

# Materialshunoslik

## 1 - Bob

### Po‘latlarni kimyoviy-termik ishlash. Materiallar turi va ularni qo‘llash sohasi.

Ma‘ruzachi: ass. A.R.Baymirzaev

Detal yuzasiga termik va kimyoviy ta’sir qilib uni strukturasi, tarkibini va xossalari o‘zgartirib kerakli xossalari olish jarayoniga kimyoviy-termik ishlash deyiladi. Kimyoviy – termik ishlash jarayonida detal yuzasini ma’lum qatlami har xil elementlar bilan diffuzion to‘yinadi.

Kimyoviy – termik ishlash detal yuza qatlamini qattiqligini, ishqalanib yeyilishga qarshiligini, toliqishga qarshiligini, kontakt chidamliligini, elektr va gaz karroziyasidan himoya qilinishlikni oshirish uchun ishlatiladi.

Kimyoviy – termik ishlash (XTI) o‘z ichiga uchta davrni oladi.

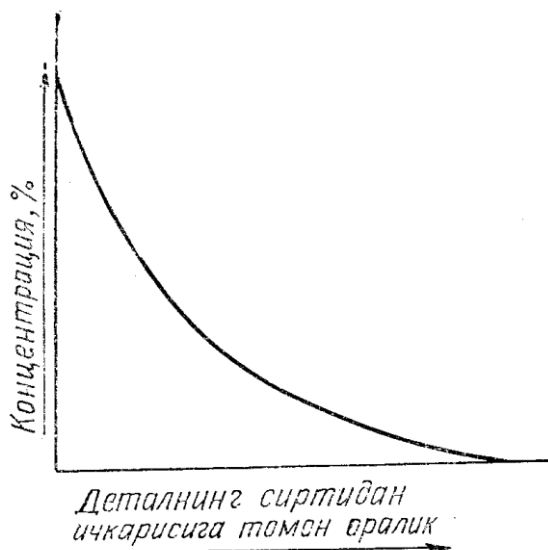
Birinchi davrda dastlabki muhitda kimyoviy reaksiya ketadi. Natijada aktiv diffuziyalovchi elementlar hosil bo‘ladi, ya’ni ionlashgan holatda.

Ikkinchi davr jarayonida ular metallni yutuvchi yuzasi bilan o‘zlashtiriladi (xazm qildiriladi), ya’ni diffuziyalovchi elementlarni adsorbtsiyasi ro‘y beradi. Natijada yuqqa yuza qatlami diffuziyalovchi element bilan to‘yinadi.

Uchinchi davrda to‘yuvchi (yutuvchi) metall ichiga elementlarni diffuzion ichiga kiradi. Bu bilan qattiq eritma yoki fazoviy qayta kristallanish bo‘ladi.

Kimyoviy – termik ishlash jarayonini birinchi va ikkinchi davri ancha tez o‘tadi, ayniqsa, uchinchi davrga nisbatan. Uchinchi diffuzion davrda diffuziyali zonani strukturasi va xossalari shakllanadi.

Diffuziya jarayonini rivojlanishi qatlamni hosil bo‘lishiga olib keladi. Bu degani to‘yingan detal materiali qatlami hosil bo‘ldi degani. Bu qatlam kimyoviy tarkibi, demak, struktura va xossalari dastlabkidan farq qiladi. Diffuzion qatlamda diffuziyalanuvchi elementning taqsimlanishi, ya’ni element konstruktsiyasining qatlam bo‘yicha o‘zgarishi **rasm** da tasvirlangan.



**Rasm** Diffuziyalanuvchi element konstruktsiyasining 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'yintirishdir.

Kimyoviy – termik ishlash usullariga quyidagilar kiradi: tsementitlash (uglerodlash), azotlash, tsianlash, diffuzion legirlash va boshqalar.

### **Po'latni sementitlash**

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

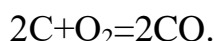
Po'lat yuzi uglerod va azotni oson xazm qiladi; suqilib kirish strukturali (panjarali) qattiq qotishma hosil qiladi. Shu bilan birga ancha – muncha chuqurlikka diffuziyalanadi.

Uglerod bilan diffuzion to'yintirish jarayoniga **tsementitlash** deyiladi. Odatda, po'lat tsementitlangandan 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. Tsementatssiya qilinishi kerak emas yuzalar galvanik usulda mis bilan himoyalanaadi, mis qalinligi  $t=0.02-0.05$  mm bo'ladi.

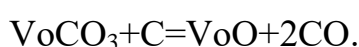
Odatda tsementitlanadigan detallarni ustki qatlami qattiq, ishqalanib yeyilishga chidamli va o'zagi uyushqoq bo'lishi lozim bo'ladi: tishli g'ildiraklar, vallar, kulachoklar, chervyaklar va h.k.

Uglerodlovchi moddaga **karbyurizator** deyiladi. Bu dastlabki muhitdir. Karbyurizator qattiq va gaz holatda bo'lishi mumkin. Lekin, har ikkisida ham tsementitlash jarayoni gaz fazasi orqali o'tadi. Eng ko'p tarqalgani qattiq karbyurizatoridir: bu asosan yog'och pista ko'miri va qo'shimcha SO<sub>3</sub> (20-25%);

VoSO<sub>3</sub> jarayonni jadallashtirish uchun qo'shiladi. Ya'na SaSO<sub>3</sub> ham qo'shiladi (3-5%) – karbyurizatorni yopishib qolmasligi uchun. Tsementatsiya qilinadigan detallar va karbyurizator qavatma-qavat po'lat yashikka – konteynerga taxlab joylashtiriladi, germetik yopilib, 910-930<sup>0</sup>S gacha qizdiriladi. Qizdirilganda pista ko'mir yashik ichidagi kislorod bilan birikib quyidagi reaksiya ketadi:



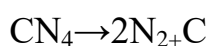
Bundan tashqari uglerod oksidi quyidagi reaksiya bo'yicha ham hosil bo'ladi.



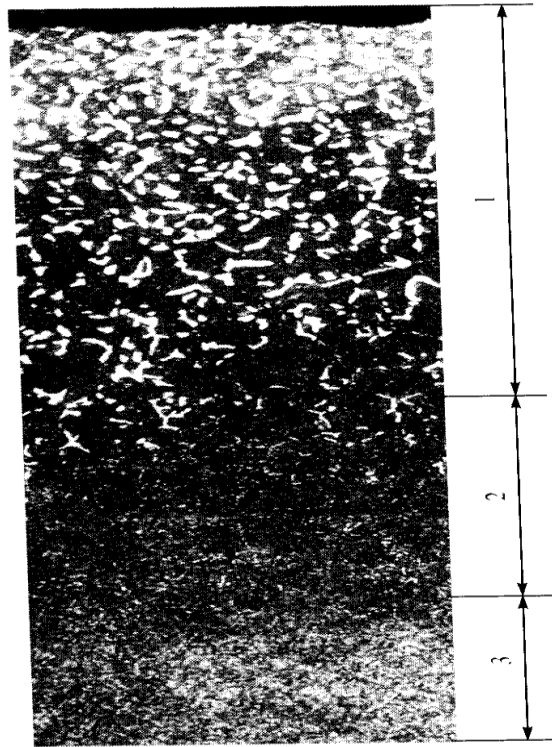
Detal yuzasida quyidagi kimyoviy jarayon o'tadi:  $2CO \leftrightarrow CO_2+C$

Hosil bo'lgan aktiv uglerod atomi austenit holatidagi yuzaga adsorbtsiyaladi; qolgan SO<sub>2</sub> ko'mir bilan birikib, yangi SO portsiyasini hosil qiladi. Tsementitlash uzoq davom etadigan jarayon. Qatlam qalinligiga qarab bir necha o'n soat davom etishi mumkin. 1 mm. chuqurlikdagi tsementitlangan qatlam olish uchun 8-10 soat qizdirish lozim. Tsementitlangan qatlam qalinligi NRC=38-62(HV=900); o'zagini HRC= 25-35.

Gaz vositasida tsementitlashda karbyurizator sifatida suyultirilgan tabiiy gaz ishlatiladi. Suyuq uglevodorodlar ham ishlatiladi: kerosin, benzol. Bular germetik yopilgan pechni ichki bo'shlig'iga tomchi-tomchi qilib yuboriladi. Qizigach bular aktiv gaz muhitini hosil qiladi. Metan bor joyda asosiy xal qiluvchi reaksiya quyidagi:



Kam uglerodli po'latni sementitlangan qatlamini strukturasi **rasm 6.2** da ko'rsatilgan.

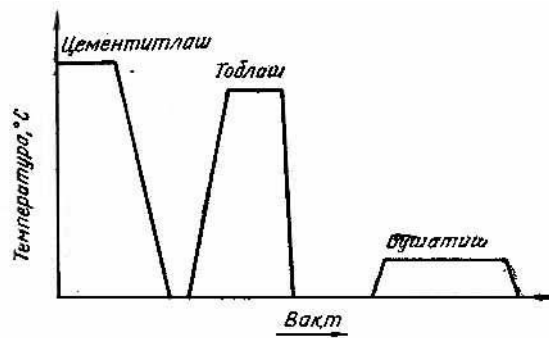


**Rasm** Kam uglerodli po‘latni tsementitlangandan keyingi diffuzion qatlam mikrostrukturasi. 1- evtektoiddan keyingi zona; 2- evtektoidli zona; 3- evtektoidgacha zona.

Eng ustki qatlam evtektoiddan keyingi qatlam – zonada uglerod  $S > 0,8\%$  ko‘p bo‘ladi va strukturasi perlit va ikkilamchi tsementitdan iborat qatlamni o‘rta qismi evtektoid yig‘indisidan iborat, perlitdan tashkil topgan. Chuqurlashgan sari o‘zagiga qarab, uglerod miqdori kamayadi, evtektoidgacha bo‘lgan po‘lat strukturasi o‘xshaydi: o‘zakka yaqinlashgan sari perlit miqdori kamayadi.

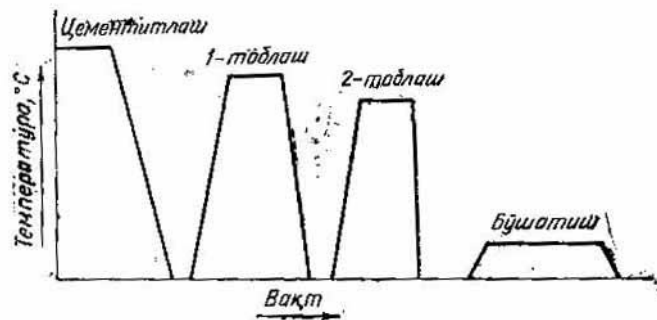
Tsementitlash davrida o‘zoq vaqt qizdirib turilgani uchun yirik donali struktura hosil bo‘ladi.

**1. Bir marta toblab, past temperaturada bo‘shatish.**



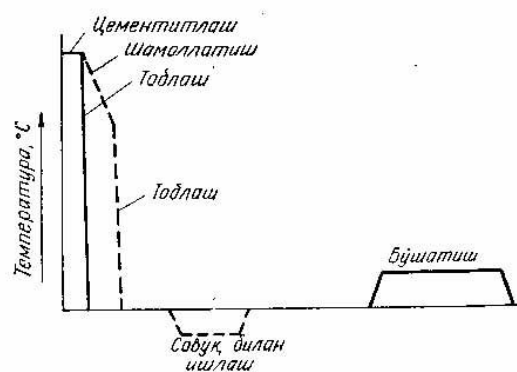
Detailning sirtqi qatlami yirik ninasimon martensitdan iborat. Bo'shatish bilan ichki kuchlanish yuqoladi.

## 2. Ikki toblab, past temperaturada bo'shatish.



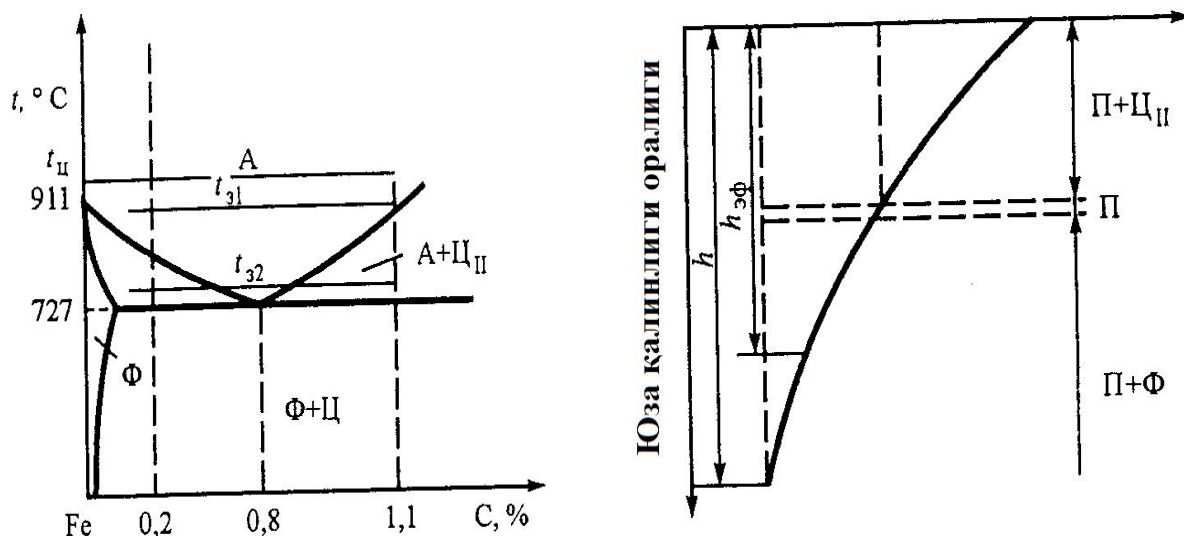
Bu detalning mexanik xossalariga yuqori talab qo'yilganda qo'llaniladi. Bunda mayda ninasimon martensit hosil bo'lib, ortiq austenit kamayadi (qattiqlashadi).

## Sementitlash haroratining o'zidayoq toblash va past temperaturada bo'shatish.



Bu usul faqat sirtqi qatlam qattiq bo'lsa kifoya, kelgan mexanik xossalari baribir detallarga ishlatiladi. Sovuq bilan ishlash qoldiq austenitni ko'p qismini martensitga aylantiradi – sirt qattiqligini oshiradi.

Sementitlangan detallar qattiqligi HRS = 58-62, o'zagini HRS = 25-35.

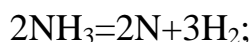


### Po'latlarni azotlash

Detal yuza zonasini azot bilan diffuzion to'yintirish **azotlash** deyiladi. Azotlash mashina detallarini ishqalanib yeyilishga chidamliligini va baquvvatlik (bardoshlik) chegarasini ko'tarish uchun qo'llaniladi: tirsakli val, tsilindr gil'zapari, chervyaklar, tishli g'ildiraklar va h.k.

Detallar azotlashdan oldin toblanadi, yuqori bo'shatiladi, toza (yakuniy) ishlanadi.

Azotlash germetik – zich yopiladigan mufel'ь pechlarida yoki konteynerlarda 500-600<sup>0</sup>S haroratida olib boriladi. Mufelga ma'lum tezlikda ammiak (NH<sub>3</sub>) yuboriladi: ammiak parchalanadi:



Ajralgan atomlar ammiak metall yuziga adsorbtsiyalanadi va uning kristallik panjarasiga diffuziyalanadi. Nitridlar hosil bo'lishi natijasida struktura va mexanik xossalari o'zgaradi.

Uglerodli po'latlarni azotlashda po'lat tarkibidagi uglerod miqdori ortishi bilan azotni diffuziyalanish tezligi pasayadi.

Azotlashda G'e – N tizimida quyidagi fazalar hosil bo'lishi mumkin.

1. α- faza - bu azotni α - temirdagi qattiq eritmasi.
2. γ- faza - bu azotni γ - temirdagi qattiq eritmasi.
3. γ<sup>1</sup>- faza – temir nitrid – G'e<sub>4</sub> N

4.  $\epsilon$  – faza – bu temirni  $G'e_2 N$  tarkibli nitridi.

Azotlangan po‘lat yuza qatlami  $\epsilon$  – fazali bo‘lsa, u suv va atmosfera sharoitida zangbardosh bo‘ladi.  $\epsilon$  va  $\gamma^1$  fazali qatlamlar nisbatan yuqori qattqlikka ega emas ( $HV=450-550$ ). Ancha – muncha qattqlikka ega maxsus legirlangan po‘latlarni (Sr, Mo, Al, V, Ti bilan) azotlash yo‘li bilan olinadi. Bu legirlovchi elementlar nitrid hosil qiluvchi elementlardir.

Po‘lat 38X2MYuA po‘latini azotlanagandan so‘ng yuqori qattqlik va ishqalanib yeyilishga qarshilik olinadi:  $HV=1200$ .

Azotlash jarayoni ancha uzoq vaqtni talab qiladigan operatsiya. Masalan, 38X2MYuA po‘latida azotlangan qatlam qalinligi  $t=0,5\text{mm}$  olish uchun harorat  $500-520^{\circ}\text{S}$  da 55 soat ushlab turish kerak.

### **Sianlash**

Po‘latdan yasalgan detal yuzini – sirtini bir vaqtning o‘zida ham uglerod, ham azot bilan diffuzion to‘yintirish jarayoni **tsianlash** deb ataladi. Bu usulni bir qancha avzalliklari bor. Masalan, azot uglerodni diffuziyalanishini kuchaytiradi: diffuziyalash haroratini  $930-950^{\circ}\text{S}$  dan  $850^{\circ}$  gacha pasaytiradi va tsementitlangandek uglerodga to‘yinadi. Bu holda austenit donalarini o‘sishi kamayadi va ozgina shamollatib shu yerni o‘zida darrov toblash mumkin. Bu jarayonni nitrotsementitlash deb ataladi, chunki, dastlabki muhit tsementitlovchi gaz bilan 3-5%  $\text{NH}_3$  ning aralashmasidir; diffuzion zonada karbonitridlar hosil bo‘ladi. Nitrotsementitlangan qatlam yeyilishga va karroziyaga yaxshi qarshilik ko‘rsatadi.

Nitrotsementitlash avtomobilsozlikda va traktorsozlikda keng qo‘llaniladi: jilvirlanmaydigan detallarni yuzalarini mustahkamlash uchun ishlatiladi.

Tsianlashni jiddiy kamchiligi bor: - tsianli tuzlarning zaharliligi. Bu mehnatni muhofaza qilishni, tashqi muhitni himoya qilishni – saqlashni taqozo qiladi.

Shu nuqtai nazardan azot va uglerod bilan to‘yintirishni past haroratli jarayoni qo‘llaniladi, ya’ni zaharli emas tuzlar eritmasida olib boriladi. Zaharli emas tuzlar: tsianitlar va karbanatlardir.

Tez kesar po‘latidan yasalgan keskichlarni turg‘unligini oshirish uchun toblab yuqori bo‘shatilgandan so‘ng karbonitratsiya qilinadi. Jarayon rejimi: eritma harorati –  $530-570^{\circ}\text{S}$ ; ushlab turish vaqti 5-30 minut.

### **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.

Detalning sirtqi qatlami xromga to'yintirilsa, bu jarayon diffuzion xromlash deb, alyuminiyga to'yintirilsa, diffuzion alyuminiylash deb ataladi.

### **Xromlash**

Xrom bilan to'yintirilgan qatlam qattiq yeyilishga chidamli, karroziyabardosh 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-alyuminiy oksidi, 5% xlorid kislota) solingan yashikka joylashtiriladi. Qopqog'i maxkam berkitilib, suvalib, qizdiriladi: 1050-1150<sup>0</sup>S, 12-15 soat ushlab turiladi, so'ngra 700-600<sup>0</sup>S haroratgacha pech bilan birga sovitiladi, shundan keyin havoda sovitiladi.

Suyuq muhitda xromlashda aralashma sifatida 20% xrom xloridi CrCl<sub>2</sub> va 80% bariy xloridi BaCl<sub>2</sub> aralashmasi ishlatiladi. Parchalanishdan ajralib chiqqan xrom 950-1100<sup>0</sup>S 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<sup>0</sup>S ga qizdirilgach undan vodorod xlorid aralashmasi o'tkaziladi.

Kam uglerodli po'latlarni xromlashgan qatlami qattiqligi uncha katta emas: HV=200-250. Lekin, ko'p uglerodli po'latlarniniki ancha yuqori HV=1380.

Shular kabi detal yuzalarini siliytsiyalash (kremniy bilan to'yintirish), sul'fidlash (oltingugurt bilan to'yintirish), bor bilan to'yintirish va boshqa kimyoviy-termik ishlash usullari ham sanoatda keng qo'llaniladi.

## MATERIALLAR TURI VA ULARNI QO‘LLASH SOHASI.

Legirlovchi elementlar po‘latga kiritilib, uning xossalariga va qurilishiga ta’sir qiladi. **Elementlar kiritilgan po‘latlar legirlangan po‘latlar deyiladi. Po‘latni o‘zida kremniy va marganets bo‘ladi, lekin kremniy miqdori 0,4% dan oshsa, marganets 0,8% dan oshsa bunday po‘latlar ham legirlangan hisoblanadi.**

Legirlovchi elementlar po‘lat tarkibidagi umumiy miqdoriga qarab ularni 3 sinifga bo‘lish mumkin:

-**kam legirlangan** (0,1 dan 0,3% gacha C va 0,2 dan 4,4% gacha legirlovchi elementlar);

- **o‘rta legirlangan** (0,35 dan 0,5% gacha C va 5 dan 10% gacha legirlovchi elementlar);

-**uqori legirlangan** (10% dan ko‘p legirlovchi elementlar);

Bazi 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 (elektrtkazuvchanlik, magnit xarakteristikalari, radiatsiyaga chidamliligi), kimyoviy xossalari (zanglamaslik) o‘zgartirish maqsadida qullaniladi.

Legirlangan po‘latlar uglerodli po‘latlarga nisbatan qimmat. Shuning uchun ularni yana termik ishlab qullash maqsadga muvofiq.

Asosiy legirlovchi elementlarga Cr; Ni; Mn; Si; W; Mo; V; Al; Ti; Cu; B; lar kiradi. Kuning bitta emas, birnecha elementlar bilan birgalikda legirlanadi: Cr va Ni ; Cr va Mn; Cr; Ni; Mo va V lar bilan.

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‘unligini erish 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.

Konstruktsion po‘latlarda asosiy struktura tashkil etuvchi - bu **ferrit**dir va metall hajmining 90% dan ko‘pini egalaydi. Shuning uchun ferrit xossalaridan po‘lat xossalari butunlay bog‘liq.

Metaldagi temir atomlari o‘lchamlari bilan legirlovchi elementlar atomlari o‘lchamlari o‘rtasidagi farq qancha katta bo‘lsa, kristallik panjara buzilishi

(qiyshayishi) shuncha katta bo'ladi. Ma'lumki, buzilish–qiyshayish, nuqsonlar soni qancha katta va ko'p bo'lsa, shuncha ferritning mustahkamligi va qattiqligi ( $\sigma_v$ , NV) shuncha ortib, plastiklik va uyushqoqlik pasayadi.

Barcha elementlar ferrit qattiqligini oshiradi. Ayniqsa, Ni, Cr ning ta'siri kuchli va ular konstruksion po'latlarning  $\sigma_v$ ;NV; plastikligini va **toblash chuqurligini** oshiradi.

### Legirlangan po'latlarda karbidlar

Element uglerodga qancha yaqin bo'lsa, shuncha **karbid** hosil 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 gruppaga bo'linadi: 1)  $Fe_3C$ ;  $Mn_3C$ ;  $Cr_7C_3$ ;  $Cr_{23}C_6$ ; 2)  $Mo_2C$ ; WC; VC; TiC. Ikkinchi gruppaning qattiqligi ancha yuqori.

### Fazalar o'zgarishiga ta'siri

Legirlovchi elementlar martensit parchalanishini pasaytiradi (kobalt, teskari, uni tezlatadi). Bunday po'latlarning bo'shatish harorati yuqoriroq bo'ladi. Bu toblangan po'latlarni bo'shatish harorati ko'tarilgan sari po'latning qattiqligi, mustahkamlik chegarasi, oquvchanlik chegarasi pasayib, plastiklik xossolari 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 mustahkamligini, qattiqligini oshiradi. Boshqa xususiyatlariga ham ta'sir qiladi.

Cr – ishqalanib yeyilishga qarshiligini oshiradi, zangga bardomligini oshiradi. W va G bilan harorat ta'sirida deformatsiyalanmaslik qobiliyatini oshiradi. Shuning uchun legirlangan XVG po'latidan uzun o'lchamli («длинные мерные») kesgichlar yasaladi, masalan protyajka.

W – o'tga bardoshliligini. Ayniqsa V bilan birga masalan bu po'lat – R18 – tez kesar po'lati. har xil kesgichlar yasaladi.

Ni – qattiqlikni, **zanglamaslikni** va h.k. xossalarini oshiradi. Ayniqsa, nikel xrom bilan birgalikda: Cr-Ni – tizimidagi po'latlar.

### Legirlangan po'latlarni markalanishi

**A** – azot,                      **B** – niobiy,                      **II** – fosfor,                      **D** – mis,  
**Г** – marganets,                      **B** – volfram,                      **Φ** – vanadiy,                      **K** –  
kobalt,  
**M** – molibden,                      **H** – nikel,                      **P** – bor,                      **T** – titan,

C – kremniy,                      X – xrom,                      Ц – sirkoniy,                      Ю –  
alyuminiy,

У – siyrak-er metallari.

18X2H4B 0,18% - C 2% - X 4% - H 1% - B

### **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 chivichlari ham yasaladi. Lekin, mashina detallari uchun onda-sonda ishlatiladi. Bu po‘latlar Ст.1; Ст.2; ..... ; Ст.6 deb markalanadi. Bu po‘latlarning mustahkamligi  $\sigma_{o.g.} = 240$  Mpa ga teng.

Qurilishda ishlatiladigan po‘latlarga kam legirlangan po‘latlar: 14Г2; 17ГC; 14ХГC; 15ХCПД (Д-Cu). Stal 15ХСНД qattiq sovuqda (-60°C) da ham ishlaveradi, chunki H + Д lar sovuqda ham mo‘rtlashmaydi. Bundan tashqari bular havoda zanglamaslik qobiliyatini ham oshiradi.

### **Sementitlanadigan konstruksion po‘latlar**

**Dinamik kuch** ostida ishlaydigan va ustki yuzalari ishqalanib yeyiladigan detallar kam uglerodli po‘latdan (C<0,2%) yasaliib, 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 tsementitlanib, toblansa, o‘zagi ko‘shimcha puxtalanadi. Qancha ko‘p legirlangan bo‘lsa, shuncha ko‘p puxtalanadi.

O‘zagining puxtalanish darajasiga qarab bu po‘latlar 3 gruppaga bo‘linadi.

**Birinchi gruppaga** uglerodli po‘latlar (08; 10; 15; 20) kiradi. Bulardan faqat yeyilishga ishlaydigan detallar, o‘zagining puxtaligi katta ahamiyatga ega bo‘lmagan detallar yasaladi. Mayda detallar uchun.

**Ikkinchi gruppaga** kam legirlangan xromli po‘latlar kiradi: 15X; 20X. Bulardan ishqalanishga ishlaydigan va o‘zagi puxtaligi yuqori bo‘lishi talab qilinadigan detallar yasaladi. Agar ozgina vanadiy qo‘shilsa (15XΦ), zarrachalar maydalashib, plastikligi va uyushqoqligi ortadi.

**Uchinchi gruppaga** bunday po‘latlar tarkibiga nikelъ 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. Nikelъ o‘rniga titan qo‘shilsa ham bo‘ladi: 18XГT.

Agar volъfram yoki molibden qo‘shilsa (12X2H4BA; 18X2H4M4) toblanish qalinligini oshiradi.

### **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 otpuskidir. Bunday po'latlar yuqori mustahkamlikka, uyushqoqlikka ega; kuchlanishlar yig'indisiga kam e'tibor beradi, tablanish chuqurligi yaxshi. Shuning uchun zarbiy kuchlarga bemolol ishlaydi. Beshta gruppaga bo'lingan:

1. Stal' 35, Stal' 40, Stal' 45.
2. 30X; 40X
3. 30XM; 40XГ; 30XГТ
4. 40XH; 40XHM.
5. 38XH3M; 38XH3MΦA.

### **Prujina va resoralar uchun po'latlar**

Plastik deformatsiyaga yo'l qo'yilmaydi. Kremniy va marganets bilan legirlanadi. Toblanish va toblanish kalitligi yuqori. 65; 70; 65Г; 40XΦA.

### **Sharikli va rolikli podshipnik po'latlari**

Xar xil qutbli mujassamlantirilgan (удельный) kuch ta'sir qiladi. Qattiq, yeyilishga chidamli va nuqtaviy charchamasligi (kontaktnaya ustalost') kerak.

ШХ4; ШХ15; ШХ15СГ; ШХ20СГ.

### **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. Tez kesar po'latdan yasalgan tokarlik keskichini 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.

### **Qirquvchi asboblar materiallariga qo'yilgan talablar.**

#### **Quyidagi asosiy talablar qo'yiladi**

1. Etarli darajadagi yuqori qattiqlik. Bu qattiqlik ishlanayotgan material qattiqligidan ancha katta bo'lishi lozim.

2. Kesuvchi asbobni qirqish tig'i mustahkam bo'lishi kerak. Keskichni oldingi yuzasiga katta bosim ta'sir qiladi, bir necha yuz kilogrammdan bir necha tonnagacha. Bu bosim qirqish tig'ini 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'latlarni issiqqa bardoshligi 200-250°C. Umuman olganda, po'latni issiqqa bardoshligi deb, uni qaysi haroratgacha qizdirilganda o'zini mexanik xossalarini saqlab turish qobiliyatiga aytiladi. Tez kesar po'latlari uchun u 600°C ga, qattiq qotishmalar uchun 800-900-1000°C ga teng.

5. Keskich materialni 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.

6. Iloji boricha keskich materialni 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)

### **Materiallar**

1. Uglerodli asbobsozlik po'latlari.
2. Legirlangan asbobsozlik po'latlari.
3. Tezkesar po'latlar.
4. Qattiq qotishmalar.
5. Mineralo-keramik materiallar.
6. Olmoslar.
7. Jivirlovchi-abraziv materiallar.

### **Asbobsozlik uglerodli po'latlari**

Bular asosan quyidagilar; Y7A; Y8A; Y8ΓA; Y9A, Y10A, Y10ΓA, Y12A, Y13A. O'qilishi: Masalan Y7A: U-uglerodli degani; 7-o'ndan bir ulushda uglerod miqdori, ya'ni uglerod C=0,7%, A-po'lat yuqori sifatli, ya'ni zararli elementlar P, S lar har birining miqdori 0,025% dan oshmagan degani .

### **Legirlangan asbobsozlik po'latlari**

Legirlangan asbobsozlik po'latlari uglerodli po'latlar tarkibiga u yoki bu legirlovchi elementlarni (Cr, V, Mo, W va x.k) kiritish bilan olinadi. Bundan maqsad lozim bo'lgan xossalarni olishdir. Xrom qo'shilsa, po'lat qattiqligi, zangga bardoshligi va ishqalanib yeyilishga qarshiligi ortadi.

Volfram va molibden kiritilsa po'latni qattiqligi, ishqalanib yeyilishiga qarshiligi issiqbardoshligi ortadi.

Vannadiy po'latni strukturasi yaxshilaydi: Turg'un karbidlar hosil qiladi, toblangandan so'ng mayda donali struktura hosil qiladi.

**1. Volframli po'latlar:** B1, B2. Bu yerda volfram miqdori 1% va 2%. Volframni qo'shilishi po'latni 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. Xromni qo'shilishi toblashdagi kritik sovitish tezligini pasaytiradi; birmuncha ishqalanib yeyilishga chidamliligini

osHIRadi; qattIqlIkni ko'taradi. O'qilishi: 9X-da  $C=0,5\%$   $Sr\approx 1\%$ ; Bu po'latdan tokarlik va randalash keskichlari, parmalar, metchiklar, razvyortkalar va h.k. lar yasaladi.

**3. Xrom-margenetsli po'latlar:** XBF; XГ. XBF ni o'qilishi:  $C\approx 1\%$ ;  $Sr=0,9-1,2\%$ ,  $W=1,2-1,6\%$ ,  $Mn=0,8-1,1\%$ , XГ ni tarkibi:  $C=1\%$ ;  $Cr=1,3-1,6\%$   $Mn=0,45-0,7\%$ .

Bu po'latlarni zo'r xossalariidan biri bu – toblash jarayonida tob tashlash (deformatsiyalanish) darajasi ancha kichik. Shuning uchun bu po'latdan uzun sterjinsimon va o'lchamlari ishlangan detalarga o'tadigan keskichlar yasaladi: protyajkalar, maxsus parmalar va razvyortkalar .

**4. Xrom-volfromli po'latlar:** XB5: tarkibi  $C=1,25-1,5\%$ ;  $Cr=0,4-0,7\%$ ;  $W=4,5-5,5\%$ ; Juda qattiq.  $NRC=70$  toblangandan so'ng. 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 ni kimyoviy tarkibi:  $C=0,9\%$ ;  $Cr=1\%$ ,  $Si=1,4\%$ . Kremniy po'latni toblanishlik qobiliyatini oshiradi; ishqalanib yeyilishga turg'unligini-chidamliligini, uyushqoqligini oshiradi. Metchiklar, parmalar, plashkalar, frezalar yasaladi.

**6. Yuqori xromli po'latlar:** X12; X12M. tarkibi:  $C=1,45-2,3\%$ ;  $Cr=11-13\%$ ;  $Mn=0,5-0,8\%$ ;  $HRC=62-65\%$  toblangandan so'ng. Bu po'latdan frezalar, razvyortkalar, parmalar, protyajkalar yasaladi.

### **Tezkesar po'latlar**

Tezkesar po'latdan yasalgan keskichlar kesish tezligi yuqori ,kesish chuqurligi katta, demak yuqori haroratda ishlaydilar. Uglerodli asbobsozlik po'latlari  $200^{\circ}C$  ga qiziganda uning qattiqligi tez pasayadi (keskich o'tirib qoladi), tezkesar po'lati  $600^{\circ}C$  da ham yumshamay qirqish qobiliyatini saqlab qoladi.

### **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 asboblari va soviqlayin-qizdirmasdan bosim bilan ishlaydigan asboblari bor. Shu nuqtai nazardan qiziydigan, qizimaydigan shtamplari mavjud.

### **Qizimaydigan shtamp po'latlari**

Qattiqligi  $HRC=60-62$  bo'ladi. Uglerodi  $1\%$  dan kam bo'lmagan po'latlardan (C10A, C11A, C12A) yasaladi. Ushbu po'latlarning toblanish chuqurligi kichkina bo'lgani uchun nisbatan yengil sharoitda ishlaydigan, oddiy shaklli mayda detallari shtamplarini yasash uchun ishlatiladi. Murakkab formali, og'ir detallari shtamplari,

qaysiki, og'ir sharoitda ishlaydi, toblanish chuqurligi katta bo'lgan legirlangan po'latlardan yasaladi.

Shtamplar po'latlarining eng ko'p ishlatiladigani quyidagilar: 4XC, 6XC, 4XB2C, 6XB2C.

Qizimaydigan bosim ostida ishlaydigan asboblarga kiriyalar (fil'eralar) ham kiradi. Kirya – fil'era 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, qovushoqlik, bo'shatish jarayonida iloji boricha kam mo'rtlashuvchanlik, yopishmaslik va h.k.

Nisbatan yengil sharoitda (kichik bosim) ishlaydigan shtamplar Y7A, Y8A, Y9A po'latlaridan yasaladi. Og'irroq sharoitda ishlaydigan legirlangan po'latlar 5XHM, 5XGM, 5XHT, 5XHCB dan yasaladi.

### **Qattiq qotishmalar**

Qattiq qotishmalar asbobsozlik materiallari turkumiga kiradi. Metallar keramikasidan tashkil topganligi sababli metallokeramik qattiq qotishma deb ataladi. Gali kelganda bu kompozitsion materialdir.

Qattiq qotishmalar ko'p tarqalgan asbobsozlik materialidir. Ular kukun metallurgiyasi asosida olinadi. Tashkil etuvchilarni maydalab kukun holiga keltirilib aralashtiriladi. Masalan, BK6 markali qotishma uchun WC=94% va Co=6% hajmida har ikki tashkil etuvchi kukunlari tayyorlanadi. Olingan massani kerakli forma va o'lchamli qolipga (shtampga) solib bosim bilan 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 kobol't zarrachalari bilan birikadi yopishadi. Bu yerda kobol't zarrachalari bog'lovchi vazifasini o'taydi. Natijada o'ta yuqori qattiq massa hosil bo'ladi. Qattiq sinchlari zich vol'from va titan karbidlari kristallaridan iborat bo'lib uyushoq modda-karbidlarni kobol'tdagi qattiq eritmasi bilan bog'langan bo'ladi. Qattiq qotishmalar asosan ikki gruppadan iborat: 1-bir karbidli – vol'from karbidli - VK va 2- ikki karbidli vol'from va titan karbidli - TK. Lekin uch va undan ko'p karbidli qattiq qotishmalar ham bor - TTK.

Albatta TK gruppasi VK ga nisbatan ancha qattiq issiqqa bardoshlilik yuqori. Lekin VK guruhi mustahkamroq va zarbiy qovushqoqligi yuqoriroq.

VK gruppasi issiqqa bardoshligi 800°S bo'lsa, TK gruppasini 900-1000°S ga yetadi.

Eng ko'p tarqalgan qattiq qotishmalar kimyoviy tarkibi va xossalari quyidagicha: (ГОСТ 3882-74)

### **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, fil'eralar-kiryalar va h.k. qirqiladi. Bulardan tashqari ular tog' jinslarini burg'alashda ham ishlatiladi. Bular tez qirqish ( $V_{qir}=100-200\text{m/min}$ ) imkonini bergani uchun toza yuzalarni va aniq o'lchamlarni olishda ko'proq ishlatiladi.

O'ta qattiq materiallar orasida birinchi o'rinni olmos egallaydi. Uning qattiqligi  $NV_{olmos}=10000$ , vol'framli qattiq qotishma VK niki  $HV_{vk}=1700$ , tezkesarniki  $HV_{tezkes}=1300$ , ya'ni 6 va 8 marta katta. Albatta sun'iy olmoslar (bort, ballas, karbonod) afzalroq qo'llaniladi. Sun'iy olmoslar grafitdan katta bosimda ( $P\approx 200000\text{ atm}$ ) 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 keskichlarni turg'unligi yuqori 25 soatdan 200 soatgacha boradi. Bu avtomatlashtirilgan ishlab chiqarishda katta ahamiyatga ega. Bir o'lchamga moslashtirilgan holda ancha vaqt qayta naladka qilmasdan ishlash imkonini beradi.

Xar xil keskich materiallarini o'tmas bo'lmasdan o'tgan yo'li (u charxlash bilan bu charxlash orasida) quyidagicha:

- 1.Olmos -2500-3000km
- 2.Qattiq qotishma -20km
- 3.Tez kesar -8km

Qattiq qotishma bilan alyuminiy qotishmasidan (kremniyli) yasalgan 6 ta detalni ishlash mumkin bo'lsa, olmos bilan 30000 detalni ishlash mumkin.

Olmosli keskichlar bilan rangli metallar va ularning qotishmalari, plastmassalar, keramika ishlanadi va bunda ishlangan yuza g'adir-budirliki kichkina bo'ladi.

Bor nitridi BN polikristallaridan yasalgan keskichlar ancha universal. U bor nitridi mikrokukunlarini qizdirib bir butun qilib pishirish yo'li bilan olinadi. Yuqori haroratda va bosimda olinadi.

Bor nitridi mikrokukunlarini pishirish natijasida kub panjarali bor nitridi olinadi. Bularni olish jarayoniga qarab el'bor, el'bor-R, borazon deb nomlanadi.

Kubik bor 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, tsementitlangan po'latlarni (HRC 60) qirqish imkonini beradi.

## **MAXSUS XOSSALI PO'LATLAR**

### **Zanglamas po'latlar**

Metallarni tashqi muhit bilan kimyoviy yoki elektrokimyoviy o'zaro ta'sir etishi oqibatida yemirilish jarayoni korroziya zanglash deb ataladi.

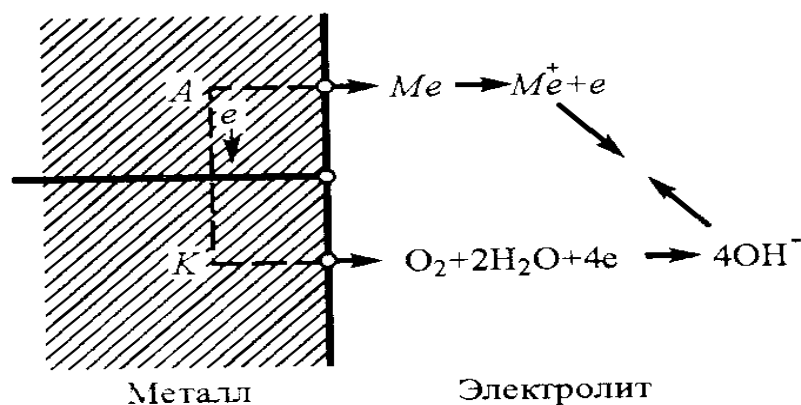
Konstruktsion materiallar ishlash davrida, ayniqsa, tajovuzkor (agressiv) muhitda yuqori zanglamaslik xossasiga ega bo'lishi lozim. Metallar va ularning qotishmalari ko'proq zanglaydi, chunki, ularning kimyoviy aktivligi va elektr toki o'tkazish qobiliyati yuqori.

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 yemirilishga-korroziyaga qarshilik ko'rsataoladigan po'latlarga aytiladi. Zanglamas po'latlarda yemirilish nisbatan ancha sekin o'tadi. Metallarni yemirilish jarayoni ikki xil ko'rinishda o'tadi: elektrokimyoviy va kimyoviy.

### **Metallarni elektrokimyoviy korroziyasi**

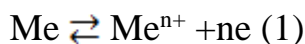
Elektrokimyoviy korroziya suyuq elektrolitlarda (nam havoda, nam yerda, dengiz va daryo suvlarida, tuz, ishqor va kislota eritmalarida) paydo bo'lib rivojlanadi. Bunda metall bilan elektrolit orasida korroziya toki o'rnatiladi- paydo bo'ladi va tok o'tishi sababi bilan metall eriydi.

Elektrolitda metall yuzasi bir xil emas, natijada mikrogalvanikli korroziyali element hosil bo'ladi. (rasm )

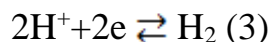
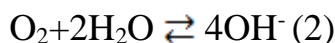


**Rasm** Korrozion element sxemasi.

Yuzalarning bir xil uchastkalarida ya'ni anod uchastkalarida quyidagi reaksiya ketadi:



Boshqa uchastkalarida – katod uchastkalarida quyidagi ikki reaksiyalardan (2),(3)lardan biri o'tadi:



Korrozion element uzilib turganda anod va katod uchastkalaridagi reaksiyalar to'g'ri va teskari yo'nalishlarida bir xil tezlikda boradi, ya'ni qarama-qarshi teng o'tadi. Metallarning elektrodli qaytaruvchi potentsiali (V qaytaruvchi) elektrolit xarakteri va haroratga bog'liq. Metallarni elektrokimyoviy potentsiallarini aktivligini (kuchliligini) nisbatan baholash uchun standartli elektrodli qaytaruvchi potentsial  $V_{qayt}^o$  qabul qilinadi. Bu harorat 25°S ga ega va o'zini ionlarini suvdagi eritmasidagi aktivligiga (konsentratsiyasiga) hisoblangan. Ba'zi metallarning ionlari uchun  $V_{qayt}^o$  ni qiymatlari quyidagicha:

Endi agar elektr zanjir yopiq bo'lsa, (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 potentsial  $V_n$  o'rnatiladi.

Qaytaruvchi va qaytmaydigan potentsial farqi korroziyon elementdagi tok kuchiga proporsional. Proporsionallik koeffitsentlari  $R_Q$  va  $P_K$  larni qutublanuvchanlik deyiladi.

$$V^Q_{\text{qayt}} - V^k_H = P_Q I \quad (4)$$

$$V^k_{\text{qayt}} - V^K_H = P_K I \quad (5)$$

Anodli  $P_Q$  va katodli  $P_K$  qutublanuvchanlikni eksperimental aniqlanadi.

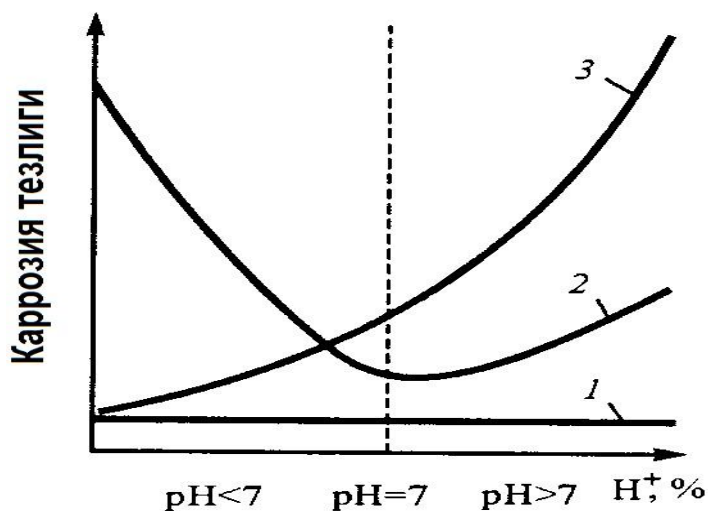
Ba'zi bir metallar ma'lum korroziya sharoitlarida katta anod qutblanishga ( $P_Q$ ) ega va ularni sustlanuvchilar (passiviruyumie) deyiladi. Korroziya elementidagi korroziya tokini ( $I$ ) qiymatini, qaysiki korroziyalanish tezligini aniqlaydi, quyidagicha aniqlanadi :

$$I = (V^k_{\text{qayt}} - V^Q_{\text{qayt}}) / (R + P_Q + P_K) \quad (6)$$

Bu yerda  $R$ -korroziyon element OM.li qarshiligi.

Metallarning korroziya bardoshligiga korroziyalanish **mahsulotlaridan** hosil bo'lgan plyonkalar yetarli ta'sir qiladi. Ularni himoyalash xossalari omli qarshilikning kattalashishi va qutblanishlikning ortishi bilan namoyon bo'ladi; (formula 6).

Elektrolit bu himoya plyonkalarini eritishi mumkin va shu bilan korroziyabardoshlikni yomonlashtiradi. Har xil metallarni himoya plyonkalarini erishi har xil elektrolitlarda namoyon bo'ladi. (Rasm )



**Rasm** Elektrolit tarkibini korroziyalanish tezligiga ta'siri.

1-sustlanuvchi metallar; 2-sustlanmaydigan metallar; Zn; Sn; Pb; 3-qolgan sustlanmaydigan metallar.

**Korroziyabardosh sustlanmaydigan metallar**

Berilgan korroziya  $V^Q_{q_{ayt}}$  sharoitida qaytariluvchi elektrodli potentsial katod reaksiyasi  $V^K_{q_{ayt}}$  ga yaqin hollarda korroziya toki kichkina va metall yuqori korroziyabardoshlikka ega .

Shu sababli elektromusbat metallar Au, Pt, Ag, Cu hamda Sn va Pb ni potentsiallari kichkina elektromanfiy qiymatli bo'lganligidan ko'pchilik muhitlarda yuqori korroziyabardoshlikka ega.

Au, Pt, Ag-barcha muhitlarda korroziyabardosh. (ba'zi yuqori konsentratsiyali kislotadan tashqari)

Cu, Sn, Pb-nam havoda, dengiz suvida, bir qancha organik kislotalarda korroziyabardosh.

Ba'zi metallarning atmosferadagi korroziyalanish tezligi quyidagicha:

### **Korroziyabardosh sustlanuvchi metallar**

Metallni katta manfiy qaytariluvchi elektrodli potentsiali bo'lishiga qaramasdan, katta anod qutblanishi natijasida  $P_Q$ , korrozion elementda katta emas korrozion tok o'rnatiladi va metall juda sekin tezlikda yemiriladi.(formula 6) Metallni passivlik-sustlik holati uning yuzasida himoya plyonkalarini 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 paydo bo'ladi va o'z-o'zidan havoda ham.

Havoda o'z-o'zidan sustlashish qobiliyatiga eng ko'p moyil ("sklonyon") metallar bu titan, alyuminiy, 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.

Alyuminiy ham nam havoda, oksidlovchi va organik kislotalarda yuqori korroziyabardoshlikka ega. Lekin ishqorlarda yuqori tezlik bilan yemiriladi-korroziyalanadi.

Barcha qo'shimchalar va legirolovchi elementlar alyuminiyni qutblanishini pasaytiradi va korroziyabardoshligini pasaytiradi. Elektromusbat metallarning (Fe, Cu) qo'shilishi alyuminiyni korroziyabardoshligini sezilarli pasaytiradi: 5% misli alyuminiy qotishmasi-duralyuminiy, rux qo'shilgan puxtalikdagi qotishma V95; kremniy qo'shilgan murakkab silumin AK8M, issiqbardosh qotishma AK4 va h.k. lar korroziyabardoshligi toza alyuminiynikidan ancha past. Elektromanfiy elementlar Si, Mn, Mg lar alyuminiy sustligini pasaytirmaydi, korroziyabardoshlikni

pasaytirmaydi. Shuning uchun sodda – oddiy silumin korroziyabardoshligi toza alyuminikiga yaqin. Marganets hatto korroziyabardoshlikni oshiradi xam.

### **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 plyonkasini hosil bo‘lishini ta‘minlaydi.

Bu plyonkalar strukturasi qarab klasslarga bo‘linadi. Plyonkalar, material yuqori haroratda qizdirilib havoda sovitilgandan so‘ng (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.

Ferrit va austenit hosil qiluvchi elementlarni yig‘indi ta‘sirini xrom ekvivalentlari ( $Cr_{ekv}$ ) va nikkell ekvivalenti ( $Ni_{ekv}$ ) ekvivalentlari ifodalaydi:

$$Cr_{ekv} = Cr + 2Si + 1,5Mo + 5V + 5,5Al + 1,75Nb + 1,5Ti + 0,75W.$$

$$Ni_{ekv} = Ni + 0,5Mn + 30C + 30N + 0,3Cu.$$

Simvollar legirlovchi elementlarni po‘latda massali ulushini va raqamlar ularni aktivlik koeffitsientini 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 strukturani bir xil emaslikka duchor qiladi. Lekin uglerod toblash samaradorligini ko‘p oshiradi.

Hozirgi paytda kam uglerodli yuqori azotli korroziyabardosh po‘latlarni bir qancha gruppalari ishlab chiqilgan.

Po‘latni mustahkamligini oshirish va tan narxini 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 azotni suyuqlanuvchanligi xromni ancha ko‘paytiradi, qaysiki, korroziyabardosh po‘latlar uchun eng zarur element.

### **Olovbardosh materiallar**

Metallik konstruksion materiallar ularni 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 metallar (po'latlar) deb ataladi. Olovbardoshlik bu yuqori haroratlarda zanglamaslik desa ham bo'ladi.

### **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 pari, toza kislorod.

Zanglanishning-korroziyaning asosiy sababchisi bu metalning ma'lum bosimda, haroratda, gaz muhitini aktivligida, gaz muhitini turg'un emasligi.

Ko'pincha, hamma vaqt desa ham bo'ladi, metall yuzi oksidlanadi. Past haroratlarda (20-25°S) metall yuzida yupqa oksid plyonkasi (pardasi) hosil bo'ladi. Buni tabiiy plyonka deyiladi: qalinligi  $t=3-10\text{mm}$ ; 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 plyonkalarini himoya xossalari metall yuzasini butunlay qoplash qobiliyati va oksidni o'zidan metall va kislorod ionlarini o'tkazishligi bilan aniqlanadi.

Oksid qatlamini himoya xossalari hajm koeffitsenti  $\varphi$  bilan ifodalanadi. Hajm koeffitsenti  $\text{MeOvaMe}$  atom massalarining nisbatiga teng. Agar  $\varphi = 1 \div 2,5$  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 (yoriladi) ketadi va uqalanib tushadi (metall va oksid nisbiy hajmlari orasidagi katta farqidan kelib chiqqan kuchlanish natijasida. Bu ham olovbardoshlikni pasaytiradi.

Zich oksid plyonkalarining himoya qobiliyatlari ( $\varphi = 1-2,5$  da) metall va kislorod ionlarini diffuzion harakatlanuvchanligiga bog'liq. Oksid panjarasi tugunlarida metall ionlari yoki kislorod ionlari bilan egallangan tugunlari orasida metall ionlarining ortiqligi diffuziyani tezlashtiradi va oksidni himoya xossasini pasaytiradi. Oksidlanish tezligi metall massasini o'zgarish tezligi ( $2/\text{m}^2 \cdot \text{soat}$ ) yoki oksid plyonkasi qalinligi ( $\text{mkm}/\text{soat}$ ) bilan o'lchanadi.

### **Olovbardosh po'latlar**

Temir va po'latni olovbardoshligini ularni xrom, alyuminiy va kremniy bilan legirlash bilan oshiriladi. Temir va po'latni butun hajm va yuzasini legirlashda eng ko'p qo'llaniladigani xrom va uning miqdori 30% gacha yetadi. Po'lat tarkibida xrom miqdorini ortishi bilan ,hamda haroratning ko'tarilishi va unda ushlab turish vaqtining ortishi bilan oksidda xrom miqdorini ko'paytiradi. Temirni legirlangan oksidi xrom oksidi bilan almashadi, bu olovbardoshlikni oshiradi.

Po‘latda qancha xrom ko‘p bo‘lsa shuncha yuqori haroratda ishlatsa bo‘ladi, undan foydalanish vaqti ham uzoq bo‘ladi. Olovbardoshlik po‘latning kimyoviy tarkibi bilan (asosan xrom miqdori bilan) aniqlanadi, strukturasi kam bog‘liq.

Olovbardosh po‘latlarni qo‘shimcha kremniy (2-3%) va alyuminiy (1-2%) bilan qo‘shimcha legirlash uni ishlatish haroratini ko‘taradi.

Po‘latlar 08X17T va 15X25T ferritli issiqbardosh emas, shuning uchun katta kuch qo‘yilmagan va zarbiy kuchi yo‘q detallar uchun ishlatiladi. Po‘latlar 20X23N18 va 20X25N20S2 ham olovbardosh ham issiqbardosh, shuning uchun tufel pechlarida, tag plitalarda, konveyerlarda ishlatiladi. Olovbardosh po‘latlardan uchish apparatlari dvigateli detallari (700-1000°S da ishlaydigan) yasaladi; gaz trubinalari, uchish apparatlari, trubina disklari, trubalar va h.k.

Cr va Si bilan legirlangan olovbardosh po‘latlarni “silxrom”; Cr va Al bilan legirlansa “xromal”; Cr-Al-Si bilan legirlansa “silxromal” deb nomlanadi. “Silxromal” larning quyindi hosil bo‘lish harorati ancha yuqori (850-950°S). Bular yog‘da toblanadi (1000-1050°S); bo‘shatiladi (500-540°S). Silxromal po‘lat 10X13SYu olovbardoshligi 950°S; oltingugurtli muhitda ham ishlayveradi.

Po‘lat 36X18N25S2 yuqori texnologik xossali, olovbardoshligi 1100°S, ancha yuqori haroratda ham mustahkam, ya’ni issiqbardosh.

### **Issiqbardosh po‘latlar**

#### **Materiallarning issiqbardoshlik mezonlari (kriteriyalari)**

Materiallarni o‘z erish haroratini 0,3 qismidan yuqorisida uzoq vaqt deformatsiyaga (mexanik nagruzkalarga) bardosh berishligi va buzilmasligi (emirilmasligi) uni issiqbardoshligi deyiladi. Hozirgi zamon mashina detallari yuqori haroratda katta kuchlar ostida ishlaydilar: metallurgiya pechlari, gaz trubinalari, uchish apparati dvigatellari ichki yonar dvigatellar va h.k.

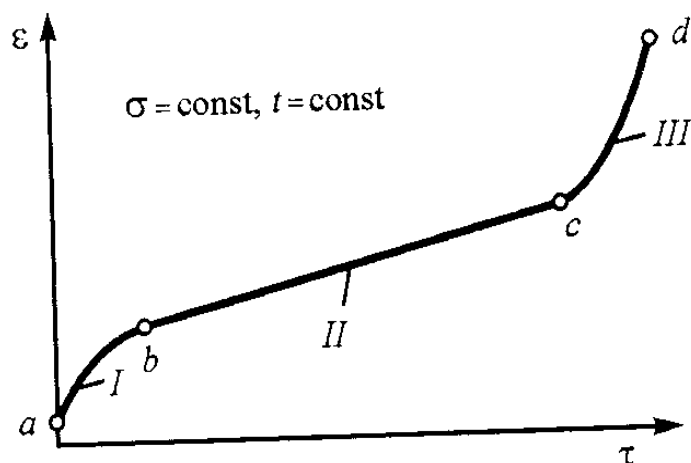
Materialni tanlashda kuch ostida ishlash vaqti uzoqligi va ta’sir qiluvchi kuchlar xal qiluvchi ahamiyatga ega.

Qizdirish atomlararo bog‘lanish kuchlarini pasaytiradi, yuqori haroratlarda elastik moduli kichiklashadi, vaqtincha qarshilik ham kamayadi, oquvchanlik chegarasi xam, qattqlik ham pasayadi. Qotishma asosini erish harorati ( $t_{er}$ ) qancha past bo‘lsa, uni chegaralangan ishlash harorati ham shuncha past bo‘ladi.

Yuqori haroratlarda uzoq vaqt kuch yuklangandagi material holati (o‘zini tutishi) undagi diffuzion jarayonlar bilan aniqlanadi. Bu sharoitlarda oquvchanlik jarayonlari va kuchlanish relokatsiyasi jarayonlari xususiyatiga ega.

Oquvchanlik chegarasidan past kuchlar ta’sirida plastik deformatsiyaning asta-sekin o‘shishiga **oquvchanlik** deyiladi.

Deformatsiyani kuch qo‘yish vaqti uzoqligiga qarab o‘ziga xos o‘zgarishi **rasm** da ko‘rsatilgan.



Rasm Oquvchanlik egri chizig‘i. 1-turg‘un emas davr; 2-turg‘un davr; 3-emirilish davri.

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 va h.k. ishdan chiqadi.

Oquvchanlik deformatsiyasi donalardagi dislokatsiyalarning ko‘chishi, dona chegaralarining siljishi va diffuzion ko‘chishi natijasida rivojlanadi.

Dislokatsiyalarning ko‘chishi (erish haroratidan  $0,3T_{er}$  dan yuqorida) ikki yo‘l bilan o‘tadi: siljish, sakrab o‘tish.

Issiqbardoshlikni ta‘minlash uchun dislokatsiyalarni harakatlanuvchiligini chegaralash va diffuziyani sekinlashtirish lozim. Bunga atomlararo bog‘lash kuchlarini kattalashtirish bilan erishiladi: donalar orasida dislokatsiyalarni ko‘chishiga to‘siqlar qo‘yiladi, donalar o‘lchamlari kattalashtiriladi.

Atomlararo kuchlar mustahkamligini legirlash bilan oshiriladi: kristallik panjara to‘rini o‘zgartirish bilan, metallik bog‘lanishdan baquvvatroq kovalent bog‘lanishga o‘tish bilan.

Legirlashni maqsadga muvofiqligi-qiyin eriydigan metall bilan legirlashdir, hajmi markazlashgan kristallik panjarali issiqbardosh po‘latni molibden (1%gacha) bilan, yoqlari markazlashgan kristallik panjarali issiqbardosh po‘latni volʼfram, molibden, kobalʼt (jami 15-20% gacha) bilan legirlanadi.

Issiqbardosh po‘latlarning donalari chegaralarini mustahkamligini oshirish uchun oz miqdorda legirlovchi elementlar (0,1-0,01% kiritiladi. Bular donalar chegaralarida yig‘ilib donachegarali siljishni sekinlashtiradi. Bular bor va tseriy elementlari. Termo-mexanik ishlash ham po‘latni issiqbardoshligini oshiradi.

## Issiqbardosh po'latlar turlari

Perlitli, martensitli va austentli issiqbardosh po'latlar 450-700°C da ko'p ishlatiladi. Nikelli va kobal'tli issiqbardosh po'latlar 700-1000°C da ishlatiladi. 1000°C dan yuqori haroratda issiqbardosh po'lati sifatida qiyin eriydigan metalla rva ularning qotishmalari ishlatiladi.

## Nikel va uning asosidagi qotishmalar

Hozirgi zamon uchish apparatlari detallari materiallari og'ir sharoitda ishlaydilar, ham shu bilan birga murakkab maxsus talablarga javob berish kerak.

Gaz turbinli dvigatel detallari yuqori haroratda ishlaydi, kuchli mexanikaviy kuchlanishda bo'ladi, gazoviy korroziyada, vibratsiyada, kichkina tsikli charchashda bo'linadi.

Bularning eng asosiysi ish haroratidir.

**Dvigatel detallari** quyidagi talablarga javob berishi kerak: katta aerodinamik kuchlanishga chidash; yuqori mustahkamlik; markazdan kochma kuchga chidash; koliplanuvchanlik ("formuemost") va payvandlanuvchanlik; termik charchashga qarshilik; issiqqa bardoshlik 1100°S-gacha.

**Reaktiv turbina detallariga** kuyilgan talablar ham yuqoridagilar. Lekin, qo'shimcha talablar ham qo'yiladi: gaz muhitida ham issiqqa bardoshlik; 1100°S-dan yuqorida ham issiqqa bardoshlik; materiallari turgun mikrostrukturaga ega bo'lishi kerak, chunki, uzoq vaqt uz xossalarini saqlab turish kerak.

Tovushdan tez uchadigan uchish apparatlarini yaratish uchun 1800°S-da ishlaydigan materiallar kerak.

Hozirgi vaqtda yangi metall qotishmalar; ularni ishlab chiqarish usullari; polimer; **kompazitsion va keramik materiallar** yaratilmokda.

Keramik kompazitsion materillar alohida ahamiyatga ega. Ular kichkina colishtirma og'irlikka va yuqori olovbardoshlikka ega. Keramik materiallarining qo'llanilishi reaktiv dvigatellarning ishlash haroratini 1000°S-dan 1500°S-gacha ko'tarish imkonini beradi. Keramik materialarning asosiy kamchiligi - ularning yuqori tannarxi va past ishonchliligidir (nadyojnost). Chunki, unda darzlarning tez tarqalishidir. Keramik materiallarning kritik nuqson o'lchami <100 mkm, bu kattaligi metall qotishmalarda 1mm-gacha yetadi.

Borgan sari kompazitsion materiallar ko'p va keng qo'llanilyapti. Gap shundaki, ularning nisbiy **bikirlik va nisbiy puxtaliklari**, charchash puxtaligi ("ustalostnaya prochnost"), zarbiy qovushqoqligi va issiqda turgunligi an'anaviy materiallarnikidan ustun turadi. Kompazitsion 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 xom-ashyo materialini 40%-gacha tejaydi.

**Nikel qotishmalarining** eng yaxshi xossasi, ularning 700-1100°S-da ham yaxshi xossalarga egaligidir. Eng toza nikelning (99.99%) solishtirma og'irligi  $\rho=8907 \text{ kg/m}^3$  -ga teng.

Nikel kimyoviy aktiv emas. Temirga nisbatan kam oksidlanadi. Nikel(Ni) uy haroratida yuqqa oksid plyonkasi bilan qoplanadi va unga nam va ba'zi tuzlarning suvdagi eritmasi ta'sir etmaydi. Nikel ishqor muhitida yuqori korroziya bardosh. Azot kislotasida turgun emas.

Nikelning yana bir yaxshi xossasi - bu yuqori xaroartda ham oksidlanishga qarshi turgunligidir. Nikel yuqori xaroart  $t=800^\circ\text{C}$ -da ham oksidlanmaydi. Magniy(Mn) va oltingugurt(S) bu qobiliyatni pasaytiradi. Kremniy(Si) va alyuminiy esa ko'taradi.

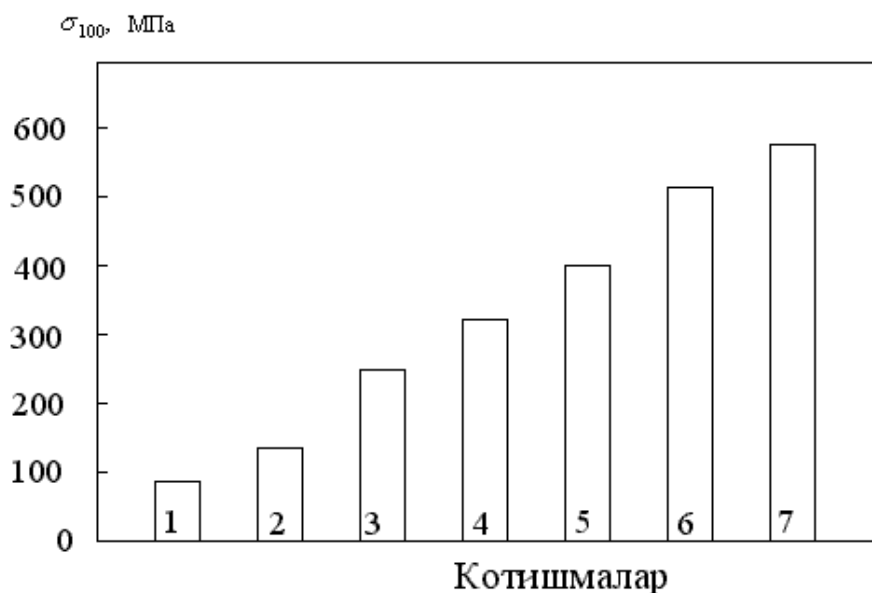
Nikelning mustahkamligi katta emas,  $\sigma_v=450 \text{ MPa}$ , plastikligi  $\delta=30\%$ .

Covuk holda deformatsiyalanganda yaxshigina puxtalanadi. 500°S-dan boshlab puxtalanganligi pasaya boshlaydi.

Toza nikel issiq sharoitda talablarga javob bermaydi anchagina kvuchlanish borligida. Shuning uchun nikel qotishmalari ishlatiladi.

Nikelni legirlanganda qattiq eritma hosil bo'ladi va oquvchanlik ("polzuchestv") qarshiligi ortadi. Legirlash rekristallizatsiyani va diffiziyani sekinlashtiradi. Nikel asosidagi qotishmalarga 15-20% miqdorda xrom qo'shilsa, ularning olovbardoshligi ortadi. Xrom nikelda yaxshi eriydi. **1** Ti va Al-ni qo'shilishi olovbardoshlikni birdaniga ko'taradi. Ni-Cr-Ti-Al -ga molibden va volframning qo'shilishi mustahkamlik uzunligini ko'taradi.

Quyidagi rasmda olovbardosh qotishmaga ko'p komponentli tizimlarning ta'siri ko'rsatilgan.



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

**Rasm**    Nikel qotishma tarkibini (komponentlarini) qotishma mustahkamligiga ta'siri

### **Nikelli issiqbardosh qotishmalarni xossalari va qo'llanilishi.**

#### **Deformatsiyalanadigan qotishmalar**

Gaz turbinalari lopatkalari uchun birinchi marta XN77TYu qotishmasi ishlatilgan. Bunga "bor" elementi qo'shilsa, XN77TYuR-ning 700-800°S haroratdagi mustahkamligi 25% ortadi. Bor zarrachalariga yopishib olib, buzilish tezligini pasaytiradi.

Qotishma XN70VMTYu-ning issiqbardoshlik legirlovchi elementlarning birgalikdagi ta'siri asosida olingan: Titan bilan alyuminiyning, volfram bilan molibdenning qiyin eriydigan elementlari, hamda ozgina borlarning juftma-juft ta'siri. Qotishmada puxtalovchi faza 20%-ni tashkil etadi.

XN70VMFTYu qotishmaning issiqbardoshligi yanada ko'proq: puxtalanish fazasi 25%. Bundan tashqari MeS, Me<sub>6</sub>S va Me<sub>23</sub>S<sub>6</sub> karbidlarining hosil bo'lishi sabab. 800-850°S-da 20000 soat ishlay oladi.

XN55VMTFKYu, XN51VMTYuKFR qotishmalari yuqori puxtalikka va plastiklikka ega 900-950°S-da ham ishlayveradi.

Gaz turbinlari disklari uchun ham yuqoridagi nikelli qotishmalar ishlatiladi, lekin legirlovchi elementlarning nisbati boshqacha. Bundan tashqari disklarni kukun metallurgiyasi usulida ham olinadi.

2. Quyma qotishmalar.

Quyma qotishmalar gaz turbinlari lopatkalari va soplo lopatkalari - ishchi lopatkalari va soplo lopatkalari uchun ishlatiladi. Bir butun qo'yiladigan rotorlar uchun ham qo'llaniladi.

Quyma qotishmalarni legirlash imkoniyati ko'proq, bu issiqbardoshlikni oshiradi, plastiklikni pasaytiradi.

Eng ko'p tarqalganlari: JS6K, JS6U, JS6F, VJL12U. Bularning ichida eng issiqbardoshi JS6F: 1100°C-da ham ishlayveradi.

### **Olovbardosh nikel qotishmalari**

Yonish kameralarida ishlovchi olovbardosh materiallar yana qo'shimcha talablarga ham javob berishi kerak. Ular haroratning keskin o'zgarish sharoitida ishlaydilar: kamera qizdiriladi – sovitiladi. Buning natijasida yetarli darajada termik kuchlanish vujudga keladi, keysiki darz ketishga va buzilishiga olib yelishi mumkin. Shuning uchun iloji boricha issiqlik natijasida (kengayish) chizigiy kengayish-uza-yish koeffitsienti kam va katta issiqlik o'tkazish koeffitsientli materiallar ishlatilishi kerak.

XN78T, XN75MBTYu, XN60VT qotishmalari va "dispers" puxtalangan qotishmalar VDU-1 va VDU-2 lar ko'p tarqalgan.

VDU-1, VDU-2 qotishmalar yuqori haroratda eriydigan oksidlar bilan puxtalanadi: ThO<sub>2</sub> (toriy oksidi) - t<sup>o</sup>erish =2800°S. Bu qotishmalar yaxshi olovbardosh (1300°S-da ham mustahkamligini pasaytirmasdan ishlayveradi) va termik kuchlanishlarga yaxshi.

### **Adabiyotlar ro'yxati**

1. Umarov E.O. "Materialshunoslik" o'quv fanidan laboratoriya va amaliyot ishlari o'quv qo'llanmasi.
2. Umarov E.O. Materialshunoslik. Darslik.
3. Norxudjaev F.R. Materialshunoslik. Darslik.

### **Qo'shimcha adabiyotlar**

Адаскин А.М. Материаловедение. Учебник. - М.: "Машиностроение" 2006