

**E.O. UMAROV**



# **MATERIALSHUNOSLIK**

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI

---

**E.O. UMAROV**

# MATERIALSHUNOSLIK

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi  
tomonidan oliy o‘quv yurtlari talabalari uchun darslik sifatida  
tavsiya etilgan*

*Cho‘lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi  
Toshkent – 2014*

UO'K 379.8.091.6(075)

KBK 30.3

U 47

**Taqrizchilar:**

*P.X. Saydaxmedov – texnika fanlari doktori, professor;*

*M.A. Abzalov – texnika fanlari doktori, professor.*

**Umarov E.**

U-47 Materialshunoslik/ E. Umarov. O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. – T.: Cho'lpon nomidagi NMIU, 2014. 384 b.

ISBN 978-9943-05-688-6

Mazkur darslik «Materialshunoslik» o'quv fani bo'yicha yaratilgan. Darslik sanoatda ishlatiladigan materiallarning turlari va xossalarini, ularning xossalarini yaxshilash usullarini o'rganishga bag'ishlangan. Unda an'anaviy konstruksion materiallar bilan bir qatorda, hozirgi zamon yangi materiallari, kompozitsion materiallar va nanomateriallar xususiyatlari hamda olish texnologiyalari yoritilgan.

Ushbu darslik oliy o'quv yurtlari talabalari uchun mo'jallangan bo'lib, undan magistrlar va texnika sohasida faoliyat yuritayotgan mutaxassislar ham foydalanishlari mumkin.

**UO'K: 379.8.091.6(075)**

**KBK 30.3**

ISBN 978-9943-05-688-6

© E.O. Umarov, 2014

© Cho'lpon nomidagi NMIU, 2014

---

---

## KIRISH

O'zbekiston Respublikasi mashinasozlik sanoati rivojlangan bir qator yetakchi mamlakatlar qatoriga kiradi.

Fan va texnika yutuqlarini ishlab chiqarishga jadal qo'llash uchun yetuk malakali mutaxassislarni tayyorlash zarur. Raqobatbardosh mashina va mexanizmlarni yaratishda ularni qaysi materialdan yasalishi alohida o'rin egallaydi.

Materialshunoslik – bu metall va qotishmalarning xossalari faqat ularning kimyoviy tarkibiga emas, balki ichki tuzilishiga ham bog'liqligi, ularning lozim tomonga burish usullarini o'rganish va ishlab chiqarish jarayoni va ishlatish davrida o'zini tutish to'g'risidagi ilm-fan.

Texnikaning rivojlanishi yangi materiallarni doimo mukammallashtirishni, ixtiro va tatbiq qilishni talab qiladi. Bu materiallar doimo talab qilinayotgan sifat va ishlatish ishonchligiga qo'yilayotgan talablarga javob berishi lozim. Kompazitsion va nanomateriallarning qo'llanishi alohida xossali materiallarni yaratishga olib keldi: yuqori bikrli, zangga bardosh, yeyilishiga chidamli, olov va issiqbardosh, nuqsonsiz yuza va h.k.

Materialshunoslik fani rivojlanishining asosiy yo'nalishlaridan biri bu toza va o'ta toza metallarning usullarini yaratish. Chunki, bularning xossalari mavjud metallarning xossalaridan juda katta farq qiladi. Materialshunoslik fanining yana bir muhim vazifalaridan biri berilgan parametr va ishlash sharoitiga qarab oldindan hisoblangan xossali materialni yaratishdan iborat.

Hozirgi vaqtda materialshunoslik fanining asosiy istiqbol yo'nalishlari: yangi kompozitsion materiallarni; o'ta yengil qotishmalarni; tez kristallanish metallurgiyasi muammosini hal qilish; nanostrukturali materiallarni yaratish; termik, kimyo-termik, termo-mexanik ishlash jarayonlarining yangilarini ixtiro qilish va ishlab chiqarishga tatbiq qilishni o'z ichiga oladi.

---

## I-bob. METALLARNING TUZILISHI

### I.1. Metallarning kristallik tuzilishi

Sanoatning rivojlanishi mashinasozlikning yutuqlari ko'p jihatdan mustahkam, turg'un, yengil (ayniqsa, aviasozlikda) metall va nonmetall materiallarni yaratish hamda uni qo'llash bilan bog'liq.

Materialga qo'yilgan talablar uning ishlash sharoitiga bog'liq: mexanik yuklanishi, harorati, tashqi muhitning ta'siriga va hokazo.

Masalan, traktorning ishqalanuvchi detallari abraziv ishqalanib yeyilishga chidamli bo'lishi lozim (ayniqsa, O'rta Osiyo sharoitida); paxta terish mashinasi shpindellari ham abraziv, ham kimyoviy yeyilishga chidamli materialdan yasalishi kerak; samolyot sinchlari (lonjeron, stringer va hokazo) statik mustahkam, katta bikrlikka ega materialdan yasaladi; aviadvigatel materialiga olovbardoshlik-issiqbardoshlik ( $650-850^{\circ}\text{C}$ ) talablari qo'yiladi; tovushdan tez uchadigan samolyotlarning ustki qavati («обшивка»)  $350-550^{\circ}\text{C}$  da ishlaydigan yengil materiallardan yasaladi.

Shuni aytish kerakki, hozirgi zamon mashinalarida kompozitsion materiallar (shular jumlasida nanomateriallar ham) borgan sari keng qo'llanilmoqda. Bularning hajmi 5–10% dan 70–80% gacha yetmoqda. Kompozitsion materiallar maxsus xususiyatlarga ega: yuqori puxtalik; ishqalanib yeyilishga chidamlilik; issiqlik va elektr tokining kam o'tkazishligi; kerak bo'lsa, o'ta o'tgazgich material olsa ham bo'ladi; kimyoviy turg'unlik, yorug'likni yaxshi o'tkazuvchanligi.

Umuman olganda, mashina detallari uchun u yoki bu materiallar konkret ish sharoitiga va albatta, iqtisodiy raqobat bardosh bo'lgan holda qo'llaniladi. Mashina (mexanizm) detallari har xil sharoitda ishlaydi: dinamik kuchlanishlar, har xil haroratda (past va yuqori); turli muhitlarda (ishqoriy, kislotaliy, neytral, aktiv gaz) va h.k. Mana shular ishlatiladigan materiallarga talab qo'yadi. Bularning hammasi foydalanishdan texnologik iqtisodiy talablardan kelib chiqadi.

Foydalanish (ishlatish) talablari materialning konstruksion mustahkamligini ta'minlaydi.

Materialning konstruksion mustahkamligi deb, uning kompleks xarakteristikasiga aytiladi: bular mustahkamlik, ishonchlilik, uzoq muddatligi («dolgovechnost») mezonlarining yig'indisidir. Foydalanish sharoitiga qarab materiallarning mustahkamlik mezoni tanlanadi.

Mashinasozlik (ayniqsa, samolyotsozlik) ishlatiladigan materiallar uchun materialning massa bo'yicha samaradorligi muhim ahamiyatga ega. Samaradorlik solishtirma (nisbiy) xarakteristikalar bilan baholanadi.

Solishtirma mustahkamlik quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\sigma_s = \sigma / \rho g,$$

bunda  $\sigma_s$  – material solishtirma mustahkamligi,  $\sigma$  –  $\text{kg}/\text{mm}^2$ ,  $\rho$  – zichlik  $\text{g}/\text{sm}^3$ ,  $g = 9,8$  erkin tushish tezlanishi.

Solishtirma bikrlilik:

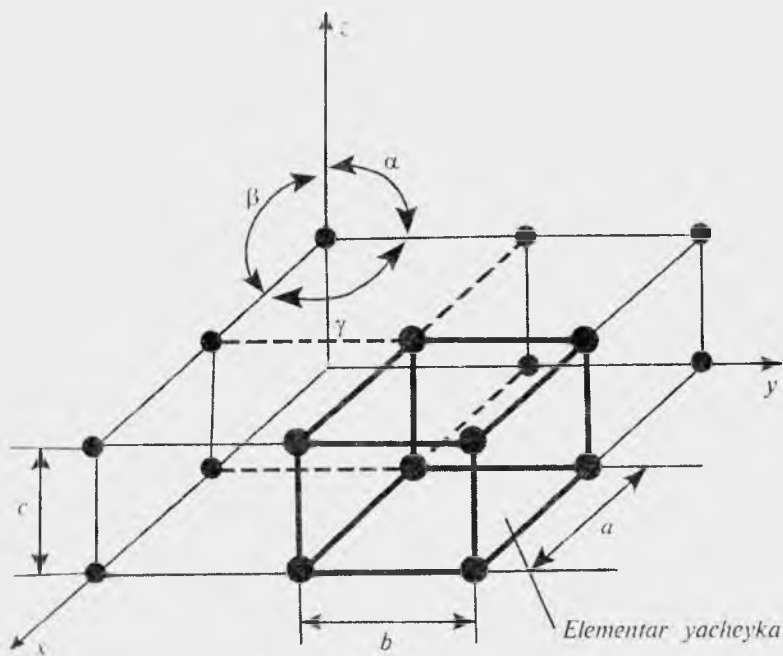
$$\gamma_c = E / \rho \cdot g,$$

bunda  $E$  – elastiklik moduli.

Texnologik talablar (materialning texnologikligi) detallar va konstruksiyalarni tayyorlashda eng kam mehnat hajmini albatta zaruriy xossalarni ta'minlagan holda ta'minlashga qaratilgan.

Barcha metallar va qotishmalar qattiq holatda kristall jism bo'ladi; bu degani ma'lum haroratgacha (*Terish*) u qattiq holatda bo'lib, o'z shakl va o'lchamlarini saqlaydi. Bu haroratdan o'tgach, u suyuq holatga o'tadi. Kristall jismlar zarra (atom)larining fazoda tartibli joylashganligi bilan ifodalanadi. Bunga kristall panjara deyiladi. Kristall panjara bu tasavvur qilinadigan fazoviy panjara; uning tugunlarida zarralar (atomlar, ionlar) joylashgan; bu o'z navbatida qattiq jismni tashkil qiladi. Metall va qotishmalar kristall jismlar bo'lib, ularda musbat ionlar kristall panjaralar hosil qiladi. Amorf jismlarda (shisha, yog'och, chinni) atomlar tartibsiz joylashgan bo'lib, kristall panjara hosil qilmaydi.

Elementar (sodda) *yacheyka* – eng kam *atomlar sonli hajm elementi*. Buni ko'p marta taxlab fazoda bor kristallni ko'rish mumkin.



1.1-rasm. Kristall panjara sxemasi.

Kristallarning asosiy ko'rsatkich (parametr)lari quyidagilardan iborat:

1) elementar yacheyka qovurg'alarining o'lchamlari,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  — panjara davri — eng yaqin atomlar markazlari orasidagi masofa (1.1-rasm);

2) o'qlar orasidagi burchaklar ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ );

3) koordinatsion son ( $K$ ). Bu panjaradagi xohlagan atomdan bir xil eng kam masofada joylashgan atomlar sonini ko'rsatadi;

4) panjara bazisi — bitta panjaraning elementar yacheykasiga to'g'ri kelgan atomlar soni;

5) kristall panjarada atomlarning joylashish zichligi — shartli ravishda biki shar deb qaralganda, atomlarning egallagan hajmi. Bu atomlar egallagan hajm yacheyka hajmiga nisbatan olinadi.

Hajmi markazlashgan kubli panjara uchun — 0,68, yoqlari markazlashgan kub panjara uchun — 0,74.

Kristall panjara turlarini fransuz olimi O. Brave o'rganib, klas-sifikatsiya qilgan. Kristallik jismlar 14 xil panjaraga ega: kubik, rombik, geksagonal, tetragonal va boshqalar.

Metallar uchun eng ko'p tarqalgani, asosan, 3 xil.

**1. Hajmi markazlashgan kubli (H.M.K.).** (1.2-a rasm) Atomlar kubning cho'qqilari va unung markazida joylashgan. Bu quyidagi metallarga taalluqli:  $V, W, Ti, Fe_{\alpha}$ .

**2. Yoqlari markazlashgan kubli (Yo.M.K.)** (1.2-b rasm). Atomlar kubning cho'qqilarida va har bir 6 yoqlarining markazida joylashgan. Bu metallar: ( $Ag, Au, Fe$ ).

**3. Geksagonal:** buning asosida olti burchak yotadi. Bu o'z navbatida 2 xil bo'ladi: oddiy atomlar yacheyka cho'qqilarida va asos markazida joylashgan. Zich joylashgan o'rta yuzada 3 ta qo'shimcha atom mavjud. Geksagonal panjarali metallar: ( $Zn, Mg, Cg, Ti$ ).

Qo'shni atomlar markazlari orasidagi masofa o'rtacha 4–5 Å ga teng (0,4–0,5 nm)  $1 \text{ \AA} = 10^{-10} m$  (1.2-d rasm).

Amorf jismlar fazoda betartib joylashgan: smola, shisha parafin.

Amorf jismlar qizdirilganida yumshaydi, uyushqoq bo'lib qoladi, keyinchalik suyuq holatga o'tadi. Sovutilganda jarayon teskari tarzda o'tadi.

Barcha amorf jismlar **izotrop** xususiyatga ega. Bu degani atomlarning joylashish yo'nalishlarining hammasida bir xil xususiyatga ega.

Kristall panjarali jismlarning barchasi **anizotrop** xususiyatli, ya'ni barcha yo'nalishlar xususiyatlari har xil.

Ba'zi metallar **polimarfizm** (allotropiya) hodisasiga ega, ya'ni har xil sharoitda har xil strukturaga ega. Harorat va bosim o'zgarishi bilan bir kristall struktura (panjara) ikkinchi struktura (panjara)ga o'tadi. Bu metallar:  $Fe, Co, Ti, Mn, Ca$  va h.k.

Allotropik o'zgarish vaqtida issiqlik ajralib chiqadi yoki yutiladi. Bir metallni har xil allotropik shakllari grek alifbosi bilan belgilanadi. Masalan, temir:

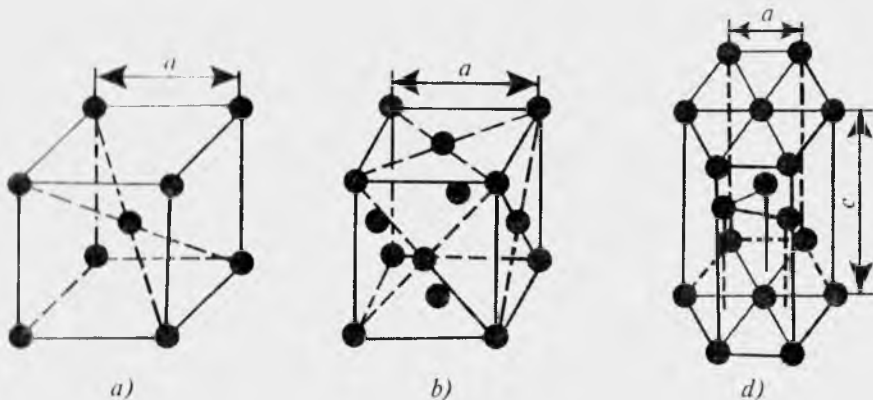
$Fe_{\alpha}$  bu harorat  $t < 911^{\circ}C$  da H.M.K;

$911^{\circ}C < t < 1392^{\circ}C$  – Yo.M.K –  $Fe_{\gamma}$ ;

$1392 < t < 1539^{\circ}C$  – H.M.K –  $Fe_{\beta}$ .

$Fe_{\gamma}$  – bu yuqori haroratli  $Fe_{\alpha}$ .





1.2-rasm. Kristall panjaralarning asosiy turlari:

*a* – hajmi markazlashgan kubli; *b* – yoqlari markazlashgan kubli;  
*d* – geksagonal.

Endi, bosim oʻzgarishi bilan allotropik oʻzgarish boʻlishi mumkin. Bunga uglerod misol boʻladi: past haroratda grafit hosil boʻladi, yuqori haroratda – olmos.

Polimorfizm hodisasini ishlatib, termik ishlash yordamida qotishmalarni puxtalash (mustahkamlash) va yumshatish mumkin.

## 1.2. Kristallanish jarayoni mexanizmi va qonuniyati. Asosiy tushunchalar

Mashinasozlikda toza metallar juda kam ishlatiladi. Chunki, ularni olish texnologiyasi ancha murakkab, qimmat va ulardan foydalanish davrida ish berish xossalari yetarli emas.

Shuning uchun, asosan, ularning qotishmalari ishlatiladi.

Metall qotishma – bu makro bir xil tizim, metallardan hamda metall va nometallardan tashkil topgan metallik xossalarga ega.

**Tizim** – qattiq, suyuq yoki gaz holatdagi jismlarning yigʻindisi. Tizim oddiy va murakkab boʻlishi mumkin. Oddiy tizim 2,3 tashkil etuvchilar – komponentlardan iborat. Murakkab tizim komponentlari koʻp boʻladi.

**Komponent** – bu tizimning mustaqil tashkil etuvchisi.

Qotishmaning xossalari fazalarning holati va nisbati bilan aniqlanadi. Fazalar komponentlari oʻzaro taʼsiri natijasida hosil boʻladi.

**Faza** – tizimning fizik va kimyoviy bir xil qismi. Fazalar qattiq, suyuq va gazsimon bo‘lishi mumkin.

**Variantlik (S)** – bu erkinlik darajasi soni, ya’ni, ichki va tashqi (harorat, bosim to‘plami, konsentratsiyasi) omillar soni. Bularni fazalar miqdorini o‘zgartirmasdan o‘zgartirish mumkin.

Agar variantlik  $S = 1$  bo‘lsa (monovariantli tizim), fazalar sonini o‘zgartirmasdan ma’lum chegarada omillardan birini o‘zgartirish mumkin.

Agar variantlik  $S = 0$  bo‘lsa (nonvariant tizim), tizimdagi fazalar sonini o‘zgartirmasdan tashqi omillarni o‘zgartirish mumkin emas.

Fazalar quyidagilar: komponentlar, kimyoviy birikmalar, qattiq va suyuq eritmalar hamda par (bug‘).

**Qattiq eritma** – bu faza 2 va undan ortiq komponentlardan tuziladi.

Komponentlardan biri baza (matritsa) bo‘lib, o‘z kristallik panjarasini saqlaydi va erutuvchi hisoblanadi. Qolgan komponentlar erituvchi kristallik panjarasiga joylashadi. Bu komponentlar **eruvchi** deb ataladi. Qattiq eritma 2 xil bo‘ladi: siqilib kirgan qattiq eritma va o‘rin almashu eritma.

**O‘rin almashuvchi qattiq eritma.** Bunda erituvchi komponent kristall panjarasidagi qisman atomlari o‘rnini eruvchi komponent atomlari egallaydi (1.3-a rasm).

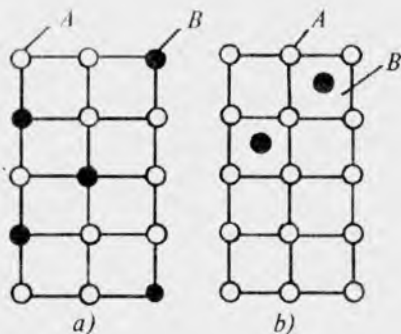
**Siqilib kirgan qattiq eritmada** eruvchi komponent atomlari erituvchi komponent kristall panjarasidagi uzellar orasiga joylashgan bo‘ladi (1.3-b rasm).

**Mexanikaviy aralashma.** Ma’lum komponentlarning kristallari bir-birlari bilan mexanikaviy aralashadi.

**Mexanikaviy aralashma** toza metallar kristallaridan tashkil topgan bo‘lishi mumkin. Suyuq eritma fazalar aralashmasi **evtektika** deyiladi.

Qattiq eritma fazalar aralashmasi **evtektoid** deyiladi. Qotishmalar xossalari elementar zarralarning fazada joylashishi, kimyoviy tarkibi, kristallarning o‘lcham va shakllariga bog‘liq.

Metall va qotishmalarning qurilish-tuzilish «mayda-chuydalarini» **struktura** tushunchasi ifodalaydi. Nozik, mikro va makrostrukturalar mavjud. Bular struktura tashkil etuvchillarining o‘lchamlariga bog‘liq. Material strukturasi quyidagi usullar bilan tekshiri-



1.3-rasm. O‘rin almashuvchi (a), siqilib kimgan (b) qattiq eritmalar kristall panjaralari.

ladi-o‘rganiladi: elektronografik, rentgenospektral, rentgenografik, mikroskopik, makroskopik va h.k.

Makroskopik o‘rganishda metall va qotishmalarning qurilishi qurollanmagan ko‘z bilan yoki ozgina kattalashtirib «lupa» vositasida o‘rganiladi.

O‘rganilayotgan yuza oldindan tayyorlanadi: jilvirlanadi va maxsus reaktivda xurushlanadi («травление»).

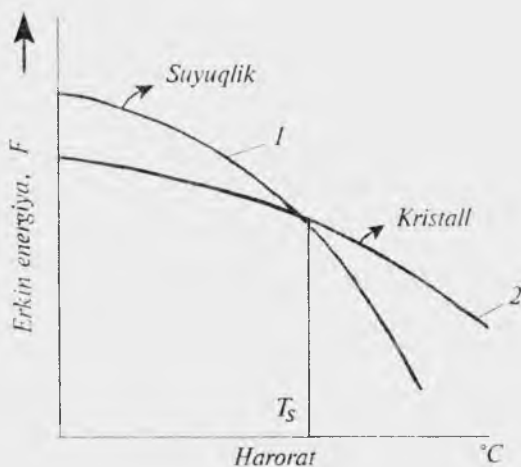
Har xil usullarda (quyma, bog‘langan, shtamplangan, jo‘valangan) olingan zagotovkalarining nuqsonlari va ularni yo‘q qilish usullari aniqlanadi.

Makro o‘rganishda quyidagilar o‘rganiladi: sinma («izlom») ko‘rinishi (plastik, mo‘rt), quyma metall zarralarining kattaligi shakli va joylashishi; metallarning buzuvchi nuqsonlarni (kirishish bo‘shlig‘i, gaz g‘ovaklari, darzlar, rakovinalar) metallning kimyoviy bir xil emasligi (kristallanish, termik ishlash, kimyoviy termik ishlash davrida); deformatsiyalangan metallning tolalari.

Qattiq jismlarning atom-kristall qurilishlarini o‘rganish uchun **rentgenografik** usul qo‘llaniladi. Bu usul orqali kimyoviy tarkib bilan struktura va jism xossalari orasidagi bog‘liqlik, mikrokuclanishlarni, nuqsonlar yig‘ilishlari va dislokatsiyalar zichligini aniqlash mumkin. **Mikrostrukturali** analiz usuli – bu yuzani nurli mikroskop yordamida o‘rganishdir. Yuza 50–2000 marta kattalashtiriladi 0,2 mkm o‘lchamida bo‘lgan struktura elementlari ko‘rsatiladi

Mikrostruktura usuli yorug'likning yuzaga borib urilib qaytishiga asoslangani uchun namunalar – mikroshliflar yuzalari sayqallangan («palirovka» qilingan) yaltiroq bo'lishi kerak. Mikrodarzlar va metall emas qo'shimchalar kuzatiladi. Yuza reaktivlar bilan xurushlanadi – ishlanadi, qotishma tarkibiga qarab, har xil fazalar har xil xurushlanadi va har xil ranglanadi. Zarralarning shakllari, o'lchamlari va yo'nalishi – tutgan o'rnini, ma'lum faza hamda struktura tashkil etuvchilarni namoyon qilish mumkin.

**Birlamchi kristallanish jarayoni mexanizmi va qonuniyati.** Jismlar to'rtta agregat holatda bo'lishi mumkin: qattiq, suyuq, gaz, plazma. Jism bir holatdan ikkinchi holatga o'tishi mumkin, agar ikkinchi holat sharoitida yangi holat ko'proq turg'un (barqaror) bo'lsa. Tashqi sharoit o'zgarishi bilan erkin energiya murakkab qonuniyat bo'yiga o'zgaradi; suyuq va kristall holat uchun har xil. 1.4-rasmda suyuq va qattiq holat erkin energiyalarning harorat ta'sirida o'zgarishi ko'rsatilgan.



1.4-rasm. Erkin energiyaning haroratga qarab o'zgarishi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuniga binoan har qanday faza o'zgarishi vaqtida sistemaning erkin energiyasi kamayadi, ya'ni sistema erkin energiyasi katta bo'lgan beqaror holatdan erkin energiyasi kichik bo'lgan barqaror holatga o'tishga intiladi. Erkin energiya  $F$  harfi bilan belgilanadi:

$$F = U - T \cdot S,$$

bunda

$U$  – sistemaning ichki energiyasi;

$T$  – absolyut harorat;

$S$  – entropiya.

Yuqoridagi grafikda suyuq va qattiq fazalar erkin energiyasining haroratga qarab o'zgarish grafigi erkin energiya – harorat koordinatalarida ko'rsatilgan. Bu diagrammada 1-egri chiziq suyuq faza erkin energiyasining o'zgarishini, 2-chiziq esa qattiq faza erkin energiyasining o'zgarishini ko'rsatadi.  $T_s$  haroratda suyuq va qattiq faza erkin energiyalari teng ( $F_{\text{suyuq faza}} = F_{\text{qattiq faza}}$ ) bo'ladi. Shuning uchun  $T_s$  **muvozanat** yoki **nazariy kristallanish harorati** deyiladi.

$T_s$  dan yuqori haroratda suyuq fazaning erkin energiyasi ( $F_{s,f}$ ) kichik, ya'ni  $F_{s,f} < F_{k,f}$ ; qattiq fazaning erkin energiyasi  $F_{k,f}$  esa katta.  $T_s$  dan past haroratda aksincha:  $F_{s,f} > F_{k,f}$ . Binobarin,  $T_s$  dan yuqori haroratda modda suyuq holatda  $T_s$  dan past haroratda qattiq holatda bo'lishi kerak.

Suyuq fazaning qattiq fazaga o'tish jarayoni kristallanish markazlari hosil bo'lishi va bu markazlarning o'sishi yo'li bilan boradi. Kristallanish markazlari soni qanchalik ko'p va kristallarning o'sish tezligi qanchalik katta bo'lsa, suyuq faza qattiq fazaga shunchalik tez aylanadi.

Metall bir agregat holatdan boshqa bir agregat holatga o'tganda, issiqlik ajralib chiqadi yoki yutiladi. Demak, bunday tizimni issiqlik hodisasi ro'y beradigan tizim deyish mumkin.

Suyuq modda (jism) sovitilganda  $T_s$  haroratida kristallanish jarayoni sodir bo'lmaydi, chunki bunda  $F_{s,f} = F_{k,f}$ . Suyuq faza kristallana boshlashi uchun tizimning erkin energiyasi kamayishi kerak. Teskarisi: qattiq faza (kristall)ning suyuqlikka aylanishi uchun esa sistemaning erkin energiyasi ortishi kerak.

Suyuq fazaning  $T_s$  dan past haroratdagi sovishi **o'ta sovish** deb ataladi. Qattiq fazaning  $T_s$  haroratdan yuqori haroratgacha qizishi esa **o'ta qizish** deyiladi.

Nazariy kristallanish (suyuqlanish) harorati bilan amaliy kristallanish (suyuqlanish) harorati orasidagi ayirma o'ta sovish darajasi deyiladi va  $T$  harfi bilan belgilanadi:

$$\Delta T = T_{naz,kr} - T_{amal,kr}$$

bunda,

$T_{naz,kr}$  – nazariy kristallanish harorati;

$T_{amal,kr}$  – amaliy kristallanish harorati.

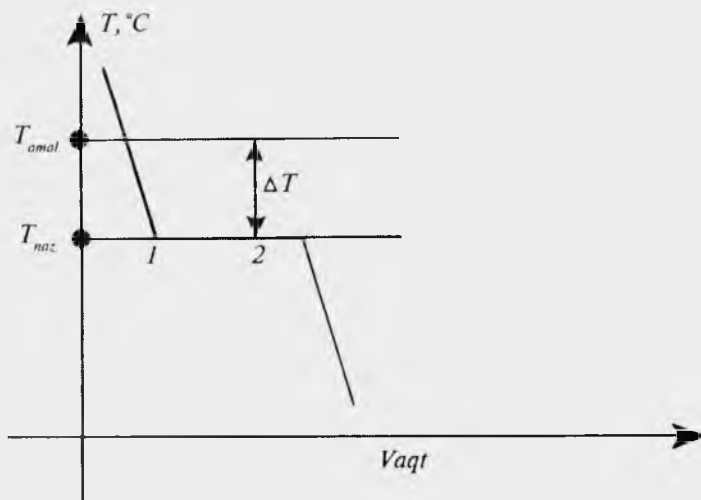
O'ta sovish darajasi kattaligi metallning tabiatiga, uning tozalik darajasi (qancha toza bo'lsa, shuncha o'ta sovish katta bo'ladi) sovitish tezligiga (sovitish tezligi ortishi bilan o'ta sovish darajasi ham ortadi) bog'liq.

Masalan, surmaning nazariy kristallanish (suyuqlanish) harorati  $63^{\circ}\text{C}$  ga teng. O'ta sovish darajasi  $\Delta T = 41^{\circ}\text{C}$  ga yetishi mumkin. U holda amaliy kristallanish harorati  $63 - 41 = 22^{\circ}\text{C}$  ga teng.

Ko'pchilik metallar uchun kristallanish vaqtida o'ta sovish darajasi juda kichik.

**Kristallanish** – bu suyuq fazaga kristallik panjara yer (uchastka)larining hosil bo'lish jarayoni va hosil bo'lgan markazlardan kristallarning o'sishidir. Kristallanish tizim ko'proq termodinamik turg'un holatiga o'tish sharoitida (eng kam energiya bilan) o'tadi.

Metallni suyuq holatdan kristall holatga o'tish jarayonini vaqt-harorat koordinatalarida quyidagicha ko'rsatish mumkin (1.5-rasm).



1.5-rasm. Toza metallning sovitish egri chizig'i:

$T_{naz}$  – nazariy kristallanish harorati;  $T_{amal}$  – amaliy kristallanish harorati.

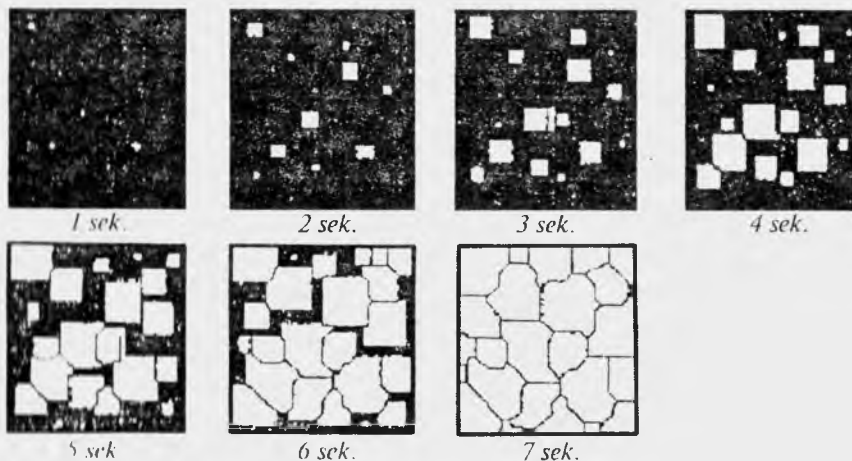
1 nuqtagacha metall suyuq holda soviydi, sovish jarayoni haroratning tekis pasayishi bilan kuzatiladi. 1–2 uchastkada kristallanish jarayoni boradi, issiqlik ajralib chiqadi. Bu issiqlik **kristallanishning yashirin issiqligi** deb ataladi. Bu tashqi muhitga tarqaladi. Shuning uchun harorat o'zgarmay doimiy (1–2) turadi. Kristallanish to'la tugaganidan so'ng (2 nuqta), metall endi qattiq holatda soviydi.

Ma'lum haroratgacha sovutilganda suyuq metallda kristallar (mayda zarralar) hosil bo'la boshlaydi – bular **kristallanish markazlaridir** yoki tug'malaridir («зародыш»). Bularning o'sishi uchun metallni erkin energiyasi kamayishi kerak; aks holda tug'malar erib ketadi.

Kristallanish jarayoni ikki bosqichdan iborat: 1 – kristallanish markazlarining hosil bo'lishi; 2 – kristallarning o'sishi (yuqorida hosil bo'lgan markazlar – tug'malar atrofida). Shuni aytish kerakki, bu davrda yangi markazlar – tug'malar paydo bo'la boshlaydi. Kristallanish mexanizmi modeli 1.6-rasmda ko'rsatilgan.

Hosil bo'lgan kristallanish markazlari yoqlaridan kristallar o'sa boshlaydi.

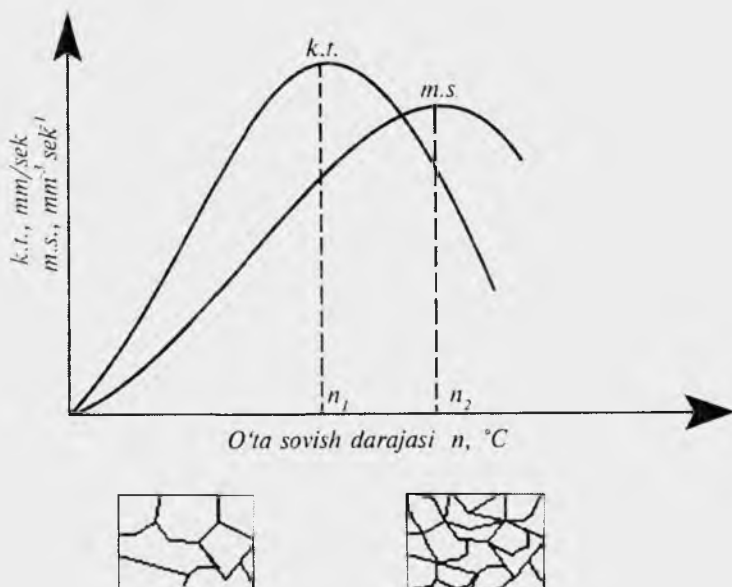
Shuni aytish kerakki, kristallanish markazlari hosil bo'lishida suyuq metalldagi begona zarralar ham katta rol o'ynaydi. Kristallanish markazlari begona zarralardan ham hosil bo'ladi.



1.6-rasm. Kristallanish jarayoni modeli.

Dastlabki paytlarda kristallar o'z geometrik shakllarini saqlagan holda bemaolol o'sadi. O'sayotgan kristallar bir-birlari bilan uch-rashgan joyda o'sishdan to'xtaydi va to'siqlar yo'q tomonga qarab o'sa boshlaydi. Geometrik shakl buziladi. Bunday **kristallar** donalar kristallitlar yoki **poliedrlar** deyiladi.

1.7-rasmda kristallanish o'sish tezligi va markazlar sonlarining o'ta sovish darajasiga bog'liqligi ko'rsatilgan.



1.7.-rasm. Markazlar soni va o'sish tezligining o'ta sovish tezligiga bog'liqlik sxemasi.

**O'ta sovish** darajasi ( $n$ ) ortishi bilan  $n$  ning ( $m.s.$ ) qiymati maksimumga yetadi.

$n$  kichik bo'lganda  $k.t.$  va  $m.s.$  larning ortishiga sabab shuki, muvozanat harorati ( $T$ ) yuqori bo'lib, suyuq va qattiq fazolar erkin energiyalari farqi katta bo'ladi. Natijada, kristallanish tezlashadi.

$n$  ortishi bilan zarrachalar harakatlanuvchanligi pasayadi va  $m.s.$  va  $k.t.$  pasayadi.

Agar  $m.s$  ko'p,  $k.t.$  kichik past bo'lsa ( $n_2$ ) hosil bo'ladi. Aksincha,  $m.s.$  kam,  $k.t.$  yuqori bo'lsa ( $n_1$ ) kristallar hosil bo'ladi.



$n$  juda kichik bo'lsa, muntazam geometrik shakldagi, kristallar hosil bo'ladi.  $n$  bir qadar kattaroq bo'lsa, kristallar dendrit shaklini oladi. (kristallar, asosan, fazoviy kristall panjaraning asosiy o'qlariga mos yo'nalishda o'sadi),  $n$  ancha katta bo'lsa, sferoid shaklidagi kristallar hosil bo'ladi.

O'ta sovish darajasi ( $\Delta T$ ) ortishi bilan, uning qiymati  $t_1$  va  $t_2$  ga yetganda, kristallanish tezligining (k.t.) va markazlar sonining (m.s.) qiymatlari maksimalga yetadi.  $T$  kichik bo'lganda k.t. va m.s. larining ortishiga sabab shuki, muvozanat harorati ( $T_m$ ) yaqinida suyuqlikning harakatlanganligi yuqori bo'lib, suyuq va qattiq fazalar erkin energiyalari farqi katta bo'ladi. Natijada kristallanish tezlashadi.

$\Delta T$  ortishi bilan zarralar harakatlangani pasayadi va m.s. va k.t. lar pasayadi. Agar m.s. ko'p, k.t. kichik bo'lsa, **mayda** kristallar hosil bo'ladi. Aksincha, m.s kam, k.m yuqori bo'lsa **yirik** kristallar hosil bo'ladi.

$\Delta T$  juda kichik bo'lsa, muntazam geometrik shakldagi kristallar hosil bo'ladi.  $\Delta T$  bir qadar kattaroq bo'lsa, kristallar **dendrit** shaklini oladi, ya'ni kristallar, asosan, fazoviy kristall panjaraning asosiy o'qlariga mos yo'nalishda o'sadi.  $\Delta T$  ancha katta bo'lsa, **sferoid** shaklidagi kristallar hosil bo'ladi.

Kristallanish jarayonini boshqarish mumkin. Shu yo'l bilan mayda zarrali strukturani olish mumkin. Buning uchun suyuq metallarga qo'shimcha tashqi **moddalar – modifikatorlar** qo'shiladi. Jarayon **modifikatsiyalash – takomillashtirish** deb ataladi.

Modifikatorlar ta'sir etish mexanizmiga qarab ikki xil bo'ladi.

1. Modda suyuq metallda erimaydi: qo'shimcha kristallanish markazi sifatida xizmat qiladi (karbidlar, oksidlar).

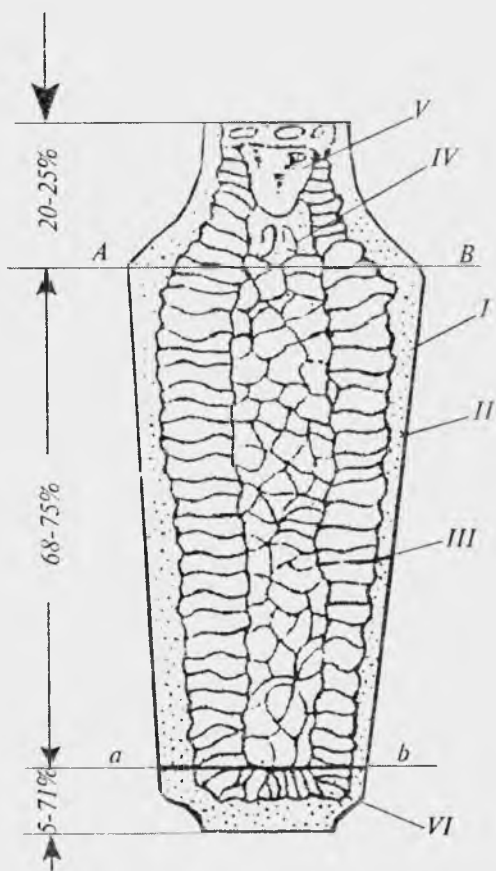
2. Yuza aktiv moddalar; bular metallda eriydigan o'sayotgan kristallar ustiga o'tirib olib, uning o'sishiga to'sqinlik qiladi.

**Metall quymaning tuzilishi.** Ishlab chiqarishda suyuq metall maxsus qoliplar – izlojnitsalarga quyilib quymalar olinadi. Albatta, qolipning harorati suyuq metallnikidan ancha past. Suyuq metallning kristallanish sharoiti qolip ko'ndalang kesimi bo'yicha har xil bo'ladi. Quymaning makrostrukturasi ham, mikrostrukturasi ham, kimyoviy tarkibi ham, mexanik xossalari ham quymaning turli zonalarida har xil bo'ladi.

Quyida strukturasi 6 zonadan iborat. 1.8-rasm I – zona mayda donali zona, tartibsiz joylashgan mayda dendrit – kristallardan iborat. Suyuq metallning qolip devorlari tegib turgan joylarida sovish tezligi va o‘ta sovish darajasi boshqa joylariga nisbatan ancha katta.

Shuning uchun bu zonada **mayda dendrit** zarralari hosil bo‘ladi. Hajm tomondan I – zona katta emas.

II – zona, **uzunroq kristallar** zonasi mavjud yo‘nalishda – mayda donali zona (qobiq) tomon joylashgan kristallardan iborat. Bu zonada sovish tezligi pasayadi: I – zona issiqlik chiqishiga qarshilik ko‘rsatadi. O‘ta sovish darajasi pasayadi, demak, kristallar



1.8-rasm. Po‘lat quymaning tuzilish sxemasi.

rasq chiqib ketish yo'nalishi bo'yicha uzunroq kristallar o'sa bozilaydi.

III zona, teng o'qli kristallar zonasi **tartibsiz yo'nalgan yirik kristallardan** iborat. Issiqlik chiqib ketadigan yo'nalish yo'q, sovish tezligi eng past.

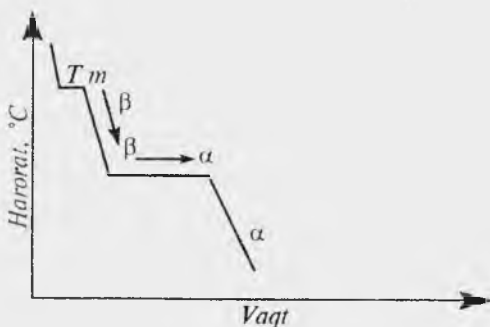
Quymaning eng zich zonasi ikkinchi zona, uning mexanik xossalari eng yuqori, ammo quyma bosim bilan ishlanganda uzunroq kristallarning tutashgan joylari plastik deformatsiyaga eng kam qarshilik ko'rsatadi va metall ana shu joylaridan yoriladi.

Qattiq holatdagi metallar kristall panjaralarining o'zgarishi **ikkilamchi kristallanish** yoki **qayta kristallanish** deb ataladi. Yuqoridagi o'zgarishlarga allotropiya hodisasi kiradi. Allotropiya temir, qalay, titan, marganets, kobalt va boshqa metallar orasida tarqalgan.

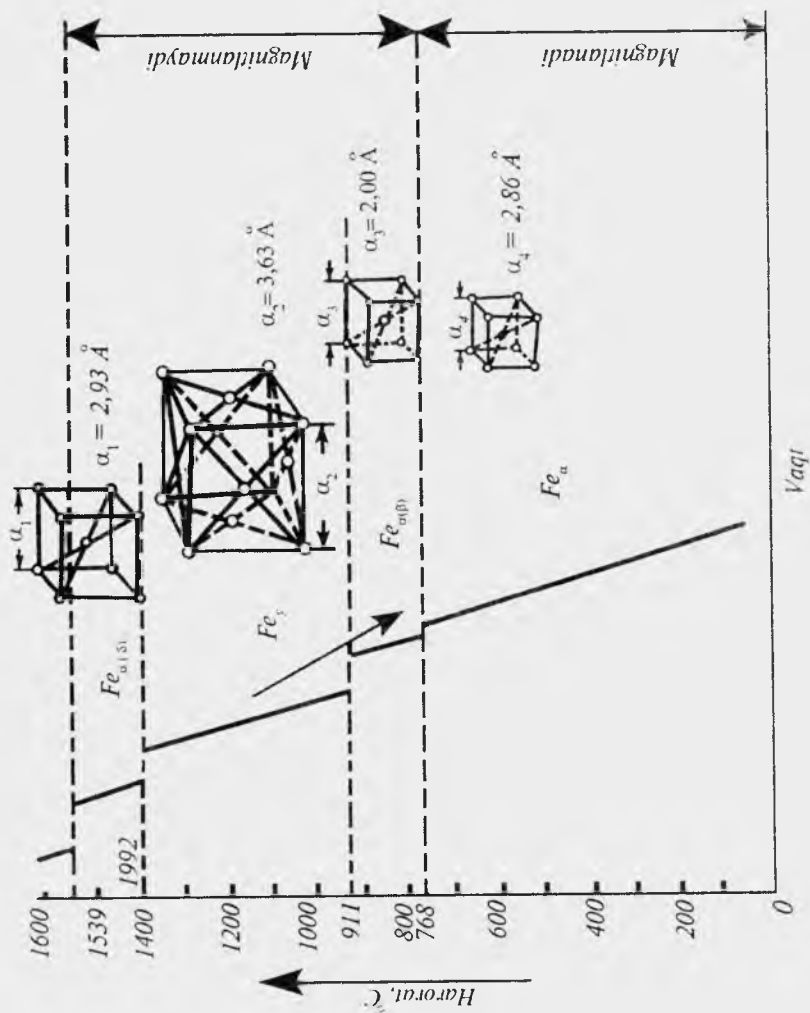
Barqaror — real mavjud bo'la oladigan panjara erkin energiya zaxirasi eng kam panjaradir. Masalan, qattiq holatda litiy, kaliy, seziiy, volfram va boshqalarning kristall panjarasi hajmi markazlashgan kub; beriliy, sirkoniy va boshqa ba'zi metallariniki esa geksogonal panjaralaridir.

Bir qator hollarda harorat va bosimning o'zgarishi bilan ayni bir metallning kristall panjarasi ham o'zgaradi, ya'ni u qayta kristallanadi.

Temirning kristall panjarasi hajmi markazlashgan kub bo'lishi ham, yoqlari markazlashgan kub bo'lishi ham mumkin (1.9-rasm).



1.9-rasm. Harorat o'zgarishi bilan kristall panjaraning o'zgarishi.



1.10.-rasm.  
 Temirning  
 haroratga  
 nisbatan  
 kristallanishi.

Qayta kristallanish vaqtida o'zgarmas haroratda qizdirilganda issiqlik yutadi. Sovitilganda esa nazariy jihatdan olganda, qizdirilgandagi kabi o'zgarmas haroratda issiqlik ajralib chiqadi.

**Temirning kristallanishi.** Toza temir  $t_{\text{crsh}} = 1539^{\circ}\text{C}$ . Qotayotgan temirda har bir kritik nuqtada allotropik o'zgarish bo'ladi (1.10-rasm).

**Qotishmalarda hosil bo'ladigan likvatsiyalar.** Quymada qotish jarayonida suyuq faza tarkibining o'zgarishi natijasida qattiq qotishmada har xil tartibli joy (zona) hosil bo'ladi. Bu hodisa **likvatsiya** deyiladi. Masalan, Pb-Sb tizimida dastlab ajralib chiqqan qo'rg'oshin kristallari bilan shu kristallar orasida joylashgan evtektik aralashma bir-biridan farq qiladi. Likvatsiyaning bu turi **kristallitlararo likvatsiya** deyiladi. Kristallitlararo likvatsiyani mikroskop ostida ko'rish mumkin.

Bunday likvatsiya evtektikagacha bo'lgan yoki evtektikadan keyingi qotishmalarning normal tuzilishini tashkil etadi. Agar evtektika qotishmaning hamma joyida ortiqcha faza bilan bir tekis joylashib kelsa, bunday qotishmaning tuzilishida nuqson bo'lmaydi.

Bunday qotishmalar hamma vaqt ham benuqson bo'lavermaydi. Ba'zan suyuq qotishmadan chiqadigan kristallar va qolgan suyuq faza suyuqlikning qota borishi davomida bir-biridan ajraladi, solishtirma og'irliklariga qarab bir-biri ustiga joylashib qoladi. Bunday qotishmalarda bo'ladigan likvatsiya **solishtirma og'irlik bo'yiga likvatsiya** yoki **qavatli likvatsiya** deb nomlanadi.

Solishtirma og'irlik bo'yiga likvatsiya hosil bo'lishiga quyidagilar sabab bo'ladi.

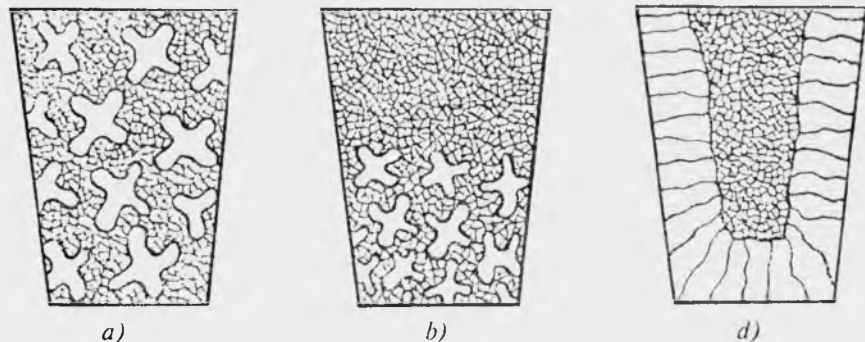
1. Ajralib chiqadigan qattiq fazaning solishtirma og'irligi bilan qolgan suyuq fazaning solishtirma og'irligi orasidagi farq sharoit tug'dirishi.

2. Qotish davrida sekin sovitish.

Suyuqlikda cho'ka oladigan yoki qalqib chiqadigan qattiq ajralmalarning o'z-o'zidan vujudga kelishi ham bunday likvatsiya hosil bo'lishi uchun zarur sharoit tug'diradi.

Qolipga quyilgan suyuq qotishma qotayotganda, dastavval, quyina qobig'idan ichkari tomonga (bu qobiq quymaning qobiq devorlariga tegib, tez sovishidan hosil bo'lgan juda mayda donachalardan iboratdir) uzunchoq kristallar o'sib chiqadi, bu kristallar

qalqib chiqa olmay yoki cho'ka olmay. transkristallanish sirtqi devori hosil qiladi. Bunday holda likvatsiyalanuvchi suyuqlik quyma ichiga to'planadi. Buning natijasida hosil bo'lgan likvatsiya **zonalar likvatsiyasi** deb ataladi (I.11-rasm).



I.11-rasm. Likvatsiyalar turlari sxemalari:

- a – kristallitlararo likvatsiya; b – solishtirma og'irlik bo'yicha likvatsiya; d – zonal likvatsiya.

Likvatsiyaning yana **kristall ichra likvatsiya** yoki **dendrit likvatsiyasi** deb ataluvchi turi ham bor.

Kristallarning shakliga o'ta sovish darajasi ta'sir qiladi. O'ta sovish darajasi juda kichik bo'lsa, muntazam geometrik shakldagi kristallar hosil bo'ladi. O'ta sovish darajasi bir qadar katta bo'lsa, kristallar **dendrit** shaklini oladi, ya'ni kristallar, asosan, fazaviy kristall panjaraning asosiy o'qlariga mos yo'nalishida o'sadi.

O'ta sovish darajasi ancha katta bo'lsa, **sferoid** shaklidagi kristallar hosil bo'ladi.

Metall quymalarda kristallar, umuman aytganda, dendrid shaklida bo'ladi. Buni birinchi bo'lib D.K. Chernov chizib bergan.

Qotishma sekin sovitilganda diffuziya jarayoni kristallar tarkibini tenglashtirishga ulguradi, tez sovitilganda esa diffuziya jarayoni tugallanmay qoladi, ya'ni ayrim kristallarning tarkibi barobarlashmaydi. Dendritlarning markaziy qismida qiyin suyuqlanuvchi «Komponent (a'zo) chetlari – pereferiya»sida esa oson suyuqlanuvchan komponent ko'p bo'ladi. Dendritlarning har xil joylarida uchraydigan bunday kimyoviy turli jinslilik **kristall ichra likvatsiya**, boshqacha aytganda **dendrit likvatsiyasi** deb ataladi.

**Uglerodli po'latlar.** Amalda tarkibida 1,7% dan oshmaydigan po'latlar ishlab chiqariladi. 1,75 dan oshsa po'lat kuchli qattiqlashadi (ayniqsa, toblashda) va mo'rt bo'ladi: amalda ishlatilib bo'lmaydi.

Uglerod miqdoriga qarab 3 xil bo'ladi:

1. Kam uglerodli  $C \leq 0,09-0,25$  %;
2. O'rta uglerodli  $C \leq 0,25-0,45$  %;
3. Yuqori uglerodli  $C \leq 0,45-0,75$  %.

Kimyoviy tarkibi murakkab, po'lat tarkibida uglerodlardan tashqari Mn, Si, S, P, O, N, H, Cr, Ni, Cu va boshqalar bo'ladi. Bulardan ba'zilari (Mn, Si) yana atayin kiritilishi mumkin. Bunda po'lat legirlangan po'lat deb nomlanadi. O'zi po'latda  $Mn = 0,8\%$ ,  $S = 0,4\%$  bo'ladi. S, P, O, N, H larni po'lat tarkibidan butunlay chiqarib tashlashni amaliy iloji yo'q. C, Ni, Cu lar esa po'latga ruda tarkibiga tasodif kiradi. Uglerodli po'latlar mashina detallari, har xil konstruksiyalar, o'lchash va kesuvchi asboblardan hamda boshqalar tayyorlashda asosiy material hisoblanadi.

Har qanday metall qotishmalari kabi uglerod po'latlarni ham tuzilishi va xossalarini termik ishlash yo'li bilan o'zgartirish mumkin. Uglerodli po'latlarning termik ishlash samaradorligi ancha yuqori: qattiqligi va puxtaligini 5–10 barobar oshirish mumkin. Lekin elastiklik moduli 5 % dan ortiq o'zgarmaydi.

**Uglerodli po'latlarning klassifikatsiyasi** ishlatish joyiga qarab 2 guruhga bo'linadi:

1. Konstruksion po'latlar.
2. Asbobsizlik po'latlar.

Konstruksion po'latlar tarkibida uglerod 0,02 dan – 0,6 % gacha bo'ladi.  $C = 0,8$  % po'latlar konstruksion po'lat sifatida ishlatiladi.

Konstruksion po'latlar xalq xo'jaligining turli sohalarida ishlatiladi: mashina va agregat detallari, qurilish konstruksionlari, temiryo'l transporti vositalari, rels, truba, sim va boshqa buyumlar uchun asosiy material. Bu po'latlarga qo'yilgan umumiy talab bu mustahkamlik bilan plastiklik, shuningdek yaxshi texnologik xossalar.

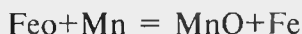
Asbobsizlik po'latlar tarkibida uglerod  $C = 0,7-1,7$  % bo'ladi: Y7A...Y13A. Bularning qattiqligi  $HRC = 50-60$ , issiqqa bardoshligi  $260^{\circ}C$  gacha.

**Po‘lat xossalari**ga uglerodning ta’siri. Po‘lat tarkibidagi uglerod ortishi bilan po‘lat tuzilishi (strukturasi) o‘zgaradi, demak xossalari ham o‘zgaradi.

Tarkibida  $C < 0,02$  % bo‘lgan po‘lat ferrit va ozgina  $T_s$  sementitdan iborat.  $C = 0,02 - 0,8$  % da faqat ferrit va perlit bor.  $C < 0,8$  % da faqat perlit.  $C > 0,8$  dan oshsa po‘lat strukturasi ikkilamchi tsementit hosil bo‘ladi.

Uglerod miqdori ortishi bilan sementit miqdori ortib, ferrit miqdori kamayadi. Sementit qattiq va mo‘rt, ferrit yumshoq va plastik. Demak, uglerod miqdori ortishi bilan po‘lat qattiqligi ortib, plastikligi kamayadi. Uglerod fizik xossalari ham ta’sir qiladi: uglerod ortishi bilan magnit kirituvchanligi pasayib, elektr qarshiligi va koertsitiv kuch ortadi.

**Marganesning ta’siri:** kislorodsizlantirish uchun qo‘shiladi. Zararli temir (2) oksidi ( $FeO$ )ni yo‘qotish uchun:



Po‘latda o‘zi  $Mn = 0,25 - 0,8$  % gacha bo‘ladi. U qisman ferritda eriydi,  $Mn_3C$  qisman tartibli karbid hosil qilib mustahkamlik va qattiqlikni oshiradi.

**Kremniyning ta’siri.** Bu ham temir (2) oksidini qaytaradi:  $2FeO + Si = SiO_2 + 2Fe$ . Kremniy ferritda erib, po‘lat qattiqlikni oshiradi, elastiklik xossalari yaxshilaydi. Ammo, plastiklikni pasaytiradi.

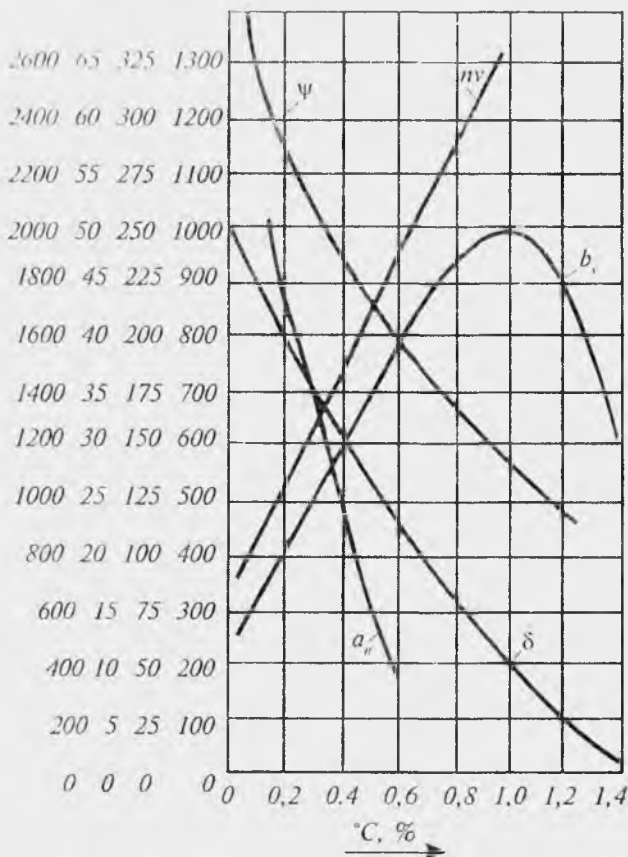
**Fosforning ta’siri.** Oddiy sifatli po‘latda  $P < 0,05\%$  dan oshmasligi lozim, sifatli po‘latlarda:  $P < 0,02$  %.

Fosfor ferritda erib, qattiqlikni oshirib, qovushqoqlikni pasaytiradi. Normal haroratda va 0 dan pastda plastiklik va qovushqoqlikka zararli ta’sir qiladi. U po‘latni *sovuq holda sinuvchan* qiladi.

Fosfor po‘latning mo‘rt holatga o‘tish haroratini oshiradi (shuning uchun sovuqda darz ketadi). Agar  $P > 0,1\%$  ortiq bo‘lsa, uning salbiy ta’siri kuchli bo‘ladi.

Muhim detallar uchun po‘lat tarkibida hatto 0,05% fosfor bo‘lishiga yo‘l qo‘yish kerak emas, chunki qotishma kristallanayotganda fosfor kuchli darajada likvatsiyalanib, po‘latda fosfori ko‘p bo‘lgan mo‘rt joylar hosil qiladi (1.12-rasm).





1.12-rasm. Po'lat tarkibidagi uglerod miqdorining po'lat mexanik xossalariga ta'siri.

Yaxshi tomonlari ham bor: qirqib ishlashni osonlashtiradi, mis bilan birgalikda korroziyabardoshlikni oshiradi. Avtomat po'latlar: A12, A15, A20 larda  $P = 0,06\%$  A12 da  $P = 0,15\%$ .

**Oltinugurtning ta'siri.** Oddiy sifatli po'latlarda  $S = 0,04-0,05\%$ . Yuqori sifatli po'latlarda  $S = 0,02-0,03\%$ . **Elektr pechlarida olingan** po'latlarda oltinugurt **yo'q darajada** bo'ladi. Oltinugurt temirda erimaydi va temir bilan birikib FeS kimyoviy birikma hosil qiladi.

Temir bilan temir sulfid 988 °C haroratda suyuqlanadigan evtektika hosil qiladi. Bu evtektika 988–913°C oralag'ida austenit bilan,

FeS dan 913°C dan pastda esa ferrit bilan FeS dan iborat bo'ladi. Evtektika oson suyuqlanuvchan va mo'rt aralashma bo'lib, donalar chegarasida joylashadi. Bu hol qotishmani 800 va undan yuqori haroratda, ya'ni qizil tusda cho'g'lanish (nurlanish) haroratlarida sinuvchan qilib qo'yadi.

Bu hodisa **cho'g'langanda sinuvchanlik** deb ataladi. Tarkibidagi oltingugurt miqdori yuqori bo'lgan po'lat cho'lg'anganda sinuvchan bo'lganligidan, bunday po'latni qizdirib turib bolg'alash, prokatlash, shtamplash va umuman qizdirib turib bosim bilan ishlash mumkin emas.

Binobarin temir sulfid va oltingugurt mutlaqo zararli. Oltin-gugurtni chiqarib tashlash va FeS hosil bo'lmasligi uchun marganes qo'shiladi.

U temir sulfid bilan reaksiyaga kirishib 1620°C suyuqlanadigan marganets sulfid (MnS) hosil qiladi.

Oltin-gugurtning yaxshi tomoni ham bor: fosforga o'xshab qirqib ishlashni osonlashtiradi. Shuning uchun avtomat po'latlarda qo'llaniladi.

**Kislorodning ta'siri.** Ishlab chiqarish usuliga qarab, uglerodli po'latlarda 0,01–0,1 % gacha kislorod bo'ladi. Kislorod ferritda erib qattiq va mo'rt oksidlar hosil qiladi. Po'latning plastikligi va qovushqoqligi pasayadi. Demak, kislorod **zararli**.

Kislorod miqdorini kamaytirishning samarador usuli po'latni vakuumda suyuqlantirish (elektr pechlarida) va quyush usulidir.

**Azotning ta'siri.** Elektr usuli bilan ishlab chiqarilgan po'latda 0,008–0,01 %; marten po'latida 0,004–0,006 %, bessemer po'latida 0,01–0,014 % azot bo'ladi.

Azot zararli: chunki u qisman ferritda eriydi, temir bilan qisman reaksiyaga kirishib, qattiq va mo'rt kimyoviy birikmalar – nitridlar hosil qiladi.

Natijada po'latning qattiqligi va mo'rtligi oshadi, plastikligi va qovushqoqligi pasayadi. Sovuq bosim bilan ishlanadigan po'lat-larning xossalariga azot, ayniqsa, zararli ta'sir etadi, ya'ni po'latning deformatsiyalanganidan keyin eskirish (chiniqish) – vaqt o'tishi bilan qattiqlashib va mo'rtlashib borish xossalarini oshiradi. Azotning miqdorini kamaytirishning ham birdan-bir usuli po'latning vakuumda suyuqlantirish va quyish usulidir.

## **Nazorat savollari**

1. *«Materialshunoslik» fanining vazifalari va tutgan o'rnini ayting.*
2. *Kimyoviy turg'unlik nima?*
3. *Professorlar: G.I. Yakunin, M.M. Mixaylov, V.A. Mirboboev, A.A. Muxamedov, R.X. Saydaxmedov, dotsentlar: A.S. Abduraxmonov, I. Nosirov va boshqalarning bu fanning rivojlanishiga qo'shgan xissalari nimada?*
4. *Metall deb nimaga aytiladi?*
5. *Moddalarning necha xil agregat holati bor?*
6. *Metallar uchun eng ko'p tarqalgan kristall panjara turlarini ayting.*
7. *Fe va Al lar qanday panjaraga ega?*
8. *Ion bog'lanish qanday bog'lanish?*
9. *Kovalent bog'lanish nima?*
10. *Dislokatsiya nima?*
11. *Erkin energiya nima?*
12. *O'ta sovish darajasi nima?*
13. *Metall quymalarning kristallanish jarayonida turli zonalar hosil bo'lishiga sabab nima?*
14. *Kristallanish jarayoni qonuniyatini o'rganishning amaliy ahamiyatini aytib bering.*

---

---

## 2-bob. MATERIALLARNING XOSSALARI

### 2.1. Materialning tanlash mezonlari

**Xossa** – bu materialning boshqa materiallarga nisbatan son yoki sifat tomondan bir xilligi yoki farq qilish xarakteristikasi (ko‘rsatkichi).

Material tanlashda quyidagi xossalar asosiy o‘rin egallaydi: 1 – foydalanishlik – ishlatishlik («эксплуатационный»), 2 – texnologiklik, 3 – tannarxlik xossalari. Bularning ichida eng ahamiyatlisi bu foydalanishlik xossasidir.

Mashina detallari va asboblarning ish berish qobiliyatiga (kuchli, tezlikli, chidamlilik, turg‘unlilik va texnik-ishlatish ko‘rsatkichlari) **foydalanishlik xossasi** deyiladi. Bu xossa materialning mexanik, fizik va kimyoviy xossalarga bog‘liq.

Ko‘pchilik mashina detallarining (hammasini desa ham bo‘ladi) ishlatishlik xossalari ularning **mexanik xossalarini** ta‘minlaydi. Mexanik xossalari ularning tashqi kuch ta‘sirida o‘zini tutishini ifodalaydi. Materiallarning mexanik xossalari katta guruh ko‘rsatkichlarga ega.

Bir guruh mashina detallari uchun ular materiallarining kimyoviy xossalari ham bog‘liq. Tashqi muhit ta‘sirida ko‘rsatayotgan qarshilik qobiliyati bu ularning **kimyoviy xossalaridir**.

Agar tashqi muhit ashaddiy («agressiv») bo‘lsa, kimyoviy xossa ancha ahamiyatli bo‘ladi: olovbardosh, zangga bardosh po‘latlar.

Yuqori haroratda uzoq vaqt qizdirilganda uncha oksidlanmaydigan va kuyundi hosil qilmaydigan po‘latlar **olovbardosh po‘latlar** deyiladi. Metall qizdirilganda yuzasida oksid qatlam (kuyundi) hosil bo‘ladi.

Olovbardoshlikning sonli ko‘rsatkichlari quyidagilar:

1. Oksidlanish tezligi – massaning o‘zgarishi (g/m soat) yoki oksid qatlami qalinligini ortishining tezligi (mkm/soat).

2. Metallning ruxsat etilgan ish harorati, bunda oksidlanish tezligi belgilangan miqdordan ortmaydi.

Zangga bardoshlik -- bu metallning ellكتروkimyoviy zanglashga (kimyoviy reaksiyaga) qarshiligi. Metall yuzasida suyuq muhit va uni elektrokimyoviy bir xil emasligida zanglash kuchayadi. Ko'rsatkichlari:

1. Elektrokimyoviy zanglash tezligi ham massaning o'zgarish intensivligi ( $\text{g}/\text{m}^2$  soat) yoki chiziqli o'lchamlarining o'zgarishidir ( $\text{mkm}/\text{soat}$ ).

2. Yuzaning buzilishi natijasida mexanik xossalarning o'zgarish darajasi.

## 2.2. Materiallarning fizik xossalari

Ba'zi mashina detallari materiallari uchun ularning **fizik xossalari** ham katta ahamiyatga ega: materialni magnit maydonida, elektr maydonida, issiqlik oqimiga o'zini tutishi, radiatsiyaga qarshiligi. Demak, fizik xossalari -- bular magnitli, elektrikli, teplofizikli va radiatsiyalari xossalari.

Metall va qotishmalarning fizik xossalariga quyidagilar ham kiradi:

a) zichlik -- solishtirma og'irlik:

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{Mn}/\text{m}^3, (10^{-2} \text{G}/\text{sm}^3),$$

bunda:

$G$  -- jism og'irligi, Mn (g);

$V$  -- hajmi,  $\text{m}^3$  ( $\text{sm}^3$ ).

b) kengayish koeffitsiyenti:

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t \text{ m.grad (mm.grad)}$$

bunda:

$\Delta l$  -- metall uzunligi ortishi, ( $10^{-3}$  mm.grad);

$\alpha$  -- proporsionallik koeffitsiyenti;

$l$  -- uzilmasdan oldingi uzunlik;

$\Delta t$  -- haroratning ortishi ( $^{\circ}\text{C}$ ).

d) Issiqlik sig'imi:

$$C = \text{kJ/kg grad } (4^{-1} \text{ kal/g. grad}),$$

bunda:

$C$  – 1 kg metallni 1°C ga isitish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdori.

e) solishtirma issiqlik o‘tgazuvchanligi.

Bu metallning bir-biridan 1 sm oraliqda turgan va har birining yuzi 1 sm dan bo‘lgan ikkita maydonga orasida 1 sekund davomida o‘tkazadigan issiqlik miqdori:

$$\lambda_1 = \lambda_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t) \text{ W/m.grad},$$

bunda:

$\lambda_1$  – metallning  $t$ °C dagi issiqlik o‘tkazuvchanligi;

$\lambda_0$  – shu metallning normal haroratdagi issiqlik o‘tkazuvchanligi;

$\alpha$  – harorat koeffitsiyenti;

$t$  – harorat.

f) solishtirma elektr qarshiligi:

$$\rho = \frac{r}{l} \cdot s \cdot \text{om} \cdot \text{m}, (10^6 \text{ Om} \cdot \text{mm}^2/\text{m})$$

bunda:

$\rho$  – solishtirma elektr qarshilik, om·m;

$r$  – elektr qarshilik, om;

$s$  – o‘tgazgich ko‘ndalang kesim yuzi, m<sup>2</sup>;

$l$  – o‘tgazgich uzunligi, m.

Texnikada, ko‘proq, elektr o‘tkazuvchanlik qo‘llaniladi:  $\frac{1}{\rho}$ .

### 2.3. Materiallarning texnologik xossalari

Texnologik xossalarning ichida asosiy o‘rinni metallning **texnologik xossasi** egallaydi. Bu shu materialdan kam sarf bilan mashina detallarni, asboblarni, uskunalarni ishlab chiqarish xossasi. Texnologik xossalarga quyidagilar kiradi:

a) quymakorlik – suyuq holda oquvchanligi va kirishuvchanligi bilan ifodalanadi;

b) bolg‘alanuvchanlik – tashqi kuch ta’sirida buzilmasdan deformatsiyalanishi;

d) payvandlanuvchanlik — puxta va zich birikma hosil qilish xususiyati;

e) kesib ishlanuvchanlik — vaqt birligida olingan qirindi og'irligi bilan o'lchanadi.

Materialning narxi ham asosiy xossalardan biridir. Bu mashinaning narxi va raqobatbardoshligini ta'minlaydi. Bu iqtisod muammosi.

## 2.4. Materiallarning mexanik xossalari

Mashina detallariga turgan joyida, ayniqsa ishlash davrida har xil kuchlar ta'sir qiladi (2.1-rasm). Detallar shu kuchlarga chidashi kerak. Tashqi kuchlarga qarshilik ko'rsatish qobiliyati detall va qotishmalarning *mexanik xossalari* deb ataladi. Vaqtga qarab kuchlar *statik*, *dinamik* va *o'zgaruvchan* tarzda o'tadi. Bir tekisda — kichgina o'zgarish tezligi bilan ta'sir etuvchi kuch nagruzkaga *statik nagruzka* deyiladi. Vaqt bo'yicha katta texnik tezlik bilan ta'sir qiluvchi kuch-nagruzka — zarb bilan ta'sir etuvchi nagruzkalar *dinamik nagruzka* deyiladi. Ta'sir kuchi o'zgarib turuvchilari *o'zgarib turuvchi nagruzka* deb ataladi. Vaqti-vaqti bilan o'zgarib turuvchi nagruzkalar *qayta-qayta o'zgaruvchi* yoki *siklik nagruzkalar* deyiladi (2.2-rasm).

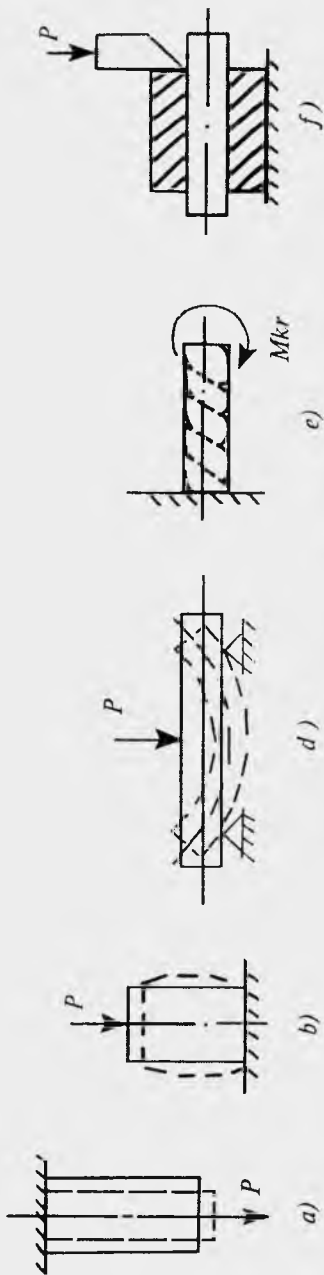
Tashqi kuchlar ta'siri ostida hamda material ichidagi struktura — fazalar o'zgarishi natijasida materialda ichki kuchlar hosil bo'ladi. Jism ko'ndalang kesimi yuza birligiga to'g'ri kelgan ichki kuchlar *kuchlanish* deb ataladi. Bu ifoda bilan konstruksiya (detail) ning mustahkamligi hisoblanadi. Masalan, silindrik sterjenning kuchlanishligi (mustahkamligi)ni hisoblab aniqlanadi:

$$\sigma = \frac{P}{F_0} \text{ kg/mm}^2.$$

bunda:

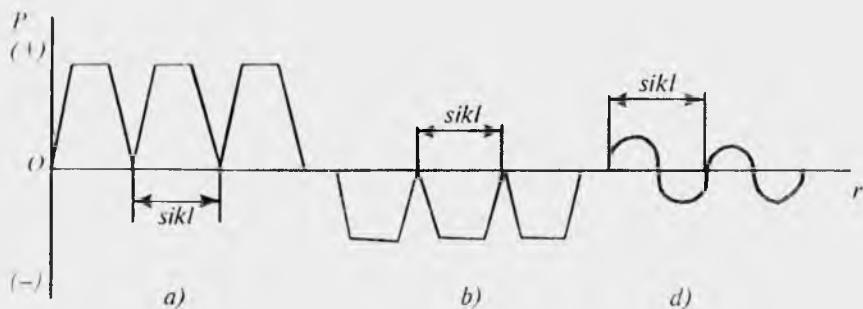
$\sigma$  — kuchlanish;  $P$  — cho'zuvchi kuch, kg;  $F_0$  — jism ko'ndalang yuzasi,  $\text{mm}^2$  (2.3-rasm).

Ikkinchi (b) holat uchun 
$$\sigma_1 = \frac{P}{F_1} = \sigma \cdot \cos \alpha.$$



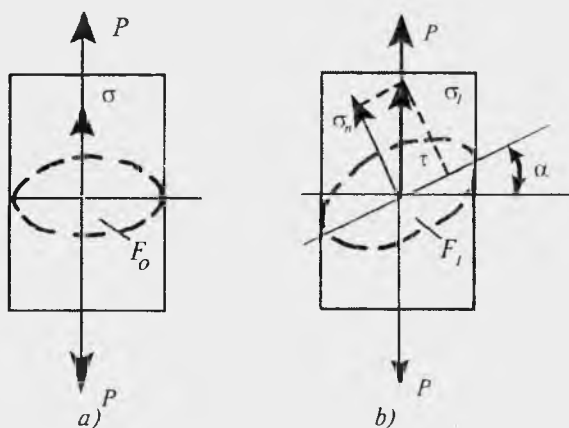
2.1-rasm. Kuchlarning asosiy turlari:  
 a – cho‘zuqchi; b – qisuvchi; d – eg‘uvchi;  
 e – buruvchi; f – qirquvchi.





2.2-rasm. Siklik nagruzka sxemasi:

a – cho'zilgan; b – qisilgan; d – belgi o'zgaruvchi nagruzka.



2.3-rasm. Normal va urinma kuchlanishlar sxemasi:

a – ko'ndalang kesim ( $F_0$ )ga perpendikulyar kuch;  
b – ko'ndalang kesim ( $F_i$ ) ga perpendikulyar bo'lmagan kuch.

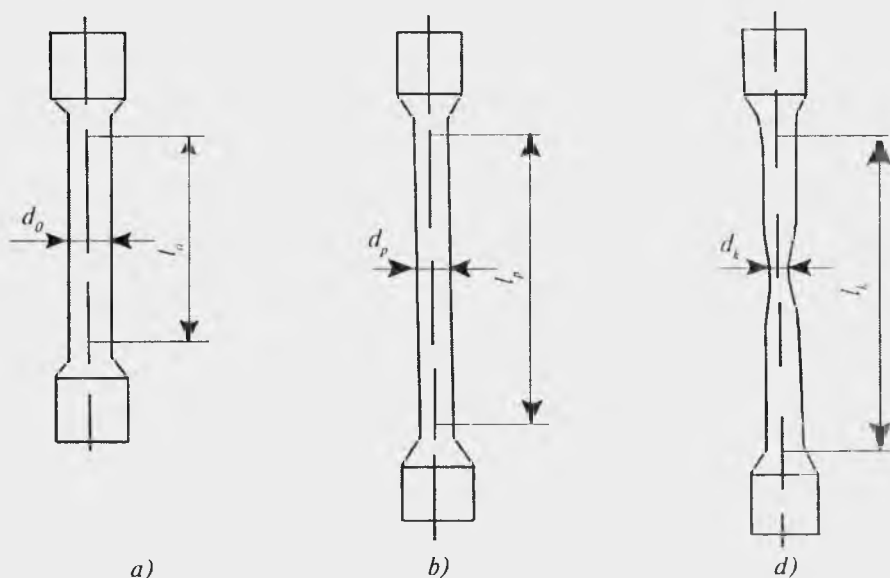
## 2.4.1. Materiallarning mexanik xossalarini statik yuklama bilan aniqlash.

### Cho'zilishga sinash

Cho'zib sinash bilan materialning mexanik xossalari to'g'risida to'la ma'lumot – informatsiya olinadi. Buning maxsus silindrik (ko'ndalang kesimi doira) yoki yassi (ko'ndalang kesimi to'g'ri to'rtburchak) namunalari olinadi. Silindrik namunalarning geomet-

rik o'lchamlari ГOCT 1497-84 bo'yicha olinadi: bunda  $l_0 = 2,82\sqrt{F_0}$ ;  $l_0 = 5,65\sqrt{F_0}$ ;  $l_0 = 11,3\sqrt{F_0}$  bo'ladi:  $l_0$  – dastlabki namuna uzunligi;  $F_0$  – namunaning hisobiy ko'ndalang kesimi dastlabki yuzasi. Silindrik namunani dastlabki hisobi uzunligini ( $l_0$ ) dastlabki diametriya ( $d_0$ ) nisbati, ya'ni  $l_0/d_0$  namunaning karraliligi («кратность») deyiladi. Amalda 2,5; 5 va 10 karralli namunalar ishlatiladi, eng ko'p ishlatiladigani 5.

2.4- rasmda namunali cho'zilish davridagi holatlari ko'rsatilgan.



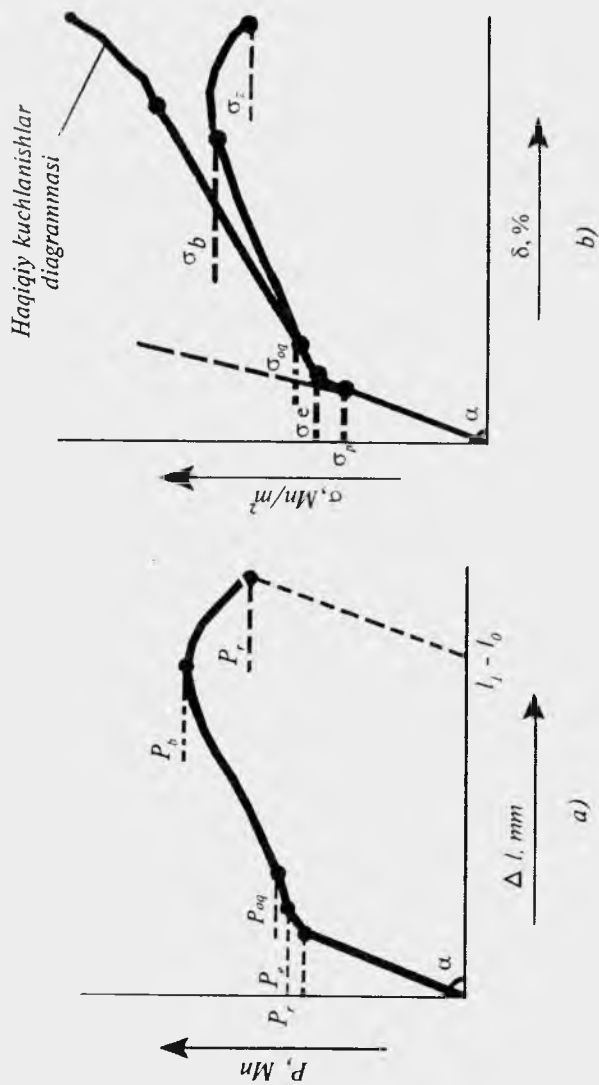
2.4-rasm. Silindrik namunaning har xil bosqichlaridagi cho'zilish sxemasi:

a – sinashgacha bo'lgan namuna ( $l_0$  va  $d_0$  – dastlabki hisobiy uzunlik va diametr); b – eng katta kuchgacha cho'zilgan namuna.

( $l_p$  – hisobiy uzunlik,  $d_p$  – bir tekis deformatsiyalangan joyidagi namuna diametri); d – uzilgandan so'nggi namuna ( $l_k$  – natijaviy namuna uzunligi,  $d_k$  – uzilgan joydagi eng kichik diametr).

Namuna cho'zish mashinasiga vertikal holda o'rnatilib – mahkamlab cho'zib uziladi.

**Metall va qotishmalarning cho'zilishdagi mustahkamligini sinash.** Metall va qotishmalarning cho'zilishdagi mustahkamligini



2.5-rasm. Cho‘zish va kuchlanish diagrammalari:  
 a – cho‘zish diagrammasi; b – cho‘zishda kuchlanishlar diagrammasi  
 va haqiqiy kuchlanishlar diagrammasi.

sinashda ularning elastiklik chegarasi, proporsionallik chegarasi, elastiklik moduli, oquvchanlik chegarasi, mustahkamlik chegarasi, nisbiy uzayishi va nisbiy torayishi (ingichkalanishi) aniqlanadi.

Namunada qoldiq deformatsiya hosil bo'la boshlash paytiga to'g'ri keladigan kuchlanish **elastiklik chegarasi** deb ataladi va  $\sigma_e$  bilan belgilanadi:

$$\sigma_e = P_e / F_0; \text{ Mn/m}^2 (10^{-1} \text{ kg/mm}^2),$$

bunda  $R_e$  – elastiklik chegarasiga to'g'ri kelgan nagruzka, Mn hisobida;

$F_0$  – namunaning sinashdan oldingi ko'ndalang kesim yuzi,  $\text{m}^2$  hisobida.

Namunaning uzayishi bilan kuchlanish orasidagi proporsionallikning buzilish paytiga to'g'ri kelgan kuchlanish **proporsionallik chegarasi** deb ataladi va  $\sigma_r$  bilan belgilanadi:

$$\sigma_r = P_r / F_0; \text{ Mn/m}^2 (10^{-1} \text{ kg/mm}^2),$$

bunda  $R_r$  – proporsionallik chegarasiga to'g'ri kelgan nagruzka, Mn hisobida;

$F_0$  – namunaning sinashdan oldingi ko'ndalang kesim yuzi,  $\text{m}^2$  hisobida.

Cho'zish diagrammasida koordinatalar o'qiga nagruzka ( $P$ ) qiymatlar, absissalar o'qiga esa absolut uzayish ( $\nabla l$ ) qiymatlari qo'yiladi (2.5-rasm).

Dastlab, namunaning uzayishi nagruzka proporsional ravishda boradi, ya'ni namunaning uzayishi bilan nagruzka orasidagi bog'lanish to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi, bu proporsionallik nagruzkaning  $P_r$  qiymatigacha – proporsionallik chegarasiga davom etadi. Proporsionallik chegarasigacha **Guk qonuni** o'z kuchini saqlaydi:

$$\sigma = E \cdot \delta,$$

bunda  $\sigma$  – cho'zish vaqtidagi normal kuchlanish;

$\delta$  – nisbiy uzayish;

$E$  – proporsionallik koeffitsiyenti (elastiklik moduli).

Yuqoridagi munosabatdan elastiklik moduli topiladi:

$$E = \sigma / \epsilon = (\sigma \cdot l_0) / \Delta l; \text{ Mn/m}^2 (10^{-1} \text{ kG/mm}^2).$$

Binobarin, normal kuchlanishning elastik nisbiy uzayishga bo'lgan nisbatiga son jihatidan teng kattalik **elastiklik moduli** deb ataladi.

Diagrammaning kuchlanishlar proporsional o'zgaradigan qismi absissalar o'qi bilan  $\alpha$  burchak hosil qilganligidan (rasmga qarang) quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\text{tg}\alpha = \sigma / \delta,$$

demak, elastiklik modulini grafik tarzda quyidagicha aniqlash mumkin:

$$E = \text{tg}\alpha.$$

Proporsionallik chegarasiga namunada faqat elastik deformatsiya sodir bo'ladi. Agar nagruzka olinsa, namuna dastlabki holatiga qaytadi. Nagruzka  $P_r$  qiymatidan oshirilsa, namunaning uzayishi bilan kuchlanish orasidagi proporsionallik buzilib, namunada qoldiq deformatsiya paydo bo'ladi. Namunada ana shunday qoldiq deformatsiya hosil qiladigan nagruzka elastiklik chegarasi nagruzkasi ( $P_e$ ) deb ataladi. Elastiklik chegarasida qoldiq deformatsiya qiymati juda kichik (namuna dastlabki uzunligining 0,005 foizgacha) bo'lganligidan  $P_e$  nagruzka  $P_r$  nagruzkaga juda yaqin turadi (2.5-rasmga qarang).

Nagruzkaning qiymati  $P_e$  dan oshirilsa, egri chiziq o'ng tomonga ancha og'ib, so'ngra deyarli gorizontal vaziyatga keladi, bu hol namunaning cho'zuvchi kuch ta'sir etmasa ham uzaya borishini ko'rsatadi.

Bunda namuna go'yo oqadi, shuning uchun egri chiziqning ana shu gorizontal qismiga to'g'ri keladigan nagruzka **oquvchanlik chegarasidagi nagruzka** ( $P_{oq}$ ) deb ataladi.

Agar namunani cho'zishda egri chiziqqa gorizontal qism hosil bo'lmasa, namuna dastlabki uzunligining 0,2 foiziga teng qoldiq deformatsiya hosil qiladigan nagruzka oquvchanlik chegarasidagi nagruzka deb qabul qilinadi va  $P_{0,2}$  bilan belgilanadi.

Oquvchanlik chegarasidagi nagruzkaning namuna ko'ndalang kesim yuziga nisbatan shu namuna **oquvchanligining fizik chegarasi** deyiladi va  $\sigma_{oq}$  bilan belgilanadi:

$$\sigma_{0q} = P_{0q} / F_0; \text{ Mn/m}^2 (10^{-1} \text{ kG/mm}^2),$$

bunda  $P_{0q}$  – oquvchanlik chegarasidagi nagruzka, Mn hisobida;  
 $F_0$  – namuna ko'ndalang kesimining yuzi,  $\text{m}^2$  hisobida.

Namunaning qoldiq uzayishi dastlabki uzunlikning 0,2 foiziga teng bo'lgan paytga to'g'ri keluvchi kuchlanish **oquvchanlikning shartli chegarasi** deb ataladi va  $\sigma_{0,2}$  bilan belgilanadi:

$$\sigma_{0,2} = P_{0,2}/F_0; \text{ Mn/m}^2 (10^{-1} \text{ kg/mm}^2),$$

bunda  $P_{0,2}$  – namunaning qoldiq uzayishi dastlabki uzunligining 0,2 foiziga teng bo'lgan paytga to'g'ri keluvchi nagruzka, Mn hisobida;

$F_0$  – namuna ko'ndalang kesimining yuzi,  $\text{m}^2$  hisobida.

Oquvchanlik chegarasidan so'ng metallning kuchlanishi o'zining eng yuqori qiymatiga yetadi. Kuchlanishning ana shu qiymatidagi nagruzka **mustahkamlik chegarasidagi nagruzka** deb ataladi va  $P_b$  bilan belgilanadi (rasmga qarang). Nagruzka  $P_b$  qiymatiga yetgach namunada bo'yin hosil bo'la boshlaydi, buning natijasida nagruzka pasaya boradi. Nihoyat, nagruzkaning qiymati  $P_z$  ga tushganda namuna uziladi. Nagruzkaning ana shu qiymati ( $P_z$ ) namunaning **uzilish paytidagi nagruzka** deb ataladi.

Mustahkamlik chegarasidagi nagruzkaning nagruzka ta'sir ettirilishidan oldingi ko'ndalang kesim yuziga nisbati **mustahkamlik chegarasi** deb ataladi va  $\sigma_b$  bilan belgilanadi:

$$\sigma_b = P_b/F_0; \text{ Mn/m}^2 (10^{-1} \text{ kg/mm}^2),$$

bunda  $P_b$  – namunaga ta'sir etgan eng katta nagruzka, Mn hisobida:

$F_0$  – namunaning nagruzka ta'sir ettirilishida oldingi ko'ndalang kesim yuzi,  $\text{m}^2$  hisobida.

Binobarin,  $P_z/F_b$  ga nisbatan namunaning **uzilishiga ko'rsatgan haqiqiy qarshiligi yoki mustahkamligining haqiqiy chegarasi** deb ataladi.

Namuna cho'zilganda uning uzayib, ko'ndalang kesim yuzi kichrayadi.

Metall yoki qotishmaning plastikligini ikkita kattalik: nisbiy uzayish va nisbiy torayish deb ataladigan kattaliklar aks ettiradi.

Namunaning nisbiy uzayishi quyidagi formuladan topiladi:

$$\delta = (l_1 - l_0) \cdot 100\% / l_0,$$

bunda  $\delta$  – namunaning nisbiy uzayishi, % hisobida;

$l_1$  – namunaning sinashdan keyingi uzunligi;

$l_0$  – uning sinashdan oldingi uzunligi.

Binobarin, % hisobida ifodalangan  $(l_1 - l_0)/l_0$  nisbat **nisbiy uzayish** deb ataladi. Namunaning nisbiy torayishi quyidagi formuladan topiladi:

$$\varphi = (F_0 - F_b) \cdot 100\% / F_0,$$

bunda:  $\varphi$  – namunaning nisbiy torayishi, % hisobida;

$F_0$  – namuna ko'ndalang kesimning sinashdan oldingi yuzi;

$F_b$  – uning (bo'yinning) sinashdan keyingi yuzi.

Demak, % hisobida ifodalangan  $(F_0 - F_b)/F_0$  nisbat **nisbiy torayish** deb ataladi.

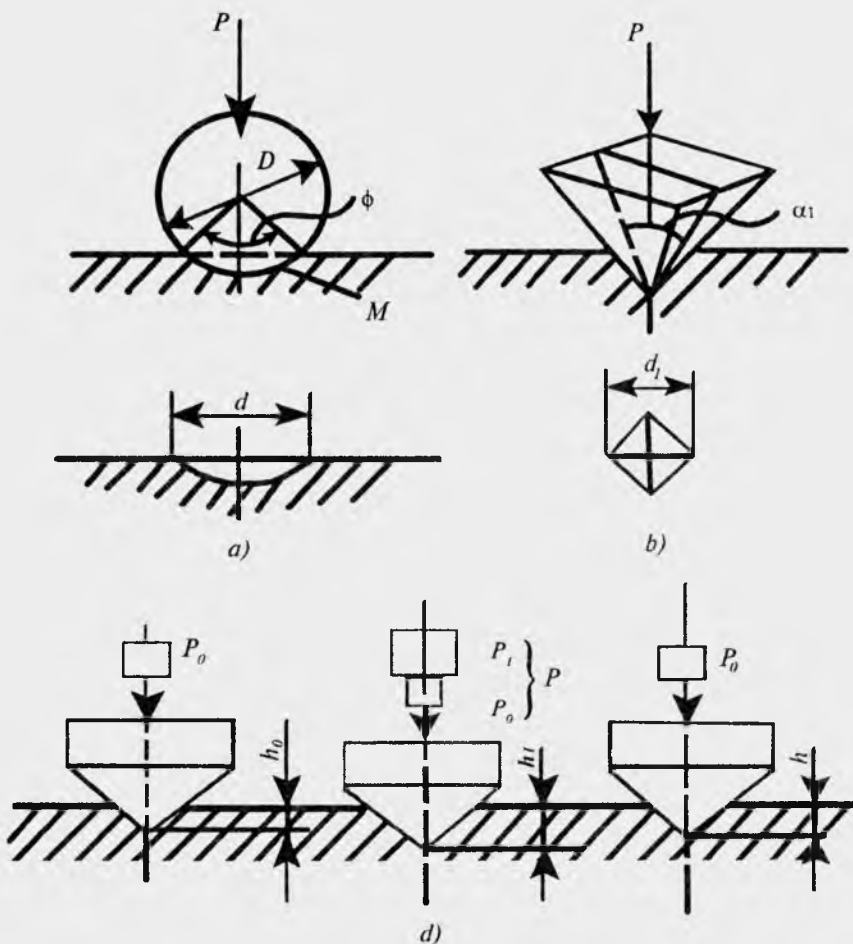
#### 2.4.2. Materiallarning qattiqligini sinash

Materiallarning qattiqligi bu uning yuzasiga botirilayotgan qattiq jism – indikatoriga ko'rsatilayotgan qarshiligidir. Indikator sifatida toblangan po'lat shar yoki konus yoki piramida shaklidagi olmosli uchlik qabul qilinadi.

Brinell usulida namuna yuzasiga po'lat shar botirilganda qolgan izning yuzasiga qarab; Rokvell usulida namuna yuzasiga olmos konus yoki po'lat shar botirilganda ular qoldirgan izning chuqurligiga qarab; Vickers usulida olmos piramida qoldirgan iz yuzasining kattaligiga qarab qattqlik aniqlanadi (2.6-rasm).

**Brinell usuli.** ГОСТ 9012–59 bo'yicha namuna yuzasiga toblangan po'lat shar botiriladi: shar diametri 10,5 yoki 2,5 mm bo'ladi. Botirilayotgan kuch 5000 N dan 30000 N gacha (R). Kuch olingach, namuna yuzasida sferik chuqurcha hosil bo'ladi: chuqurcha diametri  $d$ . Bu maxsus lupa yordamida o'lchanadi. Brinellikess usuli bo'yicha qattqlik quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

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



2.6-rasm. Qattiqlikni sinash usullari sxemalari:  
 a – Brinell usuli, b – Vickers usuli, d – Rokvell usuli.

Bu usulda o'lchov birligi yozilmaydi.

Bunda:  $D$  – toblangan shar diametri, mm;  $d$  – qolgan iz diametri mm;  $P$  – kuch,  $N$  (kG).

Amalda bunday hisoblash mumkin emas. Qo'yilgan kuch va iz dimetriga to'g'ri keladigan qattiqlik HB miqdori jadvali oldindan tayyorlanadi va unga qarab qattiqlik aniqlanadi.

Albatta, iz qancha kichik bo'lsa, qattiqlik shuncha ko'p bo'ladi.



Brinell usulida, asosan, kichik va oʻrta qattqlikdagi materiallar qattqligi aniqlanadi: poʻlatlar uchun  $\leq 450\text{HB}$ ; rangli metallar uchun  $\leq 200\text{HB}$ . Vaqtincha qarshilik bilan qattqlik HB oʻrtasida bogʻlanish munasabati oʻrnatilgan.

$\sigma_B \approx 3,4 \text{ HB}$  — issiq prokatlangan uglerodli poʻlatlar uchun;

$\sigma_B \approx 4,5 \text{ HB}$  — mis qotishmalari uchun;

$\sigma_B \approx 3,5 \text{ HB}$  — aluminiy qotishmalari uchun.

**Qattqlikni Vickers usulida sinash.** Bu usulda ГOCT 2999–75 boʻyicha namuna yuzasiga choʻqqisi  $136^\circ$  burchakli toʻrt qirrali olmos piramida (2.6-b rasm) botiradi. Qolgan iz kvadrat shaklida boʻladi. Kvadratning dioganali oʻlchanadi va qattqlik quyidagi formula boʻyicha aniqlanadi:

$$HV = 0,189 \frac{P}{d^2},$$

bunda  $P$  — kuch,  $H$  — birligida,  $d$  — kvadrat dioganali, mm.

Amalda tanlangan kuch va oʻlchangan diaganal boʻyicha oldindan tayyorlab qoʻyilgan jadval boʻyicha qattqlik aniqlanadi. Vickers usuli, asosan, yuqori qattqlikdagi materiallar uchun qoʻllaniladi: koʻndalang kesimi kichik va yupqa detallar uchun. Qoʻyiladigan kuch qoida boʻyicha 10, 30, 50, 100, 200, 500 N ga teng. Qattqligi 450 HV gacha boʻlgan materiallar uchun qattqlik raqamlari Brinell va Vikkere usullari uchun bir xil.

**Qattqlikni Rokvell usulida sinash.** ГOCT 9013–59 boʻyicha bu usul oʻtkaziladi. Ancha universal va kam mehnat sarf usuli. Qattiq kattaligi toʻgʻridan toʻgʻri qattqlikni oʻlchash shkalasi koʻrsatadi; izni oʻlchash shart emas. Choʻqqisidagi burchak  $120^\circ$  olmosli uchlik botiriladi yoki poʻlat shar diametri 1,588 mm. Quyidagilar kuchni uchlikning materialiga qarab tanlanadi. Asbob uchta oʻlchov shkalasiga ega: A; B; C. Qattqlik tanlangan shkala boʻyicha ifodalanadi. Masalan: 70 HRA, 58 HRC, 50 HRB.

Shkala A — uchlik olmosli uchlik, kuch 600 N. Bu shkala alohida qattiq materiallar uchun qoʻllaniladi. Yupqa list materiallar uchun yoki yupqa qatlamlar (0,5–1,0 mm) ishlatiladi. Bu shkala boʻyicha chegarasi 70–85, belgilanishi HRA.

Shkala B — uchlik poʻlat shar, umumiy kuch 1000 N. Nisbatan yumshoq materiallar qattqligi oʻlchanadi  $<400 \text{HV}$ .

Bu shkala bo'yicha o'lchash chegarasi 25–100. Rokvell bo'yicha o'lchangan qattiq raqamlari bilan Brinell va Vikkers usullarida o'lchangan qattqlik raqamlari orasida bog'lanish munasabatlari yo'q.

Shkala C – uchlik olmosli konus, umumiy kuch 1500 N. Bu usul qattiq materiallarga qo'llaniladi >450 NV. Masalan, toblangan po'lat. Qattqlik o'lchash chegarasi 20–67.

### **2.4.3. Mexanik xossalarni dinamik yuklama bilan aniqlash. Materiallarning zarbiy qovushqoqligini aniqlash**

Mashina detallari ishlash davrida dinamik kuchlanishga duch kelishi va mo'rt holatda sinishi mumkin. Dinamik kuch ostida mo'rt sinishga moyilligini aniqlash uchun **zarbiy qovushqoqligi** aniqlanadi. Zarbiy qovushqoqlik namunani urib sindirish uchun sarflangan ishni kesish joyi bo'yicha singan ko'ndalang kesim yuzasi bilan o'lchanadi.

ГОСТ 9454–78 bo'yicha namuna yasaladi.

Har xil ariqchali namunalar bo'ladi. Eng ko'p tarqalgani U-shaklli va V-shaklli ariqchalardir (2.7-rasm).

Sinash tajribalari mayatnikli kopyorda («Sharli asbobi»da) olib boriladi (2.8-rasm).

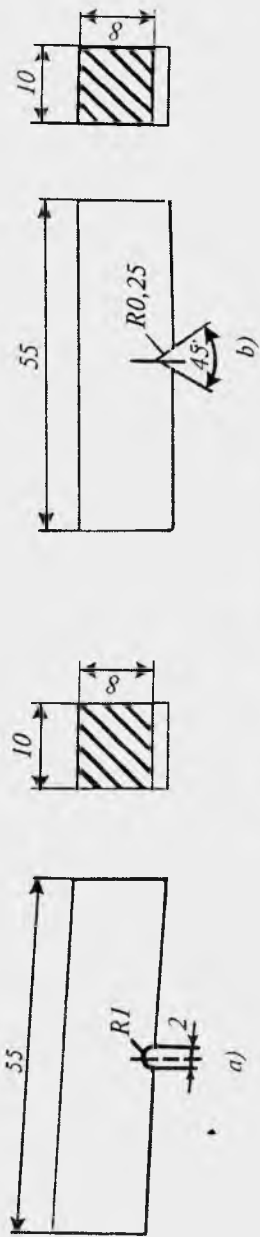
Standart namuna kopyor tayanchlariga simmetrik qilib andaza yordamida o'rnatiladi. Mayatnikni ko'tarib ( $h_1$ ), qo'yib yuborib, mayatnik tig'i bilan namunani zarblab, uni sindiradi. Kopyor namunani sindirib,  $h_2$  balandlikka ko'tariladi. Namunani sindirish uchun sarflangan ish ( $K$ , MJ) quyidagicha aniqlanadi:

$$K = G(h_1 - h_2) MJ.$$

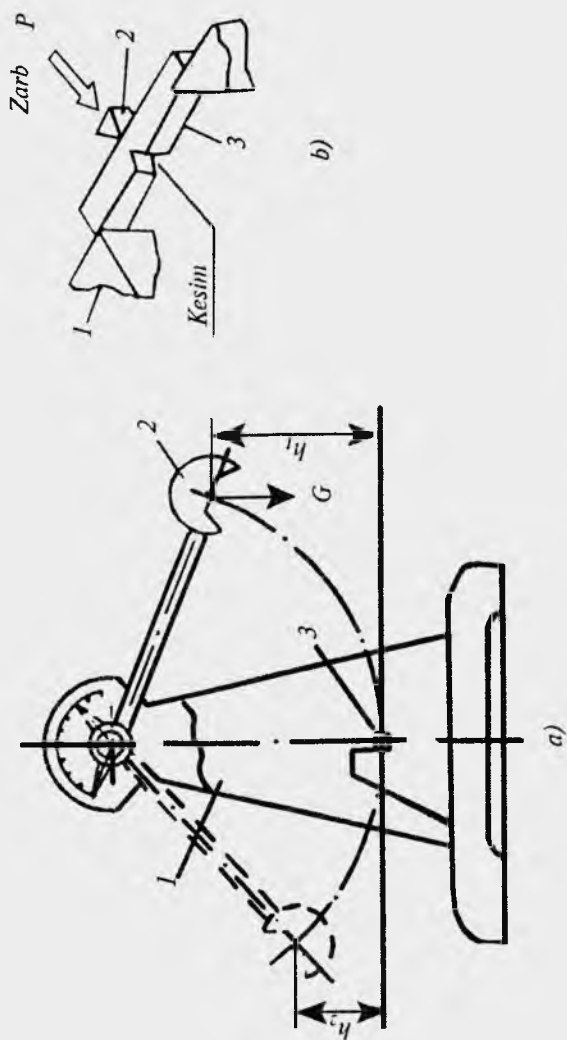
bunda  $G$  – mayatnik og'irligi,  $h_1$  – mayatnikning tajriba oldidan ko'tarilish balandligi;  $h_2$  – mayatnikning sinovdagi keyingi ko'tarilgan balandligi.

Zarbiy qovushqoqlik  $KC(MJ/m^2)$  deb belgilanadi va bajarilgan ish ( $K$ )ni singan ariqcha ko'ndalang yuzasiga ( $F$ ) nisbati qilib aniqlanadi.

$$KC = \frac{K}{F}; MJ/m^2; MJ - \text{megadjoul.}$$



2.7.-*rasmi*. Zarbiy qovushqoqlikni sinash uchun namunalalar:  
 a – U-simon shaklli ariqchali; b – V-simon shaklli.



2.8-rasm. Zarbiy qovushqoqlikni sinash sxemasi:  
 a — mayatnikli kopyor sxemasi; b — namunaning kopyorga oʻrnatilishi;  
 1 — korpus; 2 — mayatnik; 3 — namuna.

Agar namuna ariqchasi  $U$  shaklda bo'lsa KCU, zarbiy qovush-qoqlik deb belgilanadi, agar  $V$  shaklli bo'lsa, KCV deb belgilanadi.

**Materiallarning yoyiluvchanligini aniqlash.** Metall va qotishmalar yuqori haroratda doimiy nagruzka ostida ishlab turilsa, uning ichki tuzilishlarida ancha o'zgarishlar o'tadi. ***Yoyiluvchanlik*** va ***issiqdan mo'rtlashuvchanlik*** hodisalari ro'y beradi.

Metall va qotishmalarning o'zgarmas nagruzkada yuqori haroratda sekin-asta plastik deformatsiyalanishi uning ***yoyiluvchanligi*** deb ataladi.

Metall va qotishmalarning yuqori haroratda o'zgarmas nagruzkada plastikligining pasayishi ***issiqdan mo'rtlashuvchanlik*** deyiladi.

Yoyiluvchanlikni cho'zish, burash, egish yo'llari bilan sinash mumkin. Lekin, eng ko'p qo'llaniladigani cho'zib sinashdir. Namuna (1) pech (2) ichiga o'rnatilib, qisqichlar (5) bilan cho'zib turiladi. Pech harorati termojuft (termo – pirometr – 4) bilan, deformatsiya indikator (3) bilan o'lchanadi (2.9-rasm).

Yoyiluvchanlik egri chiziqlari 2.10-rasmda berilgan. Egri chiziqni 4 qismga bo'lish mumkin:

*ab* – elastik o'zgarishlar hosil bo'lishi;

*bc* – muvozanatda bo'lmagan yoyiluvchanlik;

*cd* – muvozanatdagi yoyiluvchanlik;

*de* – namuna uzilishi.

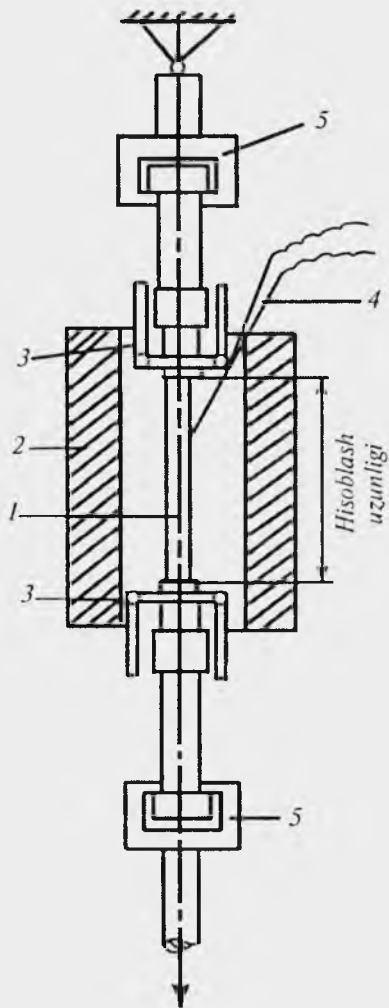
Metall va qotishmalarning yoyiluvchanlik xususiyati issiqbardosh po'latlar uchun alohida ahamiyatga ega.

## 2.5. Metallarning plastik deformatsiyalanishi va rekristallanishi

Metallga biror kuch ta'sir ettirilganda, shu metall geometrik shaklining o'zgarishi ***deformatsiya*** deyiladi. Deformatsiya natijasida kristallik panjara o'zgaradi, ya'ni panjara tugunlaridagi atomlar o'z o'rnidan siljiydi.

***Normal haroratda*** metallning deformatsiyasi uch bosqichdan iborat: 1 – elastik deformatsiya, 2 – plastik deformatsiya, 3 – yemirilish – buzilish (разрушение).

***Elastik deformatsiya*** – metallga ta'sir ettirilgan kuch olingandan keyin uning asli holi (shakli)ga qaytishi. Metallning cho'zilishdagi



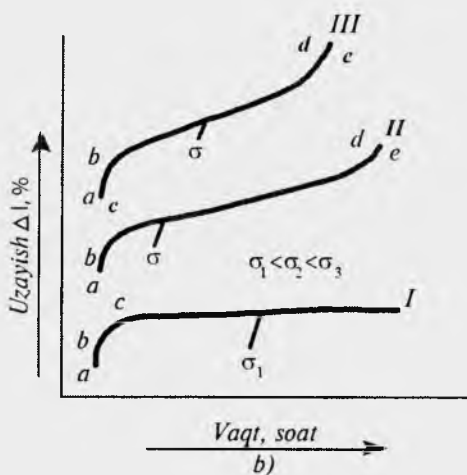
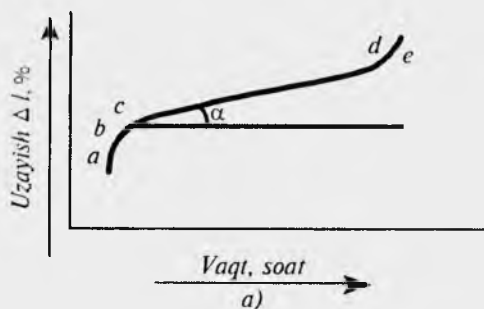
2.9-rasm. Namunaning yoyiluvchanligini sinash sxemasi:

- 1 – namuna; 2 – pech; 3 – deformatsiyani o‘lchash asbobining bir qismi;  
 4 – termoelektrik pirometrning termojufti;  
 5 – qisqichlar.

elastik deformatsiyalanishi bilan kuchlanish orasida chiziqli bog‘lanish bor (2.11-rasm).

Bu bog‘lanish **proporsionallik qonunini** – Guk qonuni deyiladi.

$$\sigma = E\delta; \text{ kg/mm}^2.$$



2.10-rasm. Yoyiluvchanlik egri chiziqlari:

*a* – yoyiluvchanlik egri chizig‘i;

*b* – yoyiluvchanlikning har xil nagruzkadagi tipik egri chiziqlari.

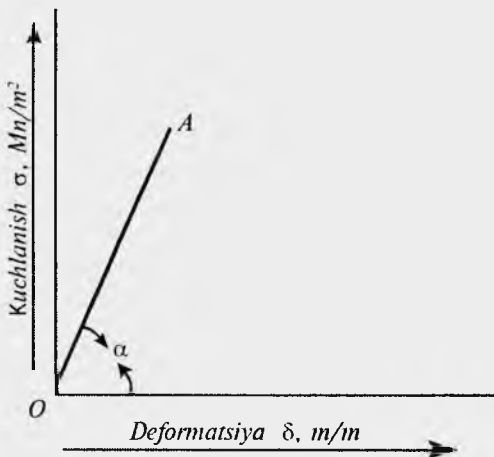
bunda  $\sigma$  – normal kuchlanish;

$E$  – proporsionallik koeffitsiyenti. Legirlangan va uglerodli po‘latlar uchun  $E=210$  MPa.

$\delta$  – deformatsiya – nisbiy uzayish.

Proporsionallik koeffitsiyenti ( $E$ ) – Yung moduli – **elastiklik moduli** deb ham ataladi:

$$E = \sigma / \delta = \text{tg } \alpha.$$



2.11-rasm. Deformatsiyaning kuchlanishga bog‘liqligi.

Metallning elastik xossalari ma’lum chegaragacha saqlanib qoladi, kuchlanish bu chegaradan oshsa, elastiklik yo‘qoladi. Bu chegara **elastiklik chegarasi** deyiladi. Qoldiq deformatsiya 0,002 % dan ortiq bo‘lmasligi kerak.

**Proporsionallik chegarasi** ham bor. Bunda yuqoridagi chiziqli bog‘lanish chizigidan 0,002% ga og‘ganiga aytiladi. Ko‘pchilik po‘latlar va aluminiy qotishmalari uchun proporsionallik va elastik deformatsiya chegaralari amalda bir chegarada – bir xil (2.12-rasm).

Agar namunaning tajribadan oldingi ko‘ndalang kesim yuzasi  $F_0$  ga teng bo‘lsa, materialning proporsionallik va elastiklik chegara kuchlanishlari quyidagicha aniqlanadi:

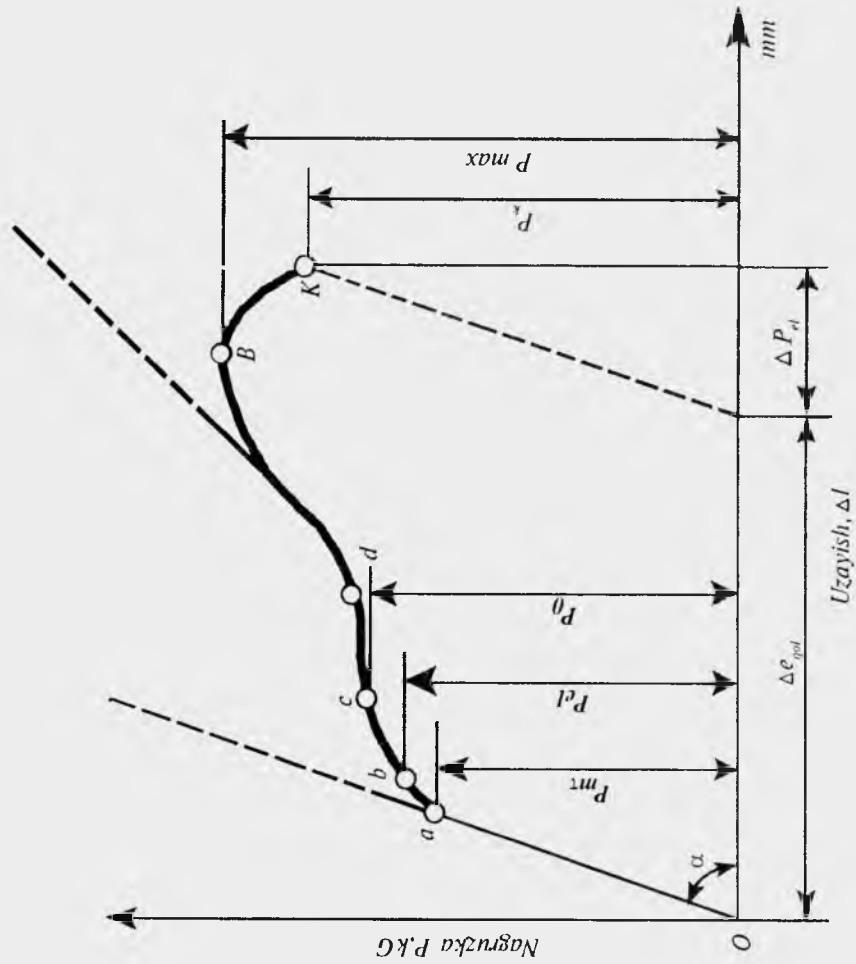
$$\sigma_{pr} = P_{pr}/F_0; \quad \sigma_{el} = P_{el} / F_0 \text{ kG/mm}^2.$$

Qo‘yilgan yuklama ortib,  $C$  nuqtaga kelsa, yuklama deyarli ortmasada namuna uzayaveradi. Bunga oquvchanlik chegarasi deyiladi. Bu holda qoldiq deformatsiya 0,2% ga teng. Oquvchanlik chegaradagi kuchlanish:

$$\sigma_{pr} = P_o/F_o \text{ kG/mm}^2.$$

Qo‘yilgan yuklama  $P_{max}$  ga yetganda ( $B$  nuqtada)  $P_{max}$  qiyamatga kelganda, namuna bo‘yicha hosil bo‘la borib, u  $P_k$





2.12-rasm.  $P_{pr}$  –  
 proporsionallik chegara  
 yuklamasi. Proporsionallik  
 $P_{el}$  – elastik uzayishning  
 chegara yuklamasi.  
 Turli metallar uchun bunda  
 qoldiq deformatsiya 0,005  
 – 0,005% orasida bo'ladi.

yuklamada ( $K$  nuqtada) uziladi. Namunaning cho'zilishga muvaqqat kuchlanishi – mustahkamligi – puxtaligi – qarshiligi. Mustahkamlik chegarasi:

$$\sigma_{pr} = P_{\max}/F_0 \text{ kG/mm}^2.$$

**Plastik deformatsiyaning metall strukturasi ta'siri.** Plastik deformatsiya vaqtida metallning kristallik panjarasi buzilibgina qolmasdan, balki unda donalar muayyan tartibda joylashib ham qoladi, bu hodisa **teksturalanish** deb ataladi.

Teksturalanish darajasi deformatsiya darajasiga bog'liq.

Dislokatsiyasiz metallning puxtaligi nazariy puxtaligiga yaqinlashadi. Puxtalikni oshirishning boshqa usuli ham bor. Dislokatsiyalar sonining ortishi metall mustahkamligini ma'lum paytgacha pasaytiradi.

Dislokatsiyalar soni (zichligi) ma'lum kritik qiymatga yetganda, metall puxtaligi real minimum qiymatga ega. Agar dislokatsiyalar zichligi yana oshirilsa, metall puxtaligi yana ko'tariladi. Sabab shuki, bir-biriga parallel dislokatsiyalar hosil bo'libgina qolmay, balki har xil tekisliklar va yo'nalishlarda ham dislokatsiyalar hosil bo'ladi-yu, bular bir-birlarining siljishiga halaqit berib, metallning real puxtaligini oshiradi (2.13-rasm).

**Dislokatsiya** nima? Metallning atomlar siljigan (sirpangan) sohasi bilan atomlar siljimagan sohasi orasidagi **chegara dislokatsiya** deb ataladi.

Plastik deformatsiya kristall panjarada atomlarning siljishi bilan bog'liq, natijada kristallning bir qismi ikkinchisiga nisbatan suriladi. 2.14-rasmda plastik deformatsiya sxemalari keltirilgan.

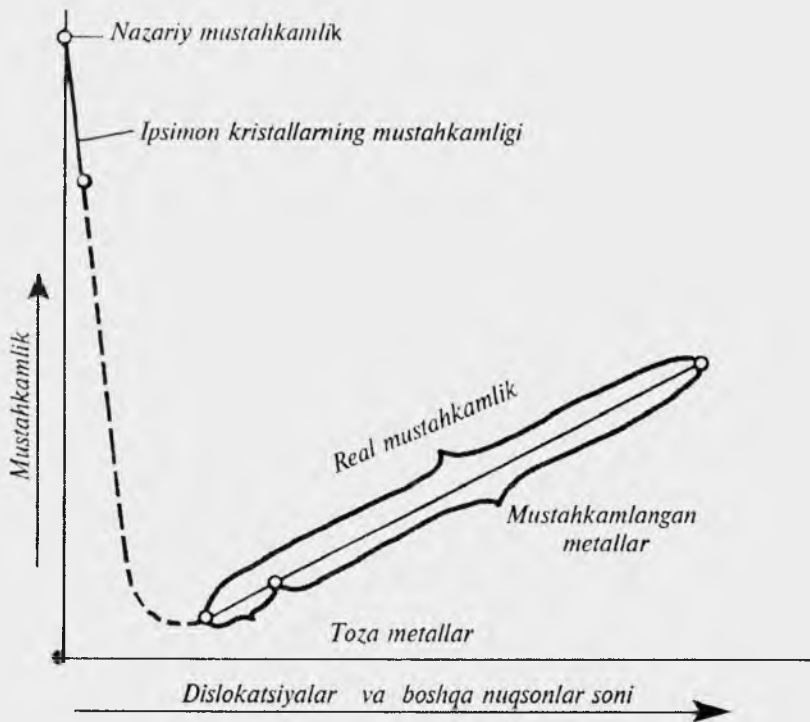
Nazariy (ideal) kristallarda (strukturasi nuqsoni yo'q) sirpanishni vujudga keltirish uchun juda katta kuch kerak:

$$\tau = G/(2\pi) = 0,16 G;$$

bunda,  $G$  – sirpanishdagi elastiklik moduli.

Real kristallarda sirpanish uchun bunga nisbatan 1000 marta kam kuch sarflanadi. Sababi: nuqsonlarning mavjudligi.

Real kristallarda dislokatsiyalar zichligi katta:  $10^7 \dots 10^8 \text{ sm}^{-2}$ . Har bir sirpanish tekisligida bir necha o'n dislokatsiya mavjud. Bularning harakati materialning plastik oqishiga olib keladi.



2.13-rasm. Mustahkamlik darajasining dislokatsiyalar va nuqsonlarga bog‘liqligi

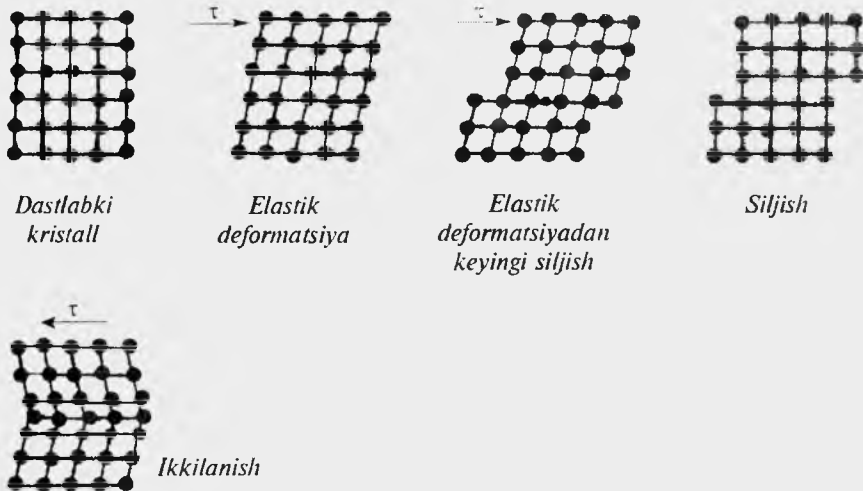
Bundan tashqari, dislokatsiyalar zichligi boshqa manbalar hisobiga ham ortadi: daraja  $10^{11} \dots 10^{12} \text{ sm}^{-2}$  gacha boradi.

Manbalardan biri Frank-Rid manbasidir. Uning ta’siri 2.15-rasmda ko‘rsatilgan.

### 2.5.1. Metall va qotishmalarni deformatsiyalab, puxtaligini oshirish

Real metall va qotishmalarda zarralar bir-birlariga nisbatan har xil yo‘nalishda joylashgan. Har bir zarralarning chegaralari dislokatsiyalar chiqishi uchun to‘siq.

Dislokatsiyalar shu to‘siqlar – zarralar chegaralarida yig‘iladi. Zarralarning har xil joylashganligi, ularning deformatsiyalarini ham



2.14-rasm. Plastik deformatsiyalar sxemalari.



2.15-rasm. Frank-Rid manbasining sxemasi.

har xil bo'lishga olib keladi. Chunki qo'yilgan nisbatan oson sirpanish tekisliklari va ularning yo'nalishlari har xil.

Deformatsiya bir necha sirpanish tizimlari bo'yicha bo'ladi; sirpanish tekisliklari buraladi va egiladi. Qo'yilgan tashqi kuch ortgan sari zarralarning bir-biriga nisbatan joylashish farqlari kamayadi – kuch qo'yilgan yo'nalish bo'yicha cho'ziladi va deformatsiya strukturasi tashkil qiladi.

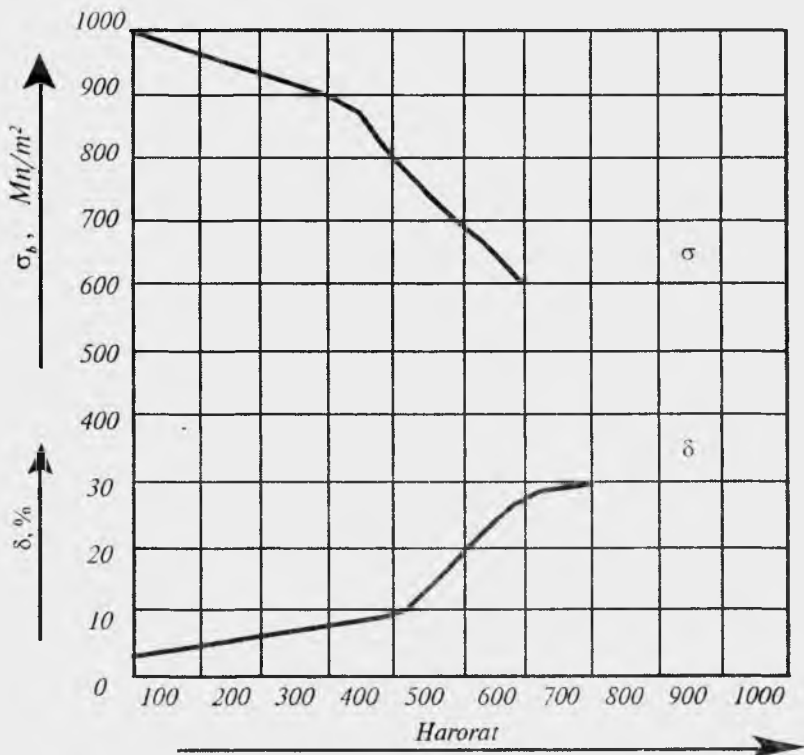
Zarralarda sirpanishlarning ko'pligi, dislokatsiyalar zichligining ortishi – ko'payishi, kristall strukturadagi nuqtaviy nuqsonlarning ortishi materialning puxtalanishga olib keladi; bu hodisaga «naklep» deyiladi.

Bunda oquvchanlik chegarasi oshib, plastikliги pasayadi. Bu hodisa ma'lum chegaragacha bo'ladi: kuch ortavergach, ma'lum chegaradan boshlab metallda darzlar paydo bo'lib, metall buziladi. Darzlar dislokatsiyalar yig'ilgan yerda paydo bo'ladi.

### **2.5.2. Haroratning deformatsiyalangan metallar strukturasi va xossalariga ta'siri**

S. S. Shteynberg tadqiqotlariga ko'ra, metallni deformatsiyalash uchun sarf qilingan energiyaning 90 % issiqlik energiyasi tarzida ajralib chiqadi, 10 % metallda ichki kuchlanish hosil qiladi. Ichki kuchlanish 3 turga bo'linadi: 1-tur kuchlanishlar makro-hajmlarda, ya'ni butun metall hajmida, 2-tur kuchlanishlar ayrim donalar – zarralar hajmida, 3-tur kuchlanishlar esa ayrim kristall panjaralar doirasida muvozanatlashadi. 3-tur kuchlanishlar ta'sirida kristall panjara buziladi – atomlar muvozanat holatidan siljiydi.

**Makrohajmdagi kuchlanish** (1-tur) katta bo'lsa, detalning bir qismi yetarli yeyilib, hajm kamayishi natijasida detal muvozanati buziladi (sinadi, egiladi...), ya'ni deformatsiyalanadi. Ayrim donalar hajmidagi kuchlanishlarga metallning deformatsiyasi uchun sarf qilingan energiyaning hisobga olmasa ham bo'ladigan darajadagi qismi to'g'ri keladi. (S.S.Shteynberg 1 % gacha). Binobarin, plastik deformatsiya jarayonida metall xossalarining o'zgarishi 3-tur kuchlanishlardan, ya'ni kristall panjaraning buzilishidan kelib chiqadi (2.16-rasm).



2.16-rasm. Qizdirib bosim bilan ishlash haroratiga ko'ra metall xossalari o'zgarish sxemasi.

Plastik deformatsiyalangan metall termodinamik jihatdan ancha beqaror bo'ladi, chunki erkin energiya darajasi yuqori bo'ladi. Metallni struktura jihatdan barqaror holatga qaytaruvchi hodisalar bo'lishi kerak.

Bunday hodisalar jumlasiga siljish natijasida buzilgan kristall panjarani asliga qaytaruvchi hodisalar va donalarning o'sish hodisalari kiradi. Atomlar juda kichik oraliqqa siljigani uchun, qaytaruvchi hodisalar yuqori harorat talab qilmaydi. Uncha yuqori bo'lmagan haroratdayoq buzilgan kristall panjarani asliga qaytaradi va metallning dastlabki mexanik xossalari bir qadar tiklanadi. Bu temir uchun 300–400°C.

Deformatsiyalangan metallni qizdirish jarayonida shu metall xossalari deformatsiyalanishdan oldingi holiga kelishi rekristal-

lanish qaytish yoki hordiq deyiladi. Bunda metallning qattiqligi va puxtaligi 20–30% pasayadi, plastikligi esa ortadi.

**Qaytish jarayonida** metallning ichki tuzilishi deyarli o'zgar-maydi, shu sababli mexanik xossalari to'la tiklanmaydi.

Ba'zi fizik xossalalar elektr o'tkazuvchanligi to'la tiklanadi. Barcha xossalarni to'la tiklash uchun yuqoriroq haroratgacha qizdirish kerak.

Plastik deformatsiyalangan metall kristall panjarasining buzilishi notekis tarqalgan; shunday joylari bo'ladiki, bu joylarda ichki kuchlanishlar konsentratsiyasi ayniqsa yuqori, erkin energiya dara-jasi esa ortiq bo'ladi.

Shu joylar termodinamik jihatdan eng beqaror bo'ladi, metall qizdirilganda aynan shu joydagi kristall panjaralar hammadan oldin tiklana boshlaydi va kristall panjarasi tiklanmagan qismlar hisobiga o'sa boshlaydi.

Kristall panjarasi o'z holiga kelgan mikrohajmlar yangi donalar o'sadigan markazlar bo'lib qoladi.

Bunday markazlar hosil bo'lishi va ularning buzilgan kristallar hisobiga o'zgarishiga **rekristallanish** deb ataladi.

Bunda deformatsiyalanishdan oldingi donalar hosil bo'ladi – ya'ni metall yangidan kristallanadi.

**Rekristallanish** harorati bilan suyuqlanish harorati orasida quyi-dagi bog'lanish bor:

$$T_{\text{rekr}} = \alpha \cdot T_{\text{Suyuq}}$$

bunda  $\alpha$  – metallning tozaligiga bog'liq koeffitsiyent.

Texnik toza metallar uchun  $\alpha = 0,3–0,4$ .

Qotishmalarning rekristallanish harorati ancha yuqori:  $\alpha = 0,8$  gacha boradi.

Masalan, tarkibida 0,5% uglerod bo'lgan po'latning suyuqlanish harorati  $\sim 1500^\circ \text{C}$  ga teng, rekristallanish harorat

$$T_{\text{rekr}} = 0,8 \cdot 1500 = 1200^\circ \text{C}.$$

Rekristallanish haroratidan yuqori haroratlarda sodir bo'ladigan plastik deformatsiya natijasida metall kristall panjarasidagi atomlar siljisa va metall puxtalansa-da, ammo shu haroratda bo'ladigan rekristallanish protsessi bu puxtalikni yo'qotadi.

Rekristallanish haroratidan yuqori haroratda ishlash – qizdirib bosim bilan ishlash («горячая обработка») deyiladi. Pastroq haroratda ishlash – sovuqlayin bosim bilan ishlash deyiladi.

### **Nazorat savollari**

- 1. Materiallarning mexanik va texnologik xossalari nimalar kiradi? Ta'riflab bering).*
- 2. Zichlik nima?*
- 3. Elastiklik chegarasi bilan oquvchanlik chegarasi orasida qanday farq bor?*
- 4. Brinel usulida qattqlikni o'lchashning mohiyati nimada?*
- 5. Kesib ishlanuvchanlik qanday topiladi?*
- 6. Payvandlanuvchanlik nima?*
- 7. O'ta qattiq materiallar qattqligi qaysi usulda o'lchanadi?*



### 3-bob. QOTISHMALAR NAZARIYASI ASOSLARI

Qotishmalar Davriy tizimning ikki va undan ortiq birikmalaridan tashkil topgan bo'ladir. Konstruktion materiallar tashkil topishda fazalar tarkibi bilan bir qatorda dislokatsion tuzilish alohida ahamiyatga ega va metallik materiallarning puxtaligi va boshqa xossalari ta'minlashda asosiy rol o'ynaydi.

Qotishmani hosil qiluvchi elementlar *komponentlar* deyiladi. Qotishmaning xossalari ko'p omillarga bog'liq; birinchi galda fazalar tarkibi va ularning miqdoriga bog'liq. Bu ma'lumotlarni holat diagrammasidan o'rganish mumkin.

Holat diagrammasini bila turib xohlagan qotishmaning strukturasi hosil bo'lishini; quyma detal olish-quyish haroratini; termik ishlash haroratlarini; bosim bilan ishlash haroratlarini bilish mumkin.

#### 3.1. Metall qotishmalar to'g'risida tushuncha

Metallar bilan metallarni, metallar bilan metalloidlarni, metalloidlarni bilan metalloidlarni suyuqlantirish orqali hosil qilingan jism *qotishma* deb ataladi. Qotishmaning komponentlar kukunini aralastirib, yuqori haroratda bosim bilan presslab – yopishtirib («спекание») ham olish mumkin. Metall bilan metall qotishmasi *metall qotishma* deb ataladi. Agar qotishma massasining 50 % dan ortig'i metall bo'lsa ham u metall qotishma hisoblanadi. Metall qotishmalarning puxtalik va boshqa mexanik xossalari boshqa metallarnikiga nisbatan ancha yuqori. Shuning uchun ham konstruktion material sifatida keng qo'llaniladi.

Bu bo'limda ikki komponentli qotishmalarning qurilish va xossalari xususiyatlari ko'rib chiqiladi. Bu uch va undan ortiq komponentli qotishmalarni nazariy-amaliy o'rganish uchun asos

bo'ladi. Ikkinchi tomondan, ko'p komponentli tizimlarning asosida ikki komponentli tizim yotadi. Masalan, legirlangan po'latlar asosida temir-uglerod qotishmasi yotadi.

### 3.2. Holat diagrammalarini tuzish usullari

Qotishma holat diagrammasi bu qotishma tarkibi – harorat koordinata tizimidagi grafikdir. Diagrammada komponentlarning o'zaro ta'siri natijasida termodinamik turg'un sharoitda har xil haroratlardagi **mahsulotlari** ko'rsatilgan bo'ladi. Bu **mahsulotlar** harorat va tarkibga qarab (bog'liq holda) ma'lum agregat holatdagi jismlardir. Bular o'ziga xos qurilish xarakterli to'la aniq xossaga ega. Bunday bir xil agregat holatda turgan bir jinsli («gomogen») jism qismi faza deyiladi. Muvozanatda turgan fazalar majmuyi **sistema** (tizim) deb ataladi. Tizimni tashkil etuvchi moddalar **komponentlar** deyiladi.

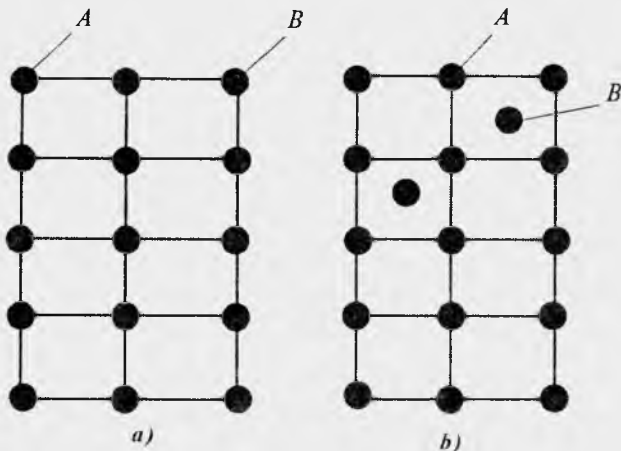
**Suyuq faza** – komponentlarning suyultirilgan eritmasi.

Qattiq faza zarrali (donador) bo'ladi. Zarralar ma'lum shaklga, o'lcham, tarkib, maxsus qurilish va xossaga ega bo'ladi. Qattiq fazani mikroskopda ko'rish mumkin. Bular qattiq eritma, kimyoviy birikma va mexanik aralashma bo'lishi mumkin.

Metall qotishmalari suyuq holatda bir jinsli komponentlar bir-birida erigan holatda bo'ladi. Kristallanganda ham bir jinslilik saqlanadi. Komponentlar atomlari umumiy kristall panjaraning tarkibiga kiradi. Bu degani komponentlar bir-birida eriydi: bittasi erituvchi, ikkinchisi eruvchi. Bunday qotishmaning kristallanishida hosil bo'lgan qattiq faza **qattiq eritma** deb ataladi. U ikki xil bo'ladi: **o'rin olish** va **singish (suqilib kirish)** qattiq eritmaları (3.1-rasm).

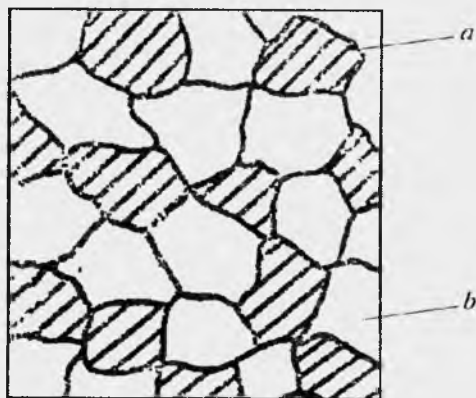
Birlamchi kristallanish jarayonida qotishma komponentlari bir-birlari bilan reaksiyaga kirishib, kimyoviy birikma hosil qilishi mumkin.

Qotishma komponentlari bir-birida erimaydigan, kimyoviy birikma hosil qilmaydigan qotishma **mexanik aralashma** deyiladi. *A* va *B* komponentlar bir-birida erimaydi, kimyoviy reaksiyaga kirishmaydi, alohida-alohida kristall panjaraga ega. Shu tizim batamom parchalanganidan so'ng mexanik aralashma hosil bo'ladi (3.2-rasm).



**3.1-rasm. Qattiq eritmalar sxemasi:**

a – oʻrin olish; b – suqilib kirish.



**3.2-rasm. Mexanik aralashmaning mikroskopik tuzilishi:**

a – A komponent kristallari; b – B komponent kristallari.

Demak, mexanik aralashma *A* komponent kristallari bilan *B* komponent kristallaridan iborat qotishmadir.

Holat diagrammasi chiziqlar bilan boʻlamlarga boʻlingan. Baʼzi boʻlaklar faqat bitta fazadan iborat, baʼzilari ikki fazadan, har xil qurilishli, tarkibli, xossalari.

Turg'un fazalar mavjudligining umumiy qonuniyati turg'unlik shartiga javob beradigan holda matematik formulada fazalar qoidasi (Gibbe qoidasi) bilan ifodalanadi.

Holat diagrammasi doimiy (atmosfera) bosimida qurilgani uchun fazalar qoidasi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$S = K + 1 - \Phi.$$

Bunda:  $K$  – tizimdagi komponentlar soni,  $\Phi$  – fazalar soni,  $S$  – erkinlik darajalar soni.

Erkinlik darajalar soni – bu bir-biriga bog'liq bo'lmagan ichki (faza tarkibi) va tashqi (harorat, bosim) omillar.

Muvozanatda turgan bu omillarni fazalarining sonini o'zgartirmasdan o'zgartirish mumkin. Endi tipovoy holat diagrammalarini ko'rib chiqamiz.

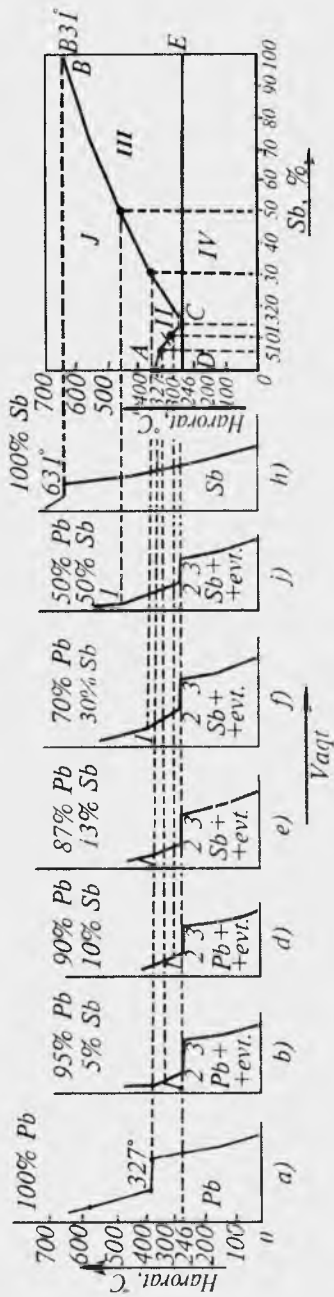
### 3.3. Holat diagrammalarini tuzish prinsipi

Tizim holatining harorat va konsentratsiyasiga qarab o'zgarishini ko'rsatuvchi diagramma **holat diagrammasi** deb ataladi.

Holat diagrammalari qotishmalarining barqaror – turg'un holatini ifodalaydi. Shuning uchun uni **muvozanat diagrammasi** desa ham bo'ladi. Tizim bir tashkil etuvchidan iborat va bir komponentli bo'lsa, uning holat diagrammasi bir to'g'ri chiziq – harorat o'qi bilan ifodalanadi. O'qdagi nuqtalar tizimning muvozanat haroratini ko'rsatadi. Ikki komponentli tizimda absissalar o'qining har bir nuqtasi har qaysi komponentning ma'lum bir miqdoriga to'g'ri keladi.

3.3-rasmda ko'rsatilgan qo'rg'oshin – surma tizimini holat diagrammasining tuzish prinsipi ko'rsatilgan.

3.3-a rasmda toza qo'rg'oshinning sovish egri chizig'i tasvirlangan; qo'rg'oshin 327°C dan yuqorida suyuq holatda bo'lib, shu yerning pastida qattiq holda bo'ladi. 3.3-h rasmda esa toza surmaning sovish egri chizig'ini ko'rsatilgan: u 631°C da eriydi va bundan pastda qotadi. Endi qo'rg'oshinga asta-sekin surmani qo'sha boramiz va aralashma – qotishmaning sovish egri chizig'i chizamiz. 3.3-b, d, e, f, g rasmlarda qotishmaning sovish egri chizig'i ko'rsatilgan. Bularning kritik nuqtalarini 3.3-rasmning o'ng tomoniga



3.3-*rasm.* Qo'rg'oshin — surma qotishmalarining sovish egri chiziqlari (chapda) va holat diagrammasi (o'ngda).

ko'chiramiz: nuqtalar birlashtirilib kritik chiziqlarni hosil qilamiz. Oxiri natijada Pb-Sb qotishmasi holat diagrammasi hosil bo'ladi.

Diagrammadagi *ACB* chizig'i likvidus nuqtalarining geometrik o'rni bo'lib, **likvidus chizig'i** deyiladi. Bu chiziqning yuqorisida qotishma suyuq holda bo'ladi. *DSE* chizig'i **solidus chizig'i** deb ataladi. Bu chiziqning tagida qotishma qattiq holatda bo'ladi.

Bir necha tur tip holat diagrammalari mavjud.

### 3.3.1. Birinchi tip holat diagrammasi

Tashkil etuvchilar – komponentlarining ikkalasi suyuq holatda istalgancha erib, qattiq holatda bir-birida erimaydigan va bir-biri bilan kimyoviy birikmalar hosil qilmaydigan, ya'ni mexanik aralashma hosil qiladigan qotishmalarning holat diagrammasiga **birinchi tip diagrammasi** deyiladi. Bunga misol Pb-Sb tizimi (3.4-rasm).

### 3.3.2. Ikkinchi tip holat diagrammasi

Suyuq holatda ham qattiq holatda ham bir-birida istalgancha eriydigan va o'zaro kimyoviy birikma hosil qilmaydigan ikki komponentdan iborat tizimining holat diagrammasi **ikkinchi tip holat diagrammasi** deb ataladi. Bunga misol Cu-Ni tizimi bo'ladi (3.5-rasm).

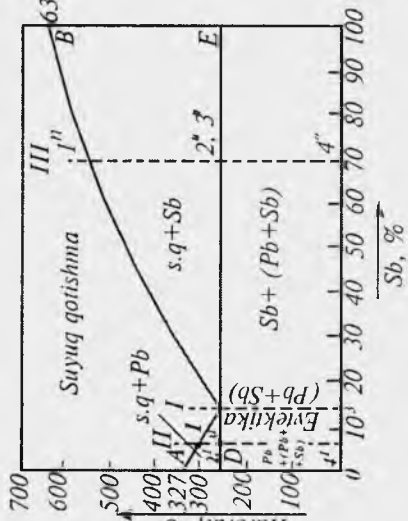
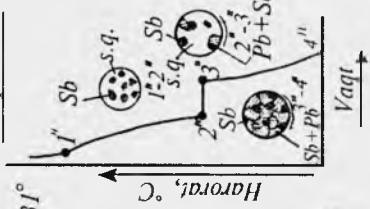
*ACB* – suyuq qotishmaning kristallana boshlash chizig'i (likvidus). *ADB* batamom kristallanib bo'lish (solidus) chizig'idir. 3.6-rasmning chap tomonida 1 – qotishmaning sovish egri chizig'i va kristallanish jarayonining sxemasi tasvirlangan. Bu egri chiziqda 1 nuqta kristallanishning boshlanishiga, 2 nuqta esa kristallanishning oxiriga to'g'ri keladi. 1 va 2 nuqtalar orasidagi qotishma ikki faza – suyuq bilan qattiq fazadan iborat.

Bu tip holat diagrammasiga quyidagi tizimlar kiradi: Cu-Ni; Au-Ag; Au-Pb; Fe-Ni; Fe-Cr; Fe-Co; Fe-V.

### 3.3.3. Uchinchi tip holat diagrammasi

Suyuq holatda bir-biriga istalgancha, qattiq holatda esa bir-birida ma'lum chegaragacha eriydigan va kimyoviy birikmalar hosil qilmaydigan ikki komponentdan iborat tizimning holat diagrammasi

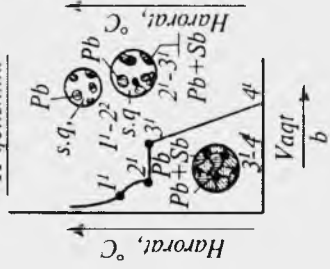
III qotishma



II qotishma

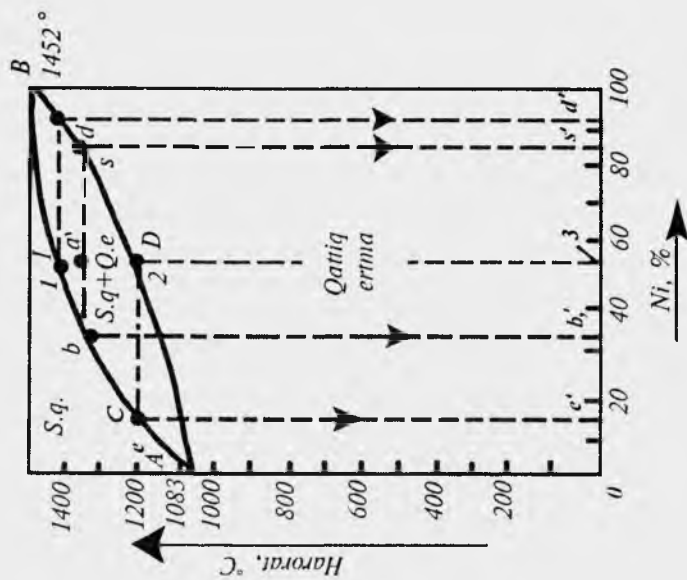
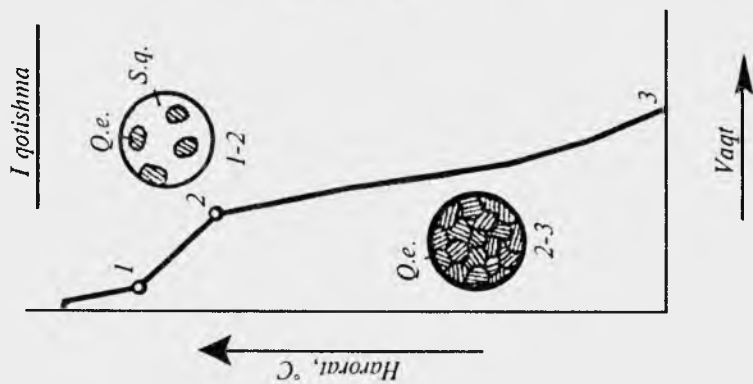


II qotishma



3.4-rasm. Pb-Sb qotishmalarining sovish egri chiziqtlari.

3.5-rasm. Pb-Sb qotishmalarining holat diagrammasi.



3.6-rasm. Cu - Ni qotishmalarining holat diagrammasi va qotishmaning sovish egri chizig'i.



*uchinchi tip holat diagrammasi* deb ataladi. Uchinchi tip holat diagrammalari ikki xil bo'ladi: *evtektikali va peritektikali*.

**A bilan B qotishmalarining evtektikali holat diagrammasi.** Bu holat diagrammasi 3.7-rasmda ko'rsatilgan. *AEB* likvidus, *ADECB* solidus chiziqlaridir.

Likvidus chizig'idan yuqorida qotishma suyuq holatda likvidus va solidus chiziqlari orasida suyuq va qattiq holatda solidus chizig'idan pastda faqat qattiq holatda.

*ADEA* zonada suyuq qotishma bilan  $\alpha$  – qattiq eritmadan, *ECBE* zona suyuq qotishma bilan  $\beta$  – qattiq eritmadan iborat. *ADFA'A* zonada faqat  $\alpha$  – qattiq eritma, *BCGB'B* zonada faqat  $\beta$  – qattiq eritma mavjud. *B* komponentni *A* komponentda eriy oladigan eng ko'p miqdori *F* nuqtadan, *A* komponentli *B* komponentda eriy oladigan eng ko'p miqdori *G* nuqtadan topiladi. *DFGCD* zonada qotishmaning Komponentlarini bir-birida erimaydi va qotishma  $\alpha+\beta$  dan iborat ikki fazali bo'ladi.

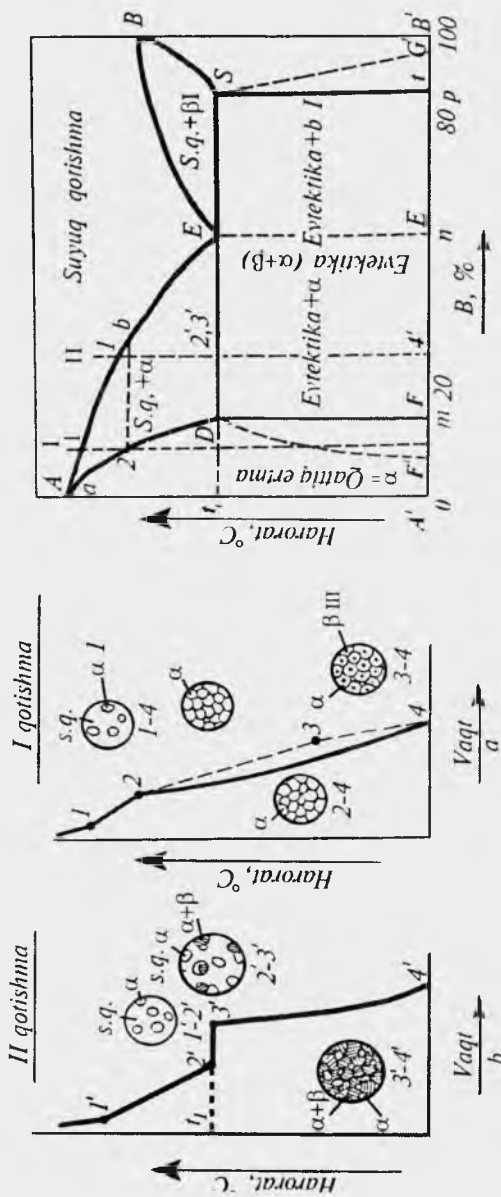
**A bilan B qotishmalarining peritektikali holat diagrammasi.** Qattiq eritmaning suyuq eritmadan to'g'ridan-to'g'ri ajralib chiqishini ko'rdik.

Qattiq eritma suyuq qotishma bilan qattiq fazaning o'zaro ta'sir etishi natijasida ham hosil bo'lishi mumkin. Suyuq qotishma bilan qattiq fazaning o'zaro ta'sir etishi natijasida yangi qattiq eritmaning hosil bo'lish reaksiyasi *peritektik reaksiya* deyiladi. Peritektik jarayonda ham evtektik jarayondagi kabi uch faza ishtirok etadi: suyuq,  $\alpha$ ,  $\beta$  fazalari.

*A* va *B* qotishmalarining peritektikali holat diagrammasi va *1* hamda *2* qotishmalarining sovish egri chiziqlari 3.8-rasmda ko'rsatilgan.

*ACB* – likvidus, *AFEB* – solidus chiziqlari. Qotishma *ACB* dan yuqorida suyuq holatda, *AFEB* dan pastda qattiq holatda. *ACFA* zonada suyuq eritma bilan  $\alpha$ – qattiq eritma, *CBEFS* zonada suyuq eritma bilan  $\beta$  – qattiq eritma mavjud.

$\alpha$ – kristallar bilan oldingi reaksiyalardan ortib qolgan  $\beta$  – kristallarning mexanik aralashmasiga *peritektika* deyiladi. Cu-Zn; Cu-Sn; Fe-C; Cd-Hg tizimlari peritektikali holat diagrammasiga ega.



3.7-rasm. A bilan B qotishmalarining evtetikali holat diagrammasi va qotishmalarining sovish egri chiziqchlari.

### 3.3.4. To'rtinchi tip holat diagrammasi

Suyuq holatda bir-birida istalgancha eriydigan va qattiq holatda kimyoviy birikmalar hosil qiladigan ikki komponentli tizim holat diagrammasi **to'rtinchi tip holat diagrammasi** deyiladi.

Ikki komponentli kimyoviy birikmalar barqaror yoki beqaror bo'lishi mumkin. Holat diagrammasi ham ikki xil bo'ladi.

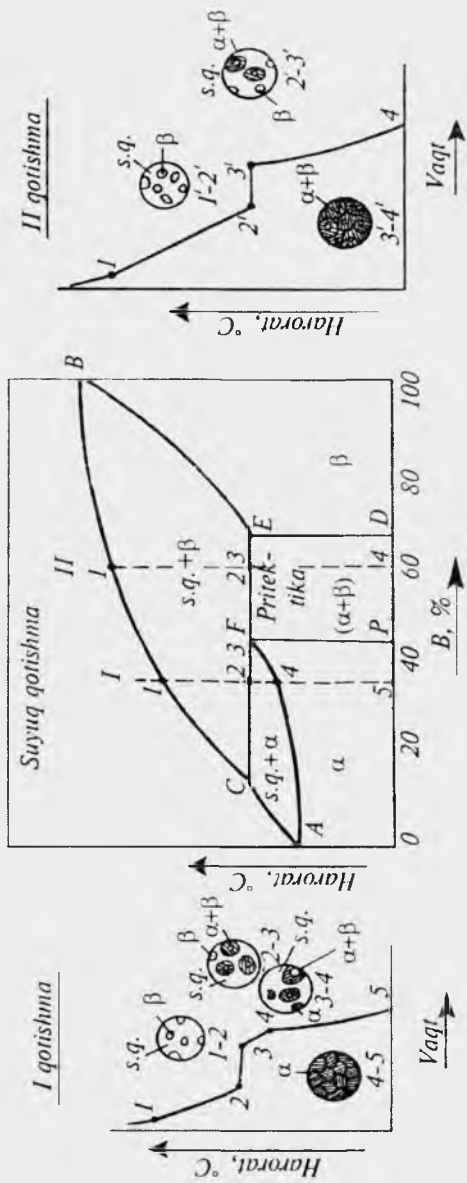
**Barqaror kimyoviy birikma hosil qiladigan ikki komponentli tizimning holat diagrammasi.** Kimyoviy birikma suyuqlanguncha qizdirilganda tarkibiy qismlarga parchalanmasa, bu birikma barqaror bo'ladi.  $A$  va  $B$  komponentlar barqaror kimyoviy birikma hosil qilgan:  $AnVm$  ( $n, m$  – atomlar soni). Bu birikma ham, toza komponentlar ham qattiq holatda eritmalar hosil qilmaydi. Bunday tizimning holat diagrammasi va 1, 2, 3 – qotishmalarning sovish egri chiziqlari 3.9-rasmda ko'rsatilgan.

Diagrammadagi  $CD$  vertikal chiziq  $AnBt$  birikmaning koordinatasi.  $C$  nuqta shu nuqtaning suyuqlanish harorati.  $AnBt$  komponent bo'la olmaydi, chunki, o'zi  $A$  bilan  $B$  ning reaksiyasi natijasida hosil bo'lgan.  $AnBt$  birikma bir haroratda « $C$ » nuqtada suyuqlanadi. « $C$ » nuqtaga **singular** nuqta deyiladi.

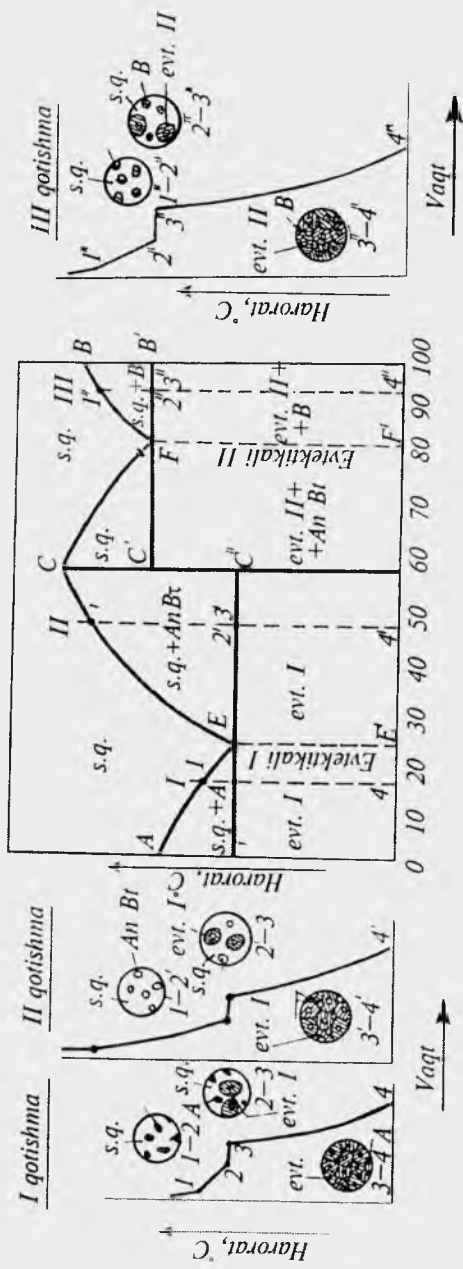
$AEC$  va  $CFB$  – likvidus,  $A'EC''$  va  $C'FB'$  – solidus chiziqlari. Suyuq qotishmadan  $AE$  chizig'ida  $A$  komponent kristallari,  $AE$  chizig'ida  $AnBt$  birikma kristallari ajralib chiqa boshlaydi.  $AA'EF$  zonada suyuq qotishma bilan  $A$  komponent kristallari;  $EC''CE$  zonada suyuq qotishma bilan  $AnBt$  birikma kristallari mavjud.  $CC'FC$  zona suyuq qotishma bilan  $B$  komponent kristallaridan iborat.

**Beqaror kimyoviy birikma hosil qiladigan ikki komponentli tizimning holat diagrammasi.** Komponentlari o'zaro ta'sir etib, beqaror kimyoviy birikma hosil qiladigan ikki komponentdan iborat tizimning holat diagrammasi va 1 va 2 – qotishmalarning sovish egri chiziqlari 3.10-rasmda ko'rsatilgan.

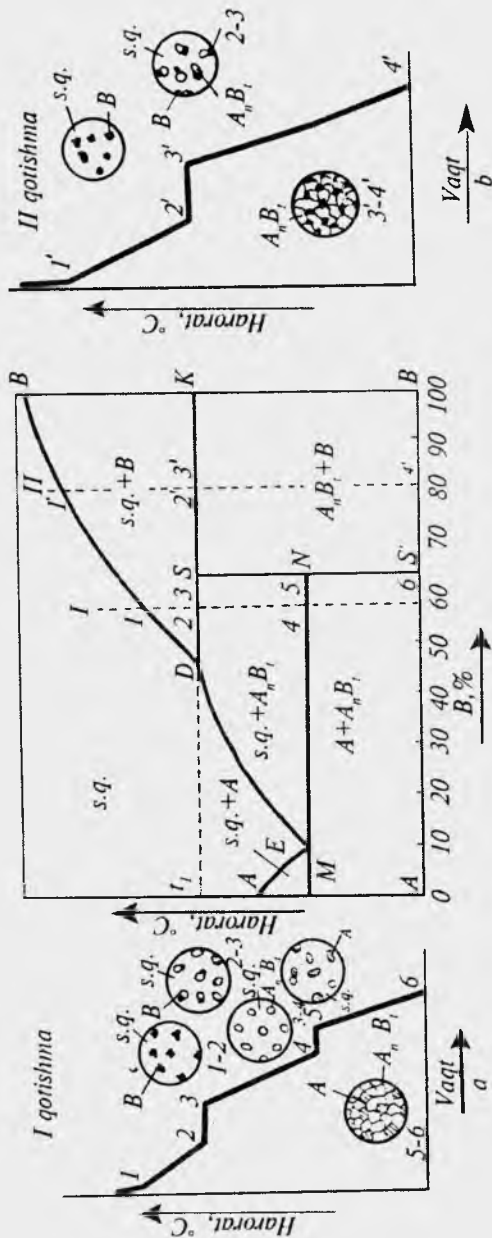
$A$  va  $B$  komponentlardan hosil bo'lgan  $AnBt$  kimyoviy birikma faqat  $t_1$  haroratgacha barqaror bo'ladi. Bu haroratdan yuqorida kimyoviy birikma tarkib  $D$  nuqtadagi kabi suyuq qotishma bilan  $B$  kristallariga ajraladi. Suyuq qotishma sovitilganda esa teskari jarayon hosil bo'ladi. Bu jarayon ham peritektik jarayondir, ammo bunda



3.8-rasm. A bilan B qotishmalarning evtektikali holat diagrammasi va qotishmalarning sovish egri chiziqdari.



3.9.-rasm. Barqaror kimyoviy birlikma hosil qiladigan ikki komponentdan iborat sistemaning holat diagrammasi va qotishmalarning sovish egri chiziqlari.



3.10-rasm. Beqaror kimyoviy birlikma hosil qiladigan ikki komponentdan iborat sistemaning holat diagrammasi va qotishmalarning sovish egri chiziqchlari.

yangi qattiq eritma hosil bo'lmay balki kimyoviy birikma hosil bo'ladi.

*MEN* – gorizontal chiziq evtektika hosil bo'lishiga, *DCK* – gorizontal chiziq esa beqaror kimyoviy birikma hosil bo'lishiga oiddir.

### 3.3.5. Beshinchi tip holat diagrammasi

Birlamchi kristallanish natijasida hosil bo'lgan fazalarida qattiq holatda ikkilamchi o'zgarishlar (ikkilamchi kristallanish) sodir bo'ladigan qotishmalarning holat diagrammasi ***beshinchi tip holat diagrammasi*** deb ataladi.

Qotishmada qattiq holatda sodir bo'ladigan ikkilamchi kristallanish (qayta kristallanish – rekristallanish) toza komponentlar va kimyoviy birikmalarning allotropik shakl o'zgarishlar hosil qilishi, qattiq eritmalarning qisman yoki batamom parchalanishi yoxud qattiq eritmalarning tajriba tushuvi va boshqa o'zgarishlar bilan bog'liqdir.

Ikkilamchi kristallanish jarayonida ikkilamchi kristallar hosil bo'ladi. Ikkilamchi kristallanish qo'shimcha komponentlarining bo'lmaganda bittasi allotropik o'zgarish hosil qilganda bo'ladi.

#### **Nazorat savollari**

1. *Diagramma qanday tuziladi?*
2. *Austenit bilan ferritning farqi nimada?*
3. *Po'lat qanday qotishma?*
4. *Cho'yan qanday qotishma?*
5. *Diagramma qanday amaliy ahamiyatiga ega?*
6. *Necha xil holat diagrammasi bor?*

## 4-bob. TEMIR ASOSIDAGI QOTISHMALAR

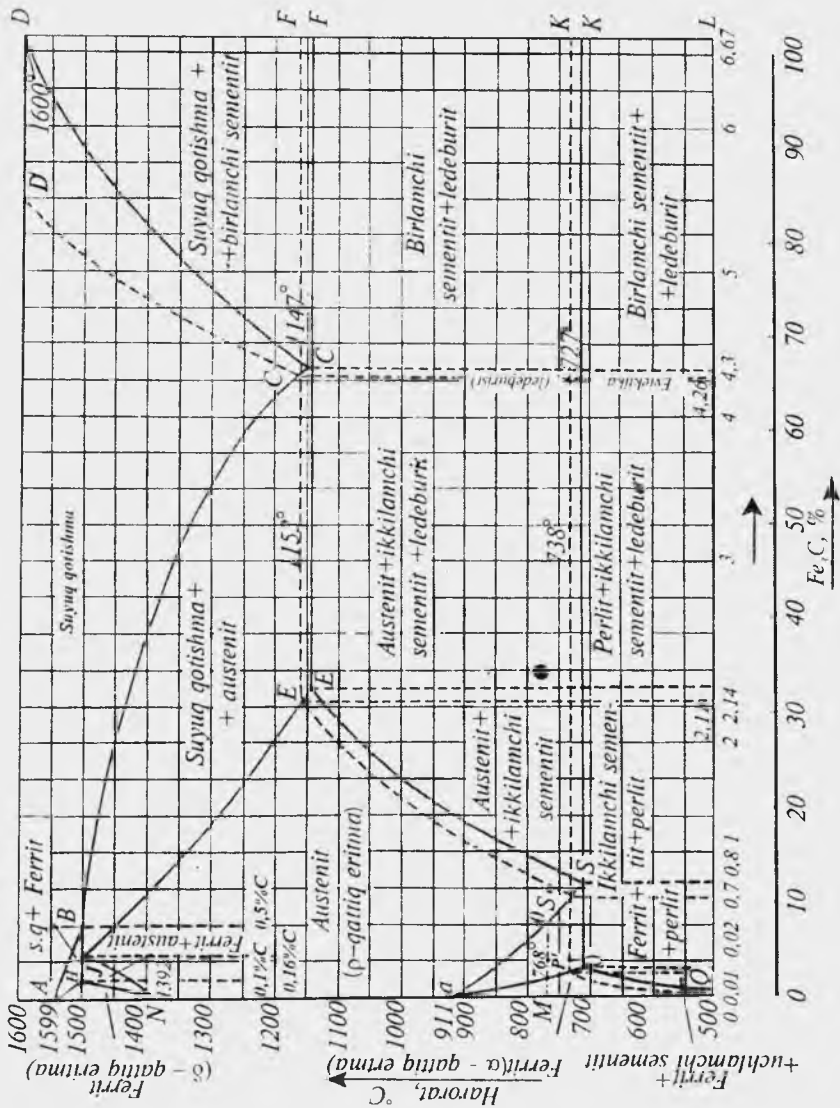
### 4.1. Temir-uglerod holat diagrammasi

Holat diagrammalari orasida eng katta ahamiyatga egasi — bu temir-uglerod — Fe-C diagramma holatidir. Buning sababi shuki, texnikada temir-uglerodli qotishmalar juda keng qo'llaniladi. Fe-C holat diagrammasi temir-uglerod qotishmalarining qurilishi to'g'risida to'la ma'lumot beradi. Holat diagrammasi va po'latlarda kritik nuqtalarning mavjudligi hamda bular po'lat tarkibidagi uglerod miqdoriga bog'liqligini (1868-yilda) rus olimi D.K. Chernov ixtiro qilgan.

Temir-uglerod qotishmalari ikki komponentli qotishma jumlasiga kiradi. Uglerod temir bilan kimyoviy birikma hosil qilib, sementit ( $Fe_3C$ ) va erkin holda, ya'ni grafik holda bo'lishi mumkin. Sementitning parchalanishi natijasida ham grafit hosil bo'ladi. Temir-uglerod qotishmalari ikki tizimda: sementitli ( $Fe-Fe_3C$ ) va grafitli ( $Fe-C$ ) bo'ladi. Fe-C tizimi barqaror («Stabil»),  $Fe_3C$  tizimi-metastabil. Stabil tizimda jarayonlarning hammasi oxirigacha boradi. Lekin  $Fe_3C$  temir-uglerod qotishmadan foydalanish sharoitida parchalanmaydi. Fe- $Fe_3C$  diagrammasidan (4.1-rasm) po'lat va oq (qayta ishlanuvchi) cho'yanlarni o'rganishda keng foydalaniladi. Fe-C tizimidan tarkibidagi uglerod grafit tarzida bo'ladigan po'lat va cho'yanlarni (quyma) o'rganishdagina foydalanish mumkin.

**Temir va uglerod polimorfli elementlar.** (Polimarfizm — bu har xil haroratlarda turlicha kristall panjaralar hosil qila olishligi. Bu xususiyati allotropiya xususiyati deb ham nomlanadi). Temirning erish harorati —  $1539^{\circ}C$ . Temir ikki xil modifikatsiyaga ega :  $\alpha$  va  $\gamma$  —  $Fe_{\alpha}$  va  $Fe_{\gamma}$ ;  $Fe_{\alpha}$  modifikatsiyasi hajmi markazlashgan kub kristall panjarasiga ega va harorat  $911^{\circ}C$  gacha hamda  $1392^{\circ}-1539^{\circ}$  intervalida mavjud.  $Fe_{\alpha}$  ning e'tiborli xususiyati uning ferromagnetizmligi ( $768^{\circ}C$  dan pastda). Bu nuqta *Kyuri nuqtasi* deyiladi.





4.1.-rasm.  
Fe-Fe<sub>3</sub>C holat  
diagrammasi.

Temirning  $Fe_\gamma$  modifikatsiyasi yuqori markazlashgan kub kristall panjaraga ega va harorat  $911^\circ C - 1392^\circ C$  oralig'ida mavjud.  $Fe_\gamma$  – paramagnit.

Uglerod ikki xil modifikatsiyada mavjud. Grafit va olmos. Normal sharoitda grafit turg'un.

Temir-uglerod qotishmalaridagi fazalarni ko'rib chiqamiz. Bular: Suyuq eritma, ferrit, austenit, sementit, grafit ko'rinishidagi erkin uglerod.

Ferrit – (belgilanishi F yoki  $\alpha$ ) – bu uglerodning alfa temirdagi –  $Fe_\alpha$  (suqilib kirish) qattiq eritmasi ( $Fe_\alpha(C)$ ). Bunda uglerodning miqdori uy haroratida  $\sim 0,006\%$  ga,  $727^\circ C$  da  $0,025\%$  ga teng. Bunga **texnik temir** deyiladi.

Cho'zilishga qarshiligi  $\sigma_b = 250-300$  MPa, nisbiy uzayishi  $\delta = 40-50\%$ , qattiqligi HB = 80–100, zarbiy qovushqoqligi KC = 20–30 kG m/sm<sup>2</sup>.

Austenit (belgilanishi A yoki  $\gamma$ ) – bu uglerodning gamma temirdagi  $Fe_\gamma(C)$  (suqilib kirish) qattiq eritmasi. Uglerod miqdori 2,14 % gacha: harorat pasayishi bilan uglerodning austenitda erish miqdori kamayadi :  $1147^\circ C$  da uglerod 2,14 % ,  $727^\circ C$  da 0,8 % ga teng. Austenitning ko'rsatkichlari:  $\sigma_b = 370-450$  MPa,  $\delta = 40-50\%$ , HB = 160–200.

Sementit (belgilanishi S) – temir karbidi – kimyoviy birikma ( $Fe_3C$ ), undagi uglerod miqdori – 6,69 % murakkab kristall panjaraga ega. Juda qattiq – HB = 800 va mo'rt.

**Grafit** (shartli belgisi G) temir-uglerodli po'latlarda erkin holatda ajralib chiqadi. Geksogonal kristall panjaraga ega, tok o'tkazadi, yumshoq, mustahkamligi past.

**Perlit** ( shartli belgisi P) – ferrit va sementit fazalarining mexanik aralashmasi. Tarkibida uglerod miqdori  $C = 0,8\%$  ,  $\sigma_b = 450-630$  MPa,  $\delta = 8-10\%$ , HB = 160–220.

**Ledeburit** (belgilanishi L) austenit va tsementit fazalarining mexanik aralashmasi. Uglerod miqdori  $C=4,3\%$ , HB=180–220.

Temir-uglerodli qotishmalar ikki guruhga bo'linadi: 1. Po'latlar, tarkibida uglerod miqdori –  $C \leq 2,14\%$ . 2. Cho'yanlar, uglerod miqdori  $C > 2,14\%$ .

Toza temir  $1539^\circ C$  da izotermik kristallanadi. Sementit D nuqtada kristallanadi. Fe- $Fe_3C$  tizimidagi qotishmalar suyuq fazada

ham, qattiq holatda ham o'zgarish xususiyatiga ega. Birlamchi kristallanish likvidus (*ABCD*) va solidus (*AHJECF*) chiziqlari intervalidagi — oralig'idagi haroratlarda o'tadi. Ikkilamchi kristallanish temirning bir modifikatsiyadan ikkinchi modifikatsiyaga o'tishiga bog'liq.

Ko'pchilik texnologik operatsiyalar: termik ishlash, bosim bilan ishlash va h.k. lar qotishmaning qattiq holatida olib boriladi. Shuning uchun po'latda bo'ladigan o'zgarishlarni kristallanish haroratidan pastda (*NJE* chizig'idan pastda) ko'riladi.

Tarkibida uglerod miqdori 0,02% gacha bo'lgan temirning uglerod bilan qotishmasi *texnik temir* deb ataladi.

## 4.2. Uglerodli po'latlarning klassifikatsiyasi

Uglerodli po'latlar quyidagi asosiy mezonlar bo'yicha guruhlarga bo'linadi:

1. Po'lat tarkibidagi *uglerod miqdoriga* qarab: a) kam uglerodli:  $C < 0,3\%$ ; b) o'rta uglerodli:  $C = 0,3 + 0,7\%$ ; d) yuqori — ko'p uglerodli:  $C > 0,7\%$ .

2. *Vazifasiga qarab*: a) konstruksion; b) asbobsozlik. Konstruksion po'latlarning ishlatilish joyi juda keng: qurilish inshootlari, mashina detallari, guvur, rels va boshqalar. Uglerodli konstruksion po'latlarga mustahkamlik, plastiklik va yaxshi texnologik xossalar talablari qo'yiladi. Bundan tashqari, har bir konstruksion po'lat turiga o'zining alohida talabini ham qo'yish mumkin (qo'yilgan talab va ishlab chiqarish sharoitiga qarab). Shu nuqtayi nazardan konstruksion po'latlar odatdagi oddiy sifatli va sifatli po'latlar turlariga ham bo'linadi.

Asbobsozlik po'latlari tarkibida uglerod miqdori 0,7–1,7% bo'ladi. Uglerodli asbobsozlik po'latlariga qo'yilgan talablar: yetarli mustahkamlik va qattiqlik; ishqalanib yeyilishga qarshilik, issiqqa bardoshlik va h.k. Asbobsozlik po'latlari qirqib ishlash asboblari uchun, shtamplari uchun, o'lchov asboblari uchun ishlatiladi.

3. *Sifatiga qarab*: a) oddiy sifatli; b) sifatli; d) yuqori sifatli. Po'latlarning sifati ularning kimyoviy tarkibining qurilishining bir xilligi, xossalari turg'un va bir xilligi, texnologikligi bilan belgilanadi. Bularning o'zi ko'p jihatdan po'latdagi gazlar (kislorod,

vodorot, azot)ning va zararli qo'shimchalari (oltingurgut va fosfor)ning mavjudligi hamda miqdoriga bog'liq. Oddiy sifatli po'latlar tarkibida  $S < 0,06 \%$ ;  $P < 0,007 \%$ ; sifatli po'latlarda  $S < 0,04 \%$ ;  $P < 0,035 \%$ ; yuqori sifatli po'latlarda  $S < 0,025 \%$   $P < 0,025 \%$ ; o'ta yuqori sifatli po'latlarda  $S < 0,015 \%$ ;  $P < 0,015 \%$  bo'ladi.

**4. Qaytarilish darajasi** va qotish xarakteriga qarab: a) to'la qaytarilgan — «SP» («Спокойный»); b) chala qaytarilgan — «PS» («полуспокойный»); d) qaytarilmagan — «KP» («кирпящий») bo'ladi. Po'latni qaytarish — bu suyuq metall tarkibidan kislorodni yo'qotish jarayonidir, ya'ni FeO dan kislorodni yo'qotib Fe ni olishdir. Bundan maqsad, issiq deformatsiyalashda mo'rt sinishning oldini olishdir. «SP» po'latlarni kremniy va aluminiy bilan qaytaradi; kislorodi kam; qotganda osongina gaz chiqarmasdan qotadi. «KP» po'latlari marganes bilan qaytariladi; kislorodi ko'p; qotayotganda uglerod bilan birikib, SO ko'rinishda ishlab chiqadi. SO pufakchalarining ajralib chiqishi xuddi po'lat qaynayotgandek tuyiladi. «PS» po'latlari SP bilan KP o'rtasida bo'ladi.

**5. Strukturasiga qarab:** a) evtektoidgacha; strukturasi ferrit va perlit; b) evtektoid; strukturasi perlit; d) evtektoiddan keyingi; strukturasi perlit va ikkilamchi sementit.

Doimiy qo'shimchalarga po'latni olish davrida hosil bo'ladigan; quyish davrida hosil bo'ladigan; dastlabki materiallardan (yoqilg'idan, pechning qoplamasidan — «futerovka» sidan, atmosferadan) qo'shimchalar kiradi.

Marganesning ferritda erishi metall bog'lanishini kuchaytiradi; natijada Yung moduli qiymati oshadi. Marganes oksidi ( $M_nO_2$ ) ruda tarkibida doimo bo'ladi; demak po'lat, cho'yan tarkibida ham. Eritish davrida po'latning ferromarganes bilan qaytarishda ham marganes po'lat tarkibiga kiradi.

Kremniy ham shu kabi ta'sir qiladi. Kremniy temir rudasida birikma —  $SiO_2$  ko'rinishida bo'ladi. Po'latni qaytarishda ishlatiladigan ferrosilitsey tarkibida ham kremniy bo'ladi. Shuning uchun po'lat tarkibida kremniyning bo'lishi bu texnologik majburiy-muqarrar. Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda shuni aytish mumkin, barcha konstruksion uglerodli po'lat tarkibida  $0,3-0,8 \%$  M va  $0,17-0,37 \%$  Si bo'ladi. Shuning uchun ferritning qattiqligi  $NV = 60-80 \text{ MPa}$  bo'ladi.

### 4.3. Uglerodli po'latlarga doimiy qo'shimchalarning ta'siri

Qora metallurgiyaning asosiy mahsuloti bu po'lat hisoblanadi. Ishlab chiqarilayotgan po'latlarning 85 % uglerodli po'lat, 15 % legirlangan po'latdir.

Sanoatda olinayotgan uglerodli po'latlarning kimyoviy tarkibi murakkab. Bu po'latlarning tarkibida temir 97,0–99,5 % ni tashkil qilishi mumkin, qolganlari qo'shimchalar. Qo'shimchalarning bir qismi ishlab chiqarish texnologiyasi bilan bog'liq (marganes, kremniy). Qo'shimchalarning ba'zilarini metall tarkibidagi to'la chiqarib tashlash mumkin emasligidan (oltingugurt, fosfor, kislorod, azot, vodorot). Tasodif kirib qoladigan qo'shimchalar ham bo'ladi: xrom, nikel, mis. Bulardan tashqari, metall emas materiallar ham kirib qolishi mumkin.

Doimiy qo'shimchalarga po'latni olish davrida va quyish davrida hosil bo'ladigan, dastlabki materiallardan (yoqilg'idan, pechning qoplamasidan – «futerovka»sidan, atmosferadan) qo'shimchalar kiradi.

Marganesning ferritda erishi metall bog'lanishni kuchaytiradi; natijada Yung moduli qiymati oshadi. Marganes oksidi ( $MnO_2$ ) ruda tarkibida doimo bo'ladi; demak po'lat, cho'yan tarkibida ham. Eritish davrida po'latni ferromarganes bilan qaytarishda ham marganes po'lat tarkibiga kiradi.

Kremniy ham shu kabi ta'sir qiladi. Kremniy temir rudasida birikma –  $SiO_2$  ko'rinishida bo'ladi. Po'latni qaytarishda ishlatiladigan – ferrotsilitsiy tarkibida ham kremniy bo'ladi. Shuning uchun po'lat tarkibida kremniyning bo'lishi bu texnologik majburiy – muqarrar.

Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda shuni aytish mumkinki, barcha konstruksion uglerodli po'lat tarkibida 0,3–0,8 % M va 0,17–0,37 % Si bo'ladi. Shuning uchun ferritning qattiqligi HB–60–80 MPa bo'ladi.

Doimiy qo'shimchalarga fosfor va oltingugurt ham kiradi. Bular po'latning mexanik texnologik va boshqa xossalariga katta ta'sir qiladi. Shuning uchun har xil po'latlar uchun ularning miqdori qat'iy chegaralangan.

Fosfor po'latga metallurgik ishlab chiqarish jarayonida rudadan, yoqilg'idan va flyusdan o'tadi. Fosfor po'latning plastikligini pasaytirib, yetarli darajada mo'rtligini oshiradi. Shular uchun po'lat tarkibida fosfor miqdori 0,01–0,07 % chegarasida bo'lishi mumkin.

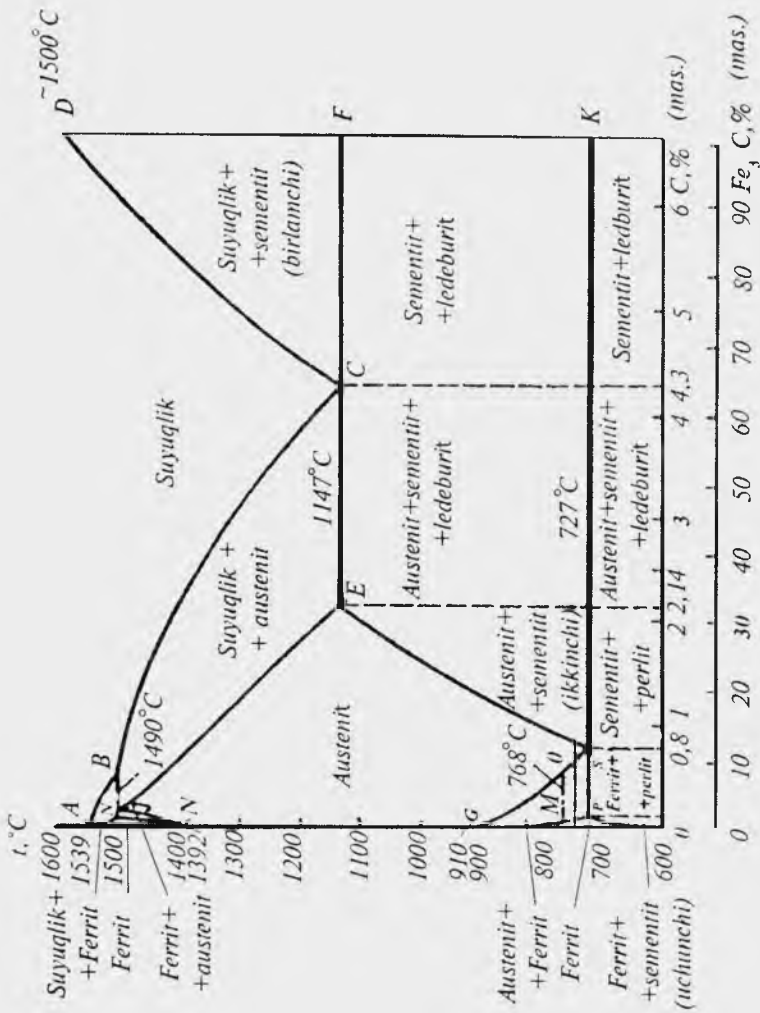
Oltinugurt temir rudasi va metallurgik yoqilg'i tarkibida bo'lib, po'latga metallurgik jarayon paytida o'tadi. Temir sulfidi temir bilan oson eriydigan evtektikani hosil qiladi ( $t_{erish}=988^{\circ}\text{C}$ ). Bu donolar chegaraligi joylashadi va po'latni mustahkamligi va plastikligini ancha pasaytiradi. O'z navbatida po'latni issiq holda ( $800\text{--}1200^{\circ}\text{C}$ ) texnologik ishlashda issiq darz ketishga olib keladi. Oltinugurt po'latning mo'rtlashishiga olib keladi. Shuning uchun po'latdagi oltinugurt miqdori qattiq nazorat qilinadi. Mas'ul detallar uchun uning miqdori 0,03–0,04 % dan ortishi mumkin emas.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, marganets va kremniy po'latning mexanik xossalari qaysidir darajada yaxshi ta'sir qiladi; fosfor bilan oltinugurt esa yomon ta'sir qiladi va juda zararli hisoblanadi. Po'latni eritish va quyish davrida unga tashqi muhit va havodan kislorod, vodorod, azot va boshqa gazlar kirib qoladi.

Kislorod temir kristall panjarasida erimaydi; shuning uchun temir oksidda  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ko'rinishida bo'ladi. Bu metall emas qo'shimchalar po'latning plastiklik va mustahkamlik xossalari pasaytiradi. Azotning juda kam miqdorda ferritda erish qobiliyati bor; bu bilan uni mustahkamlab, bir vaqtining o'zida mo'rtlashtiradi. Po'latni eritish davrida unga vodorod kirib qoladi, unda eriydi, harorat pasaygani sari (temir bilan gidridlar hosil qilmagani uchun) undan chiqadi. Qolgan ba'zi miqdori po'latni mo'rtlashtiradi. Bu erimagan vodorod po'latda «floklenlar» (mikro yoriqlik darzlar) hosil qiladi. Albatta, bu po'lat mustahkamligini pasaytiradi va buni konstruksion material sifatida ishlatib bo'lmaydi.

#### **4.4. Uglerodli po'latlarning xossalari uglerodning ta'siri**

Uglerod bu po'latning asosiy elementi va uning tarkibiga atayin kiritiladi. Uglerod miqdori ortishi bilan po'latning mustahkamligi (po'latni fazoviy tarkibida sementitning ortishi hisobiga ancha ortadi 4.2-rasm).



4.2-rasm. Fe-Fe<sub>3</sub>C fazalar holat diagrammasi.

Kam uglerodli po'latlar tarkibida uglerod miqdori 0,25 % gacha bo'ladi. Bu po'latlar yetarli yumshoq, plastik, issiq va sovuq holatda yaxshi deformatsiyanadi.

O'rta uglerodli po'latda uglerod miqdori 0,3–0,6 % bo'ladi. Bular yaxshi mustahkamlik xossalari katta emas plastiklik va qovushqoqlikka ega. Bu po'latlar keng tarqalgan konstruksion materialdir; oddiy kuchlar ostida ishlaydigan detallar uchun.

Yuqori uglerodli po'latlar tarkibida uglerod 0,6–1,4 % bo'ladi; buning hisobiga yuqori qattqlik va juda past plastiklik va qovushqoqlikka ega. Tarkibida 1,3 % uglerod po'lat juda mo'rt bo'lib, uni qo'llash chegaralangan bo'ladi.

- Tarkibida 0,7 % dan ko'p bo'lgan po'latlardan, asosan, shtamp-asboblari, kesuvchi va o'lchov asboblari yasaladi.

Uglerod miqdorining ko'payishi po'lat tarkibidagi sementitning ko'payishiga olib keladi. Bu po'lat mustahkamligi va qattqligi ortib, plastiklik va qovushqoqlik pasayadi, deganidir.

Uglerodning ta'siri turg'un emas, strukturasiidagi po'lat xossalari juda katta, martensitga toblangan po'latdagi uglerod miqdorining ko'payishi legirlangan po'latning vaqtincha qarshiligi birdaniga kattalashadi; eng katta ko'rsatkichga ega bo'ladi  $S=0,4\%$  (4.3-rasm).

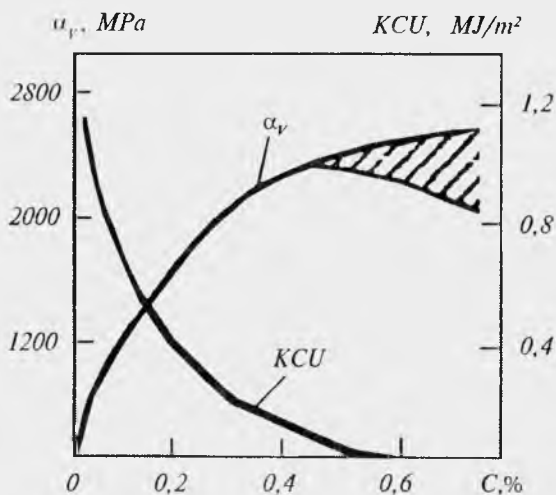
Rasmdan ko'rinib turibdiki, uglerod miqdori ortib borishi bilan mustahkamlik ( $\alpha_v$ ) muntazamligini yo'qotadi. Bu po'latlarga nisbatan arzon, mexanik xossalari yomon emas yaxshi qirqib ishlanadi, bosim bilan ham yaxshi ishlanadi. Lekin termik texnologikligi (legirlangan po'latlarga nisbatan) pastroq. Toblanishlik chuqurligi katta emas (12 mm gacha.)

**Oddiy sifatli po'latlar** (ГОСТ 380–90) prokat ko'rinishida chiqariladi. (prutok, balka, list, ugolok, truba, shviller va h.k.). Xossalari va ishlatilishiga qarab oddiy sifatli po'latlar uch guruhga bo'linadi: A. B. D.

Belgilanishi : harf bilan «Ст» deb yoniga raqam qo'yiladi (0 dan 6 gacha): Ст.0; Ст.1...Ст.6; Raqamlar po'lat markasi nomerini ko'rsatadi (uglerod miqdorini emas). Lekin raqam ortishi bilan po'latdagi uglerod miqdori ham ortadi.

«А» guruh po'latlarining mexanik xossalari kafolatlangan qilib ishlab chiqariladi; kimyoviy tarkibi ko'rsatilmaydi. Bu po'latdan





4.3-rasm. Uglrodning toblangan po'lat xossalari ta'siri.

issiq deformatsiyalanmaydigan **mahsulotlar** va metall konstruksiyalar yasaladi.

«B» guruh po'latlarining kimyoviy tarkibi kafolatlangan bo'ladi, mexanik xossalari kafolatlanmagan. Bu po'latlar issiq holda deformatsiyalanadigan: bolg'lanadi, payvandlanadi, termik ishlanadi.

«D» guruh po'latlarining mexanikaviy xossalari ham, kimyoviy tarkibi ham kafolatlanadi. Albatta, qimmatliroq mas'ul detallar uchun ishlatiladi.

Oddiy sifatli po'latlarining kamchiliklariga uning sovuq darz qotishiga moyilligidir. Ayniqsa, sibir va uzoq shimol sharoitida payvandlangan konstruksiyalarning yetarli mustahkam emasligi. Mexanik xossalari past. Bu kamchiliklarni termik mustahkamlab va kam legirlangan po'latlarni qo'llash bilan hal qilish mumkin.

#### 4.5. Uglrodli sifatli po'latlar

Bu po'latlar tarkibida oddiy sifatli po'latlarga nisbatan zararli qo'shimchalar va metall emas qo'shimchalar ancha kam. Sanoatda bu po'latlar prokat, pokovka, har xil profillar mexanik xossalari va kimyoviy tarkibi garantiyalangan holda ishlatiladi.

Uglerodli sifatli po‘latlar ГОСТ 1060–88 bo‘yicha ishlab chiqariladi: oltingugurt va fosfor har birining miqdori 0,03–0,04 % ortishi kerak emas. Belgilanishi – markirovkasi: ikkita raqam bilan belgilanadi: 05; 08; 10; 15; 20.....75; 80; 85; bu raqamlar uglerod miqdori 100 bir ulushda ko‘rsatiladi. Masalan, Сталь 20 po‘latda C = 0,20 % Сталь 75 da C = 0,75 % bor.

Bu uglerodli po‘latlarga ko‘p marganesli po‘latlar ham kiradi: markalari 15 Г; 20 Г; 25 Г.....70 Г. Bularda marganes miqdori Mg = 0,7÷1,0 % toblanishlik qobiliyati yuqori: kritik diametri 25–30 mm.

To‘la qaytarilgan po‘latlarga («SP») indeks qo‘yilmaydi. Qolganlariga indeks qo‘yiladi: Masalan, 05 kp; 08 kp; 10 kp; 15 kp; 20 kp.

Yuqori uglerodli po‘latlar Сталь 60, 65, 70, 75, 80 va 85, hamda margenesi ko‘p bo‘lgan po‘latlar 60 Г4 65 Г; 70 Г; purujina, resor, yuqori puxtalikdagi simlar ishlab chiqarishda ishlatiladi. Bular toblanadi, o‘rta bo‘shatiladi. Qoniqarli qovushqoq, yaxshi chidamli,  $\sigma_b > 800$  MPa li po‘lat bo‘ladi.

#### 4.6. Avtomatli po‘latlar

Bu po‘latlarni qirqib ishlash nisbatan oson. Bunga po‘lat tarkibiga oltingugurt bilan fosforni ko‘proq qo‘shish bilan erishiladi. Har ikki element keskich turg‘unligini oshiradi.

Eng samarador usul metallurgik jarayon davrida oltingugurt, selen, tellur, kalsiylarni po‘lat tarkibiga kiritishdir. Bular metall emas qo‘shimchalarni tarkibini o‘zgartiradi. Avtomatli po‘latlarning kimyoviy tarkibi ГОСТ 1414–75 bilan tamg‘alangan. Markalanishi: A11; A12; A20; A30; A40Г; AC14; A35E; A – avtomatli degani; raqamlar: 11, 12, 20, va h.k.ю uglerod miqdorining yuzdan bir ulushda, ya‘ni 0,11 %; 0,20 %. Agar po‘lat qo‘rg‘oshin bilan legirlangan bo‘lsa, «C» quyilib, AC deb belgilanadi. Po‘latning issiq darz ketishini namoyon qilmasligi uchun po‘latdagi marganets miqdori oshiriladi. «Г» – margenes qo‘shilgani «E» – selen qo‘shilgani degani.

Po‘lat tarkibiga qo‘rg‘oshin, selen va tellurning qo‘shilishi keskich materiallarining xarajatlarini 2–3 marta kamaytiradi.

#### 4.7. Uglerodli asbobsozlik po‘latlari

Asbobsozlik po‘latlari kesuvchi asboblar va sovuq hamda issiq holda deformatsiyalaydigan shtamlarni yasashda ishlatiladi. Bu po‘latlarga qo‘yilgan asosiy talab ishqalanib yeyilishga chidamlilik va issiqqa bardoshlilik. Ishqalanib yeyilishga qarshilik yetarli bo‘lishi lozim. Asbobning shaklini ushlab turish uchun material mustahkam va qovushqoq bo‘lishi kerak. Issiqqa bardoshligi – harorat ta’sirida o‘zini mexanik xossalarini saqlashi bu mehnat unumining ko‘rsatkichi. Uglerodli asbobsozlik po‘latlari keskich materiallari orasida eng arzonidir. Bular asosan kam mas’uliyatli keskichlarni va shtamlarni yasashda ishlatiladi.

Uglerodli po‘latlar (ГОСТ 1414-75) ikki xil ko‘rinishda chiqariladi: a) sifatli(7, 8, 9.....13); b) yuqori sifatli ( Y7A, Y8A, Y9A... Y13A). Markalanishdagi U harfi uglerodli po‘lat degani. Raqamlar po‘lat tarkibidagi uglerod miqdorini yuzdan bir ulushni bildiradi. Y7A da uglerod miqdori  $C = 0,7 \%$ , Y12A da  $C = 1,2 \%$ ; «A» harfi po‘latning yuqori sifatlilikini bildiradi; ya’ni undagi zararli chiqindilar, ayniqsa, fosfor va oltingugurt miqdori  $0,025 \%$  dan oshmaganligini bildiradi.

Uglerodli po‘latlarning toblanishlik chuqurligi (qalinligi) past bo‘lgani uchun mayda asboblar uchun ishlatiladi. Ko‘ndalang kesim 25 mm dan ortganda po‘lat o‘zagi toblanmay qoladi; ustki yuza qattiq (metchiklar, razvyorkalar, egovlar yasaladi).

Y7, Y8, Y9 po‘latlari to‘la toblanadi, bo‘shatiladi ( $275-300^{\circ}\text{C}$  da). Shunda qattiqlik  $\text{HRC} = 48-51$  olinadi, trostit struktali.

Evtektoiddan keyingi po‘latlar Y10, Y11, Y12, Y13lar chala toblanib, past bo‘shatiladi ( $150-180^{\circ}\text{C}$ ). Bunda martensit struktura olinadi va  $\text{HRC} = 62-64$  bo‘ladi.

Evtektoiddan keyingi po‘latlar o‘lcho‘v asboblari (kalibrlar), keskichlar(egov, arra, metchik, parmalar), katta bo‘lmagan shtamp-lar (sovuq cho‘zish va cho‘ktirish) yasash uchun ishlatiladi, qaysi-larki, yuqori emas kuchlanishlarda ishlaydi.

Y13 yuqori qattiqlikni talab qiladigan asboblar uchun ishlatiladi: shaberlar, gravirovkalar.

Uglerodli asbobsozlik po‘latlarining kamchiligi ularning  $200^{\circ}\text{C}$  dan yuqorida mustahkamligini yo‘qotishi (issiqqa bardoshlilik).

## 4.8. Cho‘yanlar

Cho‘yanlar po‘latga nisbatan arzon. Unda uglerod miqdori 2,14 % dan ko‘p. Erish harorati pastroq, quymakorlik xossalari yuqori. Shular nuqtayi nazaridan cho‘yanlardan murakkab shaklli quymalar olish mumkin.

Cho‘yanlar yuqori quymakorlik xususiyatiga ega bo‘lganligi yetarli mustahkamligi hamda nisbatan arzonligi uchun mashinasozlikda ko‘p ishlatiladi. Cho‘yanlarning suyuq oquvchanligi, kirishish bo‘shliqlarining kichikligi, murakkab shaklli kichkina qalinlikdagi devorlarni olishga imkon beradi.

Cho‘yanlarning juda ko‘p qismi qayta eritilib, undan po‘lat olinadi.

Cho‘yanlar tarkibidagi uglerod holatiga qarab ikki turga bo‘linadi: a) quyma cho‘yanlar, uglerod erkin holatda bo‘ladi; b) qayta ishlanuvchi (oq cho‘yan), bunda uglerod bog‘langan – kimyoviy birikma  $Fe_3C$  holatida bo‘ladi.

Quyma cho‘yanlar o‘z navbatida uglerod miqdoriga qarab uch guruhga bo‘linadi: 1) kulrang cho‘yan (strukturadagi grafit plastinkasimon shaklda); 2) yuqori puxtalikdagi (grafit shar shaklida); 3) bolg‘alanuvchi (grafit bodroq shaklida).

### 4.8.1. Qayta ishlanuvchi (oq) cho‘yan

Bunday cho‘yaniardan yasalgan namuna sindirilganda ko‘ndalang kesimining ko‘rinishi xira oq rangda bo‘ladi. Shuning uchun oq cho‘yan deb ham aytiladi. Yuqorida qayd qilinganidek, barcha uglerod bog‘langan holatda – sementit ko‘rinishida bo‘ladi (4.4-rasm).

Evtetikagacha bo‘lgan cho‘yanlar perlit va ledeburitdan iborat; evtetikadan keyingilari birlamchi sementit va ledeburitdan iborat; ledeburit o‘zi bu austenit va sementit zarralari mexanik aralashmasidan iborat.

Bu cho‘yanlar yuqori qattqlikka ega ( $HB=450-550$ ) va juda mo‘rt. Shuning uchun mashina detallari bu cho‘yandan yasalmaydi. Bu cho‘yanlardan grafitlashtirilgan yumshatish yo‘li bilan bolg‘alanuvchi cho‘yan olinadi.



a)

b)

4.4-rasm. Qayta ishlanuvchi oq cho‘yan mikrostrukturasi (x200):

a – eutektikadan keyingi oq cho‘yan ( $S=5,5\%$ );

b – eutektikagacha bo‘lgan oq cho‘yan ( $S = 2,5\%$ ).

Rasmdagi qora ranglilari perlit; oq ranglilari lideburit.

Oqartirilgan cho‘yan – quymalarning ustki qatlami ( $t = 12-30$  mm) oq cho‘yan strukturali; o‘zagi – o‘rtasi kulrang cho‘yan strukturasiga ega. Bunday cho‘yanlardan ustki qatlami ishqalanishga chidamli detallar yasaladi: list prokatlash stanoklari jo‘valari, g‘ildiraklar, tormoz kolodkalari, tegirmon sharchalari va boshqalar.

#### 4.8.2. Kulrang cho‘yan

Bu cho‘yandan yasalgan namuna sindirilsa, sindirilgan joyi kulrang ko‘rinadi. Shuning uchun kulrang cho‘yan deb nomlanadi.

Aslida, FOCT bo‘yicha «plastinkasimon grafitli quyma cho‘yan» deb nomlanadi. Quyma so‘zi uning quymakorlik texnologik xossalari yuqoriligidan kelib chiqqan (qolipga quyilish xossasi). Kulrang cho‘yan asos metall va plastinkasimon shaklli grafitdan iborat.

Kulrang cho‘yan tarkibidagi uglerodning juda ko‘p qismi yoki hammasi grafit tarzida bo‘ladi. Uglerod cho‘yan sifatiga hal qiluvchi ta’sir ko‘rsatadi; grafit miqdorini o‘zgartirish va quymakorlik xususiyatlarini o‘zgartirish hisobiga bo‘ladi. Uglerod qancha ko‘p bo‘lsa, ajralib chiqqan grafit ham shuncha ko‘p va mexanik xossalari

shuncha past bo'ladi. Shuning uchun uglerod miqdori evtektikagacha konsentratsiyasida bo'ladi. Kulrang cho'yan tarkibida asosiy elementlar Fe, C, Si va doimiy qo'shimchalar Mn, P, S lar bo'ladi: S = 2,2–3,7 %; Si = 1–3 %; Mn = 0,2–1,1 %; P = 0,02–0,3 %; S = 0,02–0,15 %.

Oltinugurt zararli qo'shimcha, mexanik va texnologik xossalarni pasaytirib, darz ketishga moyilligini oshiradi.

Kulrang cho'yandagi metall asosning tuzilishiga ko'ra, u quyidagi turlarga bo'linadi:

Perlitli kulrang cho'yan – perlit va grafitdan tuzilgan. Perlit tarkibida uglerod miqdori C = 0,8 %. Demak, bu cho'yanda uglerodning 0,8 % sementit – Fe<sub>3</sub>C holatda, qolgani esa erkin uglerod, ya'ni erkin grafit holdida bo'ladi (4.5-rasm);

**ferritli kulrang cho'yan** – bunda metall asosi ferrit. Uglerodning ferrit tarkibidan tashqari hammasi grafit tarzida bo'ladi (4.5-d rasm);

**ferrit – perlitli kulrang cho'yan** – bu cho'yan ferrit, perlit va grafitdan tashkil topgan. Bunday cho'yanlarda temir bilan birikkan uglerod miqdori 0,8 % dan kam qolgani erkin holda bo'ladi (4.5-b rasm).

Ferritli C<sub>4</sub>10, C<sub>4</sub>15 markali kulrang cho'yanlar yuqori statik va dinamik kuchlarda ishlaydigan detallar uchun ishlatiladi: silindr porshenlari, dvigatel karterlari, stanok staninalari va h.k.

Perlitli C<sub>4</sub>40 va C<sub>4</sub>45 markali kulrang cho'yanlar yuqori mexanik xossalarga ega.

Bu cho'yanlar tarkibiga ferrosilitsiy (0,3–0,8 %) yoki silikokalsiy (0,3–0,5 %) qo'shib grafit shakl maydalab yuqori mexanik xossalarga ega bo'ladi.

Shuning uchun bu cho'yanlar nasoslar, kompressorlar va gidroprivodlarning korpuslari uchun ishlatiladi.

**Kulrang cho'yanlarning markalanishi:** «C<sub>4</sub>» harflari va ikki xonali ikkita son bilan markalanadi. (ГОСТ 1412 – 85). Masalan: C<sub>4</sub>15–32. C<sub>4</sub> – ruscha seriy chugun degani; birinchi son cho'yaning cho'zilishdagi mustahkamligi (kG/mm<sup>2</sup> hisobida) ko'rsatadi; ikkinchi son egilishdagi mustahkamlash chegarasini (kG/mm<sup>2</sup> hisobida ko'rsatadi: demak:  $\sigma_b=15$  kg/mm<sup>2</sup> (150 MPa – megapaskal);  $\sigma_{egilish}=32$  kg/mm<sup>2</sup> (320 MPa).



4.5-rasm. Kulrang choʻyanlar mikrostrukturalari, X200:

a – perlit asosidagi kulrang choʻyan; b – ferrit – perlit asosidagi kulrang choʻyan; d – ferrit asosidagi kulrang choʻyan.

### 4.8.3. Yuqori puxta choʻyanlar

Bu choʻyanlarda grafit sharsimon shaklda boʻladi. Yuqori puxta choʻyanlar ozroq miqdorda magniy qoʻshib suyuqlantirib olinadi; bu jarayonni «модифицирование» deyiladi, yaʼni magniy bilan modifikatsiya qilishdir.

Lekin, toza magniy quyish davrida alangalanib ketishi mumkin, shuning uchun oʻrniga «ligatura» qoʻshiladi (masalan, magniy va nikel qotishmasi).

Kimyoviy tarkibi: S = 3–3,6%; Si = 1,8–2,9%; Mn = 0,4–0,7%; Mg = 0,02–0,08%; P ≤ 0,15 %; S ≤ 0,03%.

Bu choʻyanlar yuqori puxtalikka va birmuncha plastiklikka ega.

Yuqori puxta choʻyan B4 harflari va ikki xil son bilan mar-kalanadi. B4 -- choʻyanning yuqori puxtaligini (ruscha – «высокопрочный чугун» soʻzlaridan), sonlarning choʻyanning choʻzilishdagi mustahkamlik chegarasini ( $\sigma_b$  – kg/mm<sup>2</sup> hisobida), ikkinchisi nisbiy uzayishini ( $\delta$  – % hisobida) koʻrsatadi. Masalan, B45–b; bu yerda  $\sigma_b = 45$  kgs/mm<sup>2</sup>, mustahkamligi,  $\delta = 5$  % – nisbiy uzayishi.

Yuqori puxtalikdagi choʻyanlardan prokatlash stanlari joʻvalari (ogʻirligi 12 t gacha), bugʻ turbina korpuslari, tirsakli vallar va h.k. yasaladi.

4.6-rasmda yuqori puxtalikdagi choʻyan mikrostrukturasi koʻr-satilgan.



a)



b)

4.6-rasm. Yuqori puxtalikdagi choʻyan mikrostrukturasi, x100:

a – ferrit asosidagi yuqori puxtalikdagi choʻyan;

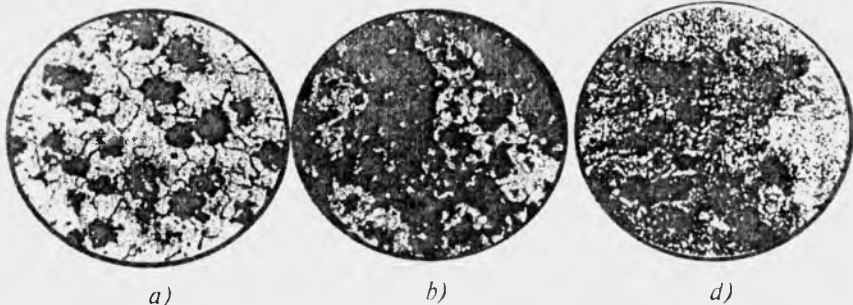
b – ferrit-perlit asosidagi yuqori puxtalikdagi choʻyan.

**Bolgʻalanuvchan choʻyan.** Bolgʻalanuvchan degan soʻzni choʻyanni bolgʻalab (deformatsiyalab) ishlash mumkin deb tushunish mumkin emas. Bolgʻalanuvchi choʻyanlarning plastikligi kulrang choʻyanlarnikidan yuqori boʻlgani uchun shunday deb ataladi. Bolgʻalanuvchi choʻyanlarda grafit bodroq nusxali (pagʻa-pagʻa) shaklda (nusxada) boʻladi. Bu choʻyan oq choʻyanni yumshatish yoʻli bilan olinadi. Oq choʻyan quymasi yupqa devorli boʻlishi lozim: qalinligi 50 mm dan koʻp boʻlishi kerak emas. Aks holda kristallanishda plastinkasimon grafit ajralib chiqadi va bu choʻyan yumshatish uchun yaramaydi. 4.7-rasmda bolgʻalanuvchan choʻyanlarning mikrostrukturasi berilgan.

Markalanishi: KЧ harflari va ikki xil son bilan markalanadi. KЧ – ruscha «ковкий чугун» degani, birinchi son choʻyaning uzilishdagi mustahkamlik chegarasini ( $\sigma_b = \text{kgs/mm}^2$  hisobida), ikkinchi son nisbiy uzayishni ( $\delta - \%$  hisobida) bildiradi.

Bolgʻalanuvchi choʻyan qishloq xoʻjaligi mashinasozligi, avtomobilsozlik, tekstil mashinasozligi, vagonsozlik va hokazolarda koʻp ishlatiladi. Bulardan yuqori puxtalikdagi, ishqalanib ogʻir sharoitda ishlaydigan, zarbiy kuchlarda ishlaydigan detallar yasaladi. Lekin bu choʻyanlar (yumshatish jarayoni uzoq boʻlganidan) uchun qimmatroq.





4.7-rasm. **Bolg'alanuvchan cho'yanlarning mikrostrukturalari, x200:**  
 a – ferritli bolg'alanuvchan cho'yan; b – ferrit-perritli bolg'alanuvchan cho'yan; d – perlitli bolg'alanuvchan cho'yan.

### Nazorat savollari

1. Po'latlar qanday ko'rsatkichlarga qarab klassifikatsiya qilinadi?
2. Uglrodli po'latlarning xossalariga uglerod qanday ta'sir qiladi?
3. Oddiy sifatli po'latlar Cm5 markirovkasidagi raqamlar nimani bildiradi?
4. Sifatli konstruksion po'lat – Cm130 markirovkasidagi raqam-chi?
5. Markirovka qatori oxiridagi «A» harfi nimani ko'rsatadi?
6. Markirovka boshidagi «A» harfi nimani bildiradi?
7. P18 po'latdagi 18 nimani ko'rsatadi?
8. 30XHMA, Y10A po'latdagi harf va raqamlar nimalarni ifodalaydi?
9. Cho'yanlar klassifikatsiyasi nimaga asoslangan?
10. Quyma va qayta ishlanuvchi cho'yanlar orasidagi farq nimada?

---

## 5-bob. QOTISHMALARNI TERMIK ISHLASH ASOSLARI

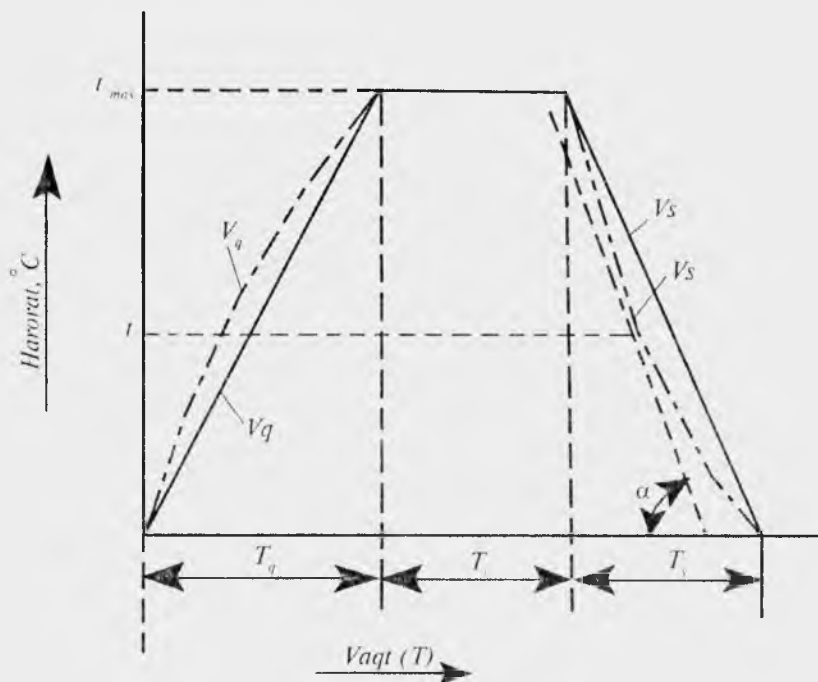
### 5.1. Umumiy ma'lumotlar

Qotishmani qizdirib va sovitib, uning ichki tuzilishi, ya'ni fizikaviy, kimyoviy, mexanikaviy va boshqa xossalarini o'zgartirish – yaxshilash jarayoni **termik ishlash** deb ataladi. Termik ishlashning imkoniyatlari juda katta; termik ishlash bilan qotishmaning mexanik xossalarini juda keng albatta, zarur tomonga qarab o'zgartirish mumkin.

Termik ishlash operatsiyalari davom etadigan vaqt va haroratlar oralig'i ko'rsatiladigan tartib **termik ishlash rejimi** deb ataladi. Termik ishlash jarayoni yuqorida ko'rsatilganidek, o'z ichiga ma'lum tezlikda qizdirish (zarur haroratgacha), shu haroratda ushlab turish (o'zagigacha qizib, kerak jarayonlar sodir bo'lguncha) va zarur tezlikda (kerak xossa olish uchun) sovitish bosqichlarini oladi. Grafik tarzida ifodalanadi: kordinatalar o'qiga harorat, absissalar o'qiga vaqt qo'yiladi (5.1-rasm).

### 5.2. Po'latlarning termik ishlash turlari

1. Ma'lumki, po'lat zagotovkalarni termik ishlashda ularni zarur haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlangach, turli tezlikda sovitiladi. Bunda ularning kimyoviy tarkibi o'zgarmasa ham tuzilishi o'zgarishi hisobiga mexanik va texnologik xossalari o'zgaradi. A.A. Bochvar tasnifiga ko'ra, termik ishlash 1-xil yumshatish, 2-xil yumshatish, toblash va bo'shatishlarga ajratiladi. 1-xil yumshatishda fazada o'zgarishlar bo'lmaydi. Bu xil yumshatishlarga diffuzion, qayta kristallanish va ichki zo'riqish kuchlanishlarini kamaytirish uchun olib boriladigan yumshatishlar kiradi. 2-xil yumshatish faza o'zgarishlar bilan boradi. Bu xil yumshatishlarga to'la va chala yumshatishlar, normallashtirish kiradi. Quyida uglerodli po'latlarni termik ishlashda tuzilish o'zgarishlarini Fe-Fe<sub>3</sub>C holat diagrammasining tegishli sohalarini kuzatamiz.



5.1-rasm. Qotishmaning oddiy termik ishlash rejimining grafiqi:

$t_{max}$  – lozim qizdirish harorati;  $T_q$  – qizdirish vaqti;  $T_t$  – tutib turish vaqti;  $T_s$  – sovitish vaqti. Grafikdagi uzluksiz chiziq  $T_q$  va  $T_s$  o'zgarimas hol uchun, shtrix – punktir chiziq  $T_q$  va  $T_s$  o'zgaruvchi bo'lsa.

Ma'lumki, perlit tuzilishli evtektoid po'lat zagotovka uy haroratida asta-sekin qizdirib borilsa, u  $As_1$  kritik harorat ( $727^{\circ}C$ ) da austenitga o'tadi. Ferrit bilan perlit tuzilishli evtektoidgacha bo'lgan po'latlarni asta-sekin qizdirib borilsak, perlit faza  $As_1$  kritik haroratda austenitga o'tadi, haroratning yanada ko'tarilishida ferrit faza austenitda eriy boshlab,  $As_2$  kritik haroratda esa batamom eriydi.

2. Agar perlit bilan ikkilamchi sementit tuzilishli evtektoiddan keyingi po'latlar asta-sekin qizdirib borilsa, perlit faza  $As_1$  kritik haroratda austenitga o'tadi. Harorat yanada ko'tarilishida ikkilamchi sementit austenitda eriy boshlab, u  $As_1$  kritik haroratda batamom eriydi.

3. Yuqoridagi ma'lumotlardan ma'lumki, Fe-Fe<sub>3</sub>C holat diagrammasidagi GSE chiziqli kritik haroratdan yuqoriroq haroratda

po'latlar austenit tuzilishli bo'ladi. Savol tug'iladiki, nima uchun po'latlarni to'la yumshatishda, toblashda, normallashtirishda ularni  $A_{s3}$  kritik haroratdan  $30-50^{\circ}\text{C}$  gradus yuqoriroq qizdirish zarur. Kuzatishlar ko'rsatadiki, po'latlarni qizdirishda ularning donlari, o'lchami qaytarilganlik darajasiga ko'ra turli tezlikda yiriklashadi. Masalan, yaxshi qaytarilmagan evtektoid po'latlarning donlari o'lchami  $A_{s1}+30:50^{\circ}\text{C}$  haroratgacha o'zgarimasada bu haroratdan yuqoriroq haroratda keskin yiriklashadi. Yaxshi qaytarilgan po'latlarda esa donlar o'lchamining keskin o'zgarishi  $900-950^{\circ}\text{C}$  haroratga to'g'ri keladi.

Buning boisi shundaki, donlar aro joylashgan oksidlar, nitritlar, sulfidlar va boshqa birikmalar shu haroratga qadar donlar o'sishiga qarshilik ko'rsatadi, lekin harorat  $900-950^{\circ}\text{C}$  ga yetganda ularning austenitda erishi yuz beradi.

Binobarin, ular donlar o'sishiga qarshilik ko'rsata olmaydi. Po'latlarning bu xususiyatini qizdirish haroratlarini belgilashda e'tiborga olish kerak.

4. Agar po'latlar bu kritik haroratdan o'ta qizdirilsa, masalan,  $1000-1100^{\circ}\text{C}$  gacha, austenit donlar yiriklashib ketadi.

5. Ma'lumki, donlar birqancha yirik bo'lsa, ular shuncha mo'rt bo'ladi. Agar po'latlarni  $AE$  chiziqqa ( $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$  diagrammasiga qarang) yaqin haroratda qizdirilsa, yirik donli po'lat havo kislorodi hisobiga kuyib, zagotovka ishga yaroqsiz holga keladi. Demak, po'latlarni termik ishlashda qizdirish haroratini po'lat markasiga ko'ra to'g'ri belgilashning ishlash sifati va ish unumdorligiga ahamiyati g'oyat katta.

6. Termik ishlashda pechlar termojuftli potentsiometr bilan jihozlangan bo'lib, pechni zarur haroratda saqlaydi. (Shu bilan birga ba'zan amalda metallarni qizdirishda ularning cho'g'lanish ranglaridan ham foydalanish mumkin).

7. Ikkinchi tomondan, masalan, evtektoid po'latni austenit holatidan, sekin sovitishda austenitda uglerodning erish qobiliyati kamayishi sababli undan uglerod ajralib, sementit hosil bo'ladigan markazlarni yuzaga keltiradi. Austenitlarning sovitish tezligini rostlash ila perlit donlari o'lchamini o'zgartirish mumkin. Quyida po'latlarni termik ishlash usullari va ularni qanday bajarish haqida ma'lumotlar keltiriladi.

### Metallarni qizdirishda ularning cho'g'lanish ranglari

och sariq	220°
sariq	230°
to'q sariq	240°
jigarrang	255°
jigarrang qizil	265°
binafsha	285°
to'q havo rang	295–310°
och havo rang	315–325°
kulrang	330°

nurlanishning boshlanishi	530–580°
to'q qizil	580–650°
to'q olcharang	650–720°
olcharang	720–780°
och olcharang	780–830°
qizil	830–900°
och qizil	900–1050°
sariq	1050–1150°
och sariq	1150–1250°
oq	1250–1300° va yuqori

**8. Diffuzion yumshatishdan** quyma po'lat zagotovkalar kimyoviy tarkibining notekisligini tekislash maqsadida foydalaniladi. Buning uchun evtektoidgacha bo'lgan po'lat zagotovkalarni  $As_3$  kritik haroratdan 200–300°C yuqoriroq haroratgacha qizdirilib, shu haroratda 10–15 soat saqlanadi, keyin 600°C haroratgacha pech bilan birga, so'ngra havoda sovitiladi. Zagotovkalarni yuqori haroratda qizdirishda austenit donlaridagi uglerod va boshqa elementlar diffuziyalanib, tarkibi deyarli tekislanadi va bunda austenit donlari yiriklashadi. Shu boisdan diffuzion yumshatishdan keyin donlarni maydalash maqsadida zagotovkalar to'la yumshatilmog'i kerak.

**9. Qayta kristallanuvchi yumshatish.** Sovuqlayin bosim bilan ishlangan po'lat zagotovkalarining fizik puxtaligini pasaytirib, plastikligini ko'tarish yo'li bilan ichki zo'riqish kuchlanishlardan holi etish maqsadida bu ishlovdan foydalaniladi. Buning uchun po'lat zagotovkalarni 680–700°C haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlab, keyin pech bilan birga sekin sovitiladi.

**10. Ichki zo'riqish kuchlanishlarni kamaytirish uchun yumshatish.** Shtamplash, payvandlash kabi texnologik usullarda olingan buyumlardagi ichki zo'riqish kuchlarni kamaytirish uchun ularni 350–600°C haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlab, keyin pech bilan birga sekin sovitiladi.

**11. To'la yumshatish.** Yumshatishning bu usulidan yirik donli po'lat zagotovkalar donlarini maydalash yo'li bilan tekislab, ichki zo'riqish kuchlanishlaridan holi etish maqsadida foydalaniladi. Buning uchun evtektoidgacha bo'lgan po'lat zagotovkalarni  $As_2$  kritik haroratdan, evtektoid va evtektoiddan keyingi po'latlarni  $As_1$  kritik haroratdan  $30-50^{\circ}C$  yuqoriroq haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlab, keyin pech bilan birga sovitiladi. Shuni ham qayd etish lozimki, agar evtektoiddan keyingi po'lat zagotovkalar  $As_1$  kritik haroratli chiziqdan yuqoriroq haroratgacha qizdirilib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlab, keyin pech bilan birga sovitilganda ajratilayotgan ikkilamchi sementit perlit donlarini o'rab mo'rtlashtirib yuboradi. Shu sababli bu po'latlar austenit tuzilishli holgacha qizdirilmaydi.

**12. Chala yumshatish.** Yumshatishning bu xilidan po'lat zagotovkalarni ichki zo'riqish kuchlanishlaridan holi etib, mexanik ishlovlarga moyil etish maqsadida o'tkaziladi. Buning uchun po'latlarni  $750-780^{\circ}C$  haroratgacha qizdirilib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlab, keyin pech bilan birga sekin sovitiladi.

**13. Izotermik yumshatish.** Bu usuldan to'la yumshatish maqsadlarida foydalaniladi. Bunda evtektoidgacha bo'lgan po'lat zagotovkalarni  $As_3$  kritik haroratgacha, evtektoid va evtektoiddan keyingi po'latlarni esa  $As_1$  kritik haroratdan  $30-50^{\circ}C$  dan yuqoriroq haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlab turiladi, keyin kutilgan maqsadga ko'ra, masalan,  $600-700^{\circ}C$  li muhitga o'tkazib, unda austenit ferrit bilan sementit fazalarga to'la parchalanguncha saqlanadi, so'ngra havoda sovitiladi.

**14. Donador perlit olish maqsadida yumshatish.** Bu usuldan evtektoiddan keyingi po'lat zagotovkalardagi plastinka tarzidagi sementit donlarini mayda donli tuzilishga o'tkazish uchun foydalaniladi. Buning uchun po'lat zagotovkani  $As_1$  kritik haroratdan biroz yuqoriroq haroratgacha ( $750-760^{\circ}C$ ) qizdirilib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlanadi, keyin pech bilan birga sekin sovitiladi.

**15. Ma'lumki, po'lat zagotovkalarni  $As_1$  kritik haroratdan biroz yuqoriroq haroratda qizdirilganda perlit donlari austenitga aylanib, sementit donlari saqlanib qoladi. Bu po'latlarni shu haroratdagi holatidan sovitishda esa sementit va begona birikmalarning donlari**

qo'shimcha kristallanish markazlari hosil qilib, mayda, donador perlit tuzilma olinadi.

**16. Normallash.** Po'lat zagotovkalarining donlari maydalanib, bir tekis tuzilmali bo'lib qoladi va ichki kuchlanishlardan holi etiladi. Buning uchun po'lat zagotovkalarini markasiga ko'ra  $As_3$  yoki  $As_1$  kritik haroratdan  $30-50^{\circ}C$  yuqoriroq haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlab, keyin havoda sovitiladi. Po'latlarning markalariga ko'ra, bu ishlovdan yumshatish yoki toblash o'rnida foydalansa ham bo'ladi.

**17. Toblash.** Bu usuldan konstruksion po'latlardan tayyorlanadigan tishli g'ildiraklar, vallar, kulachoklar va boshqalarning puxtaligini, asbobsozlik po'latlardan tayyorlanayotgan keskichlarning keskiriligini ko'tarib kam yeyiladigan tish maqsadida foydalaniladi. Buning uchun evtektoidgacha bo'lgan po'lat zagotovkalar  $As_3$  kritik haroratdan evtektoid va evtektoiddan keyingi po'latlar  $As_1$  kritik haroratdan  $30-50^{\circ}C$  yuqoriroq haroratda qizdirilib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlanadi, keyin kritik tezlik ( $V_{kr}$  dan yuqori tezlikda sovitiladi. Bunda austenit ferrit bilan sementitga parchalanishga ulgurmaydi va martensit deb ataluvchi uglerodga o'ta to'yingan qattiq eritmaga [ $Fe_a(S)$ ] o'tadi hamda uning qattiqligi HRC ~ 62 ga ko'tariladi.

**18.** Agar austenit holatidagi po'lat zagotovkani, masalan, moyda (sekundiga  $80-100^{\circ}C$  tezlikda) sovitilsa, austenit ferrit bilan sementitning juda mayda bo'lgan mexanik aralashmalariga parchalanib, troostit deb ataluvchi tuzilishga o'tadi va uning qattiqligi HRC 40-45 ga ko'tariladi. Agar austenit holatidagi po'lat zagotovkalarini, masalan, qizdirilgan moyda (sekundiga  $50-70^{\circ}C$  tezlikda) sovitilgan, u troostit tuzilishli donalariga nisbatan yirikroq bo'lgan ferrit bilan sementitning mexanik aralashmasiga parchalanib, sorbit deb ataluvchi tuzilishga o'tadi va uning qattiqligi HRC 30-35 ko'tariladi.

**19.** Shuni qayd etish zarurki, amalda kam uglerodli ( $C < 0,3\%$ ) po'lat zagotovkalar toblanmaydi, chunki, bu po'latlar toblaganda uning martensitga o'tish harorati o'rtacha va ko'p uglerodli po'latlarga qaraganda ancha yuqoriroqligi sababli sovitishda austenit ferrit bilan sementit fazalarga parchalanib kutilgan martensit tuzilma olinmaydi. Ma'lumki, po'lat zagotovkalarini toblashda sirt qatlami o'zak qismiga qaraganda tezroq sovishi natijasida fazalar

o'zgarishi oqibatida unda zo'riqish kuchlari hosil bo'ladi. Agar u kuchlanishlar katta bo'lsa, zagotovka tob tashlashi va yorilishi mumkin. Shuning uchun toblanadigan zagotovkalarining markasi, shakli va o'lchamlariga ko'ra toblash muhiti hamda unga qay tarzda tushirishga ahamiyat berish ham kerak.

**20. Bo'shatish.** Bu usuldan toblangan po'lat zagotovkalarni ichki zo'riqish kuchlanishlaridan holi etish bilan qattiqligi saqlangan holda, qovushqoqligini ko'tarish maqsadida foydalaniladi. Toblangan po'lat zagotovkalarni bo'shatishdan kutilgan maqsadlarga ko'ra bo'shatish tubandagi tartiblarda olib boriladi.

**21. Past haroratli bo'shatish.** Bu bo'shatishdan maqsad toblangan, masalan, keskichlar yoki o'lchov asboblari ichki zo'riqish kuchlanishlaridan holi etib qattiqligi saqlangan holda qovushqoqligini ko'tarishdir. Buning uchun toblangan po'lat 150–250°C haroratgacha qizdirilib shu haroratda ma'lum vaqtga saqlanadi, keyin sekin sovitiladi.

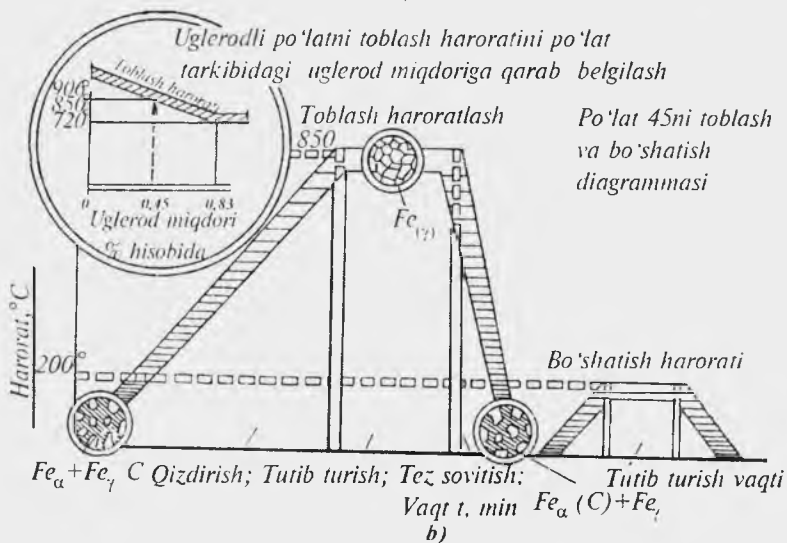
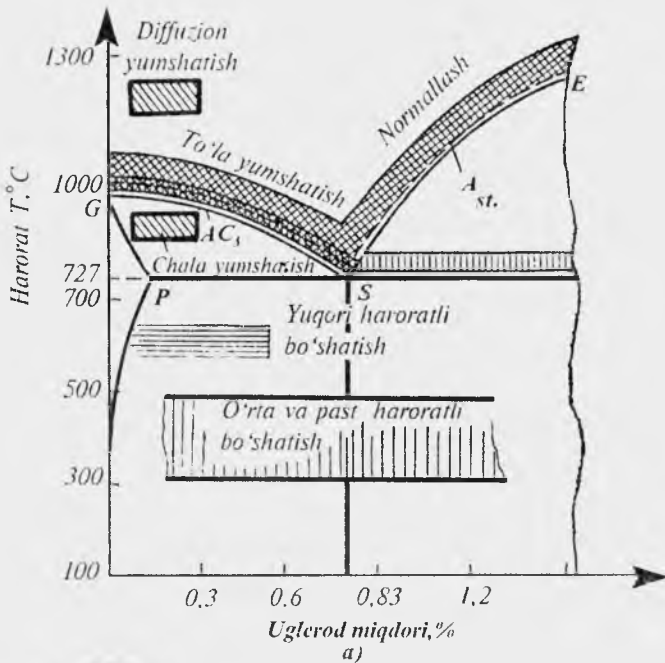
**22. O'rtacha haroratli bo'shatish.** Bunda bo'shatilgan martensit tuzilma olinadi. Bu bo'shatishdan maqsad — toblangan, masalan, prujina, shtamlarni ichki zo'riqish kuchlanishlaridan holi etib, qovushqoqligini ko'tarish va troostit tuzilma olishdir. Buning uchun toblangan po'lat zagotovkalar 350–500°C haroratgacha qizdirilib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlanadi-da, keyin sekin sovitiladi.

**23. Yuqori haroratli bo'shatish.** Bundan bo'shatish toblangan konstruksion po'latlardan tayyorlayotgan detallar qovushqoqligini va plastikligini ko'tarib, sorbit tuzilma olish maqsadida o'tkaziladi. Buning uchun toblangan po'lat zagotovka 500–650°C haroratgacha qizdirilib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlanadi va sekin sovitiladi (5.2-rasm).

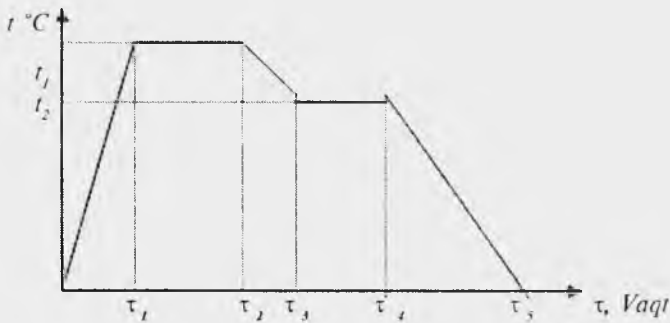
### 5.3. Termik ishlash asoslari

**Termik ishlash** deb, metall qotishmalarini qizdirish, ushlab turish va sovitish operatsiyalar yig'indisiga aytiladi, bunda ichki qurilishi va strukturasi o'zgarishi hisobiga kerakli xossalarni olishni maqsad qilib qo'yadi (5.2-rasm). Termik ishlash oxirgi yoki oraliq operatsiya bo'lishi mumkin. Termik ishlash natijasida struktura o'zgarib, muvozanat va nomuvozanat holatda bo'lishi mumkin. Muvozanat





5.2-rasm. Po'latlarning turli termik ishlovda qizdirish haroratlari (a) va ularni toblash harorati tarkibidagi uglerod miqdoriga qarab aniqlash hamda toblab bo'shatish grafik tarzida ko'rsatilishi.



5.3-rasm. Termik ishlash diagrammasi.

holat qotishmadagi barcha jarayonlar to'la tugallangandan so'ng amalga oshadi. Nomuvozanat holat bunga qarshi sharoitda vujudga keganda bo'ladi.

Uzoq vaqt saqlanadigan nomuvozanat holatga misollar: puxtalanish («naklyop»), kimyoviy tarkibi bir xil emasligi likvatsiya natijasida, «bo'lat» po'latining strukturasi (5.3-rasm).

Qizdirish natijasida atomlarning issiqlik harakatlarining kattalashishi muvozanat holatga o'tishga yordam beradi.

Kritik nuqtalar *A* harfi bilan belgilanadi: fransuzcha «arret» – to'xtash so'zidan. *A<sub>1</sub>* – PSK chizig'i bo'ylab (727°C) joylashib, perlitni austenitga o'tishiga to'g'ri keladi. *A<sub>2</sub>* – MO (768°C) chizig'i bo'ylab, ferritni magnitli o'zgarishini ifodalaydi. *A<sub>3</sub>* – *GS* va *SE* chiziqlariga to'g'ri keladi.

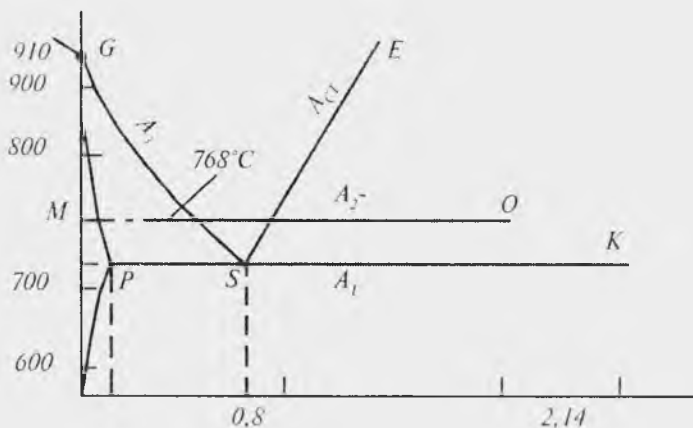
*GS* – sovitilganda chizig'i bo'ylab austenitdan ferrit ajralib chiqib boshlaydi; yoki qizdirilganda ferritni austenitga aylanishi tugaydi. *SE* bo'ylab austenitdan sovitilganda ikkilamchi sementit ajrala boshlaydi, yoki uning austenitdagi erishi qizdirilganda tugaydi.

O'tishlar (bir holatdan ikkinchiga) qizdirish va sovitishda har xil haroratda o'tgani uchun: qizdirilayotganda «C»; «r» – sovitilayotganda indeksleri qo'yiladi: *A<sub>c1</sub>*; *A<sub>c3</sub>*; *A<sub>r1</sub>*; *A<sub>r3</sub>*.

Termik ishlash usullari 3 xil:

**1. Sof termik ishlash. 2. Termomexanik ishlash. 3. Kimyoviy-termik ishlash.**

Sof termik ishlashga: a) yumshatish; b) normallashtirish; d) toblash; e) bo'shatish.



5.4-rasm. Kritik nuqtalar va chiziqlar.

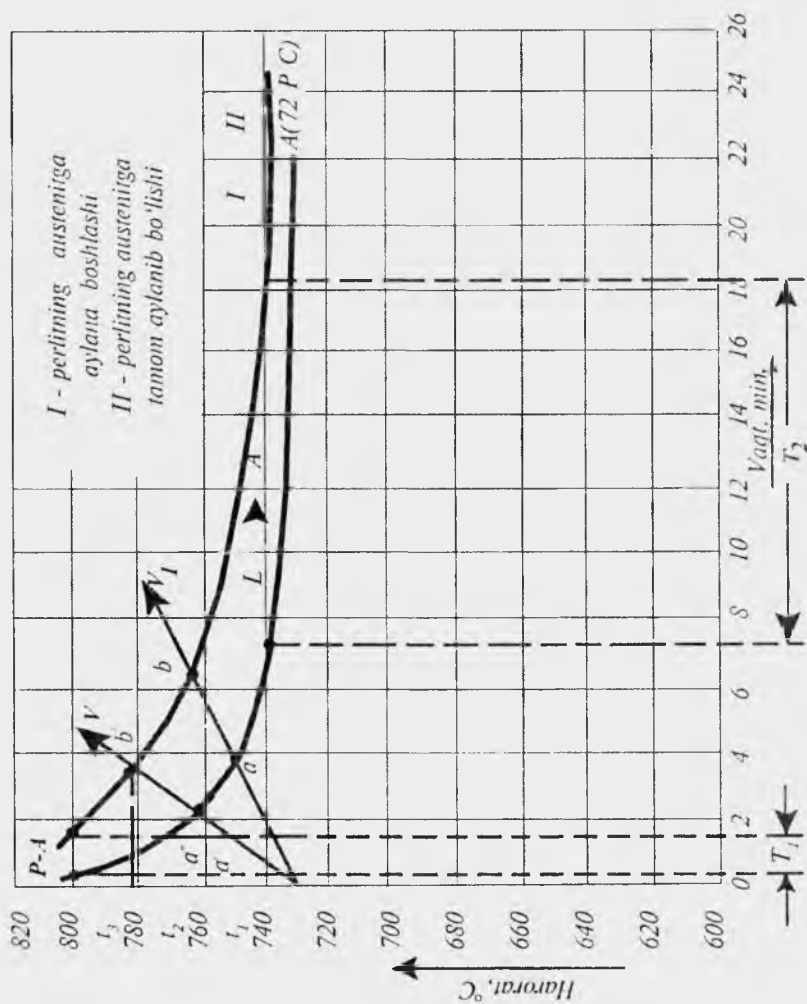
### 5.3.1. Po'latni qizdirishdagi o'zgarishlar. Austenitning hosil bo'lishi

Fe-Fe<sub>3</sub>C holat diagrammasida muvofiq eutektoidgacha bo'lgan po'lat  $A_{c3}$  kritik nuqtadan, eutektoid po'lat  $A_{c1}$  kritik nuqtadan, eutektoiddan keyingi po'lat esa  $A_{cm}$  kritik nuqtadan yuqori haroratgacha qizdirilsa, faza o'zgarishlari sodir bo'lib, bu o'zgarishlar austenit hosil bo'lishi bilan tugaydi (5.4-rasm).

Po'lat qizdirilganda **perlitning austenitga aylanish** jarayoni diqqatga sazovor hodisadir. Po'lat nihoyatda sekin qizdirilgandagina perlit 727°C haroratda austenitga aylanadi, aks holda perlitning austenitga aylanish jarayoni kechikib, o'ta qizish hodisasi ro'y beradi. Kritik nuqtadan yuqori haroratgacha o'ta qizilgan perlit austenitga har xil tezlik bilan aylanadi. O'ta qizdirilgan perlitning austenitga aylanish tezligi o'ta qizish darajasiga bog'liq bo'ladi.

5.5-rasmda har xil haroratlarda (o'ta qizish darajalarida) perlitning austenitga aylanish vaqtini ko'rsatuvchi egri chiziqlar tasvirlangan.

I va II — egri chiziqlarning o'zaro joylashuvi harorat qancha yuqori bo'lsa, **perlit** austenitga shuncha tez aylanishini ko'rsatadi. Masalan, po'lat tez qizdirilib, 800°C haroratda ushlab turilganda perlit austenitga  $T_1$  vaqt ichida; po'lat tez qizdirilib, 740°C haroratda



5.5-rasm. Austenitini hosil bo'lish grafi.

tutib turilganda esa  $T_2$  vaqt ichida aylanadi.  $T_2 > T_1$  diagrammadan yaqqol ko'rinib turibdi.

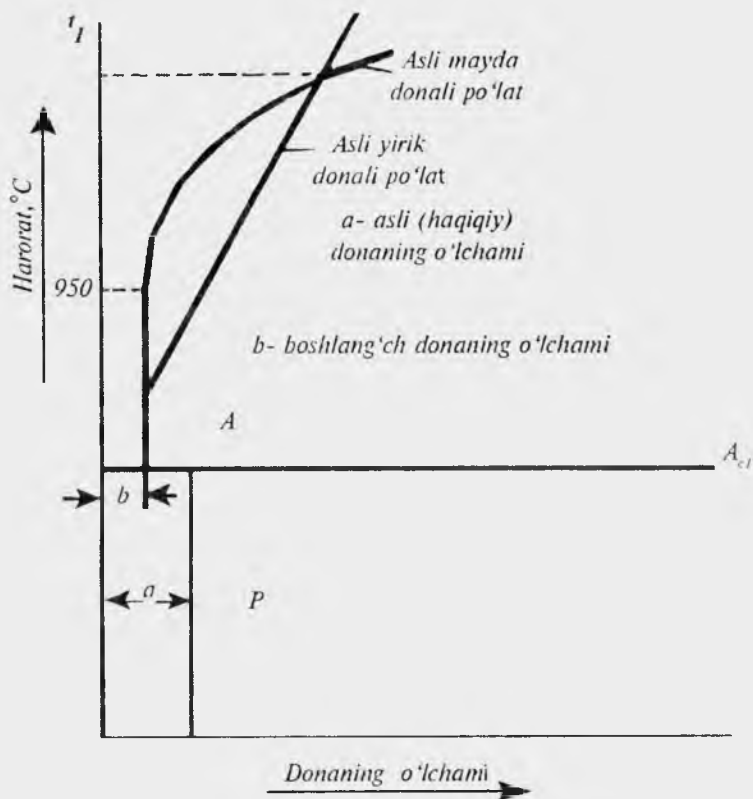
$V_1$  nur po'latning ma'lum bir tezlik bilan qizdirilishini ko'rsatadi. Bu nur I va II egri chiziqlarni  $a'$  va  $b'$  nuqtalarda kesib o'tadi. Demak, po'lat  $V_1$  tezlik bilan uzluksiz qizdirilsa,  $a'$  nuqtaga to'g'ri keladigan  $t_1$  haroratda perlitning austenitga aylanishi davom etib,  $b'$  nuqtaga to'g'ri keladigan  $t_2$  haroratda tugallanadi. Agar po'lat tezroq qizdirilsa,  $V_2$  nur I va II chiziqlarni  $a''$  va  $b''$  nuqtalarda kesib o'tadi. Binobarin, po'lat tez qizdirilsa,  $a''$  nuqtaga to'g'ri keladigan  $t_3$  haroratda perlitni austenitga aylanishi davom etib,  $b''$  nuqtaga to'g'ri keladigan  $t_4$  haroratda bu aylanish tugallanadi. Biz yuqorida uzluksiz qizish egri chiziqlarini ham chizish mumkinligini ko'rsatdik.

Yuqoridagi holat evtektoid tarkibidagi po'latlarga oid. Evtektoid-gacha po'latlar  $A_{c1}$  dan yuqori haroratda austenit va ferritdan, evtektoiddan keyingi po'latlar austenit va sementitdan iborat.  $A_{c3}$  ( $A_{cr}$ ) gacha qizdirish davrida ferrit va sementit asta austenitda eriydi  $A_{c3}$  dan yuqorida bir fazli austenit struktura bo'ladi.

Ikki tur po'lat bo'ladi: 1. Asli yirik donali. 2. Asli mayda donali. Asli yirik donali po'lat donalarining moyili yuqori, asli mayda donali po'lat donalariniki esa pastdir. Bu holat 5.6-rasmdagi sxemada berilgan.

Po'latni qizdirish harorati  $A_{c1}$  kritik nuqtadan o'tganda po'lat donasi kichrayib ketadi. Mayda donali po'lat qizdirishda davom ettirilsa, austenit donasi taxminan  $950^\circ\text{C}$  haroratgacha o'smay turadi, shu haroratdan yuqorida esa austenit donasiga to'sqinlik qiluvchi g'ovlarning erishi natijasida dona tez o'sa boshlaydi. Yirik donali po'latda austenit donasiga hech narsa to'sqinlik qilmagani uchun harorat  $A_{c1}$  kritik nuqtadan o'tgach, ko'p o'tmay dona yiriklasha boradi.

$A_{c1}$  kritik nuqtadan ozroq yuqori (nuqtada) haroratda asli donali po'latdagi austenit donasi asli mayda donali po'latdagi austenit donasiga qaraganda katta;  $t_1$  haroratdan yuqori haroratlarda esa, aksincha, asli yirik donali po'latdagi austenit donasi asli mayda donali po'latdagi austenit donasidan kichik bo'ladi. Shu sababli po'latning ayni bir bo'lagidagi donalarning o'lchamiga qarab asli donadorlikni bilib bo'lmaydi.



5.6-rasm. Dona o'lchamlarining haroratga bog'liqligi.

Perlit donalarining o'lchami, birinchi navbatda, austenit donalari o'lchamiga bog'liqdir, chunki shu austenitdan hosil bo'ladi. Austenit donalari qanchalik katta bo'lsa, perlit donalari ham shunchalik yirik bo'ladi (5.7-rasm).

Uglerod miqdori austenit donasining moyilligini pasaytiradi: shu evtektoiddan keyingi po'lat donalarining moyilligini evtektoid po'latinikidan past.

Legirlovchi elementlar ham austenit donasining moyilligini pasaytiradi (demak, austenit donalari mayda bo'ladi).

Po'latni biror tur termik ishlash yo'li bilan unda hosil qilingan donaning o'lchami haqiqiy o'lcham (haqiqiy dona) bo'ladi.

Donalarning o'lchami po'latning mexanik xossalari ta'sir qiladi.

Mayda donachali po'latlar yuqori mexanik xossalarga ayniqsa, yaxshi zarbiy qovushqoqlikka ega bo'ladi.

Po'latda austenit donalarining po'latning qattiqligi, uzilishga qarshiligi, oquvchanlik chegarasi va nisbiy uzayishga ta'sir etmaydi. lekin zarbiy qovushqoqlikni pasaytiradi.

Po'latni qizdirib turib ishlashning texnologik jarayoni po'lat donalarining asl o'lchamiga bog'liq bo'ladi, chunki po'lat xossalari donalarning haqiqiy o'lchami ta'sir etadi.

O'ta qizish va o'ta quyish hodisasi austenit donalarining (yiriklashuvi) haroratga bog'liq. Harorat qanchalik yuqori bo'lsa va po'latni bu haroratda ( $A_{c1}$  dan yuqorida) ushlab turish vaqti ko'p bo'lsa, austenit donachalari shunchalik kattalashadi. Yuqori haroratda qizdirib, austenit donalarini yiriklashtirish o'ta qizdirish deyiladi. Haddan tashqari – solidus chizig'i yaqinida qizdirish mumkin emas, chunki, po'latda tuzatib bo'lmaydigan nuqson hosil bo'ladi.

Buni o'ta quyish deyiladi: solidus chizig'iga chegarada po'lat donalari chegaralarida asosiy faza va ba'zi qo'shimchalar suyuqlana boshlab, bu yerlarga havo kislorodi kira boshlaydi; metall va qo'shimchalar bilan birikib oksidlar yoki donalarni ajratuvchi pardalar hosil qiladi. Bu puxtalik va plastiklikni pasaytiradi. Pardam termik ishlash yo'li bilan yo'qotib bo'lmaydi. Bu po'latdan detall yasab bo'lmaydi.

Buning oldingi olish uchun po'latni solidus chizig'idan kamida 100–200°C pastda qizdirish kerak.

### **5.3.2. Po'latni sovitishda austenitda bo'ladigan o'zgarishlar.**

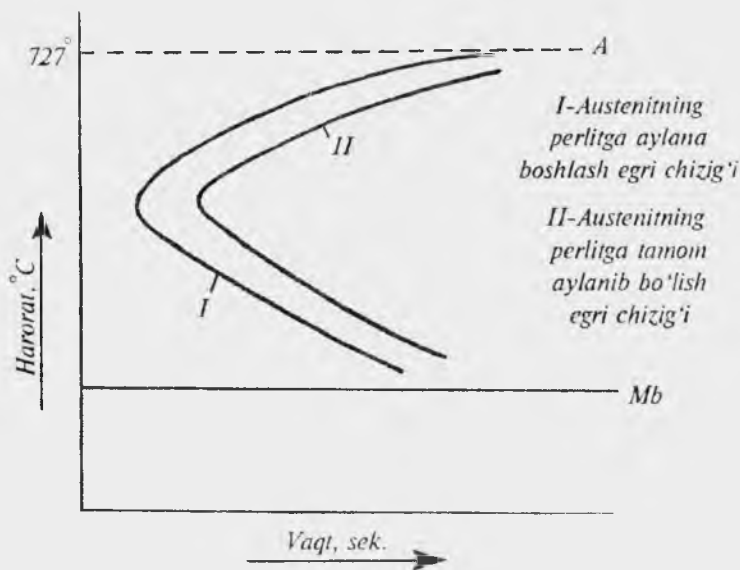
#### **O'ta sovitilgan austenitning o'zgarishi.**

#### **Austenitning perlitga aylanishi**

Bu jarayon austenitning *ferrit va sementitga* ajralishidan iborat:



$A_1$  kritik nuqtada austenit hamda uning parchalanish mahsulotlari va perlitning erkin energiyasi bir xil, shu austenit perlitga aylanmaydi  $A_1$  dan pastda perlit erkin energiyasi austenitnikidan



5.7-rasm. Perlitning hosil bo'lishi.

kichik bo'lib qoladi; shunda austenit perlitga aylana boshlaydi. Harorat qancha past bo'lsa, erkin energiyalar farqi shuncha katta bo'ladi, austenit perlitga shuncha tez aylanadi.

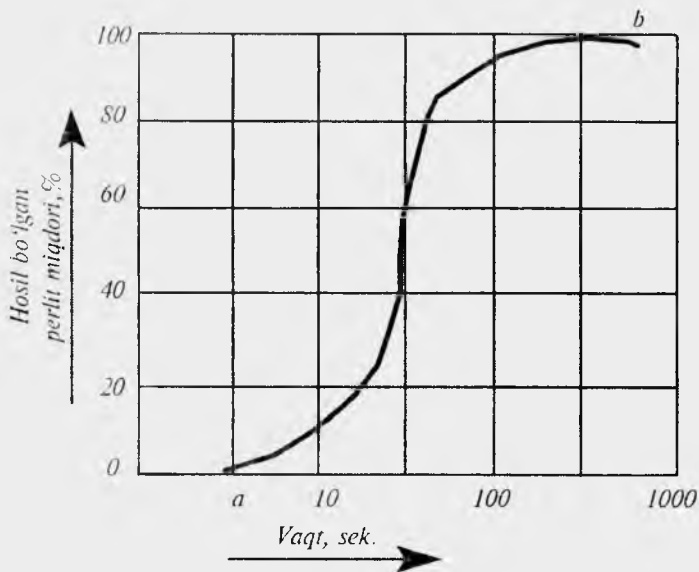
**Austenit** parchalanganda ferrit va sementit hosil bo'ladi. Ferritda uglerod nihoyatda kam, sementitda 6,67 %.

Demak, austenitning perlitga aylanishida uglerod diffuziya yo'li bilan qayta taqsimlanadi. Haroratning pasayishi diffuziyani pasaytiradi: bu o'ta sovish austenitni perlitga aylanishi jarayonini pasaytiradi (5.8-rasm).

Xulosa qilib aytganda, harorat pasayishi bilan, bir tomondan  $A \rightarrow P$  aylanish tezligi erkin energiya farqi hisobiga tezlashadi, ikkinchi tomondan, uglerod diffuziyasi sekinlashishi hisobiga sekinlashadi.

$A_1$  da austenit perlitga aylanmaydi.  $200^\circ\text{C}$  da ham parchalanmaydi, chunki bunda uglerodning diffuziyalanish tezligi yetarli emas. Quyida austenitning perlitga aylanishi kinetik egri chizig'i berilgan. Har xil haroratda izotermik (o'zgarmas haroratda) sovitishda  $a$  va  $b$  nuqtalarni birlashtirsak, austenitning perlitga izotermik aylanishini ko'rsatuvchi diagramma hosil bo'ladi.





5.8-rasm. Austenitni perlitga aylanish kinetik egri chizig'i:  
**a** nuqtada austenit perlitga aylana boshlaydi,  
**b** nuqtada austenitning hammasi perlitga aylanib bo'ladi.

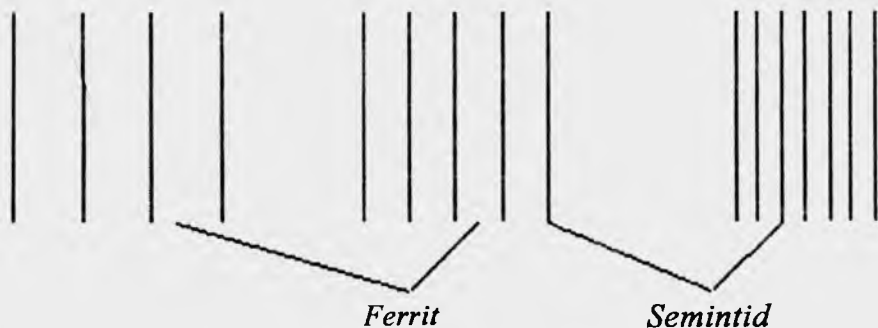
Austenit o'zgarishida hosil bo'ladigan strukturalarni ko'rib chiqamiz. Bu sovish tezligiga bog'liq.

650–700°C da perlit hosil bo'ladi. Bunda asosiy faza sementit bo'ladi. Sementit plastinkalari hosil bo'lishi hisobiga qo'shni uchaskalardagi austenit uglerodga «kambag'allashadi» (uglerodi o'tib ketadi). Bu esa o'z navbatida ferrit plastinkalarining paydo bo'lishiga olib keladi. Ketma-ket qaytariluvchi sementit va **ferrit plastinkalari** paydo bo'ladi.

Harorat pasayishi bilan hosil bo'layotgan yangi faza «заподыш»lari ko'payadi. Bu plastinkalar sonini ko'paytiradi. Albatta bunda plastinkalar o'lchamlari va ular orasidagi masofa kamayadi. Buni maydalik – disperslikning oshishi deyiladi.

Perlit, sorbit, troostit hammasi ferrit va sementitlarning mexanik aralashmasi. Farqi ularning disperiligidagi. Perlit sovish tezligi 1°C/sek da, sorbit 50–80°C/sek da, 80–100°C/sek da esa troostit va 200–250°C/sek da martensit hosil bo'ladi.

Disperslik ortishi bilan qattqlik va mustahkamlik ortadi.



600–650°C da **sorbit** (ingl. G. Sorbi)  
 550–600°C da **troostit** (fran. L. Trust)  
 500°C pastda **beynit**

Sovish tezligi katta bo'lganda diffuzion jarayonlar to'xtab,  $\gamma \rightarrow \alpha$  polimorf o'zgarish sodir bo'ladi. Austenitda erigan hamma uglerod ferritda qolib, to'yingan qattiq eritma hosil bo'ladi.

**Martensit** – uglerodning  $\alpha$ -temirdagi suqilib kirgan qattiq eritmasi.

Austenitning martensitga aylanishi diffuziyasiz o'tib, uglerod miqdori o'zgarmay, faqat kristallik panjara (yoqlari markazlashgan kub  $\rightarrow$  hajmi markazlashgan tetragopol panjaraga) o'zgaradi.

To'la yumshatishda  $A_{c3}$  dan yuqorida qizdirilib pech bilan birga sovitiladi, bunda donali ferrit-sementit aralashma bo'ladi, plastiklik oshib, qirqib ishlash osonlashadi. Chala yumshatishda austenit P va F ga aylanadi, ishlash osonlashadi.

Normallashtirishda (havoda sovitishda) dag'al sementit to'ri yo'qolib, quyish, prokat va bolg'lashda hosil bo'lgan yirik donalar yo'qolib, mayin struktura hosil bo'ladi.

Bo'shatishda martensit mo'rtligi yo'qoladi.

### 5.3.3. Har xil sovitish darajasida austenitning martensitga aylanishi

Po'latni sovitish tezligini kattalashtirish bilan yoki unga legirlovchi elementlar kiritish bilan austenitning o'ta sovitish darajasini ancha-muncha ko'tarish, ya'ni aylanish (o'zgarish) haroratini pasaytirish mumkin.

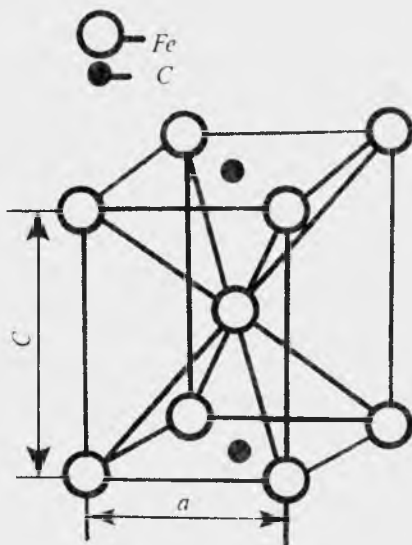
Austenitning o'ta sovish darajasi aylanishlar mexanizmi va kinetikasiga ta'sir qiladi-da, aylanishlar **mahsulotlari** strukturasi va xossalriga ta'sir qilishi tushuniladi.

O'ta sovigan austenitning parchalanish jarayoni ikki xil bo'ladi: perlitli va oraliqli yoki beynitli (diffuzion): martensitli (diffuzionsiz). **Diffuziya** – qattiq jismda atomlarning harakati.

Austenit  $Fe_\gamma(C)$  ning martensitga, ya'ni  $Fe_\alpha(C)$  ga aylanishi austenitning eitektoid parchalanishidan farq qiladi. Austenitning eitektoid parchalanishi – perlitga aylanishi diffuzion parchalanishdir, chunki unda uglerodning diffuziyalanishi asosiy rol o'ynaydi.

Austenitning martensitga aylanishi diffuziyasiz o'zgarish bo'lib, bu jarayon vaqtida uglerod miqdori o'zgarmay, faqat kristall panjara o'zgaradi, yoqlari markazlashgan kub panjara hajmi markazlashgan tetragonal panjaraga aylanadi (5.9-rasm).

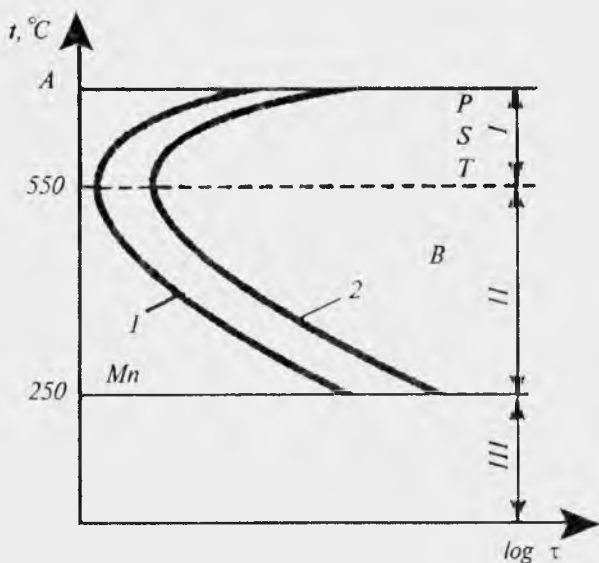
Austenit kristall panjaralarining martensit kristall panjaralarining aylanishi natijasida po'latning zichligi kamayadi, shuning uchun austenit martensitga aylanganda hajm ortadi; hajmning ortishi esa austenitning martensitga aylanish jarayoniga katta ta'sir ko'rsatadi.



5.9-rasm. Martensit kristall panjarasining elementar katakchasi.

### 5.3.3.1. Austenitning perlitga aylanishi

Austenitning turg'unligiga o'ta sovish darajasining ta'siri va aylanish tezligi chizmada diagramma holatida ko'rsatiladi. Bu diagrammalar aylanish harorati – koordinatalarida quriladi. Odatda, vaqt logarifmik shkalada belgilanadi (5.10-rasm).



5.10-rasm. O'ta sovigan evtektoidli po'lat austenitning izotermik aylanishi diagrammasi:

I – perlitli aylanish; II – oraliq aylanish; III – martensitli aylanish.  
P – perlit; S – sorbit; T – trostit; B – beynit. 1 – o'ta sovigan austenitning martensitga aylanishi boshlanishini ko'rsatuvchi chiziq; 2 – to'la aylanib bo'lishini ko'rsatuvchi chiziq.

Diagrammada S-simon ikkita egri chiziq ko'rsatilgan. Bular o'ta sovigan austenit aylanish vaqtining boshlanishi va tugallanishini ko'rsatadi. Chiziq 1 ning chap tomonida o'ta sovigan austenit joylashgan, 1 va 2 orasida aylanish jarayoni o'tadi; 2 chiziqning o'ng tomonida austenitning aylanish mahsulotlari joylashgan. Austenitning turg'unligi o'ta sovish darajasiga bog'liq.

Eng kichik turg'unlik 550°C ga yaqin zonada; evtektoid po'lat uchun austenit turg'unligi 550–560°C haroratda 1 sek.ga teng; 550°C ga nisbatan haroratning ortishi yoki kamayishi bilan austenit

turg'unligi ortadi: masalan, 700°C da 10 sek.ni; 300°C da 60 sek.ni tashkil qiladi.

Austenitning  $A_{r1}$ –550°C aylanishi perlitli; 550°C – Mn intervalidagi aylanishi oraliqli deyiladi.

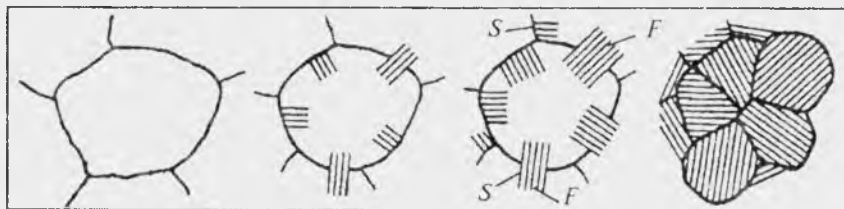
Perlitga aylanish harorat intervalida ferrit va sementit intervalaridan tuzilgan plastinkasimon struktura hosil bo'ladi. Perlitli struktura qurilishi aylanish haroratiga bog'liq. Kristallanish qonuni asosida, o'ta sovish darajasi kattalashishi bilan hosil bo'layotgan kristallar o'lchamlari kichiklashadi, ya'ni ferrit-sementit aralashmasi dispersligi (mayda zarrachalarga ajralishi – mayda zarrachalar soni ortishi) oshadi.

Perlitli strukturalarning dispersligi deb plastinkalar orasidagi masofa qabul qilingan. Buni o'lchash birligi sifatida qo'shni ferrit (F) va sementit (S) plastinkalarining qalindligining o'rtacha yig'indisi olinadi (5.11-rasm).

Agar aylanish 650–670°C dan yuqoridan o'tsa, ferrit ab sementit kristallarini nisbatan qo'pol – dag'al aralashmasi hosil bo'ladi: bunda plastinkalar orasidagi masofa (5–7)  $10^{-7}$  m bo'ladi. Bu aralashma aslida *perlit* deb ataladi.

Harorat 540–590°C dagi aylanishda plastinkalar orasidagi masofa (3–4)  $10^{-7}$  m ga teng bo'ladi. Bu perlitli strukturaga sorbit strukturasi (ingliz olimi G. Sorbi nomiga) deyiladi. Aylanish harorati 580–550°Cda plastinkalar orasidagi masofa kamayadi va (1–2)  $10^{-7}$  m ga teng bo'ladi. Bu struktura *troostit strukturasi* (Gollandiyalik olimi, R.Troost nomiga) deyiladi.

Perlitli koloniyalar kristallanish markazlari, asosan, austenit zarrachalari donalari chegaralarida paydo bo'ladi; bunda perlitli koloniyalar har tomonga qarab o'sadi (5.11-rasm).



5.11-rasm. Perlit kolonlarini – koloniyalarining o'sish sxemasi ( F – ferrit, S – sementit).

O'ta sovish darajasining kattalashishi bilan kristallanish markazlarining soni tez ko'payadi; o'z navbatida atomlar ko'chadigan siljiydigan masofa kamayadi.

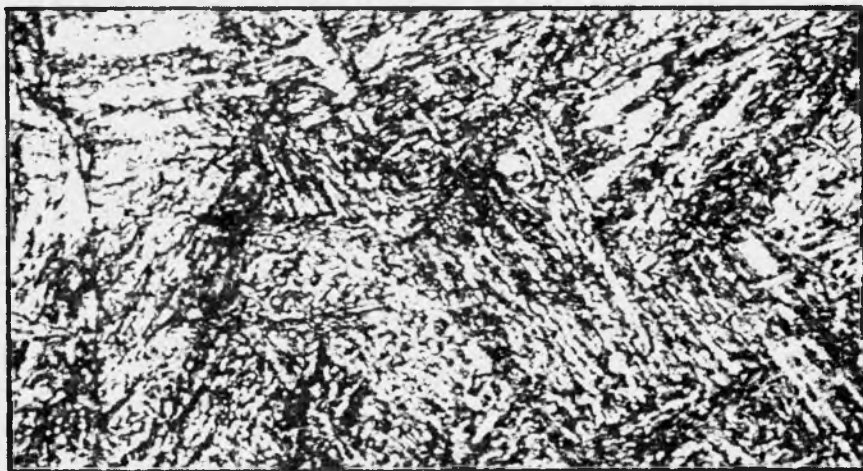
Perlitli tipdagi strukturaning mayda zarralanishi (maydalanib zichlanishi) po'latning mustahkamligi va qattiqligi natijasida ortadi. Sorbit strukturasi yaxshi plastiklik va qovishqoqlik qobiliyatiga ega.

### 5.3.3.2. Austenitning martensitga aylanishi

Martensitga aylanish  $M_b$  (martensitga aylanishning boshlanishi) dan  $M_f$  (martensitga aylanish tugashi) gacha bo'lgan harorat oralig'ida jadal o'tadi. Shu harorat oralig'ida ozgina izotermik ushlab turish austenitning turg'unlashtirib aylanishning oxirigacha borishiga to'sqinlik qiladi; natijada po'lat strukturasi martensitdan tashqari *qoldiq austenit* ham bo'ladi.

Qoldiq austenitni martensitga aylantirish uchun ham o'ta sovish darajasini oshirish kerak.

Bunda yangi siljish tekisliklari va martensitning yangi plattinkalari hosil bo'ladi. Po'latdagi uglerod miqdori 0,6 % dan ortganda ham qoldiq austenit hosil bo'ladi. Shuning uchun juda tez va uzluksiz (to'xtatmasdan) sovitish lozim.



5.12-rasm. Po'lat 45ning toblangandan keyingi mikrostrukturasi x500.

Barcha austenitni butunlay faqat martensitga aylanishini ta'minlovchi eng kichik harorat, *to'blash kritik tezligi* deb ataladi. ( $V_{kr}$ ).

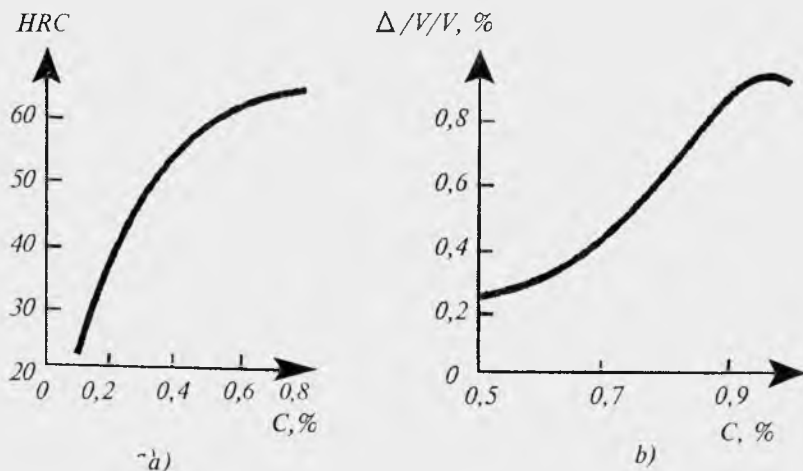
Demak, po'lat  $V_{kr}$  dan katta tezlikda sovitilganda martensit hosil bo'ladi – bu uglerodning Fe  $\alpha$  dagi to'yingan qattiq eritmasi. Martensit kristallari plastinkasimon shaklga ega bo'lib, juda katta tezlik bilan o'sadi – po'latdagi tovish tezligiga ( $\sim 5000\text{m/sek}$ ) (5.12-rasm).

Po'lat martensitning xossalari undagi erigan uglerod miqdoriga bog'liq 5.13-a rasmda martensit qattiqligiga uglerod miqdorining ta'siri ko'rsatilgan.

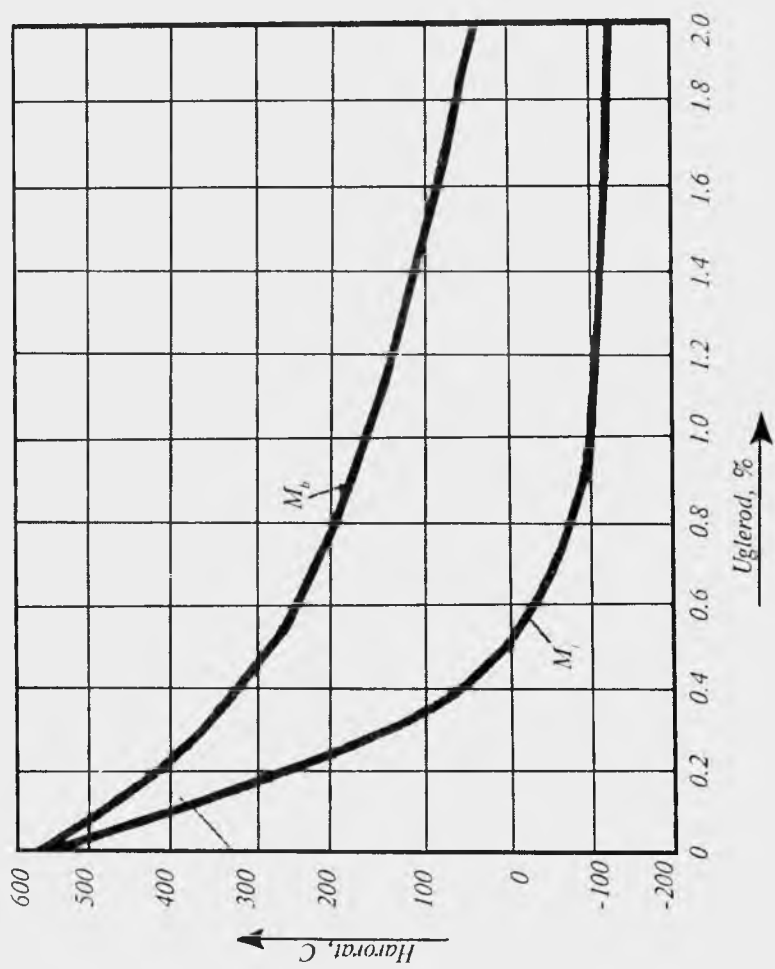
Martensit yuqori qattiqlikka ega:  $\text{HRC} \geq 60$ . Uglerod miqdori ortishi bilan martensit mo'rtligi ham ortadi. Martensitga aylanishi bilan po'lat hajmi ham ortadi (5.13-b rasm).

Po'latning boshqa xossalari ham juda katta o'zgaradi. Uglerod miqdori austenitni martensitga aylanish jarayoni boshlanishi harorati ( $M_b$ ) va tamom bo'lishi harorati ( $M_t$ ) ga kuchli ta'sir ko'rsatadi (5.14-rasm).

Po'latda uglerod miqdori qancha ko'p bo'lsa, austenitning martensitga aylanish jarayoni shuncha past haroratda boshlanib,



5.13-rasm. Po'lat martensiti qattiqligi (a) va hajmi (b) ning uglerod miqdoriga qarab o'zgarishi.



5.14-rasm. Martensit diagrammasi.



shuncha past haroratda tugallanadi.  $M_b$  va  $M_t$  haroratariga austenitda erigan legirlovchi elementlar jiddiy ta'sir qiladi. Ko'pchilik legirlovchi elementlar  $M_b$  va  $M_t$  haroratarini pasaytiradi.

### 5.3.4. Toblangan po'latni bo'shatishda bo'ladigan jarayonlar

Toblangan po'latni  $A_1$  haroratgacha qizdirish *bo'shatish* deyiladi.

Toblash natijasida ko'pincha martensit strukturasi (ayrim qoldiq austenit bilan) olinadi. Ba'zan sorbit, troosit va beynit olinadi.

Bo'shatish davrida bir necha jarayonlar hosil bo'ladi. Asosiysi — bu martensitning parchalanishi: uglerodli karbid ko'rinishida ajralishi.

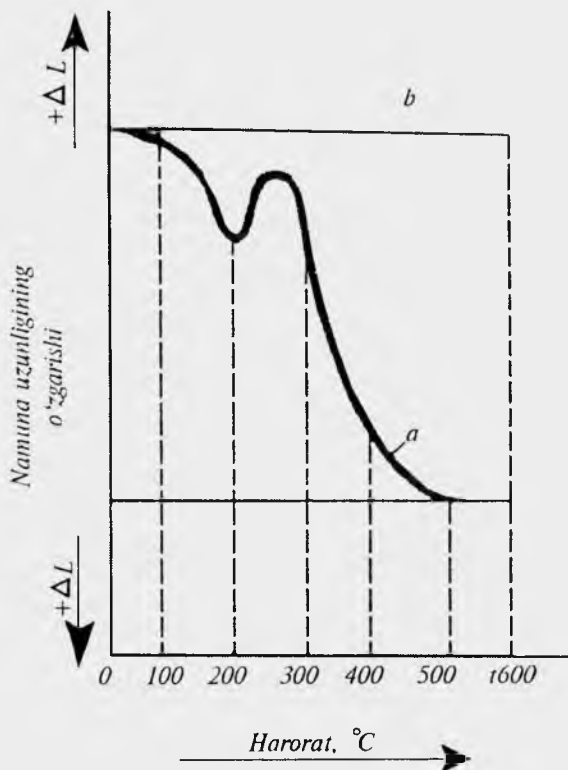
Martensitning parchalanishi va karbidlarni paydo bo'lishi hajmning kichiklashishiga olib keladi; austenitning parchalanishi — uni kattalashishiga olib keladi. Hajmning solishtirma hajmini o'zgarishiga qarab bo'shatishdagi fazoviy o'zgarishlar uch xil bo'ladi.

Legirlangan po'latlarda birinchi o'zgarish 80–200°C harorati intervalida, ikkinchisi 200–260°C harorat intervalida, uchinchisi 260–380°C intervalida o'tadi.

Birinchi davrda martensitdan uglerodning bir qismi metastabill  $\alpha$  karbidi ko'rinishida ajralib chiqadi va geksagonal panjaraga ega, kimyoviy tarkibi  $Fe_2C$  ga yaqin. Erigan uglerod miqdori kamayishi martensit tetragonalligining kamayishiga olib kelishi deganida namuna uzunligining kamayishi (qisqarishi) tushuniladi. Bu hodisaga *birinchi o'zgarish* deyiladi va grafik tarzda 5.15-rasmda ko'rsatilgandek ifodalanadi.

Ikkinchi davrda 200–260°C gacha qizdirilganda u kengayadi. Bu harorat oralig'ida qoldiq austenit o'ta to'yingan  $\alpha$ -qattiq eritma (martensit) bilan karbidan iborat geterogen (har xil chiziqli) mexanik aralashmaga, ya'ni bo'shatilgan martensitga aylanadi.

Uchinchi davrda (260–380°C) martensitning parchalanishi va karbidli o'zgarishlar yakunlanadi. Martensitdan o'ta to'yingan uglerod karbid ko'rinishida ajralib chiqadi.  $\alpha$ -qattiq eritmaning tetragonal panjarasi yo'qoladi — martensit ferritga aylanadi. 380–400°C da bo'shatilgandan so'ng po'lat strukturasi faqat sementit tipidagi karbid ko'rinadi. Bu ikki ko'rsatilgan jarayon po'lat zichligini



5.15-rasm. Dilatometrik egri chiziq:  
 a – toblangan po‘lat, b – yumshatilgan po‘lat.

oshiradi, natijada namuna uzunligi kamayadi. Ichki kuchlanishlar yo‘qoladi. Uchinchi davr o‘zgarishlari 400°C da tugaydi: strukturasi ferrit va sementitning juda mayda aralashmasidan iborat.

450–650°C da bo‘shatilganda ferrit-karbidli aralashma hosil bo‘ladi, bunga bo‘shatish sorbiti deyiladi.  $A_1$  chizig‘iga yaqin haroratda bo‘shatilganda dag‘al ferrit – karbidli aralashma (donador perlit) hosil bo‘ladi.

Ko‘pchilik legirlovchi elementlar 2-va 3-davr aylanish haroratlarni oshiradi; karbidlarning koogulyatsiya tezligini pasaytiradi va bo‘shatishdagi karbidga aylanishiga ta‘sir qiladi.

Po‘latlarni Cr, Al, Mo, W, Si, So lar bilan legirlaganda martensit parchalanishi pasayadi.

Harorat intervaliga qarab bo'shatish uch xil bo'ladi: a) past haroratda bo'shatish — 120–250°C, b) o'rta haroratda 350–450°C da, d) yuqori haroratda — 500–680°C. Past haroratda ushlab turish vaqti keskich ko'ndalang kesim yuzasi kattaligiga qarab 0,5–2 soat bo'ladi. Past bo'shatish 100–120°C dan oshmasa, ushlab turish vaqti 10–15 soatgacha uzaytiriladi.

O'rta va yuqori bo'shatishda ushlab turish vaqti, odatda 1–2 soat; katta va og'ir detallar uchun (200–1000 kg) uchun 3–8 soat.

## 5.4. Termik ishlash xususiyatlari — texnologiyasi

### 5.4.1. Po'latni yumshatish

Po'latni  $A_{c3}$  yoki  $A_{c1}$  kritik nuqtadan yuqori haroratgacha qizdirilib, sekin (uzluksiz yoki to'xtab—to'xtab) sovitish jarayoni **yumshatish** deyiladi.

Yumshatishda po'lat donalari maydalashadi, qattiqligi pasayadi, kesib ishlash osonlashadi, plastikligi oshadi, ichki kuchlanish yo'qoladi.

Yumshatish ikki turga bo'linadi: **I turda  $A_1$  yoki  $A_3$  dan pastda, II turda yuqorida qizdiriladi.** I tur rekristallizatsion yumshatish ham deyiladi. Sovutish ham ikki xil bo'ladi: 1. Uzluksiz. 2. O'zgarmas haroratda (izotermik).

I tur yumshatish — maqsad: sovuqlayin bosim bilan ishlaganda hosil bo'lgan ichki kuchlanishlarini yo'qotish, qattiqlikni pasaytirish (600–727°C ichida qizdiriladi, ma'lum vaqt ushlab turiladi, sekin sovitiladi).

II tur yumshatish — maqsad: donalarni maydalash, barqaror va ancha yumshoq struktura olish, dendrit likvatsiyali yo'qotish (kimyoviy bir xil emasligi). Bu tur bir necha xillarga bo'linadi.

**To'la yumshatish.** GSE dan 20–30°C yuqorida qizdirib sekin sovitiladi. Odatda, evtektroidgacha va evtektoid po'latlar to'la yumshatiladi; evtektoiddan keyingi po'lat chala yumshatiladi.

Issiqlayin bosim bilan ishlangan po'latlarni va quyma po'latlarni to'la yumshatganda donalar maydalanadi, ferrit va perlit bir tekis

taqsimlanadi. Po'lat quyimalarda uchraydigan vidmanshteyn struktura (yirik perlit plastinkalari bilan ferritning bir-biriga qiya joylashgan yirik plastinkalari (ba'zan ignalari) ham mayda donalardan iborat  $F$  bilan  $P$  ga aylanadi.

**Chala yumshatish.** PSK dan yuqorida qizdiriladi. Perlit qayta kristallanadi, evtektoidgacha bo'lgan po'latlarda ferrit, evtektoiddan keyingi po'latlarda sementit o'zgarmay qoladi. Chala yumshatish, asosan, evtektoiddan keyingi po'latlarda ishlatiladi. Evtektoidgacha bo'lgan po'latlardan prokatlangan va bolg'alangan buyumlargina chala yumshatiladi: perlit qayta kristallanadi, ichki kuchlanish yo'qoladi.

**Sferoidlovchi yumshatish** (donador sementit hosil qilish). 740–760°C gacha qizdiriladi, ma'lum vaqt tutib turib, sekin sovitiladi. Plastinkasimon sementit sferoidal sementitga aylanadi:  $A_{c1}$  dan yuqorida perlit austenitga aylanadi, ortiqcha sementit o'zgarmay qoladi, ya'ni geterogen struktura hosil bo'ladi. Buni kesib ishlash juda oson.

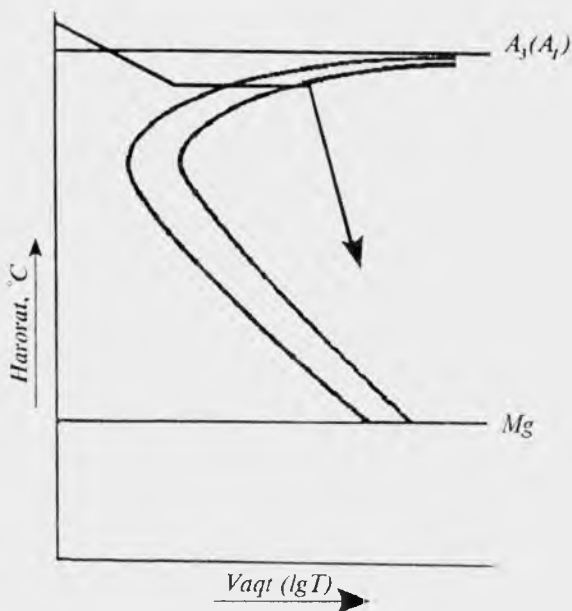
Bu usul evtektoiddan keyingi po'latlarga va legirlangan po'latlarga ishlatiladi. Bu chala yumshatishning bir turi.

**Diffuzion yumshatish (gomogenlash).** Quyma po'lat tarkibi bir xil bo'lmaydi: dendrit va zonal likvatsiyalar bo'ladi. Bunday po'latni bir jinsli (gomogen) qilish uchun u  $A_{c3}$  dan 180–300°C yuqori qizdirib, ma'lum vaqt (12–15 soat) ushlab turib sekin sovitiladi. Po'latni bu tur termik ishlashni diffuzion yumshatish yoki gomogenlash deyiladi.

Po'lat yuqori haroratgacha (1000–1100°C) qizdirilib, shu haroratda uzoq vaqt ushlab turilganda uning donalari ancha yiriklashadi. Shu diffuzion yumshatilgan po'lat quyma strukturasi yirik donali bo'ladi.

**Izotermik yumshatish.** Evtektoidgacha bo'lgan po'lat  $A_{c3}$  dan, evtektoiddan keyingi po'lat  $A_{c1}$  dan 20–30°C yuqori haroratgacha qizdirilib, so'ngra  $A_{r1}$  dan 50–100°C past haroratgacha tez sovitiladi va austenit ferrit bilan tsementitga ( $A \rightarrow F + S$ ) batamom parchalanguncha shu haroratda tutib turiladi (5.16-rasm).

Izotermik yumshatishning odatdagi yumshatishdan afzalligi shundaki, po'latni izotermik yumshatishda vaqt kam ketadi va gomogen darajasi ancha yuqori struktura hosil bo'ladi.



5.16-rasm. Izotermik yumshatish grafiqi.

#### 5.4.2. Po‘latni normallash

Evtektoidgacha bo‘lgan po‘latlarni  $A_{c3}$  dan, evtektoiddan keyingi po‘latlarni  $A_{cm}$  dan  $30-50^{\circ}\text{C}$  (GSE dan) yuqori haroratgacha qizdirib, so‘ngra havoda sovitish jarayoni normallash deb ataladi.

Maqsad: evtektoidgacha bo‘lgan po‘latlarda mayda donali struktura hosil qilish, evtektoiddan keyingi po‘latlarda esa ichki kuchlanishlar va naklyopni yo‘qotish, shtamplashda yoki kesib shtamplashdan oldin gomogen struktura olish.

Uglerod miqdoriga qarab normallangan po‘lat strukturasi – mexanik xossalari har xil bo‘ladi. Tarkibida uglerod miqdori kam ( $0,2-0,3\%$ ) bo‘lgan po‘latlar normallanganda, ularning strukturasi, xuddi yumshatilgandagi kabi, ferrit bilan perlitdan iborat, lekin maydaroq.

Shu normallangan po‘latning puxtaligi yumshatilgan po‘latnikiga qaraganda yuqoriroq, plastikligi esa pastroq bo‘ladi.

### 5.4.3. Po'latni toblash

Po'latni  $A_{c3}$  yoki  $A_{c1}$  kritik nuqtalardan yuqori haroratgacha qizdirib, shu haroratda zarur o'zgarish bo'lguncha tutib turilgandan keyin uni tez sovitish jarayoni **to'blash** deb ataladi.

Evtektoidgacha po'lat GS ( $A_{c3}$ ) chizig'idan evtektoiddan keyingi po'latlar SK ( $A_{c1}$ ) chizig'idan 30–50°C yuqorida qizdirib, ma'lum vaqt shu haroratda tutib turilgandan keyin tez sovitilsa, mayda ninasimon tuzilishdagi martensit hosil bo'ladi.

Evtektoidgacha bo'lgan po'lat  $A_{c3}$  bilan  $A_{c1}$  orasida qizdirib toblansa, qizdirish davrida ferritning bir qismi austenitga aylanmay qoladi va po'lat strukturasi martensit va ferritdan iborat bo'ladi: bu chala toblash deyiladi.

Evtektoiddan keyingi po'latni  $A_{c1}$  va  $A_{c3}$  ( $A_{cr}$ ) orasida qizdiriladi: bunda sementitning bir qismi saqlanib qoladi. Ortiqcha sementit po'latning qattiqligi va yeyilishga chidamliligini oshiradi.  $A_{cr}$  dan yuqorida qizdirilsa, austenit donalari yiriklashib, ichki kuchlanishlar hosil bo'lish ehtimoli kuchayadi.

**Qizdirish va tutib turish vaqti, qizdirish vositalari.** Po'latni asta va bir tekis qizdirish zarur. Aks holda ichki kuchlanish hosil bo'ladi.

Qizdirib tutib turish vaqti ham ahamiyatga ega. Bu vaqt ichida perlit to'la austenitga (ayniqsa massiv detallar uchun) aylanishi kerak.

Qizdirish tezligi po'latning xossalriga: issiqlik o'tkazuvchanligi, issiqlik sig'imi, kengayish koeffitsiyenti va boshqa fizikaviy xossalriga bog'liq. Po'lat haddan tashqari tez qizdirilsa, ichki kuchlanish hisobiga darz ketishi mumkin, ayniqsa yuqori uglerodli va legirlangan po'latlar. Qizdirish tezligi qizdiruvchi muhit va qizdirish haroratiga bog'liq.

Issiqlik manbasidan detalga issiqlik ikki usulda o'tadi: konveksiya va nurlanish. Konveksiya usulida qizdiruvchi muhit va detal sirti bir-biriga tegib turadi: muhit zarralarining issiqlik harakat qilishi hisobiga sodir bo'ladi.

Nurlanishda haroratlar farqiga qarab, muhit harorati qanchalik yuqori bo'lsa, detalga issiqlikning o'tishi ham shunchalik kuchli bo'ladi. Past (650°C gacha) haroratlarda detal sekin, asosan

konveksiya hisobiga qiziydi, shoʻrlanish (qizarish) paytidan boshlab detal tez, asosan, nurlanish issiqligi hisobiga qiziydi.

Qizdirib tutib turish vaqti zagotovka oʻlchamlari va qizdirish muhitiga bogʻliq. Masalan, silindrik detal har tomonlama gaz alangasi tegizib qizdirilsa, har bir 1 mm qolidlik uchun 0,5–1 min beriladi, yaʼni 0,5–1 min/mm. Shu detal suyuqlantirilgan tuzda qizdirilsa, 0,25–0,5 min/mm, suyuqlantirilgan qoʻrgʻoshinda 0,1–0,25 min/mm olinadi.

Agar zagotovka kvadrat boʻlsa, tutib turish vaqti silindrik zagotovkaga qaraganda 1,5 marta, toʻgʻri turtburchak boʻlsa, 2 barobar ortiq olinadi.

Poʻlat har xil pechlarda qizdiriladi.

**Mufel pechlari.** Qizdiriladigan detallar pechning maxsus kamerasiga joylanadi, *kamera alanga* yoki *elektr energiyasi* bilan qizdiriladi.

**Tigel pechlari** Bunday pechlar *tuzli* yoki *qoʻrgʻoshinli vannalar* deb ataladi.

Alangali pechlar ham ishlatiladi.

Baʼzan, qizdiriladigan detallarni oksidlanish va uglerod-sizlashdan saqlash uchun mufel yoki elektr pechlarining kameralarida neytral atmosfera hosil qilinadi. Bunday pechlar *himoya atmosferali pechlar* deyiladi.

**Sovitish tezligi.** Austenitni martensitga aylantirish uchun poʻlatni tez sovitish kerak. Bir xil tezlikda sovitish yaramaydi. 650°C gacha sekinroq sovitish kerak, chunki bu fazada austenit barqarorligi past va u osongina perlitga aylanishi mumkin.

Lekin, juda sekin sovitilsa austenitdan ferrit ajraladi. 650–400°C oraligʻida tez sovitiladi: bunda austenit oʻzgarishga ulgurmaydi. 400°C dan pastda sekinroq sovitilsa boʻladi: bunda austenit birmuncha barqaror.

Ayniqsa, 300°C dan pastda sekinroq sovitish maqsadga muvofiq, chunki tez sovitilsa struktura kuchlanishlarga termik kuchlanishlar ham qoʻshilishi mumkin.

Suv 650–550°C orasida tez sovib qolmay, 300–200°C da ham tez sovitadi: bu uning kamchiligidir. Moyning sovitish tezligi 650–550°C da suvnikiga qaraganda 4 barobar, 300–200°C da 10 barobar kichik.

### 5.4.3.1. Po'latlarni toblash xossalari

Po'latni toblashdan maqsad eng yuqori qattqlik ya'ni martensit strukturasi olish. Bunda keyingi bo'shatish bilan qattqlik biroz pasaytirilib, po'lat plastikli oshiriladi.

Qizdirish haroratiga qarab to'la va to'la emas bo'ladi. To'la toblashda po'lat bir fazali austenit holatiga o'tkaziladi; ya'ni kritik harorat  $A_{c3}$  dan yuqorida qizdiriladi (yoki  $A_{cm}$  dan yuqorida). To'la emas toblashda kritik haroratlar  $A_{c1}$  va  $A_{c3}$  ( $A_{cr}$ ) oralig'ida qizdiriladi (5.17-rasm).

Evtektoidgacha bo'lgan po'lat, odatda, to'la toblanadi:  $A_{c3} + (30...50^{\circ}\text{C})$  da qizdiriladi. Bunda mayda donali austenit va o'z navbatida mayda donali (sovitilgandan so'ng) mayda kristalli martensit olinadi.

Evtektoiddan keyingi po'latlar to'la emas toblanadi. Uglerodli va kam legirlangan po'latlar uchun optimal qizdirish harorati —  $A_{c1} + (30..50^{\circ}\text{C})$ . Yuqori legirlangan asbobsozlik po'latlarini (P18; P9K5) issiqbardoshligini oshirish maqsadida juda yuqori haroratgacha qizdiriladi.

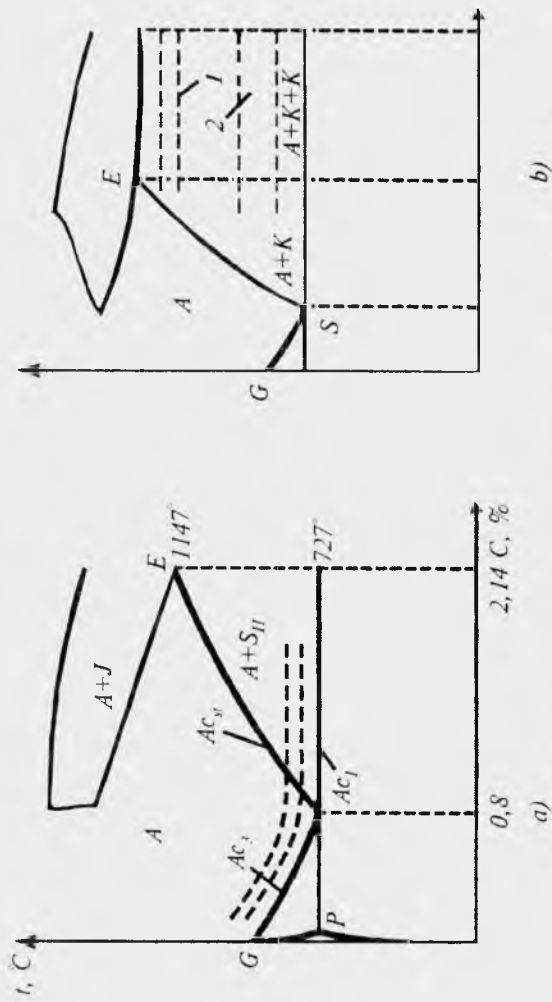
Bunda barcha ikkilamchi karbidlar parchalanadi; austenit ugleroddan tashqari, karbidlar tarkibidagi legirlovchi elementlar bilan ham to'yinadi. Natijada yuqori legirlangan, ya'ni issiqbardosh martensit hosil bo'ladi. Agar yuqori legirlangan asbobsozlik po'lati, asosan, ishqalanib yeyilishga turg'un bo'lishi lozim bo'lsa, po'lat pastroq —  $900-1000^{\circ}\text{C}$  da qizdiriladi.

Martensit strukturasi olish uchun austenitni aylanish haroratigacha o'ta sovitish kerak, demak sovitish tezligi kritik sovitish tezligidan ( $V_{kr}$ ) katta bo'lishi lozim.

Uglerodli po'latlar uchun kritik sovitish tezligi  $V_{kr} = 400-1400^{\circ}\text{C}$  ga teng. Bunday po'latlarning austenitni martensitga aylantirish haroratigacha o'ta sovitish juda tez birdaniga — shiddatli sovitish lozim. Bunga erishish uchun toblangan po'latni sovuq suvga yoki har xil tuzlarning (NaCl, NaOH) suvdagi eritmasiga cho'ktirish kerak. Quyida har xil toblovchi muhitlarning sovitish qobiliyati berilgan.

Po'lat natriy ishqori eritmasida sovitilsa, toblangandan so'ng po'latning zanglamaydi.





5.17-*rasm*. Evtetoiddacha va evtetoiddan keyingi po'latlarni optimal toblash harorati (a) va yuqori legirlangan lideburitli po'latlarni optimal toblash harorati (b).

### Toblanuvchi muhitning nisbiy sovitish qobiliyati

Sovutuvchi muhit	Harorat °C		Pufakchali qaynash intervali o'rtasidagi nisbiy sovitish jadalligi
	Sovitish muhitlari	Pufakchali qaynash	
Suv	20	400 – 100	1
	40	350 – 100	0,7
	80	250 – 100	0,2
10% li suvdagi eritma			
NaCl	20	650 – 100	3
NaOH	20	650 – 100	2,5
Mineral moy	20 – 200	500 – 250	0,3

Sovitish davrida po‘lat sirtida bug‘ plyonkasi hosil bo‘lishi kerak emas, chunki u sovitish muhitini issiq almashishiga to‘sqinlik qiladi.

Eng yaxshi davr bu sovituvchi muhitning ko‘pirib qaynash davridir. Buning harorat intervali qancha katta bo‘lsa, sovituvchi muhit shuncha shiddat bilan sovitadi.

Toblash texnologiyasiga rioya qilinmaganda, ichki kuchlanish paydo bo‘lib, detalni qiyshayish (tob tashlash)ga va darz ketishga olib kelishi mumkin. Ichki kuchlanishlarning asosiy manbai austenitning martensitga aylanishida hajmning kattalashishidir.

**Po‘latni toblash usullari.** Usulni tanlash po‘latning kimyoviy tarkibiga, detalning shakli va o‘lchamlariga, shuningdek toblangan po‘latda qanday xossalalar bo‘lishi kerakligiga bog‘liq (5.18-rasm).

**Bir sovituvchida toblash (I).** Toblash haroratigacha qizdirilgan po‘lat suv yoki moyga solinadi: 2–5 mm o‘lchamdan kattalari suvga, kichiklari moyga. Bu usuldan uglerodli va legirlangan po‘latdan yasalgan oddiy shakldagi detallarni toblashda va avtomatik toblashda ishlatiladi (avtomatik tushadi, pechdan sovitishga). Kamchiligi: katta ichki kuchlanishlar paydo bo‘ladi. Buni kamaytirish uchun detalni suvga tashlashdan oldin, havoda biroz sovitib olinadi.

**Ikki sovituvchida toblash (uzluksiz toblash) (II).** Bundan ichki kuchlanishlarni kamaytirish uchun foydalaniladi. Detal suvda tez – 400–300°C gacha sovitiladi, so‘ng moyda sekin (yoki havoda) sovitiladi.

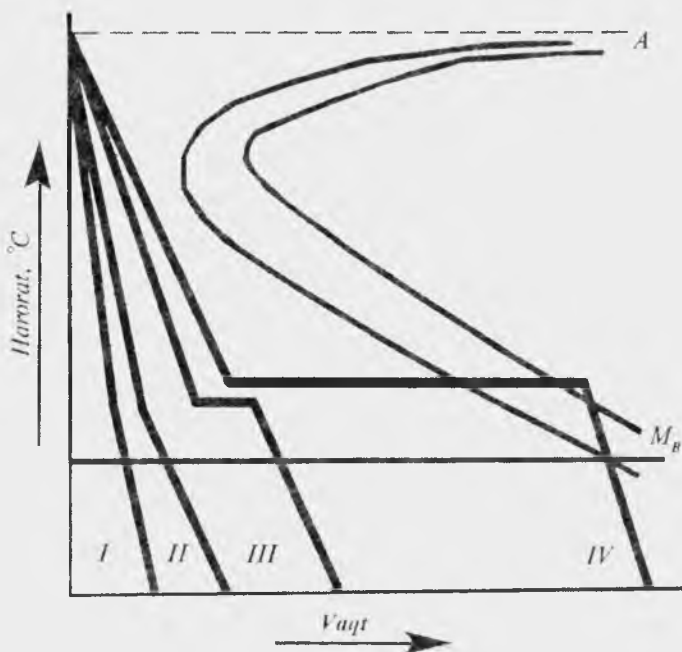
Bu usul ko‘p uglerodli po‘latlardan yasalgan kesgichlarni toblashda qo‘llaniladi. Kamchiligi: detalning birinchi sovituvchida

tutib turish vaqtini tartibga solish juda qiyin, chunki bu vaqt bir necha sekundchaginaga teng.

**Bosqichli toblash (III).** Detal  $M_b$  dan yuqori haroratda (austenitning martensitga aylana boshlash haroratidan yuqorida) barcha hajmi shu haroratgacha qizimaganuncha ushlab turiladi. So'ng moyda yoki havoda sekin sovutiladi.

Bu usulda ichki kuchlanish kamayib, uglerodli po'latdan yasalgan mayda detallar (diametri yoki qalindligi 10 mm gacha) uchun qo'llaniladi.

**Izotermik toblash.** Detaillar suyuqlantirilgan tuz yoki suyuqlantirilgan ishqorga solinadi. Bosqichli toblashdan farq qilib, detal sovotish muhitda austenitning izotermik parchalanish jarayoni batamom tugaguncha tutib turilgandan so'ng havoda sovutiladi. Bunda struktura beynit (ninasimon troostit), qattiqligi boshqa usullarnikidan pastroq –  $HRC = 45-55$ ; qovushqoqligi – plastikligi yuqoriroq.



5.18-rasm. Toblash usullari.

#### 5.4.4. Po‘latni noldan past haroratda ishlash

Toblangan po‘latda hamma vaqt qoldiq austenit bo‘ladi. Shu qoldiq austenitning bir qismini martensitga aylantirish uchun po‘latga noldan past haroratda ishlov beriladi va buni sovuq bilan ishlash deb ataladi. Bunda qattqlik ortadi va po‘lat barqaror bo‘ladi. Eng ko‘p tarqalgan sovitkich — suyuq kislorod ( $-183^{\circ}\text{C}$ ), quruq muz — qattiq  $\text{CO}_2$  bilan denaturat spirt aralashmasi ( $-78,5^{\circ}\text{C}$ ).

#### 5.4.5. Yuza toblanadigan detalni yuqori chastotali tok bilan qizdirish

Fizika kursidan ma‘lumki tok o‘tganda qarshilikka uchrab, detal qiziydi:

$$Q = 0,239 I^2 R T \text{ kal.}$$

bunda  $I$  — tok kuchi (amper),  $R$  — qarshilik (om),  $T$  — vaqt (sek).

Qattiq va tez qiziydi: sekundiga  $30-1000^{\circ}\text{C}$ ; yuqoridagi pechlardan 1000 marta ortiq. Afzalliklari: 1) detalning istalgan chuqurlikkacha qatlami toblanadi; 2) detalning qattqligi, oquvchanlik chegarasi, zarbiy qovushqoqligi yuqori; 3) ish unumi yuqori; 4) detal sirtida kuyundi (nagar) bo‘lmaydi; 5) tob tashlanmaydi; 6) avtomatlashtirish oson; 7) istalgan shakldagi detal sirti toblanadi.

#### 5.4.6. Po‘latlarning toblanuvchanligi va toblash chuqurligi

Toblanishlik va toblash chuqurligi po‘latlarning muhim xarakteristikasidir. Toblanishlik detal qattqligi bilan o‘lchanadi va asosan, po‘lat tarkibidagi uglerod miqdoriga bog‘liq. Toblash davrida detal yuzasi  $V_{kr}$  dan yuqori tezlikda sovitiladi.

Demak, detal yuzasida martensit strukturasi hosil bo‘ladi, ya‘ni yuqori qattqlikka ega.

Amalda xohlagan muhitda, xohlagan detal sovitilganda detal sirti bilan o‘zagi bir xil sovimaydi. Agar sovitish tezligi  $V_{kr}$  dan past bo‘lsa (o‘zagida), u yer toblanmaydi — martensit hosil bo‘lmaydi.

Po'latning ma'lum chuqurlikkacha toblanishlik qobiliyati uning toblanishlik chuqurligi deyiladi.

Shartli kelishilgan toblanish chuqurligini baholashda qatlamning 50 % qismi amurtensitdan iborat bo'lsa, toblangan deb hisoblanadi. Shu narsa aniqlanganki, po'latni xohlagan element bilan legirlash uning toblanish chuqurligini oshiradi (kobalt elementidan tashqari).

Toblanishlik chuqurligini o'lchash usulini eng ko'p tarqalganida diametri  $D = 0,025$  m va uzunligi  $L = 0,1$  m bo'lgan valning ko'ndalang kesimi toblash haroratigacha qizdirilib, tizillagan suv oqimi bilan sovitiladi. Namuna sovitilib bo'lgach, valning silindrining yasovchisi va namuna uzunligi bo'ylab qattqlik chiziladi.

#### 5.4.7. Po'latni termomexanik va mexanotermik ishlash

Maqsad: po'latning mexanik xossalarini ko'tarish. **Termomexanik ishlash** deb, po'latni  $A_3$  dan yuqoriroq haroratgacha qizdirib, ma'lum vaqt tutib turilgach, yo shu haroratning o'zida yoki rekristallanish haroratidan pastroq haroratgacha sovitilgach bosim bilan ishlab, so'ngra toblash va toblangandan keyin past haroratda bo'shatish jarayoniga aytiladi.

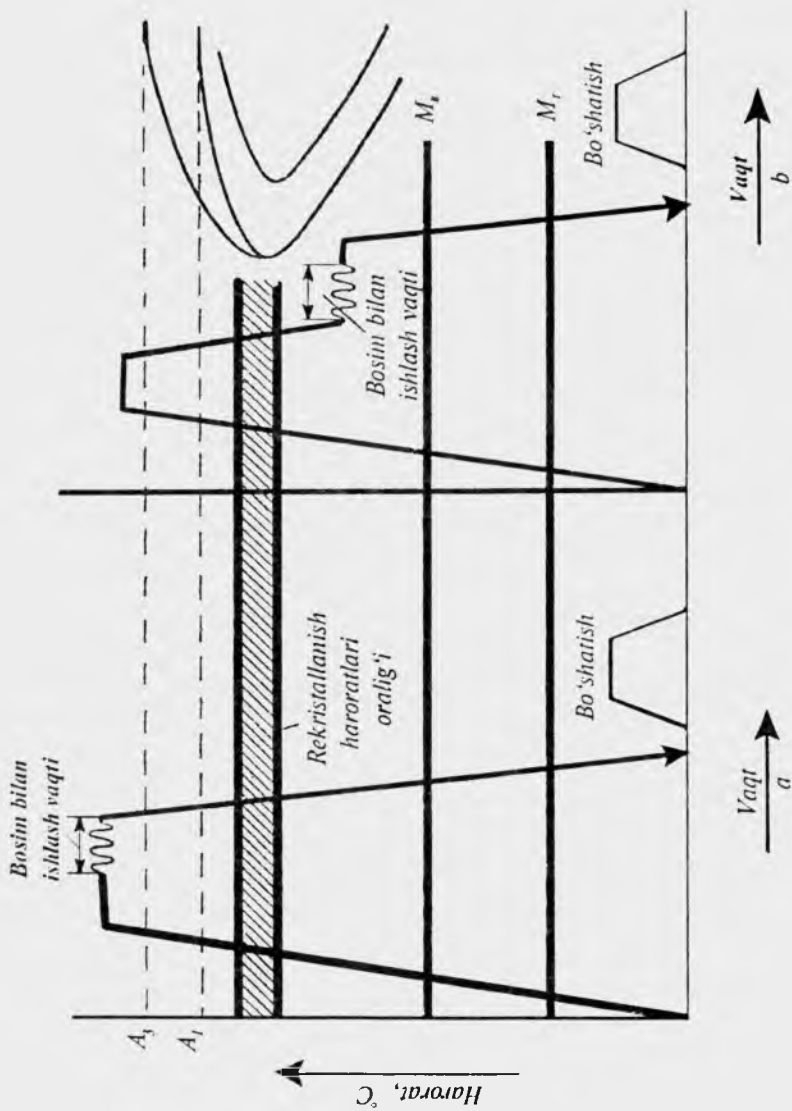
Deformatsiyalash haroratiga qarab termomexanik ishlash – TMI ikki turga bo'linadi: yuqori haroratli termomexanik ishlash – YHTMI va past haroratli termomexanik ishlash – PHTMI (5.19-rasm).

TMI natijasida po'latning mustahkamlik chegarasi va plastikligi ortadi.

YHTMI da po'lat  $A_3$  dan yuqorida qizdirilib, shu haroratda ma'lum vaqt tutib turilib, po'lat strukturasi austenitga aylantirib, so'ngra bosim bilan ishlangandan keyin tez sovitiladi (toblanadi), ya'ni austenitni martensitga aylantiradi. Past haroratda bo'shatiladi.

PHTMI da po'lat  $A_3$  dan yuqori haroratgacha qizdirilib, uning strukturasi austenitga aylantiriladi. So'ngra po'lat rekristallanish haroratidan past (400–500°C) haroratgacha o'ta sovitiladi va shu haroratda bosim bilan ishlanadi. Past haroratda bo'shatiladi.

**Mexanotermik ishlash**da teskari: oldin deformatsiyani, so'ng toblanadi. Bunda ham po'lat mustahkamligi ortadi.



5.19-rasm. Termomechanik ishlash.

## Nazorat savollari

1. Termik ishlash nima? Maqsadi, turlarini ayting.
2.  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  qanday nuqtalar? Bularga «ch», «s» indeksleri qo'yilsa, nimani ko'rsatadi?
3. Perlitni austenitga aylanish vaqti nimaga bog'liq?
4. Martensit struktura qanday xossalik struktura? Qanday holatda hosil bo'ladi?
5. Normallashtirish maqsadi nima? 30XTCCHA po'latining normallashtirish haroratini aniqlang.
6. Yumshatishdan maqsad nima?
7. Normallashtirish po'lat strukturasini aniqlab bering.
8. Moy tez sovitadimi suvni? Qaysi biri yaxshi?
9. Ikki sovituvchida qanday po'latlar toblanadi?
10. Sovuq bilan ishlanganda po'latda qanday o'zgarishlar hosil bo'ladi?

---

---

## 6-bob. QOTISHMALARNI KIMYOVIY-TERMİK ISHLASH

### 6.1. Asosiy qonunlari

Detal yuzasiga termik va kimyoviy ta'sir qilib, uning strukturasi, tarkibi va xossalari o'zgartirib, kerakli xossalari olish jarayoniga *kimyoviy-termik ishlash* deyiladi. Kimyoviy-termik ishlash jarayonida detal yuzasining ma'lum qatlami har xil elementlar bilan diffuzion to'yinadi.

Kimyoviy-termik ishlash detal yuzasi qatlamining qattiqligini, ishqalanib yeyilishga toliqishga qarshiligini, kontakt chidamliligini, elektr va gaz karroziyasidan himoya qilinishlikni oshirish uchun ishlatiladi.

Kimyoviy-termik ishlash (XTI) o'z ichiga uch davrni oladi.

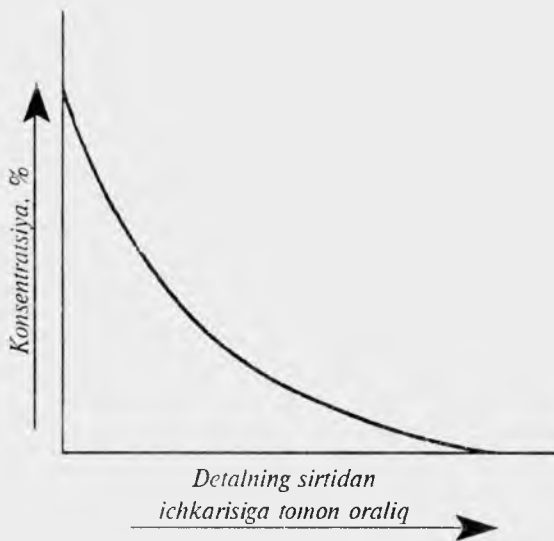
Birinchi davrda dastlabki muhitda kimyoviy reaksiya ketadi. Natijada aktiv diffuziyalovchi elementlar, ya'ni ionlashgan holatda hosil bo'ladi.

Ikkinchi davr jarayonida ular metallni yutuvchi yuzasi bilan o'zlashtiriladi (hazm qildiriladi), ya'ni diffuziyalovchi elementlarni nadsorbsiyasi ro'y beradi. Natijada yupqa yuzasi qatlami diffuziyalovchi element bilan to'yinadi.

Uchinchi davrda to'yinuvchi (yutuvchi) metall ichiga element diffuzion usulda kiradi. Bu bilan qattiq eritma yoki fazoviy qayta kristallanish bo'ladi.

Kimyoviy-termik ishlash jarayonining birinchi va ikkinchi davri ayniqsa, uchinchi davrga nisbatan ancha tez o'tadi. Uchinchi diffuzion davrda diffuziyali zonaning strukturasi va xossalari shakllanadi. Diffuziya jarayonining rivojlanishi qatlamning hosil bo'lishiga olib keladi, deganda to'yingan detal materiali qatlamining hosil bo'lishi tushuniladi. Bu qatlam kimyoviy tarkibi, demak, struktura va xossalari dastlabkisidan farq qiladi. 6.1-rasmda diffuzion qatlamda diffuziyalanuvchi elementning taqsimlanishi, ya'ni element konstruksiyasining qatlam bo'yicha o'zgarishi tasvirlangan.





6.1-rasm. Diffuziyalanuvchi element konstruksiyasining qatlam chuqurligi bo'yicha o'zgarishi grafigi.

Kimyoviy-termik ishlash usullari ko'p. Ammo, sanoatda ko'p tarqalgani aktiv, suyuq va gaz muhitlari bilan to'yintirish ko'p tarqalgan.

Kimyoviy-termik ishlash usullariga quyidagilar kiradi: sementitlash (uglerodlash), azotlash, sianlash, diffuzion legirlash va boshqalar.

## 6.2. Po'latni sementitlash

Po'latni uglerod, azot (ikkalovini birgalikda), diffuzion to'yintirish sanoatda eng ko'p tarqalgan kimyoviy-termik ishlash usullaridir.

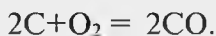
Po'lat yuzi uglerod va azotni oson hazm qiladi; suqilib kirish strukturali (panjarali) qattiq qotishma hosil qiladi. Shu bilan birga ancha-muncha chuqurlikka diffuziyalanadi.

Uglerod bilan diffuzion to'yintirish jarayoni **sementitlash** deyiladi. Odatda, po'lat sementitlangandan so'ng toblanadi va past bo'shatiladi. Mana shu jarayonlar tugaganidan so'ng po'lat detal

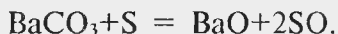
yuzasida uglerod miqdori 0,8–1 %ga yetadi. Strukturasi past bo‘shatilgan mayda sferoidal karbidli martensit hosil bo‘ladi: yeyilishga qarshiligi yuqori bo‘ladi; yuza qattiqligi  $HV = 750-950$ . Detal o‘zagida uglerod 0,08–0,25 % bo‘lib, qovushqoq bo‘ladi. Sementatsiya qilinishi kerak emas yuzalar galvanik usulda mis bilan himoyalanaadi, mis qalinligi  $t = 0,02-0,05$  mm bo‘ladi.

Odatda, sementitlanadigan detallarning ustki qatlami qattiq, ishqalanib yeyilishga chidamli va o‘zagi uyushqoq bo‘lishi lozim bo‘ladi: tishli g‘ildiraklar, vallar, **kulachoklar**, chervyaklar va h.k.

Uglerodlovchi modda karbyurizator deyiladi. Bu dastlabki muhitdir. Karbyurizator qattiq va gaz holatda bo‘lishi mumkin. Lekin, har ikkisida ham sementitlash jarayoni gaz fazasi orqali o‘tadi. Eng ko‘p tarqalgani qattiq karbyurizatoridir: bu, asosan, yog‘och pista ko‘miri va qo‘shimcha  $CO_2$  (20–25 %);  $BaCO_3$  jarayonni jadallashtirish uchun qo‘shiladi. Yana  $CaSO_3$  ham qo‘shiladi (3–5 %) – karbyurizatorning yopishib qolmasligi uchun. Sementatsiya qilinadigan detallar va karbyurizator qavatma-qavat po‘lat yashik – konteynerga taxlab joylashtiriladi, germetik yopilib, 910–930°C gacha qizdiriladi. Qizdirilganda pista ko‘mir yashik ichidagi kislorod bilan birikib, quyidagi reaksiya ketadi:



Bundan tashqari, uglerod oksidi quyidagi reaksiya bo‘yicha ham hosil bo‘ladi:

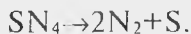


Detal yuzasida quyidagi kimyoviy jarayon o‘tadi:  $2CO \leftrightarrow CO_2 + S$

Hosil bo‘lgan aktiv uglerod atomi austenit holatidagi yuzaga adsorbsiyaladi; qolgan  $SO_2$  ko‘mir bilan birikib, yangi  $SO$  portsiyasini hosil qiladi. Sementitlash uzoq davom etadigan jarayon. Qatlam qalinligiga qarab bir necha o‘n soat davom etishi mumkin. 1 mm. chuqurlikdagi sementitlangan qatlam olish uchun 8–10 soat qizdirish lozim. Sementitlangan qatlam qalinligi  $HRC=38-62$  ( $HV=900$ ); o‘zeginiki  $HRC = 25-35$ .

Gaz vositasida sementitlashda karbyurizator sifatida suyultirilgan tabiiy gaz ishlatiladi. Suyuq uglevodorodlar ham ishlatiladi: kerosin, benzol. Bular germetik yopilgan pechning ichki bo‘shlig‘iga

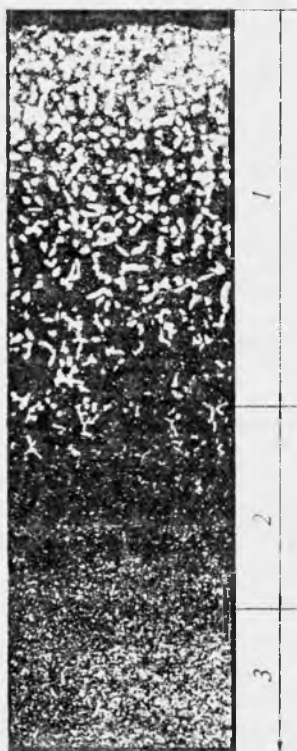
tomchilatib yuboriladi. Bular qizigach aktiv gaz muhitini hosil qiladi. Metan bor joyda asosiy hal qiluvchi reaksiya ketadi:



6.2-rasmda kam uglerodli po'latning sementitlangan qatlami strukturasi ko'rsatilgan.

Eng ustki qatlam evtektoiddan keyingi qatlam – zonada uglerod  $C > 0,8\%$  ko'p bo'ladi hamda strukturasi perlit va ikkilamchi sementitdan iborat qatlamning o'rta qismi evtektoid yig'indisidan iborat bo'lgan perlitdan tashkil topgan. Uglerod miqdori chuqurlashgan sari o'zagiga qarab kamayadi, evtektoidgacha bo'lgan po'lat strukturasi o'xshaydi: o'zakka yaqinlashgan sari perlit miqdori kamayadi.

Sementitlash davrida uzoq vaqt qizdirilib turilgani uchun yirik donali struktura hosil bo'ladi.



6.2.-rasm. Kam uglerodli po'latning sementitlangandan keyingi diffuzion qatlam mikrostrukturasi:  
1 – evtektoiddan keyingi zona;  
2 – evtektoidli zona;  
3 – evtektoidgacha zona.

### 6.2.1. Sementitlangandan so'ng termik ishlash

Kerakli mexanik xossalarni (mustahkamlik, qattiqlik) olish uchun detallarni qo'shimcha termik ishlash zarur.

Ishlash sharoiti va detal ishlash uchun olingan po'lat turiga qarab termik ishlash rejimlari har xil bo'ladi.

Yuqori kuchlanishlarda ishlaydigan, ishqalanib yeyilishga chidamli, ishlash davrida dinamik kuchlar ta'sir qiladigan mashina detallari yuzalari qattiq bo'lishdan tashqari, mustahkam — baquvvat bo'lishi kerak.

Masalan, tishli g'ildiraklar ishchi yuzalari yetarli darajada qattiq, tishlari mustahkam va qovushqoq bo'lishi lozim, chunki tishga katta eguvchi kuch ta'sir qiladi: aks holda tish eguvchi kuch ta'sirida bo'ynidan sinib ketishi mumkin.

Bu xossani ta'minlash uchun detal yuzi ham, o'zagi ham mayda donali sementit strukturali bo'lishi lozim: buning uchun detal ikki marta ketma-ket toblanib past bo'shatiladi.

Birinchi toblashda detal  $A_{c3}$  haroratidan  $30-50^{\circ}\text{C}$  yuqorida qizdiriladi: bunda detalning barcha hajmi bo'yicha mayda donali austenit hosil bo'ladi.

Parchalanish-aylanish davrida bulardan mayda donali martensit hosil bo'ladi.

Ikkinchi toblashda detal  $A_{c1}$  haroratidan  $30-50^{\circ}\text{C}$  yuqorida qizdiriladi: globular karbidlar hosil bo'ladi; evtektoiddan keyingi qatlamning qattiqligi ortadi.

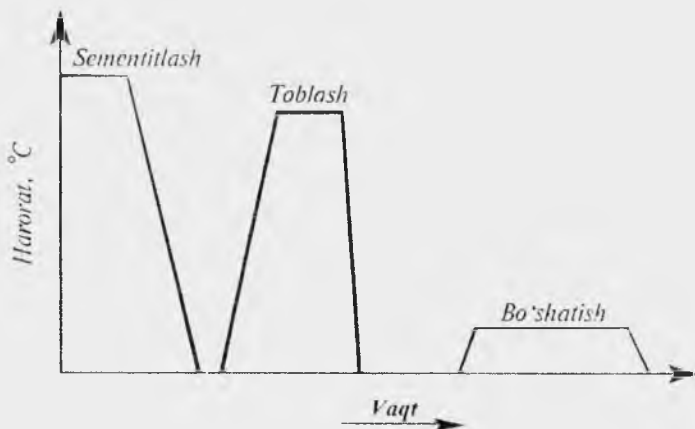
Ikkinchi toblash uglerodlashtirilgan qatlamning donadorligini ta'minlaydi.

Past bo'shatish  $160-200^{\circ}\text{C}$  da yakunlovchi operatsiya hisoblanadi: bu holda qattiqlik pasaymay, qoldiq kuchlanishlar kamayadi. Oddiy javobgarligi kam detallar sementitlangandan so'ng oddiy toblanib, past bo'shatiladi.

Sementitlangan detalni termik ishlashning eng ko'p tarqalgan 3 xil usuli bor.

#### **1. Bir marta toblab, past haroratda bo'shatish.**

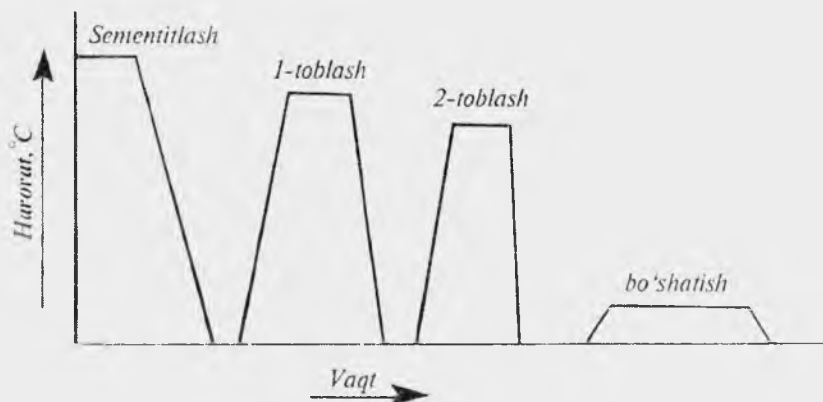
Detailning sirtqi qatlami yirik ninasimon martensitdan iborat. Bo'shatish bilan ichki kuchlanish yo'qoladi.



## 2. Ikki toblab, past haroratda bo'shatish.

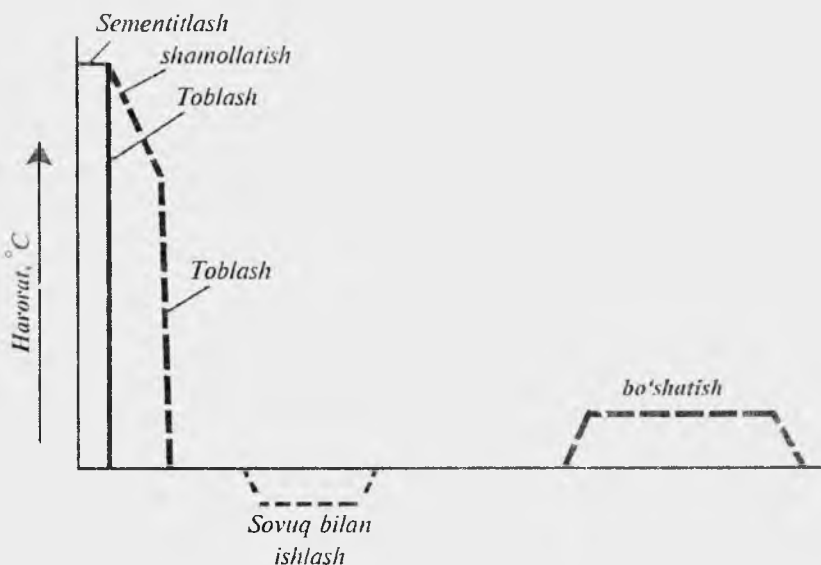
Bu detalning mexanik xossalariga yuqori talab qo'yilganda qo'llaniladi.

Bunda mayda ninasimon martensit hosil bo'lib, ortiq austenit kamayadi (qattiqlashadi).



## 3. Sementitlash haroratining o'zidayoq toblash va past haroratda bo'shatish.

Bu usul faqat sirtqi qatlam qattiq bo'lsa kifoya, kelgan mexanik xossalari baribir detallarga ishlatiladi. Sovuq bilan ishlash qoldiq



austenitning ko'p qismini martensitga aylantiradi – sirt qattiqligini oshiradi.

Sementitlangan detallar qattiqligi  $HRC = 58-62$ , o'zagini  $HRC = 25-35$ .

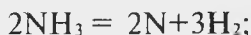
### 6.3. Po'latlarni azotlash

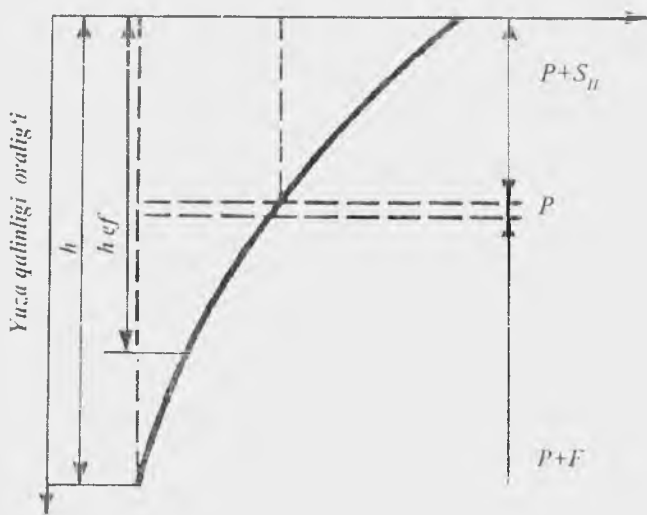
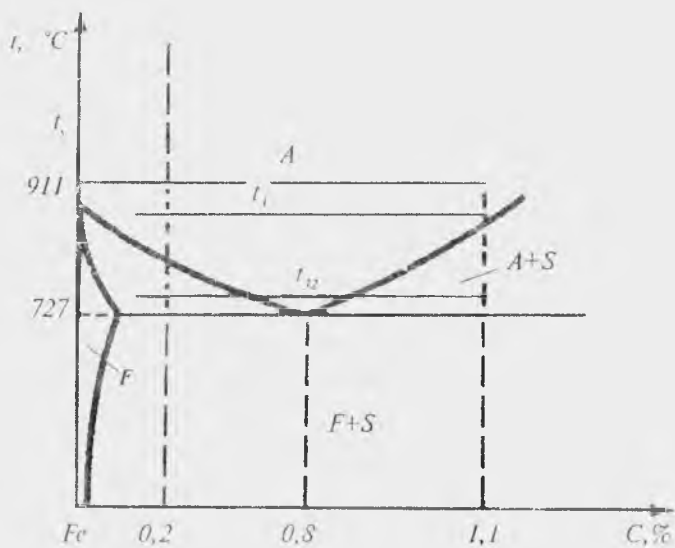
Detal yuza zonasini azot bilan diffuzion to'yintirish *azotlash* deyiladi. Azotlash mashina detallarining ishqalanib yeyilishga chidamliligini va baquvvatlik (bardoshlik) chegarasini ko'tarish uchun qo'llaniladi: tirsakli val, silindr gilzalari, chervyaklar, tishli g'ildiraklar va h.k.

Detallar azotlashdan oldin toblanadi, yuqori bo'shatiladi, toza (yakuniy) ishlanadi.

Azotlash germetik – zich yopiladigan mufel pechlarida yoki konteynerlarda  $500-600^{\circ}\text{C}$  haroratda olib boriladi.

Mufelga ma'lum tezlikda ammiak ( $\text{NH}_3$ ) yuboriladi: ammiak parchalanadi:





Ajralgan atomlar ammiak metall yuziga adsorbsiyalanadi va uning kristall panjarasiga diffuziyalanadi. Nitridlar hosil bo'lishi natijasida struktura va mexanik xossalari o'zgaradi.

Uglerodli po'latlarni azotlashda po'lat tarkibidagi uglerod miqdori ortishi bilan azotning diffuziyalanish tezligi pasayadi.

Azotlashda Fe-N tizimida quyidagi fazalar hosil bo'lishi mumkin:

- 1)  $\alpha$  – faza – bu azotni  $\alpha$  – temirdagi qattiq eritmasi;
- 2)  $\gamma$  – faza – bu azotni  $\gamma$  – temirdagi qattiq eritmasi;
- 3)  $\gamma'$  – faza – temir nitrid –  $\text{Fe}_4\text{N}$ ;
- 4)  $\epsilon$  – faza – bu temir  $\text{Fe}_2\text{N}$  tarkibli nitridi.

Azotlangan po'lat yuza qatlami  $\epsilon$  – fazali bo'lsa, u suv va atmosfera sharoitida zangbardosh bo'ladi.  $\epsilon$  va  $\gamma'$  fazali qatlamlar nisbatan yuqori qattqlikka ega emas ( $\text{HV} = 450\text{--}550$ ). Ancha – muncha qattqlikka ega maxsus legirlangan po'latlarni (Sr, Mo, Al, B, Ti bilan) azotlash yo'li bilan olinadi. Bu legirlovchi elementlar nitrid hosil qiluvchi elementlardir.

Po'lat 38X2MIO po'latini azotlangandan so'ng yuqori qattqlik va ishqalanib yeyilishga qarshilik olinadi:  $\text{HV} = 1200$ .

Azotlash jarayoni ancha uzoq vaqtni talab qiladigan operatsiya. Masalan, 38X2MIO po'latida azotlangan qatlam qalinligi  $t = 0,5\text{mm}$  olish uchun harorat  $500\text{--}520^\circ\text{C}$  da 55 soat ushlab turish kerak.

#### 6.4. Sianlash

Po'latdan yasalgan detal yuzini – sirtini bir vaqtning o'zida ham uglerod, ham azot bilan diffuzion to'yintirish jarayoni *sianlash* deb ataladi. Bu usulning bir qancha avzalliklari bor. Masalan, azot uglerodning diffuziyalanishini kuchaytiradi: diffuziyalash haroratini  $930\text{--}950^\circ\text{C}$  dan  $850^\circ\text{C}$  gacha pasaytiradi va sementitlangandek uglerodga to'yinadi. Bu holda austenit donalarining o'sishi kamayadi va ozgina shamollatib, shu yerning o'zida darrov toblash mumkin. Bu jarayon nitrosegmentlash deb ataladi, chunki, dastlabki muhit sementitlovchi gaz bilan 3–5 %  $\text{NH}_3$  ning aralashmasidir; diffuzion zonada karbonitridlar hosil bo'ladi. Nitrosegmentlangan qatlam yeyilish va korroziyaga yaxshi qarshilik ko'rsatadi.



Nitrosegmentlash avtomobilsozlikda va traktorsozlikda keng qo'llanilib, jilvirlanmaydigan detallarning yuzalarini mustahkamlash uchun ishlatiladi.

Sianlashning jiddiy kamchiligi bor: bu — sianli tuzlarning zaharligi. Bu mehnatni muhofaza qilish va tashqi muhitni himoya qilishni taqozo qiladi.

Shu nuqtayi nazardan azot va uglerod bilan to'yintirishning past haroratli jarayoni qo'llaniladi, ya'ni zaharli bo'lmagan tuzlar eritmasida olib boriladi. Zaharli bo'lmagan tuzlar: sianitlar va karbonitlardir.

Tezkesar po'latidan yasalgan keskichlarning turg'unligini oshirish uchun toblab, yuqori bo'shatilgandan so'ng karbonitratsiya qilinadi. Jarayon rejimi: eritma harorati 530–570°C; ushlab turish vaqti 5–30 minut.

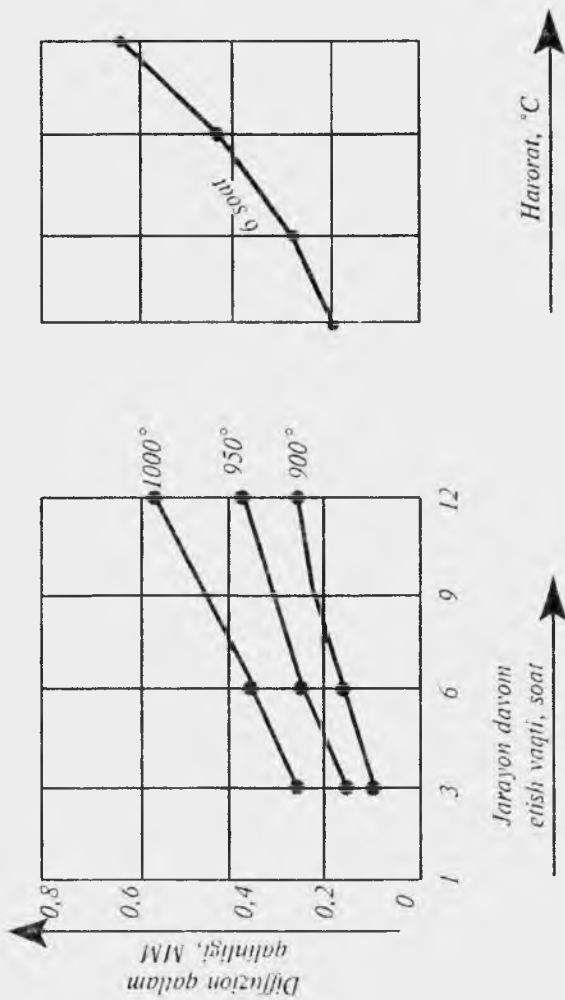
## **6.5. Detallarni metallar va nometallar bilan diffuzion to'yintirish**

Sanoatda detal yuzalariga har xil talablar qo'yiladi. Bularni amalga oshirish uchun detal yuza qatlamlari turli materiallar bilan diffuzion to'yintiriladi. Detal yuza qatlamlarini har xil metall va metall emas materiallar (Cr, Al, Mo, W, Si, S) bilan to'yintirish jarayoni *diffuzion to'yintirish* yoki *diffuzion legirlash* deyiladi.

Detailning sirtqi qatlami xromga to'yintirilsa, bu jarayon diffuzion xromlash deb, aluminiyga to'yintirilsa, diffuzion aluminiylash deb ataladi.

### **6.5.1. Diffuzion aluminiylash**

Issiq energetika mashinasozlik detallari yuza qatlamlariga yuqori olovbardoshlik (yuqori haroratda oksidlanmaslik-zanglamaslik) ta'labi qo'yiladi. Sirt qatlam ichki va tashqi muhitni oksidlovchi ta'siriga qarshi turishi kerak. Bunday xossaga detal yuzasini aluminiy, xrom, kremniy bilan to'yintirish orqali erishiladi. Aluminiylash 3 xil muhitda olib boriladi: qattiq, suyuq, gaz. Aluminiylashgan po'lat qatlami yuqori olovbardoshlik (850–900°) xossalari ga bo'ladi.



6.3-rasm. Diffuzion qatlam qalinligining jarayon vaqti va haroratiga bog'liqligi. Po'lat 10; 99,5% ferroaluminiumiy kukuni, 0,5 % ammoniy xlorididan iborat aralashma.

Qizdirish natijasida detal yuzasida zich aluminij oksidi ( $Al_2O_3$ ) plyonkasi hosil bo'ladi, qaysiki, metalni oksidlashdan saqlaydi; havoda, dengiz suvida zangga bardoshligini oshiradi. Qalinligi  $t = 0,2-1$  mm bo'lib, qattiqligi  $HV = 500$  ga teng.

Qattiq muhitda aluminij bilan to'yintirishda detallar aluminijlovchi qattiq aralashma solingan yashiklarga joylanadi. Aluminijlovchi aralashma bu – aluminij yoki ferroaluminij ( $Fe+Al$ , lekin aluminij ko'proq) kukuni bilan aluminij xlorid ( $NH_4Cl$ ) aralashmasidir. Yashilikni  $950-1050^\circ C$  ga qizdirib, 4–12 soat ushlab turiladi.

Natijada detal sirti 0,1–1 mm gacha qalinlikda aluminij bilan to'yinadi. Qatlam qalinligi harorat va ushlab turish vaqtiga bog'liq (6.3-rasm).

Suyuq muhitda aluminiylashtirilganda detallar suyultirilgan aluminiyli vannaga solinib,  $750-800^\circ C$  gacha qizdiriladi; 1 soat ushlab turiladi. Natijada, sirtning 0,3 mm qalinlikdagi qatlami aluminij bilan to'yinadi.

Gaz muhitida aluminij bilan to'yintirilganda detallar maxsus yashiklar -- retortalarga joylashtiriladi va ferroaluminij qipig'i bilan ko'miladi

So'ngra retortadan xlor yoki vodorod xlorid o'tkaziladi;  $980^\circ C$  haroratda qizdirib 2 soat ushlab turiladi. Natijada detal sirti 0,4–0,45 mm qalinlikdagi aluminij bilan to'yinadi.

### 6.5.2. Xromlash

Xrom bilan to'yintirilgan qatlam qattiq yeyilishga chidamli, korroziyabardosh va olovbardosh bo'ladi. Xromlash ham 3 xil muhitda olib boriladi: qattiq, suyuq, gaz.

Qattiq muhitda xrom bilan diffuzion to'yintirishda detallar aralashma (60–65% ferroxrom, 30–35% giltuproq-aluminij oksidi, 5% xlorid kislotasi) solingan yashikka joylashtiriladi. Qopqog'i mahkam berkitilib, suvalib, qizdiriladi:  $1050-1150^\circ C$ , 12–15 soat ushlab turiladi. so'ngra  $700-600^\circ C$  haroratgacha pech bilan birga sovitiladi, shundan keyin havoda sovitiladi.

Suyuq muhitda xromlashda aralashma sifatida 20% xrom xloridi  $CrCl_2$  va 80% bariy xloridi  $BaCl_2$  aralashmasi ishlatiladi. Parcha-

lanishdan ajralib chiqqan xrom 950–1100°C haroratda sirt qatlamiga diffuziyalanadi. 4 soat davomida 0,04–0,1 mm qalinlikda diffuziyalanadi.

Gaz muhitida xromlashda detallar xrom solingan retortaga joylashtiriladi. Retorta 950–1050°C ga qizdirilgach, undan vodorod xlorid aralashmasi o'tkaziladi.

Kam uglerodli po'latlarning xromlashgan qatlami qattiqligi uncha katta emas: HV = 200–250. Lekin, ko'p uglerodli po'latlarniki ancha yuqori HV = 1380.

Shular kabi detal yuzalarini silitsiyash (kremniy bilan to'yintirish), sulfidlash (oltingugurt bilan to'yintirish), bor bilan to'yintirish va boshqa kimyoviy-termik ishlash usullari ham sanoatda keng qo'llaniladi.

#### **Nazorat savollari**

- 1. Quyidagi omillardan qaysi bir uchtasi kimyoviy-termik ishlashda eng hal qiluvchisi hisoblanadi: kimyoviy-termik ishlash vaqti; harorat, bosim, yuzadagi aktiv element kontsentratsiyasi.*
- 2. Sementatsiya qilingan tishli gildirak yuzasini shlifovka qilish kerakmi, yo'qmi? Nega?*
- 3. Yuzaning ishqalanib yeyilishga qarshiligi qaysi usulda kattaroq: sementitlashmi yoki azotlash?*
- 4. Termomimexanik ishlash bilan po'latning qaysi xossalari o'zgaradi? Nega?*
- 5. Toblanishlik va toblanish chuqurligi nima?*

---

## 7-bob. MATERIALLARNING KONSTRUKSION MUSTAHKAMLIGI

### 7.1. Konstruksion materiallarga qo'yilgan umumiy talablar

Mashina detallari, priborlar va muhandislik inshootlarini (qaysilarki, mexanik kuchlarga duchor bo'lsa) yasash uchun ishlatiladigan materiallar *konstruksion materiallar* deyiladi. Mashina va pribor detallari har xil shaklga, o'lcham va ishlash sharoitlariga ega. Ular statik, dinamik, siklik, zarbiy kuchlanishlarda ishlaydi; past va yuqori haroratlarda, har-xil muhitda bo'lib ishlaydi. Ana shu omillar konstruksion materiallarga qo'yilgan talablarni keltirib chiqaradi. Talablarning asosiylari: ekspluatatsion (foydalanishli), texnologik, iqtisodiy.

**Ekspluatatsion** — foydalanishli talablar birinchi darajali ahamiyatga ega. Mashina va priborlarning ishlash qobiliyatini ta'minlash kerak, buning uchun material yuqori mustahkamlikka ega bo'lishi lozim.

Konstruksion mustahkamlik — bu mexanik xossalarning yig'indisidir; bu xossalar materialni ishonchli va uzoq vaqt ishlashini (ekspluatatsion sharoitda) ta'minlaydi.

Materiallarni tanlashda mexanik xossalarga qo'yilgan talablardan tashqari (kuch omillaridan tashqari) tashqi ish muhiti va haroratini hisobga olish kerak.

Material ishlayotgan tashqi muhit (suyuq gaz, ionlashgan, radiatsiyali) materialning mexanik xossalariga jiddiy va boshqalardan ko'proq ta'sir qiladi. Muhitning mexanik xossalariga ta'siri ko'pincha salbiy bo'lib, ishlash qobiliyatini pasaytiradi. Xususan, yuzani buzishi, natijada zanglab darz ketishi, kuyundi hosil qilishi yuzaning kimyoviy tarkibini o'zgartirishi va yuza qatlamini noma'qul elementlar bilan to'yintirishi mumkin (masalan, vodorod bilan — bu mo'rtlashtiradi). Ionlashgan va radiatsiyali nurlanish natijasida shishib ma'lum yerlari yemirilib buziladi. Material har xil muhitda mexanik kuchlarga bardosh berish bilan birga ma'lum fizik-

kimyoviy xossalarga ham ega bo'lishi lozim: elektrokimyoviy zanglashga turg'unlik, olovbardoshlik, radiatsion turg'unlik, namga chidamlilik, vakuum sharoitida ishlashlik va h.k.

Materialning ishlash harorati intervali juda keng: — 269—1000°C, ba'zan — 2500°C. Demak, material olovbardosh va sovuqqa chidamli bo'lishi kerak.

Lozim holda materiallarning magnit, elektrik va issiqlik xossalari talablar qo'yiladi. Yuqori aniqlikdagi priborlar uchun o'lchamlarini (har xil sharoitda: issiqlik, bosim, yorug'lik va h.k.) turg'unligi talab qilinadi.

**Texnologik talablar (materiallarning texnologikligi)** detal va konstruksiyalarni yasashda kam mehnat sarflanishini ta'minlashga qaratilgan. Materialning texnologikligi; uni oson qirqib ishlanishligi; bosim ostida ishlanganda oson deformatsiyalanishi; payvandlashda puxta payvand birikmasi olinishi; quymakorlikda qolipni yaxshi to'lg'azishligi; termik ishlashda yaxshi — chuqur toblanishligi hamda tob tashlamasligi va h.k. lar bilan baholanadi. Materialning texnologikligi detal (mashina) ishlab chiqarish unumi va sifatiga ta'sir qiladi.

**Iqtisodiy talablar** deganda materialning tannarxi past va yetarli bo'lishi kerakligi tushuniladi. Po'lat va qotishmalarning tarkibida, iloji boricha, legirovchi elementlar kam bo'lishi lozim.

Ko'plab ishlab chiqarishda («массовое производство») iqtisodiy talablarga ahamiyat ancha kuchayadi.

## 7.2. Materiallarning konstruksion mustahkamligi va uni baholash mezonlari

Konstruksion mustahkamlik bu materialning mustahkamligi, bikrligi, ishonchliligi va umri uzoqliligi — chidamliligi («долговечность») xarakteristikalarining yig'indisi — kompleksidir.

Materialning mustahkamligini baholash mezonini tanlash uni ishlash sharoitlariga qarab olib boriladi. Statik yuklanishlarda materialning vaqtincha mustahkamligi (qarshiligi)  $\delta_v$  baholash mezoni deb tanlanadi. Bunga qo'shimcha oquvchanlik chegarasi ham olinadi  $\delta_{0,2}(\delta_{0k})$ . Bularning hammasi materialning plastiklik deformatsiyasiga qarshiligini ko'rsatadi.

Materialning statik mustahkamligini taxminiy baholashda uning qattiqligi Brinell usuli bo'yicha o'lchanadi (NV). Po'latlar uchun  $\delta_b = 3,4NV$  empirik nisbati qabul qilingan. Ko'pchilik detallar siklik-davriy kuchlanishda ishlaydi. Bularning mustahkamligini baholash mezoni – kriteriysi bu chidamlilik chegarasi  $\delta_R$ ; simmetrik aylanma egilishida  $\delta_{-1}$ .

Tanlangan kriteriy bo'yicha ruxsat etilgan ishchi kuchlanish hisoblanadi.

Material mustahkamligi darajasining ko'tarilishi, natijada, ishchi kuchlanishining ortishi elastik deformatsiyaning ortishiga olib keladi:

$$E_{etas} = \sigma/E,$$

bunda  $E$  – normal elastiklik moduli.

Materialning elastik deformatsiyasini chegaralash uchun material yuqori elastiklik moduliga ega bo'lishi lozim deganida yuqori bikrlikka ega bo'lishi tushuniladi.

Teskarisi ham bo'lishi mumkin. Prujina, membrana, priborlarning sezgir elastik elementlari uchun katta elastik deformatsiya kerak.

Uchish apparati detallari uchun materialning massa bo'yicha samaradorligi kerak. Bu nisbiy xarakteristikalar bilan baholanadi: nisbiy mustahkamlik  $\sigma_b/(r \cdot g)$ ,

bunda  $r$  – material zichligi,  $g$  – erkin tushish tezlanishi va nisbiy bikrlilik:

$$E/(r \cdot g).$$

**Materialning ishonchliligi** – bu uning mo'rt buzilishi (vayron bo'lishi)ga ko'rsatayotgan qarshiligidir. Mo'rt buzilish natijasida detal ishlash sharoitida birdaniga o'z vazifasini rad etadi (ko'prik qulaydi, teploxod ikkiga bo'linib ketadi, kran to'satdan qulaydi va h.k.). Buzilish juda tez sodir bo'ladi.

Buning oldini olish uchun konstruksiya materiallari yetarli yuqori elastik ( $\delta, \varphi$ ) va zarbiy qovushqoq (KSI) bo'lishi kerak.

**Chidamlilik** – bu materialning bor kamchiliklari asosida asta-sekin buzilishiga ko'rsatadigan qarshiligi. Bu turg'unlik vaqti – ishni boshlanishidan buzilishigacha bo'lgan vaqt (resurs) va oldindan belgilanishi mumkin (ko'tarish kranlarida yozilib qo'yiladi).

Ishlash qobiliyatining asta-sekin yo'qolishining sabablari turlicha bo'lishi mumkin: ishqalanib yeyilishi, zanglashi, radiatsiya nuri natijasida shishishi, charchashi, oquvchanligi va h.k.

**Davriy** (davr ichida takrorlanib turadigan) – **siklik chidamlilik** – bu materialning vaqt doirasida vaqti-vaqti bilan ko'p marta o'zgarib turadigan kuchlanishlarga chidamliligi.

**Ishqalanib yeyilishga turg'unlik.** Ishqalanish natijasida material ustki qatlamlari yeyilishga – yemirilishga ko'rsatayotgan qarshiligidir.

Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda quyidagi natijaga kelsa bo'ladi. Detal materialining eksplutatsiya qilish davridagi konstruktion mustahkamligini quyidagi mezonlar baholaydi.

1. Mustahkamlik mezonlari:  $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ,  $\sigma_{-1}$ ; bular ruxsat etilgan ish kuchlanishlarini aniqlaydi.

2. Elastik modullari  $E$ ,  $G$ ; berilgan detal geometriyasida elastik deformatsiya kattaligi, ya'ni uning bikrligi aniqlanadi.

3. Plastiklik  $\delta\varphi$ ; zarbiy qovushqoqlik  $KST$ ,  $KSV$ ,  $KCU$ ; buzilish qovushqoqligi  $K_{1s}$ ; sovuq sinish chegarasi  $t_{50}$  – bularning hammasi materialning ishonchliligini baholaydi.

4. Siklik kuchlanishda bardoshliligini ishqalanib yeyilish tezligi, oquvchanlik, zanglash – bular materialning bardoshliligini aniqlaydi.

### 7.3. Konstruktion mustahkamlikni oshirish usullari

Konstruksiyaning yuqori puxtaligi va uzoq umr ko'rishligiga texnologik, metallurgik va konstruktorlik usullari orqali erishiladi.

Texnologik va metallurgik usullarning maqsadi materiallarning mexanik xossalari hamda sifatini ko'tarishdan iborat.

Mexanik xossalari ichida eng ahamiyatlisi – bu materialning mustahkamligi. Yetarli darajada plastiklik va qovushqoqlikni saqlagan holda material mustahkamligini oshirish konstruksiyaning metall sarfini («metalloyomkost») kamaytiradi.

Mustahkamlik shunday xossaki, u materialning atomlararo bog'lanish energiyasi, strukturasi va kimyoviy tarkibiga qaram.



Haqiqiy — mavjud mustahkamlik nazariy mustahkamlikdan 2—3 tartib (karra)ga kam, chunki, atomlararo bog‘lanish kuchlariga nisbatan material strukturasi ko‘proq bog‘liq. Haqiqiy materiallar strukturalarida struktura nuqsonlari yetarli darajada ko‘p.

Materiallarning plastik deformatsiyasiga qarshiligi, asosan, dislokatsiyalarining ko‘chish-siljish osonligi (tezligi)ga bog‘liq. Shu nuqtayi nazardan hozirgi zamon mustahkamlikni ko‘tarish usullari shunday struktura holatini yaratishga asoslanganki, bunda dislokatsiyalar maksimum ushlanib (qurshab) qolinishi kerak. Mustahkamlash usullariga legirlash, plastik deformatsiyalash, termik, termomexanik, kimyoviy-termik ishlash kiradi. Yuqoridagi usullar bilan mustahkamlikni oshirish bir qator struktura omillariga asoslangan.

**1. Dislokatsiyalar zichligini oshirish.** Dislokatsiyalar atrofidagi kuch maydonlari yaqin joylashgan dislokatsiyalar uchun samarador to‘siq bo‘ladi. Shuning uchun dislokatsiya qancha zich bo‘lsa, plastik deformatsiyaga qarshilik shuncha ko‘p bo‘ladi.

Dislokatsiyalar nazariyasi bo‘yicha oquvchanlik chegarasi ( $\sigma_0$ ) bilan dislokatsiya zichligi ( $s$ ) orasida quyidagi bog‘liqlik bor:

$$(\sigma_t) = \sigma_0 + av\sqrt{\rho} .$$

Bunda  $\sigma_0$  — puxtalanguncha bo‘lgan oquvchanlik chegarasi;

$a$  — dislokatsiyalarni ushlab turishga ta‘sir qiladigan boshqa omillarni hisobga oluvchi koeffitsiyent;

$V$  — Byurgers vektori;

$\sigma$  — siljish moduli.

Dislokatsiyalar zichligini  $10^{12} \text{ sm}^{-2}$  ga oshirish maqsadga muvofiq.

**2. Donalar, subdonalar (donalarning donasi), ikkilamchi faza zarralari ko‘rinishida dislokatsion to‘siqlar yaratish.** Bunday to‘siqlar dislokatsiyalarning siljishi uchun qo‘shimcha to‘siq bo‘ladi va material puxtalanadi.

**3. Elastik kuchlanishlar maydonini yaratish.** Bunday maydonlar nuqtaviy nuqsonlar (vakansiya, suqilib kirish, o‘rin almashish), qo‘shimcha atomlar, asosan, legirlovchi elementlar atomlari yaqinida hosil bo‘ladi.

Legirlash bilan puxtalikning ortishi legirlovchi elementlar konsentratsiyasini qattiq eritmada ortishi bilan proporsional boradi.

#### 7.4. Konstruksion materiallarni klassifikatsiyalash

Sanoatda ishlatiladigan materiallarning turlari juda ko'p. Taklif qilinayotgan klassifikatsiya konstruksion materiallarning xossalariga qarab bo'lishdir.

1. Bikrlik, statik va siklik mustahkamlikni ta'minlovchi materiallar.

2. Maxsus texnologik xossali materiallar.

3. Ishqalanib yeyilishga chidamli materiallar.

4. Yuqori elastik xossali materiallar.

5. Kam zichlik materiallar.

6. Yuqori nisbiy mustahkam materiallar.

7. Harorat va ishchi muhitning ta'siriga turg'un materiallar.

Yuqoridagilardan tashqari, po'latlar an'anaviy uch xil ko'rsatkich bo'yicha ham klassifikatsiya qilinadi: 1. Kimyoviy tarkibiga qarab.

2. Sifatiga qarab. 3. Vazifasiga qarab.

O'z navbatida kimyoviy tarkibga qarab bo'linganlari 2 ta sinf, ya'ni: a) uglerodli po'latlarga; b) legirlangan po'latlarga bo'linadi.

A) uglerodli po'latlar uglerod miqdoriga ko'ra, yana 3 turga ajraladi:

A) 1. Kam uglerodli:  $C \leq 0,09 - 0,25\%$ ;

A) 2. O'rta uglerodli:  $C \leq 0,25 - 0,45\%$ ;

A) 3. Yuqori uglerodli:  $S \leq 0,45 - 0,75\%$ .

B. Legirlangan po'latlar ham legirlovchi elementlar hajmi (miqdori)ga qarab 3 turga ajraladi.

B) 1. Kam legirlangan, legirlovchi elementlar hajmi 2,5–5% ga teng.

B) 2. O'rta legirlangan, legirlovchi elementlar hajmi 5–10% ga teng.

B) 3. Yuqori legirlangan, legirlovchi elementlar hajmi 10% dan ko'p.

O'z navbatida sifatli po'latlar ham 4 turga bo'linadi:

a) oddiy sifatli po'latlar markalanishi: Ct0, Ct1, Ct2..Ct6.

Raqamlar tartib nomeri, tartib ortishi bilan po'lat tarkibidagi uglerod miqdori ortishini, demak mustahkamlik xossalarining ortishini ko'rsatadi;

b) sifatli po'latlar markalanishi: ctal 10, ctal 20,...ctal 60.

Raqamlar uglerod miqdorini 100 dan bir ulushda ko'rsatadi, ya'ni stal 20 da uglerod miqdori 0,2% ga teng.

d) yuqori sifatli po'latlar markalanishi: Y12A, 30XHMA. Ifodaning oxiriga A harfi qo'yiladi, qaysiki, po'lat uchun (ko'pincha) zararli elementlar bo'lgan fosfor va oltingugurtlarning har birining miqdori 0,025% dan ortmasligini ko'rsatadi.

e) o'ta yuqori sifatli po'latlar markirovkasi: ШХ15–Ш. Ifodaning oxiriga «Sh» harfi qo'yiladi. Zararli elementlar fosfor va oltingugurt har birining miqdori 0,015 % dan kam degani vaqti kelganda shuni aytish zarurki, uglerodli legirlangan maxsus xossalari po'latlarning xossalari va markirovkalash to'g'risida darslikning o'z qismlarida batafsil ko'rsatilgan. Lekin, ba'zi o'ziga xos markirlanuvchi po'latlar ham bor.

1. Sharikopodshipnik yasaladigan po'latlarning markirovkasining boshiga «sh» harfi qo'yiladi, qolgani legirlangan po'latlar kabi o'qiladi. Masalan, ШХ15–Ш – bu yerda «Sh» harfi bu sharikopodshipnik yasaladigan po'lat degani, X15 – bunda xrom bo'lib uning miqdori Cr = 1,5% degani, oxiridagi «Sh» harfi – bu o'ta yuqori sifatli po'lat degani; uglerod C ≈ 1,0% atrofida, kimyoviy tarkibini qolganlari ГОСТ 5632–72 bo'yicha.

2. Tezkesar po'latlari P18, P9K5 deb markalanadi. «P» – bu «rapira» po'lati degani. W = 18 % va W = 9%, Co = 5% deb o'qiladi.

3. Elektrotexnik po'latlar E13 deb markalanadi: bunda oldidagi «E» harfi elektrotexnik po'lat degani, raqam «1» tarkibidagi kremniy miqdorini, ya'ni Si = 1%, raqam «3» ishlatilish joyi, ya'ni transformatorlar yasash uchun degani. Yana misol: Э310 da «3» – Si = 3%, «1» ishlatilish joyi-generatorlar uchun, «0» – sovuq prokatlab olingan (teksturalangan). Yana misol: E330A da Si=3%, 3 – transformator uchun, 0 – sovuq prokatlangan, A – yuqori sifatli degani.

4. Avtomat stanoklarda ishlashga mo'ljallangan po'latlar markasining oldiga «A» harfi qo'yiladi. Masalan, A12, «A» – avtomat stanoklarda ishlash uchun mo'ljallangan (mexanik xossalari chegara doirasida kafolatlangan), «12» – bu C = 0,12%.

Misol AC40, bunda «A» – avtomat stanoklarda ishlash uchun, «C» tarkibida qo'rg'oshin bor degani, (qo'rg'oshin mexanik

ishlashni osonlashtirish uchun qo'shiladi), 40 – bu  $C = 0,4\%$  degani. Yana misol: AC12HX, A – avtomat stanok uchun, S- qo'rg'oshin qo'shilgan,  $12-S = 0,12\%$ ,  $Ni = \sim 1\%$ ,  $Cr = 1\%$  degani.

5. Magnitli qattiq po'latlarning markirovkasi «E» harfi bilan boshlanadi. Masalan, EX5X5, «E» – magnitli degani,  $C \approx 1\%$ ,  $Cr = 5\%$ ,  $Co = 5\%$ .

### **Nazorat savollari**

- 1. Eksploatatsion talablar nima?*
- 2. Texnologik talablar nima?*
- 3. Konstruksion mustahkamlik nima?*
- 4. Konstruksion mustahkamlik qanday baholanadi?*
- 5. Metallarning ishonchligiga ta'rif bering.*
- 6. Konstruksion mustahkamlikni qanday oshirish mumkin?*

---

## 8-bob. LEGIRLANGAN PO'LATLAR

### 8.1. Legirlovchi elementlarning ta'siri

Legirlovchi elementlar po'latga atayin kiritilib, uning xossalari va qurilishiga ta'sir qiladi. Shunaqa elementlar kiritilgan po'latlar *legirlangan po'latlar* deyiladi. Po'latning o'zida kremniy va marganes bo'ladi, lekin kremniy miqdori 0,4% dan marganes 0,8% dan ohsa bunday po'latlar ham legirlangan hisoblanadi.

Ba'zi legirlovchi elementlarning miqdori juda kam bo'lishi mumkin: Nb, Ti miqdori 0,1% dan oshmaydi; V ham 0,005% dan oshmaydi.

Legirlangan po'latlar texnika taraqqiyoti talablari natijasida paydo bo'lgan. Legirlash mexanik xossalarni (mustahkamlik, plastiklik, uyushqoqlik), fizik xossalarni (elektro'tkazuvchanlik, magnit xarakteristikalari, radiatsiyaga chidamliligi), kimyoviy xossalari (zanglamaslik) o'zgartirish maqsadida qo'llaniladi.

Legirlangan po'latlar uglerodli po'latlarga nisbatan qimmat. Shuning uchun ularni yana termik ishlab qo'llash maqsadga muvofiq.

Asosiy legirlovchi elementlarga Cr; Ni; Mn; Si; W; Mo; B; Al; Ti; Cu; B lar kiradi. Ko'pincha bitta emas, bir nechta elementlar bilan birgalikda legirlanadi: Cr va Ni ; Cr va Mn; Cr; Ni; Mo va B lar bilan.

### 8.2. Legirlovchi elementlarning temir allotropik shakl o'zgarishlariga ta'siri

Temirda eriydigan barcha elementlar temirning allotropik shakl o'zgarishlariga ta'sir qiladi. Ba'zi elementlar (Mn; Ni; Pt; Co; Zn) A<sub>3</sub> nuqtani pasaytirib, A<sub>4</sub> nuqtani ko'taradi. Ba'zi elementlar esa (Si; P; W; Mo; V; Al; Be; Sn; Sb; Ti; Cr) A<sub>3</sub> ko'tarib, A<sub>4</sub> pasaytiradi. Ferrit va austenit turg'unligi ta'sir qiladi:

a) Ni, Mn, Cu, Co lar  $\gamma$ -qismini kengaytiradi va austenit turg'unligining crish haroratidan uy haroratigacha turg'unligini ta'minlaydi. Bunday po'latlar **austenit po'latlar** deyiladi.

b) Cr, Si, V, W, Mo, Al, Ti lar esa  $\alpha$ -qismini kengaytirib, ferrit turg'unligini ta'minlaydi. Bu po'latlar **ferrit po'latlar** deyiladi.

### 8.3. Legirlovchi elementlarning ferritga ta'siri

Konstruksion po'latlarda asosiy struktura tashkil etuvchi – bu ferritdir va metall hajmining 90% dan ko'pini egallaydi. Shuning uchun ferrit xossalarga po'lat xossalari butunlay bog'liq.

Metalldagi temir atomlari o'lchamlari bilan legirlovchi elementlar atomlari o'lchamlari o'rtasidagi farq qancha katta bo'lsa, kristall panjara buzilishi (qiyshayishi) katta bo'ladi.

Ma'lumki, buzilish, qiyshayish, nuqsonlar soni qancha katta va ko'p bo'lsa, shuncha ferritning mustahkamligi va qattiqligi ( $\sigma$ , NV) shuncha ortib, plastiklik va uyushqoqlik pasayadi (oldingi bobga qarang).

Bu hodisa 8.1-rasmda yaqqol tasvirlangan.

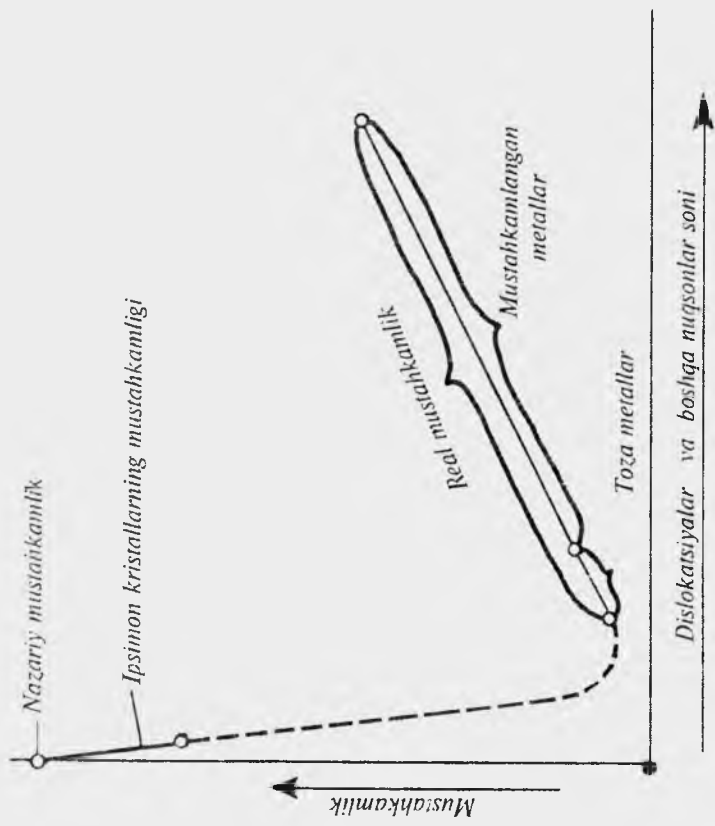
Barcha elementlar ferrit qattiqligini oshiradi. Ayniqsa, Ni, Cr ning ta'siri kuchli va ular konstruksion po'latlarning  $\sigma$ ; NV; plastikligini va **toblash chuqurligini** oshiradi.

### 8.4. Legirlangan po'latlarda karbidlar

Element uglerodga qancha yaqin bo'lsa, shuncha **karbid** hosil qilish imkoniyati yuqori bo'ladi. Bu qator aktivligi ortishi bo'yicha quyidagi qator tartibida bo'ladi. Fe-Mn-Cr-Mo-W-Nb-V-Zr-Ti.barcha karbidlar yuqori qattiqlikka ega. Ular 2 guruhga bo'linadi: 1)  $Fe_3C$ ;  $Mn_3C$ ;  $Cr_7C_3$ ;  $Cr_{23}C_6$ ; 2)  $Mo_2C$ ; WC; VC; TiC. Ikkinchi guruhning qattiqligi ancha yuqori.

### 8.5. Fazalar o'zgarishiga ta'siri

Legirlovchi elementlar martensit parchalanishini pasaytiradi (kobalt , aksincha, uni tezlatadi). Bunday po'latlarning bo'shatish harorati yuqoriroq bo'ladi.



8.1-rasm. Dislokatsiya va nuqsonlarning metall mustahkamligiga ta'siri.

Bu toblangan po‘latlarni bo‘shatish harorati ko‘tarilgan sari po‘latning qattiqligi, mustahkamlik chegarasi, oquvchanlik chegarasi pasayib, plastiklik xossalari oshadi.

Uglerodga nisbatan legirlovchi elementlar 2 guruhga bo‘linadi:

**1. Karbid hosil qilmaydiganlar:**

Ni; Si; Co; Al; Cu.

**2. Karbid hosil qiluvchilar:**

Cr; Mn; W; Mo; V; Ti; Hb; Ta; Ts; Hf.

Legirlovchi elementlar *dislokatsiyalar* hisobiga, fazalar o‘zgarishi, allotropik o‘zgarishlar, karbidlar hosil qilishi hisobiga metallning mustahkamligi va qattiqligini oshiradi. Boshqa xususiyatlariga ham ta‘sir qiladi.

Cr – ishqalanib yeyilishga qarshiligini zangga bardoshligini oshiradi. W va Г bilan harorat ta‘sirida deformatsiyalanmaslik qobiliyatini oshiradi.

Shuning uchun legirlangan XBГ po‘latidan uzun o‘lchamli («длинные мерные») keskichlar yasaladi, masalan – protyajka.

W – o‘tga bardoshliligini. Ayniqsa B bilan birga, masalan – bu po‘lat – P18 tez kesar po‘lati har xil kesgichlar yasaladi.

Ni – qattiqlik va **zanglamaslik** va h.k. xossalari oshiradi. Ayniqsa, nikel xrom bilan birgalikda: Cr-Ni – tizimidagi po‘latlar.

## 8.6. Legirlangan po‘latlarning markalanishi

A – azot;	B – niobiy;	P – fosfor, D – mis;
G – manganets;	V – volfram;	F – vanadiy, K – kobolt;
M – molibden;	N – nikel;	R – bor, T – titan;
S – kremniy;	X – xrom;	Ts – sirkoniy;
Al – aluminiy;	Ch – siyrak-yer metallari.	

18X2H4B

0,18% – S;

2% – X;

4% – N;

1% – W;

ЭН154;

«Elektrostal» zavodi;

H – «tajribaviy (eksperimentalniy)»;

154 – tartib nomeri.



## 8.7. Qurilishda ishlatiladigan kam legirlangan po'latlar

Bularda uglerod 0,1–0,25% bo'ladi. Bu po'latlardan fermalar, kema korpuslari armaturalar va h.k. lar quriladi. Kam uglerodli bo'lgani uchun yaxshi payvandlanadi.

Bular temirbeton qovurg'alari uchun, neft mahsulotlari va gaz quvurlari, metall chivlari ham yasaladi. Lekin, mashina detallari uchun onda-sonda ishlatiladi.

Bu po'latlar C1; C2; ...C6: deb markalanadi. Bu po'latlarning mustahkamligi  $\sigma_{0.g.} = 240 \text{ Mpa}$  ga teng.

Qurilishda ishlatiladigan po'latlarga kam legirlangan po'latlar: 14Г2; 17ГС; 14ХГС; 15ХСНД (D-Cu). Stal 15ХСНД qattiq sovuqda ( $-60^{\circ}\text{C}$ ) da ham ishlayveradi, chunki H + Д lar sovuqda ham mo'rtlashmaydi. Bundan tashqari, bular havoda zanglamaslik qobiliyatini ham oshiradi.

Qurilish va mashinasozlikda listlar, sortovoy prokatlar kam legirlangan po'latlar 14Г2АФ, 17Г2АФВ ( $\sigma_{0.g.} = 450 \text{ Mpa}$ ) dan yasaladi.

Bular qo'shilganda, karbonitridlar hosil bo'lishi hisobiga puxtalanadi.

## 8.8. Sementitlanadigan konstruksion po'latlar

Dinamik kuch ostida ishlaydigan va ustki yuzalari ishqalanib yeyiladigan detallar kam uglerodli po'latdan ( $C < 0,2\%$ ) yasilib, sementitlanib, so'ngra toblanadi va past bo'shatiladi. Bunda sirtqi qatlamlari yetarli qattiq bo'ladi – HRC = 60 (o'zagi qattiqligi esa HRC = 20 – 40).

Agar legirlangan po'latlar sementitlanib, toblansa, o'zagi qo'shimcha puxtalanadi. Qancha ko'p legirlangan bo'lsa, shuncha ko'p puxtalanadi.

O'zagining puxtalanish darajasiga qarab bu po'latlar 3 guruhga bo'linadi.

**Birinchi guruhga** uglerodli po'latlar (08; 10; 15; 20) kiradi. Bulardan faqat yeyilishga ishlaydigan detallar, o'zagining puxtaligi

katta ahamiyatga ega bo'lmagan detallar yasaladi. Masalan, mayda detallar uchun.

**Ikkinchi guruhga** kam legirlangan xromli po'latlar kiradi: 15X; 20X. Bularndan ishqalanishga ishlaydigan va o'zagi puxtaligi yuqori bo'lishi talab qilinadigan detallar yasaladi. Agar ozgina vanadiy qo'shilsa (15XF), zarralar maydalashib, plastikligi va uyushqoqligi ortadi.

**Uchinchi guruh** po'latlar tarkibiga nikel qo'shiladi. Bunday po'latlardan zarbiy kuchlarga ishlaydigan va ko'ndalang kesimi katta hamda murakkab shaklda bo'lgan yoki qarama-qarshi kuchlanishda (+;-) ishlaydigan detallar yasaladi: 20XH; 12XH3A; 12X2H4A. Nikel o'rniga titan qo'shilsa ham bo'ladi: 18XГТ.

Agar volfram yoki molibden qo'shilsa (12X2H4BA; 18X2H4M4) toblanish qalinligini oshiradi.

## 8.9. Yaxshilanadigan konstruksion po'latlar

Bularga o'rta uglerodli (0,3–0,5%) va legirlovchi elementlari 5% dan oshmagan po'latlar kiradi. «**Yaxshilanishi**» bu toblash va yuqori bo'shatishdir. Bunday po'latlar yuqori mustahkamlikka, uyushqoqlikka ega; kuchlanishlar yig'indisiga kam e'tibor beradi, toblanish chuqurligi yaxshi. Shuning uchun zarbiy kuchlarga bemolol ishlaydi.

Beshta guruhga bo'lingan:

- 1) Стал 35, Стал 40, Стал 45;
- 2) 30X; 40X;
- 3) 30XM; 40XГ; 30XГТ;
- 4) 40XH; 40XHM;
- 5) 38XH3M; 38XH3MFA.

**Prujina va reszoralar uchun po'latlar.** Plastik deformatsiyaga yo'l qo'yilmaydi. Kremniy va marganes bilan legirlanadi. Toblanish va toblanish qalinligi yuqori: 65; 70; 65Г; 60C2; 70C3A; 60CГ; 40XΦA.

**Sharikli va rolikli podshipnik po'latlari.** Har xil qutbli mujas-samlantirilgan (удельный) kuch ta'sir qiladi. Qattiq, yeyilishga

chidamli va nuqtaviy charchamasligi (контактная усталость) kerak.

ШХ4; ШХ15; ШХ15СГ; ШХ20СГ.

### **Nazorat savollari**

- 1. Legirlovchi elementlar temir allotropik shakl o'zgarishlariga qanday ta'sir qiladi?*
- 2. Legirlovchi elementlarning po'lat xossalari ta'siri qanday?*
- 3. Prujina va sharikopodshipnik po'latlari qaysi xossalarga ega bo'lishi kerak?*
- 4. Legirlovchi elementlar po'latning dislokatsion tuzilishiga qanday ta'sir qiladi?*
- 5. Po'latning dislokatsion tuzilishi bilan xossalari orasida qanday bog'liqlik bor?*

---

## 9-bob. ASBOBSOZLIK MATERIALLARI

Asbobsozlik po'latlari deganda, ko'pincha, qirqib ishlash asboblari po'latlari tushuniladi. Vaxolanki, bu guruhga o'lchov asboblari va shtamplar uchun ishlatiladigan po'latlar ham kiradi. Bu po'latlar o'ziga xos og'ir sharoitda ishlaydi. Ayniqsa, metall qirquvchi keskich materiallari katta bosim ostida, yuqori haroratda, har xil tashqi muhit ta'sirida, shiddat bilan ishqalanib yeyilish sharoitida ishlaydi. Tezkesar po'latdan yasalgan tokarlik keskichining bir turg'unlik davrida (bir charxlash bilan ikkinchi charxlash orasidagi vaqt) keskich oldingi yuzasidan 8 km uzunlikdagi qirindi sirpanib o'tadi. Shtamplar bundan og'ir sharoitda ishlaydi.

### 9.1. Qirquvchi asboblar materiallariga qo'yilgan talablar

1. Yetarli darajadagi yuqori qattqlik. Bu qattqlik ishlanayotgan material qattqligidan ancha katta bo'lishi lozim.

2. Kesuvchi asbobning qirqish tig'i mustahkam bo'lishi kerak. Keskichning oldingi yuzasiga bir necha yuz kilogrammdan bir necha tonnagacha katta bosim ta'sir qiladi. Bu bosim qirqish tig'ining uchiga to'g'ri keladi. Yana qizig'i shundaki, bu bosim vaqt bo'yicha o'zgaruvchan, chunki qiytim qatlami har xilligi hisobiga kuch ham o'zgarib turadi.

3. Ishqalanib yeyilishga katta chidamlilik. Keskich oldingi yuzasidan qirindi rotorli ekskavatori tishlari kabi tirnab o'tib, yuzaga ishqalanib yeyiladi. Bular hammasi yuqori harorat ostida o'tadi.

4. Issiqqa bardosh bo'lishi lozim. Qirqish jarayonida ko'p va katta issiq chiqadi. Uglerodli asbobsozlik po'latlarning issiqqa bardoshlilikgi 200–250°C. Umuman olganda, po'latning issiqqa bardoshlilikgi deb, uni qaysi haroratgacha qizdirilganda o'zini mexanik xossalarini saqlab turish qobiliyatiga aytiladi. Tezkesar

po'latlari uchun u 600°C ga, qattiq qotishmalar uchun 800–900–1000°C ga teng.

5. Keskich materiali ishlanayotgan material bilan bir-biriga yopishqoqligi iloji boricha kam bo'lishi lozim. Yopishgan hajm o'zidan keyingi kelayotgan oqim bilan o'pirib olib ketadi – yulib oladi.

<b>Fizik mexanik xossalari</b>	<b>Y12A</b>	<b>P18</b>	<b>BK6</b>	<b>T15K6</b>	<b>Mineralokeramika</b>
--------------------------------	-------------	------------	------------	--------------	-------------------------

6. Iloji boricha keskich materialining issiqlik o'tkazish qobiliyati yuqori bo'lishi kerak. Keskich cho'qqisidagi issiqlik to'planib qolsa, cho'qqi o'ta qizib qirqish qobiliyatini yo'qotadi (Ariqdagi suv toshgan kabi).

## **9.2. Keskich materiallari va ularning fizik-mexanikaviy xossalari**

### **Materiallar**

1. Uglerodli asbobsozlik po'latlari.
2. Legirlangan asbobsozlik po'latlari.
3. Tezkesar po'latlar.
4. Qattiq qotishmalar.
5. Minerallokeramik materiallar.
6. Olmoslar.
7. Jivirlovchi-abraziv materiallar.

### **Asbobsozlik materiallarining fizik-mexanikaviy xossalari**

## **9.3. Asbobsozlik uglerodli po'latlari**

Bular, asosan, quyidagilar: Y7A; Y8A; Y8ΓA; Y9A, Y10A, Y10ΓA, Y12A, Y13A. O'qilishi: Masalan, Y7A: Y – uglerodli degani: 7 – o'ndan bir ulushda uglerod miqdori, ya'ni uglerod C = 0,7%, A – po'lat yuqori sifatli, ya'ni zararli element P, C lar har birining miqdori 0,025% dan oshmagan degani.

Zichlik, g/sm <sup>3</sup>	7,8	8,73	14,7	11,1	3,9
Yegil; kg/mm <sup>2</sup> ,	360	370	140	125	30–45
Issiqlik o'tkazuvchanlik, kkal/sek, C	0,09	0,07	0,145	0,065	0,01
Issiqqa bardoshligi, C°	200 –300	600	860	900	1200
Qattqlik, HRA	90	90	91	91	92
Qisilishga, mustahkamlik d. kg/mm <sup>2</sup>		380		400	90–150

Albatta termik ishlanadi. Toblashda qizdirish qo'rg'oshinli vannalar, tuz eritma vannalar va elektr pechlarda olib boriladi. Katta o'lchamli asboblarda toblashdan oldin  $t = 350 - 450^{\circ}\text{C}$  dastlab (darz ketmasligi uchun) qizdirib olinadi. Qizdirish vaqti asbob ko'ndalang kesimi kattaligiga qarab belgilanadi: har bir mm. ko'ndalang kesimga quyidagi birlik bo'yicha qo'rg'oshin vanna uchun 6–8 sek, tuz vannalari uchun 12–14 sek, elektr pechlari uchun 50–80 sek olinadi.

### Termik ishlash rejimlari

Po'lat markasi	Toblash harorati, t-C	Sovitish muhiti	Qattqlik, toblangan-dan so'ng, HRC	Bo'shatish	Bo'shatgandan so'ng qattqlik HRC
Y7A	800 –830°C	Suv	61–63	Past	60–63
Y8ΓA	800 –830°C	Suv, so'ngra yog'	61–63	bo'shatish	60–63
Y9A	790 –810°C	Suv, so'ngra yog'	62–64	160 –180°Cda	60–63
Y10ΓA	760 –810°C	Yog'	61–63	Ushlab	60–63
Y10A	770 –790°C	Suv, so'ngra yog'	62–64	turish	60–63

Y12A	760 -780°C	Suv, so'ngra yog'	62-65	1-2	60-63
Y8A	790 -820°C	Suv	61-63	soat	60-63

Uglerodli po'latlarning termik ishlash jarayonida tob tashlash, darz ketish odati bor.

Y7A, Y8A, Y9A po'latlardan slesarlik va temirchilik asboblari, ushlagichlar, qattiq qotishmali keskichlarning korpuslari yasaladi.

Y10A, Y12A, po'latlardan tokarlik va randalash keskichlari, parmalar, metchiklar, razvyortkalar, plashkalar, qo'larra, tasmali arralar yasaladi.

Y10GA po'latidan yog'och va metallarni qirqadigan tasmali arralar ishlab chiqariladi.

#### 9.4. Legirlangan asbobsozlik po'latlari

Legirlangan asbobsozlik po'latlari uglerodli po'latlar tarkibiga u yoki bu legirlovchi elementlarni (Cr, V, Mo, W va h.k.) kiritish bilan olinadi. Bundan maqsad lozim bo'lgan xossalarni olishdir. Xrom qo'shilsa, po'lat qattiqligi, zangga bardoshliliigi va ishqalanib yeyilishga qarshiligi ortadi.

Volfram va molibden kiritilsa, po'latning qattiqligi, ishqalanib yeyilishga qarshiligi issiqbardoshliliigi ortadi.

Vannadiy po'latning strukturasi yaxshilaydi: turg'un karbidlar va toblangandan so'ng mayda donali struktura hosil qiladi.

**1. Volframli po'latlar:** B1, B2. Bu yerda volfram miqdori 1% va 2%. Volframning qo'shilishi po'latning po'latni o'ta qizishga moyilligini pasaytiradi; uyushqoqligi ortadi. Parmalar, kichik o'lchamdagi metchiklar, razvyortkalar, plashkalar va h.k. yasaladi.

**2. Xromli po'latlar:** 9X, X05, X. Xromning qo'shilishi toblashdagi kritik sovitish tezligini pasaytiradi; birmuncha ishqalanib yeyilishga chidamliligini oshiradi; qattqlikni ko'taradi. O'qilishi: 9X-da  $S = 0,5\%$   $Sr \approx 1\%$ ; Bu po'latdan tokarlik va randalash keskichlari, parmalar, metchiklar, razvyortkalar va h.k. lar yasaladi.

**3. Xrom-margenesli po'latlar:** XBГ; XГ. XBГ ning o'qilishi:  $S \approx 1\%$ ;  $Sr = 0,9-1,2\%$ ;  $W = 1,2-1,6\%$ ;  $Mn = 0,8-1,1\%$ ; XG ni tarkibi:  $S = 1\%$ ;  $Cr = 1,3-1,6\%$ ;  $Mn = 0,45-0,7\%$ .

Bu po'latlarning zo'r xossalariidan biri bu -- toblash jarayonida tob tashlash (deformatsiyalanish) darajasi ancha kichik. Shuning uchun bu po'latdan uzun sterjensimon va o'lchamlari ishlangan detallarga o'tadigan keskichlar yasaladi: protyajkalar, maxsus parmalar va razvyortkalar.

**4. Xrom-volframli po'latlar:** XB5: tarkibi S = 1,25–1,5%; Cr = 0,4–0,7%; W = 4,5–5,5%; Juda qattiq. Toblangandan so'ng HRC = 70. Yuqori ishqalanib yeyilishga chidamli – turg'un. Bu po'latlardan tokarlik va randalash keskichlari, frezalar, maxsus keskichlar yasaladi.

**5. Xrom-kremniyli po'latlar:** 9XC, 9X; 9XC ning kimyoviy tarkibi: S = 0,9%; Cr = 1%, Si = 1,4%. Kremniy po'latning toblanishlik qobiliyatini, ishqalanib yeyilishga turg'unligi-chidamliligi va uyushqoqligini oshiradi. Metchiklar, parmalar, plashkalar, frezalar yasaladi.

**6. Yuqori xromli po'latlar:** X12; X12M. Tarkibi: S = 1,45–2,3%; Cr = 11–13%; Mn = 0,5–0,8%; HRC = 62–65% toblangandan so'ng. Bu po'latdan frezalar, razvyortkalar, parmalar, protyajkalar yasaladi.

## 9.5. Tezkesar po'latlar

Tezkesar po'latdan yasalgan keskichlar kesish tezligi yuqori, kesish chuqurligi katta, demak, yuqori haroratda ishlaydi. Uglerodli asbobsozlik po'latlari 200°C ga qiziganda uning qattiqligi tez pasayadi (keskich o'tirib qoladi), tezkesar po'lati 600°C da ham yumshamay qirqish qobiliyatini saqlab qoladi. Tezkesar po'latlarning turlari ko'p. Ularning ba'zilarining kimyoviy tarkibi quyidagicha:

Po'lat markasi	S, %	Cr, %	W, %	V, %	Co, %
<b>P18</b>	0,7–0,8	3,8–4,4	17,5–19,0	1,0–1,4	–
<b>P9</b>	0,85–0,95	3,8–4,4	8,5–10,0	2,0–2,6	–
<b>P9Φ5</b>	1,4–1,5	3,8–4,4	9,0–10,5	4,3–5,1	–
<b>P9K5</b>	0,9–1,0	3,8–4,4	9,0–10,5	2,0–2,6	5,0–6,0
<b>P9K10</b>	0,9–1,0	3,8–4,4	9,0–10,5	2,0–2,6	9,5–10,5
<b>P18K5Φ2</b>	0,85–1,95	3,8–4,4	17,5–19,0	1,8–2,4	5,0–6,0



Tezkesar po'latning termik ishlash jarayoni ancha murakkab: 9.1-rasmda termik ishlash rejimi keltirilgan.

Tezkesar po'latning issiqlik o'tkazish qobiliyati kichik, birdaniga toblash haroratli pechga qo'yilsa darz ketadi. Shuning uchun oldindan 2 marta qizdirib olinadi: 1) 500–600°C, 2) 830–860°C. Bundan so'ng tez qizdiriladi.

P18 uchun  $t_{\text{tabl}} = 1280\text{--}1300^\circ\text{C}$ , P9 uchun  $t_{\text{tabl}} = 1240\text{--}1260^\circ\text{C}$ , austenit strukturasi olinadi. Ma'lum vaqt ushlab turilgach, ( $T = 1\text{--}2\text{min}$ ) moyda sovutiladi (tuz eritmasida ham bo'lishi mumkin). Albatta bo'shatiladi: 3 marta 1 soatdan birinchi bo'shatilganda austenitning 85%, ikkinchi bo'shatilganda 95–97%, uchinchi bo'shatilganda 98–99% martensitga aylanadi. Shunda qattiqlik HRC = 64 ga yetadi.

Bo'shatish rejimining ikkinchi varianti ham bor. Po'lat sovuq bilan ishlanadi:  $-80^\circ\text{C}$  dan  $-100^\circ\text{C}$  gacha sovutiladi. Bundan so'ng bir marta  $560^\circ\text{C}$  da bo'shatiladi. Shunda austenitni 97–98% martensitga aylanadi.

Tezkesar po'latlar toblanishdan oldin yumshatib olinadi.

## 9.6. Shtamp po'latlari

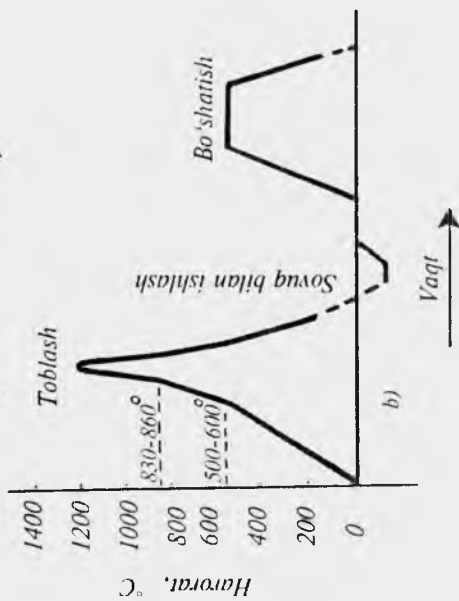
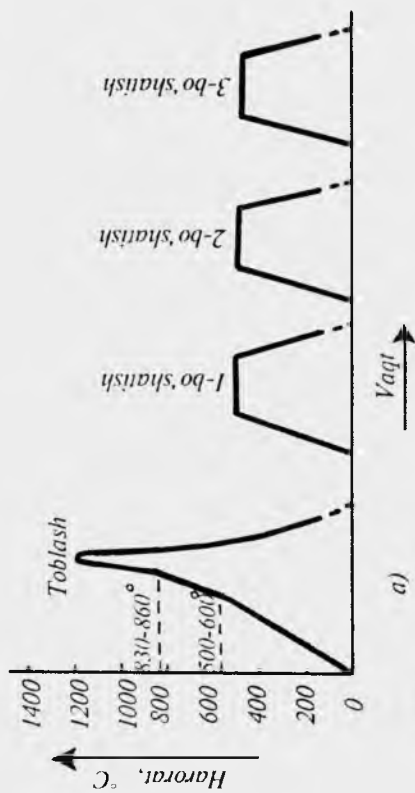
Metall va qotishmalarni bosim ishlashda foydalaniladigan asboblarni (puanson, rolik, shtamp va h.k.) yasash uchun qo'llaniladigan po'latlarga shtamp po'latlari deyiladi.

Metall va qotishmalarni qizdirib, bosim bilan ishlaydigan asboblardan va sovuqlayin – qizdirmasdan bosim bilan ishlaydigan asboblardan bor. Shu nuqtayni nazardan qiziydigan va qizimaydigan shtamplar mavjud.

**Qizimaydigan shtamp po'latlari.** Qattiqligi HRC = 60–62 bo'ladi. Uglerodi 1% dan kam bo'lmagan po'latlardan (Y10A, Y11A, Y12A) yasaladi.

Ushbu po'latlarning toblanish chuqurligi kichkina bo'lgani uchun nisbatan yengil sharoitda ishlaydigan, oddiy shaklli mayda detallarini yasash uchun ishlatiladi.

Murakkab shaklli, og'ir detal shtamplari, bunda og'ir sharoitda ishlaydi, toblanish chuqurligi katta bo'lgan legirlangan po'latlardan yasaladi. Masalan, X va HX15 po'latlari.



9.1-rasm. Tezkesar po'latdan yasalgan kesuvchi asboblarni termik ishlash rejimlari sxemalari:  
 a — sovuq bilan ishlamaganda;  
 b — sovuq bilan ishlanganda.

Soviqalayin prokatlashda jo'valar 9X yoki 9X2 po'latlardan yasaladi. Suvda toblab, past harorat 100–120°C da bo'shatilganda sirtining 15 mm qalinligi qattiqligi HRC = 66 gacha yetadi. Zarb bilan ishlaydigan asboblari (pnevmatik asboblari, zubilar) qattiqligi HRC = 52–58 bo'lishi lozim.

Shtamplar po'latlarining eng ko'p ishlatiladigani quyidagilar: 4XC, 6XC, 4XB2C, 6XB2C.

Bularning ba'zilarining kimyoviy tarkibi quyidagi jadvalda keltirilgan.

Po'lat markasi	S, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	V, %	Mo, %	W, %
4XC	0,35–0,45	0,4	1,2–1,6	1,3–1,6	–	–	–
6XC	0,6–0,7	0,4	0,6–1,0	1,0–1,3	–	–	–
4XB2C	0,35–0,44	0,2–0,4	0,6–0,9	1,0–1,3	–	–	2,0–2,5
6XB2C	0,55–0,65	0,2–0,4	0,5–0,8	1,0–1,3	–	–	2,2–2,7

Bu po'latlarni toblash va bo'shatish haroratlari hamda natijaviy qattiqligi quyidagi jadvalda keltirilgan.

Po'lat markasi	Toblash harorati, t °C	Bo'shatish harorati t °C	Bo'shatilgandan keyingi qattiqlik HRC
4XC	880–900 moy	240–270	51–52
6XC	840–860 moy	240–270	51–53
4XB2C	860–900 suv	240–270 420–440	50–52, 44–46
6XB2C	860–900 suv	240–270 420–440	53–55, 46–48

Qizimaydigan bosim ostida ishlaydigan asboblarga kiryalari (filyeralari) ham kiradi. Kirya – filyera ko'zlari sim tortilishi natijasida yeyiladi va qiziydi.

Shuning uchun ular yeyilishga va issiqqa chidamli xromli legirlangan po'latlardan yasaladi. X12, X12M, X12Φ1, X6BΦ.

**Qiziydigan shtamplar po'latlari.** Bu po'latlarga quyidagi talablar qo'yiladi: olovbardoshlik, issiqbardoshlik, chuqur toblanuvchanlik, qovushqoqlik, bo'shatish jarayonida iloji boricha kam mo'rtlashuvchanlik, yopishmaslik va h.k.

Nisbatan yengil sharoitda (kichik bosim ostida) ishlaydigan shtamplar Y7A, Y8A, Y9A po'latlaridan yasaladi.

Og'irroq sharoitda ishlaydigan legirlangan po'latlar 5XHM, 5XGM, 5XHT, 5XHCB dan yasaladi. Bu po'latlarning ba'zilarining kimyoviy tarkibi quyidagi jadvalda keltirilgan.

Po'lat markasi	C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	V, %	Mo, %	W, %
5XHM	0,5-0,6	0,5-0,8	0,35	0,5-0,8	—	0,15-0,3	—
5XGM	0,5-0,6	1,2-1,6	0,25-0,65	0,6-0,9	—	0,15-0,3	—

Bular orasida qizib, og'ir sharoitda ishlaydigan shtamplar uchun eng ko'p ishlatiladigani 5XHM po'latidir.

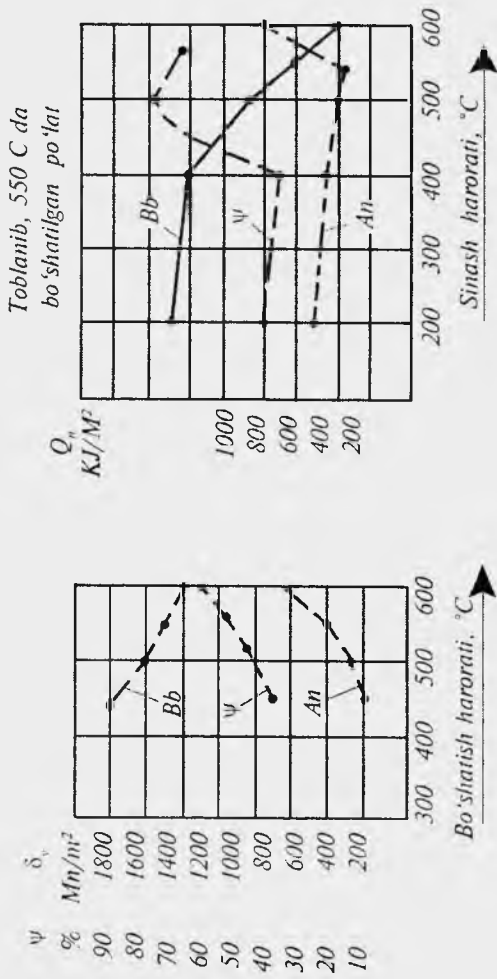
9.2-rasmda 5XHM po'latining mexanik xossalari hamda uni bo'shatish va sinash haroratiga ta'siri ko'rsatilgan.

Po'latlar 5XHM va 5XHIOB ni toblab bo'shatilgandan (550°C) so'ng mexanik xossalari quyidagicha:  $\sigma_b = 1200-1300 \text{ Mn/m}^2$ ;  $\delta = 10-13\%$ ;  $\psi = 40-45\%$ ;  $Q_n = 400-500 \text{ kJ/m}^2$ ; 5XGM po'lati uchun quyidagicha:  $\sigma_v = 1200-1300 \text{ Mn/m}^2$ ;  $\delta = 10-13\%$ ;  $Q_n = 30\%$ ;  $Q_n = 300-400 \text{ kJ/m}^2$ .

## 9.7. Qattiq qotishmalar

Qattiq qotishmalar asbobsozlik materiallari turkumiga kiradi. Metallar keramikasidan tashkil topganligi sababli metallokeramik qattiq qotishma deb ataladi. O'z navbatida bu kompozitsion materialdir.

Qattiq qotishmalar ko'p tarqalgan asbobsozlik materialidir. Ular kukun metallurgiyasi asosida olinadi. Tashkil etuvchilarni maydalab, kukun holiga keltirilib aralashtiriladi.



9.2-rasm. Po'lat 5XHM ni mexanik xossalari bo'shatish va sinash haroratlari qabab o'zgarishi.

Masalan, BK6 markali qotishma uchun WC = 94% va Co = 6% hajmida har ikki tashkil etuvchi kukunlari tayyorlanadi. Olingan massani kerakli shakl va o'lchamli qolip (shtamp)ga solib, bosim ostida presslanadi va lozim o'lchamli plastinkalar olinadi.

Plastinkalar grafitli trubkali yoki yuqori chastotali vakuum pechlariga joylashtirilib tok o'tkaziladi ( $G = 1500A$ ).

Yuqori harorat ta'sirida karbidlar (masalan, WC) zarrachalari kobolt zarralari bilan birikib, yopishadi. Bu yerda kobolt zarralari bog'lovchi vazifasini o'taydi. Natijada o'ta yuqori qattiq massa hosil bo'ladi.

Qattiq sinchlari zich volfram va titan karbidlari kristallaridan iborat bo'lib, uyushoq modda – karbidlarning koboltdagi qattiq critmasi bilan bog'langan bo'ladi.

Qattiq qotishmalar, asosan, ikki guruhdan iborat: 1 – bir karbidli – volfram karbidli – BK va 2 – ikki karbidli volfram va titan karbidli – TK.

Lekin uch va undan ko'p karbidli qattiq qotishmalar ham bor – TTK.

Albatta TK guruhi BK ga nisbatan ancha qattiq issiqqa bardoshlilik yuqori. Lekin BK guruhi mustahkamroq va zarbiy qovushqoqligi yuqoriroq.

BK guruhi issiqqa bardoshligi  $800^{\circ}C$  bo'lsa, TK guruhiniki  $900-1000^{\circ}C$  ga yetadi.

Eng ko'p tarqalgan qattiq qotishmalarning kimyoviy tarkibi va xossalari quyidagi jadvalda keltirilgan (ГОСТ 3882-74).

Qotishma markasi	Shixta (massalliq) tarkibi, %				seg, MPa	HRA
	WC	TiC	TaC	Co	Bundan kam emas	
<b>Volframli qotishmalar</b>						
BK3	97			3	1100	89,5
BK4	96			4	1400	89,5
BK6	94			6	1500	88,5
BK8	92			8	1600	87,5
BK10	90			10	1650	87

BK15	85			15	1800	86
BK20	80			20	1950	84
BK25	75			25	2000	82
<b>Titan – volframli qotishmalar</b>						
T30K4	66	30		4	950	92
T15K6	79	15		6	1150	90
T5K10	85	5		10	1400	88,5
<b>Titan – tantal – volframli qotishmalar</b>						
TT7K12	81	4	3	12	1650	87
TT8K6	86	6	2	6	1250	90,5

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, markalarning o‘qilishi quyidagicha: BK6 – bunda Co = 6%. Wc = 94%; T15K6 – da Co = 6%; TiC = 15% qolgani, ya’ni WC = 79%.

BK guruhidagi qotishmalar tarkibida kobolt miqdori ortishi bilan ularning mo‘rtligi kamayadi. Shuning uchun BK8 qora – dastlabki qirqishda ishlatiladi.

TK guruhi BK guruhiga nisbatan mo‘rtroq. Shu sababli, keskich chidamliligini saqlash maqsadida TK guruhi asosan, po‘latlarini qirqishda ishlatilishligi tavsiya qilinadi.

Qattiq qotishmalarining qirqish-ishlash qobiliyatini mayda zarrachali (donalar o‘lchami 0,5–0,15 mk ga teng) qotishmalar olish bilan oshirish mumkin, masalan, BK6M.

Qotishma tarkibiga tantalning qo‘shilishi uning harorati siklaviy (vaqti-vaqti bilan) o‘zgarishda darz ketishga qarshiligini oshiradi.

Umuman olganda, BK3 – BK8 qattiq qotishmalari, asosan, uvoq qirindi (uzuq-uzuq qirindi) olinadigan materiallar qirqishda ishlatiladi. Masalan, cho‘yan, rangli metallar, farfor, keramika va h.k.

BK10 va BK15 qotishmalari ancha yuqori qovushqoq bo‘lganligidan sim olish asboblari («филералар» da) burg‘alash asboblari ishlatiladi.

Ikki karbidli qattiq qotishmalar ko‘pincha, tez qirqish jarayonlarida qo‘llaniladi.

Uch karbidli qattiq qotishmalar TiC-ToC-WC-Co tizimida bo'ladi. Bu guruh qotishmalari mustahkam, vibratsiyalarga hamda uqalanishlarga chidamli. Bular og'ir qirqish sharoitlarida po'lat quymalar va pokovkalarni qora qirqishda qo'llaniladi.

## 9.8. Minerallokeramik plastinkalar

Minerallokeramika bu juda mayda korund zarralardan tashkil topgan polikristall jismdir. Zarralarning o'lchami uch mikrondan katta emas. Bu, asosan, aluminiy oksidi  $Al_2O_3$  dir. Odatda, minerallokeramikadan yasalgan detallar sun'iy aluminiy oksididan olingan juda mayda kukunlardan olinadi. Kukunni olish uchun glinazyom  $1500-1550^{\circ}C$  gacha qizdiriladi, so'ngra zarralar o'lchami 1 mk bo'lguncha maydalanadi.

Qizdirib pishirish davrida bu zarralar o'lchamlari kattalashmasligi uchun kukunga MgO qo'shiladi. MgO qotishma mustahkamligiga ta'sir qilmaydi.

Minerallokeramikadan detal olishning ikki usuli ko'proq tarqalgan.

1. Bosim ostida issiq holda quyib olish;

2. Presslash usuli bilan; ayniqsa sodda shaklli detallar uchun.

Presslash usuli bilan detal olishda, shixta tarkibiga plastifikator (kauchukni benzindagi 4–5% eritmasi) qo'shiladi.

Ushbu aralashma  $100^{\circ}C$  da qizdirilib quritiladi. So'ngra massa maxsus press-shakllarda bosim ( $700-800 \text{ kg/sm}^2$ ) bilan presslanadi.

Presslangan zagotovkalar  $100-120^{\circ}C$  haroratda 24 soat davomida quritiladi.

Quritib yaxlit holga keltirish, ya'ni pishirish («Спекание») lozim; xossalarni (qattqlik, mustahkamlik) oldirgan holda ikki operatsiya bilan olib boriladi.

Birinчисida  $1100^{\circ}C$  da 2 soat davomida, ikkinчисida  $1720 - 1760^{\circ}C$  haroratda 10–15 min.

Minerallokeramika juda yuqori issiqqa bardoshlikka ( $1200^{\circ}C$ ) ega va shuning uchun juda yuqori tezlikda qirqish imkonini beradi. Bu ishlanayotgan materialga nisbatan kimyoviy inert – befarq.

Bu xossa, ayniqsa, olovbardosh va zanglamas po'latlarni qirqayotgan vaqtda katta amaliy ahamiyatga ega, chunki uning tar-



kibida qimmat legirlovchi elementlar yo'q. Shu jihatdan u arzon material.

Ko'p tarqalgan T-48 va UM-332 markali asbobsozlik minerallokeramika qirquvchi plastinkalarning fizik-mexanikaviy xossalari quyidagicha:

1. Zichlik  $\gamma = 3,9 \text{ g/sm}^3$ ;
2. Egilishdagi mustahkamlik chegarasi  $\sigma_{eg} = 25-40 \text{ kg/mm}^2$ ;
3. Qattqlik – HRC = 91-92;
4. Issiqqa bardoshligi –  $1200^\circ\text{C}$ ;
5. Erish harorati –  $2000^\circ\text{C}$ .

Lekin, yuqori mo'rtligi va egilishdagi mustahkamligi past (qattiq qotishmalarniki  $\sigma_{eg} = 100-130 \text{ kg/mm}^2$ ).

Shuning uchun ustida rakovinalar, po'stloqlar, kuyundilar, g'adir-budur bo'lmagan zagotovkalar toza va yarimtoza operatsiyalarda ishlatiladi.

Plastinkalar keskich korpusiga kavsharlanadi yoki mexanik usulda mahkamlanadi.

Keskich cho'qqisi baquvvat bo'lib, uqalanib ketmasligi uchun keskich oldingi yuzasiga faska-supacha yasalib, uning oldingi bo'lagi  $\gamma_{faska} = (-5^\circ\text{C}) - (-15^\circ\text{C})$  bo'ladi.

## 9.9. O'ta qattiq materiallar

O'z nomi bilan bular boshqa materiallar qirqa olmagan hollarda ishlatiladi. O'ta qattiq materiallardan yasalgan keskichlar bilan qattiq qotishmalar, rubinlar agatolar, yashma, filyeralar – kiriyalar va h.k. qirqiladi. Bulardan tashqari ular tog' jinslarini burg'alashda ham ishlatiladi. Bular tez qirqish ( $V_{qir} = 100-200 \text{ m/min}$ ) imkonini berganligi uchun toza yuzalar va aniq o'lchamlarni olishda ko'proq ishlatiladi.

O'ta qattiq materiallar orasida olmos birinchi o'rinda turadi. Uning qattiqligi  $HV_{olmos} = 10000$ , volframli qattiq qotishma BK niki  $HV_{vk} = 1700$ , tezkesarniki  $HV_{tezkes} = 1300$ , ya'ni 6 va 8 marta katta.

Albatta, sun'iy olmoslar (bort, ballas, karbonad) afzalroq qo'llaniladi. Sun'iy olmoslar grafitdan katta bosim ostida ( $P \approx 200000 \text{ atm}$ ) va yuqori haroratda olinadi.

Olmoslar bilan keskichlar, parmalar, frezalar, qirqish tig'lari jihozlanadi.

Olmoslar bilan jihozlangan keskichlar bilan qirqish maxsus stanoklarda olib boriladi: titramaydigan, fundamentlari ham iloji boricha alohida. Chunki katta tezlikda qirqiladi. Aks holda olmos uqalanib ketadi.

Olmosli qirqishda yuqori sifatli (silliq) ishlangan yuza olinadi. 9–10 va undan yuqori klassli yuza.

Olmosli keskichlarning turg'unligi yuqori 25 soatdan 200 soatgacha boradi.

Bu avtomatlashtirilgan ishlab chiqarishda katta ahamiyatga ega. Bir o'Ichamga moslashtirilgan holda ancha vaqt qayta naladka qilmasdan ishlash imkonini beradi.

Har xil keskich materiallarini o'tmas bo'lmasdan o'tgan yo'li (u charxlash bilan bu charxlash orasida) quyidagicha:

1. Olmos –2500 – 3000 km;
2. Qattiq qotishma – 20 km;
3. Tezkesar po'lati – 8 km.

Qattiq qotishma bilan aluminiy qotishmasidan (kremniyli) yasalgan 6 ta detalni ishlash mumkin bo'lsa, olmos bilan 30 000 detalni ishlash mumkin.

Olmosli keskichlar bilan rangli metallar va ularning qotishmalari, plastmassalar, keramika ishlanadi va bunda ishlangan yuza g'adir-budurli kichkina bo'ladi.

Bo'r nitridi BN polikristallaridan yasalgan keskichlar ancha universal.

U bo'r nitridi mikrokukunlarini qizdirib, bir butun qilib pishirish yo'li bilan olinadi. Yuqori harorat va bosim ostida olinadi.

Bo'r nitridi mikrokukunlarini pishirish natijasida kub panjarali bo'r nitridi olinadi.

Bularni olish jarayoniga qarab elb'r, elb'r – P, b'razon deb nomlanadi. Kubik bo'r nitridi olmos bilan bir xil kristallik panjaraga ega, xossalari ham bir xil. Qattiqligi olmosnikidan qolishmaydi ( $HV = 9000$ ). Lekin, issiqqa bardoshligi yuqoriroq ( $1200^{\circ}\text{C}$ ) va kimyoviy inert.

Bu xossasi (temir bilan kimyoviy reaksiyaga kirishish qobiliyati yo'qligi) undan yasalgan keskich bilan qiyin ishlanadigan, toblangan, sementitlangan po'latlarni (HRC 60) qirqish imkonini beradi.

#### **Nazorat savollari**

1. *Asbobsozlik materiallariga qo'yilgan talablarni ayting.*
2. *Asbobsozlik materiallarining turlarini ayting.*
3. *Shtamplar qanday po'atlardan yasaladi?*
4. *Qattiq qotishmaning asosi (matritsasi) nimada?*
5. *Minerallokeramik materiallarning avzalligini ayting.*
6. *O'ta qattiq materiallar qayerda ko'proq ishlatiladi?*

---

---

## 10-bob. MAXSUS XOSSALI PO‘LATLAR

### 10.1. Zanglamas po‘latlar

Metallarning tashqi muhit bilan kimyoviy yoki elektrokimyoviy o‘zaro ta‘sir etishi oqibatida yemirilish jarayoni *korroziya-zanglash* deb ataladi.

Konstruksion materiallar ishlash davrida, ayniqsa, tajovuzkor (agressiv) muhitda yuqori zanglamaslik xossasiga ega bo‘lishi lozim. Metallar va ularning qotishmalari ko‘proq zanglaydi, chunki, ularning kimyoviy aktivligi va elektr toki o‘tkazish qobiliyati yuqori.

*Korroziyabardosh-zanglamaydigan po‘latlar* deb havo sharoitida, daryo, dengiz suvlarida, tuzlar eritmalarida, ishqor va ba‘zi kislotalarda (umuman tashqi muhitda) uy hamda yuqori haroratlarda kimyoviy va elektrokimyoviy yemirilish-korroziyaga qarshilik ko‘rsata oladigan po‘latlarga aytiladi. Zanglamas po‘latlarda yemirilish nisbatan ancha sekin o‘tadi.

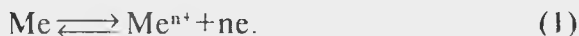
Metallarning yemirilish jarayoni ikki xil elektrokimyoviy va kimyoviy ko‘rinishda o‘tadi.

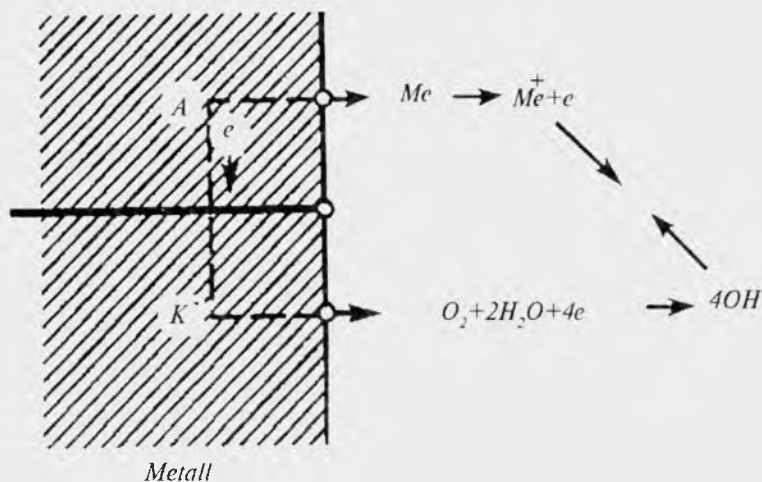
#### 10.1.1. Metallarning elektrokimyoviy korroziyasi

Elektrokimyoviy korroziya suyuq elektrolitlarda (nam havoda, nam yerda, dengiz va daryo suvlarida, tuz, ishqor va kislota eritmalarida) paydo bo‘lib rivojlanadi. Bunda metall bilan elektrolit orasida korroziya toki o‘rnatiladi – paydo bo‘ladi va tok o‘tishi sababi bilan metall eriydi.

Elektrolitda metall yuzasi bir xil emas, natijada mikrogalvanikli korroziyali element hosil bo‘ladi (10.1-rasm).

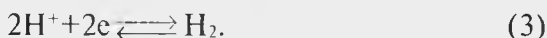
Yuzalarning bir xil uchastkalarida, ya‘ni anod uchastkalarida quyidagi reaksiya ketadi:





10.1-rasm. Korroziyon element sxemasi.

Boshqa uchastkalarda – katod uchastkalarida quyidagi ikki reaksiya (2), (3)lardan biri oʻtadi:



Korroziyon element uzilib turganda anod va katod uchastkalaridagi reaksiyalar toʻgʻri va teskari yoʻnalishlarida bir xil tezlikda boradi, yaʼni qarama-qarshi teng oʻtadi. Metallarning elektrodli qaytaruvchi potensialining (V qaytaruvchi) elektrolit xarakteri va haroratga bogʻliq.

Metallarning elektrokimyoviy potentsiallarining aktivligi (kuchlilik)ni nisbatan baholash uchun standartli elektrodli qaytaruvchi potensial  $V_{\text{qayt}}^{\circ}$  qabul qilinadi. Bu harorat  $25^{\circ}\text{C}$  ga ega va oʻzining ionlarini suvdagi eritmasidagi aktivligi (konsentratsiyasi)ga hisoblangan. Baʼzi metallarning ionlari uchun  $V_{\text{qayt}}^{\circ}$  ning qiymatlari quyidagicha:

Ion	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Sn}^{2+}$	$\text{H}^-$	$\text{Cu}^+$	$\text{Ag}^-$	$\text{Pt}^{2+}$	$\text{Au}^+$
$V_{\text{qayt}}^{\circ}$ $B_0^{\circ}$	-	-	-	-	0	+	+	+	+
	1,63	0,76	0,44	0,14		0,52	0,80	1,19	1,68

Endi agar elektr zanjir yopiq (ulangan) bo'lsa, tutashgan (yopiq) korrozitsion elementdagi to'g'ri va teskari yo'nalishdagi reaksiyalar tezliklari har xil bo'ladi. Anoddagi reaksiyalar ko'proq ionlash yo'nalishida o'tadi.

Katodda esa  $H^+$  yoki  $O_2$  ni tiklash yo'nalishida o'tadi. Natijada metallda elektronlar, elektrolitda ionlar siljiydi (suriladi-oqadi), demak korrozitsion tok hosil bo'ladi.

Bu tok ta'sirida katod va anodda orqaga qaytmaydigan potensial  $V_n$  o'rnatiladi.

Qaytaruvchi va qaytmaydigan potensial farqi korrozion elementdagi tok kuchiga proporsional. Proporsionallik koeffitsiyentlari  $R_Q$  va  $P_K$  lar qutblanuvchanlik deyiladi.

$$V_{qayt}^{an} - V_{H}^k = P_Q I, \quad (4)$$

$$V_{qayt}^k - V_{H}^k = P_K I. \quad (5)$$

Anodli  $P_a$  va katodli  $P_K$  qutblanuvchanlik eksperimental aniqlanadi.

Ba'zi bir metallar ma'lum korroziya sharoitlarida katta anod qutblanishga ( $P_a$ ) ega va ular sustlanuvchilar (пассивирующие) deyiladi.

Korroziya elementidagi korroziya tokining ( $I$ ) qiymatini, korroziyalanish tezligi quyidagicha aniqlanadi :

$$I = (V_{qayt}^k - V_{qayt}^a) / (R + P_a + P_K). \quad (6)$$

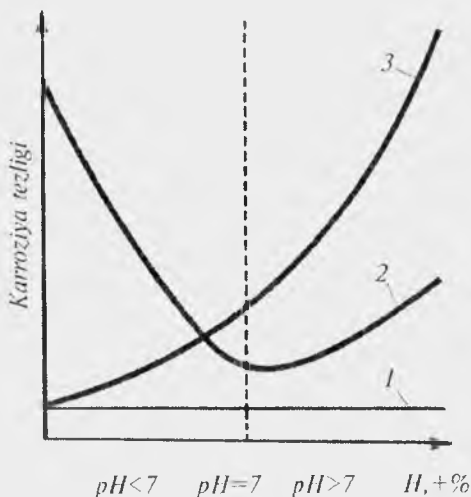
Bunda,  $R$  – korrozion element OM.li qarshiligi.

Metallarning korroziya bardoshligiga korroziyalanish mahsulotlaridan hosil bo'lgan plyonkalar yetarli ta'sir qiladi.

Ularning himoyalash xossalari omli qarshilikning kattalashishi va qutblanishlikning ortishi bilan namoyon bo'lishi 6-formuladan ko'rinib turibdi.

Elektrolit bu himoya plyonkalarini eritishi mumkin va shu bilan korroziyabardoshlikni yomonlashtiradi.

Har xil metallarning himoya plyonkalarining erishi turli elektrolitlarda namoyon bo'ladi (10.2-rasm).



10.2-rasm. Elektrolit tarkibining korrozionalanish tezligiga ta'siri:

1 – sustlanuvchi metallar; 2 – sustlanmaydigan metallar:

Zn; Sn; Pb; 3 – qolgan sustlanmaydigan metallar.

### 10.1.2. Korroziyabardosh sustlanmaydigan metallar

Berilgan korroziya  $V_{qayt}^a$  sharoitida qaytariluvchi elektrodli potensial katod reaksiyasi  $V_{qayt}^k$  ga yaqin hollarda korroziya toki kichkina va metall yuqori korroziyabardoshlikka ega.

Shu sababli elektromusbat metallar Au, Pt, Ag, Cu hamda Sn va Pb ning potentsiallari kichkina elektromanfiy qiymatli bo'lganligidan ko'pchilik muhitlarda yuqori korroziyabardoshlikka ega.

Au, Pt, Ag – barcha muhitlarda korroziyabardosh (ba'zi yuqori konsratsiyali kislotadan tashqari).

Cu, Sn, Pb – nam havo, dengiz suvi va bir qancha organik kislotalarda korroziyabardosh.

Ba'zi metallarning atmosferadagi korrozionalanish tezligi quyidagicha:

Metall	Fe	Zn	Sn	Cu	Ag	Au
$V_{korr}$ , MKM/yil	20,0	3,2	1,2	1,0	0,04	0

### 10.1.3. Korroziyabardosh sustlanuvchi metallar

Metallni katta manfiy qaytariluvchi elektrodli potentsiali bo'lishiga qaramasdan, katta anod qutblanishi natijasida  $P_0$ , korrozion elementda katta emas korrozion tok o'rnatiladi va metall juda sekin tezlikda yemiriladi (6-formula). Metallning passivlik-sustlik holati uning yuzasida himoya plyonkalarining hosil bo'lishi bilan bog'liq.

Ko'pchilik sanoat qotishmalari mana shunaqa sust holatga o'tish qobiliyatiga ega. Ko'pchilik metallar uchun sust holatga o'tish oksidlovchi (tarkibida kislorod bor) muhitlarda o'z-o'zidan havoda ham paydo bo'ladi.

Havoda o'z-o'zidan sustlashish qobiliyatiga eng ko'p moyil («склонен») metallar — bu titan, aluminiy, xrom.

Titan sustlashgan holda o'zining korroziyabardoshligi bilan oltin va platinadan keyingi uchinchi o'rinda turadi.

Bu sifatni, sustlik holatini, korroziyabardoshlik qobiliyatini nam havoda hatto qizdirilgan holda ham oksidlanmaydigan, oksidlanadigan va organik kislotalarda, dengiz suvida, issiq ishqorlarda ham saqlaydi. Titan qotishmalari ham bu qobiliyatni saqlab qolgan.

Aluminiy ham nam havoda, oksidlovchi va organik kislotalarda yuqori korroziyabardoshlikka ega. Lekin ishqorlarda yuqori tezlik bilan yemiriladi — korroziyalanadi.

Barcha qo'shimchalar va legirlovchi elementlar aluminiyni qutblanishini pasaytiradi va korroziyabardoshligini pasaytiradi. Elektrmusbat metallarning (Fe, Cu) qo'shilishi aluminiyning korroziyabardoshligini sezilarli pasaytiradi: 5 % misli aluminiy qotishmasi — duraluminiy, rux qo'shilgan puxtalikdagi qotishma B95; kremniy qo'shilgan murakkab silumin AK8M, issiqbardosh qotishma AK4 va h.k. lar korroziyabardoshligi toza aluminiynikidan ancha past.

Elektromanfiy element Si, Mn, Mg lar aluminiy sustligini pasaytirmaydi, korroziyabardoshlikni pasaytirmaydi. Shuning uchun sodda — oddiy silumin korroziyabardoshligi toza aluminikiga yaqin. Marganes hatto korroziyabardoshlikni oshiradi ham.

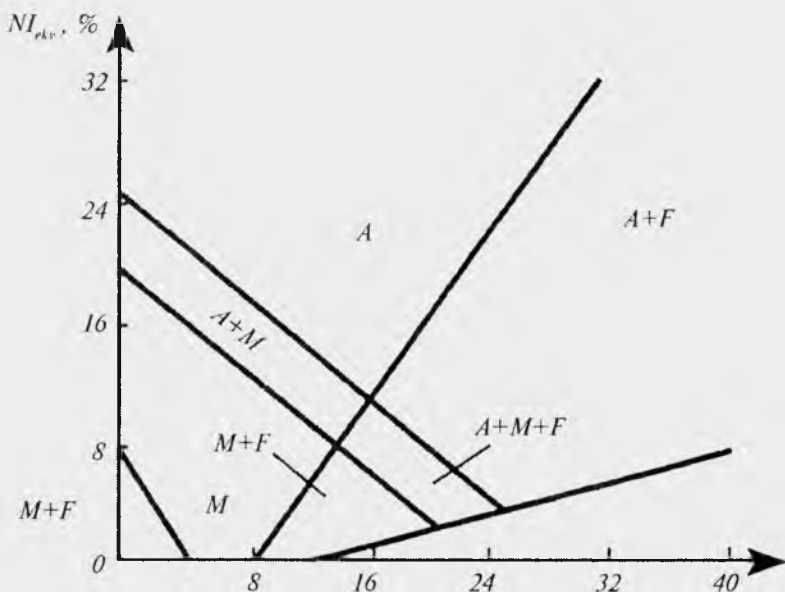


#### 10.1.4. Zanglamas korroziyabardosh po'latlar

Zangbardosh – korroziyabardosh po'latlar yuqori legirlangan po'lat bo'lib, bunda xrom miqdori  $Cr > 13\%$  ko'p bo'lishi shart. Xrom metall sirtida sustlashtiruvchi himoya plyonkasining hosil bo'lishini ta'minlaydi.

Bu plyonkalar strukturasi qarab klasslarga bo'linadi. Plyonkalar, material yuqori haroratda qizdirilib havoda sovitilgandan (normallashtirilgandan so'ng) hosil bo'lganlari: martensitli, martensit-ferritli, (ferrit miqdori 10% dan kam bo'lmagan holda), ferritli, austenit-ferritli (ferrit miqdori 10% dan kam bo'lmagan holda), austenitli, austenit-martensitli (ГОСТ 5632–72) strukturalar 10.3-rasmda ko'rsatilgan.

Ferrit va austenit hosil qiluvchi elementlarning yig'indi ta'sirini xrom ekvivalentlari ( $Cr_{ekv}$ ) va nikel ekvivalenti ( $Ni_{ekv}$ ) ifodalaydi:



10.3-rasm. Korroziyabardosh po'latlarning strukturalarining ularning kimyoviy tarkibiga bog'liqligi.

$$C_{\text{Tekv}} = \text{Cr} + 2\text{Si} + 1,5\text{Mo} + 5\text{V} + 5,5\text{Al} + 1,75\text{Nb} + 1,5\text{Ti} + 0,75\text{W}.$$

$$N_{\text{Tekv}} = \text{Ni} + 0,5\text{Mn} + 30\text{C} + 30\text{N} + 0,3\text{Cu}.$$

Simvollar legirlovchi elementlarning po‘latda massali ulushini va raqamlar ularning aktivlik koeffitsiyentini ko‘rsatadi.

Xromli korroziyabardosh po‘latlarda uglerod miqdori iloji boricha kam bo‘lishi lozim, chunki qotishmaning zanglamaslik qobiliyati bir fazali strukturada turg‘un bo‘ladi. Uglerodning ko‘payishi karbidlar hosil bo‘lishiga olib keladi, bu esa strukturaning bir xil bo‘lmaslikka duchor qiladi. Lekin uglerod toblash samaradorligini ko‘p oshiradi.

Hozirgi paytda kam uglerodli yuqori azotli korroziyabardosh po‘latlarning bir qancha guruhlari ishlab chiqilgan.

Po‘latning mustahkamligini oshirish va tannarxini pasaytirish yo‘lida eng yaxshi legirlovchi element bu – azotdir.

Azot zo‘r austen hosil qiluvchi va mustahkam oshiruvchi legirlovchi element. Azot po‘latdan uni termik ishlashda va payvandlashda chiqib ketadi.

Suyuq po‘latda azotning suyuqlanuvchanligi xromni ancha ko‘paytiradi, bunda, korroziyabardosh po‘latlar uchun eng zarur element.

**Austenitli po‘latlar.** Bu po‘latlar universal, shuning uchun ko‘p ishlatiladi. Kimyoviy tarkibiga qarab xrom-nikelli va xrom-marganesli klasslarga bo‘linadi.

Po‘lat markasi	C%	Cr %	Mn %	Ni %	N	Boshqa elementlar
12X18H9	0,12	17–19	≤2	8–10		
12X18H10T	0,12	17–19	≤2	9–11		(5c–0,8)Ti
08X18H12B	0,08	17–19	≤2	11–13		(10c–1,1)Nb
10X14AГ15	0,10	13–15	14,5–16,5		0,15–0,25	5(c–0,02)Ti
10X14Г14N4T	0,10	13–15	2,8–4,5			
03X13AГ19	0,03	12–15	19–22	1,0	0,05–1,10	

Austenitli po‘latlarning korroziyabardoshlikdan tashqari afzalligi ularning plastikligi va qovushqoqligi, yaxshi deformatsiyanadigan, quyiladi, payvandlanadi. Yupqa tasmalar, folgalar olinadi. Po‘lat 12x18H10E avtomat stanoklarda qirqiladi: Se = 0, 18–0, 36% bo‘lganidan.

Kamchiligi: oquvchanlik chegarasi pastligi, mahalliy korroziyalarga moyilligi – korrozion darz ketishi va kristallararo korroziyalanishi (K.O.K).

Toblash: 1050–1150°C da suvda. Xrom-nikkelli po‘latlar uchun  $\sigma_b = 500–550$  MPo;  $\sigma_{0.2} = 150–240$  MPo = 40–60% KCU = 2–3J/m<sup>2</sup>, NB = 200–250; Xrom marganesli po‘lat uchun:  $\sigma_b = 600–800$  MPo;  $\sigma_{0.2} = 240–400$  MPa.

Bu po‘latlar xavfli (kriogen) texnikada ko‘proq ishlatiladi: yoqilg‘i gaz balonlari, yoqilg‘i bak qoplamalari, raketalarda. X18H9T – issiq gaz chiqadigan detallar uchun: aviodvigatel patrubkalari.

2X13H4Г9 – qurollar uchun (450°C da ham ishlaydi);

X15H9IO – obshivkalar uchun (500°C da ham ishlaydi).

**Austenit-ferritli po‘latlar.** Bu klass po‘latlari (078X22H6T, 08X21H6M5T, 05X18Г8H2T) eng qulay (optimal) xossalari yig‘indisiga ega. Bu orada ulardagi austenit va ferrit miqdori bir xil, qaysiki, toblash bilan (1000–1100°Cda) ta‘minlanadi. Bu po‘latlar austenitli po‘latlardan arzon, undagi nikel miqdori kam mustahkamroq (1,5–2marta), korroziyabardoshligi ulardan qolishmaydi.

$\sigma_b = 510–700$  MPa,  $\sigma_{0.2} = 300–500$  MPo1;  $\delta = 18–25\%$ ,  $\psi = 45–55\%$ . Po‘lat yaxshi payvandlanadi.

Kimyoviy sanoatda, oziq-ovqat sanoatida, aviatsiyada, tibbiyotda, kemasozlikda ishlatiladi.

**Austenit-martensitli po‘latlar.** Bu klass po‘latlari (07X16H6, 09X15H9IO, 08X17H5M3) austenitli po‘latlarga nisbatan yuqori mustahkamlikka ega. Bunga murakkab termik ishlash yo‘li bilan erishiladi: austenit olish uchun toblash; sovuq bilan (–70°C) ishlash (austenitga aylantirish maqsadida); martensitni eskirtirish (350–500°C da). Bu bilan  $\tau_b = 900$  MPQ;  $\delta = 30\%$ ga erishiladi; po‘lat plastik deformatsiyanadigan, yaxshi qirqib ishlanadi.

Bu po'latlar ko'proq uchish apparatlari konstruksiyalarida ishlatiladi: qoplama (obshivka), kuchda ishlaydigan elementlar, «КОПЛО» qismlarida.

**Ferritli po'latlar.** Ferritli po'latlar (08X13; 12X17; 08X17T; 15X25T; 15X28) fazoviy o'zgarishlarga ega emas va termik ishlash bilan mustahkamlanmaydi.

Po'latda xrom qancha ko'p bo'lsa, uning korroziyabardoshligi shuncha kuchli bo'ladi.

Texnikaviy xossalari austenitli po'latlarnikidan yomonroq: 1000–1100 °C da birdaniga mo'rtlashadi: bu o'z navbatida payvandlashni yomonlashtiradi.

**Martensitli po'latlar.** Bu po'latlar (20X13; 30X13; 40X13; 20X17H2; 95X18) kam agressiv muhitlarda ishlaydigan detallar va asboblardan uchun ishlatiladi. Muhitlar: suv, havo, kislota va tuzlarning eritmalari.

Normallashtirilgan po'lat qoniqarli korroziyabardosh. Lekin, mustahkamligi yuqori emas: po'lat 30x13 uchun  $\sigma_b = 500-540$  MPa toblab bo'shatilsa, mustahkamlik ortadi. Jilvirlash va silliqlash-sayqallash bilan qarshilik yana ortadi.

Toblash va yuqori bo'shatishdan so'ng po'lat tarkibida Cr = 13%, bo'lsa,  $\sigma_{02} = 500-725$  MPa,  $\sigma_v = 750-950$  MPa;  $\delta = 20-40\%$  bo'ladi.

Po'lat 95X18 ishqalanib yeyilishga qarshiligi yuqori bo'lib, podshipniklar uchun yaxshi materialdir. Toblab, past bo'shatilgandan so'ng uning qarshiligi ancha yuqori: HRCe $\geq$ 59.

Martensitli po'latlar, umuman normallashtirilgandan so'ng qoniqarli qilib ishlanadi, issiq holda bosim bilan ishlanadi va payvandlanadi ham, qiyinroq, negaki martensit strukturasi hosil bo'ladi.

## 10.2. Olovbardosh materiallar

Metallik konstruksion materiallarni ishlash va ulardan foydalanish (eksplutatsiya) davrida yuqori haroratlarda qizdirilganda agressiv muhitda kimyoviy reaksiyaga kirishadi va yemiriladi.

Yuqori haroratlarda uzoq vaqt qizdirilganda uncha oksidlanmaydigan, ya'ni kuyundi hosil qilmaydigan metallar (po'latlar)

olovbardosh metal (po'lat)lar deb ataladi. Olovbardoshlik – bu yuqori haroratlarda zanglamaslik desa ham bo'ladi.

### 10.2.1. Metallarning kimyoviy korroziyasi – zanglashi

Kimyoviy korroziya quruq gazlarda, suyuq elektrik emas elektrolitlarda rivojlanadi. Ko'pchilik holda bu kislorodi ko'p gazlardir: quruq havo, «uglekisli» gaz, quruq suv bug'i, toza kislorod.

Zanglash – korroziyaning asosiy sababchisi bu metallning ma'lum bosim, harorat va gaz muhitining aktivligida gaz muhitining turg'un emasligi.

Ko'pincha, metall yuzi oksidlanadi. Past haroratlarda (20–25°C) metall yuzida yupqa oksid plyonkasi (pardasi) hosil bo'ladi. Buni tabiiy plyonka deyiladi: qalinligi  $t = 3-10$  mm; yaxshi himoya xossasiga ega. Bu zich plyonka metall yuzasini uzluksiz – yaxlit qoplaydi. Bu oksidlarning kristallik panjaralari metallnikiga o'xshaydi.

Qizdirilganda oksid qalinligi o'sadi va uning kristallik strukturasi o'zgaradi. Yuqori haroratda hosil bo'lgan qalin plyonkalarining himoya xossalari metall yuzasini butunlay qoplash qobiliyati va oksidning o'zidan metall hamda kislorod ionlarini o'tkazishligi bilan aniqlanadi.

Oksid qatlamining himoya xossalari hajm koeffitsiyenti  $\varphi$  bilan ifodalanadi. Hajm koeffitsiyenti MeO va Me atom massalarining nisbatiga teng. Agar  $\varphi = 1-2,5$  bo'lsa, oksid qatlam zich bo'ladi.  $\varphi < 1$  bo'lganda plyonka g'ovak bo'ladi va kislorodni metall tomonga o'tkazadi. Agar  $\varphi > 2,5$  bo'lsa, oksid plyonka darz ketadi va (metall va oksid nisbiy hajmlari orasidagi katta farqidan kelib chiqqan kuchlanish natijasida, uqalanib tushadi. Bu ham olovbardoshlikni pasaytiradi.

Zich oksid plyonkalarining himoya qobiliyatlari ( $\varphi = 1-2,5$  da) metall va kislorod ionlarining diffuzion harakatlanuvchanligiga bog'liq. Oksid panjarasi tugunlarida metall ionlari yoki kislorod ionlari bilan egallangan tugunlari orasida metall ionlarining ortiqqli diffuziyani tezlashtiradi va oksidni himoya xossasini pasaytiradi.

Oksidlanish tezligi metall massasining o'zgarish tezligi ( $2m^2/\text{soat}$ ) yoki oksid plyonkasi qalinligi (mkm/soat) bilan o'lchanadi.

### 10.2.2. Olovbardosh po'latlar

Temir va po'latning olovbardoshligini ularni xrom, aluminiy va kremniy bilan legirlash bilan oshiriladi. Temir va po'latning butun hajm hamda yuzasini legirlashda eng ko'p qo'llaniladigani xrom va uning miqdori 30% gacha yetadi. Po'lat tarkibida xrom miqdorining ortishi hamda haroratning ko'tarilishi va unda ushlab turish vaqtining ortishi bilan oksidda xrom miqdorini ko'paytiradi. Temirning legirlangan oksidi xrom oksidi bilan almashadi, bu olovbardoshlikni oshiradi.

Po'latda xrom qancha ko'p bo'lsa, yuqori haroratda shuncha ishlatsa bo'ladi, undan foydalanish vaqti ham uzoq bo'ladi. Olovbardoshlik po'latning kimyoviy tarkibi (asosan, xrom miqdori) bilan aniqlanadi, strukturasi kam bog'liq.

Olovbardosh po'latlarni qo'shimcha kremniy (2–3%) va aluminiy (1–2%) bilan qo'shimcha legirlash uning ishlatish haroratini ko'taradi.

Ba'zi bir olovbardosh po'latlarning kimyoviy tarkibi va xossalari quyidagi jadvalda keltirilgan.

Po'lat markasi	Elementlar miqdori, %				Xossalari	
	C	Cr	Ni	Si	$\sigma_b$ , MPa	d, %
08X17T*	≤0,08	16–18	0,7	0,8	450	20
15X28*	≤0,15	27–29	0,8	1,0	450	20
20X23H18**	≤0,2	22–25	17–20	1,0	500	35
20X25H20C2**	≤0,2	24–27	18–21	2–3	600	35

*Eslatma:* po'lat 08X17Tda Ti = 0,4–0,8.

\* – normallashtirilgan holda; \*\* – toblangan holda;

Po'latlar 08X17T va 15X25T ferritli issiqbardosh emas, shuning uchun katta kuch qo'yilmagan va zarbiy kuchi yo'q detallar uchun ishlatiladi. Po'latlar 20X23H18 va 20X25H20C2 ham olovbardosh

ham issiqbardosh, shuning uchun tufel pechlarida, tag plitalarda, konveyerlarda ishlatiladi. Olovbardosh po‘latlardan uchish apparatlari dvigateli detallari (700–1000°C da ishlaydigan) yasaladi; gaz trubinasi palatkalari, trubina diskleri, guvurlar va h.k.

Cr va Si bilan legirlangan olovbardosh po‘latlarni «сильхром»; Cr va Al bilan legirlansa «хромаль»; Cr-Al-Si bilan legirlansa «сильхромаль» deb nomlanadi. «Сильхромаль» larning quyundi hosil bo‘lish harorati ancha yuqori (850 – 950 °C). Bular yog‘da toblanadi (1000 – 1050 °C); bo‘shatiladi (500 – 540 °C). Sinxromal po‘lat 10X13SЮ olovbardoshligi 950° C; oltingugurtli muhitda ham ishlayveradi.

Po‘lat 36X18H25C2 yuqori texnologik xossali, olovbardoshligi 1100°C, ancha yuqori haroratda ham mustahkam, ya’ni issiqbardoshdir.

### **10.3. Issiqbardosh po‘latlar**

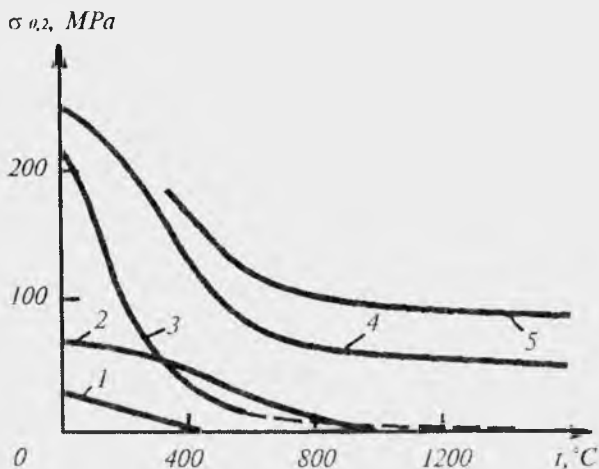
#### **10.3.1. Materiallarning issiqbardoshlik mezonlari (kriteriyalari)**

Materiallarning o‘z erish haroratini 0,3 qismidan yuqorisida uzoq vaqt deformatsiyaga (mexanik nagruzkalarga) bardosh berishi va buzilmasligi (yemirilmasligi) uning issiqbardoshligi deyiladi. Hozirgi zamon mashina detallari yuqori haroratda katta kuchlar ostida ishlaydi: metallurgiya pechlari, gaz trubinalari, uchish apparati dvigatellari ichki yonuv dvigatellar va h.k.

Materialni tanlashda kuch ostida ishlash vaqti uzoqligi va ta’sir qiluvchi kuchlar hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Qizdirish atomlararo bog‘lanish kuchlarini pasaytiradi, yuqori haroratlarda elastik moduli kichiklashadi, vaqtincha qarshilik ham kamayadi, oquvchanlik chegarasi ham, qattiqlik ham pasayadi. Qotishma asosining erish harorati (ter) qancha past bo‘lsa, uni chegaralangan ishlash harorati ham shuncha past bo‘ladi (10.4-rasm).

Yuqori haroratlarda uzoq vaqt kuch yuklangandagi material holati (o‘zining tutishi) undagi diffuzion jarayonlar bilan aniqlanadi. Bu sharoitlarda oquvchanlik jarayonlari va kuchlanish relaksatsiyasi jarayonlari xususiyatiga ega.



10.4-rasm. Oquvchanlik chegarasining haroratga bog'liqligi:  
1-Al; 2-Cu; 3-Ti; 4-To; 5-W.

Oquvchanlik chegarasidan past kuchlar ta'sirida plastik deformatsiyaning asta-sekin o'sishiga **oquvchanlik** deyiladi.

Deformatsiyani kuch qo'yish vaqti uzoqligiga qarab o'ziga xos o'zgarishi 10.5-rasmda ko'rsatilgan.

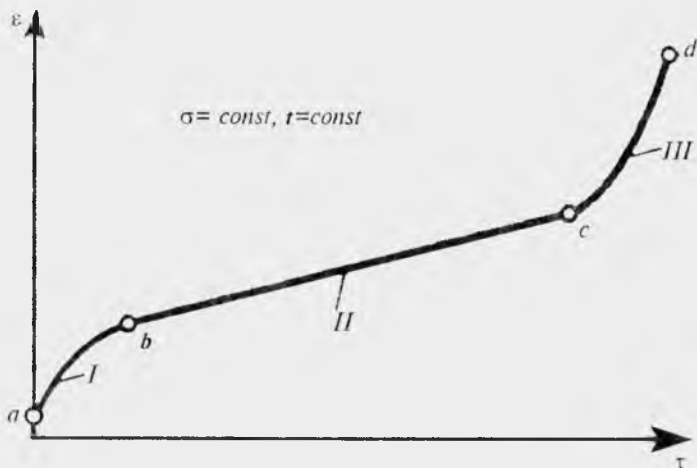
Oquvchanlik egri chizig'i uch davrdan iborat. 1-davrda deformatsiya yaxshigina boshlanib, asta so'na boshlaydi-deformatsiya tezligi turg'un emas; 2-davrda deformatsiya tezligi turg'unlashadi; 3-davrda deformatsiya tezlashib metall buziladi. Detal ishlashini 3-davrgacha olib kelish mumkin emas, u buzilib, sinib ishdan chiqadi va h.k.

Oquvchanlik deformatsiyasi donalardagi dislokatsiyalarning ko'chishi, dona chegaralarining siljishi va diffuzion ko'chishi natijasida rivojlanadi.

Dislokatsiyalarning ko'chishi (erish harorati –  $0,3T_{er}$  dan yuqorida) ikki yo'l bilan o'tadi: siljish, sakrab o'tish.

Issiqbardoshlikni ta'minlash uchun dislokatsiyalarning harakatlanuvchanligini chegaralash va diffuziyani sekinlashtirish lozim. Bunga atomlararo bog'lash kuchlarini kattalashtirish bilan erishiladi: donalar orasida dislokatsiyalarning ko'chishiga to'siqlar qo'yiladi, donalar o'lchamlari kattalashtiriladi.





10.5-rasm. Oquvchanlik egri chizig'i:

1 – turg'un emas davr; 2 – turg'un davr; 3 – yemirilish davri.

Atomlararo kuchlar mustahkamligi legirlash bilan oshiriladi: kristall panjara to'riini o'zgartirish metallik bog'lanishdan baquvatroq kovalent bog'lanishga o'tish bilan.

Legirlashning maqsadga muvofiqligi qiyin eriydigan metall bilan legirlashdir, hajmi markazlashgan kristall panjarali issiqbardosh po'latni molibden (1% gacha) bilan, yoqlari markazlashgan kristall panjarali issiqbardosh po'latni volfram, molibden, kobalt (jami 15–20% gacha) bilan legirlanadi.

Issiqbardosh po'latlarning donalari chegaralarining mustahkamligini oshirish uchun oz miqdorda legirlovchi elementlar (0,1–0,01 % kiritiladi. Bular donalar chegaralarida yig'ilib donachegarali siljishni sekinlashtiradi. Bular bor va seriy elementlari. Termomechanik ishlash ham po'latning issiqbardoshligini oshiradi.

### 10.3.2. Issiqbardosh po'latlar turlari

Perlitli, martensitli va austentli issiqbardosh po'latlar 450–700 °C da ko'p ishlatiladi. Nikelli va kobaltli issiqbardosh po'latlar 700–1000 °C da ishlatiladi. 1000 °C dan yuqori haroratda issiqbardosh po'lati sifatida qiyin eriydigan metallar va ularning qotishmalari ishlatiladi.

**Perlitli po‘latlar.** Perlitli po‘latlar 450–580°C da uzoq vaqt ishlatishga mo‘ljallanib, asosan qozonsozlikda ishlatiladi. Po‘latning issiqbardoshligi uning kimyoviy tarkibini to‘g‘ri tanlash va legirlangan ferritni termik ishlab, karbid bo‘laklarini bir tekis joylab ta‘minlanadi.

Perlitli issiqbardosh po‘latlar kam uglerodli bo‘ladi: 0,8–0,15% va 2–3% karbid hosil qiluvchi elementlar (Mo; Cr; V). Masalan: 12XIMΦ; 25X2MIΦ.

Termik ishlash: 1000°C da normallashtirish; bo‘shatish 2–3 soat davomida 650–750°C da.

Bu po‘latlar sovuq holda plastik, qoniqarli qirqib ishlanadi va payvandlanadi.

**Martensitli po‘latlar.** Martensitli po‘latlar 450–600°C da ishlaydigan detallar uchun mo‘ljallangan. Perlitli po‘latga nisbatan bug‘ va yonishdan hosil bo‘lgan gazlar muhitida oksidlanishga qarshiligi va issiqbardoshligi yuqori bo‘ladi.

Bu po‘latlar ikki guruhga bo‘linadi:

1) tarkibida 10–12% xromi bor, qo‘shimchalari Mo, V, Nb, W; kam uglerodli 0,10–0,15%;

2) silxromlar tarkibida 5–10% xrom, qo‘shimchasi kremniy 2–3 % miqdorda, uglerod miqdori ko‘proq – 0,4% gacha.

Birinchi guruh po‘latlari termik ishlangan holda ishlatiladi: 950–1100°C gacha qizdirib toblash yoki normallashtirish; 600–740°C da bo‘shatish. Yuqori legirlangan po‘lat bo‘lgani uchun toblanish ancha katta (120–200 mm). Shuning uchun katta ko‘ndalang kesimli detallar uchun ishlatiladi: par-bug‘ trubinalari, lopatkalar, rotorlar, quvurlar va h.k.

Ikkinchi guruh po‘latlarini-silxromlarini issiqqa bardoshligi ancha yuqori. Shuning uchun issiq qaynoq muhitlarda (ishlangan gazlar) ishlaydigan detallar yasaladi:

– ichki yonuv dvigatellari klapanlari.

Payvandlash va qirqib ishlash qiyinroq.

**Austenitli po‘latlar.** Austenitli po‘latlarning issiqqa bardoshligi perlitli va martensitli po‘latlarnikidan yuqori va 600°C dan yuqori haroratlarda ishlatiladi. Asosiy legirlovchi elementlari – xrom va nikel. Ba‘zan nikelni boshqa austen hosil qiladigan elementlarga almashtiriladi – Mo; Nb; Ti; Al; W.

Bular karbidlar hosil qiladi va issiqbardoshlikni oshiradi.

Austenit po‘latlarining issiqbardoshligi toblash va eskirtirish bilan oshiriladi: masalan, 10X11H20T3P po‘lati uchun toblash — 110–1170°C da va eskirtirish 750°C haroratda 15–25 soat davomida.

Austenit po‘latlari yuqori plastiklikka ega, yaxshi payvandlanadi. Lekin, qiyinroq bosim ostida ishlanadi va qirqiladi.

#### 10.4. Nikel va uning asosidagi qotishmalar

Hozirgi zamon uchish apparatlarining detallari materiallari og‘ir sharoitda ishlaydi va shu bilan birga murakkab maxsus talablarga javob berishi kerak.

Gaz turbinali dvigatel detallari yuqori haroratda ishlaydi, kuchli mexanikaviy kuchlanishda bo‘ladi, gazoviy korroziya va vibratsiyada, kichik siklli charchashda bo‘linadi.

Bularning eng asosiysi ish haroratidir.

**Dvigatel detallari** quyidagi talablarga javob berishi kerak: katta aerodinamik kuchlanishga chidash; yuqori mustahkamlik; markazdan qochma kuchga chidash; qoliplanuvchanlik («formuyemost») va payvandlanuvchanlik; termik charchashga qarshilik; issiqqa bardoshlik 1100°C gacha.

**Reaktiv turbina detallariga** qo‘yilgan talablar ham yuqoridagilar. Lekin, qo‘shimcha talablar ham qo‘yiladi: gaz muhitida ham issiqqa bardoshlilik; 1100°C dan yuqorida ham issiqqa bardoshlilik; materiallari turg‘un mikrostrukturaga ega bo‘lishi kerak, chunki, uzoq vaqt o‘z xossalarini saqlab turishi kerak.

Tovushdan tez uchadigan uchish apparatlarini yaratish uchun 1800°C da ishlaydigan materiallar kerak.

Hozirgi vaqtda yangi metall qotishmalar; ularni ishlab chiqarish usullari; polimer; **kompozitsion va keramik materiallar** yaratilmoqda.

Quyida yuqori haroratli materiallarning qo‘llanish bashorati berilgan.

Keramik kompozitsion materillar alohida ahamiyatga ega. Ular kichkina solishtirma og‘irlikka va yuqori olovbardoshlikka ega. Keramik materiallarining qo‘llanilishi reaktiv dvigatellarning ishlash haroratini 1000°C dan 1500°C gacha ko‘tarish imkonini beradi. Keramik materiallarning asosiy kamchiligi — ularning yuqori tannarxi

va past ishonchliligidir. Chunki, unda darzlar tez tarqaladi. Keramik materiallarning kritik nuqson o'lchami  $<100$  mkm, bu kattaligi metall qotishmalarda 1 mm gacha yetadi.

Borgan sari kompozitsion materiallar ko'p va keng qo'llanilmoqda. Gap shundaki, ularning nisbiy bikrlilik va nisbiy puxtaliklari, charchash puxtaligi («усталостная прочность»), zarbiy qovushqoqligi va issiqda turg'unligi an'anaviy materiallardan ustun turadi. Kompozitsion materiallarning qo'llanilishi uchish apparati massasini kamaytiradi, foydali yukni ko'paytiradi, uchish tezligini va uzoqligini oshiradi.

Kukun qotishmalarni ishlab chiqarish – bu tez rivojlanayotgan texnologiyadir. Ayniqsa, disk ishlab chiqarishda. Bu usul qo'llanilayotgan kuyib mexanik ishlash usuliga nisbatan xomashyo materialini 40% gacha tejaydi.

**Nikel qotishmalarining** eng yaxshi xossasi, ularning  $700-1100^{\circ}\text{C}$  da ham yaxshi xossalarga egaligidir. Eng toza nikelning (99.99%) solishtirma og'irligi  $j = 8907$  kg/m<sup>3</sup> ga teng. Nikel kimyoviy aktiv emas. Temirga nisbatan kam oksidlanadi. Nikel (Ni) uy haroratida yupqa oksid plyonkasi bilan qoplanadi va unga nam hamda ba'zi tuzlarning suvdagi eritmasi ta'sir etmaydi. Nikel ishqor muhitida yuqori korroziyabardosh. Azot kislotasida turg'un emas.

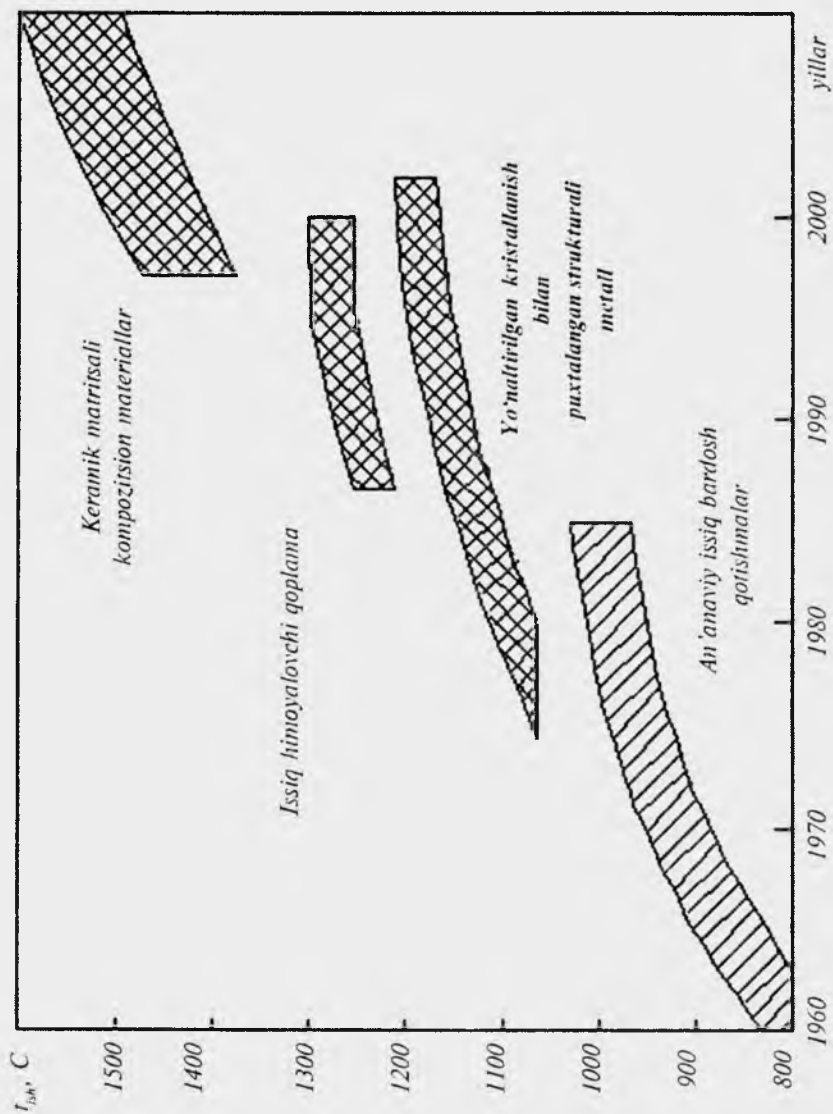
Nikelning yana bir yaxshi xossasi – bu yuqori haroratda ham oksidlanishga qarshi turg'unligidir. Nikel yuqori xarorat  $t = 800^{\circ}\text{C}$  da ham oksidlanmaydi. Magniy (Mn) va oltingugurt(S) bu qobiliyatni pasaytiradi. Kremniy (Si) va aluminiy esa ko'taradi.

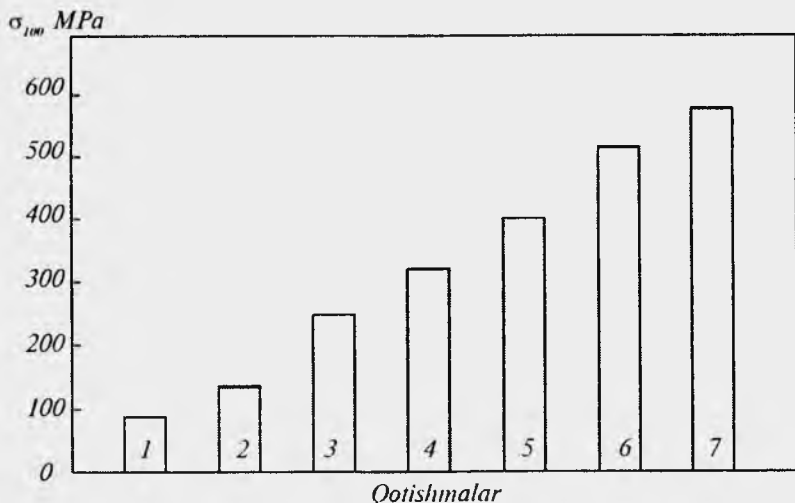
Nikelning mustahkamligi katta emas,  $\sigma_v = 450$  MPa, plastikligi  $\delta = 30\%$ .

Sovuq holda deformatsiyalanganda yaxshigina puxtalanadi.  $500^{\circ}\text{C}$  dan boshlab puxtalanligi pasaya boshlaydi.

Toza nikel issiq sharoitda anchagina kuchlanish borligida talablarga javob bermaydi. Shuning uchun nikel qotishmalari ishlatiladi.

Nikel legirlanganda qattiq eritma hosil bo'ladi va oquvchanlik («ползучесть») qarshiligi ortadi. Legirlash rekristallizatsiya va diffuziyani sekinlashtiradi. Nikel asosidagi qotishmalarga 15–20% miqdorda xrom qo'shilsa, ularning olovbardoshligi ortadi. Xrom nikelda yaxshi eriydi. Ti va Al ning qo'shilishi olovbardoshlikni





1. Ni
2. Ni-Cr
3. Ni-Cr-Ti-Al
4. Ni-Cr-Ti-Al-B
5. Ni-Cr-Ti-Al-B-Mo-W
6. Ni-Cr-Ti-Al-B-Mo-Co
7. Ni-Cr-Ti-Al-B-Mo-Co-Nb-Hf

*10.6-rasm. Nikel qotishma tarkibi (komponentlari)ni qotishma mustahkamligiga ta'siri*

birdaniga ko'taradi. Ni-Cr-Ti-Al ga molibden va volframning qo'shilishi mustahkamlik uzunligini ko'taradi.

10.6-rasmda olovbardosh qotishmaga ko'p komponentli tizimlarning ta'siri ko'rsatilgan.

#### **10.4.1. Nikelli issiqbardosh qotishmalarning xossalari va qo'llanilishi**

**Deformatsiyalanadigan qotishmalar.** Gaz turbinalari lopatkalari uchun birinchi marta XH77TIO qotishmasi ishlatilgan. Bunga «bo'r» elementi qo'shilsa, XH77TIO ning 700–800°C haroratdagi

mustahkamligi 25% ortadi. Bor zarralariga yopishib olib, buzilish tezligini pasaytiradi.

Qotishma XH70BMTЮning issiqbardoshlik legirlovchi elementlarning birgalikdagi ta'siri asosida olingan: titan bilan aluminiyning, volfram bilan molibdenning qiyin eriydigan elementlari hamda ozgina bo'rlarning juftma-juft ta'siri. Qotishmada puxtalovchi faza 20% ni tashkil etadi.

XH70BMΦTЮ qotishmaning issiqbardoshligi yanada ko'proq: puxtalanish fazasi 25%. Bundan tashqari MeS, Me6 S va Me23 S6 karbidlarining hosil bo'lishi sabab. 800–850°C da 20000 soat ishlay oladi.

XH55BMTΦKЮ, XH51BMTЮKΦP qotishmalari yuqori puxtalikka, plastiklikka ega 900–950°C da ham ishlay oladi.

Gaz turbinlari disklari uchun ham yuqoridagi nikelli qotishmalar ishlatiladi, lekin legirlovchi elementlarning nisbati boshqacha bo'ladi. Bundan tashqari, disklar kukun metallurgiyasi usulida ham olinadi.

**Quyma qotishmalar.** Quyma qotishmalar gaz turbinlari lopatkalari, soplo lopatkalari – ishchi lopatkalari soplo lopatkalari uchun ishlatiladi. Bir butun qo'yiladigan rotorlar uchun ham qo'llaniladi. Quyma qotishmalarni legirlash imkoniyati ko'proq, bu issiqbardoshlikni oshiradi, plastiklikni esa pasaytiradi. Eng ko'p tarqalganlari: ЖС6К, ЖС6У, ЖС6Ф, ВЖЛ12У. Bularning ichida eng issiqbardoshi ЖС6Ф: 1100°C da ham ishlayveradi.

#### 10.4.2. Olovbardosh nikel qotishmalari

Yonish kameralarida ishlovchi olovbardosh materiallar yana qo'shimcha talablarga ham javob berishi kerak. Ular haroratning keskin o'zgarish sharoitida ishlaydi: kamera qizdiriladi – sovitiladi. Buning natijasida yetarli darajada termik kuchlanish vujudga keladi, chunki darz ketishga va buzilishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun iloji boricha issiqlik natijasida (kengayish) chizig'iy kengayish-uzayish koeffitsiyenti kam va katta issiqlik o'tkazish koeffitsiyentli materiallar ishlatilishi kerak.

Ba'zi issiqbardosh hamda po'latlarning va nikel qotishmalarining xossalari quyidagi jadvalda berilgan.

Issiqbardosh po'lat va nikel qotishmalarining xossalari

Marka	Guruh	Legirlovchi elementlarning tarkibi, %	Harorat °C		Issiqbardoshlik xossalari		
			Eng yuqori ishchi	Tez oksidlanishning boshlanishi	$\delta$ 10000	$\delta/100000$	Sinash harorati, °C
12X1MF	Perlitli po'lat	0,12S; 1,1Cr; 0,3Mo; 0,2v	570 — 585	600	140	84	550
25X2M1F	Perlitli po'lat	0,25S; 2,3Cr; 1Mo; 0,4V	520 — 550	600	160 — 220	70	550
15X5M	Martensitli po'lat	0,15S gacha; 5,2 Sr; 0,5Mo;	600	650	100	40	540
40X10C2M	Martensitli po'lat	0,4C; 10Cr; 2,25 Si; 0,8Mo;	650	850	100	40	550
11X11H2B2MF	Martensitli po'lat	0,11S; 11Cr; 1,7 Ni; 1,8W; 0,4Mo; 0,25V;	600	750	400	—	550
12X18H10T	Austenitli po'lat	0,12S gacha; 18Cr; 10Ni; 0,5T;	600	850	80—100	30—40	660
45X14H14B2M	Austenitli po'lat	0,45C; 14Cr; 14Ni; 2,4W; 0,3Mo;	650	850	130	40	650



10X11H20T30	Austenitli po'lat	0,10C gacha; 11Cr; 20Ni; 2,6T; 0,02B;	700	850	400	-	700
XH77TIOP	Nikelli qotishmalar	0,07S gacha; 20Cr; 2,6T; 0,8Al;	750	1050	110-200	200	750
XH55BMTKIO	Nikelli qotishmalar	0,10C; 10Cr; 5Mo; 4,9W; 14Co; 4,5Al; 1,6T;	950	1050	150	130	900

XH78T, XH75MBTIO, XH60BT qotishmalari va «dispers» puxtalangan qotishmalar ВДУ-1 va ВДУ-2 lar ko'p tarqalgan.

ВДУ-1, ВДУ-2 qotishmalar yuqori haroratda eriydigan oksidlar bilan puxtalanadi: ThO<sub>2</sub> (toriy oksidi) –  $t^{\circ}_{\text{erishi}} = 2800^{\circ}\text{C}$ . Bu qotishmalar yaxshi olovbardosh (1300°C da ham mustahkamligini pasaytirmasdan ishlayveradi) va termik kuchlanishlarga bardoshli.

#### **Nazorat savollari**

1. Po 'latning zanglamaslik xossasini birinchi galda qaysi element ta'minlaydi?
2. Olovbardosh va issiqbardosh po'latlarning bir-birlari bilan farqlari nimada?
3. Nikelning qo'shilishi po'latning qaysi qobiliyatlarini ko'proq oshiradi.
4. 4X12H8Г8 MFB qanday po'lat? O'qib bering.
5. Yuqori haroratli materiallar qo'llanishi bashorati.
6. XH55BMTΦKIO qanday qotishma? Xossalarini ayting.
7. Elektrokimyoviy korroziya nima?
8. Issiqbardoshlik mezonlari nima?

---

## 11-bob. ALOHIDA XOSSALI METALLAR VA QOTISHMALAR

### 11.1. Qiyin eriydigan metallar va qotishmalar

Qiyin eriydigan metallar deb erish harorati  $1539^{\circ}\text{C}$  dan (toza temir erish haroratidan) yuqori bo'lgan metallarga aytiladi. Hozirda ba'zi manbalarda bu chegarani  $1700^{\circ}\text{C}$  va  $1800^{\circ}\text{C}$  deb belgilanayotganlari ham bor. Qiyin eriydigan metallardan eng ko'p ishlatiladiganlari VA guruhi: V ( $T_{\text{erish}} = 1710^{\circ}\text{C}$ ); Nb ( $T_{\text{erish}} = 2415^{\circ}\text{C}$ );  $\text{T}_Q$  ( $T_{\text{erish}} = 3000^{\circ}\text{C}$ ); va VIA guruhi: Cr ( $T_{\text{erish}} = 2200^{\circ}\text{C}$ ); Mo ( $T_{\text{erish}} = 2610^{\circ}\text{C}$ ); W ( $T_{\text{erish}} = 3410^{\circ}\text{C}$ ).

Qiyin eriydigan metallarga platina guruhidagi metallar ham kiradi, lekin qabul qilingan qoida asosida ular nodir metallar guruhiga qo'shiladi.

Boshqa qiyin eriydigan metallar: Ti ( $T_{\text{erish}} = 1668^{\circ}\text{C}$ ); Sirkoniy ( $T_{\text{erish}} = 1830^{\circ}\text{C}$ ); Gofiy Hf ( $T_{\text{erish}} = 2230^{\circ}\text{C}$ ); Toriy Th ( $T_{\text{erish}} = 1700^{\circ}\text{C}$ ); Reniy Re ( $T_{\text{erish}} = 3170^{\circ}\text{C}$ ) va h.k.

Qiyin eriydigan metallar mustahkam atomlararo bog'lanish kuchiga ega va o'zining yuqori erish harorati, issiqlik ta'sirida kam kengayishi, nisbatan katta emas issiqlik o'tkazishi, yuqori bikrligi bilan ajralib turadi. Lekin yuqori haroratlarda (xromdan tashqari) tez oksidlanadi. Bu metallarning eng katta kamchiligi ularning kam issiqbardoshligidir.

Texnologik xususiyatlariga qarab qiyin eriydigan metallar qiyin ishlanadigan (qir qiladigan, deformatsiyanadigan, payvandlanadigan) materiallarga qo'shiladi. Issiq bosim bilan ishlashning barcha turlarida plastik deformatsiyaga qarshilik katta. Yana katta kamchiligi atomlarning suqilib kirish hisobiga qo'shimchalar bilan kirlanishidir. Kirlanishning oldini olish uchun zagotovkani ishlash vaqtida vakuumda yoki himoya muhitida olib boriladi. Bu maqsadda maxsus, murakkab va qimmat asbob-uskunalar qo'llaniladi. Qiyin eriydigan metallar kislorod, azot va uglerod bilan o'zaro aktiv ta'sir etadi. VA guruhi metallari vodorod bilan ham o'zaro ta'sirlashadi.

Hajmi markazlashgan kristall panjarali qiyin eriydigan chiqindilarning suqulib kirishi ularni mo'rtlashtiradi. Shu nuqtayi nazar-dan metallarning texnik tozaligi yuzdan bir ulushda ruxsat etiladi.

Qiyin eriydigan metallarning mexanik xossalari ularni olish usuli va chiqindilarning mazmuniga bog'liq. Volfram, molibden va xromlarning plastikligini oshirish bu dolzarb masala. Buning uchun ular tarkibiga titan, sirkoniy va siyrak («редкоземельные») metal-lari qo'shiladi.

Yuqorida qayd qilingan yuqori darajadagi oksidlanish bu me-tallardan detallar yasashda, quyishda, payvandlashda, issiq bosim bilan ishlashda birmuncha qiyinchiliklar tug'diradi. Qiyin eriydigan metallar ikki guruhga bo'linadi:

- 1) qattiq eritma strukturali qotishmalar;
- 2) toblash va eskirtirish bilan puxtalanadigan qotishmalar.

Birinchi guruh qotishmalariga legirovchi elementlar (Ti, Zr, Nb, Mo, W, Ta, Re) shunday qo'shiladiki, mustahkamligini ko'tarib, plastikligi va boshqa xususiyatlarini kamaytirmaydi.

Ikkinchi guruhdagi vannadiy asosidagi qotishma 800–1000°C da ham; xrom asosidagisi 1000–1100°C da ham ishlaydi. Niobiy asosidagisi 1300–1500°C da ishlaydi. Molibden asosidagisi 1300–1600°C da, tantal asosidagisi 2000°C da, volfram asosidagisi 2000–2400°C da ham ishlaydi. Volfram eng issiqbardosh metall hisoblanadi: 2000–2500°C.

Quyidagi ikki jadvalda qiyin eriydigan metall va qotishmalarning xossalari berilgan.

Metall	25°C da				1100°C da			
	$\sigma_B$	$\sigma_{0.2}$	$\delta$	$\psi$	HB	$\sigma_B$	$\sigma_{0.2}$	$\delta, \%$
	MPa		%			MPa		
Vanadiy	200–220	100–115	25	75	80*	60*	30*	35–40*
Niobiy	200–350	120–260	25–50	60–100	50–80	70	57	35–42
Tantal	200–400	180	50–70	95	90–125	120	57	43
Xrom	270	190	0–3	0	90–100	25–85	–	–
Molibden	800–900	420–450	10–15	–	150–170	175	110	70
Volfram	600–1100	–	0	0	360–400	235	200	52

Qotishma	25 °C da				1200 °C da		
	$\sigma_B$	$\sigma_{0,2}$	$\delta, \%$	$\sigma_B$ MPa	$\sigma_B$ MPa	$\delta, \%$	$\sigma_{100}^1$ MPa
<b>niobiy asosidagi qotishma</b>							
BH2A (4,1 Mo; 0,7 Zr; 0,08 C)	800 – 900	620	4 – 5	240 – 260	–	–	130 (1100 °C da)
BH4 (9,5Mo; 1,5Zr; 0,3C)	810	730	16	550	–	–	280 (1100 °C da)
<b>Tantal asosidagi qotishma</b>							
Ta – 10 W	760	520 – 710	3,5	300 – 490	1,2	–	140 (1200 °C da)
				105 <sup>1</sup>	30 <sup>1</sup>		35 (1650 °C da)
<b>Xrom asosidagi qotishma</b>							
BXTH (1Y gacha)	270	190	3	80	–	–	24 (1200 °C da)
BX2 (0,15 Ti; 0,2 V; 1 Y)	350	240	3	250	30	–	65 (1150 °C da)
BX4 (32 Ni; 0,15 Ti; 0,25 V; 1,5 W)	950	800	8	240 <sup>2</sup>	12 <sup>2</sup>	–	–
<b>Molibden asosidagi qotishma</b>							
BM 1 (0,4 Ti; 0,01 C)	800	680	10	340	14	–	80 – 90 (1200 °C da)

BM3 (1,1Ti; 0,5Zr; 0,4C; 1,4Nb)	800 – 860	–	0,03	550	12	250 – 270 (1300 °C da)
Mo – 40Re	840	–	2 – 8	130 <sup>*3</sup>	–	–
<b>volfram asosidagi qotishma</b>						
W – 27 Re	140	–	4	700	12 <sup>*3</sup>	42 (1600 °C da)
W – 15 Mo	–	–	–	175	27 <sup>*4</sup>	–

\*1 2000°C da    \*2 1000°C da    \*3 1500°C da    \*4 1600°C da

## 11.2. Sovuqqa chidamli materiallar

*Sovuqqa chidamli materiallar* deb, past haroratlar  $0-(-260^{\circ}\text{C})$  da ham o'zining qovushqoqligini yetarli darajada saqlab turadigan materiallarga aytiladi. Sovuq sharoitda ishlaydigan po'lat konstruksiyalar (ko'priklar, stolbalar, temiryo'l relslari, gaz va neft guvurlari) qurilish mashinalari, avtomobillar (shimoliy joylarda  $-60^{\circ}\text{C}$  da ishlaydigan) juda ko'p.

Samolyot obshivkalari-qoplamalari, raketa va kosmik kema detallari  $0^{\circ}\text{C}$  dan suyuq kislorod haroratigacha ( $-183^{\circ}\text{C}$ ) sovuq sharoitda ishlaydi. Suyultirilgan gazlarni saqlovchi hajmlar suyuq geliy haroratigacha ( $-269^{\circ}\text{C}$ ) sovitiladi.

Materiallarning ishlash harorati pasayishi bilan ularning qovushqoqligi, plastikliги pasayadi, mo'rt yemirilish (buzilish) ga moyilligi ortadi. Bu materialni mo'rt sinishga olib keladi. Mo'rtlik temirga, po'latlarga, hajmi markazlashgan va geksogonal panjarali po'lat va qotishmalarga xos. Material ishonchli ishlashi uchun qovushqoqlik harorati zaxirasi bo'lishi lozim. Bunga materialni sovuq sinish ostonasi (chegarasi) uni ishlatish harorati past bo'lgan holatda erishiladi. Materialning zarur bo'lgan qovushqoqlik harorat zaxirasi materialning sovuq sinishiga ta'sir qiluvchi omillarga bog'liq: kuchlanishlarning to'planishiga, kuch qo'yish tezligiga, detal o'lchamlari va h.k.

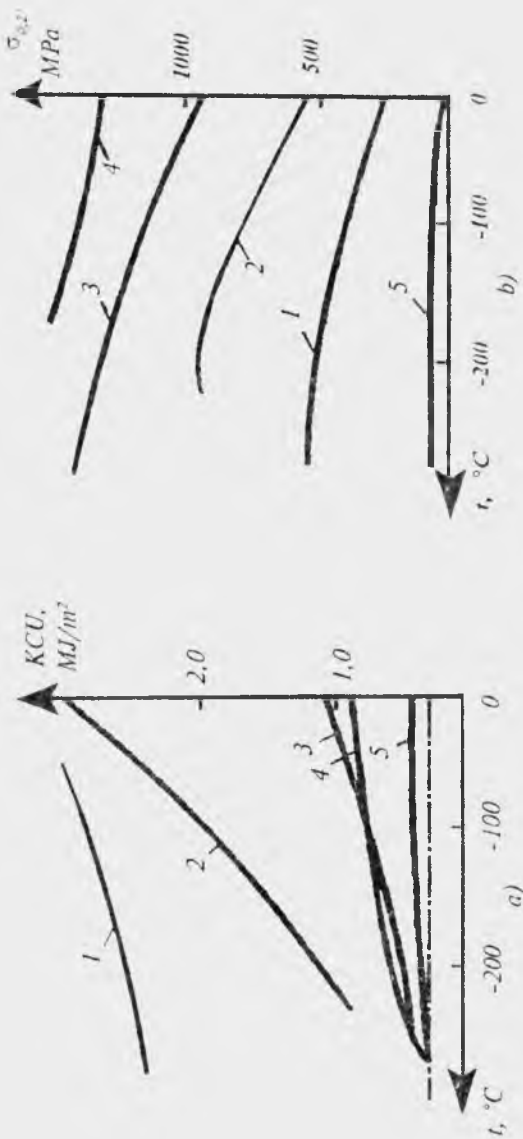
Qovushqoqlikning harorat zaxirasi qancha katta bo'lsa, sovuq sinish xavfi kichik ishlash ishonchliligi yuqori bo'ladi.

Yoqlari markazlashgan kristall panjarali metall va qotishmalar, titan hamda uning geksogonal panjarali qotishmalarini sovuq sinish ostonasi yo'q, ularni sovutganda zarbiy qovushqoqligi bir tekis (bir ohangda) kamayadi.

Bunday materiallarni sovuq sinishi uning zarbiy qovushqoqligi  $0,3 \text{ MJ/m}^2$  ( $t_{ksi} = 0,3$ ) dan ko'p bo'lgandagi harorati bilan baholanadi.

Sovuq sinishga yana quyidagi omillar ham ta'sir qiladi: mustahkamlik ( $\sigma_b, \sigma_{ag}$ ), fizik va texnologik xossalar, tashqi muhit bilan mosligi.

Materialning issiqlik sig'imi va issiqlik o'tkazishligi qancha kam bo'lsa, uning sovishi (muzlashi) shuncha oson bo'ladi.



11.1-rasm. Konstruktion metallarning zarbiy qovushqoqligi (Q) va oquvchanlik chegarasining (b) haroratga bog'liqligi:

1-12X18H10T—suvda toblash ( $1100^{\circ}C$ ); 2-0H9 — suvda toblash ( $980^{\circ}C$ ), bo'shatish ( $600^{\circ}C$ );  
 3- BT5 — 1—normallash ( $750^{\circ}C$ ); 4 — 03X9K14H6M3T — havoda toblash ( $950^{\circ}C$ ), eskirtirish.  
 5 — AM5-bo'shatish ( $400^{\circ}C$ ).



Plastiklik yupqa listlar va yupqa devorli elementlar olish imkonini beradi. Yupqa devorli detallar (konstruksiyalar) qalin devoriga nisbatan sovuq sinishiga moyilligi kam (11.1-rasm).

Vodorod metallida, ayniqsa titanda erib, uni yaxshigina mo'rtlashtiradi.

### 11.2.1. Sovuqqa chidamli po'latlar

Hajm va yoqlari markazlashgan kristallik panjarali po'latlar iqlimi sovuq sharoitlarda ishlatiladi. Bularning harorati chegarasi  $0^{\circ}$  – ( $-60^{\circ}\text{C}$ ), bu chegara po'latning metallurgik xossalariga bog'liq: kam uglerodli va mayda donali (10–20 mkm) struktura olish; zararli qo'shimchalarni kamaytirish, ularni siyrak metallar qo'shish bilan neytrallash va  $V$ ,  $N_b$ ,  $T_i$ ; bilan legirlash hamda termik yaxshilash. Kam uglerodli po'latlar eng ko'p ishlatiladi, chunki uglerod miqdori ortishi bilan sovuq sinish ostonasi ko'tariladi va payvandlanuvchanlik yomonlashadi.

Oddiy sifatli po'latlarni metallurgik usulda (donalarni maydalash, mikrolegirlash) ishlab sovuq ishlash haroratini –  $50^{\circ}\text{C}$  gacha keltirish mumkin; bu legirlash usuli bilan olinganga qaraganda arzon. Bu hol yupqa devorli konstruksiyalar uchun yirik konstruksiyalar uchun kam legirlangan yuqori puxtalikdagi payvandlanadigan yuqori puxtalikdagi 09Г2С, 14Г2АФ po'latlari ishlatiladi. O'rta uglerodli yaxshilanadigan va prujina po'latlari (45, 40X65Г, 60CA) ham ishlatiladi. Nikelli po'latlar 12XH3A va 18X2H4MA termik yaxshilangandan so'ng –  $196^{\circ}\text{C}$  ishlaydi.

Sovuq iqlimda ishlaydigan po'lat quymalarning tarkibi ГОСТ 21357–87 bilan ta'minlangan: S = 0,08–0,20% legirlovchilar Ni, Mn, Cr va oz-oz miqdorda V, Nb, Ti va zararli elementlar chiqindilarni kamaytirish, ayniqsa, S va P (har birini miqdori 0,02% dan kam). Zararli elementlar Pb, Sn, Zn, Sb, Bi (bu sharoit uchun) ham kamaytiriladi. Donalarni maydalash uchun Ca va Va qo'shiladi.

Kriogen texnikada austenitli po'latlar 12X18H10ТЛ; 10X14P4H4ТЛ; 07X13AГ19Л ishlatiladi. Austenitli quyma po'latlar 08X8Г28Л va 07X8Г28H3ФЛ strukturalarini  $-253^{\circ}\text{C}$  da ham saqlaydi. Quyma austenit po'latlardan ventil korpusi va suyuq gaz tashuvchi hamda quyuvchi tizimlar armaturalari yasaladi.

Invar 36N (bunda 36% Ni, qolgani Fe) qotishmasi turg'un yoqlari markazlashgan kristall panjaraga ega.

Uni issiqlikdan kengayishi juda kam: temirnikidan 8 marta kichik. Harorat ta'sirida uzayishi koeffitsiyenti  $\alpha < 1,5 \cdot 10^{-6} \text{grad}^{-1}$ .

Bu qotishmaning chiziqli uzayish koeffitsiyenti —  $80^{\circ}\text{C}$  bilan  $+100^{\circ}\text{C}$  orasida o'zgarmaydi. «Invar» so'zi inglizchada o'zgarmas degan ma'noni anglatadi. Demak, bu qotishmadan yasalgan detal termik deformatsiyalanmaydi va termik kuchlanish bo'lmaydi. Lekin zangbardoshligi kam, qimmat.

Chiziqli kengayish koeffitsiyenti kichik bo'lgan yana bitta nikel qotishmasi bor: platinit deb ataladi. Platinitning kengayish koeffitsiyenti shishaniki kabi:  $9 \cdot 10^{-6}$ ga teng.

Agar invar tarkibidagi nikelning bir qismini kobaltga almash-tirilsa, superinvar qotishmasi hosil bo'ladi va uning uzayish koeffitsiyenti invarnikidan ham kichik bo'ladi:  $\alpha = 10^{-6} \text{grad}^{-1}$ .

### 11.2.2. Sovuqqa chidamli qotishmalar

Aluminiy va uning qotishmalarini sovuq sinish ostonasi yo'q, shuning uchun ularning qovushqoqligi  $-253^{\circ}$ – $-269^{\circ}\text{C}$  da saqlanadi.

Sovitilganda ularning mustahkamligi ( $\sigma_b$ ) 35–60% ga, oquvchanlik chegarasi ( $\sigma_g$ ) 15–25% ga ko'tariladi, zarbiy qovushqoqligi bir tekisda 0,2–0,5 MJ/m<sup>2</sup> qiymatgacha kamayadi.

Issiqlik o'tkazish qobiliyati katta bo'lgani uchun ularning issiqlikda kengayishi katta bo'ladi, deganda deformatsiyalanib ahamiyatli termik kuchlanishga olib kelishi tushuniladi.

Buning yomon ta'sirini yo'qotish uchun, elementlari qattiq mahkamlanadigan konstruksiyalarga kompensatorlar qo'yiladi.

Sovuq haroratlarda ( $-253$  dan  $-269^{\circ}\text{C}$  gacha) termik ishlab puxtalanmaydigan aluminiy qotishmalari AM<sub>ts</sub>, AM<sub>g2</sub>, AM<sub>g5</sub> lar ishlatiladi.

Payvandlanmaydigan va konstruksion materiallarni qo'llash harorat intervali.  $-253^{\circ}\text{C}$  da ishlaydigan konstruksiyalar elementlari termik ishlash bilan puxtalanadigan aluminiy qotishmalari D16, AK6, AK8 hamda quyma qotishmalardan yasaladi.

Materiallar	Materialning ishonchli ishlash harorati chegarasi °C	
	Qo'shimcha ishlov bermasdan	Sovuqqa chidamlilikni yaxshilagandan so'ng
Po'lat uglerodli ,oddiy sifatli	-20	-50
Uglerodli sifatli	-30	-60
Kam legirlangan, 09Г2С tipida	-40	-60
Nikelli, Ni=6% (0H6)	-100	-150
Nikelli, Ni=9% (0H9)	-150	-196
Martensit-eskiruvchi 03X9K14HbM3T	-196	-253
Austenitli 03X13AГ19	-130	-196
Austenitli 12X18H10T	-253	-269
Invar 36H	-269	-269
Aluminiy va uning qotishmalari ADI, AM <sub>1s</sub>	-269	-269
AM <sub>g1</sub> , AM <sub>g5</sub>	-253	-269
D 16	-196	-253
V 95 tipidagi	-196	-253
Titan qotishmalari BT5-1	-253	-269
BT3-1	-196	-253
Mis va uning qotishmalari M1r, M2r, M3r	-269	-269
Br AJH10-4-4	-196	-253
Л163,ФЖ <sub>1s</sub> 59-1-1	-253	-269
Br B2	-269	-269

Titan va uning qotishmalari harorat  $-196$  dan  $-269^{\circ}\text{C}$  da ham mo'rtlashmaydi. Shuning uchun nisbiy mustahkamligi katta bo'lganidan kosmik texnikada ishlatiladi. Texnik toza titan va uning fazali qotishmalari BT5-1, OT4 keng qo'llaniladi. Bular ancha plastik, oson payvandlanadi.

**Mis va uning qotishmalari.** Bularning sovuq sinish ostonasi yo'q. Sovutish jarayonida uning buzilish qovushqoqligi ko'-

tiriladi. Bulardan — 269°C gacha sovuqda ishlaydigan trubali konstruksiyalar, mahkamlash detallari, payvandlangan korpuslar yasaladi.

### 11.3. Radiatsiyaga chidamli (hardoshli) materiallar

Nur ta'sirida materiallarda struktura o'zgarishlari sodir bo'ladi va material xossalarini (ayniqsa ishlatish vaqtida) noma'qul o'zgarishlarga olib keladi. Neytron nurlari eng ko'proq ta'sir qiladi.

Radiatsiyaga chidamlilik (bardoshlik) bu material struktura va xossalarining nurlanish sharoitida turg'unligidir. Nurlanish ta'sirida hosil bo'lgan struktura o'zgarishlari mexanik xossalar va korrozion turg'unlikka ta'sir qiladi.

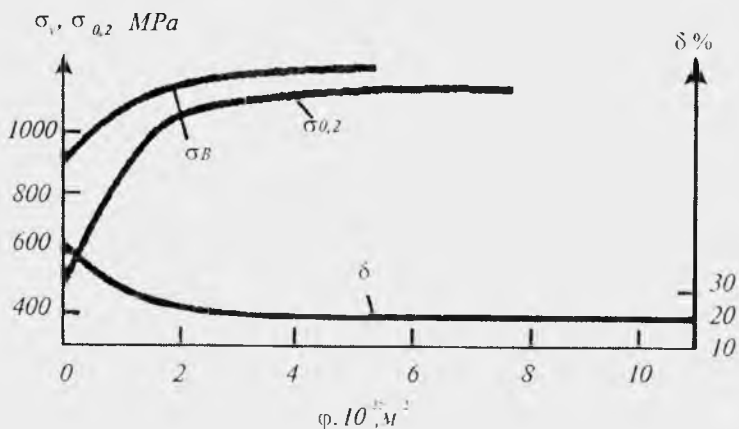
Nurlanish nuqtaviy va chizig'iy nuqsonlarning hosil bo'lishiga olib keladi. Nurlanayotgan material atomlari o'z o'rinlaridan surilib, tugunlar orasiga joylashib vakansiya nuqsonini ham hosil qiladi. Bitta zarracha keltirib chiqargan vakansiyalar soni uning ko'rinishi va energiyasiga hamda yana nurlanayotgan material xossalariga bog'liq.

Ba'zi materiallarda yadro reaksiyalari o'tib gazsimon mahsulot ajraladi.

Nurlanishni rekristallanish haroratidan pastda olib borilsa, bunga ***past haroratli nurlanish*** deyiladi. Bunda struktura o'zgarishlari va metall hamda qotishmalarning mexanik xossalari, xuddi sovuq deformatsiya natijalariga o'xshaydi: ya'ni material puxtalanadi, lekin plastikliгинi yo'qotmaydi. 20°C da neytron nurlari oqimi  $\varphi = 2 \cdot 10^{23} \text{m}^{-2}$  bo'lsa, uglerodli po'latlar eng katta mustahkamlikka ega bo'ladi. Agar  $\varphi = 3 \cdot 10^{23} \text{m}^{-2}$  bo'lsa, po'lat eng katta puxtalanadi. (11.2-rasm).

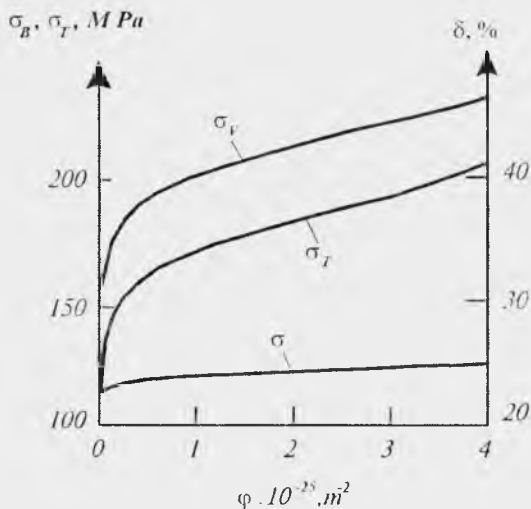
Yuqori haroratli nurlanishda — rekristallanish haroratidan yuqori haroratda radiatsion normallash jarayoni o'tadi: materialni strukturalari va mexanik xossalari tiklanadi. Perlitli po'latlar 250–450°C da nurlatganda xossalari kam o'zgaradi, 450°C dan yuqorida amalda o'zgarmaydi.

Austenitli po'latlar 600°C da turg'un. Aluminiy va magniyning rekristallanish harorati past.



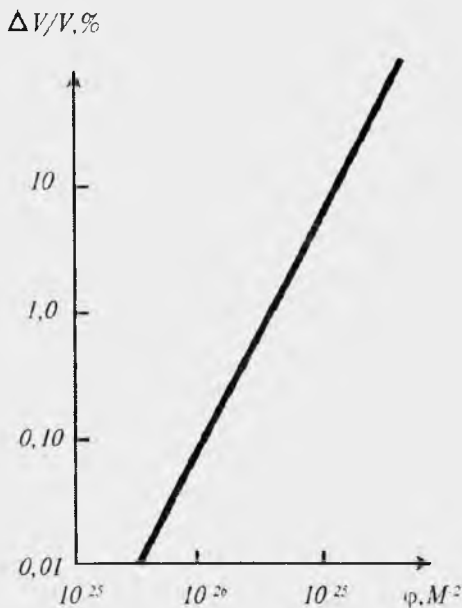
11.2-rasm. Austenitli po'lat 12X18H10T ning 20°C da mexanik xossalarini past haroratli nurlanishda (neytronlar bilan) o'zgarishi.

Ular 150°C dan yuqorida radiatsiyaga bardoshli, aluminiy plastikliги o'zgarmaydi, mustahkamligi hatto ortadi ham (11.3-rasm).



11.3-rasm. Aluminiy ni neytronlar bilan yuqori haroratda nurlanish — 20°C da mexanik xossalarining o'zgarishi.

Yuqori haroratli katta oqimli neytronlar bilan nurlanganda, ba'zi metallar (austenit-xromli po'latlar va qotishmalar, Ni, Mo, Ti, Zr, Be asosidagi qotishmalar) shishadi («Rasbuxaniye»). Berilliy  $800-900^{\circ}\text{C}$  da neytron  $\varphi = 1024 \text{ m}^{-2}$  bilan nurlanganda hajmi 3–5% ga ortadi, austenitli po'lat  $450^{\circ}\text{C}$  da oqim  $\varphi = 1027 \text{ m}^{-2}$  bilan nurlanganda hajmi 10% ga ortadi (11.4-rasm).



11.4-rasm. Austenitli po'lat 12X18H10T ning  $450^{\circ}\text{C}$ da nurlanishi uning hajmini nisbiy kattalashishiga ta'siri.

### 11.3.1. Nurlanishning korroziyabardoshlikka ta'siri

Nurlanish ostida ishlaydigan ko'pchilik materiallar uchun korroziyalovchi muhit bu — suv, nam yoki o'ta qizdirilgan bug' bo'ladi.

Bu muhitlarda elektrokimyoviy korroziyalanish jarayoni kimyoviy jarayon bilan yonma-yon o'tishi mumkin.

Nurlanish natijasida metall yuzasidagi plyonkalar kimyoviy yemiriladi va korroziyabardoshligi pasayadi. Nurlanish material

strukturasini buzib, elektrokimyoviy potensialini pasaytiradi va korroziyali yemirilish jarayonini tezlatadi.

Nurlanishda elektrolit tarkibi ham o'zgaradi – radioliz bo'ladi: suv molekullari buzilib, ionlar hosil bo'ladi va kislorod, vodorod hamda OH guruhi atomlari hosil bo'ladi.

Kislorod metallni oksidlantiradi, vodorod esa uni vodorodga to'yintiradi va shu bilan mo'rtlashtiradi. Ikki jarayon – oksidlash va vodorodlash metallning elektrokimyoviy yemirilishini kuchaytiradi.

Aluminiy va uning qotishmalari suvda  $190^{\circ}\text{C}$  da issiq neytronlar oqimi (tezligi =  $10^{16}\text{s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ) bilan nurlanganda ularning korroziyalanish tezligi 2–3 marta oshgan.

Suvni radioliz qilganda sirkoniyning korroziyabardoshligi kamaygan. Issiq neytronlar (tezligi =  $10^{17}\text{s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ) bilan nurlanganda,  $20^{\circ}\text{C}$  da «Sirkoniy-2»ning korroziyalanish tezligi 50–70 marta (himoya plyonkasining yemirilishi hisobiga) ko'paygan.

Nurlanish sharoitida ishlaydigan konstruksiyalar (o'ramli sterjenlarning po'stloq qobig'i, reaktorlarning korpuslari va quvurlari, sinxrofazotronlar korpuslari) Zr, Be, Al, Mg asosida yuqorida issiqbardosh va korroziyabardosh po'latlardan yasaladi.

#### 11.4. Elektrotexnik po'lat

Temir bilan kremniyning qotishmasi *elektrotexnik po'lat* deyiladi. Kremniy miqdori 0,5 % bo'ladi. Bunda uglerod va oltingugurt qo'shimchasi bo'lishi mumkin. Lekin ularning miqdori 0,01 % dan ortsa, qotishmaning magniy yo'qotishlari («poteri») sezilarli oshadi.

Kremniy qo'shilganda magnit xususiyatlarini yomonlashtiruvchi  $\text{Fe}_3\text{C}$  tarkibidagi uglerod grafitga qaytariladi. Kremniyning qo'shinishi magnitostruksiyasi va anizotropiyani pasaytiradi, po'lat yirik donali strukturali bo'ladi.

Kremniy kristall panjarani ozgina buzib qiyshaytirib nisbiy qarshilik  $\rho$  ni  $60 \cdot 10^{-6}$  om/sm gacha oshiradi.

Kremniy miqdori  $\text{Si} > 3\%$  ortishi bilan induksiya to'yinishi pasayadi, qattqlik va mo'rtlik ortadi. Bu po'latlar ikki xil ishlab chiqariladi.

**E-elektrotexnik po'lat.** Birinchi raqam kremniy miqdori – %. Ikkinchi raqam ishlatilish joyi: elektrotexnik va magnit xususiyatlarining kafolatlari. A – yaxshilangan.

Issiq holda prokatlangan elektrotexnik po'lat. 911–913, 921–923, 943A, 945–946. Sovuq holda prokatlanganlar 9310 – 9330, 93700, «O» – ko'p yuqori teksturalangan. «OO» – past (kam) teksturalangan degani.

1. **Issiq prokat qilingan po'latlar.** Qalinligi  $t = 0,35-1,0$  mm qilib prokatlanadi. chastotasi 50 va 400 Hz uchun  $t = 0,1-0,2$  mmdan yuqori chastotalarda ishlaydigan agregatlar uchun.

Agar po'lat tarkibida  $S = 1-2\%$  bo'lsa, bu po'lat *dinamli po'lat* deyiladi. Agar  $S > 2\%$  bo'lsa, transformatorli po'lat deyiladi.

Mexanik kuchlanishlar natijasida magnit xususiyatlari pasayadi. Shuning uchun shtamplangan magnit o'kazgichlar bo'shatiladi. Issiq prokatlangan bu po'latlar 50 Hz ishlaydigan generator, transformator va dvigatellar uchun qo'llaniladi.

2. **Sovuq prokat qilingan po'latlar.** Issiq holda prokat qilinganda prokat bo'yicha hamma yo'nalishlarda magniy xossalari bir xil bo'ladi (magnitoizotropiya).

Agar shu qayta sovuq holda prokatlanib, yuqori haroratda uzoq bo'shatilsa metall zarralari – donalari prokat yo'nalishi bo'yicha yo'llangan teksturali bo'ladi. Magnitlanganda prokat yo'nalishi bo'yicha magnit xususiyatlari yuqori anizotropiya bo'ladi. Issiq prokatlash bilan qalinligi  $t = 2,5-2,8$  mm bo'lgan polosa olinadi. Sovuq prokatlash 2 va 3 sikldan iborat.

1.  $t = 1$  mm gacha prokat va bo'shatish vodorod muhiti (yoki vakuum)da  $750^{\circ}\text{C}$  da.

2.  $t = 0,5-0,35$  mm gacha sovuq prokatlash, bo'shatish  $1100^{\circ}\text{C}$  da.

3.  $t = 0,2-0,1$  mm gacha prokatlash, bo'shatish. Bo'shatish natijasida ichki kuchlanish bo'yicha pasayadi, zararli qo'shimchalar chiqarib tashlanadi, sovuq prokatlangan po'lat ancha yuqori induktsiyaga ega.

Issiq holda prokatlangan po'latni magnitlash va prokatlash o'qlari to'g'ri kelganda samaradorlik kuchli bo'ladi. U katta bo'lmagan transformatorlarda sovuq prokatlangan listni qo'llashda po'lat sarfi 30% ga, yo'qotish esa 40% ga kamayadi.



Sovuq prokatlangan tasmalar qalinligi  $t = 0,2-0,5$  mm bo'lganda 50Hz chastotada ishlatiladi.

Issiq prokatlangan elektrotexnik po'latlar: Э11-Э13, ЭP1-Э23, Э43A, Э45-Э46, Э47-Э48. Birinchi raqam Si miqdori, ikkinchi raqam ishlatish joyini (назначение) bildiradi.

Sovuq holda prokatlanganlar: Э310-Э330, Э370-Э380. Uchinchi raqam «0» sovuq prokatlangan. «A» yaxshilangan.

#### 11.4.1. Dielektriklar

**Dielektrik moddalar** deb shunday moddalarga aytiladiki, bularda valentli zona o'tkazish zonasida keng man etilgan energiya bilan ajratilgan bo'ladi. Dielektriklar qattiq: (keramika, polimerlar, shisha); suyuq: (benzol, toluol, vodorod, kislorod, argon) holatda bo'ladi. Bularda erkin elektronlar yo'q, bog'liqlik valentli yoki kovalentli. Dielektriklar – izolatorlar tok o'tkazmaydi: nisbiy elekt-roqarshilik  $p = 10^{12}-10^{20}$  om·m.

Dielektriklarning xarakterli xususiyati ularning qutblanishidir. (Elektr zaryadlar siljiydi).

Kondensator qoplamalari oraliq'idagi bo'shliq bo'lganda sig'imi  $C_0$  ni belgilaymiz. Kondensator qoplamalari oraliq'ida dielektrik bo'lgandagi yig'indisi

$$C = E \cdot C_0,$$

bunda  $E$  – dielektrik doimiy, kondensator qoplamalari oraliq'ida bo'shliq o'rnida biror dielektrik bo'lganda, kondensator sig'imining necha marta ortishini ko'rsatadi.

Havo uchun  $E = 1$ , oltingugurt  $E = 4$ , mum  $E = 7,8$ , parafin  $E = 2,1$ ; shisha  $E = 7$ , chinni  $E = 6,3$ ; ebonit  $E = 2,5$ ; keramika  $E = 20$ , suvlar uchun  $E = 81$ .

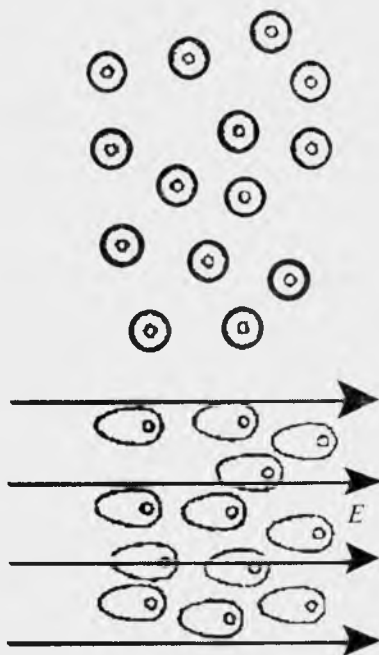
Qutblanishning asosiy mohiyati shundan iboratki, bir-biriga bog'liq elektrik zaryadlar maydon ta'sirida suriladi – siljiydi. Siljigan zaryadlar o'zlarining xususiy ichki maydonlarini hosil qiladi, bu maydon yo'nalishi tashqi maydon yo'nalishiga teskari bo'ladi. Qutblanish o'lchami – dielektrik doimiyligidir.

Qattiq dielektriklarda qutblanish har xil bo'ladi, lekin hammasining yig'indisi  $E$  ning kattaligi – qiymatini ifodalaydi. Konden-

satorli dielektrlarda  $E$  katta maydonda o'zgaradi.  $E = (12-15) - 100000$ .

Qutblanishning eng asosiy turlari: elektronli, ionli, dipol-relaksatsiyali va o'z-o'zidan («спонтанная»).

Elektronli qutblanish atomlarning elektron qobiqlarining deformatsiyasini vujudga keltiradi (11.5-rasm).



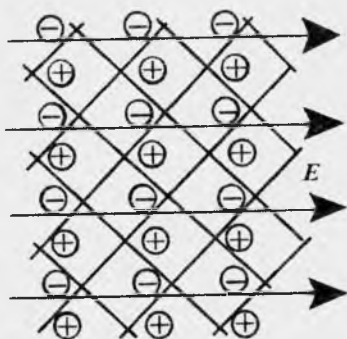
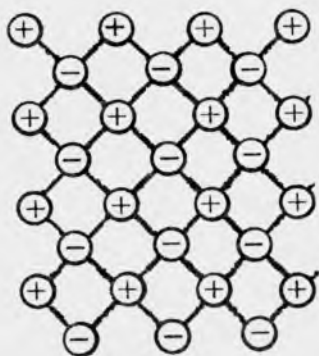
11.5-rasm. Elektronli qutblanish sxemasi.

Elektronlar bir zumda suriladilar. Qutblanish vaqti juda kam  $t = 10^{-15}$  s. Chastotaga bog'liq emas.

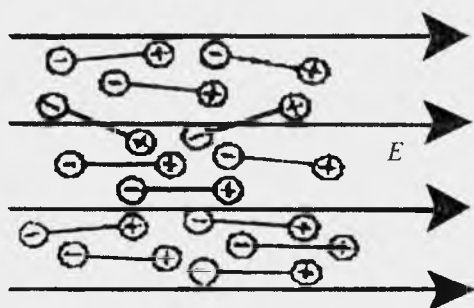
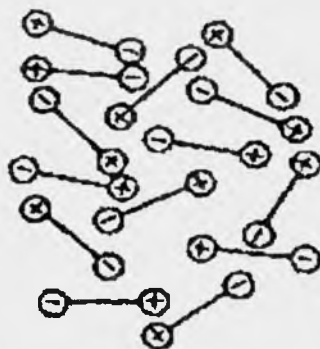
Ionli qutblanish qoplamalarining elastik surilishi hisobiga bo'ladi. Surilish masofasi ionlar orasidagi masofadan kam bo'ladi (11.6-rasm). Manfiy ionlar musbat elektrod tomonga, musbat ionlar manfiy elektrod tomonga suriladi. Ionli qutblanish davri juda kam  $t = 10^{-13}$  s.

Dipol-relaksatsionli qutblanish qutbli dielektrlarda namoyon bo'ladi (11.7-rasm).

Dipollarning burilishi  $E$  ni yaxshigina o'zgartiradi. Qutblanmagan dielektrlarda  $E$  ning qiymati 2 dan ozgina ortiq. Qutblanganlarda u bir necha bor katta. Dipollarning maydon ta'sirida



11.6-rasm. Ionli qutblanish sxemasi.



11.7-rasm. Dipol-relaksatsionli qutblanish.

burilishi va  $E$  olib tashlangandan so'ng orqaga qaytishi uchun molekular kuchni yengishi kerak. Shuning uchun bunga vaqt kerak, ya'ni yuqoridagi qutblanish sekinroq o'tadi. Qizdirilsa, tezlashadi, chunki molekular kuchlar kamayadi.

O'z-o'zidan qutblanish faqat bitta dielektrik-segnetoelektriklarda bo'ladi. Buni Kyuri nuqtasigacha sovitilganda o'z-o'zidan qutblanadi.

Dielektriklar – izolatorlarning elektrik qarshiligi yuqori  $R > 10^{12} \text{Om}\cdot\text{m}$ . Bu qizdirilganda kamayadi.

Dielektriklarning elektrik mustahkamligi teshib o'tishiga qarshilik bilan o'lchanadi. **Teshib o'tish** – bu qattiq dielektrikni maydon ta'sirida tuzatib bo'lmaydigan (необратимый) buzilishiga va izolatorlik xossasini yo'qotishga aytiladi.

Elektrik mustahkamlik teshish kuchlanishligi  $E_{\text{teshish}}$  deb, tok quvvati  $V_{\text{teshish}}$  ni dielektrik qalinligiga nisbatidir:

$$E_t = V_T / \delta.$$

Teshib o'tish 3 xil bo'ladi: elektrik, issiqlik va elektrokimyoviy.

Elektrik teshib o'tish katta hajmdagi elektronlar tugunligining ionlashishi natijasida ro'y beradi.

Bu katta kuchlanish ( $E_1 \gg 1000 \text{ MV/m}$ ) ta'sirida bir zumda ( $t = 10^{-7} - 10^{-8} \text{ s}$ ) o'tadi. Odatda, teshish tok quvvatini o'lchaganda yoki uning katta sakrashida bo'ladi.

Issiqlik teshish maydoni va issiqlikning birgalikdagi ta'siri ostida bo'ladi. Shuning uchun kontakti sovitib turish kerak.

Elektrokimyoviy teshish elektr maydonining uzoq ta'siri ostida dielektrikning strukturasi o'zgarishi va  $E_T$  ning pasayishi natijasida bo'ladi.

Kimyoviy tarkibiga qarab dielektriklar 2 turga bo'linadi:

1. Organik (polimerlar, rezina, shoyi).
2. Organik emas (sluda, keramika, shisha sitollar).

Elektrik xususiyatlariga qarab 2 xil: past chastotali (elektrotexnik), yuqori chastotali (radiotexnik).

Dielektriklarning hal qiluvchi xususiyati – bu issiqqa bardoshliligi: o'z xususiyatlarini uzoq vaqt qizdirilganda ham saqlab qolishi. Issiqqa bardoshlilik qobiliyati darajasiga qarab, dielektriklar 7 sinfga bo'linadi: U, A, E, V, F, N, S. «U» eng pasi  $90^\circ\text{C}$  dan past

bo'lishi kerak. Eng yuqorisi «S» guruhi: 180°C va undan yuqori haroratni ushlaydi: sluda, keramika, shisha, sitollar.

Dielektriklarning xossalari nam o'tkazishlik («гигроскопичность») katta ta'sir ko'rsatadi. Dielektriklarda tok o'tkazuvchi plyonka va qatlamning hosil bo'lishi izolyatorlik qobiliyatiga salbiy ta'sir qiladi, hatto teshib o'tishi ham mumkin. Suv molekulasining diametri  $d = 2,5 \cdot 10^{-10}$  m juda kichkina, shuning uchun suv bug'i hamma yoqqa kirib ketaveradi. Eng gigroskopik materiallar zich va g'ovaksiz materiallar suv bug'larini o'tkazmaydi, bularga sitanlar, shisha, keramika, epoksidli plastmassa, qutbsiz polimerlar kiradi.

Dielektriklarni tanlashda ularning mustahkamligi va mexanik xossalari ham e'tiborga olinadi. Keramika, shisha, sitallar ancha mustahkam dielektriklar, lekin mo'rt, ularning egilishga mustahkamligi quyidagicha bo'ladi:

$$\delta_{\text{egil}} = (30-300) - 500 \text{ MPa}.$$

Struktura va xossalarining turg'unligi dielektriklarning ishlatish – ekspluatatsiya qilish muddatini belgilaydi, shishaga PbO va BaO qo'shilishi uning elektrokimyoviy teshilishiga qarshiligini oshiradi. Ko'pchilik plastmassalar razryad ta'sirida kuyib ko'mirlashadi (qotadi) va o'zining izolatsion qobiliyatini yo'qotadi.

Polistrop, organik shisha, ftoroplast va kremniy organik plastiklarda bu kamchilik yo'q.

Dielektriklar orasida keramik materiallar (ayniqsa, segnetokeramika) alohida ahamiyatga ega. Bular eskirmaydi va qizdirishga nisbatan turg'un.

Keramika izolyatorlar, kolodkalar, platlar va g'altaklarni yasashda ishlatiladi. Past chastotalarda elektrofartor ishlatiladi: arzon, yaxshi elektrik xossalari, lekin mustahkamligi past va 200°C dan yuqorida katta «yutqazishi» – «потери».

Yuqori chastotalarda ishlaydigan detallar, asosan, steoit nomli materiallardan yasaladi. Buning tarkibida zararli qo'shimchalar (primaslar) yo'q va 100°C gacha o'z xossalarini yaxshi ushlab tura oladi: yaxshi presslanganda, kuydirilganda – pishirilganda (обжиг) kirishishi 1–2 %. Zich va g'ovak strukturali hamda aniq o'lchamli detallar uchun ishlatiladi. Steoit yaxshi qirqiladi. Kamchiligi: harorat tez o'zgarganda darz ketadi.

Yuqori chastotali kondensatorlarni yasashda ultrafarfor, steotit, stannatli keramika ishlatiladi. Eng yaxshi xossalari keramika  $\text{TiO}_2$  asosida bo'ladi. Bunday keramika 2 xil bo'ladi:

1. Tikondalar: T-60, T-80, T-150.

2. Termokondalar: T-20, T-40 raqamlar «E» ning miqdorini bildiradi.

Tikondalar, asosan, termokompensatsilovchi kondensatorlar, termokondalar esa yuqori turg'unlikdagi kondensatorlar uchun ishlatiladi. Past chastotali kondensatorlar uchun eng yaxshi material – segnetokeramika, chunki uning «E» si ancha katta.

Pyezoelektriklar – bular shunday materialki, mexanik kuchlanish ta'sirida ular qutblanadi. Pyezokeramik materiallar – bular bariy titanati (TBS va TBKS) asosidagi qattiq eritma. Bariy niobati (NBS) qalay titanati (NTS), asoslarida ham bo'lishi mumkin.

#### **11.4.2. Elektr tokini o'tkazuvchi materiallar**

Materiallar elektr xossalari bo'yicha 3 turga bo'linadi: o'tkazuvchilar, yarimo'tkazgichlar, dielektriklar.

O'tkazgichlarning nisbiy elektrik qarshiligi 10-8-10-5 Om·m bo'ladi va harorat ko'tarilishi bilan u ham ortadi.

Yarimo'tkazgichlarniki 10-5-10-8 Om·m bo'ladi va harorat ko'tarilishi bilan u kamayadi. Bular tokni to'g'rilash, elektr signal-larini ko'paytirish, har xil turdagi energiyalarni elektr energiyasiga aylantirish uchun ishlatiladi. Dielektriklarning nisbiy elektr qarshiligi – 10-8-10-16 Om·m ga teng. Bular izolator sifatida ishlatiladi.

#### **11.4.3. Metall va ularning qotishmalaridan yasalgan o'tkazgichlar**

Texnikada, ayniqsa aviatsiyada tokni yuqori darajada o'tkazadigan yuqori o'tkazgich metallari va qotishmalari keng qo'llaniladi: oltin, kumush, mis, bronza, latun va h.k. Bular yuqori elektr o'tkazuvchanlik yetarli mustahkamlik, plastiklik atmosfera sharoitida korroziyabardoshlik qobiliyatlariga ega.

Metallar qancha toza bo'lsa (qo'shimcha-primlar va nuqsonlardan), ularning o'tkazuvchanligi shuncha yuqori bo'ladi.

Oksidlanmaydigan o'tkazgichlar, yuqori va o'ta yuqori chastotali asbob – priborlarning kontaktlari va pechatli mikrosxemalari uchun kumush ishlatiladi.

Kumush havoda oksidlanmaydi. Lozim bo'lganda mis, latun va tok o'tkazmaydigan materiallar (keramika, oyna, kvars, polimer) ustiga maxsus usul bilan kumush qoplama beriladi. Ba'zi hollarda kumush oltin bilan almashtiriladi.

Mis amaliyotda juda keng ishlatiladi. U yuqori o'tkazish qobiliyatiga ega, mexanik xossalari yaxshi, arzon. Induksiya usulida vakuumda olingan (kislordsiz) mis yuqori o'tkazgichlik va plastiklik qobiliyatga ega. «Nagartovka» qilingan mis-MT yuqori puxtalikka ega.

Yumshoq mis – MO, M1 kabellarning «obmotka» o'rama simlarni yasash uchun ishlatiladi.

Kislordsiz mis – MOO (02<0,02%) esa elektrovakuum asboblarda, SVCh-asbobida, mis «folgasi» yasash uchun ishlatiladi.

M2, M3, M4 markali simlar, asosan, qotishma olish uchun ishlatiladi. Mexanik xossalari yuqori bo'lishligi talab qilingan mahsulotlar uchun latunlar, kadmiy va berilliyli bronzalar ishlatiladi.

Kadmiyli bronzadan «trolley»lar, sirpanuvchi kontakt, membranalari yasaladi. Latunlardan har xil tok o'tkazuvchanli detallar yasaladi.

Aluminiy yuqori elektr o'tkazuvchanligi, plastikligi va kam zichligi bilan xarakterlanadi. O'ta toza aluminiy – A999, A995 va yuqori tozalikdagi aluminiy A99, A95 ishlab chiqariladi. Bulardan elektrolitik kondensatorlar, kabellarning himoya qobiqlari yasaladi. Texnikaviy aluminiydan A85, A7 kabellar va tok o'tkazuvchi shinalar yasaladi. Elektr uzatuvchi liniyalar uchun yuqori puxtalikka ega aluminiy qotishmasi –Al-Mg-Si ishlatiladi. Ko'pchilik hollarda bilitollar ishlatiladi, tok o'tkazish simlari, o'zagi po'latdan qobig'i esa mis yoki aluminiydan yasaladi. Qobiq galvanik yoki plakirovka usulida olinadi.

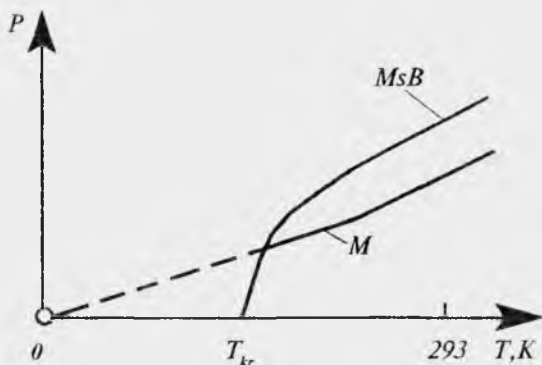
Temirning o'tkazuvchanligi ancha past. Lekin mustahkam ( $\sigma = 300+700$  MPa). Bu uni oqlaydi. Asosan, kam uglerodli ( $C = 0,1-0,15$  %) va oddiy sifatli po'latlar (Cr0, Cr1, Cr6) ishlatiladi. Bulardan tok shinalari, tramvay, metro temir yo'llari (elektropoyezd) relslari yasaladi.

Ko'rsatkichlar	Ag	Au	Cu	Al
Zichlik, kg/m <sup>3</sup>	10500	19300	8900	2700
Eriqish harorati, °C	960	1063	1084	658
Elektr qarshilikning haroratli koeffitsiyenti $\alpha_n, 103^\circ\text{C}^{-1}$	3,6	0,4	4,5	4,3
Nisbiy elektroqarshilik, $r, \text{mk}, \text{Om m}$	0,016	0,024	0,018	0,027

Qo'shimchalarning borligi tok o'tkazuvchanlikni ancha pasaytiradi. Masalan, misning o'tkazuvchanligini kremniy va marganesning ozgina miqdori ham ancha pasaytiradi. Puxtalanish ham (naklyop) o'tkazuvchanlikni ancha pasaytiradi: masalan, shtamp-lash, kiryalash usullarida olingan mahsulotlar.

#### 11.4.4. O'ta o'tkazgichlar

Ba'zi metallar (30 xil elementlar) va qotishmalar (10000 xil) absolut nol haroratiga yaqin haroratda o'ta o'tkazgich holatiga o'tadi (11.8-rasm).



11.8-rasm. Haroratning o'ta o'tkazgichligiga ta'siri.

Bunda nisbiy elektroqarshilik yo'q hisobida bo'ladi:  $r = 10^{-25}$  Om · m (o'tkazgichlarda eng kam qarshilik  $r = 10^{-15}$  Om · m).

Materialning o'ta o'tkazgich holati uning haroratiga ( $T_{kr}$ ), fizik xossalariga, materialning tozaligiga, kristall panjarasining nuqsonlik darajasiga bog'liq.

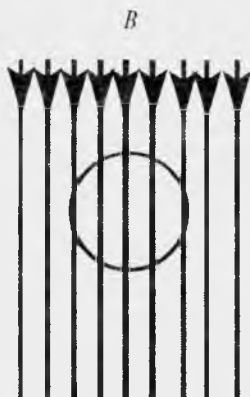


Ma'lum kuchlanishdagi magnit maydoni ( $N_{kr}$ ) ta'sirida o'ta o'tkazishlik yo'qoladi. Bunda magnit maydonini tashqi manbayidan ham, o'ta o'tkazgichdan o'tayotgan elektr toki vositasida ham barpo qilish mumkin.

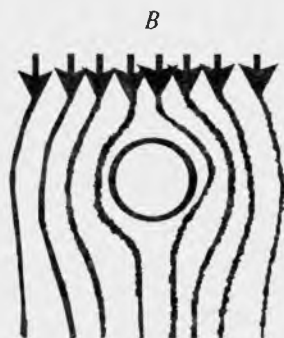
Eng ko'p tarqalgan o'ta o'tkazgich qotishmalariga quyidagilar kiradi: Nb-Zr; Nb-Ti; V-Ti; Ta-Ti. Markalanishi: 65 BT va 35BT (ГОСТ 10994-74); 65BT da 22–26% Ti, 63–68% Nb va 8,5–11,5% Zr bor.  $T_{kr} = 9,7K (-263,3^{\circ}C)$ . 35BT da 60–64% Ti, 33,5–36,5% Nb, 1,7–4,3% Zr bor.

Bu ikki qotishma kuchli generatorlarning o'ramalari («обмотка»lari), quvvatli magnitlarning obmotkalari (magnit yostiqli poyezdlardagi), EHMLarning tunnelli diodlari uchun ishlatiladi.

Nemis fizik olimlari V. Mayenev va R. Oksenfeld o'ta o'tkazgichlar shu haroratda ideal diamagnetikka aylanish hodisasini topdilar (11.9-, 11.10-, 11.11-rasmlar).



*11.9-rasm. Oddiy sharoitda o'ta o'tkazgichdan yasalgan shar bir tekis magnit maydonida joylashtirilgan.*



*11.10-rasm. Shu shar sovitilib, o'ta o'tkazgich holatiga keltirilgach, magnit maydoni shardan itarib chiqiladi.*



**11.11-rasm. O'ta o'tkazgichlilikning magnitli tarelkaga ta'siri.**

O'ta o'tkazgichli tarelka magnitni itarib chiqaradi va magnit havoda tarelka ustida muallaq osilib turadi.

Bu hodisadan yostiqcha ustidagi poyezdlar, gidronasoslar va podshipniklarda foydalaniladi.

#### 11.4.5. Yuqori elektroqarshilikka ega qotishmalar

Bunday qotishmalar qarshilik elementlari (patensiometr lar obmotkasi, shuntlar, qarshilik g'altaklari, rezistorlar, termoparalar, tenzometrik ko'rsatkichlar) va isitkich priborlari va pechlari isitkich elementlari uchun ishlatiladi.

Bu qotishmalar qattiq eritma strukturasi ga ega. Bu qotishmalar ning elektr qarshiligi qotishmani tashkil etuvchi elementlar elektr qarshiligidan yuqori bo'ladi.

#### Reostat qotishmalar

Qotishma	Xim tartibi, %			Elektr xossalari		
	Ni	Mn	Cu	R, mk Om m	Ar1 051/°C	tish °C
MHM <sub>is</sub> 40-1,5 (konstan)	39-41	1-2	qolgani	0,48	3	500
MHM <sub>is</sub> 3-12 (manganin)	2,5-3,5	11,6-13,5	CCC	0,43	2	200

Isitkich elementlari uchun qotishmalar.

Qotishma	Xim tartibi, %					Elektr xossalari	
	Cr	Al	Fe	Ni	Ar 105l/°C	Ar 105 l/°C	tish °C
X23H05 (xromel)	21,5–24,5	4,6–5,3	Qolgani	<0,6	1,37	1,4	1200
X20H80 (nixrom)	20–23	CC	<1,5	Qolgani	1,11	9,0	1100

#### 11.4.6. Kontakt materiallar

Elektr kontaktlari 3 turga bo'linadi: uzuvchi, sirpanuvchi, qimiramaydigan. Bularning hammasiga umumiy talab – kam o'tish elektroqarshiligidir.

#### 11.4.7. Uzuvchi kontaktlar uchun materiallar

Uzuvchi kontaktlarni vaqti-vaqti bilan tutashtirish va uzish(elektr zanjirini) kerak. Ular og'ir sharoitda ishlaydi. Ish jarayonida uzuvchi kontaktlarda elektr uchquni yoki yoyi hosil bo'ladi. Bu korroziya va elektr yeyilish (erroziya)ga, korroziya kontaktlarni esa oksidlanishiga olib keladi.

Bu o'tish elektr qarshiligini oshiradi, bu esa kontaktlarning qizishi va payvandlashishiga (yoki yopishib qolishiga) olib keladi. Erroziya kontaktlarning birida chuqurcha hosil bo'lishiga, ikkinchi kontaktda ignachalar hosil bo'lishiga olib keladi. Demak, kontakt materiallari elektr qarshiligi, korroziyabardoshligi hamda erroziya-bardoshligi yetarli bo'lishi kerak.

Elektr quvvatiga qarab kontaktlar kam yuklangan va yuqori yuklangan guruhlarga bo'linadi.

Kam yuklangan kontaktlar nodir metallardan yasaladi: oltin, kumush, platina, palladiy va ularning qotishmalaridir. Eng ko'p ishlatiladigani kumush va uning qotishmalaridir. Bularning ichida ko'proq ishlatiladigani kumushning mis bilan qotishmasi.

Yuqori yuklangan kontaktlar volfram, molibden, ularning qotishmalari va metallokeramikadan yasaladi. Eng quvvatli kontaktlarda

kukun metallurgiyasi asosida olingan volfram – kumush (yoki mis) kompozitsiyasi ishlatiladi.

**Sirpanuvchi kontaktlar uchun materiallar.** Talablar: yuqoridagilarning o'zi. Materiali: metallokeramika, mis yoki kumush ozgina grafit bilan. Markasi: MF3, MF5, CF3, CF5. M – mis, F – grafit (3,5%), C – kumush.

#### 11.4.8. Yarimo'tkazgichlar

Yarimo'tkazgich materiallarga nisbiy qarshiligi  $r = 10^{-3}-10^{-10}$  Om·sm bo'lgan materiallar kiradi.

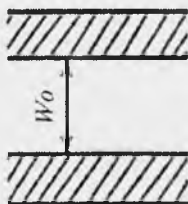
Bunga Mendeleev davriy sistemasidagi 12 element kiradi: bo'r, uglerod (olimoz), kremniy, germaniy, qo'rg'oshin ( $Sn_0$ ), fosfor, mishyak, surma, oltingugurt, selen, tellur, yod. Bundan tashqari, birqancha kimyoviy birikmalar ham kiradi. Eng ko'p tarqalgani germaniy (Ge) va kremniy (Si).

Yarimo'tkazgichlarda tokning paydo bo'lishi uchun valent zonasidagi elektronlarning bir qismi tok o'tkazish zonasiga o'tib elektr zaryadining tashuvchisiga aylangan bo'ladi (11.12-rasm).

Elektronlar bir zonadan ikkinchisiga o'tish uchun ruxsat etilmagan – man etilgan energiya zonasidan o'tishi kerak.

Buning uchun ma'lum energiya kerak. Bu tashqi energiya yorug'lik yoki issiqlik energiyasi bo'lishi mumkin. Qizdirilganda elektr tokini tashuvchilar «kontsentratsiya»si ko'payadi va yarimo'tkazgichning elektr qarshiligi kamayadi.  $W_0$  qancha ko'p keng katta bo'lsa, shuncha ko'p qizdirish kerak.

O'tkazuvchanlikka tok tashuvchilarning harakatchanligi ham ta'sir qiladi. Kristallik panjaraning nuqsonlari buni pasaytiradi



11.12-rasm. Yarimo'tkazgichlarda tokning hosil bo'lishi.

(demak, o'tkazuvchanlikni ham). Xuddi shunday ta'sir qiladi tashuvchilarning «hayot davri» ham.

Shuning uchun, kristallik panjaralari nuqsonsiz yarimo'tkazgichlar – monokristallar ishlatiladi. Yuqori sifatli sboblar («pribor») uchun germaniy va kremniy monokristallaridan yasaladi.

Toza yarimo'tkazgichlardan tashqari murakkab yarimo'tkazgich birikmalar ham ishlatiladi. Mendeleyev sistemasidagi A4 V4, uchinchi va beshinchi A3V5 va A2V4

A4 V4 tipdagi birikma vakili SiC

A3V5 vakili ZnSb va GaAs(galiy arsenidi)

A2V4bular suʼfidlar (ZnSe), oksidlar(Cu2O).

## 11.5. Magnitli materiallar

Materiallar magnit xossalariga qarab kuchsizmagnitli (diamagnetiklar, paramagnetiklar) va kuchlimagnitli guruhga bo'linadi. (Ferromagnetiklar, ferrimagnetiklar.)

Diamagnetiklarda magnit qabul qiluvchanlik («проминатцаемость»)  $H^2 < 0$  va bu tashqi magnit maydoni kuchlanishiga bog'liq emas: vodorod, inert gazlar (argon,geliy), ko'pchilik organik birikmalar, osh tuzi, ba'zi metallar (Cu, Zn, kumush,oltin, simob), vismut, galiy, surma.  $H = -10^{-4} - 10^{-7}$ .

Paramagnetik materiallarda  $H^2 > 0$ . Bular ham tashqi magnit maydoni kuchlanishligiga bog'liq emas: O<sub>2</sub> azot oksidi, temir, nikel, kobolst va nodir metallar tuzlari. Al, platina  $h = 10^{-2} \cdot 10^{-5}$ .

Diamagnetik va paramagnetik materiallar texnikada chegeralangan miqdorda qo'llaniladi.

Kuchli magnitli materiallarda  $H > 1$  va tashqi magnit maydoni kuchlanishiga bog'liq. Magnitlanish (magnit induksiyasi)  $M$  bilan tashqi magnit maydoni kuchlanganligi  $H$  orasida bog'liqlik mavjud:

$$M = \mu \cdot H,$$

bunda,  $H$  – magnit qabul qiluvchanlik deyiladi va materialning magnit xususiyatlarini ifodalaydi.

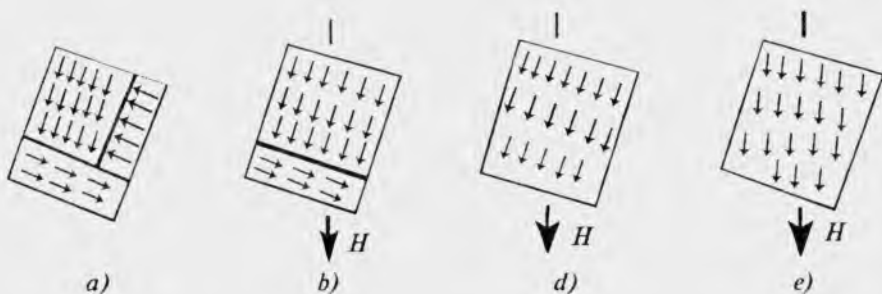
Ferromagnitlarda  $H \gg 1$  bo'ladi. Bu sinfga kiruvchi Fe, Ni, Ca kabi metallar va ularning qotishmalarida magnit maydon juda zo'rayib ketadi.

Ferromagnetik kristalining panjarasidagi atomlar o'zaro bir-biri bilan kuchli ta'sirlashadi. Bu ta'sirlashuv, asosan, chetki qobiqdagi elektronlar orqali sodir bo'ladi. Kristalldagi qo'shni atomlarning elektron qobiqlari bir-birini ichiga kirib boradi, natijada atomlar bir-biri bilan elektronlar almashish imkoniyatiga ega bo'ladi. Bu ta'sirlashuv natijasida vujudga keladigan o'zaro almashuvchi kuchlar tufayli elektronlarning spinmagnit momentlari o'zaro parallel joylashadi. Natijada ferromagnitlik ichida shunday sohachalar mavjud bo'ladiki, bu sohachalardagi spinmagnit momentlar o'z-o'zidan(spontan) bir tomonga yo'nalgan bo'ladi. Bu sohachalar *domenlar* deb ataladi.

Domenlarning o'lchamlari  $10^{-3}$ – $10^{-4}$ Om chamasida bo'ladi. Turli domenlarning magnit momentlari turlicha yo'nalgan bo'lib, tashqi magnit maydon bo'lmagan holda ferromagnit parchasidagi barcha domenlar magnit momentlarining vektor yig'indisi nolga teng. Shuning uchun har bir domendagi magnitlanish juda katta va kuchli bo'lishiga qaramasdan, ferromagnetik parchasi magnitlanmagan bo'ladi.

Tashqi magnit maydonning ferromagnetikka ta'sirini ko'raylik. Tashqi maydon kuchlanganligi unchalik katta bo'lmaganda, domenlar chegaralarining siljishi sodir bo'ladi. Bunda magnit momentlarining yo'nalishlari tashqi maydon yo'nalishiga yaqinroq bo'lgan domenlar boshqa domenlar hisobiga kattalashadi ( 11.13-rasm).

Magnitli to'yinish shunday bo'ladiki, bunda domenlarning kattalashishi va barcha «spontan» magnitlashgan mikrokristallik



11.13-rasm. a) maydon yo'q; b) kuchsiz maydon; d) kuchli maydon; e) to'yinish

uchastkalar tashqi magnit maydoni tomonga qarab qolganda – yo‘nalganda tugaydi.

Mikrokristallik ferromagnitlar magnitlashganda ularning chizgiy o‘lchamlari o‘zgaradi, bunga *magnitostriksiya* deyiladi.

Ferritlar oksidlarini qizdirib, presslash (spekaniye) yo‘li bilan olinadi. Ularning elektr qarshiligi dielektriklarnikiga teng:  $\rho = 1012$  Om·m. Shuning uchun bular yuqori radiochastotalarda va o‘ta yuqori chastotalarda ishlatiladi: FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Markalanishi: 4000HM, 1000NN, 100VCh. Raqamlar nisbiy magnit qabul qiluvchanlikni ko‘rsatadi, birinchi harf chastota diapazonini ko‘rsatadi. H – past chastotali (nizkiy). VCh – yuqori chastotali (высокочастотный) ikkinchi harf legirlovchi elementni H – nikel-sink, M – marganes-sink.

4000HM, 1000HM (Mn-Zn guruhi)lar, asosan, chastotasi 1MHz gacha bo‘lgan diapazonda, 1000 HMz esa chastotasi 3MHz gachadagi diapazonda ishlatiladi.

Ni-Zn guruhidagi ferritlar, ya‘ni 1000NH, 400NH yuqoriroq chastota (<200MHz)da ishlatiladi.

100BCh – yuqori chastota (<800Hz)da ishlatiladi. Bundan yuqori chastotalarda CBCh ishlatiladi.

Magnit xususiyatlariga qarab, po‘latlar va qotishmalar 2 guruhga bo‘linadi:

1. Yumshoq – magnitli (ferromagnitlar) qaysilariki, kuchsiz magnit maydonlarida ham qayta magnitlanish va to‘yinishi mumkin.

$N \approx 8 \dots 800$  A/m, magnit qabul qiluvchanligi  $h = 10^3 - 10^6$  A/m.

2. Qattiq-magnitli:  $H = 10^2 - 10^3$  A/m.

Yumshoq magnitli materiallarga texnik toza temir, elektrotexnik po‘latlar kiradi, bu po‘latda Si  $\geq 4,5\%$ .

Dinamli-Si=0,5–2,3%.

Transformatorli-Si = 3,5–5,0%.

Fe-Ni (permappoy) va Fe-Al-Si (olsifer) sistemalari yumshoq magnitli va  $h$  si yuqori. Bulardan transformator drossel detallari ishlab chiqariladi.

Qattiq magnitli materiallar – po‘latlar doimiy magnitlar uchun ishlatiladi. Tarkibida uglerod yetarli: EX3, EX5K5, EX9K15M2.

E – magnitli po‘lat degani. ~1% – S, qolgan harflar legirlangan po‘lat kabi o‘qiladi.

Murakkab shakldagi magnitlar va magnit yozuvi uchun tasmalar quyidagi sistemadagi qotishmalardan yasaladi. Fe-Co-Mo (komop), Cu-Ni-Co (kushiko), F-V-Co (vakalloy). Markasi: 12KMV12 (komop).

Legirlangan po‘latlar markalanishga bo‘ysunmaydi: 12% – So, 6% – Mo, 12%W. Doimiy magnitlar uchun, asosan, quyidagi qattiq magnitli qotishmalar ishlatiladi: Fe-Ni-Al sistemali So, Cu, Ti bilan legirlanadi: YNKD24 (magniko) 14%–Ni, 8%–Al, 24%–Co, 3%–Cu.

Kukun metallurgiyasi usulida Fe, Ni, Al va legirlovchi elementlardan kichkina o‘lchamli yuqori aniqlikdagi va toza yuzali magnitlar olinadi.

Istiqbolli yo‘nalish bu nodir metallarning kobalt bilan kimyoviy birikmasidir:  $\text{SmCo}_5$ ,  $\text{Sm}(\text{Co},\text{Fe})_{17}$ . Bularning koefitsiyenti «h» ancha samariy katta.

### 11.5.1. Maxsus magnit xossali materiallar

Elektron hisoblash texnikasi va avtomatik qurilmalarning magnit xususiyatlaridan biri, ya‘ni gisterizisi to‘g‘ri to‘rtburchak bo‘lgan materiallar keng qo‘llaniladi.

Bu materiallarning gisterizisi iloji boricha to‘g‘ri to‘rtburchak (G.T.T.B), «Koersitiv» kuchi mo‘ljaldagi va qayta magnitlash vaqti eng kichik bo‘lishi kerak.

Gisterizisi to‘g‘ri to‘rtburchak(G.T.T.B)bo‘lgan materiallar olinishiga, holatiga va tarkibiga qarab:

1. Ferritlar.
2. Teksturlangan ferromagnit tasmalar.
3. Yupqa ferromagnit plyonkalarga bo‘linadi.

G.T.T.B li ferritlar o‘ta aniq tarkibi va olish texnologiyasi bilan ta‘riflanadi. «VT» (вычислительная техника) va «P» (прямоугольная петля гистерзиси) bilan markirovkalanadi. Bu harflardan oldingi raqamlar «koersitiv» kuchi ersted birligida ko‘rsatadi: 1,75W, 1,5W, 0,9W, 100P, 101P. Bular hisoblash qurilmalarining xotira elementlarini yasash uchun ishlatiladi.



### Asosiy magnit-yumshoq materiallar

Material	Tarkibi	Koersitiv kuchi $N_H, A/m$
80HM (supermolon)	80%–Ni, 5%–Mo, qolgani –Fe	0,3
79HM (никелмолибденли пермолой)	79%–Ni, 4%–Mo, qolgani –Fe	2,4
Armko-temir	100%–Fe	40–100
3413(Э330)	3,5%–Si, qolgani– Fe	50
Ni-Zn(ferrit)	(Ni, Zn) O Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8–1700
10SY(sendast)	95%–Si, 5,5%–Al, qolgani –Fe	1–2

### Asosiy magnit-qattiq materiallar

Material	Tarkibi	Koeffitsiyent kuchi He, kA/m
Э7B6	0,7%–C; 0,4% Cr, 5,7–Wi; 0,4 –Si, qolgani–Fe	5
EX9K15M	1%–C; 9%–Cr, 15%–Co 1,5% –Mo, qolgani –Fe	3,6
12KMB 12 (komol)	12%–Co, 6%–Mo, 12%–Wi qolgani –Fe	9,6
ЮНД 24 (magniko)	14%–Ni, 8%–Al, 24%–Co, 3%–Cu, qolgani –Fe	44

G.T.T.B li teksturalangan ferromagnit tasmalar keng haroratlar diapazonida ishlaydigan apparaturalarda qo'llaniladi. Bular Fe-Ni va Fe-Ni-Co qotishmalari bo'lib Cr, Si, Mo, Cu bilan legirlangan. Teksturalash u qalinligi  $t = 0,1 \div 0,005$  mm bo'lgan tasmalar maxsus termomagnit ishlanadi. Markalanishi: 50NP, 65NP, 79NM. Hozirda qalinligi birnecha mikrometrlilik o'ta yupqa tasmalar ham olinmoqda. Bular tez ishlaydigan va yuqori puxtalikdagi qurilmalar uchun prokatka qilib olinadi.

G.T.T.B li ferromagnit plyonkalar ixcham (malogabarit) EHMLlarda va operativ xotirali qurilmalarda ishlatiladi. Bularning

qayta magnitlash vaqti juda kam: sekundning o'ndan bir ulushi bilan bir necha nanosekundgacha. Qalinligi  $t = 10 \div 100$  nm bo'lgan plyonkalar Fe-Ni va Fe-Ni-Co larni vakuumda bug'latib, neorganik taglikda olinadi.

#### **Nazorat savollari**

1. *Qiyin eriydigan metall deb qanday metallga aytiladi? Misollar keltiring.*
2. *Sovuqqa chidamli material deb qanday materialga aytiladi? Misollar keltiring.*
3. *Qanday materiallar radiatsiyaga chidamli deyiladi?*
4. *Qanday qotishmaga elektrotexnik po'lat deyiladi?*
5. *E13-harf va raqamlar nimani belgilaydi?*
6. *Qanday metallga dielektrik deyiladi?*
7. *Qattiq va yumshoq magnitli metallarning bir-biridan farqi nimada?*
8. *EX5K5 qanday material va nomidagi harf hamda raqamlar nimani belgilaydi?*

## 12-bob. RANGLI METALLAR VA ULARNING QOTISHMALARI

### 12.1. Aluminiy va uning qotishmalari

**Aluminiy** metallar orasida eng ko'p tarqalgani va bu jihatdan 1-o'rinda turadi. Mashinasozlikda eng ko'p tarqalgan, chunki nisbiy puxtaligi, elektr va issiqlik yaxshi o'tkazishi, zanglamasligi (korroziya bardoshligi) yaxshi.

**Kristall panjarasi:** yoqlari markazlashgan kub;  $\sigma_b = 9-12$  kG/mm<sup>2</sup> (90-120 MPa/m<sup>2</sup>);  $\delta = 10-25\%$ ; HV = 25-35; zichligi  $\gamma = 2700$  kg/m<sup>3</sup>.

Zichligi – solishtirma og'irligi 5000 kg/m<sup>3</sup> dan kam bo'lgan metallar yengil metallar deb nomlanadi.

Alyuminiy sirtida zich aluminiy oksid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) pardasi hosil bo'lib, metallning ichki qismlarini korroziyalanishdan saqlaydi.

Samolyotsozlik, kemasozlik, mashinasozlik aluminiyning qotishmalari keng ishlatiladi: **duraluminiy** (Al-Cu-Mg), **silumin** (Al-Si), **magnaliy** (Al-Mg) lar, qaysilarki, quyish usuli bilan olinadi. Bundan tashqari aluminiy kukuni qotishmalari ishlatiladi: **САП** – «смешанные алюминиевые пудра» – pishirilgan aluminiy kukuni: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zarrachalari (6-22%) Al bilan biriktiriladi: **САС** – «смешанная алюминиевая сплавы» – pishirilgan aluminiy qotishmalari». Bular tarkibiga Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan tashqari Fe, Ni, Cr, Mn, Cu qo'shiladi (shular bilan legirlanadi).

Aluminiy tarkibida doimiy elementlar Fe, Si, Cu, Zn, Ti bor. Bularning hajmiga qarab, tozalik bo'yicha aluminiy quyidagi guruhlarga bo'linadi:

**1. Alohida tozalikdagi aluminiy:** A999. Bunda qo'shimchalar miqdori 0,001%.

**2. Yuqori tozalikdagi aluminiy:** A995, A99, A97, A95. Bunda qo'shimchalar 0,5% gacha.

Bunda– **3. Texnik tozalikdagi aluminiy:** A85, A8, A7, A5, A0. Qo'shimchalar 0,15.....1,0%.

Qo'shimchalar aluminiyning elektrik va texnologik xossalari kuchli ta'sir qiladi. Fe, Si – asoslari. Fe elektr o'tkazuvchanlik va plastiklikni kamaytirib, puxtalikni biroz oshiradi. Si, Cu, Mg, Zn, Mn, Ni, Cr lar puxtaligini oshiradi. Puxtaligi yuqori bo'lmaganidan aluminiydan kuch kam qo'yilgan detallar, konstruksiyalar, issiqlik o'tkazish kerak bo'lgan, korroziyabardosh yengil detallar yasaladi. Texnikaviy aluminiy AD va AD1 yarimmahsulot list, chiviq, profil tarzida chiqariladi. Yuqori tozalikdagi aluminiydan folga, tok o'tkazadigan va kabel mahsulotlari yasaladi.

Mashinasozlikda aluminiy qotishmalari keng qo'llaniladi. Legirlovchi elementlar sifatida Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Li, Ni, Ti, Sb lar ishlatiladi.

A harfi texnikaviy aluminiyligini;

AK – bolg'alanuvchi texnikaviy aluminiy qotishmasligini;

V – yuqori puxtalikdagi aluminiy qotishmasligini;

AL – quyma aluminiy qotishmasligini;

raqamlardan keyingi harflar quyidagilarni bildiradi;

M – yumshoq – «мягкий» («отоженный»);

T – termik ishlanganligini (toblash va puxtalash «старение» ma'nosida);

N – «нагартованный» – pachoqlash hisobiga puxtalikni oshirishni ko'rsatadi.

### 12.1.1. Deformatsiyalanadigan aluminiy qotishmalari

Ikki guruhga bo'linadi: a) termik ishlash natijasida puxtaladigan; puxtalanmaydigan.

Termik ishlash natijasida puxtalanadigan Al qotishlari 1) o'rtacha puxtalikdagi; 2) yuqori puxtalikdagi; 3) o'tga bardosh; 4) bolg'alanuvchi va shtamplanuvchi qotishmalarga bo'linadi.

**Duraluminiy** – bu o'rtacha puxtalikdagi qotishma, D harfi bilan belgilanadi. Tizimi – Al-Cu-Mg. Masalan: D1; D16; D18. Qo'shilgan Mg korroziya bardoshligini oshiradi, qayta kristallanish haroratini ko'taradi, mexanik xossalari yaxshilaydi.

Toblash: qizdirish 415–505°C (D1, D18) yoki 490–500°C (D16), so'ng suvda sovutish. So'ng tabiiy va sun'iy chiniqtirish (старение).

Korroziya bardoshligini oshirish uchun sirtqi yuzasi texnikaviy aluminiy bilan «плакировка» qilinadi (qoplanadi).

Duraluminiydan samolyot detallari yasaladi: D1 dan samolyot vinti (charxpalagi); D16 dan fyuzelyaj sinchlari, D18 dan zaklyopkalar.

**Yuqori puxtalikdagi qotishmalarga** V95, V96 kiradi. Tizimi – Al-Zn-Mg-Cu. Legirlovchi Mg, Cr. Korroziyabardoshligi va chiniqish samaradorligini oshiradi. Toblash 460–480°C, sun'iy chiniqtirish ( $t = 120-140^{\circ}\text{C}$ ). Plakirovka ham qilinadi: Al + 1% Zn bilan. Samolyotning tashqi qismlari ishlanadi (120°C dan oshmasligi kerak).

**O'tga bardosh qotishmalarga** AK-4, AK-4-1 kiradi. Bunga legirlovchilar Fe, Ni, Cu qo'shiladi, bunda puxtalovchi fazalar CuAl<sub>2</sub>, CuMgAl<sub>2</sub>, Al<sub>12</sub>Mn<sub>2</sub>Cu lar hosil qiladi.

**Bolg'alash va shtamplash** usuli bilan ishlov beriladigan qotishmalar (AK6, AK8) yaxshi plastiklikka ega. Ular bosim ostida ishlaganda darzlar hosil bulmaydi. Bunday qotishmalar Al-Cu-Mg turkumiga kiradi. Shtamplash va bolg'alash 450–475°C da olib boriladi: toblanadi, chiniqtiriladi (старение).

Termik ishlash natijasida puxtalanmaydigan deformatsiyanadigan aluminiy qotishmalariga Al-MnS Al-Mg kiradi: AM<sub>1</sub>; AM<sub>2</sub>; AM<sub>3</sub>, ...5, 6. Bular yuqori plastiklikka, korroziyabardoshlikka ega; yaxshi payvandlanadi.

### 12.1.2. Quyma qotishmalar

Bularga Al-Si; Al-Cu; Al-Mg tizimlari kiradi. Mexanik xossalarni yaxshilash uchun Ti; Ts; P; V bilan legir lanadi. Qotishmalarning yaxshi tomonlari suyuq holda yaxshi oquvchanligi (жидкотекучесть), oz kirishuvchanligi; mexanik xossalarning yaxshiligi.

**Siluminlar** (Al-Si) eng yaxshi quymakorlik xossalariga ega: yaxshi kesib ishlanadi, payvandlanadi. Kompressor korpuslari, bloklar, silindr porshenlari ishlanadi. Markalari: AL<sub>2</sub> (10–13%Si) AL(8–10%Si).

**Magnalinlar** (Al-Mg) o'zida evtektika fazasi yo'qligidan quymakorlik xossalari yetarli yuqori emas, har xil qo'shimcha elementlarga sezgir. Markalashi: AЛ18, AЛ127.... Bular yuri korro-

ziyabardosh, puxta, yaxshi kesib ishlanadi. Ti, Ts bilan legirlansa, mexanik xossalari yaxshilanadi.

**Podshipnik uchun ishlatiladigan alyumin qotishmalari** o'zlarining ishqalanib yeyilishga qarshiligi bilan qo'rg'oshinli bronzadan qolishmaydi. Ammo, korroziyabardoshligi va texnologikligi bilan undan yuqori. Markasi ASM. Qotishma ASS – 6–5 tarkibida 5% qo'rg'oshin bor. ASM va ASS – 6–5 podshipnik materiallaridan sirpanish podshipniklari (dizel yuritgichlari uchun) yasaladi.

### 12.1.3. Aluminiy kukun qotishmalari

**Kukun metallurgiyasi asosida olingan aluminiy qotishmalari.** Mustahkamligi, xossalarning yuqori haroratga barqarorli hamda korroziyabardoshligi jihatdan quyma aluminiy qotishmalaridan ustun turadi. 2 xil bo'ladi:

1) САП – qizdirib presslangan aluminiy kukuni («смешанный алюминиевый сплав»).

2) САСП – qizdirib presslangan aluminiy qotishmasi («смешанный алюминиевый сплав»).

САП – bu aluminiy va aluminiy oksidi aralashmasidan iborat. ( $Al_2O_3$ ) ning kukunlarining aralashmasidir. Kukun toza texnik aluminiyni azotli muhitga purkash yo'li bilan olinadi. So'ngra maxsus sharikli tegirmonlarda maydalanadi. Zarralanishda (диспергирование) zarralarning ustki qismi 0,01–0,1 mkm qalindlikda alyuminiy oksidi bilan qoplanadi. Tayyor kukun tarkibida 6–22%  $Al_2O_3$  bo'ladi. Markalanishi: САП-1, САП 2, САП 3, САП-4. Kukun sovuq holda qolipda qisilib, chalmaklar (briketlar) olinadi. So'ngra  $T = 260-400$  МПа da ishlanadi. Aluminiy bu yerda bog'lovchi.

САС – bu aluminiy kukuni va ozgina  $Al_2O_3$ , Fe, Ni, Cr, Mn, Cu bilan legirlangan. САС-1 da 25–30% Si va 7% Ni bor.

### 12.1.4. Aluminiy qotishmalarining klassifikatsiyasi

Aluminiy qotishmalarining asosiy legirlovchi elementlari: Cu, Mg, Si, Mn, Zn va kamroq: Ni, Li, Beriliy, Sirkoniy. Bularning ko'pchiligi chegaralangan qattiq eritma hosil qiladi.

Aluminiy qotishmalari quyidagi mezonlar bo'yicha klassifikasiya qilinadi:

- a) ishlab-chiqarish texnologiyasi;
- b) termik ishlashga moyilligi;
- d) xossalriga qarab.

Barcha aluminiy qotishmalarini uch guruhga bo'lish mumkin:

1) deformatsiyalanadigan qotishmalar (termik ishlash natijasida puxtalanadigan va puxtalanmaydigan);

2) quyma qotishmalar;

3) kukun metallurgiyasi asosida olinadigan qotishmalar: САП, САС. Deformatsiyalanadigan va quyma aluminiy qotishmalari orasidagi chegara – bu aluminiy qattiq eritmasining evtektika haroratida to'yinish chegarasidir (12.1-rasm).

A – deformatsiyalanadigan qotishma. Bu ham ikki bo'lakdan iborat:

**I – puxtalanmaydigan termik ishlanganda;**

**II – puxtalanadigan termik ishlanganda.**

Puxtalanadigan va puxtalanmaydigan qotishmalar chegara-si – bu aluminiy qattiq eritmasining uy haroratida to'yinish chegarasidir.

### 12.1.5. Markalanishi

Harf va raqamlar bilan belgilanadi.

1. Deformatsiyalanadigan qotishmalar quyidagicha belgilanadi: D, AD, AK, AM, AB.

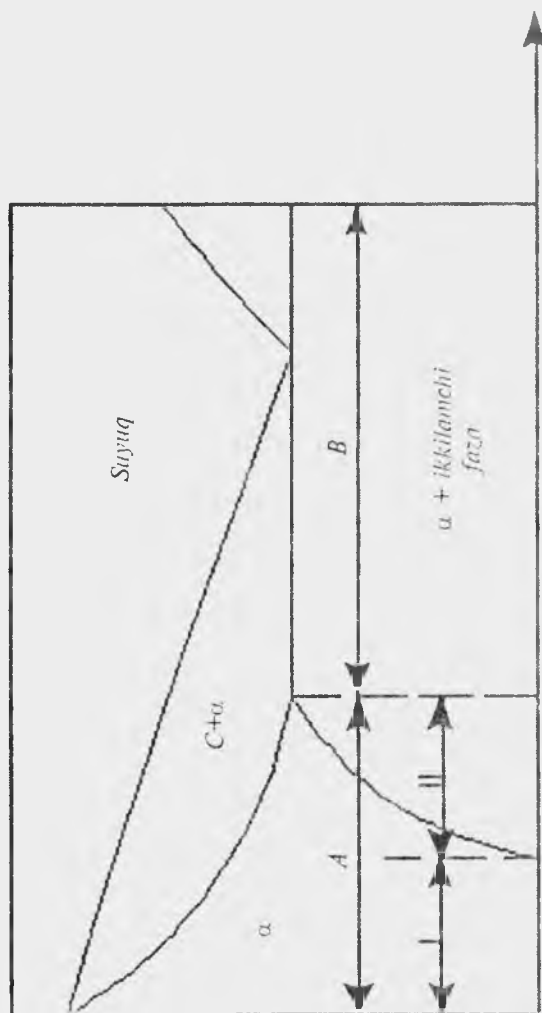
2. Quyma qotishmalar AL bilan belgilanadi.

3. Duraluminiy D harfi bilan belgilanadi: D1, D16.

4. Avial qotishmasi AB bilan belgilanadi. Avial – Al-Mg-Si (bu duraluminiy deformatsiyalanadigan).

5. Aluminiyning Mg va Mn bilan qotishmasi AMg va AMn bilan belgilanadi. Bulardagi raqamlar magniy miqdorini bildiradi: AMg1, AMg6. AD deformatsiyalanadigan aluminiyini bildiradi.

7. Bolg'alanuvchi qotishmalar (кованные) AK bilan belgilanadi. AK4-1, AK6, AK8.



Al- legirovchi element, %

12.1-rasm. A – deformatsiyalanadigan qotishma;  
 B – quyma qotishma. I – puxtalanmaydigan termik ishlash bilan,  
 II – puxtalanadigan termik ishlash bilan.



Bu markirovka bir xil emasligi va sistemasi kamchiliklari bir. Shu aluminiy qotishmalariga 4 raqamli markirovka tizimi qo'llanilyapti (12.1-rasm).

1. Birinchi raqam qotishmalarning asosini ko'rsatadi. Alyuminiyga 1 raqam berilgan.

2. Ikkinchi raqam bosh legirlovchi elementni yoki bosh legirlovchi elementlarni guruhini belgilaydi.

3. Uchinchi yoki uchinchi ikkinchi bilan eski markirovkaga to'g'ri keladi.

4. Turtinchi raqam: toklari («0»ni ham hisobga olib) qotishma deformatsiyanadigan degani.

Masalan, D16 aluminiy qotishmasi 1160 deb belgilanadi. D19 aluminiy qotishmasi esa 1190 deb belgilanadi.

5. Tajribaviylarini oldiga 0 qo'yiladi: 01420.

6. Quyma qotishmalar oxiriga juft raqam qo'yiladi: АЛ2, АЛ4.

7. Metallokeramik usulida olinganlar oxiriga 9 qo'yiladi.

8. Simli qotishmalar oxiriga 7 qo'yiladi.

Qotishma tozaligini markirovkadan keyin harflar bilan belgilanadi:

Pch — «практически чистый» — amalda toza.

Ch — «чистый» — toza.

Och — «очень чистый» — juda toza.

Bular zararli qo'shimchalar (Fe, Si, va h.k.) bo'yicha.

«Полуфабрикат» alyumin qotishmalari holati quyidagicha belgilanadi:

M — yumshoq, bo'shatilgan — «мягкий».

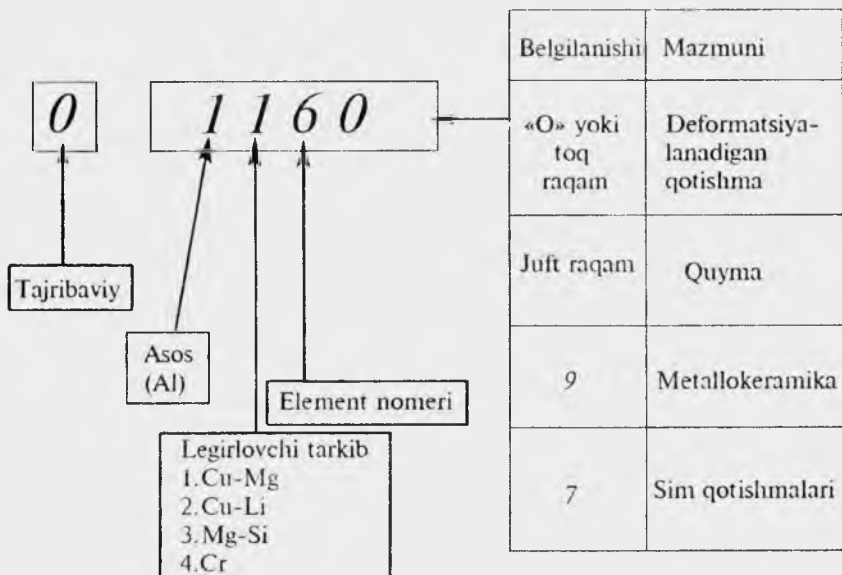
T — «закаленный и естественно состаренный» — toblangan va tabiiy eskirgan.

T1 — «закаленный и искусственно состаренный» — toblangan va sun'iy eskirgan.

N — «начертованный» — puxtalangan bosim bilan ishlanib.

NI — «усиленно начартованный» — qattiq puxtalangan (20%).

ASM — «антификционный сплав» — ishqalanishga qarshi qotishma (aluminiy, surma, magniy).



Masalan, D16 aluminij qotishmasi **1160** deb raqam bilan belgilanadi.

## 12.2. Mis va uning qotishmalari

Suyuqlanish harorati – 1083°C. Zichligi – solishtirma og‘irligi  $\gamma = 8,93 \text{ kg/sm}^3$  ga teng. Kristall panjarasi yoqlari markazlashgan kub.

Mustahkamligi  $\sigma_b = 240 \text{ MPa}$  ( $24 \text{ kg/mm}^2$ ), nisbiy uzayishi  $\delta = 50\%$ , qattiqligi  $HV = 35$ .

Yuqori issiqlik va elektr o‘tkazuvchanlik, plastiklik, karroziya-bardoshlik qobiliyatlariga ega.

Kamchiliklari bo‘lmish past quyimakorlik xususiyatlari, kesib yomon ishlaniishi, nisbatan puxtamasliklarni har xil elementlar bilan legirlash orqali yo‘qotish mumkin.

Misning fiziko-mexanika xossalariga qo‘shimchalar yetarli ta’sir qiladi. Shu nuqtayi nazardan qo‘shimchalar quyidagi guruhlarga bo‘linadi:

1. Bosim bilan ishlashda (sovuq va issiq holda) puxtalikni pasaytiruvchilar:  $O_2$ , Pb, S, Se, Fe, Sb, Bi.

**Aluminiy qotishmalarini markirovka  
qilishga misollar**

<b>Legirlovchi elementlar</b>	<b>Harflar</b>	<b>Raqamlar</b>
AL(toza)	AD00	1010
Mn	Amts	1400
Mg-Mn	Amg 1	1510
	Amg 5	1550
Mg- Si	AV	1343
Cu-Mg	D1	1100
	D16	1160
	VAD1	1191
	D18	1187
Cu, Mg, Mn, Si	Ak6	1360
	Ak8	1380
Cu, Mg, Fe, Ni, Si	Ak4	1140
	Ak4 -1	1141
Zn-Mg	-	1911
Zn-Mg-Cu	V95	1950
	V96ts	1960
Cu-Mn	D20	1200
	-	1201
Mn-Li-Zn	-	01420

2. Qirqib ishlashni osonlashtiruvchilar: Se, Pe, Te, Si.
3. Issiq va elektr o'tkazuvchanlikni pasaytiruvchilar: Pb, As, Sb, Fe, Al, P.
4. Korroziyabardoshlikni kamaytiruvchilar: O<sub>2</sub>, Fe.
5. Korroziyabardoshlikni oshiruvchilar: Be, Al.
6. Mis puxtaligini oshiruvchilar: Fe, P.

ГОСТ 859-79 bo'yicha quyidagi markali mis chiqariladi: katodli - MV<sub>4k</sub>; MOO<sub>k</sub>; MO<sub>ku</sub>; MO<sub>k</sub>; MI<sub>k</sub>; kislorodsiz - MOO<sub>b</sub>; MO<sub>b</sub>; MI<sub>b</sub>; katodli qayta eritilgan - MI<sub>u</sub>; qaytarilgan (raskislyonnaya) - MI<sub>r</sub>; M2<sub>i</sub>; M3<sub>i</sub>; M3.

# Aluminiy qotishmalar

## Deformatsiyalanadigan

Puxtalanmaydigan term. ishlash bilan

1. Yuqori plastik-ximik AMTs, AMg

Puxtalanadigan term. ishlash bilan

1. O'rtta puxtalik. D1, D16 2. Yuqori puxtalik B95, B96, BAd 23  
3. Issiqbardosh. AK4, D20, D21. 4. Plastikli: a) uy haroratida D18, B65 b) Yuqori haroratda AK, AK8. 5. Korroziyabardosh AD31, AD33

## Qizdirib pishirilgan

Puxtalanamaydigan term. ishlash bilan

1. Ussiqbardosh CAII-1 CAII-2.  
2. Past chiziq kirishish va yuqori plastiklik moduli bilan CAC-1, CAC-2

Puxtalanadigan term. ishlash bilan

1. O'rtta puxtalikdagi D16P.  
2. Yuqori puxtalikdagi B95P.  
3. Issiqbardosh AK4P.

## Kompozitsion

Puxtalanamaydigan term. ishlash bilan

1. Tolali BK-1.  
2. Despers mustahkamlangan SAP.  
3. Puxtalangan sim bilan

## Quyma

Puxtalanadigan term. ishlash bilan

1. O'rtta puxtalikdagi AL3, AL4, AL9.  
2. Yuqori puxtalikdagi AL27, AL32. 3. Issiqbardosh AL20 AL21

Qo'shimchalarning miqdoriga qarab: MOO (99,99%Cu), MO1 (99,95%Cu), M1 (99,9%Cu); M2 (99,7%Cu); M3 (99,5%Cu)

Mis qotishmalari kimyoviy tarkibiga qarab bo'linadi: **latun, bronza, mis-nikel qotishmalari**. Texnologik vazifasiga qarab deformatsiyalanadigan, quyma. Mexanik ishlashdan so'ng puxtalanishiga qarab: puxtalanadigan, termik ishlash bilan puxtalanmaydigan.

### 12.2.1. Latunlar

Mis qotishmasida rux (sink) asosiy legirlovchi (element) komponent – tashkil etuvchi bo'lsa, qotishma latun deb nomlanadi. Ikki komponentli va ko'p komponentli bo'ladi. Ikki komponentlilari L90 markalanadi: bunda 90% mis, qolgani rux hisoblanadi.

Ko'p komponentlisi: LANKMts 75-2-2,5-0,5-0,5 bu 75% Cu; 2% – Al; 2,5% – Ni; 0,5% – Si; 0,5% marganes; qolgani rux degani.

Amaliyotda tarkibida 45% gacha rux bo'lgan latunlar ishlatiladi.

Mexanik va texnologik xossalarini yaxshilash uchun Fe qo'shiladi. Qo'rg'oshin plastiklikni yomonlashtiradi. Fosfor qattiqlikni oshirib, plastiklikni ancha pasaytiradi. Al; Si; Mn ta'sir qilmaydi. Korroziyabardoshlikni oshirish uchun Al; Si; Mn; Ni qo'shiladi. Qalay qo'shilsa mexanik ishlash osonlashadi va ishqalanib yeyilishga qarshiligi ortadi, LO 90-1.

### 12.2.2. Bronzalar

Mis qotishmasida asosiy komponentlar qalay; Al; beriliy; Si; qo'rg'oshin bo'lsa, qotishma bronza deyiladi. Markalanishi: BR OF 6,5–0,15 da 6,5% – qalay, 0,15% – fosfor bor; qolgani mis.

Misning nikel va boshqa legirlovchi elementlar bilan qotishmalari bronzaning alohida turlari bo'lib, ularni melxior, neyzilber, kunial, kopelyam deb nomlashadi. Masalan, melxior MNJ Mts 30–1–1 da 29–33% Ni va Co; 0,5–1% – Mts; 0,5–1% – Fe bor, qolgani mis.

Bronzalar 2 turga bo'linadi: a) qalayli; b) maxsus-qalaysiz.

Qalayli bronzalar yuqori antifriksion — ishqalanib yeyilishga qarshiligi xususiyatiga ega, qizib ketishga befarq, sovuqqa chidamli, magnit emas. Kamchiligi quymada g'ovaklar hosil bo'lishiga moyilligi.

Fosfor bilan legirlansa, mexanik, texnologik va antifriksion xossalari ortadi. Qo'rg'oshin qo'shilsa, zichligi oshadi, antifriksionligi ortadi; qirqib ishlash osonlashadi; lekin mexanik xossalari yomonlashadi. Rux texnologik xossalarni yaxshilaydi, temir (0,09%) mexanik xossalarni yaxshilaydi.

Legirlash darajasi me'yoridan oshirib yuborilsa, korroziya-bardoshligi va texnologik xossalari birdaniga (rezko) pasayadi.

### 12.3. Titan va uning qotishmalari

Sanoatning, ayniqsa, aviatsiya va kosmik texnikasining rivojlanishi erish harorati yuqori bo'lgan materiallarga bo'lgan talabni oshirdi. qiyin eriydigan metallarning erish harorati 1539°C (toza temir erish) dan yuqori bo'ladi va bularga quyidagilar kiradi: titan, sirkoniy, gafniy, vanadiy, niobiy, tantal, xrom, molibden, reniy, osmiy, radiy.

Platina guruhidagi metallar ham qiyin eriydigan metallarga kiradi, lekin ular qabul qilingan qoidaga qarab nodir metallar guruhiga qo'shiladi.

Gafniy, radiy, osmiy, reniylar kam uchraydigan elementlarga qo'shiladi. Amalda ko'p ishlatiladigani volfram, molibden, tantal, titan, sirkoniy.

Erish haroratlari: W = 3400 °C; Re = 3180 °C; Ta = 2996 °C; Mo = 2625°C; Nb = 2500°C; Hb = 2222°C; Cr = 1910°C; V = 1900°C; Zr = 2860°C; Ti = 1725°C;

Qiyin eriydigan metallarning mexanik, elektrik, fizik xossalarning bir-biriga monand («optimal»)ligi ularning mashinasozlikda, ayniqsa samolyot va raketa qurishda ko'p ishlatilishiga sababdir.

Qiyin eriydigan metallarning mexanik xossalari ularning «primes»lardan (N<sub>2</sub>; O<sub>2</sub>; S) tozaligiga, termik va mexanik ishloviga bog'liq. N<sub>2</sub>; C; O<sub>2</sub>; H<sub>2</sub> lar volfram, tantal, molibden, niobiylarni mo'rtlashtiradi. Dastlab, plastik deformatsiyalab, so'ng bo'shatilsa mustahkamlik ortadi.

Qiyin eriydigan metallar — q.e.m. eng kerakli ekspluatatsion xossalari ularning ishlash harorati, termoemissiya tokining zichligi («плотность»), nisbiy elektroqarshiligi kiradi. Shuning uchun ular radio va elektron apparaturalarida ko'p ishlatiladi.

W-Mo, W-Cu, W-Ag larning elektroerroziya yeyilishiga qarshiligi katta, shuning uchun ular yuqori yuklangan («высоконагруженный») kontaktlarda ishlatiladi.

W ning erish harorati ancha yuqori — 3410°C. U qattiq qotishmalarni ishlab chiqarishda va po'latlarni legirlashda ishlatiladi.

Nb — atom texnikasida, elektrotexnikada, radioelektronikada, asbobsozlik va o'tga chidamli po'latlarni ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Ta — tashqi muhit ta'siriga chidamliligi nodir metallardan qolishmaydi. Shuning uchun u korroziya va yeyilishga chidamli qotishmalar olishda ishlatiladi.

Reniy — mexanik xossalari yuqori, elastik deformatsiyasi yuqori, korroziyabardosh. Reniyning molibden va nikel bilan qotishmasi yuqori haroratda ham yuqori puxtalikka ega.

Sirkoniy K.E.M lar ichida eng ko'p qo'llaniladigani.

Sababi — tabiatda yetarli tarqalganligi, korroziyabardoshligi, texnologikligi.

Uni tozalab «naklyop» — qilinsa, uning mexanik xossalari ortadi. K.E.M, asosan, kukun metallurgiyasi usuli bilan qayta ishlanadi.

Titan 1725°C da eriydi, 3000 °C da qaynaydi. Solishtirma og'irligi  $\gamma = 4,54 \text{ kg/sm}^3$ .

Ikki xil allotropik shaklga ega: 882°C dan yuqorida  $\beta$ -titan, pastda  $\alpha$ -titan holidi.  $\alpha$ -titanning kristall panjarasi geksagonal, atomlari zich joylashgan.  $\beta$ -titanning kristall panjarasi hajmi markazlashgan kub.

Titan 1791-yilda kashf etilgan. Yer po'stlog'idagi zaxirasi bo'yi-cha 4-o'rinda (Al, Fe, Mg dan keyin).

Titan yaxshi kesiladi, bolg'alanadi va prokatlanadi. Titanni prokatlab, tunuka, tasma va hatto zarlar («folga») — titan qog'ozini hosil qilish mumkin.

Titanning korroziyabardoshligi zanglamas po'latlardan ham yuqori. Titan atmosferada, chuchuk suvda, dengiz suvida, organik

kislotalarda, ba'zi anorganik kislotalarda, o'yuvchi ishqorlarda korroziyalanmaydi.

Titan havoda 400–600°C qizdirilganda uning sirti yupqa oksid plyonkasi bilan (parda bilan) qoplanadi, bu parda o'zi ostidagi qismini korroziyalanishdan saqlaydi. Yana qizdirilsa, kislorod eriy boshlaydi. Natijada titanning plastikligi pasayib ketadi. Titan xlorid, sulfat va ftorid kislotalar ta'siridagina korroziyalanadi.

Titan yuqoridagi xossalariga asosan kemalarning sirtini qoplashda va kimyo mashinasozligida ishlatiladi.

Titan aluminiydan ozroq og'ir (zichlik — «plotnost»: Al uchun  $\gamma = 2,7 \text{ g/sm}^3$ ; Ti uchun  $\gamma = 4,51 \text{ g/sm}^3$ ; Fe uchun  $\gamma = 7,68 \text{ g/sm}^3$ ). Lekin puxtaligi aluminiy puxtaligiga qaraganda 3 baravar ortiq. Shuning uchun titan samolyotsozlikda ko'p qo'llaniladi.

Titanning kamchiliklari ham bor: normal elastiklik moduli po'latnikidan ikki barobar kichik. Bu biki va ustuvor konstruksiyalar yaratishni qiyinlashtiradi. Yuqori haroratdagina emas, balki normal haroratda ham yeyiluvchanlik xossasi namoyon bo'ladi.

Titan markasi	G'ovak titandagi qo'shimchalar miqdori, % hisobida							Mexanik xossalari				
	Fe	Si	C	Cl <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	$\sigma_b$ kg/mm <sup>2</sup>	$\psi_s$ , %	$\delta$ , %	AnGm /sm <sup>2</sup>	HB
BT00	0,15	0,05	0,05	0,06	0,1	0,03	CC	38	36	64	C	115
BT0	0,15	0,05	0,05	0,06	0,1	0,03	0,01	46	28	50	10	145
BT1	0,01	0,1	0,06	0,08	0,2	0,05	0,03	53	24	42	5	165
BT2	0,3	0,1	0,06	0,1	0,2	0,06	0,02	60	20	35	5	185

Quyidagi jadvaldan ko'rinib turibiki, titan tarkibidagi qo'shimchalar miqdorining ortib borishi bilan uning qattiqligi, mustahkamligi ortib, plastikligi kamayib boradi.

BT1, BT2 markali texnikaviy titandan xivich (prutok), tunuka, tasma, pokovka kabi zagotovkalar tayyorlanadi.

Texnikaviy titan konstruksion material sifatida juda kam ishlatiladi, chunki mexanik xossalari yuqori emas.



Titan qotishmalari quyidagicha klassifikatsiya qilinadi:

1. Qayta ishlash texnologiyasiga qarab: quyma, deformatsiyalanadigan.

2. Mexanik xossalari qarang: me'yoriy puxtalikdagi, o'tga bardam, yuqori puxtalikdagi, plastikligi oshirilgan.

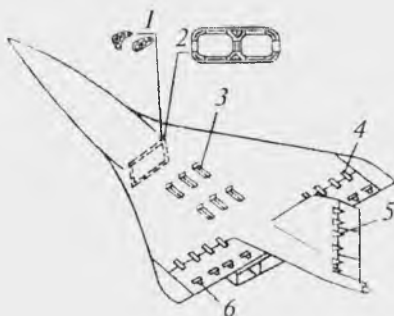
3. Termik ishlashga munosabatiga qarab: puxtalanadigan va puxtalanmaydigan.

4. Strukturasiga qarab:  $\alpha$ -;  $\alpha+\beta$ , va  $\beta$ -qotishmalar.

O'rta puxtalikdagi titan qotishmalari: BT5, OT4. Asosida Al (3–5%), Mn (1,5%).

Yuqori puxtalikdagi titan qotishmalari: BT14, BT15, BT16. Asosida Al(2,5–4%), Mo(3–7,5%). O'tga bardosh titan qotishmalari: BT3-1, BT8, BT9. Asosida Al(5,5–8%), Mo (1,5–3,5%).

Yuqori haroratda – 300–600 °C titan qotishmalari mustahkamligi Al, Mg qotishmalarinikidan bir necha barobar yuqori. Shuning uchun samolyot sozlikda keng qo'llaniladi. Tovushdan tezuchar samolyotlar obshivak-qoplamalari uchun, qaysiki  $M = 3-3,5$  da 450–500 °C qiziydi. Kuch elementlari uchun hani: lonjeron, nervyura, shpangout. Samolyotning magnit emas yoqilg'i baklari uchun ham ishlatiladi (12.2-rasm).



12.2-rasm. TY rusumidagi samolyotlarda titan qotishmalaridan tayyorlanadigan detallar:

- 1 – vozduozabornik boshqaruvchi kronshteyn (BT22);
- 2 – vozduozabornik shpangouti (OT4); 3 – qanotning o'rta qismi (СЧК) kuch (силовые) kronshteynlari (BT20);
- 4 – elevonni biriktiruvchi kronshteyn (BT20); 5 – boshqaruv rulini biriktiruvchi kronshteyn (OT4); 6 – nervyura dum qismi.

## 12.4. Magniy va uning qotishmalari

Magniy 650°C da suyuqlanadi, 1107°C da qaynaydi, zichligi — solishtirma og'irligi  $\gamma = 1,74 \text{ g/sm}^3$ . Solishtirma og'irligi texnika metallari ichida eng kichigi bo'lganligi aviatsiya uchun juda muhim.

Magniy kimyoviy bardoshligi past, tez oksidlanadi, havoda critilsa yonib ketadi, kislota va dengiz suvida yemiriladi. Lekin, ishqorga nisbatan chidamli.

**Magniy qotishmalari.** Magniy qotishmalari aluminiy, rux yoki marganes qo'shib suyuqlantirish yo'li bilan olinadi. Termik ishlash magniy qotishmalari mexanik xossalriga kam ta'sir qiladi. Shuning uchun buning ahamiyati katta emas.

Magniy qotishmalariga foizning yuzdan bir ulushida sirkoniy va beriliy ham qo'shiladi. Sirkoniy qo'shishdan maqsad magniy qotishmalarining donalarini maydalash. Berilliy qo'shishdan maqsad qotishmalarining quyish vaqtida alanganib ketishiga moyilligini pasaytirish.

Magniy qotishmalari: a) quyma uchun ishlatiladigan qotishmalar va b) deformatsiyalanadigan qotishmalarga bo'linadi.

1. Quyma qotishmalar: МЛ1; МЛ2; МЛ3; МЛ; МЛ5; МЛ6; М — magniy, raqamlar tartib nomeri.

2. Deformatsiyalanadigan qotishmalar: MA2, MA3, MA5, MA8, MA9.

### 12.4.1. Quyma magniy qotishmalari

**Quyma magniy qotishmalari** samolyotsozlikda ko'proq ishlatilmoqda. Magniy qotishmalarining eng katta afzalligi ularning eng kichik zichligi — solishtirma og'irligi. Kamchiligi: past korroziya-bardoshligi, elastik modulining kichikligi. Quyma aluminiy va magniy qotishmalarining mexanik xossalari orasida farq kam. Shuning uchun samolyotsozlikda quyma aluminiy qotishmalarini quyma magniy qotishmalari bilan almashtirish foydali.

МЛ2, МЛ4, МЛ5, МЛ10, МЛ12 — yuqori korroziyabardosh qotishmalar. МЛ2 da 1,4% Mn bor. Bu payvandlanadi. Shuning uchun bu yuqori «гермитичность» talab qilgan. lekin yuklanmagan (ненагруженный) detallar uchun ishlatiladi.

MJ13, MJ17-1 – oʻrta puxtalikdagi qotishmalar. Tarkibida Al, Zn, Mn bor: hammasi 5–7% ichida. Termik ishlashda puxtalanmaydi.

MJ14, MJ1, MJ6 – yuqori puxtalikdagi qotishmalar:  $Al+Zn+Mn = 8,5-10,9\%$ . Bular uzoq vaqt ishlaydigan detallar uchun qoʻllaniladi: lekin, ishlash harorati  $150^{\circ}C$  dan oshmasligi kerak.

Oʻtga chidamli qotishmalar: MJ10 ( $250^{\circ}C$ ); MJ11 ( $250^{\circ}C$ ); MJ14 ( $350-370^{\circ}C$ ). Tarkibida: kalsiy, seriy, sirkoniy, neobiy (Nd), toriy, Zn.

#### 12.4.2. Deformatsiyalanadigan magniy qotishmalari

Asosan, shtampovka shaklida ishlatiladi. Kamroq listlar, truba, profil shaklida boʻladi.

Bolgʻalash va shtamplash  $300-400^{\circ}C$  da bajariladi; past haroratda darz ketadi. Qizdirib bosim ishlash puxtaligini va plastikligini oshiradi.

MA1; MA8; MA9 – yuqori korroziyabardosh qotishmalar: MA1 – bak armaturasi uchun, MA8 – eleron, zakrilka obshivkasi uchun.

MA2; MA2-1 oʻrta puxtalikka ega. Bolgʻalangan va shtamplangan murakkab shakldagi detallar uchun ishlatiladi: «pikirovaniye» tormozlari, «kapot» jalyuzalari, «krilchatka»lar. Termik ishlanmaydi.

BM17; BM65-1 – yuqori puxtalikdagi qotishmalar. Kuch ostida ishlaydigan detallar yasaladi: aviadvigatel krilchatkalari.

**Oʻtga bardosh qotishmalar:** MA11 ( $250-300^{\circ}C$ ); MA ( $350-400^{\circ}C$ ); BM11 ( $350-400^{\circ}C$ ).

#### 12.5. Oʻta yengil qotishmalar

**Aluminiy** bilan litiy (Al-Li) qotishmasi yuqori nisbiy mustahkamlik va elastiklik moduliga ega, shuning uchun samolyot ogʻirligini birdaniga pasaytirish mumkin. Shu bilan samolyotning tannarxi arzonlashadi.

**Li**tiy bilan legirlanganda aluminiy qotishmasining zichligi – solishma og'irligini pasaytiradi: Li ning har xil foizi Li qotishmasi zichlikni 3% ga kamaytiradi; elastiklik modulini esa 6% ga ko'paytiradi.

Al-Li qotishmalarining zichligi  $\rho = 2540\text{--}2560 \text{ kg/m}^3$  ga teng. Li ning zichligi  $\rho = 530 \text{ kg/m}^3$ , bu eng yengil metallidir.

Ko'p tarqalgan Al-Li qotishmasi an'anaviy aluminiy qotishmalariga nisbatan 10% yengil va 10% ga ko'proq bikrlikka ega.

Al-Li qotishmasining tannarxi an'anaviy Al qotishmalarinikidan 2,5 baravar yuqori. Shunga qaramay hozirgi samolyotlarda Al-Li qotishmasi boshqa Al qotishmalarini siqib chiqaryapti. Kompozitsion materiallarni ham almashtirmoqda.

**Al-Li qotishmasi kelajagi porloq qotishma.** Bu yuqori ishlatish (ekspluatatsion) xarakteristikaga ega. Yoqilgini iqtisod qiladi. Samolyotda qo'llanishi unga bikrligini an'anaviy Al qotishmalarinikiga nisbatan 10% ga oshiradi; samolyot konstruksiyasi og'irligini 15% ga kamaytiradi. Al-Li ning qo'llanishi uchun alohida stanok, kesgich va h.k. larning keragi yo'q; eskisida ishlanaveradi.

Al-Li qotishmalari birinchi marta bundan 30 yil oldin Al-Cu-Li tizimida xorijda (qotishma 2020) markasi bilan qo'llanilgan. Bu qotishmalarda Li miqdori 1,1% ni tashkil etgan va Al qotishmalariga nisbatan yuqori mustahkamlik va bikrlikka ega. Lekin, mustahkamlik xarakteristikasi yetarli emas, yoki uyushqoqligi va plastikligi past.

Hozirda Al-Li-Cu-Mg tizimidagi qotishma olinib, tatbiq qilina boshlandi. Bunda Li miqdori 3% ni tashkil qiladi. Bunday qotishma zichlikni 10% ga ko'paytiradi. Mexanik xossalari o'rta va yuqori puxtalikdagi aluminiy qotishmalarinikidan qolishmaydi. Yuqori korroziyabardosh.

Hozirgi vaqtda Fl-Li qotishmasi quyish usuli bilan olinadi. Li aluminiyda eritiladi va quyma olinadi. Bu usulda Li miqdori 3% dan oshmaydi.

Bundan ortiq miqdorda Li erimaydi. Li miqdorini yanada oshirish, shu bilan zichlikni solishtirish va og'irlikni yanada kamaytirish uchun hozirda faqat kukun metallurgiyasi asosida olish mumkin. Kukun metallurgiyasi usuli yuqori maydalikdagi zarrali yangi kimyoviy tartibli qotishma olishning imkonini beradi. Bunday

qotishmalarda legirolovchi elementlar bir tekisda tarqaladi va shu bilan mustahkamlik hamda uyushqoqliklar orasida mo'tadil («optimal») nisbatni olish mumkin.

Kukun metallurgiyasi asosida olingan Al-Li qotishmasida Li miqdori 5% ni beradi. Bunda solishtirma og'irlik 14% ga kamayadi va yuqori mutahkamlik, korroziyon turg'unlik hamda 250°C gacha haroratda ishlash qobiliyatlari ta'minlanadi.

Tovushdan tezuchar uchish apparatlar texnikasi Al-Li qotishmalarining ishlab chiqarish bilan bog'langan.

Al-Li qotishmasiga sirkoniy qo'shilsa, zarralar maydalanib, korroziyaga bardoshlik ko'tariladi. Marganes ham shunday ta'sir qiladi, lekin kamroq. Marganes solidus haroratni pasaytiradi. Kremniy oquvchanlik chegarasini kattalashtiradi, mo'rtlanishiga moyilligini kamaytiradi.

Qotishma 01420 aluminiy qotishmalari ichida eng yengillizichligi  $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ ; tarkibida Li = 0,1–2,0%. Elastik moduli –76000 MPa. (D16 niki 72000 MPa). D16ning o'rniga qotishma 01420ning qo'llanishi samolyot konstruksiyasi og'irligini 13–20% gacha pasaytiradi.

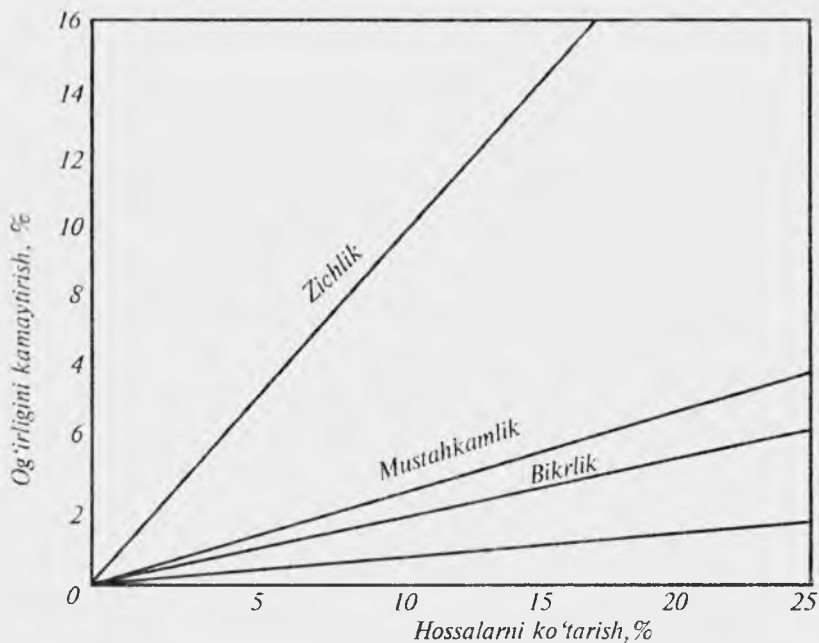
Qotishma 450°C da 01420 toblanadi. Suvda yoki havoda sovitiladi. Sun'iy eskirtiriladi – chiniqtiriladi. («старание») 120°C haroratda 12 soat vaqt ichida havoda sovitilganda yuqori korroziyaga turg'unlik ta'minlaydi, suvda toblansa, yuqori plastiklik xossalarga erishiladi.

Keyingi izlanishlar Al-Li qotishmasining buzilish («разрушение») uyushqoqligini oshirish bilan bog'liq. Al-Li-Cu-Mg tizimini o'rganish mustahkamlik va uyushqoqlikning mo'tadilmasligini ta'minlovchi qotishmani topishga olib keldi.

Hozirgi vaqtda Al-Li qotishmalari uyushqoqligini oshirishning asosiy usullari bu legirlash, termomexanik ishlash va kukun metallurgiyasi usullarini qo'llab, donalarni – zarralarni maydalahdir.

Quyidagi rasmda material xossalarning samolyot og'irligi-massasi kamayishi darajasi ko'rsatilgan.

Ko'rinib turibdiki, samolyot og'irligini kamaytiruvchi omillar ichida material zichligi – solishtirma og'irligi hal qiluvchi rol egallagan.



Quyidagi jadvalda keng tarqalgan Al-Li qotishmasining kimyoviy tarkibi berilgan. Bularda zichlik kamayishi va bikrlik ortishi an'anaviy deformatsiyadanigan aluminiy qotishmalariga nisbatan qo'lga kiritilgan.

Qotishma markasi, davlat	Cu	Li	Mg	Mn	Cd	Zr	$\sigma$ , %	+E, %
01420 (2000)		2,0	5,0	5,0			10,5	7,0
2020 (AQSH)	4,5	1,1		0,5	0,2		3,0	8,0
DTD XXXA (Angliya)	1,2	2,5	0,7			0,12	9,5	10,0

### 12.5.1. Qotishmaning texnologiyasi

Al-Li qotishmasi issiq holatda yaxshi deformatsiyanadi. Shuning uchun list prokatlash oson amalga oshiriladi, yuqori puxtalikdagi aluminiy qotishmalariga nisbatan Al-Li qotishma sovuq holda deformatsiyalanganda tez puxtalanadi, ya'ni yuqori darajada puxtalansa, mo'rtlanishga moyilligi paydo bo'ladi.

Bu qotishma yaxshi presslanadi, shtamplanadi va qirqib ishlanadi. Olish usuli, ya'ni uni olish texnologiyasi an'anaviy aluminiy olish texnologiyasidan kam farq qiladi.

Quyidagi jadvalda Al-Li va ba'zi aluminiy qotishmalarining nisbatan xossalari berilgan.

Qotishma markasi	g, kg/m	E, GPa	$\sigma$ , MPa	$\sigma$ , MPa	$\delta$ , %	$\sigma/\gamma$	$\sigma/\gamma$
D16	2780	72,66	430	290	10	10,3	15,3
B95	2800	72	480	420	7	14,3	17,1
BAD23	2720	77,25	520	380	4	13,9	19,1
01420	2500	76,0	520	260	6	10,4	16,8

Al-Li qotishmasining elastiklik modulining musbat ta'siri qotishmaning nisbiy bikrligini oshiradi. Bu esa charchash natijasida darz ketish tezligini pasaytiradi.

Al-Li qotishmasidan yasaladigan detallarning ko'pchiligi quyma olish usulida, albatta maxsus moslamada qotishmani vodoroddan saqlab olinmoqda.

Kukunli Al-Li qotishmalarining qo'llanilishi ularning kimyoviy tarkib diapazonini kengaytiradi, strukturasi yaxshilaydi, demak, mexanik xossalari yaxshilaydi va texnologik jarayon murakabligini pasaytiradi.

Shubhasiz Al-Li qotishmasi samolyotlarni loyihalashga, ishlab chiqarishga va ekspluatatsiya-iqtisod ko'rsatkichlariga ancha ta'sir qiladi.

## **Nazorat savollari**

1. Qanday metallar yengil deb hisoblanadi?
2. Aluminiy qotishmalari markirovkasining o'ziga xosligi nimada?
3. AK-4; AK-4-1 qanday qotishmalar?
4. CAII nima? Qanday olinadi?
5. 1160 nimani bildiradi?
6. Misning asosiy qanday qotishmalarini bilasiz?
7. Titan xossalari qo'shimchalarning ta'siri qanday?
8. Titan bosim ostida ishlashi mumkinmi?
9. Titan nega zanglamaydi?
10. Magniy va aluminiy qotishmalari orasidagi farq nimada?
11. ML4 qanday qotishma?
12. Al-Li tizimining asosiy xossalari nimada?
13. Al-Li tizimida Li miqdori qancha bo'lishi mumkin? Nega?
14. Li miqdorini qotishma tarkibida qanday oshirish mumkin?



---

## 13-bob. POLIMERLAR

Hozirgi zamon texnika va texnologiyasini yaratishda metallar mashinasozlikning nisbiy puxtalikka, korroziyabardoshlikka, texnologiklikka qoʻygan baʼzi talabalarga javob bermay qoʻydi. Bundan tashqari, anʼanaviy mashinasozlik materiallarining zaxiralari borgan sari kamayib, ularni olish qimmatlashmoqda.

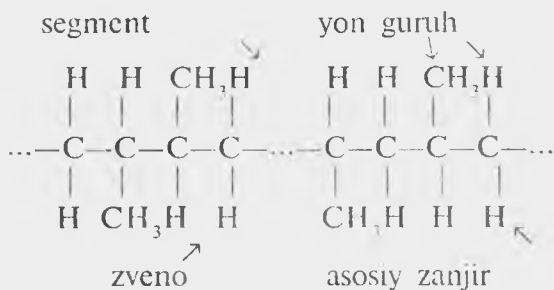
Shuning uchun kerakli xususiyatli yangi materiallarni oʻylab topish lozim boʻlib qoldi. Bu muammoni hal qilishda sintetik, tabiiy va sunʼiy bogʻlovchilar asosida yangi materiallarni olish alohida oʻrin tutadi. Keng tarqalgan va istiqbolli materiallar qatorida plastik massalar, rezina, yogʻochli plastiklar, keramik materiallar va boshqalar bor.

Bular orasida har xil matritsalar asosidagi kompozitsion materiallar alohida oʻrin tutadi. Kompozitsion materiallar oʻz ichiga olgan materiallar xossasini qaytaribgina qolmay hech qaysi tashkil etuvchiga toʻgʻri kelmaydigan xususiyatlariga ega. Kompozitsion materiallarni ishlab chiqarishni birdaniga koʻpayib ketganligining sababi ham shunda.

### 13.1. Polimerlar strukturasi va klassifikatsiyasi

Yuqori molekular birikmalar juda koʻp past malekular birikmalaridan tuzilib, oʻzaro asosiy valentlik bogʻlanish kuchlari bilan bogʻlangan. Katta molekularlari (makromolekulalar) bir xil strukturali zvenolardan tuzilgan birikmalar *polimerlar* deb ataladi. Bunday molekularlarning massasi 500 dan i 000000 gachani tashkil etadi.

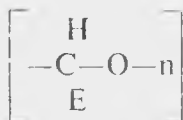
Polimerlar molekularlarida *asosiy zanjir* mavjud. Bular juda koʻp sonli atomlardan qurilgan. Yon (biqin) zanjir esa ancha qisqa. Chizigʻiy makromolekula qurilish sxemasi quyida berilgan.



### Chizig'iy makromolekulalar qurilish sxemasi

Yon (biqin) zanjir vodorod atomini urnini kimyoviy radiqoplar ( $-\text{SH}_3$ ;  $-\text{S}_2\text{H}$ ;  $-\text{C}_6\text{H}_5$ ) yoki funksional guruhlar ( $-\text{SOOH}$ ;  $-\text{OH}$ ;  $-\text{NH}_2$ ) olishi mumkin.

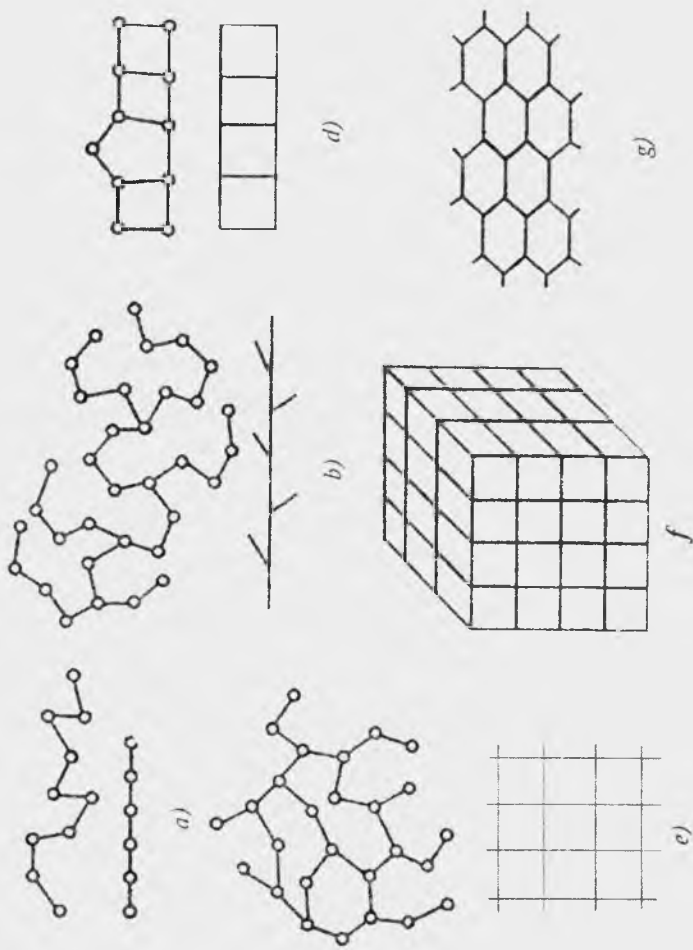
Agar polimerlarning asosiy zanjirlari bir xil atomlardan tashkil topgan bo'lsa, u **gomozanjirli polimer** deb ataladi. Agar uglerod atomlaridan tuzilgan bo'lsa, **karbozanjirli polimer** deyiladi. Har xil atomlardan tashkil topgan bo'lsa, **geterozanjirli polimer** deyiladi. Masalan: poliformaldegid. Buning asosiy zanjirida kislorod geteroatomi bor:



Makromolekulalarining shakliga qarab polimerlar quyidagi xillarga bo'linadi (13.1-rasm).

- a) chizig'iy;
- b) shoxobchali;
- d) pog'onali;
- e) setkasimon;
- f) fazoviy;
- g) parketli.

Chizig'iy makromolekulalarning uzunligi ko'ndalang kesim yuzasiga nisbatan bir necha ming marta katta Qizdirilganda yumshaydi, sovitilsa qotadi. Qayta qizdirish natijasida qayta yumshaydi. Masalan, poliamid, polietilen.



13.1-rasm. Polymerlar makromolekularining shakllari:  
 a – chizig'iy; b – shoxobchali; d – pog'onali; e – to'rtli;  
 f – fazoviy; g – parketli

To'qilgan shakllar (pog'onali, to'rsimon, fazoviy) ancha mustahkam, erituvchilarda uncha erimaydigan, yumshamaydigan polimerlarga mansub.

To'qilgan uch o'lchamli shaklli makromolekulali polimerlar mo'rtligi va tashqi kuchlarga yuqori turg'unligi (yumshamaydi, shishmaydi) bilan xarakterli.

Qutblanishiga qarab:

a) qutbli;

b) qutbsiz polimerlarga bo'linadi.

Qutbsiz polimerlarning makromolekularida har xil zaryadlarning og'irlik markazi bir-biriga to'g'ri keladi.

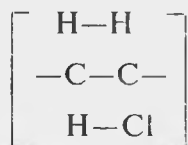
Qutbli polimerlar makromolekularida elektronlarning og'irlik markazi ko'proq elektromanfiy atom tomoniga surilgan bo'ladi va har xil nomli zaryadlarning og'irlik markazlari bir-biriga to'g'ri kelmaydi.

Qutbsiz polimerlarning funksional guruhlari simmetrik joylashgan va atomlarning dipol momenti bog'lanishlari o'zaro yeyiladi.



polietilen ftoroplast-4

Qutbli polimerlarning molekularida gruppirovkalarining qutbli bog'liqligi ( $-\text{Cl} : -\text{F} : -\text{OH}$ ) mavjud.



Faza holatiga qarab polimerlar:

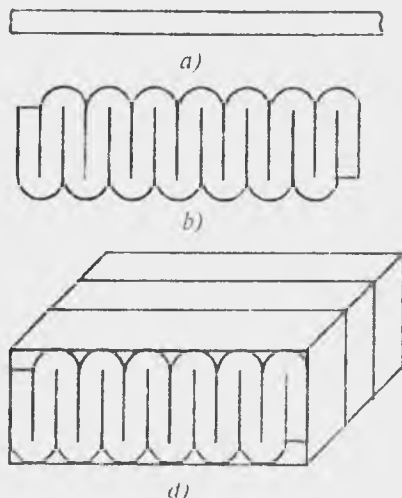
a) amorf;

b) kristallik turlarga bo'linadi.

Amorf polimerlar zanjirli makromolekular pachkasidan iborat. Pachka juda ko'p makromolekular qatoridan iborat, bunda bir-

biriga ketma-ket joylashgan. Pachkalar strukturaning qo'shim elementlariga nisbatan harakatlanishiga qobiliyat.

Kristallanuvchi polimerlar makromolekulalari muntazam strukturaga ega va yetarli egiluvchanligi bilan ajralib turadi. Kristallarning fazoviy panjaralarining tug'ilishi va tashkil etilishi pachka ichidagi qayta qurilishdan boshlanadi. Egiluvchan pachkalar (a) bir necha marta 1800 ga aylanib tasmaga (b) aylanadi (13.2-rasm).



13.2-rasm. Plastinani (a) tasmadan (b) to'g'rilangan (d) orqali hosil bo'lish sxemasi

Tasmalar o'z navbatida bir-biriga tekis tomoni bilan birlashib, plastinkalarini (b) hosil qiladi. Plastinkalar birlashib, kristallni hosil qiladi.

Polimer kristallari to'g'ridan to'g'ri eritmadan ham hosil bo'lishi mumkin (sovutish jarayonida). Bunda amorf struktura saqlanadi. Bu oynasimon holat turg'un, chunki issiqlik harakati kamaygan bo'ladi.

Kelib chiqishiga qarab polimerlar quyidagi guruhlariga bo'linadi: **sintetik** va **sun'iy**. Tabiiy polimerlarning tipik vakillari oddiy mahsulotlarni sintez qilib, murakkablashtirib olinadi. Sun'iy polimerlar — tabiiy polimerlarni (masalan sellulozani) qayta ishlab modifikatsiya qilib, (sellulozani) nitrosellulozaga aylantirish, makro-

molekulalarni kimyoviy tarkibiga qarab, quyidagi guruhlariga bo'linadi: organik, noorganik va element-organik.

Organik polimerlarga shunday birikmalar kiradiki, ularning molekulalari o'z ichiga uglerod, vodorod, kislorod, azot, oltingugurt atomlarini oladi.

Element – organik polimerlarning asosiy molekular zanjiri uglerod va geteroatomlaridan iborat.

Noorganik polimerlar shunday birikmalarining makromolekulalar tarkibida uglerod atomi yo'q.

Polimer zanjirlari qurilish xarakteriga qarab polimer chiziqli, shoxobchali va to'qilgan (to'rsimon) guruhlariga bo'linadi. Chiziqli polimerlar uzun shoxlanmagan molekulalar zanjiridan tarkib topgan. Bular da bir xil yoki bir xil emas atomlar gruppiprovkalari (zvenolari) bor (13.2-rasmga qarang).

Shoxobchali polimerlar makromolekulalarida asosiy va yon (biqin) molekular zanjiri bor. To'rsimon polimerlarning makromolekulalari kimyoviy bog'langan va fazoviy struktura hosil qiladi.

Elementar bir xil o'lchamli zvenolar zanjirda muntazam ma'lum davr bilan yoki betartib (statik) joylashishi mumkin. Bu ko'rsatkichga qarab, polimerlar muntazam va betartib guruhlariga klassifikatsiya qilinadi.

Asosiy zanjirning kimyoviy qurilishiga qarab:

a) gomozanjirli

b) geterozanjirli polimerlar mavjud.

Gomozanjirlar polimerlarning makromolekulalari asosiy zanjir tarkibida bir xil atomlar bo'ladi: uglerod, kremniy, oltingugurt, fosfor va boshqa atomlar.

Bu guruhning xarakterli vakili karbosepli polimer. Buning molekulasining asosiy zanjirida uglerod atomi yotadi.

Geterozanjirli polimer makromolekulalarining asosiy zanjiriga har xil atomlar kiradi.

Haroratning ta'siriga qarab polimerlar termoreaktiv va termoplastik guruhlariga bo'linadi. Termoreaktiv polimerlar ma'lum haroratda suyuqlanmaydigan va erimaydigan holatga kelib qoladi. Termoplast polimerlar esa qizdirish natijasida ko'p marta erish xususiyatiga ega.

## 13.2. Polimerlarning xususiyatlari

Polimer materiallari faqat 2 agregat holatida bo'ladi: qattiq va suyuq. Bundan tashqari, polimer materiallari 4 xil fizik holatda bo'lishi mumkin: kristallsimon, oynasimon (стеклообразные), yuqori elastik (qattiq faza) va vyazkiy tekuchiy (suyuq faza).

Polimer eritmasini qattiq agregat holatga o'tishini 2 xil mexanizmi bo'lishi mumkin: kristallanish va oynalanish. Polimerlarning kristallanishi. Polimer kristallari ma'lum haroratlarda ( $T_{kr}$ ) sodir bo'ladi. Agar polimer sovish natijasida qattiq holatiga o'tish belgilari paydo bo'lsa, uning oynalanishi paydo bo'ladi. qaysiki orqaga qaytish bilan xarakterlanadi: ma'lum harorat intervalida  $10-200^{\circ}\text{C}$  da polimer oynasimon holatdan eritma holatiga o'tishi mumkin.

Bu harorat intervalining o'rtasi polimerning oynalanish harorati ( $T_0$ ) deyiladi.

Kristallik (va kristallanuvchi polimer ) degan tushunchalar bor. Agar kristallanuvchi polimerlar katta tezlikda sovitilsa u oynasimon holatga o'tishi mumkin.

$T_0$  haroratidan pastda polimer makromolekulalarning segmentlarini harakatlanuvchanligi kamayadi, mo'rtlik ( $T_{mo'rt}$ ) haroratida esa polimer mo'rt materialdek sinadi.  $T_0$  haroratda yuqori segmentlar harakatlanuvchanligi ortadi.

## 13.3. Polimerlarning fizik xossalari

1. *Zichlik.* Polimerlarning zichligi kam. Masalan, eng ko'p tarqalgan organik polimerlar smola, plastmassalar hamda grafitning zichligi  $900-2400 \text{ kg/m}^3$  ga teng. G'ovakli materiallarning zichligi bundan kam: penoplast, penorezina, penooyuna  $20-900 \text{ kg/m}^3$  gacha.

2. *Suvni yutish qancha kam bo'lsa, shuncha yaxshi,* chunki polimerlarning mexanik, teplofizik, dielektrik xossalari yomonlashadi. Bundan tashqari, yonidagi qo'shni metallarning zanglashiga olib keladi. Polietelen, ftorlon, polistrollar eng ko'p tarqalgan suv yutmaydigan, nam va suvga bardosh polimerlar hisoblanadi.

3. *Gaz o'tkazuvchanligi.* Bu polimerlarning yuzalari orasidagi harorat yoki bosim farqi bor sharoitida polimer membranalarining gaz o'tkazishi qobiliyatidir. Bu xususiyat membrananing kimyoviy tarkibi va strukturasi hamda gazning holati va haroratiga bog'liq. Bu xususiyat kauchuksimon polimerlarga xos. Organik oynada kristallik va strukturalangan polimerlarda bu xususiyat juda past.

Polimerlarga plastifikatorlarning qo'shilishi gaz o'tkazish qobiliyatini oshiradi, chunki molekulalar orasidagi o'zaro ta'siri kamayadi va molekulalarning harakatlanib egiluvchanligi ortadi.

Mineral to'lg'izuvchilar qo'shilsa (20% gacha), gaz o'tkazuvchanligi pasayadi.

Gaz o'tkazuvchanlik qoplama polimerlarning himoya qilishi quyidagi jadvalda ba'zi polimerlarning gaz o'tkazuvchanlik qobiliyati berilgan (20°C haroratda).

№		N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
	Kauchuk:			
1.	Izoprentli	57	54	375
2.	Butadiyent nitrilliy (SKN-18)	7	26	88
3.	Polietilen	0,5	25	57
4.	Polistrol	3	13	67
5.	Polikarbonat	2,2	14	102
6.	Poliamid-6	0,08	0,2	7

### 13.4. Polimerlarning teplofizik xossalari

**1. Issiqbardoshlilik.** Bu polimerning kuch ostida xavfli deformatsiyasiz ishlaydigan eng yuqori harorati. Bu uning kimyoviy tarkibi va molekula qurilishiga bog'liq.

Umuman ko'pchilik organik polimerlarning issiqbardoshligi yuqori emas. Noorganik to'ldiruvchilar (asbest, shisha tolalar, kvarts qumi va h.k.lar) qo'shilsa polimerlarning issiqbardoshligi ortadi. Lekin baribir organik polimerlarning issiqbardoshligi 300–500°C dan ortiq emas.



Ba'zi hollarda polimerlarni (plastmassa, rezina) qisqa muddatli yuqori harorat ( $2000-3000^{\circ}\text{C}$ )da ishlatish mumkin.

Masalan, asosiy konstruksiyani qisqa vaqt ichida qizib ketishdan, chunki polimer qisqa vaqt ichida uni yuqori haroratdan asray oladi. Polimerning issiq o'tkazishi past bo'lgani uchun.

**2. Issiqlik o'tkazish qobiliyati.** Polimerlarning issiq o'tkazish qobiliyati har xil. Lekin metallarnikidan juda ham kichik. Polimerlarning issiqlik o'tkazish qobiliyati ularning zichligi, kimyoviy tarkibi, qurilishi va h.k.larga bog'liq.

Quyida ba'zi plastmassa va metall emas materiallar  $20^{\circ}\text{C}$  haroratdagi issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti berilgan:

- 1) penoplast –  $0,020-0,09 \text{ W (m}\cdot\text{K)}$ ;
- 2) penorezina –  $0,03-0,09 \text{ W (m}\cdot\text{K)}$ ;
- 3) sotoplast –  $0,04-0,07 \text{ W (m}\cdot\text{K)}$ ;
- 4) oyna –  $0,4-1,30 \text{ W (m}\cdot\text{K)}$ ;
- 5) penooyna –  $0,06-0,1 \text{ W (m}\cdot\text{K)}$ ;
- 6) polistrol –  $0,10 \text{ W (m}\cdot\text{K)}$ ;
- 7) ftorlona –  $4-0,25 \text{ W (m}\cdot\text{K)}$ ;
- 8) plastmassa noorganik to'ldiruvchilar bilan  $0,2...0.6 \text{ (m}\cdot\text{K)}$ ;
- 9) farfora –  $1,2...4 \text{ (m}\cdot\text{K)}$ .

Issiqlik o'tkazishi kichik bo'lgan materiallar issiq izolatsiya materiali sifatida ishlatiladi.

**3. Harorat o'tkazuvchanlik.** Bu ham metallarnikiga nisbatan ancha kam. Polimerlarning issiqlik o'tkazuvchanlik va harorat o'tkazuvchanligini hamda ular tarkibiga grafit va metall kukunini qo'shish bilan oshirish mumkin.

**4. Sovuqbardoshlik.** Bu polimerning yaxshi xususiyatlarini (germetikligini, egiluvchanlik va h.k.) va elastikligini past haroratlarda saqlash qobiliyati. Kauchuk va rezina haroratda ( $-40...-60^{\circ}\text{C}$ ) o'zining yuqori elastikligini yo'qotadi va oynasimon holatiga keladi.

Smola va plastmassalar past haroratda ( $-30...-100^{\circ}\text{C}$ ) mo'rt holatga aylanadi. Yana polimerlarning har xil nurlarga qarshilik ko'rsatish, oksidlanish, atmosfera havosiga chidamlik xossalari ham bor.

### 13.5. Polimerlarning termomexanik xossalari

Polimerlar qizdirish davrida o'zlarini har xil tutadilar. *Chizig'iy va shoxobchali* makromolekulali polimerlar qizdirish natijasida yumshaydi, sovutilganda qotadi. Qayta qizdirilganda yana qaytib yumshaydilar. Bunday polimerlar *termoplastlar* deyiladi. Termoplastlarning mustahkamligi ancha past 1–10 MPa. Bu molekulararo kuchlarning kichkinaligidir.

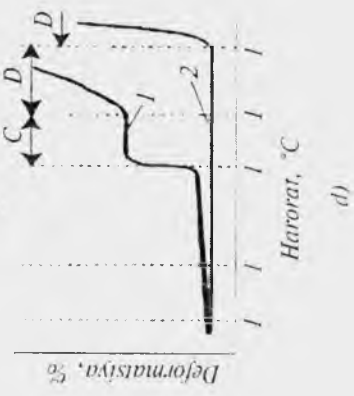
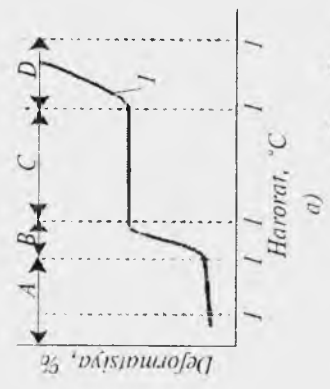
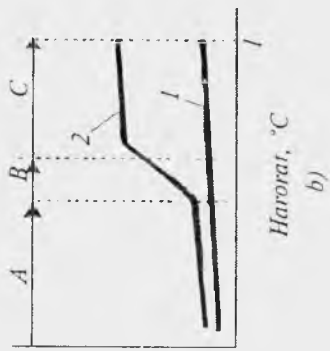
Bunday polimerlarning strukturasi amorf, qisman kristallik va kristallik bo'lishi mumkin. Termoplastdan yasalgan mahsulotlarni qayta ishlash mumkin.

**Termoreaktiv** polimerlar dastlabki strukturasi chizig'iy bo'laturib, qizdirilganda yumshab, kimyoviy reaksiyalar natijasida sovutilganda qotib, fazoviy struktura hosil qiladi. Termoreaktiv polimerlardan yasalgan mahsulotlar qizdirilganda yumshamaydi va qayta ishlab bo'lmaydi.

Polimerlarning fizikaviy yoki fazoviy holatlari orasidagi farqlari ularning kinetik grafiklarida ko'rinadi. Kinetik grafik polimerning doimiy kuch ostida qizdirilgandagi deformatsiya kattaligi bilan o'lchanadi. Grafikda uchta uchastkani ajratish mumkin, bular polimerlarning uch xil fizikaviy holatiga to'g'ri keladi.

«A» zonasida polimer, polimer qattiq amorf oynasimon holatida bo'ladi. Polimerning atom va molekulari, oynalanish haroratidan ( $T_g$ ) past haroratda o'zlarining teng og'irlik holatlari yaqinida issiqlik tebranish harakatlarini qiladilar. Mo'rtlik haroratidan ( $T_m$ ) past haroratda polimer mo'rtlashadi va uni uzilishi (buzilishi) makromolekulalardagi kimyoviy bog'lanishlarning uzilishi bilan bog'liq.

Polimer haroratini  $t_n$  dan ortishi bilan atomlarning issiqlik tebranish chastotasini oshiradi va ba'zi makromolekulalar segmentlarini siljitadi, makromolekulalarning buralgan uchastkalari to'g'rilanadi. Makromolekulalar kuchlanish qo'yilgan yo'nalish bo'yicha to'g'rilanadi. Polimer elastik deformatsiyanadi. Yuklama kuch olib tashlangach, polimer molekular kuchlar ta'sirida o'zining oldingi shakliga qaytadi. Oquvchanlik harorati ( $T_f$ ) yaqinida plastik deformatsiya ham mumkin.  $T_f$  haroratidan yuqorida material yelimshak oquvchan holatga o'tadi. Makromolekulalarning ba'zi zvenolari (segmentlari) asta o'chiriladi va ko'pchilik makromole-



**13.3-rasm. Termomechanik grafiklar:**

a – kristallanmaydigan chizig'iy polimer; b – kristallanadigan polimer kristallik tarkibining har xil erish harorati bilan ( $t_c < t_{pl} < t_m$ ;  $2 - t_{pl} > t_m$ );  
 d – to'rtli polimerlar: 1 – to'rtli; 2 – kam to'rtli

kulalar harakat oladilar. Polimer yelimshak oquvchi holatga o'tadi. Mana shu holatda polimer mahsulotga aylantiriladi.

Polimerning termomexanik grafigi ko'rinishi ularning kristalligi, kristallanish harorati va makromolekulalarning tuqilganiga bog'liq.

Strukturasida kristallik tashkil etuvchilari mavjud polimerlar o'z qattqliklarini  $T_{pl}$  haroratgacha saqlaydi. (13.3-b rasm). Bu holda polimerning S zonasi qisilgan, agar  $t_s < t_{pl} < t_c$  bo'lsa. Agar polimerda  $t_{pl} > t_c$  bo'lsa (13.3-rasmda, «2» chizig'i), C zonasi umuman yo'q: qattiq holatdan yelimshak oquvchan holatga o'tadi.

To'rtsimon strukturali polimerlarning termomexanik chiziqlari na C zonasiga, na D zonasiga ega. (13.3-d rasm). Bunda yelimshak o'quvchi holatga o'tmasdan issiqlik buzilish («destruksiya») bo'ladi ( $t_d$ ). Kam to'rtli polimerlarda ba'zan yuqori holat bo'ladi (13.3-rasmda, «2» chizig'i).

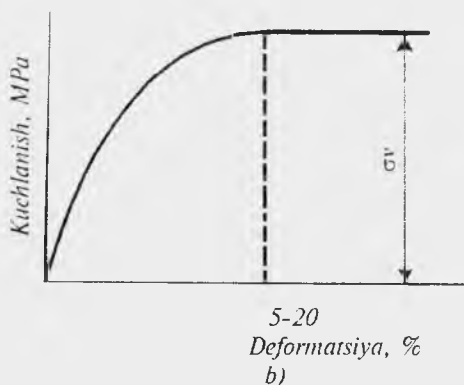
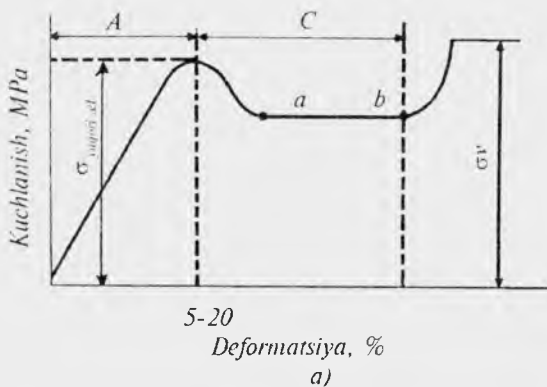
Oynasimon strukturali polimerlar ( $t_{sr}-t_y$ ) harorat oralig'ida kuch qo'yilgan konstruksiyalarda yaxshi ishlaydi. Shu oraliqda agar polimerga katta kuchlanish berilsa, oynasimon polimerlarda juda katta deformatsiya rivojlanadi. Bu deformatsiyaga **majburiy-elastik deformatsiya** deyiladi. (13.4-rasm).

Polimer  $t_c$  dan yuqorida qizdirilsa, majburiy-elastik deformatsiya orqaga qaytadi. Majburiy-elastik deformatsiya kuch ta'siri ostida makromolekulalarning to'g'rilanishi va cho'zilishi natijasida paydo bo'ladi va ko'payadi, o'sadi. Material oqadi. Natijada namunaning bir qismi kichiklashib, «bo'yincha» hosil bo'ladi: 13.4-rasmda, a, b uchastkasi. Keyinchalik bo'yincha namunaning butun uzunligiga tarqaladi.

Yo'naltirilgan molekulyar strukturasi polimerlar (plastmassalar), shu yo'nalish bo'yicha qo'yilgan kuch ta'sirida plastik deformatsiyasiz mo'rt uziladi – buziladi. Kristallik polimerlar uchun kuchlanishning deformatsiyaga bog'liqligi 13.5-rasmda berilgan.

Ko'rinib turibdiki, bo'yincha hosil bo'lgandan so'ng (A zonaning oxiri), namuna cho'zilishi (C zona) o'zgarmas kuchlanishda hosil bo'ladi va butun uzunligiga tarqaladi. «D» uchastkada kuchlanish ko'payib, deformatsiya ortib, namuna cho'ziladi.

«C» uchastkasida olingan deformatsiya, kuch olingach yo'qolmaydi va bir necha yuz foizni tashkil etadi. Kristallik polimerning



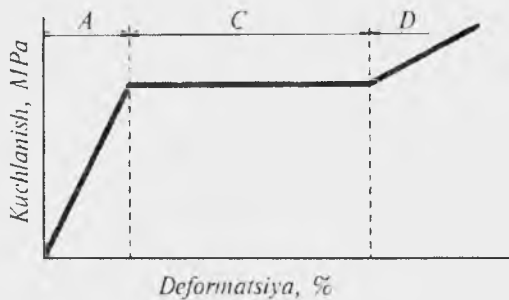
**13.4-rasm. Cho'zish diagrammasi:**

a – oynasimon polimer; b – to'rtli polimer;

A – egiluvchanlik deformatsiya zonasi;

C – yuqori elastik deformatsiya zonasi;

$\sigma_{yubiruvchi}$  – maiburiv elastiklik chegarasi.



**13.5-rasm. Kristallik polimerning cho'zish diagrammasi:**

A, D – egiluvchanlik deformatsiyalar zonolari;

C – yuqori elastik deformatsiya zonasi.

plastik deformatsiyalanish davrida, uning dastlabki strukturasi o'zgaradi va yangi strukturaga aylanadi. Bunda kristall yangi shaklga o'tadi va bir yo'nalishga qaragan bo'ladi.

Polimer kristallik strukturasi deformatsiyalanish davridagi o'zgarishga **rekristallizatsiya** deyiladi.

Polimer makromolekulalari qurilishi xususiyatlari ularning mexanik xossalari qo'yilgan kuch muddati va tezligiga bog'liqligini ifodalaydi. Polimerga qo'yilgan kuch ta'sirida uning strukturasi o'zgarishlarga olib keladi.

Bu makromolekulalarning to'g'rilanishi, qayta (orqaga) buralishi, makromolekulalarning o'zaro siljishi bilan bog'liq. Natijada polimer teng og'irlik emas-posanglanmagan («неровновенный»), termodinamik turg'un emas holatga o'tadi.

Buning o'z holiga qaytishi, ya'ni **relaksatsiya** uchun vaqt kerak. Vaqt sekundning bir necha ulushidan ( $10^{-4}$ s) bir necha soatgacha, ba'zi hollarda oylar kerak.

Polimerlarning mexanik xossalari ularning ustmolekular strukturasi bog'liq. Polimerlarning xossalari yaxshilash uchun **fizikaviy va kimyoviy modifitsirovka** qilinadi: tarkibiga har xil stabilizatorlar, plastifikatorlar, moylovchilar, rang beruvchilar, legirovchi elementlar qo'shiladi.

Plastiklikni va elastiklikni oshirish uchun **plastifikator** qo'shiladi. Plastifikatorlar makromolekulalarning harakatlanuvchanligini oshiradi.

Polimerlarni eskirishidan saqlash uchun **stabilizatorlar** qo'shiladi.

Kerakli rang berish uchun **kraskalar** qo'shiladi. Masalan, metall oksidlari ( $TiO_2$ ;  $Fe_2O_3$ ), metallarning tuzlari (ko'k kobalt, ultramarin), qora kuya va h.k.

**To'kuvchi** moddalar makromolekulalarning to'qilganligini kerakli darajagacha ko'tarish uchun qo'shiladi: kerakli xossalari olinadi. Kauchuklarni to'kish uchun oltingugurt, selen, fenonli smola qo'shiladi.

**Bug' hosil qiluvchi moddalar.** Bular polimer materialini ko'pik holatga aylantiradi. Bu bilan polimerga tovush va issiqlik o'tmaslik xususiyati, og'irlikni kamaytirish qobiliyati beriladi. Bundan tashqari, detal olish aniqligi ham ortadi.

## 13.6. Konstruksion polimerlar

**1. Poliiolefinlar** – bular yuqori molekular uglevodorodlar. Eng ko'p tarqalganlari: polietilen, polipropilen va ularning ko'p sonli sopolimerlari.

Polietilen – bu etilenning ( $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ) polimerizatsiyasi mahsuloti. Polimerizatsiya sharoitiga qarab (bosim, harorat, katalizator turi) polietilen quyidagi guruhlariga bo'linadi: 1 – yuqori bosim polietileni: molekular og'irligi 80.000 – 500.000 (PEVD yoki PENP); 2 – past bosim polietileni 80.000 – 3.000.000 (PEND yoki PEVP); 3 – o'rtacha bosimli 300.000 – 400.000 (PESD); 4 – yuqorimolekular polietilen, past bosimli, molekular massasi 2.000.000 – 3.500.000 (SVMPE).

**Polipropilen** – sintetik polimer, qattiq, yupqa holda tiniq nur o'tkazadi, qalin bo'lsa, sutsimon oq-loyqa. Yuqori kattalikda kristallangan (75%)  $170^\circ\text{C}$  da eriydi. Polietilenga nisbatan yuqori zarbiy qovushqoqlikka, puxtalikka, ishqalanib yeyilishga, qarshilikka, yuqori dielektrik xossaga, past gaz-bug' o'tkazish qobiliyatiga ega.

Erimaydi, qaynagan suvga chidaydi, ishqorga chidamli, issiqqa va yoriqqa chidaydi.

Mashinasozlikda **polivinilxlorid** (PVX) ko'p ishlatiladi. U vinilloridni ( $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$ ) polimerizatsiya qilib oladi. PVX ning molekular massasi 14.000 – 85.000.

PVX olinish usuli – polimerizatsiya usuliga qarab quyidagi guruhlariga bo'linadi: suspenziya usuli – «S», emulsiya usuli – «E», massada polimerizatsiyalash – «M». O'rtacha molekular massa «Fikentcher» doimiylik – «K» bilan aniqlanadi va ikkita raqam bilan belgilanadi. Raqamlardan keyingi harflar xossalarini va ishlatilish joyini ifodalaydi: *T* – termoturg'unlashtirilgan, *M* – yumshoq materiallarni ishlash uchun, *J* – qattiq va mustahkam materiallarga qayta ishlash uchun, *P* – pasto hosil qiluvchi. Masalan: PVX – M64 bu polivinilxlorid massada polimerizatsiyalangan, K = 64–66.

PVX ning qattiq – mustahkami **viniplast** deyiladi. Yuqori mexanik xossaga, kimyoviy turg'un, texnologikligi yuqori, yaxshi qirqiladi.

**Ftoroplastlar** – etilen qatorining ftoro hosilalari: tetroftoretilen ( $CF_2 = CF_2$ ), triftoetilen ( $CF_2 = CHF$ ), triftorxloretilen ( $CF_2 = CFCI$ ). Ftoroplastlar agressiv muhitga chidamli: kuchli kislotalar, ishqorlar. Ular termoturg'un.

Ftoroplastlarning eng ko'p tarqalgani **politetraftoretilen** (PTFE)-ftiropplast-4; **teflon**, flyuon. Bular orasida eng zo'ri PTFE. U metallar, polimerlar, silikatlar ichida agressiv muhitning ta'siriga qarshilik, ob-havo sharoiti, mikroorganizmlarga qarshilik ma'nosida eng turg'uni.

Ftoroplast-4 kondensatorlar, elektr izolyator-plyonka, ishqalanishga qarshi materiallar, zichlatuvchilarni yasashda ishlatiladi. Uning modifikatsiyalari ham bor: ftoroplast – 4D; ftoroplast – 4M; ftoroplast – 4NA. Bular ancha texnologik materiallar.

### Nazorat savollari

1. Metall emas materiallarning metallarga nisbatan yaxshi va yomon tomonlarini ayting.
2. Metall emas materiallarning mashinasozlikda tutgan o'rni, ayniqsa, kelajakda qanday bo'ladi?
3. Kompozitsion material qanaqa material?
4. Polimer deb qanaqa materialga aytiladi?
5. Polimer molekularining qurilishining xususiyatlarini sanab chiqing.
6. Polimer makromolekula shaklining polimer xossalari ta'sirini ayting.
7. Polimerlarning klassifikatsiya qilish belgilarini ayting.
8. Polimerlarning xususiyatlarini sanab chiqing.
9. Polimerlarning termomexanik xossalari deb nimaga aytiladi?
10. Termoplastik va termoreaktiv polimerlarning bir-biridan asosiy farqi nimada?



## 14-bob. PLASTMASSALAR

Metall emas materiallar, shu jumladan, plastmassalarning xususiyatlari ko'p o'rinlarda metallarnikidan ustun. Ayniqsa, ularning mustahkamligi (ma'lum ekspluatatsiya sharoitlarida), issiq-sovuq hamda tovush o'tkazmasligi, dielektrikligi, tashqi muhitning agressiv ta'siriga qarshiligi, zichligining kichikligi, texnologikligi va hokazo, ularning mashinasozlikdagi mafkurasini oshiradi. Hozirgi zamon mashina apparatlarini qurishni metall emas materiallar, shular qatorida plastmassalarsiz tasavvur qilib bo'lmaydi.

Plastmassalar polimer asosidagi organik materiallardir. Qizdirilganda yumshaydilar, bosim ostida ma'lum turg'un shaklni egallaydi. **Oddiy plastmassalar** bir xil kimyoviy polimerlardan tashkil topgan. **Murakkab plastmassalar** polimerlardan tashqari o'z ichlariga qo'shimchalar kiritadi: to'ldiruvchilar, plastifikatorlar, rang beruvchilar, qotiruvchilar, katalizatorlar va hokazo. Qo'shimchalarning hajmi 40–70 % ni tashkil etadi va qattqlikni, mustahkamlikni, bikrlikni hamda ba'zi xususiyatlarni berish uchun qo'shiladi. Masalan, ishqalanuvchi, ishqalanib yeyilishga qarshi va hokazo. Qo'shimchalar mato kukunsimon va tolasimon materiallar bo'lishi mumkin.

**Plastifikatorlar** (steorin kislota, dibutilftalat) elastiklikni, plastiklikni oshiradi va plastmassaning ishqalanishini osonlashtiradi. Ularning hajmi  $v=10-20\%$ .

**Qotiruvchilar (amiplar) va katalizatorlar** (perekisli birlashmalar) bir necha foiz qo'shiladi. Bular molekulalararo bog'lanishni yaratadi va umumiy molekular to'rga kirib oladi.

**Rang beruvchilar** — kraskalar (mineral pigmentlar, organik kraskalarning spirtidagi eritmasi) plastmassaga rang beradilar va tannarxini pasaytiradilar. Tashkil etuvchilarning tarkibi, bularning qaysi biri bilan birgaligi, miqdoriy nisbati plastmassalarning xossalari keng doirada o'zgartiradi.

## 14.1. Plastmassalarning klassifikatsiyasi

Plastmassalar quyidagi ko‘rinishlar bo‘yicha bo‘linadi:

1. Qo‘shimchalar turiga qarab: qattiq to‘ldirgichlar gazsimon to‘ldirgichlar bilan.

Qattiq to‘ldirgichlar o‘z navbatida ikki xil bo‘ladi:

a) kukun holati: grafit, yog‘och uni, kvarts, gips va hokazo.

b) tola tarzida: paxta va lyon taralishi qipiqalar, shisha hamda asbest tolalari va hokazo.

2. Bog‘lanuvchi polimerlarning qayta qizdirilishi reaksiyasiga qarab:

a) termoplastik polimerlar asosida olingan **termoplastik plastmassalar**. Bular qizdirilganda yumshaydi, sovitilganda qotadi. Ko‘pchilik hollarda bu plastmassalar toza polimerlar yoki polimerlarning plastifikatorlari, eskirtirilmaydigan qo‘shimchalar bilan tashkil qilinadi. Termoplastlarining kirishishi kam: 1–3% . Ularning mo‘rtligi kam, elastikligi yuqori va yo‘naltirishga moyil.

b) termoreaktiv polimerlar asosida **termoreaktiv plastmassalar** olinadi. Bular qizdirib ishlangach, qotadi va termoturg‘un holiga o‘tadi; qayta qizdirilganda yumshaydi. Bularning kirishishi katta 10–15%.

3. Plastmassalar ishlatilishiga qarab quyidagi guruhlariga bo‘linadi:

a) konstruksion – konstruksiyalarning kuch qo‘yilgan va qo‘yilmagan detallari uchun;

b) prokladkalar;

d) zichlashtiruvchilar («уплотнители»), ishqalanish va ishqalanishga qarshi ishlovchi detallar;

e) elektrizolyatsiyalar;

f) issiq o‘tkazmaydiganlar;

g) olovga bardosh;

h) yog‘ va kislotaga bardosh;

i) pardoziy qoplamalar.

Bitta plastmassa bir yo‘la bir necha xossalarga ega bo‘lishi mumkin.

Masalan, tekislatib bir vaqtning o‘zida konstruksion, elektroizolyator va prokladka materiali bo‘lishi mumkin.

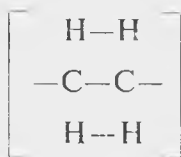
## 14.2. Termoplastik plastmassalar

Termoplastik plastmassalar asosida chizig'iy va shoxobchali strukturali polimerlar tashkil qiladi. Asosdan tashqari ba'zi hollarida ular tarkibida plastifikatorlar ham bo'ladi. Termoplastlar 60–70°C dan past haroratda ishlaydi. Bundan yuqori haroratda ularning fizik-mexanikaviy xossalari juda pasayib ketadi. Ba'zi olovga chidamli termoplastlar 150–200°C da ishlaydi. Biki zanjirli va siklik strukturali issiqqa turg'un termoplastlar 400–600°C da ham ishlaydi.

Termoplastlarning puxtaligi 10–100 MPa chegarasidan, elastiklik moduli (1,8–3,5) 103 MPa. Uzoq muddatli statik yuklama (kuchlanish) termoplastlarda majburiy-elastiklik deformatsiyani vujudga keltiradi va puxtaligi pasayadi. Deshaktsiya tezligi ortishi bilan majburiy – elastik deformatsiya yo'qoladi va bikirlik paydo bo'ladi hamda mo'rt buzilish – uzilish hosil bo'ladi.

Polimer strukturasi kristallik tashkil etuvchilarning borligi ularni mustahkam va bikir qiladi.

**Polietilen** strukturali formulaga ega:



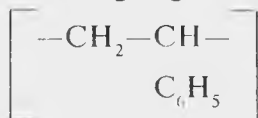
va qutbsiz. Polietilen rangsiz etilen gazini past va yuqori bosimda polimerizatsiya qilib oladi. Past bosim polietileni (PEND) yuqori zichlikka va kristallikka (74–95%) ega. Yuqori bosim polietileni (PEVD) makromolekulalari ko'proq shoxobchali strukturaga ega. PEVD lar yuqori zichlik bilan ajralib turadi. Strukturasi 55–65% gacha kristallik tashkil etuvchisi bor. Zichlik va kristallikning ortishi bilan polietilen puxtaligi va issiqqa turg'unligi ortadi.

Polietilen 60–100°C da uzoq vaqt ishlashga qobiliyatli. Sovuqqa bardoshligi –70°C ga yetadi. Kimyoviy turg'un, (20°C da) erimaydi.

Polietilen kabel simlarini izolyatsiya qilishda, yuqori chastotali qurilma detallarida va korroziyabardosh detallarni (truba, shlanka, prokladka) yasashda ishlatiladi. Plyonka, list, truba, blok sifatida ham ishlab chiqariladi.

Polietilen eskirish xususiyatiga ega. Buni kamaytirish uchun 2–3 % miqdorda kuya – saja qo‘shiladi, bunda eskirish 30 marta kamayadi.

**Polistrol** strukturali formulaga ega va qutbli:

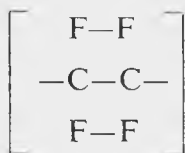


Bu qattiq, amorf, bikr, tiniq – yorug‘ o‘tkazadigan polimer, bunda chizig‘iy qurilishga ega. Molekular massasi 600000 ga yetadi. Eng ko‘p tarqalgan 200000 – 300000 massaga ega. List sifatida ishlatiladi. Detallar bosim ostida quyib olinadi.

Polistrol yuqori dielektrik xossaga ega; mexanik puxtaligi qoniqarli; ishlash harorati yuqori emas (100°C gacha); ishqorlarda mineral va organik kislotalarda, yog‘larda kimyoviy turg‘un. Benzinda, kerosinda, 65 % azot, uksus kislotalarida shishadi. 200°C dan yuqori haroratda parchalanadi va stirol hosil qiladi.

Kam yuklangan detallar va yuqori chastotali izolatorlarda ishlatiladi. Kamchiligi: past haroratda mo‘rt va yuza darzlari hosil qilishga moyilligi bor.

**Ftoroplast–4** (politetroftoretlen) strukturali formulaga ega, qutbsiz, amorf-kristallik strukturaga ega:



250°C gacha kristallanish tezligi haroratga kam bog‘liq va mexanik xossalariga ta’sir qilmaydi. Ftoroplast–4 ning uzoq vaqt ishlatish harorati chegarasi 250°C. U nisbatan yumshoq.

Ftoroplast–4 o‘zining agressiv muhit – kislotalarga (sulfat, xlorid, azot); vodorod pereoksidiga, ishqorlarga nisbatan o‘ta yuqori turg‘unligi bilan ajralib turadi. U ishqoriy metallar eritmasida ftor va ftorli xlorda yuqori harorati buziladi. Ftoroplast –4 ho‘flanmaydi. U – 269°C gacha haroratda mo‘rtlashmaydi. 80°C da ham u o‘zining egiluvchanligini yo‘qotmaydi. Ishqalanish koeffitsiyenti kam (0,04).

Kamchiligi: uning sogʻliqqa zararligi («токсичность»), chunki undan xlor, ayniqsa yuqori haroratda, ajralib chiqadi. Qayta ishlash qiyin, chunki plastikliги yoʻq. Ftoroplast-4 trubalar, membranalar, ventillar, nasoslar, prokladkalar, manjetlar, metallar ustiga ishqalanishga qarshi qoplamalar, elektroradiotexnika detallari yasashda ishlatiladi.

### 14.3. Qutbli termoplastlar

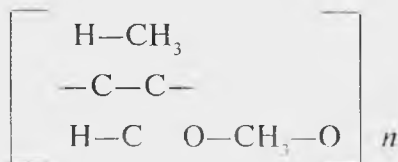
*Triflorxloretilen (ftoroplast-3)* strukturali formulaga ega:



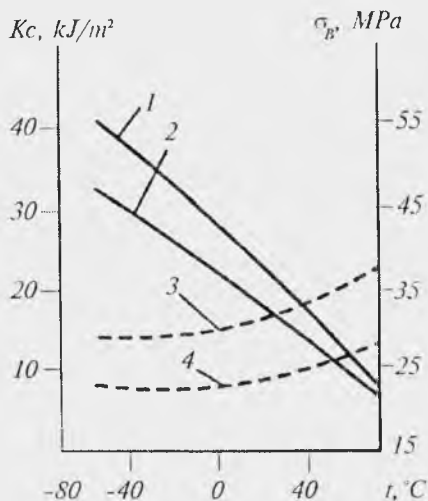
U oq rangli chizigʻiy amorf-kristallik polimer. Xlorning borligi makromolekula zvenolarining simmetriyasini buzadi. Natijada **polimer qutbli** boʻladi. Polimerning kristalligi sovitish sharoitiga bogʻliq. 150°C dagi eritma sekin sovitilsa, kristallik qismi eng koʻp (80%) boʻladi. Tez sovitilsa, 30–40% ni tashkil etadi. Yuqori darajadagi kristallik ftoroplast-3 yuqori zichlikka, qattqlikka va mexanik xossalarga ega. Past darajada kristallangan polimer ancha plastik. Ftoroplast-3 ning ishlash harorat chegarasi –150°C dan 70°C gacha. 300°C dan yuqorida qizdirish uni destruksiyaga olib keladi, zaharli gazsimon ftor ajralib chiqadi. Ftoroplast-3 ning kimyoviy turgʻunligi ftoroplast – 4 nikidan past. Lekin baribir ancha turgʻun. Undan presslash va bosim ostida quyib olish usullari bilan detallar olinadi.

Ftoroplast-3 dan trubalar, klapanlar, nasoslar, shlanglar, past chastotali dielektriklar ishlab chiqiladi.

**Polimetilmetakrilat** (organik oyna) strukturali formulaga ega.



Organik oyna — amorf, rangsiz, tiniq, nur o'tkazuvchi termoplast. Qizdirilganda  $80^{\circ}\text{C}$  gacha yumshaydi,  $105-50^{\circ}\text{C}$  da esa plastik holga keladi. Uning mexanik xossalarini  $80^{\circ}\text{C}$  dan qizdirib, ikki o'q tomon cho'zish bilan amalga oshiriladi. Organik oynaning mexanik xossalari haroratga bog'liq (14.1-rasm):



14.1-rasm. Vaqtincha qarshilikning (1, 2) va zarbiy qovushqoqlikning (3, 4) haroratga bog'liqligi:

1, 3 — yo'naltirilgan; 2, 4 — yo'naltirilmagan oynalar uchun.

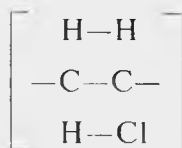
Organik oynalarda «kumushlanish» hodisasi bor. Bu materialning usti va ichida mayda darz ketishdir. Darz ketish ichki kuchlanishning ta'sirida paydo bo'ladi. Ichki kuchlanish esa past issiqlik o'tkazishligi va yuqori issiqlik uzayish koeffitsiyentining mahsuloti. Kumushlanish hodisasi yo'naltirilgan makromolekulali organik oynada kam. Masalan, plastik holda cho'zish yo'naltirilgan.

Uning mexanik xossalarini ko'p qatlamli oyna qilib oshirish mumkin. Masalan, ikki list organik oynani bir-biri bilan butvarli plyonka bilan elimlab.

Kislota, ishqor eritmalari; benzin, kerosin va moylar unga ta'sir qilmaydi. Organik kislotalarda (uksusli, gumoshli) xlorlangan uglevodorodlarda eriydi.

Organik oynalar qalinligi 0,8–24 mm bo‘lgan list sifatida ishlab chiqariladi. U samolyotsozlik va avtomobilsozlikda ishlatadi. Linzalar yasaladi. Nur texnikasi uskunolari ham.

**Polivinilxlorid (PVX)** – chizig‘iy amorf polimer, struktura formulali:



PVX suvda, ishqorda, kislota eritmalarida, yog‘larda, benzinda turg‘un. 70°C da yumshaydi. PVX **viniplast va plastik** ko‘rinishda ishlatiladi.

Viniplast yaxshi mexanik ishlanadi, oson payvandlanadi, har xil yelimlar bilan yelimlanadi. Galvanik vannalarning yuzalarini qoplash uchun ishlatiladi.

Umuman, metall hajmlarni himoya qoplama sifatida asraydi. Viniplast past haroratda mo‘rt, issiqqa kam bardoshli. Har xil tiralishlarga, yoriqlarga injiq.

Agar PVX ga plastifikatorlar (qiyin eriydigan organik suyuqliklar) qo‘shilsa, **plastikat** olinadi. Bular yuqori elastik, sovuqqa bardosh, elektroizolatsiya xossalari ancha past.

Plastikatlar list, tasma, trubka ko‘rinishda ishlab chiqiladi. Hidravlik va havo tizimlarini «уплотнитель»lari – zichlantiruvchilari sifatida; o‘tkazgich-simlarning izolatsiyasi, akkumulator baklari kabellarining himoya qavati sifatida qo‘llaniladi.

#### 14.4. Termoreaktiv plastmassalar

Termoreaktiv plastmassalar termoreaktiv smolalar asosida ishlab chiqariladi. Termoreaktiv smolalar: fenolformadegid, aminoalgid, epoksid, polimid, organik kremniy to‘yinmagan poliefir. Termoreaktiv plastmassalar yuqori puxtalikka ega, yuqori haroratda ham ishlayveradi.

Smola bu yerda bog‘lovchi. Yuqori yelimlash qobiliyati, olovbardosh, kimyoviy turg‘un bo‘lishi, texnologik, kirishish ham bo‘lishi kerak.

Smolalar – yuqori molekular organik birikmalar.

**Fenolformadegidli (bakelitli)** smola – bu fenolning ( $\text{H}_5\text{C}_6\text{—OH}$ ) formadegid ( $\text{N}_2\text{SO}$ ) bilan polikondensatsiya qilish mahsuloti.

Polikondensatsiya sharoitiga qarab, rezonli (termoreaktiv) yoki novolochkali (termoplastik) smolalar hosil bo‘ladi.

**Novolak** – bu qattiq, mo‘rt, tiniq smola.  $100\text{—}120^\circ\text{C}$  da eriydi; atsetonda, etil spirtida eriydi. Novolak urotropil bilan birga qizdirib, qotiriladi. Ular press kukunlar olish uchun qo‘llaniladi.

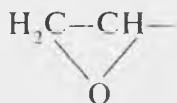
Fenolformaldegidning uch shakli bor. Uning «A» holatida (rezol) qizdirilganda eriydi va yelimshak-oquvchan holatda bo‘ladi. Spirtida va organik eritmalarda yaxshi eriydi.

«B» holatida (**rezitol**) rezol  $90\text{—}100^\circ\text{C}$  gacha qizdirib olinadi va yelimshak-elastik holatida bo‘ladi. Rezitol organik eritmalarda kuchli shishadi, lekin erimaydi.

«C» holati (**rezit**)  $150\text{—}160^\circ\text{C}$  da hosil bo‘ladi. Qizdirilganda erimaydi,  $300^\circ\text{C}$  dan yuqori haroratda ko‘mirlashadi va mexanik mustahkam koksga aylanadi. Rezit benzina, yog‘ga, organik erituvchilarga turg‘un.

Smolaning bir holatdan ikkinchisiga o‘tishi molekular qurilishning o‘zgarishi bilan boradi. Rezol strukturasi – chizig‘iy struktura, rezitolniki yuzalari bo‘yicha setkasimon, rezitniki – fazoviy to‘rsimon. «A» dan «C»da o‘tish harorati  $110\text{—}140^\circ\text{C}$  dan yuqorida o‘tadi. Harorat ko‘tarilishi bilan tezlashadi.  $160^\circ\text{C}$  dan yuqorida  $\text{A}\rightarrow\text{C}$  jarayoni 1–3 minutda o‘tadi.

**Epoksidli smolalar** ichida epoksid guruh bor:



Toza holda epoksidli smola – bu yelimshak suyuqlik, uzoq vaqt o‘z xususiyatlarini saqlab turish qobiliyati bor. Ko‘pchilik organik eritmalarda (atseton, toluol va h.k.) eriydi, suv va benzinda erimaydi.

Qotiruvchilar (aminlar, ularning hosilalari, karbonli kislotalarning angidrollari va h.k.) smolalarni tez qotirib, fazoviy to‘rsimon qurilish hosil qiladi.





## 14.5. Kukun to'ldirgichli plastmassalar

Plastmassalar fenolformadegid, kremniy organik va boshqa smolalar asosida olinadi. Boshqa komponentlari: plastifikatorlar, yog'och uni, yanchilgan kvarts, asbest, sluda, grafit. Detallar presslash usulida olinadi.

Press kukunlar (kompozitsiyalar) izotropik, mexanik xossalari yuqori emasligi, past zarbiy qovushqoqlik va qoniqarli elektrizolyatsiyaligi bilan xarakterli. Presskukun markasi harf va raqamlardan iborat. «K» harfi kompozitsiyani anglatadi. Undan keyingi son bog'lovchi smola nomeri (markasi). Raqam esa, ma'lum to'ldirgichga to'g'ri keladi: 1 – sellyuloza, 2 – yog'och uni, 3 – sluda uni, 4 – plavikali shpat, 5 – yanchilgan kvarts, 6 – asbest. Masalan, marka K-220-21.

Bu yerda 220 – press-kukun rezonli smola asosida tayyorlangan; to'ldirgichlar: yog'och uni va sellyuloza.

Presskukunlar vazifasiga qarab 3 guruhga bo'linadi:

a) umumiy vazifalarga mo'ljallangan kam yuklangan detallarni yasash uchun;

b) elektrotexnik detallar yasash uchun;

d) suvga va issiqqa yuqori darajada turg'un detallar uchun: K-18-53; K-18-42; K-214-42:

– yuqori zarbiy mustahkamlik detallari uchun: FKP-1, FKPM-10;

– yuqori kimyoviy turg'unlik detallariga: K-17-36; K-18-81; K-17-81;

– zamburug'-turg'un («грибостойкий»): K-18-36.

Presskukundan detallar to'g'ri yoki quyib presslash yo'li bilan olinadi.

## 14.6. Gaz bilan to'ldirilgan plastmassalar

Makrostrukturasiga qarab *gaz bilan to'ldirilgan plastmassalar* 2 guruhga bo'linadi: **1 – penoplastlar; 2 – poroplastlar.**

Penoplastlarning asosi polimer bo'lib, yopiq bir-biridan xolis yacheykalar tizimini hosil qiladi. Yacheykalar gaz bilan to'ldirilgan. Poroplastlarda esa asos polimer yacheykalari orasidagi to'siqlar

qisman buzilgan va bir-biri bilan tutashgan. Poroplastlar elastik, hajmiy og'irligi  $25-45 \text{ kg/m}^3$ ; poroplastlar tarkibiga shunday moddalar qo'shiladiki, ular qizdirilganda qaynab-bug'lanib ketishi yoki suv bilan yuvganda yuvilib chiqib ketishi kerak. Poroplastlar blok tarzida, yuzalari plyonka bilan qoplangan holda chiqariladi. Tovushni juda yaxshi yutadi –  $70-80\%$ .

Penoplast – bikr material, kichik hajmiy og'irlikka ega –  $20-300 \text{ kG/m}^3$ . Cho'kmaydi, issiqlikni o'tkazmaydi. Issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti  $0,003-0,007 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ .

Polistirol, polivinilxlorid, polietilen va boshqalar asosidagi termoplastik renelplastlar ularni ko'pirtirib, yuqori elastik deformatsiya holatida olinadi. Bu holat oynalanish haroratidan  $10-20^\circ\text{C}$  yuqorida qizdirilganda bo'ladi. Termoturg'unlik past  $t_{\text{tur}} < 60^\circ\text{C}$ .

G'ovakli struktura smolalar tarkibiga gaz hosil qiluvchilar qo'shish bilan olinadi: poroforlar.

Eng ko'p tarqalgani va puxtasi bu penopolistirol (PS) va penopolivinilxloriddir (PXV),  $t = +60^\circ\text{C}$  da ishlaydi. Fenolkauchukli (FK) penoplastlar  $t = 120-60^\circ\text{C}$  da ishlaydi. Agar aluminiy upasi qo'shilsa, FK-20-A-20 penoplasti uchun  $t = 200-250^\circ\text{C}$ . Penoplast K-40 uchun  $t = 300^\circ\text{C}$ .

Penoplastlar issiq o'tkazmaydigan konstruksiyalarda ko'p ishlatiladi: samolyotda, muzlatkichlarda, konteynerlarda va h.k. Konstruksiya ichki hajmlarini to'ldirishda ham ishlatiladi. Bunda nisbiy mustahkamlik, bikrlilik, titrashga qarshilik ortadi.

### **Nazorat savollari**

1. *Plastmassa nima?*
2. *Plastmassalarning tarkibi nimalardan iborat?*
3. *Plastmassalarning xossalari ayting.*
4. *Klassifikatsiyasi nima?*
5. *Plastmassalarning bog'lovchilari va to'ldiruvchilariga qarab misollar keltiring.*
6. *Termoreaktiv plastmassalar qanday xususiyatga ega?*
7. *Smolalarning turlarini sanab ifodalab bering.*
8. *Kukuni bilan to'ldirilgan plastmassalar; ularning turlari, xossalari ayting.*
9. *Gaz bilan to'ldirilgan plastmassalar; turlari, xossalari, ishlatilish joyini ayting.*
10. *Kukun to'ldirilgan plastmassalarni markalash. K-220-21. Harf va raqamlar nimalarni bildiradi?*

---

---

## 15-bob. KOMPOZITSION MATERIALLAR

**Kompozitsion materiallar** (k.m.) an'anaviy konstruksion materiallarga nisbatan alohida xossalarga ega. Bu narsa ijobiy xususiyatli materiallar va konstruksiyalarni yaratishga olib keldi. Kompozitsion materiallar (k.m.) ikki va undan ortiq tashkil etuvchilar – komponentlardan tuzilgan murakkab material bo'lib, har xil usullar bilan bog'langan va o'ziga xos xossalari bor.

Birinchi kompozitsion material 1867-yilda patentlangan: hovli kultuvaklari, sim va sementdan yasalgan: bog'bon fransuz J.Монье.

Samolyot konstruksiyasida kompozitsion material 1942-yilda qo'llanilgan: oynaplastikada («stekloplastikada»); poliefir materiali oyna tolasi bilan sinchlangan («armirovan»).

Kompozitsion materiallar mashinasozlik apparati konstruksiyalariga qo'yilgan talablarga javob beradi: yengil bo'lishligi; maksimal mustahkamlik va bikrlilik; ishlash davrida maksimal ishlash resursi. Shular uchun k.m. samolyotsozlikda ko'p qo'llanilgan. «Ruslan» samolyoti 5,5 t. og'irlikdagi konstruksion kompozitsion materiallardan yasalgan va 15 t og'irlik iqtisod qilingan.

Hozirgi zamon transport samolyotlari konstruksiyalarining 15–20%; harbiy samolyotlarning 25–30%; harbiy vertolyotlarning 45–55%; strategik raketalarining 75–80% kompozitsion materiallardan yasalgan.

Kompozitsion materiallarga quyidagi xususiyatlar yig'indisi xos:

- a) komponentlarning tarkibi, shakli va taqsimlanishi oldindan aniqlangan;
- b) ikki va undan ortiq kimyoviy har xil materiallardan tarkib topgan va bir-birlari bilan ajralib turadilar;
- d) kompozitsion materialning xossalari har bir tashkil etuvchining xossalari bilan aniqlanadi;
- e) kompozitsion materialning xossalari tashkil etuvchilarning xossalari bilan farq qiladi;

f) kompozitsion material makromasshtab miqyosida birtanli, mikromasshtabda bir tanli emas;

g) bu material tabiyatda uchramaydi va odamzodning ixtirosidir.

Geometrik ko'rsatkichlariga qarab tashkil etuvchilar har xil bo'ladi. Butun hajm bo'yicha uzluksiz-to'xtovsiz tarqalgan komponent *matritsa* deyiladi. Uzlukli, bo'lak-bo'lakli materiallar *sinchlovchi yoki puxtalovchi* tashkil etuvchilar deb ataladi.

Matritsa materiali sifatida metall va uning qotishmalari; organik va noorganik polimerlar; keramika, uglerod va boshqa materiallar ishlatiladi. Matritsa materiali xossalari kompozitsion materialning olish texnologik jarayonini ifodalaydi. Uning zichligi, mustahkamligi, ishlash harorati, charchab buzilishga qarshiligi va tashqi agressiv muhitga qarshiligini ifodalaydi.

Sinchlovchi yoki puxtalovchilar matritsa bo'ylab bir tekisda joylashadi. Bular yuqori puxtalik, qattqlik va elastiklik moduliga ega. Bu ko'rsatkichlar matritsa ko'rsatkichlarinikidan ancha yuqori.

«To'ldirgichlar» puxtalikni oshirib qolmay, kompozitsion materialning boshqa xossalari ham ta'sir qiladi.

To'ldirgichlarning geometriyasiga va ularning matritsada joylashishiga qarab kompozitsion materiallar quyidagicha klassifikatsiya qilinadi.

To'ldirgichlarning geometriyasiga qarab:

**1. Nol o'lchamli-to'ldirgichli:** bularning o'lchamlari uch tomonlama o'lchashda bir xil o'lcham ko'rsatkichiga ega;

**2. Bir o'lchamli-to'ldirgichli:** o'lchamlardan birining o'lchamlari qolgan ikkitasinikidan juda katta;

**3. Ikki o'lchamli:** ikki o'lchami qolgan bittasidan juda katta.

To'ldirgichlarning joylashish sxemasiga qarab kompozitsion materiallar uch guruhga bo'linadi:

1) to'ldirgichlarni bir o'qda chizig'iy joylashishi bilan to'ldirgichlar tola, ip, intevid shaklidagi kristallar shakliga bo'lib, matritsada bir-biriga parallel bo'ladi;

2) ikki o'qli-yuzali: bularda sinchlovli to'ldirgichlar tola shaklida, intevid kristallarning matolari shaklida, matritsada folga shaklida parallel tekisliklarda bo'ladi;

3) uch o'qli-hajmiy: bunda sinchlovchi to'ldirgich hajm bo'yicha joylashgan; afzal yo'nalishi yo'q.

Komponentlarning tabiatiga qarab kompozitsion materiallar quyidagi to'rt guruhga bo'linadi:

- 1) tarkibida metall yoki metall qotishmasi bor;
- 2) tarkibida oksidlar, karbidlar va nitridlarning noorganik birlashmalari borlari;
- 3) tarkibida metall emas elementli, uglerodli, borli va h.k. li komponent borli;
- 4) komponentlari organik moddalar birlashmasidan (epoksidli, poliefirli, fenolli va h.k. smolalar) tashkil topgan.

Kompozitsion materiallar hozirgi zamon konstruksion materiallarga nisbatan ancha yuqori nisbiy bikrikka ( $E/r$ ) va nisbiy puxtalikka ( $\sigma_n/p$ ) ega (15.1-rasm).

Kompozitsion materialning elastiklik modulini xohlagan tomonga o'sha tomonga sinchlovli qo'yib ko'tarish mumkin.

Kompozitsion materiallarning ishonchliligi ham yuqori. Oddiy qotishmalarda darz ketish va uning o'sishi ishlash vaqtida tez ketadi. Kompozitsion materialda darz ketish matritsadan boshlanadi. U o'sa olmaydi, chunki yo'lda puxtalovchi to'ldirgichga borib taqaladi.

### 15.1. Nol o'lchamli-to'ldirgichli kompozitsion materiallar

Bu tipdagi kompozitsion materiallarda matritsa, asosan, metal va qotishmadan iborat. Metall asosidagi kompozitsiyalar dispers zarralar bilan bir tekis puxtalanadi. Dispers zarralar:

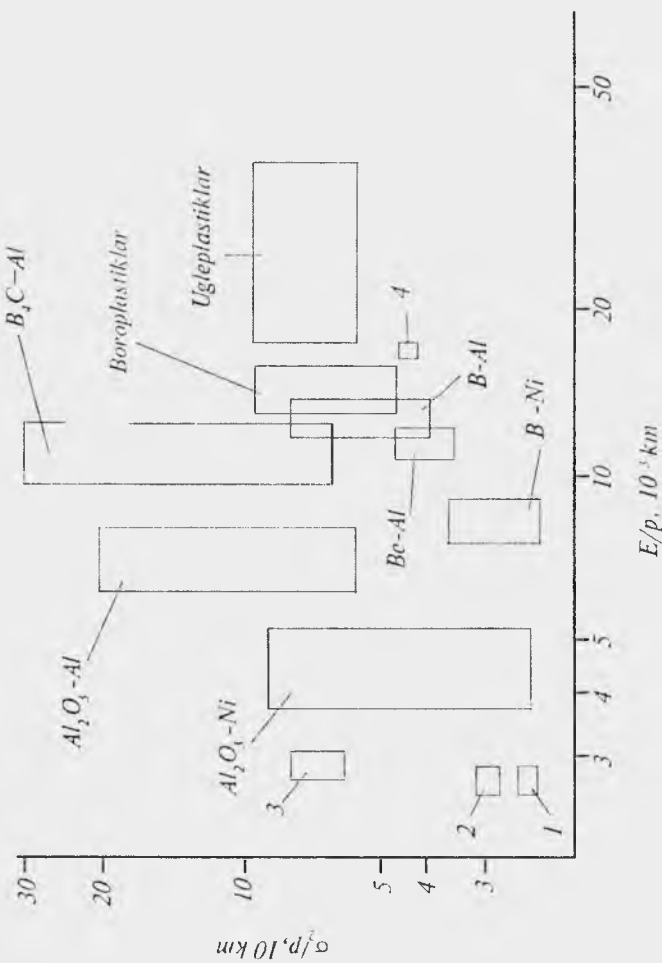
- a) mikroskopik ( $d = 0,01-0,1$  mkm);
- b) mayda ( $d = 1-50$  mkm) bo'ladi.

Xossalari **izotrop** bo'ladi.

Dispers zarralar bilan sinchlangan kompozitsiyalar ko'pincha kukun metallurgiyasi usulida olinadi. Asosiy bosqichlari:

1. Matritsa metali va puxtalovchining kukunlarini aralashmasini olish (maxsus usullar bilan kukunlar olinadi. So'ngra maxsus mashinalarda aralashtiriladi).

2. Po'lat matritsalarida kukunni presslash va ixcham zagotovkaga aylantirish. So'ngra uni termik ishlash — «spekonie» presslash, deformatsiyalash va termik ishlash davrida mahsulot optimal, turg'un dislokatsion strukturaga ega bo'ladi.



15.1-rasm. Nisbiy puxtalik va nisbiy egiluvchanlik moduli:  
 1 – aluminiy uchun; 2 – po‘lat va titan; 3 – oyna plastik;  
 4 – berilliy va boshqa materiallar uchun.

Bunday materiallarda hamma kuchni matritsa o'ziga oladi. Dispers zarralar esa plastik deformatsiyaning rivojlanishiga to'sqinlik qiladi. Bunda dispers zarralar ham yakka holdagi dislokatsiyalarning harakatiga, ham dislokatsiya hosillari harakatiga qarshilik qiladi. Samarali puxtalanish puxtalovchi modda miqdori 5–10% ni tashkil etganda sodir bo'ladi.

Kompozitsiyaning puxtalik darajasiga puxtalovchi dispers zaralarning hajmiy birligi, uning disperslik darajasi va zarrachalar orasidagi masofa ta'sir qiladi. Zarralar orasidagi masofa kichiklashishi bilan qarshilik ortadi. Orovan formulasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma = Gb/l,$$

bunda  $G$  – matritsa materiali siljish («сдвиг») moduli;

$b$  – atomlar orasidagi masofa;

$l$  – puxtalovchi zarrachalari orasidagi masofa.

Sinchlovchi to'ldiruvchilar sifatida ko'pincha qiyin eriydigan oksidlarning, nitridlar, boridlar va karbidlar dispers zarrachalari ( $Al_2O_3$ ;  $ThO_2$ ;  $HfO_2$ ; BN; SiC; WC; TiC) xizmat qiladi. Bu qiyin eriydigan birlashmalar yuqori elastiklik moduliga ega; zichligi past; matritsa materialiga nisbatan inert. Masalan,  $ThO_2$ ;  $Al_2O_3$  larning elastik moduli  $380,5 \cdot 10^3$  va  $146,12 \cdot 10^3$  Mpa ga teng, zichligi 1,0 va  $3,97 \text{ g/sm}^3$ .

## 15.2. Aluminiy matritsali kompozitsion materiallar (nol o'lchamli)

Mashinasozlikda aluminiy asosidagi  $Al_2O_3$  bilan puxtalangan kompozitsion materiallar o'rin olgan. Bular kukun metallurgiyasi usulida aluminiy kukunini presslab, termik ishlab olinadi (САП). Upa zarrachasi «cheshuyka» shaklida bo'lib, qalinligi = 1mk.m. Zarrachalar yuzasidagi oksid plyonka qalinligi  $t = 0,01-0,1 \text{ mkm}$ . САП – pishirilgan alyumin kukuni (спеченная алюминовая пудра). Tarkibi:  $Al_2O_3$  (6–22%) va alyuminiy. Ikkalasi ham kukun holatda. САС – bu pishirilgan alyuminiy qotishmasi (спеченный алюминный сплав). Kimyoviy tarkibi: САП ga Fe, Ni, Cr, Mn, Cu lar qo'shiladi, ya'ni shular bilan legirlanadi.



## CAП ning 20°C dagi mexanik xossalari

Markasi	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : % hajmi	$\sigma_b$ , MPa	$\sigma_{0,2}$ MPa	$\sigma_1$ ,	%E, MPa
CAП-1	6-8	300	200	7-9	67
CAП-2	9-12	320	230	4	71
CAП-3	13-17	400	340	3	76
D20		420	300	11	69

Duraluminiy-Al-Cu-Mg tizimidagi Al qotishmasi D20 ning xossalari toblash (535+–5)°C va 180°C da 124 soat ichida eskirishdan so‘ng. Bu sharoitda D20 ning mexanik xossalari CAП dan yuqori.

CAПning ilg‘orligi – yaxshi tomonlari 300°C dan yuqorida bilinadi, namoyon bo‘ladi. Bu haroratda aluminiy qotishmalari o‘z puxtaliklarini yo‘qotadi.

Dispersli mustahkamlangan qotishma o‘z xossalarini 0,8 T erish haroratigacha ushlab tura oladi, chunki puxtalangan zarrachalarning termodinamik turg‘unligi katta. Kislorod aluminiyda erinmaydi.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ning zarrachalari o‘zaro ta’sir qila olmaydi, chunki oradagi aluminiy matritsa bunga yo‘l qo‘ymaydi. 500°C da deformatsiyanadigan qotishma D19 va D20 larning mustahkamligi  $\sigma_b = 1-5$  MPa ni tashkil qiladi. CA-1 niki  $\sigma_b = 80$  MPa; CAП-2 niki  $\sigma_b = 90$  MPa; CAП-3 niki  $\sigma_b = 120$  MPa.

CAП larning fizik xossalari (elektr o‘tkazish, issiqlik o‘tkazish, termik kengayish koeffitsiyenti) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ning miqdoriga bog‘liq. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ortishi bilan fizik xossalari pasayadi. Lekin CAП-3 ning elektr va issiqlik o‘tkazishi D19 va D20 larnikidan yuqori.

CAП qotishmalari issiq holda qoniqarli deformatsiyanadigan. CAП-1 sovuq holda ham deformatsiyanadigan. CAП oson qirg‘iladi; argon yoy va kontakt usullarida qoniqarli payvandlanadi.

CAП lardan yarimfabrikatlar chiqariladi: listlar, profillar, trubalar, folga. CAП dan yasalgan detallar 300..500°C da bimalol ishlayveradi: kompressor, trubina, ventilator lopatkalari, porshen shtoklari. Issiq va kuch ostida ishlaydigan detallar usti CAП listlari bilan qoplanadi.

### 15.3. Nikel matritsali kompozitsion materiallar (nol o'lchamli)

Bunday kompozitsion materialning puxtalovchi komponentlari zaharli *toriy dioksidi* ( $\text{ThO}_2$ ) yoki *gafniy dioksidi* ( $\text{HfO}_2$ ) zarrachalaridir. Bu materiallar ВДУ-1 va ВДУ-2 deb belgilanadi. ВДУ-3 qotishmasida matritsa vazifasini nikel-xromli qattiq eritma (20% – xrom) bajaradi. Puxtalovchi zarracha-gafniy dioksidi.

Gafniy va toriy oksidlari qisishda yuqori mikroqattqlik va puxtalikni ko'rsatadilar. Matritsa esa maksimum turg'un. Toriy va gafniy oksidlarining hajmi 2–3%.

#### ThO<sub>2</sub> oksidining mexanik xossalari

Mikroqattqlik      Mustahkamlik chegarasi, qisishdagi MPa  
MPa

	20°C	400°C	600°C	800°C	1000°C
9690	1372	1078	588	490	352,8

HfO<sub>2</sub> oksidining mexanik xossalari yuqoridagi ThO<sub>2</sub> nikidan kam farq qiladi.

Issiqqa bardoshligi oksid zarrachalarning soni, o'lchamlari, matritsa dipolarining ham o'lchamlari, shakli va qurilishiga bog'liq. Matritsaning bu dipolari bosim ostida va termik ishlash davrida hosil bo'ladi.

ВДУ-1, ВДУ-2, ВДУ-3 larning issiqqa bardoshligi oddiy haroratda nikel asosidagi issiqbardosh po'latlarnikidan past. Lekin, harorat ko'tarilishi bilan ВДУlarning issiqqa bardoshligi (shu haroratdagi mustahkamligi) harorat uchun nikel asosidagi issiqqa bardosh po'latlarning mustahkamligidan katta bo'ladi.

### 15.4. ВДУ larning va nikel asosidagi issiqbardosh po'latlarning puxtalik xarakteristikasi

Qotishma markasi	Yarimfabrikat	$\sigma_{1000}$ MPa	quyidagi haroratda, °C		
		900	1000	1100	1200
ВДУ-1	Chiviq	140	120	100	65

ВДУ-2	Chiviq	95	80	65	40
ВДУ-3	List	105	85	65	40
ЖС-6К	Chiviq	170	70	20	—
ЕП-868	List	30	15	—	—

ВДУ-1, ВДУ-2 plastik, shuning uchun turli harakatda har xil usullar bilan deformatsiyadanigan: bolg'alash, shtamplash, cho'k-tirish, botirish.

Bir-biri bilan yuqori haroratli kavsharlash vositasida birlashtiriladi. Diffuzion payvandlashni ham qo'llash mumkin.

ВДУ-2, ВДУ-3 truba, chiviq, list, sim, folga sifatida chiqariladi. Bular, asosan, aviatsiya dvigatellari uchun ishlatiladi: lopatkalar, alanga stabilizatori, yonish kamerasi.

### 15.5. Bir o'lchamli to'ldirgichli kompozitsion materiallar

Bu tipdagi kompozitsion materiallarda puxtalovchi komponent sifatida bir o'lchamli elementlar *ipsimon* kristall, tola (sim) shaklida ishlatiladi. Tolalar va boshqa sinchlovchi elementlar matritsa vositasida bir bo'lak qilib mahkamlanadi — qotiriladi. Matritsa tolalarni buzilishdan, zarb yeyishdan, uzilishdan saqlaydi. Matritsa kuchlanishni tolaga uzatadi. Agar bitta tola uzilsa, kuchni qayta taqsimlaydi. Bu yerda asosiy shart — tolalar matritsa bo'ylab bir tekisda bo'lingan bo'lishi lozim.

Kompozitsion xossalarga sinchlovchi tolalarning puxtaligi, matritsaning bikrligi, matritsa bilan tola orasidagi bog'liqlik mustahkamligi ta'sir qiladi.

### 15.6. Tolalar bilan puxtalash

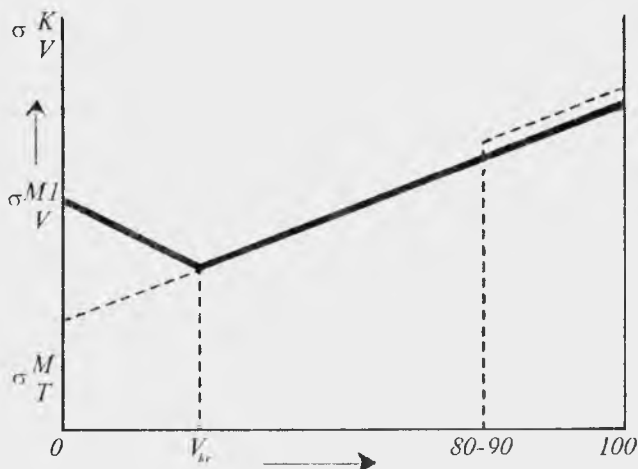
Matritsaga joylashgan tolalarning elastik moduli ( $E_t$ ) matritsa materialining elastik moduli ( $E_m$ ) dan katta bo'lishi kerak:  $E_t > E_m$ .

Bu kompozitsiyaning mexanik xossalari yuqori bo'lishining asosiy va zaruriy sharti.

Kompozitsion materiallar nazariyasi shuni taqozo qiladiki, tolalar butun matritsa bo'yicha bir tekisda joylashgan bo'lishi kerak va

matritsa – tola chegarasida hech qanday sirpanish bo‘lishi mumkin emas. Shunda kuch matritsa va tolalar orasida bir xil bo‘linadi. Kompozitsiya, matritsa va tola deformatsiyalari teng bo‘ladi:  $\xi_k = \xi_m = \xi_t$ .

Bu holda kompozitsiya puxtaligi  $\sigma_{v.kom}$  tolalarning hajmiga qarab o‘zgaradi (15.2-rasm).



15.2-rasm. Tolali material mustahkamligining to‘ldirgich miqdoriga qarab o‘zgarishi.

Holi tolalarning hajmi  $\vartheta_{tola} < \vartheta_{kr}$  bo‘lganda kuchni tolalar qabul qilib uziladi va kuchni faqat matritsa qabul qiladi. Hajm  $\vartheta_{kr}$  dan oshgach ( $\vartheta_{tola} > \vartheta_{kr}$ ), kuchni tola oladi va uning puxtaligi kompozitsiya puxtaligini aniqlaydi.

Kompozitsiya puxtaligi matritsa va tola puxtaliklarining yig‘indisiga teng:

$$\sigma_{v.kom} = \sigma_{v.tola} \cdot \vartheta_{tola} + \sigma_{v.matr} (1 - \vartheta_{tola}).$$

Shu kabi elastik moduli ham:

$$E_{kom} = E_{tola} \cdot \vartheta_{tola} + E_{matr} (1 - \vartheta_{tola}).$$

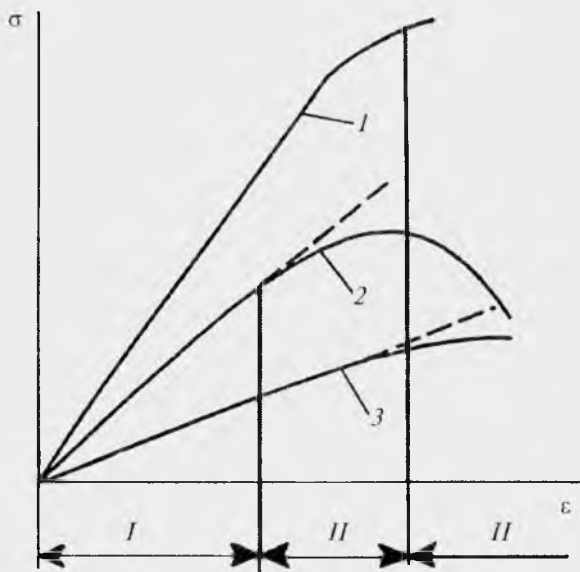
Kompozitsiyaning puxtaligi  $\vartheta_{tola} = 0,8-0,9$  gacha bo‘lguncha oshadi.

Bundan so'ng matritsa materialini tola bilan to'ldirish qiyin. Matritsa bilan bog'lanishi pasayib, ular bir-biriga nisbatan sirpanishi mumkin.

Puxtalovchi tolalarning matritsada kritik hajmi quyidagicha aniqlanadi:

$$\vartheta_{kr} = (\sigma_{v.mat.} - \sigma_{t.mat.}) / (\sigma_{v.tola} - \sigma_{t.mat.}).$$

Kompozitsion materiallarning tola yo'nalishi bo'yicha berilgan kuch ta'siri ostida deformatsiyasi uch bosqichda o'tadi (15.3-rasm).



15.3-rasm. Cho'zish diagrammasi:

1 – tola; 2 – matritsa;

3 – bir tomonga yo'nalgan tolali kompozitlar uchun.

Birinchi (I) bosqichda elastik deformatsiya bo'ladi. Bu tolaga ham, matritsaga ham tegishli.

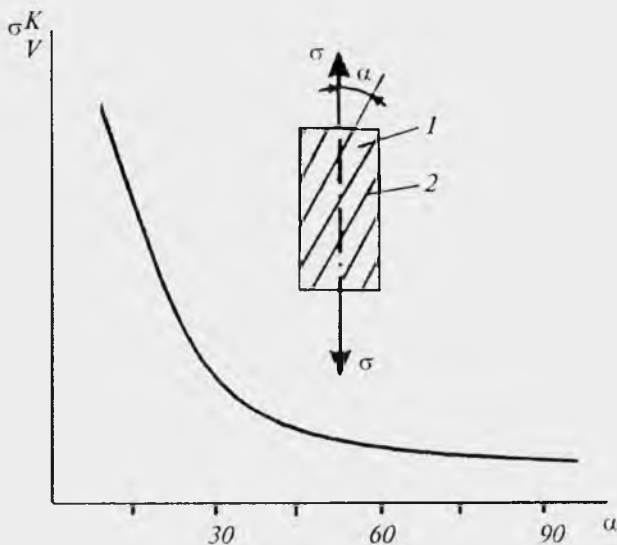
Ikkinchi (II) bosqichda matritsa elastik-plastik holatga o'tadi, tolalar esa elastik deformatsiyadanidan. Bu holda elastik moduli quyidagicha bo'ladi.

$$E_{kom} = E_{tola} \vartheta_{tola} + (d\sigma_{mat.} / d\epsilon_{mat.}) \vartheta_{mat.}$$

bunda:  $d\sigma_{mat.} / d\varepsilon_{mat}$  matritsaning deformatsion puxtalanishi.

Uchinchi (III) bosqichda kompozitsiya puxtaligi keskin pasayadi, chunki mo'rt tolalar uziladi va matritsa buziladi.

Tolali **kompozitlar anizotrop material** hisoblanadi. Mexanik xossalari tolalarning kuch yo'nalishiga qarab joylashishiga bog'liq (15.4-rasm).



15.4-rasm. Bir tomonga yo'nalgan tolali kompozit mustahkamligining tola yo'nalish burchagiga qarab o'zgarishi:  
1 – matritsa; 2 – tola

Bu kamchilikni tola materialini to'g'ri tanlab, hajmiy sinch tolalarini, detallarini shunday tanlash kerakki, kuch tola bo'yicha ta'sir qilishi bilan to'g'rilanadi.

### 15.7. Sinchlovchi materiallar va ularning xossalari

Kompozitsion materiallarni puxtalash uchun yuqori puxtalikdagi:

a) po'lat simlar, volframdan, molibdendan olingan simlar, ularning qotishmalaridan olingan simlar va h.k.

b) bor, uglerod, oyna-shisha; aluminiy nitridi va kremniy nitridi oksidi monokristalli tolalaridan foydalaniladi.

**Simlar** – eng arzon hammabop sinchlovchi material. Po‘lat va berilliydan olingan detallar uchun ishlatiladi. Volfram va molibdendan yasalgan simlar o‘rta hamda yuqori haroratda ishlatiladi.

Hozirgi va o‘tda puxtalash uchun austenit, austenit-martensit, martensit klassidagi po‘latdan olingan tola-simlar ishlatilmoqda.

**Austenit klassidagi** (X18H9, X18H10T) po‘latlarni 92% ga qisib, kiryalab («волочение») sim olinadi. Bunda puxtalik birdaniga ortib, plastiklik anchagina pasayadi. Turg‘un emas austenitning martensitga aylanishini tezlashtirish uchun zagotovka sovuq (minus) haroratgacha sovitiladi – bunga sovuqlayin ishlash («обработка холодом») deyiladi.

Martensit strukturali simning puxtaligi austenit strukturalik-nikidan 40–50% yuqori. Martensit klassidagi po‘latlar 30X13; H17H2; 13X14H3FA dan, ularni 950–1000°C da toblab (suvda yoki yog‘da), bo‘shatib yuqori puxtalikdagi simlar olinadi. Masalan, 30X13 ning puxtaligi 2000 MPa ga yetadi.

Austenit va martensit klassidagi po‘latlardan yasalgan sim 380–400°C da puxtaligini yo‘qotadi.

Austenit-martensit klassidagi 20X15H5AM3 po‘lat puxtaligini 480–500°C da ham ushlab turadi. Sovuq holda kiryalash (80%) bilan uning puxtaligini ancha oshirish mumkin: 3200 MPa.

Puxtalanish simning diametriga bog‘liq: diametr kichiklashishi bilan puxtalanish ortadi.

**Volfram va molibdendan olingan simlar.** Volfram va molibdendan hamda ularning qotishmalaridan olingan simlar, asosan, **kukun metallurgiyasi** usulida olinadi. Oxirida kiryalanadi. Volfram simlarini olishda qo‘shimcha sifatida oksidlar: ThO<sub>2</sub>; SiO<sub>2</sub>; La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lar ishlatiladi. Bu volfram simining mustahkamligini yetarli darajada ushlab turadi.

Oldin diametri 2,75 mm bo‘lgan shtabiklar olinadi: po‘lat shaklda, bosim  $R = 4-6 \text{ ts/sm}^2$  da, gidroresslarda, 3000°C haroratda termik ishlab – pishirib («spekaniye»). Kiryalash 1000°C da boshlanib, asta pasaytirib, oxirgi davrda 400–600°C ga tushiriladi. Bir necha bor yumshatiladi: birinchisi 800°C da, qolganlari 600–

750°C da. Yumshatish bilan birga kiryalanadi: diametri  $d = 0,3; 0,12; 0,05$  mm li kiryalar («Филера»).

### 15.8. Diametri 0,5 mm bo'lgan volfram simlarining xossalari

Sim markasi	Harorat, °C	Puxtalik, MPa	Uzoq muddatli puxtalik, 100 soat. MPa	Oquvchanlik chegarasi, 6Ч10-5
VA	900	1320	630	760
W+ qo'shimcha —«prisadka»	1000 1100	1130 —	480 350	630 470
SiO <sub>2</sub> vaAl	1200	740	330	380
BT-15	900	—	—	—
W+	1000	1200	660	830
2% ThO <sub>2</sub>	1100	1090	440	600
	1200	850	410	520
BP-20	900	2670	1170	1950
W+	1000	2140	1060	1300
20% Re	1100	1990	420	690
	1200	1390	240	350

BP-20 ning puxtaligi, uzoq muddatli puxtaligi 1100°C gacha ancha yuqori. BT-15 esa 1200°C da ham uzoq muddatli puxtaligini saqlagan.

Molibden, volfram, tantaldan yasalgan simlar o'z mustahkamliklarini 1200–1500°C da saqlab turadi. Molibdenli simlar ham shu yo'sinda olinadi. Molibden volframga nisbatan ancha plastik. Past haroratda ishlanadi, volframga nisbatan (100–200°C) past haroratda. Molibden qo'shimchasiz sovuq holda ham deformatsiyani va 0,3 dan 0,02 mm gacha diametrlilik sim olinadi.

Umuman, volframli va molibdenli simlarni issiqbardosh kompozitsion materiallarni sinchlash uchun ishlatish maqsadga muvofiq bo'ladi.



**Berilliyli simlar.** Berilliyning zichligi kam:  $\gamma = 1850 \text{ kg/m}^3$ ; katta mustahkamlikka va Yung elastik moduliga ega. Bular berilliyning nisbiy xarakteristikalarini.

**Berilliy simi** 400–480°C da kiryalanadi. Bu haroratda berilliy plastikligi juda yuqori bo‘ladi va kam uglerodli po‘lat plastikligiga yaqin keladi. Berilliy metall qobig‘i ichida, masalan nikel qobig‘ida kiryalanadi. Kiryalab bo‘lgandan so‘ng, qobiq eritib olib tashlanadi («travit»). So‘ng sim yuzasi elektrokimyoviy sayqallanadi. Metall qobiq sifatida matritsa materiali ham ishlatiladi. Bu holda elektrokimyoviy eritish va sayqallash operatsiyalari bo‘lmaydi.

Diametri 1,8 mm bo‘lgan berilliy simi  $\sigma_v = 1129 \text{ MPa}$ ,  $E = 320 \cdot 10^3 \text{ MPa}$  ga ega. Qattiq deformatsiyalangan berilliy tolasi yuqori rekristallanish haroratiga ega: 700°C. Kamchiligi: past plastikligi ( $\delta = 1\text{--}2\%$ ) va zaharligi.

Berilliy simi ko‘pincha matritsasi aluminiy, magniy yoki titandan bo‘lgan kompozitlarni puxtalash uchun ishlatiladi.

**Uglerodli tolalar.** Bular poliakriponitrilli gidrotsellulozali toladan yoki neftli smola asosida olingan tolalardan olingan. Uglerodli tolalarni olish texnologiyasi organik dastlabki tolalarni issiq ta‘sirida parchalanishiga asoslangan. Qizdirish *boshqariladigan atmosferada* olib boriladi.

Uglerodli tolalarni ishlab chiqarish quyidagi operatsiyalardan iborat:

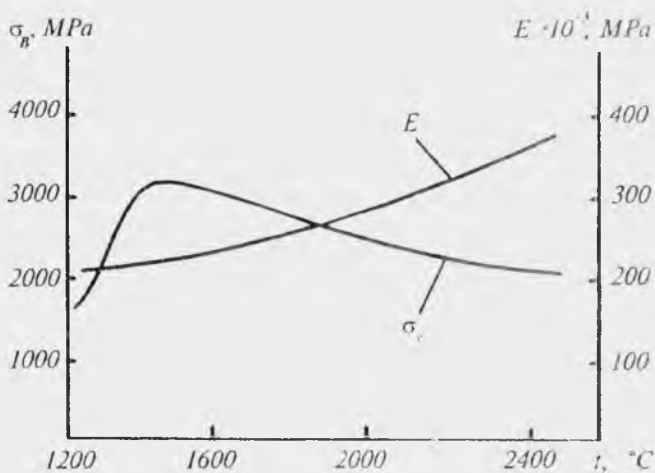
1. Oksidlash.
2. Karbonizatsiyalash.
3. Grafitlash.

Tolalar 200–300°C da olib boriladi. Karbonizatsiya 900°C dan yuqorida vodorod muhitida o‘tadi. Unga o‘tga turg‘unlik xossasi beriladi 2500°C dan yuqorida uglerod tolasi hosil bo‘ladi.

Ishlash vakuumda yoki inert gaz (azot, argon, geliy) muhitida olib boriladi. Uglerod tolasi xossalariga yakunlovchi harorat katta ta‘sir qiladi.

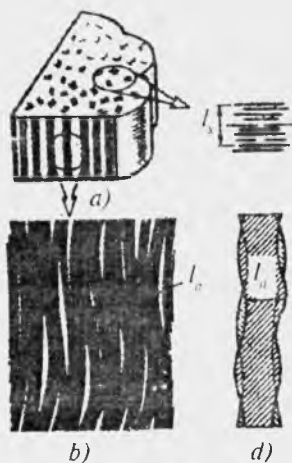
Grafitlash haroratini o‘zgartirib, tola xossalarini boshqarish mumkin (15.5-rasm).

Uglerodli tolalar strukturasi tasmasimon kondensirovkalash uglerod qatlamlari tizimidan iborat. Bu *geksogonal strukturali*, nomi *mikrofibrillalar*. Bir xil yo‘naltirilgan mikrofibrillar guruhi



15.5-rasm. Uglrodli tolalar xossalariga grafitizatsiya qilish haroratining ta'siri.

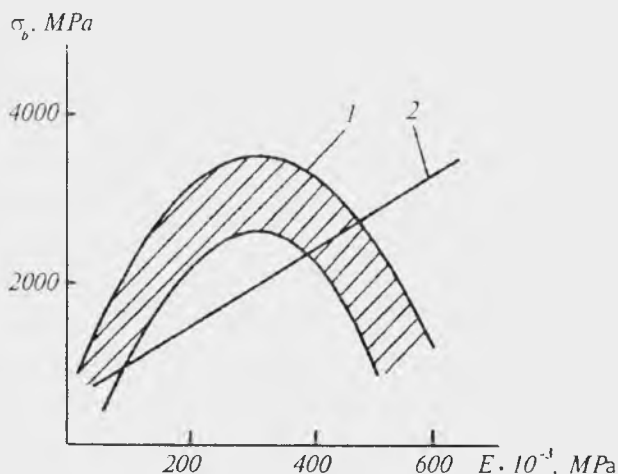
**fibrillalarni** tashkil qiladi. Bunda mikro fibrillalar bir-birlaridan tor tirqishlar bilan ajralib turadi (15.6-rasm).



15.6-rasm. Uglrodli tolalar qurilishining sxemasi:

a – umumiy koʻrinish; b – fibrillalarning uzunasiga kesimi;  
d – mikro fibrillarning koʻndalang kesimi;  $l_f$  va  $l_m$  – mikro fibrillaning koʻndalang oʻlchamlari.

Fibrillalarning o'zaro joylanishi, ularning «oriyentatsiya» darajasi dastlabki xomashyo tolaning cho'zilish darajasi makromolekula tarkibi tola olish texnologiyasiga bog'liq. Shuning uchun har xil dastlabki materiallardan olingan tolalarning puxtalik va bikrlilik xossalari bir-biriga nisbati ham puxtalik xossalari ham har xil (15.7-rasm).



15.7-rasm. Poliakrilnitrildan (1) va viskozadan (2) olingan uglerodli tolalarning vaqtincha qarshiligi va egiluvchanlik moduli orasidagi bog'liqlik.

Uglerodli tolalar puxtaligiga nuqsonlar ancha ta'sir qiladi: g'ovaklik, darz ketish.

Mexanik xossalari qaraib 2 xil bo'ladi:

**1. Yuqori puxtalikdagi tola:**  $\sigma_b = 2500\text{--}3200$  MPa,  
 $E = (180\text{--}220)10^3$  MPa.

**2. Yuqori modulli tola:**  $\sigma_v = 1400\text{--}2200$  MPa,  
 $E = (350\text{--}550)10^3$  MPa.

Korxonalar uglerodli tolalarni buralgan yoki buralmagan arqon shaklida chiqaradi. Arqondagi tolalar soni: 1000–160000 tola, diametri  $d = 7$  mikm. Kamchiliklari:

1) havoda oksidlanishga moyilligi;

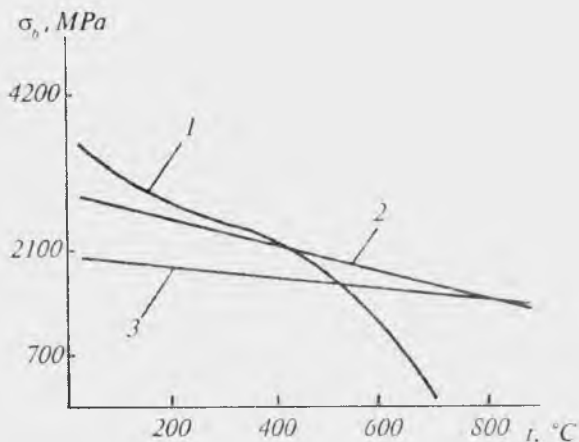
2) metall-matritsa bilan kimyoviy aktivligi;

3) polimer-matritsa bilan adgeziya pastligi.

Yuqoridagi 2 kamchilikni yo'qotish uchun tolaga metall va keramika qoplama beriladi.

Bo'r tolasi. Diametri  $d = 12$  mkm bo'lgan, tozalangan va dastlab  $1100-1200^{\circ}\text{C}$  gacha qizdirilgan volfram simiga gaz fazodan ( $\text{Bc}_{12} + \text{H}_2$ ) bo'r o'tirishi bilan bor tolasi olinadi. Natijada, o'rtasi volfram bo'ridi ( $\text{WB}$ ;  $\text{W}_2\text{B}_3$ ;  $\text{WB}_4$ ) hosil bo'ladi: diametri  $15-17$  mkm. Buning atrofida polikristallik bo'r joylashadi. Hosil bo'lgan tola diametri hammasi bo'lib  $70-200$  mkm bo'ladi. O'rta o'zagi puxtaligi umumiy tola puxtaligidan past bo'ladi. O'rta siqilgan, atrofi cho'zilgan bo'ladi – bu kuchlanishga va darz ketishga olib keladi.

Bo'r tolalari bebaho xossalarga ega: kam zichlik ( $\gamma = 2600$   $\text{kg/m}^3$ ), yetarli darajadagi yuqori mustahkamlik ( $\sigma_b = 3500$  MPa). Yung moduli  $420\,000$  MPa da va erish harorati  $2300^{\circ}\text{C}$ . Bo'r tolasi havoda  $400^{\circ}\text{C}$  da tez oksidlanadi.  $500^{\circ}\text{C}$  dan yuqorida matritsa – aluminiy bilan reaksiyaga kirishadi. Buni yo'qotish va issiqbardoshligini oshirish uchun tola yuzasi kremniy karbidi bilan  $3-5$  mkm qalinligida qoplanadi. Buning nomi **borsiq**. Yuqori haroratda borsiqning puxtaligi bo'r tolasinikidan yuqori bo'ladi (15.8-rasm).



15.8-rasm. Tolalar mustahkamligining haroratga qarab o'zgarishi:

1 – tola bo'rdan yasalgan; 2 – bo'rdan yasalgan;

3 – kremniy karbididan yasalgan.

Korxonalarda monotola shaklida g'altaklarda chiqariladi. Bo'r tolalari polimer va aluminiy asosli matritsali kompozitlar ishlab chiqishda qo'llaniladi.

**Kremniy karbidi tolalari.** Olish texnologiyasining bo'r tolalari olish texnologiyasidan farqi yo'q.

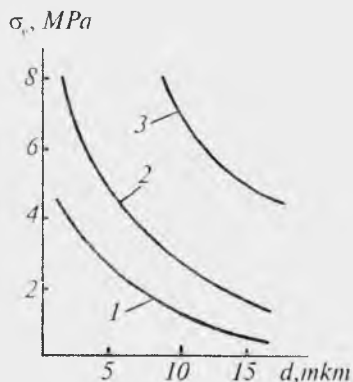
Asos uglerod bo'lgan (o'rtasi) kremniy karbid tolalari arzon. Lekin yuza nuqsonlariga injiq, puxtaligi kamroq.

Metall matritsali yuqori haroratda ishlaydigan kompozitlarni sinchlashda qo'llaniladi.

**Shisha tolalar.** Eritilgan 1200–1400°C da shisha diametri 0,8–3 mm bo'lgan fileradan o'tkaziladi va tezda bir necha mikro-metrgacha cho'ziladi. Diametri 3–100 mkm bo'lgan tola barabanga o'raladi, uzunligi 20 km gacha bo'ladi. Tolaning ko'ndalang kesim yuzasi kvadrat, to'g'ri to'rtburchak, dumaloq, uchburchak va oltiburchak shaklda bo'ladi.

Bu zich joylashish va yuqori puxtalikni ta'minlaydi. Shisha tolasining asosi – bu kremniy dioksididir ( $\text{SiO}_2$ ). Shisha hosil qiluvchi tabiatiga qarab silikatli ( $\text{SiO}_2$ ), alyumosilikatli ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ – $\text{SiO}_2$ ), alyumobosilikatli ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ – $\text{B}_2\text{O}_3$ – $\text{SiO}_2$ ) bo'ladi.

Yuqori puxtalikdagi S-shisha tarkibi: 65%  $\text{SiO}_2$ ; 25%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 10%  $\text{MgO}$  uy haroratida 4,5·10<sup>3</sup> MPa mustahkamlikka ega. Egiluvchanligi 87·10<sup>3</sup> Pa. Shisha tolalarining diametri ortishi bilan uning puxtaligi kamayadi (15.9-rasm).

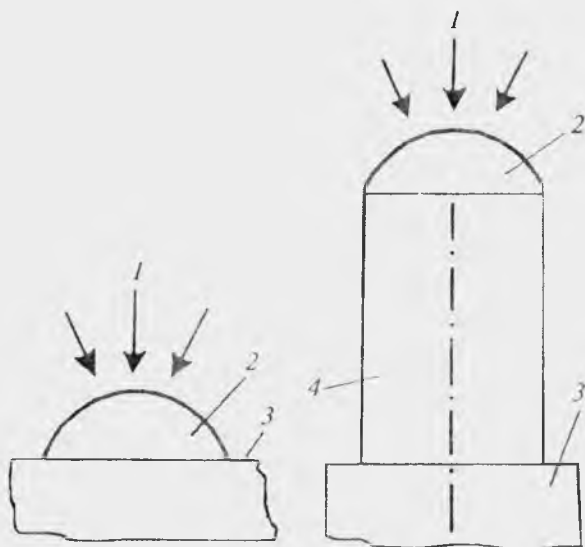


15.9.-rasm. Ishqorli (1), ishqorsiz (2) alumoborosilikatli (3) oynalar mustahkamligini uning diametrigiga bog'liqlik grafigi.

Ingichka tolada mikrodarzlar va g'ovaklar kam bo'ladi. Lekin, juda ingichkalari (ishlash va ishlatishda) tezroq uziladi. Shuning uchun o'rtacha 5–15 mkm olinadi.

Shisha tolalari arqon, ip, tasma, to'qima, matolar ko'rinishida kompozitlarni sinchlash uchun ishlatiladi.

**Ipsimon kristallar (mo'ylovlar).** Karbidlar va kremniy nitridlari aluminiy oksidi va nitridlari hamda boshqa qiyin eriydigan birikmalarning ipsimon kristallari gaz fazasidan transport reaksiyasi, piroliz reaksiyasi bilan cho'ktirib («осаждение») olinadi (15.10-rasm).

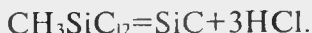
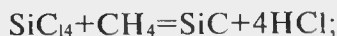


15.10.-rasm. Bug' – suyuqlik – kristall mexanizmi bo'yicha kremniy kristallarining o'sish sxemasi:

1 – bug'; 2 – Au-Si eritmasining tomchisi;  
3 – kremniyli yostiqcha; 4 – kremniy kristalli.

Tizim: bug' – suyuqlik – qattiq faza.

Kremniy karbidi ipsimon kristallari o'sishi xlorisilan va uglevodorodlar hisobiga bo'ladi:



Suyuq faza sifatida 3 lik faza: temir-uglerod-kremniy qo'laniladi. *Yostiqla* («подложка») sifatida grafit. Jarayon 1250–1350°C da o'tadi.

Kremniy kristalligi diametri mikronning ulushidan bir necha 10 mikrongacha bo'ladi. Uzunligi 60–80 mkm.

Mo'ylovlar, ipsimon kristallarning strukturali mukammallashgan va puxtalik xossalari nazariy xossalarga yaqin.

Grafit mo'ylovlari nisbiy puxtalik va bikrlilik bo'yicha yuqori ko'rsatkichga ega. Lekin metall matritsada yuqori haroratda turg'un emas.  $Al_2O_3$ ; SiS mo'ylovlari va qiyin eriydigan birikmalar mo'ylovlari metall matritsali kompozitlar uchun eng yaxshi puxtalovchi hisoblanadi.

### **15.9. Metall asosidagi tolalar bilan sinchlangan kompozitsion materiallarni olish**

Har xil matritsa materiallari va turli tolalar bilan sinchlangan kompozitlarni olish usulini tanlash quyidagi omillarga bog'liq:

1) matritsa va puxtalovchilarning dastlabki materiallari o'Ichamlari, profili va tabiati;

2) matritsa-puxtalovchi chegarasida mustahkam bog'lanish hosil qilish imkoniyati;

3) tolalarning matritsada bir tekisda taqsimlanishini olish;

4) kompozitsion materialni olish va undan detal yasash jarayonlarini bir vaqt ichida olib borish («совмешать»);

5) jarayonning iqtisodiy tejamkorligi.

Kompozitsion materiallarni olish usullari tolalarni eritma bilan to'yintirish sharoitlariga qarab bo'linadi:

1. Normal bosimda.

2. Vakuum sharoitida.

3. Bosim ostida.

4. Vakuumda to'yintirish va bosim ostida quyish elementlari birgalikda.

Kompozitsion materiallarning xossalari tolalar uzluksiz joylashgan detallarda to'la namoyon bo'ladi. Yana iloji boricha kompozitsion materialni olish va detalni yasash bir jarayonda olib borilsa maqsadga muvofiq bo'ladi.

## 15.10. Aluminiiy matritsa kompozitsion materiallar

Kompozitsion materiallarning matritsasi sifatida texnikaviy aluminiiy va uning qotishmalari ishlatiladi:  $A^{m_{ts}}$ ,  $A^{m_g}$ , AD1, D16, SAP va boshqalar.

Sinchlovchi material sifatida yuqori puxtalikdagi po'lat (08X18H9T; 1X15H4AM3; EP322 va h.k.) simlari, berilliiy simlari, bor, kremniy karbidi, uglerod tolalari ishlatiladi.

Po'lat simlar bilan sinchlangan kompozitsion material prokatlanadi. Prokatka rejimi harorat, defshakltsiya yo'nalishi va darajasi bilan aniqlanadi.

Prokatlash harorati po'latning puxtaligini yo'qotish («разупрочнение») harorati bilan aniqlanadi. Masalan, 08X18H9T va 12X18H10T po'latlari uchun prokatlash harorati 380–400°C, (bu po'latlarning puxtaligini yo'qotish harorati 400°C). Shu 15X15H4AM3 va EP322 po'latlari uchun prokatlash harorati 420–450°C (puxtalikni yo'qotish  $t = 450^\circ\text{C}$ ).

Deformatsiya yo'nalish prokatlashda prokatlash davrida tolalar uzilib ketmasligi uchun sinchlar yo'nalishiga qiyaroq qilib olinadi.

Korxonalarda kompozit KAC-1 ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan. Bunda puxtalovchi-sinch 1X15H4AM3 po'latidan yasalgan sim (diametri  $d = 0,15$  mm). Matritsa AV yoki САП-1.

Po'lat sim bilan sinchlangan aluminiiy matritsali kompozitlarning mexanikaviy xossalari.

Sinchlash natijasida kompozitsiyaning puxtaligi 10–12 marta oshadi: to'ldirgich-simining hajmi 25% ni tashkil qiladi. Agar sinchlar hajmi 40% yetkazilsa,  $\sigma_b = 1700$  MPa ga teng bo'ladi.

Po'lat sim bilan sinchlangan (25–40%) aluminiiy matritsali kompozitning mexanikaviy xossalari titan qotishmalari xossalariga tenglashadi.

Bu kompozitni sovuqlayin deformatsiyalab, toblab va eskirtirib, uning mexanik xossalarini yanada oshirish mumkin. (Agar aluminiiy termik ishlanadigan bo'lsa).

Yuqori haroratda ishlaydigan detallar uchun matritsa sifatida САП ni olish maqsadga muvofiq.



Matritsa materiali	To'ldirgich		Zichlik, t/m <sup>3</sup>	Puxtalik, MPa	Egiluvchanlik moduli, E 10-3, MPa
Sim materiali, MPa	Hajmi, %				
AD1	X18H9T	7-24	3,1-3,9	160-465	100
	1850				
AMg6	X18H9T	5-20	2,9-3,7	390-630	70-90
AMg6	EP322	5-25	2,9-4	420-1000	80-101
	2700				
CAП1	1X15H 4AM3	40	4,8	1700	100
	4200				

CAП-1 ni po'lat sim(X19H9) bilan (15%) sinchlanishi, uning puxtaligini 250°C da 2,3 marta, 350°C da 3,9 marta; 500°C da 5,6 marta oshiradi.

**Aluminiy-bo'r tolasi** tizimidagi kompozitlar yanada puxta va bikr, 400-500°C da ham bemalol ishlayveradi. Chunki, bo'r harorat ta'sirida puxtaligini kamaytirmaydi.

Aluminiy bo'r (Al-B) tizimida kompozitlarga misol: BKA-1. Bo'r miqdorining ortishi bilan kompozitsiyaning puxtaligi va bikrligi ortadi. BKA-1 da 50% bo'r mavjud.

Agar aluminiy bor tolalari bilan sinchlansa, kompozitsiya puxtaligi 500°C da 600 MPa ni tashkil etadi.

Agar borsiq hajmi 65% bo'lsa, puxtalik 1600 MPa ga yetadi va uzoq vaqt (1000 soat) saqlanib turadi; 300-500°C da ham.

Aluminiy matritsa uglerod tolasi bilan puxtalangan kompozit ancha arzon, lekin mexanik xossalari pastroq.

Agar titan bilan sinchlansa, kompozitning egiluvchanlik moduli va ishlash harorati ko'tariladi.

## 15.11. Nikel matritsali kompozitsion materiallar

Ko'proq issiqbardosh nikel qotishmalari sinchlanadi; ishlash vaqti va haroratini ko'tarish maqsadida (1100–1200°C). Puxtalovchilar:  $Al_2O_3$  ning ipsimon kristallari (mo'ylovlari), qiyin eriydigan metall va ularning volfram va molibden asosidagi qotishmalari simlari; uglerod va kremniy karbidi tolalari.

Nikel va nixrom  $Al_2O_3$  iplari bilan kukun metallurgiyasi usulida sinchlanadi. Bunday kompozit xarakteristikasi: 9%  $Al_2O_3$  bo'lsa,  $\sigma_b = 1800-2100$  MPa, nisbiy puxtalik 22–25 km.

Issiqbardosh nikel qotishmalarini volfram bilan sinchlangan kompozitlari ko'proq tarqalgan. Plastik deformatsiya usuli bilan olinadi: prokatlash, portlatib payvandlash.

Vakuumdagi issiq holda presslanadi: bir qavat issiqqa chidamli nikelxromovolframli qotishma XH60B, bir qavat W15 dan sim ( $d = 0,15-0,18$  mm).

Shu tarzda qavatma-qavat presslanaveradi. Bu kompozit 1100–1200°C da ishlaydi.

Bunday kompozitlarning vakili BKH-1. Matritsa: quyma issiqqa bardosh qotishma ЖС6К, sinchlovchi: volfram simi BA,  $d = 0,5$  mm.

## 15.12. Noorganik matritsa asosidagi kompozitsion materiallar

Noorganik polimerlar asosidagi matritsalaridan tuzilgan kompozitsion materiallar istiqbolli material hisoblanadi.

Noorganik polimer bog'lovchilarning tipik vakillari: silikatlar, keramika, nitridlar, boridlar, karbidlardir. Bularni olish oson. Maxsus xossasi: atom bog'lanishining puxtaligi polimer zanjirini tashkil qiladi.

Eng ko'p tarqalgani keramik kompozitsion materiallar. Bular metallarning va kislorodsiz birikmalarning oksidlari (karbidlar, boridlar, nitridlar, silitsidlar) asosida yaratiladi.

KMM larning yaratilishi yangi texnikani yaratishga imkon beradi: yuqori haroratda ishlaydigan, yeyilmaydigan, puxta va h.k.

### 15.12.1. Keramik kompozitsion materiallarning asosiy turlari

Bularda matritsa keramikadan yasalgan: metall emas mineral xomashyoni (loylar) qizdirib, bosim ostida presslab («спекание») olingan.

1. Xomashyo turiga bo'linadi:

a) **oksidli** (texnikaviy) keramika; metall oksidlari asosida:  $Al_2O_3$ ;  $ZrO_2$ ;  $CaO$ ;  $MgO$ ;  $BeO$ ;  $UO_2$ .

b) oksidsiz, asosiy kislorodsiz birikmalar: karbid  $MeC$ ; borid  $MeBn$ ; nitrid  $MeN$ ; silitsid  $MeSin$ .

2. Struktura belgilariga qarab KKM lar 5 guruhga bo'linadi:

a) dispersli;

b) polikrisitallik yo'llanmagan (tartibsiz) tolalar ipsimon kristallar va simlar bilan sinchlangan;

d) yo'llangan (tartibli) tolalar bilan (shu bilan birga evtektika bilan) sinchlangan;

e) qavatma-qavat – qatlama;

f) dona qavatli.

**Dispers KKM larda** matritsa va to'ldirgich hajm bo'yicha bir tekisda tarqalgan. Sinchlanganlarda tola erkin ixtiyoriy yoki yo'llangan joylashishi mumkin. Sinch sifatida metall va ular qotishmalarining simlari ishlatiladi. Sinch sim yoki har xil to'qilgan to'r shaklida bo'lishi mumkin. Simlar uglerodli, zanglamaydigan va martensit po'latlaridan yasaladi. Yuqori puxtalikdagi KKM lar titan, berilliy, volfram, molibden simlari bilan sinchlanadi. KKMlarni to'ldirgich sifatida bo'r, kremniy karbidi, bor (B/Si), uglerod, shisha tolalari ishlatiladi.

Issiqqa bardosh va issiqdan saqlaydigan materiallarni k.m.ni ishlab chiqarish texnologiyasi tez o'smoqda. Bularning tolalari keramikadan ishlanadi.

Keramik tolalar uchun xomashyo sifatida  $Al_2O_3$ ;  $Al_2O_3$   $Cr_2O_3$ ;  $SiO_2$  tolalari ishlatiladi.

Hozirda  $Al_2O_3$ ;  $SiC$ ;  $AlN$ ;  $TiO_2$  asosidagi ipsimon kristallar to'ldirgich sifatida ko'proq qo'llanilmoqda.

Qatlama KKM larning komponentlari qavat-qavat joylashgan. **Metall folgasi** to'ldiruvchi sifatida ishlatiladi.

### 15.12.2. Keramik kompozitsion materiallarning komponentlarini tanlash

Dastlabki xomashyoni 3 guruhga bo'lish mumkin:

1) barcha-keng harorat doirasida bir-biri bilan kimyoviy reaksiyaga kirishadiganlar;

2) yuqori haroratda reaksiyaga kirishuvchilar;

3) kimyoviy reaksiyaga kirishmaydi.

KKM larning puxtaligi har bir komponentning xossalari va ularning kimyoviy birlashishiga bog'liq.

Masalan, matritsasi keramikali, to'ldirgichi metall dan bo'lgan KKM ning puxtaligi agar 3–4% hajmida keramika va metall orasidagi kimyoviy bog'liqlikni oshiradigan modda qo'shilsa, 3–4 marta ortadi. Bu modda karbidlar bo'lishi mumkin.

Komponentlarning qizdirib, qolipda bosim ostida ishlash («спекание») harorati iloji boricha bir-biriga yaqin bo'lishi lozim. «Спекание»ni aktivlashtirish uchun qo'shimcha kiritiladi, bunda suyuq faza hosil qilib, uni tezlatadi. Masalan, Ti;  $TiO_2$ ; Zr.

KKM lar uchun yana bir xususiyat — komponentlar bir-birlarini yaxshi ho'llashi zarur.

KKM komponentlarini tanlashda ularning teplofizik xossalarini ham hisobga olish kerak. Agar sinchlovchi materialning issiqdan kengayish koeffitsiyenti matritsa materialini issiqdan kengayish koeffitsiyentidan kichik bo'lgan; sinch cho'zilib, ichki kuchlanish hosil bo'lib, ichida darz ketishi mumkin.

Agar sinch koeffitsiyenti katta bo'lsa, matritsa koeffitsiyentiga nisbatan, u holda qisish kuchlanishi hosil bo'ladi va KKM ning puxtaligi ortadi. KKM larning istiqbolli yo'nalishlaridan biri evtektik metall-oksidi tizimi hisoblanadi.

Metallokeramika. Bu yerda sinch evtektika yo'naltirilib kristallizatsiya qilingan. Evtektik KKM lar yuqori haroratda dispers KKM larga nisbatan ancha turg'un bo'ladi.

Dispers va qatlama KKM lar izotrop va buzilish mexanizmi keramika materiali buzilishiga o'xshaydi. Sinchlangan KKM lar puxtaligi yuqori va buzilish mexanizmi boshqacha. Tolalar kuchlarning bo'linishini ta'minlaydi, matritsadagi darzlarning yo'nalishini aniqlaydi.

### 15.12.3. Keramik-kompozitsion materiallarning xossalari va ishlatilishi

Dispers KKM larning tipik vakili bu — *keramika-metall materiali* — *kermetlar*. Ular ikki xil bo'ladi:

1. *Infrokermet*.
2. *Ultrakermet*.

Matritsalar, keramik faza metallar xossalari yaxshilasa, ya'ni dispersli puxtalangan infrakermetlar deyiladi.

Agar keramika xossalari yaxshilash uchun metall qo'shilsa, ultrakermet deyiladi.

Kermetlar komponentlariga qo'yilgan talablar:

1. Kimyoviy turg'unlik.
2. Bir-biri bilan termik chiqisha olishlik («термическая совместимость»).
3. Adgeziyali birikma hosil qilish.

Kermet komponentlari bir-birlari bilan reaksiyaga kirishmasligi va bir-birida erishi shart emas. Aks holda bir fazali material yoki keramik material hosil bo'ladi.

Kermetlar uchun xomashyo sifatida metall oksidlari, karbidlar, nitridlar ishlatiladi.

Kermetlar 2 guruhga bo'linadi:

1. Tarkibiga qarab:

- a) oksidli;
- b) nitridli;
- d) karbidli;
- e) boridli.

2. Vazifasiga qarab:

- a) yeyilishga chidamli;
- b) issiqbardosh;
- d) korroziyabardosh;
- e) yadro reaktorlari uchun.

Kermetlarning eng ko'p tarqalgani  $Al_2O_3$  asosidagi va qiyin eriydigan metallar (Mo; Nb; To) asosidagi kermetlardir. Kompozit  $Al_2O_3 - Ni$  (Co; Fe) qo'llaniladi.

Karbidli kermetlar ichida eng ko'p tarqalgani volfram karbidi va kobalt asosidagilaridir.

Karbidli kermetlar metallik komponenti sifatida kobalt, nikel, bolzam, molibden, niobiy, xrom, volfram bilan birgalikda bo‘ladi. Karbid-titanli kermetlar oksidlariga nisbatan ancha puxta, puxtalikni uzoq muddatli nuqtayi nazardan issiqbardosh po‘latlardan ham yuqori.

Xrom va sirkoniy dibaridi asosidagi kermetlar *birdaniga issiq urishi* («тепловой удар»)ga chidamli.

Dispers KKM lar mas’uliyatli detallar yasashda ishlatiladi:

1. Yuqori haroratda ishlaydigan.
2. Kichik asboblarda uchun.
3. Yeyilmaydigan.
4. Shtamplar.
5. Filera.
6. Podshipniklar.
7. Zararli muhitda ishlaydigan klapanlar.

Oksid asosidagi kermetlar issiq (pechlarda) o‘lchagich-termojuftlar sohalari sifatida ishlatiladi.

#### Karbidli va nitridli metallokeramik materiallar tarkibi va xossalari

Marka	Tarkibi, %						Xossalari		
	WC	TiC	Co yoki Ni	titan-nitridi	bog‘lovchi	CrC	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$\sigma$ , MPa	NRa
BK3	97	—	3	—	—	—	1530	1200	89,5
T30K4	60	30	4	—	—	—	980	1000	92
KTHM	—	26	—	42	32	—	590	1750	87,5
KXH-40	—	—	40	—	—	60	700	700	90

Kremniy va aluminiiy asosidagi metallokeramik materiallardan ichki yonuv dvigitel detallari yasaladi.

#### 15.12.4. Keramik kompozitsion materiallarni olish texnologiyasi asoslari

KKM lar, asosan, *kukun metallurgiyasi usulida* olinadi. KKM larning sifatini ta'minlovchi ko'rsatkichlarning eng asosiysi — bu komponentlarning bir xil taqsimlanishi aralashishi bir tekisda joylashishidir.

Bu dispers KKM larda shixtani sharli, vibratsion, planetar tegirmonlarda mexanikaviy aralashtirish bilan olinadi. Boshqa tipdagi KKM larda komponentlar bir tekisda, galma-galdan, qavatma-qavat taqsimlanib taxlab olinadi.

Kimyoviy usulda komponentlar kimyoviy reaksiya natijasida keramik yuzaga metall tuzlarining o'tirishi bilan olinadi. Metall sinchli KKM larda keramika zarralari yuzalariga metall plyonkasi *elektroliz va elektroforez* usulida o'tiradi.

Fizikaviy usulda qizdirilib, bosim ostida presslab termik ishlangan («смешанный») keramik sinchga metall shimdiriladi va metall gaz fazasidan keramika zarralari ustiga o'tiradi. Shixta quruq holda yoki *plastifikator* qo'shib presslanadi.

Plastifikator qo'shilgan *komponentlar aralashmasi shliker* deyiladi. Presslash vibratsiyali, press-shakllarda, gidrastatik, elastik qobiqlarda bo'lishi mumkin.

Katta o'lchamli detallar uchun shlikerning suvdagi eritmasi gips qoliplarga qo'yiladi.

Metallik sim, metallik ip, to'rlar bilan sinchlangan KKM larni yasash qiyinroq.

Chunki aralashtirilsa, tolalar uzilib ketadi. Shuning uchun sinch kerakli tartibda joylashtirib bo'lgach, kanop komponentlar *suspenziya* — *atala* holatida asta quyiladi.

Umuman tolali, simli, to'rli KKM larni olishda tarkibiga qarab o'zining shaxsiy texnologiyasi tayinlanadi.

KKMlarning *termik ishlash* — *spekaniye* gazlar muhitini o'zgartiradigan, kerakli harorat rejimini beradigan pechlarda olib boriladi; maqsad kerakli kimyoviy reaksiya amalga oshishi kerak. Agar elektr maydoni ta'sir ettirilsa, zichlik ortadi, termik ishlash vaqti qisqaradi.

## 15.12.5. Uglерod – uglерodli kompozitsion materiallar

Аviatsiya – kosmik texnikasida qo‘llaniladigan istiqbolli materiallardan biri-bu uglерod-uglерodli (C–C) kompozitlardir. Bularda matritsa sifatida uglерod ishlatiladi.

Bu qotgan termoreaktiv smolalarni (fenelformaldegidli, furanovli) yuqori haroratda qizdirib olingan koks to‘ldirgich sifatida **uglерod tolalari** ishlatiladi.

Bu tizimli materiallar kompozitsiyasiga to‘ldiruvchi material sifatida uglерodli paxta, uglерodli matolar, uzilgan-kesilgan tolalar, buralgan iplar kiradi. Ikki tizimlisiga qo‘shimcha – to‘ldirgich sifatida matolar-to‘qimalar: ko‘p tizimli materiallar tolalarni ma‘lum tartibda taxlash bilan olinadi.

Operatsiyalarning ketma-ketligi:

1. Uglерodli (yoki grafitli) tolalarni yoki matoni fenolli smola bilan to‘yintirish.

2. Bog‘lovchini berilgan harorat va bosimda qotirish.

3. Kerakli o‘lchamlargacha mexanik ishlash.

4. Karbonizatsiyalash maqsadida kerakli atmosferada qizdirish.

Аgar modifikatsiya qilinsa – karbid va nitrid hosil qiluvchilar bilan (Si, Ta, N), kompozitning asosli muhitda turg‘unligi oshadi.

Uglерod – uglерod materiallarining mexanik xossalari yuqori:  $\sigma_b = 100\text{--}700$  MPa, qisishidagi mustahkamlik 800–1200 MPa; zarbiy qovushqoqligi 50–100 kJ/m<sup>2</sup>; vakuum va neytrol muhitda issiqqa turg‘un 2500°C gacha.

Uchish apparatlari burun qismi konusi, yuqori haroratli kanoplar, raketa dvigatellari soplari va h.k larda ishlatiladi.

### Nazorat savollari

1. *Kompozitsion material qanday material?*
2. *Kompozitsion materiallarning mashinasozlikdagi rolini ayting.*
3. *Kompozitsion materiallar xususiyatlari nimadan iborat?*
4. *K.M. klassifikatsiyasi nima?*
5. *Dispers puxtalaniш nimaga asoslangan?*
6. *Tolali K.M. puxtalaniши nimaga asoslangan?*
7. *Аluminiy matritsali K.M. xarakteristikalarini tushuntiring.*
8. *Nikel matritsali K.M. xarakteristikalarini tushuntiring.*
9. *Tola bilan puxtalash asoslari nima?*



10. *Sinchlovchi materiallarning vazifalari nimadan iborat?*
11. *Sinchlovchi materiallarning necha turini bilasiz?*
12. *Qanday metallar asos bo'ladi?*
13. *CAII-1 ni qanday o'zgartirish mumkin?*
14. *Nikel qotishmalari qanday sinchlanadi?*
15. *Keramik materiallarga qanday materiallar kiradi?*
16. *Keramik kompozitsion materiallarni olish uchun qaysi xomashyolardan foydalaniladi?*
17. *KKM larning asosiy turlarini sanab bering.*
18. *KKM larning komponentlarini tanlashda nimaga e'tibor berish kerak?*
19. *Kermetlarning puxtaligi, issiqqa bardoshligi, turg'unligiga sabab nima?*
20. *KKM lar qayerda ishlatiladi?*
21. *KKM larni olish texnologik jarayoni asosiy operatsiyalari nima?*
22. *C-C kompozitsiya qayerda ishlatiladi?*

---

## 16-bob. REZINALAR

Rezina — kauchukni vulkanizatsiya qilish natijasida olingan mahsulot. Umuman olganda, rezina aralashmasi — kauchukdan boshqa moddalar vulkanizatsiya qilinadi.

Rezina — bu juda kam to‘r strukturali plastmassa. Bu yerda polimer bog‘lovchi va yuqori plastik holda.

Rezinalarda bog‘lovchi — bu kauchuk. Kauchuk:

a) tabiiy;

b) sintetik bo‘ladi. Kauchukning molekulari chizig‘iy va kam shoxobchali bo‘lib, chuvalchangsimon yoki spiral konfiguratsiyaga ega hamda katta egiluvchanligi bilan ajralib turadi.

Rezinaning asosiy xossalari:

a) yuqori elastiklik;

b) yuqori egiluvchanlik;

d) suyuqlik va gaz o‘tmaslik;

e) yaxshi elektroizolyatsiyaligi.

Ba‘zilari ishqalanishga qarshilik, yaxshi demfirlash, aviatsiya yoqilg‘ilariga va yog‘lariga turg‘unligi, qarama-qarshi va ko‘p marta ta‘sir qiluvchi kuchlarga chidamliligi xossalari ham ega. Yuqoridagilarni hisobga olib, rezina o‘zi va boshqa materiallar bilan birgalikda mashinasozlikda ko‘p qo‘llaniladi:

a) mashina pnevmatikalarini;

b) mashina egiluvchan shlanglarini va truboprovodlarini;

d) amortizatorlarni;

e) membranalarni;

f) prokladka va zichlagichlarni («уплотнители»);

g) yoqilg‘i uchun yumshoq baklarni;

h) rezinalashtirilgan gazmollarni ishlab chiqarishda ishlatiladi.

Tashqi muhit ta‘sirida (yorug‘lik, harorat, azot, kislorod, radiatsiya va h.k.) **rezina eskiradi**, o‘z xossalarini o‘zgartiradi. **Es-kirish koeffitsiyenti:**

$$K = Z_1/Z_2,$$

bunda  $Z_1$  – yangi rezina egiluvchanligi;

$Z_2$  – eskirgan, ya'ni 3 yil davomida tabiiy sharoitda yoki – 70°Cda, 144 soat davomida sun'iy eskirgan rezina egiluvchanligi.

Yana sovuqqa chidamlilik koeffitsiyenti ham bor:

$$K_{\text{sovuq}} = \delta_{\text{sovuq}}/\delta_0;$$

bunda:  $\delta_0$  – uy haroratida rezinadan yasalgan namunaning cho'zilishi.

$\delta_{\text{sovuq}}$  – sovitilgan – muzlatilgan haroratdagi cho'zilishi.

Umuman, sovuqqa chidamlilik rezinaning mo'rtlashish harorati bilan aniqlanadi ( $t_{\text{murt}}$ ). Bunda rezina o'zining elastikligini yo'qotadi, urilsa mo'rtligi buziladi.

### 16.1. Rezina aralashmasini tayyorlash texnologiyasi

Rezina har xil ingridiyentlarning murakkab aralashmasidir. Bularning har biri rezina xossalarini yaratishda o'zining ma'lum vazifasini bajaradi. Rezinaning asosi – bu kauchuk. Bunga har xil qo'shimchalar qo'shiladi: vulkanizatsiya qiluvchi moddalar, tezlatkich-katalizatorlar, to'ldirgichlar, plastifikatorlar, eskirishni kamaytiruvchilar, bo'yoqlar va h.k.

Vulkanizatsiya qiluvchilar: oltingugurt; magniy oksidi; peroksidlar, nitrobirlashmalar. Bular makromolekulalar orasida ko'ndalang bog'lanish hosil qilishda to'g'ridan-to'g'ri qatnashadi. Bularning hajmi 5–7% ni tashkil qiladi. Qattiq rezinada, masalan, **ebonitda** 30% gacha tezlatgichlar (tiuram, kantaks, qo'rg'oshin oksidi) vulkanizatsiya jarayonini tezlatadi.

To'ldirgichlar kauchukka ta'siriga qarab: a) aktiv; b) loqayd (inert) bo'ladi. Aktiv to'ldirgichlar (chirk – saja, kremniy oksidi) rezinaning qattiqligi va mustahkamligi hamda yeyilishga qarshiligini oshiradi. Loqayd to'ldirgichlar (talk, bo'r va h.k.) rezinani arzonlashtirish uchun qo'shiladi.

**Plastifikatorlar:** texnikaviy vazelin; parafin; stсарinli kislota; mineral va o'simlik moylari va h.k. Bular 8–30% hajmni egallaydi, ishlashni yengillashtiradi, elastiklikni oshiradi va sovuqqa chidamlilikni oshiradi.

**Eskirishni kamaytiruvchilar:** aldol, meozon, parafin, mum va h.k. Bular eskirishni kamaytiradi, kislorodning birikishiga qarshilik ko'rsatadi.

Kislorod kauchukdagi ikki bog'lanishli joylariga birikadi. Natijada kauchuk makromolekulalari uziladi, qisqaradi, egiluvchanligi, elastikligi kamayadi. Mo'rtlashadi va rezina yuzasida darzlar to'ri paydo bo'ladi. Eskirishni kamaytiruvchilar: a) kimyoviy va b) jismoniy ta'sir qiluvchilarga bo'linadi.

Kimyoviy ta'sir qiluvchilar (aldol, neozon) rezina va kauchuk peroksidiga kirib olgan (diffuziyalangan) kislorod bilan birlashib, uning oksidlanishini to'xtatadi.

Jismoniy ta'sir qiluvchilar (parafin, mum) yuzada plyonka hosil qilib, kislorod diffuziyasini qiyinlashtiradi.

**Bo'yoqlar** (ultramarin) faqat dekorativ vazifa bajarmay, yorug'lik tufayli eskirishni to'xtatadi; chunki yorug'ning qisqa to'liqli qismini yutadi. Kauchuk hal qiluvchi rol o'ynaydi. Tabiiy kauchuk, kauchuk daraxtining sokidan («lateksa») olinadi. **Lateksa** tarkibida 30–37% kauchuk bo'ladi.

Kimyoviy jihatdan toza va tabiiy kauchuk-chegaranmagan uglerod



bunda:  $n = 1000-4000$ .

Tabiiy kauchuk yumshoq elastik material; zichligi 0,91–0,94 g/sm<sup>3</sup>; organik erituvchilarda (benzin, benzol, xloroform va h.k.) yaxshi eriydi. Amorf holda bo'ladi. Uzoq saqlansa kristallanadi. Cho'zib deformatsiyalash kauchukni kristallantiradi. Kristallik fazaning hosil bo'lishi uchun puxtalantiradi, –70°C da kauchuk elastiklikni yo'qotib, mo'rtlashadi +70°C gacha qizdirish uchun plastikligini oshiradi.

U 200°C da parchalanadi. Tabiiy kauchuk asosidagi rezina yuqori puxtalikka va elastiklikka ega.

Rezina ishlab chiqarishda ko'proq sun'iy kauchuk ko'proq ishlatiladi. Ularning xossalari ko'proq. Sun'iy-sintetik kauchuk spirt, neft, neft olishdagi yo'lakay gaz va tabiiy gazdan olinadi.

Butadiyenli kauchuk (SKB) gaz holatidagi butadiyen uglevodorodini  $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CH} = \text{CH}_2$  polimerizatsiya qilib, metallik natriy ishtirokida olinadi.

Butadiyenli kauchukning sovuqqa chidamliligi:  $-40-50^\circ\text{C}$ . Maxsus rezinalar ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Butadiyenstirolli kauchuk (SKS). Bu butadiyen ( $\text{C}_4\text{H}_6$ ) va stirolni ( $\text{CH}_2 = \text{CH}_6\text{CH}_3$ ) bilan birgalikda polimerizatsiya qilib oladi. Sovuqqa chidamliligi  $-77^\circ\text{C}$ . Turg'unligi kam: yog'da, yoqilg'ilarda.

Izoprenli kauchuk (SKI): izoprenni ishqoriy metallar (litiy) ishtirokida polimerizatsiya qilib oladi. Bulardan tashqari, xloroprenli, butadiennitrilli (SKN), ftorli (SKF), polisulfidli kauchuklar bor.

## 16.2. Rezina aralashmasini tayyorlash, detallar olish

Tayyorlash bir necha xil operatsiyadan iborat, bular ma'lum tartibda olib boriladi. Asosiy operatsiyalar – **ingrediyentlarni tayyorlash**, ularni aralashtirish, kerakli shakldagi yarimfabrikatlarni olish.

Ingrediyentlarni aralashtirishdan oldin kauchuk bo'lakchalarga qirg'iladi,  $40-50^\circ\text{C}$  gacha qizdirilgan jo'valar orasidan bir necha bor o'tkazilib, **plastifitsirovka** qilinadi. Bunda kauchukning boshqa tashkil etuvchilar bilan aralashish qobiliyati ortadi.

Yuqorida aytilgandek, aralashtirishda tashkil etuvchilarning faqat ulushiga emas, ularni aralashtirish ketma-ketligiga ham qattiq e'tibor berish kerak. Birinchi bo'lib, eskirtirishga qarshi qo'shimchalar, oxirida vulkanizatsiya qiluvchilar (oltingugurt yoki magniy, sink oksidi) qo'shiladi. Eng oxirida vulkanizatsiyani tezlashtiruvchilar. Aralashtirish maxsus mashinalarda bajariladi.

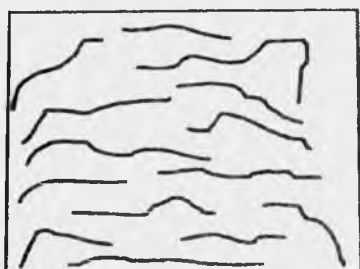
Aralashtirish natijasida olingan massa **kalandrovka** qilinadi, juvalanadi. **Kalandra** – tekis juva juvalashdan oldin juva  $40-80^\circ\text{C}$  gacha qizdiriladi. Bunda ma'lum qalinlikdagi list yoki tasma sifatida rezina xomashyosi olinadi. Olingan xom (vulkanizatsiya qilinmagan) rezina listlar yog'och barabanlar orasiga chegaralovchi mato qo'yib o'raladi. Mato rezina listlarining yopishmasligini ta'minlaydi. Bu holda xom rezina  $5-20^\circ\text{C}$  da uch oygacha, ba'zi hollarda 6 oygacha

saqlanishi mumkin. Mayda rezina detallari maxsus pressformalarda formovka qilib olinadi. Trubalarning listlari bukib yelimlab olinadi. Yoki presslab, orasida mundshtuk qo'yib olish mumkin. Mashinasozlikda rezina pnevmatika: shassi g'ildiraklari, dum qismi g'ildiraklari, kameralar, shlanglar, trubkalar, baklar, amortizatorlar va h.k. uchun ishlatiladi.

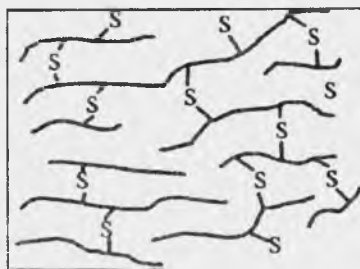
**Vulkanizatsiya** eng kerakli texnologik operatsiya. Buning natijasida kauchuk rezinaga aylanadi.

Ko'pchilik sharoitda vulkanizatsiya — bu kauchuk bilan oltin-gugurtning o'zaro kimyoviy bog'lanishidir.

Oddiy rezina uchun oltin-gugurt 5–7%, qattiq rezina — ebonit uchun 30–35% qo'shiladi (16.1-rasm).



a)



b)

16.1-rasm. Rezina molekulalarining qurilish sxemasi:

a — xom rezina; b — vulkanizatsiya qilingan rezina.

Vulkanizatsiya ikki xil bo'ladi: a) issiq; b) sovuq. Issiq vulkanizatsiya gidroresslarda 140–145°C haroratda, 25–75 kg/sm<sup>2</sup> bosim ostida 2–40 minut vaqt oralig'ida olib boriladi. Aviatsiya detallari (kamera, pokrishka) uchun maxsus shaxsiy vulkanizatorlar qo'llaniladi. Sovuq vulkanizatsiya yupqa devorli **mahsulotlar** uchun qo'llaniladi. Bunda 2–3% li oltin-gugurt xlorli oltin-gugurt-uglerod eritmasida bir necha minut ushlab turiladi. Oltin-gugurt qo'shilmaydi.

$\gamma$ -nur ham vulkanizatsiya qila oladi. Agar ham oltin-gugurt, ham  $\gamma$ -nur berilsa, jarayon yana tezlashadi.

Vulkanizatsiya natijasida mustahkamlik va egiluvchanlik ortadi. Ba'zi fizik-kimyoviy xossalari ham ortadi: eskirishga qarshiligi, har xil erituvchilarga qarshiligi, elektr o'tkazmasligi.

### 16.3. Rezina xossalariga ishlash sharoitining ta'siri

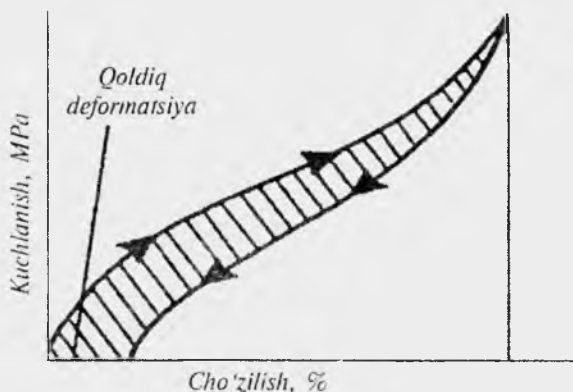
Vulkanizatsiya qilingan rezina xossalarining ko'pchiligini uning fazoviy-to'rsimon strukturasi bog'liq. Rezinalarga orqaga qaytish deformatsiyasi xos, u 1000% gacha yeta oladi. Rezining strukturasi va harorati kuch ostida deformatsiyaning rivojlanish tezligini aniqlaydi.

Kuch ta'sirida buklangan-taxlangan makromolekulalar qad ko'tarib, to'g'rilanadi. Deformatsiya sekin rivojlanadi va kuchlanishdan bir faza orqada bo'ladi. Kuch olib tashlangach, makromolekulalar avvalgi chuvalchangsimon shaklga qaytadi. Lekin qoldiq deformatsiya ham bo'ladi.

Bu yuqori elastik deformatsiyaning orqaga qaytib tiklana olmagan qismi hisobiga bo'ladi. Bu o'z navbatida ko'ndalang kimyoviy bog'lanishlarning kuch qo'yish vaqtida uzilishi natijasidir.

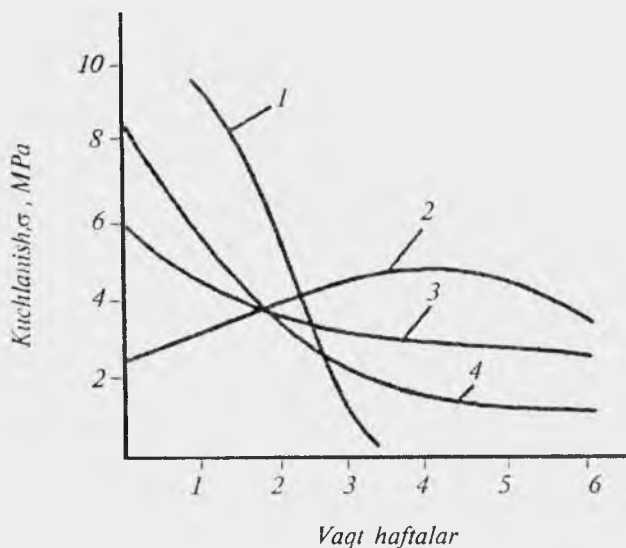
Kuch qo'yish va kuchni olish ishlari orasidagi farq rezining **amortizatsion xossalarini** ifodalaydi (16.2-rasm).

Gisteris sirtmog'i maydoni siklik kuchlanish davrida (shina, mufta, amortizator) rezining ichki ishqalanish kattaligi va rezining qizish haroratini ifodalaydi. Rezining bu sikl kuchlarni nityasini ushlab turish qobiliyati, uning **charchamaslik chidamliligi** («Усталостная выносливость») deyiladi.



16.2-rasm. Berilgan tezlikda rezina deformatsiyasining diagrammasi cho'zish-qayta tiklanish siklida.

Qizdirish rezina mustahkamlik xossalarini pasaytiradi. Termik turg'unlik rezina strukturasi va kimyoviy bog'lanishlar kuchiga bog'liq (16.3-rasm).



16.3-rasm. Rezinaning termik eskirishidan keyingi ( $t = 125^{\circ}\text{C}$ ) mustahkamligi:

- 1 – xloroprena asosidagi rezina; 2 – issiqbardosh sintetik kauchuk asosida;  
3 – butilkauchuk asosida; 4 – butadiyennitrilli sintetik kauchuk asosida.

Xloropen asosidagi rezina o'zining mustahkamligini ancha tez pasaytiradi. Organik rezinalar  $150^{\circ}\text{C}$  qizdirilgach 1–10 soatda o'z mustahkamligini yo'qotadi.

Bir vaqtning o'zida harorat, ozon, kislorod, kuchlanish va ultrabinafsha nurlarining ta'siri rezina eskirishini ancha tezlashtiradi.

SKT asosida rezina bu haroratda uzoq vaqt ishlay oladi. SKF, SKT asosidagi rezinadan yasalgan detallar (prokladka, zichlagich-uplotnitel, kolpachoklar)  $250\text{--}300^{\circ}\text{C}$  uzoq vaqt ishlay oladi.

Sovuq holatda rezinalar amalda o'zlarining yuqori elastik holatlarini yo'qotadilar va oynasimon holatga o'tadi.

Ionlashtiruvchi nurlar rezinani eskirtiradi. Ayniqsa, CKH, CKB asosidagi rezinalarda, NK, SKI-3 larda kamroq.



## 16.4. Rezina mahsulotlarini saqlash va ishlatish

Shuni esda tutish kerakki, rezina eskirish hodisasiga moyil. Bunda rezinaning fizika-kimyoviy va mexanik xossalari pasayadi.

Eskirish quyosh nuri ostida, harorat ta'sirida, oksidlovchilar (kislorod, ozon) ta'sirida, ichki kuchlanishlar ta'sirida tezlashadi.

Ishlatish va saqlashda shularga e'tibor berish kerak.

Rezina mahsulotlarini bino ichida quyosh nuri tegmaydigan xonalarda, 5–20°C haroratda, 40–65% namlikda saqlash lozim.

Qolgan hollarda rezina turiga qarab, maxsus texnik talablarga rioya qilinadi.

### Nazorat savollari

1. Rezina nima?
2. Rezinaning tarkibiy qismi nimadan iborat?
3. Asosiy ingredientlarning vazifalarini ayting.
4. Vulkanizatsiya qilish mohiyatini tushuntiring.
5. Vulkanizatsiyaning rezina xossalariga ta'sirini tushuntiring.
6. Kauchuklarning asosiy turlari, ularning tarkibi va xossalarini ayting.
7. Vulkanizatsiya nima? Turlarini ayting.
8. Rezina xossalariga ishlatish sharoitining ta'sirini tushuntiring.
9. Rezina mahsulotlarini saqlash va ishlatish xususiyatlarini ayting.
10. Rezinadan mashinalarning qaysi detallari yasaladi?

## 17-bob. PLYONKA HOSIL QILUVCHI MATERIALLAR

### Yelimlar. Germetiklar

Polimerlar, oligomerlar va noorganik moddalar asosida olinib, eritmada ishlatiladigan materiallarga *plyonka hosil qiluvchi materiallar* deyiladi. Ular yuzaga surtilgandan so'ng, qurib plyonka hosil qiladi, ya'ni yuzaga puxta yopishib qoladi.

Plyonka hosil qiluvchilarning yuza bilan *yopishish qobiliyati adgeziya* bilan baholanadi. Adgeziya plyonka hosil qiluvchi bilan asos orasidagi hodisalarga bog'liq. Plyonkaning mustahkamligi *kogeziyaga*, ya'ni plyonka hosil qiluvchi hajmidagi molekullarning o'zaro ta'siriga bog'liq.

Yopishish mustahkamligini mexanikaviy yopishish hisobiga oshirish mumkin. Buning uchun yuzaning g'adir-budurligi oshiriladi: frezerlash, qumotar mashinada qum bilan ishlash, qumqog'oz bilan tozalash.

Yuzaning ho'llanish qobiliyati katta ahamiyatga ega. Buni oshirish uchun yuza sirt va atseton bilan yog'sizlantiriladi.

Yelimlanish jarayoniga yopishtirilayotgan materiallarning tabiati ham ta'sir qiladi. Masalan, qutbli materiallarni yelimlashda qutbli yelimlar ishlatish zarur. Plastiklarni yelimlashda eng yaxshisi — bu eritma.

Plyonka hosil qiluvchilar tarkibiga quyidagi komponentlar kiradi: plyonka hosil qiluvchi moddalar — erituvchilar (qovushqoqlikni ta'minlaydi); plastifikatorlar (plyonkadagi kirishish hodisalarini yo'qotish uchun, elastikligini oshirish uchun); qotiruvchi va katolizatorlar (plyonka hosil qiluvchini termoturg'un holatga o'tkazish uchun); to'ldirgichlar (kirishishni kamaytirish uchun).

Plyonka hosil qiluvchilar vazifasiga qarab quyidagilarga bo'linadi:

1. Yelimlar, har xil materiallarni yelimlash uchun.
2. Germetiklar — samolyot kabinasi obshivkasi, yoqilg'i otseklari, qanotlari, korpuslari, *parchin mixli choklarini* («заклепочные

ШВЫ») zichlashtirish va *germitizatsiya* qilish uchun hamda rezbalı bog‘lanishlarnı qimirlatmaslik uchun ishlatiladi.

3. Lokokraska materiallari. Zanglamaslik, elektroizolatsiya, issiqdan himoya qilish va ustki ko‘rinish-jihozlash uchun ishlatiladi.

4. Kompaundlar – materiallarnı to‘yintirish-shimdirish va quyish tirqishlarnı to‘ldirish, kam o‘tkazmaslik, elektroradiopribor va apparatlarda dielektrik va mexanik xossalarini yaxshilash uchun ishlatiladi.

Plyonka hosil qiluvchi materiallari sifatida termoplastik polimerlar, sintetik va tabiiy smolalar, o‘simlik moyi, kauchuk, atsetilsellyuloza efiri, bitumlari va oksidlar ishlatiladi.

Agar plyonka hosil qiluvchi material molekular massasi past bo‘lsa (500–200), u *oligomer* deb nomlanadi.

## 17.1. Konstruksion yelimlar

*Yelimlangan birikishlarning* («клеевые соединения») parchin mixlangan, payvandlangan birikmalarga nisbatan bir qator yaxshi tomonlari bor:

1) har xil materiallarnı (metallni metall emas bilan) yelimlash mumkin;

2) atmosfera sharoitlariga turg‘un;

3) korroziyaga chidamli;

4) yuqori germitiklik;

5) o‘zining haroratida ishlashda yuqori puxtalik;

6) bular ayniqsa yupqa kesimli metallarda;

7) vibratsiyaga chidamlilik.

Yelimlarnı qo‘llash bilan mashina (ayniqsa, samolyot) konstruksiyasi yengillashadi, ishlab chiqarish arzonlashadi, agregatlarnı yasash texnologiyasi soddalashadi, metall va metall emas materiallarnı qo‘llash bilan yangi konstruksiyalar ixtiro qilinadi.

Yelimlangan birikmalarning eng asosiy kamchiligi – bu nisbatan issiqqa bardoshligi pastligidir, chunki plyonka hosil qiluvchi materiallar eskirishga moyil. Yelimlar ma‘lum harorat chegarasida yaxshi ishlaydi. Kremniy organik va noorganik materiallar polimerlar asosidagi yelimlar 1000°C haroratda ishlashni ta‘minlaydilar, lekin ularning elastikligi yetarli emas.

Mashinasozlikda kombinatsiyalashgan birikmalar ko'p qo'llaniladi: yelim-payvand, yelim-parchin mix.

Mashinalarda qo'llaniladigan yelimlar bir qancha omillarga: fizik-kimyoviy va biologik omillar yig'indisining yomon ta'sir qilishiga qarshi turg'un qarshilik ko'rsata olishi kerak. Harorat  $-60...-70^{\circ}\text{C}$  dan  $60-80^{\circ}\text{C}$  gacha, ko'pchilik holatda  $200-300^{\circ}\text{C}$  da, ba'zan qisqa vaqt ichida  $500-600^{\circ}\text{C}$  ga chidashi kerak. Yuqori namlik, suv, yoqilg'i, moylar, *antifrizlar*, zaharli kimyoviyatlar, spirt, har xil bakteriyalar. Mexanik kuchlarni aytmasa ham bo'ladi.

Yelim materiali yelimlanadigan materiallarning zanglatmasligi lozim, ularning mustahkamligiga putur yetmasligi kerak. Yelimlar yaxshi ho'llash va oquvchanlik xossalariga ega bo'lib, zaharli bo'lmasligi kerak.

Hozirgi vaqtda sintetik smola va kauchuk asosida bir qator yelimlar kompozitsiyalari yaratilgan. Bular yuqori sifatli birikma bera oladi; xossalari keng; metallni, oyna, yog'och va keramikani faqat o'zini-o'zi bilan emas, xohlagan variantda yelimlab beradi.

Yelimlarni toza smola asosida olish mumkin. Lekin, mo'rt. Shuning uchun kauchuk va termoplast bilan aralashtiriladi.

Plastmassa va yog'ochlarni yelimlash uchun *fenolformadegidli smola* asosidagi yelimlar qo'llaniladi: KB-3; ВИАМ-В3; ЗНАМ-9. Bu yerda plyonka hosil qiluvchi — rezopli smola. Erituvchi — atseton yoki spirt.

Keramika materiallarini yelimlash uchun yuqoridagi yelimlar tarkibiga noorganik to'ldirgichlar qo'shiladi.

Kuch qo'yilgan metall elementlarning va oyna-plastik materialarni yelimlash uchun fenolformadegidli smolalarning modifikatsiyalari ishlatiladi. Bu yelimlarning bir qancha ko'rinishlari bor.

*Fenol — kauchukli kompozitsiya* smolaning sintetik kauchuk bilan o'zaro ta'siridan hosil bo'ladi. Yelimning xossalari komponentlarning bir-biriga nisbatan hajmiga bog'liq. Kauchuk miqdori ortishi bilan yelimning cho'zilishidagi mustahkamligi pasayadi, nisbiy zarbiy qovushqoqligi ortadi. Smola miqdori ortishi bilan issiqbardoshligi ortadi, lekin mo'rtlashadi. Markalari: BK-32-200; BK-3; BK-4; Yelimlash bug'i haroratda olib boriladi:  $150-200^{\circ}\text{C}$  da. Suvga chidamli. Uzoq vaqt  $t = 200^{\circ}\text{C}$  haroratda ishlaydi. Qisqa vaqt  $t = 500^{\circ}\text{C}$  da ham ishlaydi.

Fenol-polivinilatsetonli kompozitsiyali yelim aviatsiyada eng ko'p tarqalgan yelim. BØ markali bu yelimlarning metall va metall emas materiallarga adgeziyasi katta. Siljishdagi mustahkamligi katta 5.35 MPa; issiqqa bardoshligi 120°C. Yuqori haroratda yelimlanadi.

Eloksid smola asosidagi yelimlar sovuq holda va issiq holda qotuvchilar bilan qotiriladi.

Sovuq holda qotadigan yelimlar (L-4) ning siljishga mustahkamligi katta emas ( $\tau_{sil} = 6-4$  MPa). Shuning uchun kuch qo'yilmagan konstruksiyalarda ishlatiladi. Ishlash harorati  $t = 60^\circ\text{C}$ .

Issiq holda qotadigan yelimlar kuch qo'yilgan konstruksiyalarda ishlatiladi. Tarkibida eloksid smolalar (ED-6; Э-40) bor.

150–180°C da elimlanadi. Markalari: BK-22-ЭМ; K-153; ФЛ-4С. Bularning  $\tau_{sil} = 27$  MPa. Atmosfera ta'siriga chidamli; yog'larga, yoqilg'iga turg'un. Diyelektrik xossalari yuqori, 100–150°C da bermalol ishlay oladi.

**Poliuretanli yelim** sovuq va issiq qotishi mumkin. Tarkibida poliefirlar, polizotsianatlar va to'ldirgichlar bor. Komponentlar aralashtirilgach, kimyoviy reaksiya ketib, yelim qotadi. Agar normal (uy) haroratida qotirilsa yelim quvvatiga 20–30 sutkadan so'ng kiradi:  $\tau_{sil} = 17-18$  MPa. Yelim qutbli bo'lgani uchun universal adgeziyaga ega. Puxta, vibratsiyaga turg'un. Yoqilg'i va moylarga turg'un. 120°C da ishlaydi.

**Issiqqa bardosh yelimlar** kremniy-organik birikmalar asosida olinadi. Adgezion xossalari past. Buni ko'tarish uchun har xil smolalar aralashtiriladi. Markalari: BK-2; BK-8; BK-10; BK-15.

BK-2 (kremniy-organik smola+asbest) 1000°C da  $\tau_{sil} = 2,9$  MPa. Metallarni, plastiklarni, issiqqa bardosh metall emaslarni yelimlashda ishlatiladi.

**Rezina yelimlari** rezinalarni bir-biri bilan yelimlash uchun va rezinani oynaga, metallga yelimlash uchun ishlatiladi. Rezina yelimlari – bu sintetik va tabiiy kauchukning hamda rezina aralashmasining organik eritmadagi eritmasidir. Eng zo'r eritgich – bu benzin. Adgeziya oshirish uchun yelimga sintetik smola qo'shiladi.

Yelim 88N – bu rezina aralashmasi+butelfenol formaldegidli smolalarning etilatsetat hamda benzin aralashmasidagi eritmasi. Vulkanizatsiya oddiy sharoitda 1 sutka davom etadi:  $\tau_{sil} = 1,1$

MPa. Birikma puxtaligini oshirish uchun uni 50°C da qizdiriladi. Yelim 88N ning kamchiligi: plyonkaning benzin, kerosin, mineral yog'ga turg'un emasligi.

**Alumofosfatli yelimlar** fosfor kislotasi va uning hosilalari asosida olinadi. Aluminiy fosfati asosidagi yelimlar eng yaxshi xususiyatga ega. Suvdagi eritmasi qovushqoq  $t=270-300^{\circ}\text{C}$  da qotadi.  $T=2-6$  soat. Issiqqa turg'unligi  $1300^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{sil}} = 10-30$  MPa.

**Keramik yelim-ferrit** termoturg'un. Qiyin eriydigan oksidlar MgO; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; SiO<sub>2</sub> asosida olinadi va maydalangan noorganik birikmalarning suvdagi **atalasi** — **suspenziyasi** tarzida bo'ladi. Bu atala yelimlanadigan yuzalarga suriladi va suvi chiqib ketguncha havoda quritiladi: Yelimlash kichkina bosim ostida, kompozitsiyaning erish haroratidan ozgina yuqori haroratda olib boriladi. Yelimlar KF-850; D-65 yuqori haroratni 2630°C ushlab tura oladi.

## 17.2. Germetiklar

**Germetiklar deb polimerlar va oligomerlar asosida olingan kompozitsiyalarga aytiladi**, bunda o'tkazmaslikni ta'minlaydi. Bu birlashmalar zamaska, pasta yoki organik erituvchilarda eritma holda ishlatiladi. O'tkazmaslik («germitizatsiya») asosining qotishi (vulkanizatsiya) natijasida yoki eritma qurigach, plyonka hosil bo'lishi bilan ta'minlanadi. Plyonka hosil qiluvchi polimer quyidagi talablarga javob berishi lozim:

1. Kichkina zichlik.
2. Yetarli puxtalik.
3. Plastiklik.
4. Bug'larni o'tkazmaslik.
5. Kimyoviy turg'unlik.
6. Tegib turgan materiallarga nisbatan korrozion turg'unlik.

Eng ko'p tarqalgan germetiklar — bular polisulfidli kauchuklar kremniy organik polimerlar asosida, ftorokauchuklar asosida olingan germetiklardir. Bulardan tashqari, butadiyenli, uretanli va h.k. to'yingan kauchuklar va germetiklar ham ishlatiladi.

Hozirda **anaerobli germetiklarga** qiziqish katta. Ular akrillovchi va metakrillovchi birikmalar asosida olinadi. Bularda erituvchilar yo'q. Bu germetiklarning yaxshi xususiyati uning o'z xossalarini

kislorod muhitida uzoq vaqt saqlab turish. Plyonkasi mustahkam. Bular har xil qovushqoqlikdagi suyuqlik sifatida ishlab chiqariladi. Masalan: BAK-1;  $\tau_{sil} = 20$  MPa. Ishlash harorati  $t = (-200^{\circ}\text{C}) - (150 - 200^{\circ}\text{C})$ . Kamchiligi: issiqqa turg'unligi yuqori emas, mexanik xossalari past, qimmat, zaharli.

Germetiklar mashina – samolyot kabinalarini, yoqilg'i saqlash bo'laklarini, radiatorlarni, truboprovodlarni, tushuruvchi apparatlarni va h.k.ni germetizatsiya – o'tkazmaslik uchun ishlatiladi.

### **Nazorat savollari**

- 1. Plyonka hosil qiluvchi materiallar qanday materiallar? Ularning turlari qaysilar?*
- 2. Fizika-kimyoviy asoslari nimada?*
- 3. Yelimlarga qo'yiladigan asosiy talablarni tushuntiring.*
- 4. Yelimlarning turlarini ayting.*
- 5. Yelimli birikmalarning yaxshi tomonlarini ayting.*
- 6. Germetiklar, xossalari tushuntiring.*
- 7. Ishlatilish joyini ayting.*

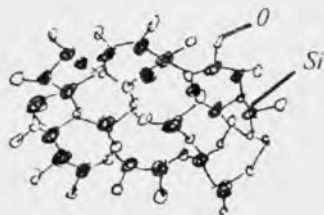
## 18-bob. SHISHALAR

### 18.1. Organik emas shishalar

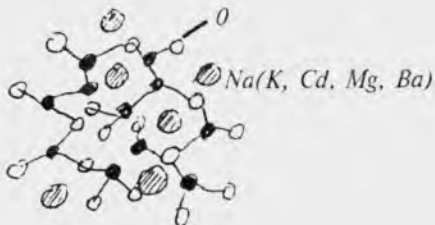
Organik emas shisha bu kristall bo'lmagan material. Tarkibida shisha bo'lgan komponentlar (kremniy, aluminiy, fosfor, titan, sirkoniy va boshqalar oksidlari) va metallar (litiy, kaliy, natriy, kalsiy, magniy, qo'rg'oshin va boshqalar) oksidlari eritmalarini o'ta sovutib olinadi.

Bu tizimning suyuq holatdan shishaga o'tishi va orqaga qaytishi oson. O'z-o'zidan o'tishi ham mumkin. Bu shishalar strukturasi mikrokrustallik xosallarining kristallanishini ko'rish mumkin. Bular ichida kristall panjara bor. Lekin tashqarisida struktura tartibsiz.

Eng ko'p tarqalgani silikat shisha. Asosiy tashkil etuvchisi kremniy ikki oksidi ( $\text{SiO}_2$ ) strukturaga qarab ikki xil bo'ladi.



*Kvarsli*



*Ishqorli*

Eng ko'p tarqalgan tizim  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ . Bunga  $\text{Al}_2\text{O}_3$  va  $\text{MgO}$  qo'shiladi.

Kvarsli shisha tabiiy yoki sintetik shishani eritish bilan olinadi.

Texnikaviy shisha asosida aluminiy bo'r-silikat tizimidagi shisha hosil qiluvchi yotadi.

Modifikatorlarning tarkibiga qarab shishalar ishqorli ( $\text{H}_2\text{O}$   $\text{K}_2\text{O}$   $\text{CaO}$ lar 15%gacha) «ishqorsiz» (ishqor modifikatorlar 5% gacha) va kvarsli bo'ladi.

Texnikada – aviatsiyada ko'p ishlatiladigan kam ishqorli  $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  tizimidagi yuqori sifatli shishadir.



Vazifasiga qarab optik, laboratoriya uchun, elektrotexnik, transport, pribor, himoya, issiq-tovush o'tkazmaydigan, svetotexnik, shisha tolali va h.k.

Organik emas shishalar zichligi  $2200 \text{ kg/m}^3$  dan  $8000 \text{ kg/m}^3$  gacha bo'ladi. Yorug'lik o'tkazish qobiliyati 92%. Kimyoviy va gidrolitik xossalari – turg'unligi (fosfor kislotadan tashqari) yuqori.

Toblangan shisha qirralari va uchlari urilishlarga «sezgir». Bunda quyuq darz chiziqlar bilan qoplanadi. Agar ikki list orasiga tiniq polimer plyonka yelimplansa, shisha singanda ham sochilib ketmaydi: Masalan, avtomobilning peshona oynasi («лобовое стекло»).

Kvarsli shishalar kosmik kemalar va juda tez uchuvchi samolyotlarda ishlatiladi. Uchish apparatlari uchun toblangan maxsus shishalar qo'llaniladi. Shisha tolalari va matolari (tkani) yuqori puxtalikdagi konstruksion stekloplastik olish uchun ishlatiladi.

Kvarsli shishalardan plyonkalar ham olinadi.  $t = 5-100 \text{ mkm}$ . Issiq o'tkazmaydigan material sifatida. Ko'pik hosil qiluvchi shishalar ham bor. Dielektrik sifatida ishlatiladi.

Yaxshi tez-oson eriydigan shishalar ( $600^\circ\text{C}$  da eriydigan bo'rg'oshin) metallarini issiqdan saqlash uchun shisha-emal sifatida ishlatiladi.

## 18.2. Sitallar xossalari, ishlatilishi

Olamshumul (выдающийся) xossali yangi konstruksion material – bu sitallar. Sital degani «steklo»+ «kristall». Ba'zi oksidlar asosidagi organik emas shishani kristallizatsiya qilib olinadi. Bular juda qattiq. Olish usuliga qarab ikki turga bo'linadi: fotositallar (fotokeramlar) va termositallar (termopirokeramlar).

Fotositallarda asosiy katalizatorlar bular – yorug'likka sezgir metallar (mis, oltin, kumush, platina) birikmalari (ishqor metallarni ham). Ularning miqdori  $0,001\dots 0,3\%$ . Bu metallar kristallanish markazlari hisoblanadi.

Bularni bir tekis taqsimlanishi uchun ultrabinafsha va rentgen nurlari bilan ishlaydi. Termik ishlashdan so'ng kristallanish markazlari atrofida polikristall struktura bir tekisda o'sadi.

Termositallar olishda katalizatorlar sifatida titan, fosfor, vanadiy, xrom oksidlari ishlatiladi. Bunda oksidli shisha ikki fazaga bo'linadi:

bittasi katta yuza tarangligi tortilishi (kolloid zarralar ajralishi bilan). Zinapoyali termik ishlash natijasida (500 va 800...1000°C) bu zarrachalar o'zlari kristallanadi va shishaning to'la kristallanishiga olib keladi.

Kimyoviy tarkibning katalizator to'rini, termik rejimini tanlab kristallanish fazasini 30...95% ga yetkazish mumkin.

Sitallar ancha mustahkam.  $\sigma_v = 70-120$  Mpa. Buni 1100°C da ham saqlaydi. Metallar bilan yaxshi birikadi — kavsharlanadi.  $NV = 6500$  MPa.

Uchish apparatlarida toblangan shisha ishlatiladi. Issiqlik o'tkazmaslik uchun ko'p qatlamli tiniq shisha ishlatiladi. Yuqorida aytilganidek, sitallar qattiqligi toblangan po'latlar qattiqligiga teng.

### 18.3. Organik shisha

Organik shisha bu polimetilmetokrilat asosidagi polimerdir (PMMA). Bu tiniq list sifatida olinadi. U atmosferaga yuqori chidamli, yorug'lik va ultrabinafsha nurlarini yaxshi o'tkazadi, fizik mexanik xossalari yaxshi, elektroizolyatsiyasi yaxshi. Zichligi kam (sitolga nisbatan), mo'rt emas. Lekin ishlash harorati 120°C dan oshmasligi kerak.

Samolyotlarning oynalari uchun ishlatiladi.

#### Nazorat savollari

1. *Shisha qanday material?*
2. *Shishalar strukturasi qarab necha xil bo'ladi?*
3. *Shisha singanda yorilib ketmasligi uchun nima qilish kerak?*
4. *Sital qanday material?*
5. *Termo sitallar nima?*

---

---

## 19-bob. NANOMATERIALLAR

«Nanotexnologiya» atamasini birinchi marta yapon olimi N. Tanituchi tomonidan 1974-yilda qo'llanilgan.

«Nano» so'zi milliarddan bir qism, milliardning bir qismi degan ma'noni anglatadi va  $(NM)=10^{-9}m$ . Eslatamiz, angstrom  $=10^{-8}$  sm ( $1$  millimetr  $=10^{-3}$  m,  $1$  mikrometr  $=10^{-6}$  m). Demak, nano bu uzunlik birligi.

Buni «sezib» taqqoslash uchun, shuni aytish kerakki, inson sochining qalinligi diametri taxminan  $50\ 000$  nanometrغا teng.

Nanotexnologiya asosida konstruksion materiallarga miyaga (xayol) kelgan xossalarni berish mumkin. Hozirda nanotexnologiyaga yiliga  $9-10$  milliard dollar sarf qilinyapti: AQSH da  $4-5$  milliard, Yaponiyada  $2-3$  milliard. Lekin nanotexnologiyadan  $2010-15$ -yillar davomida bir necha trillion dollar foyda olinishi kutilmoqda.

Nanotexnologiya sanoatda  $1994$ -yildan boshlab qo'llanila boshlagan.

**Nanomateriallar** — bular moddalar va moddalar kompozitsiyasidir, bunda sun'iy yoki tabiiy tartibga solingan yoki solinmagan nanometrik xarakteristikali o'lchamli bazoviy elementlar tizimi — sistemasidir.

Bularda nanometrik o'lchamli elementlarni kooperatsiya qilganda (birlashtirganda-yiqqanda) ularning o'zaro fizikaviy va kimyoviy ta'siri alohida (maxsus) namoyon bo'ladi. Bularning hammasi materiallar va sistemalarda ilgari ma'lum bo'lmagan xossalarning paydo bo'lishini ta'minlaydi: mexanik, kimyoviy, elektrofizik, optik, teplofizik va h.k.

Hozirgi paytda nanomateriallarni (molekular o'lchamli yoki unga yaqin darajada strukturalashtirilgan) har xil istiqbolli usullardan foydalaniladi. Usullar nanoobyekt yuzaga kelish prinsipiga qarab, asosan, ikki guruhga bo'linadi.

1) materiallar yuzalarida nanostruktura hosil qilish: neytron atomlar, ionlar elektronlar tutamlari bilan ishlash plazma bilan xurushlash («травление») va boshqa usullar bilan ishlash;

2) nanoobyektni – nanomaterialni atomma-atom yoki molekula-molekula yig'ish. Nanoobyektlar ikki usulda olinadi:

1) **sun'iy usullar.** olinayotgan nanoobyekt xarakteriga qarab har xil usullar qo'llaniladi; fizikaviy, kimyoviy, biologik va boshqalar. Ba'zi hollarda bir nechta birgalikda. Nanoobyektlarni o'ta vakum sharoitida, suyuq muhitda yoki gaz atmosferasida olish mumkin.

2) **o'z-o'zidan yig'ilish:** bunga nanotexnologiyada katta e'tibor beriladi. O'z-o'zidan yig'ilish molekullarni hamma vaqt energiyasi kam sathga o'tishga intilish prinsipiga asoslangan.

O'z-o'zidan yig'ilishda nanokonstruktor yuza yoki oldindan yig'ilgan nanokonstrukturaga ma'lum atomlar yoki molekular kiritiladi. So'ngra molekular o'zlarini ma'lum holatda ba'zan kuchsiz bog'lanish hosil qilib, ba'zan kuchli kovalent bog'lanish qilib tekislaydi-to'g'rilaydi.

O'z-o'zidan yig'ilishning yana bir turi – bu **kristallarni o'stirishdir.** Kristallarni eritmada dastlabki (murtak, homila) kristalldan foydalanib o'stirish mumkin.

Bunda katta bo'lmagan kristall tarkibida o'zi materiali ko'p bo'lgan muhitga (ko'proq eritmaga) joylashtiriladi. So'ngra bu komponentlarga kichkina kristall yoki murtakka-homilaga taqlid («imitatsiya» – o'xshash) qilishga ruxsat qilinadi.

Mikrochipplarni yaratishda ishlatiladigan kremniyli bloklar shu tarzda o'stiriladi.

**Nanostrukturalarning tabiiy hosil bo'lishi.** Bu hodisa ko'proq rudalarning hosil bo'lishiga tegishli. An'anaviy yondoshish bo'yicha kristallanish quyidagi yo'llar bilan amalga oshadi.

– moddalarning kondensatsiyasidagi (energiya yig'ishdagi) hosil bo'lgan bug'lardan:

- eritmalaridan, ularning sovib-qotishidan;
- eritmalaridan, erigan moddaning cho'kishi natijasida;
- qattiq holatdagi diffuzion o'zgarishlaridan.

Bular tog' jinslarining barchasiga, shu bilan birga oltinga ham tegishli.

## 19.1. Nanomateriallarning qo'llanilishi

Hozirda nanomateriallar juda ko'p sohalarda qo'llaniladi: sanoat, nanoelektronikada, nanooptika, nanobiologiya, nanospektroskopiyada, nanotibbiyot va nanoelementlarda va h.k.

Nanomateriallarning sanoatda qo'llanilishi alohida ahamiyatga ega. Bu materiallarning xossalari prinsipial farq qilganligi uchun sanoatning ko'p sohalarida ishlatiladi.

Albatta, birinchi navbatda nanomateriallarni qo'llash yuqori mexanik xossali yangi konstruksion materiallarni yaratishga imkon beradi. Nanostrukturali moddadan yasalgan rezkali mahsulot (detal) yuqori mustahkam bo'ladi.

Masalan, avia va avtomobilsozlikda ishlatiladigan titandan yasalgan mahsulot nanostrukturali qilib olinsa, uning chidamliligi uzoq umr ko'rish (долговечность) 1,5 marta oshadi, rezkali yashash mehnat sig'imi kamayadi.

Nanostrukturali aluminiy qotishmalaridan murakkab shakldagi yengil mahsulotlarni yuqori tezlikda o'ta plastik deformatsiyalab (bosim bilan ishlab) detallar yasash mumkin. Bu sharoitda shtampli barcha teshik, burchak va h.k. lari to'liq to'ladi, deformatsiya kuchi pasayadi, shakl hosil qilish harorati pasayadi (450°C dan 350°C gacha). Hozirda bu usul bilan ichki yonar dvigateli porshenlari (murakkab shakldagi) yasaladi.

Nitridli legirlangan keramik nanostrukturali moddalardan tuzilgan material olovbardosh bo'ladi va ulardan ichki yonuv dvigatellari, gaz turbinalari, keskich plastinkalari yasaladi.

Metallurgiyada esa nanomaterialdan yasalgan o'tga bardosh material-keramika ishlatiladi.

Hozirda mashinasozlikda nanokukunlar ko'p funksiyali qo'shimcha sifatida juda keng qo'llaniladi: motor, transmissiya va industrial yog'larga, plastik moylarga, bosim ostida ishlaydigan jarayonlarda ishlatiladigan texnologik moylarga, metallarni qirqishdagi moylovchi-sovituvchi suyuqliklarga, sayqallashtirishdagi (dovodno-pritirichniye) pasta va suspenziyalarga qo'shiladi.

Tarkibida plastmassa va polimerlar bo'lgan kompozitsion materiallarga metallarning nanokukunlarini qo'shish ancha istiqbolli yo'nalishdir. Bu yo'l bilan plastik magnit, elektr o'tkazadigan rezina,

tok o'tkazadigan bo'yoq, yelim va h.k. xossalari kompozitsion materiallar olish mumkin. Metallarning nanokukunlarini qo'shib yonmaydigan polimerlar olinadi.

Umuman, nanomaterialli qoplamalar bir tekisda, bir xil qalinlikda, bir xil zichlikda yotadi, olovbardosh bo'ladi.

«Mercedes-Benz» kontserni 2004-yildan avtomobillar korpusi uchun maxsus lok ishlata boshladi. Maxsus lokka keramik nanokukun qo'shilgan.

Bu bilan avtomobil korpusini tirnash-qirilishga («царапание») qarshiligi 3 marta oshgan.

Shu tariqa nanomateriallar bilan avtomobil korpusining bikrligini ko'tarib, og'irligini pasaytirish mumkin.

AQSHlarning Elekiy universtiteti olimlariga tibbiyotda nanomateriallarni (texnologiyani) qo'llashni o'rganish uchun 6,5 mln. dollar hajmida pul ajratilgan. Olimlar insonlarning tirik to'qimalariga implantatsiya qilinadigan biomimetik nanoo'tkazgichni yaratmoqdalar.

Bundan buyon quyosh energiyasidan foydalanish energetika sohasidagi dolzarb masala bo'lib qolaveradi. Nanotexnologiya asosida yaratilgan mis-indiy-dieselenid-galliy (CIGS-plyonka) plyonkasining fotoelektrik (samaradorligi) hozirgi zamon quyosh elementlarinikidan 20% ga ko'proq.

## 19.2. Dispersli tizimlarning klassifikatsiyasi

Hozirda dispersli tizimlarni o'rganishda va ishlab chiqarishda ko'p atamalar ishlatiladi: nanomaterial, nanokristall, nanozarra, nanokompozitlar, klasterlar, mikroklasterlar, kolloid zarralar, ultrayupqa kukunlar, gel, aerosol va h.k.

**Dispersiyalash** – mayda(juda mayda) zarralarga ajratish, bo'lish.

Dispersli tizim ikki yoki ko'p sonli fazalardan hosil bo'lgan tizim, bunda fazalar orasidagi ajralish yuzasi kuchli rivojlangan bo'ladi.

Dispersli tizimda bitta faza mayda zarralar shaklida boshqa uzluksiz – yaxlit fazada taqsimlanadi. Dispersli tizimning maydalangan (parchalangan, uzlukli) qismi **dispersli faza dispersion muhit** deyiladi.

Klassifikatsiyalash mezonlari — belgilari ko'p: dispersli faza va dispersion muhit agregat holatiga, dispersli faza o'lchamiga, dispersli faza zarrasi o'lchamiga qarab tavsiflanadi.

### 19.2.1. Agregat holatiga qarab klassifikatsiyalash

Dispersli tizimlarining dispersli fazalari va dispersion muhitlari agregat holatiga qarab klassifikatsiyasi quyidagi jadvalda berilgan.

Dispersion muhit	Dispersli faza		
	Gaz	Suyuqlik	Qattiq
Gaz		Aerozollar Tumanlar Tomchi	Aerogellar, aerosollar, kukunlar, tutunlar, chang
Suyuq	Ko'piklar, gazli emulsiya	Emulsiyalar, kremlar	Kul, gellar, emulsiyalar, pastalar
Qattiq	Qattiq ko'piklar, filtrlar, sorbentlar, membranalar	Qattiq emulsiyalar	Qattiq kullar, qotishmalar, kompozitlar, qoplamlar, plyonkalar.

**Kullar** — qattiq dispersli fazali va suyuq dispersion muhitli sedimentsion-turg'un yuqori dispersli tizimlar. An'analarga ko'ra, kullar **kolloidli erimalar** deb ham ataladi.

**Kolloidli tizimlar** (kolloidlar)-imkon boricha (oxirigacha) yuqori dispersli tizimlar. Kolloid zarralar o'lchamlari, odatda,  $1\div 100$  NM.

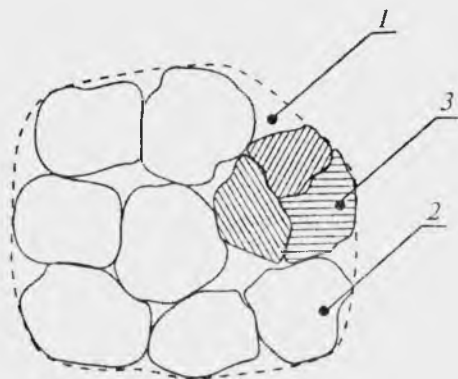
**Aerozollar** shunday tizimki, bunda gazoviy muhitda dispersli fazaning qattiq yoki suyuq zarralari muallaq holatda bo'ladi.

**Gellar** suyuq dispersion muhitli yuqori dispersli tizimlar, ularning struktura setkasi (sinchi) dispers faza zarralaridan tashkil topgan.

**Kukunlar** (kukunlar) — ikki fazali tizim, dispers faza qattiq zarralarni havoda yoki boshqa gaz muhitida taqsimlanganligi. Odatda, kukunlarga to'qiluvchi materiallar hisobga olinadi. Texnikada bu yuqori dispersli tizim. Tizim zarralarining o'lchamlari shundayki, zarrachalararo ta'sir kuchlarini taqqoslash mumkin yoki bu kuch o'z og'irligidan kam bo'lishi lozim. Shunga binoan har bir zarra o'lchami  $0,001\div 1000$  MKM chegarasida bo'ladi. Agar

o'lcham 0,001 mkmdan kichik bo'lsa, bunga plasterom deyiladi. Zarralar o'lchamlari 1mkmdan kichik kukunlarni gaz fazasida muallaqligi va ularni broun harakatida ishtirok etishi aerazol, chang va tutunni tashkil qiladi.

**Zarra** — kukun birligi, buni oson bo'lib bo'lmaydi. Zarra bir nechta donalardan (urug'lardan) tashkil topgan bo'lishi mumkin (19.1-rasm).



19.1-rasm. Agregatlar, zarrachalar va kogerent bo'laklarining tarqalishlarini o'zaro bog'lanishi-nisbati:

1 — agregat, 2 — zarra, 3 — kogerent bo'lakning tarqalishi.

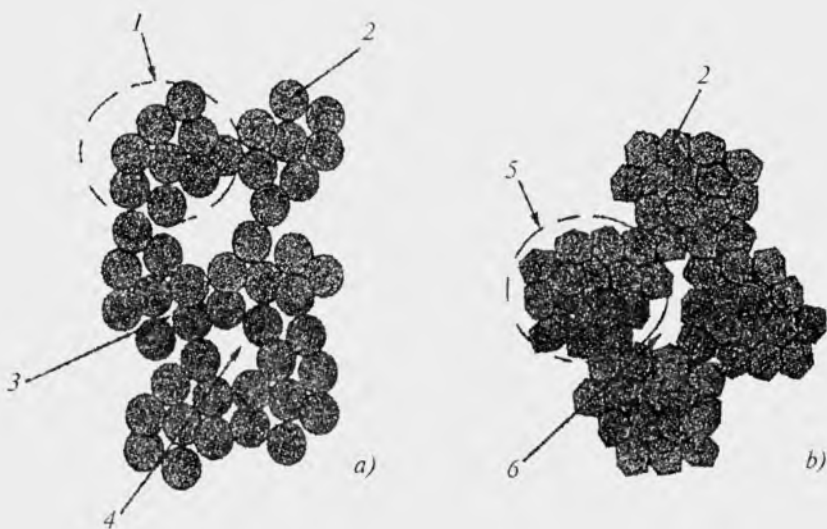
Aglomerat (agregat) — bir nechta zarrachalarni kattaroq hosilga birlashishi. Agregat va aglomeratlar ichki g'ovakliklari bor-yo'qligi bilan bir-biridan farq qiladi. Aglomeratlarda zarrachalararo bo'shliq bo'ladi (19.2-a rasm), agregatlarda bo'shliq yo'q (19.2-b rasm).

### 19.2.2. O'lchamiga qarab klassifikatsiyalash

Klassifikatsiyalash me'zonlari ko'p. Birinchi navbatda, dag'al dispersli va yuqori (mayda) dispersli. Dag'al disperslida zarracha o'lchami 1 mkmdan yuqori bo'ladi. Yuqori disperslini kolloidli dispersli deb ataladi: zarracha o'lchami 1 nm dan 1 mkmdan gacha bo'ladi.

Metallurgiya (mashinasozlik)da quyidagicha: ultrayupqa kukunlar-zarra o'lchamlari 500 nm dan kam; o'ta yupqa kukun, o'lchami 500 nm dan 10 mkmdan gacha; yupqa kukun, o'lchami





19.2-rasm. Aglomerlashtirilgan (a) va agregatlashtirilgan (b) kukunlarning sxematik ko‘rinishi:

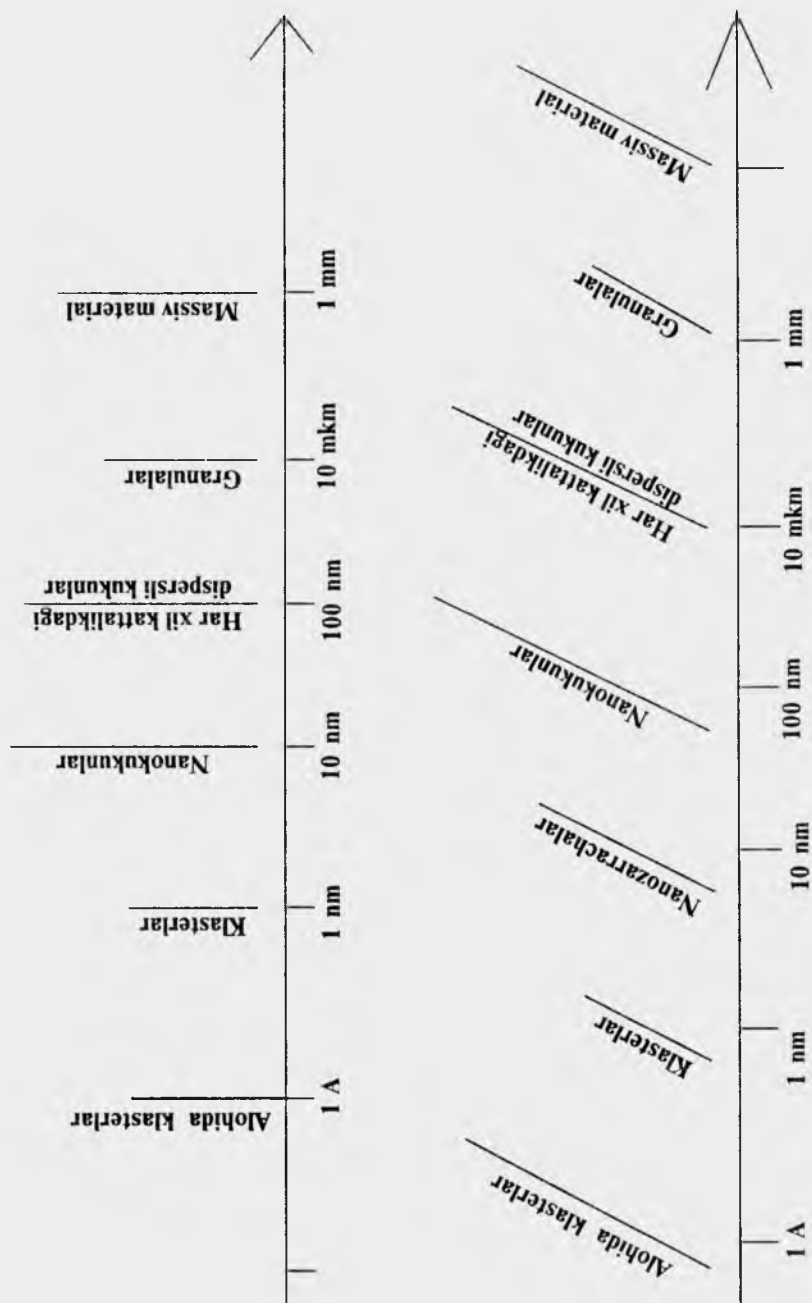
- 1 – aglomerat, 2 – birlamchi zarracha; 3 – aglomerat ichidagi g‘ovak;  
4 – aglomeratlar orasidagi g‘ovak; 5 – agregat; 6 – agregataro g‘ovak.

10–40 mkm; o‘rta yirikli kukun, o‘lchami 40 – 150 mkm; dag‘al (yirik) kukun, zarracha o‘lchami 150–500 mkm. Oxirgi vaqtda o‘lchami 1–10 nm bo‘lgan obyektlar nanozarrachalar deb atala boshlandi.

Atomlar, molekular va ionlarning bir-biriga yaqin joylashgan va mahkam bog‘langan guruhiga **klaster** deyiladi.

Xulosa qilib aytganda, o‘lchamlar atom birligidan boshlab massiv materialga o‘tguncha bir necha o‘lchamlarni o‘tadi. Sxemada dispersli materiallarni dispers fazalari o‘lchami bo‘yicha klassifikatsiya berilgan.

Dispers fazalar amaldagi tizimlarda har xil shakllarga ega: sfera-qubba-shar; ignasimon, silindsimon, tangachali (baliqlar po‘stlog‘i kabi), teng o‘qli emas hosila (hosil bo‘lgan shakl) va h.k. Dispersli fazani qoplamalar, plyonkalar, membranalar, iplar, kapilarlar, har xil tolalar, g‘ovaklar ham tashkil qilishi mumkin. Shuning uchun dispers tizimlarning o‘lchamiga qarab klassifikatsiyasi dispers fazani e‘tiborli (asosiy) o‘lchamlari geometriyasiga yoki o‘lchash soniga asoslangan.



Disperslikni aniqlovchi o'lchamlar ham o'ziga xos. **Disperslik** – bu dispers faza zarrachalari o'lchamlariga teskari kattalik. Uch o'lchamli jismlarni o'ziga xos o'lchamlari va dispersligi o'zaro perpendikulyar yo'nalishda aniqlanadi (19.4-a rasm).

Hozirgi zamon klassifikatsiyasiga ko'ra nol o'lchamli dispers tizimlarga nano (ultradispersli) kukunlar va nanozarrachalar kiradi.

Ikki o'lchamli jismlarning dispersligi ikki o'lcham bilan baholanadi, bunda ular bir-biriga perpendikular yo'nalishda bo'ladi. (19.4-b rasm).

Uchinchi o'lcham  $L$  disperslikka ta'sir qilmaydi. Ikki o'lchamli tizimlarni tolalar, iplar, kapillarlar tashkil qiladi.

Bular makrouzunlikka ega, qolgan ikki o'lcham nanometrlarda o'lchanadi.

Bir o'lchamli jismlarda faqat «a» o'lcham disperslikni aniqlaydi (19.3-d rasm). Bir o'lchamli materiallarga plyonkalar, membranalar kiradi.

Bularning qalinligi nanometrda o'lchanadi, qolgan ikkita o'lcham makroskopik o'lcham bo'ladi.

Uch o'lchamli nanotizimlarga hajmiy nanomateriallar kiradi.

### **19.3. Nanoo'lchamli materiallarni olish usullari**

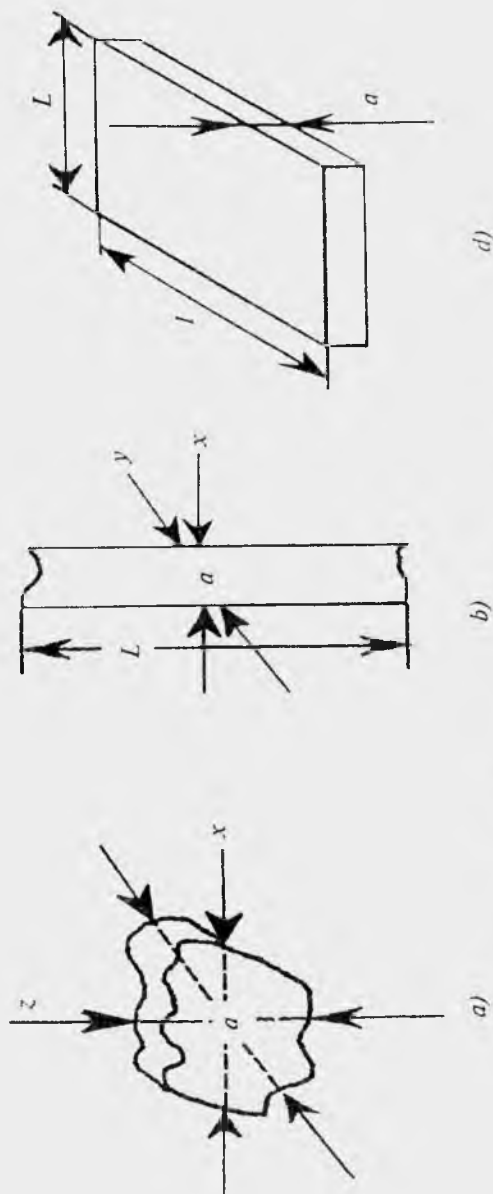
Nanomateriallarni olish usullariga bo'lish negizida nanomaterialning sintez bo'lish jarayoni yotadi. Shu nuqtayi nazardan olish usullari quyidagi turlarga bo'linadi: mexanikaviy, fizikaviy, kimyoviy va biologik.

Mexanikaviy usul materiallarga katta deformatsiyalovchi kuch ta'siriga asoslangan: bosim, egish, vibratsiya, ishqalash, kavitatsion jarayonlar va h.k.

Fizikaviy usullar asosida fizikaviy o'zgarishlar yotadi: bug'lanish, kondensatsiya, toblash, termosikllash va boshqalar.

Kimyoviy usullar kimyoviy reaksiyalarga asoslangan: elektroliz, qaytarilish, termik parchalanish.

Biologik usul oqsil tanachalarida o'tadigan biologik jarayonlarga asoslangan.



19.3-rasm. Nol o'lehamli (a), ikki o'lehamli (b) va bir o'lehamli (d) dispers fazalar.

### 19.3.1. Mayda zarrachalarga bo'lish (disperslash)ning mexanik usullari

O'z navbatida bu nanomateriallarni olish usullari quyidagi guruhlarga bo'linadi: mexanikaviy maydalash, shiddat bilan jadal deformatsiyalash, har xil muhitlarni mexanikaviy ta'sirida.

#### 19.3.1.1. Nanomateriallarni mexanikaviy maydalash bilan olish

Bu usul maydalanayotgan qattiq materiallarga katta urilish kuchi va katta ishqalanish ta'siriga asoslangan. Bunda mexanik ta'sir impulsli bo'lishi kerak. Mexanik ta'sir zarrachaning ma'lum bir joyi — nuqtasiga (локально) ta'sir qiladi. Kuch impulsli va lokal bo'lganidan kichkina vaqtda nisbatan katta kuch ta'sir qiladi.

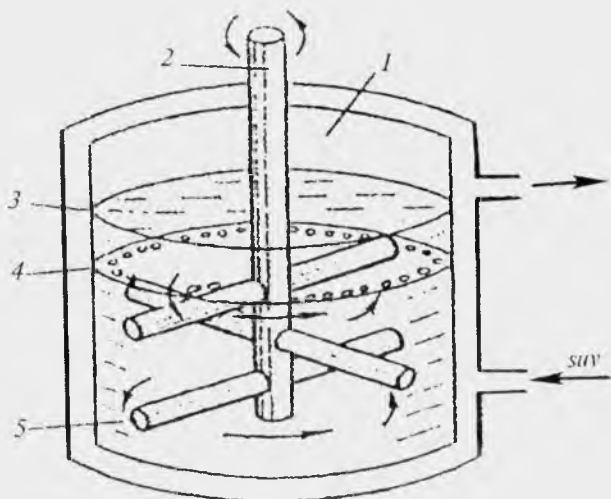
Mexanikaviy maydalash har xil qurilma va moslamalarda olib boriladi: sharoviy, planetar, vibratsiyali, girdob (вихрь), giroskopik, oqimli tegirmonlarda attritorli qurilmalarida bajariladi. Tegirmonlarning ichida eng soddasi va keng tarqalgani bu **sharoviy tegirmonidir**.

Tegirmon silindr bo'lib, ichida maydalovchi ko'pincha po'lat yoki qattiq qotishmali sharlar jism bo'ladi. Silindr aylanganda bu sharlar aylanish bo'yicha baraban bo'ylab ko'tarilib, eng tepasiga chiqqanda o'z og'irligi bilan pastga otilib tushib, maydalanuvchi materialni urib, maydalab deformatsiyalaydi. Maydalanish tezligi barabanning aylanish tezligiga bog'liq. Maydalangan zarracha shakli siniq (осколочный), g'adir-budur bo'ladi.

Attritorli qurilmalar, sharoviy tegirmonlarning bir turidir (19.4-rasm).

Maydalanuvchi jism qimirlamaydigan baraban ichida bo'ladi. Baraban ichida katta tezlikda (100 ayl/min. va undan yuqori) aralashtiruvchi kuraklar aylanadi. Maydalangan jismlarning sirkulyatsiyasini — aylanishini va maydalanayotgan materialning maydalanishini (yeyilishini) aralashtiruvchi kurakchalarga qiya o'rnatilgan taroqlar ta'minlaydi.

Zarralar o'lchami bir tekis. Lozim disperslik sharoviy tegirmondagiga nisbatan bir necha marta katta bo'ladi.



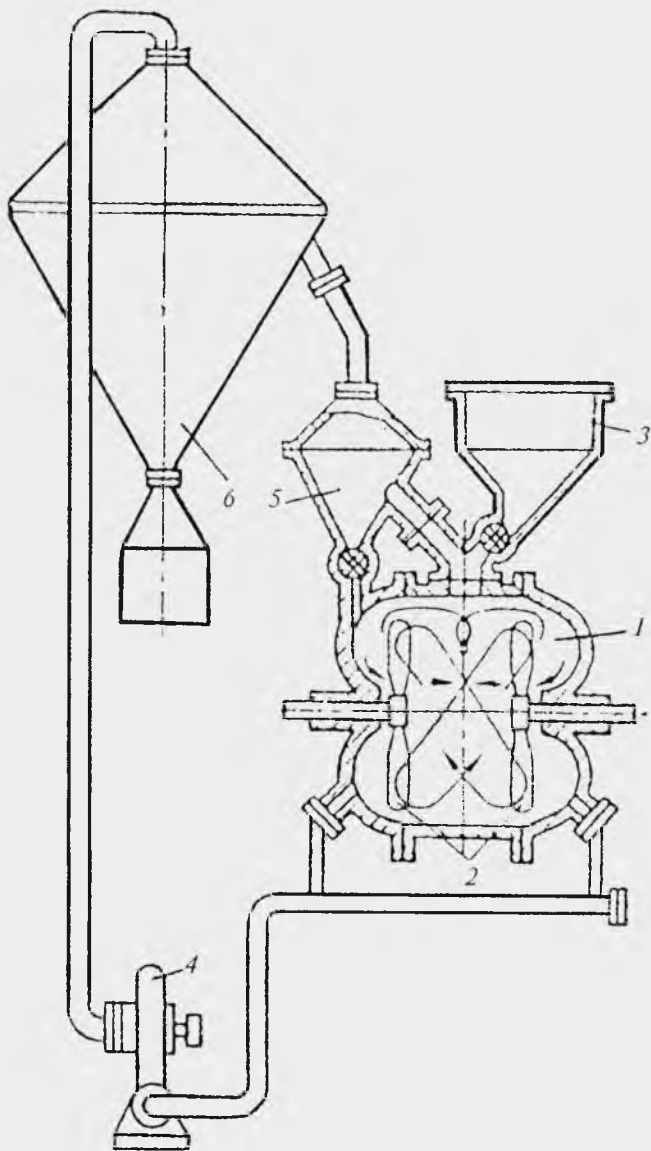
19.4.-rasm. Attritor qurilma sxemasi:

- 1 – maydalovchi hajm; 2 – aralashtiruvchi val;  
 3 – maydalanuvchi material; 4 – maydalangan jism;  
 5 – aralashtiruvchi parrak.

Girdob («выхревой») tegirmonlarda, asosan, bolg'alangan bosim ostida (kovkiy) ishlangan materiallarni nanokukun aylantirishda qo'llaniladi. Bu qurilmalarda urilish va ishqalanish kuchlari maydalanayotgan materialning zarrachalarini o'zaro bir-birlariga urilishlarida hosil bo'ladi. Girdob tegirmoni (19.5-rasm) ish kamasida bir-biriga qarshi o'rnatilgan propellerlar – parraklar o'rnatilgan bo'lib, ular bir-biriga qarshi yo'nalishda katta (3000 ayl/min) albatta bir xil tezlikda aylanadi.

Dastlabki modda bunkerdan girdob oqimiga tushadi. Girdobni parraklar vujudga keltiradi. Girdobda zarrachalar bir-birlari bilan to'qnashib, maydalanadi. Tashuvchi gaz yordamida allaqachon maydalangan zarrachalar ish bo'shlig'i-kamerasidan olib chiqarilib, qabul qiluvchi kameraga yo'naltirilib haydaladi. Bu hajmda yirik zarrachalar hajm tagiga cho'kadi va yana ish kamerasiga qaytariladi hamda qayta maydalanadi. Mayda zarrachalar cho'kuvchi kameraga yo'naltiriladi, bu yerdan vaqti-vaqti bilan olib turiladi.

Maydalanayotgan material turiga qarab zarrachalar shishasimon qirrali, bodroqsimon yoki shar shaklida bo'lishi mumkin.



19.5-rasm. Girdob («выхревой») tegirmon sxemasi:  
 1 — ish kamerasi; 2 — parraklar; 3 — bunker; 4 — nasos;  
 5 — qabul kamerasi; 6 — cho'kuvchi kamera.

Nanokukunlarni olishda eng samarador va mehnat unumi yuqori usul **oqimli tegirmondir**. Bu usulda juda mayda zarralar olinadi. Qisilgan gaz (havo, azot va h.k.) yoki o'ta qizigan bug' oqimi konus naychali teshik (soplo) orqali ish kamerasiga tovish tezligida ( $V_{\text{tov}}=311\text{m/sek}$ ) va undan yuqori tezlikda ham yuboriladi. Yorug'lik tezligi  $V_{\text{yor}}=3\cdot 10^8\text{ m/sek}$ . Ish kamerasida maydalanayotgan katta tezlikdagi girdobga bir-birlariga katta nisbiy (nuqtaviy) kuch bilan bir necha marta (ko'p marta) urilib, shiddat bilan qizg'in yeyilib maydalanadi.

Oqimli tegirmonlarda metallar, keramika, polimerlar va ularning har xil kompozitsiyalari maydalanadi. Mo'rt materiallar va tegirmonlarda yetarli darajada maydalanmagan zarralar ham maydalaniladi.

Maydalanayotgan material tabiatiga qarab har xil o'lchamli zarracha olinadi.

Masalan,  $\text{MoO}_3$  va  $\text{WO}_3$  oksidlaridan 5NM dan kichik nanokukun va temir Fe uchun sharli tegirmonda 10–20NM o'lchamli zarracha olish mumkin.

Maydalash jarayoni vaqti bir necha soatdan bir necha sutkagacha bo'lishi mumkin.

### **19.3.2. Jadal plastik deformatsiya usuli**

Hajmiy materiallarda nanostrukturani shakllantirish maqsadida deformatsiyalashning maxsus mexanik sxemasi ishlatiladi. Bunday deformatsiya natijasida nisbatan past haroratda katta — ko'p buzilgan struktura olinadi.

Jadal plastik deformatsiyalashga quyidagi deformatsiyalar kiradi:

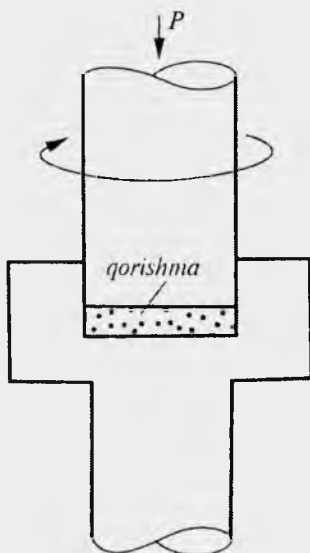
1. Katta bosim ostida burash.
2. Teng kanalli burchakli presslash.
3. Har tomonlama bolg'alash.
4. Teng kanalli burchakli cho'zish.
5. «Qumsoat» usuli.
6. Jadallik bilan sirpanib ishqalash usuli.

Eng ko'p tarqalgani birinchi va ikkinchi usullardir.

Katta bosim ostida burashni amalga oshirish uchun namuna disk shaklida yasaladi. Namuna-material 2 ta puanson orasiga



joylashtirilib, katta bosim (bir necha Gpa) bilan qisib turiladi (19.6-rasm).

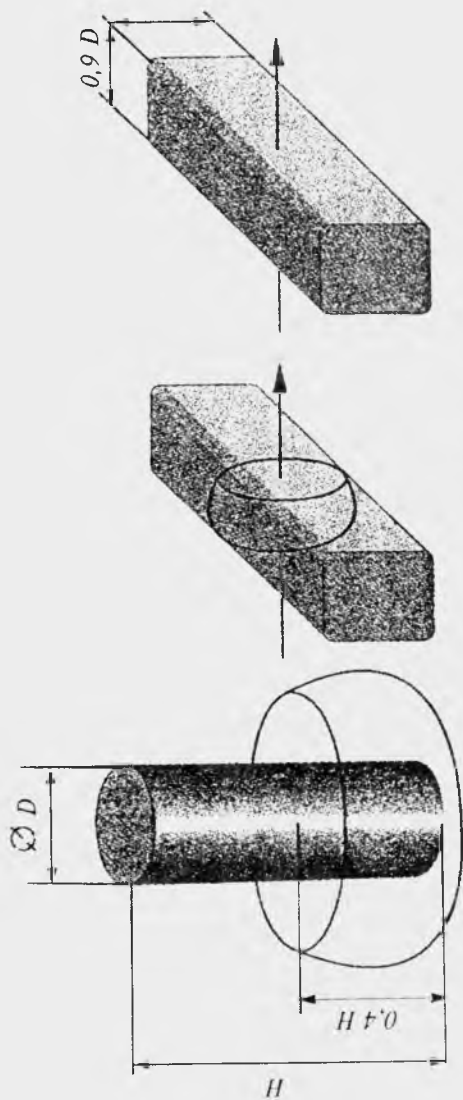


19.6-rasm. Katta bosim ostida burab deformatsiyalash usuli prinsipial sxemasi.

Faqat yuqori puanson aylanadi. Bu holda ishqalash kuchlari materialning asosiy hajmini deformatsiyalanishga majbur qiladi. Jarayon uy haroratida ham,  $0,4T_{erish}$  haroratidan pastda ham olib borilishi mumkin.

Disk shaklidagi namuna o'lchamlari:  $D = 10-20$  mm, qalinligi  $t = 0,2-0,5$  mm. Lozim deformatsiya olish uchun bir necha aylanishning o'zi kifoya.

Maydalanish material turiga bog'liq. Masalan, austenitli po'lat X18H10T dan 70HM o'lcham. Mo, V, azot bilan legirlangan po'latlardan 40-50HM o'lcham, kam uglerodli po'latlardan 100HM o'lchamli zarrachalar olish mumkin. Katta-og'ir namunalardan nanostruktura olishda har tomonlama bolg'alash usuli qo'llaniladi. Bolg'alash bir necha martagacha (20 martagacha) qayta-qayta bajariladi. Bunda cho'ktirish-cho'zish kuchlanish kuchlarini qo'yish o'qlari ham almashtirilib turiladi (19.7-rasm).



19.7-*rasm*. Har tomonlama bolg'alash sxemasi.  
 Deshaktsiyalash harorati  $T_{def}=(0,3-0,6)T_{erish}$ .

### 19.3.3. Mayda zarrachalarga bo'lish (disperslash)ning fizikaviy usullari

Maydalashning fizikaviy usuliga quyidagilar kiradi: purkash, bug'lanish-kondensatsiya (suvga aylanish), vakuum-sublimatsiya jarayonlari, qattiq holatdagi o'zgarishlar.

#### 19.3.3.1. Eritmani purkab nanomaterial olish

Eng ko'p tarqalgan usuli – bu eritma oqimini suyuqlik yoki gaz bilan purkashdir.

Suyuqlikning ingichka oqimi kameraga uzatiladi, bu yerda qisilgan inert gazi yoki boshqa suyuqlik oqimi bilan purkalanib, mayda tomchilarga parchalanadi. Jarayonning printsiptial sxemalari 19.8-rasmda berilgan.

Disperslashning eng ko'p tarqalgani 19.8-a rasm. sxemasi: metall oqimi o'qiga  $90^\circ$  burchakda (perpendikular) yo'nalgan gaz yoki suyuqlik oqimi bilan maydalash.

Eritma ingichka oqimini ham o'quyri («обтекаемый») – qattiq tegmaydigan gaz oqimi bilan purkalanishi ham mumkin (19.9-b rasm).

Ingichka gaz oqimi eritma oqimi yo'nalishi o'qiga ma'lum burchak ostida ham bo'lishi mumkin (19.9-d rasm).

Ishchi gazlar sifatida argon yoki azot, maydalovchi suyuqlik sifatida suv, spirt, atseton, atsetaldegid ishlatiladi.

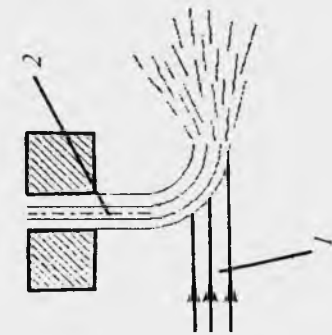
Metall eritmasini suyuqlik bilan parchalash sxemasi 19.9-rasmda berilgan.

Ishchi suyuqlik dumaloq diskdagi teshiklar orqali beriladi, disk esa tezlik bilan aylanadi.

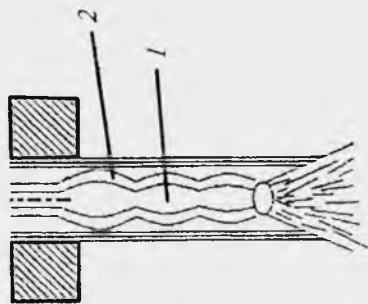
Suyuqlikning ingichka oqimi maydalanuvchi issiq eritma bilan to'qnashganda muqarrar ravishda eritmani ingichka oqimi atrofida va har bir maydalangan zarracha atrofida jadal bug'lanish jarayoni o'tadi.

Bu holda maydalanish amalda qizigan qisilgan bug' vositasida bajariladi, suyuqlik bilan emas.

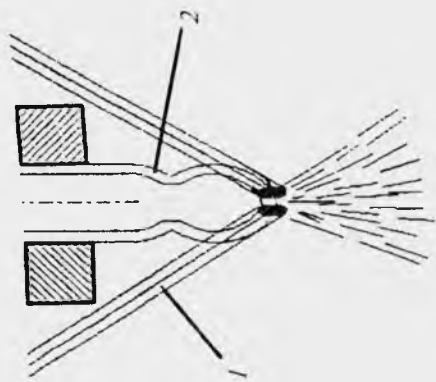
Zarrachalar o'lchami 50–100 NM, shakli tomchisimon yoki sferik bo'ladi.



a)



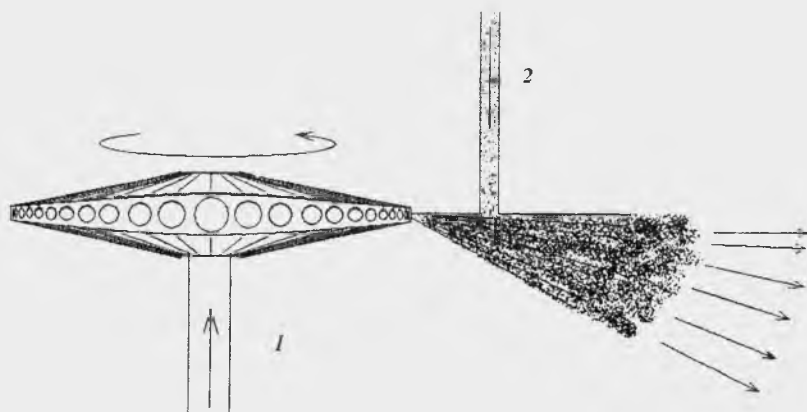
b)



d)

**19.8-rasm. Eritma oqimining purkash sxemalari:**

a — eritma ingichka oqimiga («струя») perpendikulyar yoʻnalgan gazli oqim; b — ham oʻq (bir tomonga yoʻnalgan oʻqlar) gaz oqimi bilan purkash; d — eritma ingichka oqimiga burchak ostida yoʻnalgan gazoviy oqim; 1 — parchalovchi, maydalovchi gaz oqimi; 2 — maydalanuvchi-kukun boʻluvchi eritma oqimi.



19.9-rasm. Metall eritmasining suyuqlik ingichka oqimi bilan purkash usuli:

1 – ishchi suyuqlik. 2 – suyuq metall ingichka oqimi.

### 19.3.3.2. Nanomateriallarni bug‘lanish – kondensatsiya usuli bilan olish

Bug‘lanish – kondensatsiya usullari nanoobyektlar bir agregat holatidan ikkinchi agregat holatiga tez o‘tkazish yo‘li bilan sintez qilishga asoslangan; ya‘ni fazoviy o‘zgarishlar natijasida: bug‘ – qattiq jism, bug‘ – suyuqlik – qattiq jism. Demak, usul mohiyati – bu jadal qizdirish, so‘ngra tez sovitish.

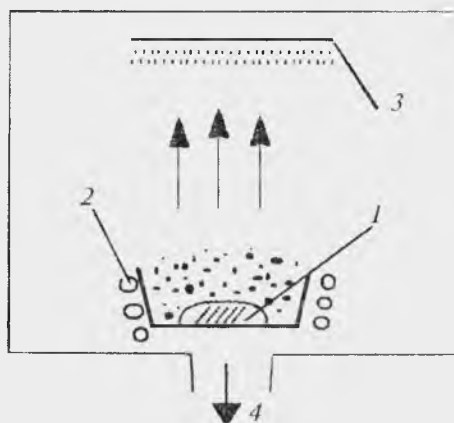
Bug‘lanuvchi materialning qizdirish turi (manba)yiga qarab quyidagi turlarga bo‘linadi: lazerli, rezisterli, plazmali, elektr yoyli, induksionli, ionli. Bug‘lash – kondensatsiyalash jarayonini vakuumda yoki neytral gaz muhitida olib borish mumkin. Sovitish usullari har xil.

Bug‘lanuvchi modda jism qiyin eriydigan, kimyoviy inert materiallardan (To, W, grafit) yasalgan «tigel» ga joylashtiriladi (19.10-rasm).

Tigelga joylashtirmasdan ham bug‘latish mumkin. Bunda lazer yoki plazma bilan qizdiriladi.

Bu sohada plazmali texnologiya keng qo‘llaniladi.

**Plazma** – qisman yoki to‘la ionlashgan gaz, yuqori haroratda atom va molekularning termik ionlashishi natijasida hosil bo‘ladi.



19.10-rasm. Bug‘lanish-kondensatsiyalash usuli bilan nanokukunni olish qurilmasi sxemasi:

- 1 – bug‘lanuvchi jism; 2 – qizdirgich;  
 3 – yuza, bunga nanokukun cho‘ktiriladi-o‘tiltiriladi;  
 4 – idishdan havoni–muhitni chiqarib tashlash.

Plazmalar past va yuqori haroratli bo‘ladi. Texnologik jarayonlarda past haroratli plazmalar ishlatiladi. Ular  $t = 2000-20000^{\circ}\text{K}$  da olinadi, – bosimi  $P = 10^{-5}-10^{-3}$  MPa.

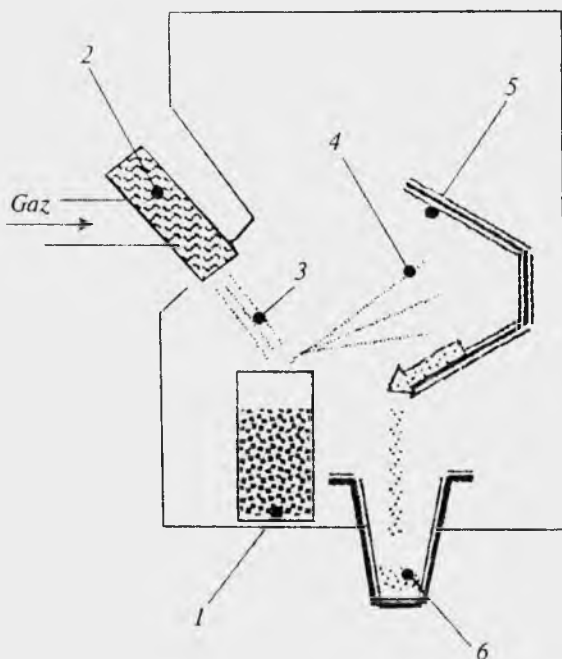
Plazma hosil qilish («generatsiya») uchun elektr yoyli hamda yuqori va o‘ta yuqori chastotali katta quvvatli plazmatronlar qo‘llaniladi: gaz juda yuqori haroratgacha qizdiriladi. Turg‘un plazma vodorod qo‘shilgan inert gazda olinadi.

19.11-rasmda ingichka plazma oqimi bilan nanokukun olish qurilmasi sxemasi berilgan.

Maydalanadigan – dispersiyalanadigan material plazmatrondan chiqadigan ingichka plazma oqimi bilan qizdiriladi va bug‘ga aylantiriladi. ( $T_{\text{plazma}} = 15000-70000^{\circ}\text{K}$ ). Bug‘lanadigan material plazma zonasiga kukun yoki elektrod (anod) ko‘rinishida kiritiladi. Juda kuchli qizigan gaz hosil bo‘ladi. Endi maydalanishlik, kukun strukturasi, mehnat unumiga sovitish tezligi hal qiluvchi rol o‘ynaydi.

Qiyin eriydigan materiallardan 5–100NM li o‘lchamda kukun olinadi, shakli sferik, ba‘zan qirrali bo‘ladi.

Keramik intermetallidlar, kompozitlar (Ti–Mo–C) lardan ham kukun olinadi.



19.11-rasm. Ingichka plazma oqimi bilan nanokukun olish qurilmasi sxemasi:

1 – tigil namuna bilan; 2 – plazmatron; 3 – plazma; 4 – kondensatsiya zonasi; 5 – suv bilan sovitiladigan nanomaterialni plastinkasimon to‘plagich; 6 – mahsulotni (kukuni) yig‘ish uchun idish.

Lazer yordamida ham nanokukunlar olinadi, ayniqsa, Ti; Ni; Mo; Fe; Al lardan. Lazerni issiq berish qobiliyati plazmanikiga teng.

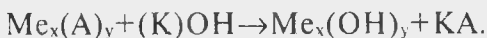
**Lazer** – bu optik kvantli generator, optik kogarentli nurlanish manbai hisoblanadi. Lazer nurining yo‘nalishligi ancha yuqori va zichligi katta. Lazerlar suyuqlili, gazli, qattiq jisimli bo‘ladi.

#### 19.3.4. Dispergirlashning kimyoviy usullari

Nanomuhitlarni kimyoviy reaksiyalash yordamida sintez qilishning variantlari juda ko‘p. Ularni, asosan, uch guruhga bo‘lish mumkin: 1 – kimyoviy o‘zgarishlar; 2 – elektrokimyoviy; 3 – kimyoviy va fizikaviy reaksiyalar aralashmasi hisobiga o‘tadigan.

### 19.3.4.1. Kimyoviy reaksiyalarni ishlatib, nanomateriallarni olish

Cho'ktirish usuli keng qo'llaniladi. Metallarning gidrooksidlari ularning tuz eritmalaridan cho'ktirib olinadi (maxsus cho'ktirgichlar yordamida). Masalan, ishqor eritmaları NH<sub>4</sub>OH; NaOH; KOH; umuman jarayonga quyidagi reaksiya to'g'ri keladi:



Bunda A-anionlar: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; Cl<sup>-</sup>; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

K-kationlar: Na<sup>+</sup>; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; K<sup>+</sup>.

X, Y – koeffitsiyentlar.

Olingan nanokukunlar o'lchami 10–150NM. Formalari: sferik, ignasimon, po'stloqli, qiyshiq shaklli.

Gaz fazali kimyoviy reaksiyalarni o'tkazish uchun maxsus qurilmalardan foydalaniladi (19.12-rasm).

Reaksiyon gaz 1 va 2 trubkalar orqali kiritiladi. Pech 1 reaksiyon zonani qizdiradi. Pech 2 dastlabki jismni yana qizdirishga xizmat qiladi. Bu dastlabki jismni reaksiyon idishda to'g'ridan-to'g'ri bug'lanishi zarur bo'lgan holda (19.12-b rasm). Reaksiyaning gaz holatidagi mahsulotlari idish 4 ga tushadi, bu yerda ular sovutiladi va kondensatsiyalanadi. Reaksiyon trubkalar, qoida bo'yicha kvarsdan, keramik materialdan yoki glinazyomdan yasaladi.

Gaz fazadan nanozarralarni ajratib olish bu usulning muammosidir. Zarrachalar nanoo'lchamli bo'lib, gaz oqimida ularning miqdori (kontsentratsiyasi) kam, harorati esa yetarli darajada yuqori bo'ladi.

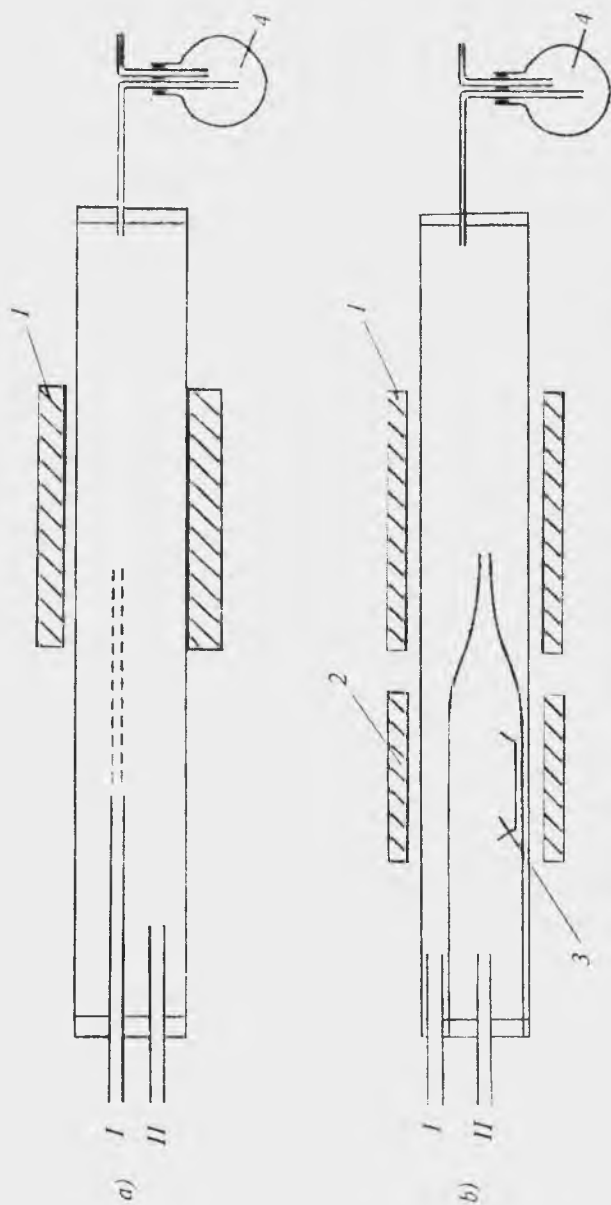
Ularni tutib olish uchun maxsus filtrlar qo'llaniladi. Filtrlar keramikadan yasaladi, elektrofiltrlar ham ishlatiladi, markazdan qochma usulda cho'ktirish siklon agregatlarida.

Siklonlar suyuq plyonkali, maxsus gazoviy sentrifugalar, sovuq aylanuvchi baraban (19.13-rasm).

### 19.3.4.2. Nanokukunlarni elektrokimyoviy usulda olish

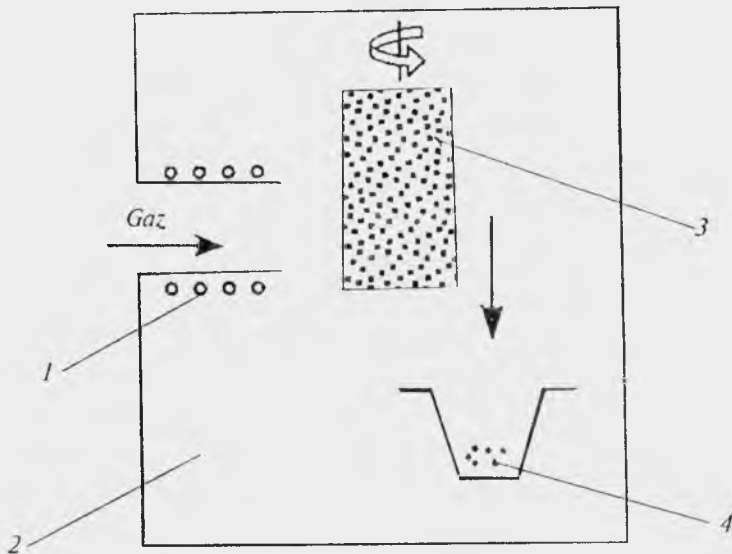
Boshqa usullar samarador bo'lmay qolganda ishlatiladi, kimyoviy jarayon tez o'tadi.





19.12-rasm. Reaksiya zonasini tashqaridan qizdirish jaryonida nanokukun olish qurilmasi sxemasi:

- a - gazsimon dastlabki jismlarni quritishda;
- b - dastlabki qattiq jismlardan foydalanilganda.



19.13-rasm. Gazoviy kimyoviy reaksiyalar davomida nanokukunlarni olish apparati sxemasi:

- 1 – qizdiriladigan trubkasimon reaktor; 2 – ish kamerasi;  
3 – aylanadigan sovuq silindr; 4 – kukun yigʻiladigan idish.

Elektrokimyoviy usulning mohiyati tuzlarning suvdagi eritmasidan doimiy elektr toki oʻtkazish jarayonida ulardan metallik kukunning choʻkishidir.

Maxsus tanlangan elektrolit ichiga katod va anod plastinkalari joylashtiriladi. Anod plastinkasi materiali sifatida kukun qilib choʻktirilayotgan material olinsa juda yaxshi boʻladi.

Elektroliz jarayoni oʻtish davrida anod va katod atrofida elektrolitik reaksiya oʻtadi, natijada katodda kukun ajraladi. Choʻkma katoddan vaqti-vaqti bilan olib turiladi. Elektrolit majburiy sirkulatsiya qilinadi.

### 19.3.5. Nanomateriallarni olishga biologik yondoshish

Nanomateriallarni biologik usullar bilan olinsa boʻlar ekan. Koʻpchilik tirik organizmlarda masalan, baʼzi bakteriyalarda zaracha yoki nanooʻlchamlar doirasida strukturalar ishlab chiqariladi.

Bunga evolutsiya yo'li bilan uzoq vaqt davomida erishilgan.

Biologik yo'llar bilan nanomaterial olishga molluskalar misol bo'ladi. O'ziga ozuqani qidirib olish uchun ularda tishga o'xshash tillari bo'ladi.

Bu «tishlar» tarkibida juda qattiq materiallar (getit va magnetit) bo'lgan nanokristall ignachalar bor.

Biologik usulning o'ziga xos kelajagi bor.

#### 19.4. Nanoo'lchamli kukunlarni yig'ish usullari

Nanomateriallar olish usullarining ko'pchiligining natijaviy mahsuloti bu – kukun. Ba'zi materiallarning nanostrukturalarini katta hajmda yaratish qiyin, ba'zan esa mumkin emas.

Nanokukunlardan hajmiy materiallar olish uchun, birinchi navbatda, har xil presslash jarayoni variantlari qo'llaniladi.

Jipslashgan buyum olish uchun, presslashni, pishirishni («спекание»), prokatlashni har xil texnologik jarayonlarini qo'llaniladi.

Amaliyot ko'rsatadiki, materialning dispersligi ortishi bilan jipslashishligi kamayadi.

Presslash – bu kukunka bosim ta'sirida shakl berish – shakllash. Natijada talab qilingan shakl, o'lcham va zichlik olinadi.

Presslash statik va dinamik guruhlarga bo'linadi. Bularning har biri yana guruhlarga bo'linadi:

1. Presslash haroratiga qarab: sovuq va issiq presslash.

2. Qo'yilgan kuch xarakteriga qarab: bir o'qli, ikki o'qli, har tomonlama.

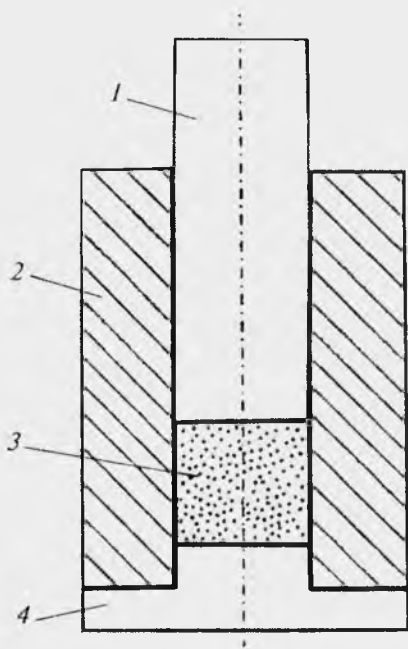
Bir o'qli presslash sxemasi 19.14-rasmda berilgan.

Kukun pressformaga joylashtiriladi. Nanomateriallar presslanganda jarayon vaakum kamerasida olib boriladi.

Bu usul bilan quyidagi nanokukunlar  $Dy_2O_3+TiO_2$  aralashmasi kompaktlashtirilgan-presslangan.

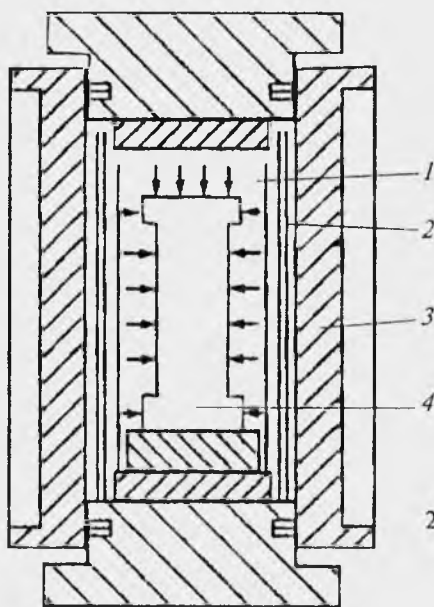
Agar buyum balandligini ko'ndalang kesim o'lchamiga nisbati birdan katta bo'lsa, ikki o'qli presslanadi, kamroq kuch sarflanadi.

Har tomonlama qisib presslanganda kuch kam sarflanib, sifati yuqori bo'ladi. Bunga misol gidrostatik presslash (19.15-rasm).



19.14-rasm. Pressforma sxemasi:

- 1 – ustki puanson;
- 2 – matritsa;
- 3 – presslanuvchi kukun;
- 4 – ostki puanson.

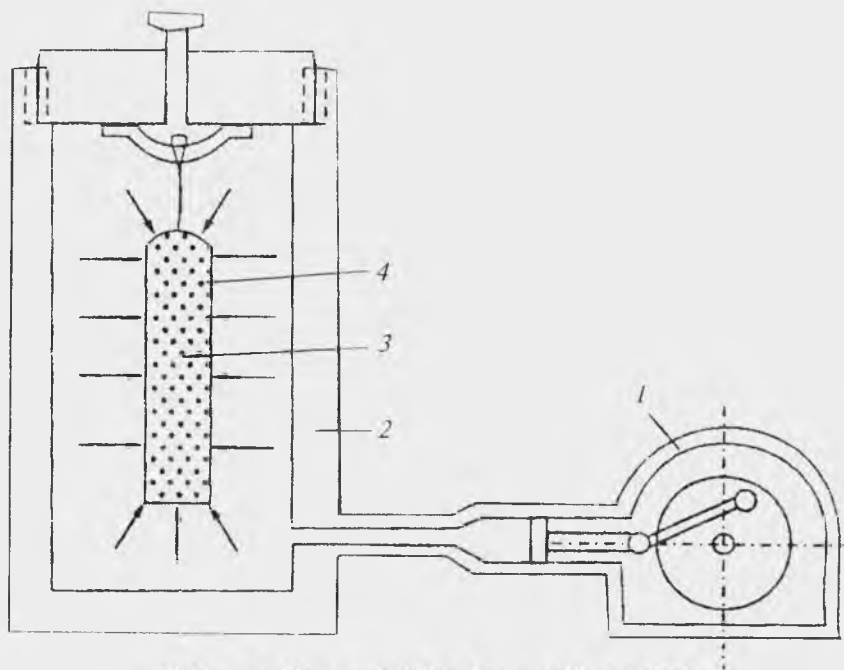


19.15-rasm. Kukunni gidrostatik presslash qurilmasi sxemasi:

- 1 – qizdirgich;
- 2 – issiq izolyatsiyali qatlam;
- 3 – ish kamerasi;
- 4 – qobiq po'stloq kukun bilan yoki zagatovka.

Kukun elastik (masalan rezinali) qobiqqa (xaltachaga) to‘qiladi. Qobiq ish kamerasida. Qurilma germetik yopiladi. Suyuqlik (yog‘, suv, glitserin) bosim ostida beriladi va kukunni elastik xalta bilan har tomonlama, bir tekis presslaydi.

Bu usulning gazostatik presslash varianti ham bor. Bunda har tomonlama qisish gaz (geliy, argon) vositasida bajariladi (19.16-rasm).



19.16-rasm. Nanomateriallarni gazostatik presslash qurilmasining ish kamerasi:

- 1 – yuqori bosim nasosi; 2 – issiq izolyatsiyali qatlam;  
3 – kukun; 4 – elastik qobiq-xalta.

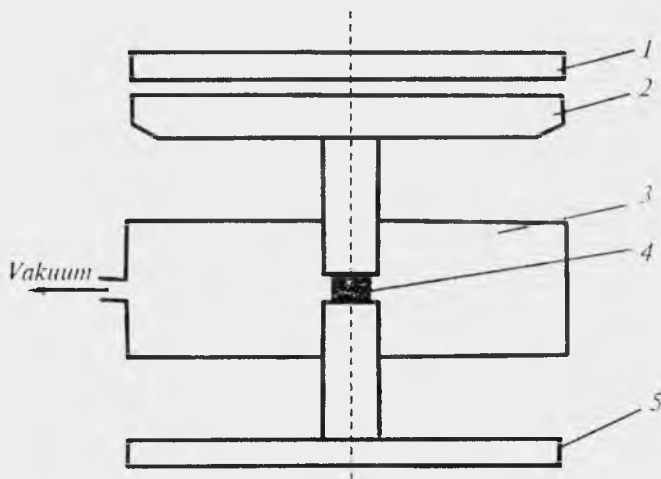
Qattiq materiallarni olishda magnet-impulsi presslash ishlatiladi. Impulsi magnet maydonidan «provodnik»ning otilib chiqishiga asoslangan.

Diamagnet magnet maydonidan itarilib chiqqan kabi. Induktorni impulsi magnet maydoni bilan kondensator yuzasini o‘zaro ta’siri natijasida mexanikaviy impuls kuchi press-shaklda yig‘iladi. Elektr zanjir ulanganda konsentrator magnet maydoni zonasidan itarib

chiqariladi va kukun presslanadi. Impuls bir necha mikrosekund davom etadi: bosim  $P = 1-2 \text{ GPa}$ .

19.17-rasmda magnet impulsli presslash sxemasi berilgan.

Jarayon vakuumda olib boriladi:  $P_{Qoldiq} = 1 \text{ Pa}$ . Paroshokni taxlash balandligi 3–15 mm. Dastlabki nisbiy zichlik 0,2–0,4. Lozim bo'lganda kukun qizdirilishi mumkin.  $t_{Qizd} = 300-600^\circ\text{C}$  vaqti 1,5 soat.



19.17-rasm. Magnet impulsli presslash qurilmasi sxemasi:

- 1 – induktor; 2 – konsentrator; 3 – vakuum kamera;  
4 – namuna; 5 – tayanch.

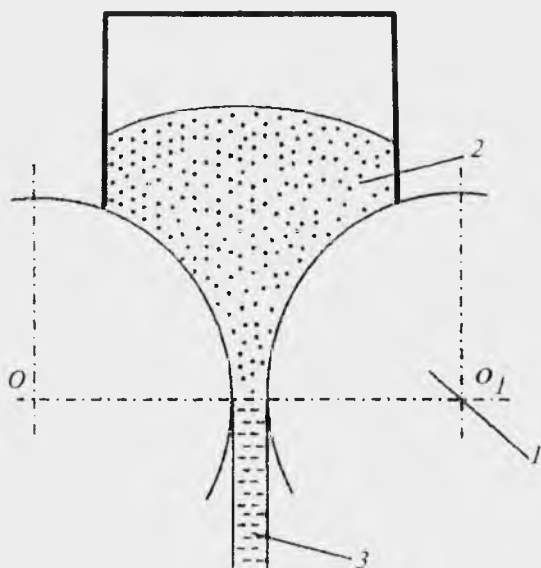
Kerakli bo'lgan mexanik va fizik-kimyoviy xossali kompakt nanomateriallar olish uchun ular pishiriladi, ya'ni qizdirib birlashtiriladi. Qizdirish harorati asosiy material (matritsa) erish haroratidan pastda bo'ladi.

Nanokukunlarni prokatlash usuli ham bor (19.18-rasm).

Dastlabki material yuklovchi moslamadan bir-biriga qarshi aylanayotgan jo'valar orasiga yo'naltiriladi. Ishqalanish kuchlari bilan kukun ergashtirilib, polosaga – lentaga zichlanadi.

Bu usul bilan har xil qatlamlar olinadi va diffuzion payvandlanadi.

Mundshtukli shakl berish qiyin presslanadigan materiallar (qiyin eriydigan materiallar va qotishmalar, qattiq qotishmalar)ga



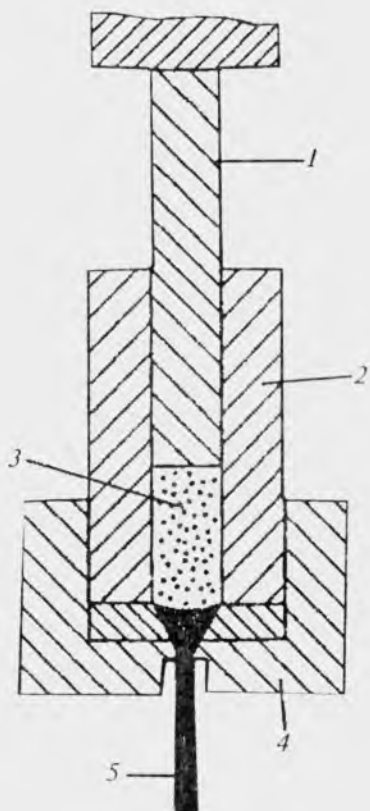
19.18-rasm. Nanokukunlarni prokatlash sxemasi:

- 1 – val; 2 – yuklovchi qurilmadagi kukun;  
3 – olinadigan zagatovka.

qo'llaniladi. Kukun ma'lum shakl va o'lchamdagi teshikdan qisib chiqariladi (19.19-rasm).

### Nazorat savollari

1. Nanoo'lcham nimaga teng?
2. Nanoo'lchamli materiallar qanday olinadi?
3. Dispersli tizim nima?
4. Gel qanday tizim?
5. Zarrachalarni kvalifikatsiya qilish turlarini ayting.
6. Nanoo'lchamli zarrachalardan olingan materiallarga shakl berish usullarini ayting.



19.19-rasm. Nanokukunlarni mundshukli presslash sxemasi:  
1 – puanson; 2 – po‘lat stakan; 3 – kukun; 4 – matritsa;  
5 – olinayotgan zagotovka.



---

**«Materialshunoslik» fanidan  
tayanch soʻzlar va iboralarning izohli lugʻati**

**Mustahkamlik** – tashqi kuch taʼsirida buzilmaslik, buzmasdan kuchni ushlab turish.

**Plastiklik** – oʻz oʻlcham shakllarini tashqi kuch taʼsirida oʻzgartirishi va uni kuch olib tashlangandan keyin ham saqlab turish.

**Qovushqoqlik** – metallni buzish uchun sarf qilingan ish.

**Qattqlik** – oʻziga boshqa jinsni botirilishiga qarshiligi.

**Kimyoviy turgʻunlik** – metallarning tashqi muhit taʼsiriga qarshiligi.

**Zichlik** – solishtirma ogʻirlik,  $2/\text{sm}^2$ .

**Allotropiya** – har xil sharoit (harorat)da kristall panjaraning yoki uning oʻlchamlarining oʻzgarishi.

**Izotropiya** – xossalarning har xil yoʻnalishda bir xilligi.

**Anizotropiya** – xossalarning har xil yoʻnalishda har xilligi.

**Lonjeron** – samolyot konstruksiyasining elementi.

**Panjara bazasi** – kristal panjaradagi bitta elementar katakchanning oʻziga tegishli atomlar soni.

**Hajmi, yoqlari markazlashgan kub, geksogonal** – kristall panjara turlari.

**Quymakorlik xossalari** – suyuq holda oquvchanligi va kirishuvchanligi.

**Bolgʻalanuvchanlik** – tashqi kuch taʼsirida buzilmasdan deformatsiyalanish.

**Payvandlanuvchanlik** – puxta va zich birikma hosil qilish.

**Metall** – harorat pasaygan sari elektr oʻtkazuvchanligi ortadigan element.

**Kimyoviy birikma** – komponentlar kimyoviy reaksiya natijasida birlashadi va formula bilan ifodalanadi.

**Qattiq eritma** – asosiy metall atomi kristall panjarasiga (erituvchi) ikkinchi xins (eruvchi) atomi kirgan birikma.

**Austenit** – uglerodning Fe<sub>γ</sub> dagi qattiq eritmasi.

**Ferrit** – uglerodning Fe<sub>α</sub> dagi qattiq eritmasi.

**Sementit** – temir va uglerod kimyoviy birikmasi.

**Perlit (elektoid)** – ferrit va sementit kristallarining mexanika-viy aralashmasi.

**Ledeburit (evtektika)** – austenit va sementit kristallarining mexanikaviy aralashmasi.

**Po‘lat** – uglerodning temirdagi qattiq eritmasi. Uglerod miqdori 2,14 % kam.

**Cho‘yan** – uglerodning temirdagi qattiq eritmasi, uglerod miqdori 2,14 % dan ko‘p.

**Termik ishlash** – metallni qizdirib, ushlab turib, sovutib, xossalari o‘zgartirish – yaxshilash.

**Yumshatish** – metallni GSEkritik chizig‘idan yuqorida qizdirish va pech bilan birga asta sovitish.

**Toblash** – qattiqlikni, mustahkamlikni oshirish- metallni GSK kritik chizig‘idan yuqorida qizdirib tez sovitish.

**Normallash** – GSE chizigidan yuqorida qizdirib, tinch havoda sovitish.

**Bo‘shatish** – PSK chizig‘idan (A<sub>1</sub>) past haroratda qizdirib, asta sovitish.

**Yuqori uglerodli po‘lat** – uglerod miqdori  $e = 0,45-0,75\%$ .

**O‘rta uglerodli** –  $e \leq 0,25-0,45\%$ .

**Kam uglerodli** –  $e \leq 0,09-0,25\%$ .

**Yuqori legirlangan** – po‘lat tarkibida legirlov elementlar 10% dan ko‘p.

**O‘rta legirlangan** – legirlov elementlar 10% gacha.

**Kam legirlangan** – legirlov elementlar 2,5 – 5% orasida.

**Oddiy sifatli po‘lat** – po‘lat tarkibidagi zararli elementlar miqdori yetarli: S=0,06%, P=0,07%.

**Sifatli po‘lat** – P,S kamroq P = S = 0,035% dan ko‘p emas.

**Yuqori sifatli** – zararli elementlardan P va S larning miqdori 0,025% ko‘p emas.

**O'ta yuqori sifatli** – P, S larning har birining miqdori 0,015% dan kam.

**Nuqson** – kristall panjaraning buzilishi.

**Brinell usuli** – metall qattiqligini o'lchash usuli, Brinell olish nomi.

**Teksturalanish** – plastik deformatsiyalash vaqtida metall kristall panjara buzilib, donalar muayyan tartibda joylashadi.

**Dislokatsiya** – metallning atomlar siljigan (sirpangan) sohasi bilan siljimagan sohasi orasidagi chegara.

**Puxtalanish (naklep)** – siljishlar, dislokatsiyalar, nuqtaviy nuqsonlarning ortishi natijasida mexanik xossalarning o'zgarishi.

**Birlamchi kristallanish** – metallarning suyuq holatidan qattiq holatga o'tishi.

**Ikkilamchi kristallanish** – qattiq holatdagi metallar kristall panjaralarining o'zgarishi.

**O'ta sovush darajasi** – nazariy kristallanish (suyuqlanish) harorati bilan amaliy kristallanish (suyuqlanish) harorati orasidagi ayirma – farqi.

**Kristallar (poliedrlar)** – kristallarning to'siq bo'lmagan tomonga o'sishi natijasida hosil bo'lgan struktura.

**Depdrid** – tartibsiz joylashgan mayda donali kristallar.

**Tezkesar po'lat** – tarkibida ko'proq volfram bo'lgan, legirlangan po'lat (P18, PgK5).

**Qayta ishlanuvchi cho'yan** – qayta ishlanib olingan po'lat uglerod bog'langan (oq cho'yan).

**Quyma cho'yan** – to'g'ridan-to'g'ri qolipga quyilib detal olinadi.

**Martensit, trestit, sorbit, perlit** – sovutish tezligiga qarab po'lat strukturalarining nomlari.

**Kritik nuqtalar, chiziqlar** – po'lat, cho'yan strukturalarining qaysi harorat ta'sirida o'zgarishini ko'rsatadigan nuqtalar, chiziqlar.

**Kimyoviy-termik ishlash** – po'lat sirtini yuqori haroratda u yoki bu element to'yintirish va termik ishlash.

**Disotsiatsiya** – muhit molekulari parchalanib to'yintiruvchi aktiv atomlar hosil qilish.

**Absorbsiya** – metall yuzasining aktiv atomlarni yutishi (eritishi).  
**Diffuziya** – to'yintiruvchi elementlarning detal sirtidan ichkariga kirishi.

**Sementitlash** – po'latdan yasalgan detal yuzalarini uglerod bilan diffuzion to'yintirish.

**Azotlash** – po'lat sirtini azotga to'yintirish.

**Siyanlash** – sirtqi qatlamni bir vaqtning o'zida ham uglerod, ham azot bilan to'yintirish.

**Termo-mexanik ishlash** – po'latni  $A_1$  dan yuqorida qizdirish, ushlab turish, shu yerda bosim bilan ishlash, toblash, bo'shatish.

**Legirlovchi element** – po'lat tarkibiga atayin kiritiladi, xossalriga ta'sir qiladi.

**Legirlangan po'lat** – legirlovchi element kiritilgan po'lat.

**Korroziyabardosh po'lat** – tashqi muhit ta'siriga qarshilik ko'rsata oladigan po'lat, bunda xrom miqdori 12% dan ko'p.

**Olovbardosh po'lat** – yuqori haroratda ham uncha oksidlanmaydigan (zanglamaydigan) po'lat.

**Issiqbardosh po'lat** – yuqori haroratda ham mexanik nagruzkalarga bardosh berish xususiyati.

**Duraluminiy** – Al, Cu, Mg tizimidagi aluminiy qotishmasi.

**Silumin** – Al, Si tizimidagi aluminiy qotishmasi.

**Magnoliy** – Al-Mg tizimidagi aluminiy qotishmasi.

**SAS** – pishirilgan aluminiy qotishmasi.

**SAP** – pishirilgan aluminiy kukuni.

**Kukun metallurgiyasi** – elementlar kukunlarini aralashtirib, presslab, termik ishlab mahsulot olish.

**Latun** – mis va rux qotishmasi  $Su+Zn$ .

**Bronza** – asosan, mis va qalay qotishmasi.

**Babit** – Qalay+surma ( $Sn+Sb+Cu$ ) qorg'oshin+qalay+surma ( $Pb+ Sn+Sb+Cu$ ) tizimidagi qotishma.

**Plakirovka** – portlatib payvandlash yoki boshqa usul bilan asosiy metall yuzasiga alohida xossali boshqa metall listini yopishtirish.

**Polimer** – katta molekulari bir xil strukturali zvenolardan tuzilgan modda.

**Chizig'iy** – polimer makromolekulari shaklsi.

**Shoxobchali, pog'onali, to'rli, fazoviy, parketli** – polimer makromolekulalari shakllari.

**Buner** – plastmassa solib qo'yilgan idish.

**Termoplast** – qayta qizdirilganda yumshamaydigan plastmassa.

**Reaktoplast** – qayta qizdirilganda yumshamaydigan plastmassa.

**Futirovka** – buyum ustini qoplash.

**Sayqallash** – detall yuzasi sifatini oshirish, g'adir-budurligini kamaytirish.

**Ultratovush usuli** – ultratovush tebranishi mexanik energiyasidan foydalanib ishlov berish.

**Polietilen** – etilening ( $\text{Sh}_2\text{-Sh}_2$ ) polimerizatsiya mahsuloti.

**Polistrol** – qattiq, omorf, bikr, tiniq polimer.

**Ftoroplast** – polimer qutbsiz omorf.

**Vulkanizatsiya** – kauchuk bilan otingugurtning o'zaro kimyoviy bog'lanishi.

**Plastifikator** – plastmassaning plastikligini oshiradi: kamforo, koster moyi.

**Katalizator** – qotish jarayonini tezlatadi.

**Matritsa** – kompozitsion materiallarning uzluksiz qismi (asosiy bog'lovchi).

**Keramik kompozitsion material** – asosan, kukun metallurgiyasi usulida olinadi.

**Suspenziya** – atala (aralashma).

**Soplo** – burun.

**Germetik** – zichlashtiruvchi (polimerlar asosida olinadi).

**Kley** – yelim.

«Nano» – bu  $=10^{-9}\text{m}$ .

«Nanomaterial» – elementlarni shu o'lchamli zarrachalar asosida olingan material.

---

## TEST SAVOLLARI

### **1. Moddalarning kristall tuzilishi nima bilan ifodalanadi?**

- A) atomlarning fazadagi joylashishi;
- B) protonlarning fazadagi joylashishi;
- C) ionlarning fazadagi joylashishi;
- D) elektronlarning fazadagi joylashishi.

### **2. Quyidagi qatorning qaysi birida faqat titan qotishmalari yozilgan?**

- A) OT1, OT4, OT4-1, BT15, BT22;
- B) BT17, BT8, MD1, BHJ-2, BT15;
- C) BT15, BT22, AK2, OT4, OT4-1;
- D) BD17, BT22, BT15, B93T2.

### **3. Birlamchi kristallanish nima?**

- A) suyuq yoki gaz holatdan qattiq holatga o'tish;
- B) suyuq holatdan gaz holatga o'tish;
- C) gaz holatdan suyuq holatga o'tish;
- D) harorat ko'tarilishida qattiq holatdan suyuq holatga o'tish.

### **4. Bronza qotishmasini aniqlang.**

- A) Cu-Sn;
- B) Cu-Mg;
- C) Cu-Fe;
- D) Cu-Zn.

### **5. Bo'shatish qachon qo'llaniladi?**

- A) qotishma toblangandan so'ng;
- B) qotishma normallashtirilgan so'ng;
- C) yumshatilgan qotishmaning puxtaligining oshirish;
- D) qotishma toblangunga qadar.

**6. Diogramma holati nima?**

- A) qotishma holatini uning konsentratsiyasi va haroratiga bog'liqligini grafik tarzda ko'rsatish;
- B) qotishma strukturasi haroratga bog'liqligini grafik tarzda ko'rsatish;
- C) qotishma strukturasi grafik qilib ko'rsatish;
- D) tashkil etuvchilarni konsentratsiya va haroratga bog'liq holda grafik tarzda ko'rsatish.

**7. Dislokatsiya nima?**

- A) atomlar siljigan va siljimagan sohalari orasidagi chegara;
- B) kristall panjaraning buzilishi;
- C) elektronlarning ma'lum bir joyda yig'ilib qolishi;
- D) atomlarning siljishi.

**8. Korroziyabardosh po'lat tarkibidagi asosiy legirlovchi element hajmi necha foizdan kam bo'lishi kerak emas?**

- A) 12,5%;
- B) 7,5%;
- C) 10%;
- D) 5%.

**9. Korroziyabardosh po'latlar uchun asosiy legirlovchi element deb qaysi element hisoblanadi?**

- A) Cr;
- B) W;
- C) Ti;
- D) Ni.

**10. Korroziyabardosh po'latlarning korroziyabardoshlik qobiliyatini qaysi element qo'shilishi bilan yanada oshirish mumkin?**

- A) Ni;
- B) Co;
- C) W;
- D) Ti.

**11. Qattiqlik nima?**

- A) boshqa jismni o'ziga botirilishiga qarshilik ko'rsatish qobiliyati;
- B) qismlarga qarshilik ko'rsatish qobiliyati;
- C) cho'zilishga qarshilik ko'rsatish qobiliyati;
- D) zarbiy kuchga qarshilik ko'rsatish qobiliyati.

**12. Kristall panjara deformatsiyaning qaysi holatini ifodalaydi?**

- A) deformatsiyadagi siljishni;
- B) elastik deformatsiya holatini;
- C) deformatsiyadagi sirpanishni;
- D) kristallning dastlabki holatini.

**13. Quyidagi aluminiylarning qaysi biri «duraluminiy»?**

- A) Al-Cu-Mg;
- B) Al-Si;
- C) Al-Mg;
- D) Al-Cu.

**14. Quyidagi aluminiylarning qaysi biri eng tozasi?**

- A) A 999;
- B) A 99;
- C) A 5;
- D) A 0.

**15. Quyidagi qatorning qaysi birida faqat magniy qotishmalari yozilgan?**

- A) MJ11, MJ14, MJ12, MA5, BM17;
- B) AMts1, AMg1, AK4, AK6, AD33;
- C) AK4, AK8, M40, MD6;
- D) MJ6, MJ7-1, MJ3, AK8.

**16. Quyidagi qatorning qaysi birida faqat titan qotishmalari yozilgan?**

- A) OT1, OT4, OT4-1, BT15, BT22;
- B) BT17, BT8, MD1, XBG-2, BT15;
- C) BT15, BT22, AK2, OT4, OT4-1;



D) B17, BT22, BT15, B93T2.

**17. Quyidagi solishtirma og'irlik zichlikning qaysi biri Ti elementiga to'g'ri keladi?**

- A) 4500 kg/m<sup>3</sup>;
- B) 2700 kg/m<sup>3</sup>;
- C) 1740 kg/m<sup>3</sup>;
- D) 7140 kg/m<sup>3</sup>.

**18. Quyidagi solishtirma og'irlik-zichlikning qaysi biri Mg elementiga to'g'ri keladi?**

- A) 1740 kg/m<sup>3</sup>;
- B) 2700 kg/m<sup>3</sup>;
- C) 4500 kg/m<sup>3</sup>;
- D) 7140 kg/m<sup>3</sup>.

**19. Quyidagilarning qaysi biri quyma aluminiy?**

- A) Al 27;
- B) AK 4;
- C) D 16;
- D) B 95

**20. Quyma donalari o'lchamlari nimaga bog'liq?**

- A) kristallanish markazlarining paydo bo'lishining tezligiga va ularning o'sish tezligiga;
- B) kristallanish markazlarining o'sish tezligiga;
- C) qotishmani qoliplarga quyish davridagi haroratga;
- D) qotishmani qoliplarga quyish davridagi tezligiga.

**21. Latun qotishmasini aniqlang.**

- A) Cu-Zn;
- B) Cu-Fe;
- C) Cu-Mg;
- E) Cu-Al.

**22. Martensit strukturasi hosil bo'lishi uchun qotishmani sovitish nechaga teng bo'lishi kerak?**

- A) 200–250°C/sek;
- B) 80–100°C/sek;
- C) 100–150°C/sek;
- E) 50–80°C/sek.

**23. Metall panjara deformatsiyaning qaysi holatini ifodalaydi?**

- A) deformatsiyadagi siljishni;
- B) elastik deformatsiya holatini;
- C) deformatsiyadagi sirpanishni;
- D) kristallning dastlabki holatini.

**24. Metallarni issiq holda bosim ostida ishlash deb qachon aytiladi?**

- A) rekristallanish haroratidan yuqori haroratda ishlaganda;
- B) metallarni 815°C dan yuqori haroratda ishlaganda;
- C) metallarni 500°C gacha qizdirib ishlaganda;
- E) metallarni solidus haroratigacha qizdirib ishlaganda.

**25. Metallarni sovuq holda bosim bilan ishlaganda qanday hodisa sodir bo'ladi?**

- A) puxtalanish – naklyop;
- B) likvatsiya;
- C) cho'kish;
- D) rekristallizatsiya.

**26. Misning eng toza markasini ko'rsating.**

- A) M00;
- B) M0;
- C) M1;
- D) M2.

**27. Moddalarning kristall tuzilishi nima bilan ifodalanadi?**

- A) atomlarning fazadagi joylashishi bilan;
- B) protonlarning fazadagi joylashishi bilan;
- C) ionlarning fazadagi joylashishi bilan;
- D) elektronlarning fazadagi joylashishi bilan.

**28. Mustahkamlik nima?**

- A) jismlarning deformatsiyalarga va buzilishlarga qarshilik ko'rsatish qobiliyati;
- B) jismlarning o'z o'lchami va shaklini o'zgartirmaslik qobiliyati;
- C) jismlarning qoldiq o'zgarishlar olish qobiliyati;
- D) jismlarning egilishiga qarshilik ko'rsatish qobiliyati.

**29. Plastik deformatsiyadagi teksturalanish nima?**

- A) kristall panjarasi buzilib, donalar muayyan tartibda joylashadi;
- B) metall donalarining muayyan tartibda joylashi;
- C) kristallning panjara buzilmaydi, lekin donalari muayyan tartibda joylashadi;
- E) metallning kristall panjarasining buzilishi.

**30. Polimorfizm nima?**

- A) kristall tuzilishini o'zgarish;
- B) harorat sharoitining o'zgarish;
- C) shaklning o'zgarishi;
- D) kristall tuzilishining va shaklning o'zgarishi.

**31. Po'lat 30XFC-III dagi III harfi nimani bildiradi?**

- A) sifati o'ta yuqorililigini;
- B) sharikli podshipniklar uchun ishlatiladigan po'latliligini;
- C) sifati o'ta pastliligini;
- D) po'latning sinfini.

**32. Po'lat 40 XHMA ning tarkibini ko'rsating.**

- A) 0,4%—, 1%—nikel, 1%—molibden, 1%—xrom;
- B) 40%—uglerod, 1%—nikel, 1%—molibden;
- C) 4%—uglerod, 1%—nikel, 1%—molibden;
- D) 40%—xrom, 1%—nikel, 1%—molibden.

**33. Po'lat deb qaysi qotishmaga aytiladi?**

- A) temir bilan uglerodning qotishmasi, bunda uglerod miqdori 2,14% gacha;

- B) temir bilan uglerodning qotishmasi, bunda uglerod miqdori 1,54% gacha;  
C) temirning titan bilan qotishmasi;  
D) temir bilan uglerodning qotishmasi, bunda uglerod miqdori 2,14% dan yuqori.

**34. Po'lat Ct5 dagi raqam nimani ko'rsatadi?**

- A) tartib nomerini;  
B) po'lat tarkibidagi uglerod miqdorini, bunda uglerod miqdori 0,5%;  
C) po'lat tarkibidagi uglerod miqdorini, bunda uglerod miqdori 0,05%;  
D) po'lat tarkibidagi uglerod miqdorini, bunda uglerod miqdori 5%.

**35. Po'lat Y12A dagi 12 raqami nimani ko'rsatadi?**

- A) po'lat tarkibidagi uglerodning miqdorini, bunda uglerod miqdori 1,2%;  
B) po'lat tarkibidagi uglerodning miqdorini, bunda uglerod miqdori 12%;  
C) po'lat tarkibidagi uglerodning miqdorini, bunda uglerod miqdori 0,12%;  
D) po'lat tarkibidagi zararli elementlar miqdorini – 1,2%.

**36. Po'lat AC12XH, AC40XFHM va h.k. lardagi A harfi nimani bildiradi?**

- A) bu po'latlarning avtomat stanoklarida ishlanishligini;  
B) po'latning sifati pastligini;  
C) po'lat tarkibida aluminiy borligini;  
D) po'lat sinfini.

**37. Po'latning 12XHZA, 30XFCA va h.k.lardagi A harfi nimani bildiradi?**

- A) po'latning sifati yuqorililigi;  
B) po'latlarni sinflarga bo'lganda, uning «A» sinfini;  
C) po'latning legirlanganligini;  
D) po'lat tarkibida aluminiy borligini.

**38. Po'latlarni legirlash nima?**

- A) po'latlarga legirlovchi elementlarni atayin kiritish, xossalari va qurilishiga ta'sir qilish;
- B) po'latlarni bosim ostida ishlab va qurilishi ta'sir qilish;
- C) po'latga legirlovchi elementlarni kiritish, ishlanish xossalarini yaxshilash;
- D) po'latlarni termik ishlab xossalariga ta'sir qilish.

**39. Po'latlarni olovbardosh xossali qilish uchun, asosan, qaysi elementlar bilan legirlash kerak?**

- A) Cr, Si;
- B) V, Co;
- C) Cu, M;
- E) Ni, W.

**40. Puxtalanish (naklyop) nima?**

- A) plastik deformatsiya natijasida qotishmaning puxtalanishi;
- B) termik ishlash natijasida qotishma strukturasi va xossalarning o'zgarishi;
- C) qotishmaning termik ishlash natijasida olingan strukturasi;
- D) termik ishlash natijasida plastik deformatsiyalangan qotishmaning puxtalanishi.

**41. Rekrystallanish tenglamasidagi koeffitsiyent ( $\alpha$ ) toza metall uchun nimaga teng?**

$$T_{\text{rekr}} = \alpha T_{\text{suyuq}}$$

- A)  $\alpha=0,3-0,4$ ;
- B)  $\alpha=0,2-0,3$ ;
- C)  $\alpha=0,1-0,2$ ;
- D)  $\alpha=0,4-0,5$ .

**42. Stal 60 po'latdagi 60 raqam nimani ko'rsatadi?**

- A) po'lat tarkibidagi uglerodning miqdorini, bunda uglerod miqdori 0,6%;

B) po'lat tarkibidagi uglerodning miqdorini, bunda uglerod miqdori 60%;

C) tartib nomerini;

D) po'lat tarkibidagi uglerodning miqdorini, bunda uglerod miqdori 6%.

**43. Temir-uglerod diagramning holatiga quyidagi elementlar qanday ta'sir qiladi?**

Mn Ni Pi Co Zn.

A) A3 nuqtani pasaytirib, A4 nuqtani ko'taradi;

B) A1 nuqtani pasaytirib, A2 ni nuqtani ko'taradi;

C) A1 nuqtani ko'tarib, A2 ni pasaytiradi;

D) A3 nuqtani ko'tarib, A4 nuqtani pasaytiradi.

**44. Termik ishlash jarayonining texnologik asosi nima?**

A) qizdirish, ushlab turish, sovutish;

B) qizdirish, sovutish, ushlab turish;

C) tez sovutish va undan qizdirish;

E) tez qizdirish va tez sovutish.

**45. Termik ishlash usullari qayd etilgan qatorni belgilang.**

A) toblash, normallashtirish, bo'shatish, yumshatish;

B) toblash, bo'shatish, eskirish, yumshatish, legirlash;

C) normallashtirish, bo'shatish, yumshatish, qizdirish;

D) eskirish, toblash, eritish, bo'shatish, normallashtirish.

**46. Termomexanik ishlash jarayonining texnologik asoslari nima?**

A) qizdirish, deformatsiyalash, toblash, bo'shatish;

B) qizdirish, deformatsiyalash, yumshatish, bo'shatish;

C) qizdirish, deformatsiyalash, normallashtirish, bo'shatish;

D) qizdirish, deformatsiyalash, bo'shatish, toblash.

**47. Toblashdan maqsad nimaligini aniqlang.**

A) qotishmaning puxtaligini oshirish uchun o'ta to'yingan qattiq eritmani hosil qilish;

- B) ichki kuchlanishlarni kamaytirish;
- C) deformatsiyalangan metallning strukturasi o'zgartirish;
- D) yumshatilgan qotishmaning turg'un holatini olish.

**48. Uglerodli po'latlar qatorini belgilang.**

- A) сталь20, 25, ...55, сталь1, сталь2, A12, A20, У7А, УВА, У9А;
- B) сталь1, сталь2, ...сталь20, 20, 25, 35, 30ХГСА, 40ХШМА, ХДВГ;
- C) сталь1, сталь2, сталь10, 20, ...65, У7, У8, А30, А40;
- D) сталь20, 25, ...55, сталь1, сталь5, 30ХГСА, У7, УВ, А12, А20.

**49. Sementitlanadigan po'latlar tarkibida uglerod miqdori qancha bo'lishi kerak?**

- A) 0,2% dan kam;
- B) 0,3% dan kam;
- C) 0,4% dan kam;
- D) 0,5% dan kam.

**50. Sementitlashda po'lat yuzasi qaysi element bilan to'yintiriladi va toblanadi?**

- A) C;
- B) W;
- C) Cr;
- D) Ni.

**51. Sementlashda po'lat yuzasi qaysi elementlar bilan bir vaqtning o'zida to'yintiriladi va toblanadi.**

- A) N, C;
- B) W, V;
- C) Si, Al;
- D) Cr, Ni.

**52. Elastik deformatsiya quyidagi hodisalardan qaysi biri bo'ladi?**

- A) metallning atomlararo masofasi bilinar-bilinmas o'zgarishi;
- B) metallarning atomlararo masofada yetarli o'zgarishi;
- C) atomlararo masofa o'zgarmaydi;
- D) buziladi.

**53. Yuqori legirlangan po'latlar tarkibida legirlovchi elementlarning miqdori qancha bo'lishi kerak?**

- A) 10% dan kam emas;
- B) 5% dan kam emas;
- C) 15% dan kam emas;
- D) 20% dan kam emas.

**54. Yumshatish maqsadi.**

- A) ichki kuchlanishlarni pasaytirish, likvatsiyani yoki puxtalanishni (nagartovkani) yo'qotish, gamogen strukturani hosil qilish;
- B) qotishmaning ichki kuchlanishlarini pasaytirish va puxtaligini oshirish;
- C) qotishmaning puxtaligini oshirish, gomegon strukturasi hosil qilish;
- D) toblashdan keyingi termik ishlash.

**55. Quyidagilarning qaysi biri quyma aluminiy?**

- A) Al 27;
- B) AK 4;
- C) D 16;
- D) B 95.

**56. Zanglamas po'latlarning asosiy legirlovchi elementi qaysi biri?**

- A) Ni;
- B) So;
- C) W;
- D) Ti.

**57. Zanglamas po'latlarda asosiy legirlovchi element miqdori qanchadan kam bo'lishi kerak emas?**



- A) 12,5%;
- B) 7,5%;
- C) 10%;
- D) 5%.

**58. Po'lat olovbardoshligini oshirish asosan, qaysi elementlar bilan legirlanadi?**

- A) Ni, W;
- B) V, Co;
- C) Cu, Mo;
- E) Cr, Si.

**59. Po'lat – bu uglerodning temirdagi qattiq eritmasi va uning miqdori nimaga teng?**

- A) 2,14% dan ko'p emas;
- B) 2% dan ko'p;
- C) 1% dan ko'p;
- D) 3% dan ko'p emas;

**60. Silumin nima?**

- A) Al-Si;
- B) Al-Cu;
- C) Al-Cu-Fe;
- D) Al-Mg-Zn.

**61. Bularning qaysi biri boglanuvchi aluminiy qotishma?**

- A) AK-4;
- B) Al-4;
- C) D16;
- D) B95.

**62. Bo'shatish qachon qo'llaniladi?**

- A) toblashdan so'ng;
- B) normallashtirishda so'ng;
- C) qotishma mustahkamligi;
- D) toblashdan oldin.

**63. Y12A po'latida 12 raqami nimani bildiradi?**

- A) 1,2% S po'lat takibida;
- B) 12% S po'lat takibida;
- C) 0,12% S po'lat takibida;
- E) tartib raqam.

**64. Cr5 po'latida 5 raqami nimani bildiradi?**

- A) tartib nomeri;
- B) 0,5% S po'lat tarkibida;
- C) 0,05% S po'lat tarkibida;
- D) 5% S po'lat tarkibida.

**65. Cho'yan nima?**

- A) temir bilan uglerod qotishmasi, bu yerda uglerod miqdori teng – 2,14–4,3%;
- B) temir bilan uglerod qotishmasi, bu yerda uglerod miqdori teng – 2% gacha;
- C) temir bilan uglerod qotishmasi, bu yerda uglerod miqdori teng–2%;
- D) temir bilan uglerod qotishmasi, bu yerda uglerod miqdori teng – 1%.

**66. Silitsiylashda detal yuzasini qaysi element bilan to'yintiradi?**

- A) Si;
- B) Cr;
- C) Al;
- D) N.

**67. Tezkesar po'lat qaysi element asosida olinadi?**

- A) volfram;
- B) nikel;
- C) kobalt;
- D) vanadiy.

**68. Qattiq qotishma qaysi usulda olinadi?**

- A) kukun metallurgiyasi;

- B) termik ishlash;
- C) legirlash;
- D) kimyoviy-termik ishlash.

**69. Po'lat – bu temir bilan uglerod qotishmasi va uning miqdori?**

- A) 2,14% dan ko'p emas;
- B) 2% dan ko'p;
- C) 1% dan ko'p;
- D) 3% dan ko'p emas.

**70. V95 qanday qotishma markasi?**

- A) aluminiy;
- B) titan;
- C) mis;
- D) volfram.

**71. Issiqbardosh po'latning asosiy legirlovchi elementlarini ko'rsating.**

- A) Cr, Al, Si;
- B) W, V;
- C) Cr, Al;
- D) Al, Si.

**72. Aluminiy qotishmalarining qaysi biri «bog'lanuvchi»?**

- A) AK-4;
- B) Al-Si;
- C) D 16;
- D) B95.

**73. SAP markasi nima degani?**

- A) pishirilgan aluminiy upasi, kukuni poroshogi;
- B) pishirilgan aluminiy quymasi;
- C) muxsus rangli qotishma;
- D) pishirilgan aluminiy qotishmasi.

**74. Po'latlar 12XH3A va 30XTCA lardagi «A» harfi nimani bildiradi?**

- A) sifatli po'lat;
- B) po'lat tarkibidagi aluminiy;
- C) po'lat sifati pastligi;
- D) «A» klassi.

**75. Misning solishtirma og'irligini ko'rsating.**

- A)  $8930 \text{ kg/m}^3$ ;
- B)  $2700 \text{ kg/m}^3$ ;
- C)  $4500 \text{ kg/m}^3$ ;
- E)  $1740 \text{ kg/m}^3$ .

**76. Izotropiya nima?**

- A) xossalarning har xil yo'nalishda bir xilligi;
- B) uch xil yo'nalishdagi xossalarning bir xil ekanligi;
- C) ikki xil yo'nalishda xossalarning bir xil ekanligi;
- D) xossalarning ikki yo'nalishda bir xilligi.

**77. Kimyoviy-termik ishlash mohiyati – maqsadi nimada?**

- A) kimyoviy tarkib va struktura xossalarning o'zgarishi;
- B) kimyoviy tarkib va struktura o'zgarishi;
- C) kimyoviy tarkib o'zgarishi;
- D) metallning struktura va xossalarning o'zgarishi.

**78. Titanning zichligi nimaga teng?**

- A)  $4500 \text{ kg/m}^3$ ;
- B)  $2700 \text{ kg/m}^3$ ;
- C)  $1740 \text{ kg/m}^3$ ;
- D)  $7140 \text{ kg/m}^3$ .

**79. Litiyning zichligi nimaga teng?**

- A)  $530 \text{ kg/m}^3$ ;
- B)  $1740 \text{ kg/m}^3$ ;
- C)  $4500 \text{ kg/m}^3$ ;
- E)  $2700 \text{ kg/m}^3$ .

**80. Magnitning zichligi nimaga teng?**

- A) 1740 kg/m<sup>3</sup>;
- B) 4500 kg/m<sup>3</sup>;
- C) 2540 kg/m<sup>3</sup>;
- D) 7140 kg/m<sup>3</sup>.

**81. Nikelning zichligi nimaga teng?**

- A) 8907 kg/m<sup>3</sup>;
- B) 2540 kg/m<sup>3</sup>;
- C) 7140 kg/m<sup>3</sup>;
- D) 1830 kg/m<sup>3</sup>.

**82. Uglrodga nisbatan karbid hosil qiluvchi elementlar qatorini aniqlang.**

- A) Cr, Mn, W, Mo, Ti, Nb, Ta;
- B) Ni, Si, Co, Al, Cu;
- C) Ni, Si, Co, Ti, Si, Al;
- D) Cr, Mn, W, Ni, Cu, Co.

**83. E13 markali po'lat qanday po'lat?**

- A) elektrotexnik;
- B) eksperimental;
- C) o'ta sifatli;
- D) maxsus.

**84. Mn, Ni, Co, Zn larning Fe-C diogrammasiga ta'siri.**

- A) A<sub>3</sub> nuqtani pasaytirib, A<sub>4</sub> ni ko'taradi;
- B) A<sub>1</sub> nuqtani pasaytirib, A<sub>2</sub> ko'taradi;
- C) A<sub>1</sub> nuqtani ko'tarib, A<sub>2</sub> ni pasaytiradi;
- D) A<sub>3</sub> nuqtani ko'tarib, A<sub>4</sub> ni pasaytiradi.

**85. Allotropik shakl o'zgarishi nima?**

- A) har xil harorat kristall panjaraning yoki uning o'lchamlarining o'zgarishi;
- B) suyuq holatdan qattiq holatga o'tish davridagi o'zgarishlar;

C) qattiq holatdan suyuq holatga o'tish davridagi o'zgarishlar;

D) har xil haroratda suyuq metalldagi o'zgarishlar.

**86. Metallardagi izotropiya qanday hodisa?**

A) metall xossalarning har xil yo'nalishda bir xilligi;

B) metallardagi xossalarning bir-biriga monandligi;

C) qotish davridagi xossalarning o'zgarishi;

D) metall xossalarning har xil yo'nalishda har xilligi.

**87. Quyidagi solishtirma og'irlik – zichlikning qaysi biri Al elementiga tegishli?**

A)  $2700 \text{ kg/m}^3$ ;

B)  $4500 \text{ kg/m}^3$ ;

C)  $1740 \text{ kg/m}^3$ ;

D)  $8930 \text{ kg/m}^3$ .

**88. Quyidagi solishtirma og'irlik – zichlikning qaysi biri Fe elementiga tegishli?**

A)  $7680 \text{ kg/m}^3$ ;

B)  $8930 \text{ kg/m}^3$ ;

C)  $530 \text{ kg/m}^3$ ;

D)  $4500 \text{ kg/m}^3$ .

**89. Quyidagi solishtirma og'irlik – zichlikning qaysi biri Li elementiga tegishli?**

A)  $530 \text{ kg/m}^3$ ;

B)  $8930 \text{ kg/m}^3$ ;

C)  $7680 \text{ kg/m}^3$ ;

D)  $2700 \text{ kg/m}^3$ .

**90. Temirning erish haroratini aniqlang.**

A)  $1539^\circ\text{C}$ ;

B)  $1725^\circ\text{C}$ ;

C)  $650^\circ\text{C}$ ;

D)  $3410^\circ\text{C}$ .

**91. Misning erish haroratini aniqlang.**

- A) 1083°C;
- B) 1725°C;
- C) 650°C;
- E) 3410°C.

**92. Titanning erish haroratini aniqlang.**

- A) 1725°C;
- B) 3410°C;
- C) 650°C;
- D) 1539°C.

**93. Volframning erish haroratini aniqlang.**

- A) 3410°C;
- B) 1725°C;
- C) 650°C;
- D) 1539°C.

**94. Magniyning erish haroratini aniqlang.**

- A) 651°C;
- B) 1725°C;
- C) 3410°C;
- D) 1539°C.

**95. SAS markasi nimani anglatadi?**

- A) pishirilgan aluminiy qotishmani;
- B) pishirilgan aluminiy quymasini;
- C) muxsus rangli qotishmani;
- D) pishirilgan aluminiy upasi kukuni-poroshogini.

**96. Likvidus chizig'ini ko'rsating.**

- A) ACD;
- B) AEF;
- C) GSK;
- D) PSK.

**97. Solidus chizig'ini ko'rsating.**

- A) AEF;
- B) ACD;
- C) GSK;
- D) PSK.

**99.  $A_1$  kritik chizig'ini ko'rsating.**

- A) PK;
- B) GS;
- C)  $MM^1$ ;
- D) SE.

**100.  $A_2$  kritik chizig'ini ko'rsating.**

- A)  $MM^1$ ;
- B) PK;
- C) GS;
- D) SE.



## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. *I. Nosir*. «Materialshunoslik»,— O‘zbekiston nashriyoti. — T.: 2002.
2. *A.M. Adaskin*. «Материаловедение». — М.: «Машиностроение», 2006.
3. *P.X. Saydaxmedov, E.O. Umarov*. «Aviatsiya materiallari». — T.: Cho‘lpon nomidagi NMIU, 2007.
4. *P.X. Сайдахмедов, К.К. Кадирбекова, Г.П. Фетисов, Ф.Р. Норходжаев*. — «Авитсионное материаловедение», Ташкент 2012.
5. *Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман* и др. «Материаловедение и технология металлов». — М.: «Высшая школа», 2000.
6. *Ю.М. Лахтин* и др. «Материаловедение». — М.: «Машиностроение», 1980.
7. *С.Н. Колосов, И.С. Колосов*. «Материаловедение и технология металлов». — М.: «Машиностроение», 2004.
8. *Б.Н. Арзамасов*. «Материаловедение». — М.: «Машиностроение», 2004.
9. *Ю.А. Геллер, А.Г. Рахматдт*. «Материаловедение». — М.: «Машиностроение», 1989.
10. *A.S. To‘raxonov*. «Materialshunoslik va termik ishlash». — T.: «O‘qituvchi» nashriyoti, 1968.
11. *V.A. Mirboboyev, E.O. Umarov, M.M. Axmadxo‘jayeva*. «Konstruksion materillar texnologiyasi kursidan laboratoriya ishlari». — T.: «O‘qituvchi» nashriyoti, 1993.
12. *V.A. Mirboboyev*. «Materialshunoslik asoslari». «Ilm ziyo», 2006.
13. *Л.С. Пинчук* и др. «Металловедение и конструкционные материалы». Минск.: «Высшая школа», 1989.
14. *Б.Э. Умирзаков* и др. «Наноматериалы и перспективы их применения». — T.: «MERJYUS» 2008.
15. *Д.И. Рыжанков* и др. «Наноматериалы» БИНОМ. Москва 2008.
16. *А.И. Гусев*. «Наноматериалы, структуры, технологии». Физмаггит, Москва 2009.
17. Мир материалов и технологии. Сборник под редакций д. т. н. проф. Мальцева П.П. Москва 2008 г Техносфера.

## MUNDARIJA

### 1-bob. METALLARNING TUZILISHI

Kirish.....	3
1.1. Metallarning kristallik tuzilishi.....	4
1.2. Kristallanish jarayoni mexanizmi va qonuniyati. Asosiy tushunchalar.....	8

### 2-bob. MATERIALLARNING XOSSALARI

2.1 Materialning tanlash mezonlari.....	27
2.2. Materiallarning fizik xossalari.....	28
2.3. Materiallarning texnologik xossalari .....	29
2.4. Materiallarning mexanik xossalari.....	30
2.4.1. Materiallarning mexanik xosalarini statik yuklama bilan aniqlash. Cho'zilishga sinash.....	32
2.4.2. Materiallarning qattiqligini sinash.....	38
2.4.3. Mexanik xossalarni dinamik yuklama bilan aniqlash Materiallarning zarbiy qovushqoqligini aniqlash.....	41
2.5. Metallarning plastik deformatsiyalanishi va rekristallanishi.....	44
2.5.1. Metall va qotishmalarni deformatsiyalab, puxtaligini oshirish....	50
2.5.2. Haroratning deformatsiyalangan metallar strukturasi va xossalari ta'siri.....	52

### 3-bob. QOTISHMALAR NAZARIYASI ASOSLARI

3.1. Metall qotishmalar to'g'risida tushuncha.....	56
3.2. Holat diagrammalarini tuzish usullari.....	57
3.3. Holat diagrammalarini tuzish prinsipi.....	59
3.3.1. Birinchi tip holat diagrammasi.....	61
3.3.2. Ikkinchi tip holat diagrammasi.....	61
3.3.3. Uchinchi tip holat diagrammasi.....	61
3.3.4. To'rtinchi tip holat diagrammasi.....	66
3.3.5. Beshinchi tip holat diagrammasi.....	70

#### **4-bob. TEMIR ASOSIDAGI QOTISHMALAR**

4.1. Temir-uglerod holat diagrammasi.....	71
4.2. Uglrodli po'latlarning klassifikatsiyasi.....	74
4.3. Uglrodli po'latlarga doimiy qo'shimchalarning ta'siri.....	76
4.4. Uglrodli po'latlarning xossalriga uglrodning ta'siri.....	77
4.5. Uglrodli sifatli po'latlar.....	80
4.6. Avtomatli po'latlar.....	81
4.7. Uglrodli asbobsozlik po'latlari.....	82
4.8. Cho'yanlar.....	83
4.8.1. Qayta ishlanuvchi (oq) cho'yan.....	83
4.8.2. Kulrang cho'yan.....	84
4.8.3. Yuqori puxta cho'yanlar.....	86

#### **5-bob. QOTISHMANI TERMIK ISHLASH ASOSLARI**

5.1. Umumiy ma'lumotlar.....	89
5.2. Po'latlarning termik ishlash turlari.....	89
5.3. Termik ishlash asoslari.....	95
5.3.1. Po'latni qizdirishdagi o'zgarishlar. Austenitning hosil bo'lishi.....	98
5.3.2. Po'latni sovitishda austenitda bo'ladigan o'zgarishlar.....	102
5.3.3. Har xil sovitish darajasida austenitning martensitga aylanishi.....	105
5.3.3.1. Austenitning perlitga aylanishi.....	107
5.3.3.2. Austenitning martensitga aylanishi.....	109
5.3.4. Toblangan po'latni bo'shatishda bo'ladigan jarayonlar.....	112
5.4. Termik ishlash xususiyatlari – texnologiyasi.....	114
5.4.1. Po'latni yumshatish.....	114
5.4.2. Po'latni normallashtirish.....	116
5.4.3. Po'latni toblash.....	117
5.4.3.1. Po'latlarni toblash xossalari.....	119
5.4.4. Po'latni noldan past haroratda ishlash.....	123
5.4.5. Yuza toblanadigan detalni yuqori chastotali tok bilan qizdirish.....	123
5.4.6. Po'latlarning toblanuvchanligi va toblash chuqurligi.....	123
5.4.7. Po'latni termomexanik va mexanotermik ishlash.....	124

#### **6-bob. QOTISHMALARNI KIMYOVIY-TERMIK ISHLASH**

6.1. Asosiy qonunlari.....	127
6.2. Po'latni sementitlash.....	128

6.2.1. Sementitlangandan so'ng termik ishlash.....	131
6.3. Po'latlarni azotlash .....	133
6.4. Sianlash.....	135
6.5. Detallarni metallar va nometallar bilan diffuzion to'yintirish.....	136
6.5.1. Diffuzion aluminiylash.....	136
6.5.2. Xromlash .....	138

## **7-bob. MATERIALLARNING KONSTRUKSION MUSTAHKAMLIGI**

7.1. Konstruksion materiallarga qo'yilgan umumiy talablar.....	140
7.2. Materiallarning konstruksion mustahkamligi va uni baholash mezonlari.....	141
7.3. Konstruksion mustahkamlikni oshirish usullari.....	143
7.4. Konstruksion materiallarni klassifikatsiyalash.....	145

## **8-bob. LEGIRLANGAN PO'LATLAR**

8.1. Legirlovchi elementlarning ta'siri.....	148
8.2. Legirlovchi elementlarning temir allotropik shakl o'zgarishlariga ta'siri.....	149
8.3. Legirlovchi elementlarning ferritga ta'siri.....	149
8.4. Legirlangan po'latlarda karbidlar .....	149
8.5. Fazalar o'zgarishiga ta'siri.....	149
8.6. Legirlangan po'latlarning markalanishi .....	151
8.7. Qurilishda ishlatiladigan kam legirlangan po'latlar.....	152
8.8. Sementitlanadigan konstruksion po'latlar.....	152
8.9. Yaxshilanadigan konstruksion po'latlar.....	153

## **9-bob. ASBOBOSZLIK MATERIALLARI**

9.1. Qirquvchi asboblar materiallariga qo'yilgan talablar.....	155
9.2. Keskich materiallari va ularning fizik-mexanikaviy xossalari.....	156
9.3. Asbobsozlik uglerodli po'latlari.....	156
9.4. Legirlangan asbobsozlik po'latlari.....	158
9.5. Tezkesar po'latlar .....	159
9.6. Shtamp po'latlari.....	160
9.7. Qattiq qotishmalar.....	163
9.8. Minerallokeramik plastinkalar .....	167
9.9. O'ta qattiq materiallar.....	168

## 10-bob. MAXSUS XOSSALI PO'LATLAR

10.1. Zanglamas po'latlar.....	171
10.1.1. Metallarning elektrokimyoviy korroziyasi.....	171
10.1.2. Korroziyabardosh sustlanmaydigan metallar .....	174
10.1.3. Korroziyabardosh sustlanuvchi metallar .....	175
10.1.4. Zanglamas korroziyabardosh po'latlar.....	176
10.2. Olovbardosh materiallar .....	179
10.2.1. Metallarning kimyoviy korroziyasi–zanglashi .....	180
10.2.2. Olovbardosh po'latlar.....	181
10.3. Issiqbardosh po'latlar.....	182
10.3.1. Materiallarning issiqbardoshlik mezonlari (kriteriyalari) .....	182
10.3.2. Issiqbardosh po'latlar turlari.....	184
10.4. Nikel va uning asosidagi qotishmalar.....	186
10.4.1. Nikelli issiqbardosh qotishmalarning xossalari va qo'llanilishi.....	189
10.4.2. Olovbardosh nikel qotishmalari.....	190

## 11-bob. ALOHIDA XOSSALI METALLAR VA QOTISHMALAR

11.1. Qiyin eriydigan metallar va qotishmalar .....	194
11.2. Sovuqqa chidamli materiallar.....	198
11.2.1. Sovuqqa chidamli po'latlar .....	200
11.2.2. Sovuqqa chidamli qotishmalar .....	201
11.3. Radiatsiyaga chidamli (bardoshli) materiallar.....	203
11.3.1. Nurlanishning korroziyabardoshlikka ta'siri .....	205
11.4. Elektrotexnik po'lat.....	206
11.4.1 Dielektriklar .....	208
11.4. 2. Elektr tokini o'tkazuvchi materiallar .....	213
11.4. 3 Metall va ularning qotishmalaridan yasalgan o'tkazgichlar.....	213
11.4. 4. O'ta o'tkazgichlar .....	215
11.4.5. Yuqori elektroqarshilikka ega qotishmalar.....	217
11.4. 6. Kontakt materiallar .....	218
11.4. 7. Uzuvi kontaktlar uchun materiallar.....	218
11.4. 8. Yarimo'tkazgichlar .....	219
11.5. Magnitli materiallar .....	220
11.5.1. Maxsus magnit xossali materiallar.....	223

## 12-bob. RANGLI METALLAR VA ULARNING QOTISHMALARI

12.1. Aluminiy va uning qotishmalari.....	226
12.1.1. Deformatsiyalanadigan aluminiy qotishmalari.....	227
12.1.2. Quyma qotishmalar.....	228
12.1.3. Aluminiy kukun qotishmalari .....	229
12.1.4. Aluminiy qotishmalarining klassifikatsiyasi.....	229
12.1.5. Markalanishi.....	230
12.2. Mis va uning qotishmalari.....	233
12.2.1. Latunlar .....	236
12.2.2. Bronzalar.....	236
12.3. Titan va uning qotishmalari .....	237
12.4. Magniy va uning qotishmalari.....	241
12.4.1. Quyma magniy qotishmalari .....	241
12.4.2. Deformatsiyalanadigan magniy qotishmalari .....	242
12.5. O'ta yengil qotishmalar.....	242
12.5.1. Qotishmaning texnologiyasi.....	246

## 13-bob. POLIMERLAR

13.1. Polimerlar strukturasi va klassifikatsiyasi .....	248
13.2. Polimerlarning xususiyatlari.....	254
13.3. Polimerlarning fizik xossalari.....	254
13.4. Polimerlarning teplofizik xossalari.....	255
13.5. Polimerlarning termomexanik xossalari.....	257
13.6. Konstruksion polimerlar.....	262

## 14-bob. PLASTMASSALAR

14.1. Plastmassalarning klassifikatsiyasi .....	265
14.2. Termoplastik plastmassalar .....	266
14.3. Qutbli termoplastlar .....	268
14.4. Termoreaktiv plastmassalar .....	270
14.5. Kukun to'ldirgichli plastmassalar.....	271
14.6. Gaz bilan to'ldirilgan plastmassalar.....	273

## 15-bob. KOMPOZITSION MATERIALLAR

15.1. Nol o'lchamli -to'ldirgichli kompozitsion materiallar.....	277
15.2. Aluminiy matritsali kompozitsion materiallar (nolo'lchamli) .....	279

15.3. Nikel matritsali kompozitsion materiallar (no lo'lehamli).....	281
15.4. BDU larning va nikel asosidagi issiqbardosh po'latlarning puxtalik xarakteristikasi.....	281
15.5. Bir o'lehamli to'ldirgichli kompozitsion materiallar.....	282
15.6. Tolalar bilan puxtalash.....	282
15.7. Sinchlovchi materiallar va ularning xossalari.....	285
15.8. Diametri 0,5 mm bo'lgan volfram simlarining xossalari.....	287
15.9. Metall asosidagi tolalar bilan sinchlangan kompozitsion materiallarni-olish.....	294
15.10. Aluminium matritsa kompozitsion materiallar.....	295
15.11. Nikel matritsali kompozitsion materiallar.....	297
15.12. Noorganik matritsa asosidagi kompozitsion materiallar.....	297
15.12.1. Keramik kompozitsion materiallarning asosiy turlari.....	298
15.12.2. Keramik kompozitsion materiallarning komponentlarini tanlash.....	299
15.12.3. Keramik-kompozitsion materiallarning xossalari va ishlatilishi.....	300
15.12.4. Keramik kompozitsion materiallarni olish texnologiyasi asoslari.....	302
15.12.5. Uglerod-uglerodli kompozitsion materiallar.....	303

## **16-bob. REZINALAR**

16.1. Rezina aralashmasini tayyorlash texnologiyasi.....	306
16.2. Rezina aralashmasini tayyorlash, detallar olish.....	308
16.3. Rezina xossalariga ishlash sharoitining ta'siri.....	310
16.4. Rezina mahsulotlarini saqlash va ishlatish.....	312

## **17-bob. PLYONKA HOSIL QILUVCHI MATERIALLAR**

17.1. Konstruksion yelimlar.....	314
17.2. Gemetiklar.....	317

## **18-bob. SHISHALAR**

18.1. Organik emas shishalar.....	319
18.2. Sitallar xossalari, ishlatilishi.....	320
18.3. Organik shisha.....	321

## 19-bob. NANOMATERIALLAR

19.1. Nanomateriallarning qo'llanilishi.....	324
19.2. Dispersli tizimlarning klassifikatsiyasi.....	325
19.2.1. Agregat holatiga qarab klassifikatsiyalash.....	326
19.2.2. O'lehamiga qarab klassifikatsiyalash.....	327
19.3. Nanoo'lehamli materiallarni olish usullari .....	330
19.3.1. Mayda zarrachalarga bo'lish (disperslash)ning mexanik usullari .....	332
19.3.1.1. Nanomateriallarni mexanikaviy maydalash bilan olish.....	332
19.3.2. Jadal plastik deformatsiya usuli.....	335
19.3.3. Mayda zarrachalarga bo'lish (disperslash)ning fizikaviy usullari .....	338
19.3.3.1. Eritmani purkab nanomaterial olish.....	338
19.3.3.2. Nanomateriallarni bug'lanish - kondensatsiya usuli bilan olish.....	340
19.3.4. Dispergirlashning kimyoviy usullari.....	342
19.3.4.1. Kimyoviy reaksiyalarni ishlatib, nanomateriallarni olish.....	343
19.3.4.2. Nanokukunlarni elektrokimyoviy usulda olish.....	343
19.3.5. Nanomateriallarni olishga biologik yondoshish.....	345
19.4. Nanoo'lehamli kukunlarni yig'ish usullari.....	346
«Materialshunoslik» fanidan tayanch so'zlar va iboralarning izohli lug'ati.....	352
Test savollari.....	357
Foydalanilgan adabiyotlar .....	376



**Erkin Odilovich UMAROV**

## **MATERIALSHUNOSLIK**

*Oliy o'quv yurtlarining talabalari uchun darslik*

*Muharrir Xudoyberdi Po'latxo'jayev*

*Badiiy muharrir Sardor Kurbanov*

*Texnik muharrir Yelena Tolochko*

*Musahhah Umida Rajabova*

*Kompyuterda sahifalovchi Gulchehra Azizova*

Litsenziya raqami AI № 163. 09.11.2009. Bosishga 2014-yil 16-oktyabrda ruxsat etildi. Bichimi 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Ofset qog'ozi. Tayms garniturası. Shartli bosma tabog'i 22,32. Nashr tabog'i 18,45. Adadi 500 nusxa. Shartnoma № 77–2014. Buyurtma № 845. Bahosi kelishilgan narxda.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi. 100129, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30.  
Telefon: (371) 244-10-45. Faks (371) 244-58-55.

«TOSHKENT TEZKOR BOSMAXONASI» mas'uliyati cheklangan jamiyati bosmaxonasida chop etildi. 100200, Toshkent, Radialniy tor ko'chasi, 10.