

G. Iljanow, A. Meredow

# MATERIALLARY ÖWRENİŞ

Tejribe işleri

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy

*Türkmenistanyň Bilim ministrligi  
tarapyndan hödürlenildi*

Aşgabat  
Türkmen döwlet neşirýat gullugy  
2017

**Iljanow G., Meredow A.**

- I 26      Materiallary öwreniş.** Tejribe işleri. Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2017.

Okuw gollanmasynda oba hojalyk, ulag we beýleki tehnikalaryň hem-de olaryň şaýlarynyň taýýarlanylýan materiallaryny öwrenmegiň ylmy we usuly esaslary, metallary saýlap almagyň tärleri, hormatly Prezidentimiziň alyp berýän täze tehnikalaryny ýerli şertlerde amatly ulanmagyň ýollary giňişleýin beýan edilýär. Onda materiallary öwrenmek barada ylmyň we öňdebaryjy tejribäniň häzirki zaman gazanarlaryndan peýdalanyldy.

Okuw gollanmasy Türkmenistanyň ýokary okuw mekdeplerinde inženerçilik hünärleri boýunça okaýan we bilim alýan talyplar, oba hojalygyny mehanizmlaşdirmek ugry boýunça işleýän hünärmenler, maşyngurluşykçylar, ylmy we inžener-tehniki işgärler üçin niýetlenip, ondan degişli orta hünär mekdepleriniň talyplary hem peýdalanyp 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 ylmyňy ösdürmegiň esasy ugurlary we öňde goýlan wezipeleri ýerine ýetirmek maksady bilen anyk maksatlary öňde goýdy.

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow milli bilim ulgamyna uly üns berýär. Hormatly Prezidentimiziň «Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek hakynda» Permany, «Bilim -terbiýeçilik edaralarynyň işini kämilleşdirmek hakynda» Karary, ýurtda bilim ulgamyny düýpli özgertmek boýunça uly işleri durmuşa geçirmegiň başlangyjy boldy.

Bu Kararlar talyp ýaşlara hünärler boýunça berilýän bilim-terbiýäniň ýokary hilli we dünýä derejesinde bolmagyny üpjün etmäge doly mümkinçilikler döredýär. Talyplaryň okaýan dersleriniň hataryna daşary ýurt dilleriniň girizilmegi, olaryň ýokary okuw mekdeplerini tamamlanlaryndan soňra alýan diplomlarynyň dünýäniň ähli ýerlerinde ykrar edilmegi, talyplaryň daşary ýurtlarda okap, gözýetimini giňeldip, beýleki ýurtlaryň raýatlary bilen dostlukly aragatnaşygy saklamagyna ýol açýar. Geljekki hünärmenler bilimiň inçe syrларыny doly öwrenip iň ýokary derejä çykýar. Ýaş neslimiziň ýokary derejede bilim almagy üçin hormatly Prezidentimiz ähli şertleri döredýär.

«Türkmenistanda ylmyň we tehnikanynyň esasy ugurlaryny ösdürmegiň maksatlaryny işläp taýýarlamak we durmuşa geçirmek, olaryň bilim ugurlary we önümçilik bilen özara ýakyn arabaglanyşy-

gyny 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 nygtaýar.

XX Halk Maslahatynda Türkmenistanyň oba hojalygynda önümçilik-ykdysady gatnaşyklary ösdürmegiň we onuň kanunçylyk esaslaryny kämilleşdirmegiň hem-de halkymyzyň hal-ýagdaýyny has-da gowulandyrmagyň meseleleri işjeň ara alnyp maslahatlaşyldy. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýolbaşçylygynda obasenagat toplumynyň pudagyňy ösdürmegiň ýörelgeleri 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 demir ýolunyň ugrunda Owadan-depe bekediniň ýakynyndaky türkmen metal önümlerini çykaryp başlan ilkinji türkmen Metallurgiýa (demir önümleri) kärhanasynda hormatly Prezidentimiziň tagallasy esasynda Diýarymyzy jenneti mekana öwürmek üçin örän uly işler meýilleşdirilip, gurluşyklaryň metal önümleri bilen üpjünçiligi ýerli kärhanamyzyň öndürip başlan dünýä ülňülerine laýyk gelýän önümleriniň hasabyna amala aşyrylýar. Bu bolsa, elbetde, şeýle zerur önümlere bolan islegiň bökdençsiz kanagatlandyrylmagyny, ýurdumyzda bar bolan metal bölekleriniň tygşytlý ulanylmagyny ýola goýýar. Kärhananyň gurlumagy daşary ýurtlardan bu önümleri satyn almak üçin sarp edilýän gyzyly puly tygşytlamaga kömek eder. Gurluşyklaryň özüne düşýän gymmatynyň ep-esli peseljekdigi hem, elbetde, öz-özünden bellidir.

Kärhananyň esasy önümçilik bölümünde armatur önümleriniň gurnama işleri ýola goýlan.

Bu önümçilik bölümünde bir tapgyrda 1600°C gyzygynlykda 25 tonna metal böleklerini eretmek üçin niýetlenen iň häzirkizaman üç elektrodly elektrodugaly peç oturdylan. Ol her ýylda 130 müň tonna metal çykarmaga mümkinçilik berer, kysymy 8-likden 32-lik belgä çenli bolan armaturlaryň her ýylda 100 müň tonnasy çykarylýar, şeýle-de 8 görnüşli deň tekjeli burçly polat şwelleri çykarylýar.



«Türkmen Demirçigmal» kärhanasy kuwwatly zawody çig mal bilen üpjün eder. Ähli welaýatlarymyzdan metal bölekleri ýygnaýyp, bu ýere getirilýär we täzeden işlenip 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 baglydyr» diýip belledi.

Oba hojalyk önümleriniň öndürilişiniň möçberlerini artdyrmak üçin ýerleriň gurplulygyny we oba hojalyk ekinleriniň hasylylygyny ýokarlandyrmaga, şol sanda ekin dolanyşygyny, naýbaşy tohumlary we biotehnologiyalary ulanmagyň, welaýatlaryň toprak-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 ýurt Baştutanymyz Türkmenistanyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde ykdysadyýetiň innowasion ösüşini mundan beýläk hem çaltlandyrmak, ylmy we inženerçilik işini ýokary depginde ösdürmek maksady bilen hemişelik hereket edýän esasyda Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasyny döretmek baradaky Permana gol çekdi hem-de häzirki döwürde ylmyň jemgyýetimiziniň düýpli täzelenişiniň esasy 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 Zeminiň in uly çölleriň biri bolan uç-gyraksyz Garagumuň, ümmülmez türkmen sährasynyň, mukaddes topragymyzyň tutuş keşbini, täsin ösümlük we haýwanat dünýäsini düýpgöter özgertjek üçünji müňýyllygyň örän täsin we

ajaýyp gidrodesgasy bolan «Altyn asyr» Türkmen kölüniň birinji tapgyrynyň açylmagy bilen tutuş türkmen halkyny gutlady. Şeýle ägirt desgany doly gurup gutarmak üçin ýokary derejeli, häzirki zaman tehnologiýalaryndan başy çykýan inženerleriň gerekdigini nygtap geçdi.

Türkmenistanyň ykdysady kuwwatlylygyny ýokary galdyrmaga, ýurdumyzy senagat taýdan ösen döwletleriň hataryna goşmaga goşant goşjak ýokary hünärli hünärmenleri taýýarlamaga şu okuw gollanmasy ýardam berer diýip tama edýäris.

## 1-nji iş

# DOMNA ÖNÜMÇİLIGINİŇ BAŞLANGYÇ ÇIG MALLARY

## 1. Işň maksady

Gara metallaryň önümçiliginiň başlangyç çig mallary hem-de domna önümçiliginiň önümleri bilen tanyş bolmak.

## 2. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy

2.1. Demir magdanlarynyň toplumy.

2.2. Ýangyçlaryň toplumy.

2.3. Oda çydamly materiallaryň stendi.

2.4. Çoýunyň, poladyň we reňkli metallaryň splawlaryny öndürmek üçin başlangyç çig mallary hökmünde – magdanlar, ýangyçlar, flýuslar we oda çydamly materiallar ulanylýarlar.

2.5. Başlangyç çig mallaryň her biriniň häsiýetnamasyna seredilip geçilýär.

## 3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary

**3.1. Demir magdanlary.** Özlerinde ep-esli mukdarda haýsyda bolsa bir metaly saklaýan we şol metaly almak üçin ulanylýan dag jynslaryna *magdanlar* diýilýär.

Demir magdanlary demriň himiki birleşmelerinden we boş jynslardan (toýundan, hek daşyndan, gumdan we ş.m.) durýan dag jynslarydyr.

Çoýuny öndürmek üçin dürli birleşmelerden ybarat bolan demir magdanlarynyň dört sany görnüşi ulanylýar.

**3.2. Ýangyçlar.** Ýakylanda kem-kemden ýokarlanýan gyzgynlyk derejesi ýylylygy bölüp çykarýan, zäherli maddalary emele getirmeýän tebigatda giňden ýaýran, ýeňil we arzan usul bilen öndürilýän organiki maddalara *ýangyçlar* diýilýär.

Domna önümçiliginde gaty, gaz görnüşli we suwuk ýangyçlar ulanylýar.

**3.2.1. Gaty ýangyçlar.** Agaç metallurgiýa peçlerini guratmak üçin, agaç kömrüni we generator gazyny almak üçin hem-de ýyladyş ulgamynda ulanylýar.

Daşkömür koksy, generator gazyny almak üçin, gyzdyryjy peçleri ýylatmak üçin ulanylýar. Daşkömür agajyň ýer gatlagynyň aşagynda çüýremeginiň netijesinde alynýan önümdir.

Agaç kömri agajyň howasyz giňişlikde gyzdyrylyp gaýtadan işlenilmegi netijesinde alynýan önümdir. Ol az mukdarda ýokary hilli çoýny eredip almak üçin ulanylýar.

Koks – metallurgiýada ulanylýan ýangyçlaryň esasydyr. Koks kokslaşýan kömürleriň garyndysyny uçýan maddalary aýrylandan soň gyzdyryp sepleşdirip alynýar. Ol domna peçlerinde çoýny eredip almak üçin ulanylýar.

Gaz görnüşli ýangyçlar gyzdyryjy desgalarda ýangyç hökmünde ulanylýar.

Generator gazy daşkömri, torfý gazlaşdyrmak usuly bilen alynýar. Ol marten peçlerinde ulanylýar.

Koks gazy koks öndürilende alynýar. Ol marten peçlerinde sowuk görnüşinde (gyzdyrmazdan) ulanylýar.

**3.2.2. Suwuk ýangyç.** Domna önümçiliginde suwuk ýangyç hökmünde mazut ulanylýar. Ol, esasan, marten peçlerinde we gyzdyryjy peçlerde polady eredip almak üçin peýdalanylýar.

Mazut – benzini, nebiti, dizel ýangyjyny we dürli ýaglary almak üçin nebiti gaýtadan işlenilende galýan galyndydyr.

Ol 84-88% C, 10-13% H<sub>2</sub>, 0-0,2% S we 0,5-0,8% N<sub>2</sub>-den ybaratdyr. Mazutyň ýylylyk bölüp çykaryjylygy 40,0-41.9 MJ/kg. Marten peçlerinde kükürdi 0,5%-den köp saklamaýan mazut ulanylýar.

**3.3. Flýuslar.** Magdanyň boş jynslary bilen ýangyjyň külüni eredip birleşdirmäge ýardam berýän maddalara *flýuslar* diýilýär. Eredilip birleşdirilen önüme *şlak* diýilýär.

Domna peçlerinde çoýny öndürmek üçin CaCO<sub>3</sub> hek daşyndan durýan esasy flýuslar ulanylýar.

Esasy flýuslar şlagy suwuklandyrýar hem-de ergin metaldan kükürdi we fosfory aýyrmaga ýardam berýär.

Şlagyň düzümi pejiň gurluşynyň durnuklylygyny üpjün eder ýaly bolmalydyr. Esasy flýuslar tomas konwerterlerinde we marten peçlerinde polady öndürmekde-de giňden ulanylýar.

Turşy flýus hökmünde SiO<sub>2</sub> kremnezýom ulanylýar. Olar çäklen-dirilen mukdarda polady öndürmek üçin ulanylýar, sebäbi turşy flýus-

lar ergin metaldan zyýanly galyndylary, ýagny kükürdi we fosfory aýyrmaga ukyply dälidirler.

**3.4. Oda çydamly materiallar.** Oda çydamly materiallar eredi-ji we gyzdyryjy peçleriň giňişligini ergin metaly guýýan susagy we başga-da ýokary gyzgynlyk derejesinde işleýän dürli enjamlary ýasamak üçin ulanylýar.

Oda çydamly materiallar şu aşakdaky häsiýetlere eýe bolmalydyr:

1. Oda çydamlylyk, ýagny ýokary gyzgynlyk derejesiniň edýän täsirine dargaman, garşy durup bilmeklik ukyby.

2. Gyzgyna dözümlilik, ýagny gyzgynlyk derejesi çalt üýtgände öz ýagdaýyny üýtgetmän saklamaklyk ukyby.

3. Ýokary gyzgynlyk derejelerinde mehaniki berklik.

4. Himiki durnuklylyk, ýagny ýokary gyzgynlyk derejesinde metallaryň, şlaklaryň we peç gazlarynyň himiki täsirine garşylyk görkezmeklik ukyby.

5. Göwrüminiň hemişeligi.

Himiki düzümi boýunça oda çydamly materiallar *turşulara, esaslara we bitaraplara* bölünýärler.

**3.4.1. Turşy oda çydamly materiallar.** Dinas kerpiji – öz düzüminde 92-96%  $\text{SiO}_2$  saklaýan tebigy kwars materiallaryndan taýýarlanylýar. Kerpijiň eremek gyzgynlyk derejesi 1690-1850°C, ýumşamak gyzgynlyk derejesi 1550-1690°C. Onuň turşy şaklara durnuklylygy ýokary bolup, esasy şaklara durnuklylygy pesdir.

Dinas kerpiji turşy marten we elektroduga peçlerini, esasy marten we elektroduga peçleriniň gümmezlerini örmek üçin we konwerterleri gurnamak üçin ulanylýar.

**3.4.2. Esasy oda çydamly materiallar:**

1. Magnezit kerpiji, 91-94%  $\text{MgO}$ , 1,5-2,8%  $\text{SiO}_2$ , 2-3%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -den durýar.

Kerpiç bişirilen magnezitden taýýarlanylýar. Kerpiç 1600-1620°C gyzgynlyk derejesinde bişirilýär. Magnezit kerpijiniň eremek gyzgynlyk derejesi 2000-2400°C. Onuň esasy flýusylara durnuklylygy ýokary bolup, turşy şaklara durnuklylygy pesdir.

Magnezit kerpiji marten we elektroduga bilen çöýün we reňkli metallary eredilýän peçleriň (wagrankalaryň) diwarlaryny örmek üçin ulanylýar.

Magnezit kerpji üýtgeýän gyzgynlyk derejesine durnuksyzdyr, ol öz göwrümini üýtgedýär we dargaýar. Şonuň üçin ony peçleriniň gümmezlerini örmek üçin ulanmaýarlar.

2. Magnezit-hromitli önümleriň (68-73% MgO we 13-15%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) oda çydamlylygy  $1900^\circ\text{C}$ -den ýokarydyr. Olar marten we gyzdyryjy peçleriniň gümmezlerini gurnamak üçin ulanylýar.

### **3.4.3. Neýtral oda çydamly materiallar:**

1. Şykgy kerpji we oňa esaslanýan önümler çig we bişen toýunlaryň garyndysyndan taýýarlanylýar. Olaryň düzüminde 50-60%  $\text{SiO}_2$  we 30-42%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bardyr. Şykgyňyň oda çydamlylygy  $1580-1730^\circ\text{C}$ . Şykgy önümleri domna önümlerini gurnamakda, generatorlaryň howa gyzdyryjylaryny, guýujy susaklary ýasamak üçin ulanylýar.

2. Grafit önümleriniň 92%-i grafit bolup, galany şykgydyr. Grafit domna peçleriniň düýbünü, alýuminiý alynýan elektroliz wannalary we mis splawlary eredilip alynýan gaplary örmek üçin ulanylýar.

**3.5. Domna önümçiliginiň önümleri.** Domna önümçiliginde guýulýan çöýün täzedden işlenilýän (öwrülýän) çöýün, domna ferro-splawlary, şlak we domna gazy öndürilýär.

Täzedden işlenilýän çöýünler ähli öndürilýän çöýünlaryň 84%-ne barabardyr. Bu çöýünler täzedden işlenilip polada öwrülýär.

1. Marten çöýny (M1 we M2), marten peçlerinde täzedden işlenilip polada öwrülýär. Ol özünde 4,0-4,4%-e çenli uglerody, 1,25%-e çenli kremnini, 1,75%-e çenli marganesi, 0,15%-e köp bolmadyk fosfory we 0,03% kükürdi saklaýar.

2. Bessemer çöýny (B1 we B2), bessemer konwerterlerinde täzedden işlenilip polada öwrülýär. Ol özünde 0,70% kremnini, 3,5% marganesi, 0,7%-den köp bolmadyk fosfory we 0,06% kükürdi saklaýar.

3. Tomas çöýny (T) öz düzüminde 0,2% kremnini, 0,8% marganesi, 1,6% fosfory we 0,08% kükürdi saklaýar.

4. Guýulýan çöýün ähli öndürilýän çöýünlaryň 1,6%-ne barabardyr. Bu çöýnüň LK O, LK 2 görnüşleri bardyr. Guýulýan çöýünlarda kremniniň göterim möçberi ýokary bolup, 3,25%-e barabardyr.

5. Domna ferrosplawlary (2-3%). Olar ýokary möçberde kremnili we marganesli bolýarlar.

6. Domna ferrosiliýsisi – öz düzüminde 13% kremnini we 3%-e çenli marganesi saklaýar.

7. Domna ferromarganesi özünde 70%-e çenli marganesi we 2% kremnini saklaýar.

8. Aýna çoýny özünde 10-25% marganesi we 2%-e çenli kremnini saklaýar.

*1-nji tablisa*

### Magdanlaryň görnüşleri we olaryň häsiýetnamasy

T/b	Magdanyň ady	Himiki aňlatmasy	Demriň möçberi, %
1.	Gyzyl demir magdany	Demriň okisi $\text{Fe}_2\text{O}_3$	58-60
2.	Goňur demir magdany	Demriň suwly okisi $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	35-50
3.	Magnitli demir magdany (garamtyl-çal reňkli)	Demriň zakis okisi $\text{Fe}_3\text{O}_4$	40-69
4.	Şpatly demir magdany (çal reňkli)	Demriň kömürturşy birleşmesi $\text{FeCO}_3$	30-45

*2-nji tablisa*

### Gaty ýangyçlaryň görnüşleri we olaryň häsiýetnamasy

T/b	Ýangyjyň ady	Kükürdiň möçberi, %	Küllüligi, %	Ýylylyk bölüp çykaryjylygy, $M J/kg$
1.	Agaç	—	0,5	10,46-12,55
2.	Torf	1	5-15	6,27-16,74
3.	Koks	0,5-2,0	8-12	27,2-31,38
4.	Goňur kömür	0,5-4,0	9-15	12,55-20,92
5.	Daşkömür	0,4-2,5	10-19	18,8-33,48
6.	Agaç kömür	—	0,5-2,5	27,2-31,38

**Gaz görnüşli ýangyçlaryň görnüşleri we olaryň häsiýetnamasy**

T/b	Ýangyjyň ady	Himiki düzümi	Ýylylyk bölüp çykaryjylygy, MJ/m <sup>3</sup>
1.	Generator gazy	4,5-9% CO <sub>2</sub> , 11-17% H <sub>2</sub> , 24-29% CO, 2,2-2% CH <sub>4</sub> , galany N <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> ;	5,02-6,27
2.	Koks gazy	5,8% H <sub>2</sub> , 22,5% CH <sub>4</sub> , 8,2% CO, 6,3% N <sub>2</sub> , 3% CO <sub>2</sub> ;	16,32-17,57
3.	Domna gazy	26-32% CO, 9-14% CO <sub>2</sub> , 1,5% H <sub>2</sub> ,	3,8-4,2
4.	Nebit gazy	12% H <sub>2</sub> , 84% CH <sub>4</sub> , 4% CO, galany CO <sub>2</sub> ;	41,9-46,1
5.	Tebigy gaz	78-98% CH <sub>4</sub>	33,5-35,6

#### 4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar

- 4.1. Demir magdanlaryny sanap geçmeli we olara häsiýetnama bermeli.
- 4.2. Ýangyçlaryň görnüşlerini sanap geçmeli.
- 4.3. Flýuslary we olaryň ulanylyşyny aýtmaly.
- 4.4. Oda çydamly materiallaryň görnüşlerini we ulanylyşyny aýtmaly.
- 4.5. Domna önümçiliginde alynýan çöýunlaryň görnüşlerini sanap geçmeli.
- 4.6. Marten peçlerinde haýsy çöýundan polat alynýar?
- 4.7. Şlak nämeden emele gelýär we nirelerde ulanylýar?
- 4.8. Ferrosplawlaryň görnüşlerini we düzümlerini aýtmaly.

#### Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat

##### 1. Ýumuşlar

- 1.1. Domna önümçiliginiň başlangyç çig mallary hem-de önümleri bilen tanyş boluň.
- 1.2. Demir magdanlaryny häsiýetlendirýän tablisany düzüň.



- 1.3. Ýangyçlary häsiýetlendirýän tablisany düzüň.
- 1.4. Flýuslaryň atlary we olaryň ulanylyşyny görkeziň.
- 1.5. Oda çydamly materiallary häsiýetlendirýän we olaryň ulanylyşyny görkezýän tablisany düzüň.
- 1.6. Domna önümçiliginiň önümlerini görkeziň.

## **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

- 2.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy hakynda netije.
- 2.2. Magdan we onuň düzümi.
- 2.3. Magdanlaryň görnüşleri we olaryň häsiýetnamasy.
- 2.4. Ýangyç.
- 2.5. Ýangyjyň görnüşleri.
- 2.6. Gaty ýangyçlaryň görnüşleri we olaryň häsiýetnamasy.
- 2.7. Gaz görnüşli ýangyçlaryň görnüşleri we olaryň häsiýetnamasy.
- 2.8. Flýuslar.
- 2.9. Flýuslaryň görnüşleri we ulanylýan ýerleri.
- 2.10. Oda çydamly materiallar.
- 2.11. Oda çydamly materiallaryň görnüşleri we ulanylýan ýerleri.
- 2.12. Domna önümçiliginiň önümleri we olaryň aýratynlykdaky himiki düzümi.

## **2-nji iş**

# **METALLARYŇ WE SPLAWLARYŇ MAKROSKOPIK DERŇEWI**

## **1. Işiň maksady**

Metallaryň we splawlaryň makroskopik derňewiniň usuly bilen tanyşmak.

## **2. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy**

2.1. Kükürdiň, fosforyň deňölçegsiz ýaýran splawlarynyň nusgalary, süýümliligi dürli-dürli bolan nusgalar, metalyň bütewüligini bozýan şikesli nusgalar.

2.2. Döwügiň nusgalary.

2.3. Farfor legeni, rezin waljagaz, tutguçlar, süzüji kagyz, pamyk, lupa.

2.4. Bromly kümüşli ýalpyldawuk fotokagyzy, spirt, makrogurluşy ýüze çykarmak üçin ulanylýan reaktiwler.

### **3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary**

**3.1.** Metallaryň we splawlaryň gurluşynyň ýaraglanmadyk göz bilen, şeýle hem lupanyň ýa-da 30 essä çenli ulaldýan binokulýar mikroskopyň kömegi bilen barlanylmagyna barlagyň *makroskopik* usuly ýa-da *makroderňew* diýilýär.

Makroderňewiň kömegi bilen öwrenilýän metallaryň we splawlaryň gurluşyna *makrogurluş* diýilýär.

Makroderňewde döwürmeler we makroşlifler usuly ulanylýar.

Döwürmeler usulyňy şu aşakdakylary ýüze çykarmak üçin ulanýarlar:

- metallaryň döwülen ýeriniň gurluşyny, däneleriň ululygyny;
- çöýnüň görnüşini;
- metal önümleriniň döwürmeginiň häsiýetlerini;
- içki şikesleri (howa we gaz boşluklary, jaýryklar, şlak goşundylary we ş.m.).

Makroşlifler usuly şu aşakdakylary ýüze çykarmak üçin ulanylýar:

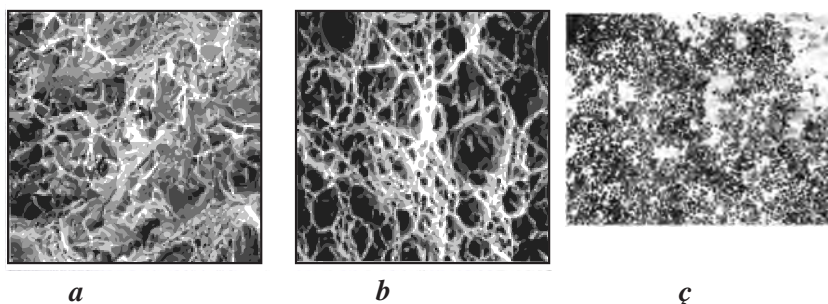
- metalyň bütewüligini bozýan şikesleri, ýagny gaz boşluklaryny, jaýryklary, şlak goşundylaryny, kebşir sepleriniň şikeslerini we ş.m.;
- metallaryň himiki dürli-dürlüligini;
- basyş, gyzgynlyk ýa-da himiki-gyzygynlyk bilen işläp bejermeleriň netijesinde alynýan splawlaryň gurluşynyň gurluş dürli-dürlüligini (süýümleriň ýerleşşi).

#### **3.2. Döwürmeler usuly**

Döwürkdäki makrogurluşy öwrenmek metallaryň gurluşyny öwrenmegiň iň ýönekeý usulydyr.

Döwügiň görnüşi boýunça metal önüminiň döwürleş häsiýetini anyklap bolýar. Häsiýeti boýunça döwürmeler üç hili bolýar: *port*, *ýumşak* we *ýadaw* döwürmeleri.

Port döwülmäniň kristallik gurluşy bolýar. Adatça port döwülme-de hiç hili çeyde deformasiýa bolmaýar we metal döwlen-de däneleriň görnüşi üýtgemeyär. Şonuň üçin port döwülme-de däneleriň görnüşini we ululygyny görüp bolýar. Iri däneli port döwülme köplenç guýma splawlarda, ownuk däneli port döwülme bolsa basyş bilen we gyzygynlyk bilen işlenip bejerilen metallarda gabat gelýär. Mysal üçin, taplamadan soň poladyň döwügi has ownuk däneli ýalpyldysyz bolup biler. Port döwülme däneleriň serhedi boýunça we däneleriň üstünden amala aşyp biler. Eger port döwülme däneleriň serhedi boýunça amala aşsa, onda oňa *kristallara port döwülme* diýilýär. Eger port döwülme däneleriň üstünden amala aşsa, onda oňa *transkristallik port döwülme* diýilýär.



**1-nji surat. Metallaryň döwükleriniň daşky görnüşi:**

*a* – port döwülme; *b* – ýumşak döwülme; *ç* – ýadaw döwülme

Ýumşak döwülmäniň süýümli gurluşy bolýar. Ýumşak döwülme-de metallaryň däneleriniň görnüşleri we ölçegleri öte üýtgeýär, sebäbi döwülme çeyde deformasiýasy bilen bile amala aşýar. Ýadaw döwülme-de hemişe iki zolak bolýar. Olaryň biri ýadaw zonasy bolup, ownuk däneli farfor görnüşli, köplenç basgançakly -gatlakly, käwagt ýylmanylyan üstler ýaly ýalpyldaýan aýry-aýry bölekli bolýar. Beýleki zonasy metalyň gurluşyna we häsiýetlerine görä ýa port döwülmäniňki, ýa-da ýumşak döwülmäniňki ýaly bolýar.

Döwük boýunça, köplenç, detalyň döwülmegine sebäp bolan şikesleri görüp bolýar we detalyň döwülmeginiň sebäplerini anyklap bolýar.

**3.3. Himiki dürli-dürlüligini kesgitlemek.** Himiki dürli-dürlüligini kesgitlemek üçin makroderňew makroşliflerde geçirilýär. Nämäni ýüze çykarmak we öwrenmek talap edilýändigine we nä-

meleri barlamalydygyna baglylykda metalyň kesgitlenen ýerinden we kesgitlenen tekizliginden makroderňew üçin nusga kesip alýarlar. Nusganyň üstüni onuň materialyna baglylykda frezerleýji, ren-deleýji we ýylmaýjy stanoklarda işläp bejerýärler. Has tekiz üsti almak üçin nusganyň üstüni ýylmamagy naždak kagyzlary bilen dowam etdirýärler. Ilki iri abraziw däneli naždak kagyzlary bilen ýylmanylyp başlap, soň ýuwaş-ýuwaşdan ownuk däneli naždak kagyzlaryna geçirilip ýylmanýar. Ýylmanandan soň nusgany sürt-ýärler we zäherleýärler.

Poladyň dürli-dürlüliginiň esasy görnüşi likwasiýadyr, ýagny detallaryň guýmalaryň kesiginiň dürli ýerlerindäki himiki dürli-dürlülikdir. Himiki dürli-dürlüligini kesgitlemegiň zerurlygy poladyň himiki düzüminiň diňe onuň düzümindäki alamatlaryň ortaça mukdary barada maglumat berýänligi, emma elementleriň şaýyň kesigi boýunça ýaýraýşynyň häsiýetini görkezmeýänligi üçin ýüze çykýar.

Polatda uglerodyň, kükürdiň we fosforyň ýaýraýşy şol alamatlaryň mukdaryna, şeýle hem kristallaşma prosesine we basyş bilen işläp bejermeklige baglydyr:

a) uglerodyň, kükürdiň we fosforyň umumy likwasiýasynyň kesgitlenişi, ýagny olaryň şaýyň kesigi boýunça ýaýraýş häsiýetiniň ýüze çykarylyşy.

Şu maksat üçin barlanylýan üsti duz kislotasynyň ikili misli-ammiakly duzunyň 10-15%-li suwdaky ergininde ( $\text{CuNH}_4\text{Cl}_2$ ) zäherleýärler.

Makroşlif zäherlenen mahalynda demir onuň üstünden suwly ergine geçýär, onuň ýerine bolsa mis çökýär we metalyň üstüni reaktiw hlörly duzlaryň täsirinden goraýar. Uglerodyň, kükürdiň we fosforyň köp toplanan ýerlerini mis gowy goramaýar, şonuň üçin bu ýerler güýçli zäherlenýär. Zäherlenmeden soň makroşlifiň üstüne çöken mis gatlagy suwuň çüwdüriminiň aşagynda pamyk bilen süpürip aýyrýarlar we üsti howada çalt okislenmegiň önüni almak üçin guraýança süpürýärler. Netijede uglerodyň, kükürdiň we fosforyň köp toplanan ýerleri olaryň az mukdarda ýaýran ýerlerindäkiden garamtyl bolup görünýär. 2-nji suratda mysal hökmünde kebşirlenen birleşmäniň umumy himiki dürli-dürlüligi görkezilen.



**2-nji surat. Kebşirlenen uçma-uç birleşmäniň  
umumy himiki dürli-dürlülügi**

b) şaýyň kesigi boýunça kükürdiň likwasiýasyny ýüze çykarmak Baumanyň nusga almak usuly boýunça amala aşyrylýar. Bu usulyň düýp mazmuny şu aşakdakylardan ybaratdyr:

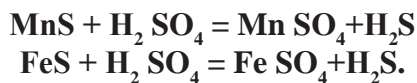
1. Makroşlifi spirte öllenen pamyk bilen gowy süpürmeli we stoluň üstünde ýylmanydan üstüni ýokary tarapa bakdyryp goýmaly.

2. Bromly-kümüşli ýalpyldawuk fotokagyzy ýagtylykda kükürt kislotasynyň 5%-li ergininde 5-10 minut saklamaly we artykmaç ergini aýyrmak üçin süzüji kagyzyň iki listiniň arasynda çala guratmaly. Şondan soň fotokagyzyň emulsiýaly tarapyny makroşlifiň üstüne goýmaly we el bilen ýa-da rezin waljagaz bilen tekizläp emele gelýän gaz düwmejiklerini aýyrmaly. Fotokagyzy makroşlifiň üstünde 2-3 minut saklamaly, soňra ony emay bilen makroşlifiň üstünden aýyrmaly.

**3.4.** Makroşlifiň üstünden aýrylan fotokagyzy suwuň çüwdüriminiň aşagynda ýuwmaly we giposulfitiň 25%-li suwdaky erginine batyrmaly, soň bolsa suwda ýuwmaly we guratmaly.

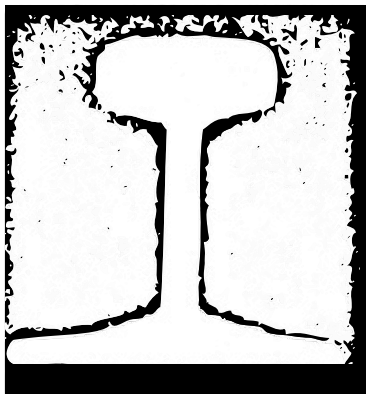
Fotokagyzdан alnan goňur reňkli bölek-bölek ýerler kükürdiň köp toplanan ýerlerini görkezýär.

Bu goňur reňkli bölek-bölek ýerleriň emele gelmeginiň sebäbi, ilki bilen fotokagyza siňen kükürt kislota bilen polatdaky kükürdi özlerinde saklaýan MnS we FeS goşundylaryň arasynda aşakdaky reaksiýalaryň geçýänligi bilen düşündirilýär:

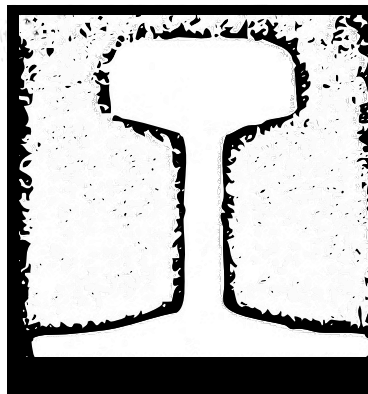


Emele gelýän kükürtli wodorod özünüň bölünip çykýan ojağynyň garşysynda fotoemulsiýanyň bromly kümüşiniň kristallaryna täsir edýär, netijede garamtyl goňur reňkli kükürtli kümüş emele gelýär.

3-nji a) suratda mysal hökmünde poladyň kesigi boýunça kükürdiň ýaýraýşy görkezilen.



a)



b)

3-nji surat. Kükürdiň (a) we fosforyň (b) polatdaky likwasiýasy

Fosforyň (b) likwasiýasynyň ýüze çykarylşy ýylmanyň nusgany 65 g hlorly misden, 53 g hlorly ammoniden we 1000 sm<sup>3</sup> suwdan ybarat bolan reaktiwde zäherlemek ýoly bilen amala aşyrylýar.

Bu usulda ýylmanyň üsti spirte öllenen pamyk bilen süpürilen nusga reaktiwe batyrylýar we 1-2 minut saklanylýar.

Şu halatda nusganyň ýüzünden demir eräp ergine geçýär we reaktiwden misi gysyp çykarýar, erkin mis bolsa nusganyň ýüzüne çökýär. Nusga reaktiwde saklanandan soň onuň üstüniň hemme ýerine mis çökýär. Suwuň çüwdüriminiň aşagynda nusganyň ýüzündäki mis gatlagy ýuwup aýyrýarlar. Nusga öl pamyk bilen süpürilýär we guradylýar.

Has garamtyl, ýagny çuň zäherlenen ýerler fosforyň toplanan ýerleridir, sebäbi demirde fosfor näçe köp bolsa, ol şonçada çalt ereýär.

Açyk reňkli ýerler fosforyň az mukdarda ýaýran ýerlerini görkezýär.

3-nji *b* suratda (*b*) deňölçeşsiz ýaýran fosforly relsden ýasalan nusganyň makroşlifi görkezilen.

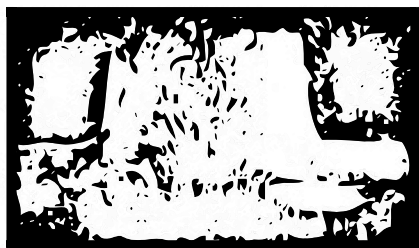
### 3.5. Poladyň süýümliliginiň ýüze çykarylyşy.

Metaly basyş bilen işlenilip bejerilende emele gelýän süýümliligi nusganyň ýylmanan tarapyny çuň zäherlemek usuly bilen ýüze çykarylýar. Uglerodly polatlary 50%-li kislotaly-duzly suw ergininde, legirlenen polatlary bolsa azotly erginde 60-70°C gyzgynlyk derejesinde 15-40 minutyň dowamynda zäherleýärler. Şu halatda däneleriň serhetlerinde jemlenen garyndylar esasy metala görä çalt ereýärler. Netijede inçe süýümler görnüşinde бүдүр-сүдүр üst emele gelýär, ýagny metalyň süýümleri we olaryň ugurlary ýüze çykarylýar.

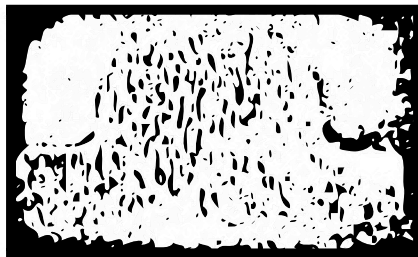
Zäherlenmeden soň nusga ilki suwda, soňra bolsa azot kislotasynyň 10-15%-li suwdaky ergininde ýuwulýar we guradylýar.

Süýümleriň ugry önümiň profili boýunça bolsa has amatly bolýar, aýratyn hem dinamiki agram görüp işleýän detallar üçin. Süýümleriň ugry gyzdyrylyp basyş bilen işlenip bejerilende metalyň akymyna baglydyr.

Diýmek, çuň zäherlemek ýoly bilen önümiň ýasalýşynyň usulyny, basyş bilenmi ýa-da kesilip ýasalypdyrmy, anyklap bolýar. 4-nji suratda basyş bilen we kesilip işlenilip bejerilen detallaryň mikrogurluşlary görkezilen.



*a*

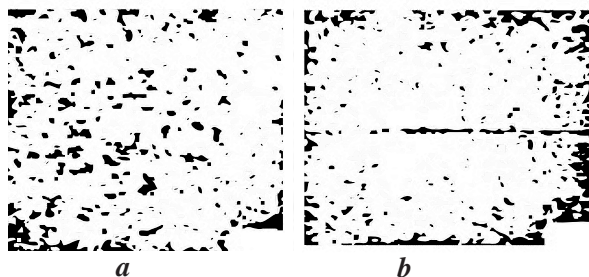


*b*

4-nji surat. Üňňelenip (*a*) we kesilip işlenip bejerilen (*b*) şaýlaryň makrogurluşlary

### 3.6. Metallaryň bütewüligini bozýan şikesleriň ýüze çykarylyşy

Metalyň bütewüligini bozýan şikesler (jaýryklar, howa boşluklary, gaz düwmejikleri we ş.m.) öňde 3-nji bölümde görkezilen çuň zäherlemek usuly arkaly ýüze çykarylýar. Makroşlif reaktiwe batyrylanda çalyşma reaksiýasy bolup geçýär: demir suwly erginden misi gysyp çykarýar, mis bolsa şlifiň ýüzüne çökýär. Şlifiň mis bilen ýeterlik derejede goralmadyk ýerlerinde (jaýryklar, howa boşluklary we ş.m.) zäherlenme bolup geçýär. Suwuň çüwdüriminiň aşagynda pamyk bilen çöken mis gatlagy aýrylyp, makroşlif guradylandan soň şikesler ýaraglanmadyk gözede görünýär. 5-nji suratda çuň zäherlemek arkaly ýüze çykarylan şikesler görkezilen.



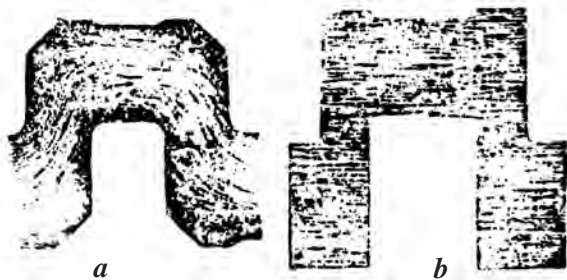
5-nji surat. Metallaryň bütewüligini bozýan şikesler:  
*a* -howa boşluklary, *b* -jaýryklar

### 3.7. Gyzgynlyk we himiki-gyzgynlyk bilen işläp bejermäniň döreden gurluşdaky dürli-dürlüliginiň kesgitlenişi

1. Taplanan gatlagyň galyňlygy döwügiň görnüşü boýunça kesgitlenýär. Taplanan gatlak has däneli, aşa gyzdrylman taplananda bolsa fosfor görnüşli bolýar. Bu gatlagyň galyňlygyny takyk kesgitlemek üçin nusgany döwügi boýunça ýylmaýarlar (oka perpendikulýar) we duz kislotasynyň 50%-li ergininde 60-80°C gyzgynlyk derejesinde 3-5 minutlap zäherleýärler. Taplanan gatlak garamtyl reňke eýe bolýar.

Azot kislotasynyň 10%-li ergininde zäherlenen halatynda has gowy netijeleri alyp bolýar, garamtyl reňke eýe bolýar.





**6-njy surat. Basyş bilen (a) we kesilip (b) işlenilip bejerilen tirsekli wallaryň uzaboýuna kesiginiň makrogurluşlary**

2. Sementitleşdirilen gatlagyň galyňlygyny döwügi (oka perpendikulýar) we 100 ml spirte 2 g  $\text{CuCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  hem-de 1 ml HCl garylyp reaksiwde 1-2 minut zäherläp kesgitlenýär. Ýumşak sementitleşdirilen özen misiň gyzylymtyl ýukajyk gatlagy bilen örtülýär, sementitleşdirilen üstki gatlak bolsa şol durşuna galýar.

#### **4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar:**

**4.1.** Makroderňewes kesgitleme bermeli.

**4.2.** Makroderňewiň nähili usullary ulanylýar?

**4.3.** Döwügiň görnüşi boýunça we makroşlifleriň kömegi bilen geçirilýän makroderňew nämäni ýüze çykarmak üçin ulanylýar?

**4.4.** Döwürmäniň nähili görnüşleri mälim?

**4.5.** Likwasiýanyň sebäbi nämeden ybarat, ol nähili görnüşlere bölünýär?

**4.6.** Kükürdiň, uglerodyň we fosforyň umumy likwasiýasyny ýüze çykarmaga näme ýardam berýär?

**4.7.** Baumanyň usuly boýunça kükürdiň likwasiýasyny anyklamagyň düýp mazmuny nämeden ybarat?

**4.8.** Poladyň süýümliligini ýüze çykarmagyň düýp mazmuny nämeden ybarat?

**4.9.** Näme üçin çuň zäherlemek usuly bilen metallaryň bütewüligini bozýan şikesleri ýüze çykaryp bolýar?

**4.10.** Dwigateliň tirsekli walyny ýasamak üçin saýlanyp alnan taslanan materiallaryň dogrulygyna 6-njy suratda görkezilen uzaboýuna kesiginiň makrogurluşlary boýunça nähili baha berip bolýar?

## **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

### **1. Ýumuşlar**

1.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilen-de howpsuzlyk tehnikasynyň we daş-töweregi goramagyň talaplary bilen iş ýerinde tanyş boluň.

1.2. Makroderňewiň maksadyny gysgaça ýazyp beýan ediň.

1.3. Makroderňew usullaryny ýazyp beýan ediň we şol usullarda nämeleri anyklap bolýandygyny düşündiriň.

1.4. Döwürmeleriniň (port, ýumşak we ýadaw) nusgalary bilen tanyş boluň we olaryň makrogurluşlarynyň suratyny çekiň.

1.5. Baumanyň usuly bilen nusga alyp, adaty hilli poladyň makroşlifiniň kesigi boýunça kükürdiň ýaýraýşyny ýüze çykaryň hem-de metalyň hili barada netije beriň.

1.6. Çuň zäherlemek bilen ýüze çykarylan makroşlifiň süýümlü gurluşynyň suratyny çekiň. Ulanylyşyň talaplaryny kanagatlandyran ýaly süýümleriň has amatly ugurlary barada netije beriň.

1.7. Kebşirlenen sepiň hilini barlaň we ondaky şikesleri anyklaň. Alnan makrogurluşyň suratyny çekiň.

1.8. Taplanan we sementitleşdirilen splawlaryň döwürlerini barlaň we makrogurluşynyň suratyny çekiň.

### **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

2.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilen-de howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplarynyň ýerine ýetirilişi barada netije.

2.2. Metallaryň we splawlaryň makroderňewi.

2.3. Makroderňewiň usullary.

2.4. Makroderňewiň we olaryň gurluşlarynyň görnüşleri.

2.5. Baumanyň usuly boýunça kükürdiň ýaýraýşynyň ýüze çykarylyşy barada netije.

2.6. Kebşirlenen sepiň hili we ondaky ýüze çykarylan şikesler.

2.7. Taplanan we sementitleşdirilen splawlaryň döwürleriniň barlagy we olaryň makrogurluşlarynyň çyzgylary.

a) seljerilen nusgalaryň gurluşlarynyň çyzgylaryny çyzmaly;

b) çuň zäherlemek bilen ýüze çykarylan makroşlifiň süýümlü gurluşyny çyzmaly.

### 3-nji iş

## MIKROSKOPIK DERŇEW (MIKROANALIZ)

### 1. Işň maksady

1. Mikroşlifiň usuly nazaryýetini öwrenmek.
2. МИМ-7 dikleýin metallografiki mikroskopyň optiki shemasyny we gurluşyny öwrenmek.
3. МИМ-7 mikroskopyň kömegi bilen mikroşlifiň mikrogurluşyny çyzmak.

### 2. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy

- 2.1. МИМ-6, МИМ-7 we МИМ-8 metallografik mikroskoplary.
- 2.2. Okulýarlaryň we obýektiwleriň toplumy.
- 2.3. Mikroşlifleriň görnüşleri.

### 3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary

#### 3.1. Mikroşlif usulynyň nazaryýeti.

Mikroderňew düşünjesi bu, metallografiki mikroskopyň kömegi bilen metallaryň we splawlaryň gurluşyny 50-2000 esse ulaldyp öwrenmäge aýdylýar.

Mikroderňewiň kömegi bilen şu aşakdakylary kesgitleýärler:

1) metallaryň we splawlaryň düzümindäki kristal däneleriniň ölçeglerini we formalaryny;

2) splawyň içki gurluşynyň üýtgemesini, himiki-termiki we termiki dürli režimlerde işläp bejerilende bolup geçýän täsirini, şonuň ýaly hem splawlara daşky mehaniki täsirlerden soňraky gurluşyny;

3) metallaryň mikroşikeslerini – mikrojaýryklaryny, boşluklaryny we ş. m.

4) metal däl goşulmalary–sulfidleri, oksidleri we ş. m.

5) käbir splawlaryň himiki düzümi gurluşyny olaryň düzüjileriniň häsiýetleri boýunça we ýörite reaktiwleriň reňkleýiş häsiýetleri boýunça we käbir halatlarda öwrenilýän splawlaryň himiki düzümi takmynan kesgitlenýär.

Mikroskopiki derňewi geçirmek üçin synag edilýän materialdan nusgany kesip alýarlar we birnäçe hatar işleri (ýylmamak, ýalpyldat-

mak, zäherlemek) geçirmek ýoly bilen ony şu ýagdaýa çenli ýetirýärler, ýagny ony metallografiki mikroskop bilen seredip, ondaky metal däl bölekleri, kiçi öýjükleri, çöýundaky grafiti (ýylmamadan we ýalpyldatmadan soň) ýa-da mikrogurluşyklary (ýylmamakdan, ýalpyldatmakdan we zäherlemekden soň) görmek bolýar.

Mikroskopyň kömegi bilen barlag geçirmek üçin taýýarlanan nusga *mikroşlif* diýilýär.

Şeýlelikde, mikroskopik derňew şu aşkdakylardan ybarat:

– mikroşlifiň taýýarlanylşyndan;

– metallografiki mikroskopyň kömegi bilen mikroşliflere gözleg etmekden.

Mikroderňew üçin niýetlenilip kesilip alnan nusganyň üst ýüzi tekizlenýär. Materialyň üst ýüzüniň tekizligi igäniň kömegi bilen igelemek arkaly üst ýüzi tekizlenýär (eger material ýumşak bolsa) ýa-da abraziw tegelekleriň kömegi bilen (eger material gaty bolsa) ýerine ýetirilýär. Nusga taplanan polatdan ýonulyp taýýarlananda nusganyň çakdanaşa gymazlygyna ýol bermeli däl, sebäbi çakdanaşa uly temperaturada nusganyň üst ýüzünde gowşatma bolup, onuň düzüminiň üýtgemegi mümkin. Şonuň üçin taplanan nusga ýonulanda dowamly suw bilen sowadylyp durulmaly.

Nusganyň taýýarlanan tekiz üstüni dürli däneli ölçegdäki (belgidäki) ýylmaýjy (naždak) kagyzy bilen ýylmaýarlar.

Ýylmamany dürli ululykdaky uly abraziw däneli ýylmaýjy kagyzdan başlap, soňra az-azdan dürli ululykdaky kiçi abraziw däneli ýylmaýjy kagyzlaryna geçýärler.

Ýylmama ýylmaýjy kagyzlarda el bilen galyň aýnanyň üstünde goýup ýa-da ýörite ýylmaýjy stanoklarda geçirilýär. Nusgany el bilen ýylmamak, taýýarlanan üste ýylmaýjy kagyzy basyp, igäniň galdyran yzynyň perpendikulýar ugruna geçirilýär. Ýylmama tä igäniň galdyran yzy ýityňä dowam etdirilýär, soňra şol nusganyň üstüni pamyk bilen süpürýärler (ýa-da ýuwürlar), 90° öwürüp has ownuk abraziw däneli kagyz bilen tä öňki ýylmamanyň galdyran yzy ýityňä geçirilýär. Haçanda abraziw däneli kagyzlaryň bir ölçegden beýleki bir ölçegine çalşyrylandan soňra nusgany pamyk bilen süpürýärler we öňki işläp bejermäniň galdyran yzlaryny aýyrmak üçin nusgany 90°-a öwürmeli.

Ýylmamany şeýle hem uly bolmadyk çyzgy kagyzyň ýüzüne ýörite pastany çalmak arkaly geçirip bolýar.

Mehaniki ýylmama, elektrodwigateliň kömegi bilen aýlanýan diametri 200-250 mm bolan birnäçe ýylmaýjy tegelekleri bolan ýörite ýylmaýjy maşynlarda ýerine ýetirilýär. Ýylmaýjy tegelekleriň üst ýüzüne ýylmaýjy kagyzlary geýdirýärler ýa-da ýelimleýärler. Mehaniki ýylmamanyň usuly el bilen ýylmamanyň usulyna meňzeşdir.

Has ownuk däneli ýylmaýjy kagyzlarda ýylmanandan we işlenip bejermenden soňra nusganyň üstünde galdyrylan yzlary ýalpyldatmak arkaly aýrylýar we nusgada ýalpyldawuk üst alynýar. Ýalpyldatmak mehaniki we elektrolitiki usullarda geçirilýär.

Mehaniki ýalpyldatmak ýörite ýalpyldadyjy stanoklarda, mawut ýa-da begres oramak arkaly geçirilýär. Mawuty ýalpyldadyjy suwuklyk bilen öllemeli.

Ýalpyldadylandan soňra nusgany suw bilen ýuwmaly; ýalpyldadylan üsti spirt öllenen pamyk bilen süpürmeli, soňra sorujy kagyz bilen ýa-da gury pamyk bilen ýeňil süpürip guratmaly.

Ýalpyldadylan üsti okislenmeden goramak üçin nusgany hlörly kalsiniň eksikatorynda saklamaly.

Elektrolitiki ýalpyldatmada elektrolitli wanna ýalpyldadyljak nusga goýberilýär, ol anod bolýar we katod poslamaýan polat. Dürli polatlary, çöýunlary we reňkli metallaryň splawlaryny elektrolitiki ýalpyldatmada dürli düzümlü elektrolitler we dürli režimler ulanylýar.

Elektrolitiki ýalpyldatmada elektroliz prosesinde toguň täsir etmeginden metalyň üstünde anodyň dargama önüminden plýonka emele gelýär: plýonkanyň galyňlygy belent ýerlerinde oý ýerlerine garanyňda ep-esli az, şonuň üçin belent ýerlerinde uly intensiwlik bilen dargaýar we nusganyň üsti tekizlenýär.

Elektrolitiki ýalpyldatmada nusganyň üstünde deformirlenen metalyň plýonkasy bolmaýar, şeýlelikde, üstki gatlagynyň düzümi üýtgemeýär, bu mehaniki ýalpyldatmada ýüze çykmagy mümkin.

Nusganyň ýalpyldadylan üsti boýunça, splawyň düzümini kesgitläp bolmaýar. Diňe metal däl garyndylary (sulfidleri, oksidleri, çal çöýunda grafidi) olaryň mikroşlifiň ýalpyldadylan üstünde dürli ýagtylykly reňklerde çalt ýüze çykarylýar. Şonuň üçin ýalpyldadylan nusganyň üstüniň mikrogurluşlaryny ýüze çykarmak

üçin kislotalaryň, aşgarlaryň we duzlaryň erginleriniň täsir etmeğinde zäherlemä sezewar edýärler. Haçanda metallar we splawlar zäherlemä sezewar edilende birmeňzeş däl bölekler mikroskopyň aşagynda görünýärler.

Metallary we splawlary zäherlemek işiniň manysy dürli derejedäki erginler ýa-da gurluş düzüjileriniň bölekleriniň reňklenişleri arkaly arassa metallaryň, gaty erginleriň, himiki birleşmeleriň däneleriniň gurluşlaryny ýüze çykarmakdan ybarat. Dürli gurluşly düzüjiler dürli elektrod potensiala eýedirler. Haçanda splawyň ýalpyldadylan üsti zäherleýji bilen örtülen bolsa, elektrolit bolup durýan, splawyň bir düzüji gurluşlary elektrotrisetel elektrod potensialy köp saklaýan bolsa, ol anod bolýar we dargaýar, beýleki gurluş düzüjileri, elektropoložitel elektrod potensialy köp saklaýan katod bolup we üýtgemän saklanýar. Çünki şunuň ýaly anod we katod; uçastoklary köp, onda zäherlemegiň netijesinde köp sanly belentlikleri we oýujyklary ýüze çykarýar, olar splawyň mikrogurluşlaryny häsiýetlendirýär.

Haçanda zäherlenen mikroşlifi metallografik mikroskopyň şöhesi bilen ýagtylandyrylanda zäherlenen gurluş düzüjileri dürli öwüşgin boýunça görünýärler. Gurluş düzüjileriň az zäherlenen ýerlerine ýagtylyk şöhesi köp düşüp mikroskopda ýagty reňkde görünýär; gurluş düzüjileriň köp zäherlenen ýerlerinde, ýagtylyk şöhesiniň dargamagy sebäpli, ýagtylyk şöhesi az düşüp garamtyl bolup görünýär. Şeýlelik bilen, splawyň üstündäki şöheleleriň öwüşginleriniň sanynyň tapawudyna we ýagdaýyna görä gurluşyny ýüze çykarmaga esaslanandyr.

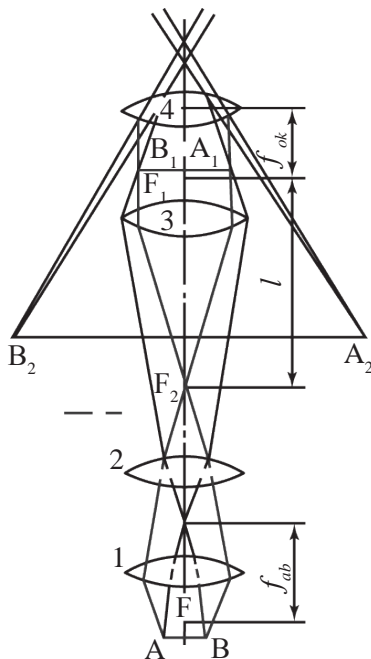
Zäherlemegiň dowamlylygy poladyň kysymyna, gurluşyna bagly bolup, ýöne adaty birnäçe sekunt saklamak ýeterlidir.

Zäherlenmegiň alamatlary zäherlenen şlifiň üst ýüzüniň öçügsi bolmagyndan ybarat. Mikroşlifi zäherlemenden soňra suw bilen ýuwmaly, spirt bilen öllenen pamyk bilen süpürmeli, şondan soňra filtrleýji kagyz goýmak bilen ýa-da gury pamyk bilen ýeňilje süpürp guratmaly.

Zäherlemegiň netijesinde mikrogurluş anyk ýüze çykarylmalý.

Mikroşlif taýýarlanandan soňra optiki mikroskopyň kömegi bilen hökman onuň mikrogurluşyny öwrenmeli.

Mikroskopyň hili ulaldyp bilýän mümkinçiligi, şekili kämil görkezmeği, rugsat beriji ukyby bilen häsiýetlendirilýär.



7-nji surat. Mikroskopyň optiki shemasy

Mikroskopyň ulaldygylygy obýektiwiň we okulýaryň ulaldygylygynyň köpeltmek hasylyna deňdir. Obýekiw seredilýän materialy ulaldýar, emma okulýar bolsa diňe obýektiwden alynýan şekili ulaldýar, ýöne oňa hiç hili täze üýtgeşik gurluşlary goşmaýar, eger-de onda obýektiw tarapyndan ýüze çykarylmaryk bolsa.

Obýektiwiň ulaldygylygy:

$$N_{ob} = \frac{l}{f_{ob}},$$

bu ýerde  $l$  -mikroskopyň turbasynyň optiki uzynlygy, ýagny  $F_1$  we  $F_2$  goňşy fokuslaryň aralygy, МИМ-7 mikroskopy üçin ol  $250\text{ mm}$ -e deň;

$f_{ob}$  -obýektiwiň fokus aralygy.

Okulýaryň ulaldygylygy, şonuň ýaly hem lupa üçin

$$N_{ob} = \frac{250}{f_{ok}},$$

bu ýerde  $f_{ok}$  -okulýaryň fokus aralygy.

Mikroskopyň umumy ulaldyjylygy:

$$N_M = N_{ob}N_{ok} = \frac{l}{f_{ob}} \cdot \frac{250}{f_{ok}}.$$

Mikroskopyň görkezip bilijilik ukyby  $d$  (kiçijik detallary saýgarmak ukyby) deňleme bilen kesgitlenýär:

$$d = \frac{\lambda}{A},$$

bu ýerde  $\lambda$  – ýagtylyk tolkunynyň uzynlygy angstromde;

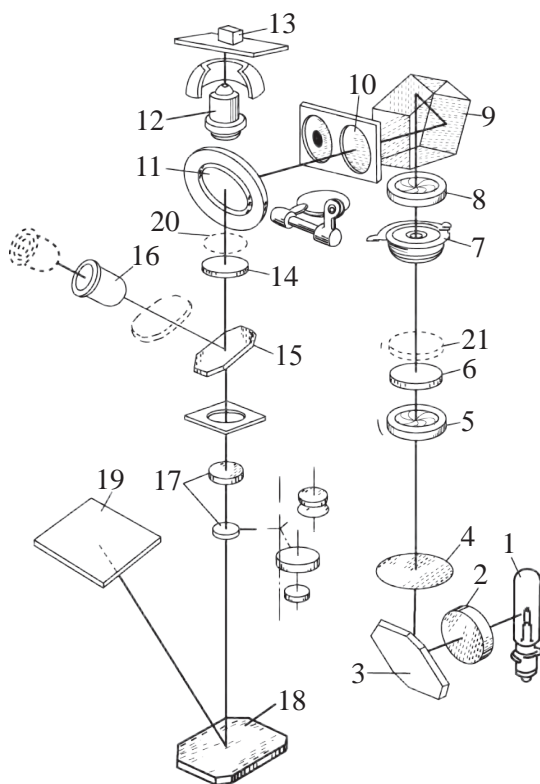
$A$  – obýektiwiň sanly aperturasy.

Elektrik lampasyndan (1) ýagtylyk şöhle (8-nji surat) kollektor (2) üstünden geçip we aýnadan (3) serpikdirilip, swetofiltre (4) (adatça sary ýiti konturly şekili almak üçin) düşýär, ondan soňra apertur diafragma (5) (ýagtylyk toplumyny çäklendirmek we ýokary aýdyň şekili almak üçin) linza (6), fotozatwor (7), meýdan diafragma (8) (mikroşlifiň seredilýän uçastogynyň ýagtylandyrylan meýdançasyny çäklendirmek üçin), pentaprizma (9) ugruny üýtgedip, linza (10) üsti bilen geçip, serpikdiriji plastinka (11) düşüp, obýektiwe (12) we zat goýulýan stoldaky goýlan mikroşlife (13), ugrukdyrylýar. Mikroşlifden (13) serpikdirilen şöhle täzedan obýektiwiň (12) üsti bilen geçip we ondan parallel desseler bilen çykyp, serpikdiriji plastinka (11) we ahromatik linza (14) düşýär. Wizual gözegçilikde şöhläniň ugruna aýna (15) girizilýär, ol şöhläni okulýara (16) tarap gönükdirýär. Surata alnanda aýna (15), okulýar turbasy bilen bilelikde süýşürilýär we aýna hem-de şöhle gönüden-göni fotookulýara (17) gönükdirilýär, onuň üsti bilen aýna (18) geçýär, ondan serpikdirilip, tutuk aýna (19) düşýär, ol ýerde şekili berýär. Mikrogurluşy fiksirlemek üçin tutuk aýna (19) fotoplastinkaly kasseta bilen çalşyrylýar.

Polýarizirlenen yşykda gözegçilik geçirmek üçin ulgama goýum analizatory (20) we polýarizatory (21) girizilýär.

МММ-7 mikroskopy (9-njy surat) esasy üç böleklerden durýar: ýagtylandyryjydan, korpusdan we ýokarky bölekden.





**8-nji surat. МИМ-7 mikroskopyň optiki ulgamy**

Ýagtylandyryjy (I) fonardan (1) durýar, onuň gutusynyň içinde lampoçka bar. Merkezleýji wint (2), lampoçkanyň sarymynyň merkezini kollektoryň optiki oky bilen gabatlaşdyrmak üçin hyzmat edýär.

Mikroskopyň korpusy (II). Mikroskopyň korpusynda: disk (3) ýagtylyk filtriniň toplумы bilen; fotookulýaryň açaryň tutawajy (4); tutuk aýnaly ramkalary (5) oturtmak üçin gurluşdan ýa-da  $9 \times 12 \text{ mm}$  fotoplastinkaly kassetadan; çaruwanyň aşagyndan berkidilen ýagtylandyryjy linzadan (6), aperture diafragmany uzelden; diafragmanyň diametrini üýtgetmek üçin hyzmat edýän nakatkaly halkadan (7); wint (8) aýlamak bilen diafragmany süýşürüp gyýaklaýyn ýagtylandyrmany döretmek üçin; wint (9) aperturly diafragmanyň öwrülmezligini fiksirlemek üçin.

Mikroskopyň ýokarky bölegi (III) aşakdakylardan ybarat.

1. Illýuminator turbanyň (10) ýokarky böleginde obýektiwi oturtmak üçin deşik ýerleşdirilen. Illýuminator turbanyň potrubkasynda ýagtylykda we garaňky meýdanda işlemek üçin linzaly (11) ramka we tutawaç (12) garaňky meýdanda diafragmany (24) işe girizmek üçin pentaprizmanyň gutusynyň (13) aşagynda ýerleşdirilen. Gutynyň (13) aşaky böleginde meýdan diafragmasynyň merkezleýji winti (14) ýerleşdirilen, onuň diametri powodogyň (15) kömegi bilen üýtgedilýär. Meýdan diagrammanyň konusynyň aşagynda fotozatwor (16) ýerleşdirilen.

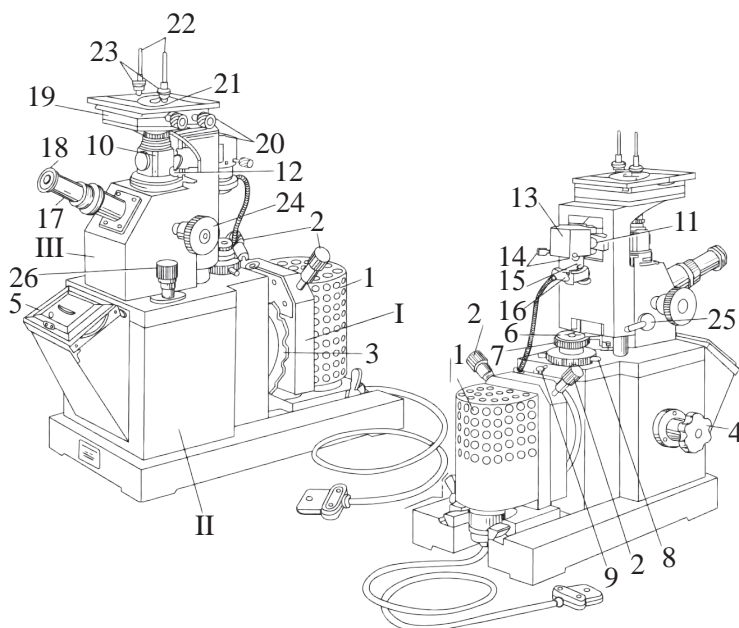
2. Wizual (seredilýän) turbanyň (17) deşigine okulýar (18) oturdylýar. Wizual gözlegde turbany direge çenli itemeli, ýöne fotografirlenende ony direlýänçä çekmeli.

3. Zat goýulýan stoljagaz (19) wintiň (20) kömegi bilen özara perpendikulýar iki ugra süýşürilýär. Zat goýulýan stoljagazyň ortasynda açyk aýnasy bar, oňa haýsy-da bolsa bir, dürli diametrlerde deşigi bolan çalşyrylýan içlik (21) goýulýar. Öňdäki stoljagazda ýerleşdirilen, dik sütünjiklerden (22) we pružinli gysgyçlardan (23) ybarat bolan saklaýjylaryň kömegi bilen mikroşlif zat goýulýan stoljagazyň içligine gysdyrylýar. Mikrometriki wint (24) zat goýulýan stoljagazy wertikal ugra süýşürmek üçin hyzmat edýär we şonuň bilen takmynan fokusa getirilýär. Gysyjy wint (25) bilen zat goýulýan stoljagaz kesgitlenen ýagdaýda fiksirlenýär, ýagny ol öz-özünden aşak düşmez ýaly. Stoljagazy (19) gerek bolan beýiklikde goýmak üçin stoljagazyň kronşteýninde haşamlanan (gawirlenen) çyzykly kertigi, mikroskopyň gutusyndaky haşamlanan çyzygyň nokadynyň garşysynda goýýarlar.

4. Mikrometriki wintiň (26) kömegi bilen obýektiw wertikal ugur boýunça süýşürilýär we takyk fokusa getirilýär. Mikrometriki süýşmäniň uzynlygy 3 mm barabanyň bölekleriniň bahasy -0,003 mm.

#### **4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar**

1. Mikroderňew näme we ol näme üçin ulanylýar?
2. Mikroşlifi taýýarlamagyň yzygiderligini aýdyň.
3. МИМ-7 mikroskopyň optiki shemasynyň ulgamyna näme girýär?



**9-njy surat. МММ-7 mikroskopyň umumy görnüşü**

4. Obýektiw we okulýar diýip nämä aýdylýar?
5. Mikroskopyň umumy ulaldyjylygy nähili hasaplanýar?
6. Mikroskopyň ýagtylandyryjy böleginiň özüne nämä girýär?
7. Zäherlenmedik şlifde nähili gurluş düzüjileri görmek mümkin?

## **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

### **1. Ýumuşlar**

1. МММ-7 mikroskopyň konstruksiýasy, optiki shemasy bilen tanyşmaly.
2. Mikroşlifiň mikrogurluşynynyň suratyny çekmeli.
3. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri:

---



---



---



---



---



---



---

## 4-nji iş

# METALLARYŇ WE SPLAWLARYŇ GATYLYGYNÝ KESGITLEMEK

## 1. Işň maksady

Brinelliň we Rokwelliň enjamlarynyň gurluşy bilen tanyşmak, metallaryň gatylygynyň kesgitlenişiniň usulyny ele almak we ýakylan uglerodyň möçberiniň poladyň gatylygyna edýän täsirini kesgitlemek.

## 2. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy

- 2.1. TIII-2M awtomatiki leňnerli enjamy (Brinell görnüşli).
- 2.2. Dürli ýakylan polatlaryň nusgalary.
- 2.3. TK-2 enjamy (Rokwell görnüşli).
- 2.4. Oýujagyň diametri ölçenilýän lupa.
- 2.5. Naždak kagyzy.

## 3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary

Gatylyk – materialyň hilini kesgitleýji möhüm görkeziji bolup, materiala daşky bir täsir edýän güýje görkezýän garşylygyna aýdylýar. Materialyň gatylygyny kesgitlemek üçin birnäçe usul ulanylýar. Ol usullaryň hemmesiniň mazmuny, synalyp görülyän materialyň üstüne başga bir gaty predmeti pres bilen basmakdan ybaratdyr. Şonuň ýaly gaty predmet bolup polat şarjagaz, almaz konus ýa-da almaz piramida hyzmat edip biler.

Häzirki wagtda gatylygy kesgitlemegiň birnäçe usullary bar:

a) basyp çümdürmek usuly;

b) urlup serpilmek usuly;

ç) maýatnigiň yrgyldysynyň usuly. Basyp çümdürilende metalyň gatylygy diýlip, onuň ýüki galtaşma goýlan halatynda ýerli çeýe basgylanmasyna garşylyk görkezmeklik ukybyna aýdylýar. Gatylygy synag etmegiň metallaryň mehaniki häsiýetleriniň synag edilişiniň beýleki görnüşlerinden birnäçe artykmaçlyklary bardyr: ýönekeýligi we çaltlygy, taýyn önümi harap etmän geçirmeklik mümkinçiligini we başgalar. Metallaryň gatylygyny, köplenç, Brinelliň ýa-da Rokwelliň usullary bilen kesgitleýärler.

### 3.1. Gatylygyň Brinelliň usuly boýunça kesgitlenilişi.

Brinelliň usulynyň düýp mazmuny şu aşakdakylardan ybaratdyr.

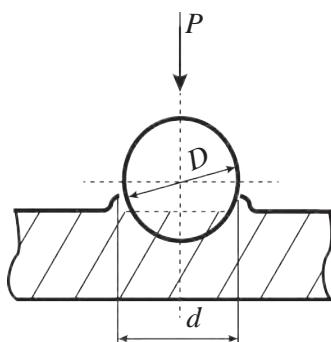
Nusganyň üstüne kesgitlenen wagt aralygynda  $D$  diametrli (10, 5 ýa-da 2,5 mm) polat şarjagazyň üstüne  $P$  ýüküň agramy (basyş güýji) bilen basylyp çümdürilýär. Şarjagazdan  $P$  ýüküň agramy (basyş güýji) aýrylandan soň nusganyň üstünde  $d$  diametrli yz galdyrýar. Nusganyň üstünde şaryň galdyran yzynyň (oýujagyň)  $d$  diametrine ýa-da çuňlugyna görä nusganyň gatylygyna baha berilýär.

$P$  ýüküň agramynyň (basyş güýjüniň) alnan oýujagyň (şar segmentiniň)  $F$  üst meýdanyna gatnaşygy HB bilen belgilenýän gatylyk sanyny berýär:

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})},$$

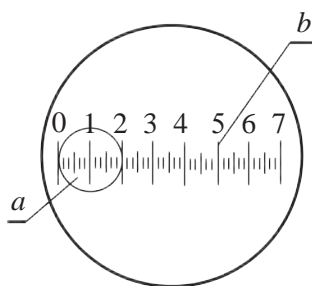
bu ýerde  $P$  – ýüküň agramy (basyş güýji),  $kgg$ ;  $F$  – şaryň galdyran yzynyň (segmentiň) meýdany,  $mm^2$ ;  $D$  – şarjagazyň diametri,  $mm$ ;  $d$  – şarigiň galdyran yzynyň diametri,  $mm$ .

Şarigiň galdyran yzynyň (oýujagyň) diametri 11-nji suratda görkezilen shema boýunça МБП-2 kysymly mikroskopyň kömegi bilen iki özara perpendikulýar taraplaryndan ölçenilýär we şol ölçeglerden ortaça arifmetiki bahasynyň mukdary kesgitlenýär.



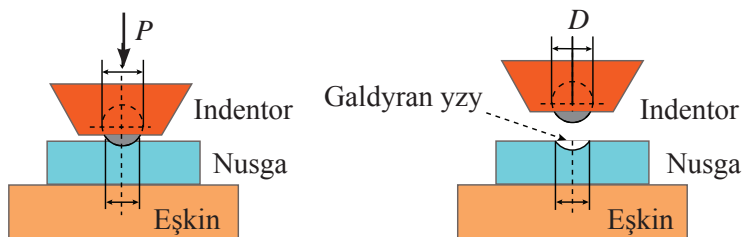
10-njy surat. Synagyň shemasy:

$D$  -şaryň diametri;  
 $d$  -şaryň galdyran yzynyň  
diametri



11-nji surat. Şarjagazyň galdyran yzynyň ölçenilişi:

a) galdyran yzynyň üsti;  
b) mikroskopyň ölçeg şkalasy



**12-nji surat. Brinelliň usuly boýunça gatylygy ölçemegiň çyzgydy**

**Indentor** -Diametri  $D$  10, 5 ýa-da 2,5 mm-e deň bolan taplanan polat şarjagazy.

**Basyş güýji** -2,5  $D^2$ -den 30  $D^2$ -e (kgg) çenli.

**Basyş güýjüni saklamaly wagty** – 10, 30 ýa-da 60 sekunt.

Şarjagazyň diametri ýüküň agramy we şarjagazyň basylyp saklanylyşynyň dowamlylygy ГОСТ-а laýyklykda nusganyň gatylygyna we galyňlygyna baglylykda tablisadan saýlanyp alynýar.

Oýujagyň dimetri  $0,2 D < d < 0,6 D$  aralygynda bolmaly.

Oýujagyň merkezinden nusganyň gyrasyna çenli aralyk 2,5  $d$  - den, goňşy oýujaklaryň merkezleriniň aralygy 4  $d$  -den kiçi bolmaly däl.

Dürli gatylykly materiallary synag etmek üçin, dürli basyş güýjüniň we şaryň diametriniň ululygy ulanylýar (4-nji tablica).

Mysal üçin, 250 HB 5/750/30 ýazgydaky: gatylygy -250 HB, şaryň diametri -5 mm, basyşyň güýji -750 kg, basyşda saklamagyň wagty -30 sekunt.

Tejribede, gatylygyň sanyny hasaplamagy aradan aýyrmak üçin 5-nji tablisadan kesgitleýärler.

Brinelliň usulynyň *kemçiliklerine* aşakdakylar girýär:

- synag edilýän metallaryň gatylygy 450 HB-den ýokary bolanda, şarjagazyň deformasiýa sezewar bolýanlygy sebäpli synag geçirip bolmaýanlygy;

- galyňlygy 1-2 mm -den kiçi bolan önümde synag geçirip bolmaýandygy, çünki şarjagaz ýuka gatlakly metaly basgylap ýemşerýär;

- synagdan soňra önümiň üstünde tapawutly yz galdyryandygy, mundan buýana onuň iş ukyplylygynyň bozulmagyna getirmegi mümkin.

Usulyň *artykmaçlygyna* aşakdakylar girýär:

– enjamlaryň işde ygtybarlylygynyň we konstruksiýanyň ýönekeýligi;

– berklilik çägininiň we gatylyk sanynyň arasynda ýakynlaşan empiriki baglanyşygyň bolmagy (gatylygy kesgitlemegiň beýleki usullarynda ol ýok).

Mysal üçin:  $HB < 175 \sigma_B = 0,34$  bolan polatlar üçin,  $HB > 175 \sigma_B = 0,36$  HB bolan polatlar üçin.

4-nji tablisa

**Şarjagazyň diametriniň we ýüküň agramynyň synag edilýän nusganyň gatylygyna we galyňlygyna baglylygy**

Material	Gatylyk, HB	Nusganyň galyňlygy, mm	Şarjagazyň diametri $D$ we $P$ basyşyň baglanyşygy	Şarjagazyň diametri $D$ , mm	Ýüküň agramy $P$ , kgg	Saklamagyň dowamlylygy, s
Gara metallar	140-450	6-dan 3-e 4-den 2-ä 2-den kiçi	$P = 30 D^2$	10 5 2,5	3000 750 187	10
	140-a çenli	6-dan uly 6-dan 3-e 3-den kiçi	$P = 10 D^2$	10 5 2,5	1000 250 62	10
Reňkli metallar	130-dan uly	6-dan 3-e 4-den 2-ä 2-den kiçi	$P = 30 D^2$	10 5 2,5	3000 750 187	30
	35-130	9-dan 3-e 6-dan 3-e 3-den kiçi	$P = 10 D^2$	10 5 2,5	1000 250 62	30
	8-35	6-dan uly 6-dan 3-e 3-den kiçi	$P = 2,5 D^2$	10 5 2,5	250 62,5 15,6	60

## Brinell boýunça gatylyk sany

Oýujagyň diametri, <i>mm</i>	P ýüküň agramynda gatylyk sany, <i>kgg</i>			Oýujagyň diametri, <i>mm</i>	P ýüküň agramynda gatylyk sany, <i>kgg</i>		
	30 $D^2$	10 $D^2$	2,5 $D^2$		30 $D^2$	10 $D^2$	2,5 $D^2$
2,90	444	-	-	4,50	179	59,5	14,9
2,95	429	-	-	4,55	174	58,1	13,9
3,00	415	-	34,6	4,60	170	56,8	13,6
3,05	401	-	33,4	4,65	167	55,5	13,3
3,10	388	129,0	32,3	4,70	163	54,3	13,0
3,15	375	125,0	31,3	4,75	159	53,0	12,7
3,20	363	121,0	30,3	4,80	156	51,9	12,4
3,25	352	117,0	29,3	4,85	152	50,7	12,2
3,30	341	114,0	28,4	4,90	149	49,6	11,9
3,35	331	110,0	27,6	4,95	146	48,6	11,6
3,40	321	107,0	26,7	5,00	143	47,5	11,4
3,45	311	104,0	25,9	5,05	140	46,5	11,2
3,50	302	101,0	25,2	5,10	137	45,5	10,9
3,55	293	97,7	24,5	5,15	134	44,6	10,7
3,60	285	95,0	23,7	5,20	131	43,7	10,50
3,65	277	92,3	23,1	5,25	128	42,8	10,30
3,70	269	89,7	22,4	5,30	126	41,9	10,10
3,75	262	87,2	21,8	5,35	123	41,0	9,86
3,80	255	84,9	21,2	5,40	121	40,2	9,66
3,85	248	82,6	20,7	5,45	118	39,4	9,46
3,90	241	80,4	20,1	5,50	116	38,6	9,27
3,95	235	78,3	19,6	5,55	114	37,9	9,10
4,00	229	76,3	19,1	5,60	111	37,1	8,93
4,05	223	74,3	18,6	5,65	109	36,4	8,76
4,10	217	72,4	18,1	5,70	107	35,7	8,59
4,15	212	70,6	17,6	5,75	105	35,0	8,43
4,20	207	68,8	17,2	5,80	103	34,2	8,26
4,25	201	67,1	16,8	5,85	101	33,7	8,11
4,30	197	65,5	16,4	5,90	99,2	33,1	7,96
4,35	192	63,9	16,0	5,95	97,3	32,4	
4,40	187	62,4	15,6	6,00	96,5	31,8	
4,45	183	60,9	15,2				

*Bellik.* Tablisada oýujagyň diametri 10 *mm*-lik şarjagaz üçin berlen.

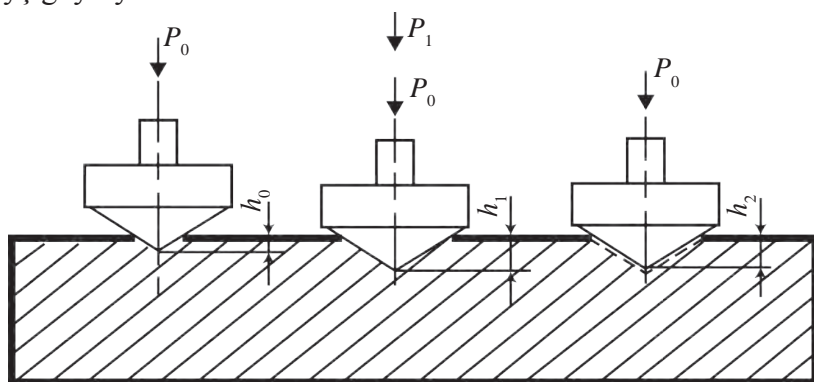


Gatylyk sany kesgitlenende, 5 mm-lik şarjagazy ulanyp synag edilende oýujagyň diametrini 2-ä, 2,5 mm-lik şarjagaz ulanylanda 4-e köpeltmeli.

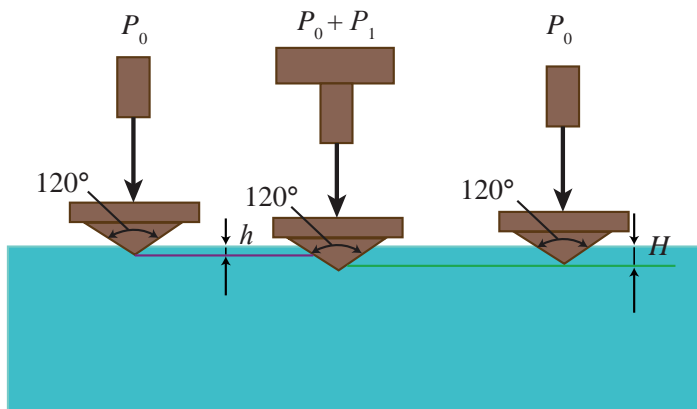
### 3.2. Rokwelliň usuly boýunça gatylygy kesgitlemek.

Rokwelliň usuly bilen gatylyk ölçenilende synag edilýän nusga iki yzygiderli goýulýan güýç (öňünden we umumy) bilen indentora (depesiniň burçy  $120^\circ$ -a deň bolan almaz konusy ýa-da diametri 1,588 mm bolan taplanan polat şarjagazy) basmak arkaly ýerine ýetirilýär. Umumy güýç  $P$  öňünden goýulan  $P_0$  we esasy  $P_1$  güýçleriň jemine deňdir (13-nji surat).

Ölçeşleriň netijesine maýyşgaklyk deformasiýasyny we ölçenilýän üstüň bütür-südürliginiň täsirini aýyrmak maksady üçin öňünden güýç goýulýar.



13-nji surat. Gatylygy kesgitlemegiň shemasy



14-nji surat. Rokwelliň usuly boýunça gatylygyň ölçelişi

**Indentor** -depesiniň burçy  $120^\circ$ -a deň bolan almaz konusy ýa-da diametri 1,588 mm bolan taplanan polat şarjagazy.

$P_0$  -öňünden goýulýan basyş güýji ähli ýagdaýlarda (100 N) 10 MPa.

$P_1$  -esasy basyş güýji.

**Rokwelliň usuly boýunça gatylygyň ölçeg birligi (HR)** – ölçegsiz ululyk bolup, indentoryň 0,002 mm ok boýunça süýşmegine deňdir.

Gatylygyň belgilenişi	Indentor (uçlugy)	Indikatoryň şkalasy	Esasy basyş güýji	Hasaplanylýan formulasy
HRC HRA	almaz konusy	C A	1400 N 500 N	$100 - \frac{H - h_0}{0,002}$
HRB	polat şarjagaz	B	900 N	$130 - \frac{H - h_0}{0,002}$

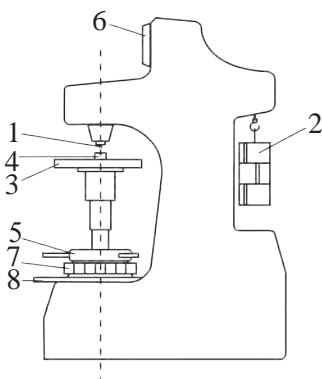
Rokwell boýunça gatylygy kesgitlemegiň shemasy 13-nji suratda görkezilen. Indentor ilki bilen synag edilýän materialy  $h_0$  çuňluga  $P_0$  öňünden goýlan güýç bilen basylýar. Haçanda esasy güýç  $P_1$  2-6 sekundyň dowamynda basylanda indentor  $h_1$  çuňluga girýär. Esasy güýç aýrylandan soň  $h$  basylan çuňluk galýar. Rokwell boýunça gatylygyň ululygy aşakdaky formula boýunça kesgitlenýär:

$$HR = \frac{t_{\max} - (h - h_0)}{0,002},$$

bu ýerde  $t_{\max}$  – hemişelik ululyk, indentoryň (almaz konus üçin – 0,2 mm, polat şarjagaz üçin – 0,26 mm) görnüşine baglylykda bellenýär.

Rokwelliň gatylygy ölçegijinde (15-nji surat) şkalasy 100 bölege bölünen, sagat görnüşli indikator (16-njy surat) oturdylan. Şkalanyň her bir bölegi indentoryň ok boýunça 0,002 mm süýşmegine gabat gelýär. Indikatora birmeňzeş baha bölünen iki sany şkalasy bolup, şolaryň biri siferblatasynda: gara (daşky) almazdan (konusly) uçlukda 60 ýa-da 150 kgg ýük güýji bilen synagy geçirmek üçin we gyzy (içki) şarikli uçlukda 100 kgg ýük güýji bilen synag etmek üçin ýerleşdirilen. Gyzy şkalanyň bölümleri gara şkalanyň nol böleginden 30 bölek süýşürilen.

Süýşürmegiň zerurlygynyň ýüze çykmagynyň sebäbi, 100 kgg ýük güýçde şarjagaz bilen synag edilende galdyryan yzynyň (oýujagyň) çuňlугy 0,06 mm-den kiçi bolmaýar, diýmek, siferblatyň dili 30 bölekden kiçi süýşmeýär. Ondan başga-da, oýujagyň çuňlугy köp halatlarda 0,26 mm-e ýetýär, diýmek, siferblatyň dili 100 bölekden uly öwrülýär.



**15-nji surat. TK-2 Rokwelliň gatylygy ölçegiji:**

1 – indenter; 2 – ýükler; 3 – eşkin; 4 – nusga; 5 – mahowik; 6 – indikator; 7 – baraban; 8 – işe giriziji klawişa



**16-njy surat. Indikator**

Rokwell boýunça gatylyk sany indikatory ulanmak bilen formula boýunça kesgitlenýär:

– gara şkala (A şkala) boýunça 60 kgg ýük güýji bilen ölçeg geçirilende

$$HRA = 100 - \frac{h - h_0}{0,002};$$

– gyzyl şkala (B şkala) boýunça 100 kgg ýük güýji bilen ölçeg geçirilende

$$HRB = 130 - \frac{h - h_0}{0,002};$$

– gara şkala (C şkala) boýunça 150 kgg ýük güýji bilen ölçeg geçirilende

$$HRC_E = 100 - \frac{h - h_0}{0,002};$$

A şkala örän ýuka we gaty materiallaryň gatylygyny ölçemek üçin ulanylýar (mysal üçin, gaty gural metal erginleri).

B şkala orta gatylykly materiallaryny synag etmek üçin gulluk edýär.

C şkala taplanylan ýa-da sementirlenen önümleriň gatylygyny ölçemek üçin gulluk edýär. Gatylyk ölçegleriniň aralyklary 6-njy tablisa laýyklykda goýulýar.

6-njy tablisa

### Gatylyk ölçegleriniň aralyklary

Belgilenişi		Indentor	Güýç, <i>kgg</i>		
şkalalar	gatylyk sany		$P_0$	$P_1$	$P$
A	HRA	Almaz konusy	10	50	60
B	HRB	Polat şarik	10	90	100
C	HRC	Almaz konusy	10	140	150

Gatylygy ölçenilýän önümiň ýa-da nusganyň üsti tekiz bolmaly. Egri üstli nusgalary synag etmek diňe egriligiň radiusy 15 *mm*-den kiçi bolmadyk ýagdaýynda ýol berilýär.

Nusganyň iň kiçi galyňlygy  $P_1$  esasy ýük güýji aýrylandan soň uçlugaň galdyran yzynyň çuňlugyndan sekiz esseden kiçi bolmaly däl. Ol nusganyň garaşylýan gatylygyna bagly we 2 *mm*-den (B şkala boýunça iň kiçi gatylykda) 0,4 *mm*-e çenli (A şkala boýunça iň ýokary gatylykda) üýtgeýär.

Gatylyk ölçenenden soňra synag edilen nusganyň arka tarapynda görnüp duran deformasiýanyň yzy bolmaly däl.

Iki goňşy galdyran yzynyň ýa-da galdyran yzynyň merkezinden nusganyň gyrasyna çenli aralyk 3,0 *mm*-den kiçi bolmaly däl.

Gatylyk sany munuň özi orta arifmetiki san bolup, minimum, üç bölek ölçegiň we gös-göni simwolda, 80HRA, 70HRB, 50HRC – şkalalary ulanylandygyny we synagyň usulyny aňladýar.

Gerek bolan ýagdaýynda Rokwell boýunça gatylyk sany takmynan Brinell boýunça gatylyk sanyna geçirip bolýar (7-nji tablisa).

**Dürli usullarda synag edilendäki gatylyk sanynyň gatnaşygy**

Rokwell boýunça			Brinell boýunça		Rokwell boýunça			Brinell boýunça	
HRB	HRC	HRA	Oýujagyň diametri, mm	HB	HRB	HRC	HRA	Oýujagyň diametri, mm	HB
-	72	89	2,2	782	97	20	61	4,1	217
-	67	85	2,3	713	95	18	60	4,2	207
-	63	83	2,4	652	93	-	58	4,3	197
-	59	81	2,5	600	91	-	57	4,4	187
-	56	79	2,6	555	88	-	56	4,5	179
-	52	77	2,7	512	86	-	55	4,6	170
-	49	76	2,8	477	84	-	53	4,7	163
-	47	74	2,9	444	82	-	52	4,8	156
-	44	73	3,0	415	80	-	51	4,9	149
-	41	71	3,1	388	76	-	50	5,0	143
-	39	70	3,2	363	75	-	-	5,1	137
-	37	69	3,3	341	72	-	-	5,2	131
-	35	68	3,4	321	69	-	-	5,3	126
-	33	67	3,5	302	67	-	-	5,4	121
-	30	66	3,6	281	65	-	-	5,5	116
-	28	65	3,7	269	62	-	-	5,6	111
-	26	64	3,8	255	59	-	-	5,7	107
100	24	63	3,9	241	57	-	-	5,8	103
98	22	62	4,0	229	54	-	-	5,9	99

**4. Işi ýerine ýetirmegiň tertibi.**

4.1. Brinelliň usuly boýunça TIII-2M gatylygy ölçýjide gatylygy ölçemek.

1. TIII-2M gatylygy ölçýjini işe taýýarlamaly (17-nji surat), onuň üçin synagyň şertine baglylykda (4-nji tablisa) laýyk gelýän indentory (3) we gerek bolan ýüki (4) oturtmaly.

2. Synag edilyän nusgany eşkiniň (2) üstüne oturtmaly. Mahowigi (1) sagat strelkasynyň ugry boýunça aýlap nusgany şarik (3) bilen galtaşmasyna çenli götermeli, mahowigi aýlamagy dowam edip, direge çenli götermeli, şonuň bilen öňünden goýlan güýji döretmeli.

Düwmejigi (5) basyp elektrodwigateli işe girizmeli. Esasy ýük güýjüni goýmak, ýük güýjüniň aşagynda saklamak we ýük güýjüni aýyrmak awtomatiki usulda amala aşyrylýar. Ýük güýji goýlan pursadyndan başlap duýduryjy lampa (6) ýanýar we şarjagazyň ýük güýjüniň aşagynda saklamaly kesgitlenen deňişli wagtyňyň dowamynda ýanyp durýar.

4. Elektrodwigatel saklanandan soň mahowigi (1) sagat strelkasynyň ters ugruna aýlap, eşkini (2) aşak düşürmeli we nusgany aýyrmaly.

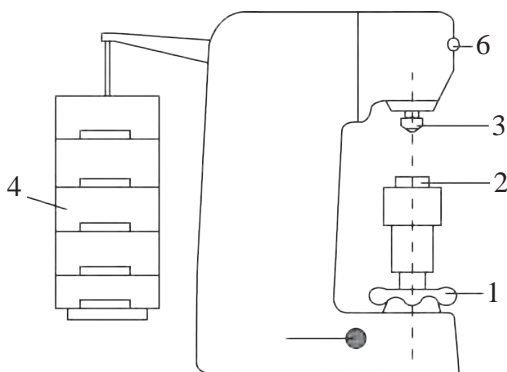
5. МБП-2 kysymly mikroskopyň kömegi bilen oýujagyň diametrini ölçemeli. Ölçegleri iki perpendikulýar bolan tekizliklerde geçirip, orta arifmetiki bahasyny kesgitlemeli.

6. Her nusgany üç gezek synagdan geçirmeli. Üç ölçegleriň ortaça arifmetik bahasyny ahyrky netije hökmünde kabul edip almaly. Netijeleri 8-nji tablisanyň 5, 6, 7, 8-nji sütünlerine ýazmaly.

7. Gatylyk sanyny tapmaly we 8-nji tablisanyň 9-njy sütünine ýazmaly.

4. 2. *Rokwelliň usuly boýunça TK-2 gatylygy ölçejýide gatylygy ölçemek.*

1. TK-2 Rokwelliň gatylygy ölçejýini işe taýýarlamaly (15-nji surat), onuň üçin synagyň şertine baglylykda laýyk gelýän indentory (uçluk) (1) we gerek bolan ýükleri (2) oturtmaly, enjamyň elektrodwigateli işe girizmeli, gara şkalanyň nol belgisini berk wertikal ýagdaýynda goýmaly (16-njy surat).



**17-nji surat. ТНН-2М Brinelliň gatylyk ölçegiji:**

1 – mahowik; 2 – eşkin; 3 – indentor; 4 – ýükler;

5 – elektrodwigateli işe girizýän düwmejik; 6 – duýduryjy lampa

2. Eşkiniň (3) üstüne goýlan nusgany (4) mahowigi (5) sagat strelkasynyň ugry boýunça aýlap nusgany indenter (1) bilen galtaşmasyna çenli götermeli we soňra eşkini nusga bilen bilelikde göterip,  $P_0 = 10 \text{ kg}$  öňünden goýlan ýük güýjüni goýmaly. Indikatoryň (6) nokady bilen kiçi gyzyly strelkasy gabat gelende öňünden goýlan ýük güýji gutarnykly goýlan hasaplanylýar. Şunlukda, uly strelkanyň wertikal ýagdaýdan ol ýa-da beýleki tarapa üýtgemegi (5) bölekden geçmeli däl. Üýtgemeginiň uly bolan ýagdaýynda öňünden goýlan ýük güýjüni aýyrmaly, ýöne gatylygyň ölçegini nusganyň başga nokadynda geçirmeli. Eger-de indikatoryň uly strelkasynyň üýtgemesi nol belgisinden 5 bölekden kiçi bolsa, onda ony barabany (7) süýşürmek bilen gabatlaşdyrmagy talap edýär (15-nji surat)

3. Işe giriziji klawişany (8) basmak arkaly umumy ýük güýji döredilýär. Basmak tamamlanandan soň esasy ýük güýji awtomatiki usulda aýrylýar, indikatoryň uly strelkasy degişli şkalada Rokwell boýunça gatylygy görkezýär.

4. Mahowigi (5) sagat strelkasynyň ugrunyň tersine aýlap, eşkin (3) aşak düşürilýär we nusga (4) aýrylýar.

5. Her nusganyň synagy azyndan üç gezek geçirilýär. Şunlukda, gatylygyň üç gezek ölçegleriniň tapawudy baş bölek birliğinden köp bolmaly däl. Uly tapawutlar bolanda, tä berlen şertler ýerine ýetýänçä ölçegleri dowam etmeli.

6. Ölçegleriň netijelerini 8-nji tablisa ýazmaly (10-17 sütün).

#### 4.3. Ölçegleriň netijelerini işlemek.

1. Rokwelliň usuly boýunça alnan ölçegleriniň gatylyk sanyny 7-nji tablisa boýunça HB gatylyk sanyna geçirmeli. Netijeleri 18-nji sütüne ýazmaly (8-nji tablisa).

2. «Gatylyk HB – nusgada uglerodyň mukdary C%» koordinatada baglylyk grafigini gurmaly. Bu baglylyk grafiginde, Brinelliň usuly boýunça alnan ölçegleriniň baglylygyny gara çyzyk bilen, Rokwelliň usuly boýunça alnan ölçegleriniň baglylygyny ştrih çyzyk bilen aňlatmaly.

3. Netijede gatylygy Brinelliň we Rokwelliň usullary bilen geçirilen gatylyk ölçeglerine baha bermeli we 9-njy tablisada görkezmeli.

**Tejiribäniň netijeleri:**

Gatlylgy ölçemegin beýany

Poladyň kysymy	Brinelliň usuly boýunça synag							Rokwelliň usuly boýunça synag										Gatlyk, HB											
	Şariginiň diametri, mm	Ýüküň güýji, keG	Saklamagyň wagty, sekunt	Ölçeşleriň netijeleri				Ölçeşleriň netijeleri																					
				1	2	3	Ortaça baly	3																					
2	3	4	5	6	7	8	9	10	HRB	HRG	11	12	HRB	HRG	13	HRB	HRG	14	HRB	HRG	15	HRB	HRG	16	HRB	HRG	17	18	
1																													



Uglerodyň möçberi, %	Poladyň kysymy	Brinell boýunça synag					Rokwell boýunça synag		Berkligiň çägi $\sigma_{\text{B}}$ <i>kg/mm<sup>2</sup></i>
		Diametr <i>mm</i>		Basyş güýji, <i>P</i> , <i>MPa</i>	Gatylyk		Basyş güýji <i>P</i> , <i>MPa</i>	Gatylyk HRB	
		Şar, <i>D</i>	Oýujak, <i>d</i>		Aňlatma boýunça hasaplanyşynyň usuly	Tablisa boýunça			

4.3. Hasabatynyň mazmuny.

- 1. Işiň maksadynyň ýazgysy.
- 2. Brinelliň we Rokwelliň usullary bilen gatylyk ölçenilende fiziki birliginiň manysy.
- 3. Dürli kysymly polatlaryň gatylygy synag edilendäki netijeleriniň tablisasy.
- 4. Polatlaryň gatylygynyň düzüminde saklaýan ugleroda baglylygynyň grafigi.
- 5. Synaglaryň netijeleri boýunça hasabat.

4.4. Barlag soraglary.

- 1. Gatylyk munuň özi näme?
- 2. Brinell boýunça gatylygyň ölçeg birligi deregine näme kabul edilen?
- 3. Ýük güýji nähili saýlanyp alynýar?
- 4. Şarigiň diametri nähili saýlanyp alynýar?
- 5. Brinelliň usuly boýunça gatylyk nähili kesgitlenilýär?

6. Brinell boýunça gatylyk sany nähili usulda ýazylýar?
7. Brinell usulynyň nähili artykmaçlyklary bar?
8. Brinelliň usulynyň nähili kemçilikleri bar?
9. Brinelliň we Rokwelliň usullary bilen gatylyk ölçenilende galdyran yzy nusganyň gyrasyndan we biri-birinden näçe aralykda ýerleşmeli?
10. Rokwell boýunça gatylygyň ölçeg birligi deregine näme kabul edilen?
11. Rokwelliň usulyny ulanyp synag edilende indentor (uçluk) nähili saýlanyp alynýar?
12. Rokwelliň gatylygy ölçegijinde synag edilende, öňünden goýulýan ýük güýji nähili üpjün edilýär?
13.  $A$ ,  $B$  we  $C$  şkalalar boýunça ýük güýji (öňünden goýulan, esasy we umumy) nämä deň?
14.  $A$ ,  $B$  we  $C$  şkalalar nähili materiallary ölçemek üçin hyzmat edýär?
15. Rokwell boýunça gatylyk nähili ýazylýar?

## 5-nji iş

# GYZGYNLYK DEREJESINI ÖLÇEÝÄN ENJAMLARYŇ GURLUŞY WE ÇYZGYSY

## 1. Işiň maksady

Metallaryň we splawlaryň gyzgynlyk derejesini ölçeýän enjamlaryň gurluşyny öwrenmek we olaryň çyzgysyny çyzmak.

## 2. İş ornunyň enjamlaşdyrylyşy

- 2.1. Tigeller (gapjagazlar) we mufel ýa-da tigel peçleri.
- 2.2. Termoelektrik pirometr ýa-da simaply termometr.
- 2.3. Sekundomer.

## 3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary

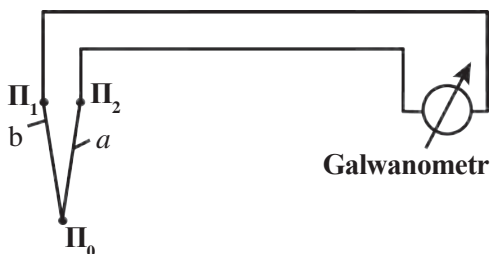
Gyzgynlyk derejesini ölçeýän enjamlaryň gurluşyny öwrenmek we olaryň çyzgysyny çyzmak metallarda we splawlarda ýokary gyzgynlykda bolup geçýän hadysalara gözegçilik etmäge mümkinçilik

berýär. Jisimiň gyzyş derejesini häsiýetlendirýän ululyga *gyzgynlyk* derejesi diýilýär.

-30°C-den 550°C-a çenli gyzgynlyk derejesini ölçemek üçin, adaty, simaply termometrden peýdalanylýar. -30°C-dan pes we 1660°C-a çenli gyzgynlyk derejelerini ölçemek üçin termoelektrik pirometrden (18-nji surat) peýdalanylýar.

Pirometr termoparadan we galwanometrden ybaratdyr. Termopara biri-birleri bilen  $\Pi_0$  nokatda kebşirlenen (gyzgyn tutdurma) iki sany dürli geçirijilerden düzülendir.

Geçirijiler uzynlygy boýunça biri-birlerinden izolirlenen bolmalydyr.



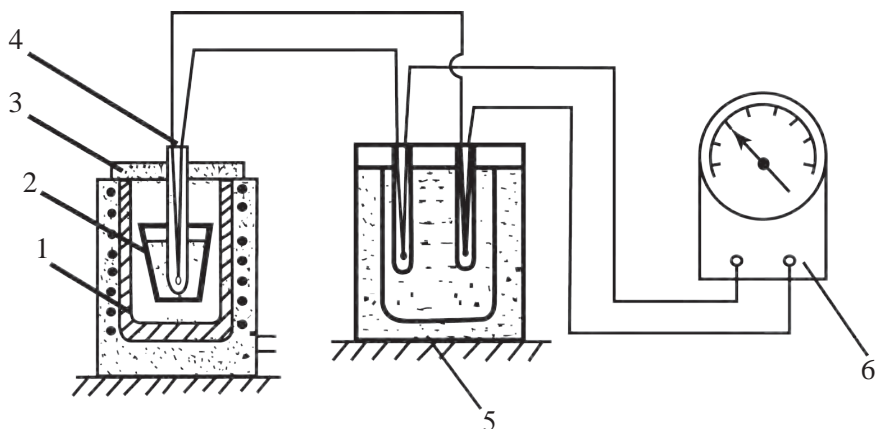
18-nji surat. Termoelektrik pirometriň çyzygysy

Termoparanyň 20°C hemişelik gyzgynlyk derejeli  $\Pi_1$  we  $\Pi_2$  uçlaryna mis geçirijileri çatylyar (sowuk tutdurma), mis geçirijilerine bolsa öz gezeginde galwanometr çatylyar.  $\Pi_0$  gyzgyn tutdurma gyzan mahalynda zynjyrdan termoelektrik hereketlendiriji güýjüne (termo-EHG) bagly bolan, termopara bilen köpeldilýän elektrik togy emele gelýär.

Termo -EHG gyzgyn we sowuk tutdurmalaryň gyzgynlyk derejeleriniň arasyndaky tapawuda baglydyr.

Eger zynjyry galwanometriň üsti bilen ýapsak, onda galwanometr termo-EHG-ni ölçär. Galwanometriň milliwoltlarda görkezýän görkezmelerini tarrirleýji egri çyzyklaryň kömegi bilen Suw-20°C-ä öwürüp bolýar.

19-njy suratda metallaryň we splawlaryň kritiki nokatlaryny kesgitlemek üçin ulanylýan gurnamanyň çyzygysy görkezilen. Gurnama içinde synag edilýän splawly tigel ýerleşdirilen elektrik pejinden (1), termoparadan (3), termostatdan (5), birikdiriji geçirijilerden (4) we galwanometrden (6) düzülendir.



19-njy surat. Metallaryň we splawlaryň kritiki nokatlaryny kesgitleýän gurnamanyň çyzgysy

#### 4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar

- 4.1. Pirometr näme üçin niýetlenen?
- 4.2. Gyzgynlyk bilen derňew näme üçin niýetlenen?
- 4.3. Termoparanyň işleýşini düşündiriň.
- 4.4. Gyzgynlyk bilen derňewi geçirmek üçin ulanylýan enjamlary sanap geçiň.

#### Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat

##### 1.Ýumuşlar

1.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplary bilen iş ýerinde tanyş boluň.

1.2. Metallaryň we splawlaryň kritiki nokatlaryny kesgitlemek üçin ulanylýan gurnawyň çyzgysyny çyzyň.

## **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

2.1. İş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplarynyň ýerine ýetirilişi barada netije.

2.2. Metallaryň we splawlaryň gyzgynlyk bilen seljermesiniň maksady we häsiýetnamasy.

a) termoelektrik pirometriň çyzgysyny çyzyň.

b) metallaryň we splawlaryň kritiki nokatlaryny kesgitlemek üçin ulanylýan gurnawyň çyzgysyny çyzyň.

### **6-njy iş**

## **GURŞUNYŇ WE GALAÝYNYŇ GYZGYNLYK BILEN DERŇEWI**

### **1. İşniň maksady**

Metallaryň we splawlaryň sowadylyşynyň egri çyzyklarynyň gurluşynyň we olarda gyzgynlyk derňew usuly bilen kritiki nokatlaryň kesgitlenişiniň usulyýetini özleşdirmek, gurşun -galaýy splawlarynyň hal diagrammasyny gurmak.

### **2. İş ornunyň enjamlaşdyrylyşy**

2.1. Sap gurşun, sap galaýy hem-de düzüminde 30; 61,9 we 80% galaýyny saklaýan gurşun bilen galaýynyň splawlary.

2.2. Tigeller (gapjagazlar) we mufel ýa-da tigel peçleri.

2.3. Termoelektrik pirometr ýa-da simaply termometr.

2.4. Sekundomer.

### **3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary**

Splawlaryň hal diagrammasy olaryň düzümlerine we gyzgynlyk derejelerine görä fazalarynyň we gurluşlarynyň üýtgeýşini görkezýän şekildir.

**3.1.** Metallaryň we splawlaryň gyzgynlyk bilen derňewiniň maksady we häsiýetnamasy.

Hal diagrammalaryň gurluşynyň birnäçe usullary bardyr. Islendik usulyň düýp mazmuny gyzdyrylanda ýa-da sowadylanda metallaryň we splawlaryň kritiki nokatlaryny kesgitlemekden ybaratdyr. *Kritiki nokat* diýlip, splawlarda haýsy-da bolsa bir öwrülmäniň bolup geçýän gyzgynlyk derejesine aýdylýar. Splawlarda islendik öwrülmeler kesgitlenen gyzgynlyk derejelerinde kesgitlenen ýylylyk effekti bilen bolup geçýär.

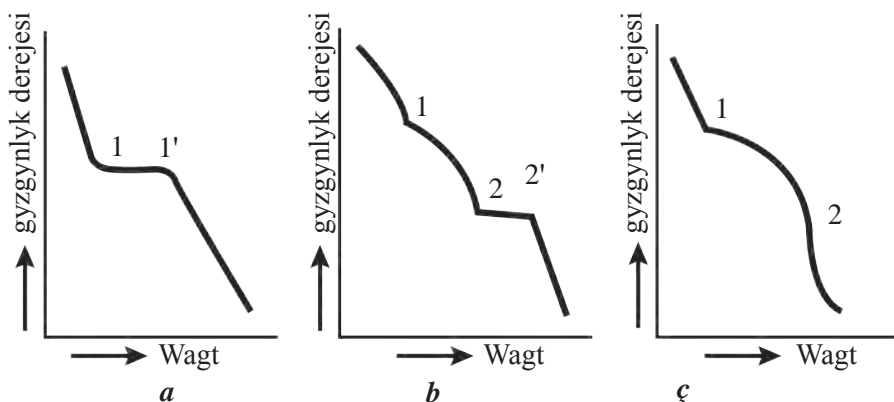
Suwuk halyndan kristallaşma barşyna gözegçilik etmegiň iň ýönekeý we amatly usuly gyzgynlyk bilen derňemekdir.

Suwuk halyndan kristallaşma barşy ep-esli ýylylyk effekti (ýylylygyň bölünip çykmagy) bilen bolup geçýär. Bu bolsa gyzgynlyk bilen derňewi kritiki nokatlary kristallaşmanyň başdaky we soňky gyzgynlyk derejelerini kesgitlemek üçin ulanmaga mümkinçilik berýär.

Gyzgynlyk usul bilen hal diagrammalarynyň gurluşy A we B komponentleri dürli möçberde bolan splawlaryň toplumyny taýýarlamaýan hem-de «Gyzgynlyk derejesi–Wagt» koordinata ulgamynda her bir splaw üçin sowadylyşyň ýa-da gyzdyrylyşyň egri çyzygyny (görkezijisini) gurmakdan ybaratdyr.

Splawlardaky dürli öwrülmeleriň bolup geçýän halatynda ýylylygyň bölünip çykmagy sowadylanda olaryň gyzgynlyk derejesiniň üýtgeýşiniň tizligine täsir edýär. Sowadylyşyň egri çyzyklarynda döwürmeler ýa-da kese meýdançalar emele gelýär. Sowadylyşyň egri çyzygynda döwürleme emele gelse, onda şu halatda faza öwrülmesi gyzgynlyk derejesi aralygynda bolup geçýär. Eger sowadylyşyň egri çyzygynda kese meýdança emele gelse, onda faza öwrülmesi hemişelik gyzgynlyk derejesinde bolup geçýär. Şu döwürmeler we kese meýdançalar kritiki nokatlara, ýagny splawda haýsy-da bolsa bir öwrülmäniň bolup geçýän gyzgynlyk derejelerine degişlidir.

Sap metallaryň, durnukly himiki birleşmeleriň we ewtektiki splawlaryň sowadylyşynyň egri çyzyklarynda (görkezijilerinde) bir kritiki nokat bolýar (20-nji a surat).



**20-nji surat. Sowadylyşyň egri çyzyklary:**

*a–sap metallara, himiki birleşmelere , ewtektiki splawlar degişli;*

*b, ç–ewtektika çenli we ewtektikadan soňky splawlaryňky.*

Ewtektika çenli we ewtektikadan soňky splawlaryň sowadylyşyňyň egri çyzygynda iki kritiki nokat bolýar.

**3.2.** Galaýynyň, gurşunyň we olaryň splawlarynyň kristallaşma gyzgyňlyk derejeleriniň kesgitlenişiniň usuly.

Talyplaryň topary 2 adamdandan 5 sany posta bölünýärler. Iki posta sap metallar, galan postlara bolsa splawlar berilýär:

Post 1 -sap gurşun;

Post 2 -sap galaýy;

Post 3 -ewtektiki splaw, 38,1 % Pb + 61,9 % Sn;

Post 4 -ewtektika çenli splaw, 20 % Pb + 80 % Sn;

Post 5 -ewtektikadan soňky splaw, 70 % Pb + 30% Sn;

Kristallaşma gyzgyňlyk derejelerini simaply termometriň kömegi bilen kesgitlemek üçin şu aşakdakylary ýerine ýetirmek zerurdyr:

1. 150-200 gramdan sap metallary we kesgitlenen düzümlü splawlary taýýarlamaly;
2. Metallary we splawlary tigelde eretmeli (aşarak gyzdyryp);
3. Içi ergin metally we splawly tigelleri asbest astlygyň üstünde goýmaly.
4. Ergin metally (splawly) tigeliň içine termometri ýerleşdirmeli;

5. Her 10 sekuntadan termometriň görkezmesini tablisa (10-njy tablisa ýazmaly) ýazgyny metal ýa-da splaw doly gatandan 2-3 minut soň bes etmeli;

6. Alnan kritiki nokatlar boýunça «Gyzgynlyk derejesi–Wagt'(T, °C–t,s) koordinata ulgamynda sowadylyşyň egri çyzygyny gurmaly.

7. Gurlan egri çyzyklarda kristallaşmanyň gyzgynlyk derejelerini kesgitlemeli. Bu gyzgynlyk derejesi egri çyzygyň kese meýdançasyna (sap metal ýa-da ewtektiki splaw gatanda) ýa-da döwürleme nokadyna (ewtektiki splawdan beýleki ähli splawlar gatanda) degişlidirler. Soňky ýagdaý üçin iki gyzgynlyk derejesini, ýagny kristallaşmagyň başdaky we soňky gyzgynlyk derejelerini kesgitlemeli.

*10-njy tablisa*

### Termometriň görkezmeleri

Wagt, s	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
Gyzgynlyk derejesi, °C													

### 3.3. Hal diagrammasynyň gurluşynyň usuly.

Diagrammany ähli postlaryň netijelerine görä, sap metallaryň we olaryň splawlarynyň sowadylyş egri çyzyklaryndan alnan, kristallaşmanyň kritiki nokatlary boýunça gurýarlar (20-nji surat).

Diagrammany gurmak üçin aşakdakylar zerurdyr:

1. «Gyzgynlyk derejesi–Düzüm» (T, °C–K, %) koordinata ulgamyny toplamaly.

2. Absissalar okuny bölmeli we splawlaryň düzümini bellemeli, ordinatalar okunda gyzgynlyk derejesini bellemeli.

3. Absissalar okunda synag edilen splawlara degişli nokatlary bellemeli we şol nokatlaryň her biriniň üstünden perpendikulýar (absissa okuna perpendikulýar çyzyk) geçirmeli, ýagny splawlaryň çyzygyny geçirmeli.

4. Her bir çyzygyň üstünde postlarda alnan kristallaşma gyzgynlyk derejeleri nokatlar bilen bellemeli.

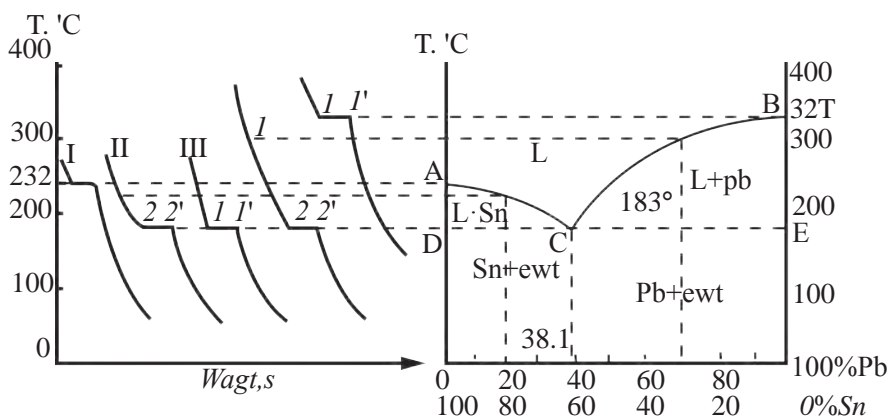
5. Splawlaryň kristallaşmagynyň soňuny häsiýetlendirýän nokatlary çyzyk bilen birikdirmeli. Şu nokatlaryň ählisi bir gyzgynlyk de-



rejesinde –  $183^{\circ}\text{C}$ -da ýerleşendir, şonuň üçin olary birleşdirýän çyzyk kese ýagdaýda bolýar. Şol çyzygy çepdäki we sagdaky ordinatalara çenli dowam etdirmeli.

6. Splawlaryň kristallaşmagynyň başlamagyny görkezýän nokatlary endigan çyzyk bilen birleşdirmeli we ony sap metallaryň ( $\text{P}-327^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Sn}-232^{\circ}\text{C}$ ) kristallaşma nokatlaryna çenli dowam etdirmeli.

Hal diagrammasyndaky splawlaryň kristallaşmagynyň başdaky nokatlarynyň köplügi *likwidus* çyzygyny emele getirýär. Likwidus çyzygy iki bölekden ybaratdyr.



21-nji surat. Gurşun-galaýy hal diagrammasynyň gurluşy

*AC*–galaýynyň kristallaşmagynyň başdaky nokatlary.

*CB*–gurşunyň kristallaşmagynyň başdaky nokatlary.

Likwidus çyzygynyň her bir nokady şol gyzygynlyk derejesinde bölünip çykýan gaty kristallary bolan, deňagramly ýagdaýdaky ergin splawynyň himiki düzümini kesgitleýär.

Ähli splawlaryň soňky kritiki nokatlary *DCE* kese çyzygy emele getirýär. Şol çyzyga *solidus* çyzygy diýilýär.

Hal diagrammasynyň çyzyklary deňagramly fazalaryň şu aşakdaky böleklerini çäklendirýärler:

*ACB*-den ýokarda suwuk splaw,

*ACD* bölegi–galaýynyň kristallary we suwuk splaw,

*BCE* bölegi–gurşunyň kristallary we suwuk splaw,

*DCE*-den aşakda – splaw gaty halynda bolýar.

Berlen ulgamyň ähli splawlary ewtektika çenli (Pb-38,1%-den az bolsa), ewtektiki (Pb-38,1%) we ewtektikadan soňky (Pb-38,1%-den köp bolsa) splawlara bölünýärler.

Ewtektika çenli splawlaryň gurluşlary galaýynyň we ewtektikanyň dänelerinden, ewtektikadan soňky splawlaryň gurluşlary bolsa–gurşunyň we ewtektikanyň dänelerinden durýar.

Berlen hal diagrammasyny emele getirýän komponentler suwuk halynda çäksiz ereýjilikleri bilen, gaty halynda bolsa özara ereýjilikleriniň ýoklugy bilen häsiýetlendirilýär.

Sowadylyşynyň egri çyzygynyň mysalynda 2 ewtektika çenli splawyň kristallaşma baryşyna seredip geçeliň (*21-nji surat*). Sowadylyşyň egri çyzyklaryny derňew etmek üçin  $C = K - F + I$  aňlatma bilen aňladylyan fazalaryň düzgüni (Gibbesiň düzgüni) ulanylýar. Aňlatmada:  $C$ –erkinlik derejesiniň, ýagny splawdaky fazalaryň sanyny üýtgetmezden ulanyp bolýan daşky faktorlaryň (gyzgyňlyk derejesi we göterim möçberi) sany,  $K$ –komponentleriň sany (Pb-Sn splawynda  $K=2$ ),  $F$ –fazalaryň sany.

*Faza* diýlip, splawyň beýleki böleklerinden bölüji üst bilen bölünip aýrylan himiki birmeňzeş bölegine aýdylýar. Himiki elementler, himiki birleşmeler, suwuklyklar we gaty erginler faza bolup bilerler.

1-nji nokatdan ýokarda splaw suwuk halynda bolup, bir faza eýedir. Onda  $C=2-1+1=2$ . Iki erkinlik derejesinde, şu bölekde splawyň birmeňzeş suwuk halyny üýtgetmän, göterim möçberini we gyzgyňlyk derejesini üýtgedip bolar. Sowadylyşyň egri çyzygy çalt aşak inýär.

Likwidus çyzygyndaky 1-nji nokatda kristallaşma baryşy başlaýar, suwuk splawdan galaýynyň kristallary bölünip çykyp başlaýar we bu baryş 2-nji nokada çenli dowam edýär.

1-nji we 2-nji nokatlaryň arasynda iki faza-suwuk we gaty fazalar bolýar. Onda  $C=2-2+1=1$ . Bir erkinlik derejesinde erkin üýtgeýän ululyk diňe gyzgyňlyk derejesidir.

Gyzgyňlyk derejesiniň peselmegi bilen splawyň suwuk böleginiň düzümi ondan galaýynyň bölünip aýrylýandygy üçin  $AC$  çyzyk boýunça üýtgeýär we *DCE* çyzygyndaky 2-nji nokatda kesgitlenen düzümi ( $C$  nokat) ewtektika ýetýär. Netijede 2 we 2' nokatlaryň

(DCE çyzygy) arasynda galan suwuk splaw kristallaşyp galaýydan we gurşundan durýan ewtektika öwrülýär. Erkinlik derejesiniň sany  $C=2-3+1=0$ . Şu halatda şeýle köp ýylylyk bölünip çykyp, gyzgynlyk derejesi hemişelik bolup galýar.

2' nokatdan aşakda splaw doly gaty halyna bolýar. Onuň gurluşy galaýynyň we ewtektikanyň kristallaryndan durýar. Ewtektika galaýynyň we gurşunyň ýaýraw (dispersiýa) garyndysydyr. Şu bölekde splaw iki fazadan – galaýynyň we gurşunyň kristallaryndan durýar. Onda erkinlik derejesiniň sany  $C=2-2+1=1$ . Sowadylyşyň egri çyzygy 1 we 2 nokatlaryň arasyndaky ýaly bolup aşak inýär.

#### **4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar**

4.1. Gyzgynlyk bilen derňew näme üçin niýetlenen?

4.2. Hal diagrammasy diýlip nämä aýdylýar?

4.3. Gurşun bilen galaýynyň splawynda näçe sany kritiki nokat bar?

4.4. Sap metalyň sowadylyş egri çyzygynda näçe sany kritiki nokat bar?

4.5. Ewtektikanyň soňky splawyň sowadylyş egri çyzygynyň görnüşi nähili bolýar?

4.6. Näme üçin sowadylyşyň egri çyzygynda döwürmeler we meýdançalar alynýar?

4.7. «Gurşun-galaýy» ewtektikasynda näçe faza bar?

4.8. Gyzgynlyk bilen derňewi geçirmek üçin ulanylýan enjamlary sanap geçiň.

4.9. Özünden ýokarda ähli splawlar bir fazaly, suwuk halyna bolýan hal diagrammasynyň çyzygy nähili atlandyrylýar?

4.10. Hal diagrammasynyň islendik nokady nämäni häsiýetlendirýär?

4.11. Faza diýlip nämä aýdylýar? Gibbsiň fazalar düzgüniniň aňlatmasyny getirip görkeziň.

4.12. Pirometr näme üçin niýetlenen?

## **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

### **1. Ýumuşlar**

1.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplary bilen iş ýerinde tanyş boluň.

1.2. Metallaryň we splawlaryň gyzygynlyk bilen seljermesiniň maksadyny we häsiýetnamasyny gysgaça ýazyp beýan ediň.

1.3. Metallaryň we splawlaryň kritiki nokatlaryny kesgitlemek üçin ulanylýan gurnawyň çyzgysyny çyzyň.

1.4. Kristallaşmagyň gyzygynlyk derejesiniň kesgitlenilişiniň usulyny peýdalanyp, berlen metal (splaw) üçin masştabda, sowadylyşyň synag egri çyzygyny guruň.

1.5. Gurlan sowadylyş egri çyzygyndan kritiki nokatlary kesgitläň.

1.6. Beýleki dört iş ornunyň netijelerini peýdalanyp metallar (splawlar) üçin kritiki nokatlaryň gyzygynlyk derejelerini ýazyň.

1.7. Barlagyň ähli iş orunlaryndaky netijelerinden peýdalanyp, splawlaryň hal diagrammasyny guruň (hal diagrammasynyň gurluşynyň usulyna seret).

1.8. Alnan sowadylyş egri çyzyklaryny, fazalar düzgüniniň kömegi bilen seljeriň.

### **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

2.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplarynyň ýerine ýetirilişi barada netijeleri gysgaça ýazyň.

2.2. Metallaryň we splawlaryň gyzygynlyk bilen seljermesiniň maksady we häsiýetnamasy baradaky düşüňjeleriňizi aýan ediň.

2.3. Alnan sowadylyş egri çyzyklaryny, fazalar düzgüniniň kömegi bilen seljerilişiniň netijelerini çyzyp görkeziň.

## 7-nji iş

# DEMİR - UGLEROD SPLAWLARYNYŇ HAL DIAGRAMMASYNY ÖWRENMEK

### 1. Işň maksady

Demir-uglerod hal diagrammasyny (nokatlar, çyzyklar, zolaklar we gurluşlar) dürli möçberli uglerodly splawlar gyzdyrylanda we sowadylanda bolup geçýän faza we gurluş öwürlmelerini, fazalaryň we kesimleriň düzgüniniň ulanylyşyny öwrenmek.

### 2. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy

2.1. Demir-uglerod hal diagrammasynyň we sowadylyş egri çyzyklarynyň asmaçasy.

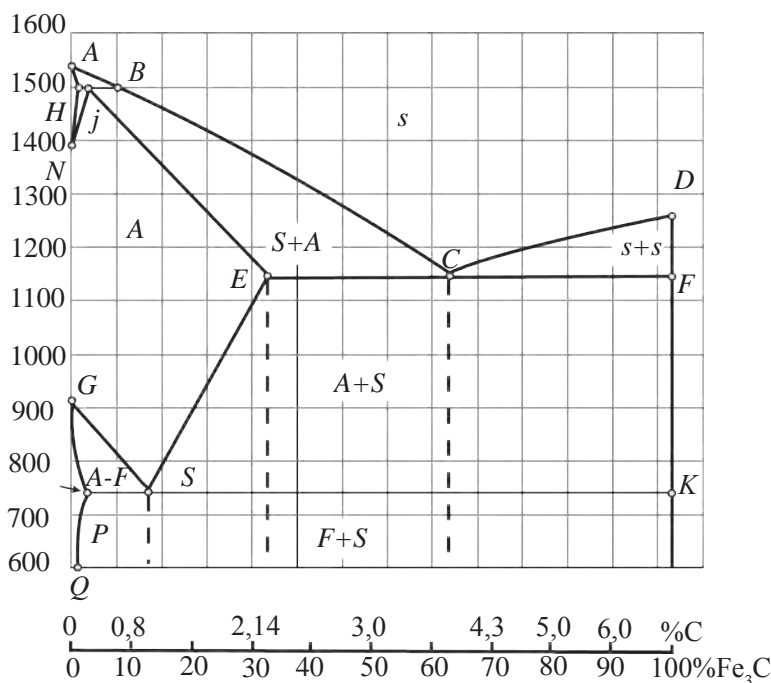
### 3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary

Demir-uglerod hal diagrammasy (22-nji surat) 0%-den 6,67%-e çenli uglerodly saklaýan splawlary öz içine alýar we demir-uglerod splawlary (polatlar we çöýunlar) gyzdyrylanda we sowadylanda bolup geçýän baryşlara düşünmek üçin esas bolup hyzmat edýär.

Ulgamyň komponentleriniň esasy häsiýetnamalaryna seredip geçeliň. Sap demir kümüşsow açyk reňkli metaldyr. Demriň eremek gyzgynlyk derejesi  $1539^{\circ}\text{C}$ , dykzylygy  $7,68 \text{ t/m}^3$ . Demir ýokary bolmadyk gatylyga, berklige we oňat çeyelige eýedir: HB 80,  $\sigma_b = 25 \text{ kg/m}^2$ ;  $\sigma_{o2} = 12 \text{ kg/m}^2$ ;  $\delta=50\%$ .

Demir sowadylyş egri çyzygynda görkezilen (23-nji surat) birnäçe ýönekeý görnüşe eýedir.

Birinji gyzgynlyk derejesiniň saklanmasy demir suwuk halyndan gaty halyna geçýän halatynda, ýagny  $1539^{\circ}\text{C}$ -de bolup geçýär. Şonda  $a=2,93\text{Å}$  gözegçilik göwrüm merkezleýin kubly kristallik gözenegi bolan  $\alpha$ -demir ( $\text{Fe}_\alpha$ ) emele gelýär.  $1392^{\circ}\text{C}$ -de  $\text{Fe}_\alpha$  başga bir allotropik görnüşe  $a=3,64\text{Å}$  parametrli gran merkezleýin kubly kristallik gözenegi bolan  $\gamma$  demre ( $\text{Fe}_\gamma$ ) geçýär.  $910^{\circ}\text{C}$ -de  $\gamma$  demir  $a=2,90\text{Å}$  parametrli göwrüm merkezleýin kubly kristallik gözenegi bolan  $\alpha$  demre ( $\text{Fe}_\alpha$ ) geçýär. Şondan soň  $768^{\circ}\text{C}$ -de magnitlenmeýän  $\alpha$  demir  $a=2,86\text{Å}$  parametrli göwrüm merkezleýin kubly kristallik gözenekli magnitlenýän  $\alpha$  demre öwürülýär.

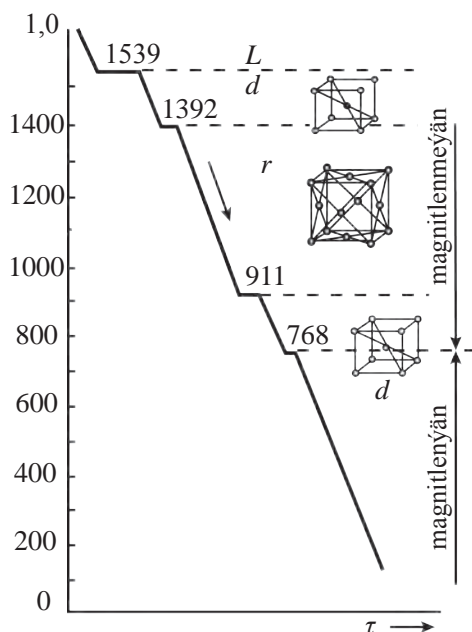


22-nji surat. Demir-uglerod splawlaryň hal diagramması

Uglerod tebigatda çylşyrymly kub gözenekli almaz görnüşinde we geksagonal gözenekli grafit görnüşinde duş gelyär. Grafitiň dykzlygy  $2,25 \text{ t/m}^3$ , berkligi  $\sigma_b = 2\text{—}4 \text{ MPa/mm}^2$ .  $3650^\circ\text{C}$ -da grafit gaz halyna geçýär. Grafitiň suwuk haly bolmaýar. Ol gaty halyndan göni gaz halyna geçýär. Grafit çal, sozulagan we ýokary berklikli çöýunlaryň hem-de birnäçe ýörite polatlaryň düzüminde gabat gelyär.

Demir-uglerod hal diagrammasyna laýyklykda gyzdyrylanda we sowadylanda demir-uglerod splawlarynda şu gurluş düzüjileri: ferrit, austenit, sementit, perlit we ledeburit alnyp bilner.

**Ferrit** uglerodyň  $\alpha$  demirdäki ornaşdyрма gaty erginidir. Ferritiň göwrümi merkezleýin kubly kristallik gözenegi bolýar. Onuň gurluşy bir fazadan üýtgeýän düzümlü gaty erginden durýar.



23-nji surat. Sap demriň sowadylyş egri çyzygy

Ferritiň bir fazaly ýagdaýynyň iki sany bölegi – ANH ýokary gyzygynlyk derejeli we GPQ pes gyzygynlyk derejeli bölekleri bardyr.

Ferritde uglerodyň möçberi (ereýjiligi) gyzygynlyk derejesine baglydyr. Ferritde uglerodyň iň ýokary möçberi 727°C gyzygynlyk derejede 0,025%-e deňdir, iň pes möçberi bolsa 0°C gyzygynlyk derejede 0,006%-e barabardyr. Ferrit ýokary bolmadyk gatylyga (HB 80-100) we ýokary çeýelige eýedir.

**Austenit** uglerodyň  $\gamma$  demirdäki ornaşdyrma gaty garyndysydyr. Austenitiň gran merkezleýin kubly kristallik gözenegi bolýar. Onuň gurluşy ferritiňki ýaly üýtgeýän düzümi bir fazadan, ýagny gaty erginden durýar. Austenit diagrammanyň örän uly NJESG bölegini tutýar.

Austenitde uglerodyň iň ýokary möçberi 1147°C gyzygynlyk derejede 2,14%-e deňdir, iň pes möçberi bolsa 727°C gyzygynlyk derejede 0,8%-e barabardyr.

Gyzygynlyk derejesi näçe ýokary bolsa austenitdäki uglerodyň möçberi şonça-da ýokarydyr.

Austenit ferromagnetik dälidir we şu mehaniki häsiýetlere eýedir:  
 $\sigma_b = 60 \text{ MPa/mm}^2$ ;  $\delta=60\%$ ; HB 180-200.

**Sementit** demir bilen uglerodyň himiki birleşmesidir. Onuň himiki aňlatmasy  $\text{Fe}_3\text{C}$  (demir karbidi) bolup, ol özünde 6,67% uglerody we 93,33% demri saklaýar. Sementitiň gurluşy bir fazalydyr. Onuň kristallik gözenegi örän çylşyrymlydyr.

Sementit ýokary gatylyga HB 800, berklige  $\sigma_b = 200 \text{ MPa}$ , 0% portluga eýedir. 217°C gyzygynlyk derejeden aşakda ol ferromagnet häsiýetlidir.

Üç hili sementiti tapawutlandyryrlar:

1. Birinji sementit. Ol uglerody 4,3%-den köp saklaýan demir-uglerod splawlarynyň ählisinde kristallaşma mahalynda suwuk fazadan bölünip çykýar. (DC çyzykdan aşakda, 22-nji surat).

2. Ikinji sementit ikinji kristallaşma mahalynda uglerody 0,8%-den köp saklanýan demir-uglerod splawlarynyň ählisine 1147°C-dan 727°C-a çenli gyzygynlyk derejesi aralygyndan austenitden bölünip çykýar.

3. Üçünji sementit üçünji kristallaşma mahalynda uglerody 0,006%-dan köp saklaýan demir-uglerod splawlarynyň ählisinde 727°C-dan 0°C-a çenli gyzygynlyk derejesi aralygynda ferritden bölünip çykýar.

**Perlit** ferrit bilen sementitiň efektoida mehaniki garyndysydyr. Perlit sowadylanda 727°C gyzygynlyk derejede kesgitlenen düzümlü (0,8% C) austenitden emele gelýär. Perlitde uglerodyň möçberi -0,8%. Onuň gurluşy iki fazadan ferritden we sementitden durýar.

Perlitiň mehaniki häsiýetleri sementitiň bölejikleriniň owranmak derejesine baglydyr. Sementitiň bölejikleri näçe uly bolsa perlitiň mehaniki häsiýetleri şonçada pesdir. Perlitiň berkligi  $\sigma_b = 55-130 \text{ MPa/mm}^2$ , gatylygy HB 160-260, çeýeligi  $\delta = 5-20\%$ .

**Ledeburit** sowadylanda 1147°C gyzygynlyk derejede kesgitlenen düzümlü (4,3% C) suwuk fazadan emele gelýän austenit bilen sementitiň ewtektiki mehaniki garyndysydyr. Ledeburit 1147°C gyzygynlyk derejede we şol gyzygynlyk derejeden 727°C gyzygynlyk derejesine çenli iki fazadan austenitden we sementitden durýar. 727°C



gyzgynlyk derejeden aşakda hem iki fazadan perlitden we sementitden durýar. Ledeburitde uglerodyň möçberi ähli halatda hemişelikdir we 4,3%-e deňdir.

Ledeburit ýokary gatylyga HB 700, portluga, pes çýelige  $\delta=1-2\%$  we ortaça berkligi  $\sigma_b=1000 \text{ Mpa/mm}^2$  eýedir.

Demir-uglerod hal diagrammasynyň her bir kritiki nokady degişli gyzgynlyk derejede splawyň takyk kesgitlenen düzümini häsiýetlendirýär. Diagrammadaky nokatlaryň koordinatalarynyň bahalary 11-nji tablisada ýazylýar.

11-nji tablisa

### Kritiki nokatlaryň koordinatalary we olardaky faza öwrülmeleri

Nokatlaryň belgilenilişi	Gyzgynlyk derejesi, °C	C-niň möçberi, %	Fazalaryň öwrülmeleri	Fazalaryň atlary	Fazalaryň sany
A	1539	0			
B	1499	0,5			
H	1499	0,1			
J	1499	0,1			
N	1392	0			
E	1147	2,14			
C	1147	4,3			
F	1147	6,67			
D	1250	6,67			
G	911	0			
P	727	0,02			
S	727	0,8			
K	727	6,67			
Q	600	0,01			
L	600	6,67			

*ABCD* çyzygy *likwidus* çyzygydyr. Şu çyzykdan ýokarda splawlar suwuk halda bolup suwuk ergini emele getirýärler. Diýmek, *ABCD* çyzygyndan ýokarda bir faza bolýar, onda

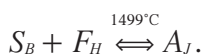
Gibbsiň fazalar düzgüniniň esasynda erkinlik derejesiniň sany  $C=K-F+1=2-1+1=2$ . Diýmek, ulgamyň deňagramlylygyny üýtgetmän iki görkezijini üýtgedip bolýar.

*AHJECF* çyzygy *solidus* çyzygydyr. Şu çyzykdan aşakda ähli splawlar gaty halnda bolýarlar.

*AB* çyzygy suwuk erginden ferritiň gatamagynyň çykyp başlamagynyň gyzgynlyk derejesini görkezýär. Gyzgynlyk derejesiniň peselmegi bilen suwuk fazanyň düzümi *AB* çyzygy boýunça üýtgär.

Gyzgynlyk derejesi  $1499^{\circ}\text{C}-a$  ýetende suwuk fazanyň düzümi *B* nokada gabat geler, gaty fazanyň (ferritiň) düzümi bolsa *H* nokada gabat geler. Şu gyzgynlyk derejesinde suwuklyk we ferrit biri-birlerine täsir edip başlaýar we düzümi *J* nokada degişli bolan täze gatamalar – austenitiň gatamalary emele gelip başlaýar.

Öwrülmede takyk kesgitlenen düzümlü iki faza – suwuklyk we gaty erginler biri-birleri bilen täsir edişip kesgitlenen düzümlü üçünji fazany emele getirýän bolsa, onda ol öwrülmä *peritektiki öwrülme* diýilýär. Biziň ýagdaýymyza bu öwrülme hemişelik gyzgynlyk derejesinde (*HJB* çyzygy)  $1499^{\circ}\text{C}$ -de bolup geçýär, peritektiki reaksiýasy bolsa sowadylanda şu aşakdaky görnüşde bolup geçýär:



*HJB* kese çyzygynda deňagramly ýagdaýda iki sany gaty faza we bir suwuk faza bolýar. Gyzdyrylanda ters öwrülme bolup geçýär.

*BC* we *DC* çyzyklary austenitiň (*BC*) we birinji sementitiň (*DC*) birinji gatamasynyň başlanmagy gyzgynlyk derejesini görkezýärler.

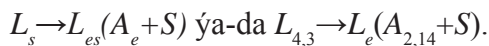
Gyzgynlyk derejesiniň peselmegine görä suwuk fazadan austenitiň kristallarynyň bölünip çykmagy bilen suwuk fazanyň düzümi uglerod bilen baýlaşýar we *BC* çyzygy boýunça üýtgeýär. Gaty fazanyň (austenitiň) düzümi bolsa ugleroda baýlaşar we *E* çyzygy boýunça üýtgär.

Gyzgynlyk derejesiniň peselmegi bilen suwuk fazadan birinji sementitiň kristallarynyň bölünip çykmagy bilen onuň düzümi ugleroda garyplaşar we *DC* çyzygy boýunça üýtgär. Gaty fazanyň (sementitiň) düzümi hemişelik bolup galýar we 6,67% uglerody saklaýar.

*BC* we *DC* çyzyklarynyň her birinde iki faza bardyr: *BC* çyzygynda austenit + suwuklyk, *DC* çyzygynda birinji sementit + suwuklyk. *BC* we *DC* çyzyklaryndan aşakda solidus çyzygyna çenli splawlar iki fazaly bolup, gaty fazadan we suwuklykdan durýarlar. Şu ýagdaýda ulgamyň erkinlik derejesiniň sany şeýle bolýar:  $C=2-2+1=1$ . Şol sebäpli fazalaryň sanyny saklamak üçin deňagramlylygyň diňe bir faktoryny ýa gyzgynlyk derejesini ýa-da konsentrasiýany üýtgetmek mümkindir.

**ECF çyzygy.** Gyzgynlyk derejesi  $1147^{\circ}\text{C}$ —a ýetende *E* nokatdan (2,14% C) *F* nokada (6,67% C) çenli konsentrasiýa aralygynda islendik splaw üçin suwuk fazanyň düzümi *C* nokada (4,3% C) degişli bolar. Şu gyzgynlyk derejesinde 4,3% uglerodly suwuk fazanyň galan bölegi şol mukdardaky, ýagny 4,3% uglerodly ewtektiki mehaniki garyndyny emele getirip kristallaşýar. Şu ewtektika **ledeburit** diýilýär.

**Ledeburit** *E* nokadyň (2,14% C) düzümindäki austenitden we 6,67% uglerody saklaýan sementitden durýar. Ledeburitiň emele gelşiniň reaksiýasyny şu aşakdaky ýaly görnüşde ýazyp bolar:



Ewtektika-ledeburit takyk kesgitlenen gyzgynlyk derejede ( $1147^{\circ}\text{C}$ ) emele gelýär. Şu ýagdaýda *ECF* çyzygynda deňagramlylykda kesgitlenen düzümlü üç faza bolýar: 4,3% uglerody saklaýan suwuklyk, 2,14% uglerody saklaýan austenit we 6,67% uglerody saklaýan sementit.

Şeýlelikde, *ECF* çyzygy ewtektikanyň (ledeburitiň) emele gelmeginiň gyzgynlyk derejesini we uglerody 2,14%-den köp saklaýan splawlaryň birinji kristallaşmasynyň soňunyň gyzgynlyk derejelerini görkezýär. 4,3% uglerody saklaýan splawyň gurluşy saga ýa-da çepde daşlaşdygyňça ledeburitiň mukdary azalar, artykmaç fazanyň (birinji sementite ýa-da austenite degişlilikde) birinji kristallarynyň mukdary bolsa köpeler. *E* nokatdan çepde ýerleşýän splawlaryň gurluşlary kristallaşma baryşy gutarandan soň (*GSEJN*) bölegi ýeke austenitden ybarat bolýar.

Sowadylanda ewtektiki öwrülmä sezewar bolýan splawlara *ak çoýunlar* (uglerodyň möçberi 2,14%-den köp) diýilýär. Ewtektiki öwrülme bolup geçmeýän splawlara *polatlar* diýilýär (uglerodyň möçberi 2,14%-e deň ýa-da ondan az).

*GS* çyzygy ikinji kristallaşmanyň başynyň gyzgynlyk derejesini görkezýär. Gyzgynlyk derejesi *GS* çyzykdan aşak peselende austenitden ferritiň kristallary bölünip çykýar. Gyzgynlyk derejesi peselende *S* nokatdan çepde ýerleşen splawlar üçin austenitiň düzümi uglerod bilen baýlaşar we *GS* çyzygy boýunça üýtgär.

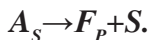
Şeýlelikde, *GS* çyzygynda austenitden ferritiň bölünip çykmagy başlanar. Şu ýagdaýa iki faza: ferrit we austenit gatnaşýar.

*SE* çyzygy *GS* çyzygy ýaly ikinji kristallaşmanyň başynyň gyzgynlyk derejesini görkezýär. Ýöne bu ýagdaýda gyzgynlyk derejesi *SE* çyzygyndan aşak peselende austenitden ikinji sementitiň kristallary bölünip çykar. Gyzgynlyk derejesi peselende *C* nokatdan sagda ýerleşen splawlar üçin austenitiň düzümi ugleroda garyplaşar we *SE* çyzygy boýunça üýtgär. *SE* çyzygynda austenitden ikinji sementitiň bölünip çykyp başlamagyna iki faza gatnaşýar. Diagrammanyň *NJE* we *GSE* çyzyklarynyň arasyndaky böleginde ulgam bir fazalydyr (austenitden durýar) we iki erkinlik derejesine eýedir:

$$C = 2 - 1 + 1 = 2.$$

### **PSK çyzygy.**

Gyzgynlyk derejesi 727°C-a ýetende uglerody 0,025%-den köp saklaýan ähli splawlar üçin austenitiň düzümi *S* nokada (0,8% C) degişli bolar, şu gyzgynlyk derejede *S* nokadyň (0,8% C) düzümindäki austenit şol mukdardaky uglerodly, ýagny 0,8% uglerodly, *P* nokadyň (0,025% C) düzümindäki ferritden we 6,67% uglerody saklaýan sementitden durýan ewtektoidanyň mehaniki garyndysyna öwürülýär:



Bu mehaniki garynda *perlit* diýilýär. *HJB*, *ECF*, we *PSK* kese çyzyklarynda, ozal áydyp geçişimiz ýaly, ulgam üç fazalydyr, şonuň üçin erkinlik derejesiniň sany  $C = 2 - 3 + 1 = 0$  bolar.

Bu çyzyklarda erkinlik derejesiniň nula deň bolmagy ledeburit (1147°C) we perlit (727°C) emele gelende gyzgynlyk derejesiniň elmydama hemişelik bolup galýandygyny görkezýär.

Demir bilen uglerodyň splawlarynda austenitdäki perlit (ewtektioda) emele gelmegi elmydama hemişelik gyzgynlyk derejede bolup geçýär.

Şu ýagdaýda hemişe deňagramlylykda (*PSK* çyzygynda) kesgitlenen düzümlü üç faza bolýar: austenit (0,8% C), ferrit (0,025% C) we sementit (6,67% C).

0,8% uglerodly splawyň gurluşy 727°C gyzygynlyk derejeden aşakda ýeke perlitden durýar. Splawda uglerodyň mukdarynyň azalmagy bilen ferritiň mukdary köpeliýär we uglerodyň möçberi 0,025%-e (*Q* nokat) ýetende hem-de ondan hem azalanda splawyň gurluşy ýeke ferritden durýar. *S* nokatdan sagda ýerleşen splawlarda artykmajy bilen sementit bolar. Uglerodlaryň möçberiniň ýokarlanmagy bilen sementitiň mukdary artar. 727°C gyzygynlyk derejeden aşakda 0,8%-den 2,14%-e çenli uglerody saklaýan splawlaryň gurluşy perlitden we ikinji sementitden durar, uglerody 2,14%-den 4,3%-e çenli saklaýan splawlaryň gurluşy perlitden, ikinji sementitden we ledeburitden durar, uglerody 4,3%-den 6,67%-e çenli saklaýan splawlaryň gurluşy bolsa birinji sementitden we ledeburitden ybarat bolar. Uglerody 4,3% we ondan hem köp bolan splawlarda ikinji sementit özbaşdak gurluş bolman, ol ledeburitiň düzümine girýär. Şeýlelikde, *PSK* çyzygynda austenitden perlitniň emele gelmegi (perlit öwrülmesi) bolup geçýär.

Şeýlelikde, eger *PSK* çyzygyna uglerodyň 0,025%-den 0,8%-e we 0,8%-den 6,67%-e çenli konsentrasiýa aralyklaryna seredip geçsek, onda şu aşakdakylary bellemek bolar:

*PS* çyzygy austenitden ferritiň bölünip çykmagynyň soňuny we austenitden perlitniň emele gelmegini häsiýetlendirýär, *SK* çyzygy bolsa austenitden ikinji sementitiň bölünip çykmagynyň soňuny we austenitden perlitniň emele gelmegini häsiýetlendirýär. *PSK* çyzygynda deňagramlylykda üç faza: austenit, ferrit we sementit bolýar. *GP* çyzygy austenitden ferritiň bölünip çykmagynyň soňunyň gyzygynlyk derejesini görkezýär. *PQ* çyzygy ferritden üçünji sementitiň kristallaşmagynyň başynyň gyzygynlyk derejesini görkezýär.

Uglerody 0,006%-den köp saklaýan splawlaryň hemmesinde 727°C gyzygynlyk derejeden aşakda üçünji sementit bolup biler. Ýöne ol gurluş düzüjisi hökmünde diňe uglerody 0,006%-den 0,025%-e çenli saklaýan splawlarda bolýar we olaryň häsiýetlerine düýpli täsir edýär.

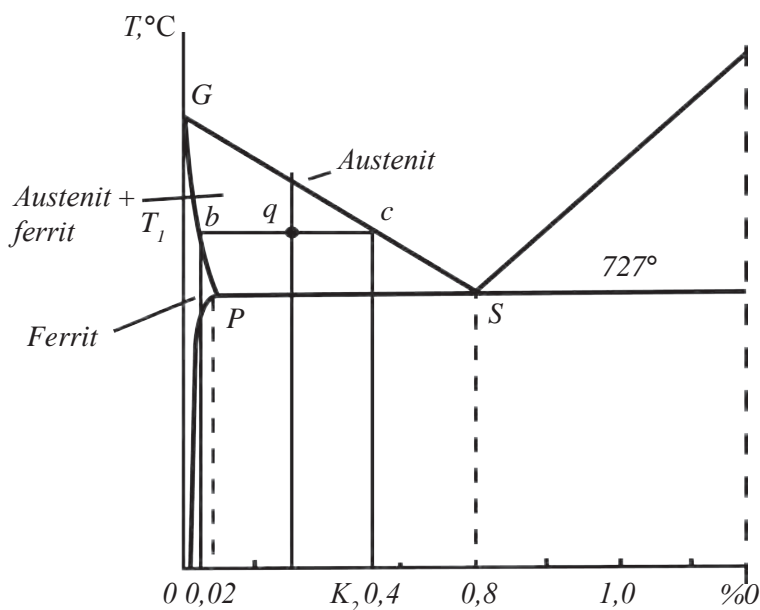
Diagrammanyň *GSECF* we *GPSK* çyzyklarynyň arasyndaky böleklerinde we *PSK* çyzygyndan aşakda ulgam iki fazalydyr we bir erkinlik derejesine eýedir:

$$C = 2 - 2 + 1 = 1.$$

**Kesimlerin düzgünini ulanylyşy.** Fazalardaky komponentlerini konsentrasiýalaryny we şol fazalaryň mukdar gatnaşygyny kesgitlemek üçin kesimlerini düzgüninden peýdalanylýar.

Kesimlerini düzgüniniň birinji kadasy şu aşakdaky ýaly aýdylýar:

Fazalardaky komponentlerini konsentrasiýalaryny kesgitlemek üçin splawyň halyny häsiýetlendirýän berlen nokadyň üstünden berlen bölegi çäklendirýän çyzyklara çenli kese çyzyk (konoda) geçirýärler. Alnan kesişme nokatlarynyň konsentrasiýalar okuna bolan proyeksiýalary fazalaryň düzümlerini görkezýärler. Mysal üçin,  $K_1$  splawyň **a** nokadyna (24-nji surat) seredip geçeliň we **a** nokadyň üstünden *GP* we *SG* çyzyklara çenli kese çyzyk geçirýäris. **B** nokadyň konsentrasiýalar okuna bolan proyeksiýasy kesgitlenen  $T_1$  gyzygynlyk derejede ferritlerdäki uglerodyň möçberini görkezýär, **C** nokadyň proyeksiýasy kesgitlenen  $T_1$  gyzygynlyk derejede austenitdäki uglerodyň möçberini görkezýär.



**24-nji surat. Demir-uglerod hal diagrammasynyň bölegi**

Kesimlerini düzgüniniň ikinji kadasy şu aşakdaky ýaly aýdylýar:

Fazalaryň mukdar gatnaşygyny kesgitlemek üçin berlen nokadyň üstünden berlen bölegi çäklendirýän çyzyklara çenli kese çyzyk (konoda) geçirýärler. Şu aşakdaky berlen nokat bilen fazalaryň düzümleri

lerini kesgitlenýän nokatlaryň arasyndaky kesimleriň gatnaşygy şol fazalaryň gatnaşygyna ters proporsionaldyr. Berlen  $a$  nokatda iki faza ferrit we austenit bar. Fazalaryň mukdary ( $Q_F$  we  $Q_A$ )  $ac$  we  $ba$  kesimleriň gatnaşygy bilen kesgitlenýär:

$$\frac{Q_F}{Q_A} = \frac{ac}{ba}.$$

Berlen  $a$  nokatda ähli splawyň agramyny, ýagny fazalaryň agramynyň jemini 100%-e deň diýip, şertli kabul edýäris.

$$Q_A + Q_F = 100\%,$$

$$Q_A = 100 - Q_F.$$

Onda ýokarda getirilip görkezilen proporsiýany şu görnüşde ýazyp bolar:

$$\frac{Q_F}{100 - Q_F} = \frac{ac}{ba}.$$

Proporsiýany çözüp, aşakdakylary alarys:

$$Q_F \cdot ba = 100 \cdot ac - Q_F \cdot ac;$$

$$Q_F \cdot ba + Q_F \cdot ac = 100 \cdot ac;$$

$$Q_F \cdot (ba + ac) = 100 \cdot ac;$$

$$Q_F = \frac{ac}{ba + ac} \cdot 100\%;$$

$ba$  we  $ac$  kesimleriň jemi  $bc$  deňdir. Onda:

$$Q_F = \frac{ac}{bc} \cdot 100\%.$$

Şeýlelikde, eger  $a$  nokat splawyň ýagdaýyny kesgitleýän bolsa,  $b$  nokat ferritiň düzümini,  $c$  nokat bolsa austenitiň düzümini kesgitleýän bolsa, onda  $bc$  kesim splawyň ähli mukdaryny,  $ac$  kesim ferritiň mukdaryny,  $ba$  kesim bolsa austenitiň mukdaryny kesgitleýär.

Şeýlelikde,  $a$  nokatda gurluş düzüjileriniň göterim mukdarlary şu aşakdaky ýaly bolar:

$$Q_F = \frac{0,22}{0,51} \cdot 100 = 43,2\%.$$

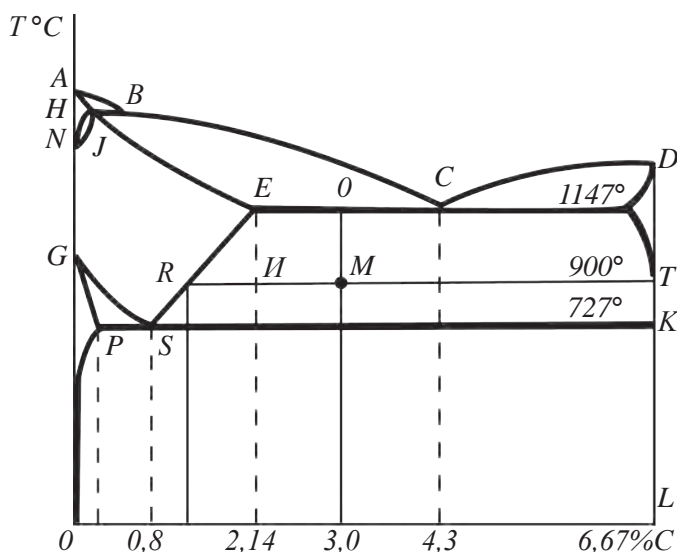
$$Q_A = 100 - Q_F = 100 - 43,2 = 56,8\%$$

Bu ýerden  $ac$  we  $bc$  ululyklarynyň sanlaryny 24-nji suratdan kesimleriň geometrik görkezijileriniň kesgitleniş usulynda hasaplamaly.

Splawda gurluş düzüjileriniň sany ikiden köp bolan halatynda kesimleriň düzgüniniň nähili ulanylmalydygyna göz ýetirer ýaly ýene-de bir mysala seredip geçeliň.

900°C gyzgynlyk derejede 3% uglerody saklaýan ewtektika çenli ak çoýnuň (25-nji surat,  $M$  nokat) gurluşy düzüjileriniň agram gatnaşyklaryny tapalyň.

900°C gyzgynlyk derejede ewtektika çenli ak çoýunda üç sany gurluşy düzüjisi: ewtektika (ledeburit), austenitiň artykmaç kristallary we ikinji sementitiň kristallary bolýar.



**25-nji surat. 3% uglerody saklaýan ak çoýnuň gurluş düzüjileriniň agram mukdaryny hasaplamak üçin kesimleriň saýlanyp alnyşy**

Ewtektikanyň (ledeburitiň) agram bölegi onuň emele gelýän gyzgynlyk derejesinden (1147°C) tä otag gyzgynlyk derejesine çenli üýtgemeyär. Şonuň üçin, ilki bilen biziň splawymyzda ewtektiki gyzgynlyk derejede (1147°C), ýagny haçanda splawda diňe iki sany



gurluşy düzüjisi ewtektika we austenitiň artykmaç kristallary bolýan halatynda näçe ewtektikanyň bardygyny hasaplamaly.

Ewtektikada uglerodyň möçberi 4,3%-e deňdir, austenitiňkide bolsa 1147°C gyzgynlyk derejede uglerodyň möçberi 2,14%-e barabardyr.

Ähli splawyň agramy *EC* kesim bilen, ewtektikanyň mukdary *EO* kesim bilen, austenitiň mukdary bolsa *OC* kesim bilen häsiýetlendirilýär. Onda:

$$Q_{ewt} = \frac{EO}{EC} \cdot 100 = \frac{3,0 - 2,14}{4,32 - 2,14} \cdot 100 = 39,8\%$$

$$Q_{ewt} = \frac{OC}{EC} \cdot 100 = \frac{4,3 - 3,0}{4,3 - 2,14} \cdot 100 = 60,2\%$$

Çoýun 1147°C ewtektiki gyzgynlyk derejeden 900°C gyzgynlyk derejesine çenli sowadylanda artykmaç austenitiň kristallaryndan ilkinji sementitiň kristallary bölünip çykýar. Şu ýagdaýda austenitiň düzümi *SE* çyzygy boýunça üýtgeýär. 900°C gyzgynlyk derejede austenitde uglerodyň möçberi *R* nokada laýyk geler, ýagny 1,25%-e barabar bolar.

1147°C-den 900°C-ä çenli sowadylanda artykmaç austenitden agramy boýunça ikinji sementitiň bölünip çyjakdygyny kesgitläliň. 900°C gyzgynlyk derejede austenitdäki uglerodyň möçberi 1,25%-e deňdir. Sementitdäki uglerodyň möçberi bolsa 6,67%-e deňdir. Kesimleriň düzgünine laýyklykda ikinji sementit garyndysynyň mukdary *RT* kesim bilen, ikinji sementitiň kristallarynyň mukdary *RII* kesim bilen, austenitiň mukdary bolsa *III* kesim bilen häsiýetlendirilýär.

Şeýlelikde, austenit ikinji sementit garyndysyna ikinji sementitiň möçberi şu aşakdaky ýaly bolar:

$$Q_{sII} = \frac{RU}{RT} \cdot 100 = \frac{2,14 - 1,25}{6,67 - 1,25} \cdot 100 = 16,4\%$$

Artykmaç austenitden bölünip çykýan ikinji sementitiň agramy ähli çoýnuň agramyna gatnaşyklykda şu aşakdaky ýaly bolar:

$$Q_{sII} = \frac{60,2}{100} \cdot 16,4 = 9,87\%$$

1147°C-den 900°C-ä çenli sowadylanda austenitiň otnositel agramy 9,87% azaldy. Ýagny,  $60,2 - 9,87 = 50,33\%$ -e deň boldy.

Şeýlelikde, 900°C gyzgynlyk derejede 3% uglerody saklaýan ak çoýunda splawynyň umumy agramyndan ewtektikanyň paýyna 39,8 %, artykmaç austenitiň paýyna 50,33% we ikinji sementitiň paýyna 9,87% düşýär.

**Demir-uglerod ulgamynyň splawlarynyň derňewi.** Hal diagrammasy boýunça splawlaryň gurluşy derňew edilende aşakdaky yzygiderligi saklamak maslahat berilýär.

Splawynyň berlen himiki düzümine laýyklykda dik çyzygy geçirýärler. Şu çyzygyň diagrammasynyň çyzyklary bilen kesişme nokatlary kritiki nokatlar bolup, haýsy bolsa bir faza öwrülmesiniň başlaýan ýa-da gutarýan gyzgynlyk derejeleriniň bahalaryny görkezýärler.

Kritiki nokatlar boýunça splawynyň sowadylyş egri çyzygyny gurýarlar. Sowadylyşyň egri çyzygynyň aýratyn bölekleriniň derňewi splawynyň gurluşynyň emele gelşini suratlandyrýar. Sowadylyş egri çyzygynyň gurluşynyň dogrulygy fazalaryň düzgüniniň ( $C = K - F + 1$ ) kömegi bilen barlanylýar.

Kesimleriň düzgünini ulanyp fazalarynyň splawynyň gurluşy düzüjileriniň himiki düzümini we islendik gyzgynlyk derejede olaryň otnositel mukdaryny kesgitleýärler.

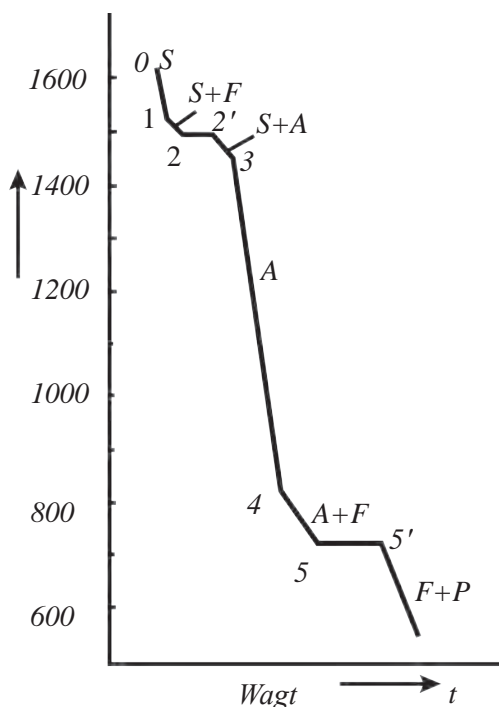
Mysal hökmünde iň köp ulanylýan splawlaryň biriniň sowadylyş egri çyzygy we onuň gysgaça beýannamasy görnüşinde berlen derňewiň netijelerine seredip geçeliň.

$K_1$  splawda baş sany kritiki nokat bardyr (26-njy surat). Bu splaw sowadylanda bolup geçýän hadysalar şu aşakdaky görnüşde bolýar:

0-1 – suwuk splawynyň sowamagy.

1-2 – suwuk splawdan ferritiň kristallarynyň bölünip çykmagy.

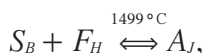
2-2' – peritektiki öwrülme: 1-2 nokatlar aralygynda emele gelen



26-njy surat.  $K_1$  splawyň sowadylyşy

ferritiň kristallary suwuk ergin bilen özara täsir edişýär we austenite öwrülýär.

Peritektiki öwrülmäniň gysgaça ýazgysy:



bu ýerde  $F_H$  –  $H$  nokatdaky uglerodyň konsentrasiýasyny saklaýan ferrit,  $S_B$  –  $B$  nokadaky konsentrasiýasyndaky austenit.

Peritektiki reaksiýasyna gatnaşýan fazalaryň gyzygynlyk derejeleriniň konsentrasiýalarynyň hemişelik bolmagy şu aşakdakylar ýaly fazalar düzgünini talap edýär:

$$C = K - F + 1 = 2 - 3 + 1 = 0.$$

2'-3-peritektiki öwrülmesinden soň galýan suwuk splawdan austenitiň kristallaşmagy.

Austenitiň kristallarynyň dowam edýän ösüşi gyzgynlyk derejesi aralygynda bolup geçýär, çünki öwrülmä iki faza gatnaşýar:

$$C = 2 - 2 + 1 = 1.$$

3-4– austenitiň sowamagy.

4-5– austenitden ferritiň kristallarynyň bölünip çykmagy.

Şu nokatlaryň arasynda ulgam bir erkinlik derejesine eýedir.

( $C = 2 - 2 + 1 = 1$ ), diýmek fazalaryň sanyny üýtgetmän saklamak üçin diňe bir deňagramlylyk faktorlaryny ýa gyzgynlyk derejesini ýa-da konsentrasiýany üýtgedip bolar.

5-5'–ewtektoida öwrülmesi. Bu öwrülme gaty fazadan, ýagny saklanyp galan austenitden, perlit diýlip atlandyrylýan iki fazanyň (ferritiň we sementitiň) mehaniki garyndysynyň emele gelmegi bilen gutarýar.  $C = 2 - 3 + 1 = 0$  fazalar düzgüni ewtektoida öwrülmesine gatnaşýan fazalaryň gyzgynlyk derejeleriniň we konsentrasiýalarynyň hemişelik bolmagyny talap edýär.

5-5'–ferritiniň himiki düzümi  $AF$  çyzygy boýunça üýtgeýän gaty splawyň sowamagy. Splawyň ahyrky gurluşy ferrit + perlit ( $F+P$ ).

Kesimleriň düzgüni boýunça fazalaryň himiki düzümini we olaryň otnositel mukdaryny kesgitlep bolýar. Mysal üçin, 1-2 nokatlar aralygynda  $T_2$  gyzgynlyk derejede  $mn$  kese çyzygyny geçirip alarys:

– deňagramly haldaky uglerodlaryň konsentrasiýalary konsentrasiýalar okundaky  $m$  we  $n$  gabat gelyän ferritiň kristallary we suwuklyk.

– ferritiň kristallarynyň mukdary  $\frac{\ln}{mn} \cdot 100\%$  -e deňdir.

– suwuk splawyň mukdary  $-\frac{ml}{mn} \cdot 100\%$  -e deňdir.

Demir-uglerod hal diagrammasynyň ähli kritiki nokatlaryny häsiýetlendirýän 12-nji tablisa görnüşinde düzmeli.

12-nji tablisa

### Demir-uglerod hal diagrammasynyň kritiki nokatlary

Belgilenişi	A	B	C	D	E	F	H	J	N	G	P	S	K	Q	L
Uglerodyň möçberi, %															
Nokatdaky gyzgynlyk derejesi, °C															

Demir-uglerod splawlarynyň gurluşy düzüjileriniň häsiýetnamasyny 13-nji tablisa görnüşinde ýazmaly.

*13-nji tablisa*

**Demir-uglerod splawlarynyň gurluşy düzüjileriniň häsiýetnamasy**

Gurluşy düzüjisiniň ady we bellenilişi	Gurluşy düzüjisiniň häsiýetnamasy (görnüşi), uglerodyň möçberi, mehaniki häsiýetleri	Fazalaryň mukdary

Diagrammanyň esasy çyzyklarynda bolup geçýän faza öwrülmelerini 14-nji tablisa görnüşinde ýazmaly.

*14-nji tablisa*

**Diagrammanyň esasy çyzyklaryndaky faza öwrülmeleriniň ýazylyp beýan edilişi**

Çyzygyň belgilenişi	Çyzyklardaky öwrülmeler	Fazalaryň atlary	Fazalaryň mukdary	Erkinlik derejesiniň sany

15-nji tablisada fazalaryň agram mukdaryny hasaplamak üçin we sowadylyş egri çyzygyny gurmak üçin gyzygynlyk derejesiniň we uglerodyň möçberiniň bahalary berlendir.

*15-nji tablisa*

Splawyň №	0	1	2	3	4	5	6	7	8
C %	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,35	0,5	0,8	0,8
Gyzgynlyk derejesi, °C	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1470	1470	1450
	1480	830	820	800	800	750	750	800	800

Splawyň №	9	10	11	12	13	14	15	16	17
C %	1,0	1,3	1,6	2,2	2,4	2,8	3,0	3,5	4,6
Gyzgynlyk derejesi, °C	1400	1350	1300	1250	1250	1250	1250	1250	1180
	750	800	1000	800	850	800	800	1000	1000

#### **4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar**

4.1. Hal diagrammasynyň esasy gurluşy düzüjilerine kesgitleme bermeli we olary häsiýetlendirmeli.

4.2. Perlitiň fazaly düzümini getirip görkezmeli.

4.3. Uglerodyň austenitde, ferritde we sementitde iň kiçi we iň uly ereýjiligi näçä deň?

4.4. 1000°C we 20°C gyzygynlyk derejesindäki ledeburitiň nähili fazaly düzümi bolýar?

4.5. Peritektiki, ewtektiki we ewtektoida öwrülmeleriniň düýp mazmuny nämeden ybarat?

4.6. Hal diagrammasy boýunça gaty erginlerden, himiki birleşmelerden we mehaniki garyndylardan mysal getiriiň.

4.7. Özünde 0,4% uglerody saklaýan polatlarda perlitiň mukdary näçe?

4.8. HJB, ECF, PSK çyzyklarynda näçe sany deňagramly faza bar?

4.9. Ewtektoida çenli, ewtektoida, ewtektoidadan soňky polatlar-da we ewtektika çenli, ewtektiki we ewtektikadan soňky çöýunlarda nähili fazalar bolýar?

4.10. Diagrammada birinji, ikinji we üçünji sementitleriň bölünip çykýan böleklerini görkezmeli.

#### **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

##### **1.Ýumuşlar**

1.1. Tema degişli usuly görkezmeleri okap öwreniň.

1.2. Demir-uglerod hal diagrammasyny bellenen ölçegde çyzyň.

1.3. Diagrammanyň ähli böleklerindäki fazalary we düzümleri (struktura) düzüjileri görkeziň.

1.4. Hal diagrammanyň ähli nokatlaryny häsiýetlendirýän, ýagny olardaky faza öwrülmeleriniň gyzygynlyk derejelerini we garyndylaryň görterimdäki möçberlerini 11-nji tablisa ýazyň.

1.5. Demir-uglerod splawlarynyň düzümleri (austenit, ferrit, sementit, perlit, ledeburit) we olaryň häsiýetlerini görkezip, 12-nji tablisa ýazyň.

1.6. HIB, ABC, CD, ESF, IE, GS, GP, SE, PSK çyzyklarynda bolup geçýän öwrülmeleri 12-nji tablisa ýazyp beýan ediň.

1.7. Splawlaryň biri üçin sowadylyşyň egri çyzygyny çyzy görnüşinde gurun (splawyň belgisi talybyň hasap depderçesiniň belgisiniň soňky iki sifrini goşup kesgitlenilýär). Suwuk halyndan otag gyzgynlyk derejesine çenli sowadylanda bolup geçýän öwrülmeleri ýazyp beýan ediň. Splawyň soňky düzüm halyny görkeziň.

1.8. Kesimleriň düzgünini ulanyp usuly görkezmäniň 12-nji tablisada görkezilen iki gyzgynlyk derejesinde splawdaky fazalaryň agramy boýunça mukdaryny %-de hasaplaň. Bellenilen gyzgynlyk derejeleri üçin her fazadaky uglerodyň göterimindäki mukdaryny görkeziň.

1.9. Kesimleriň düzgünini ulanyp, otag gyzgynlyk derejesinde splawyň gurluşy düzüjileriniň agramy boýunça mukdaryny (%-de) hasaplaň we her düzüjidäki uglerodyň mukdaryny görkeziň.

## **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

2.1. Işi ýerine ýetirmek boýunça degişli usuly görkezmeler we asmaçalar bilen üpjünçiligi barada netije.

2.2. Demir-uglerod hal diagrammasynyň ähli böleklerindäki fazalary we olaryň düzümini görkezip çyzyň.

2.3. Ýumuş boýunça berlen splawlaryň biri üçin sowadylyşyň egri çyzygyny çyzyň.

## **8-nji iş**

# **METALLARYŇ WE SPLAWLARYŇ DÄNELERINIŇ ULULYGyny KESGITLEMEK**

## **1. Işniň maksady**

Metallaryň däneleriniň ululygynyň kesgitlenişiniň we metal däl goşundylaryň ýüze çykarylyşynyň mysalynda mikroderňewiň geçirilişini öwrenmek.

## **2. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy**

2.1. МИМ-7 металлографик микроскопы.

2.2. Микроderňew üçin nusgalar.

- 2.3. Ige we naždak ýiteldijisi.
- 2.4. Dürli dänelilik san belgili naždak kagyzlary.
- 2.5. Galyň aýna ýa-da ýylmaýjy maşyn.
- 2.6. Ýylmawyny ýetiriji (ýalpyldadyjy) stanok.
- 2.7. Ýalpyldadyjy suwuklyk.
- 2.8. Zäherleýji reaktiwler, spirt.
- 2.9. Farfor susguyjy (gapjagaz), filtrleýji kagyz, pamyk.

### **3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary**

*Mikroderňew* diýlip metallaryň we splawlaryň gurluşlaryny metallografik mikroskopyň kömegi bilen 30 esseden 1500 essä çenli ulaldyp öwrenilmegine düşünilýär. Mikroderňewiň kömegi bilen şu aşakdakylary kesgitleýärler:

- metallaryň ýa-da splawlaryň kristallik däneleriniň görnüşini we ölçegini;
- termiki işläp bejermäniň dürli wagtyňyň täsiri astynda ýa-da daşky mehaniki täsiriň netijesinde bolup geçýän splawyň içki gurluşynyň üýtgemegini;
- mikrojaýryklary, howa boşlujaklary we ş.m.;
- metal däl goşundylary-sulfitleri, oksitleri we ş.m., şeýle hem olaryň ölçeglerini.

Mikroderňew üçin synag edilýän materialdan kesip alýarlar we birnäçe işleriň kömegi bilen (ýylmamak, ýalpyldatmak, zäherlemek) ony metallografik mikroskopyň astynda seredilende onuň mikrogurluşy görner ýaly ýagdaýa ýetirýärler.

Nusganyň mikroskopyň astynda derňemek üçin taýýarlanylýan üstüne *mikroşlif* diýilýär.

Şeýlelikde, mikroderňew şu aşakdakylardan:

- mikroşlifleriň taýýarlanylýşyndan;
- mikroşlifleriň metallografik mikroskopyň kömegi bilen derňelişinden durýar.

**Mikroşlifiň taýýarlanylýşy.** Nusga synag edilýän materialyň ähli içki gurluşyny häsiýetlendirýän ýerinden kesilip alynmalydyr.

Gatylygy ýokary bolmadyk materialdan (mysal üçin, ýakylan polat) nusgany metal kesiji stanoklarda ýa-da demir kesýän pyçgy



bilen kesip alýarlar. Gaty metallardan (mysal üçin, taplanan polat) nusgany ýukajyk naždak daşynyň kömegi bilen kesip alýarlar.

*Nusganyň görnüşleri we ölçegleri.* Nusgalaryň şu aşakdaky görnüşleri amatlydyr.

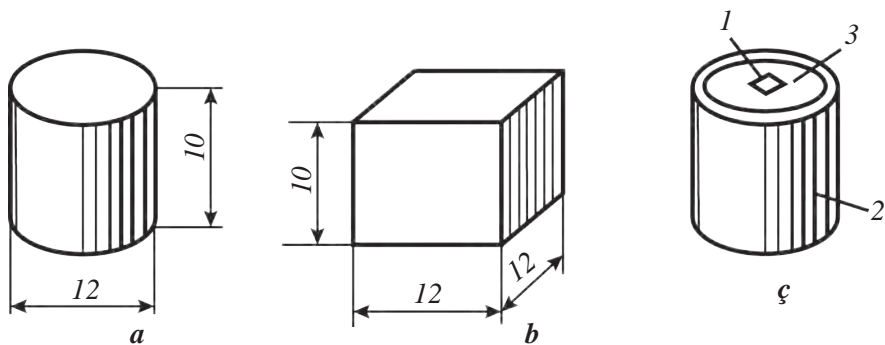
1. Silindr görnüşli diametri 10-12 mm we beýikligi 10 mm (27-nji a surat);

2. Gönüburçly nusgalar-esasynyň meýdany 12X12 mm we beýikligi 10 mm (27-nji b surat);

3. Kesigi uly bolmadyk nusgalar ýörite oturtmalara guýlup oturdylýar (27-nji ç surat.). Munuň üçin diametri 12 mm metal turbajygyny keramiki plastinkanyň üstünde oturdylýar, turbajygyň içine nusgany derňelýän üstüni aşak edip ýerleşdirýärler we oturtmanyň (turbajygynyň) içine ergin kükürdi ( $T_{er}=110-112^{\circ}\text{C}$  ýa-da ýeňil ereýän splaw) guýýarlar.

*Tekiz üstüň alnyşy.* Ige bilen igelenip ýa-da obraziw daşy bilen ýonulyp amala aşyrylýar. Nusganyň güýçli gyзмагyna ýol bermeli dälär. Eger nusga güýçli gyзsa, onda üstki gatlakda gowşatmagyň bolup geçmegi we gurluşynyň üýtgemegi mümkindir.

*Nusganyň üstüniň ýylmanylyşy.* Nusganyň alnan tekiz üstüni dürli ölçegli (san belgili) däneli ýylmaýjy (naždak) kagyzlary bilen ýylmaýarlar.



**27-nji surat. Metallografik nusgalarynyň kadaly ölçegleri (a we b) we mikroslifi taýarlamak üçin ulanylýan kömekçi esbap (ç):**

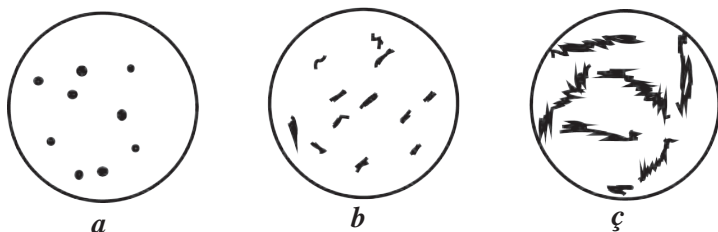
*1—nusga, 2—turbajyk, 3—kükürt ýa-da ýeňil ereýän splaw, splawy guýýarlar*

Ýylmamany iri obraziw däneli, ýagny däneliliginiň belgileri №12-№3 (däneleriň ölçegi 150-25 *mkm*) bolan naždak kagyzlary bilen başlap, ýuwaş-ýuwaşdan has ownuk obraziw däneli, ýagny mikron däneliliginiň belgileri №M 40–№ M5 (däneleriň ölçegi 40-35 *mkm*) bolan, naždak kagyzlarynda geçýärler.

Nusgany galyň aýnanyň üstünde ýa-da ýörite ýylmaýjy stanoklarda goýlan naždak kagyzlarynyň üstünde el bilen ýylmaýarlar. Bir belgili dänelilikli naždak kagyždan beýlekisine geçilende nusgany obraziwden ýuwup ýa-da pagta bilen arassalamak we ýylmamanyň ugruny 90° üýtgetmek zerurdyr. Ýylmama gutarandan soň nusgany obraziwden gowy arassalaýarlar.

**Nusganyň üstüniň ýalpyldadylyşy.** Has ownuk däneli naždak kagyzy bilen ýylmanylandan soň nusganyň üstüni aşa ýylmap çyzyklary aýyrýarlar. Şonuň netijesinde aýna ýaly ýalpyldap duran üst alynýar. Ýapýldatmagy mehaniki we elektrolitik usullary bilen amala aşyryp bolýar.

Mehaniki ýalpyldatmany ýörite ýalpyldadyjy stanokda daşyny mawut (begres) ýa-da fetr çekilen, diametri 200-250 *mm* bolan daş bilen amala aşyrýarlar. Mawudy ýalpyldadyjy suwuklyk ýa-da pasta bilen ölleýärler. Çyzyklar doly ýitýänçä we aýna ýaly üst alynýança ýalpyldadýarlar (5-10 min). Taýýar ýalpyldadylan şlifi yzygiderlikde suw bilen, spirt bilen oňat ýuwýarlar we filtrleýji kagyzyň arasyna salyp (sordurylyp) guradýarlar.



**28-nji surat. Polatdaky we çöýundaky metal däl goşundylar:**

*a -oksitler; b -sulfitler; ç -grafit*

Mikroskopyň astynda şlifiň ýalpyldadylan üstüniň öwrenilişi şlifiň taýýarlanylyşynyň hilini kesgitlemegi, ýagny işläp bejermäniň yzlarynyň ýoklugyny anyklamagy we metal esasyndaky mikroskopik goşundylaryň – grafitiň, sulfiteriň, oksitleriň we başgalar (28-nji su-

rat) ýerleşişleriniň häsiýetini we olaryň ölçeglerini anyklamagy maksat edinýär. Metal esasy mikroskopyň astynda seredilende açyk reňkli bolup görünýär.

**Zäherlemek.** Mikrogurluşyny anyklamak üçin nusganyň ýalpyldadylan üstüni zäherleýärler, ýagny reaktiwleriň: kislotalaryň, aşgarlaryň, duzlaryň erginleriniň täsirine sezewar edýärler.

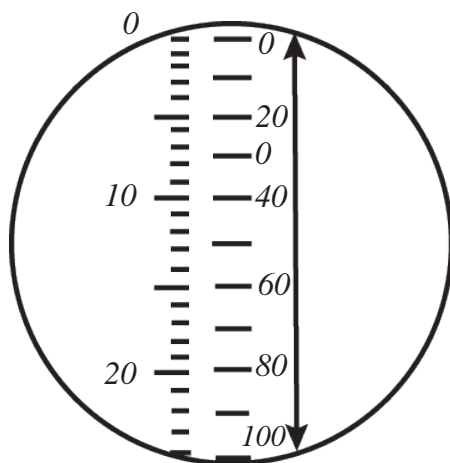
Metallaryň we splawlaryň gurluşlarynyň zäherlenip anyklanylyşynyň düýp mazmuny gurluşyň düzüjileriniň sap metallaryň, gaty erginleriň, himiki birleşmeleriň her haýsynyň ereýjilik we reňk alyjylyk derejeleriniň dürlüliginden ybaratdyr.

Metallar we splawlar dürli ugurlar boýunça ýerleşen kristallaryň we däneleriň uly mukdaryndan durýarlar. Däneleriň serhetlerinde (hatda sap metallarda) adatça dürli garyndylar ýerleşýärler. Şu garyndylar we dürli-dürli gurluşy düzüjileri reaktiwiň täsiri astynda olaryň has çalt eremegine ýardam berýän mikroskopik galwaniki jübüti emele getirýärler. Sap metallar, gaty erginler, himiki birleşmeler, ýagny bir fazaly gurluşlar haýal zäherlenmeýärler. Şeýlelikde, gurluşy düzüjileriniň zäherlenmek derejeleriniň deň däldigi üçin şlifiň üstünde mikrorelýef emele gelýär, ýagny splawyň mikrogurluşynyň häsiýetlendirýän köp sanly oýjagazlar emele gelýär.

Metallografik mikroskopda zäherlenen mikroşlif ýagtylandyrylanda ýagtylygyň şöhleleri dürli-dürli zäherlenen gurluşy düzüjilerinde dürli-dürli serpilýärler. Ösüntgiler açyk reňkli bolup, oýjagazlar bolsa garamtyl bolup görünýärler. Gowşak zäherlenen gurluşy düzüjileri mikroskopyň görüş meýdanyna ýagtylyk şöhlelerini köp serpýärler, şonuň üçin olar açyk reňkli ýaly bolup görünýärler. Güýçli zäherlenen gurluşy düzüjileri ýagtylygyň ýaýramagy netijesinde mikroskopyň görüş meýdanyna az şöhle serpýärler, şonuň üçin olar garamtyl bolup görünýärler.

Däneleriň serhetleriniň mikroskopyň astynda görünişini düşündirýän çyzgy 29-njy suratda görkezilendir.

Däneleriň serhetlerinde garyndylaryň köp bolanlygy üçin olar däneleriň özlerinden güýçli zäherlenýäler. Däneleriň serhetlerinde zäherlenmeden soň oýujaklar emele gelýär. Oýujaklaryň ýerleşen ýerlerinde ýagtylygyň ýaýramagynyň netijesinde däneleriň serhetleri garamtyl bolup görünýär.



**29-njy surat. Däneleriň serhetleriniň mikroskopyň astynda görünişligini düşündirýän çyzgy**

**Zäherleýji reaktiwler.** Mikrogurluşy anyklamak üçin zäherlenilende kislotalaryň, aşgarlaryň ýa-da kislotalaryň garyndylarynyň gowşak spirtli ýa-da suwly erginleri ulanylýar.

Uglerodly, pes we aram legirlenen polatlary we çoýny zäherlemek üçin şu aşakdaky reaktiwler ulanylýar:

1. Persulfatyny ergini: 10 g ammoniniň persulfaty,  $100 \text{ sm}^3$  suw. Bu ergin az uglerodly polatlardaky ferriti reňkleýär.

2. Azot kislotasynyň spirtli ergini:  $1-5 \text{ sm}^3$  azot kislotasy (udel agramy–1,4)  $100 \text{ sm}^3$  etil ýa-da metil spirtleri. Reaktiw perliti garamtyl reňke reňkleýär, ferritiň däneleriniň serhetlerini, martensitiň we gowşatmagyň önümleriniň gurluşlaryny ýüze çykarýar.

Ýokary legirlenen polatlary zäherlemek üçin azot we duz kislotalarynyň gliserindäki ergini:  $10 \text{ sm}^3$  azot kislotasy,  $20-30 \text{ sm}^3$  duz kislotasy,  $30 \text{ sm}^3$  gliserin ulanylýar.

Zäherlemegiň dowamlylygy poladyň kysymyna we gurluşyna baglydyr, ýöne adatça, onlarça sekunt saklamak ýeterlikdir.

Zäherlenilende zäherlenýän şlife gözegçilik etmek zerurdyr. Zäherlemegiň birnäçe usullaryny görkezmek mümkin.

1. Nusganyň nikellenen tigel tutguy bilen farfor susguja (gapja-gaza) guýlan zäherleýji reaktiwe ýalpyldadylan üstüni ýokaryk edip batyrýarlar.

2. Nusganyň farfor susgujyna guýlan zäherleýji reaktiwe ýalpyldadylan üstüni aşak edip batyrýarlar we üznüksiz, gysga wagt aralygynda reaktiwden çykarýarlar, öwürýarlar we şlife gözegçilik edýärler.

3. Nusganyň üstüne damdyrgyç bilen ýalpyldadylan üstüň hemme ýerini tutar ýaly edip, reaktiwiň köp bolmadyk mukdaryny guýýarlar. Üstüň ýalpyldysynyň ýitmegi (tutuk bolmagy) zäherlenmegiň alamatydyr.

Zäherlenmeden soň mikroşlifi suw bilen ýuwyýarlar, spirte öllenen pamyk bilen süpürýärler, filtrleýji kagyz bilen ýa-da gury pamyk bilen guradýarlar.

Zäherlemäniň netijesinde mikrogurluş anyk ýüze çykmaladyr. Eger gurluş ýeterlik derejede ýüze çykarylmasa, onda şlifiň ýeterlik derejede zäherlenmezligidir, şonuň üçin ony gaýtadan zäherleýärler. Eger has garamtyl we iýlen gurluş alynsa, onda şlif aşa zäherlenendir. Şeýle ýagdaýda şlifi gaýtadan ýalpyldatmak we saklamak wagtyny azaldyp ýa-da zäherleýji reaktiwi gowşadyp gaýtadan zäherlemek gerekdir.

Okulýar we obýektiv mikrometrleriniň kömegi bilen ölçemek.

Okulýar mikrometri linzalarynyň arasynda bir bölüminiň bahasy 0,01 mm bolan görkezijili ýukajyk aýna gatlagy goýlan adaty okulýardyr.

Obýektiv mikrometri bir bölüminiň bahasy 0,01 mm (adatça 1mm uzynlykda) bolan görkezijili aýna ýa-da metal gatlagyndan ybaratdyr.

Okulýar mikrometriň kömegi bilen mikroskopik obýektleri däneleriň ululygyny, sementitleşdirilen we azotlaşdyrylan gatlaklaryň çuňlygyny we ş.m. ölçeyärler.

Bilşimiz ýaly, mikroskopyň ulaldyşy okulýaryň we obýektiviň deň gelmesine baglydyr, şonuň üçin okulýar mikrometriniň bir bölüminiň bahasy onuň haýsy obýektiv bilen jübütlikde mikroşlife seredilýänligine baglydyr. Şonuň üçin her obýektiv üçin aýratynlykda okulýar mikrometriň bir bölüminiň bahasyny kesgitlemek zerurdyr.

Okulýar mikrometriniň bir bölüminiň bahasyny kesgitlemek üçin şu aşakdakylary berjaý etmek zerurdyr:

1. Seredilýän turbajygyň deşigine okulýar mikrometri oturtmaly.

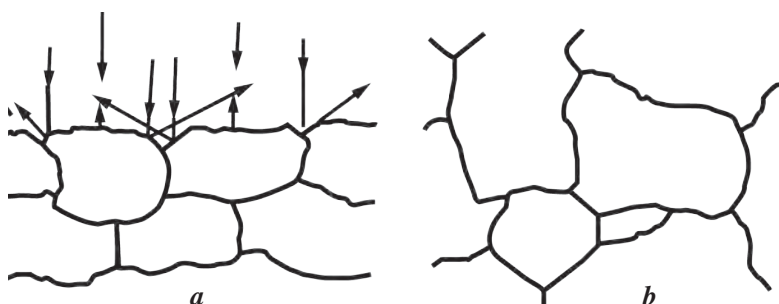
2. Illýuminatoryň deşigine obýektiwi oturtmaly.

3. Mikroşlif goýulýan eşkiniň astlygynyň üstünde obýektiw mikrometri, onuň görkezijisi göni obýektiwiň üstüne düşer ýaly edip ýerleşdirmeli.

4. Okulýara seredip, takmynan we mikrometrik süýşürmeleriň tutaçlaryny towlap, obýektiw mikrometriň görkezijisini obýektiwiň fokusyna getirmeli, okulýaryň göz linzasynyň oturtmasyny süýşürüp, okulýar mikrometriniň görkezijisiniň aýdyň şekilini almaly.

5. Okulýary aýlap okulýar mikrometriniň görkezijisini obýektiw mikrometriniň görkezijisi bilen gabat getirmeli, ýagny iki görkezijisiniň ştrihlerini bir ugurda ýerleşdirmeli (30-njy surat). Görkezijileriň nul başlangyçlaryny bir-birlerine gabat getirmeli.

6. Obýektiw mikrometriniň görkezijisiniň boýunyň okulýar mikrometriniň näçe sany bölümine deňdigini ýa-da obýektiw mikrometriniň bölümleriniň kesgitlenen sanynyň okulýar mikrometriniň näçe sany bölümine deňdigini kesgitlemeli.



30-njy surat. Mikroskopyň görüş meýdanynda obýektiw mikrometriniň (a) we okulýar mikrometriniň (b) görkezijisiniň gabat getirilişi

7. Okulýar mikrometriniň bir bölüminiň bahasyny ( $B_{ok}$ ) kesgitlemeli:

$$B_{ok} = \frac{0,01 \cdot 100}{25} = 0,04 \text{ mm}$$

*Dänäniň ululygynyň kesgitlenişi:*

1. Obýektiw mikrometrini aýryp predmet stoljugynda mikroşlifi goýmaly.

2. Ýalpydadylan şliffe mikroskopda seredip görmeli.

3. 60 mm diametrli tegelekde goşundylaryň we mikrogurluşlaryň suratyny çekmeli.

4. Mikroskopy metalyň berlen dănesine ýa-da goşundysyna düzmeli.

5. Nurbatlarynyň kömegi bilen mikroşlif goýulýan eşkini süýşürüp dănăni okulýar mikrometriniň görkezijisine gabat getirmeli.

6. Dănăni ölçemeli, ýagny dăne okulýar mikrometriniň görkezijisiniň năçe bölümini tutýandygyny kesgitlemeli.

7. Ölçenilýän dănăniň ululygyny kesgitlemeli, munuň üçin okulýar mikrometriniň görkezijisiniň dănăniň eýeleýän bölümleriniň alnan sanyny okulýar mikrometriniň bir bölüminiň bahasyna köpeltmeli.

8. Dănăniň ululygyny başga ugur boýunça kesgitlemek üçin okulýary okunyň daşynda  $90^{\circ}$ -a öwürmek we bölümleriň sanyny sanamak zerurdyr.

9. Dănăniň özara iki ugur boýunça ölçegleriniň jeminiň ýarsyna deň bolan dănăniň ortaça ölçegini kesgitlemeli (7-nji we 8-nji bölümlere seret).

#### **4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar**

4.1. Mikroderňew diýlip nămä aýdylýar?

4.2. Metallaryň we splawlaryň mikroderňewiniň kömegi bilen nămeleri öwrenýärler?

4.3. Mikroşlif taýýarlanylýan nusgalaryň görnüşleri we ölçegleri năhili?

4.4. Mikroşlifi ýylmamak üçin we ýalpyldatmak üçin haýsy materiallar we gurallar ulanylýar?

4.5. Mikroşlif taýýarlanylýan nusgalaryň görnüşleri we ölçegleri năhili?

4.6. Mikroşlifi năme üçin zăherleýärler?

4.7. Seredilip görlen mikroşlifde năhili metal dăl goşundylaryň barlygy anyklanylýar?

4.8. Okulýar we obýektiv mikrometrlerine kesgitleme beriň.

4.9. Okulýar mikrometriniň bir bölüminiň bahasy năhili kesgitlenilýär?

4.10. МИМ-7 mikroskopyň kömegi bilen dänäniň ululygy nähili kesgitlenilýär?

### **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

#### **1. Ýumuşlar**

1.1. İş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplary bilen iş ýerinde tanyş boluň.

1.2. Mikroşlifiň taýýarlanyşynyň yzygiderligini ýazyp beýan ediň.

1.3. Mugallymyň tabşyrygy boýunça mikroşlifi mehaniki işläp bejериň.

1.4. Mikroşlifiň mikrogurluşyny mikroskopyň astynda öwreniň we splawyň gurluşyny görkezmek bilen, görülen mikrogurluşyň suratyny çyzyň.

1.5. Mikroşlifi degişli reaktiw bilen zäherläň.

1.6. Dänäniň ululygynyň ölçelişiniň usulyny öwreniň.

1.7. Okulýar we obýektiv mikrometrleri bilen tanyş boluň.

1.8. Okulýar mikrometriniň bir bölüminiň bahasyny kesgitläň.

1.9. Splawyň gurluşyny görkezmek bilen (däneleriň serhetlerini) taýýarlanylýan mikroşlifiň mikrogurluşynyň suratyny çekiň.

#### **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

2.1. İş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplarynyň ýerine ýetirilişi barada netije.

2.2. Mikroşlifiň taýýarlanylyşynyň yzygiderliligi.

2.3. Ýumuş boýunça berlen degişli mikroşlifi zäherlemek üçin ulanylýan reaktiwiniň himiki düzümi we zäherlenişiniň yzygiderliligi.

2.4. Dänäniň ululygynyň ölçelişi.

2.5. Okulýar mikrometriň bir böleginiň bahasy.

Mikroskopyň astynda öwrenilen mikroşlifiň mikrogurluşynyň çyzgysyny çyzmaly;

Taýýarlanylýan mikroşlifiň mikrogurluşyny öwrenip, öz pikiriňi beýan etmeli.



## 9-njy iş

# ŞLIFLERIŇ TOPLUMY BOÝUNÇA DEŇAGRAMLY ÝAGDAÝDAKY UGLERODLY POLATLARYŇ MIKROGURLUŞLARYNY ÖWRENMEK

## 1. Iş iň maksady

Uglerodly polatlaryň mikrogurluşlaryny tejribelikde öwrenmek, splawyň görnüşini, gurluş düzüjileriniň arasyndaky mukdar gatnaşyklaryň üsti bilen uglerodyň möçberini, poladyň takmynan kysymyny kesgitlemek we kesgitlenilen splawyň ulanylýan ýerlerini anyklamak.

## 2. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy

2.1. Şlifieriň toplumu.

2.2. МИМ -7 metallografik mikroskopy.

## 3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary

Özlerinde uglerodyň mukdaryny 2,14%-den az saklaýan demir-uglerod splawlaryna *polatlar* diýilýär.

Uglerodly *polatlary* şu aşadaky alamatlary boýunça toparlara bölýärler:

a) deňagramly ýagdaýyndaky gurluşy boýunça;

b) ulanylyşy boýunça;

ç) öndürilişiniň usuly boýunça.

*Uglerodly polatlaryň gurluşlary boýunça toparlara bölünişleri.* Demir-uglerod hal diagrammasynyň polatlar bölegindäki (31-nji surat) gurluşlar ýakylan (deňagramly) ýagdaýyndaky, ýagny haýal sowadylan soňky ýagdaýyndaky uglerodly poladyň gurluşyna gabat gelýär.

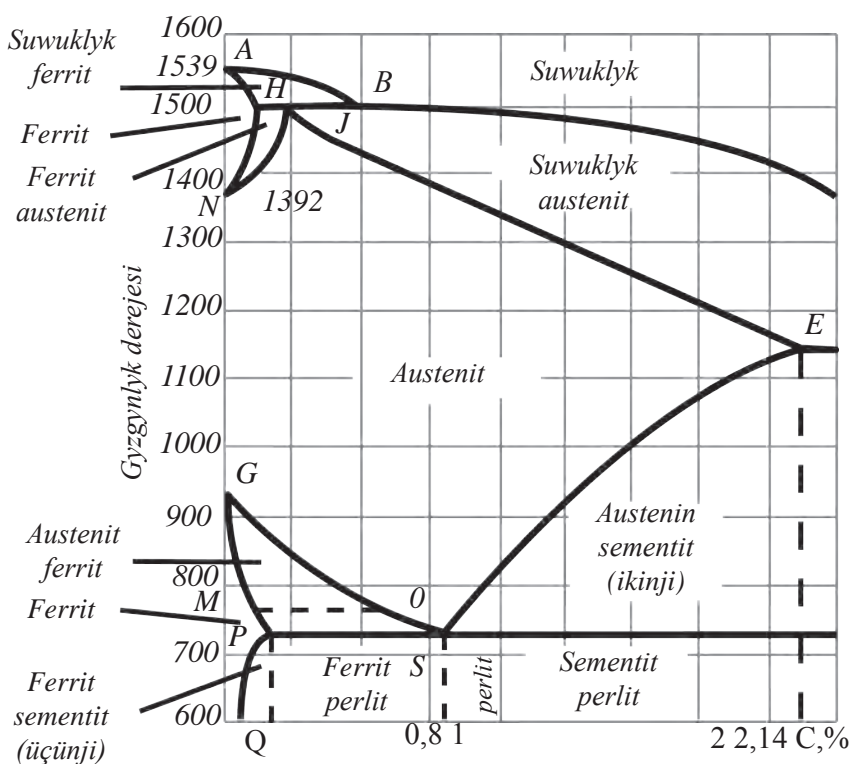
Deňagramly ýagdaýyndaky uglerodly polatlar gurluşlary boýunça şu aşadakylara bölünýärler:

a) *ewtektoida çenli uglerodly polatlar* özlerinde uglerody 0,02%-den 0,8%-e çenli saklaýarlar. Bu polatlaryň gurluşy ferritiň

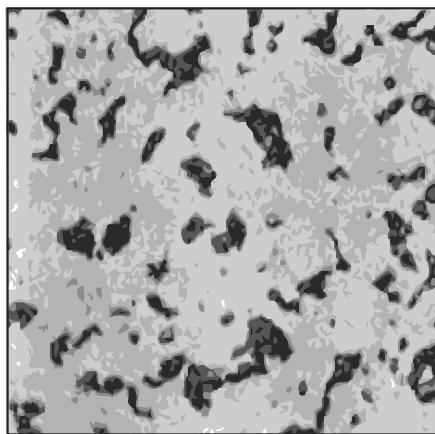
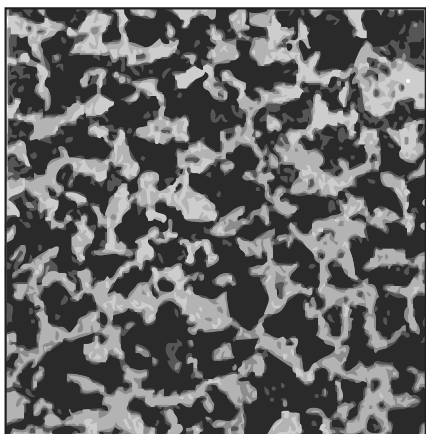
açyk reňkli dänelerinden we perlitň garamtyl dänelerinden ybaratdyr (32-nji surat). Bu polatlarda perlitň mukdary uglerodyň möçberine baglylykda üýtgeýär.

b) *Ewtektoida polady* özünde 0,8% uglerody saklaýar. Bu poladyň gurluşy perlitden ybarat. Perlitň däneleri ferritiň we sementitiň gezekleşip gelýän ýasy zolak dänelerinden ybaratdyr (33-nji surat).

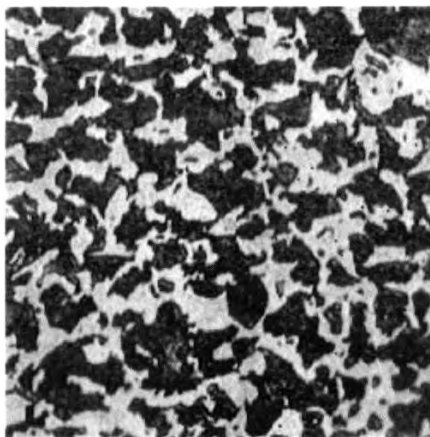
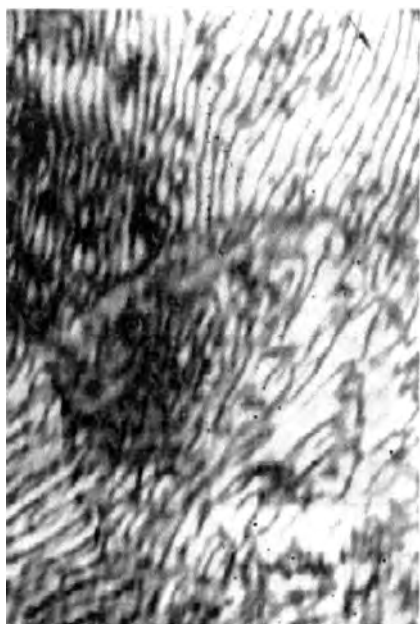
ç) *ewtektoidadan soňky polatlar* özlerinde uglerody 0,8%-den 2,14%-e çenli saklaýarlar. Bu polatlaryň gurluşy perlitden we ikinji sementitden durýar (34-nji surat).



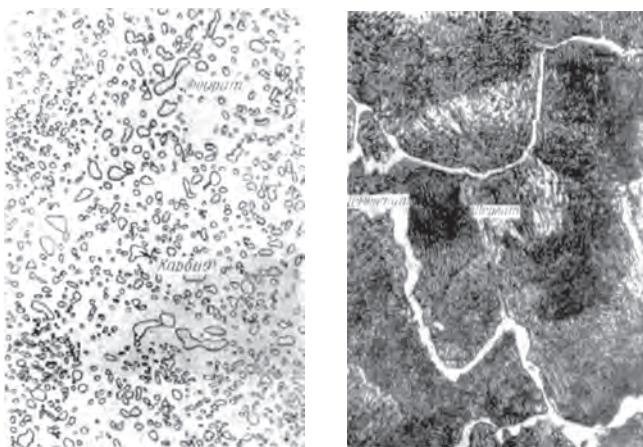
31-nji surat. Demir-uglerod hal diagrammasynyň polatlara deňişli bölegi



**32-nji surat. Ferritiň we perlitniň mikrogurluşy  
(X 500) we onuň şekillendirilişi**



**33-nji surat. Perlitniň mikrogurluşy (X500) we onuň şekillendirilişi**

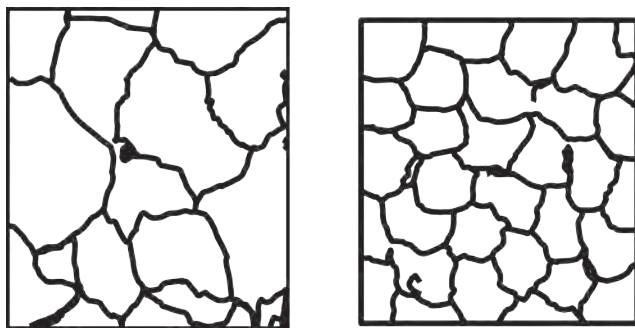


**34-nji surat. Perlitniň we ikinji sementitiň mikrogurluşy (X 500) hem-de onuň shematik şekillendirilişi**

Haýal sowadylanda austenitiň däneleriniň serhetlerinde mikroskopyň astynda tor görnüşli bolup görünýän gaty we port gabygy emele getirýän ikinji sementitiň kristallaşmagy bolup geçýär. Sementit hem edil ferrit ýaly azot kislotasynyň ( $\text{HNO}_3$ ) 4%-li spirtdäki ergini bilen zäherlenilende ak reňki saklaýar (35-nji surat). Sementiti ferritden tapawutlandyrmak üçin ýörite zäherleýji ergini natriniň (aşgar) pikraty ulanylýar. Natriniň (pikraty) diňe sementiti garmatyl reňke boýaýar. Ýöne ferrite düýpgöter täsir etmeýär.

d) *tehniki demir* diýlip atlandyrylýan özlerinde uglerody 0,02%-e çenli saklaýan demir bilen uglerodyň splawlary.

Bu splawlaryň gurluşy ferritiň dänelerinden we olaryň serhetlerinde jemlenen az mukdardaky üçünji sementitden ybaratdyr (35-nji surat).



**35-nji surat. Ferritiň we üçünji sementitiň mikrogurluşy (X 500) we onuň şekillendirilişi**

#### **4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar**

4.1. Nähili splawlara polatlar diýilýär?

4.2. Ewtektoida çenli we ewtektoidadan soňky polatlaryň gurluşlaryny aýdyň.

4.3. Ewtektoida poladynyň gurluşyny we ondaky uglerodyň möçberini aýdyň.

#### **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

##### **1. Ýumuşlar**

1.1. Demir-uglerod hal diagrammasynyň polatlara degişli bölegini (C 2,14% -e çenli) çyzyň.

1.2. Uglerodly polatlaryň gurluşy (mikrogurluşlarynyň suratyny çekmek bilen), ulanylýan ýerleri we öndürilişiniň usuly boýunça toparlara bölünüşlerini gysgaça ýazyp beýan ediň.

1.3. Uglerodly polatlaryň mehaniki häsiýetleriniň uglerodyň mukdaryna baglylygynyň çyzgydyny çyzyň.

1.4. Uglerodly polatlardaky gurluş düzüjilerini ýüze çykarmak maksady bilen mikroşlifleri mikroskopyň astynda öwreniň we gurluş düzüjileriniň mukdarlaryny görkezmek bilen mikrogurluşlaryny öwreniň we 1-nji tablisany dolduryň (Mn, Si, P, S, Ni, Cr–yň möçberleri polatdaky uglerodyň möçberine baglylykda tablisalardan alynýar).

1.5. Synag edilen mikroşliflerdäki uglerodyň mukdaryny deňleme boýunça hasaplaň we netijeleri 2-nji tablisa ýazyň.

1.6. Tablisadaky maglumatlar boýunça uglerodyň göterim möçberine görä synag edilýän şlifleriň polatlaryň haýsy görnüşlerinden (markalaryndan) taýýarlanylandygyny kesgitläň.

1.7. Maglumatlar kitabyndan alnan polatlaryň görnüşleriniň mehaniki häsiýetnamalaryny we ulanylýan ýerlerini aşakdaky tablisalar görnüşinde ýazyň.

##### **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

2.1. Iş ýeriniň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplarynyň ýerine ýetirilişi barada netije.

2.2. Uglерodly polatlaryň gurluşy (mikrogurluşlarynyň suratyny çekmek bilen), ulanylýan ýerleri we öndürilişiniň usuly boýunça toparlary.

1-nji tablisa

### Polatlaryň gurluş düzüjileri we himiki düzümi

Şlifň belgisi	Her bir gurluşy düzüjine düşýän şlifň meýdanynyň bölegi			Uglерodыň möçberini hasaplamak üçin deňleme	Başga elementleriň möçberleri, %						Poladyň görnüşi
	Ferrit F	Perlit P	Sementit S		Mn	Si	P	S	Ni	Cr	

2-nji tablisa

### Polatlaryň mehaniki häsiýetleri

Şlifleriň belgisi	Poladyň ady we görnüşi	Mehaniki häsiýetleri					Esasy ulanylýan ýerleri
		$\sigma_w$ , kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$ , kg/mm <sup>2</sup>	$a_n$ , kJ/m <sup>2</sup>	HB	$\delta$ , %	

## 10-njy iş

## ULANYŞLARY WE ÖNDÜRILIŞINIŇ USULY (HILI BOÝUNÇA) UGLERODLY POLATLARYŇ TOPARLARA BÖLÜNIŞI

### 1. Işiň maksady

Uglерodly polatlaryň mikrogurluşlaryny tejribelikde öwrenmek, splawyň görnüşini, gurluş düzüjileriniň arasyndaky mukdar gatnaşyklaryň üsti bilen uglерodыň möçberini, poladyň takmynan kysymyny kesgitlemek we kesgitlenilen splawyň ulanylýan ýerlerini anyklamak hem-de olaryň ulanyşlary boýunça toparlara bölünişlerini öwrenmek.

## 2. İş ornunyň enjamlaşdyrylyşy

2.1. Şlifieriň toplumy.

2.2. МИМ -7 metallografik mikroskopy.

### 3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary

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

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

*Turşatma şertleri we derejeleri boýunça rahat, gaýnaýan we ýarymrahat polatlary* tapawutlandyrýarlar.

*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, ölçeyji we galyplajy* gurallar üçin öndürýärler.

*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 ýagdaýyndaky gurluşy boýunça* uglerodly polatlar *ewtektoid çenlilere, ewtektoidlere we ewtektoidden soňkulara* bölünýär.

Uglerodly polatlara standartlar kabul edildi. Olar uglerodly polatlaryň belgilenmesini, himiki düzümini, öndüriliş we turşatma 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* gyzgyn ýörelen şekilleri (balkalary, pürsleri, şwellerleri, ýazgyn polatlary, burçluklary, turbalary), gaplaýjylary, gurluşyk materiallaryny, armaturalary 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.

Adaty hilli uglerodly polatlar esasy we turşy konwerterlerde ýa-da uly marten peçlerinde eredilip alynýar.

Ulanylýan ýerlerine görä we GOST-y bilen kepillendirilýän häsiýetlerine görä adaty hilli uglerodly polatlar *A*, *B* we *Ç* toparlara bölünýärler.

*A* toparynyň polatlarynyň mehaniki häsiýetleri berkligiň çägi ( $\sigma_b$ ), otnositel uzalmasy ( $\delta$ ) we başgalary GOST tarapyndan kepillendirilendir. Bu toparyň polatlarynyň şu aşakdaky kysymlary goýberilýär: P.0, P.1, P.2, ... P.6.

Bu polatlar gyzgynlygyna basylyp işlenip bejerilýän detallar üçin niýetlenendir.

*B* toparynyň polatlarynyň himiki düzümi kepillendirilendir. Bu polatlar marten, konwerter we bessemer usullary bilen öndürilýär. Bu toparyň polatlarynyň şu aşakdaky kysymlary goýberilýär: BP.0, BP.1, BP.2, ... BP.6. Bu polatlar şaýlary gyzgynlygyna basyp işläp ýasamak üçin we kebşirlenen konstruksiýalar üçin niýetlenendir.

GOST *Ç* toparynyň polatlarynyň mehaniki häsiýetlerini hem-de himiki düzümlerini kepillendirýär. Bu polatlar marten we konwerter usullary bilen eredilip alynýar. Bu toparyň polatlarynyň şu aşakdaky kysymlary goýberilýär: ÇP.2, ÇP.3, ÇP.4, ÇP.5.

Oňat hilli uglerodly polatlar esasy marten peçlerinde eredilip alynýar. Bu polatlar uglerodly hem legirlenen bolup bilerler. Adaty hilli uglerodly polatlara garanynda bu polatlara ýokary talap bildirilýär. Mysal üçin, bu polatlarda zyýanly garyndylaryň mukdary köp bolmaly däl (kükürt we fosfor 0,04%-den köp bolmaly däl).



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 belgileri *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: harpy – sanly. Ol ýerde P harpy «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. Turşutma derejesini belgilemek üçin belgiden soň indeks goşulýar: g – gaýnaýan, ýr – ýarym rahat, r – rahat polat (meselem, P.3ýr, BP.3r, BP.5r). Düzümünde marganes köp bolan ýarymrahat polady belgilemek üçin belgiden soň G harpyny goýýarlar (P.Gýr, BP.3Gýr, BP.5Gýr).

Harpy-sanly belgilemek bilen bilelikde polady ýuwlup aýrylmaýan reňk bilen belgileýärler. Şonda toparyna we turşutma 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 ýüzlerçe paýlarynda uglerodyň ortaça mukdaryny görkezýär.

Ulanlyşy boýunça bu polatlar gurluşyk, konstruksiýa polatlary şu kysymlarda goýberilýär: 05g, 08g, 10g, 15g, 15, 30, 35, 40, 45,...,85.

Sanlar göterimiň ýüzden bir böleginde polatlardaky uglerodyň möçberini görkezýärler, g-gaýnaýan polat. Mysal üçin, Polat 30 – oňat hilli uglerodly poladyň düzüminde 0,30% möçberinde uglerod bardyr.

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

Pes uglerodly polatlar (05 -25), termik taýdan işlenilmä sezewar edilmeyärler. Olar sementasiýa üçin ulanylýar. Ol gowy gyzdyrylýar we galyplanýar. Ortaça uglerodly polatlar (30 -50) esasan, termik taýdan işlenen görnüşinde ulanylýar. Ýokary uglerodly (10 -50) polatlar kalibrlenen sowuk çekilen prutlar we anyk ölçegli simler görnüşinde ulanylýar. Berçinleme netijesinde bu polatlaryň berkligi ýokarlanýar, emma çeýeligi peselýär. Has berkleşmä ýuka kesmelerde ýetilýär (simler, ýazgyn ýuka polatlar we beýlekiler). Kalibrlenen, sowuk çekilen polady ulanmak mehaniki taýdan işlemäniň köp zähmetli amallaryny aradan aýyrýar.

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

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. Kükürdiň awtomat polatda marganesiň sulfidi (MnS) görnüşinde bolýar. Ol gysga we döwlegen ýonmalaryň ýüze çykmagyna ýardam edýän, priatkanyň ugruna çekilen birikmeleri emele getirýär. Olary çalgy hökmünde garyndy bilen guralyň arasyndaky sürtülmäni peseldýär. Fosfor gatylygy, berkligi ýokarlandyryýar we çeýeligi peseldýär, kesilende poladyň ýüzüniň ýylmanak ýalpyldyly bolmagyna ýardam edýär.

Bu polatlary A harpy bilen belgileýärler. A harpynyň yzyndan degişli san goýulýar. Ol göterimiň ýüzlerçe paýlarynda uglerodyň ortaça mukdaryny görkezýär.

Awtomat polatlary himiki düzümine baglylykda alty topara bölýärler. Olar:

1. Uglerodly kömürli (A11, A12, A20, A30, A35, A40G);
2. Uglerodly gurşun düzümlü (AS14, AS40);

3. Uglerodly kükürtselenaly (A35E, A45E);
4. Hromly kükürtselenaly (A40HE);
5. Kükürtmarganesli gurşun düzümlü (AS35G2, AS45G2);
6. Legirlenen gurşun düzümlü (AS12HN, AS14HGN, AS19HGN, AS20HGNM, AS30HM, AS38HGM, AS40HGNM).

A12 polady kesiji gural bilen işlemegiň 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.

**Gurallyk 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 bolmalydyr, ýagny olar işlenende ýüze çykýan işçi erňegi gyzdyrylanda 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 edilmeyän gurallary (burawlary, plaşkalary, bellik edýän gurallary, towlamalary, kesgiçleri, frezerleri, 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 paýyndaky 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 birikmeleriň az mukdary bolýar. Bu hili polatlaryň ýokary mehanik häsiýetleri bardyr.

#### **4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar**

4.1. Uglerodly polatlar nähili toparlara bölünýärler?

4.2. Uglerodly polatlar öndüriliş usuly boýunça nähili toparlara bölünýärler?

4.3. Uglerodly polatlar himiki düzümi boýunça nähili toparlara bölünýärler?

4.4. Uglerodly polatlar wezipesi boýunça nähili toparlara bölünýärler?

4.5. Uglerodly polatlar hili boýunça nähili toparlara bölünýärler?

4.6. Uglerodly polatlar gyzdyrylan ýagdaýdaky gurluşy boýunça nähili toparlara bölünýärler?

4.7. Wezipelerine we kepillikli häsiýetnamalaryna baglylykda adaty hilli polat näçe topara bölünýär?

#### **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

##### **1. Ýumuşlar**

1.1. Uglerodly polatlaryň gurluşy (mikrogurluşlarynyň suratyny çekmek bilen), ulanylýan ýerleri we öndürilişiniň usuly boýunça toparlara bölünüşlerini gysgaça ýazyp beýan ediň.

##### **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

2.1. İş ýeriniň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplarynyň ýerine ýetirilişi barada netije.

2.2. Uglerodly polatlaryň gurluşy (mikrogurluşlarynyň suratyny çekmek bilen), ulanylýan ýerleri we öndürilişiniň usuly boýunça toparlary.

#### **11-nji iş**

### **UGLERODYŇ POLADYŇ MEHANIKI HÄSIÝETINE EDÝÄN TÄSIRI**

#### **1. Işniň maksady**

Uglerodly polatlaryň mikrogurluşlaryny tejribelikde öwrenmek, splawyň görnüşini, gurluş düzüjileriniň arasyndaky mukdar

gatnaşyklaryň üsti bilen uglerodyň möçberini, poladyň takmynan kysymyny kesgitlemek we kesgitlenilen splawyň ulanylýan ýerlerini anyklamak hem-de uglerodyň poladyň mehaniki häsiýetlerine edýän täsirini öwrenmek.

## **2. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy**

2.1. Şlifieriň toplumy.

2.2. МИМ-7 metallografik mikroskopy.

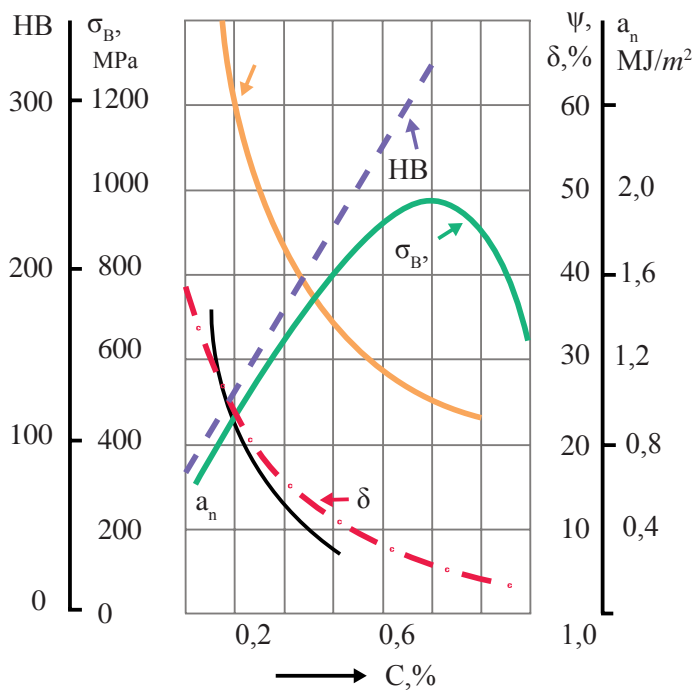
## **3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary**

*Uglerodyň poladyň mehaniki häsiýetlerine edýän täsiri.* Ugle-rodly poladyň düzüminde ugleroddan başga elmydama kremniý, marganes, kükürt, fosfor, azot, kislorod, wodorod bolýar. Olar polada ol 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.

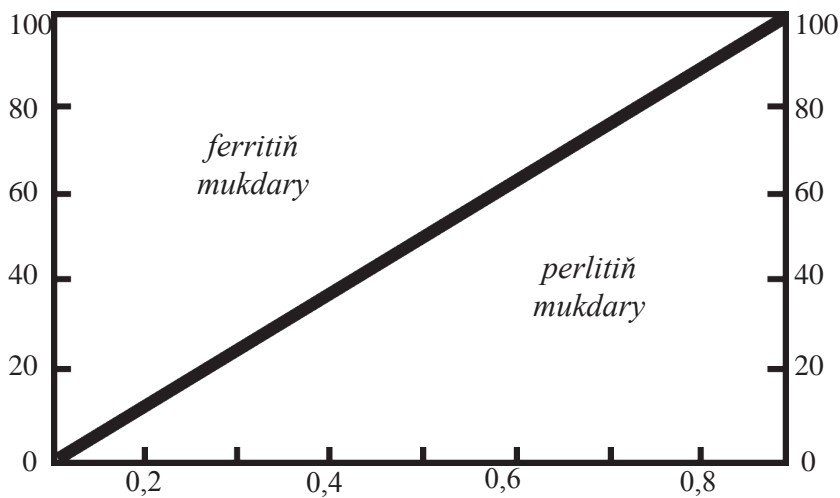
Uglerod esasy garyndydyr. Onuň poladyň düzümindäki mukdaryna baglylykda poladyň mehaniki häsiýetleri güýçli üýtgeýär.

Poladyň gatylygy (HB) sozulanda onuň berklik çägi ( $\sigma_b$ ) we onuň çeyelik çägi ( $\sigma_{0,2}$ ) uglerodyň 1%-e çenli artmagy bilen ösýär. Onuň otnositel uzalmasy ( $\delta$ ), otnositel daralmasy ( $\psi$ ) we urgy şepbeşikligi ( $\lambda_n$ ) kemelýär (36-njy surat).

Öňde aýdylyp geçilişi ýaly, uglerodyň möçberiniň köpelmegi bilen poladyň gurluşy ferritden (0,02% C) perlit bilen ikinji sementite çenli (0,8% C, 2,14 %) üýtgeýär: ferrit ýokary çeyelige, pes berkligi we pes gatylyga (80-90 HB) eýedir. Sementit aşa gatydyr (700-800 HB) we portdyr. Berkligiň çäginin ( $\sigma_b$ ) gatylygyň (HB), otnositel uzalmasynyň ( $\delta$ ), otnositel gysylmasynyň ( $\psi$ ) we urgy şepbeşikliginiň ( $\alpha_n$ ) uglerodyň möçberine baglylygynyň çyzgysy 36-njy suratda görkezilendir.



36-nji surat. Poladyň mehaniki häsiýetlerine uglerodyň täsiri



37-nji surat. Ewtektoida çenli polatlardaky gurluşy düzüjileriniň uglerodyň möçberine baglylykdaky gatnaşygy

Gurluşy erkin sementitiň ýüze çykmagy bilen uglerodly poladyň berkligi peselip başlaýar.

Ýakylan ewtektoida çenli polatlarda perlit bilen ferritiň arasyndaky mukdar gatnaşygy polatdaky uglerodyň möçberine baglydyr. Uglerodyň möçberiniň artmagy bilen baglylykda perlitiň mukdary artýar (37-nji surat).

Ferrit uglerody tejribede eretmeýär, ýagny uglerody özünde saklamaýar diýip, 100%-li perlitiň gurluşynda bolsa 0,8% uglerod bar diýip, hasap edip islendik ewtektoida çenli polatdaky uglerodyň möçberini kesgitläp bolar. Munuň üçin mikroskopyň kömegi bilen gurluşy düzüjileriniň arasyndaky gatnaşygy kesgitlemeli we ýönekeýje baglanyşygy çözmeli:

$$\begin{aligned} 0,8 \% C - 100 \% \text{ perlitde;} \\ X \% C - P \% \text{ perlitde,} \end{aligned}$$

bu ýerde P – mikroskopyň kömegi bilen kesgitlenilen, polatdaky perlitiň mukdary (synag edilýän şlifiň üst meýdanynyň perlit bilen eýelenen bölegi, %).

Onda

$$X = \frac{0,8P}{100} \%.$$

Ewtektoidadan soňky uglerodly polatlardaky uglerodyň möçberini aşakdaky aňlatma bilen hasaplap bolar.

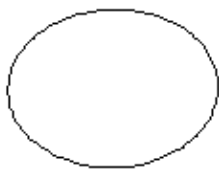
$$X = \frac{0,8P + 6,67S}{100} \%.$$

bu ýerde S – mikroskopyň kömegi bilen kesgitlenilen polatdaky sementitiň mukdary, %.

Ýöne, polatdaky sementitiň möçberini takyk kesgitlemek tejribelikde mümkin däldir, şonuň üçin uglerodyň köp möçberini özünde saklaýan sementitiň mukdary kesgitlenende goýberilýän uly bolmadyk ýalňyşlyk polatdaky uglerodyň möçberi kesgitlemende uly takyksyzlyga getirýär. Şonuň üçin bu aňlatmadan tejribede peýdalanmaýarlar.

Derňelen şliferiň mikrogurluşlarynyň suratlaryny aşakdaky görnüşde çekip, gurluş düzüjileriniň mukdarlaryny (38-nji suratda Şlif N1 we Şlif N2 ) görkezmeli.

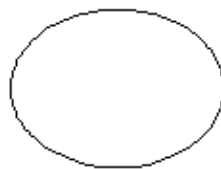
Poladyň gurluş düzüjilerini we himiki düzümini tablisa görnüşinde ýazmaly.



**Şlif № 1**

X \_\_\_\_\_

Ferrit ..... %  
 Perlit ..... %  
 Sementit ..... %  
 Zäherlenilişi ..... %



**Şlif № 2**

X \_\_\_\_\_

Ferrit ..... %  
 Perlit ..... %  
 Sementit ..... %  
 Zäherlenilişi ..... %

**38-nji surat. Derňelen şlifleriň mikrogurluşlary**

### 1. Polatlaryň gurluşy düzüjileri we himiki düzümi

Şlif belgisi	Her bir gurluşy düzüjisine düşýän şlifň meýdanynyň bölegi			Ugleroddyň möçberini hasaplamak üçin aňlatma	Başga elementleriň möçberleri, %						Poladyň kysymy
	Ferrit F	Perlit P	Sementit S		Mn	Si	P	S	Ni	Cr	
1.											
2.											
3.											

Polatlaryň mehaniki häsiýetlerini maglumatlar kitabyndan göçürüp, tablisa görnüşinde ýazmaly.

### 2. Polatlaryň mehaniki häsiýetleri

Şlif belgisi	Poladyň ady we kysymy	Mehaniki häsiýetleri					Esasy ulanylýan ýerleri
		$\sigma_b$ , <i>kg/mm<sup>2</sup></i>	$\sigma_t$ , <i>kg/mm<sup>2</sup></i>	$a_H$ , <i>kJ/m<sup>2</sup></i>	HB	$\delta$ , %	
1.							
2.							
3.							



$\sigma_b$  – berkligiň çägi;  $\sigma_t$  – akyjylygynyň çägi;  $\alpha_h$  – urgy şepbeşikligi;  
HB – Brinell boýunça gatylyk;  $\delta$  – otnositel uzalmasy.

#### **4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar**

4.1. Uglerodyň möçberi poladyň mehaniki häsiýetlerine nähili täsir edýär?

4.2. Ewtektoida çenli polatlarda uglerodyň möçberiniň üýtgemegi bilen ferrit bilen perlitin mukdar gatnaşygy nähili üýtgeýär?

4.3. Derňelip anyklanylýan splawlaryň ulanylýan ýerlerini aýdyň.

#### **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

##### **1. Ýumuşlar**

1.1. Demir-uglerod hal diagrammasynyň polatlara degişli bölegini (C 2,14% -e çenli) çyzyň.

1.2. Uglerodly polatlaryň gurluşy (mikrogurluşlarynyň suratyny çekmek bilen), ulanylýan ýerleri we öndürilişiniň usuly boýunça toparlara bölünüşlerini gysgaça ýazyp beýan ediň.

1.3. Uglerodly polatlaryň mehaniki häsiýetleriniň uglerodyň mukdaryna baglylygynyň çyzgysyny çyzyň.

1.4. Uglerodly polatlardaky gurluşy düzüjilerini ýüze çykarmak maksady bilen mikroşlifleri mikroskopyň astynda öwreniň we gurluş düzüjileriniň mukdarlaryny görkezmek bilen mikrogurluşlarynyň suratlaryny çyzyň. Alnan netijeleri tablisa görnüşinde ýazyň.

##### **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

2.1. Iş ýeriniň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplarynyň ýerine ýetirilişi barada netije.

2.2. Uglerodly polatlaryň gurluşy (mikrogurluşlarynyň suratyny çekmek bilen), ulanylýan ýerleri we öndürilişiniň usuly boýunça toparlary.

2.3. Maglumatlar kitabyndan alnan polatlaryň görnüşleri boýunça mehaniki häsiýetnamalary we ulanylýan ýerlerini ýazmaly.

## Polatlaryň gurluşy düzüjileri we himiki düzümi

Şlifiň belgisi	Her bir gurluşy düzüjine düşýän şlifiň meýdanynyň bölegi			Uglerodyň möçberini hasaplamak üçin deňleme	Başga elementleriň möçberleri, %						Poladyň görnüşi
	Ferrit F	Perlit P	Sementit S		Mn	Si	P	S	Ni	Cr	

## Polatlaryň mehaniki häsiýetleri

Şlifleriň belgisi	Poladyň ady we görnüşi	Mehaniki häsiýetleri					Esasy ulanylýan ýerleri
		$\sigma_w$ , kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_t$ , kg/mm <sup>2</sup>	$a_n$ , kJ/m <sup>2</sup>	HB	$\delta$ , %	

## 12-nji iş

## DEMİR-UGLEROD HAL DIAGRAMMASYNYŇ ÇOÝUNA DEGIŞLI BÖLEGI

### 1. Işiň maksady

Çoýunlaryň mikrogurluşlaryny tejribelikde öwrenmek, mikrogurluşy boýunça çoýnuň görnüşi (ak, çal, sozulagan, ýokary berklikli) kesgitlemek, derňelýän çoýunlaryň mehaniki häsiýetleri we ulanylýan ýerleri bilen tanyş bolmak.

### 2. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy

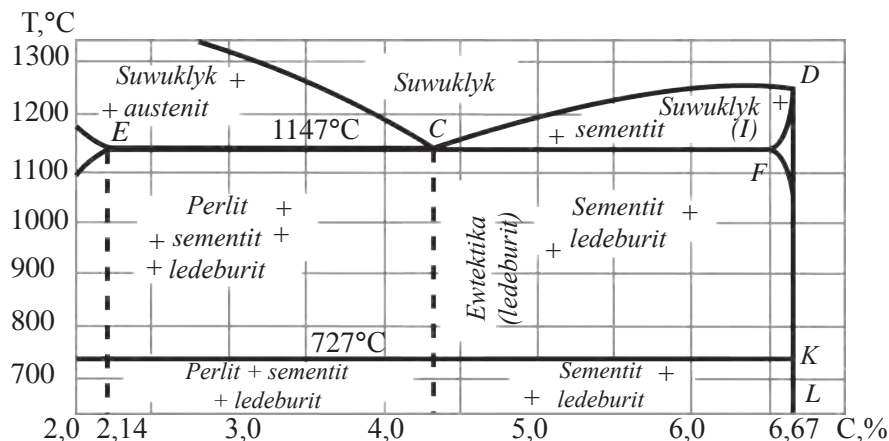
2.1. MIM-7 metallografik mikroskopy.

2.2. Çal, sozulagan we ýokary berklikli çoýunlaryň zäherlenilmelik şliflerinden we ak, çal, sozulagan we ýokary berklikli çoýunlaryň şliflerinden durýan mikroşlifleriniň toplumy.

### 3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary

Düzüminde 2,14% uglerod bolan demriň uglerod bilen erginlerine (splawlaryna) *çoýunlar* diýilýär.

Demir-uglerod hal diagrammasynyň çöýunlara degişli bölegi 39-njy suratda görkezilendir.



39-njy surat. Demir-uglerod hal diagrammasynyň çöýunlara degişli bölegi

Gurluşlary boýunça ak çöýunlar şu aşakdaky toparlara bölünýärler:

a) ewtektika çenli ak çöýunlar, özlerinde 2,14%-den 4,3%-e çenli uglerody saklaýarlar. Doly sowadylandan soň bu çöýunlaryň gurluşy perlitden (P), ikinji sementitden ( $S_{II}$ ) we ledeburitden (L) durýar, ýagny  $P = S_{II} + L$ .

Ledeburit düzüjisi üstünde garamtyl perlit bölekleri deňölçegli ýaýran açyk reňkli sementit meýdanynda durýar. Perlit garamtyl däneleri emele getirýär. Ikinji sementitiň bir bölegi açyk reňkli bolup, perlitiň däneleriniň serhetlerine bölünip çykýar, galan bölegi bolsa ledeburitiň sementiti bilen goşulýar.

b) ewtektiki çöýun, özünde 4,3% uglerody saklaýar. Onuň gurluşy ledeburitden durýar.

ç) ewtektikadan soňky çöýunlar özlerinde uglerody 4,3%-den 6,67%-e çenli saklaýarlar. Olaryň gurluşy ledeburitden we suwuk erginden bölünip çykýan birinji sementitiň uly süýri kristallaryndan durýar.

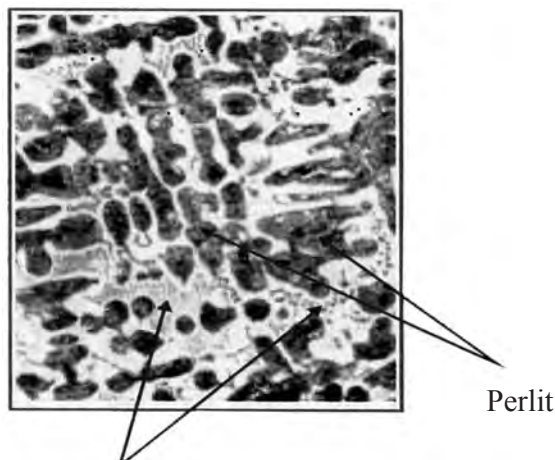
Diýmek, ak çöýunlaryň gurluşy polatlaryň gurluşyndan özlerinde ledeburitiň ýa-da ledeburit bilen birinji sementitiň bolmagy bilen tapawutlanýar.

Çöýunlaryň ikinji toparyna çal, ýokary berklikli we sozulagan çöýunlar degişlidirler. Bu çöýunlaryň döwügi çal reňkli ýalpyldysyz bolýar. Olaryň gurluşy içinden grafit goşundylary geçýän metal esasyndan durýar. Bu çöýunlar biri-birinden diňe bölünip çykan grafitleriň görnüşleri bilen tapawutlanýarlar. Ewtektika çenli ak çöýnuň mikrogurluşy we onuň şekillendirilişi: 40-njy suratda perlit, ledeburit, 41-nji suratda ewtektika we ledeburit, 42-nji suratda bolsa ledeburit hem-de birinji sementit gurluş düzüjileri görkezilen.

Adaty çal çöýunda grafit plastinka, zolak görnüşinde emele gelýär. Şeýle grafitde ýasy zolak görnüşli (ýa-da ýasy zolakly) diýilýär. 43-nji *a* suratda grafitiň çylgymy bilen adaty ferritli çöýnuň gurluşy görkezilen.

Magnit (ýa-da seriý) köp goşulman eredilip alnan ýokary berklikli çöýnuň gurluşy 43-nji *b* suratda görkezilen.

Ak çöýny ýakmak ýoly bilen alynýan sozulagan çöýunlarda grafit übtük görnüşde bolýar. Grafiti übtük görnüşinde bolan sozulagan çöýnuň mikrogurluşy 43-nji *ç* suratda görkezilendir.



Ledeburit

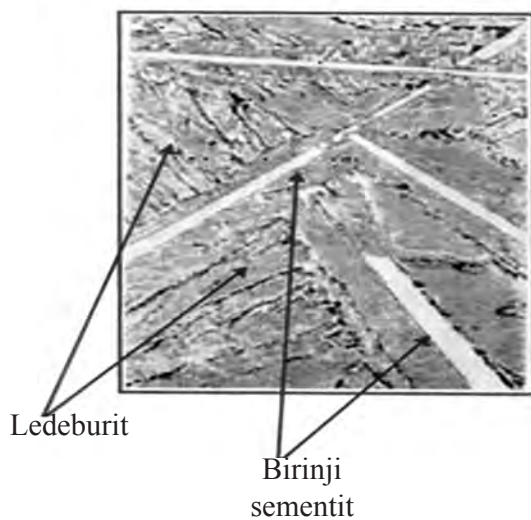
Perlit

40-njy surat. Ewtektika çenli ak çöýnuň mikrogurluşy  
we onuň şekillendirilişi



Ewtektika  
ledeburit

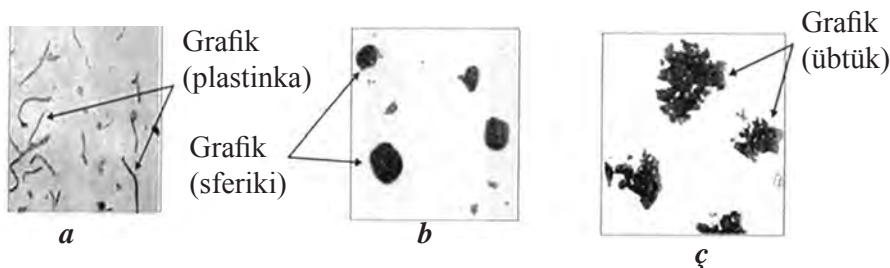
**41-nji surat. Ewtektika çenli ak çöýnuň  
mikrogurluşy we onuň şekillendirilişi**



Ledeburit

Birinji  
sementit

**42-nji surat. Ewtektikadan soňky ak çöýnuň mikrogurluşy  
we onuň şekillendirilişi**



**43-nji surat. Grafitleri dürli görnüşde bolan çöýunlaryň mikrogurluşlary**  
(*a* – çal çöýun, *b*– ýokary berklikli çöýun, *ç*– sozulagan çöýun)

#### **4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar**

4.1. Ak çöýunlar gurluşlary boýunça nähili toparlara bölünýärler?

4.2. Ewtektika çenli, ewtektiki we ewtektikadan soňky çöýunlaryň gurluşlary nähili bolýar?

4.3. Demir-uglerod splawlarynyň hal diagrammasynyň çyzygynda haýsy öwrülme bolup geçýär we şol öwrülmäniň düýp mazmuny nämeden ybarat?

4.4. Ewtektoida öwrülmesi haýsy çyzykda bolup geçýär we bu öwrülmäniň düýp mazmuny nämeden ybarat?

4.5. Ewtektika çenli çöýunuň 900°C we 300°C temperaturada nähili fazaly düzümi bolýar?

4.6. Çal, sozulagan we ýokary berklikli çöýunlarda bölünip çykýan grafitiň görnüşleri nähili?

#### **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

##### **1. Ýumuşlar**

1.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplary bilen iş ýerinde tanyş boluň.

1.2. Demir-uglerod hal diagrammasynyň çöýunlara degişli bölegini çyzyň.

1.3. Çöýunlara kesgitleme beriň.

1.4. Ak, çal, sozulagan we ýokary berklikli çöýunlaryň tapawutlaryny ýazyp beýan ediň.

1.5. Maglumatlar kitabyndan peýdalanyň, mugallymyň görkezmesi boýunça çöýunlaryň 3-4 sany görnüşiniň mehaniki häsiýetlerini we ulanylýan ýerlerini ýazyň.

## **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

2.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplarynyň ýerine ýetirilişi barada netije.

2.2. Çöýunlar.

2.3. Ak, çal, sozulagan we ýokary berklikli çöýunlaryň tapawutlary.

## **13-nji iş**

# **METAL ESASY BOÝUNÇA ÇÖÝUNLARYŇ TOPARA BÖLÜNIŞI. ÇÖÝUNLARYŇ MEHANIKI HÄSIÝETLERI WE OLARYŇ ULANYLYŞY. ÇÖÝUNA GOŞULÝAN ELEMENTLER WE ÇÖÝUNLARYŇ BELGILENIŞI**

## **1. Işniň maksady**

Çöýunlaryň mikrogurluşlaryny tejribelikde öwrenmek, mikrogurluşy boýunça çöýnuň görnüşini (ak, çal, sozulagan, ýokary berklikli) kesgitlemek, derňelýän çöýunlaryň mehaniki häsiýetleri we ulanylýan ýerleri bilen tanyş bolmak.

## **2. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy**

2.1. МИМ-7 metallografik mikroskopy.

2.2. Çal, sozulagan we ýokary berklikli çöýunlaryň zäherlenilmedik şliflerinden we ak, çal, sozulagan we ýokary berklikli çöýunlaryň şliflerinden durýan mikroşlifleriň toplumy.

## **3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary**

3.1. Metal esasy boýunça çöýunlaryň topara bölünişi. Düzüminde 2,14% uglerod bolan demriň uglerod bilen erginlerine (splawlaryna) *çöýunlar* diýilýär. Çöýunlaryň düzümine ugleroddan başga-da

kremniý 4%-e çenli, marganes 2%-e çenli, şonuň ýaly-da fosfor we kükürt girýär.

Legirlenen çöýunlar düzüminde hrom, nikel we başga-da le-girleýji elementleri saklaýar. Çöýun polady almak üçin esasy ma-terialdyr, oňa takmynan ähli çöýnuň 80-85%-i harçlanýar. Şonuň bilen birlikde çöýun guýma splawlarda giňden ýaýrandyr.

Gurluşy boýunça çöýunlar düzüminde grafit bolan *çal* (ÇÇ), *ýo-kary berklikli* (ÝÇ) we *sozulagan çöýunlara* (SÇ) hem-de düzüminde grafit bolmadyk, ähli grafiti sementit bilen baglanan *ak çöýunlar* ýaly görnüşlere bölünýärler.

**Çal çöýun.** Çal çöýnuň döwlen ýeriniň reňki çaldyr. Onuň se-bäbi ähli uglerod ýa-da olaryň bölekleri ýasy zolak şekildäki grafit görnüşde bölünip aýrylýar. Sementitiň dargamak derejesine bag-lylykda *ferrit*, *ferrit-perlit* we *perlit gurluşly çöýunlara* bölünýär. Çal çöýnuň gurluşy poladyň gurluşyna meňzeşdir, ýöne onda grafit bardyr.

Metal esasy boýunça (gurluşy boýunça) çöýunlaryň ählisi şu aşakdaky toparlara bölünýärler:

a) *ferritliler*—gurluşy ferritden we grafitden ybaratdyr. Baglanyşan uglerodyň mukdary  $C_{\text{bag}} = 0,025\%$ , ýagny örän azdyr.

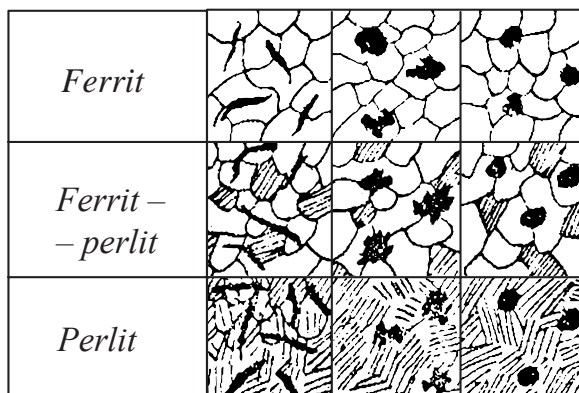
b) *ferritli-perlitliler* – gurluşy ferritden, perlitden we grafitden ybaratdyr. Baglanyşan uglerodyň mukdary 0,025%-den 0,8%-e çen-lidir.

ç) *perlitliler*—gurluşy perlitden we grafitden ybaratdyr. Baglanyşan uglerodyň mukdary –  $C_{\text{bag}} = 0,8\%$ .

Diýmek, ikinji toparyň çöýunlarynyň gurluşy poladyň gurluşyndan özünde erkin uglerodyň – grafitiň bolmagy bilen ta-pawutlanýar.

44-nji suratdaky gurluşlaryň çyzgylarynda çöýunlaryň metal esasynyň gurluşyna görä we grafitleriň görnüşlerine görä toparlara bölünişleri umumylaşdyrylyp görkezilendir.





44-nji surat. Çoýnuň metal esasyňyň strukturasy we grafit goşundylarynyň görnüşleri boýunça toparlara bölünişleri

**Goňur ferrit çoýny** – gurluşy taýdan erkin we şonuň ýaly-da ledeburitde hem-de perlitde gurluş taýdan baglanyşykly sementitiň doly dargamagy netijesinde alynýar. Çoýnuň düzümi ferritden we grafitden ybaratdyr.

Çal **ferrit -perlit çoýny** 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. Çoýnuň düzümi ferritden, perlitden we grafitden ybaratdyr.

Çal **perlit çoýny** ledeburitiň düzümine girýän sementitiň we ikinji sementitiň doly dargamagyndan emele gelýär. Çal perlit çoýnunda özgermeler doly bolup geçenden soň, ol perlitden we grafitden ybaratdyr. Grafitiň ýasy zolak şekilli garyndylary metal esasyň birmeňzeşligini bozýarlar we kertik görnüşinde bolup durýarlar. Iň gowy mehaniki häsiýetlere perlit gurluşy bolan çoýun eýedir. Onda grafit ownuk, endigan ýasy zolaklar şakilindedir.

Çal çoýun harplar we sanlar bilen belleniýär. Ç – harpy çaly, ýene-de Ç – harpy çoýny, harpdan soňky sanlar bolsa dartylyp süýndürilende ortaça wagt garşylygyny aňladýar. Mysal üçin, ÇÇ 10, ÇÇ 24 we ş. m.

**Çal çoýnuň mehaniki häsiýetleri**

Çoýnuň kysymy	Süýndürilende berkligiň çägi, <i>MPa (kgg / mm<sup>2</sup>)</i>	Epilende berkligiň çägi <i>MPa (kgg/mm<sup>2</sup>)</i>	Gatylygy, <i>HB</i>
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

Kähalatlarda çal çoýunlar guýulmazdan öň, olara ýörite goşmaçalary–modifikatorlary (75%-li ferritli siliziý, silika-kalsiý we beýlekiler) goşmak arkaly modifisirlenýär. Modifisirlemäni perlit metal esasly çoýun guýmalarynda az mukdarda özbaşdak grafitiň ýasy zolak görnüşlerini almak üçin ulanýar.

Modifisirlemä düzüminde az mukdarda kremniý we ýokary mukdarda margenes bolan çal perlit çoýunlar sezewar bolýarlar. Bu çoýnuň modifikatorsyz gutarylman galan gurluşy bardyr we ledeburitden, perlitden hem-de grafitden ybaratdyr. Onuň düzüminde 2,8-3,3% uglerod bolýar.

**Ýokary berklikli çoýun.** Ýokary berklikli çoýun magniý ýa-da kükürt bilen modifisirlemek arkaly alynýar. Şonuň bilen birlikde, çoýunda şar görnüşli (sferoidal) grafit emele gelyär. Ol bolsa çoýnuň berkligini we maýýsgaklygyny ýokarlandyrýar.

**Ýokary berklikli çoýnuň mehaniki häsiýetleri**

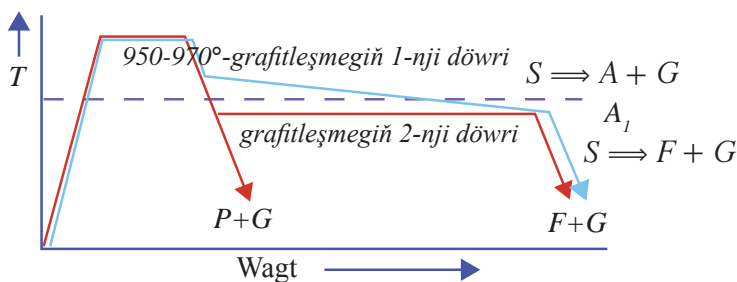
Çoýnuň kysymy	Süýndürilende berkligiň çägi MPa (kgg/mm <sup>2</sup> )	Epilende berkligiň çägi MPa (kgg/mm <sup>2</sup> )	Otnositel uzynlyk (%)	Gatylygy HB
ÝÇ38-17	373 (38)	235 (24)	17	140-170
ÝÇ42-12	412 (42)	274 (28)	12	140-200
ÝÇ45-5	441 (45)	333 (33)	5	160-220
ÝÇ50-7	490 (50)	343 (35)	7	171-241
ÝÇ50-2	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 çoýun ÝÇ harplary bilen belleniýär. Olaryň mehaniki häsiýetlerine görä esasy görkezijiler hökmünde dartylyp süýndürilende berkliginiň çägi (belligiň birinji sany) bolup durýar.*

Ýokary hilli çoýunlar (ÝÇ60-2, ÝÇ45-5 we ÝÇ42-12) öz aralarynda metal esaslar bilen tapawutlanýarlar. Ol bolsa çoýnuň dürli hili berkligini şertlendirýär. Çoýnuň ÝÇ60-2-de gurluşy – perlit, ÝÇ45-5-de gurluşy bolsa ferrit – perlit, ÝÇ42-12-de hem gurluşy ferrit bolup durýar.

Şu çoýunlaryň 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 ÝÇ60-2 çoýundan ýasayarlar. Düzüminde kükürdiň hem fosforyň mukdary az bolan şeýle dar çäkli çoýunlary çoýun we reňkli metallar eredilýän peçde (wagrankada) däl-de, elektrik peçde eredýärler. Şu ýagdaý gyzgynlygy işläp bejermek bilen utgaşyklykda «Ýokary berklikli çoýnuň mehaniki häsiýetlerinde» görkezilenden has ýokary häsiýetlere eýedir.

**Sozulagan çoýun.** Sozulagan çoýun diýlip, übtük görnüşli grafitli çoýuna aýdylýar. Ol ak çoýundan gyzdyrylyp taplamak arkaly alynýar. Onuň üçin ak çoýunuň guýmalary 950-1000°C-ä çenli gyzdyrylyp, ondan soň bolsa dowamly saklanyp, haýallyk bilen kadaly gyzgynlyk derejesine çenli sowadylýar (45-nji surat).



45-nji surat. Sozulagan çoýny başgançakly gyzdyryp taplamagyň 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 (ewtotoidi) 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 çoýny almak üçin grafitleşmegiň ikinji tapgyryny geçirmeýärler, ferrit + perlit + übtük şekilli grafit gurluşy almak üçin bolsa bölekleyin geçirýärler.

Sozulagan çoýun SÇ harplary bilen belleniýär. Ondan soňra ýolunmadaky berklik çäginini we deňeşdirme uzalmasyny görkezýän sanlardan ybarat birlikler ulanylýar (Sozulagan çoýunuň mehaniki häsiýetleriniň tablisasy).

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

**Sozulagan çoýnuň mehaniki häsiýetleri**

Çoýnuň kysymy	Ýolunmaga wagtlaýyn garşylyk, <i>MPa (kgg/mm<sup>2</sup>)</i>	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

Şlif zäherlenilenden soň ýüze çykýan metal esasynyň gurluşy gysylandaky berkliginiň çägi, gatylyk iýilmeklige durnuklylyk ýaly häsiýetlere bagly bolýar.

Grafit goşundylaryň ýaýraýyş häsiýeti, görnüşi, ölçegleri we mukdary çoýnuň çeýelik, süýnmeklige garşylygy, iýilmeklige durnuklylygy ýaly häsiýetlere bagly bolýar.

Özünde grafitiň bolmagy çoýnuň mehaniki häsiýetlerini pese gaçyrýar, ýöne onuň iýilmeklige garşy durnuklylygyny we titremesini siňdirmeklik ukybyny ýokarlandyrýar.

Çoýnuň grafitleşmeginiň barşyna sowadylyş tizligi, garyndylaryň we legirleýji elementleriň mukdarlary uly täsir edýär.

**3.2. Çoýunlaryň mehaniki häsiýetleri we olaryň ulanylyşy.**

Çoýunlar mehaniki häsiýetleri we ulanylyşy boýunça şu aşakdakylardan ybaratdyr. Sowadylyş tizliginiň ýokarlanmagy sementit görnüşinde baglanyşan uglerodyň bölünip çykmagyna ýardam berýär, ýagny sowadylyş tizligini ýokarlandyryp, hat-da ak çoýnuň gurluşyny hem alyp bolýar.

## 1. Çoýunlaryň mehaniki häsiýetleri we ulanylyşy

Çoýnuň görnüşi	Berkligiň çägi, <i>MPa</i>		Deňeşdirme uzalmasy	Gatylygy, HB	Ulanylýan ýerleri
	süýndürilende	egredilende			
ÇÇ18	18(176)	36 (358)	—	170-229	Dinamiki agram görüp işleýän şaýlar şeýle hem howa ýa-da gidrawliki basyş astynda gury sürtülme we ýaglanýan sürtülme şertlerinde işleýän şaýlar: dwigateliň silindrleriň blogy, bloguň başjagazy, uly çarhlar, gapaklar, togtadyjynyň towlanýan bölekleri kolodkalar we başgalar
ÇÇ21 ÇÇ42	21(206) 24(235)	40 (392) 44 (421)	— —	170-241 170-241	Dinamiki agram görüp işleýän şaýlar: silindrleriň blogy, silindrleriň gilzasy we başjagazy, birleşdiriji abzalyň (ssepleniýe) towlanýan bölegi, stanoklaryň sütünleri we başgalar
ÝÇ45-5	45(441)	—	5	160-220	Tirsekli wallar, karterler, silindrleriň gapaklary, dişli tigrler, dişli çarhlar togtadyjy diskleri, süýüji waljagazlar we başgalar

SÇ33-8	33(323)	—	8	100-163	Ortaça statiki we dinamiki agram görüp işleýän şaýlar: başmaklar, astlyklar, çarşaklar, hamytjyklar, podşipnikler, kronşteýnler we başgalar
--------	---------	---	---	---------	---

### 3.3. Çoýuna goşulýan elementler we çoýunlaryň belgilenişi.

Çoýuna goşulýan ähli elementler şu aşakdaky toparlara bölünýärler:

1) grafitleşmeklige päsgel berýän elementler (Mn, S, Cr, W, Mo, O<sub>2</sub> we ş. m.) sementit ýa-da başga haýsy-da bolsa bir karbid görnüşinde baglanyşan uglerodyň alynmagyna ýardam berýärler.

2) grafiti emele getirýän elementler (Si, C, Al, Ni, Cu) we başga grafit görnüşinde erkin ýagdaýyndaky uglerodyň alynmagyna ýardam berýärler.

Kremniý we marganes iň möhüm elementlerdir. Marganesiň hemişelik möçberinde çoýundaky kremniniň möçberini üýtgedip erkin ýagdaýyndaky uglerodyň dürli mukdarlaryny, ýagny dürli grafitleşmek derejelerini alýarlar.

Çoýunlar şu aşakdaky tertipde belgilenilýär:

a) çal çoýunlar yzynda süýndürilendäki berkligiň çäginä görkezýän sanlar ýazylyan ÇÇ harplary bilen belgilenilýär. ÇÇ – «Çal çoýun» diýmekligi aňladýar. Mysal üçin, ÇÇ-25—ÇÇ-çal çoýun, 25 süýndürilendäki berkligiň çägi—25 *kgg/mm<sup>2</sup>* (245 *MPa*).

b) ýokary berklikli we ýenjilýän çoýunlar deňişlilikde ÝÇ we SÇ harplar bilen belgilenilýär. ÝÇ «Ýokary berklikli çoýun», diýmekligi aňladýar. SÇ «Sozulagan çoýun» diýmekligi aňladýar. Harplaryň yzynda süýndürilendäki berkliginiň çäginä *MPa*-da we deňeşdirme uzalmasyny görkezilýän sanlar ýazylyar. Mysal üçin, ÝÇ 45-5 – ÝÇ ýokary berklikli çoýun, 45—süýndürilendäki berkligiň çägi, 45—*kgg/mm<sup>2</sup>* (441 *MPa*); 5—deňeşdirme uzalmasy, SÇ sozulagan çoýun, 30—süýndürilendäki berkligiň

çägi,  $30 \text{ kgg/mm}^2$  ( $294 \text{ MPa}$ ). Çal, sozulagan we ýokary berklikli çoýunlarynyň birnäçe markalarynyň ulanyşlary barada maglumatlar berlendir.

Derňelen çoýunlaryň mehaniki häsiýetnamasyny we ulanylýan ýerlerini tablisa görnüşinde ýazmaly.

## 2. Derňelen çoýunlaryň mehaniki häsiýetnamasy we ulanylyşy

Şlifiň №-№	Ady we kysymy	Mehaniki häsiýetnamasy					Ulanylýan ýerleri
		$\sigma_B$	$\sigma_H$	$\sigma_{сж}$	$\sigma$	HB	

bu ýerde  $\sigma_B$  – süýndürilendäki berkliginiň çägi,  $\text{MPa}$ ;

$\sigma_H$  – egreldilendäki berkligiň çägi,  $\text{MPa}$ ;

$\sigma_H$  – gysylandaky berkligiň çägi,  $\text{MPa}$ ;

$\sigma$  – deňeşdirme uzalmasy, %;

HB – gatylygy.

Çoýunlaryň mehaniki häsiýetnamasyny we ulanylyşyny maglumat kitaplaryndan göçürüp ýazyň.

## 4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar

4.1. Çal, sozulagan we ýokary berklikli çoýunlarda bölünip çykýan grafitiň görnüşleri nähili?

4.2. Gurluşy boýunça ak çoýnuň çal çoýundan esasy aýratynlygy nämeden ybarat?

4.3. Çal, sozulagan we ýokary berklikli çoýunlar nähili belgilenýärler?

4.4. Çal, sozulagan we ýokary berklikli çoýunlarynyň metal esaslarynyň gurluşy nähili?

4.5. Çoýunlaryň mehaniki häsiýetleri nämelerden ybarat?

4.6. Çoýunlar nirelerde ulanylýar?

4.7. Çoýunlara nähili elementler goşulýar?

4.8. Çoýunlar nähili toparlara bölünýärler?

4.9. Çoýunlar nähili tertipde belgilenilýär?



## **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

### **1. Ýumuşlar**

1.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilen-de howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplary bilen iş ýerinde tanyş boluň.

1.2. Ak, çal, sozulagan we ýokary berklikli çoýunlaryň tapawutlaryny ýazyp beýan ediň.

1.3. Çoýunlara kesgitleme beriň.

1.4. Maglumatlar kitabyndan peýdalanyň, mugallymyň görkezmesi boýunça çoýunlaryň 3-4 sany görnüşiniň mehaniki häsiýetlerini we ulanylýan ýerlerini tablisa ýazyň.

1.5. Çoýunlara belgilenişi boýunça häsiýetnama beriň.

### **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

2.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilen-de howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplarynyň ýerine ýetirilişi barada netije.

2.2. Çoýunlar.

2.3. Ak, çal, sozulagan we ýokary berklikli çoýunlaryň tapawutlary.

### **14-nji iş**

## **ŞLIFLERIŇ TOPLUMY BOÝUNÇA ÇOÝUNLARYŇ MIKROGURLUŞLARYNY ÖWRENMEK**

### **1. Işiň maksady**

Çoýunlaryň mikrogurluşlaryny tejribelikde öwrenmek, mikrogurluşy boýunça çoýnuň görnüşini (ak, çal, sozulagan, ýokary berklikli) kesgitlemek, derňelýän çoýunlaryň mehaniki häsiýetleri we ulanylýan ýerleri bilen tanyş bolmak.

## **2. İş ornunyň enjamlaşdyrylyşy**

2.1. МИМ-7 metallografik mikroskopy.

2.2. Çal, sozulagan we ýokary berklikli çöýunlaryň zäherlenilmedik şliflerinden we ak, çal, sozulagan we ýokary berklikli çöýunlaryň şliflerinden durýan mikroşlifleriň toplumy.

## **3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary**

Özlerinde uglerody 2,14%-den köp saklaýan demir-uglerod splawlaryna *çöýunlar* diýilýär.

Himiki düzümi boýunça çöýun polatdan özünde uglerodyň hem-de hemişelik garyndylar bolan kremniniň we marganesiň ýokary möçberlerini saklaýanlygy bilen tapawutlanýar. Çöýun maşyn gurluşygynda guýma materialy hökmünde giňden ulanylýar. Çöýunň mehaniki häsiýetleri poladyňka garanyňda pesdir, ýöne onuň oňat tehnologik häsiýetleri ony dürli şaýlary guýup almak üçin ýaramly edýär.

Özlerindäki uglerodyň ýagdaýyna görä çöýunlar iki topara bölünýärler: I–özlerindäki uglerodyň hemmesi baglanyşýan ýagdaýynda (sementit ýa-da beýleki karbidler, gaty erginler mehaniki garyndylar görnüşinde) bolýan çöýunlar. II – özlerindäki ähli uglerod ýa-da onuň bir bölegi erkin ýagdaýynda–grafit görnüşinde bolýan çöýunlar.

Çöýunlaryň birinji toparyna ak çöýunlar degişlidirler. Bu çöýunlaryň döwügi ýalpyldawuk, ak reňkli bolýar. Ak çöýunlar örän port we gaty bolýar hem-de olaryň kesiji gural bilen mehaniki işlenip bejerilmek ukyby pes bolýar.

Ak çöýunlar maşyn gurluşygynda seýrek ulanylýar. Olar gaýtadan işlenip polady ýa-da sozulagan çöýuny almak üçin ulanylýar. Ak çöýunlaryň gurluşy demir-uglerod hal diagrammasyndaky çöýunlaryň gurluşyna gabat gelýär. Bu gurluş özüde uglerody 2,14%-den köp saklaýan demir-uglerod splawlary guýulmagynyň netijesinde emele gelýär.

## **4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar**

4.1. Nähili splawlara çöýunlar diýilýär?

- 4.2. Çoýun polatdan näme bilen tapawutlanýar?
- 4.3. Ak çoýunlarda uglerod nähili görnüşde bolýar?
- 4.4. Ak çoýunlar gurluşlary boýunça nähili toparlara bölünýärler?

## **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

### **1. Ýumuşlar**

1.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplary bilen iş ýerinde tanyş boluň.

1.2. Demir-uglerod hal diagrammasynyň çoýunlara degişli bölegini çyzyň.

1.3. Çoýunlara kesgitleme beriň.

1.4. Ak, çal, sozulagan we ýokary berklikli çoýunlaryň tapawutlaryny ýazyp beýan ediň.

1.5. Mikroskopyň astynda zäherlenilmedik mikroşlifleri öwreniň we olaryň mikrogurluşlaryny çyzgy görnüşinde şekillendiriň hem-de şol çyzgylaryň ýanynda çoýnuň görnüşini, grafitiň bölünip çykyşynyň görnüşini görkeziň.

1.6. Mikroskopyň astynda zäherlenilen mikroşlifleri öwreniň we olaryň mikrogurluşlaryny çyzgy görnüşinde şekillendiriň hem-de şol çyzgylaryň ýanynda çoýnuň görnüşini we gurluş düzüjilerini görkeziň.

1.7. Maglumatlar kitabyndan peýdalanyp, mugallymyň görkezmesi boýunça çoýunlaryň 3-4 sany görnüşiniň mehaniki häsiýetlerini we ulanylýan ýerlerini ýazyň.

### **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

2.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplarynyň ýerine ýetirilişi barada netije.

2.2. Çoýunlar.

2.3. Ak, çal, sozulagan we ýokary berklikli çoýunlaryň tapawutlary.

## 15-nji iş

# LEGIRLENEN POLATLARYŇ HÄSIÝETLERINIŇ WE GURLUŞLARYNYŇ ÖZARA BAGLANÝSYGYNY ÖWRENMEK

## 1. Işň maksady

Legirlenen polatlaryň dürli gurluş toparlarynyň mikrogurluşlaryny öwrenmeli. Olaryň gurluşlary bilen işlenip bejerilişiniň hem-de häsiýetleriniň arabaglanyşygyny bellemeli.

## 2. Iş ýeriniň enjamlaşdyrylyşy

2.1. МИМ–6, МИМ–7 we МИМ–8 metallografik mikroskoplary.

2.2. Legirlenen polatlaryň nusgalary.

## 3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary

Maşynlaryň köp şaýlary ýokary tizlikli we gyzgynlyk derejede, uly basyşly, (agressiw) gurşawda (kislotalarda, aşgarlarda, iýýän gazlarda we ş.m.) şertlerde işleýärler. Şular ýaly şertde, işleýän şaýlaryň materialynyň, berkliginiň ýokary, plastik, iýilmäge durnukly, gyzgynlyga berkligini we gyzgynlyga durnuklylygyny saklap bilýän hem-de poslamaga garşylygynyň ýokary bolmagy talap edilýär. Şunuň ýaly häsiýetlere özüniň düzüminde hemişelik garyndylardan başga-da, bir ýa-da birnäçe legirleýji elementler: nikel, hrom, wolfram, molibden, wanadiý, titan we başgalar bilen legirlenen polatlar eýedir.

Legirlenen polatlar düzümindäki legirleýji elementleriň mukdary boýunça pes (3%-e çenli), aram (3-den 10%-e çenli), ýokary legirlenlere (10%-den ýokary), ulanyş maksatlaryna görä konstruksiýa, gural we aýratyn häsiýetlilere bölünýärler. Gurluşy boýunça adaty ýagdaýda: perlitli, ferritli, austenitli, martensitli we karbidli toparlara bölünýärler.

Legirlenen polatlaryň öwrenilýän belgileri boýunça gysga häsiýetnamalaryny beýan edýäris.

*Konstruksion polatlar* (perlit toparlylar). Poladyň gowulandyrylan 30XГCA (düzümi 0,28-0,04% C; 0,8-1,1% Cr; 0,8-1,1% Mn we 0,9-1,2% Si ybarat) belgili karbit gurluşly. Olaryň berkligini hem-de maýyşgaklygyny almak üçin 830-850°C-ä çenli gyzdyryp ýagda taplanýar we 600°C-den hem ýokary gowşadylýar. Legirlenen poladyň bu belgilisi ýarym oklary, waljagazlary, oklary, leňnerli ugrukdyryjynyň şaýlaryny, nurgalary we başgalary ýasamak üçin peýdalanylýar.

60C2 belgili resor-pružin polady (düzümi 0,57-0,65% C; 0,6-0,9% Mn we 1,5-2,0% Si ybarat) üýtgeýän agramly şertde işleýär.

Talap edilýän häsiýetleri (ýokary maýyşgak häsiýetlerini uzak wagtyň dowamynda saklamaklygy üpjün etmek üçin 820-840°C-ä çenli gyzdyryp ýagda taplanýar we trostit almak üçin 300-400°C-ä çenli gyzdyryp gowşadylýar.

IIХ15 belgili şarikli podşipnik poladyň (düzümi 0,95-1,05% C; 1,3-1,65% Cr we 1,5-2,0% Si ybarat) üstgatlagy iýilýän we ýokary galtaşýan dartgynlykly (ýadawlyk) şertde işleýär. Talap edilýän häsiýetleri üpjün etmek üçin 830-850°C-ä çenli gyzdyryp ýagda taplanýar we martensiti almak üçin bolsa 140-160°C-ä çenli gyzdyryp ýagda taplanýar we gowşadylýar. Adaty gyzdyrylan poladyň ownuk iňne mappersitli we karbidi endigan ýaýran gurluşy görkezilen.

**Gurallyk 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 bolmalydyr, ýagny olar işlenende ýüze çykýan işçi erňegi gyzdyrylanda 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, frezerleri, 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 paýyndaky 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 birikmeleriniň az mukdary bolýar. Bu hilli polatlaryň ýokary mehaniki häsiýetleri bardyr.

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

Uglerodly gurallyk polatlaryň artykmaçlygy hem onuň bahasynyň 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 gyzdyrylma pes, ýanyjylygy we taplanyjylygy has gowy we ýagda taplanan ýagdaýynda so-

watmany geçirmäge mümkinçiligi bar. Bu bolsa guralyň deforma-siýasyny we egrelmesini peseldýär. Bu polatlardan aşakdaky gu-rallary, ýagny:

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

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

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

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

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

H, 9HS, HWG kysymly polatlarda esasy legirleýji ele-ment hrom. H kysymly polat diňe hrom bilen legirlenen (1,3-1,65%). Hromuň mukdarynyň ýokarlanmagy taplaýjylygy ýo-karlandyrýar. 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 kysym-ly polat tokar, ýonuýy we urup oýuýy kesgiçler üçin ulanylýar. 9HS kysymly polat hromdan başga kremniý bilen hem legirle-nen. H kysymly polat bilen deňeşdirilende onuň taplanyjylygy has ýokary (35 *mm*-e çenli), ýylylyga durnuklylygy ýokary (250-260°C-ä çenli), iň gowy häsiýetleri bar, karbidleri has deňagramly ýerleşdirilen. HWG kysymly polatlaryň taplanyjylygy 45 *mm*-e çenli, HWSG kysymly polatlaryň taplanyjylygy 80 *mm*-e çenli.

Çalt kesiji polatlar ýokary tizlikde kesýän, agyr şertlerde işleýän dürli hili kesiji gurallary öndürmek üçin ulanylýar. Päkileriň, burawlaryň we beýleki gurallaryň hili çalt kesiji poladyň hili-ne, guralyň taýýarlanylyş dykgatlylygyna we onuň termik taýdan işlenişine bagly. Çalt kesiji polatlar ýokary derejeli we çylşyrymly legirleýji polatlardyr.

**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-,9	3,0-3,5	3,5-6,5	2,0-2,5	3-3,5
P6M5	0,8-0,88	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 gurallyk polatlar bilen deňeşdireniňde, 10-30 esse ýokarlandyrmaga mümkinçilik berýär.

Çalt kesiji polatlar legirleýji polatlaryň ledeburit toparyna girýär. Guýma ýagdaýynda çalt kesiji poladyň gurluşy «skelet şekilli» bolan ledeburit ewtektikadan we austenitiň dargama önümlerinden durýar. Guýma poladyň üç görnüşindäki karbidi bolýar. Olar:

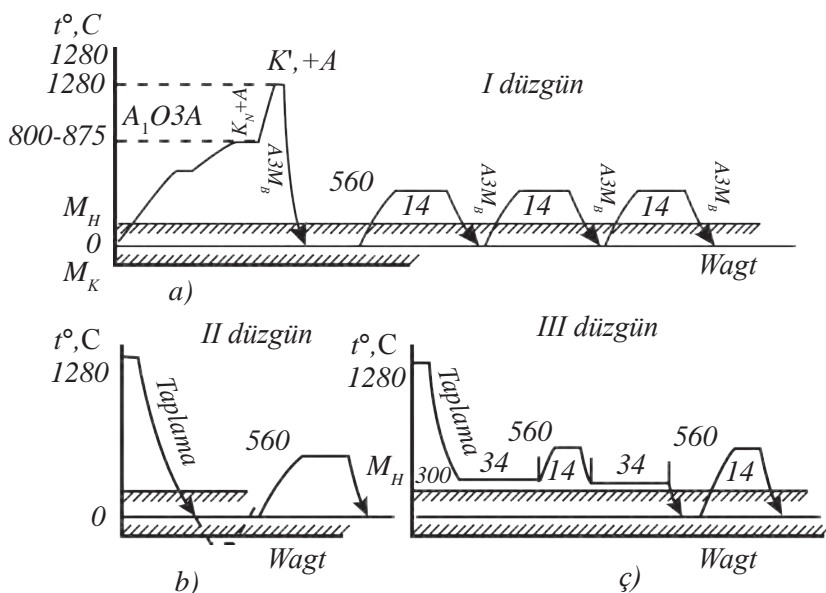
1. Ledeburit ewtektikasy (ilkinji).
2. Austenit sowadylanda bölünip çykýan (ikinji).
3. Ewtektoid-perlit öwrülmesiniň netijesinde emele gelen.

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

Çalt kesiji polatlar ýokary kesijilik häsiýetlerine deňişli termik taýdan işlenilenden soň eýe bolýarlar. Polat taplananda onuň ýaramaz ýylylyk geçirijiligi üçin 850°C-ä çenli gyzdyрма termik güýjenmeleriň we yslaryň önüni almak üçin örän haýal amala aşyrylmalydyr. 850°C-äçenli gyzdyrylandan 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 ýa-da howada sowadýarlar.



#### 46-njy surat. P18 poladyň gyzgynlyk bilen işlenişiniň 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  $560 \pm 10^{\circ}C$  gyzgynlykda ýokary goýberijilige sezewar edýärler. Şonda galyndy austenitden wolframynyň we wanadiniň karbidleri bölünip çykýar. Bu onuň legirleýjiligin kemeldýär, şonuň üçin hem soňraky sowamada martensit öwrülmä sezewar bolýar ( $150^{\circ}C$  gyzgynlykdan pes bolanda). Käbir gurallar üçin  $500-550^{\circ}C$  gyzgynlykda 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 häsiýeti etmek üçin 45-60 minut saklap köp gezeklik, has hem üç gezeklik goýbermeleri üpjün edýärler.

-80°C derejede taplanan çalt kesiji polady sowuk ýagdaýyndaky işlemek bir gezeklik goýberme bilen çäklenmäge mümkinçilik berýär. Onuň dowamynda galyndy austenitiň esli bölegi martensite geçýär. 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 gyzgynlykdaky sionirlemä sezewar edýärler. Onuň netijesinde guralyň üst ýüzünde gatylygy HV1000-1100 we ýokarlandyrylan ýylylyga (650°C) durnuklylygy bolan ýuka gatlak emele gelýär.

Gural polat (karbid toparly) P18 belgili çalt kesýän poladyň (düzümi 0,7-0,8% C; 3,8-4,4% Cr; 17,5-19,0% W we 1,0-1,4% V ybarat) kesiji ernegi 600°C çenli gyzýan şertde işleýär. Şular ýaly poladyň guýma ýagdaýyndaky mikrogurluşy garamtyl karbit şekilli perlitden, ýagty karbidlerden we ledeburitli ewtektikanyň «ystyhan» (skelet) görnüşinden ybarat.

Soňky ýençgilemek ýa-da sozmak bilen ewtektika dargaýar. Şular ýaly polady ýakyp, taplap we üç gezek gowşadylyp işlenip bejerrilýär. Bu polat ýakylandan soň, gurluşy garamtyl reňkli karbit şekilli perlitden, suwuklykdan bölünip çykýan ýagty reňkli ilkinji karbidlerden we austenitden emele gelýän has ownuk ýagty ikinji karbidlerden ybarat.

Polat ýagda taplanýar. Şondan soň onuň gurluşy martensitden (50%), galyndy austenitden (30%) we karbiddan (20%) ybarat. Ýöne martensit mikroskopyň aşagynda görünmeýär. Onuň kiçi ýylylyk geçirijiligi we gatylygy üçin guralyň hem kesijilik ukybyny ýaramazlaşdyrýar. Galyndy austeniti aýyrmak üçin, taplanan polady 560°C-da bir sagat aralyklary bilen üç gezek gowşadylýar. Gowşadylandan soň poladyň gurluşy iňňeli martensitden we ýagty

karbidlerden ybarat. Galyndy austenitiň mukdary 2%-e çenli azalýar.

*Aýratyn häsiýetli polatlar.* 30X13 belgili martensit topara degişli poslamaýan polat (düzümi 0,26-0,35% C; 12-14% Cr ybarat) gowşak gazaply gurşawda (duzlaryň suwly ergininde, azotly we başga organiki kislotalarda) işleýär. Bu polat 1050-1100°C-ä çenli gyzdyrylyp ýagda taplanýar. Soňra şaýyň ulanyş iş şertine baglylykda martensit gurluşy almak üçin 200°C-da we karbit gurluşy almak üçin bolsa 700°C-da gowşadylýar.

Pes gowşadylan ýagdaýdaky polady karbýuratoryň iňňelerini, pružinalary we başgalary ýasamak üçin, ýokary gowşadylanlary bolsa wallary, dişli çarhlary, nurbatlary we başgalary ýasamak üçin peýdalanylýar.

12X18H9 belgili austenit topara degişli poslamaýan polat (düzümi 0,12% C; 17-19% Cr we 8-10% Ni ybarat) ýokary gazaply gurşawda (garynja, sirke we başga kislotalarda) işleýär. Poladyň gaty ergininden hromuň karbidiniň gaçmazlygy, onda bir fazaly gurluşy saklamak we poslama garşylyk häsiýetini ýokarlandyrmak üçin 1050-1100°C-ä çenli gyzdyryp suwda taplanýar. Taplanandan soň poladyň gurluşy çyzyk boýunça süýşen austenitden ybarat bolýar.

Bu polady geçiriji turbalary, demir örtükleri, dürli gaplary ýasamak üçin peýdalanýarlar.

Gyzgynlyga berk we gyzgynlyga durnukly 45X14H14B2M belgili austenit topara degişli polat (düzümi 0,45% C; 14% Cr; 14% Ni, 2,0-2,5% W we 0,2-0,4% Mo ybarat). Ol ýokary temperaturaly (1000°C-a çenli) şertde uzak wagtlap bildirip duran galyndy basgylanmasyz, gyzgynlyga berk we gyzgynlyga durnukly bolup işleýär. Bu polat 1050-1100°C-ä çenli gyzdyryp suwda taplanýar. Şondan soňra onuň gurluşy austenitden ybarat. Eger polady 750°C-ä çenli gyzdyryp taplansa, onda onuň gurluşy austenitden hem-de karbiden ybarat bolýar. Bu polady kuwwatly dwigatelleriň klapanlaryny, geçiriji turbalary ýasamak üçin ulanýarlar.

#### **4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar**

- 4.1. Legirleýji elementlere haýsylar degişli?
- 4.2. Legirleýji elementler legirlenen poladyň düzümindäki mukdary boýunça nähili toparlara bölünýärler?
- 4.3. Legirlenen polatlar, ulanyş maksatlary boýunça näçe topara bölünýär?
- 4.4. Legirlenen polatlar gurluşy boýunça nähili toparlara bölünýär?
- 4.5. Konstruksion polatlary gysgaça häsiýetlendiriş.
- 4.6. Ressor-pružin polatlary gysgaça häsiýetlendiriş.
- 4.7. Şarikli podşipnik polatlary gysgaça häsiýetlendiriş.
- 4.8. Gural polatlary gysgaça häsiýetlendiriş.
- 4.9. Aýratyn häsiýetli polatlary gysgaça häsiýetlendiriş.

#### **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

##### **1. Ýumuşlar**

- 1.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplary bilen tanyş boluň.
- 1.2. Legirlenen polatlaryň dürli gurluş toparlarynyň mikrogurluşlaryny öwrenip we olaryň suratlaryny çekip, gurluş düzüjilerini ýazyp beýan ediň.
- 1.3. Ýumuş boýunça berlen her bir poladyň görnüşine laýyklykda gurluş düzüjilerini, himiki düzümini, mehaniki häsiýetlerini we maksatlaryny ýazyp beýan ediň.

##### **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

- 2.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplarynyň ýerine ýetirilişi barada netije.
- 2.2. Legirlenen polatlaryň dürli klaslarynyň mikrogurluşlaryny beýany.

### 2.3. Ýumuş boýunça berlen polatlaryň häsiýetnamalary.

Tertip belgisi	Poladyň görnüşi	Gurluşy düzüjileri	Himiki düzümi	Gyzgynlyk bilen işläp bejerilen poladyň ulanylyş markasy

## 16-njy iş

# UGLERODLY POLATLARYŇ GYZGYNLYK BILEN IŞLENIP BEJERILIŞI

### 1. Işň maksady

Gyzgynlyk bilen işläp bejermekligiň esasy görnüşleri gyzgynlyk bilen işläp bejermek üçin ulanylýan enjamlar bilen tanyş bolmak, poladyň taba getirilişiniň we taplanyşsynyň tehnologiýasyny öwrenmek, sowadylyş tizliginiň uglerodly poladyň gyzgynlyk bilen işläp bejermenden soňky gatlygyna edýän täsirini kesgitlemek.

### 2. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy

2.1. Taba getirmek we taplamak üçin polat P40 we polat U8 polatlardan taýýarlanylýan nusgalar.

2.2. Tejribe sapagyndan ön ýakylan polat P40 we polat U8 polatlardan taýýarlanylýan nusgalar.

2.3. P40 poladyndan taýýarlanylýan we taplanylýan nusgalar.

2.4. Mufel peji we tutguçlar.

2.5. Termoelektirik pirometri.

2.6. Içi suwly we ýagly legenler.

2.7. Brinelliň we Rokwelliň enjamlary, ýylmaýjy kagyrlar (naždak kagyrlary).

2.8. Ugrukdyryjy jezwer (ştangensirkul).

### 3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary

**3.1.** *Gyzgynlyk bilen işläp bejerme* diýlip polady kesgitlenen gyzgynlyk derejä çenli gyzdyrmakdan, şol gyzgynlyk derejede

kesgitlenen wagt aralygynda saklamakdan we berlen tizlik bilen sowatmakdan durýan tehnologik yzygiderligine aýdylýar.

Gyzgynlyk bilen işläp bejermäniň maksady detalyň görnüşini, poladyň düzümini üýtgetmän poladyň gurluşyny üýtgedip talap edilýän häsiýetlerini almakdan ybaratdyr.

Gyzgynlyk bilen işläp bejerme himiki düzümi deňleşdirmek, içki dartgynlylygy, berçinlenmegi aýyrmak, işlenmekligini gowulandyrmak, gatylygy we iýilmeklige garşy durnuklylygy ýokarlandyrmak we başga-da birnäçe häsiýetleri almak üçin ulanylýar.

Gyzdyrmak temperaturasy gyzgynlyk bilen işläp bejermäniň görnüşine baglylykda kritiki nokatlar bilen, ýagny faza öwrülmeleriniň temperaturalary bilen kesgitlenilýär.

Demir-uglerod splawlarynda şu aşakdaky kritiki nokatlary tapawutlandyryýarlar (47-nji surat):

1.  $A_1 (Ac_1, Ar_1)$  -PSK ( $727^{\circ}\text{C}$ ) çyzygynyň üstünde ýatýar we  $P \rightleftharpoons A$  öwrülmesine gabat gelýär.

2.  $A_2 (Ac_2, Ar_2)$  -MO ( $768^{\circ}\text{C}$ ) çyzygynyň üstünde ýatýar. Bu gyzgynlyk derejede ferritiň magnit öwrülmesi bolup geçýär.

3.  $A_3 (Ac_3, Ar_3)$  -GS çyzygynyň üstünde ýatýar. Bu çyzyk boýunça  $F \rightleftharpoons A$  öwrülmesi bolup geçýär.

4.  $A_{\text{cr}}$  -SE çyzygynyň üstünde ýatýar. Bu kritiki nokat gyzdyrylanda sementitiň austenite öwrülmeginiň soňuny görkezýär.

Ac we Ar -degişlilikde polat gyzdyrylanda we sowadylanda alynýan kritiki nokatlardyr.

Gyzgynlyk bilen işläp bejermäniň dürli görnüşleriniň temperatura aralyklary 47-nji suratda görkezilendir.

Gyzgynlyk bilen işläp bejermäniň şu aşakdaky esasy görnüşlerini tapawutlandyryýarlar: ýakmak, taba getirmek, taplamak we gowşatmak.

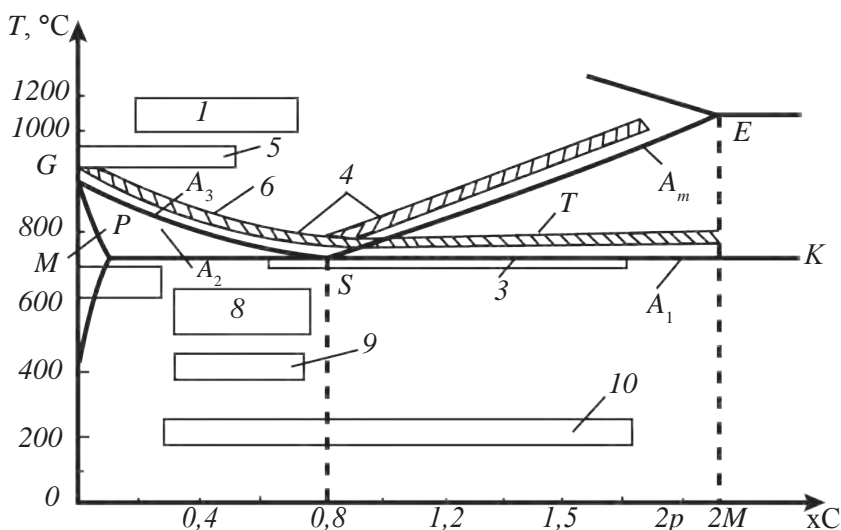
**3.2. Ýakmak.** Ýakmak—ewtektoida çenli uglerodly polatlary  $Ac_3$  nokadyndan  $30-50^{\circ}\text{C}$  ýokary, ewtektoidadan soňky polatlary  $Ac_1$  nokadyndan  $30-50^{\circ}\text{C}$  ýokary gyzgynlyk derejelerine çenli gyzdyryp, şol gyzgynlyk derejelerinde bellibir wagt aralygynda saklap we haýal sowadyp (peç bilen bile) geçirilýän gyzgynlyk bilen işläp bejermendir. Ýakyylan poladyň durnukly (deňagramly) we dartgynly bolmadyk gurluşy bolýar.

Ýakmagy mehaniki işläp bejermegi ýa-da çey'e basgylanmagyny ýeňilleşdirmek üçin splawy soňky gyzygynlyk bilen işläp bejermeklige taýynlamak üçin, likwasiýany aýyrmak üçin ulanylýar.

Ýakmagyň şu aşakdaky görnüşleri tapawutlandyryýarlar:

a) *diffuzion ýakmak* (gomogenizasiýa) polatlary 1100-1200°C gyzygynlyk derejesine ( $0,8-0,9 T_{er}$ ) çenli gyzdyryp, dowamly saklap we haýal sowadyp geçirilýär. Diffuzion ýakmagyň maksady splawyň himiki dürli-dürlüligini (likwasiýany) aýyrmakdan ybaratdyr.

b) *rekristallization ýakmak* sowuklygyna basyş bilen işlenip bejerilenden soň önümlerdäki berçinlenmegi we içki dartgynlyklary aýyrmak üçin geçirilýär. Ýakylanda basgylan metalda täze däneler emele gelýär we metalyň çýeligi dikeldilýär. Gyzdyrmagy faza öwürlmeleriniň gyzygynlyk derejelerine ( $0,4 T_{er}$ ) çenli dowam edýärler.



47-nji surat. Gyzygynlyk bilen işläp bejermäniň dürli görnüşlerinde polatlary gyzdyrylyş gyzygynlyk derejeleri:

1 – diffuzion ýakmak; 2 – rekristallization ýakmak; 3 – däneli perlit üçin ýakmak; 4 – taba getirme; 5 – ýokary taba getirme; 6 – gutarnykly ýakmak we gutarnykly taplamak; 7 – gutarnyksyz ýakmak we gutarnyksyz taplamak; 8 – ýokary gowşatmak; 9 – aram gowşatmak; 10 – pes gowşatmak.

ç) Kebşirmekde, sozmaqda (ýençmekde) we guýmakda döreyän içki dartgynlyklary aýyrmak üçin geçirilýän işler şaýlar 400-600°C-a çenli gyzdyrylyp geçirilýär.

d) *Izogyzgyňlyk bilen ýakmak*, esasan, legirlenen polatlar üçin ulanylýar, ýakmagyň bu görnüşi polady austenit ýagdaýyna çenli gyzdyrmakdan,  $Ar_1$  nokadyndan 50-100°C aşak sowatmakdan, şol gyzgyňlyk derejesinde austenitiň ferritli-sementitli garynda, ýagny perlitde doly geçýänçä saklamakdan we howada sowatmakdan durýar (47-nji surat).

e) *gutarnykly ýakmak* ewtektoida çenli polatlar üçin ulanylýar. Polat  $Ac_3$  nokadynda 30-50°C ýokary gyzgyňlyk derejelerine çenli gyzdyrylýar, şol gyzgyňlyk derejesinde saklanylýar we peç bilen bile haýal sowadylýar. Gutarnykly ýakmak gyzdyrylanda fazaly gaýtadan kristallaşmasy bilen austenitli gurluşyň emele gelmegi bilen we sowadylanda austenitiň ferritli-sementitli garynda doly öwrülmegi bilen bolup geçýär. Netijede ýumşak, şepbeşik hem-de içki dartgynlyklary bolmadyk gurluş alynýar.

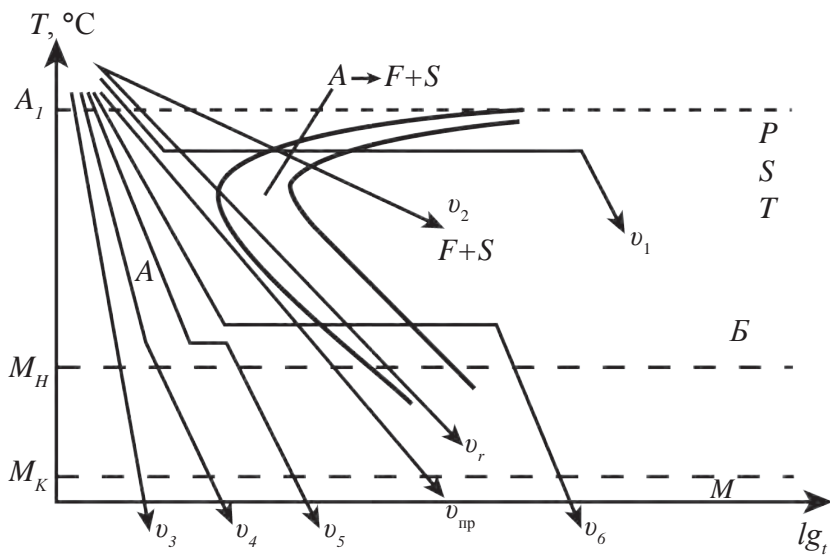
f) *gutarnyksyz ýakmak* ewtektoidadan soňky polatlar üçin ulanylýar. Polat  $Ac_1$  kritiki nokadyndan 20-50°C ýokary gyzgyňlyk derejelerine çenli gyzdyrylýar, şol gyzgyňlyk derejelerinde saklanylýar we haýal sowadylýar. Gutarnyksyz ýakmak gatylygy peseldýär we polatlaryň işlenerlikligini ýokarlandyrýar.

**3.3.Taba getirme.** Taba getirme – polady austenit ýagdaýyna (GSE çyzygyndan 30-50°C ýokary) çenli gyzdyryp, şol gyzgyňlyk derejelerinde saklap we howada sowadylyp geçirilýän gyzgyňlyk bilen işläp bejermidir.

Taba getirmeden soň polatlar edil ýakylandaky ýaly, ýöne has ow-nuk däneli we birmeňzeş gurluşy alýarlar. Taba getirmegiň maksady poladyň dänesini gaýtadan kristallaşdyrmakdan, içki dartgynlyklary aýyrmakdan, poladyň çeýe deformasiýasyny, mehaniki ýa-da gyzgyňlyk bilen işläp bejermeklige önünden taýynlamakdan ybaratdyr. Az uglerodly polatlar üçin taba getirmek ýakmagyň ýerini, orta we



köp uglerodly polatlar üçin bolsa gowşadylýan taplamagyň ýerini çalşyp biler. Taba getirme gyzgynlyk bilen işläp bejermäniň has arzan we ýönekeý görnüşidir.



48-nji surat. Gyzgynlyk bilen işläp bejermelerde sowadylyş tizlikleri:

$v_1$  – izogyzgynlyk bilen ýakmak;  $v_2$  – taba getirme;  
 $v_3$  – bir gurşawda taplamak;  $v_4$  – iki gurşawda taplamak;  
 $v_5$  – basgançakly taplamak;  $v_6$  – izogyzgynlyk bilen taplamak;  
 $v_7$  – gutarnyksyz taplamak;  $v_{kr}$  – taplamagyň kritiki tizligi.

**3.4. Taplamak.** Taplamak – ewtektoida çenli polatlary  $Ac_3$  kritiki nokadyndan 30-50°C ýokary, ewtektoida poladyny we ewtektoidadan soňky polatlary  $Ac_1$  kritiki nokadyndan 30-50°C ýokary gyzgynlyk derejesine çenli gyzdyryp, sol gyzgynlyk derejesinde saklap we kritiki tizlikden (sowadylan austenitiň martensite öwrülmeğini üpjün edýän in kiçi tizlik) uly tizlik bilen sowadyp geçirilýän gyzgynlyk bilen işläp bejermidir. Kritiki tizlikden ýokary tizlik bilen sowadylanda uglerod kristallik gözenekden çykyp ýetişmeýär, netijede martensit diýlip atlandyrylýan bir fazaly, uglerodly  $\alpha$  demirdäki aşaa doýgun gaty ergini alynýar. Polat ýokary gatylyga eýe bolýar, ýöne şu ýagdaýda onuň çeýeligi peselýär.

Poladyň gyzdyrylyşynyň gyzgynlyk derejesinde baglylykda taplamagyň şu aşakdaky görnüşleri tapawutlandyrylýar.

*Gutarnykly taplamak* – ewtektoida çenli polatlary  $Ac_3$  kritiki nokadyndan  $30-50^{\circ}C$  ýokary gyzgynlyk derejesine çenli gyzdyrmakdan we kritiki tizlikden ýokary tizlik bilen sowatmakdan durýar. Bu taplamadan soň poladyň gurluşy ownuk iňňeli martensitden, uglerodyň möçberi  $0,6\%$ -den köp bolan halatynda bolsa, martensitden başgada saklanyp galan austenitiň iň köp mukdary bolýar.

Gutarnykly taplamak diňe ewtektoida çenli polatlar üçin ulanylýar we bu polatlary  $Ac_1$  kritiki nokadyndan  $30-50^{\circ}C$  ýokary gyzgynlyk derejelerine çenli gyzdyrmakdan, şol gyzgynlyk derejelerinde saklamakdan we kritiki tizlikden uly tizlik bilen sowatmakdan durýar.

Ewtektoidadan soňky polatlaryň gurluşlary gutarnyksyz taplamakdan soň martensitden, ikinji sementitden we saklanyp galan austenitden durýar. Sementitiň gatylygy ýokary bolup ol taplanan poladyň gatylygyny peseldýär, austenit bolsa tersine, martensitden ýumşak bolup, umumy gatylygy pese gaçyrýar.

Polatda faza öwrülmesiniň doly amala aşmagy üçin poladyň gyzdyrmak we saklamak wagtlaryny kesgitleýärler. Bular poladyň düzümi we şaýyň ölçegleri boýunça kesgitlenilýär. Uglerodly polatlardan edilen önümleri mufel elektrik peçlerinde gyzdyrylyp taplanylanda gyzdyrmagyň kadaly wagtlary 20-nji tablisada görkezilendir.

Gyzdyryp taplamagyň gyzgynlyk derejesinde saklanylandan soň şaý çalt sowadylýar.

Taplanylanda sowadyjy gurşawlar bolup: suw, duzlaryň, aşgarlaryň, kislotalaryň suwly erginleri we ýag hyzmat edýär.

Suwda uglerody  $0,3\%$ -den köp saklaýan uglerodly polatlar taplanylýar. Uglerody az saklaýan uglerodly poladyň sowadylyş tizligi hat-da suwda-da taplamagyň zerur bolan kritiki tizliginden azdyr. Austenitiň diňe az bölegi martensite ýa-da ferritli-sementitli garynda öwrülýär. Ýag suwa garanynda metaly haýal sowadýar. Ýagda adatça, uly bolmadyk taplanyş kritiki tizligi bolan ýokary hilli, uglerody köp saklaýan we legirlenen polatlar taplanylýar.

### 1. Uglerodly polatlar taplanylanda gyzdymak wagtynyň kadaly dowamlylygy

Gyzdymak temperaturasy, °C	Önümiň daşky görnüşi		
	Tegelek	Kwadrat	Ýasy zolak
	Gyzdymagyň dowamlylygy, min.		
	Diam I mm-ine	Galyňlygyň	I mm-ine
600	2	3	4
700	1,5	2,2	3
800	1,0	1,5	2,2
900	0,8	1,2	1,6
1000	0,4	0,6	0,6

Dürli gurşawlaryň sowadyjylyk ukyplary 21-nji tablisada görkezilendir.

**3.5. Gowşatmak.** *Gowşatmak* diýlip taplanan polady faza öwürilmelerinden aşakdaky gyzygynlyk derejelerine çenli gyzdyp, şol gyzygynlyk derejelerinde saklap we sowadyp (adatça howada) geçirilýän gyzygynlyk bilen işläp bejermä aýdylýar.

### 2. Taplaýjy gurşawlaryň sowadyjylyk ukyplary

Taplaýjy gurşaw	Gyzygynlyk derejesiniň aralygynda sowadylyş tizligi, grad/s	
	650-550	300-2000°C
Suw: 18°C 600		
28°C 500		270
50°C 100		270
18°C-de NaOH 10%-li suwly ergini 1200		300
18°C-de NaCl 10%-li suwly ergini 1100		300
Mineral ýagy 100-150		20-50
Rahat howa 3		I
		270

Polady gowşatmak taplamadan soň içki dartgynlyklary bölek-leýin ýa-da gutarnykly aýyrmak üçin, şepbeşikligi we çeýeligi ýokarlandyrmak üçin, gatylygy we portlugy peseltmek üçin geçirilýär.

Gyzdyrylyş gyrgyznyk derejelerine baglylykda gowşatmagyň üç sany görnüşini tapawutlandyrýarlar: pes, aram we ýokary gowşatmak.

Pes gowşatmakda polat 150-250°C gyrgyznyk derejelerine çenli gyzdyrylýar. Şu ýagdaýda tetragonal martensit mikroskopyň aşagynda garamtyl iňňe şekilli bolup görünýän gowşatmagyň martensitine öwrülýär. Poladyň portlugy biraz aşak düşýär. Pes gowşatmak kesiji we ölçeýji gurallar taplanylandan soň, şeýle hem sementitleşdirmeden hem-de sianirleşdirmeden soň ýüzleý taplanan şaýlar üçin ulanylýar.

Aram gowşatmakda polat 350-450°C gyrgyznyk derejelere çenli gyzdyrylýar. Şeýle gyzdyrylanda sementitiň ownujak bölejikleriniň bölünip çykmagy bilen amala aşýan uglerodyň bölek-leýin diffuziýasy bolup geçýär.

Aram gowşatmagyň netijesinde polat HB 450-500 gatylykda ýokarlandyrylan berklige we maýyşgaklyga eýe bolýar. Aram gowşatmak otnositel ýokary gatylykda maksimal maýyşgaklyk häsiýetleri talap edilýän taplanan önümler: pružinler, resorlar, urgy guraly, çapgyç, şampalar we başgalar üçin ulanylýar. Gyzdyrmak we saklamak wagty 0,5-2 sagada barabardyr.

Ýokary gowşatmakda taplanan polatlar 500-650°C gyrgyznyk derejelerine çenli gyzdyrylýar. Bu baryş poladyň ferrit esasynda sementitiň bölejikleriniň ulalmagy we tegelenmegi bilen bolup geçýär. Sementitiň bölejikleriniň ulalmagy bilen gatylyk HB 250-300-e çenli peselýär, içki dartgynlyk gowşaýar, çeýelik bilen urgy şepbeşikligi bolsa ep-esli ýokarlanýar. Ýokary gowşatmagyň netijesinde gowşatmagyň sorbidi diýlip atlandyrylýan gurluş alynýar. Ýokary gowşatmaklygy urgynyň we üýtgeýän alamatly agramyň astynda işleýän şaýlar: dwigateliň şatuny, ýarym oklar, awtomobilleriň we traktorlaryň oklary (ось), nurbatlar, wallar, barmaklar we başgalar üçin ulanylýar. Soňundan ýokary gowşadylýan taplamagy köplenç polady gowulandyrmak diýlip atlandyrylýar. Ýokary gowşatmakda gyzdyrmak we saklamak wagty 0,5-1 sagada barabardyr.

#### **4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar**

4.1. Gyzgynlyk bilen işläp bejermäniň maksady näme we ol nirelerde ulanylýar?

4.2. Ýakmagyň düýp mazmuny nämeden ybarat we ol nirelerde ulanylýar?

4.3. Ýakmagyň nähili görnüşleri bar?

4.4. Taba getirmegiň düýp mazmuny nämeden ybarat we ol haçan ulanylýar?

4.5. Taplamagyň dürli görnüşleriniň düýp mazmunlary nämeden ybarat we olar näme üçin ulanylýar?

4.6. P45 kysymly poladyň gutarnykly taplanyşynyň gyzgynlyk derejesi näçä deň?

4.7. U12 kysymly poladyň taba getirilişiniň gyzgynlyk derejesi näçä deň?

4.8. Taplanylanda nähili sowadyjy gurşawlar ulanylýar?

4.9. Gowşatmak diýlip nämä aýdylýar?

4.10. Polady gowşatmak näme üçin geçirilýär?

4.11. Gowşatmagyň näçe görnüşü bar?

4.12. Gowşatmagyň temperaturasy taplanan polatlaryň gatylygyna nähili täsir edýär? Sebäbini düşündiriň.

#### **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

##### **1. Ýumuşlar**

1.1. İş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplary bilen tanyş boluň.

1.2. Gyzgynlyk bilen işläp bejermäniň maksadyny gysgaça ýazyp beýan ediň.

1.3. Demir-uglerod hal diagrammasynyň polatlara degişli bölegini çyzyň we onda ýakmak, taba getirmek, taplamak hem-de gowşatmak üçin gyzdymaklygyň amatly gyzgynlyk derejeleriniň aralyklaryny görkeziň.

1.4. Gyzgynlyk bilen işläp bejermäniň ähli görnüşleriniň (ýakmak, taba getirme, taplama, gowşatmak) maksatlaryny we tejribelikde ulanylyşlaryny ýazyp beýan ediň.

1.5. Uglerodly polatlaryň nusgalarynyň taplanylmadyk ýagdaýyndaky gatylygyny Brinelliň enjamynda, taplanan nusgany bolsa Rokwelliň enjamynda ölçäp alan netijeleriňizi synagyň beýanynda ýazyň.

1.6. Maglumatlar kitabyndan berlen polatlaryň gyzgynlyk bilen işlenip bejerilişiniň (ýakylyşynyň, taba getirilişiniň we taplanylyşynyň) iş şertlerini kesgitleň we barlagyň netijelerini beýana ýazyň.

1.7. Nusgalary peje salyp, bellenen wagt aralygynda saklanyňyzdan soň, olary bir-birden yzygiderlikde peçden çykaryp suwda, ýagda we howada sowadyň.

1.8. Gyzgynlyk bilen işläp bejermenden (1.7-nji ýumuşda ýerine ýetirilen) soň nusgalaryň gatylyklaryny kesgitlep, synagyň beýanynda ýazyň.

## **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

2.1. Iş ornunyň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplarynyň ýerine ýetirilişi barada netije.

2.2. Gyzgynlyk bilen işläp bejermäniň maksady.

2.3. Gyzgynlyk bilen işläp bejermegiň ähli görnüşleriniň maksatlary we tejribelilikde ulanylyşy.

2.4. Uglerodly polatlaryň nusgalarynyň taplanylmadyk ýagdaýyndaky gatylygyny Brinellde, taplanylanlary bolsa Rokwellde ölçenip alnan netijeler.

2.5. Maglumatlar kitabyndan berlen polatlaryň gyzgynlyk bilen işlenilişiniň iş şertleriniň kadalaryny alyň.

2.6. Gowşadylan nusgalaryň Rokwell bilen ölçenendäki gatylyklary.

2.7. Geçirilen tejribe işiň netijesi boýunça sowadylyşyň tizliginiň we gyzgynlyk derejesiniň gatylyga edýän täsiri barada netije çykaryň.

## 17-nji iş

# GYZGYNLYK BILEN IŞLENILEN UGLERODLY POLATLARYŇ MIKROGURLUŞLARYNY ÖWRENMEK

### 1. Işň maksady

Düýpli gyzgynlyk bilen işlenip bejerilen uglerodly polatlaryň mikrogurluşlaryny düzüjileriň aýratynlyklaryny öwrenmeli, gyzgynlyk bilen işlenip bejerilen poladyň mikrogurluşy bilen onuň mehaniki häsiýetleriniň arabaglanyşygyny anyklamaly.

### 2. Iş ýeriniň enjamlaşdyrylyşy

2.1. МИМ-7 metallografik mikroskop.

2.2. Doly we doly däl suwda taplanan P40 poladyň nusgasy.

2.3. Suwda taplanan U12 poladyň nusgasy.

2.4. Doly taplanan we pes, aram hem-de ýokary gowşadylan P40 poladyň nusgasy.

2.5. Perlit dänelerini almak üçin ýakylan U8 poladyň nusgasy.

### 3. Tejribe işini ýerine ýetirmegiň usuly we ylmy esaslary

Ewtektoida çenli uglerodly polatlary  $A_3$ -den  $30-50^{\circ}\text{C}$  ýokarda gyzdyrylyp we kritiki tizlikden uly tizlik bilen suwda taplananda uglerodyň artyk doýurlan  $\alpha$ -demirdäki-martensit gaty erginini berýär. Martensitiň iňňeleriniň burç boýunça  $60^{\circ}$ -da biri-birine  $120^{\circ}$ -da ýerleşen iňňe gurluşyny alyp bolýar. Taplamadan öň dogry gyzdyrylan poladyň ownuk iňňe görnüşli martensit gurluşy bolýar. Taplanan polat gaty gyzdyrylanda martensitiň uly däneleri emele gelip, gatylygy biraz peselip, portlugy ýokarlanýar. Ewtektoida çenli polatlar doly taplanmadyk ýagdaýynda gyzdyrmagyň gyzgynlyk derejesi  $A_1$ -den ýokary we  $A_3$ -den hem aşakda bolanda gurluşy martensitden hem-de ferritden ybarat bolýar, şeýle-de soňky şlifdäki martensitiň iňňe ýerliginde ýagty tegmil görnüşinde görünýär. Şular ýaly gurluş poladyň gatylygyny peseldýär. Şonuň üçin hem doly däl taplama ulanylmaýar. Ewtektoida çenli polatlaryň gaty gyzdyrylanyny we doly taplanylmadyklaryny  $A_3$ -den azrak ýokary tempera-

tura bilen gyzdyryp düzedip bolýar. Eger suwda taplanan uly şaýyň şlifine seretseň, onuň üstünde martensitiň barlygyny görmek bolýar. Has çuň ortaragyna seredilen ýagdaýynda bolsa, poladyň ýylylyk geçirijiliginiň çäkligi ýa-da gyzarmagyň çuňlugynyň kritikiden az bolanlygy sebäpli, martensitiň iňňeleriniň ýerlerinde ferritiň sementit bilen ownuk dargan garyndysyndan ybarat bolan trostitiň gurluşy görünýär.

Trostit şlifde martensitiň iňňeleriniň arasynda garamtyl birleşme bolup görünýär. Doly taplanmadyk ewtektoidadan soňky poladyň gurluşy martensitden, galyndy austenitden we ikinji sementitden ybarat. Bu gurluşdaky ikinji sementit gatylygynyň ýokarlanmagyna ýardam berýär, ýöne polady has port edýär. Polat şaýlary taplanandan soň dartgynlylykly we port bolýar. Olary aýyrmak üçin pes, aram we ýokary gowşatma gyzygynlyk bilen işleri geçirilýär. Orta uglerodly polatlar pes gowşadylanda ( $150-200^{\circ}\text{C}$  gyzygynlyk derejesinde gyzdyrylanda) goýberilen kubly martensit gurluşy alynýar.

Aram gowşadylanda ( $350-500^{\circ}\text{C}$  gyzygynlyk derejesinde gyzdyrylanda) gowşatmanyň trostit diýlip atlandyrylýan, ferritiň sementit bilen ownuk dargan garyndyşy emele gelýär.

Ýokary gowşadylanda ( $500-650^{\circ}\text{C}$  gyzygynlyk derejesinde gyzdyrylanda) ferritiň sementit bilen garyndysy, trostitute garanynda uly bolýar.

#### **4. Talyplaryň özbaşdak öwrenmekleri üçin soraglar we ýumuşlar**

4.1. Ewtektoida çenli uglerodly polatlary  $\text{As}_3$ -den näçe gradus ýokarda gyzyrmaly?

4.2. Uglerodyň artyk doýurlan  $\alpha$ -demirdäki martensitiň gaty ergini nähili alynýar?

4.3. Taplamadan öň dogry gyzydrylan poladyň nähili gurluşy bolýar?

4.4. Doly taplanmadyk ewtektoida çenli poladyň nähili gurluşy bolýar?

4.5. Taplanan polat gaty gyzydrylanda nähili ölçegli däneler emele gelýär we gatylygy hem-de portlugy nähili üýtgeýär?

4.6. Doly taplanmadyk ewtektoidadan soňky poladyň gurluşy nämeden ybarat?



4.7. Taplanan polat şaýlaryň dartgynlylygyny we portlugyny aýyrmak üçin haýsy gyzgynlyk bilen işleri ýerine ýetirilýär?

## **Seredilýän tejribe işiniň ýerine ýetirilişi hakynda hasabat**

### **1. Ýumuşlar**

1.1. Iş ýeriniň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplary bilen tanyş boluň.

1.2. Doly we doly däl suwda taplanan P40 poladyň mikrogurluşyny mikroskopda öwreniň we onuň suratyny çekiň hem-de gurluşy düzüjilerini ýazyp beýan ediň.

1.3. Suwda taplanan U12 poladyň mikrogurluşyny öwreniň we onuň suratyny çekiň hem-de gurluşy düzüjilerini ýazyp beýan ediň.

1.4. Doly, pes, aram we ýokary gowşadylan P40 poladyň mikrogurluşyny mikroskopda öwreniň we onuň suratyny çekiň hem-de gurluşy düzüjilerini ýazyp beýan ediň.

1.5. Perlit dānesini almak üçin ýakylan U8 poladyň mikrogurluşyny mikroskopda öwreniň we onuň suratyny çekiň hem-de gurluşy düzüjilerini ýazyp beýan ediň.

1.6. Taplanyp, soň bolsa gowşadylyp alnan martensitiň, trostitiň we karbidiň gurluşlarynyň aratapawutlaryny ýazyp beýan ediň.

### **2. Tejribe işiniň ýerine ýetirilişiniň netijeleri**

2.1. Iş ýeriniň enjamlaşdyrylyşy we tejribe işi ýerine ýetirilende howpsuzlyk tehnikasynyň hem-de daş-töweregi goramagyň talaplarynyň ýerine ýetirilişi barada netije.

2.2. Doly we doly däl suwda taplanan P40 poladyň derňelen mikrogurluşynyň beýany.

2.3. Suwda taplanan U12 poladyň derňelen mikrogurluşynyň beýany.

2.4. Doly, pes, aram we ýokary gowşadylan P40 poladyň mikrogurluşynyň beýany.

2.5. Perlit dānesini almak üçin ýakylan U8 poladyň mikrogurluşynyň beýany.

2.6. Taplanyp, soň bolsa gowşadylyp alnan martensitiň, trostitiň we karbidiň gurluşlarynyň aratapawutlary.

## PEÝDALANYLAN EDEBIÝATLAR

1. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiniň täze belentliklerine tarap. I tom. – Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008.
2. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubeleniligiň ýurdy. – Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008.
3. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany halky söýmek bagtdyr. – Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008.
4. Türkmenistanyň Prezidentiniň obalaryň, şäherçeleriň, etrapdaky şäherleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşawyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin milli Maksatnamasy. – Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
5. Türkmenistanyň XX Halk Maslahatynyň resminamalary. – Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
6. *Iljanow G.* Materiallary öwreniş. Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby. – A.: Ylym, 2013.
7. *Iljanow G., Ezizow T.* Konstruktion materiallaryň tehnologiýasy. Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby. – A.: S.A.Nyýazow adyndaky TONU, 2010.
8. *Астафьева Е.А.* Технология конструкционных материалов. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: электрон. учеб. Пособие /Астафьева Е.А., Носков Ф.М., Зубрилов Г.Ю.-Электрон. дан. (11 Мб). -Красноярск: ИПК СФУ, 2008.
9. *Астафьева Е.А.* Технология конструкционных материалов. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: лаб. Практикум /Астафьева Е.А., Носков Ф.М.. -Электрон. дан. (4 Мб). -Красноярск : ИПК СФУ, 2008.
10. *Бабенко Э.Г.* [и др.] Материаловедение и технология конструкционных материалов: практикум – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2012.–160 с.

## MAZMUNY

Giriş.....	7
------------	---

### 1-nji iş

Domna önümçiliginiň başlangyç çig mallary .....	11
---	----

### 2-nji iş

Metallaryň we splawlaryň makroskopik derňewi .....	17
--	----

### 3-nji iş

Mikroskopik derňew (mikroanaliz) .....	27
--	----

### 4-nji iş

Metallaryň we splawlaryň gatylygyny kesgitlemek .....	36
---	----

### 5-nji iş

Gyzgynlyk derejesini ölçeýän enjamlaryň gurluşy we çyzgysy .....	50
--	----

### 6-njy iş

Gurşun we galaýynyň gyzgynlyk bilen derňewi.....	53
--	----

### 7-nji iş

Demir - uglerod splawlarynyň hal diagrammasyny öwrenmek .....	61
---	----

### 8-nji iş

Metallaryň we splawlaryň däneleriniň ululygyny kesgitlemek .....	79
--	----

### 9-njy iş

Şliferiň toplumy boýunça deňagramly ýagdaýdaky uglerodly polatlaryň mikrogurluşlaryny öwrenmek.....	89
---	----

## **10-njy iş**

Ulanýslary we öndürilişiniň usuly (hili boýunça) uglerodly polatlaryň toparlara bölünişi .....	94
--	----

## **11-nji iş**

Uglerodyň poladyň mehaniki häsiýetine edýän täsiri .....	100
--	-----

## **12-nji iş**

Demir-uglerod hal diagrammasynyň çöýuna degişli bölegi .....	106
--	-----

## **13-nji iş**

Metal esasy boýunça çöýunlaryň topara bölünişi. Çöýunlaryň mehaniki häsiýetleri we olaryň ulanylyşy. Çöýuna goşulýan elementler we çöýunlaryň belgilenişi .....	111
---	-----

## **14-nji iş**

Şlifleriň toplumy boýunça çöýunlaryň mikrogurluşlaryny öwrenmek ....	121
--	-----

## **15-nji iş**

Legirlenen polatlaryň häsiýetleriniň we gurluşlarynyň özara baglanyşygyny öwrenmek .....	124
--	-----

## **16-njy iş**

Uglerodly polatlaryň gyzgynlyk bilen işlenip bejerilişi.....	133
--	-----

## **17-nji iş**

Gyzgynlyk bilen işlenilen uglerodly polatlaryň mikrogurluşlaryny öwrenmek .....	143
---	-----

Peýdalanylan edebiýatlar .....	147
--------------------------------	-----

**Görogly Iljanow**  
**Artykbaý Gurbanbaýewiç Meredow**

## **MATERIALLARY** **ÖWRENIŞ**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy

Redaktor  
Surat redaktory  
Teh. redaktor  
Kompýuter işleri  
Neşir üçin jogapkär

*G. Atabayew*  
*G. Orazmyradow*  
*O. Nurýagdyýewa*  
*M. Atajanowa*  
*D. Durdyýew*

Çap etməğe rugsat edildi 24.03.2017. Ölçegi 60x90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Şertli çap listi 9,5. Hasap-neşir listi 8,89.  
Çap listi 9,5. Şertli reŋkli ottiski 23,75.  
Sargyt № 2733. Sany 870.

Türkmen döwlet neşirýat gullugy.  
744000. Aşgabat. Garaşsyzlyk şaýoly, 100.

Türkmen döwlet neşirýat gullugynyň Metbugat merkezi.  
744000. Aşgabat. 2127-nji (G.Gulyýew) köçe, 51/1.