyň barlygy birmeňzeş däl. Austenitiň kristallarynyň tutuş göwrümi boýunça uglerodyň konsentrasiýasyny deňleşdirmek üçin temperaturanyň ýokarlanmagy (uglerodyň diffuziýasynyň tizligi artýar) ýa-da saklanmaly wagtyň artmagy zerur.

Ewtektoidden soňky polatlar birinji kritiki nokadyň temperaturasy-na laýyk gyzdyrylanda perlitden we ikinji sementitden ybarat bolan gurluşa eýedir. Soňra gyzdyrylanda perlit austenite öwrülýär. Şeýlelikde,  $Ac_1$

we  $Ac_m$  nokatlaryň arasynda temperatura zolagynda ewtektoidden soňky polatlar austenitiň we ikinji sementitiň gurluşyna eýedir. Austenitiň dänesi perlit austenite öwrülmegini tamamlansoň ýüze çykýar.



**7.1-nji surat. Ewtektoidli polatda perlitden austenitiň emele gelmesiniň çyzgysy:**

*a – poladyň başlangyç ýagdaýynyň gurluşy; b – austenit meýdanlarynyň emele gelmegi; ç – ferritiň austenite doly öwrülmesi; d – austenitde sementitiň eremegi; e – uglerodyň konsentrasiýalarynyň deňleşmegi*

**Başlangyç, hakyky we tebigy däneleri** tapawutlandyrylar. **Başlangyç (esasy) däne** diýip perlitin austenite doly öwrülmeginde alnan dänä aýdylýar, emma welin austenitiň ilki emele gelen ownuk däneleri durnukly däl. Olar gyzdyrylýan temperaturasyna hem-de saklanmaly wagtyňa görä ösýärler.

Austenitiň dänesiniň ilkibaşdaky ölçegi wagtyň birligine şu görwürimde doreýän düwünçekleriň mukdaryna we olaryň ösüşiniň tizligine baglydyr. Perlitde sementitiň bölejikleriniň näçe dispers boldugyça şonça-da austenitiň başlangyç dänesi ownukdyr.

**Hakyky däne** gyzygynlyk bilen işlenilip bejerilenden soň alynýar. Hakyky däneleriň ölçegi ep-esli derejede poladyň ahyrky häsiýetlerini kesgitleýär. Olaryň ölçegleri kritiki ulgamyň üstünde temperatura we saklanmaly wagta hem-de polatda uglerodyň mukdaryna baglydyr. Austenitiň başlangyç dänesiniň ölçegi köp halatlarda aýgytly derejede hakyky däneleriň ölçegine täsir edýär, deňşlilikde, onuň taplanmagyndan soň poladyň mehaniki häsiýetlerine hem täsir edýärler.

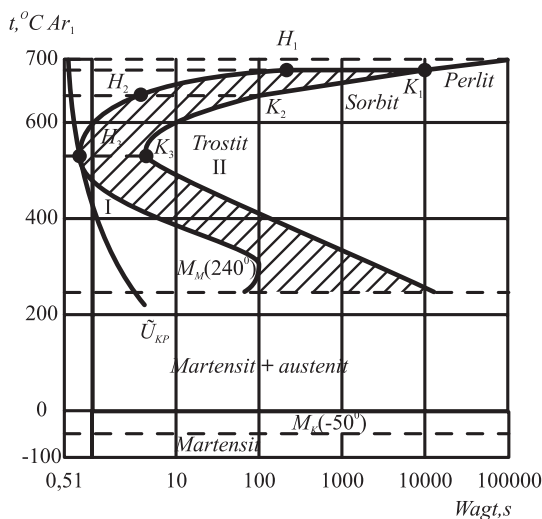
Bir düzümdäki polatlarda austenitiň dürli şertlerde eredilýän däne-siniň ösüşine ukyp dürli bolup biler, şonuň üçin miras galdyrylan ow-nuk däneli we miras galdyrylan iri däneli polatlary tapawutlandyrýarlar.

**Miras galdyrylan (tebigy) däne** austenitiň işläp bejerilip alnan dänesini derrew sowadyp, ölçegini kesgitleýän poladyň 930–950 °C-ä çenli gyzdyrylmagynda alynýar.

Iri hakyky dänäniň emele gelmegine getirýän ýokary temperatu-ralara çenli poladyň gyzdyrylmagyny **poladyň çendenaşa gyzdyryl-magy** diýip atlandyrýarlar. Çendenaşa gyzdyrylan polat däneleriň ser-hedinden geçýän iri kristally döwlegenlige eýedir. Çendenaşa gyzdurma  $Ac_3$  temperaturadan azajyk ýokary bolan temperatura çenli gyzdyrylyp, poladyň gaýtadan işlenilip bejerilmegi bilen aradan aýrylyp bilner.

Has ýokary gyzdurma poladyň aradan aýryp bolmajak çendena-şa ýakmasyna sezewar edýär. Ol däneleriň serhedinde uglerod bilen baýlaşan ýerleriň, okislenmedik boşluklaryň we köpürjikleriň, hatda demriň okislenmesi bilen bolup geçýär. Çendenaşa gaty ýakylanda poladyň döwlegenligi daş görnüşinde bolýar.

## 7.2. Sowadylan austenitdäki öwrülmeler



7.2-nji surat. Ewtektoidli polatda austenitiň izotermiki dagramagynyň diagrammasy

Gözlegler boýunça anyklanylyşyna görä, austenitiň dargamagynyň tizligi we häsiýeti onuň sowadylyşynyň derejesine bagly. Austenit dürli derejede sowadylanda bolup geçýän öwrülmeler izotermik diagrammada has aýdyň görkezilendir (7.2-nji surat).

Diagramma temperatura – wagtyň logorifmi koordinatalarynda gurlan (wagty logarifmik şkalada abssissalar okunda ýerleşdirýärler). Bu bolsa sekundyň paýlaryndan gije-gündiziň dowamynda köpräk öwrülmeleriň wagtyna seredip geçmäge mümkinçilik berýär.

Ýönekeýlik üçin 0,5 sekundyň dowamynda nusgany austenit ýagdaýdan islendik temperatura çenli ( $A_{r_1}$  nokatdan  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ä çenli we ondan hem aşak) sowadyp bolýar. Nusgany  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ä çenli sowadyp, wagtyň dowamynda  $H_1$  nokada çenli austenitde hiç hili öwrülmeleriň bolmandygyny göreris.

$H_1$  nokada gabat gelýän wagtdan austenitiň dargamagy başlanýar.  $H_1$  nokada çenli döwür **inkubasion döwür** diýlip atlandyrylýar. Austenitiň dargamagy  $K_1$  nokadyň wagtyna çenli doly tamamlanýar (austenit perlite öwrülýär). Soňra sowadylyşyň tizligi nusganyň gurluşyna täsir etmeýär. Şonuň üçin  $K_1$  nokatdan soň döwür çyzyk üzülýär.

Austenit ýagdaýyndan  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ä çenli sowadylan nusga syn edip we diagramma austenitiň dargamagynyň  $H_2$  başlangyç nokadyny we  $K_2$  soňky nokadyny goýup, inkubasion döwürüň we austenitiň dargama döwürüniň azalandygyny, dargamagyň netijesinde bolsa sorbitiň alnandygyny göreris. **Sorbit** sementit bilen ferritiň mehaniki garyndysy bolup, perlite meňzeşdir, ýöne sementitiň ýasy zolaklarynyň ölçegleri perlitniňkiden kiçidir (mikronyň onunjy paýlary).

$500\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ä golaý gyzygynlyk derejesine çenli sowadylan nusga diagrammada austenitiň başlangyç  $H_3$  we dargamagynyň soňky  $K_3$  nokatlary degişlidir, poladyň gurluşy bolsa troostit bolup durýar. **Troostit** sementit bilen ferritiň mehaniki garyndysy bolup, perlite we sorbite meňzeşdir, ýöne onuň dispersiýalygy ýokarydyr. Sementitiň ýasy zolaklarynyň ölçegleri millimetriň ýüz müň we million paýlaryna deň.

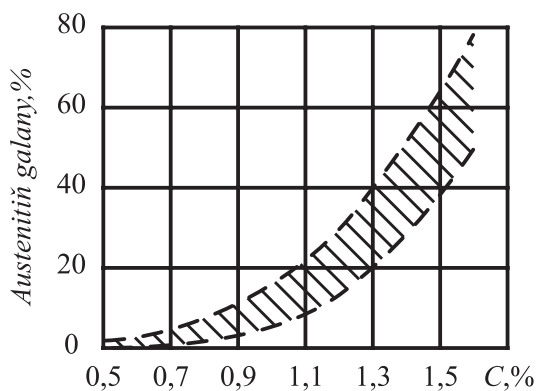
Şular ýaly tejribeleriň sany artanda austenitiň öwrülmeleriniň başlangyjynyň we soňunyň nokatlarynyň hatary kesgitlenilýär. Şu nokatlary birleşdirip, dürli temperaturalarda austenitiň öwrülmeginiň başlangyjynyň I egri çyzygyny we şol bir temperaturalarda austenitiň öwrülmeginiň başlangyjynyň II egri çyzygyny alarys. Nusgalar kritiki tizlikden ýokary tizlik bilen sowadylanda  $240\text{ }^{\circ}\text{C}$  gyzygynlyk derejesin-



de austenit martensite öwrülip başlaýar ( $M_s$  çyzyk). – 50 °C-de bolsa austenitiň martensite öwrülmesi doly gutarýar (ewtektoid polady üçin).

**Martensit** – bu  $\alpha$  demirde uglerodyň çendenaşa doýgunlaşan gaty ergini. 150–200 gradus/sekunt sowadyş tizliginde demriň atomlarynyň diňe täzeden toparlanmasy tamamlanyp ýetişýär, diffuzion hadysalar kynlaşan. Şonuň üçin tutuş uglerod  $\alpha$  demirde gaty ergin görnüşinde bolup galýar.

Austenitiň dargamagynyň ähli önümlerinden (sementitden başga) martensit iň ýokary berklige we iň az maýyşgaklyga eýedir. Austenitiň ferrit-sementit garynda öwrülmeğinden tapawutlylykda austenitiň martensite öwrülmegi diffuziýasyz (süýşürilmeli) häsiýete eýedir we diňe martensit öwrülmeleriň  $M_s$  başlangyjy bilen  $M_f$  soňunyň arasynda temperaturalaryň aralygynda bolup geçýär we hiç haçan soňuna çenli barmaýar. Taplanan polatda martensitden başga-da hemişe galyndy austenit bar. Onuň mukdary polatda uglerodyň mukdaryna, şeýle hem temperaturada martensit öwrülmeleriň başlangyjyndan aşaklygyna sowadyşynyň tizligine bagly (7.3-nji surat).



7.3-nji surat. Uglerodyň düzüminiň taplanan polatda austenitiň galan sanyna täsiri

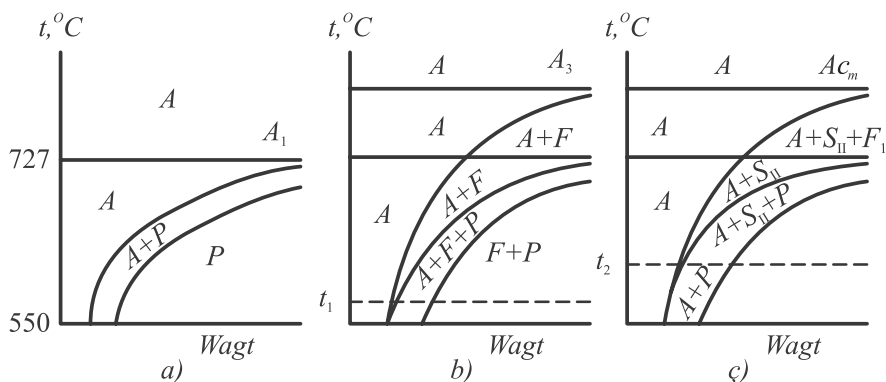
Martensitiň gurluşy iňňeli. Onuň iňňeleri, düzgün bolşy ýaly, 60° ýa-da 120° burç astynda biri-birine otnositellikde ýerleşen we kristal gözenekde süýşmeler bolup geçen tekizlikleri häsiýetlendirýärler. Martensit iňňeleriniň emele gelmeginiň tizligi ägirt uludyr (takmynan, 1000 m/s). Kristallar belli bir ölçege çenli çalt ösýärler, soňra olaryň

ösüşü togtadylýar. Täze kristallar beýleki ugurlarda ösýärler. Martensi-  
tiň birinji iňňeleriniň ölçegi austenitiň başlangyç dänesiniň ölçegi bilen  
kesgitlenilýär, çünki olaryň ösüşü diňe bir dänäniň çäklerinde seredilýär.

Austenitiň izogyzgyn öwrülmesiniň diagrammasyna seredip  
(7.2-nji surat), şulary belläp geçeliň:

Diagrammanyň ýokarky bölegi ( $M_0$ -den ýokary) austenitiň fer-  
ritiň we sementitiň garyndysyna gyzgynlyk bilen dargamagyny hä-  
siýetlendirýär. Şunlukda, austenitiň sowadyş tizligi näçe ýokary bol-  
sa, şonça-da onuň dargamagy bolup geçýän temperaturalaryň aralygy  
ýokary we ferrit-sementit garyndysy has dispers bolýar. Diagramma  
boýunça gerek bolan gurluşy we häsiýetleri almak üçin bu polady  
nähili we haýsy tizlik bilen sowatmalydygyny kesgitläp bolýar.

I egri çyzykdan çepräkde sowadylan austenite laýyk gelýän zolak  
bar, I we II egri çyzyklaryň arasyndaky zolak sowadylan austenitiň  
dargama wagtyny kesgitleýär; II ergi çyzykdan sagrakda austenitiň  
dargamagynyň önümleriniň zolagy bar (perlit, sorbit, troostit). Auste-  
nitiň dargamagynyň inkubasion döwri ahyrkynyň sowatma derejesi-  
ne baglylykda üýtgeýär (ilki käbir kritiki ululyga çenli azalýar, soňra  
ýene-de ýokarlanýar). Şu döwür her bir temperatura I egri çyzygyň  
abssissasy bilen kesgitlenilýär. II egri çyzyk öwrülmäniň dowamlyly-  
gynyň hem sowatma temperatura baglydygyny görkezýär.



**7.4-nji surat. Perlitli temperaturalaryň interwalynda izotermiki  
öwrülmeleriň diagrammasy:**

*a* – ewtektoidli polatda; *b* – ewtektoidden öňki polatda (0,4% uglerod);  
*ç* – ewtektoidden soňky polatda (1% uglerod)

Ewtektoidde çenli polatda öwrülme  $A_3$  we  $A_1$  kritiki nokatlaryň arasynda has ýokary temperaturada başlanýar we artykmaç mukdarda ferritiň düşmegi bolup geçýär. Netijede, austenit uglerod bilen baýlaşýar we soňra perlit öwrülmesi bolup geçýär (7.4-nji (b) surat).

Ewtektoidden soňky polatda (7.4-nji (ç) surat)  $Ac_m$  we  $A_1$  nokatlaryň arasyndaky temperaturalaryň aralygynda austenitden ikinji sementit bölünip çykarylýar. Şeýlelikde, austenitde uglerodyň mukdary azalýar we soňra perlit öwrülmesi bolup geçýär.

Ewtektoidde çenli polatda  $t_1$  we ewtektoidden soňky polatda  $t_2$  temperaturadan pes bolanda austenit artykmaç mukdarda ferritiň ýada ikinji sementitiň deslapky düşmesi bolmazdan, gös-göni perlit gurluşlara öwürülýär. Ewtektoid polady üçin perlit aralygynda izogyzgyn öwürilmäniň diagrammasy 7.4-nji (a) suratda görkezilen.

### **7.3. Austenit dyngysyz sowadylanda bolup geçýän öwrülmeler**

$Ar_1$ -e golaý gyzgynlyk derejesindäki deňagramlylyk şertinde, ýagny üznüksiz kiçi tizlik bilen sowadylanda austenit dargaýar. Sowadyşyň hakyky tizliklerinde austenit  $Ar_1$ -den sowayar we onuň dargamagy temperaturalaryň aralygynda bolup geçýär.

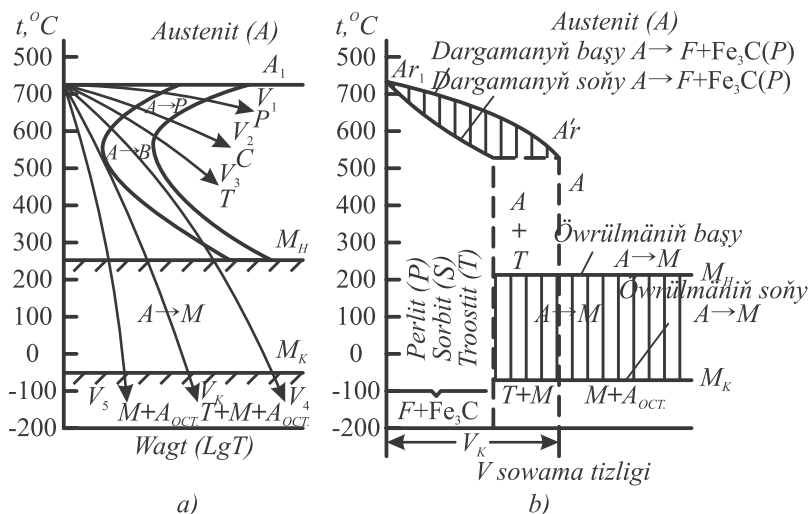
Austenitiň dargamagy şu aşakdaky döwürlerden ýagny:

- $\gamma$  demriň  $\alpha$  demre öwrülmegi, ýagny atomlaryň täzeden toparlara bölünip, göwrüm merkezleýin kubly kristal gözeneginden gran merkezleýin kubly kristal gözenegine geçip, bir wagtyň özünde hem uglerodyň atomyny süýşürmeginden;

- gaty metal ergininden (austenitden) sementitiň ownujak bölekleriniň bölünip çykmagyndan;

- sementitiň bölejikleriniň ýasy zolak şekillere çenli ulalmagy we olaryň ölçegleriniň birnäçe mikrona ýetmeginden ybarat.

Sowadyş tizliginiň ýokarlanmagy bilen austenitiň sowadyş derejesi artýar we austenitiň dargamagy bolup geçýän temperaturalaryň aralygy azalýar (7.5-nji a surat).



7.5-nji surat. (a) sowamanyň egrilerini austenitiň izotermiki dargamasynyň diagrammasynyň üstüne goýmanyň we (b) austenite öwrülmeginiň temperaturasyňa sowamanyň tizliginiň täsiriniň çyzgysy

7.5-nji (b) suratda sowadyş tizliginiň austenitiň dargamagynyň temperaturasyňa we uglerodly ewtektoidde polatda sowadyşdan soň gurluş düzüjileriň sanyny görkezýän shematik diagrammalar getirilen.  $A_{r1}$  deňagramly nokatdan tapawutlylykda sowadylan austenitiň dargamagynyň başlangyjynyň temperaturasyny  $A_r$  diýip belleýärler.

Sowadyş tizligi näçe ýokary we austenitiň dargama temperaturasy näçe pes bolsa, emele gelýän ferrit-sementit garyndysy şonça-da dispersdir.  $V_1$ -den uly bolmadyk sowadyş tizliginde perlit emele gelýär, uly  $V_2$ -de sorbit we uly  $V_3$ -de hem troostit emele gelýär.

Uly  $V_4$ -üň sowadyş tizliklerinde tutuş austenit ferrit-sementit garyndysynyň emele gelmegi bilen ýokary temperaturalarda dargap ýetişmeýär we onuň bölegi martensite öwrülüp,  $M_0$  nokada çenli sowadylýar. Şu ýagdaýda gurluş troostitden we martensitden ybaratdyr. Tutuş austenitiň Mn nokada çenli sowaýan we martensite öwrülýän

$V_k$ -nyň iň az sowadyş tizligi **taplamanyň kritiki tizligi** diýen ady aldy.

$V_5$  örän uly sowadyş tizliginde ferrit-sementit garyndynyň emele gelmegi bilen austenitiň diffuzion dargamasy mümkin däl derejä ýetyär, şol sebäpli austenit Mn nokada çenli sowaýar we martensite öwrülýär.

Austenit martensite doly öwrülmeýär, şonuň üçin taplanan polatda martensit bilen bilelikde galyndy austenitiň käbir mukdary saklanyp galýar.

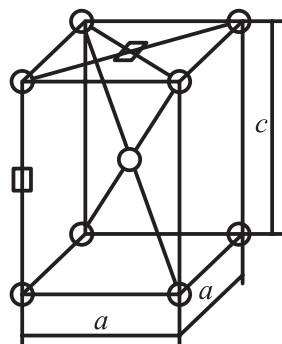
## 7.4. Martensit we galyndy austenit gyzdyrylanda bolup geçýän öwrülmeler

Gowşadylan ýagdaýda mikrogurluşyň, atom-kristallik gurluşyň, fiziki we mehaniki häsiýetleriň öwrenilmegi we gowşatma hadysasynda şu häsiýetleriň üýtgemegi zerur bolan dogrulyk bilen taplanan poladyň gyzdyrylmagynda öwrülmäniň zygiderliligini ýola goýmaga ýardam berdi.

Taplamadan soň martensitden we galyndy austenitden ybarat bolan gurluş deňagramsyz bolýar. Poladyň has durnukly ýagdaýa geçmegi, martensitiň we galyndy austenitiň dargamagynyň netijesinde ferritsementit garyndysynyň emele gelmegi bilen öwrülme bolup geçmedi.

Gözlegleriň görkezişine görä, 80 °C-den başlap, 200 °C-ä çenli aralykda martensitiň gözeneginiň  $C$  görkezijisiniň (parametriniň) kiçelmeginiň netijesinde nusganyň göwrümi hem kiçelýär (7.6-njy surat). Gözenegiň parametriniň  $C:a$  gatnaşygy bire ýetmäge çalyşýar. Bu öwrülmäni **gowşatmadaky birinji öwrülme** diýip atlandyryrlar. Aşaky gowşatmada alnan martensitiň  $C:a$  gatnaşygynyň bire ýakyn bolmagy **gowşadylan martensit** diýip atlandyrylýar. Degişlilikde, birinji öwrülme tetragonal martensitiň gowşadylandaky öwrülmesi bolup durýar. Ol metaldurnukly karbidiň aýrybaşgalanmadyk bölejikleriniň emele gelmegi bilen kubige golaýdyr.

Martensitiň tetragonallygy uglerodyň eremegi bilen şertlenen. Şonuň üçin tetragonallygyň azalmagyny erginden uglerodyň bölünip çykmagy (gözenegiň gapyrgalaryndan çykmagy) bilen düşündirip bolýar.



7.6-njy surat. Martensitiň tetragonally gözenegi (tegelekler bilen demriň atomlary, dörtburçluklar bilen bolsa uglerodyň atomlary belgilenen)

200 °C-den ýokary gyzdrylma dowam etdirilse, onda ony **gowşatmadaky ikinji öwrülme** diýip atlandyryp bolar. Ol bolsa 200–300 °C aralygy öz içine alýar. Şu aralykda galyndy austenit gowşadylan marten-site öwrülýär. Şu öwrülme diffuzion bolup durýar. Ol öz häsiýeti boýunça temperaturalaryň aralygynda birinji austenitiň öwrülmesine meňzeş.

Ikinji öwrülmäniň soňunda uglerod doly bölünip çykýar we içki dargynlyk aýrylýar. Şunuň bilen birlikde, metaldurnukly karbid sementite öwrülýär. Şu iki üýtgeşikligiň jemi **gowşatmadaky üçünji öwrülme** diýip atlandyrylýar.

400 °C-de üçünji öwrülme gutarýar we poladyň gurluşy ferritden we sementitden ybarat bolýar. Gyrgyznylygyň derejesiniň ýokarlandyrylmagy dowam etdirilen ýagdaýynda ferritiň we sementitiň däneleriniň koagulyasiýasy bolup geçýär.

Gowşatmada martensitiň dargamagynyň netijesinde alnan ferrit-sementit garyndysynyň gurluşy bilen austenitiň gurluşynyň arasynda tapawudyň barlygyny belläp geçmeli. Mysal üçin, troostitiň sementiti taplananda açyk iňňe şekilli bolýar. Gowşatmada troostitiňki däneli bolýar. Sementitiň şekilleriniň dürlüligi poladyň häsiýetleriniň dürlüligini kesgitleýär.

---

## VIII BAP

### POLADY GYZGYNLYK BILEN IŞLÄP BEJERMEGIŇ TILSIMATY

---

#### 8.1. Umumy maglumatlar

**Metaly we metal erginlerini ýylylyk (gyrgyznylyk) bilen işläp bejermek** – bu olaryň mehaniki, fiziki we beýleki häsiýetlerini üýtgetmek üçin gyzdirmek hem-de sowatmak bilen baglanyşykly tilsimatydyr. Metallary işläp bejermek taslamasyny we taýýar önümleriň

serişdelerine talap edilýän häsiýetleri bermek üçin gyzgynlyk bilen işläp bejermäge sezewar edilýär. Şolara baglylykda gyzgynlyk bilen işläp bejermek başlangyç we ahyrky görnüşlere bölünýär.

Gyzgynlyk bilen işläp bejerme gyzdyrmakdan, saklamakdan we sowatmakdan ybaratdyr. Şunlukda, köp isleg bildirilýän gurluşy we häsiýetleri almak üçin aýgytlaýjy orun sowatmaga degişlidir. Köplenç, gyzgynlyk sikli has çylşyrymly bolup durýar. Onda birnäçe gyzdyrmalar we sowatmalar bolup biler.

Gyzgynlyk düzgüni saýlananda metal erginleriniň hal diagrammasyny ulanmagy maslahat berýärler (mysal üçin, gara metal erginleri üçin demriň hal diagrammasy – sementit).

Gyzgynlyk bilen işläp bejermegiň esasy görnüşleri şulardyr:

1. Gyzdyrma (otžig).
2. Taba getirme (normallaşdyrma).
3. Taplama (zakalka).
4. Gowşatma (otpusk).

## 8.2. Gyzdyrma

**Gyzdyrma** diýlip, polatlary faza öwürülmeler gyzgynlyk derejesinden ýokary gyzdyrmak, ýetilen gyzgynlyk derejesinde saklamaga we soňra haýallyk bilen sowatmaga (adatça, peç bilen) aýdylýar. Gyzdyrmanyň maksady gyzdyrmanyň görnüşlerine baglydyr.

Gyzdyrmada sowatmagyň tizligi austenit dargap, ferritli-sementitli garyndyny (perliti) emele getirmegi üpjün etmeli. Ol uglerodly polatlar üçin 150-200 *grad/sagada*, pes legirlenen polatlar üçin bolsa 30–50 *grad/sagada* deň bolmaly.

Gyzdyrmadan soň ewtektoid çenli polatlaryň gurluşy perlitden we ferritden, ewtektoid polatlaryň gurluşy bolsa perlitden, ewtektoidden soňky polatlaryň gurluşy bolsa perlitden we gaýtadan alynýan sementitden ybarat. Şunlukda, sementitiň görnüşi, adatça, plastinka görnüşinde bolýar.

Gyzdyrma temperaturasyna baglylykda **diffuzion gyzdyrmany** (gomogenizasiýany), **doly gyzdyrmany**, **doly däl gyzdyrmany**, **däneli perlit üçin gyzdyrmany**, **izogyzgyn gyzdyrmany** tapawutlandyrýarlar.

**Diffuzion gyzdyrma**, adatça, metal ergininde dendrit ýa-da kristalýň içinde likwasiýa bolanda ulanylýar. Şunlukda, gyzdyrma hökmün-

de polatda uglerodyň we goşundylaryň konsentrasiýasyna deňlemäge getirýän gaty erginde diffuziýa hadysasy ulanylýar. Kāwagt diffuzion gyzydyrma gomogenizasiýa diýlip hem atlandyrylýar. Şonuň üçin şu gyzydyrmanyň maksady polady birmeňzeş (gomogen) etmek.

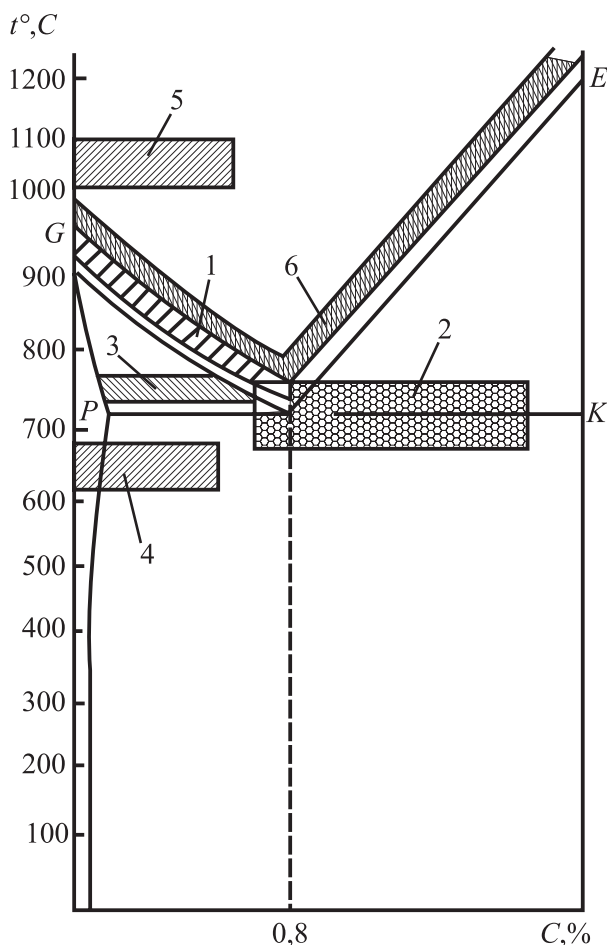
Gyzydyrma  $Ac_3$  polat 150–300 °C-den ýokary gyzydyrylyp (8.1-nji surat), şol temperaturada dowamly saklanyp we soňra haýallyk bilen sowadylyp amala aşyrylýar. Diffuzion gyzydyrma, esasan, legirlenen poladyň uly şekilli guýup ýasamalary we guýmalar üçin peýdalanylýar. Dowamly ýokary gyzygynlyk derejesinde saklamak netijesinde dānāniň uly ölçegde bolmagyna, ýagny poladyň gyzydyrylmagyna eltýār, ony bol-sa taba getirmek arkaly düzedip bolar. **Doly gyzydyrmada** polady  $Ac_3$  kritiki nokatdan 30–50 °C-den ýokary gyzydyrmada saklaýarlar, soňra haýallyk bilen sowadýarlar (8.1-nji surat). Gyzydyrmanyň şu görnüş-i poladyň gatylygyny peselt-mek, çeyeligini we özüne çekilijiligini ýokarlandyrmak, ýagny deňag-ramly ýagdaýa getirmek üçin geçirilýār. Doly gyzydyrma ewtektoidde çenli uglerodly we legirlenen polatlar gyzygyn ýagdaýda basyş bilen işlenenden soň ulanylýar.

Ewtektoidden soňky polatlar üçin doly gyzydyrma ulanylmaýar, çünki  $Ac_m$  temperaturalaryndan ýokary şu polatlaryň haýal sowadylmagynda gaýtadan alynýan sementit austenitiň dāneleriniň serhedinde bölünýār we kadaly temperaturada perlitni dāneleriniň gyrasyny jāhekleýār tor görnüşinde saklanýār, ol bolsa polada portlugy berýār.

**Doly dāl gyzydyrmada** polady  $Ac_1$  kritiki nokatdan 30–50 °C-den ýokary gyzydyrmada saklaýarlar, soňra haýallyk bilen sowadýarlar (8.1-nji surat). Şu gyzydyrma işläp bejermegiň umumy görnüşidir, şol sebāpli ony diñe polatlary dāl, eýsem içki dartgynlylyklary bolan metal materiallary işläp bejermek üçin hem ulanmak bolar.

Doly dāl gyzydyrmada diñe bölekleyin kristallaşma bolup geçýār. Ewtektoidde çenli polatlardaky artykmaç ferrit ýa-da ewtektoidden aňyryk polatlarda sementit gaty ergine (austenite) geçmeýār. Doly dāl gyzydyryp taplamada ewtektoidde çenli polatlarda basyş bilen işlenip bejerilenden soň gurluşyny düzetmeli (dāneleri ownatmaly). Şunuň ýaly gyzydyryp taplama, esasan, ewtektoid we ewtektoidden soňky polatlardan içki dartgynlyklary aýyrmak, onuň gatylygyny peseltmek, maýyşgaklygyny ýokarlandyrmak we kesip işläp bejermegi ýenilleşdirmek üçin peýdalanylýar.





**8.1-nji surat. Gyzdyryp taplamada we kadalaşdyrmakda polady gyzdyrmagyň temperaturalary:**

*1 – ewtektoidden öňki poladyň doly gyzdyrylyp taplanmasy; 2 – ewtektoidden soňky poladyň doly däl gyzdyrylyp taplanmasy; 3 – ewtektoidden öňki poladyň doly däl gyzdyrylyp taplanmasy; 4 – pes temperaturada gyzdyrylyp taplanma we rekrasiýalaşdyrylyp gyzdyryp taplanmasy; 5 – diffuzion gyzdyryp taplama; 6 – kadalaşma*

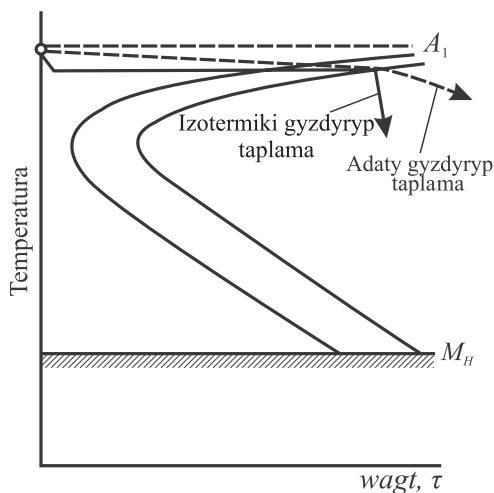
**Däneli perlit üçin gyzdyrma** aşakdaky yzygiderlilikde geçirilýär. Ýasy zolak şekilli perlit gurluşly polady haýallyk bilen  $Ac_1$  kritiki nokat (740 °C töweregi) çäklerinden ýokary gyzdyrmada saklaýarlar (tak-

mynan, 5 sagat), soňra  $A_{r1}$  kritiki nokada ( $680\text{ }^{\circ}\text{C}$  töweregi) çenli haýal-lyk bilen sowadýarlar we ýene-de, takmynan, 5 sagat saklaýarlar. Ondan soňra, tä sementitiň gerek bolan şar şekilli derejesi alynýança, bütinleý gaýtalamaly. Başgaça, gyzyrmanyň bu görnüşine **sikleyin** diýilýär.

Şu gyzyrmanyň maksady ýasy zolak perlitli dänelere öwürmek. Bu bolsa gatylygyň, berkligiň peselmegine getirýär we kesiji gural bilen işlenip bejerilişi ýeňilleşdirýär.

**Izogyzgyn gyzartmada** polat doly gyzardylandaky ýaly gyzydrylýar we oňa garanynda,  $A_{c1}$  kritiki nokatdan  $50\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -den aşakdaky gyzygynlyk derejesine çenli çalt sowadylýar. Şol temperaturada poladyň austeniti perlitte doly dargaýança saklanýar (8.2-nji surat). Ondan soňky sowatma işi howada geçirilýär.

Izogyzgyn çydamlylygyň temperaturasy poladyň alynýan gurluşyna we häsiýetlerine täsir edýär. Izogyzgyn çydamlylygyň temperaturasynyň aşaklamagy bilen, ýagny austenitiň çendenaşa sowadylyşynyň derejesiniň ýokarlanmagy bilen sementit ownadylyp, has dispers ferrit-sementit garyndysy alynýar. Izogyzgyn gyzartma, esasan, legirlenen polatlar üçin peýdalanylýar. Onuň artykmaçlygy tilsimat sikliniň az dowamlylygydyr.



8.2-nji surat. Izotermiki we adaty gyzydryp taplamanyň çyzgysy

### 8.3. Taba getirmek

Taba getirme ewtektoidden öňki polatlar  $Ac_3$  kritiki nokatdan ýokary, ewtektoid we ewtektoidden soňky polatlarda  $Ac_m$  kritiki nokatdan 30–50 °C-den ýokary gyzdyrylýar (8.1-nji surat), azwagtlayyn saklanylýar hem-de howada sowadylýar. Taba getirmekden soň uglerodly polatlaryň gurluşy gyzartmadakydan soňky ýaly, ýöne olarda perlit has ýaýraň ýerleşen we olaryň mehaniki häsiýetleri has ýokarydyr (ýokary berkliklidir we gatylyklydyr).

Gyzdyrma bilen deňeşdirilende, taba getirme has tygşytly hadysa bolup durýar (peç bilen bilelikde metaly sowatmak amaly ýok), ol tejribede giňden peýdalanylýar we köp halatlarda gyzgynlyk bilen işläp bejermegiň gutarnykly görnüşi hökmünde ulanylýar.

Taba getirme wezipesi boýunça dürli-dürlüdür we ol poladyň düzümine baglydyr. Az uglerodly polatlar üçin taba getirme gyzartmanyň ýerine ulanylýar. Ýokary gatylykly polatlary taba getirmek olary kesip işläp bejermegi ýeňilleşdirýär we has arassa üsti almaga mümkinçilik berýär.

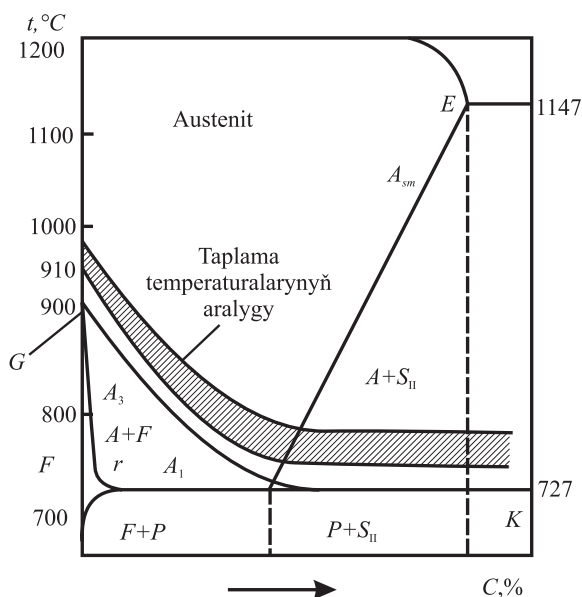
Orta uglerodly polatlaryň guýmalary üçin taba getirme ýa-da ýokary gyzartma bilen taba getirme taplamanyň we ýokary gyzartmanyň ýerine ulanylýar. Şeýle edilende şaýlaryň mehaniki häsiýetleri birneme pesräk bolýar, ýöne olar az basgylanmak (deformirlenmek) bilen, çat açmanyň emele gelmek ähtimallygy aradan aýrylýar.

Ýokary derejede gyzartmak bilen 600–650 °C-de taba getirmek, köplenç, legirlenen polatlaryň gurluşyny düzetmek üçin doly gyzartmanyň ýerine geçirilýär, çünki ol iki işiň öndürilijligi ýeke gyzartmanyňkydan ýokarydyr.

### 8.4. Taplama

**Taplama** diýip, polatlary  $Ac_3$  kritiki nokatdan (ewtektoidde çenli polatlar üçin) ýa-da  $Ac_1$ -den (ewtektoidden soňky polatlar üçin) 30–50 °C ýokary gyzdyrmaga, şol gyzgynlykda saklamaga aýdylýar. Ýeterlik derejede şepbeşiklik saklanyp, taplamada berklik we gatylyk ýokarlanýar.

Taplamanyň netijesine gyzdyrma temperaturasy, gyzdyrma tizligi, gyzdyrma temperaturasyndaky çydamlylyk we taplama temperaturasyndan sowatma täsir edýär.



8.3-nji surat. Taplama üçin uglerodly polatlary gyzdymagyň temperatura aralygy

Gyzdyrma temperaturasy poladyň düzüminde uglerodyň bolmagy bilen baglydyr, özi hem demir – sementit hal diagrammasynyň aşaky bölegi boýunça saýlanyp alynýar (8.3-nji surat). Ewtektoidde çenli polatlary taplamak üçin  $GS$  çyzykdan ýokaryk 30–50 °C-ä çenli gyzdyrýarlar. Netijede, olaryň perlitli ferrit gurluşy austenite öwrülýär. Soňky bolsa kritiki tizlikden ýokary tizlik bilen sowadylanda düzüminde az mukdarda austenit bolan ownuk iňne görnüşdäki martensite öwrülýär. Bu usula **doly taplamak** diýilýär.

Eger-de ewtektoidde çenli polat  $PS$  we  $GS$  çyzyklaryň arasyndaky gyzgynlyk derejä çenli gyzdyrylsa, bu poladyň diňe bölekleyin täzeden kristallaşmagyna getirýär. Austenitden başga-da az mukdarda ferrit galýar. Ol taplamada (çalt sowadylanda) üýtgemeyär. Alnan martensitden we ferritden ybarat gurluş taplanan poladyň gatylygyny peseldýär. Taplamagyň bu görnüşine **doly däl taplama** diýilýär. Ol örän seýrek ulanylýar.

Ewtektoid we ewtektoidden soňky polatlary taplamadan öň  $Ac_1$  nokatdan ýokary 30–50 °C-ä çenli gyzdyrýarlar, ýagny doly däl

taplama ulanylýar. Şol gyrgyznylykda ewtektoid polatlaryň gurluşy austenitden (bir fazaly gurluş), ewtektoidden soňky polatlaryňky bolsa austenitden we ikinji sementitden (iki fazaly gurluş) ybarat. Tiz sowadylandan soň ewtektoid poladyň gurluşynda martensit we galyndy austenitiň bardygy, ewtektoidden soňky poladyň gurluşynda bolsa martensitiň, gaýtadan alynýan sementitiň we galyndy austenitiň bardygy anyklanylýar. Ewtektoidden soňky polatlardan, esasan, gural ýasalýar. Şol guraldan ýokary berklik we könelmezlik talap edilýär. Şonuň üçin tutuş göwrümünde deň paýlanan ownuk dänejekler görnüşinde gaýtadan alynýan sementitiň bolmagy zerur hasap edilýär.

Doly däl taplama ewtektoidden soňky polat üçin kadaly bolup durýar. Şonuň üçin esasy gurluşynda däneli perlitniň bolmagy hökmandyr. Eger-de esasy gurluşynda tor görnüşindäki däneli perlit we sementit bar bolsa, onda taplamadan soň martensitiň we sementitiň torly gurluşy bolar. Ol bolsa polady port edýär.

Önümi birnäçe wagtyň dowamynda tutuş kesimi boýunça deň gyzzartmak we ähli öwürmeleri tamamlamak üçin gyzzdyrma temperaturasynda saklamak zerur. Gyzzdyrma wagty ýaly saklama wagty hem ereme hadysalaryna täsir edýän sebäpleriň köpüsine we polatda bolup geýýän gurluş özgertmelerine baglydyr.

Mysal üçin, taplamada uglerodly polatdan edilen tegelek önümleri gyzzdyrmak, şol sanda saklamak üçin wagtyň aşakdaky kadalaryny berjaý etmegi maslahat berýärler:

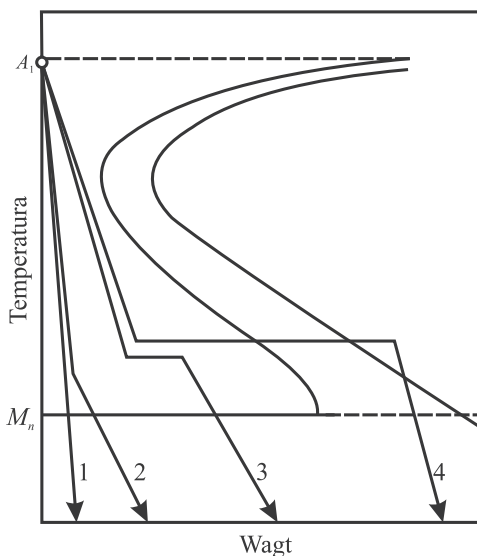
1. Ýangyç bilen metal eredilýän peçde 1 min;
2. Duzly wannada kesimiň 1 mm-i üçin 0,5 min.

Legirlenen polatdan önümleriň gyzzdyrma wagty 25–50% bolmalydyr.

Sowatmanyň tizligi taplamanyň netijesine aýgtyly täsir edýär. Sowatmanyň dürli tizlikleri dürli sowadyş gurşawlaryny (suwy, ýagy we beýlekileri) ulanmak bilen alynýar. Austenitiň ferrit-sementit garynda dargamagyndan gaça durmak üçin sowadyş gurşawynyň 650–500 °C çäklerinde poladyň sowadylyşynyň uly tizligini üpjün etmegi aýratyn-da wajypdyr. Beýleki tarapdan, 200–300 °C-de poladyň sowadylyşyny birneme haýallatmak zerur, çünki şu ýerde metalyň göwrüminiň giňemegi we uly içki güýjenmeleriň ýüze çykmagy bilen martensitiň emele gelmesi ýüze çykýar. Soňkular taplanýan önümleriň maýyşgaklygyna, we taplama çatlarynyň emele gelmegine getirip biler.

Suwuň we ýagyň sowadyjy ukyplylygyny deňeşdirip, ýaga garaňynda suwuň juda tiz sowadyandygyny bellemek zerur: 550–650 °C-de 4 esse tiz we 200–300 °C-de 10 esse tiz. Ine, şonuň üçin suwa taplamanyň uly kritiki tizligi bolan polatlary (uglerodly polatlary) sowatmak üçin, ýagy bolsa taplamanyň pes kritiki tizligi bolan polatlary (legirlenen polatlar) sowatmak üçin ulanýarlar.

Dürli düzümlü materiallar dürli görnüşde taplamany deň däl çuňluga kabul edýärler. **Taplaýjylyk** – poladyň taplamada zerur gerek bolan gatylygy ýokarlandyrmak ukyby. Taplaýjylyk, esasan, poladyň düzüminde uglerodyň mukdaryna bagly. Uglerod näçe köp bolsa, şonça-da martensitiň gatylygy ýokary bolýar, polat hem gowy taplanýar. **Gyzdyryjylyk** – poladyň taplamany belli bir çuňluga kabul etmek ukyby. Şu ukyp taplamada sowadyşyň kritiki tizligine bagly. Şu tizlik näçe az bolsa, şonça-da gyzdyryjylyk oňat bolýar. Gyzdyryjylyga sowadyşyň intensiwligi we legirleýji elementleriň mukdary täsir edýär. Sowadyş usulyňa baglylykda taplamanyň aşakdaky usullaryny tapawutlandyryrlar (8.4-nji surat).



**8.4-nji surat. Austenitiň izotermiki aşaklama diagrammasyna dürli usullar bilen taplamada sowamanyň çyzyklary:**

*1 – bir sowadyjyda taplama; 2 – iki gurşawdaky taplama; 3 – basgançakly taplama; 4 – izotermiki taplama*

**Bir sowadyjyda taplamany** tejribede has giň peýdalanýarlar. Esasan hem, ýönekeý görnüşdäki şaýlar üçin peýdalanýarlar. Şaýy taplama derejesine çenli gyzdyrýarlar we bir sowadyjyda sowadyrlar. Ýerli taplamada sowadyjy gurşawa şaýyň diňe taplanmaly bölegini salýarlar.

Bir sowadyjyda taplamanyň ýetmezçiligi (esasan, suwda) çat açmalaryň ýüze çykmagyna sezewar edip biljek möhüm içki güýjenmeleriň ýüze çykmagydyr.

**Iki gurşawda taplananda** (üznüksiz taplama) şaýlar adaty usulda gyzdyrylýar we martensit özgertmäniň ( $M_0$ ) başynyň biraz ýokarsynda bolan temperatura çenli zerur tizlik bilen sowadylýar, soňra olar az intensiw sowadyja tiz geçirilýär. Ol ýerde olar doly sowadyşa çenli saklanylýar. Şeýlelikde, austenitiň martensite öwürülmegi haýal bolup geçýär. Ol bolsa içki güýjenmeleriň we deformasiýalaryň azalmagyna getirýär. Taplamanyň şu usuly köp halatlarda uglerodly polatdan gural ýasamak üçin ulanylýar.

**Basgançakly taplama** iki tapgyrda geçirilýär. Gyzdyrylan önüm derrew  $M_0$ -den az bolmadyk temperaturaly wanna atylýar. Ol ýerde ol biraz wagt saklanylýar. Ondan soň önüm ýagda ýa-da howada sowadylýar. Wannada saklamagyň wagty önümiň tutuş kesimi boýunça temperaturanyň deňleşmegini üpjün etmelidir, austenitiň dargamagyna sezewar etmeli dälidir. Şu usul legirlenen polatlardan şaýlary, şeýle hem uglerodly polatlardan uly bolmadyk kesimli (10 mm-e çenli) şaýlary taplamak üçin ulanylýar. Şu usulyň kemçiligi haýal sowaýan gyzgyn gurşawlaryň iri şaýlar üçin sowadyşyň zerur bolan tizliklerini almaga ýardam etmeýändiginde bolup durýar.

D.K. Çernow tarapyndan teklipe edilen **izogyzgyn taplamany** tejribede has giňden peýdalanýarlar. Basgançakly taplamada bolşy ýaly, austenitiň dargamagy hem  $M_0$ -den pes bolmadyk temperaturada izogyzgyn wannada (adatça, duzly) saklamak bilen bolup geçýär. Saklanandan soň şaýlar howada sowadylýar. Austenitiň dargamagynyň netijesinde iňneli troostit emele gelýär, onuň HRC45 – 55 gatylygy we ýeterlik maýyşgakylygy bar. Izogyzgyn taplamany egrelmäge we çat açmalaryň emele gelmegine ukyply bolan şaýlar üçin ulanmak maksadalaýykdyr.

**Öz-özüňden gowşatmak bilen taplananda** taplama astynda gyzdyrylan önüm iň ahyryna çenli sowadylmaýar. Şaýyň içki gatlaklarynyň ýylylygynyň hasabyna ýokarky sowadylan gatlak 200–260 °C-ä

çenli gyzdyrylýar. Netijede, öz-özünden gowşatma bolup geçýär. Öz-özünden gowşatmak bilen taplamany galamlar (zubilalar), ýekedabanlar (kuwaldalar), slesar çekiçleri we üstde ýeterlik derejede ýokary gatylygy hem arasy şepbeşik bolan başga urguly gural üçin ulanylýarlar.

**Üst taplamany** haçan-da ýumşak aralyk bilen şaýyň gaty üstüni almaly bolanda şaýyň üýtgeýän agram salmalarynda, ep-esli sürtülmede ulanylýarlar. Munuň üçin 0,1–2 mm çuňlukda diňe üstki gatlak taplanylýar.

Taplama astynda önümleriň gyzdyrylmagynyň birnäçe usullary bar. Olar:

1. Kislorodly-asetilen ot bilen gyzdyrylma.
2. Elektrolitlerde gyzdyrylma.
3. Senagat we ýokary ýygyllykly tokda gyzdyrylma.

Ýokary ýygyllykly tok bilen gyzdyrma – has öndürijilikli we ösen usul. Üst taplama üçin gyzdyrmanyň şu usuly ulanylanda çuňlugy boýunça dürli bolan taplanan gatlagy alyp bolýar. Taplamany doly awtomatlaşdyryp bolýar. Şu usulyň düýp mazmuny şundadyr. Geçirijiniň daş-töwereginde üýtgeýän elektromagnit meýdanynyn emele getirýän üýtgeýän togunyň geçýän induktory (geçirijisi) tok geçirilýän önüme ýerleşdirilýär. Elektromagnit meýdany şaýy geçirip, onda önümi gyzdyrýan ýygyllykda indusirlenen togy ýüze çykarýar. Tok önümiň üstünden geçýär we diňe şol bölegi gyzdyrýar.

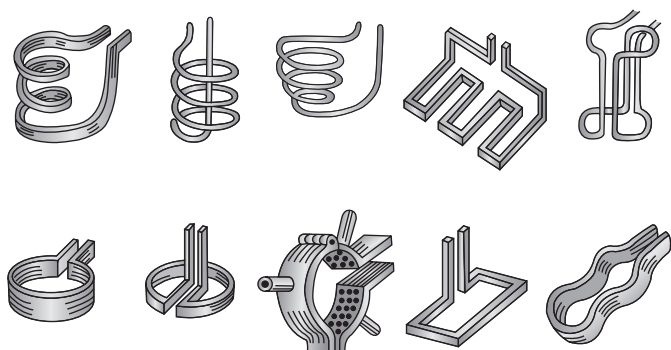
Gyzdyrylanda taplanan şaýlaryň hili köp halatda induktoryň konstruksiýasyna, onuň dogry oturdylmagyna we induktor bilen gyzdyrylan şaýyň arasyndaky aralyga baglydyr.

Induktorlar, adatyça, mis turbajyklardan ýasalýar. Olardan sowadyjy suw geçýär. Gyzdyryjy bölekden spreýer diýlip atlandyrylýan sowadyjy (duş) gural bilen utgaşdyrylýan induktorlar ýasalýar.

Birmeňzeş gyzdyrmak üçin induktordan şaýa çenli aralygyň ähli nokatlarda deň bolmagy zerurdyr. Adatyça, induktor bilen gyzdyrylýan şaýyň arasyndaky yş 1,5–3 mm-e deň.

Şaýyň her görnüşi üçin konfigurasiýasy taplanýan, şaýyň görnüşine we ölçegine laýyk gelýän aýratyn induktor ýasalýar. Bir we köp witokly induktorlaryň has ýaýran konstruksiýalary 8.5-nji suratda görkezilen.





**8.5-nji surat. Gyzdymak üçin induktorlar**

Ýokary ýygylýkly toguň çeşmesi maşyn ýa-da çyra generatorlary bolup durýar. Optimal ýygylýgy 15 000–60 000 Gs-e deň bolan çyraly generatorlar çuňlugy 1–2 mm bolan ownuk şaýlary we guraly taplamak üçin ulanylýar. Optimal ýygylýgy 500–700 Gs-e deň bolan maşyn generatorlary çuňlugy 3–10 mm bolan iri şaýlary we guraly taplamak üçin ulanylýar. Çuňlugy 20–50 mm-e deň bolan yşly taplama we üst taplama üçin käwagt 50 Gs senagat ýygylýkly toklar hem ulanylýar.

Toguň ýygylýgyndan başga-da gyzdymanyň we taplanan gatlagyň çuňlugyna gyzdymanyň tizligi we temperaturasy hem uly täsir edýär. Gyzdymanyň tizligi näçe ýokary bolsa, şonça-da gyzdymanyň çuňlugy pesdir. Gyzdymanyň temperaturasy näçe ýokary bolsa, şonça-da taplamanyň çuňlugy ýokarydyr. Gyzdymanyň tizligi generatoryň kuwwatyna (toguň ýygylýgyna) bagly we 50–500 grad/sekunt çäklerde üýtgäp durýar. Toguň şu ýygylýgynda gyzdymanyň tizligi, ilkinji nobatda, metalyň magnit geçirijiligine bagly bolup durýar. Şu geçirijilik näçe ýokary bolsa, şonça-da gyzdymanyň tizligi ýokary. Taplamanyň temperaturasy gyzdymanyň tizligine hem-de poladyň esasy gurluşyna bagly (ferrit-sementit garyndynyň dispersligi) we onlarça gradusyň çäklerinde üýtgäp bilýär. Gurluş näçe dispers bolsa, şonça-da gyzdymanyň şol bir tizliginde taplamanyň temperaturasy pes.

Gyzdyrylanda az wagtylyk saklama taplamadan soň adaty taplama garanynda has ownuk dänäni almaga ýardam edýär. Mundan başga-da ýokary ýygylýkly gyzdyrma egrelmäni peseldýär we köýdürmeýär. Gyzdyrylandan soň taplama gurşawy suw, ýag, duzlaryň erginleri we ş.m.

bolup biler. Taplamadan soň şaýlaryň gatylygy adaty taplama garanynda ýokary. Ýokary ýygyllykly gyzgynlyk desgalary doly awtomatlaşdyrylýar we önümçiligiň umumy akym ulgamyna goşulyp bilner. Ýokary ýygyllykly gyzgynlykda gyzdyrmanyň ýetmezçiligi desgalaryň ýokary bahasynda we gyzdyrmanyň hem sowamanyň düzgünleriniň sazlamasynyň çylşyrymlygynda bolup durýar (esasan, birlik şaýlary taplamak üçin).

## 8.5. Gowşatmak

Ähli taplanan şaýlar gowşatma sezewar edilýär. Gowşatmak  $A_{c1}$ -den pes bolan temperatura çenli taplanan poladyň gyzdyrylmagyndan, berlen temperaturada saklamakdan we soňra berlen tizlik bilen sowatmakdan ybarat. **Gowşatmak** – gyzgynlyk bilen işläp bejermegiň gutarnykly amaly. Onuň netijesinde polat talap edilýän mehaniki häsiýetlere we gurluşa eýe bolýar. Gowşatmak poladyň gatylygyny we portlugyny azaltmaga, şepbeşikligi ýokarlandyrmaga, güýjenmäni azaltmaga we aýyrmaga ýardam berýär.

Gowşatmagyň netijesinde gyzdyrma temperaturasynda baglylykda taplamanyň martensitiniň durnuksyz gurluşy has durnukly gurluşlara öwürülýär (gowşatma martensiti, troostit, sorbit, hatda perlit). Pes, orta we ýokary gowşatmany tapawutlandyryrlar.

**Pes gowşatma** 150–250 °C-ä çenli gyzdyrylanda alynýar. Şu temperaturalarda poladyň gurluşynda birneme üýtgän kristal gözenekli martensit saklanylýar. Netijede, poladyň gatylygy we içki güýjenmeleri birneme peselýär. Şu gurluş **gowşatmagyň martensiti** diýip atlandyrylýar. Kesiji guraly pes gowşatma sezewar edýärler.

**Orta gowşatma** 350–500 °C-ä çenli gyzdyrylanda alynýar. Şu temperaturalarda gowşadylan poladyň gurluşy, esasan, gowşamanyň troostitinden ybarat, ýagny ferritiň we sementitiň ownuk dispers garyndysy bolup durýar. Şunlukda, poladyň gatylygy we berkligi peselýär, çeyeligi we maýyşgaklygy ýokarlanýar. Köp halatlarda gowşatmagyň şu görnüşi pružinleriň we resoryň gyzgynlyk bilen işlenilip bejerilmesinde ulanylýar.

**Ýokary gowşatma** 500–650 °C-ä çenli taplanan önümleriň gyzdyrylmasy bilen amala aşyrylýar. Gowşatmada poladyň şu hili gyzmasy gowşatmagyň sorbitiniň emele gelmegi bilen bolup geçýär (orta dispersligiň we däneli gurluşyň ferrit-sementit garyndysy).

Ýokary gowşamada polatdaky içki güýjenmeler doly aýrylýar. Sorbit konstruksion gurluşly polatlar üçin berkligiň we maýyşgaklygynyň utgaşmasyny berýär. Maşynlaryň we konstruksiyalaryň jogapkär şaýlarynyň köpüsi ýokary gowşama sezewar edilýär.

Ýokary gowşamaly taplama **gowulandyрма** diýlip atlandyrylýar. Gowulandyрма düzüminde 0,3–0,5 % uglerod bar bolan konstruksion polatlar sezewar edilýär.

Polatlaryň käbir sortlary, esasan hem, ýörite sortlary 450° C-den ýokary bolan temperaturada gowşamadan soň haýal sowadylanda urguly şepbeşikligiň pese düşmeginde bolup durýan gowşama portluga eýe bolýar. Gowşama portlugynyň önüni almak üçin önümi ýokary gowşamasyndan soň suwda ýa-da ýagda tiz sowatmaly.

## 8.6. Sowuk bilen işläp bejermek

Taplanan polatda, esasan, düzüminde 0,4–0,5% uglerodyň mukdary bolan polatda hemişe galyndy austenit bar, çünki martensit öwrülmaniň soňy otrisatel temperaturalarda bolup durýar.

Austenit gatylygy, könelmezligi pese düşürýär we köplenç, martensit öz-özünden öwrülendäki temperaturalarda işleýän şaýlaryň magnit häsiýetleriniň we ölçegleriniň üýtgemegine getirýär.

Galyndy austenitiň mukdaryny azaltmak üçin sowuk bilen işläp bejermegi ulanýarlar. Ol otrisatel temperaturalara çenli taplanan poladyň sowadylyşynda bolup durýar. -30 – -70 °C-ä çenli temperaturanyň aşak düşmegi galyndy austenitiň martensite öwrülmegine sezewar edýär. Ol bolsa polatlary has gataldýar, ýöne şol bir wagtyň özünde güýjenmeler artýar. Şonuň üçin sowadyş haýal geçirilýär. Sowuk bilen işläp bejerilenden soň gowşatma bilen meşgullanýarlar.

Sowuk bilen işläp bejermäni taplamadan soň geçirýärler, çünki 3-6 sagatlap ýokary taplanan poladyň saklanylmagy kadaly temperaturada austeniti durnuklaşdyrýar we ol soňra martensite doly öwrülmeýär. Şeýlelikde, sowuk bilen işläp bejermegiň effekti pese düşýär.

Sowuk bilen işläp bejermäni, köplenç, otrisatel temperaturany döred-ýän -75 °C-den -195 °C-ä çenli temperaturaly ýörite desgalar-da geçirýärler.

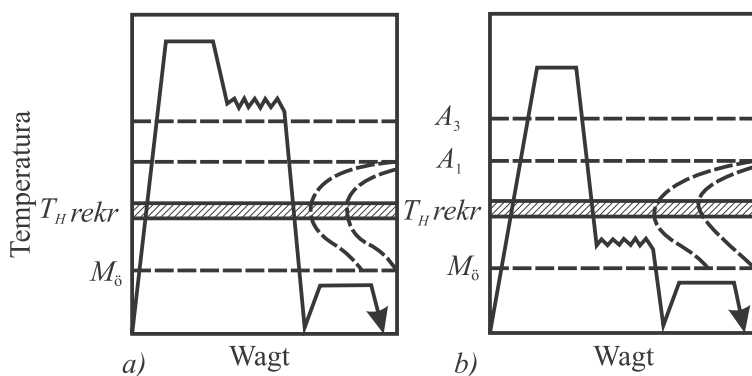
Taplamadan soň köp austeniti saklaýan ölçýji gural, käbir prужinler, sementirlenýän legirlenen polatdan şaýlar sowuk bilen işlenilip bejerilýär.

## 8.7. Mehaniki gyzgyny işläp bejermek

**Mehaniki gyzgyny işläp bejermek diýip**,  $A_{c3}$ -den ýokary temperatura çenli poladyň gyzdyrylmasyndan, austenitiň plastiki deformasiýasyndan we martensit (köp halatlarda) gurluşy almak maksady bilen soňra onuň öwrülmeginden ybarat bolan hadysa aýdylýar.

Austenitiň deformasiýasynyň temperatura arakesmesi boýunça mehaniki gyzgyny işläp bejermek bölümi has ýaýrandyr. Rekristallaşmanyň bosagasyndan ýokary bolan temperaturada ýokary temperaturaly mehaniki gyzgyny işläp bejermegi (ÝTMGIB) geçirýärler, rekristallaşmanyň bosagasyndan pes bolan temperaturada pes temperaturaly mehaniki gyzgyny işläp bejermegi (PTMGIB) geçirýärler.

ÝTMGIB-de poladyň deformasiýasy durnukly austenitiň ulgamynda gabat gelyän temperaturada amala aşyrylýar ( $A_3$  kritiki nokatdan ýokary), PTMGIB-de bolsa poladyň deformasiýasy metaldurnukly austenitiň ulgamynda ( $A_1$  kritiki nokatdan pes, ýöne  $M_s$  martensit özgertme nokadyndan ýokary) amala aşyrylýar (8.6-njy surat).



**8.6-njy surat. Termomehaniki işlenme usuly bilen polady berkleşdirmegiň esasy çyzzgysy:**  
a – ÝTMGIB; b – PTMGIB

ÝTMGIB-ni islendik polatlara sezewar edip bolýar, PTMGIB-e bolsa diňe çendenaşa sowadylan austenitiň ýokarlandyrylan durnukly polatlaryny sezewar edip bolýar. Adaty taplama bilen deňeşdirilende, mehaniki gyzgyny işläp bejermekden soň berklik 10–20%-den ýokarlanýar, urguly şepbeşiklik bolsa 1,5–2 esse artýar. Mehaniki gyzgyny işläp bejermegiň täsiri poladyň düzümine, deformasiýanyň temperaturasyna we derejesine hem-de gyzgyn bilen işläp bejermegiň düzgünine (taplamaga we gowşatmaga) baglydyr.

Mehaniki gyzgyny işläp bejermegiň netijesinde poladyň mehaniki häsiýetleriniň ýokarlanmagy austenitiň plastiki deformirlenmesinde (berçinlenmesinde) ownuk blokly gurluşyň döredilýändigini bilen düşündirilýär. Soňraky tiz sowamadaky berçinlemede ovradylan austenit inçe gurluşly martensite öwrülýär.

## **8.8. Gyzgynlyk bilen işläp bejermede ýüze çykýan kemçilikler**

Eger-de polat kritiki temperaturadan pes gyzdrylan bolsa, doly däl gyzdurma ýüze çykýar. Mysal üçin:

Eger-de ewtekoide çenli polady  $A_{c3}$ -den biraz pes bolan temperatura çenli gyzdysaň, onda ferritiň bölegi austenite öwürilmän galar. Tiz sowadylandan soň austenit martensite öwürüler, ferrit bolsa taplanan polatda galar. Netijede, gurluş martensitden we ferritden ybarat bolar. Pes gatylygy bolan ferrit taplanan poladyň umumy gatylygyny pese düşürer. Şu kemçiligi pejiň ýokarlandyrylan temperaturasy bilen düzedip bolýar.

Eger-de polat kritiki temperaturadan has köp gyzdrylan ýa-da kadaly temperaturada örän köp saklanan bolsa, çendenaşa gyzdurma ýüze çykýar.

Gyzyrmada çendenaşa gyzdurma däneleriniň ösüşine getirýär, güýçli çendenaşa gyzyrmada bolsa biri-birine burç astynda ýerleşen ferrit bölekleriniň plastinka görnüşine mahsus bolan widmanştett gurluşy emele gelýär.

Taplamada gyzyrmanyň netijesinde iri iňňeli martensit emele gelýär. Çendenaşa gyzdrylan poladyň mehaniki häsiýetleri pes.

Gyzdyrmada ýüze çykýan çendenaşa gyzdyrmany taba getirmek bilen düzedip bolýar. Taplamada çendenaşa gyzdyrylan polady gyzdyrylar we täzeden taplaýarlar.

Eger-de polat eräp başlamagyň temperaturasyna ýakyn gyzdyrylan bolsa, çendenaşa ýakma ýüze çykýar. Çendenaşa ýakma ereme bilen häsiýetlendirilýär we şol sebäpli däneleriň serhedi boýunça metalyň okislenmesi bolup geçýär. Polat örän port bolýar.

Gyzdyrmada poladyň okislenmesi we uglerodsyzlanmasy onuň peçlerde bar bolan gazlar (kislorod, wodorod, kömürturşy gazy) bilen özara täsiridir. Okislenme şaýyň üstünde köýügiň emele gelmegi bilen, uglerodsyzlanma bolsa ferritiň gurluşynyň emele gelmegi zerarly şaýyň üst gatlaklarynda uglerodyň ýanmagy bilen häsiýetlendirilýär. Bu bolsa metalyň yzyna gaýtarmasyz ýitgisinden başga köýük şaýlaryň deň däl gatylygyna getirýär we goşmaça işläp bejermegiň zerurlygyny ýüze çykarýar. Uglerodsyzlanmanyň netijesinde şaýlaryň üstünde gatylyk we çydamlylyk pese düşýär.

Okislenmeden we uglerodsyzlanmadan goraýan iň gowy serişdäniň biri polada garanynda bitarap gaz düzümi bilen ýörite peçlerde gyzdyrmadyr.

Taplanan çatlar köp halatlarda poladyň juda köp sowadylmagynda we gyzdyrylmagynda ýüze çykýar.

Taplanan çatlar bilen göreşmek üçin şaýyň deň gyzdyrmasyndan we deň sowatmasyndan peýdalanýarlar; martensit özgertmäniň arakesmesinde haýal sowatmany üpjün edýän taplamalar ulanylýar (basgançakly, izogyzgyn, iki gurşawda taplama).

Egrelme şaýyň aýratyn bölekleriniň deň däl sowamagy sebäpli ýüze çykýar. Egrelmä şaýyň görnüşi we şaýyň daşky gurşawa salynýan usuly ep-esli täsir edýär.

Egrelme bilen göreşmek üçin taplamanyň düzgünini (gyzdyrma temperaturasyny, sowadyşyň tizligini we usulyňy) dogry saýlap almaly, taplamany taplanan galyplarda ulanmaly.

Ýumşak tegmiller doly däl gyzdyrma ýa-da ýetmezçilik derejesinde intensiw sowatma sebäpli emele gelýär. Käwagt ýumşak tegmiller esasy gurluşyň meňzeş däldigi (ferritiň üýşmegi) sebäpli ýüze çykýar. Şu ýerlerde gyzdyrylanda uglerodyň az konsentrasiýasy bo-

lan austenit bolup biler. Şu ýerde hatda dogry geçirilen taplamada-da gatylyk pes bolar. Şu kemçiligi taplamadan ön taba getirmek bilen aradan aýryp bolýar. Taba getirmek has birmeňzeş gurluşy döredýär.

---

## IX BAP

### POLADYŇ HIMIKI – GYZGYNLYK BILEN IŞLENIP BEJERILIŞI

---

#### 9.1. Poladyň fiziki esaslary

**Himiki-gyzgynlyk bilen işlenilip bejeriliş** – himiki düzümi, gurluşy we häsiýetleri üýtgetmek maksady bilen önümiň üst gatlagynyň uglerod, azot we başga elementler bilen doýurmak hadysasy. Himiki-gyzgynlyk bilen işlenilip bejeriliş ýagdaýy üç tapgyrdan ybarat. Olar:

1. Daşky gurşawda bolup geçýän reaksiýalar sebäpli atomar ýagdaýda diffundirleýji elementiň bölünilip çykarylmagy (dissosiasiya);
2. Diffundirleýji elementiň atomlarynyň polat önümiň üsti bilen baglanyşmagy we demriň gözenegine düşmegi (absorbsiya);
3. Doýgunlaşdyryjy elementiň atomlarynyň metalyň çuňlugyna diffuziýasy.

**Dissosiasiya** gaz gurşawynda bolup we molekulalaryň dargamagynda hem diffundirleýji elementleriň atomlarynyň emele gelmeginde bolup geçýär. Mysal üçin:  $2\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{C}$ ,  $\text{NH}_3 + 3\text{H} + \text{N}$ .

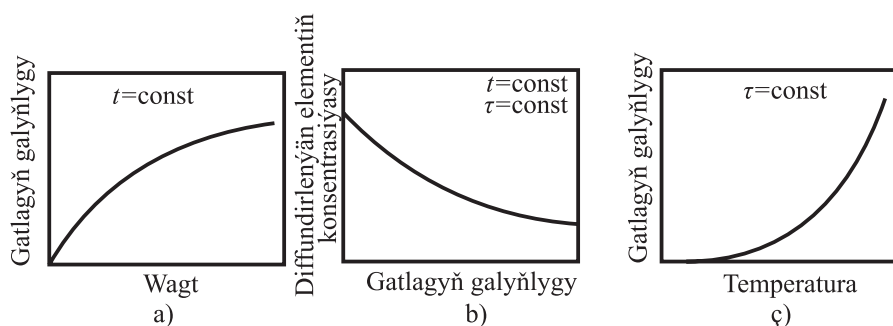
Şunlukda, metalda eremäge ukyply bolan uglerodyň we azodyň işjeň atomlary emele gelýär. Göterimlerde ölçenilýän gazyň molekullarynyň dargama derejesini **dissosiasiya derejesi** diýip atlandyryrlar.

**Absorbsiya** gaz bilen metalyň çäginde bolup geçýär. Ol erkin atomlaryň üstüniň siňmeginde (eremeginde) bolup durýar. Şu hadysa diňe, eger-de diffundirleýji element önümiň metalynda eremäge we gaty erginleri emele getirmäge ukyply bolsa, mümkindir.

Demriň gözenegini doýgunlaşdyryjy elementiň atomlarynyň diffuziýasynyň tizligi birmeňzeş däl. Ol emele gelýän fazalaryň düzümine hem gurluşyna bagly bolup durýar. Demir bilen emele gelýän ornashdyrmanyň gaty erginleri uglerod we azot bilen doýgunlaşdyrylanda, orun tutmanyň gaty erginleri bilen emele gelýän metallar bilen doýgunlaşdyrylýandygyna görä, diffuziýa tiz bolup geçýär. Şonuň üçin metallar diffuzion doýgunlaşdyrylandaky (diffuzion metallashdyrma) hadysa has ýokary temperaturalarda hem-de has uzakrak alnyp barylýar, ýöne, muňa garamazdan, azot we uglerod bilen doýgunlaşdyrylýandygyna görä, gatlagyň has az galyňlygyny alýarlar. Diffuziýanyň çuňlugy doýgunlaşmagyň temperaturasyna we dowamlylygyna, şeýle hem önümiň üstündäki diffundirleyji elementiň konsentrasiýasyna bagly bolup durýar (9.1-nji surat).

Himiki-gyzgynlyk bilen işlenilip bejerilişin esasy maksady poladyň üst gatlagyny berkitmekdir (gatylygyny, ýadawlyk berkligini, iýilmäge durnuklylygyny ýokarlandyrmak), fiziki-himiki we başga (poslamazlyk, friksion we ş.m) häsiýetlerini üýtgetmekdir.

Himiki-gyzgynlyk bilen işlenilişin **sementitleşdirmek, azotlaşdyrmak, sianlaşdyrmak, diffuzion metallashdyrmak** ýaly görnüşleri bardyr.



**9.1-nji surat. Diffuzion gatlagyň galyňlygynyň uglerodyň konsentrasiýasynyň üste we baýlaşmanyň temperaturasyna baýlaşdyrmanyň dowamlylygyna baglylygy**



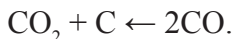
## 9.2. Sementitleşdirmek

**Sementitleşdirmek** poladyň üst gatlagyny uglerod bilen doýurmakdyr. Sementitleşdirmek, köplenç, şaýyň özeniniň şepbeşikligini saklap, ýokary gatylygy we iýilmäge durnuklylygy almak üçin ýerine ýetirilýär. Munda çarhly tigrler, barmaklar, wallar, oklar, leňnerler, gurşawlar, podşipnikleriň şaýlary (uly göwrümlü halkalar we rolikler) we başgalar sementitleşdirilýär.

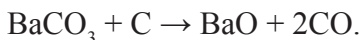
**Gaty karbýurizatorda sementitleşdirmek.** Gaty karbýurizator hökmünde agaç kömründen (70% agramyna görä), kömürturşy kalsinden (2,5–3,5%-e çenli) we kömürturşy barisinden (20–25%-e golaý) ybarat bolan garyndy ulanylýar. Işleniljek şaýy demir çelekde (ýaşıkde) ýerleşdirip üstüne karbýurizatory guýup, çelegiň agzyny ýapyp, içine howa we peç gazy girmez ýaly odaýdamly palçyk bilen suwaýarlar.

Taýýarlanan çelegi peçe salyp, 930–950 °C gyzgynlyk derejesinde 5–10 sagat saklaýarlar. Saklamagyň dowamlylygy sementitleşdirmegiň çuňlugyna baglydyr. Köplenç, 1 sagadyň dowamynda 1 mm çuňluga çenli doýrup bolýar.

930–950 °C gyzgynlykdaky şaý çelege salnanda, çelekde galan howanyň kislorody karbýurizatoryň uglerody bilen täsir edip, uglerodyň okisini emele getirýär.



930–950 °C gyzgynlyk derejesinde agaç kömrüniň barlygynda kömürturşy barisi reaksiýa boýunça dargaýar.

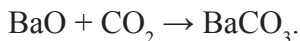


Demriň okisiniň barlygy sebäpli, uglerodyň okisi dargap, atomar uglerod emele gelýär.



Atomar ýagdaýdaky uglerod işjeň bolup, ol ýeňillik bilen demre diffundirlenýär hem-de onuň üst gatlagyny iň uly derejede doýurýar.

Kömürturşy barisi hadysanyň barşynda emele gelýän uglerodyň ikili okisiniň hasabyna täzelenýär:



Şeýlelikde, gaty karbýurizatorda sementitleşdiriji bolup, hakykattan hem, uglerod hyzmat edýär.

Sementitleşdirmäge degişli bolmadyk üstler ýörite suwaglar arkaly karbýurizatordan izolirlenýär ýa-da olar elektrolitik usul bilen mislenilýär.

Sementitleşdirmeden soň şaýyň özeniniň ýokary şepbeşikliligini, dinamiki agram salmalaryň oňat garşylygyny üpjün edýän, uglerody düzüminde saklaýan (0,1–0,25 %) az uglerodly we legirlenen polatlardan şaýlar sementitleşdirmäge sezewar edilýär. Şaýyň özeniniň gurluşy ferritden we perlitden ybarat. Düzgün bolşy ýaly, sementirlenen şaýlar üst gatlagynda uglerodyň 0,95–1,1 %-ni saklaýar.

**Gaz bilen sementitleşdirmekde** karbýurizator hökmünde tebigy gazlar, ýagtylyk gazy we metanyň, etiliň, propanyň, nebitiň gurşawynda nebit önümlerinden alynýan başga gazlar we gaz garyndylary ulanylýar.

Gaz bilen sementitleşdirmek üçin mufel pejiň içine şaýlar bilen doldurylan agzy jebis ýapylan çelegi salyp, soň bolsa onuň içine birnäçe sagadyň dowamynda 900–950 °C gyzgynlyk derejesi ýagdaýynda gaz goýberýärler.

Gaz bilen sementitleşdirmegiň tizligi, gaty karbýurizatorda sementitleşdirmä garanynda, 2–3 esse ýokarydyr we bu işde uglerodyň doýrulyşyny anyk sazlap bolýar. Onuň mehanizmlaşdirilişi hem-de awtomatlaşdyrylyşy ýönekeýdir, şonuň üçin iş ýeri hem arassa bolýar. Gaz bilen sementitleşdirmekden soň sementitleşdirmek üçin gyzdymany ulanyp, derrew taplamany amala aşyryp bolýar.

Tizlikli gaz bilen sementitleşdirmekde önümler 1080–1100 °C-ä çenli ýokary ýygýlykly toklar bilen gyzdyrylýar. Netijede, 40–50 minudyň dowamynda galyňlygy 0,8–1 mm bolan uglerodly gatlak alynýar. 870 °C-ä çenli sowadylandan soň önümler derrew taplama sezewar edilýär.

Sementitleşdirmeden soň şaýlar taplanýar we gowşadylýar. Sementitleşdirilen poladyň taplamasynyň öz aýratynlyklary bar, çünki sementitleşdirmek dänäniň ösmegi bilen bolup geçýär. Şaýlaryň kesmesi boýunça hem uglerodyň paýlanylyşy deň däl.

Gaty bir zerur bolmadyk şaýlar gös-göni sementasion mufelde taplanýlar. Şu ýagdaýda şaýyň üst gatlagy iri iňňeli martensitiň gur-

luşyna eýe bolýar, özeni bolsa ewtektoidde çenli poladyň iri dänelerinden ybarat. Taplamadan soň pes gowşatma bolup geçýär (150–170 °C).

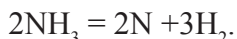
Has zerur gerekli şaýlar sementitleşdirmeden soň howada sowadylýar. Ondan soň 850–900 °C-ä çenli temperaturada taplanylýar.  $Ac_1$  we  $Ac_3$  kritiki nokatlardaky temperaturalarda poladyň öwürmeleri özen dänelerini owardýarlar. Onuň netijesinde taplamadan soň üst gatlagyň gurluşy ownuk iňňeli martensitden, galyndy austenitiň we sementitiň käbir mukdaryndan, özeni bolsa ownuk däneden ybarat bolýar. Ondan soň pes gowşatma bolup geçýär.

Aýratyn has gerekli şaýlar üçin goşa taplama geçirilýär.  $Ac_3$  nokatdan ýokary bolan temperaturalarda (850–900 °C) birinji taplama özeniň gurluşynyň owardylmagyna getirýär. Şaýlar ýagda ýa-da howada sowadylýar.  $Ac_1$  nokatdan ýokary bolan temperaturalarda (760–800 °C) ikinji taplama üst gatlagda ýokary gatylykly ownuk iňňeli martensitiň gurluşyny berýär, özene bolsa sorbitden we ferritden ybarat bolan doly däl taplamanyň gurluşyny berýär.

### 9.3. Azotlaşma

Poladyň ýa-da çoýnuň üst gatlagyna azot bilen azotlaşma (nitrirleme) diýlip aýdylýar. Bu iş gaz görnüşli ammiakda ( $NH_3$ ) 430–600 °C-de poladyň ýa-da çoýnuň gatylygyny, iýilmäge durnuklylygyny we berkliginiň çäginde ýokarlandyrmak üçin ýerine ýetirilýär. Eger bu iş 600–800 °C-de ýerine ýetirilse, onda diňe poslamazlyga durnuklylygy artýar. Esasan, legirlenen polatlar azotlaşdyrylýar. Olaryň düzüminde azot bilen berk nitrit birleşmesini emele getirmäge ukyply bolan elementler (hrom, molibden, wolfram, alýuminiý, titan) bar.

Azotlaşdyrmazdan önüşi ýagy, hapasy aýrylyp şaý arassalanylýar. Soň bolsa biri-birine degmez ýaly edip çelekde ýerleşdirilýär ýa-da simde asylýar. Çelek berk ýapylyp peçde ýerleşdirilýär. Peç işledilip ýuwaş-ýuwaşdan gyrgyzlyk derejesi galdyrylyp bellenen çägene ýetirilýär. Ýokary gyrgyzlyk derejesinde ammiak bölünip azody işjeň çykarýar. Çykan azot bolsa üstüni doýurýar:



Azotlaşmanyň dowamlylygy gatlagyň talap edilýän galyňlygyna bagly bolup durýar. Her 10 sagat çydamlylyk üçin galyňlygy 0,1 mm-e deň bolan azotlaşdyrylan gatlagyň alynýandygy hasaba alynýar. Azotlaşdyrylanda üst gatlak 0,01–0,02 mm “çişýär”. Metallar deslapky mehaniki işlenilip bejerilende bu “çişme” ýagdaýy göz önünde tutulýar. Azotlaşma çenli şaýlar gyzgyn we mehaniki işlenilip bejerilişe sezewar edilýär. Şaýlaryň diňe azotlaşdyrylan bölekleri ýylmanlyýar.

Azotlaşmanyň sementitleşdirmä garanyňda birnäçe gowy taprlary bar. Azotlaşdyrmany pes gyzgynlyk derejesinde ýerine ýetirýärler, azotlaşdyrylan gatlak has ýokary gatylyga, berklige we az döwlegenlige eýedir.

## 9.4. Sianlaşdyrmak

**Sianlaşdyrmak** – polat şaýlaryň üstleriniň bir wagtyň özünde uglerod we azot bilen doýrulýan ýagdaýy. Gaty, suwuk we gaz halndaky sianlaşdyrma ulanylýar. Sianlaşdyrylýan gatlagyň galyňlygy, köplenç, 0,1–0,2 mm-e deňdir. Şu usul bilen işlenilende metalyň gatylygy we iýilmäge durnuklylygy hem-de poslamazlyga garşylygy ýokarlanýar. Sianlaşdyrma bilen işlenende, esasan, ownuk we orta ululykly şaýlar üçin (çarhlar (şesternýalar), porşenler, barmaklar, wal-jagazlar we ş.m.) has netijeli bolýar.

**Suwuk halndaky sianlaşdyrma** has giň ýaýrandyr. Ol şu düzümdäki sianly duzlaryň erginindäki wannalarda amala aşyrylýar: 50% NaCN, 3,5% BaCl<sub>2</sub>, 15% NaCl. Gyzydrylanda duzlar şaýlaryň üstlerini doýurýan uglerodyň we azodyň iş atomlaryny bölüp çykar-mak bilen bölünýär.

Pes temperaturaly sianlaşdyrma polatdan tiz kesýän guraly berkitmek üçin 500–600 °C-de amala aşyrylýar (wannada 25–40% NaCN, 20–45% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> we 10–20% NaCl bar). Işiň dowamlylygy 5–30 minuda, sianlaşdyrylan gatlagyň galyňlygy bolsa 0,02–0,04 mm-e deň.

Ýokary temperaturaly sianlaşdyrma 800–950 °C temperaturada öz düzüminde 0,4%-e çenli uglerody saklaýan uglerodly we ýörite polatlar sezewar edilýär (wannada 6–10% NaCN, 80–84% BaCl<sub>2</sub> we 10-e çenli NaCl bar). Sianlaşdyrmanyň dowamlylygy 1–6 sagada, sianlaşdyrylan gatlagyň galyňlygy bolsa 0,5–1,5 mm-e ýetýär.

Ýokary temperaturaly sianlaşdyrmadan soň taplama işi ýerine ýetirilýär we soňra pes temperaturada gowşadylýar. Gyzgynlyk bilen işlenilip bejerilenden soň üstüň gatylygy HRC58-62-ä deň bolýar. Taplamadan soň sianlaşdyrylan gatlagyň gurluşy sementirleneniňki ýaly. Sianlaşma temperaturasy näçe ýokary bolsa, şonça-da üst gatlak uglerod bilen has köp doýgunlaşdyrylýar, temperatura näçe pes bolsa, şonça-da azot bilen köp doýgunlaşdyrylýar.

**Gaz bilen sianlaşdyrma** (nitrosegmentirleme) – 850–900 °C temperaturada polat önümleriniň uglerodlanan we azotlanan gazlardan (mysal üçin, 70–80% tebigy gazdan we 20–30% ammiakdan) ybarat bolan garyndy bilen işlenilip bejerilişi. Galyňlygy 0,25–1 mm-e deň bolan gatlagy almak hadysasynyň dowamlylygy 2–10 sagada deň.

Nitrosegmentirlemeden soň gös-göni peçde taplama bolup geçýär we soňra 160–180 °C temperaturada gowşatma bolýar. Gowşatmadan soň üstüň gatylygy HRC58-62-ä deň. Nitrosegmentirmä ýarsma ukyply bolan çylşyrymly konfigurasiýaly şaýlar (çarhlar) sezewar bolýar. Nitrosegmentirleme has giňden ulanylýar.

## 9.5. Diffuzion metallaşdyrma

Poladyň üstüni alýuminiý, hrom, kremniý, bor, titan, berilliý we başga himiki elementler bilen doýurma **diffuzion metallaşdyrma** diýip aýdylýar. Bu proses polat önümleri bilen ady tutulan himiki elementleriň bir ýa-da birnäçesi bilen galtaşma ýagdaýynda gyzdyrma we saklama esasynda amala aşyrylýar. Munda himiki elementler bu işde gaty, suwuk we gaz halynda bolup bilerler.

Üst bölegi bu himiki elementler bilen doýrulan önüm gymmatly häsiýetlere (ýokary gyzgynlyga, poslama we ýokary iýilmä durnukly hem-de gaty) eýedir. Käbir ýagdaýlarda şaý metallaşandan soň gyzdynlyk bilen işlenip bejerilişe sezewar edilýär.

**Alitirleme** köýüge çydamlylygy ýokarlandyrmak üçin poladyň üst bölegini 850–900 °C gyzgynlyk derejesinde alýuminiý bilen doýurmakdyr. Alitirlemede polat gyzdyrylanda, onuň üst böleginde alýuminiň okisinden dykyz örtük emele gelip metaly poslamadan gorayar.

Köplenç, alitirlemäni toz gömüşi garyndylarda ulanýarlar. Şaýlar işçi garyndy bilen doldurylan çelege gaplanylýar. Onuň düzümine ürün

görnüşli garyndyly alýuminiý (25–50%) ýa-da ferroalýuminiý (50–75%), alýumininiň okisi (25–75%) we hlorly alýuminiý (1%) girýär. Iş 3–12 sagat dowamynda 900–1050 °C temperaturada alnyp barylýar.

Käwagt alitirlemäni eredilen alýuminili wannalarda ulanýarlar. Alitirlenen şaýlary alýuminide işlenip bejerilýän şaýlaryň eremesini aradan aýyrmak üçin düzüminde 6–8% demir bar bolan eredilen alýuminä salýarlar. Iş 45–90 minudyň dowamynda 700–800 °C temperaturada alnyp barylýar. Alitirlenen gatlagyň galyňlygy 0,2–0,35 mm-e ýetýär.

Gaz bilen alitirleme ýapyk retortlarda gaz görnüşli hlorly alýuminiý bilen geçirilýär. Ol ýokary temperaturalarda bölekleyin bölünýär we polady alýuminiý bilen doýgunlaşdyrýar.

Alitirmek arkaly gazogenerator maşynlarynyň şaýlary termoparlaryň atgyçlary, dürli susguçlaryň şaýlary, ýokary gyzygynlyk derejesinde işleýän bekleýji gapaklar (klapanlar) we beýleki şaýlar işlenip bejerilýär.

**Hromlama** – poladyň üst böleginiň gaty, suwuk we gaz halyndaky hrom bilen doýgunlaşmasy.

**Gaty gurşawda** polat hromlaşdyrylanda 40–45% ferrohromdan, 45–50% ýakylan toýundan we 3–5% hlorly ammoniden ybarat bolan ürün görnüşli garyndyny ulanýarlar. Hromlama 10–15 sagadyň dowamynda 900–1100 °C temperaturada geçirilýär.

**Suwuk hromlamada** önüm 900–1100 °C-ä çenli gyzygynlyk derejesinde 15–30% hlorly hrom ýa-da 15–25% ferrohrom goşulan bariniň, magniniň we kalsiniň ergin halyndaky duzundan ýerine ýetirilýär.

**Poladyň gazly hromlamasy** has güýçlüdir. Şu ýagdaýda önümler gaz görnüşli hlorly hromuň atmosferasynda 950–1050 °C-ä çenli gyzydyrylýar. Hromlanan gatlagyň galyňlygy 0,15–0,20 mm-e deň.

Hromlama bug-güýç enjamlarynyň şaýlaryny, bug-suw armaturlaryny, bekleýji gapaklary, wentilleri, patrubkalary, şeýle-de agressiw gurşawda işleýän şaýlary işläp bejermek üçin, şeýle-de şaýlara bezeg bermek üçin ýerine ýetirilýän işdir.

**Silisirleme** iýilmezlige we poslama durnuklylygy ýokarlandyrmak we kislota durnuklylygy gowulandyrmak üçin polat önümleriniň üst gatlagyny kremniý bilen doýurmakdyr.

Silisirlemede gaty gurşawda 60% ferrosilisiden, 38–39% toýun toprakdan ýa-da kaolinden we 1–2% hlorly ammoniden ybarat bo-

lan ürün görnüşli garyndyny ulanýarlar. Silisirlenen gatlagyň çuňlугy 0,2–0,8 *mm*-e deň.

Poladyň gaz bilen silisirlenmesi 2–4 sagadyň dowamynda hlory kremniniň atmosferasynda 950–1050 °C temperaturada geçirilýär. Gatlagyň galyňlygy 0,5–1,24 *mm*-e deň. Silisirlenen gatlagyň gatylygy Wikkers boýunça 200–300 birlige ýetýär.

Silisirleme bilen himiýa, kagyz, nebit senagatlarynyň enjamlarynyň şaýlary (nasoslaryň waljagazlary, geçiriji turbalar, armaturlar, nurbatlar, murgalar we ş.m.) işlenip bejerilýär.

**Borirleme** poladyň üst gatlagyny bor bilen doýurmakdyr. Bor bilen doýurmak iýilmäge durnuklylygy we gatylygy ýokarlandyrmak üçin işlenip bejerilýär. Ol öz düýp häsiýetini 950 °C gyzgynlyk derejesinde hem saklap bilýär.

---

## X BAP

### LEGIRLENEN POLATLAR WE AÝRATYN HÄSIÝETLI METAL ERGINLERI

---

#### 10.1. Demriň uglerodly erginlerindäki ulanylýan legirleýji elementler

Belli bolşy ýaly, uglerodly polatlaryň mehaniki, fiziki-himiki häsiýetleri maşyn gurluşygynyň şu günki talaplaryny ödäp bilmeýär.

Gerek häsiýetleri almak üçin polada legirleýji elementler (Cr, Mo, Ni, V, Mn, Si, Ti, Al, B, Co we ş.m.) goşulýar. Bu ýagdaýa **legirlemek**, alynýan polada bolsa **legirlenen** diýlip aýdylýar. Poladyň düzüminde hemişelik garyndy hökmünde marganesiň we kremniniň mukdary 1 %-den kän bolsa, onda olar **legirleýji elementler** diýlip hasaplanylýar.

Polada goşulan legirleýji elementler demir bilen bilelikde gaty metal erginini emele getirip bilerler, şeýle-de sementitiň gözenegin-

de demriň atomynyň ýerine gelip, sementitde eräp bilerler, ýokary mukdarda bolan ýagdaýynda legirlenen sementiti ýa-da özbaşdak ýörite karbidleri emele getirip bilerler.

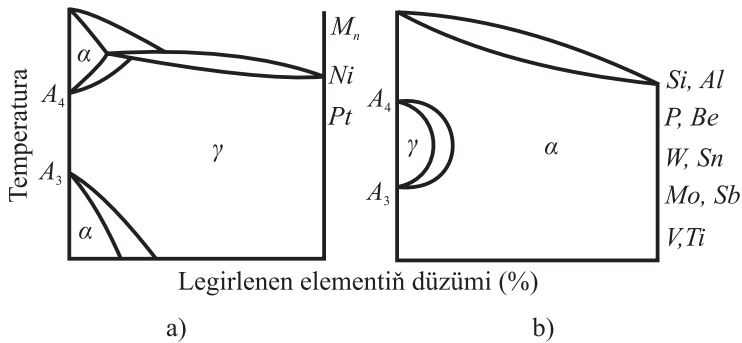
Demir ugleroddan, azotdan, wodoroddan we käbir ýagdaýlarda bordan başga hemme legirleýji elementler bilen orun tutma gaty metal erginlerini emele getirýär. Olar demirde  $A_3$  we  $A_4$  nokatlarynyň ýerleşýän ornuna täsir edýär. Ol nokatlar bolsa  $\alpha$  we  $\gamma$  demriniň gyzgynlyk derejesiniň ýerleşişini kesgitleýär.

Elementleriň köpüsi  $A_4$  nokadynyň ornuny ýokarlandyrýar ýa-da  $A_3$  nokadynyň ornuny aşaklandyrýar, şonuň bilen birlikde  $\gamma$  modifikasiýanyň bolmagynyň ulgamyny giňeldip (*10.1-nji (a) surat*), ýa-da modifikasiýanyň bolmagynyň ulgamyny daraldyp (*10.1-nji (b) surat*),  $A_4$  nokadyň ornuny aşaklandyrýar ýa-da  $A_3$  nokadyň ornuny ýokarlandyrýar.

**Demir**, legirleýji elementleriň (*10.1-nji surat*) hal diagrammasynyň çyzgysyndan görnüşi ýaly, marganesiň, nikeliň we beýlekileriň kesgitlenen mukdaryndan ýokarda bolan ýagdaýynda  $\gamma$  ýagdaýy normal gyzgynlyk derejesinden ereýän gyzgynlyk derejesine çenli durnukly saklanýar. Şunuň ýaly demriň esasyndaky metal erginlerine **austenitli** diýlip aýdylýar. Wanadiniň, molibdeniň, kremniniň we beýleki elementleriň kesgitlenen çäklerinden mukdary köp bolup, hemme gyzgynlyk derejelere durnukly ýagdaýlarynda  **$\alpha$  ýagdaýy** diýlip hasaplanýar. Şunuň ýaly demriň esasyndaky metal erginlerine **ferritli** diýlip aýdylýar. Başga metal erginlerine garanynda, demriň esasyndaky austenitli we ferritli metal erginlerinde gyzdyrylanda we sowadylanda öwürülmeler bolmaýar.

Hemme legirleýji elementler ugleroda garanynda **karbid emele getirmeýänlere** we **emele getirýänlere** bölünýärler. Mendeleyewiň periodik tablisasy boýunça karbid emele getirmeýänler demirden sag tarapda dur. Olara **Ni, Co, Cu, Al we başgalar** girýär. Karbid emele getirijilere bolsa **Mn, Cr, W, Mo, V, Ti, Ta we başgalar** degişlidir. Az durnukly karbidler şu hataryň başynda dur. Karbid emele getiriji elementleri öz içinde saklaýan polatda ýönekeý we çylşyrymly karbidler emele gelýär. Çylşyrymly karbidler esasy metalyň atomynyň legirleýji element bilen orny tutulanda sementitiň esasynda ýüze çykýarlar.





**10.1-nji surat. Demriň hal diagrammasynyň çyzgysy – legirlenen element:**

- a – birinji topar (nikel, marganes we ş.m) austenitiň ýaýlasyny giňeldýär;  
b – ikinji topar (kremniý, hrom, alýuminiý we ş.m) ferritiň ýaýlasyny giňeldýär*

Legirlenen polatlar üç fazadan ybarat. Olar:

1. Legirlenen ferrit.
2. Legirlenen austenit.
3. Legirlenen sementit (karbidler).

**Legirlenen ferrit  $\alpha$**  demirdäki uglerodyň we legirleýji elementiniň gaty erginidir. Legirlenen ferritiň häsiýeti legirleýji elementleriň mukdaryna baglylykda üýtgeýär.

**Legirlenen austenit  $\gamma$**  demirdäki uglerodyň we legirleýji elementleriň gaty erginidir. Legirlenen austenitiň berkligi legirlenmedigiňkiden ýokarydyr. Poslama, magnit we elektrik häsiýetleri uly tapawut edýär.

Sementitiň kristal gözeneginde demriň atomlarynyň bir böleginde legirleýji elementiň atomlarynyň orun tutmagyna **legirlenen** diýlip aýdylýar.

## 10.2. Legirlenen polatlaryň toparlary we belgilenilişi

Şu wagtky kadalara görä, legirlenen polatlar himiki düzümi, mikrogurluşy we niýetlenilişi boýunça toparlara bölünýärler.

Himiki düzümi boýunça legirlenen polatlar düzüminde bir legirleýji elementi saklaýan **üç bölekden ybaratlara** (hromly, nikelli, molibdenli we beýlekiler); düzüminde iki legirleýji elementi saklaýan **dört bölekden ybaratlara** (hromnikelli, hrommarganesli we beýlekiler) we

düzümünde üç, dört we şondan köp legirleýji elementi saklaýan çylşyrymylary (hrommarganesnikeltitanly we beýlekiler) bölünýär.

Bar bolan legirleýji elementleriniň mukdary boýunça polatlar düzüminde umumy legirleýji elementleriň 2,5%-e çenlisi bolan **pes legirlenenlere**, 2,5–10%-i bolan **orta legirlenenlere** we 10%-den gowragy bolan **ýokary legirlenenlere** bölünýär.

Deňagramlylyk ýagdaýynda we sowadylandan soň howada bolandaky gurluşlary boýunça bölünmeleri hem bar.

Gurluşlary boýunça legirlenen polatlar deňagramlylyk şertlerinde **ewtektika çenli** (düzümünde artykmaç mukdarda ferrit bolan), **ewtektikaly** (perlit gurluşly bolan), **ewtektikadan soňky** (gurluşynda artykmaç mukdarda karbid bolan) we **ledeburitli** (gurluşy boýunça suwuk polatdan aýrylýan ilkinji karbid) polatlara bölünýär. Guýlan görnüşde artykmaç mukdarda karbidler austenit bilen bilelikde ewtektikany emele getirýärler. Ol işlenilip bejerilende basyş bilen aýrybaşga karbidlere we austenite dargaýar.

Howada poladyň uly bolmadyk ölçegli nusgalaryny (diametri 25 mm) üç topara bölýärler. Olar:

1. Perlit.
2. Martensit.
3. Austenit.

**Perlit** toparyndaky polatlar düzüminde legirleýji elementleriň meňzeşligi uly bolmadyk mukdaryny öz içinde saklaýar (adatça, 5–6%-den köp däl).

**Martensit** toparyndaky polatlar düzüminde legirleýji elementleriň meňzeşligi köpräk bolan mukdaryny saklaýar.

**Austenit** toparyndaky polatlar bolsa düzüminde legirleýji elementleriň meňzeşligi has köp bolan mukdaryny (12–30% we ondan hem köp) saklaýar.

Legirlenen polatlar wezipesi boýunça **konstruksion, gural we aýratyn fiziki** häsiýetlere bölünýärler.

Konstruksion polatlary **adaty temperaturalarda ulanylýan polatlara** we **ýokarlanan temperaturalarda ulanylýan polatlara** bölýärler.

Gural polatlaryny **kesiji gural üçin, möhürleýji gural üçin we ölçejji gural üçin** toparlaryna bölýärler.

Aýratyn häsiýetli polatlar **ýörite fiziki, himiki we mehaniki** häsiýetnamalaryna eýedir.

Legirlenen polatlaryň kysymlaryny belgilemek üçin SSRC-de harp-san ulgamy kabul edilipdir. Ol poladyň takmynan düzümini görkezýär. Her bir himiki elementi şu aşakdaky baş harplar bilen aňladylýar: G – margenes, S – kremniý, H – hrom, N – nikel, M – molibden, F – wanadiý, W – wolfram, T – titan, Ý – alýuminiý, Д – mis, B – niobiý, K – kobalt, R – bor, P – fosfor, TS – seziý, Ç – seýrek duş gelýän metallar.

Kysymynyň önünde ýazylan iki sany san uglerodyň mukdaryny ýüzden bir bölekde (konstruksion polatlar üçin) aňladýar, kysymynyň önünde ýazylan bir san uglerodyň mukdaryny ondan bir bölekde (gural polatlar üçin) görkezýär. Ýokary legirlenen poladyň düzümindäki uglerodyň mukdary 0,08%-den az bolan ýagdaýynda kysymlarynyň önünde 0 ýazylýar. Gural polatlarynyň birnäçesinde uglerodyň mukdary 1%-e golaý bolanda, ýokary legirlenen polatlarda uglerodyň mukdarynyň aşaky çägi çäklendirilmedik we ýokary çägi bolsa 0,09%-den ýokary bolmadyk ýagdaýynda kysymlar belgilenende kysymlaryň önünde san ýazylmaýar. Galan ýagdaýlarda harpdan soňky sanlar şol legirleýji elementleriň görerimdäki mukdaryny görkezýär (eger elementiň mukdary 1%-den az bolsa, san ýazylmaýar).

Değişlilikde, düzüminde 0,10–0,15% S we 1,3–1,7% Mn bar bolan polat 12G2 diýip aňladylar, düzüminde 0,28–0,35% S, 0,8–1,1% Cr, 0,9–1,2% Mn we 0,8–1,2% Si bar bolan polat bolsa 30HGSA diýip aňladylar.

Kysymlaryň soňundaky ýazylan *A* harpy kükürdiň we fosforyň mukdarynyň çäklendirilendigini ( $S < 0,025\%$ ;  $P < 0,025\%$ ) we ýokary hilli polatda metallurgiýa önümçiliginiň ähli şertleriniň berjaý edilendigini aňladýar.

Käbir ýagdaýlarda poladyň aňlatmasynda nyşanlaryň sanyny azaltmak üçin TDS-iň anyk berjaý edilmeginden daşda durýarlar. Esasan, ol çylşyrymly legirlenen polatlara degişlidir. Mysal üçin, düzüminde 1%-den gowrak uglerod bar bolan gural polatlarynda onuň düzümini aňladýan sanlar doly aýrylýar. Şeýlelikde, 1,45–1,70% S, 11–12,5% Cr we 0,5–0,8% Mo bar bolan gural poladyny H12M diýip aňladýarlar.

Poladyň käbir kysymlary kada görä aýratyn belgilenýär. Mysal üçin, çalt kesiji polatlary *R* harpy bilen, şarikopodşipniklik üçini *Ş*

harpy bilen belgileýärler. Eger Ş harpy kysymyň soňunda gelýän bolsa, onda ol eredilişini, ýagny elektrogalyndylydygyny görkezýär.

### 10.3. Konstruktion legirlenen polatlar

Konstruktion legirlenen polatlaryň mehaniki häsiýetleri gyzgyn işlenip bejerişden öň we soň ýokarydyrlar. Olar uglerodly polatlara garanyňda ýeňil taplanýarlar we uly kesimde gyzarýarlar.

Pes legirlenen konstruktion polat geçiriji turbalary we gurluşyk konstruksiýasynyň elementlerini ýasamak üçin ulanylýar. Bu topar-daky esasy legirleýji elementler marganes we kremnidir. Urguly şep-beşikligiň ep-esli aşak düşmeginden gaça durmak üçin marganesi we kremnini 2 %-den ýokary bolmadyk mukdarda goşýarlar. Düzümünde uglerodyň bolmagy 0,1–0,2 %-den ýokary geçmeýär. Ähli pes legirlenen polatlar düzüminde hromuň, nikeliň we misiň köp bolmadyk mukdaryny saklaýar.

Legirlenen polatlar hökman gyzgynlyk bilen ýa-da himiki-gyzgynlyk bilen işläp bejerilişe sezewar edilýär. Himiki-gyzgynlyk bilen işläp bejeriliş hökmünde, esasan, sementitleşdirmek ulanylýar. Şunuň esasynda legirlenen polatlar **sementitleşdirilene** we **gowulandyrylýana** bölünýärler.

**Sementitleşdirilene** az uglerodly legirlenen polady (0,10–0,25 % ugleroda çenli) degişi edýärler.

**Gowulandyrylýan polat** düzüminde 0,5 %-e çenli uglerody saklap biler.

Esasy legirleýji element hrom (2 %-a golaý) bolup durýar. Ol gyzgynlyk bilen işlenip bejerilýän poladyň berklik häsiýetnamalaryny ep-esli ýokarlandyrýar. Hrom marganese garanyňda has güýçli karbid emele getiriji element bolup, maýyşgaklygy azaltman, gowşadylan poladyň gatylygyny we berkligini işjeň ýokarlandyrýar. Molibden, wolfram, wanadiý we ş.m. karbid emele getiriji elementler hem şular ýaly hereket edýärler, ýöne bu metallar hromdan gymmatdyr. Olary, adatyça, poladyň berklik häsiýetnamalaryny däl-de, eýsem mahsus bolan alamatlaryny ýokarlandyrmak üçin goşýarlar. Şeýlelikde, molibden we wolfram hromly we hromnikelli polatlaryň sezewar edilen gowşadyş portlugy aradan aýrylýar.

Uly göwrümlü şaýlaryň bütin kesimi boýunça mehaniki häsiýetlerini gowulandyrmak üçin marganesi we nikeli goşýarlar. Olar poladyň gyzarmasyny hem çaltlandyrýarlar. Berklik alamatlary babatda bolsa hroma, molibdene, wolframa, wanadä we başgalara garanyňda marganes bilen nikel has az täsir edýärler.

Legirlenen polatlar 14 sany topara bölünýärler. Olaryň atlary hem wezipelerine gabat gelýändir. Olar: hromly, hrommarganesli we ş.m. Olaryň maşyngurluşykda giňden ulanylýan käbirlerine seredip geçeliň.

**Hromly poladyň** uglerodla garanyňda has ýokary berklik häsiýetnamalary bar (esasan, gyzygynlyk bilen işlenilip bejerilenden soň). 15H, 15HA, 15HR, 15HRA, 20H, 20HR kysymly sementitleşdirilen polatlar orta tizliklerde we udel basyşlarynda işleýän könelmezek şaýlary (barmaklar, oklar, itekleýjiler, plunžerler, şesternýalar we ş.m.) ýasamak üçin ulanylýar. 30H, 30HRA, 35H, 35HRA, 38HRA, 40H, 40HR, 45HTS, 45H, 50H kysymly gowulandyrylýan polatlar wallary, oklary, şesternýalary, wtulkalary, barmaklary ýasamak üçin ulanylýar. 38HRA, 40H, 40HR kysymly polatlar muftalaryň, kriwoşipleriň, friksion diskleriň, turba kompressorlaryň rotorlarynyň we ş.m. ýasalmagy üçin degişli. Hromly poladyň gyzartmasy uglerodla garanyňda ýokary bolsa-da, ol şonda-da gaty ýokary däl (ýagda taplananda 20 mm-e golaý). Şonuň üçin hromly polat, esasan, uly bolmadyk ölçegdäki şaýlary ýasamak üçin ulanylýar. Düzümünde bory saklaýan polatlar ýokary gyzartma eýedir. 45H we 50H kysymly polatlar suwda taplananda çat açmaga ýakyn bolýar.

**Marganesli polady** 10G2, 35G2, 40G2, 25G2 we 50G2 kysymlarda çykarýarlar. Ýokary maýyşgaklyga we oňat kebsirleýjilige eýe bolan 10G2 polady egrem-bugram turbajyklary, flanesleri, ştuserleri, turbalaryň topbaklaryny we berkidiji şaýlary ýasamak üçin ulanylýar. Ol pes temperaturalarda (-70 °C-ä çenli) hem işläp bilýär. 35G2, 40G2, 50G2 kysymly polatlar ýokary derejede könelmezlige eýedir. Olar oklary, sapfalary, tirsekli wallary, ştoklary, şesternýalary we ş.m. ýasamak üçin ulanylýar. Şu polatlaryň esasy gyzygynlyk bilen işlenilip bejerilmegi gowulandyrylýanlygyndadyr. Marganesli polat sowuk ýagdaýyndaka kesilip we galyplanyp mäkäm işlenilip bejerilýär, ýöne taplamadan soň şu polatlar egrelmäge we çat açmaga ýakyn bolýar.

Eger hrom we titan goşulsa, onda marganesli poladyň şu kemçiliklere ukyplylygy ep-esli azalýar.

18HG, 18HGT, 30HGT, 40HGR, 35HG2 kysymly **hrommarganesli polat** ýokary basyşlarda, tizliklerde we urguly agram salmalar-da işleýän has gerekli şaýlary ýasamak üçin hyzmat edýär. 18HGT, 25HGT, 20HGR, 30HGT kysymly polatlardan barmaklary, demir göbekleri (şkworenleri), wtulkalary, şesternýalary, çarhly wallary we ş.m. ýasaýarlar. 40HG, 40HGR, 35HG2 kysymly polatlar orta basyşlarda we tizliklerde işleýän könelmezek şaýlary (kulaklary, ýyl-dyzjyklary, barmaklary, wallary we ş.m.) ýasamak üçin ýaramlydyr. 18HG, 18HGT, 20XHGR, 30HGT kysymly polatlar sementasiýadan soň, 40HG, 40HGR, 35HG2 kysymly polatlar bolsa taplamasy gowulandyrylandan soň ulanylýar. Has arzan bolan hrommarganesli polatlar gymmat hromnikelli polatlaryň ýerine ulanylýar.

25HGSA, 30HGSA, 30HGSNA, 30HGSA we 20HGSA kysymly **hromkremnilimarganesli polatlar** ýokary gyzartma eýedir, özi-de olar aňsat kebşirlenilýär we kesiji gural arkaly kanagatlanarly işlenilip bejerilýär. Olardan maşynlaryň könelmezek şaýlary we kebşirleýji konstruksiýalar ýasalýar. Gyzgynlyk bilen işläp bejermek taplamada we pes ýa-da ýokary gowşatmada bolup durýar.

40HN, 45HN, 50HN we 30HNZA kysymly **hromnikelli polatlar**, öz düzüminde nikeli saklaýan beýleki has çylşyrymly legirlenen polatlar ýaly, uly ölçegdäki güýçli ýüklenen şaýlary ýasamak üçin ulanylýar, sebäbi nikel poladyň gyzartmasyny ep-esli artdyrýar. Nikel poladyň berkligini ýokarlandyryp, onuň şepbeşikligini aşaklandyрмаýan legirleýji elementleriň biri.

Ýörite niýetlenen legirlenen polady ressorlary, pružinleri, şarikopodşipnikleri, turbalary we beýleki önümleri ýasamak üçin ulanýarlar.

**Polatdan ressor – pružinler we şarikopodşipnikler** gyzgynlyk bilen işlenilip bejerilýän ýagdaýynda akaganlygyň, maýyşgaklygyň we çydamlylygyň ýokary çäkleri bolmalydyr. Şonuň üçin olaryň düzüminde uglerodyň ep-esli mukdary bar. Polatdan ressor-pružiniň düzüminde uglerodyň mukdary 0,5%-den, polatdan şarikopodşipni-giň düzüminde bolsa 1%-den az bolmaly däl-dir.

Polatdan ressor-pružinleriň (55GS, 55S2, 50HGA, 50HFA we beýlekiler) esasy legirleýji elementleri kremniý, marganes, hrom we

wanadiý. Polatdan resor-pružinleriň ýeterlik derejede ýokary mehaniki häsiýetlerini gazanmak üçin olar ýagda taplanylýar we ortaça gowşatma berilýär. Polatdan resor-pružinleriň çydamlylygynyň iň ýokary çägi NRS39-44 gatlylygynda bolýar.

Yrgyldyly podşipnikleri ýasamak üçin ýokary uglerodly hromly ŞH6, ŞH9, ŞH15, ŞH15ST kysymly polatlar ulanylýar. ŞH15ST kysymly polat ýokary gyzartma eýedir. Şonuň üçin ondan uly ölçegli podşipnikleri ýasaýarlar. Şu topardaky polat gyzygynlyk bilen işlenilip bejerileninden soň, onuň NRS62-65 tertipdäki gatlylygy bolmalydyr.

## **10.4. Elektrotehniki metallar we metal erginleri**

**Geçiriji metallar we metal erginleri kiçi udel garşylykly** poslama durnukly, mehaniki tarapdan berk, sowuk we gyzygyn halynda basyş bilen işläp bejermäge ukyply, kebşirlemäge we galaýylamaga ýaramly bolmaly. Metallaryň içinde şu talaplary belli bir derejede mis we onuň erginleri, alýuminiý, polat, gurşun, kümüş, gyzy, platina hem başga metallar kanagatlandyryýarlar.

**Mis** esasy geçiriji materiallaryň biri diýlip hasaplanylýar. MM kysymly ýakylan mis izolirlenip saralan we gurnama geçirijileriň ýasalmagy üçin niýetlenendir. MT kysymly berçinlenip ýasalan misi howa ýollarynyň izolirlenmedik geçirijileri, elektrik desgalaryň şinalary, elektrik maşynlaryň kollektorlary üçin ulanylýarlar.

Mis erginlerinden (bürünçden we latundan) ýokarlandyrylan berklikli geçirijileri, pružinleri, çotga saklaýjylary, kontakt şaýlaryny, gysgyçlary we berkidiji şaýlary ýasaýarlar. Şu maksatlar üçin L63, L68 kysymly latunlary, Br. OF7-0,2 kysymly fosfor garyşykly бүрүнji we beýlekileri ulanylýarlar.

**Alýuminiý** – has ýaýran geçiriji material. AM kysymly ýakylan alýuminiý simden izolirlenip saralan geçirijileri ýasaýarlar. AT kysymly ýanmadyk alýuminiý simini howa ulgamlarynyň elektrik geçiriji kabelleri, elektrik abzallary we paýlaýjy desgalary üçin ulanylýarlar. Alýumininiň kemçiligi onuň pes berkligi we kebşirleýjiligidir, şeýle-de ol ýaramaz galaýylanýar.

**Demir we polat** has bol we arzan, özi-de ýokary mehaniki häsiýetli geçiriji materialdyr, ýöne, muňa garamazdan, mise we alýumi-

nä garanynda poslama durnuklylygynyň pesligi hem-de udel garşylygynyň ululygy sebäpli ulanylyşy çäklidir. Demir we polat – magnitli materiallardyr. Şonuň üçin geçirijiniň orta böleginde tok onuň üstüne çykarylýar (üst täsir). Elektrik garşylygy we üst täsiri azaltmak üçin poladyň däneleri owradylýar we simler berçinlenilýär. Simi ýasamaga poslamadan goramak üçin sinkiň inçe gatlagy bilen üsti örtülýän (sinklenýän) az uglerodly polat ulanylýar.

Sinklenen polat sim howa ýollarynyň aragatnaşygynda, uly bolmadyk kuwwatlyklaryň elektrik geçiriji ýollarynyň gurluşygynda giňden ulanylýar. Polat sim bimetal polat alýuminiý we polat mis geçirijileriň serdeçnikleri hökmünde giňden ulanylýar.

**Gurşun** kabelleriň gorag örtüklerini, goraýjylaryň aňsat ýüzýän oturtmalaryny, rentgen desgalarynda gorag ekranlaryny we kislota akkumulýatorlaryndaky plastinalary ýasamak üçin giňden ulanylýar. Gurşun hekiň, betonyň erginlerinde we çüýreýän organiki birleşmelerde ýokary bolmadyk durnuklyga eýedir.

**Platina we kümüş** ýokary çêýelige eýedir we poslamaga durnuklydyr. Olardan diametri 0,002 mm-lik simler ýasalýar. Platina simden barlamhana peçleriniň elektrik gyzdryjy elementlerini, takyk ölçeýji abzallarda asgyçlary we tarlary ýasaýarlar. Kümüşden we platinadan az kuwwatly işlediji abzallar üçin kontaktlary ýasaýarlar.

**Wolfram we molibden** ýagtylyk çyralarynyň ýagtylyk burumlaryny, saklaýjy garňaklary, elektro wakuumly abzallaryň katodlaryny, elektrik enjamlarynyň aýrylýan kontaktlaryny ýasamak üçin ulanylýar.

**Simap** özüniň suwuk ýagdaýyny  $-39^{\circ}\text{C}$ -ä çenli saklaýar, özi-de okislemä durnukly. Mis, sink, gurşun, nikel, galaýy, kümüş we altyn simapda ereýärler. Simap ýörite relelerde, öçürüp ýakyjylarda we simap öwrüjilerde suwuk kontaktlar hökmünde ulanylýar.

**Uly udel garşylykly geçiriji materiallar** ýokary gyzgynlyk derejesinde okislenmäge durnukly bolmaly. Olaryň gyzgynlyk derejesiniň koeffisiýenti kiçi bolmaly. Bu hili materiallara misnikelliler (manganin we konstanta), nikelliler we gyzgyna çydamly metal erginleri degişlidir.

**Manganin** (MnMts3-12) düzüminde  $\sim 3\%$  nikeli,  $12\%$  marganesi, saklaýar. Onuň düzümindäki galan element misdir. Metal ergini garşylygyň az temperatura koeffisiýentinde ýokary elektrik garşylygyna eýedir.



Manganin simi ölçýji abzallarda 100 °C-ä çenli temperaturada işleýän dürli abzallaryň garşylyk tegekleriniň saramalary üçin ulanylýar.

**Konstantanyň** (NMts40-1,5) düzüminde 40% nikel, 1,5% marganes bar. Onuň düzümindäki galan element misdir. Ol 500 °C-ä çenli temperaturada işleýän ýokary garşylykly termoparalar we reostatlar üçin sim görnüşinde ulanylýar.

Marganesli nikelli metal erginleri (NMts2,5 we NMts5) awtomobil sweçalarynyň we radioçyralaryň sterženlerini ýasamak üçin ulanylýar.

Gyzgyna durnukly metal erginleri 1200 °C-ä çenli işçi temperaturaly garşylyk peçlerinde, elektrik gyzdyryjy abzallarynda ulanylýar. Olara H20N80 kysymly hromnikelli metal erginleri (nihromlar), H15N60, H25N20 kysymly nikeliň, hromuň we demriň esasyndaky metal erginleri (ferronihromlar), H13Y4, H17Ý5, OH25Ý5 kysymly demriň, hromuň we alýumininiň üç gatly erginleri (fehrallar, hromallar) degişli. Agzalan metal erginleri gaty erginler bolup durýar. Gyzdyrylanda olaryň üstünde hromuň okisinden ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) we nikeliň zakisinden (NiO) dykyz gorag plýonkasy emele gelýär. Ol metal erginini okislenmeden ygtybarly gorýar.

**Magnitli metallar we metal erginleri** ferromagnetizme eýedir. Bu metal erginleriniň esasy demir, kobalt we nikeldir.

**Magnitli polatlar** serdeçnikleri, transformalary, generatorlary, elektromotorlary, elektromagnitleri (dinamo we transformator polatlary), ölçýji abzallary, radioabzallary we oturdylyan hemişelik magnitleri ýasamak üçin ulanylýar. Magnitli polatlar ýokary magnitgeçirijilige, gisterezis üçin az ýitgilere, tüweleý toklara, uly koersitiw güýje, galyndy induksiýa eýedirler. Birden magnitli polatlar ýumşak bolan ýagdaýynda olaryň koersitiw güýji uly bolmaly däl. Umuuman, magnitli polatlara 1521 (E44), 1413 (E33), 1312 (E22), 1212 (E12), EH3, EH9K15M2 kysymly we beýleki polatlar degişlidir. Hemişelik magnitleri kobalt, wolfram, hrom, nikel, mis we alýuminiý bilen legirlenen çylşyrymly polatlardan ýasaýarlar.

Magnitli polatlarda diňe bir agzalan legirleýji elementleriň belli bir mukdarynyň girizilmegi bilen däl-de, eýsem ýörite gyzgynlyk bilen işläp bejerijilik bilen ýokary magnit häsiýetlerine we olaryň durnuklylygyna ýetýärler. Ilki 1100–1250 °C-de kadalaşdyрма, soň-

ra bolsa ýagda sowatmak bilen 830–850 °C-ä çenli taplama astyn-da gyzdyrmany we ahyrsoňy howada sowatmak bilen 100 °C-de gowşatmany geçirýärler.

Düzüminde köp mukdarda nikel (35–44%) we az mukdarda uglerod (0,35 %-e çenli) bolan polatlaryň austenit gurluşy bar. Ol bolsa gyzdyrylanda olaryň ýylylyk bilen giňemeginiň pes koeffisiýentini üpjün edýär.

Düzüminde nikel we marganes köp mukdarda bolan **magnit däl polatlar hem çojunlar** elektrik maşynlary ýasalanda ulanylýar.

## 10.5. Iýilmäge durnukly austenit polatlar

Typyp sürtelýän, ýokary udel basyş we urgý şertlerinde işleýän (traktoryň zynjyrynyň zwenosy we başga maşynlaryň zynjyrlary, üweýjiniň gapdal taraplary (şeki), ýer gazyjy maşynlaryň susguçlarynyň dişlerini, demir we tramwaý ýollarynyň krestowinalaryny we başgalary) şaýlary ýasamak üçin düzüminde 1–1,5% S, 11–15% Mn bolan 110G13L kysymly austenit polady ulanylýar. Bu polatdan hemme şaýlary metal galyba (kokile) guýup alýarlar. Guýmanyň gurluşy austenitiň däneleriniň serhedinde ýerleşýän austenitlerden we karbidlerden ybaratdyr. Şunuň ýaly karbidleriň ýerleşmesi poladyň berkligini we şepbeşikligini aşakladýar. Şol sebäpli 110G13L kysymly polat 1050–1150 °C gyzygynlyk derejesinde suwda sowadylyp taplanýar. Şu gyzygynlyk derejesinde gyzdyrylanda karbidler austenitde ereýärler. Çalt sowatmak bolsa karbidleriň ikinji gezek ýüze çykmagyna päsgelçilik berýär. Taplamagyň netijesinde gurluşy ugleroddan doýrulan austenitden ybaratdyr.

110G13L kysymly polat berçinlenende örän güýçli berkeýär. Berçinlemeden soň gatylyk NW500-550-ä deň. Eger-de şaýlar ep-esli basyşlaryň we urguly agram salmalaryň şertlerinde işlese, onda könelmä garşylyk ýokarlanýar. Berkeme we könelmezlik berçinlemede üstki gatlakda martensit öwürmäniň bolup geçýändigini bilen düşündirilýär. Eger-de ulanylanda basyş we onuň ýüze çykarýan berçinlemesi bolmasa, onda polat ýokarlanan könelmezligi ýüze çykarmaýar. 110G13L kysymly polady kesme bilen işläp bejermeyärler. Şeýdip güýçli berçinleme döreyär.

## 10.6. Poslamaýan polatlar

**Poslama** – daşky gurşawyň täsiri netijesinde metallaryň dargamagy. Ol metalyň uly ýitgisine getirýär we ägirt uly çykdajylara seze-war edýär. Şonuň üçin poslama bilen göreş örän wajyp mesele bolup durýar.

Metala gazlaryň täsir etmeginiň netijesinde bolup geýýän **himiýa poslamasy** (gaz poslamasy), elektrolitdälleriň (nebitiň we onuň önümleriniň), elektrolitleriň (kislotalaryň, aşgarlaryň we duzlaryň) täsir etmeginiň netijesinde ýüze çykýan **elektrohimiýa poslamasy** ýaly poslamanyň görnüşleri bardyr. Elektrohimiýa poslamasyna **atmosfera** we **toprak poslamasyny** degişli edýärler.

550 °C gyzygynlyk derejesinden ýokary ýagdaýdaky gaz poslama (köýük emele gelmesi) durnukly polada **köýüğe ýa-da gyzygynlyga durnukly polat** diýlip aýdylýar. Elektrohimiýa poslamasyna durnukly polada **poslama durnukly ýa-da poslamaýan polat** diýlip aýdylýar.

Poslama garşy durnuklylygy ýokarlandyrmagyň esasy usuly esasy metal bilen berk bagly bolan we metal hem daşky agressiw gurşawyň arasyndaky baglanyşygy duýdurýan, şeýle hem dürli agressiw gurşawlarda poladyň himiki potensialyny ýokarlandyryýan önümiň üst tekizligine gorag gatlagyny döredýän elementleri goşmakdyr.

Uglerodly we az legirlenen polatlar poslama durnuksyzdyr. Olar düzüminde köp mukdarda hrom bolan **hromly poslamaýan polatlara** we düzüminde köp mukdarda hrom we nikel bolan **hromnikelli poslamaýan polatlara** bölünýärler. Şu polatlar bir fazaly (ferritli, austenitli, martensitli) bolmalydyr.

**Hromly poslamaýan polatlar** öz düzüminde 12% hromy saklaýarlar. Düzüminde hromuň mukdary az bolsa, polat poslama garşy bolmaga ukyply däl. Şu polatlarda hromuň birmeňzeş mukdary (12–14%) bar, ýöne uglerodyň dürli mukdary bar (0,09–0,44%). Bu bolsa olaryň gurluşyny, gyzygynlyk bilen işlenip bejerilişini we ulanylyşyny kesgitleýär.

12H13 kysymly (martensit-ferrit topary) we 20H13 kysymly (martensit topary) polatlaryň iň oňat poslama garşy we mehaniki häsiýetlerini gazanmak üçin 650–700 °C-de (HB200–220) soňra

gowşatmak bilen ýagda taplama ýa-da 870–900 °C-de (HB40-180) gyzdyryp taplama sezewar edýärler.

Şu polatlardan kadaly temperaturalarda işleýän maşynlaryň, kadaly temperaturalarda gowşak poslama gurşawlarda işleýän maşynlaryň şaýlary ýasalýar (atmosfera ýagyşlary, organiki kislotalaryň duzlarynyň suw erginleri).

30H13 we 40H13 kysymly (martensit topary) polatlar gyzdyrylanda austenit gurluşy alýarlar. Şu polatlaryň gyzgynlyk bilen işlenip bejerilişi 200–300 °C-de (HRC48-53) soňra gowşatmak bilen ýagda ýa-da 1000–1050 °C-de taplamadan ybarat. 30H13 we 40H13 kysymly polatlar dürli azyk önümleriniň, azot kislotasynyň gurşawynda poslama durnukly. Olardan hirurgiýa guralyny, pružinleri, öý goşlarynyň zatlaryny ýasaýarlar.

12H17 we 15H28 kysymly polatlar (ferrit topary) hromuň karbidiniň köp bolmadyk mukdary bilen ferritiň mikrogurluşyna eýedir. Şu polatlar dürli gurşawlarda, şol sanda azot we uksus kislotalarynda (sirke) poslama durnukly. Olary azotturşy zawodlarynyň we azyk senagat zawodlarynyň enjamlary üçin ulanýarlar.

**Hromnikelli poslamaýan polatlar** (mysal üçin, 12H18N9) düzüminde hromuň we nikeliň köp mukdaryny saklaýarlar. Olar austenit toparyna degişlidir. Bu hili polatlar düzüminde austenitden başga karbidleri hem saklaýarlar. Austenitiň bir fazaly gurluşyny almak üçin polat 1050–1100 °C gyzgynlykdaky suwda taplanylýar. Şunlukda, has ýokary poslama durnuklylygy, ýöne deňeşdirmesi ýokary bolmadyk berkligi alýarlar. Berkligi ýokarlandyrmak üçin şu polatlar sowuk deformasiýa sezewar edilýär.

Hromnikelli poslamaýan polatlar, hromly poslamaýan polatlara garanyňda, poslama durnuklylyga eýedir. Olar himiýa, nebit we azyk senagatynda, awtogurluşykda, gurluşykda giňden ulanylýar.

Esasy topara austenit-martensit poslamaýan polatlar (mysal üçin, 09H15NÝ8) degişlidirler. Olar atmosferada poslama berk durnuklylygy bilen bir hatarda ýokary mehaniki häsiýetlere hem eýedirler.

Austenit-martensit polatlar mehaniki häsiýetlerini gowulandyrmak üçin çylşyrymly gyzgynlyk bilen işlenip bejerilişe sezewar edilýär. Polat 975 °C-de taplanylýar we austenit gurluşy alynýar. Ol

ýeterlik derejede ýokary maýyşgaklyga eýedir. Ol şeýle-de plastika maýyşgaklygyna we kesilip işlenip bejerilişe sezewar edilip bilner, soňra austeniti martensite bölekleýin (takmynan, 40%) geçirmek üçin 50–75 °C temperaturalarda sowuk ýagdaýynda işläp bejermek geçirilýär. Şondan soň 450–500 °C-de gowşatma sezewar edýärler.

Poladyň mehaniki häsiýetleri emele gelen martensitiň mukdaryna bagly. Ol taplama temperaturasy we sowuk ýagdaýynda işläp bejermek bilen sazlanyp bilner. Eger-de martensitiň mukdary 40%-den ýokary bolsa, onda poladyň maýyşgaklygy sähelçe azalýar, berkligi bolsa artýar.

### 10.7. Aýratyn ýylylyk we maýyşgak häsiýetli polatlar

Kesgitli gyrgyznylyk giňeliş koeffisiýentli material hökmünde düzümi köp nikelli demirnikelli erginler ulanylýar. Pressizion mehanizmlerde uzynlygyň etalony hökmünde **inwar ergini** (36N) ulanylýar. Onuň düzüminde 36% nikel bardyr. Inwar ergini gyrgyznylyk derejesiniň 0–100 °C aralygynda giňemeýär. Ony takyk enjamlaryň şaýlaryny ýasamak üçin peýdalanýarlar. Inwardan ýasalan şaýlar gyrgyznylygyň derejesi üýtgesede, öz ölçeglerini üýtgetmän saklaýarlar.

Aýna wakuum turbajyklarynyň sepini bitirmek üçin **kowar ergini** (29NK) ulanylýar. Onuň düzümi 29% nikelden we 18% kobaltdan ybaratdyr. Kowaryň çyzyk boýunça giňelme koeffisiýenti aýnanyňka ýakyndyr.

Aýratyn maýyşgak häsiýetli metal erginlerine maýyşgaklyk modulynyň kiçi gyrgyznylyk derejeli koeffisiýentlisi degişlidir. Olardan anyk abzallaryň burunlary we başga maýyşgak elementler ýasalýar. Olaryň kesgitlenen gyrgyznylyk derejesiniň arasynda hemişelik maýyşgaklyk moduly bolmaly. Bu talaplary **elinwar görnüşli erginler** kanagatlандырýarlar. Mysal üçin, 42NHTÝ görnüşli metal ergininiň düzümi 42% Ni-den, 5,5% Cr-dan, 2,7% Ti-dan, 0,75% Al-den ybaratdyr.

950 °C-de taplap suwda sowadylandan soň, metal ergini austenit gurluşdan ybarat bolýar. Ol deňeşdirme kiçi berkligi bilen ýokary çêýelige eýe bolýar, emma garrandan soň 600 °C-de berklik artýar, maýyşgaklyk bolsa aşaklaýar. Elinwar inçe, ýagny 0,1–0,2 mm-e deň lenta we diametri 0,3–5 mm-e deň sim görnüşinde ulanylýar.

---

## XI BAP

### GURALLYK POLATLAR

---

#### 11.1. Kesiji gurallar üçin polatlar

Kesiji gurallara tyglar, burawlar, bellik edýän gurallar, frezerler, kesgiçler we ş.m. girýär. Gurallaryň işleýiş şertleri bilen baglylykda gurallyk polatlara kesgitli talaplar bildirilýär. Kesiji gurallar üçin poladyň işlenilýän materialynyň gatylygyndan ýokary bolan gatylygy, könelmä durnuklylygy, ýylylyga durnuklylygy (gyzyl durnuklylygy) bolmalydyr, ýagny olar işlenende ýüze çykýan işçi erňegi gyzdýrylanda kesmek üçin zerur bolan gurluşyny we häsiýetini saklamalydyr.

Kesiji gurallar uglerodly, legirleýji we çalt kesiji polatdan taýýarlanylýar. Çalt kesiji polatlar has ýokary derejeli legirleýji polatlardyr, ýöne olar gurallyk polatlaryň aýratyn toparyny döredýärler.

U7 (U7A) U13 (U13A) we beýleki kysymly uglerodly gurallyk polatlar duýdansyz we güýçli urgulara sezewar edilmeýän gurallary (burawlary, plaşkalary, bellik edýän gurallary, towlamalary, kesgiçleri, frezleri, byçgy materiallaryny, igeleri, şaberleri) taýýarlamak üçin ulanylýar.

Bu polatlaryň kysymlary aşakdaky ýaly aýdyňlaşdyrylýar: U harpy olaryň uglerodly gurallyk polatlaryna degişlidigini görkezýär, sanlar bolsa uglerodyň göterimiň onlarça payyndaky mukdaryny görkezýär. Polatlaryň ýokary hilli kysymlarynyň belgilenmesinde A harpy goýulýar (hillilerden tapawutlylykda).

Ýokary hilli polatlaryň düzüminde kükürdiň (0,02%-e çenli) we fosforyň (0,03%-e çenli) has az mukdary bolýar, metal bolmadyk birkimleriň az mukdary bolýar. Bu hili polatlaryň ýokary mehanik häsiýetleri bardyr.

Uglerodly gurallyk polatlar ewtektoidden soňky polatlara degişli edilýär. Kesip işlenilmeden öň olarda däne şekilli perlitniň gurluşy bolmaly (sementit tora ýol berilmeýär), şonuň üçin ewtektoidden soňky polat daneli perlite gyzartmagyň rejeleriniň biri boýunça gyzardylýar.

Uglerodly gurallyk polatlaryň artykmaçlygy hem onuň bahasy-nyň arzanlygydyr, ýokary bolmadyk gatylygydyr (HB166-192) hem-de kesme we basyş bilen gyzardylan ýagdaýynda gowy işlenilip bolýanlygyndadyr.

Uglerodly gurallyk polatlaryň taplama gyrgyzlygy 780–800 °C ( $Ac_1$  50–70 °C-den ýokary, emma  $Ac_m$  pes), taplamanyň netijesinde polat gurluşyna eýe bolmaly we ikinji sementitiň (doly bolmadyk taplama) ownuk dänelerini we eremedik böleklerini saklamaly. Güýjenmäni aýyrmak üçin we ýokary gatylygy (HRC60-63) saklamak üçin guraly 150–170 °C gyrgyzlykda çykarma sezewar etmeli.

Az tizlikli kesijilik bilen işleýän gurallar üçin uglerodly polatlar ulanylýar, sebäbi 190–200 °C-den ýokary gyrgyzlykda onuň gatylygy güýçli peselýär.

Legirleýji gurallyk polatlaryň gyzydylma duýgurlygy pes, ýanyjylygy we taplanyjylygy has gowy we ýagda taplanan ýagdaýynda sowatmany geçirmäge mümkinçiligi bar. Bu bolsa guralyň deformasiýasyny we egrelmesini peseldýär. Bu polatlardan aşakdaky gurallary, ýagny:

9HF-den metal sowuk ýagdaýyndaka kesmekde ulanylýan tegelek we lenta görnüşli byçgylary, pyçaklary;

11H-dan gyrgyz gurşawlarda taplanylýan, diametri 30 mm-e çenli bolan belgi edilýän we beýleki kesiji gurallary;

13H-dan päkiniň pyçaklaryny we ýüzlerini, ýiti hirurgiýa guralaryny, şaberleri, grawirleýji guraly;

9HS-den burawlary, razwýortkalary, belgi edilýän gurallary, plaşkalary we frezleri;

HWG-den we 9HWG-den kesiji guraly, kesme kalibrlerini, sozujylary, plaşkalary, uzyn belgi edilýän gurallary we razwýortkalary ýasamak mümkin.

H, 9HS, HWG kysymly polatlarda esasy legirleýji element hrom. H kysymly polat diňe hrom bilen legirlenen (1,3–1,65 %). Hromuň mukdarynyň ýokarlanmagy taplanyjylygy ýokarlandyrýär. H kysymly polat içinden kesilende 25 mm-e çenli taplanýar (ortasyndaky gatylyk NRC60), U10 kysymly polat kesilende bolsa diňe 5 mm-e çenli taplanýar. H kysymly polat tokar, ýonuýy we urup oýujy kesgiçler üçin ulanylýar. 9HS kysymly polat hromdan başga kremniý

bilen hem legirlenen. H kysymly polat bilen deňeşdirilende onuň taplanyjylygy has ýokary (35 mm-e çenli), ýylylyga durnuklylygy ýokary (250–260 °C-ä çenli), iň gowy kesme häsiýetleri bar, karbidleri has deňagramly ýerleşdirilen. HWG kysymly poladyň taplanyjylygy 45 mm-e çenli, HWSG kysymly poladyň taplanyjylygy 80 mm-e çenli.

Çalt kesiji polatlar ýokary tižlikde kesýän, agyr şertlerde işleýän dürli hili kesiji gurallary öndürmek üçin ulanylýar. Päkileriň, burawlaryň we beýleki gurallaryň hili çalt kesiji poladyň hiline, guralyň taýýarlanylş dykgatlygyna we onuň termik taýdan işlenişine bagly. Çalt kesiji polatlar ýokary derejeli we çylşyrymly legirleýji polatlardyr (13-nji tablisa).

13-nji tablisa

**Has ýaýran çalt kesiji polatlaryň himiki düzümi (%)**

Poladyň kysymy	C	Cr	W	V	Mo
P18	0,7-0,8	3,8-4,4	17,0-18,7	1,0-1,4	1-e çenli
P12	0,8-0,9	3,1-3,6	12,0-13,0	1,5-1,9	1-e çenli
P6M3	0,85-0,95	3,0-3,5	3,5-6,5	2,0-2,5	3-3,6
P6M5	0,80-0,88	3,8-4,4	5,5-6,5	1,7-2,1	5-5,5

Çalt kesiji polatlaryň ýylylyga durnuklylygy ýokary (615–635 °C-ä çenli), şonuň üçin olary ulanmak kesme tizligini 2–4 esse, guralyň durnuklylygyny, uglerodly gurallık polatlar bilen deňeşdireniňde, 10–30 esse ýokarlandyrmaga mümkinçilik berýär.

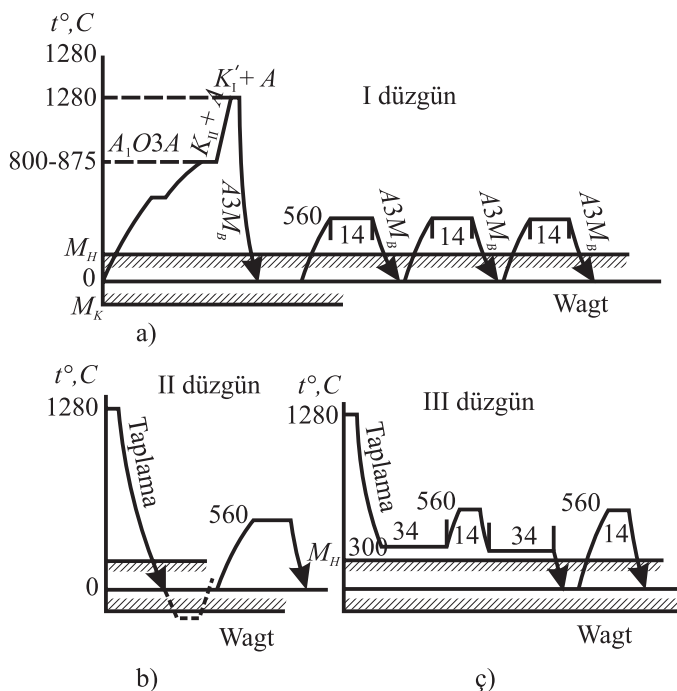
Çalt kesiji polatlar legirleýji polatlaryň ledeburit synpyna girýär. Guýma ýagdaýynda çalt kesiji poladyň gurluşy “skelet şekilli” bolan ledeburit ewtektikadan we austenitiň dargama önümlerinden durýar. Guýma poladyň üç görnüşdäki karbidi bolýar. Olar:

1. Ledeburit ewtektikasy (ilkinji).
2. Austenit sowadylanda bölünip çykan (ikinji).
3. Ewtektoid-perlit öwrülmesiniň netijesinde emele gelen.

Karbidleriň amatly bolmadyk formasyny (ledeburit ewtektikasy) dargatmak üçin we döwlegenligini aýyrmak üçin guýma çalt kesiji polady basyş bilen gyzygyn işlemä (sozma, süýme) sezewar edýärler, soňra bolsa 860–880 °C gyzygynlykda gyzardýarlar. Basyş astynda işlenilenden soň we gyzardylandan soň poladyň gurluşy sorbit şekilli perlitden we gatylygy HB207-255 bolan artykmaç karbidlerden durýar.



Çalt kesiji polatlar ýokary kesijilik häsiýetlerine degişli termik taýdan işlenilenden soň eýe bolýarlar (11.1-nji surat). Polat taplananda onuň ýaramaz ýylylyk geçirijiligi üçin 850 °C-ä çenli gyzdyрма termik güýjenmeleriniň we ýslaryň önüni almak üçin örän haýal amala aşyrylmalydyr. 850 °C-ä çenli gyzdyrylýanyndan soň polat bu gyzgynlyga çydaýar. Polat ýeterlik plastik ýagdaýda duranda 850 °C-den 1300 °C-ä çenli gyzdyrmak çalt amala aşyrylmaly. Guralyň üst gatlagynyň kömre öwrülmeginiň önüni almak üçin gyzdyrylan derejede saklama örän gysga bolmaly. P18 kysymly polady taplamakda ýokary gyzgynlyk (1260–1300 °C) austenitdäki ikinji karbidleriň mümkin boldugyndan has doly eremegi üçin zerur. Görkezilen derejä çenli gyzdyrylandan soň we degişli saklamadan soň guraly ýagda ýada howada sowadýarlar.



**11.1-nji surat. P18 poladyň gyzgynlyk bilen işlenilişiniň grafikleri:**  
*a – taplama we üç gezek goýberme; b – taplama, sowuk bilen işleme we bir gezek goýberme; ç – taplama we 3 sagat interwalda goýberme*

Taplamanyň netijesinde martensitden, galyndy austenitden we gatylygy HRC61-63 bolan çylşyrymly karbidlerden durýan gurluşy alýarlar.

Zerur bolan häsiýetlerini almak üçin taplanan guraly  $560 \pm 10^\circ\text{C}$  gyrgyznlykda ýokary goýberijilige sezewar edýärler. Şonda galyndy austenitden wolframyň we wanadiniň karbidleri bölünip çykýar. Bu onuň legirleýjiligini kemeldýär, şonuň üçin hem soňraky sowamada martensit öwrülmä sezewar bolýar ( $150^\circ\text{C}$  gyrgyznlykdan pes bolanda). Käbir gurallar üçin  $500\text{--}550^\circ\text{C}$  gyrgyznlykda eredilen duzlarda basgançakly taplama giňden ulanylýar. Bu bolsa guralyň deformasiýasynyň kemelmegine ýardam edýär.

P18 kysymly poladyň bir gezeklik goýberilmesi ähli galyndyly austeniti martensite geçirmegi üpjün etmeýär. Şonuň üçin hem has gowy kesijilikli häsiýetli etmek üçin 45–60 minut saklap köpgezeklik, has hem üçgezeklik goýbermeleri üpjün edýärler (*11.1-nji (a) surat*).

-  $80^\circ\text{C}$  derejede taplanan çalt kesiji polady sowuk ýagdaýyndaky işlemek birgezeklik goýberme bilen çäklenmäge mümkinçilik berýär. Onuň dowamynda galyndy austenitiň esli bölegi martensite geçýär (*11.1-nji (b) surat*). Görkezilen termik taýdan işlemeden soň poladyň gurluşy martensitden we karbidlerden durýar. Çalt kesýän polatdan edilen guralyň kesijilik häsiýetlerini gowulandyrmak üçin goýbermeden soň ony käwagt pes gyrgyznlykdaky sionirlemä sezewar edýärler. Onuň netijesinde guralyň üst ýüzünde gatylygy HV1000-1100 we ýokarlandyrylan ýylylyga ( $650^\circ\text{C}$ ) durnuklylygy bolan ýuka gatlak emele gelýär.

## 11.2. Ölçeýji gurallar üçin polatlar

Ölçeýji gurallar ýokary gatylykly könelmä durnukly bolmaly we ulanylan wagtynda öz ölçeglerini saklamaly. Olary taýýarlamak üçin H, 12H1, HG, H9, H12FM, H12F1 kysymly legirleýji polatlardan, U8, U12 kysymly uglerodly gurallyk polatlardan, sementasiýa sezewar edilýän ýönekeý uglerodly polatdan, azotlanma sezewar edilýän 38H2ÝUA kysymly polatdan peýdalanýarlar. Bu polatlar taplamadan we pes goýbermeden ( $150\text{--}160^\circ\text{C}$ ) soň ýokary gatylyga eýe bolýarlar.

Taplanan ýokary uglerodly polatlarda kadaly gyrgyznlyk derejesinde köp wagtyň dowamynda garrama döwri bolup geçýär. Ol martensitiň bölekleýin dargamagyndan we galyndy austenitiň käbir mukdarynyň martensite öwürlmeginden ybarat. Bu öwürlmeler önümiň göwrüminiň we çyzyk ölçegleriniň biraz üýtgemegine getirýär. Bu bolsa ölçeýji gurallar üçin ýolberilmesizdir.

Garramanyň önüni almak üçin ölçeýji gurallary taplamadan soň austenitiň doly öwürilmesi üçin  $-65 - -70^{\circ}\text{C}$  derejedäki sowuklyk bilen işleýärler, soň bolsa 12-24 sagadyň dowamynda  $120-130^{\circ}\text{C}$  derejede goýbermäni amala aşyrýarlar. Görkezilen işlemeden soň gatylyk HRC62-64-e deň.

### 11.3. Galyplanýan polatlar

Galyplanýan polatlary sowuk we gyrgyzn deformirlenme gurallary üçin dvrli görnüşli polatlara bölýärler.

#### ***Sowukka deformirlenmeli gurallar üçin polatlar***

Ýeňil şertlerde işleýän uly bolmadyk ölçegli (25–30 mm diametri) ýönekeý görnüşli galyplar U10A, U11A, U12A kysymly uglerodly galyplyk polatlardan edilýär. Olar pes gyzydýrlyandygy sebäpli merkeziniň şepbeşikligini saklaýar. Haçan-da gural galyplananda ol dinamik ýüklere gowy çydamlylygy üpjün edýär.

Has çylşyrymly görnüşindäki we işiň has agyr şertleri üçin, kesigi 75–100 mm bolan galyplar H, HWG, 7HG2WM kysymly polatlardan öndürilýär. Bu polatlaryň wagtyň geçmegi bilen ýagda ýa-da gyrgyzn gurşawda sowadylmak bilen taplanmasy olaryň deformasiýa bolan meýlini peseldýär.

Has iri galyplary, aýratyn-da, ýokarlandyrylan könelmä sezewar edilýän galyplary (çylşyrymly deşik kesýän matrisalar we puansonlar, ýazgyn görnüşindäki çuňlugyna aşak ýazmak üçin matrisalary, çylşyrymly görnüşdäki görnüş beriji matrisalary) öndürmek üçin H12M we H12F1 kysymly polatlar ulanylýar. Bu polatlarda gyzydýrmadan soň karbidleriň mukdary 13–16%-e ýetýär. Bu bolsa şaýlaryň könelmä has durnuklylygyny üpjün edýär.

H12M kysymly polatdan galyplary 1000-1050°C derejede, H12F1 kysymly polady 1040–1070 °C derejede taplaýarlar we 150–170 °C derejede goýberýärler. Şeýle işlemeden soň gural HRC60-63 gatylyga eýe bolýar.

Işde has güýçli urgulara sezewar bolýan gurallar (pnewmatik galamlar, gysaçlar, metaly sowukka kesmek üçin gaýçylar) üçin 4NS, 6NS, 4HW2S kysymly polatlar ulanylýar. Bu polatlaryň düzüminde uglerodyň 0,4–0,6%-i bolýar. Onuň ýokary şepbeşiklik häsiýeti bar. Bu polatlar 840–900 °C gyzgynlykdaky ýagda taplanýar we 240–270 °C derejede HRC50-55 gatylyga çenli goýberilýär.

### ***Gyzgyn deformirlenme gurallary üçin polatlar.***

Gyzgyn ýagdaýda metaly deformirleýän galyplar üçin poladyň ýokarlandyrylan gyzgynlyk derejelerinde ýokary mehaniki häsiýetleri bolmaly we birnäçe gezek gyzdyrylyp sowadylanda-da çatlary bolmaly däl. Ondan başga-da bu polatlaryň ýokary gyzdyryjylyk häsiýeti bolmaly we goýberme portlugyna duýgur bolmaly.

Güýçli urgulara sezewar edilýän ýekedaban galyplary üçin 5HNM we 5HGM kysymly polatlar ulanylýar. Olar üçin düýpli gyzdyryjylyk häsiýetli (200–300 mm-e çenli). Olaryň taplanma gyzgynlygy 820–860°C bolan ýagda sowadylýar. Ýokarlandyrylan şepbeşikli sorbit gurluşyny almak üçin polatlary 500–580 °C goýberýärler. Goýbermeden soň gatylyk HRC35-45-e deň bolýar.

Sozma we düşeme galyplary üçin, şeýle hem metallary basyş astynda guýmaga basgylama galyby üçin ýokarlandyrylan gyzdyryjylykly polatlar (3H2W8F, 4H5MF1C, 4H3W2F2M2 we beýlekiler) ulanylýar. Olar ýagda 1070 °C gyzgynlykda taplamadan soň we 610–620 °C gyzgynlykda goýberilenden soň (4H5MF1C polady) HRC45 gatylyga eýe bolýar.

---

## XII BAP

### REŇKLI METALLAR WE ERGINLER

---

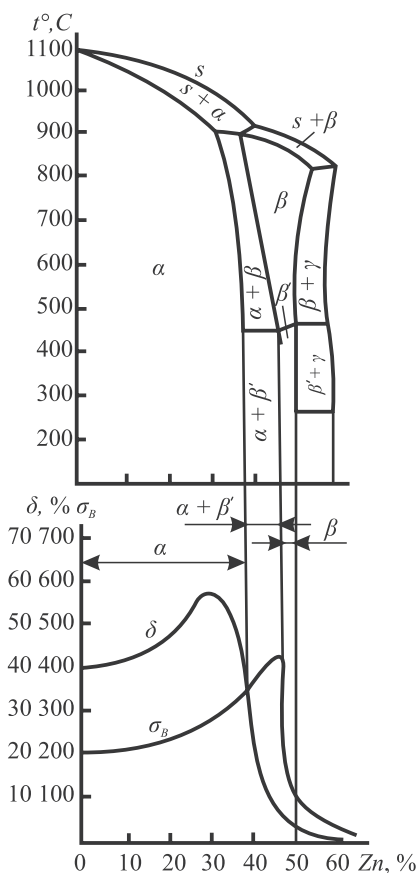
#### 12.1. Mis we onuň erginleri

**Mis** – agyr reňkli metal. Onuň dykzlygy  $8,94 \text{ t/m}^3$ , ereýiş gyzygynlygy  $1083 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , gaýnama gyzygynlygy  $2360 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , kristal gözenegi gyraňmerkezleşdirilen kub. Arassa misiň gyzartmadan soňky mehaniki häsiýetleri:  $\sigma_B = 220\ldots 240 \text{ N/sm}^2$ , HB45,  $\delta = 50\%$ ,  $\Psi = 75\%$ . Misi arassa görnüşde elektrotehniki maksatlar (geçirijiler, kabeller, şinalar we ş.m.) üçin ulanýarlar. DUST-a laýyklykda tehniki misi on kysyma bölýärler. Olar M00 (99,99% Cu), M0 (99,95% Cu), M1 (99,90% Cu), M2 (99,70% Cu), M3 (99,50% Cu), M4 (99,0% Cu), Mob, M1p, M2p, M3p.

Mis howanyň we suwuň täsirine durnukly, emma kükürtli gazlarda we ammiaklarda okislenýär. Misi basyş astynda ýeňil işläp bolýar, ýöne kesmek arkaly kyn işlenilýär. Gaty kiçelýändigini sebäpli onuň beýik bolmadyk guýujylyk häsiýetleri bar. Misiň düzümi jübütleriniň barlygy bilen häsiýetlendirilýär.

Maşynlaryň şaýlaryny taýýarlamak üçin arassa mis ýokary bolmadyk mehaniki we käbir tehnologiýa häsiýetleri üçin seýrek ulanylýar. Mis esasy erginler (latunlar we bürünçler) has giňden ulanylýar. Olar ýokary berkligi, gowy işlenilýändigini we iň gowy guýujylygy bilen tapawutlanýar.

**Latunlar** – bu misiň sink bilen ergini (*12.1-nji surat*). Latunyň gurluşy, şeýle hem onuň häsiýetleri ondaky sinkiň mukdaryna bagly. Eger erginde sinkiň mukdary 39%-den az bolsa, onda latunyň gurluşy birlazalydyr (a-latun). Ol ýumşaklygy we çyýeligini bilen tapawutlanýar, onuň mikrostrukturasy misiň mikrostrukturasyňa meňzeş, ýöne has ownuk däneli. Düzümünde sinkiň 40–45%-i bolan latunyň iki fazaly gurluşy bar. Ol has berk we döwlegen. Düzümünde sinkiň 30%-i bolan latun iň ýokary çyýelik bilen tapawutlanýar. Sinkiň mukdary 45%-den ýokary bolanda latun berkligini we çyýeligini ýitirýär.



**12.1-nji surat. Cu-Zn ulgamynyň metal erginleriniň hal diagramma-synyň we latunlaryň mikrogurluş-larynyň mehaniki häsiýetleriniň üýtgeýşiniň grafikleriniň özara utgaşmasy**

Şeýle erginlerden maşynlaryň şaýlary taýýarlanylmaýar. Düzüminde 10%-e çenli sink bolan latunlary **tompak** diýip, 10–20% sink bolan latunlary **ýarymtompak** diýip atlandyryrlar.

Diňe misden we sinkden durýan ýönekeý (ikili) latunlary we düzüminde misden we sinkden başga bir ýa-da birnäçe legirleýji elementler bolan çylşyrymly (legirlenen) latunlary tapawutlandyryrlar. Onuň mehaniki häsiýetlerini gowulandyrmak üçin latuna olaryň käbirini (alýuminiý, nikel, demir) şeýle goşýarlar, käbirlerini bolsa (galaýy, marganes) korroziýa garşy duruklylygyny ýokarlandyrmak üçin goşýarlar. Gurşuny (1–3%) kesme-gi gowulandyrmak üçin goşýarlar. Düzüminde gurşun bolmadyk latun işlenilende buýralanýan (dökülýän) gyryndylar emele gelýär, gurşunly latun işlenilende toz gyryndylary alynýar.

Adaty latunlary L harpy bilen we misiň mukdaryny göterimlerde görkezýän iki belgili san bilen bel-

gileýärler. Adaty *a* latunlaryň ýedi sany kysymy bar (L99, L90, L85, L80, L70, L68, L62). Ýörite latunlarda L harpyndan soň esasy le-girleýän elementleriň harp belgileri we misiň we elementleriň muk-daryny görkezýän sanlar berilýär (kemelme tertibinde). Meselem, L62 kysymly adaty latunda 62% mis, 38% sink bar, LG59-1 ky-symly misiň 59%-i, gurşunyň 1 %-i we sinkiň 40 %-i bar. Legirleýän elementleriň aşakdaky harp belgileri kabul edilen:

A – alýuminiý, B – berilliý, D – demir, K – kremniý, Ms – marganes, Mg – magniý, N – nikel, G – galaýy, G – gurşun, S – sink, H – hrom.

LG74-3, LG60-1, LŽG-58-1-1 kysymly gurşunly latunlar gowy mehaniki häsiýetleri bilen tapawutlanýarlar. Olar kesme arkaly örän gowy işlenilýär. Olar şaýlary gyzdyryp galyplap çykarma we kesip işleme ýoly bilen taýýarlamak üçin ulanylýar.

LO70-1 we LO62-1 kysymly galaýyly latunlaryň korroziýa garşy ýokary garşylygy bar. Olar basyş arkaly gyzgyn ýagdaýda gowy işlenilýär.

LN65-5 kysymly nikel latuny ýokary berklige we şepbeşiklige eýe. Onuň ýokary korroziýa garşy we sürtülmä garşy häsiýetleri bar. Ol gyzgyn we sowuk ýagdaýynda basyş astynda gowy işlenilýär. Bu latun podşipnikleriň, pružinleriň we ş.m. içlikleri taýýarlanylanda бүрүнjiň ýerine ulanylýar.

Korroziýa garşy durnukly şaýlar LA67-2,5 kysymly alýuminili latundan guýulýar; podşipnikler, wtulkalar we beýleki sürtülmä garşy şaýlar latunyň LAŽ60-1-1, LKC80-3-3, LMsC58-2-2,2, LMsŽ52-4-1 kysymларыndan guýulýar. Armatür we dişli çarhlar latunyň LK80-3, LmsO58-2-2-2 kysymларыndan guýulýar.

**Бүрүнçлер** misiň galaýy, alýuminiý, gurşun, kremniý, berilliý, hrom, sürme, marganes bilen ergini. Käbir бүрүнçlere şeýle demir, nikel, marganes girizýärler. Öňler бүрүнje diňe mis – galaýy ikili ulgamyň erginleri degişli edilipdir. Häzir mis esasly täze erginler işlenilip taýýarlanylady. Olarda galaýy bölekleýin ýa-da dolulygyna beýleki elementler bilen çalşyrylan, emma öňkүligine galdyrylypdyr.

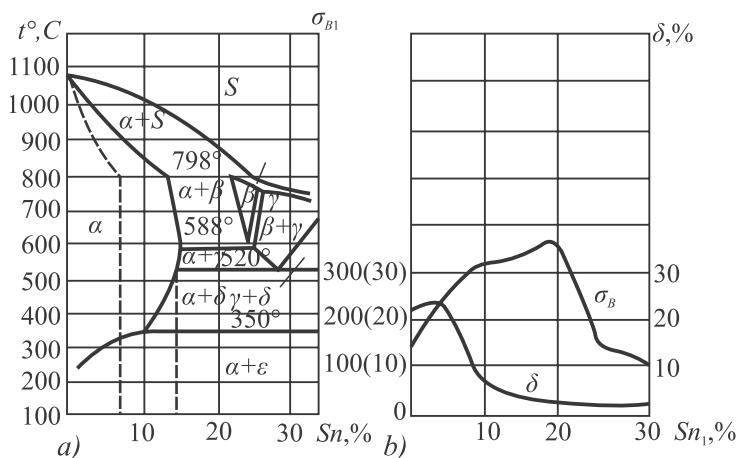
Бүрүнçлер aşakdaky şekilde belgilenilýär. Kysymyň başynda Бү. – бүрүнч harplary goýulýar. Yzyndan onuň düzümine girýän elementleriň harp belgileri goýulýar (elementleriň harp belgileri latunyň belgilenmesindäki belliklere meňzeş). Onuň yzyndan elementleriň ortaça mukdaryny görerimlerde görkezýän sanlar goýulýar. Latundan tapawutlylykda бүрүнçde misiň mukdary görkezilmeýär. Ony бүрүнje girýän ähli elementleriň jeminiň 100%-ni aýyrmak bilen kesgitleýärler. Meselem, Бү.ОF10-1 kysymly бүрүнçde galaýynyň 10%-i, fosforyň 1%-i hem-de misiň we zerur gerekli goşundylaryň 89%-i bolýar.

Legirleýän komponentleriň mukdary boýunça galaýyly we galaýysyz бүрүнçлер tapawutlandyrylýar.

**Galaýyly бүрүнçлер.** 12.2-nji suratda бүрүнji tutýan, senagatda ulanylýan Cu-Sn ulgamynyň hal diagrammasynyň çep tarapy berlen. Düzüminde 14% -e çenli galaýy bolan erginler amaly gyzyklanma döredýärler. Olaryň ýokary mehaniki we sürtülmä garşy häsiýetleri bar. Düzüminde 14%-e çenli galaýy bolan erginler haýalýykdan sowadylanda bir fazalydyrlar. Olar galaýynyň misdäki birmeňzeş gaty ergininden durýar (a-faza).

Suratda düzüminde 10% galaýy bolan guýma бүрүнjiň mikrostrukturasyny berlen. Galaýynyň mukdary 14% -den köp bolanda (22%-e çenli) бүрүнç iki fazaly bolýar ( $\beta$  fazasy). Düzüminde galaýynyň mukdary 5–6%-e çenli bolan bir fazaly бүрүнçлер (Bü.OF6,5-0,15; Bü.OF4-0,25; Bü.OS4-3; Bü.OSS4-4-2,5) çeyedirler. Bu kysymly бүрүнçлерden önümler süýme, galyplama we sozma bilen taýýarlanylýar. Düzüminde galaýynyň mukdary has ýokary bolan бүрүнçлер guýmadyrlar (Bü.OSSH3-7-5-1; Bü.OSS3-12-5; Bü.OSS5-5-6; Bü.OSS4-4-17; Bü.OSS3,5-7-5).

Bahasynyň gymmatlygy sebäpli galaýyly бүрүнçлер diňe has gerekli we üns berilýän önümler üçin ulanylýar. Häzirki wagtda maşyn gurluşygynda we abatlaýyş önümçiliginde has arzan, düzüminde galaýy bolmadyk бүрүнçлер ulanylýar.



12.2-nji surat. Cu-Sn (a) ulgamynyň hal diagrammasy. Guýma бүрүнjiň galaýynyň düzümine baglylygynyň mehaniki häsiýetleri



**Alýuminili бүрүнçлер** дүзүминде алýumininiñ мукдары 4–11,5% болан мисиñ еркинлеридир. Оларыñ һәсиётlerini гowуландырмак үчин дүзүмине демір, никел, марганес гиризýәрлер. Оларыñ ýокары меһаники һәсиётleri бар, şeýle-de ýокары derejede гызгынлыга чыдамлыдырлар we коррозиýа гаршы дurnуклыдырлар.

Alýuminili (onuñ мукдары 10%-e ченли боланда) еркиниñ берклиги ni ýокарландырýарлар. Дүзүминде 6–8% алýuminiý болан бүрүнçлер sowuk we гызгын ýагдаýда басыш астында işlenilip таýýарланылар. Дүзүминде 9–10% алýuminiý болан бүрүнçлер диñе ýокары гызгынлыкда басыш астында işlenilip таýýарланылар. Бү.А5, Бү.А7, Бү.Аms9-2, Бү.Аms9-2L, Бү.Аms10-2, Бү.АŽ9-4, Бү.АŽMs10-3-1,5 кысымлы бүрүнçлер гиñден уланылар. Кысымыñ soñundaky L harpy бүрүнжиñ гыммадыгyny гөркезýәр.

Alýuminili бүрүнçлер берклеşdirýән termik işlenilmäge sezewar edilip bilner (suwda taplama 850–900 °C-ä we 1,5 sagadyñ dowamynda гоýберме 400–600 °C-ä deñ).

Korroziýа durnuklylygy боýунча алýuminili бүрүнçлер galaýyly бүрүнçлерден, аýратын-да, duzly suwda, ýокары гызгынлык derejesinde durnuklylygy боýунча has ýокарда durýар. Korroziýа гаршы durmakda olar 12 essä ченли galaýylylardan we 2–3 essä ченли poslamayan polatdan durnukly.

**Berillili бүрүнçлер** дүзүминде бериллиниñ мукдары 1,6–2,2% болан мисиñ бериллиý bilen еркинleri (Бү.В2, Бү.ВНТ1,7; Бү.ВНТ1,9). Бү.В2 кысымлы бүрүнç has гиñден ýаýран. Оl ýокары берклиги we маýышгаклыгы, himiki durnuklylygy we көнелmä durnuklylygy bilen tapawutlanýар. Оlar gowy биşirilýәр we kesilip işlenilip таýýарланылар. Bu hili бүрүнç 800 °C-den başlap suwda taplанылар we 9 sagadyñ dowamynda 350 °C гызгынлыкда emeli garradylmaga sezewar edilýәр. Termik таýдан işlenilenden soñ berillili бүрүнçлер ýокары берклиге we гатылыга eýе болýарлар.

Berillili бүрүнçleriñ termik таýдан işlenilmegi бериллиниñ misde dürli гызгынлыкда бирмеñzeş еremeýändigine esaslanan. Taplamada бериллиниñ misde doýgun гаты еркиni дөреýәр, garranda bolsa ondan мисиñ we бериллиниñ himiki birleşmesiniñ гаты ownadylan гиризmeleri гөрнүшindäki artykmaç бериллиý чыкyp başлаýар. Bu hem берклеşmäniñ sebäbidir.

Berillili bürünçlerdäki elektrik geçirijilik, korroziýa durnuklylyk, maýyşgaklyk we berklik birleşmesi ondan has gerekli şaýlary öndürmäge mümkinçilik berýär. Berillili bürünçlerden ýasalan gurallar bilen işlenilýän wagtynda uçgun çykmaýar. Berillili bürünçleriň düýpli ýetmezçiligi olaryň bahasynyň gymmatlygydyr.

**Kremnili bürünçler** düzüminde kremniniň mukdary 0,6–3,5% bolan hem-de nikeliň we marganesiň biraz mukdary bolan misiň erginleridir (Bü.KMs3-1, Bü.KH1-3). Olar ýokary derejede maýyşgaklygy we çydamlylygy bilen, korroziýa garşy durnuklylygy bilen, sürtülmä garşylygy bilen tapawutlanýarlar. Olar gyzgyn ýagdaýyndaka guýma we basyş astynda gowy işlenilip taýýarlanylýar, kesilip kanagatlanarly bişirilýär we işlenilip taýýarlanylýar, termik taýdan işlenilip ýa-da berçinlenip berkleşdirilýär.

**Gurşunly bürünçler** düzüminde gurşunyň 27–63% mukdary bolan misiň gurşun bilen erginleridir (Bü.S30; Bü.SH60-2,5). Onuň sürtülmä garşy ýokary häsiýetleri bar. Olar typma sürtülme şertlerinde işleýän şaýlary taýýarlamak üçin ulanylýar. Gurşunly bürünçleriň mikrostrukturasy gaty misiň we ýumşak gurşunyň kristallaryndan ybarat. Bu bolsa ergine gowy sürtülmä garşy häsiýetleri berýär. Mehaniki häsiýetleri ýadawlyk çäginin has ýokary mazmuny bilen we beýleki fraksiýa garşy materiallardan urulma güýçlerine garşy durnuklylygyň has ýokarylygy bilen häsiýetlendirilýär.

Gurşunly bürünçler ýokary tizlik bilen we ýokary basyşda işleýän podşipnikleriň içlikleri üçin ýaramly. Bü.C30 kysymly bürünç has giňden ulanylýar. Olaryň ýylylyk geçirijiligi galaýyly bürünçleriň ýylylyk geçirijiliginden 4 esse ýokary.

## 12.2. Alýuminiý we onuň erginleri

**Alýuminiý** – kümüşsow ak reňkli tutuk öwüşginli metal. Onuň kristal gözenegi gran merkezleşdirilen kuba meňzeş. Alýumininiň polimorf öwürülmeleri ýok. Onuň dykzlygy  $2,7 \text{ t/m}^3$ , ereýiş gyzgynlygy  $660^\circ \text{C}$ . Arassa gysylan alýumininiň berkligi örän pes ( $\sigma_B = 80 \dots 100 \text{ N/sm}^2$ ), plastiki bolma ýokary (otnositel uzynlygy 35–40%-den ybarat).

Arassa alýuminiý elektrotehnikada tok geçirijilerini öndürmek üçin ulanylýar. Alýumininiň ýylylyk we elektrik geçirijiligi arassa misiňkiden biraz pes. Alýuminide bar bolan ähli goşundylar bu

görkezijileri aşakladýar. Arassa alýumininiň korroziýa durnuklylygy okiseliň dykyz örtügininiň goraýjylyk hereketiniň netijesinde örän ýokary. Alýuminiý atmosfera şertlerinde we konsentirlenen azot turşusynda durnukly, emma duzly. Ol kükürtturşularda we aşgarlarda ýeňil dargaýar. Alýuminiý çuňňur çekilmelere ýol berýär, gaz we kontaktly kebşirlenilip kanagatlanarly bişirilýär. Onuň kesilip işlenilmesi kyn we onuň pes guýulma häsiýetleri bar.

DUST aýratyn arassa alýuminini (A999), ýokary derejedäki arassa alýuminini (A995, A99, A97 we A95) we tehniki taýdan arassa alýuminini (A85, A8, A7, A6, A0, A we AE) göz önünde tutýar. Kysymdaky A harpy alýuminini aňladýar. Ondan soňky sanlar alýumininiň arasalygyny görkezýär. Meselem, A99 kysymly alýumininiň düzüminde 99,99% alýuminiý we 0,01% goşundylar bar. A8 kysymly alýumininiň düzüminde 99,8% alýuminiý we 0,02% goşundylar bar.

Ýokary arassalykdaky alýuminiý elektrik kondensatlary üçin niýetlenilen. Ony başga maksatlar bilen ulanylýan folgalary öndürmek üçin peýdalanýarlar. Tok geçiriji şaýlar tehniki arassalykdaky alýuminiden (A85, A8, A7, A6) taýýarlanylýar. Alýuminiý erginlerini tayýarlamak üçin A5, A0 we A kysymly alýuminiler ulanylýar.

Alýumininiň agramly bölegini alýuminiý erginlerini öndürmäge harçlaýarlar. Olar **görnüşini üýtgedýänlere** we **guýmalara** bölünýärler.

**Görnüşini üýtgedýän alýuminiý erginlerini** himiki düzümine baglylykda ýedi topara bölýärler. Olar:

1. A1-Mn (AMs) ulgamynyň erginleri;
2. A1-Mg-Si (AD31, DD33, AD35, AB) ulgamynyň erginleri;
3. A1-Cu-Mg (D1, D16, B65, WD17, D18, D19) ulgamynyň erginleri;
4. A1-Mg-Mn (AMg<sub>1</sub>, AMg<sub>2</sub>, AMg<sub>3</sub>, AMg<sub>5</sub>, AMg<sub>6</sub>) ulgamynyň erginleri;
5. A1-Mg-Zn-Cu (W93, B94, B95, B96) ulgamynyň erginleri;
6. A1-Cu-Mg-Ni-Fe (AK2, AK4, AK4-1) ulgamynyň erginleri;
7. A1-Si-Mg-Cu (AK6, AK7, AK8) ulgamynyň erginleri.

Görnüşini üýtgedýän alýuminiý erginleri termik taýdan işlemek bilen **berkleşýän** we **berkleşmeýän erginlere** bölünýär.

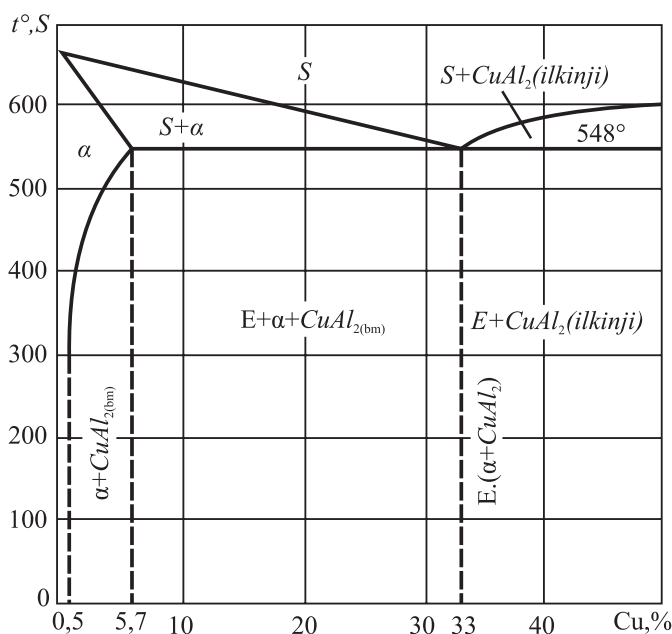
Ýokary plastikli termiki **berkleşmeýän** erginler “ýumşaklara” (AD, AD0, AD1, AMs, AMg, AMg2) we “gatylara” (AMg3, AMg5,

AMg6) bölünýär. Bu erginlerde magniniň mukdary 2%-den 7%-e çenli, marganesiň mukdary 1 %-den 1,6%-e çenli yrgyldaýar. Gurluşy boýunça bu erginler marganesiň, magniniň, misiň we alýuminidäki beýleki elementleriň birmeňzeş gaty ergindir. Görkezilen erginleri sowuk ýagdaýynda görnüşini üýtgetmek bilen berkleşdirýärler.

Termiki işlenilip berkleşdirilen görnüşini üýtgedýän erginler diňe termik taýdan işlenilenden soň ýokary mehaniki häsiýetlere we korroziýa garşylyga eýe bolýar. Bu erginleri awialilere (AB, AD31, AD33), duralýuminilere (D1, D16, AK6, AK8), ýokary berklikdäki erginlere (W96, W95) we ýokary gyzgynlykda işleýän gyzgyna çydamly ýörite erginlere (AK4, AK4-1, WD17) bölýärler.

Termik taýdan işleme taplamadan we soňraky garramadan ybarat. Gyzdyrylanda we sowadylanda gurluşyň üýtgeýşini Al-Cu ulgamynyň hal diagrammasynda görüp bolar (*12.3-nji surat*). Taplama gyzgynlygynyň saýlawy bu diagrammanyň çep tarapy bilen kesgitlenilýär. Misli alýuminiň dürli konsentrasiýaly çäklendirilen gaty erginleri (gyzgynlyga baglylykda) we himiki birleşmeleri ( $\text{CuAl}_2$ ) emele getirýändigini diagrammadan görünýär. Düzümde misiň 0,5%-i bolan erginleriň hayal sowadylmadan soň misiň alýuminidäki *a* ergininiň bir fazaly gurluşy bar. Misiň 0,5–5,7% bolan iki fazaly gurluşy *a* erginden we  $\text{CuAl}_2$ -den durýar. Eger bu iki fazaly ergini misiň alýuminidäki aňryçäk ereýjilik çäginde ýokary gyzgynlyga çenli gyzdyrsaň (548 °C ýokary), onda  $\text{CuAl}_2$  alýuminide dargar we ergin bir fazaly bolar. Ony Al-Cu ulgamynyň erginleri taplananda ulanýarlar.  $\text{CuAl}_2$ , takmynan, 550 °C gyzgynlykda çalt eredilende *a* erginden bölünip çykyp ýetişmeýär we soňky durnuksyz ýeri birsydyrgyn bolmadyk ýagdaýynda fiksirlenýär. Bu örän doýgun gaty ergin. Düzgün bolşy ýaly, 30 minuda golaý saklanýar (inkubasiýa döwri), belli bir wagtda  $\text{CuAl}_2$  birleşmesiniň bölünip çykmagy bilen dargaýar, ýagny garrama ýagdaýyna gelýär. Garramadan soň berklik we gatylyk güýçlenýär. Inkubasiýa döwründe plastik görnüşli üýtgetmäni amala aşyryp bolar. Bu döwür tamamlanandan soň basyş astynda işlemäni amala aşyrmaly däl.

Guýma alýuminiý erginleri önümçilikde ulanmak maksady bilen çylşyrymly konfigurasiýaly şaýlary guýup taýýarlamak üçin göz önünde tutulandyr.



**12.3-nji surat. Al-Cu ulgamynyň metal erginleriniň hal diagrammasynyň bölegi**

Guýma erginlere kesgitli talaplary bildirýärler. Olar ýeterlik derejede akyp duran derejede suwuk bolmalydyrlar, kristallaşanda ýş döretmeli däl, gowy jebislikden peýdalanmalydyrlar, ýöne olar kristallaşanlarynda biraz çöküp bilerler.

Guýma erginleri bäs topara bölüp bolýar. Olar:

1. Al-Mg (AL8, AL13, AL22, AL23, AL27, AL28 we AL29) ulgamynyň erginleri;
2. Al-Si (AL2, AL4, AL4W, AL9 we AL9W) ulgamynyň erginleri;
3. Al-Cu (AL7, AL7W, AL19) ulgamynyň erginleri;
4. Al-Si-Cu (AL3, AL3W, AL5, AL6, AL10W, AL14W, AL15W) ulgamynyň erginleri;
5. Al we beýleki elementler (AL1, AL11, AL16W, AL17W, WL18W, AL20, AL21, AL24, AL25, AL26 we AL30) ulgamynyň erginleri.

Guýma alýuminiý erginleri termik taýdan işlenmäge sezewar edilip bilner (14-nji tablisa).

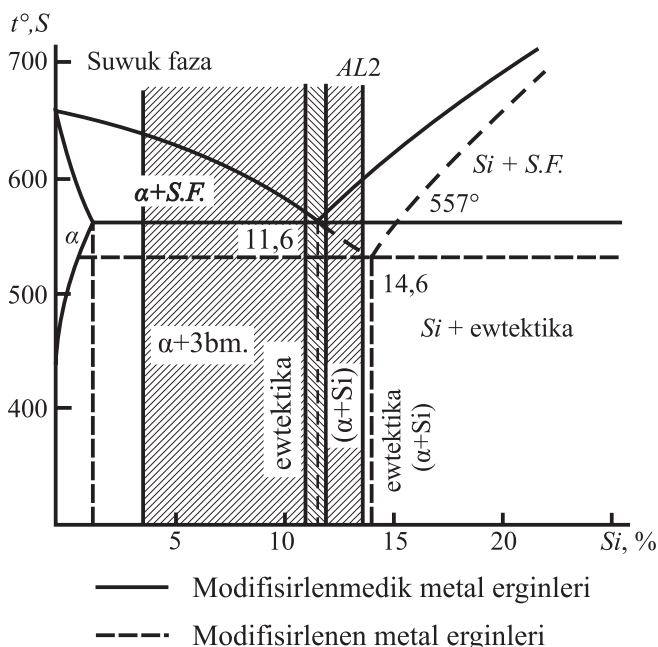
**Guýma alýuminiý erginlerinden öndürilen önümleri termik taýdan işlemegiň görnüşleri we bellenilmesi**

<b>Termik taýdan işlemegiň görnüşleri</b>	<b>Bellenilmesi</b>
Taplamazdan emeli garrama	Üstüniň arassalygyny ýokarlandyrmak üçin kesip taýýarlamagyň hilini gowulandyрма. AL3, AL5 we beýleki erginlerden şaýlaryň mehaniki berkligini (20%-e çenli) ýokarlandyrmak
Gyzdyryp taplama	Guýma we termik güýçleri, berçinlemeleri aýyрма. Erginiň çeýeligini ýokarlandyрма
Taplama	100 °C-ä çenli gyzgynlyk derejesinde işleýän şaýlaryň berklik häsiýetlerini we korroziýa garşy durnuklylygyny ýokarlandyrmak
Taplama + entek emeli garrama ýetilmezlik	Gowy çeýeligi saklamak bilen berkligiň beýik çägin almak
Taplama + doly emeli garrama	Çeýelik biraz peselende berkligiň aňryçägin almak
Taplama + durnuklaşdyrýan goýberiş	Gurluşy we göwrümleýin üýtgemeleri boýunça ýeterlik ýokary berkligi we ýokary birsydyrgyn häsiýetleri almak.
Taplama + ýumşadyjy goýberiş	Berklik häsiýetnamalary biraz peselen ýagdaýynda ýokarlandyrylan çeýeligi we durnukly ölçegleri almak.

Silumin adyny alan Al-Si ulgamynyň erginleri giňden bellidirler (12.4-nji surat). Nusgalyk silumin –  $AL_2$  ewtektik ergin. Onuň düzüminde 10–13 % Si bar. Erginiň gowy guýma häsiýetleri bar. Olar: pes gyzgynlykda ereme, has suwuk akma, az oturma we beýlekiler.

Ergin modifisirleme bilen berkleşdirilýär. Onuň üçin suwuk ergine 2/3 NaF-dan we 1/3 NaCl-dan durýan garyndy görnüşindäki natrini suwuk erginiň 2 % agramyna barabar mukdarda girizýärler. Düzüminde 12–13 % Si bolan ergin modifisirlenýänçä gödek iňne gurluşy bolan ewtektikadan  $\beta$  fazanyň (kremniniň) ilkinji kristal-

laryndan durýar. Modifisirlenenden soň ewtektika ownuk däne görünüşinde bolýar, ewtektikadan soňky erginler gurluşy boýunça  $\alpha$  erginiň (alýuminiň) ilkinji dendritleri bilen ewtektika çenli bolýarlar. Modifisirlenen silumin modifisirlenmedik siluminden 30–40 % berkdir we ondan 2–3 esse çýýedir.



12.4-nji surat. Al-Si ulgamynyň metal erginleriniň hal diagrammasy

$AL_2$  ergininden urgy güýçlerini gerdeninde çekýän, ýagny urga çydamly şaýlar, ýuka diwarly şaýlar, çylşyrymly konfigurasiýaly şaýlar öndürilýär.

Has agyr basyşlar edilip, uly güýçleri görýän şaýlary öndürmek üçin  $AL_4$  we  $AL_5$  erginleri ulanylýar. 250–300 °C gyzygynlykda işlemek üçin göz önünde tutulan alýuminiý erginlerinden guýma şaýlar gyzgyna durnukly erginden taýýarlanylýar. Olardan içinden ot alýan hereketlendirijileriň silindrleriniň başjagazlaryny, porşenleri we ş.m. ýasaýarlar.

Bitişen alýuminiý erginleriniň aýratyn fiziki häsiýetleri bar. Olaryň düzüminde legirleýji elementleriň köp mukdary bolýar.

Bitişen alýuminiý erginlerini (BAE) alýuminiý tozlaryny we legirleýji elementleri ýa-da belli bir ülnä laýyk gelýän alýuminiý erginleriniň tozlaryny briketleme, tokgalama we görnüşini üýtgetme bilen aýarlar.

Şeýle erginlere CACI (S – 25–30 %, Ni – 5–7 %, galanlary alýuminiý) degişli edilýär. Olar 20 – 200 °C gyrgyznylykda polat bilen bilelikde işleýän enjamlaryň şaýlary üçin ulanylýar. Ol ýerde çäk giňelmesiniň az ýylylyk geçirijiligi bilen baglaşmasy zerur.

Ýokary gyrgyznylykda işleýän şaýlar üçin alýuminiýniň okisi ( $Al_2O_3$ ) bilen ergini bolan bitişen alýuminiý tozlary (CAP1... CAP4) ulanylýar. Olar  $Al_2O_3$  mukdary 6%-den 22%-e çenli bolan dispers alýuminiý böleklerini tokgalamak we görnüşini üýtgetmek bilen alynýar.

### **12.3. Alýuminiý, galaýy, gurşun we sink esasyndaky fraksiýa garşy erginler**

Fraksiýa garşy erginler typma podşipniklerini öndürmek üçin ulanylýar. Fraksiýa garşy erginlere bildirilýän esasy talaplar typma podşipniginiň iş şertleri bilen kesgitlenilýär. Bu erginleriň waly güýçli könelmezlik üçin ýeterlik derejede, emma gaty uly bolmadyk gatylygy bolmaly. Olar ýerli güýçleriň täsiri astynda ýeterlik derejede ýeňil görnüşini üýtgetmeli, ýagny çäýe bolmaly, öz üstünde çalgyny saklamaly, sürtülmäniň az koeffisiýenti bolmaly. Bu erginleriň ereýiş gyrgyznylyk derejesi ýokary bolmaly däl. Erginler gowy ýylylyk geçirijili we korroziýa durnukly bolmaly.

Bu häsiýetleri üpjün etmek üçin erginleriň ýumşak çäýe esasan we has gaty bölekleriň birikmelerinden ybarat bolan geterogen gurluşy bolmaly. Aýlananda wal gaty böleklerе direýär, olar könelmä garşy durnuklylygy üpjün edýär. Has çalt sürtülýän esas bolsa wala tarap işläp başlaýar we mikroskopik kanallaryň ulgamyny döredýär. Ol ulgamlar boýunça çalgy sirkulirlenýär we könelen önümler alnyp gidilýär.

Alýuminiý, galaýy we gurşun (babbittler) esasly sink we mis-sink erginleri (bürünçler) esasyndaky fraksiýa garşy erginler has giňden ulanylýar.



DUST tarapyndan alýuminiý esasly (A03-1, A09-2, A020-1, AH2,6) podşipnik erginleri göz önünde tutulan. Olaryň esasy komponentleri Sn, Cu, Ni we Si.

Erginde galaýy näçe köp bolsa, şonça-da onuň fraksiýa garşy häsiýetleri ýokary. Emma guýma erginlerde galaýynyň mukdary 10-12%-den köp bolmaly däl, ýagny galaýydan emele gelýän gödek tor könelmäge garşy durnuklylygy we beýik gyzgynlykdaky ýadawlyga garşylygy peseldýär.

A03-1 we A09-2 kysymly erginler ulag we umumy maşyn gurluşygyndaky 10 mm-den galyň bolan monometal içliklerini we wtulkalary guýmak üçin gidýär. A020-1, AH2,5 kysymly erginler we polat içlikleri wagtyň geçmegi bilen ştamplap sozmak usuly bilen bimetal lentalary taýýarlamak üçin ulanylýär. AH2,5 ergininden podşipnikler guýma usuly bilen hem taýýarlanylýp bilner.

Alýuminiý esasly podşipnikler 2000–3000  $H/sm^2$  we aýlaw tizligi 15-20  $m/sekuntdan$  ýokary bolmadyk ýüklerde işleýärler.

B89 we B83 babbitleri köp komponentli erginlerdir. Olaryň esasy bolup Sn – Sb ulgamy çykyş edýär (15-nji tablisa).

*15-nji tablisa*

**Babbitleriň himiki düzümi (%) we bellenilmesi**

Erginiň kysymy	Sb	Cu	Cd	Sn	Beýleki elementler	Bellenilmesi
B89	7,3-7,8	0,8-1,2	0,8-1,2	Galanlary	0,15-0,25	Agyr ýüklenen maşynlar, bug turbinalary, turbanasoslar we ş.m.
B83	10-12	5,5-6,5	-	Şol bir zat	-	
BH	13-15	1,5-2,0	0,1-0,7	9-17	0,1-0,5 0,5-0,9	Ortaça ýüklenen maşynlar
B16	15-17	1,5-2,0	-	15-17	-	Awtomobil hereketlendirijileri

Sürme we galaýy dykzlylygy boýunça güýçli tapawutlanýar, şonuň üçin hem bu metallaryň erginleriniň köp bölegi ýok bolmaga meýilli. Erginiň ýok bolmasynyň önüni almak üçin babbitlere mis

girizilýär. Ol sürme bilen  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  himiki birleşmesini emele getirýär. Ol şahalanan dendritleri döredip, birinji bolup kristallaşýar. Ol  $\text{SnSb}$  kub kristallarynyň ýok bolmagyna böwet bolýar. Ondan başga-da  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  kristallary babbittde gaty birikmeleri döredýär. Olar podşipnikiň könelmä durnuklylygyny goşmaça ýokarlandyrýar.

B83 babbitiň mikrostrukturasy getirilen. Gara meýdançalar sürmäniň we misiň galaýydaky  $a$  gaty ergininiň çeyelik agramyny görkezýär, dörtburçluk görnüşindäki açyk iri kristal meýdança  $\text{SnSb}$  birleşmäni, ownuk açyk birikmeler  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  birikmäni görkezýär.

Gurşun babbittler jogapkärçiligi pes bolan podşipnikler üçin ulanylýar. B16, BH, BC6 babbittleriň galaýynyň, sürmäniň we misiň gurşundaky gaty ergininden (ýumşak düzümi) we  $\text{Cu}_3\text{Sn}$ ,  $\text{Cu}_2\text{Sb}$ ,  $\text{SnSb}$  himiki birleşmeleriň gaty böleklerinden durýan gurluşy bar.

Babbittleriň düzümine myşýak ownuk gurluşy emele getirmek üçin, kadmiý berkligi we gatylygy ýokarlandyrmak üçin, nikel suwuk akyjlygy, korroziýa durnuklylygy we urgy güýçlerini ýokarlandyrmak üçin girizilýär.

Kalsili we natrili (BKA, BK2, BK2Ş) babbittler giň ýaýrandyr. Guýma görnüşinde babbitiň gurluşy natriniň we kalsiniň gurşundaky  $a$  gaty erginidir (ýumşak düzümi) we  $\text{Pb}_3\text{Ca}$  himiki birleşmesiniň dendritleridir (gaty birikmeler). COC-6-6 kysymly erginde galaýynyň 6%-i, sürmäniň 6%-i bar, galanlary gurşun. Olar awtomobil hereketlendirijileriniň podşipniklerini guýmak üçin ulanylýar. Ergin galaýyly we gurşunly babbittler bilen deňşdireniňde has beýik ýadawlyk berkligi bilen tapawutlanýar we tirsekli walyň damagynyň has az könelmesini üpjün edýär. COC-6-6 kysymly ergin polat lentadan doýgunlaşdyrylan öýjük-öýjük mis-nikel gatlak astyndan durýan trimetal lentasyndan içlikleri taýýarlamak üçin ulanylýar.

## 12.4. Titan we onuň erginleri

**Titan** – kümüşsow ak metal. Ol agyr ereýän metallaryň toparyna girýär. Onuň ereýiş gyzgynlygy  $1668\text{ }^{\circ}\text{C}$ , gaýnama gyzgynlygy  $3227\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dykzlygy  $4,507\text{ t/m}^3$ , gatylygy HB850, berkligi  $320\text{ H/sm}^2$ . Titanyň iki sany allotropik modifikasiýasy bar.  $882,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ä çenli geksagonal dykz gaplanan gözenekli a-titan,  $882,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -den ýokary gyzgynlykda

kub göwrümmerkezleşdirilen gözenekli  $\beta$  titan bolýar. A titandan  $\beta$  titana geçende metalyň göwrümi biraz kiçelýär, elektrik geçirijiligi bolsa böküş görnüşinde artýar. Titan 500 °C gyrgyznlykda hem beýik udel berklige we tapawutlanan korroziýa durnuklylygyna eýe.

Himiki taýdan örän işjeňligine we köp elementler bilen ýeňil reagirleşýändigine garamazdan, onuň üstündäki döreyän berk we jebis okis gatlagynyň gorag hereketi netijesinde titan ýokary korroziýa durnuklylygyna eýe.

Arassa titan çäýe, ýumşak, tehniki titan bolsa döwlegen we gaty. Senagatda titanyň WT-1 we WT-2 kysymlylary ulanylýar. Ýeterlik berk bolmanlygy sebäpli arassa titanyň ulanylyşy çäkli. Titanyň erginleri has ýokary gyzyklanma döredýär.

Legirleýji elementler girizilende titanyň ýokary mehaniki berklige eýe bolan erginleri alynýar. Esasy legirleýji elementler – Al, Sn, Mn, Cr, Mo, V. Olar titanyň allotropik modifikasiýalarynyň durnuklylygyna täsir edýärler. Oňa baglylykda, titanyň erginleri üç sany gurluş toparlaryna bölünýär:  $\alpha$  -, ( $\alpha + \beta$ ) we  $\beta$  gurluş.

$\alpha$  gurluşly erginleriň kadaly gyrgyznlykda  $\alpha$ -gaty erginiň bir fazaly gurluşy bolýar, olar termik taýdan işlenilýär, çäýeligi pes (meselem, WT5-1 ergini).

( $\alpha + \beta$ ) gurluşly iki fazaly erginleriň kadaly gyrgyznlykda  $\alpha$  we  $\beta$  gaty erginleriň gurluşy bolýar, termik taýdan işlenilýär. Olaryň çäýe, beýik mehaniki häsiýetleri bar (WT3-1, WT6).

$\beta$  gurluşly erginler  $\beta$  gaty erginiň gurluşyny saklaýarlar. Olar çäýe, tehniki taýdan işlenilmä sezewar edilmeýär we teknikada giňden ulanylmaýar, şeýle-de olaryň berkligi pes (WT15).

Titan we onuň erginleri basyş astynda gyrgyzn we sowuk ýagdaýda işlenilse, oňa gowy täsir edýär. inert giňişlikde gowy bişirilýär, ýöne fraksiýa garşy pes häsiýetlere eýe. Titanyň polat bilen deňeşdirilende kesilip işlenilmesi kynrak.

Häzirki döwürde ýokary berklikdäki titan erginleriniň uly topary bar (WT6, WT14, WT3-1, WT5-1, WT16 we beýlekiler). Olar dürli hili enjamlaryň önümçiliginde giňden ulanylýar. Olardan agresiw giňişlikler üçin reaktorlar, bugladyjy enjamlar, sorujylar, ýylyk çalşyryjylar, wentiller, sentrifugalar, pürküji enjamlar, gazanlar,

sowadyjylar, organiki kislotalar üçin gaplar, uçarlaryň karkaslary we daşy, ýangyç baklary, reaktiw hereketlendirijileriň kompressorlary, turbinanyň diskleri we pilçeleri, gämileriň korpuslarynyň daşy, ýüzme wintleri, nasoslar, burawlamada ulanylýan turbalar, gazsoruylar, elektrowakuum gurallarynyň şaýlary, kondensatorlar, lukmançylyk gurallary, içki protezler taýýarlanylýar.

---

## XIII BAP

### METAL KÜLKELERI

---

#### 13.1. Metal külkelerinden erginleriň öndürilişi

Basgylanyp we eretmän ýa-da bölekleyin eredip metal külkelerinden taýýarlanýan erginlere **külke erginler** (emeli metal ergini) diýlip aýdylýar.

Metal külkeleriň öndürilýän göwrümi köp bolmasa-da, halk hojalygynda olaryň ähmiýeti uly bolup, giňden ulanylýar. Külke metal erginlerinden ýasalan şaýlaryň köpüsiniň hili adaty metallardan ýasalan şaýlaryň hilinden gowudyr.

Külke metal erginleri ulanyş ähmiýetleri boýunça typma podşipnikleri üçin **antifriksionlara**, tormoz lentalary we utgaşdyryjylaryň diskasy üçin **friksionlara**, filtr üçin **öýjükli**lere, polatdan maşynlaryň şaýlary, gyrgyznyga çydamly we köýüge durnukly metal erginleri üçin **dykyzlara**, ýagtylyk çyralarynyň simleri, kontaktlar we esbaplaryň şaýlary üçin **eremesi kyn bolanlara** hem-de kesiji gurallar üçin niýetlenen **gaty metal erginlerine** bölünýärler.

Külke metal erginlerini öndürmegiň tilsimaty külkäni almakdan, şihmany düzmekden, basgylamakdan (preslemekden) we bişirmekden ybarat.

Külkäni öndürmegiň wajyp usullary metaly okislerden dikeltmekden; mehaniki ownutmakdan, elektrolitik örtmekden, suwuk metaly pürkmekden we karbonirleri gyzdymakdan, dargatmakdan ybaratdyr.

Külke metallurgiýasy külkeleriň bölejikleriniň görnüşlerine we ölçeglerine juda berk talaplar bildirýär. Külkäniň iň wajyp häsiýet-namalarynyň biri “dökülýän wal” bolup durýar, ol erkin dökülýän külkäniň 1  $sm^3$  agramy bilen kesgitlenilýär we bölejikleriň ölçegine, görnüşine we üstüniň ýagdaýyna baglydyr.

Külke basgylanmakdan önürti eläp ýumşadylýar ýa-da dikeldilýän ýakma geçirilip gowy garyşdyrylýar.

Basgylama işi 100-1000 MPa basyş bilen basgylama galyplarynda ýerine ýetirilýär. Basgylamada basyşyň ululygy külkäniň gatylygyna we önümiň şekiline bagly. Külke näçe gaty bolsa, basyş hem şonça uly bolýar.

Külkeleri gorag atmosferasynda gyzdyp tutdurýarlar. Gyzdyp tutdurmanyň temperaturasy poladyň has aňsat ýüzýän düzüjisiniň eretme temperaturasynyň 2/3 bölegine golaý. Gyzdyp tutdurmanyň dowamlylygy 2-3 sagada deň. Gyzdyp tutdurma daşy eredilmeli we eredilmesiz bolup biler. Suwuk fazany emele getirýän metal erginlerinde gyzdyp tutdurma mahalynda kiçelme 5–10%-e, suwuk fazany emele getirmeyän metal erginlerinde bolsa kiçelme 0,5–2,5%-e deň.

Häzirki wagtda gyzgyn basgylamany has giňden ulanyp başladylar. Şu usulda basgylama bişirme bilen birlikde ýerine ýetirilýär. Gyzgyn basgylamadaky basyşyň ululygy, takmynan, adaty basyşyň 5-10%-ine deňdir. Bu usul bilen çylşyrymly şekilli we anyk ölçegli önümler alynýar.

### 13.2. Metal-keramiki gaty erginler

Kobaltnyň WC gaty erginlerinde özara baglanyşykly karbidleriň (mysal üçin, WC) inçe dänelerinden ybarat bolan erginlere **külkeli gaty erginler** diýilýär.

Metal-keramiki gaty erginler sürtülmä ýokary derejede durnukly. Olar 1000 °C-ä çenli gyzan ýagdaýynda hem kesijilik häsiýetini

saklaýarlar. Olardan kesiji gurallar, sozuýjy, burawlaýjy we beýleki enjamlar ýasalýar.

Metal-keramiki gaty erginler öz aralarynda wolframlylara, titan-wolframlylara we titantantalwolframlylara bölünýärler.

**Erginleriň birinji topary** wolframýň karbidlerinden we metal kobaltdan ybarat. Olar BK harplary we kobaltyň göterimdäki düzümini görkezýän san bilen aňladylýar (BK2, BK3, BK3M, BK4, BK4B, BK6M, BK6, BK6B, BK8, BK8B, BK10, BK15, BK20, BK25). Şeýlelikde, BK2 kysymly metal ergini okalyşyna görä 2%-e golaý kobaltyň we 98 %-e golaý wolframýň karbidiniň bardygyny aňladýar.

**Erginleriň ikinji toparyna** wolframýň, titanyň we metal kobaltyň karbidleri girýärler. Olaryň erginleri TK harplary we sanlar bilen belgilenip aňladylýar. T harpdan soňky ýazylýan san titanyň mukdaryny göterimde görkezýär. K harpdan soňky san bolsa kobaltyň mukdaryny göterimde görkezýär. Galany bolsa wolframýň karbidleriniň mukdarydyr (T30K4, T15K6, T15K10, T15K12B).

**Erginleriň üçünji toparyna** wolframýň, titanyň, tantalyň we metal kobaltyň karbidleri girýärler. Erginler TTK harplary we sanlar bilen belgilenýär. TT harplardan soňky sanlar titanyň we tantalyň mukdaryny göterimde aňladýarlar. K harpdan soňky san bolsa kobaltyň mukdaryny göterimde görkezýär. Galanlary bolsa wolframýň karbididir (TT7K12, TT10K8B). Gaty metal ergininiň soňundaky harplar däneleriň ölçegini häsiýetlendirýär (B uly däneli we M kiçi däneli).

Gaty külke metal erginleriniň hili we kesijilik häsiýetleri olaryň mikrogurluşlaryna baglydyr. BK15 wolfram kobaltly BK15 gaty erginiň mikrogurluşy ýagty çüňkli we gönüburçly wolframýň karbidinden we gara bölekleri wolframýň hem-de kobaltyň karbidiniň erginlerinden ybaratdyr.

Wolframýň karbidleriniň ýagty däneleri örän uly gatylyga eýedir we kesiji guralda iň bir ýönekeý (elementar) kesiji bölekleriň ornuny tutýar. Kobaltda karbidiň gaty ergini birneme gatyрак, ýöne has şepbeşik. Ol wolframýň karbidleriniň dänelerini biri biri bilen birleşdirýär.

T15K6 kysymly titanwolfram ergininiň mikrogurluşy wolframýň karbidiniň çüňkli ýagty dänelerinden, wolframýň karbidiniň gaty ergininiň gara massasyndan, kobaltdaky titandan we titanyň karbidlerinde wolframýň gaty ergininiň çal meýdanyndan ybarat.

### 13.3. Eredilýän gaty metal erginleri

Gaty metal ergininiň alnys tilsimatyna baglylykda olar kükeli metallurgiýanyň usuly bilen alynýan **metalkeramiklere, eredilýänlere** bölünýärler. Eredilýänlerem, öz gezeginde, **guýmalara, däne şekillilere we elektrodlylara** bölünýärler. Bu metal erginleri iş gurallarynyň kesiji erňeklerine ýa-da önümiň köp iýilýän üst tekizligine eredilip birleşdirilýär. Guýma gaty metal erginlerini şertli üç sany topara bölüp bolar.

**Birinji topara** *relit* degişlidir. Ol wolframýň karbidiniň guýma önümidir. Onuň ereýän gyzygynlyk derejesi 3500 °C-ä deňdir. Relitiň düzüminiň 0,25%-i demirden we galany wolframdan ybaratdyr. Ol has gaty bolup, iýilmäge-de durnuklydyr.

**Ikinji topara** *stellitler* (B2K, B3K, BXH1, BXH2) degişlidirler. Erginiň esasy düzümi kobaltdan, wolframdan (B2K we B3K), nikel-den, hromdan (BXH1, BXH2) we sormaýtdan ybaratdyr.

Stellitleriň düzümine we mehaniki häsiýetlerine olaryň sowadylyşynyň tizligi täsir edýär. Çalt sowadylanda däneler ownap, erginler has gataýar.

Stellitler poslama ýokary derejede durnuklydyrlar. Olaryň gowy kebsirlenýänligi üçin, kesiji gurallara eredilip birleşdirilýär. Bu bolsa onuň iýilmä durnuklylygyny has ýokarlandyrýar.

Sormaýtlar demirhromuň esasyndaky marganesli we nikelli ergindir. Olaryň gatylygy we gyzyly durnuklylygy stellitlere garanyňda azrakdyr, ýöne bahasy arzandyr. Sormaýtlar hakykatda legirlenen hromnikelli çöýundyrilar. Sormaýt-2-ni taplap, gowşadyp, onuň ýokary gatylygyny alyp bolýar.

Stellit we sormaýt örän portdur. Olaryň erginleri diametri 5–10 mm-e we uzynlygy 300–400 mm-e deň bolan sim görnüşinde çykarylýar. Sormaýt külke görnüşinde hem çykarylýar.

B2K kysymly stellitiň we sormaýt-1-iň gaty titremän we urgusyz işleýän şaýlary (egreldýän we süýndürýän galyplaryň matrisalaryny, tokar stanoklarynyň merkezlerini, tutawaçlary, ülhüleri we ş.m.) eredip guýmak üçin peýdalanylýar.

B3K kysymly stellitiň we sormaýt-2-niň gatylygy we portlugy birneme pesdir. Bular titremeli, urguly we abraziwli şertde işleýän (çapýan matrisalary we kesýän galyplary, ýer azallarynyň ýerdemirlerini (lemehlerini), ýumşadyjylaryň kesiji bölegini, ýer azalynyň ýer tagtasyny we ş.m.) şaýlary eredip guýmada peýdalanylýar.

**Üçünji topara stalin it *M*** degişlidir. Bu ergin demriň esasyndadyr (24–26% hromdan, 6–8,5% marganesden, 3%-e çenli hromdan, 7–10% hem ugleroddan ybaratdyr). Staliniti ferrohromy, ferromarganesi, nebitiň koksuny we çoýun garyndysyny üwäp we ownadyp alýarlar. Gowy garylandan soň 400–500 °C gyzgynlyk derejesinde 3-4 sagadyň dowamynda gyzdyrylýar, soň bolsa sowadylýar.

Eredilen stalin it legirlenen ewtektoidden soňky ak çoýnuň düzümine eýe bolup, iýilmäge durnukly gaty gatlak emele getirýär. Stalinitiň gödek iýilmä sezewar bolýan böleklerini (daş döwüjileriň gapdallaryny, ekskawatoryň susgujynyň dişlerini, buldozeriň pýçaklaryny we ş.m.) eredip guýmak üçin peýdalanylýar.

### 13.4. Mineral-keramiki gaty erginler

CM 332 kysymly mineral-keramiki (mineralokeramiki gaty ergin – mikrolit) täze gural hökmünde giňden ulanylýar. Onuň düzümi 0,5–3 *mkm*-e deň bolan alýumininiň däneleriniň okisinden (korunddan) ybaratdyr. Ol 1700–1800 °C gyzgynlyk derejesinde bişirilýär.

Mineral keramikanyň dürli ölçegdäki we görnüşdäki ýasy zolaklary bilen kesiji gurallar üpjün edilýär.

Häzirki wagtda taplanan we taplanmadyk polatlary hem-de çoýunlary işläp bejermek üçin mineral keramikanyň soň ýiteldilmeýän üç, baş we alty granly görnüşleri çykarylýar. Ýasy zolaklary basyş bilen gyzgyn guýlup (şliker usuly) we külkeler basgylanyp alynýar. Mineral-keramiki ýasy zolaklary gurallaryň saklawaçlaryna galaýylyp ýa-da ýelimläp birleşdirýärler.

Mineral-keramiki materiallaryň gyzyly durnuklylygy gaty metal erginlerine garanynda ýokarydyr, ýöne şol wagtyň özünde hem onuň berkligi pesräkdir. Şol sebäpli hem olar uly agramlary saklap



bilmeyärler. Olar, köplenç, ýarym gutarnykly we doly gutarnykly gurallary ýasamak üçin ulanylýar. Mikrolit gaty we port materiallary işläp bejermäge has ýaramlydyr. Mineral-keramiki gurallaryň çoýny işläp bejermesindeki durnuklylygy polady işläp bejermesindekiden ýokarydyr.

Mineral-keramiki materiallaryň ýylylykgeçirijiligi pesdir. Şol sebäpli olar çalt hem-de başly-baratly gyzdyrylanda we sowadylanda çat açýar.

---

## XIV BAP

### METAL BOLMADYK MATERIALLAR

---

#### 14.1. Plastik massalar

Oba hojalygynyň köp pudaklarynda tehnikany has ösdürmek üçin zerur bolan täze düzüt materiallarynyň arasynda görnükli ýer plastmaslara degişli. **Plastmaslar** diýlip organik polimer baglaýjy materiallaryň esasynda alynýan emeli materiallara aýdylýar. Plastmaslarda dispersiýa sreda (matrisa) polimerdir, dispers faza bolsa dolduryjydyr.

**Polimer** diýlip beýikmolekulýar birleşmelere aýdylýar. Olaryň molekulalary (makromolekulalary) liniýa (zynjyr görnüşindäki), şahalanýan, merdiwan we üçölçegli tor şekilli sternosazlaýjy, izotaktik şekilli we beýleki gurluşlara birleşen gaýtalanýan monomer zwenolaryň köp sanyndan durýar.

Liniýaly we şahalanýan makromolekulaly (termoplast) polimerler has çeýedirler. Olaryň ýylylyk taýdan hem çeýeligi ýokarydyr. Olar gatandan soň gyzdyrmanyň täsiri astynda ýumşayan tor şekilli makromolekulalardan (reaktoplastlar) tapawutlylykda gyzdyrylanda we sowadylanda birnäçe gezek ýumşamaga we gatamaga ukyplydyrlar. Reaktoplastlary ikinji gezek ulanmak mümkin däl.

Polimerler üç ýagdaýda, ýagny çüýşe şekilinde (gaty amorf), ýokary elastik we şepbeşik akýan ýagdaýlarynda bolup bilerler. Otnositel molekulýar massasynyň ýokarylygy netijesinde olar gaz şekilli ýagdaýa geçmäge ukyply dälär.

Dispers faza (dolduryjy) hökmünde kagyzy (getinaksy), dürli düzümlü matalary (aýnatekstolitleri, tekstolitleri), agaç şpony (agaç-gatlak plastikleri – AGP-ni), aýna süýümlü materiallary (aýnaplastikleri), asbosüýümlü materiallary (asboplastikleri) we beýleki materiallary ulanýarlar. Plastmasyň ady, adatça, dolduryjynyň ady we görnüşi bilen bagly.

Dürli dolduryjylar bilen armirlenen plastmaslar uniwersal material däl we olary jogapkär düzümlerde ulanmak mümkinçiligi önümiň iş şertleri bilen kesgitlenilýär. 16-njy tablisada käbir plastmaslaryň häsiýetleri we olaryň ulanyş ulgamlary berlen.

Düzümi boýunça plastmaslar ýönekeý. Eger olar arassa baglaşdyryjy şepbiklerden durýan bolsalar, onda çylşyrymlydyrlar (kompozisiýaly). Eger olarda baglaşdyryjy maddadan başga beýleki komponentler hem bolsa, onda olar dolduryjylar, plastifikatorlar, çalgy maddalary, durnuklaşdyryjylar, reňkleýjiler, katalizatorlar we beýlekiler bolýarlar.

Durnuklaşdyryjylar (garrama garşy) polimer materiallaryň garramagyna garşy täsir edýärler. Olara fosfatlar, aminokislotalar we beýlekiler girýär.

Plastifikatorlar gaýtadan işlenilende we peýdalanylanda polimer materiallaryň maýyşgaklygyny, çeyeligini ýokarlandyrýar. Plastifikatorlar hökmünde dibutilftalat, trikrezilfosfat, kamfora we beýlekiler ulanylýar.

Çalgy maddalary (stearin, mum), esasan, gaýtadan işlemegi çaltlandyrmak we hili gowulandyrmak üçün polimerleriň adgeziýasyny peseldýärler.

Reňkleýjiler plastmasyň ähli göwrümüne islenilýän reňki berýärler. Nigrozin, mum we beýlekiler reňkleýji bolup bilerler.

Katalizatorlar (hek daşy, magniniň okisi) himiki hadysalary çaltlaşdyrýarlar, emma gutarnykly önümiň düzümine girmeyärler.

Üýtgedijiler – gyzmagyň ýa-da beýleki faktorlaryň netijesinde gaz görnüşli ýagdaýa geçmäge we plastmaslarda öýjükleri emele getirmäge ukyply dispers materiallardyr.

Käbir plastmaslaryň häsiýetleri we ulanylyan ýerleri

Plastmasyň ady	Dolduryjy	Materialyň häsiýetleri	Gaýtadan işleme usuly	Ulanylyan ýeri
1	2	3	4	5
Polietilen	Dolduryjysyz	Reňksiz buýnuz şekilli material, ýagly. Ýokary dielektrik häsiýetleri bar. Suwa, ammiaga, azot, kükürt, duz kislotalaryna, etil spirtine durnukly, benzola, uksus kislotasyna (sirkä), nebite, efir ýaglaryna durnuksyz. Häsiýetleri: $\gamma = 920-960 \text{ kg/m}^3$ ; $\sigma b = 11 - 13 \text{ H/mm}^2$ (ýokary basyşdaky polietilen); $\delta = 450\%$ ; ýyla çydamlylygy $50 - 60 \text{ }^\circ\text{C}$ -ä çenli; sowuga çydamlylygy $65 \text{ }^\circ\text{C}$ -ä çenli	Basyş astynda guýma	Turbageçirijileriň armaturlary, turbalar, futerlýji we prokladka materiallary, plýonkalar, akkumulyatorlaryň gapajyklary, ýelejiredijileriň ganatjyklary
Poliwinilhlorid (winiplast)	Dolduryjysyz	Adatça, aýk ýa-da goýy mele reňke boýalan. Reňksiz dury winiplast alynýar. Ähli mineral kislotalarynyň, aşgarlaryň, islendik konsentrasiýadaky duz erginleriniň, benzinin täsirine durnukly. Asetona, azot kislotasyna durnuksyz. Häsiýetleri: $\gamma = 1380 - 1400 \text{ kg/m}^3$ ; $\sigma b = 50 - 70 \text{ H/mm}^2$ ; $\delta = 10 - 25\%$ ; ýyla çydamlylygy $80 \text{ }^\circ\text{C}$ -ä çenli; sowuga çydamlylygy $50 \text{ }^\circ\text{C}$ -ä çenli	$160 - 178 \text{ }^\circ\text{C}$ gyzgynlykda walsewka etme	Turbalar, dykzlaýjy prokladkalar, ventiller, elektroizolýasiýa materialy, akkumulyatorlaryň bankalary

16-njy tablisanyň dowamy

1	2	3	4	5
Ftoroplast – 3 Ftoroplast – 4	Dolduryjysyz	Port toz, basgylananda dykyz gerdejeklere öwürülýär. Gyzdurylanda eremeýär, ýöne ýumşayar. 360 – 380 °C derejesindäki gyzgynlykda dykyz ak massa seplesýär. Hiç bir eredijide eremeýär. Dielektrik.. Häsiýetleri: $\gamma = 2100 - 2300 \text{ kg/m}^3$ ; $\sigma b = 14 - 31 \text{ H/mm}^2$ ; $\delta = 250 - 500\%$ ; ýyla çydamlylygy pes güýç berlende 130 °C-ä çenli, ýokary güýç berlende 60 °C-ä çenli; sowuga çydamlylygy 80 °C-ä çenli.	220 °C-de gyzgyn basgylama, basyş astynda guýma	Ýokary basyş üçin dykzlaýjy şaýlar, diafragmalar, klapanlaryň eýerleri, membranalar, podşipnikler, wtulkalar, süýt enjamynyň şaýlary.
Poliamid Şepbikler (kapron)	Dolduryjysyz	Ak ýa-da aýk sary reňkli şepbik. Kapron ýaglara, aşgarlara, benzine, benzola, spirtlere örän durmukly. Asetona durmuklylygy çäkli. Kükürt, duz we uksus kislotasyna durmukсыz. Suw kaprona çeyelik berýär. Häsiýetleri: $\gamma = 1130 \text{ kg/m}^3$ , $\sigma b = 65 \text{ H/mm}^2$ ; $\delta = 150 - 200\%$ ; ýyla çydamlylygy 65 °C-ä çenli; sowuga çydamlylygy 10°C-ä çenli.	270 °C gyzgynlykda basyş astynda guýma	Maşynlaryň gerekli şaýlary, typma podşipnikleri, şesternýalar, şkiwler. süýümden matalar, ýüpler, filtrler, elektroizolyasiya materialy öndürilýär.

16-nyj tablisanyň dowamy

1	2	3	4	5
ED-5, ED-6 epoksid şepbikler	Gatadyjylar: geksametilen, diamid Plasifikatorlar: dibutilftalat, trikrezilftalat	Gatan döwründe häsiýetleri üýtgeýär. Dolduryjsyz we plastifikatorsyz gatan şepbik ýokary liniýaly giňelme bilen döwlegen materialy göz önüne getirýär. Dolduryjly we plastifikatorly şepbik kompaund adyny göterýär. Epoksid kompaundlar gatan ýagdaýynda ýokary mehaniki berklige, benzine we suwa durnuklylyga eýedirler, ammiaga durnuklylygy çäkli. Häsiýetleri: $\gamma = 1200 \text{ kg/m}^3$ ; $\sigma b = 80 \text{ H/mm}^2$ ; ýyla çydamlylygy $120 \text{ }^\circ\text{C}$ -ä çenli; dargama gyzygynlygy $340 \text{ }^\circ\text{C}$	Gatadyjylaryň kömegi bilen gatama	Dürli dolduryjylar üçin baglaýjylar, oba hojalyk maşynlarynyň şaýlaryny abatlamak üçin, ýelim, daşlamagyň elementleri
Woloknit	Asbestsüýüm	Ýokary fraksiýa häsiýetleri	$180 \text{ }^\circ\text{C}$ gyzygynlykda basgylama	Tormoz kolodkalary, diskler
Gatlakly plastmaslar (getinaks)	Kagyz	Häsiýetleri: $\gamma = 1300 \text{ kg/m}^3$ ; $\sigma b = 80 - 200 \text{ H/mm}^2$ ; ýyla çydamlylygy $160 \text{ }^\circ\text{C}$ -ä çenli.	$150 - 160 \text{ }^\circ\text{C}$ gyzygynlykda siňdirilen dolduryjynyň taýýarlananlaryny basgylama	Prokladkalar, paneller, elektroizolyasiýa materialy
Tekstolit	Nah mata	Ýokary fraksiýa garşy häsiýetleri. Häsiýetleri: $\gamma = 1300 \text{ kg/m}^3$ ; $\sigma b = 60 - 160 \text{ H/mm}^2$ ; ýyla çydamlylygy $150 \text{ }^\circ\text{C}$ -ä çenli.	$155 - 165 \text{ }^\circ\text{C}$ gyzygynlykda siňdirilen dolduryjynyň taýýarlananlaryny basgylama	Şesternýalar, wtulkalar, halkalar, typma podşipnikleri, elektrik enjamlaryň şaýlary

Plastik massalaryň artykmaçlygy olaryň gaýtadan işlenilende köp zähmet talap etmeýänligindedir. Plastmasdan önümleri almagyň birnäçe usullary bar. Has giňden ýaýranlary ekstruzion gaplama, basyş astynda guýma, basgylama we walsewaniýe.

Ekstruzion gaplamany termoplastik materiallardan plýonkalary, listleri, turbalary we dürli profilleri taýýarlamak üçin peýdalanýarlar. Iş ýörite gurçuk şekilli basma-ekstruderlerde amala aşyrylýar. Ürün ýa-da granula görnüşindäki material bunkeriniň üsti bilen gurçuk şekilli baglaýjynyň gyzdrylýan silindrine berilýär. Silindrde ýerleşýän şnek aýlanyň, materialy tutýar, ony garýar, dykzlandyrýar we resmileýji başjagaza geçirýär. Silindriň içinden geçende onuň diwarlarynyň gyzgynlygyndan akyjylyk ýagdaýyna çenli gyzýar. Massa resmileýji başjagazdan geçip, kabul ediji enjama düşýär. Ol ýerde suw ýa-da howa bilen sowadylýar. Profilirlenen önümleriň konfigurasiýalary ekstruderiniň başjagazyňyň konstruksiýasy tarapyndan kesgitlenilýär.

Basyş astynda guýmany dürli konfigurasiýaly şaýlary almak üçin peýdalanýarlar. Bu usul plastmasy gaýtadan işlemekde in ýaýran usullaryň biri. Basyş astynda guýma bilen, adaty, termoplastik materiallary (polietilen, poliamid, polistirol, winiplast we beýlekiler) galyplaýarlar. Ilkinji material bunkerden dozatoryň üsti bilen gyzdrylýan silindre baryp düşýär. Şepbeşik-akyjy ýagdaýa çenli gyzdrylan garyndy porşen bilen basgylap galyplama giňişligine berilýär. Gysgawagtlyk durandan soň (1-2 min) basgylan galyp açylýar we ondan taýyn önüm çykarylýar.

Basyş astynda guýma bilen önümleri galyplamak ýokary öndürijilikli we tygşytly usuldyr. Ol oba hojalyk tehnikasyny abatlamakda giňden ulanylýar. Gyzgyn basgylama (basgylan galyplarda galyplama), esasan, termoreaktiv plastmaslardan önümleri ýasamak üçin ulanylýar. Göni we guýma basgylamany tapawutlandyrýarlar. Göni basgylamada basgylan massanyň gaňyrçagy göni basgylap galyplamanyň resmileşdiriji giňişligine salynýar we massa goşulýan basyş derrew bu boşlukda ösüp başlaýar. Guýma basgylamada gaňyrçak, ilki bilen, aralyk kamera (tigele) salynýar we ol ýerden resmileýji boşluga geçirilýär.

Plastmasdan şaýlary galyplap çykarmany listlenen termoplastlardan (winiplast, polietilen, organiki aýna) ýapyk bolmadyk sudurly önümleri (kabinalaryň aýnalary, obtekatelleri, saýawanlary) öndürmek üçin ulanýarlar.

Bu usul termoplastlaryň gyzdyrylan wagty ýokary çeýelik ýagdaýyna geçmegine we sowadylanda gatamaga bolan ukybyna esaslanandyr. Termoplastyň gyzdyrylan listini galypda ýa-da ýörite gapda galyplaýarlar. Daşyny aýyrman önümi berlen görnüşlerine berkidip sowadýarlar. Önümiň maksadyna, ölçeglerine we görnüşlerine baglylykda galyplamanyň iki usulyny, ýagny gönükdirilen süýndürme usulyny we erkin süýndürme usulyny ulanýarlar.

Açyk görnüşli önümler (sowadyjylaryň gapylary, tarelkalar, kýuwetler, gurallaryň we maşynlaryň korpuslary) dürli hili galyplama maşynlarynda we basgylanylyp öndürilýär. Ýapyk boşlukly, ýapyk görnüşli önümler üfleýji maşynlarda we ýörite taýýarlanylýar. Öndürijiligi we tygşytlylygy boýunça rotasion wakuumly galyplama maşynlary has netijelidir. Olar işiň tapgyrlaýynlygyny we yzygiderligini üpjün edýär.

Walsowkany plastmasdan inçe plýonkalary almak üçin ulanýarlar. 150–165°C-ä çenli gyzdyrylan birmenşeş garyndyny ýörite köpwalkaly maşynlardan geçirýärler. Üns bilen ýylmanan walkalary ähli uzynlygy boýunça birmenşeş deşik bilen ýerleşdirýärler.

## **14.2. Agaç materiallary**

Agajyň konstruksiýa material hökmünde birtopar artykmaçlygy hem bar, ýetmezçiligi hem bar. Onuň artykmaçlyklary: dyklylygynyň pesligi, massanyň birligine ýokary mehaniki berkligi, çeýeliginiň netijesinde urgy güýjüni kabul etmek ukyby, ýokary ýylylyk –izolýasiýa häsiýetleri, şaýlar taýýarlanylanda işlemegiň ýönekeýligi.

Önümçilikde başlangyç material hökmünde ulanylýan agaçlar tegelekler we kesilip taýýarlananlara bölünýär. Tegelek agaç materiallary, köplenç, gabygyndan arassalanan şahalardan kesilen agaç kesimleridir. Olaryň ölçegleri arasynda köpeltmek belgisi bolan iki san bilen ýazylyýar. Birinji san metrdäki ölçegini, ikinji san bolsa gabyksyz agajyň ýokarky böleginiň santimetrdäki diametrini aňladýar.

Senagat agajynyň häsiýetleri

Agajyň görnüş-i	Dykzylygy (g/sm <sup>3</sup> )	Gurama koeffisiýenti (%)			Berklik çägi (H/mm <sup>2</sup> )					urgy aýlawynda berkligi (H·m/sm <sup>2</sup> )	Gatylygy (HB)		
		radial	tangensial	göwrümleýin	süýümleriň ugruna gysylanda	statistik aýlawda	süýümleriň ugruna süýn-dürilende	süýümleriň ugruna radial süňjülide	süýümleriň ugruna tangensial süňjülide		gyraýly	radial	tangensial
Gaýyň agajy	0,64	0,28	0,34	0,64	46,7	96,7	161,0	8,5	10,2	0,045	423	336	300
Buk	0,68	0,18	0,35	0,55	57,4	95,3	117,8	10,6	13,2	0,039	556	394	403
Wýaz	0,66	0,17	0,33	0,52	40,4	83,9	-	8,3	9,3	0,045	512	385	384
Grab	0,81	0,24	0,35	0,61	53,1	121,1	134,7	14,1	17,7	0,048	825	701	717
Dub	0,76	0,18	0,28	0,48	51,9	89,1	-	11,0	12,5	0,046	653	536	568
Lipa	0,50	0,23	0,33	0,58	39,8	77,5	115,8	7,8	7,4	0,028	234	156	163
Olha	0,53	0,17	0,30	0,49	38,7	70,9	96,3	7,4	9,1	0,025	367	248	264
Osina	0,50	0,15	0,30	0,47	37,4	68,6	120,1	5,7	7,8	0,041	241	175	183
Sosna	0,51	0,18	0,31	0,51	41,4	75,8	100,9	6,9	6,7	0,020	262	217	223
Dagdan	0,69	0,19	0,31	0,52	49,9	108,3	139,0	12,6	12,2	0,043	732	534	609



Tegelek agačlaryň aşakdaky görnüşleri bar: **pürs** – ýokary tarapyndaky galyňlygy 150 *mm*-den köp bolan agaç stwollary; **krýażlar** – agajyň uzynlygynyň üçden birini tutýan stwoluň aşaky galyň bölegi; **slegler** – ýokary böleginde galyňlygy 80–150 *mm* bolan inçe pürsler; **syryklar** – ýokary böleginde galyňlygy 60–80 *mm* bolan inçe stwollar.

Tegelek agaçlar byçgylanyp, plastinka, tagta, pürsler, ikigatly pürsler, dörtgatly pürsler taýýarlanylýar. Agajyň daşky gatlaklary we beýlekiler kesilip taýýarlanan agaç materiallary alynýar.

Plastinalar – okunyň ugruna deň byçgylan pürs, ležniler – iki tarapyndan byçgylan pürsler, pürsler – dörtburçluk ýa-da gönüburçluk görnüşinde kese kesilen, dört tarapyndan byçgylan pürsler. Byçgylan agaç pürsler uzynlygyna kesilende alynýan tagtalardan ybarat. Bir tarapy güberip duran tagtalary **agaç gatlaklary** diýip atlandyryýarlar.

Ýarymtaýýar agaç önümleriniň ýene-de birine **şpon** diýilýär. Ol agajyň inçe gatlagy, özi-de faner taýýarlamak üçin ýa-da bezeg işleri üçin ulanylýar.

Taýýarlanylş usulyňa baglylykda şponuň üç görnüşini tapawutlandyryýarlar. Olar: byçgylan, ýonulan we daşy aýrylan. Galyňlygy 0,8–2 *mm* bolan byçgylan şpon gaýyň agajyndan (berýozadan), olhadan, klýondan alynýar. Krýażlar uzynlygyna ýonulyp alynýar. Ol aýna ýaly ýalpyldadylýan üstleri bezemek üçin ulanylýar.

Ýonulan şpon önünden buglanan krýážlardan faner ýonulýan stanoklarda inçe zolaklary uzynlygyna ýonmak bilen alynýar.

Maşyn gurluşygynda, esasan, daşy aýrylan şpon ulanylýar. Ol uzynlygy 1,5 metre çenli bolan aýlanýan krýáždan giň lentany aýyryýan ýörite stanoklarda alynýar. Daşy aýrylan şponuň galyňlygy 0,5–1,5 *mm*.

**Faner** diýlip ýazgyn görnüşli agaç materiala aýdylýar. Faner daşy aýrylan şponuň öz aralarynda ýelimlenen birnäçe gatlagyndan durýar. Ol ýaprakly (gaýyň agajy, olha) ýa-da hwoýa agačlaryndan (sosna) taýýarlanylýar. Ýelimlenen faneriň üç kysymy bar:

FS – suwa durnuklylygy ýokarlandyrylan, fenoloformaldegid ýelimleri bilen ýelimlenen faner;

FK – suwa durnuklylygy ortaça, karbamid ýelimleri bilen ýelimlenen faner;

FBA – albumid-kazein ýelimleri bilen ýelimlenen faner.

Olardan başga-da ýörite maksatly fanerler hem çykarylýar. Olar awiasiýa, bakelizlenen, bezeg, ýonulan, armirlenen, metallaşdyrylan we beýleki fanerler.

Adaty faneriň galyňlygy 1,5–12 mm. Agyr ýük daşaýan maşynlaryň şaýlaryny taýýarlamak üçin köp gatlakly we plitka görnüşindäki faneri ulanýarlar. Plitka görnüşindäki faner şponuň on bir we ondan hem köp gatlagyndan durýar. Onuň galyňlygy 25–30 mm bolýar.

Oba hojalyk maşynlary üçin agaç şaýlar üç topara bölünýär:

1. Ýokarlandyrylan dinamik ýüklerde işleýän has zerur gerekli şaýlar we kesimler, yşlar we deşikler bilen güýji gaçan şaýlar;
2. Dinamik we agyr statik ýüklere sezewar edilýän şaýlar;
3. Statik dartgynlyklara sezewar edilýän gaty bir gerekli däl şaýlar.

### 14.3. Agaç gatlaklar

Agaçdan we sintetik şepbeşiklerden ybarat materiallar **agaç gatlaklar** diýlip atlandyrylýar. Soňky döwürde olar agaç we käbir beýleki düzümleriň materiallaryny gysyp çykaryp, has köp ulanylýar. Aşakdaky agaç gatlaklar giňden ulanylýar: fenol basgylama-ürünler, basgylaýjy agaç massalary (BAM) we agaç gatlakly plastika (DSP).

Agaç gatlaklaryň häsiýetleri olaryň düzümi, gurluşy we alynma tehnologiýasy bilen kesgitlenilýär. Olar dykzlyk, berklik, deformirleýjilik, ýylylyk göterijilik, suwa durnuklylykdyr.

Agaç gatlagyň ýa-da ondan taýýarlanylýan önümiň dykzlygy örän giň çäklerde yrgyldaýar we 0,009–2,2 g/sm<sup>3</sup>-den ybarat. Bu baglaýjy komponentiň we dolduryjynyň görnüşine bagly.

Agaç gatlaklaryň berkligi, esasan, agajyň niýetlendirilişine we bölekleriniň ölçeglerine bagly. Çekilende dagadyan dykzlygyň in az manysy bir tarapa ugrukdyrylan. Niýetlendirme agaç süýümlerine perpendikulýar ugurda syn edilýär. Agaç süýümlerine baglaşdyryjy hökmünde penoplast girizilen. Dykzlygy 0,0 g/sm<sup>3</sup> bolan PSB-Ç kysymly polistirol penoplast girizilende agaç gatlagyň dargadyjy dykzlygy  $\sigma_b = 11 \text{ H/sm}^2$ , DSP-A kysymly agaç gatlagyň dykzlygy  $\sigma_b = 32250 \text{ H/sm}^2$ .

Agaç gatklaryň deformirlenijiligi, aýratyn-da, süýümleriň ugruna sozulan ýagdaýynda entäk doly barlanylmadyk, ýöne agaç gatklaryň agajyň süýümleriniň ýagdaýyna we dolduryjynyň materialdaky mazmunyna baglylykda oňnositel süýnmegi 0,6-dan tä 3,8%-e çenli çäkke bolýar. Agaç gatlaryň deformirlenijiliginiň pesligi baglaşdyryjynyň we dolduryjynyň deformasiýasynyň pesligi bilen kesgitlenilýär.

Agaç gatklaryň ýylylyk sygymlylygy oňa girýän düzümleriň ýylylyk sygymlylygynyň jemidir. Agajyň ýylylyk-fiziki häsiýetleriniň ýokary anizotropiýasy sebäpli süýümleriň ugruna we keseligine ýylylyk sygymlylygy giň çäklerde üýtgeýär.

Suwa durnuklylyk agaç gatklaryň möhüm häsiýetleriniň biri. Ol suw sorujylygy, nem sorujylygy, çişme, görnüş durnuklylygy bilen häsiýetlendirilýär. Agaç gatklaryň suwa durnuklylygyna çyg we gurama ýaly häsiýetler bagly.

Agaç gatklaryň suw sorujylygyny kesgitleýän esasy ýagdaýlar aşakdakylardyr, ýagny baglaýjynyň agaç gatkladaky mazmuny, dolduryjynyň himiýatermik, mehaniki işlemesi we disperslik, agaç gatlagyň dykzlylygy, agaç gatlagyna gidrofob goşundylaryň girizilmegi we baglaýjynyň suwa durnuklylygy. Şeýlelik bilen, agaç gatlagyň düzümini sazlap, suw sorujylygyny, diýmek, nem sorujylygy, çişmäni we görnüş durnuklylygyny dolandyryp bolýar. Agaç gatlaryň häsiýetleriniň üýtgemeleriniň seredilen nazary taýdan esaslandyrylan diapazonlary ulanyjlara zerur bolan ölçeglerdäki agaç gatklary ýa-da ondan ýasalan önümleri saýlamaga mümkinçilik berýär. Agaç gatklaryň esasy artykmaçlygy hem bahasynyň arzanlygyny saklap häsiýetlerini maksatlaýyn üýtgetmek (häsiýetlerini dolandyrmak) mümkinçiliginiň ululygydyr.

Agaç gatklaryň aşaky kysymlary, ýagny 04-10-012, 13-010-02, U4-080-02, MDPS-A, ADPK-W, MDPW-A, DSP-B, DSP-W-E, DSP-G has giňden ulanylýarlar.

Oba hojalyk maşyngurluşygynda we olary abatlama işinde agaç gatklaryň ähli görnüşleri ulanylýar. Olary ŽWH-6, ŽWH-10, ŽB-4,6 orak maşynlarynda görüp bolýar. Bu ýerde MDP-den şkiwleri, dabanlary, podşipnikleriň gapajyklaryny, tutujy rolikleri, wtulkalary taýýarlaýarlar. KS-2,6 silos ýygnaýjy maşynlarda MDP-den pahnakemer şkiwleri, gapajyklar, flanesler, içlikler öndürilýär. Tuladaky

kombaýn zawodynda öndürilýän däne ýygnaýjy kombaýnlarynda MDPO-dan ýasalan şkiwler, gapajyklar, rolikler, wtulkalar ulanylýar. Mekgejowen ýygnaýjy kombaýnlarda MDPK-A-dan we MDPK-B-den wtulkalar, typma podşipnikleri, şkiwler ulanylýar. KDU-2,0 uniwersal iým ownadyjylarda diskleriň we reduktoryň rampor wtulkalary, şeýle hem magnit separatorlarynyň korpuslary ulanylýar.

Ýeňil, orta we agyr görnüşli unifisirlenen lentaly transportorlaryň želob, tekiz we deflektorly roliklerinde MDPK-W<sub>3</sub> we MDPK-W<sub>4</sub>-den edilen podşipnikleriň korpusy, içlikler, bulgurlar we dykzylajyklar ulanylýar. Dürli görnüşdäki kranlarda MDP-den di-reg katoklarynyň wtulkalary, aýlaw gurallarynyň suharileri, rasporly wtulkalar, gapajyklar, fenol basgylama-ürünlerden bolsa ugrukdyryjy rolikler, şar başjagazlar, klemma nurbatlary, gapajyklar we köp beýleki şaýlar ýasalýar.

Agaç gatlakly önümlere gaýtadan işlemek aşakdaky usullar bilen amala aşyrylýar: ýokary basyş astynda basgylama, basyş astynda guýma, basyşsyz guýma (guýma), ekstruziýa, pneumatik görnüş berme, sarma (faner turbalary).

Köp ýagdaýlarda agaçgatlaklardan önüm almak işi olary gyzdyrmak bilen amala aşyrylýar. Agaç gatlaryň ýylylykgeçirijiligi örän pes, şonuň üçin hem olar gaýtadan işlenilende önümi gyzdyрма we baglaýjyny gatatma hadysalaryny yokary derejede işlenleşdirmek üçin ýylylyk geler ýaly etmek örän möhümdir.

MDP önümi, esasan, göni basgylanma usuly bilen gaýtadan işlenilýär. Ol 140–170 °C gyzygynlykda 40–60 MPa basyşda, adatça, basgylanýar (çylşyrymly önümler üçin basyş 100 MPa çenli).

Basgylaýjy fenol we agaç massalarynyň gaýtadan işlenilmegine meňzeşlikde DSP-niň öndürilme usuly **emulsiýa usuly** diýip atlandyrylyp bilner, sebäbi agaç dolduryjysyny doýurma suwuk rezol şepbiklerde amala aşyrylýar.

Adatça, DSP-den şaýlar mehaniki işleme bilen öndürilýär. Şol wagtda pes dispersli agaç bölekleriniň işlenilýän üste bolan gataşygynda ýagdaýyny hasaba almak zerur we şaýlaryň kesme güýjüniň täsiri astynda gyralarynyň boýalma mümkinçiligini peseltmek üçin kesiliş ugruny saýlap almaly.

Agaç gatlaklaryň kesilmesine olaryň ýylylyk-fiziki häsiýetleri uly täsir edýär. Agaç gatlaklaryň ýylylyk geçirijiligi poladyň ýylylyk geçirijiliginden 170–360 esse pesdir. Agaç gatlaklarynda süýümleriň ugruna baglylykda zolak giňelmesiniň koeffisiýenti polatdaky zolaklaryň mazmunyndan 3 esse, ulularynyň mazmunyndan 2,8 esse aralykda bolýar. Agaç gatlaklaryň udel ýylylyk sygymlylygy poladyň ýylylyk sygymlylygyndan 2,9–5,2 esse köp. Fenol basgylama ürünlerinde, MDP-de we DSP-de şaýlaryň dykzlygy  $1,25\text{--}1,45\text{ g/sm}^3$ -e deň, metallaryň dykzlygy has ýokary (polatda  $7,85\text{ g/sm}^3$ -e deň). Onda ýylylyk sygymlylygynyň udel göwrümi aşakdaky ýaly: ağaç gatlaklar üçin  $1,8\text{-den } 3,1\text{ j/sm}^3 \cdot \text{K}$  çenli, polat üçin  $3,6\text{ j/sm}^3 \cdot \text{K}$ . Eger deň göwürümdäki ağaç gatlagyň we poladyň ýanyna meňzeş mukdardaky ýylylygy getirseň, onda ağaç gatlagyň gyzygynlygy ýokary bolar.

Şeýlelikde, polat bilen ağaç gatlagyň ýylylykgeçirijiliginiň koeffisiýentindäki gurala geçirilýän ýylylyk ähli bölünip çykýan ýylylygyň 99,4–99,7%-ine deň. Onuň galan bölegi bolsa ağaç gatлага geçirilýär.

Agaç gatlak üçin kesiji gurallar, enjamlar we ýörite tehnologiýalar ýok diýen ýaly. Metallary ýa-da agajy işlemek üçin düzülen gurallar ýygy-ýygýdan ulanylýar. Bu bolsa ağaç gatlaklaryň kesilip netijeli işlenilmeginde kynçylyk döredýär. Ol ağaç gatlagyň görnüşleriniň we kysymalarynyň köplügi bilen çylşyrymlaşýar.

Maşyn abatlananda könelen metal şaýy çalyşmak üçin ağaç gatlagyň kysymy seçilende aşakdakylary, ýagny :

- dartgynlyklar bilen deformasiýalaryň arasyndaky garaşlylyga täsir edýän ýükleriň täsir etme aýratynlyklaryny, ýüke goşundylarynyň dartgynlyklarynyň we tizlikleriň arasyndaky täsiri, ağaç dolduryjysyndaky süýümleriň berkliginiň we ugrunyň arasyndaky aýratynlyklaryny;

- ağaç gatlagyň berkliginiň we çyglylygynyň arasyndaky garaşlylyga täsir edýän nemiň täsir etme aýratynlyklaryny, çyglylygyň we çişmäniň arasyndaky, çyglylyk bilen görnüşini üýtgetmäniň arasyndaky aýratynlyklaryny (bu baglylyklaryň ählisi ağaç dolduryjysyndaky süýümleriň ugruny hasaba almak bilen kesgitlenilýär);

- ağaç gatlagyň liniýa we göwürüm giňelmesiniň gyzygynlygynyň we koeffisiýentiniň arasyndaky, gyzygynlyk bilen berkligiň arasynda-

ky, gyrgyznlyk bilen ýylylyk-fiziki häsiýetleriniň arasyndaky baglylyga täsir edýän gyrgyznlyk derejesiniň üýtgame aýratynlyklaryny göz önünde tutmaly.

Bu aýratynlyklary hasaba almak şaýlary öndürmegi çylşyrymlaşdyrýar, emma agaç gatlagy ulanmagyň ýokary tehniki-ykdysady netijeliligi bilen aklanylýar.

Agaç gatlaklaryň güýç astyndaky umumy deformasiýalary uly däl, dartgynlylygyň relaksasiýasy beýik däl, sowukakyjylyk hadysasy ýok. Agaç dolduryjysynyň süýümleri ýüke goşundynyň ugrunda näçe köp ýerleşse, agaç gatlak uzaldylanda şonça berk bolýar we az uzalýar. Deformasiýanyň dürli tizliklerinde berkligiň üýtgemegi boýunça agaç gatlaklar metallar bilen plastmasyň arasynda aralyk ýagdaýy eýeleýär.

Agaç gatlagyň çyglylygynyň ýokarlanmagy bilen olaryň berkligi peselýär, çişmesi köpeliýär, köp ýagdaýlarda şaýlaryň geometrik ölçegleri üýtgeýär. MDPO kysymly agaç gatlagyň nusgalary üçin galyňlygy boýunça çişme suw sorujylyga baglylykda 45–60 %-e deň bolýar. Agaç gatlagyň çyglylygynyň ýokarlanmagy bilen olaryň elektrik we ýylylykgeçirijiligi ýokarlanýar.

Gyrgyznlyk derejesi üýtgän ýagdaýynda agaç gatlagyň häsiýetiniň üýtgemegi plastmaslara metala ýakyndyr.

---

## **XV BAP**

### **TÄZE MATERIALLAR**

---

#### **15.1. Täze materiallaryň öndürilişi**

Dünýä ýüzünde alymlaryň esasy üns merkezinde durýan häzirki zaman ylmyň ösüşinde, ylmy gözlegleriň esasynda wajyp meseleleriň biri bolup durýan meýilnamalaryň biri hem “Täze materiallar” bolup durýar. Bu ýerde esasy orny nanotehnologiýa we nanomate-

riallar eýeleýärler. Ol materiallary öwreniş meselelerinde esasy orny eýeläp, materiallaryň mikro we nanoelektron böleklerini öz içine alýar, ýagny materiallaryň we metal erginleriniň biobileleşik ösüşleriniň esasynda ýokary hilli funksional örtükleriň, kompozitleriň, ürgünleriň esasynda ýokary hilli gaty metal erginlerini, polatlaryň ýöriteleşdirilen toparlaryny, ýokary geçirijilikli metal erginlerini, magnit materiallaryny, täze polimer materiallaryny almakda, dokma we deri önümleriniň öndürilişini ösdürmekde olaryň hilini ýokarlandyrmak usullary, täze materiallary we himiýa tehnologiýasyny federal derejede ösdürmek meselesi bütin dünýäniň alymlarynyň önünde duran esasy meseleleriň biri bolup durýar. Bu wajyp meseläni çözmek fizika, metallurgiýa materiallaryny öwrenýän, rentgen usullaryny öwrenýän hünärmenleriň paýyna düşýär. Täze materiallary XXI asyryň materiallary diýip atlandyrmagyň özi hem ýöne ýere däl, sebäbi ylmyň we tehnikanyň ýyldyrym çaltlygyndaky ösüşini täze materialsyz göz önüne getirmek hem mümkin däl. Tehnikanyň ösüşiniň hemme ugurlarynda, Amerikanyň alymlarynyň belleýşine görä, geljekki 20 ýylyň dowamynda öňki materiallaryň 90%-niň häzirki zaman materiallary bilen çalşyljakdygyna ýa-da tehniki rewolýusiýanyň bolup geçjekdigine doly ynam bildirýärler. Russiýada häzirki wagtda materiallary öwrenmekde Ylymlar akademiýasynyň 41-den gowrak mekdepleri, ýokary okuw jaýlary, ylmy institutlary, şeýle-de senagat ministrligi Moskwanyň Polat we erginler döwlet institutynyň ýolbaşçylygynda 123-den gowrak ylmy taslamalary “Täze materiallar” maksatnamasynyň esasynda amala aşyrdylar. Olar täze materiallary oýlap tapmakda düýpli barlaglaryň esasynda täze tehnologiýalary ornaşdyrdylar. XXI asyryň tehniki ösüşinde esasy ünsi nanomateriallara we nanotehnologiýalara berdiler. Esasan-da, polimerlere we kompozitlere, mikro we nanoelektroniki materiallara ýörite düzümlü materiallara we onuň erginlerine, sintetiki ýokary gatylykly materiallara, olaryň öndürilişine doly girişdiler we ýokary netijeler gazandylar. Soňky ýyllarda materiallaryň täze görnüşlerine bolan isleg ylymda, önümçilikde we täjirçilik ulgamlarynda has-da artdy.

Täze materiallaryň gizlin syrларыnyň biri hem adatdan daşary gurluşly atom-kristal gözenekleriniň seýrek duş gelýän görnüşlerini

öwrenmekde olara ultradispers materiallary (UDM) ýa-da ultradispers ulgamy (UDU), şeýle-de, günbatar alymlarynyň belleýşi ýaly, nanogurluşly materiallar (NGM) diýmekleri ýöne ýere däl. Häzirki zaman düşüňjelerine görä, täze materiallara degişlileriň morfologiýa elementleriniň 100 nanometrden (nm) az mukdaryny öz içine alýandygy subut edildi.

Nanomateriallar ýa-da ultradispers materiallary kabul ediş kadalaryna görä maksatlaýyn konstruksiýalaşdyrylýan ýa-da tebigy materiallardan alnan bir ýa-da birnäçe ölçeglerden duran nanometr diapozonlarynda hasaplanýar.

Gutarnykly ýagdaýda nanomateriallarda “nano-nano” kompozitleri, bir fazadan köp, ýöne hemme fazalary 100 nm-den az bolan görnüşli ultradispers önümleri (UDÜ), nanosüýümler, nanogeçirijiler, nanoplýonkalar we nanoörtükler nanomateriallar diýlip atlandyrylyp, olaryň nanokristallardan we nanodänelerden durýandygy (däneleriň ululygy 100 nm-den az) subut edildi.

Nano ýa-da ultradispers materiallarynyň aýratynlyklary olaryň fiziki-himiki gurluşlarynyň hil we mukdar tarapdan täze görnüşleri alýandygy, önümçilikde zerur bir meseläniň biri bolýandygy tejribede subut edildi. Nanomateriallaryň ilkinji ylmy barlaglaryndan görnüş ýaly ol adaty materiallardan düýpli tapawutlanýar. Olar udel ýylylyk saklaýjylygy, diffuziýa koeffisiýenti, magnit gurluşy, maýyşgaklyk modullary we ş.m. bilen düýpli tapawutlanýarlar. Bu bolsa gaty jisimleriň nanogurluş ýagdaýynyň adaty kristallardan ýa-da amorflardan düýpgöter tapawutlanýandygyny aňladýar.

Nazary we eksperimental barlaglaryň seljermeleri esasynda nanomateriallaryň adaty amorf materiallardan özleriniň has kiçi ölçegdäki däneleri bilen tapawutlanýandygyny we kristal gözenekleriniň düýp göter özgerýändigini atomlaryň üstki gatlaklarynyň gurluşynyň ölçegleriniň 6 nm birliklerinden ýokary bolmaýandygyny we galyňlygy adaty atomlaryňkydan has ýuka bolýandygy bilen tapawutlanýandygy subut edildi, şeýle-de ultradispersiň ýa-da nanomateriallaryň elektronlarynyň özlerini anomal ýagdaýda alyp barmagy kwars bölekleriniň (fanon, plazmon, magnon) elementleriniň gyjynmalarynyň gös-göni metalyň fiziki gurluşlaryna täsir edýändigini subut edildi.



Ultradispersiň ýa-da nanomateriallaryň özlerini şeýle alyp barmaklary däneleriň we bölekleriň araçäkleriniň üýtgemegine getirýär. Mysal üçin, nanokeramika araçäklerinde typma usuly bilen özüniň maýyşgak şekilini üýtgedip bilýär.

Bu hadysa adaty keramikanyň port döwlegen ýagdaýyndan “ýokary maýyşgak” ýagdaýyna geçmegine uly ýardam berýär. Materiallaryň däneleriniň 10 mikrondan 10 nanometre çenli kiçeldilmegi metalyň berkligini 30 essä çenli artdyrýar. Metallar basgylananda (presslenende) adaty ürgünleriň ýerine nanoürgünler ulanylsa, pes temperaturada hem basgylap bolýandygy mälim boldy we ýokary berkligi gazanyp bolýandygy subut edildi.

Metallary diffuzion kebşirmekde, biri-birine meňzeş däl metallary, kebşirmesi kyn metallary we erginleri, has ýuka şaýlary kebşirmekde üst gatlaklary nanoürgünler bilen örtmek usuly pes temperaturada ýokary hilli kebşirmegi alyp bolýandygyny subut etdi.

Nanomateriallary almakda ilkinjileriň hatarynda kolloidleri ulanmak, ýagny ultrodispers böleklerini düzýän aerosol, reňkleýji pigmentler ýaly maddalardan metallaryň aýnakolloid bölejikleriniň öwüşginleri ulanyldy.

Soňky ýyllarda nanotehnologiýa düşüňjesi giňden ýaýrady. Munuň özi nano ýa-da ultrodispers materiallaryň alnyşynyň tehnologiýa yzygiderligini görkezýär we nano materiallary ulanmagyň esasynda enjamlar, abzallar olaryň gurluşlaryny we konstruksiýasyny öwrenmäge ýol görkezýär.

Atom önümçiligi senagatynda nanoporoşoklary bölekleriniň ölçegi 100 nm töweregi bolan görnüşlerinden ýokary öýjükli membranalary, uranyň izotoplaryny diffuzion usul bilen dargatmak üçin ulanyldy. Plazmahimiki sinteziň we elektrik partlamalaryň kömegi bilen nanoürgünleriň has ýokary hilli görnüşleri tapyldy.

Moskwanyň Polat we onuň erginleri institutynda demriň we beýleki materiallaryň kompozisiýalarynyň esasynda nanoürgünleriň sinteziniň himiki usuly oýlanyp tapyldy. Düzüminde 100 atomdan hem az bolan klasterleriň barlaglary üstünlikli amala aşyryldy. Uglerodyň klasterinde C60 (fullerenler) adatdan daşary durnuklylygyň barlygy anyklanyldy, şeýle-de çuňňur barlaglaryň esasynda uglerod – grafit turbo sapaklarynyň – nanoturba sapaklarynyň barlygy anyklanyldy.

## 15.2. Nanoürgünleriň düzümi we alnyşy

Nano ýa-da ultrodispers gurluşyň döreýiş hadysasy amorf gurluşlaryň doly ýa-da bölekleyin kristallaşmalary, ýagny kristallaşma, rekristallaşma, faza öwürülmeleri, intensiw maýyşgak üýtgemeler, ýokary mehaniki ýükleriň täsirleri bilen kesgitlenýär.

Taýýar önümiň islegi kanagatlandyryan netijeleriniň esasynda nanomateriallaryň alnyş usullary hasaplanýar. Öndürilen önümiň häsiýetnamasy onuň bölekleriniň şekiline we ownuklygyna, garyndysynyň düzümine, udel gatlagynyň ululygyna gös-göni bagly bolup durýar. Şeýlelikde, nanoürgünleriň alnyş şertlerine görä, amorf ýa-da ownuk kristal gurluşlar sferiki, geksagonal, iňňe şekillerine eýe bolýarlar. Ultradispers ýa-da nanomateriallaryň alnyş usullarynyň görnüşleri himiki, fiziki, mehaniki, we biologiki toparlara bölünýärler.

**Himiki usulyň** sinteziň dürli reaksialary we hadysalary, şol sanda çökgünlik hadysasy, termiki dargatmak ýa-da piroliz, gazofaz himiýa reaksiýalary dikeldiş, gidroliz we elektroçökgünlik görnüşleri bar. Taze fazalary döretmekde, onuň tizligini sazlamakda, däneleriň ösüşinde reagentleriň mukdaryny köpeldip, doýurma derejesini artdyryp we temperatura ýagdaýyny üýtgedip köptaraplaýyn himiýa usullaryny ulanmaly bolýar.

Ornaşdyrmagyň görnüşi ýörite metalyň üst gatlagyny ornaşdyрма erginleri we duzlar bilen örtmekden ybarat. Ornaşdyrmagyň esasy önümi metalyň gidrooksidi, ulanylýan ergin bolsa natriý aşgar, kaliý we beýlekiler. Erginiň temperaturasyny sazlamak pN esasynda ýokary tizlikli kristallaşma ukybyny artdyrýar we ýokary dispersli gidrooksidi döretmäge ýardam berýär. Şeýle usul bilen ürgünleriň kristal gözenekleriniň sferiki, iňňe şekillileriniň ýa-da dogry däl şekillileriniň 100 nm-e çenli ölçegdäkilerini alyp bolýar. Nanoürgünleriň çylşyrymly düzümindäki görnüşlerini basgylap ornaşdyrmak usuly bilen, ýagny bir wagtyň özünde iki we ondan köp erginleriň metal duzlaryň we aşgarlaryň ornaşdyrylmagy belli bir temperaturada aýlaw hereketi esasynda berilýär. Netijede, gidrooksid birleşmeleriniň gerek düzümini alyp bolýar. Derejeleýin gyzdyrmak usuly bilen geterfaz täsiriniň esasynda metalyň gaty duz galyndylarynyň aşgar erginleri bilen ga-

ryşdyryp suspensz oksidiniň döremegi esasynda metallar dikeldilýär. Şeýle usul bilen metal ürgünleriniň bölekleriniň ölçegi 10-100 nm aralykdaky görnüşlerini alyp bolýar.

**Gel usuly** suw erginlerinde eremeyän metal birleşmelerini ornaşdyrmagyň netijesinde alynýar we gel görnüşinde bolýar. Metaly dikeltmegiň bu usuly demriň we beýleki metallaryň ürgünlerini taýýarlamakda ulanylýar.

**Termiki dargatmak we dikeltmek usuly.** Bu usul gidrooksidleriň ýa-da ultradispers oksidleriniň erginlerinde ornaşdyrmak we guratmak ýagdaýynda alynýar. Dikeldijiler bolup hyzmat edýän gaz görnüşli dikeldiji, düzgüne görä, wodorod, uglerod oksidi ýa-da gaty dikeldijiler. Wodorodyň täsirinde Fe, W, Ni, Co, Cu we birnäçe beýleki metallaryň nanoürgünleri dikeldilýär. Bu ýerde gaty dikeldijiler bolup metalyň gidridi ýa-da metal we uglerod çykyş edýär. Şeýle usul bilen Mo, Cr, Pt, Ni we beýleki metallaryň nanoürgünleri alynýar. Olaryň bölekleriniň ölçegleri 10-30 nm aralygynda bolýar. Has güýçli dikeldijiler bolup metallaryň gidridi çykyş edýär. Oňa **kalsiý gidridi** hem diýilýär. Şeýle usul bilen Zr, Hf, Ta, Nb nanoürgünler alynýar.

**Fiziki usuly.** Metalyň nanoürgünlerini ulanmagyň bu usulyna metallaryň ýokary gyzygynlykda bugarmasyna esaslanyp **gaz fazaly sintez usuly** ýa-da **bugarma (kondensasiýa) usuly** diýilýär. Metalyň we metal erginleriniň ýa-da oksidleriň atmosfera we temperatura düzgünlerine baglylykda reaktorlaryň içinde bugarma sezewar edilýär. Olaryň faza geçimleri bug → suwuklyk → gaty jisim ýa-da bug → gaty jisim görnüşlerinde reaktoryň göwrümünde bolup geçýär. Bu usulyň manysy intensiw gyzydymadan we çalt sowatmadan ybarat. Gyzydymak hadysasy elektrik dugaly peçlerde, lazeriň we plazmanyň kömegi bilen hem-de induksion usullar bilen amala aşyrylýar. Kähalatlarda bolsa tigelsiz bugarma esasynda materiallaryň başlangyç görnüşlerine görä we taýýarlanjak önümiň niýetlenilişine görä kondensasiýany we bugarmany ýörite wakuumlarda, inert gazlarynda, plazma ýa-da gaz akymalarynda geçirilýär. Däneleriň ölçegleri we şekilleri gös-göni temperaturanyň ýagdaýy, atmosferanyň düzümi we giňişlikdäki reaksiýa basyş esasynda amala aşyrylýar.

Ürgünler has ýokary dykyz gazlaryň giňişliginde alynýar. Mysal üçin, gelýý giňişliginden alynýan ürgünleriň bölekleri argon giňişligindäki alynýan ürgünlerden birnäçe esse ownuk bolýar. Şeýle usul bilen Ni, Mo, Fe, Ti we Al metallaryndan ownuk bölekli ürgünler alynýar. Olar 10 nm-e çenli ululykda bolýarlar. Nanomateriallaryň alnyşynyň ýene-de bir şowly usullarynyň biri hem geçirijileriň we simleriň elektrik partlamalarynyň esasynda alynmagydyr. Bu ýagdaýda reaktoryň içinde elektrodalaryň arasynda metal simleri ornaşdyrylyp partlama esasynda nanoürgünleriň alynýandygy subut edildi. Olaryň diametrleri 0,1–1,0 mm. Elektrodlara ýokary güýçli toguň ( $104\text{--}106\text{ A/mm}^2$ ) impulsy berlip, metal siminiň göz açyp-ýumasy salymda (çalt) gyzmagyna we bugarmagyna getirýär. Şol buglar howa görnüşine geçýärler, soňra sowýarlar we kondensasiýa hadýsasyna duçar bolup ürgün görnüşine geçýärler. Bu hadysa gel ýa-da argon gazlarynyň giňişliginde bolup geçýär. Nanobölejikler, şeýlelikde, reaktoryň diwarlaryna çökýärler. Bu usul bilen Ti, Go, W, Fe, Mo metallary we Ti, O<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub> oksidleri alynýar we nanoürgünleriň däneleriniň ululygy 100 nm-e çenli bolýar.

**Mehaniki usuly.** Metallaryň ownuk bölejiklerini mehaniki ýol bilen, ýagny degirmenleriň şu aşakdaky şar, planetar, merkezeýmytylýan giroskop gurluşly görnüşlerinde, attritor we simoloýer görnüşlerinde alýarlar. Attritor we simoloýer hereketi şara we barabana berýän ýokary energetikaly ownadyjy enjam bolup, hereketlenmeýän korpusly barabanly garyjydan durýar. Attritor-wertikal, simoloýer bolsa gorizonta ornaşdyrylan barabanlardan durýar. Metallary ownutmak şaryň usuly bilen amala aşyrylanda beýleki görnüşlerden tapawutlylygy urgy esasynda däl-de, sürtülme mehanizmi esasynda amala aşyrylýar. Attritoz we simoloýer görnüşlerinde barabanyň sygymlylygy 400–600 litre çenli bolýar.

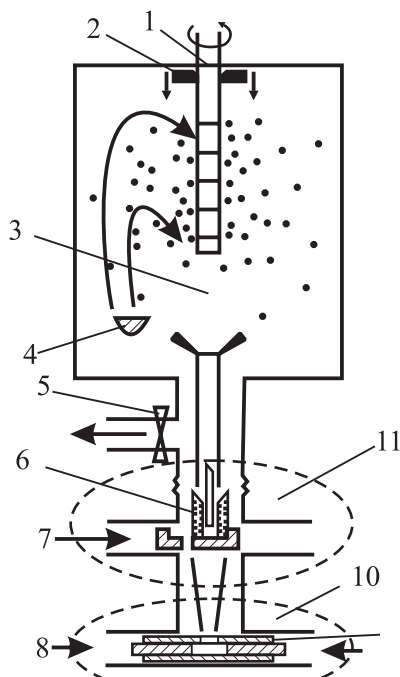
Mehaniki usul bilen ownudylyan metallar polimerler, keramikalar, oksidler we port materiallar. Ownutmak derejesi materiallaryň görnüşlerine bagly bolýar. Mysal üçin, wolframýň we molibdeniň oksidleri ownadylanda olaryň däneleriniň ululygynyň bölekleri 5 nm töweregi bolsa, demriňki 10–20 nm. Mehaniki ownutmagyň dürli gör-

nüşleri, ýagny mehaniki sintez ýa-da mehaniki legirlemek görnüşleri bar. Haçan-da metal ownudylýarka oňň düzümine beýleki legirleýji elementler goşulyp täze düzümlü legirlenen polatlar, intermetallidler, silissidler dispersberklendirilen kompozitler alynýar. Olaryň nanoörgünleriniň däneleriniň ölçegleri 5–15 nm töweregi bolýar. Bu usulyň täsin kämilleşen görnüşi metalyň gaty halynda beýleki metal erginleri bilen örgün görnüşinde bir wagtda garyşyp gitmegindedir. Mehaniki usulyň peýdaly taraplary bir wagtyň özünde köp mukdarda nanoörgünleri almakda, enjamyň gurluşynyň ýönekeýligi we islendik materiallardan örgün almaga mümkinçilik berýändigini bilen tapawutlanýar. Kemçilik taraplary örgüniň hapaarak bolýanlygy we onuň bölejiklerini gerekli ölçeglerde alyp bolmaýanlygy bilen baglydyr. Metallardan nanoörgünleri almagyň hemme usullarynda hem özboluşly aýratynlyklar bar. Örgünler goşundy bölekleri özünde jemlemäge ýygyn edýärler. Bu ýagdaýy agregat we aglomerat goşulmalary diýip atlandyryýarlar. Netijede, nanobölejikleriň ölçegleri hasaplananda hökman goşulýan bölekler bilen kristallaryň aratapawudyny göz önünde tutmaly bolýar, sebäbi agregat bilen aglomeratyň arasynda tapawut bolýar, ýagny agregatlaryň kristallarynda berk arabaglanyşyk bar we boş ýerleri az bolýar. Aglomeratlarda bolsa, tersine. Nanoörgünleri almakda täze usullaryň üstünde işlenilip, goşundy nanobölejiklerini doly aýyrmak ýa-da derejesini peseltmek üçin alymlar tarapyndan uly işler amala aşyrylýar. Mysal üçin, himiki usul bilen nanoörgünler alnanda aglomeratlary azaltmak üçin sintezlenende suwuň derejesini peseltmek ýa-da örgünleriň däneleri biri-birine galtaşmaz ýaly daşyny gaplamak (kapsullamak) usullary öwrenilýär. Temperaturany ýokarlandyrmak usullary bilen hem aglomeratlardan daşlaşyp boljakdygy anyklandy.

### **15.3. Göwrümlü nanogurluşly materiallar**

Häzirki zamanda adaty ölçegli metal dänelerinden göwrümlü nanogurluşly materiallary almagyň üç ugry işlenip taýýarlandy. Amorf materiallarynyň kristallary gözegçilikde saklanyp, olardan ultradispers örgünleriniň intensiw ýumşak, maýyşgak görnüşleri alynýar.

**Birinji ugur boýunça** amorf materiallaryndan mikro we nanokristal ýagdaýyndaky görnüşleriň alynýan döwründe gyzygyn ýa-da ýyly basgylamak, şeýle-de amorf ürgünlerini gyzdyryp ýelmeşdirmek, sepleşdirmek usullary arkaly alynýar we kristallaryň ownuk ölçegleri temperatura ýagdaýyna görä sazlanýar. Bu usulyň artykmaçlygy materiallaryň dürli ugurlar boýunça niýetlenişine (magnitligine, gyzygyna çydamlylygyna, sürtülmä garşylygyna we poslamazlyga) görä demriň, nikeliň, kobaltýň, alýumininiň ürgünleriniň ýeňil goşulyşmagy bolup durýar. Bu ugruň kemçiligi nanokristallary almak ynamy az bolup, mikrokristal ýagdaýlary ürgünleri almaga ukyplydyr.



15.1- nji surat. Göwrümlü nanomateriallary bugartma usuly bilen almagyň shemasy

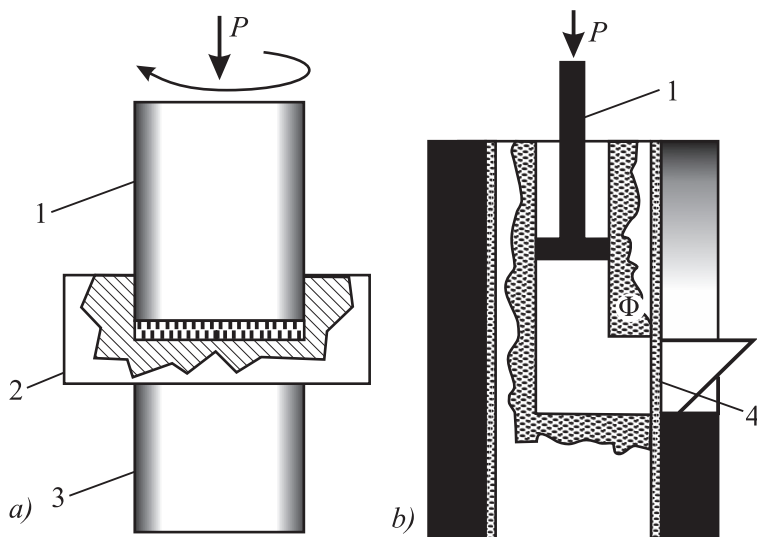
**Ikinji ugry boýunça** ultra-dispers materiallary almagyň birnäçe görnüşi bolup, birinji görnüşi atomlaryň kondensasiýa we bugarma usullarynyň netijesinde nanoklaster bölejikleri adaty geliniň inert gazlarynyň atmosferada dargamagy, aýlanýan silindriň sowuk üstlerinde çökmegi esasynda emele gelýär (15.1-nji surat). Eremeğiň ýokary temperaturasynda materiallar kondensasiýa we bugarma usullary bilen ownuk ölçeglerdäki adaty bölejikli dänelere öwürülýär.

Porşeniň diwarlarynda çöken kondensat ýörite kepgirleriň kömegi bilen gyrlyp alynýar we kollektora geçirilýär. Wakuumdaky (howasyz giňişlikdäki) inert gazlary gysylyp çykarylandan soň alnan nanoürgünler, ilki bi-

len, 1 GPa soňra bolsa gutarnykly 10 GPa basyşda 15.1-nji suratda görkezilişi ýaly, basgylanýar, ýagny nanoürgünler toplumlaşdyrylýar. Netijede, nusgalaryň 5–15 mm diametrdäkii we 0,2–0,3 mm galyň-

lykdaky görnüşleri alynýar. Olaryň dykzyzlygy 70–95% aralygynda bolýar, ýagny şol bir materiallaryň nazary dykzyzlygyndan, nanomateriallar üçin 95%-e, nanokeramikalar üçin bolsa 85%-e çenli dykzyzlandyryp bolýar. Şeýle usul bilen alnan toplumlaýyn nanomateriallar kondensasiýanyň we bugarmanyň netijesinde orta ölçegdäki (10 nm) kristal dänelerini almaga ukyplydyr. Nanomateriallaryň ürgünleriniň dykzyzlygyny 100% almagyň meselesi entäk hem üstünde işlemeli meseleleriň biri bolup durýar, sebäbi nanoürgünler basgylananda kyn basgylanýar, boşluklar galýar we dykzyzlyk peselýär. Mehaniki usul bilen alynýan ürgünler mehaniki legirlenen ürgünler hem toplumlaşdyrylanda belli bir mukdarda dykzyzlyk pese gaçýar. Toplumlaýyn nanoporoşoklary almakda, olaryň dykzyzlygynda boşluklaryň az bolmagynda gyzgyn basgylamak usuly gowy netijeleri berýär. Bu usulda basyş onlarça esse peselýär, ýöne ýokary dykzyzlyk derejesinde däneleriň ösüp nanogurluş görnüşinden çykmagy mümkin. Ýokary basyş esasynda nanoürgünleri toplamakda boşluklaryň galmazlygy üçin göreşmeli bolýar. Birinjiden, basgylananda metal ürgünleriniň hapalanmazlygyny we geometrik ölçegleriň üýtgemezlik derejesini hökman göz önünde tutmalydyr. Ýokary şertleri saklamak üçin nanogurluşly matetiallar alnanda intensiw ýumşak maýyşgaklygy (IÝM), ýagny ýokary basyşda ownuk mikrogurluşly däneleriň maýyşgak halyny gazanmagyň netijesinde ownuk nanoölçegli dänejikleri alyp bolýar. Munuň wajyplygy, birinjiden, däneleriň ýokary burç araçäklerini gazanmakda ultraownuk däneli (UOD) gurluşly nanomateriallary almakda olaryň häsiýetleriniň düýpgöter özgermegine getirýär. Ikinjiden, nusganyň nanogurluşynyň döremeginde göwrüm tutuş birjisiimli ýagdaýda galmalydyr. Ol bolsa materiallaryň durnukly bolmagyna getirýär. Üçünjiden, nusga yzygiderli basgylanmanyň esasynda ýokary maýyşgaklyk alnan ýagdaýynda hem hiç hili mehaniki şikestlere ýa-da däneleriň dargamagyna ýol bermeli däl. Göwrümli nanogurluşly metallary we metal erginlerini almak üçin esasy iki sany usuldan peýdalanylýar. Olar:

1. Intensiw ýumşak maýyşgak (IÝM) usuly.
2. Deňkanally burç basgylanma (DKBB) usuly.



15.2-nji surat.

#### Intensiw ýumşak maýyşgak nanomateriallaryň alnyş usuly

15.2-nji (a) suratda tow bermek esasynda ýumşak maýyşgaklygy döredýän enjamyň shemasy görkezilen. Bridjmeniň gysyp sepleşdirme usuly bilen ýokary basyşy döredilip,  $P$  basyşyň giga Paskal ölçeginde tow berýän enjamyň kömegi bilen ýokary sürtülme döredilip, nanoürgünleriň däneleriniň gidrostatiki gysyş esasynda geometriki şekilleri üýtgedilýär. Şeýle usul bilen alnan nusgalaryň disk görnüşli şekilleriniň diametri  $10\text{--}20\text{ mm}$ -e, galyňlygy bolsa  $0,2\text{--}0,5\text{ mm}$ -e deň. Barabanyň birnäçe gerek aýlaw hereketi esasynda birjisiimli ultraownuk däneleriň ýumşak maýyşgak görnüşlerini alyp bolýar.

15.2-nji (b) suratda deň kanally burç basgylanma usulyny görkezýän enjamyň shemasy ýerleşdirilen. Bu usulda  $90^\circ$  burç boýunça iki kanaldan gelyän metal ürgünler ownudylýar we ýumşak maýyşgak görnüşe geçýär. Deň kanally burç basgylajy enjam metallaryň we metal erginleriniň  $60\text{ mm}$  diametrli we  $200\text{ mm}$  uzynlykdaky geometriýa ölçeglerinde taslanan önümleriň görnüşlerinde ýumşak maýyşgak nanogurluşly ürgünleri alyp bolýandygy subut edildi.

Nanogurluşly modelleriň aýratynlyklary nanogurluşly materiallaryň ownuk ölçegli däneleriniň köp mukdardaky çäkleriniň

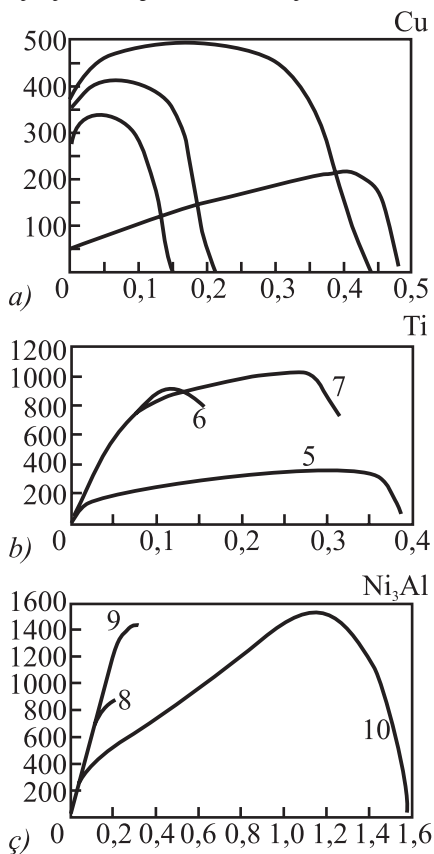


bolýanlygyndadyr. Däneleriň araçäkleriniň köp bolmagy metalyň mehaniki we fiziki gurluşlarynyň hiliniň ýokary derejeli bolmagyna getirýär. Geçirililen tejribeleri kompýuterde modelirlemäniň netijesinde bir görnüşli atomlaryň nanokristal materiallarynyň model gurluşlary düzüldi.

15.3-nji suratda nanogurluşly materiallaryň maýyşgaklygyny haýky egri çyzykly görkezilen arassa mise (Gu, 99,996%), arassa titana (Ti, 99,98%) we intermetallardan  $Ni_3-Al$  ýokary basyşda tow bermek esasynda nanoörgünleriň ýokary hilini alyp bolýandygy subut edildi.

Metallary süýndürmek synaglarynyň netijesinde olaryň mehaniki häsiýetleri “dartgynlyk-maýyşgaklyk” ulgamy Gu, Ti,  $Ni_3-Al$  –metallarynda görkezilen 1-lik egri çyzygy misiň däneleriniň 30 mkm ölçeginde çeyeligiň 2-lik egri çyzyklarda metallaryň süýnme ýagdaýynda bolup geçýän hadysalaryny, ýagny olaryň maýyşgaklygyny, ýumşaklygyny, çeyeligini we berkligini görkezýän egri çyzyklar.

Umuman täze materiallar diýip atlandyrylýan nanoörgünlerden basgylanyp alnan nanomateriallaryň täze görnüşlerini oýlap tapmakda Amerikanyň Birleşen Şatlary, Ýaponiýa, Russiýa ýaly öňdebaryjy döwletlerde we NATO birleşmelerinde ýüzlerçe million amerikan dollaryny harç edip sintez usuly bilen nanomateriallaryň önümçiligini ýola goýdular. Häzirki zaman abzallaryny hemde enjamlaryny nanomaterialla-



15.3-nji surat. Nanogurluşly materiallaryň maýyşgaklyk egri çyzygy

ryň esasynda öndürüp başladylar we önümçilikde ulanýarlar. Mysal üçin, lukmançylykda rentgen şöhlelerinden goranmak üçin gurşunyň ultradispers goşundylary bilen doldurylan ýöriteleşdirilen ellikler we öňlükler (adaty görnüşli elliklerden we öňlüklerden 4 esse ýeňil) taýýarlanylýar. Harbylarda ultradispers materiallaryň radio tolkunlaryny ýapmak üçin, garşydaşlaryň tehnikalarynyň energiýa ulgamlaryny hatardan çykarmak üçin ýörite enjamlarda ulanylýar.

## EDEBIÝATLAR

1. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Älem içre at gezer. Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2011.
2. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. 3-nji tom. Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2010.
3. “Türkmenistanyň durmuş-ykdysady ösüşiniň 2011-2033-njy ýyllar üçin Milli maksatnamasy”.
4. Türkmenistanyň Prezidentiniň obalaryň, şäherçeleriň, etrapdaky şäherleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özger-tmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Milli maksatnamasy. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
5. Türkmenistanyň XX Halk Maslahatynyň resminamalary. – Türkmenistan. 2007-nji ýylyň 30-31-nji marty.
6. Türkmenistanyň ýaşulularynyň Maslahatynyň resminamalary. – A.: Türkmenistan. 2009-njy ýylyň 6-njy marty.
7. Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisiniň çözgütleri. Türkmenistan. 2009-njy ýylyň 12-nji iýuny.
8. “Altyn asyr” Türkmen kölüniň açylyş dabarasy. Türkmenistan. 2009-njy ýylyň 15-nji iýuny.
9. *Ezizow T.E.* Materiallary öwreniş. Umumy sapaklaryň toplumy. – A.: ТОНУ, 2005.
10. *Материаловедение: Учебник для ВУЗов. / Под ред. Арзамасова Б.Н.* – М.: МГТУ им. Баумана, 2008.
11. *Материаловедение: Учебник для ВУЗов. / Адашкин А.М. и др.* Под ред. Соломенцева Ю.М. – М.: Высш. шк., 2006.
12. *Основы материаловедения (металлообработка): Учеб. пособие для НПО. / Заплатин В.Н.* М.: Академия, 2008.
13. *Ржевская С.В.* *Материаловедение: Учебник для ВУЗов.* – М.: Университетская книга Логос, 2006.
14. *Солнцев Ю.П.* *Материаловедение: Учебник для ВУЗов.* – М.: Академия, 2008.
15. *Чумаченко Ю.Т.* *Материаловедение: Учебник для ВУЗов.* Ростов н/Д.: Феникс, 2009.
16. Новые материалы. Под научной редакцией *Ю.С. Карабасова.* – М.: “МИСИС”. 2002. – 736 стр.

## MAZMUNY

Giriş .....	7
-------------	---

### I BAP

#### METALLAR HAKYNDÄ UMUMY MAGLUMATLAR

1.1. Metallaryň toparlara bölünişi .....	11
1.2. Metallaryň atom kristallik gurluşy .....	14
1.3. Dürli kristallaryň gurluşy .....	16
1.4. Eretmek we ilkinji kristallaşma .....	18
1.5. Metal guýmanyň gurluşy .....	20
1.6. Allotropik özgertmeler .....	22
1.7. Magnit özgertmeleri .....	24

### II BAP

#### GARA WE REŇKLI METALLARYŇ ÖNÜMÇILIGI

2.1. Çoýnuň öndürilişi .....	25
2.2. Poladyň öndürilişi .....	29
2.3. Demriň magdandan göni dikeldilmegi .....	39
2.4. Alýumininiň we misiň öndürilişi .....	40
2.5. Magniniň öndürilişi .....	43
2.6. Magniniň erginleri .....	44
2.7. Berilliniň öndürilişi .....	48
2.8. Berilliniň erginleri .....	50

### III BAP

#### METAL ERGINLERINIŇ NAZARYÝETINIŇ ESASLARY

3.1. Metal erginlerindäki tapgyrlar .....	51
3.2. Gibbsiň fazalarynyň kadasy .....	54
3.3. Metal erginleriniň hal diagrammalarynyň esasy görnüşleri .....	55

## **IV BAP**

### **DEMİR WE ONUŇ ERGINLERI**

4.1. Demirň we uglerodyň häsiýetleri . . . . .	63
4.2. Demiruglerod erginleriniň fazalary we düzümleri . . . . .	65
4.3. Demir-sementit hal diagrammasy . . . . .	66

## **V BAP**

### **UGLERODLY POLATLAR**

5.1. Uglerodyň we hemişelik garyndylaryň poladyň häsiýetine täsiri . . .	72
5.2. Uglerodly polatlaryň toparlara bölünişi we belgilenişi . . . . .	74

## **VI BAP**

### **ÇOÝUNLAR**

6.1. Çoýnuň grafitleşmesi . . . . .	77
6.2. Ak çöýün . . . . .	79
6.3. Çal çöýün . . . . .	79
6.4. Ýokary berklikli çöýün . . . . .	81
6.5. Sozulagan çöýün . . . . .	82
6.6. Aýratyn fiziki häsiýetli çöýünler . . . . .	84

## **VII BAP**

### **DEMİRŇ UGLERODLY ERGINLERINDÄKI FAZA ÖWRÜLMELERI**

7.1. Polat gyzdyrylanda bolup geçýän öwrülmeler . . . . .	84
7.2. Sowadylan austenitdäki öwrülmeler . . . . .	87
7.3. Austenit dyngysyz sowadylanda bolup geçýän öwrülmeler . . . . .	91
7.4. Martensit we galyndy austenit gyzdyrylanda bolup geçýän öwrülmeler . . . . .	93

## **VIII BAP**

### **POLADY GYZGYNLYK BILEN IŞLÄP BEJERMEGINŇ TILSIMATY**

8.1. Umumy maglumatlar . . . . .	94
8.2. Gyzdyрма . . . . .	95
8.3. Taba getirmek . . . . .	99
8.4. Taplama . . . . .	99
8.5. Gowşatmak . . . . .	106

8.6. Sowuk bilen işläp bejermek . . . . .	107
8.7. Mehaniki gyzgyny işläp bejermek . . . . .	108
8.8. Gyzgynlyk bilen işläp bejermede ýüze çykyan kemçilikler . . . . .	109

## IX BAP POLADYŇ HIMIKI – GYZGYNLYK BILEN IŞLENIP BEJERILIŞI

9.1. Poladyň fiziki esaslary . . . . .	111
9.2. Sementitleşdirmek. . . . .	113
9.3. Azotlaşma . . . . .	115
9.4. Sianlaşdyrmak. . . . .	116
9.5. Diffuzion metallaşdyrma. . . . .	117

## X BAP LEGIRLENEN POLATLAR WE AÝRATYN HÄSIÝETLI METAL ERGINLERI

10.1. Demriň uglerodly erginlerindäki ulanylýan legirleýji elementler. . . . .	119
10.2. Legirlenen polatlaryň toparlary we belgilenilişi. . . . .	121
10.3. Konstruksiion legirlenen polatlar. . . . .	124
10.4. Elektrotehniki metallar we metal erginleri . . . . .	127
10.5. Iýilmäge durnukly austenit polatlar . . . . .	130
10.6. Poslamaýan polatlar . . . . .	131
10.7. Aýratyn ýylylyk we maýyşgak häsiýetli polatlar . . . . .	133

## XI BAP GURALLYK POLATLAR

11.1. Kesiji gurallar üçin polatlar. . . . .	134
11.2. Ölçeýji gurallar üçin polatlar . . . . .	138
11.3. Galyplanýan polatlar. . . . .	139

## XII BAP RENKLI METALLAR WE ERGINLER

12.1. Mis we onuň erginleri . . . . .	141
12.2. Alýuminiý we onuň erginleri . . . . .	146
12.3. Alýuminiý, galaýy, gurşun we sink esasyndaky fraksiýa garşy erginler . . . . .	152
12.4. Titan we onuň erginleri . . . . .	154

### **XIII BAP**

#### **METAL KÜLKELERİ**

13.1. Metal külkelerinden erginleriň öndürilişi . . . . .	156
13.2. Metal-keramiki gaty erginler . . . . .	157
13.3. Eredilýän gaty metal erginleri . . . . .	159
13.4. Mineral-keramiki gaty erginler . . . . .	160

### **XIV BAP**

#### **METAL BOLMADYK MATERIALLAR**

14.1. Plastik massalar . . . . .	161
14.2. Ağaç materiallary . . . . .	167
14.3. Ağaç gatlaklar . . . . .	170

### **XV BAP**

#### **TÄZE MATERIALLAR**

15.1. Täze materiallaryň öndürilişi . . . . .	174
15.2. Nanoörgünleriň düzümi we alynyşy . . . . .	178
15.3. Göwrümli nanogurluşly materiallar . . . . .	181
Edebiýatlar . . . . .	187

*Görogly Iljanow*

# MATERIALLARY ÖWRENİŞ

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Redaktor

*B. Hojadurdyýewa*

Teh. redaktor

*T. Aslanowa*

Suratçylar

*U. Karanow, Ý. Peskowa*

Neşir üçin jogapkär

*G. Gurbanmyradow*

Ýygnamaga berildi 18.09.2012. Çap etmäge rugsat edildi 17.05.2013.

Ölçeği 60x90  $\frac{1}{16}$ . Ofset kagyzy. Edebi garnitura.

Ofset çap ediliş usuly. Çap listi 12,0.

Hasap-neşir listi 8,843. Neşir № 49. Sargyt № 00. Sany 1200.

Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasynyň “Ylym” neşirýaty.

744000. Aşgabat, Türkmenbaşy şaýoly, 18.