

O.X.ESHQOBILOV, L.O.DAMINOV

# ***MATERIALSHUNOSLIK***



O.X.ESHQOBILOV, L.O.DAMINOV

# MATERIALSHUNOSLIK

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi oliy o'quv yurtlarining "60712500- Transport vositalari muhandisligi (turlari bo'yicha)" ta'lim yo'nalishi talabalari uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etgan*

«INTELLEKT» NASHRIYOTI  
QARSHI - 2021

**UO‘K 620.22(075.8)**

**BBK 620.22**

**O.X.Eshqobilov, L.O.Daminov**

Materialshunoslik. O‘quv qo‘llanma. O.X.Eshqobilov, L.O.Daminov.

– Qarshi: «Intellekt» nashriyoti. 2021. -255 b.

O‘quv qo‘llanmada metall va nometall materiallarning ichki tuzilishi, strukturasi xossasi, ishlatilishi va markalanishi hamda bu kattaliklarni o‘zaro aloqasini ularning turli ta’sirlar natijasida o‘zgarish qonuniyatlari zagotovka va mashina detallarini tayyorlash va ishlov berishning texnologik usullari, ularning texnik-iqtisodiy tasnifi hamda qo‘llash sohalari shu usullarda ko‘p ishlatiladigan asbob, moslama va jihozlarning prinsipial sxemalari, tayyorlanish usullarini e‘tiborga olish, ishlov berish uchun qulay bo‘lgan zagatovka tuzilishlarini rejalashtirishning asosiy yo‘llari bilan bog‘liq bo‘lgan bilimlarni qamrab olgan.

Mashinasozlikda ishlab chiqarish rivojlanishiga materiallarga to‘g‘ri ishlov berish juda katta ta’sir ko‘rsatadi. Shuningdek, ishlab chiqarishni modernizatsiya qilish, texnik va texnologik qayta jihozlash ustuvor vazifalarini bajarishda “Materialshunoslik” o‘quv fani muhandislik sohasidagi ta’lim yo‘nalishlari mexanik o‘quv fanlarining poydevoridir. Shuning uchun bu fan texnika oliy yurtlarining ishlab chiqarish texnik soha, xizmatlar sohasi, qishloq va suv xo‘jaligi bilim sohasalarining o‘quv rejasida mavjud.

**Taqrizchilar:**

**M.N.To‘xtasheva** – t.f.f.d., TKTI "Oziq ovqat sanoati

mashina jihozlari va mexanika asoslari" kafedrası dotsenti.

**S.X.Yakubov** – t.f.d., prof., QarMII "Umumtexnika fanlar" kafedrası  
professori.

ISBN 978–9943–7375–8–7

© O.X.Eshqobilov, L.O.Daminov, 2021

© «Intellekt» nashriyoti, 2021

## **ANNOTATSIYA**

O'quv qo'llanmada metallarning kristallanish asoslari, ularning tarkibi va tuzilishi, turli qotishmalar va ularning fizik-mexanik xossalari ko'rib chiqilgan. Materiallarning ichki va tashqi sirtqi xossalarini yaxshilashning texnologik va kimyoviy-texnologik usullari ko'rsatilgan. Polimerlar asosidagi turli materiallar, ularning strukturalari va xossalari hamda sinflanishi va markalari keltirilgan.

O'quv qo'llanma injener-texnik mutaxassisliklar bo'yicha tahsil oluvchi bakalavriat talabalari uchun mo'ljallangan.

## **АННОТАЦИЯ**

В учебном пособии рассмотрены основы кристаллизации металлов, их состав и строения, различные сплавы и их физико-механические свойства. Представлены технологические и химико-технологические методы повышения внутреннего и поверхностного свойства материалов. Приведены различные материалы на основе полимеров, их структура и свойства, а также классификации и их маркировки.

Учебное пособие предназначено для учащихся студентов бакалавриата, обучающихся по инженерно-техническим специальностям.

## **ANNOTATION**

In the training manual, the fundamentals of the crystallization of metals, their composition and structures are considered; Various alloys and their physical and mechanical properties. Technological and chemical-technological methods for increasing the internal and surface properties of materials are presented. Various materials based on polymers, their structure and properties, as well as classifications and their markings are given.

The manual is intended for students of bachelor's studying in engineering and technical specialties.

## KIRISH

Ushbu o'quv qo'llanma an'anaviy va zamonaviy materiallarni, ularning turlari, xossalari hamda ularga ishlov berish kabi mavzularni o'z ichiga qamragan. Materialshunoslik – materiallarning strukturasi bilan xossalari orasidagi bog'lanishlarni, tashqi ta'sirlar (issiqlik, mexanik, kimyoviy va b.) ostida struktura va xossalar o'zgarishini o'rganadigan fanidir.

«Materialshunoslik» fanida turli konstruksion materiallar ishlab chiqarishning zamonaviy usullari, ular xossalarining turlicha bo'lish sabablarini o'rganilishi bilan bir qatorda zarur xossalarga ega bo'lgan detallar tayyorlash bilan bog'liq texnologik jarayonlar ham o'rganiladi.

Bu fan fizika, kimyo va boshqa fanlarga asoslangan bo'lib, talabalarning texnologik saviyasini kengaytirish bilan birga maxsus texnik fanlarni o'rganishda poydevor bo'ladi. Shuning uchun kelgusida o'z sohasining yetuk mutaxassisi bo'luvchi har bir talaba bu fanni qunt bilan o'rganmog'i lozim.

Materialshunoslikning vazifasi – materialning strukturasi bilan xossalari o'rtasidagi bog'lanish qonuniyatlarini aniqlab, materialdan buyum tayyorlashda va buyumdan foydalanishda struktura va xossalarga ongli tarzda ta'sir etishdan, shuningdek, avvaldan talab etilgan xossalarga ega material hosil qilishdan va materialning umri (xizmat muddati)ni bashorat qilishdan iborat.

# I BOB. "MATERIALSHUNOSLIK" FANINI O'RGANISHNING MAQSAD VA VAZIFALARI

## 1.1. Mashinasozlik materiallariga qo'yiladigan talablar

Metall va nometall materiallarning strukturasi, xossalari va tarkibiy jihatdan o'zaro bog'lanishini va fizik, mexanik, kimyoviy, elektromagnit va radiaktiv ta'sir natijasida ularning qonuniyatlarini o'zgarishini o'rganadigan fanga materialshunoslik deb ataladi.

Materialshunoslik fanining yaratilishiga va rivojlanishiga M.V.Lomonosov (1711-1765 y.y.) metallarga xos xususiyatlarni va ulardan kutilgan xossali qotishmalarni olish yo'llarini ko'rsatgan bo'lsa, P.P.Anosov (1799-1851 y.y.) metallar xossalari strukturasi bog'liqligini, legirlovchi elementlar (Mg, Ni, W...) ning qotishmalar xossalari ta'sirini, shuningdek kam uglerodli po'latlardan tayyorlangan detallarning ish muddatini uzaytirish uchun sirt yuza qatlamini ko'p uglerodli gaz muhitida uglerodga to'yintirishini, D.I.Mendeleyev (1834-1907 y.y.) elementlarning davriy qonuniyati, ular xossalari ichki tuzilishiga uzviy bog'liqligini, D.K.Chernov (1889-1921 y.y.) po'latlarning kritik nuqtalar vaziyati ularning tarkibidagi uglerod miqdoriga bog'liqligini ko'rsatdi va o'z ishlari bilan u adabiyotlarda "metallografiyaning otasi" deya atalgan. Nemis olimi Ledeburning metallar strukturasi tushunchasi, ingliz fiziklari F.Laves hamda V.Yum-Rozerning yangi turdagi fazalarni kashf etishi fan rivojida katta hissa bo'ldi.

Ichki yonuv dvigatellari kashf etilishi mashinasozlik, avtomobilsozlik, samolyotsozlik va raketsozlik sanoatlari rivojlanishida muhim asos bo'ldi. Tabiiyki, sanoatning rivojlanishi yangi materiallar yaratish, ularning xossalari yaxshilash ustida tinmay izlanishlar olib borishni talab etdi. Natijada takomillashgan domna pechlari, po'lat eritiladigan marten pechlari barpo etildi. Po'latlarni payvandlash mumkinligini N.N.Benardos va N.G.Slavyanovlar ilmiy nuqtayi nazardan isbotlab berdilar.

XX asrning boshlarida metallografiyaning rivojlanishiga N.S.Kurnakov katta hissa qo'shdi, u metallarni tadqiq qilishda fizik-kimyoviy tahlil usulini qo'lladi.

Metallshunoslik va termik ishlov berish sohasining rivojlanishiga ingliz olimlaridan U.R.Austen (1843-1902 y.y.), G.Sorbi (1826-1908 y.y.), Motto, fransuz olimi F.Osmond (1849-1912 y.y.), nemis olimi A.Martens (1850-1914 y.y.), germaniyalik olim Tammana, Ganemana, amerikalik olimlar Zeytsa, Beyna va Meyla lar ham katta hissa qo‘shganlar.

Rus olimi A.M.Butlerov tomonidan 1881-yilda yaratilgan jismlarning kimyoviy tuzilish nazariyasi asosida quyi molekular organik kimyoviy moddalardan polimerlar olish mumkinligi isbotlandi.

S.V.Lebedev 1909-yilda xossalari jihatidan tabiiy kauchukka yaqin materialni sun’iy ravishda oldi. Hozirgi vaqtda texnika rivojini sun’iy materiallarsiz tasavvur qilish qiyin. O‘tkazuvchanligi yuqori materiallar, yarim o‘tkazgichlar, sun’iy olmos hamda uglerod asosidagi boshqa materiallar kashf etildi.

1.1-jadval

### D.I.Mendeleyevning kimyoviy elementlar davriy jadvali

1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.003
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012											5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305											13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.086	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.065	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.631	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.972	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.80
37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium 98.907	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.710	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.294
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.328	57-71 Lanthanides	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.085	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.387	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [209]	85 At Astatine [209]	86 Rn Radon [222]
87 Fr Francium [223]	88 Ra Radium 226.025	89-103 Actinides	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [271]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [277]	113 Nh Nihonium [284]	114 Fl Flerovium [289]	115 Mc Moscovium [288]	116 Lv Livermorium [293]	117 Ts Tennessine [294]	118 Og Oganesson [294]
57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.242	61 Pm Promethium [144.913]	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.055	71 Lu Lutetium 174.967			
89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [252]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium [258]	102 No Nobelium 259.103	103 Lr Lawrencium [262]			
Alkali Metal	Alkaline Earth	Transition Metal	Basic Metal	Semimetal	Nonmetal	Halogen	Noble Gas	Lanthanide	Actinide								

Yuqorida qayd etilgan olimlardan tashqari bu fanning ayrim sohalarini rivojlanishida S.S.Shteynberg, N.A.Minkevich, G.V.Kurdyumov, A.A.Baykov, A.M.Bochvar, A.A.Bochvar (1870-1947 y.y.), K.P.Bunin, S.T.Kishkin, V.D.Sadovskiy, I.I.Sidorin, A.P.Gulyayev, Ye.O.Paton (1870-1953 y.y.), Yu.M.Laxtin, B.N.Arzamasov va boshqalar ulkan hissa qo‘shdilar.

D.I.Mendeleyev davriy sistemasida mavjud bo'lgan 118 ta elementdan 76 tasi metallar hisoblanadi. Davriy sistemaning o'ng tomonida asosan no metallar joylashgan. Ba'zi bir elementlar: B, C, Si, Ge, As, Se, Te kabilar metallar va no metallar o'rtasida oraliq elementlar sifatida qaraladi (1.1-jadval).

## **1.2. Materialshunoslik fanini sanoatdagi o'rni**

Ma'lumki, yuqori ma'naviyatli va ma'rifatli insonlar jamiyatidagina sanoatning turli tarmoqlari takomillashgan, texnika va texnologiya rivojlangan bo'lib, sifatli va arzon, raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarish mezonini yuqori bo'ladi.

Bozor iqtisodiyotiga o'tish davrida mustaqil O'zbekistonimiz oldida turgan dolzarb muammolardan biri — xalq xo'jaligining texnik-iqtisodiy taraqqiyotini jadal sur'atlar bilan bosqichma-bosqich rivojlantirishdan iboratdir. Shundagina xalqimizning tobora o'sib borayotgan moddiy va ma'naviy ehtiyojlarini to'la qondirish mumkin bo'ladi. Bu borada mashinasozlik sanoatining roli g'oyat katta. Chunki xalq xo'jaligi barcha tarmoqlarining taraqqiyoti mashinasozlikning qay darajada rivojlanganligiga bog'liqdir. Shu boisdan ham mashinasozlikning qay darajada rivojlanganiga qarab mamlakatlar qudrati haqida fikr yuritiladi. Ma'lumki, sanoatni zamonaviy, takomillashgan texnika va texnologiyalar bilan jihozlagandagina jahon andozalariga mos, ilg'or mamlakatlar ishlab chiqarayotgan mahsulotlar bilan raqobatlasha oladigan mahsulotlar ishlab chiqarish mumkin. Buning uchun mavjud texnologik jarayonlarni takomillashtirish bilan birga rivojlangan davlatlardagi zamonaviy texnologiyalarni, sarmoyadorlarning sarmoyalari sanoatimizga keng jalb etishimiz lozim. Bu ulkan vazifalarni amalga oshirishda ilm-fan yutuqlariga asoslanish lozim.

Bu borada respublikamizda juda ko'p ishlar qilindi va qilinmoqda. Jumladan, xorijiy davlatlar sarmoyalari va mutaxassislari bilan birgalikda ilg'or texnologiyaga asoslangan qator zamonaviy yirik qo'shma korxonalar (Navoiy metallurgiya kombinati, Buxoro neftni qayta ishlash zavodi va boshqalar) qurildi. Bu korxonalar muntazam ishlamoqda. Hozirda respublikamiz ilg'or mashinasozlik sanoatiga ega bo'ldik, neft, don mustaqilligiga erishdik. Ko'plab sanoat



korxonalari qurilmoqda. Lekin shu bilan birga hali qilinadigan ishlar ham ko'p. Bu ishlarni bajarishda ma'naviyatli, o'z kasbining mohir mutaxassislarini tayyorlash eng dolzarb muammolardan biridir.

Bu muammolarni hal etishda respublikamiz hukumati tomonidan qabul qilingan yangi tahrirdagi "Ta'lim to'g'risidagi" qonun juda katta ahamiyatga ega. Ma'lumki, zamonaviy takomillashgan sanoatni mashina, mexanizm, apparat va priborlarsiz tasavvur etib bo'lmaydi. Shunday ekan, bilamizki ular ayrim qismlardan, qismlar esa detallardan yig'iladi. Ular turli sharoitda (muhit va bosimda) ishlaydi. Shu boisdan ularni loyihalashda loyihachilar texnik-iqtisodiy va ekspluatatsion talablarni hisobga olgan holda materiallarni tanlashlari, texnologlar esa ularni tayyorlash usullarini oqilona belgilashlari lozim. Shundagina qo'yilgan talablarga javob beradigan, puxta, ko'rkam, sifatli va belgilangan muddatda, me'yorida ishlaydigan mashina, mexanizm, apparat va priborlarga ega bo'linadi. Bulg'usi bakalavrga bu boradagi boshlang'ich zaruriy bilimni «Materialshunoslik» fani o'rgatadi.

«Materialshunoslik» fanida turli konstruksion materiallar ishlab chiqarishning zamonaviy usullari, ular xossalari turlicha bo'lish sabablari o'rganilishi bilan bir qatorda zarur xossaga ega bo'lgan detallar tayyorlash bilan bog'liq texnologik jarayonlar ham o'rganiladi.

Bu fan fizika, kimyo va boshqa fanlarga asoslangan bo'lib, talabalarning texnologik saviyasini kengaytirish bilan birga maxsus texnologik fanlarni o'rganishda poydevor bo'ladi. Shuning uchun kelgusida o'z sohasining yetuk mutaxassisi bo'luvchi har bir talaba bu fanni qunt bilan o'rganmog'i zarur.

Metall va nometall materiallarning strukturasi, xossalari va tarkibiy jihatdan o'zaro bog'lanishini va fizik, mexanik, kimyoviy, elektromagnit va radiaktiv ta'sir natijasida ularning qonuniyatlarini o'zgarishini o'rganadigan fanga materialshunoslik deb ataladi.

Arxeologlarning Misrda, Xitoyda va boshqa mamlakatlarda olib borgan izlanishlari odamlar eramizdan 7-6 ming yillar muqaddam sof holda uchragan metallar (Au, Ag, Pb, ba'zan Si va meteorit temir) bilan tanish bo'lganliklarini

ko'rsatadi. Ular eramizdan 5-4 ming yillar avval rudalardan Cu, Sn, Pb larni ajratib olganlar va ehtiyojlariga ko'ra ulardan ayrim ish qurollari ham tayyorlaganlar. Eramizdan 3-2 ming yillar avval esa misga qaraganda puxtaroq va qattiqroq bo'lgan, uning qalayli qotishmasi (bronza) ni olganlar (shu boisdan tarixda bu davrni bronza asri deb ham yuritilgan). Eramizgacha odamlarga hammasi bo'lib yettita metall (Au, Ag, Cu, Fe, Sn, Pb va As) ma'lum bo'lgan xolos. Lekin temirni qachon va qayerda, qanday qilib olingani haqida aniq ma'lumotlar yo'q.

Ma'lumki, odamlar olovdan foydalanishni bilgunlaricha ko'p yillar davomida temir olishni bilmaganlar. Shu boisdan yashin natijasida yongan daraxtlar suv toshqinlari, shamollar natijasida o'chmasligi uchun uning atrofini turli toshlar, ma'danlar bilan o'rab, o'chmas gulxanlar hosil qilganlar va zaruriyatga ko'ra atrofida yashaganlar. Olov yaxshi alanga olishi uchun uni yog'och kosovlar bilan kovlaganlarida kullar ichidagi shlaklangan g'alvirak massaga ko'zlari tushgan. Uni olib toshlar bilan zarb berib, uchli qurollar tayyorlaganlar. Kullar ichida bunday plastik massa bo'lishining sababi gulxan atrofini o'ragan ma'danlar ichida oson qaytariladigan temir birikmalari bo'lgan va ularni yuqori harorat (900-1000°C) da temir uglerod II oksidi (CO) gazi bilan qaytarilgan.

Odamlarning temirga bo'lgan ehtiyojining tobora ortishi ularni ko'plab temir ishlab chiqarishga undadi. Shu boisdan ular uzoq izlanishlar natijasida yer o'choqlari qurdilar va ularga havoni haydash yo'llarini ishlab chiqdilar. Bu o'choqlarda daraxtlarni yoqib, uning ustiga temir birikma bo'laklarini kiritganlar. Yer o'choqlarda harorat ko'tarilganda temir birikmalaridan temir CO gazi bilan qaytarilib o'choq tagida shlaklangan, g'alvirak temir massasi hosil bo'lgan va uni «kritis» deb ataganlar.

Ularni o'choqdan olib undan o'z ehtiyojlariga ko'ra foydalanganlar. Yillar o'tishi bilan yer o'choqlarning shakli, o'lchamlari, havo haydash yo'llari takomillashib, XIII - XIV asrlarga kelib domnalar shakliga o'ta boshladi.

Shu yo'l bilan temir ishlab chiqarish birmuncha orta boshladi. Lekin shu bilan birga bu temir ishlab chiqarish jarayonining birmuncha o'zgarishiga ham olib keldi. Yer o'choqlarining yuqori qismida haroratning pastligi sababli

birikmalardagi ko'pgina temir oksidlari shlak ajralguncha qaytarilib, uglerodga to'yina bordi. Temirning uglerodli bu qotishmasining suyuqlanish harorati temirga nisbatan anchagina pastligi sababli u o'txona tagiga tomchilab, yog'ila bordi. Temir ishlab chiqarishni ko'paytirish uchun olib borilgan barcha ishlar natijasida yer o'choq o'txonasiga shlakli, g'alvirak temir bo'lagi o'rniga temirning uglerodli suyuq qotishmasi bo'lmish cho'yan yog'ildi.

Odamlar avvaliga undan qanday foydalanishni bilmadilar, keyinroq undan yer qoliplarda oddiy shaklli quymalar olgan bo'lsalarda, uning mo'rtligi undan foydalanishni keskin chekladi. Temir ishlab chiqarishni oshirish va uning sifatini yaxshilash borasidagi izlanishlar natijasida 1780-yilda Angliyada kichik alangali pechlar yordamida cho'yandan po'lat olishga erishildi.

Bu pechlarga kiritilgan temir ruda qizdirilganda tarkibidagi Si, Mn, S, P elementlar ruda va havo tarkibidagi kislorod bilan oksidlanishi hamda bu oksidlarning o'zaro birikishi natijasida shlak ajrala boshladi. Bu jarayonni yanada tezlatish uchun pechga yana ma'lum miqdorda qo'shimcha temir ruda kiritib, metall vanna 2-3 soat davomida temir kosov bilan aralashtirildi. Bunda pech haroratining  $1300^{\circ}\text{C}$  dan ortmasligidan xamirsimon holatdagi shlakli g'alvirak po'lat olingan. Uni pechdan ilgaklar yordamida olinib, ehtiyojga ko'ra foydalanganlar. Bu usulning yer o'choqdardan farqi shundaki, bunda yoqilg'i alohida o'txonada yoqilgan. Shu boisdan yoqilg'i tarkibidagi temir xossalari putur yetkazuvchi P, S, ajraluvchi kullar po'lat sifatiga putur yetkazmaydi. Lekin ko'p miqdorda yoqilg'i sarflanishi, og'ir jismoniy mehnatni talab etishi, ish unumdorligining pastligi va boshqalar odamlarni yanada takomillashgan usullar ustida izlanishlarga undadi.

### **1.3. Metallar va nometallar to'g'risida umumiy ma'lumotlar**

Ma'lumki, tabiatda sof holda uchrovchi metallardan boshqa barcha metallar turli birikmalar (oksidlar, sulfidlar, fosfidlar va boshqalar) tarkibida bo'lib, ularda anchagina begona qo'shimchalar ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  va boshqalar) ham bo'ladi. Bu

birikmalar ma'danlar deyiladi. Agar metallurgiya korxonalarida bu ma'danlardan metallar ishlab chiqarishda foydalanilsa, ularni rudalar deyiladi.

Sanoatda rudalardan xili, xususiyati va begona birikmalardan tozalik darajasiga ko'ra metallarni ajratib olishda quyidagi asosiy usullardan foydalaniladi: pirometallurgik usul, gidrometallurgik usul, elektrometallurgik usul, kimyoviy-metallurgik usul;

Shuni qayd etish joizki, sobiq sovet ittifoqidagi yirik metallurgiya kombinatlari (Magnitogorsk, Kuznetsk, Cherepovetsk va b.) dan farqli o'laroq respublikamizda 1942-yilda Bekobod, 1953-yilda Olmaliq, 1971-yilda Navoiy va b. metallurgiya kombinatlari qurilgan va ularda ko'plab qora, rangli metallar hamda ularning qotishmalari ishlab chiqarilmoqda.

Kuzatishlardan ma'lum bo'lishicha, texnik toza metallar (masalan Fe, Al, Cu) dan elektro va radiotexnikada, tantal (Ta), niobiy (Nb), gafniy (Hf), sirkoniy (Zr), kremniy (Si) va ularning qotishmalaridan priborsozlikda, atom texnikasida va boshqa sohalarda foydalanilsa, mashinasozlikda esa turli mashina va metall konstruksiyalarning qariyb 90% dan ortiqrog'i qora metall qotishmalar (cho'yan va po'lat)ga to'g'ri keladi.

Buning boisi shundaki, qora metall qotishmalari qoniqarli fizik-kimyoviy, texnologik va mexanik xossalarga ega bo'lishi bilan birga, kimyoviy tarkibining o'zgarishida xossalarning o'zgarishi, shuningdek termik, termo-kimyoviy va boshqa ishlovlar berilishi natijasida struktura o'zgarishi hisobiga xossalarning zaruriy yo'nalishda o'zgarishi, narxining arzonroqligidir. 1- va 2-jadvallarda mashinasozlikda keng qo'llaniladigan metallar, ularning qotishmalari haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Shuni qayd etish joizki, hozirda dunyo bo'yicha ishlab chiqarilayotgan metallarning 94% ga yaqini qora metallarga, qolgani rangli metallarga to'g'ri keladi. Barcha metall va qotishmalarni ikki guruhga bo'lish mumkin.

Temir va uning qotishmalari asosidagi (po'lat, cho'yan) – qora metallar, qolgan barcha metall va qotishmalar (Be, Mg, Al, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, W, Au, Hg, Pb va b.) rangli metallar deb nomlanadi.

Rangli metallar o‘z xossalariga ko‘ra quyidagilarga bo‘linadi:

- yengil metallar (Be, Mg, Al, Ti);
- oson eriydigan metallar (Zn, Cd, Sn, Sb, Hg, Pb, Bi);
- qiyin eriydigan metallar (erish harorati temirnikidan yuqori bo‘lgan,  $\geq 1539$  °C) (Ti, Cr, Zr, Nb, Mo, W, V va b.);
- nodir metallar (Ph, Pd, Ag, Os, Pt, Au va b.);
- radiaktiv metallar (U, Th, Pa).

Shuni aytish joizki, keyingi yillarda reaktiv, atom texnikasi va boshqa cohalarning yaratilishi va rivojlanishi natijasida agressiv muhitda, yuqori bosim va haroratlarda ishlovchi, deyarli yuqori darajali puxta, korroziya bardoshlikka va plastiklikka ega bo‘lgan metall qotishmalarga ehtiyoj orta bordi. Bu esa yangidan yangi ilmiy markazlar, laboratoriyalar tuzishga olib keldi (1.2-, 1.3-jadvallar).

## Metallarning xossalari to'g'risida ma'lumot

nomiMetallarning	Kimyoviy belgisi	iqdori, % daYer qobig'idagi	Zichligi, g/sm <sup>3</sup>	harorati, °CSuyuqlanish	Chiziqli kengayish koeffitsiyenti, (10 <sup>-6</sup> )	0°C dagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi m sm/m <sup>3</sup>	Cho'zilishga mustahkamlik chegarasi, MPa (kgk/mm <sup>2</sup> )	Brinel bo'yicha qattiq-ligi, MPa (kgk/mm <sup>2</sup> )	Nisbiy uzayishi, %	qsimining nisbiyKo'ndalang	Zarbiy qovushqoqligi	
											J/m	kgm/sm <sup>2</sup>
Temir	Fe	4,2	7,87	1539	11,9	11,0	250-33(25-33)	500 (50)	21-55	55-86	3000	30,0
Mis,	Cu	1-10 <sup>-1</sup>	8,94	1083	16,42	64,0	220-240(22-24)	350 (35)	60	75	1800	18,0
Alyuminiy	Al	7,45	2,7	660	24,0	37,0	80-110(8-11)	200-370 (20-37)	40	85	-	-
Magniy	Mg	2,1	1,74	651	25,7	23,0	170-210(17-21)	250 (25)	15	20	-	-
Titan	Ti	1.0	4,5	1812	7,14	-	300-450(30-45)	850 (85)	20-28	35-50	-	-
Qalay	Sn	4,10 <sup>-3</sup>	7,3	232	22,4	8,5	200-400(20-40)	50-100(5-10)		70	550	5,5
Rux	Zn	5,10 <sup>-3</sup>	7,14	419	32,6	17,4	150 (15)	300-420 (30-42)	5-20	7,0	70	0,7
Nikel	Ni	8-10 <sup>-3</sup>	8,9	1452	13,4	8,5	400-500(40-50)	600 (60)	40	70	4000	40,0
Xrom	Cr	2,10 <sup>-2</sup>	7.1	1550	8,1	38,4	300 (30)	1000-1080(100-108)	10	-	-	0,2
Qo'rg'oshin	Pb	1,10 <sup>-4</sup>	11,34	320	29,5	4,9	180 (18)	40-60(4-6)	50	100	100	2,5

**Qotishmalarning xossalari to'g'risida ma'lumot**

№	Qotishma nomi	Cho'zilishdagi mustahkamligi MPa (kgk/mm <sup>2</sup> )	Oquvchanlik chegarasi, MPa (kgk/mm <sup>2</sup> )	Nisbiy uzayishi, %	Brinell bo'yicha qattiqligi, MPa (kgk/mm <sup>2</sup> )	Zarbiy qovushqoqligi J/m <sup>2</sup> (kgk/sm <sup>2</sup> )	Ishlatilish sohasi
1	Kam uglerodli po'latlar	320-480 (32-48)	280-300 (28-30)	18-31	1369-1700 (136-170)	300-700 (3-7)	Trubalar, listlar tayyorlashda
2	O'rtacha uglerodli po'latlar	500-650 (50-65)	250-380 (25-38)	10-15	1800-2400 (180-240)	300-500 (3-5)	O'qlar, vallar, tishli g'ildiraklar tayyorlashda
3	Ko'p uglerodli po'latlar	700-800 (70-80)	400-450 (40-45)	4-8	2000-2600 (200-260)	150-300 (1,5-3)	Kesish asboblari tayyorlashda
4	Kulrang cho'yanlar	150-500 (15-50)	-	40-50	1800-2600 (180-260)	50-200 (0,5-2)	Shakldor quymalar olishda
5	Bronzalar	280-500 (28-50)	65-200 (6,5-20)	20-50	600-1000 (60-100)	50-600 (0,5-6)	Armaturalar, murakkab shaklli quymalar, antifriksion detallar tayyorlashda
6	Latunlar (jezlar)	250-500 (25-50)	100-200 (10-20)	20-50	400-500 (40-50)	400-1500 (4-15)	Polosa, sterjenlar, armaturalar tayyorlashda
7	Alyuminiy qotishmalari	420-490 (42-49)	240-380 (24-38)	7-14	1000-1300 (100-130)	200-400 (2-4)	Listlar, sterjenlar, shakldor quymalar, shtampovkalar tayyorlashda
8	Magniy qotishmalari	280-300 (20-30)	120-220 (12-22)	-	450-750 (45-75)	50-90 (0,5-0,9)	Chiviqlar, shtampovkalar, listlar tayyorlashda

Bu markaz va laboratoriyalarda elektron mikroskoplarda, rentgen va boshqa zamonaviy apparatlar yordamida chuqurroq kuzatishlar olib borilmoqda. Shuningdeq qattiq jismlar fizikasi sohasidagi erishilgan yutuqlar tufayli "Materialshunoslik" fani rivojlandi va rivojlanmoqda, natijada oldindan belgilangan xossalari qotishmalar olishga erishilmoqda. Buning ahamiyati nihoyatda katta, albatta.

### **Nazorat savollari:**

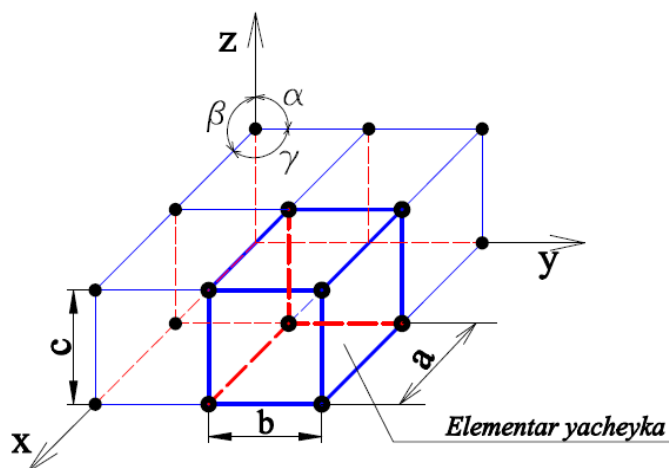
1. Eramizgacha bizga qanday metallar ma'lum bo'lgan?
2. Krits nima?
3. "Materialshunoslik" faniga kimlar munosib hissa qo'shganlar?
4. Elementlarning davriy jadvali kim tomonidan tuzilgan?
5. Metall va nometall materiallarning qanday turlarini bilasiz?
6. Materiallarni texnikadagi o'rni qay darajada?
7. Respublikamizdagi qaysi metallurgiya korxonalarini bilasiz?
8. Metallarning qanday xossalarini bilasiz?
9. Quyi molekulyar organik kimyoviy moddalardan polimerlar olish mumkinligini qaysi olim isbotlagan?



## II Bob. Metallarning ichki tuzilishi

### 2.1. Kristall panjaraning turlari

Barcha metallar va qotishmalar qattiq holatda kristall jism bo'лади; bu degani ma'lum haroratgacha ( $T_{erish}$ ) u qattiq holatda bo'lib o'z forma va o'lchamlarini saqlaydi. Bu haroratdan o'tgach u suyuq holatga o'tadi. Kristall jismlar zarrachalarining (atomlarining) fazoda tartibli joylashganligi bilan ifodalanadilar (2.1-rasm).



2.1-rasm. Kub shakldagi kristall panjara sxemasi

Bunga kristall panjara deyiladi. Kristall panjara bu tasavvur qilinadigan fazoviy panjara; uning tugunlarida zarrachalar (atomlar, ionlar) joylashgan; bu o'z navbatida qattiq jismni tashkil qiladi.

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

Kristallarning asosiy ko'rsatkichlari (parametrlari) quyidagilardan iborat:

1. Elementar yacheyka qovurg'alarini o'lchamlari,  $a, b, c$ -panjara davri – eng yaqin atomlar markazlari orasidagi masofa;
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;

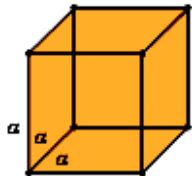
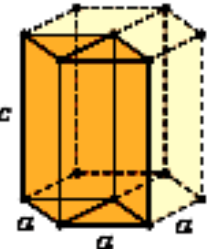
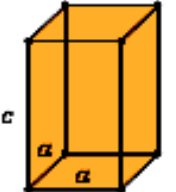

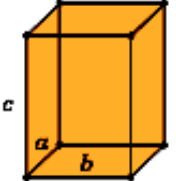
4. Panjara bazisi-bitta panjaraning elementar yacheykasiga to'g'ri kelgan atomlar soni;

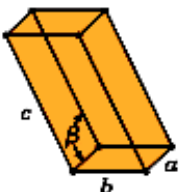
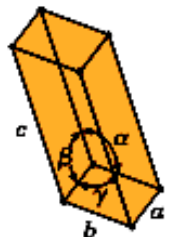
5. Kristall panjarada atomlarni joylashish zichligi - shartli ravishda bikir shar deb qaralganda, atomlarni egallagan hajmi. Bu atomlar egallagan hajmni yacheyka hajmiga nisbatan olinadi. Hajmiy markazlashgan kubli panjara uchun – 0,68, yoqlari markazlashgan kub panjara uchun – 0,74.

Quyida metallarda uchraydigan kristall panjaralarning turlari, o'lchamlari va tomonlarining burchaklari haqida ma'lumot keltirilgan (2.1-jadval).

2.1-jadval

Kristall panjaralarning tuzilishi va geometriyasi

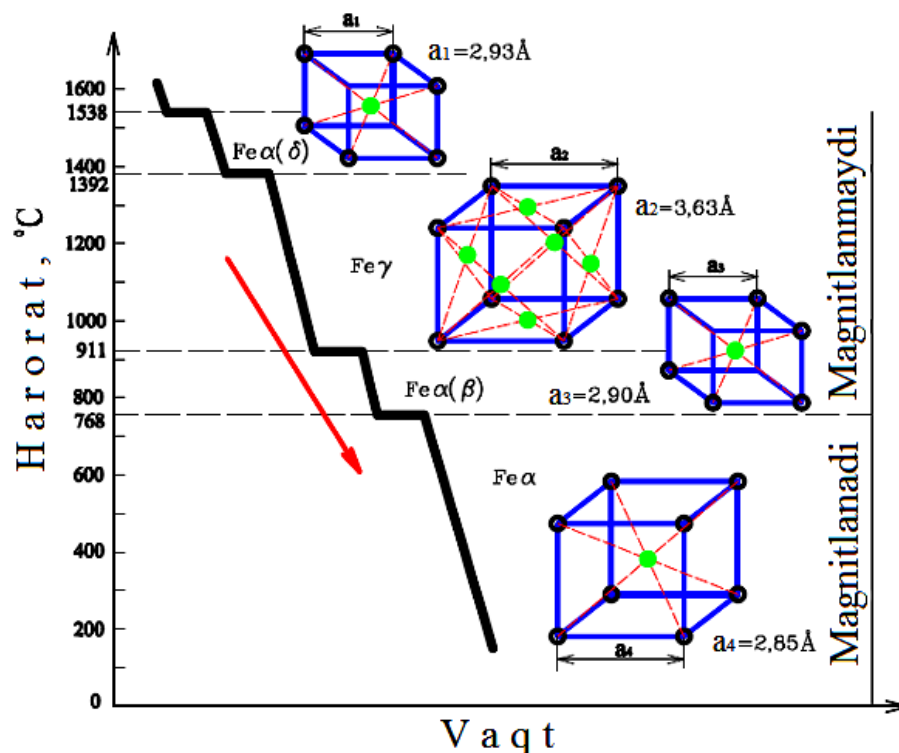
Kristall tuzilishi	O'lchamlari	Burchaklari	Geometrik tuzilishi
Kub	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
Geksagonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ,$ $\gamma = 120^\circ$	
Tetragonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
Trigonal	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	
Ortogonal	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	

Monoklinik	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$	
Triklinik	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	

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.

## 2.2. Materiallarning polimorf va allotropiya xususiyatlari

Polimorfizm - bu metallarni har xil haroratlarda turlicha kristall panjaralar hosil qila olishligidir. Bu xususiyati allotropiya xususiyati deb ham nomlanadi. Temir va uglerod polimorfli elementlar. Temirni erish harorati -  $1539^\circ\text{C}$ . Temir ikki xil modifikatsiyaga ega :  $\alpha - \text{Fe}_\alpha$  va  $\gamma - \text{Fe}_\gamma$  (2.2-rasm).



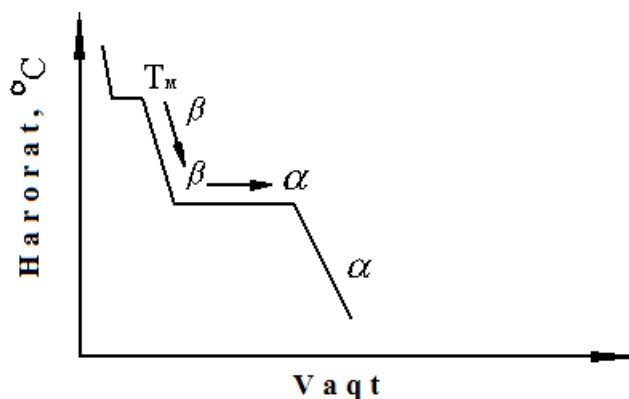
2.2-rasm. Temir kristall panjarasining polimorf o‘zgarish sxemasi

$Fe_{\alpha}$  modifikatsiyasi hajmi markazlashgan kub kristallik panjarasiga ega va harorat  $911^{\circ}C$  gacha hamda  $1392^{\circ}-1539^{\circ}C$  intervalida mavjud.  $Fe_{\alpha}$  ning e'tiborli xususiyati uning ferromagnetizmligi ( $768^{\circ}C$  dan pastda). Bu nuqtani Kyuri nuqtasi deyiladi.

Toza temir  $T_{erish} = 1539^{\circ}C$ . Qotayotgan temirda har bir kritik nuqtada allotropik o'zgarish bo'ladi.

Temirni  $Fe \gamma$  modifikatsiyasi yoqlari markazlashgan kub kristall panjaraga ega va harorat  $911-1392^{\circ}C$  oralig'ida mavjud.  $Fe\gamma$ -paramagnit hisoblanadi.

Qattiq holatdagi metallar kristall panjaralarining o'zgarishi ikkilamchi kristallanish yoki qayta kristallanish deb ataladi. Yuqoridagi o'zgarishlarga allotropiya hodisasi kiradi. Allotropiya temir, qalay, titan, marganes, kobalt va boshqa metallar orasida tarqalgan (2.3-rasm).



2.3-rasm. Harorat o'zgarishi bilan kristall panjaraning o'zgarish sxemasi

Barqaror - real mavjud bo'la oladigan panjara erkin energiya zapasi eng kam panjaradir. Masalan, qattiq holatda litiy, kaliy, seziiy, volfram va boshqalarning kristall panjarasi hajmi markazlashgan kub; berilliy, 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.

Qayta kristallanish vaqtida o'zgarmas haroratda issiqlikni yutadi, bu

qizdirilganda. Sovutilganda esa, nazariy jihatdan olganda, qizdirilgandagi kabi o'zgarish haroratda issiq ajralib chiqadi.

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

$t < 911^{\circ}\text{C}$  da - HMK -  $\text{Fe}\alpha$

$911^{\circ}\text{C} < t < 1392^{\circ}\text{C}$  - YoMK -  $\text{Fe}\gamma$

$1392^{\circ}\text{C} < t < 1539^{\circ}\text{C}$  - HMK -  $\text{Fe}\beta$ .  $\text{Fe}\beta$  - yuqori haroratli  $\text{Fe}2\alpha$ .

Qo'shni atomlar markazlari orasidagi masofa o'rtacha 0,4 - 0,5 nm ga teng. Amorf jismlar fazoda betartib joylashgan: smola, shisha parafin.

Amorf jismlar qizdirilganida yumshaydi, qovushqoq 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'nalishlarga xususiyatlari har xil.

Ba'zi metallar polimorfizm (allotropiya) hodisasiga ega, ya'ni har xil sharoitda har xil strukturaga ega. Harorat va bosim o'zgarishi bilan bir kristall strukturadan (panjaradan) ikkinchi struktura (panjaraga) o'tadi. Bu metallar: Fe, Co, Ti, Mn, Ca va b..

Endi, bosim o'zgarishi bilan alpotrolik o'zgarish bo'lishi mumkin. Bunga uglerod misol bo'ladi: past haroratda undan grafit hosil bo'ladi; yuqori haroratda – olmos.

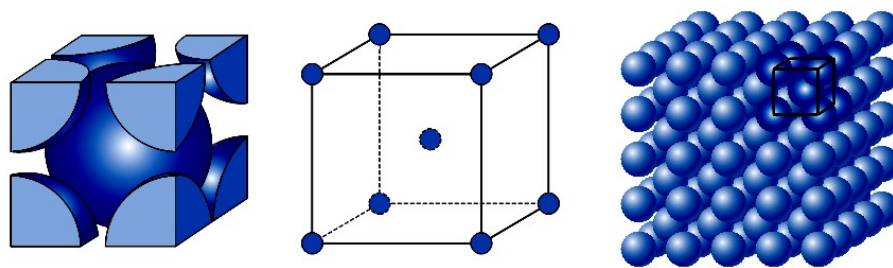
Polimorfizm hodisasini qo'llab termik ishlash yordamida qotishmalarni puxtalash (mustahkamlash) va yumshatish mumkin.

### 2.3. Haqiqiy kristallarning ichki tuzilishi

Kristall panjara turlarini fransuz olimi O.Brave o'rganib, tasnif qilgan. Kristall jismlar 14 xil panjaraga ega: kub, romb, geksogonal, tetragonal va boshqalar.

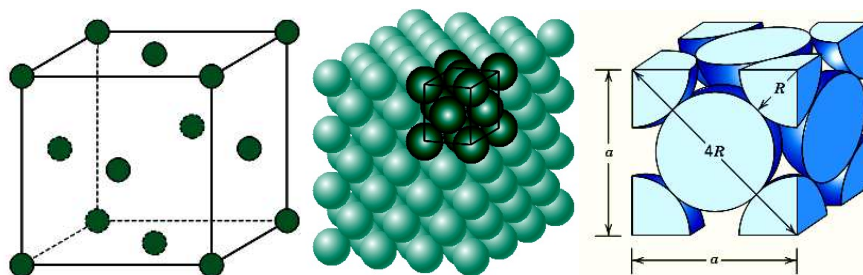
Metallar uchun eng ko'p tarqalgan kristall panjaralar asosan 3 xil bo'ladi.

**1. Hajmi markazlashgan kub (H.M.K.).** Bunday kristall panjarada 9 ta atom bo'lib, ularning 8 tasi kub katakchening burchaklari uchida, bittasi kub markazida joylashadi (2.4-rasm). Bunday kristall panjara alfa-temir, xrom, vanadiy, volfram, molibden, litiy, tantal, qalay va boshqa metallar uchun xosdir.  $a = 4R/\sqrt{3}$ .



2.4-rasm. Hajmi markazlashgan kub kristall panjara sxemasi

**2) Yoqlari markazlashgan kub (Yo.M.K.).** Bunday panjarada 14 ta atom bo'lib, ularning 8 tasi kub katakchasing burchaklari uchida, 6 tasi yon tomonlarning markazida yotadi (2.5-rasm).



2.5-rasm. Yoqlari markazlashgan kub kristall panjara sxemasi

Bunday kristall panjara gamma-temir, alyuminiy, mis, nikel, kobalt, qo'rg'oshin, kumush, oltinda uchraydi.

Pifagor teoremasiga ko'ra  $a$  ning qiymati:  $a^2 + a^2 = (4R)^2$ ,  $a=2\sqrt{2}R$

Bundan elementar yacheykaning umumiy hajmini topamiz:

$$V_U = a^3 = (2R\sqrt{2})^3 = 16R^3\sqrt{2}$$

Yo.M.K. Kristall panjarada atomlarni joylashish zichligi (APF) Elementar yacheykadagi atomlar hajmi ( $V_A$ ) ning Elementar yacheykaning umumiy hajmiga ( $V_C$ ) nisbatiga teng.

$$APF = V_A / V_U$$

Kristall panjarada joylashgan atomlarni shar shaklida deb oladigan bo'lsak, bitta atomning hajmi  $4/3\pi R^3$  ga teng.

YoMK kristall panjara elementar yacheykadagi atomlar hajmi quyidagicha aniqlanadi:

$$V_A = 4 \cdot (4/3\pi R^3) = 16/3\pi R^3$$

YoMK kristall panjara elementar yacheykaning hajmi esa quyidagicha aniqlanadi:

$$V_C = 16R^3\sqrt{2}$$

Bundan, YoMK kristall panjarada atomlarning joylashish zichligi quyidagicha topiladi:

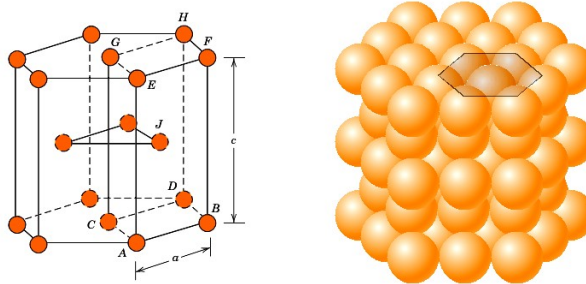
$$APF = V_A / V_C = 16/3\pi R^3 / 16R^3\sqrt{2} = 0,74$$

Bilamizki qattiq kristall strukturaga ega bo'lgan metallarning zichligi quyidagi nazariy tenglama orqali aniqlanadi:

$$\rho = nA / V_C N_A$$

bu yerda:  $n$  - elementar yacheykadagi atomlar soni;  $A$  - atom massasi;  $V_C$  - Elementar yacheykaning hajmi;  $N_A$  - Avagadro soni ( $6,022 \times 10^{23}$  atom/mol).

**3) Geksagonal kristall (GK) panjara:** bunday kristall panjarada 17 ta atom bo'lib, ularning 12 tasi 6 yoqli prizmaning burchaklari uchida, 2 tasi prizmaning ustki va ostki yoqlari markazlarida, 3 tasi prizmaning o'rta qismida joylashadi (2.6-rasm).



2.6-rasm. Geksagonal kristall panjarasining sxemasi

Bunday kristall panjara rux, magniy, kobalt, titan, berilliy kabi elementlar uchun xosdir.

Quyida ba'zi elementlar haqida ma'lumotlar keltirilgan (2.2-jadval).

2.2-jadval

Ba'zi elementlarning xarakteristikasi

Element nomi	Kimyoviy belgilanishi	Atom nomeri	g/molAtom massasi,	g/sm <sup>3</sup> 20°C da zichligi,	20°C da kristall panjarasi	Atom radiusi, nm	Ion radiusi, nm	Valentligi	Eriş harorati, °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alyuminiy	Al	13	26,98	2,71	YoMK	0,143	0,053	3+	660,4
Argon	Ar	18	39,95	-	-	-	-	Inert	-189,2
Bariy	Ba	56	137,33	3,5	HMK	0,217	0,136	2+	725
Berilliy	Be	4	9,012	1,85	Gekso.	0,114	0,035	2+	1278
Bor	B	5	10,81	2,34	Trigo.	-	0,023	3+	2300
Brom	Br	35	79,90	-	-	-	0,196	1-	-7,2
Kadmiy	Cd	48	112,41	8,65	Gekso.	0,149	0,095	2+	321
Kalsiy	Ca	20	40,08	1,55	YoMK	0,197	0,100	2+	839
Uglerod	C	6	12,011	2,25	Gekso.	0,071	0,016	4+	3367
Seziy	Cs	55	132,91	1,87	HMK	0,265	0,170	1+	28,4
Xlor	Cl	17	35,45	-	-	-	0,181	1-	-101
Xrom	Cr	24	52,00	7,19	HMK	0,125	0,063	3+	1875
Kobalt	Co	27	58,93	8,9	Gekso.	0,125	0,072	2+	1495
Mis	Cu	29	63,55	8,94	YoMK	0,128	0,096	1+	1083
Ftor	F	9	19,00	-	-	-	0,133	1-	-220
Galiy	Ga	31	69,72	5,90	Orto.	0,122	0,062	3+	29,8

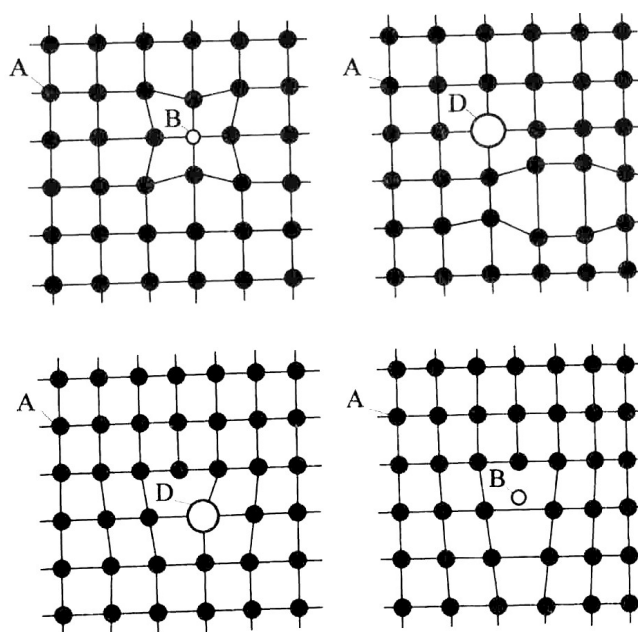


Germaniy	Ge	32	72,64	5,32	Olmos YoMK	0,122	0,053	4+	937
Oltin	Au	79	196,97	19,32	YoMK	0,144	0,137	1+	1064
Geliy	He	2	4,003	-	-	-	-	Inert	-272 (26atm)
Vodorod	H	1	1,008	-	-	-	0,154	1+	-259
Yod	I	53	126,91	4,93	Orto.	0,136	0,220	1-	114
Temir	Fe	26	55,85	7,87	HMK	0,124	0,077	2+	1538
Qo'rg'oshin	Pb	82	207,2	11,35	YoMK	0,175	0,120	2+	327
Litiy	Li	3	6,94	0,534	HMK	0,152	0,068	1+	181
Magniy	Mg	12	24,31	1,74	Gekso.	0,160	0,072	2+	649
Marganes	Mn	25	54,94	7,44	Kub	0,112	0,067	2+	1244
Merkuriy	Mc	80	200,59	-	-	-	0,110	2+	-38,8
Molibden	Mo	42	95,94	10,22	HMK	0,136	0,070	4+	2617
Neon	Ne	10	20,18	-	-	-	-	Inert	-248,7
Nikel	Ni	28	58,69	8,90	YoMK	0,125	0,069	2+	1455
Niobiy	Nb	41	92,91	8,57	HMK	0,143	0,069	5+	2468
Azot	N	7	14,007	-	-	-	0,01- 0,02	5+	-209,9
Kislorod	O	8	16,00	-	-	-	0,140	2-	-218,4
Fosfor	P	15	30,97	1,82	Orto.	0,109	0,035	5+	44,1
Platina	Pt	78	195,08	21,45	YoMK	0,139	0,080	2+	1772
Kaliy	K	19	39,10	0,862	HMK	0,231	0,138	1+	63
Kremniy	Si	14	28,09	2,33	Olmos YoMK	0,118	0,040	4+	1410
Kumush	Ag	47	107,87	10,49	YoMK	0,144	0,126	1+	962
Natriy	Na	11	22,99	0,971	HMK	0,186	0,102	1+	98
Oltinugurt	S	16	32,06	2,07	Orto.	0,106	0,184	2-	113
Qalay	Sn	50	118,71	7,27	Tetro.	0,151	0,071	4+	232
Titan	Ti	22	47,87	4,51	Gekso.	0,145	0,068	4+	1668
Volfram	W	74	183,84	19,3	HMK	0,137	0,070	4+	3410
Vanadiy	V	23	50,94	6,1	HMK	0,132	0,059	5+	1890
Rux	Zn	30	65,41	7,13	Gekso.	0,133	0,074	2+	420
Sirkoniy	Zr	40	91,22	6,51	Gekso.	0,159	0,079	4+	1852

#### 2.4. Kristall panjaradagi nuqsonlar: nuqtali va chiziqli nuqsonlar

Ideal va real jismlar degan tushunchalar mavjud. Kristallardagi atomlari aniq va yuqori tartibda joylashgan jismlar ideal kristall panjaraga ega deyiladi. Aslida esa kristall panjara tugunlarining ba'zilarida atom bo'lmasdan, tugun bo'sh bo'lishi yoki kristall panjara atomlari orasiga ortiqcha atom joylashishi

ham mumkin. Bunday hol kristall panjaraning nuqsoni deyiladi. Real (haqiqiy) kristall panjaralar ana shunday nuqsonli tuzilishga ega bo‘ladi. Kristall panjara nuqsonlari o‘lchamlarga ega bo‘lib, nuqtali, chiziqli hamda sirtqi nuqsonlarga bo‘linadi. Nuqtali nuqsonlar uch yo‘nalishda o‘lchamlarga ega emas. Bunday nuqsonlar kristall panjaralarda eng ko‘p uchraydi. Kristall panjara tugunlarida atom bo‘sh qolishi vakansiya deyiladi. Atomlar orasiga o‘zga atomning siqilib kirib qolishi singdirilgan atom deyiladi. Vakansiya istalgan kristall panjarada uchrasa, singdirilgan atom zichligi kichikroq bo‘lgan kristall panjaralarda uchraydi. Ikki o‘lchamga ega bo‘lgan nuqsonlar chiziqli nuqsonlar deyiladi. Bunday nuqsonlar kristallanish jarayonida yoki plastik deformatsiya natijasida vujudga keladi (2.7-rasm).



2.7-rasm. Real kristall panjaraning nuqsonli tuzilishi sxemasi

Metallning atomlari siljigan sohasi bilan atomlari siljimagan sohasi orasidagi chegara dislokatsiya deb ataladi. Real kristallarda chiziqli dislokatsiyaning ikki turi mavjud. Kristall yuzasidagi hamma vakansiyalar to‘planib nuqsonlar yig‘indisi halqasini hosil qiladi. Mana shu halqa yuzasiga tik tekisliklardagi atomlarning tartibli joylashi geometriyasi biroz buziladi— chetki dislokatsiya hosil bo‘ladi. Vakansiya to‘plangan joydagi normal yo‘nalish

bo'yicha siljish natijasida hosil bo'lgan dislokatsiya vintsimon dislokatsiya deb ataladi.

Nuqsonlarning geometrik belgilarga ko'ra tasniflanishida nomukammalliklarning kristall tuzilishdagi nuqtaviy, chiziqli va sirtqi nuqsonlar mikroskopik, hajmiy nuqsonlar esa makroskopik turga kiritiladi.

Nuqtaviy nuqsonlar metall kristall panjaralari o'zida va qo'shimchalar atomlari ta'sirida yuzaga keladi.

Nuqtaviy nuqsonlarga vakansiya (Shotki nuqsonlari), tugunlar orasidagi atomlar (Frenkel nuqsonlari), asosiy metall kristall panjarasida boshqa qo'shimcha elementlarning atomlari bo'lishi va yuqorida keltirilganlarning birgalikda bo'lishlari kiradi.

Metallar donalarining atom kristall strukturalari nuqtaviy nuqsonlari nomukammalliklarning tasniflanishida geometrik belgilariga ko'ra nol o'lchamli ko'rinishda bo'ladi (Jadval 1).

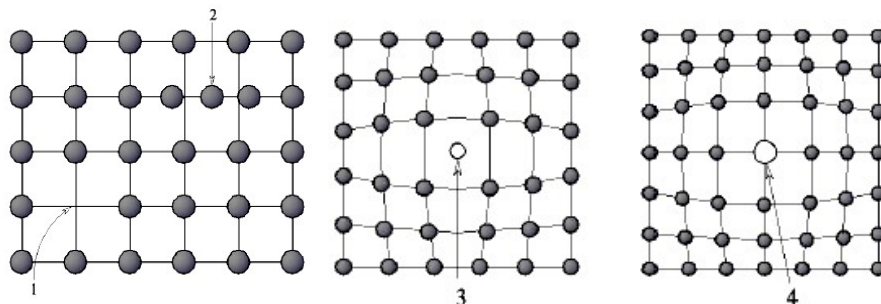
2.1-jadval

Geometrik belgilarga ko'ra nuqsonlarning tasniflanishi.

Nuqtaviy (nol o'lchamli)	Chiziqli (bir o'lchamli)	Sirtli (ikki o'lchamli)	hajmiy (uch o'lchamli)
Mikroskopik			Makroskopik
Uchta yo'nalish bo'yicha ham o'lchamlari atom diametridan bir necha marta kichik: -vakansiya; -tugunlar oralig'idagi atomlar; -qo'shimchalarning atomlari; -ularning birgalikda uchrashi.	Atom o'lchamlari ikkita yo'nalish bo'yicha, uchinchi o'lcham kristall uzunligidan kichik: - dislokatsiya; -vakansiya zanjiri; -vakansiya va tugunlar orasidagi atomlarning zanjiri.	Bitta o'lcham bo'yicha kichik: -donalar chegarasi; -subdonachalar chegarasi; -taxtlanishdagi nuqsonlar; -strukturalar chegaralari.	Barcha o'lchamlarini atomlar diametri bilan o'lchab bo'lmaydi: - donalarning uch tomonlama tutashuvi; - g'ovakliklar; - darzlar; - tilinishlar

Vakansiya atomning panjara tugunidagi normal holatidan uzoqlashuvi natijasida sodir bo'ladi. Tugunlar orasidagi atom asosiy metall atomi bo'lib, u kristall panjara tugunlarida joylashgan metall boshqa atomlari ta'sirida panjaradan siqib chiqarilgan ko'rinishda bo'ladi. Vakansiya va o'rin

almashinuvchi atomlar asosiy metall atomlari o‘rinlarini egallab, panjara uzelinig istalgan joyida joylashishi mumkin. Tugunlar orasidagi qo‘shimchalarning atomlari tugunlar orasida singuvchi ko‘rinishda yoki asosan kristall panjara bo‘shliqlarida joylashishi mumkin (2.8-rasm).



2.8-rasm. Nuqtaviy nuqsonli kristallar modellari: 1-vakansiya; 2-uzellar oralig‘idagi atom; 3-singan qo‘shimcha element atomi; 4 –o‘rin almashgan qo‘shimcha element atomi

Dislokatsiya kristall panjaradagi boshqa turdagi nuqsonlardan o‘zining tabiatiga ko‘ra keskin farq qiluvchi maxsus turdagi nomukammallik hisoblanadi. Kristallga dislokatsiyani kiritishning eng oddiy uslubi siljish hisoblanadi.

Dislokatsiya kristalning energiyasini oshirishda va ichki kuchlanishlar maydonining markazi hisoblanadi. Ichki kuchlanishlar qiymati dislokatsiyadan uzoqlashgan sari kamayib boradi. Dislokatsiya energiyasi ( $E$ ) panjaraning siqilish darajasini tavsiflovchi Byurgers vektori ( $b$ ) va atomlararo bog‘lanish kuchi mustahkamligini ifodalovchi siljish moduli ( $G$ ) larga bog‘liq. Siljish moduli qanchalik katta bo‘lsa, atomlarning ko‘chishga qarshiligi shunchalik darajada kuchli bo‘ladi, ya’ni bunda qisilgan panjaraning energiyasi ( $YE$ ) katta bo‘ladi.

Panjaraning qisilish energiyasi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$E = \alpha \cdot G \cdot b^2 \quad (1.3)$$

bu yerda:  $\alpha$  – 0,5 – 1,0 oralig‘idagi koeffitsiyent;

$G$  – siljish moduli;

$b$  – Byurgers vektori.

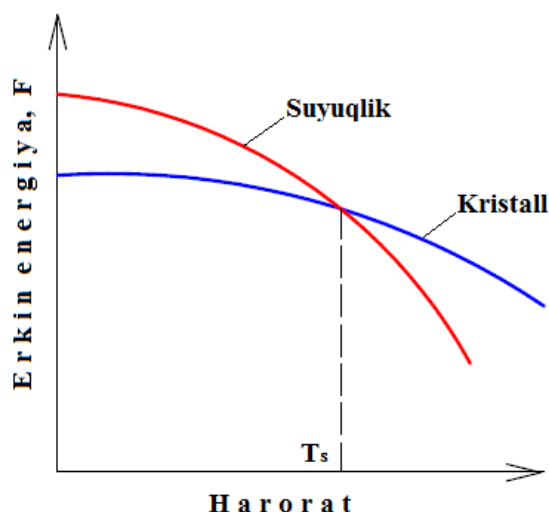
Shuni ta'kidlash lozimki dislokatsiya atrofida hosil qilingan kuchlanishlar maydoni qo'shni dislokatsiyalarga ta'sir qiluvchi kuchlar manbai sifatida o'z xossasini namoyon qiladi.

Dislokatsiyaning asosiy xususiyatlaridan biri uning kuchlanish ta'sirida kristall ichida yengil ko'chishi hisoblanadi.

Real kristallarda dislokatsiya va nuqtaviy nuqsonlar birgalikda uchraganligi uchun ular har doim o'zaro ta'sirda bo'ladi. Dislokatsiya kuchlanish elastik maydoni va kristall tarkibidagi qo'shimcha element atomlari har doim o'zaro ta'sirda bo'ladi.

## 2.5. Kristallanish jarayonining mexanizmi va kinetikasi

Jismlar to'rtta agregat holatda bo'ladi: 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'yicha o'zgaradi; suyuq va kristall holat uchun har xil. Suyuq va qattiq holat erkin energiyalarning harorat ta'sirida o'zgarishi 2.9-rasmda ko'rsatilgan.



2.9-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:  $F = U - T \cdot S$ ;

Bu yerda:  $U$  – 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 energiyasini o'zgarishini, 2– chiziq esa qattiq faza erkin energiyasini o'zgarishini ko'rsatadi.  $T_s$  haroratda suyuq va qattiq faza erkin energiyalari barobar ( $F_{s.f.}$  suyuq faza =  $F_{q.f.}$  qattiq faza) bo'ladi. Shuning uchun  $T_s$  muvazanat yoki nazariy kristallanish harorati deyiladi.

$T_s$  dan yuqori haroratda suyuq fazaning erkin energiyasi ( $F_{s.f.}$ ) kichik, ya'ni  $F_{s.f.} < F_{q.f.}$ ; qattiq fazaning erkin energiyasi  $F_{q.f.}$  esa katta.  $T_s$  dan past haroratda aksincha:  $F_{s.f.} > F_{q.f.}$ . 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 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) sovutilganda  $T_s$  haroratida kristallanish jarayoni sodir bo'lmaydi, chunki bunda  $F_{s.f.} = F_{q.f.}$ . Suyuq fazani kristallanaboshlashi uchun tizimning erkin energiyasi kamayishi kerak. Teskarisi: qattiq fazaning (kristallning) suyuqlikga 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  $\Delta T$  harfi bilan belgilanadi:

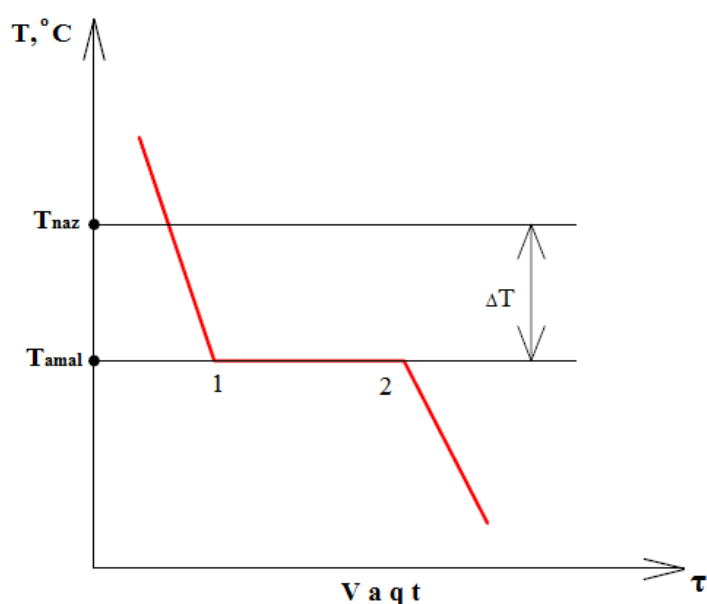
$$\Delta T = T_{\text{naz.kr.}} - T_{\text{amal.kr.}},$$

Bu erda:  $T_{\text{naz.kr.}}$  – nazariy kristallanish harorati.  $T_{\text{amal.kr.}}$  – amaliy kristallanish harorati.

O‘ta sovish darajasi kattaligi metallning tabiatiga, uning tozalik darajasiga (qancha toza bo‘lsa, shuncha o‘ta sovish katta bo‘ladi), sovutish tezligiga (sovutish tezligi ortirishi bilan o‘ta 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.

Metallni suyuq holatdan kristall holatga o‘tish jarayonini vaqt-harorat koordinatalarida quyidagicha ko‘rsatish mumkin (2.10-rasm).



2.10-rasm. Toza metalni sovutish egri chizig‘i:  $T_{\text{naz}}$  – nazariy kristallanish harorati;  $T_{\text{amal}}$  – amaliy kristallanish harorati

Nuqta 1 gacha metall suyuq holda soviydi, sovish jarayoni haroratni tekis pasayishi bilan kuzatiladi. 1-2 uchastkada kristallanish jarayoni boradi, issiqlik ajralib chiqadi. Bu issiqlikni kristallanishni yashirin issiqligi deb ataladi. Bu

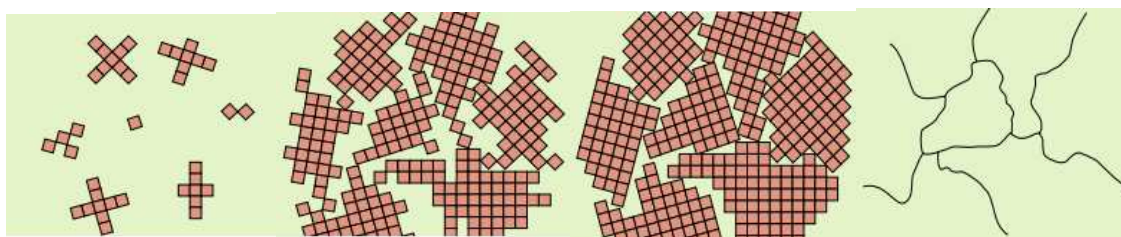
tashqi muhitga tarqaladi. Shuning uchun harorat o'zgarmay doimiy (1-2) turadi. Kristallanish to'la tugaganidan so'ng (nuqta 2), metall endi qattiq holatda soviydi.

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

Kristallanish - bu suyuq fazada kristall panjara yerlarini (uchastkalarini) hosil bo'lish jarayoni va hosil bo'lgan markazlardan kristallarning o'sishidir. Kristallanish tizim ko'proq termodinamik turg'un holatiga o'tish sharoitida o'tadi (eng kam energiya bilan).

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

Kristallanish jarayoni ikki bosqichdan iborat: 1– kristallanish markazlarini hosil bo'lishi; 2– kristallarni 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 quyidagi rasmda ko'rsatilgan (2.11-rasm).



2.11-rasm. Kristallanish jarayoni modeli sxemasi

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

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



Dastlabki paytlarda kristallar o'z geometrik shakllarini saqlagan holda bemalol o'sadi. O'sayotgan kristallar bir-birlari bilan uchrashgan joyda o'sishdan to'xtaydi va to'siqlar yo'q tomonga qarab o'sa boshlaydi. Geometrik shakl bo'ziladi. Bunday kristall donalar kristallitlar yoki poliedrlar deyiladi.

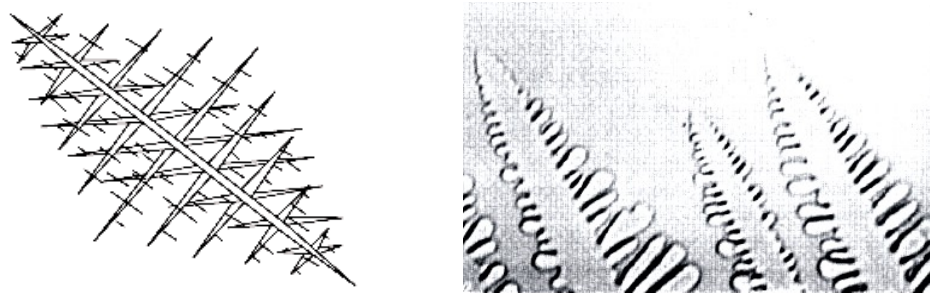
Kristallarning shakliga o'ta sovush darajasi ta'sir qiladi. O'ta sovish darajasi juda kichkina bo'lsa, muntazam geometrik shakldagi kristallar hosil bo'ladi. O'ta sovish darajasi bir qadar katta bo'lsa, kristallar dendrit shaklini oladi, ya'ni kristallar, asosan fazaviy kristall panjaraning asosiy o'qlariga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

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

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

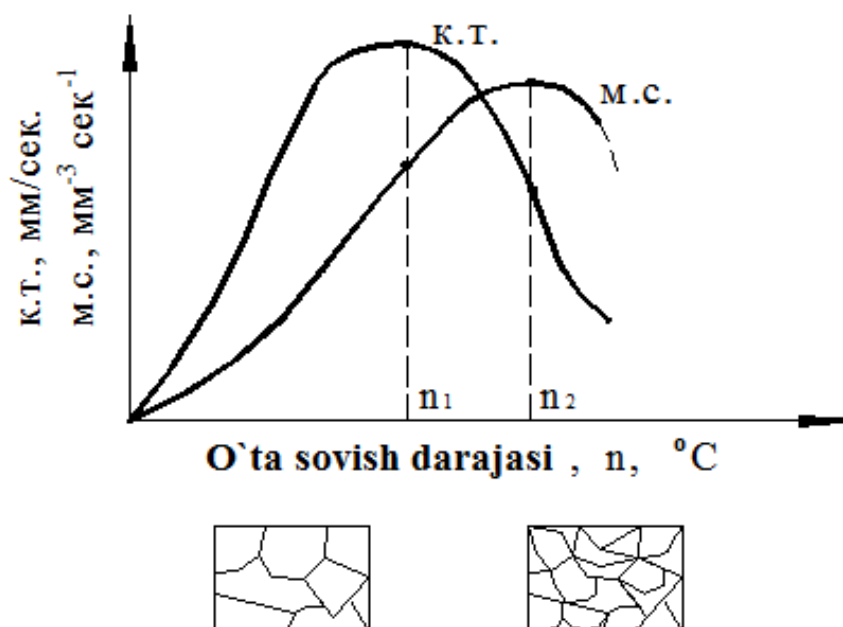
Qotishma sekin sovutilganda diffuziya jarayoni kristallar tarkibini barobarlashtirishga ulguradi, tez sovutilganda esa diffuziya jarayoni tugallanmay qoladi, ya'ni ayrim kristallarning tarkibi barobarlashmaydi. Dendritlarning markaziy qismida qiyin suyuqlanuvchi «Komponent (a'zo) chetlarida-pereferiya»sida 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

O'ta sovish darajasi ( $n$ ) ortishi bilan,  $n$ - ning ( $MC$ ) qiymati maksimumga yetadi.  $n$  kichik bo'lganda  $KT$  va  $MC$  larning ortishiga sabab shuki, muvozanat harorati yuqori bo'lib, suyuq va qattiq fazalar erkin energiyalari farqi katta bo'ladi. Natijada, kristallanish tezlashadi.  $n$  ortishi bilan zarrachalar harakatlanuvchanligi,  $MC$  va  $KT$  pasayadi (2.12-rasm).



2.12-rasm. Dendrit shaklda kristallanish sxemasi

Quyida kristallanish o'sish tezligi va markazlar sonlarining o'ta sovish darajasiga bog'liqligi 2.13-rasmda ko'rsatilgan.



2.13-rasm. Markazlar soni va o'sish tezligini o'ta sovish tezligiga bog'liqligi sxemasi

Agar MC ko'p, KT kichik past bo'lsa ( $n$ ) hosil bo'ladi. Aksincha, MC kam, KT yuqori bo'lsa ( $n$ ) 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 fazaviy 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 (KTt) va markazlar sonining (MC) qiymatlari

maksimalga yetadi.  $\Delta T$  kichik bo'lganda KT va MC larining ortishiga sabab shuki, muvozanat harorati yaqinida suyuqlikning harakatlanganligi yuqori bo'lib, suyuq va qattiq fazalar erkin energiyalari farqi katta bo'ladi. Natijada kristallanish tezlashadi.

$\Delta T$  ortishi bilan zarrachalar harakatlanishi pasayadi va MC va KT lar pasayadi.

Agar M.C. ko'p, K.T. kichik bo'lsa, mayda kristallar hosil bo'ladi. Aksincha, M.C. 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 fazaviy 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 zarrachali strukturani olish muumkin. Buning uchun suyuq metallarga qo'shimcha tashqi moddalar – modifikatorlar qo'shiladi. Jarayon modifikatsiyalash – takomillash 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, uni o'sishiga to'sqinlak qiladi.

## **2.6. Po'lat quymalarning ichki tuzilishi**

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

Quymada qotish jarayonida suyuq faza tarkibining o'zgarishi natijasida qattiq qotishmada har xil tartibli joylar (zonalar) hosil bo'ladi. Bu hodisaga 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'yicha likvatsiya yoki qavatli likvatsiya deb nomlanadi.

Solishtirma og'irlik bo'yicha likvatsiya hosil bo'lishiga quyidagilar sabab bo'ladi:

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

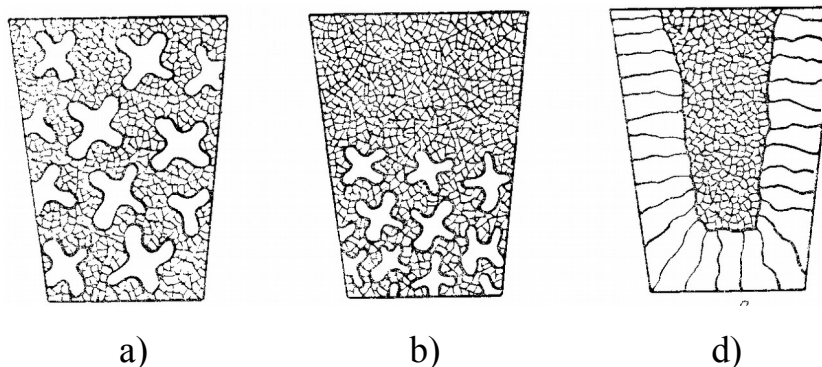
- qotish davrida sekin sovutish.

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

Qolipga quyilgan suyuq qotishma qotayotganda, dastavval, quyma 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 (2.14-rasm).

Likvatsiyaning yana kristall ichra likvatsiya yoki dendrit likvatsiyasi deb ataluvchi turi ham bor (2.15-rasm). Quyma strukturasi 3 zonadan iborat:



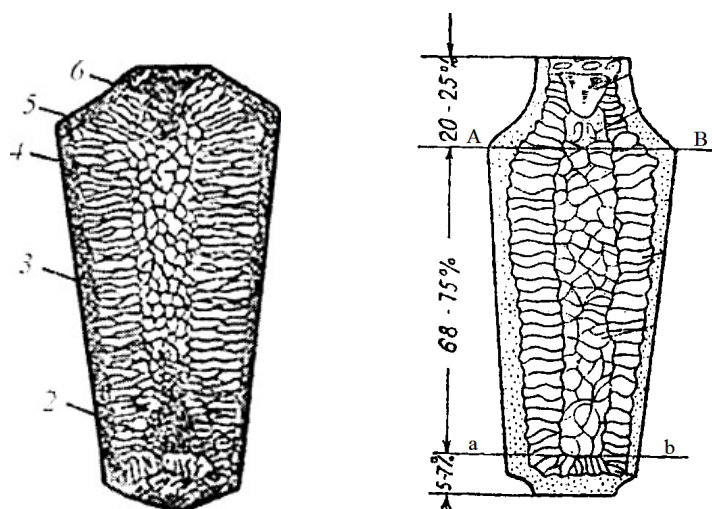
2.14-rasm. Likvatsiyalar turlari sxemalari:

a –kristallitlararo likvatsiya, b –solishtirma og‘irlik bo‘yicha likvatsiya, v –zonal likvatsiya

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 issiq chiqib ketish yo‘nalishi bo‘yicha uzunroq kristallar o‘sa boshlaydi.

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

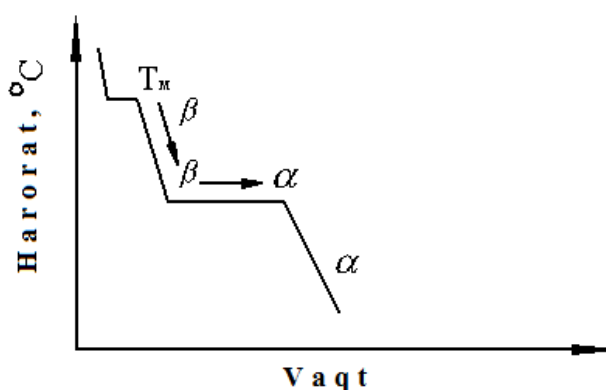


2.15-rasm. Po‘lat quymaning likvatsiyasi sxemasi. 1- qolip devori, 2-mayda teng o‘qli kristallar, 3 - daraxtsimon kristallar, 4 - teng o‘qli katta o‘lchamli orientirlanmagan kristallar, 5 - cho‘kish g‘ovaklari, 6- cho'kish bo‘shlig‘i

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.

## 2.7. Metallarda polimorf o‘zgarishlar

Qattiq holatdagi metallar kristall panjaralarining o‘zgarishi ikkilamchi kristallanish yoki qayta kristallanish deb ataladi. Yuqoridagi o‘zgarishlarga allotropiya hodisasi kiradi. Allotropiya temir, qalay, titan, marganes, kobalt va boshqa metallar orasida tarqalgan (3.8-rasm).



2.16-rasm. Harorat o‘zgarishi bilan kristall panjaraning o‘zgarish sxemasi

Barqaror - real mavjud bo'la oladigan panjara erkin energiya zahirasi eng kam panjaradir. Masalan, qattiq holatda litiy, kaliy, seziy, volfram va boshqalarning kristall panjarasi hajmi markazlashgan kub; beriliy, sirkoniy va boshqa ba'zi metallarniki 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.

Metallar qizdirilganda qayta kristallanish vaqtida o'zgarmas haroratda issiqlikni yutadi, bu qizdirilganda. Sovutilganda esa, qizdirilgandagi kabi o'zgarmas haroratda issiqlik ajralib chiqadi.

### **Nazorat savollari**

1. Materiallar qanday agregat holatlarda uchraydi?
2. Materiallarning turg'unligi deganda nima tushunasiz?
3. Metallarning erkin energiyasiga ta'rif bering.
4. Toza metallning sovish egri chizig'ini chizing.
5. Kristallanish nima?
6. Kristallanish mexanizmini tushuntiring.
7. Kristallanish necha bosqichdan iborat?
8. Rekristallanish nima? U qanday hosil bo'ladi?
9. Metallardagi polimorf o'zgarishlar.

### III BOB. QOTISHMALARNING TURLARI

#### 3.1. Qotishmalar haqida umumiy ma'lumotlar

Toza metallar zamonaviy texnikaning ekspluatatsion talablariga to'liq javob berolmaganligi, olinish texnologiyasining murakkabligi va qimmat bo'lganidan, mashinasozlikda kam qo'llanadi.

Eng ko'p ishlatiladigan metallar – qotishmalar ko'rinishida, eritib, qizdirib shakllantiriladi, plazma yordamida purkaladi, bug'lardan kristallanadi, elektroliz va oksidlardan tiklab va boshqa usullar bilan olinadi.

Metall qotishma – ikki yoki undan ko'p metallardan yoki metall va nometalldan tashkil topib, metall xossalari ustun bo'lgan, makroskopik jihatdan birjinsli sistemadir.

Qotishmani komponentlar kukunini aralashtirib yuqori haroratda bosim bilan presslab – yopishtirib ham olish mumkin. Metall bilan metall qotishmasi metall qotishma deb ataladi. Agar qotishma massasining 50% dan ko'pi metall bo'lsa ham u metall qotishma hisoblanadi. Metall qotishmalarning puxtalik va boshqa mexanik xossalari boshqa metallarnikiga nisbatan ancha yuqori. Shuning uchun ham konstruksion material sifatida keng qo'llaniladi.

Qotishma hosil qilgan oddiy moddalar, komponentlari nomi bilan ataladi. Komponentlar – sof metallar va nometallar, ularning o'zaro ta'sir mahsuli (o'zgarimas tarkibli oraliq fazalar) bo'lishi mumkin.

Qotishmaning xossalari, komponentlarning o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladigan fazalar tarkibi va nisbati bilan aniqlanadi. Muayyan bir qotishmaning berilgan haroratdagi fazalar tarkibi uning diagrammasiga mos keladi.

Holat diagrammasini qurish metallshunoslikning muhim masalasi hisoblanadi. Holat diagrammani bilib turib xohlagan qotishmani strukturasi hosil bo'lishini, quyma detall olish va quyish haroratini, termik ishlash haroratlarini, bosim bilan ishlash haroratlarini belgilash mumkin.

Qotishmalar komponentlarning soniga qarab ikkilik, uchlik va h.k., fazalar soni bo'yicha – bir fazali, ikki fazali va shunga o'xshash tavsiflanadi



### 3.2. Fazalar qoidasi

Qotishmadagi fazalar sonini va ularning tarkibini aniqlash uchun fazaviy muvozanat diagrammasi – holat diagrammalari quriladi.

Holat diagrammasi – qotishma fazaviy tarkibining grafik tasviri bo‘lib, muvozanat yoki shunga yaqin holatini bildiradi, qotishmaning harorati va komponentlar miqdoriga bog‘liq bo‘ladi.

Muvozanat holatdagi sistema minimal miqdorda erkin energiyaga ega. Qotishmalarning muvozanat holatiga sovitish tezligi katta bo‘lmaganda yoki uzoq vaqt qizdirganda erishish mumkin. Texnik qotishmalar, odatda, nomuvozanat (metastabil) holatda bo‘ladi. Materialshunolik amaliyotida qotishmalarning metastabil holatlarini tartibga solib, ularda qimmatli ekspluatatsiya xossalarini hosil qilish mumkin.

Metall sistemada, berilgan tarkibdagi fazalarni hosil qilishni ta‘minlaydigan texnologik rejimlarni ilmiy asosda tanlash uchun holat diagrammasini tahlil qilish kerak.

Holat diagrammasi Gibbsning fazalar qoidasiasosida quriladi. Bu qoida – muayyan qotishma uchun xos bo‘lgan miqdorlar: fazalar –  $F$ , komponentlar  $K$ , tashqi omillar –  $n$  (harorat, bosim) va erkinlik darajasi –  $C$  oralaridagi bog‘lanishdir.

Faza – bir xil tarkibga va agregat holatiga ega bo‘lgan hamda sistemaning boshqa qismlaridan bo‘lish sirti bilan ajratilgan sistemaning bir jinsli qismi. Bo‘lish sirtidan o‘tishda moddaning kimyoviy tarkibi va strukturasi sakrab o‘zgaradi.

Sistema – ma‘lum tashqi sharoitlarda (bosim, harorat) muvozanat holatda bo‘luvchi fazalar yig‘indisiga sistema deb ataladi. Masalan, bir jinsli suyuqlik (suyultirilgan metall) bir fazali sistemadan iborat. Toza metall kristallanishida sistema ikkita fazadan, ya‘ni suyuq (suyultirilgan metall) va qattiq (kristallangan metall donalar) dan tashkil topadi.

Metall sistemaning fazaviy holati tashqi (harorat, bosim) va ichki (fazalarda komponentlar konsentratsiyasi) omillar bilan aniqlanadi. Bir fazaviy

holatdan boshqasiga o'tish sistemaning ichki tuzilishi va fizik xossalari o'zgarishi bilan birga kechadi.

Fazaviy o'zgarishlar kristall panjaraning buzilishi (erib ketishi), hosil bo'lishi (kristallanish) yoki qayta qurilishi (qayta kristallanish) bilan birga kechadi. Bunday o'tishlar zarralar orasidagi bog'lanish energiyasini o'zgartiradi, shuning uchun tegishli miqdordagi issiqlikni yutish (erish) yoki ajratib chiqarish (kristallanish, qayta kristallanish) bilan birga kechadi. Bu issiqlik o'zgarish (aylanish)ning yashirin issiqligi deyiladi.

Gibbsning fazalar qoidasi quyidagi shartlar bilan bajariladi:

1) fazalar yetarlicha katta o'lchamlarga ega bo'lishi kerak; bu, qotishma xossalari bayon etayotganda yuzaki hodisalarni tashlab yuborish imkonini beradi;

2) har bir komponent fazalarning ajralish sirtini kesib o'tib, sistemada fazaviy joylashishi mumkin.

"C" kattaligi sistemaning erkinlik darajasi soni deyiladi va muvozanatli fazalar sonini o'zgartirmay turib, o'zgartirish mumkin bo'lgan parametrlar ( $p$ ,  $T$ , komponentlar miqdori) sonini bildiradi.  $C=0$  bo'lsa, sistema variantsiz deyiladi, ya'ni  $p$ ,  $T$  va har bir faza konsentratsiyasining faqat ma'lum qiymatlarida mavjud. Bunda sistemaga mumkin bo'lgan maksimal fazalar soni kiradi.  $C=1$  da sistema bir variantli deyiladi. Undagi parametrlardan biri o'zgarsa (masalan,  $T$ ), sistema muvozanatdan chiqmaydi, lekin boshqa o'zgaruvchi parametrlar  $T$  ga bog'liq bo'ladi. Sof metallar uchun  $C=0$  yoki  $C=1$ .

Metall suyuqlanma kristallanganda sistemada ikkita: suyuq va qattiq faza mavjud; bu o'zgarish haroratdagina mumkin. Shuning uchun kristallanish jarayoni izotermik jarayon hisoblanadi ( $C=0$ ). Bitta faza to'la yo'qolib ketgach, sistemaning erkinlik darajasi soni  $C=1$ .  $n=2$  parametri sistemaga ta'sir etadigan tashqi omillar – ( $p, T$ )ni tavsiflaydi. Atmosfera sharoitida bosim – o'zgarish va sistemaning holatiga sezilarli ta'sir etmaydi, shuning uchun  $n=1$  qabul qilinadi. Bundan muhim amaliy xulosa chiqadi: atmosfera bosimida muvozanatdagi fazalar soni ( $F$ ) (1,0) – birdan katta bo'lishi mumkin emas; komponentlar soni

(K) esa quyidagicha topiladi:

$$C = K - F + 1, F \leq K + 1$$

Bir fazali strukturaga ega bo'lgan qotishma bir jinsli (gomogenli), bir necha fazadan tashkil topgan strukturali qotishmalar esa ko'p jinsli (geterogenli) qotishma deb ataladi.

### **3.3. Kimyoviy birikma, mexanik aralashma, qattiq qotishma**

Qotishmalarni tashkil etuvchi komponentlar o'zaro ta'sirlashib turli fazalar hosil qiladi. Metall qotishmalarning quyidagi fazalari mavjud: suyuq eritmalar, qattiq eritmalar, kimyoviy birikmalar. Ular o'zining xossalari va strukturasi bilan bir-biridan farq qiladi.

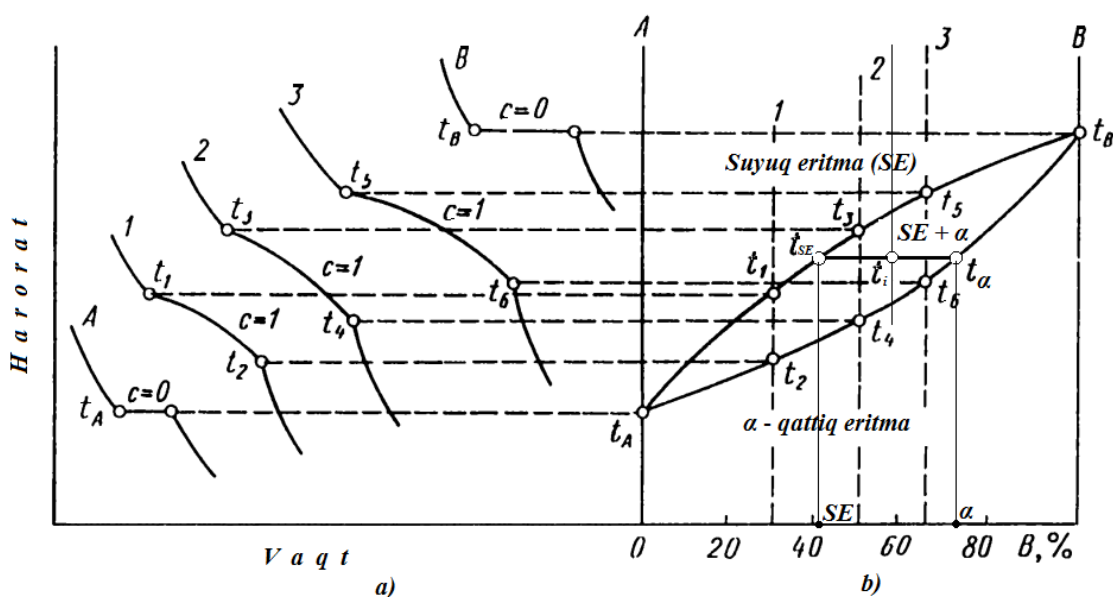
Suyuq eritma – ikki yoki undan ortiq komponentlarning bir jinsli aralashmasi bo'lib, komponentlar alohida atomlar, ionlar yoki molekulalar ko'rinishida suyuq fazada bir xilda taqsimlangan.

Metallar suyuq holatda, bir-birida cheksiz miqdorda eriydi. Qotishma qotgach, metallarning bir-biriga nisbatan erishi o'zgarishi mumkin. Komponentlari qattiq holda to'la eriydigan qotishmalar uchun holat diagrammasini qurish prinsiplarini ko'rib chiqamiz. Buning uchun, toza metallar va ularning bir nechta qotishmalariga oid, termik analiz usuli bilan qurilgan sovish grafigidan foydalaniladi (3.1-, a-rasm).

Bu grafiklardan qotishmadagi fazaviy o'zgarishlar harorati – kritik nuqta(lar) aniqlanadi. Sof metallar A va B ning sovish chiziqlarida to'g'ri chiziqli,  $\tau$  o'qiga parallel uchastkalar bor. Ular kristallanishning izotermik tarzda kechishi bilan bog'liq.

Kristallanayotganda harorat birdek turib qolishi yashirin issiqlikning chiqishi bilan izohlanadi ( $C=0$ ). Sovish chiziqlarining gorizontal uchastkalaridagi  $t_A$  va  $t_B$  haroratlarning “harorat-tarkib” koordinatalar sistemasidagi T o'qiga proeksiyasi holat diagrammasining ikkita nuqtasini beradi (3.1-, b rasm). Tarkibi 1- bo'lgan qotishmaning kristallanish jarayoni haroratning pasayishi bilan kechadi. Sistemaning erkinlik darajasi  $C=1$

komponentlarning harorati va miqdori o'rtasidagi bog'liqlikni bildiradi, shuning uchun komponentlarning o'zgarishi harorat o'zgarishi bilan birga kechadi. 1-qotishmaning kristallana boshlash harorati –  $t_1$ , tugash harorati –  $t_2$  (3.1-a rasm).  $t_2$  haroratdan pastda faqat  $\alpha$  - qattiq eritma bor.  $t_1$  dan yuqorida – suyuq eritma (SE) bor.  $t_1$ - $t_2$  haroratlar diapazonida, bir vaqtning o'zida ikkita faza (SE +  $\alpha$ ) bor.  $t_1$  va  $t_2$  haroratlarning vertikal o'qqa proyeksiyasi (3.1, b-rasm) holat diagrammasini qurish uchun ikkita nuqta beradi (topilgan nuqtalar soni to'rtta bo'ldi).



3.1-rasm. Suyuqlanma haroratining sovitsish vaqtiga bog'liqligi (sovish chizig'i, a) va qotishmaning holat diagrammasi, b

Xuddi shu yo'l bilan 2- va 3- qotishmalarga tegishli  $t_3$  va  $t_4$ ,  $t_5$  va  $t_6$  nuqtalarning proyeksiyalari topiladi. (nuqtalar soni sakkizta bo'ldi).  $t_A$ ,  $t_1$ ,  $t_3$ ,  $t_5$ ,  $t_B$ , va  $t_A$ ,  $t_2$ ,  $t_4$ ,  $t_6$ ,  $t_B$  nuqtalarni birlashtirib, haroratlar chiziqlari topiladi. Ular turli tarkibdagi qotishmalarda bir xil fazaviy o'zgarishlar kechishini cheklaydi. Harorat chiziqlarining tepadasigi ( $t_A$ ,  $t_1$ ,  $t_3$ ,  $t_5$ ,  $t_B$ ) – likvidus chizig'i (lotincha "likva" – suyuqlik), pastdagi ( $t_A$ ,  $t_2$ ,  $t_4$ ,  $t_6$ ,  $t_B$ ) – solidus chizig'i (lotincha "solid" – qattiq) deyiladi. Ana shu chiziqlar A va B komponentlarning holat diagrammasini hosil qiladi.

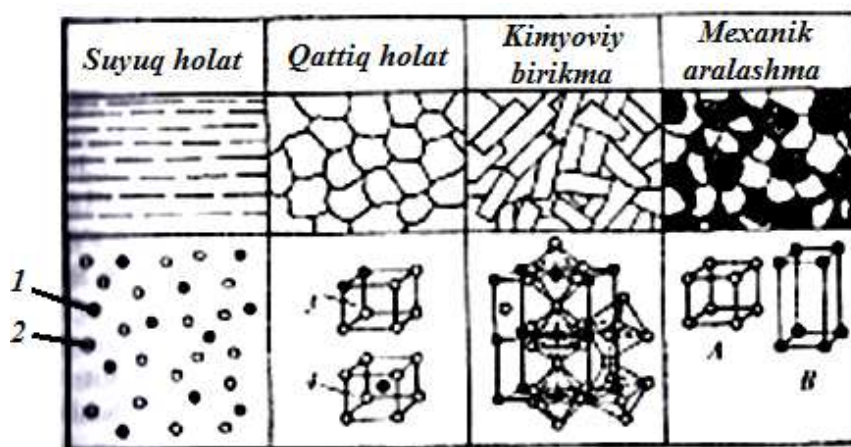
Holat diagrammasi har qanday fazaning, har qanday holatdagi tarkibini

miqdor jihatdan baholash imkonini beradi. Buning uchun konsentratsiya qoidasidan foydalaniladi: suyuq fazaning  $t_i$ – haroratdagi tarkib  $t_{SE}$  nuqtaning konsentratsiyalar o‘qi (abssissa o‘qi)ga proyeksiyasi – SE bilan aniqlanadi; qattiq fazaning shu haroratdagi tarkibi,  $t_\alpha$  nuqtaning konsentratsiyalar ( $\alpha$ ) o‘qi (ordinata o‘qi)ga proyeksiyasi bilan aniqlanadi.

Konsentratsiya qoidasini amalga oshirish uchun  $t_i$  nuqtadan konsentratsiya o‘qiga parallel chiziq tortish kerak. U likvidus va solidus chiziqlari bilan kesishganda hosil bo‘ladigan  $t_{SEt_i}$  va  $t_{\alpha t_i}$  kesmalari konoda deyiladi.

Metall sistemasi kristallangandagi fazalar nisbati kesmalar qoidasi yordamida aniqlanadi: qotishmadagi qattiq va suyuq fazalarning massa (hajm) bo‘yicha nisbatlari likvidus va solidus chiziqlariga tutashgan konoda kesmalar nisbatiga proporsional, 1- qotishmadagi fazalarning miqdoriy nisbati kesmalar qoidasiga ko‘ra  $t_{SEt_i}$  va  $t_{\alpha t_i}$  kesmalar nisbati bilan aniqlanadi. Masalan, qotishmadagi qattiq faza miqdori  $\alpha = (t_{SEt_i})/(t_{SEt_\alpha}) \cdot 100\%$ ; suyuq faza miqdori –  $SE = (t_i t_\alpha)/(t_{SEt_\alpha}) \cdot 100\%$ .

Bir jinsli suyuq eritmada eritiladigan metall (komponent) A ning atomlari 1- erituvchi metall B atomlari 2- orasida tekis taqsimlangan. Faqat ozgina metallargina suyuq holatda cheklangan miqdorda eriydi. Kristallanish va qotishmalarning qotish jarayonida komponentlarning o‘zaro ta’siri turlicha bo‘lishi mumkin (3.2-rasm).



3.2-rasm. Ikkita A va B metallardan tashkil topgan turli qotishma elementlar yacheykasining strukturasi va tuzilishi sxemasi: 1 - A metallning atomlari, 2 - B metallning atomlari, 3 - o‘rin almashish qattiq eritmasi, 4-singish qattiq eritmasi

Bir jinsli suyuq eritmalar suyuq holatda istalgan nisbatda bir birida eriydigan barcha metallar uchun xarakterlidir.

Kimyoviy birikmalar turli metallardan yoki metall va nometall moddalardan qotishma hosil bo'lganda paydo bo'ladi. Kimyoviy birikma elementlari atomlari sonining nisbati AB nisbat bilan ifodalanishi mumkin. Kimyoviy birikma bir jinsli kristall jism bo'lib, atomlari tartibli joylashgan kristall panjaraga ega, bu panjara esa birikmani hosil qiluvchi elementlar panjarasiga o'tmaydi. Kimyoviy birikmalar toza metallar kabi o'zgarmas suyuqlanish haroratiga ega bo'lib, odatda, qattiqligi yuqori va anchagina mo'rt bo'ladi.

Qattiq eritma bu – ikki yoki undan ortiq komponentlardan tashkil topgan fazadir, komponentlarning bittasi erituvchi vazifasini o'taydi va o'zining kristall panjarasini saqlab qoladi, boshqalari bu panjarada, uning turini o'zgartirmagan holda taqsimlanadi.

Qattiq eritmalar bir jinsli suyuq eritmalarining qattiq holatga o'tishi natijasida hosil bo'ladi. Qattiq eritmada qotishma tarkibiga kiruvchi moddalardan biri o'zining kristall panjarasini saqlaydi, boshqa modda ayrim atomlar ko'rinishida birinchi moddaning kristall panjarasida taqsimlanadi. Qattiq eritmalar ikki xil bo'ladi: o'rin olish qattiq eritmaları va singish qattiq eritmaları, qattiq eritmalar turidan qat'iy nazar bir fazali bo'ladi.

Metallar qattiq holatda, bir-birida cheklangan miqdorda eriydi. Ba'zi qattiq holatdagi komponentlari erimaydigan qotishmalar ham bor, ular evtektik o'zgarish natijasida mexanik aralashma hosil qiladi. Bunday qotishmalarining o'ziga xos holat diagrammasi Pb-Sb, Sn-Zn qotishmalarida uchraydi.

Taqsimlanish holatiga qarab qattiq eritmalar “kiritilgan (singdirilgan)” va “bo'sh o'rinni egallagan” turlarga bo'linadi. Agar erigan komponentning atomlari erituvchining kristall panjarasidagi tugunlar orasida joylashsa, kiritilgan qattiq eritma hosil bo'ladi. Odatda bunday joylashuv tugunlar orasidagi eng katta joyda bo'ladi. Erituvchining bir qism atomlari o'rnini eriydigan komponentning atomlari egallasa, bo'sh o'rinni egallagan qattiq eritma (ba'zi

adabiyotlarda “bir-birida cheksiz eriydigan qattiq eritma” deb ataladi) hosil bo‘ladi. Ikkala holatda ham erituvchi metall kristall panjarasining dastlabki o‘lchamlari o‘zgaradi. Kristall panjaraning qiyshayishi, qotishma xossasini komponentlar xossasidan farqlicha qiladi.

O‘rin olish qattiq eritmalarini kristall panjarasidagi bir komponentning atomlari boshqa komponent atomlari bilan o‘rin almashadi. O‘rin olish qattiq eritmaları temirning xrom, nikel va boshqa elementlar bilan hosil qilgan qotishmalarida hosil bo‘ladi. O‘rin olish qattiq eritmaları tartibsiz qattiq eritmalar ham deb ataladi, chunki eriydigan elementning atomlari panjaraning istalgan tugunida erituvchi atomlari bilan almashinishi mumkin.

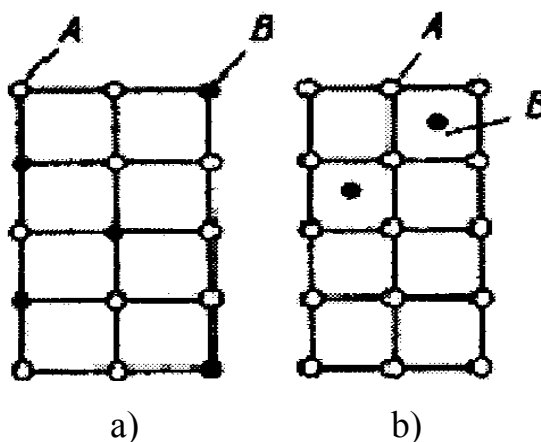
Singish qattiq eritmalarida eriydigan komponentning atomlari boshqa komponent eritgich kristall panjarasining atomlari orasidagi bo‘shliqqa singadi. Singish qattiq eritmaları temirning vodorod, azot, bor bilan qotishmalarida hosil bo‘ladi.

Ikki A va B komponentning mexanik aralashmasi qotishma komponentlari kristallanganda, qattiq holatda bir-birini erita olmaganda hamda kimyoviy reaksiyaga kirishib birikma hosil qila olmagan holda yuzaga keladi. Mexanik aralashma to‘yingan ikkita qattiq eritma donalaridan yoki qattiq eritma donalar va kimyoviy birikmadan tashkil topishi mumkin. Bunda qotishma yetarli darajada yirik bo‘lib, mikrostrukturada aniq ko‘rinadigan A va B kristallardan tashkil topadi. Qotishmaning rentgenogrammasi A va B komponentlarning ikkita panjarasi borligini aniq ko‘rsatadi.

Suyuq faza komponentlarning suyultirilgan eritmasi. Qattiq faza zarrachali (donador) bo‘ladi. Zarrachalar ma‘lum formaga, o‘lchamga, tarkibga, maxsus qurilish va xossaga ega bo‘ladi. Qattiq fazani mikroskopda ko‘rish mumkin. Bularga qattiq eritma, kimyoviy birikma va mexanik aralashmalar kiradi.

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

qotishmani kristallanishida hosil boʻlgan qattiq faza qattiq eritma deb ataladi. U ikki xil boʻladi: oʻrin olish va singish (suqilib kirish) qattiq eritmaları (3.3-rasm).



3.3-rasm. Qattiq eritmalar sxemasi: A-oʻrin almashish; B- singish (suqilib kirish)

Qotishmalarda qattiq eritmalar hosil boʻlishi ularning elektr qarshiligini koʻpaytirib, plastiklik va qovushqoqligini pasaytiradi. Kiritilgan qattiq elementlar radiusi katta boʻlmagan metallar va nometallarning qotishmalari uchun xosdir. Bunday eritma hosil boʻlishining asosiy sababchisi – kiritilayotgan atom radiusi va erituvchining kristall panjarasidagi gʻovaklik radiusining mos kelishi hisoblanadi. Ushbu eritmalar kristall panjaralari zich joylashgan geksagonal yoki yoqlari markazlashgan kub boʻlgan metallarning qotishmalarida hosil boʻladi, masalan, uglerodning  $Fe\alpha$  va  $Fe\gamma$  da qattiq eritmasi. Uglerod  $Fe\alpha$  da 0,02% gacha,  $Fe\gamma$  da – 2,14 % gacha eriydi.

Metallar qotishma hosil qilishda bir-birida erib qattiq holatdagi komponentlar aralashmasini hosil qiladi. Bunday erishning quyidagi empirik qoidalari aniqlangan:

1. Oʻlcham omili. komponentlarning atom radiuslaridagi farq kattalashsa, eritma hosil qilish qobiliyati pasayadi;

2. Nisbiy valentlik. Komponentlarning atom radiuslari mos kelib, valentligidagi farq ortsa, bir-birida eruvchanlik pasayadi.

Boʻsh oʻrinni egallaydigan qattiq eritma, komponentlarning atom massalari nisbati har qanday boʻlsa ham hosil boʻladi. Cheksiz eriydigan qattiq eritmalar



hosil bo'lishi uchun quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

1) qotishma komponentlari izomorf (to'la o'xshash) kristall panjaralariga ega bo'lishi kerak;

2) komponentlarning atom o'lchamlaridagi farq 8-15% dan ortmasligi kerak;

3) komponentlar atomlarining tashqi elektron qobig'ida bir xil tuzilgan (bir xil valentli) bo'lishi kerak. Bunday qotishmalarga Cu-Au, Cu-Ni, Ge-Si, Ag-Au, Mo-V misol bo'ladi.

Ikkala turdagi qattiq eritmalarda erigan atomlar ixtiyoriy taqsimlanadi. Biroq, ba'zi holatlarda, masalan, qotishma asta sovitilganda yoki ma'lum haroratda uzoq muddat ushlab turilganda komponentlar atomlari tartibli joylashgan kristall panjaralari hosil bo'lishi mumkin.

Bunday eritmalar tartibga solingan yoki oliy struktura deyiladi. Bunday strukturani AB<sub>1</sub>, AB<sub>2</sub>, AB<sub>3</sub> nisbatda bo'lgan komponentlar hosil qiladi. Ular qattiq eritma bilan kimyoviy birikmalar o'rtasida oraliq holatda bo'ladi

Harorat o'zgarganda ularning strukturasi tartib buziladi va xossalari ham o'zgaradi.

Tartib buziladigan harorat  $\theta$  - Kurnakov nuqtasi deyiladi. Qattiq eritmalarni  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  harflari bilan, tartibliligi (') belgi bilan ifodalanadi.

Qotishmalarda o'zgarimas tarkibli fazalar hosil bo'lishi mumkin. Ulardagi elementlar nisbati valentlik qoidasiga bo'ysunadi. Bunday fazalar qotishmalarning kimyoviy birikmalari deyiladi, xossalari quyidagicha:

1) qotishmaning kristall panjarasi komponentlarnikidan farq qiladi;

2) panjaralardagi elementlar nisbati butun son hosil qiladi;

3) qotishmaning xossalari komponentlarnikidan farq qiladi;

4) qotishma hosil bo'lishning issiqlik effekti musbat. Qotishmalarda valentlik qoidasiga mos kelmaydigan tarkibi o'zgaruvchan kimyoviy birikmalar (oraliq dozalar) mavjud.

Metall qotishmalarda fazalar hosil qiluvchi eng ko'p tarqalgan kimyoviy birikmalar:

- ionli bog'lanishga ega – sodda va murakkab oksidlar ( $\text{FeO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  va b.);

- ion-kovalentli bog'lanishga ega – sulfidlar, fosfid I-III guruh metall, va V-VI guruh nometal fosfidlar ( $\text{ZnS}$ ,  $\text{AlP}$  va b.);

- metall bog'lanishli – karbidlar, gidridlar, o'tuvchi metallarning nitridlari. Nometal va metal atomlari o'lchamlarining nisbatiga qarab ular kiritish (singdirish) fazalari -  $\text{Fe}_4\text{N}$ ,  $\text{W}_2\text{C}$ ,  $\text{TiC}$  va b. murakkab fazoviy panjaralarni hosil qiladi. Agar aytilgan nisbat 0,59 dan oshsa,  $\text{Fe}_3\text{C}$ ,  $\text{Cr}_{23}\text{C}_3$ ,  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  va b. turdagi birikmalar hosil bo'ladi;

- elektron birikmalar – bir valentli yoki o'tuvchi metallar va valentligi  $2 \div 5$  bo'lgan metallar orasidagi birikmalar; ular o'z kashfiyotchisi Yum-Rozer nomi bilan ataladi ( $\text{CuBe}$ ,  $\text{CuZn}$ ,  $\text{Cu}_5\text{Zn}_5$ ,  $\text{Cu}_{38}\text{Sn}_8$ ,  $\text{CuZn}_3$ ). Ularda, valentli elektronlar sonining atomlar soniga nisbati qat'iy nisbatlarga ega:  $3/2$ ,  $21/13$ ,  $7/4$ ; - Laves fazalari –  $\text{AB}_2$  turdagi birikmalar, ularni atomlari diametrlarining nisbati  $1,1 \div 1,6$  bilan tavsiflanadigan metallar ( $\text{NbFe}_2$ ,  $\text{MoFe}_2$ ,  $\text{TiCr}_2$ ,  $\text{AgBe}_2$ ,  $\text{TiMn}_2$  va b.) hosil qiladi;

Qotishmalarning tuzilishi toza metallarga nisbatan murakkabdir. Ularning kristallanish jarayoni ham toza metallarning kristallanish jarayonlaridan keskin farq qiladi. Qotishmalar toza metallarga o'xshash qat'iy bir haroratda kristallanmaydi, balki kristallanishning harorat oralig'ida boshlang'ich va oxirgi ikkita kristallanish haroratiga ega.

Metall va qotishmalar tuzilishi o'zgaradigan haroratlar kritik nuqtalar deb ataladi. Suyuqlanish va qotishda toza metallar bitta kritik nuqtaga, qotishmalar esa ikkita kritik nuqtaga ega bo'ladi. Bu ikkita nuqta oralig'ida qotishmada suyuq qotishma va kristall deb ataladigan ikkita faza mavjud.

Qotishmalarning holat diagrammasi deb, qotishmalarning holatini harorat va kimyoviy tarkibiga qarab o'zgarishini ko'rsatuvchi grafikka aytiladi. Bunday grafiklar asosan termik tahlil yordamida tuziladi. Holat diagrammasi qotishma nazariyasining muhim qismini tashkil etadi.

Diagrammada komponentlarni o'zaro ta'siri natijasida termodinamik

turg'un sharoitda har xil haroratlardagi strukturasi mahsulotlari ko'rsatilgan bo'ladi. Bu mahsulotlar harorat va tarkibga qarab (bog'liq holda) ma'lum agregat holatdagi jismlardir. Bular o'ziga xos qurilish xarakteriga to'la aniq xossaga ega. Bunday bir xil agregat holatda turgan bir jinsli ("gomogen") jism qismi faza deyiladi. Muvozanatda turgan fazalar majmui sistema (tizim) deb ataladi. Tizimni tashkil etuvchi moddalar komponentlar deyiladi.

Holat diagrammalari muvozanat holatlar uchun ya'ni juda kichik tezlikda yoki uzoq vaqt qizdirilganda qotishma erishadigan holat uchun quriladi. Ko'pincha bu diagramma muvozanat diagrammasi deb ham ataladi, chunki u ayni sharoitda (ma'lum harorat va ma'lum miqdorda) qanday fazalar muvozanatda turganligini ko'rsatadi.

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 kristallik panjaraga ega. Shu tizim batamom parchalangandan so'ng mexanik aralashma hosil bo'ladi (3.4-rasm).



3.4-rasm. Mexanik aralashmaning mikrostrukturasi.

a - 1-komponentning kristallari, b - 2-komponentning kristallari.

Demak, mexanik aralashma 1-komponent kristallari bilan 2-komponent kristallaridan iborat qotishmadir.

Holat diagrammasi chiziqlar bilan chegaralangan qismlarga bo'lingan.

Ba'zi qismlar faqat bitta fazadan iborat, ba'zilar ikki fazadan ya'ni, har xil qurilishli, tarkibli, xossalari.

**Nazorat savollari:**

1. Qotishma nima?
2. Qanday qotishmalar gomogenli qotishma deyiladi?
3. Qanday qotishmalar geterogenli qotishma deyiladi?
4. Faza nima?
5. Sistema nima?
6. Holat diagrammasi nima?

## IV BOB.PLASTIK DEFORMATSIYA

### 4.1. Plastik va elastik deformatsiya

Metallarga yuklanish ta'sir etish xarakteriga ko'ra uch xil tashqi yuklanish bo'ladi:

- statik yuklanish doimiy yo'sinda yoki juda sekin o'sib boruvchi kuch ko'rinishida ta'sir qiladi.

- dinamik yuklanish – zarb xarakteriga ega bo'lib, bir onda ta'sir qiladi.

- siklik yoki o'zgaruvchan ishorali yuklanish-qiymati yoki yo'nalishi yohud ham qiymati, ham yo'nalishi bir yo'la o'zgaruvchan kuchlardir.

Yuklanish ta'sirida qattiq jismda, ya'ni metallarda kuchlanish ( $\sigma$ ) va deformatsiya ( $\epsilon$ ) paydo bo'ladi.

Kuchlanish - sinalayotgan namunaning ko'ndalang kesim yuzasi birligiga to'g'ri keladigan yuklanish kattaligidir.

Deformatsiya - metallning tashqi kuchlar ta'siridan o'z shakli va o'lchamlarini o'zgartirishidir.

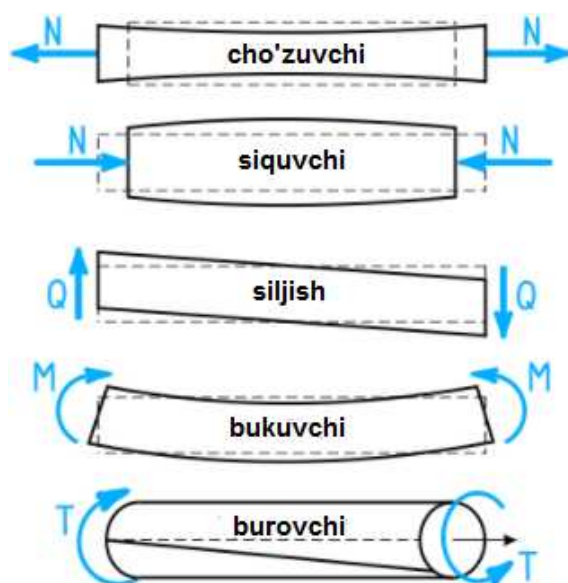
Cho'zilish, siqilish, egilish, buralish, qirqilish deformatsiyalari bo'ladi. Ular metallni yemiradi, qoldiq deformatsiyalarga yo'l qo'ymaslik uchun metallarning mexanik xossalarini bilish zarur. Hozirgi zamon sinash usullari bu xossalarining tavsifnomalarini hamda ularning turli mashina va mexanizmlar tayyorlash uchun yaroqligini aniqlash imkonini beradi.

Mustahkamlik - metallning kuchlar ta'siri ostida yemirilishiga yoki qoldiq deformatsiya paydo bo'lishiga qarshilik ko'rsatish xususiyatidir. Solishtirma mustahkamlik katta ahamiyatga ega, u mustahkamlik chegarasining metall zichligiga nisbati sifatida topiladi. Po'latning mustahkamlik chegarasi aluminiynikidan katta, lekin solishtirma mustahkamligi kichik.

Mashina detallarining ishlash davrida har xil kuchlar ta'sir qiladi (4.1-rasm).

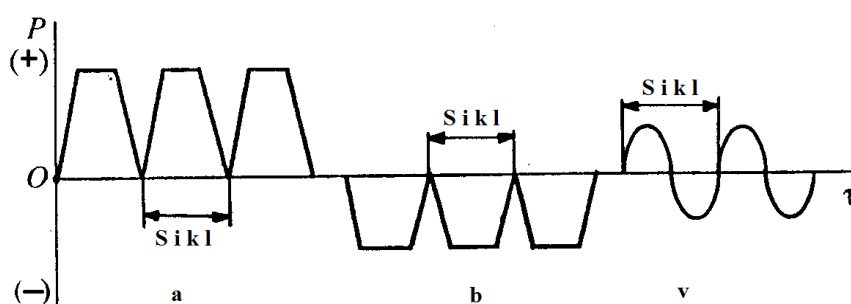
Albatta detallar ushbu kuchlarga bardosh berishi lozim. Bunday tashqi kuchlarga qarshilik ko'rsatish qobiliyati detal va qotishmalarning mexanik

xossalari deb ataladi.



4.1-rasm. Kuchlarning asosiy turlari: cho'zuvchi; siquvchi; siljish; bukuvchi; burovchi

Vaqtga qarab kuchlar statik, dinamik va o'zgaruvchan tarzda o'tadi. Bir tekisda, kichgina o'zgarish tezligi bilan ta'sir etuvchi kuchga statik kuchlanish deyiladi. Vaqt bo'yicha katta texnik tezlik bilan ta'sir qiluvchi kuchga zarb bilan ta'sir etuvchi kuchlarga dinamik yuklama deyiladi. Ta'sir kuchi o'zgarib turuvchilari o'zgarib turuvchi yuklama deb ataladi. Vaqti-vaqti bilan o'zgarib turuvchi yuklamalar qayta-qayta o'zgaruvchi yoki siklik yuklamalar deyiladi. (4.2-rasm).



4.2-rasm. Siklik yuklama sxemasi: a – cho'zilib; b – siqib; v – belgi o'zgaruvchi yuklama.

Jismning o'lchami va shaklini, unga qo'yilgan tashqi kuchlar ta'sirida o'zgarishiga deformatsiya deyiladi.

Deformatsiyaning tashqi kuchlar (jismga qo'yilgan yuklanishlar) hamda turli fizik-mexanik jarayonlar yuzaga keltirib, unga masalan, jismlarni qizdirishda (sovitiishda) bir xil bo'lmagan holda kengayishi (torayishi), faza o'zgarishlarda hajmni o'zgarishi va boshqalar kiradi.

Deformatsiya ikki xil bo'ladi: elastik va plastik.

Elastik deformatsiya deb, jismga qo'yilgan yuklanishlar ta'siri olib tashlangandan keyin, uning boshlang'ich o'lchami va shakliga kelishiga aytiladi.

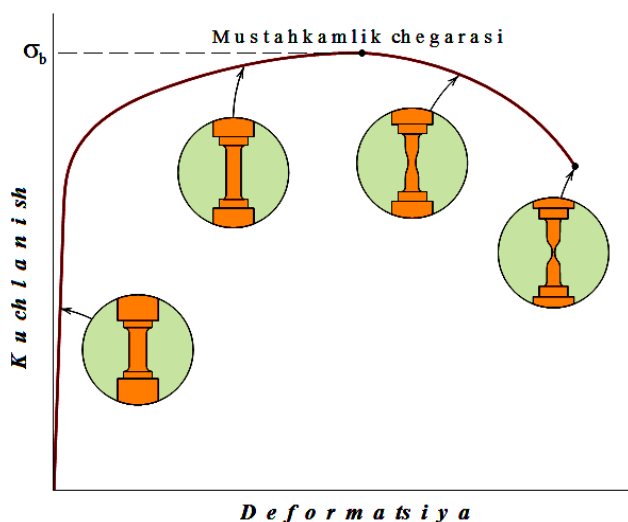
Plastik deformatsiya deb, yuklanishlar ta'siri olingandan so'ng, jism o'lchami va shaklini boshlang'ich holatga kelmasligiga aytiladi.

Jismda hosil bo'ladigan u yoki bu deformatsiya turiga kuchlanishlar katta ta'sir ko'rsatadi. kuchlanishlar asosan jismga qo'yilgan kuchga (kuch qanchalik katta bo'lsa, kuchlanish shunchalik katta bo'ladi) va jism o'lchamiga (qanchalik jismni ko'ndalang kesim yuzasi katta bo'lsa, unda shunchalik kichik kuchlanish hosil bo'ladi) bog'liq. Masalan, sterjenni o'q bo'ylab cho'zishda uni ko'ndalang kesim yuzasidagi kuchlanish  $\sigma$  cho'zuvchi kuch  $P$  ni sterjenni ko'ndalang kesim yuzasi  $F$  ga nisbati bilan topiladi (4.3-rasm).

$$\sigma = P / F$$

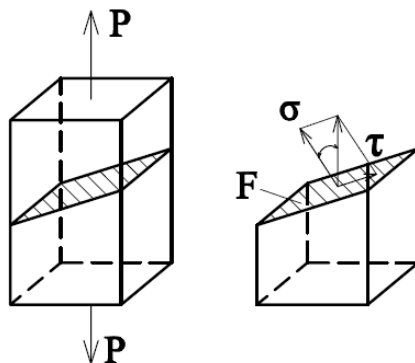
Kuchlanish birligi Megapaskal (MPa) da o'lchanadi.

Texnikada ko'proq kuchlanishlarning quyidagi birliklari ishlatilishi mumkin:  $1 \text{ kgk/mm}^2 = 9,806665 \text{ MPa}$ .



4.3-rasm. Namunaning uzilishdagi kuchlanish-deformatsiya holati. (Yuklanish  $\sigma_b$  ga etganda namunada bo'yin hosil bo'la boshlaydi)

Cho‘zilgan sterjenni qiya yuzasiga ta’sir etayotgan kuch  $P$  kesim tekisligiga perpendikulyar emas. Bu kuchlanishni ikkita tashkil etuvchilarga ajratish mumkin: normal kuchlanish  $\sigma$  (kesim tekisligiga perpendikulyar) va kesim tekisligiga ta’sir qiluvchi urinma kuchlanish  $\tau$  (4.4-rasm).



4.4-rasm. Sterjen o‘qiga qiya bo‘lgan kesimda normal  $\sigma$  va urinma  $\tau$  kuchlanishlarni hosil bo‘lish sxemasi

Normal kuchlanishlar cho‘zuvchi va siquvchi bo‘ladi. Kuchlanishlar ta’sirida material donachalari orasidagi masofa ortadi (donalar bir-biridan uzoqlashadi) yoki kamayadi (yaqinlashadi). Bu esa materialni yemirilishga olib keladi. Shartli va haqiqiy kuchlanishlar ham bo‘ladi. Shartli kuchlanishlarni hisoblashda kuchni detal yoki na’munani boshlang‘ich kesim yuzasiga bo‘lingani olinadi. Bunda deformatsiya jarayonida kesim yuzasini o‘zgarishi e’tiborga olinmaydi. Haqiqiy kuchlanishlarni hisoblashda esa, ta’sir qiluvchi kuchni deformatsiya natijasida, real o‘zgargan kesim yuzasiga nisbati sifatida olinadi.

Shu bilan birga jismda turli sabablarga ko‘ra kuchlanishlar hosil bo‘ladi. Bu kuchlanishlarni ichki qoldiq kuchlanishlar deyiladi. Bu kuchlanishlar issiqlik yoki termik (bu kuchlanish tez qizdirish yoki sovitish natijasida buyumni yuza qatlami va o‘zagini bir xil bo‘lmagan kengayishi va torayishi oqibatida hosil bo‘ladi), fazali (faza o‘zgarishlarda hajmni bir xilda o‘zgarmasligi oqibatida paydo bo‘ladi), strukturali (struktura o‘zgarishlarini bir xilda bo‘lmasligi natijasida hosil bo‘ladi) bo‘lishi mumkin. Ichki qoldiq kuchlanishlarni hosil bo‘lishi, masalan, kristallanish jarayonida, bir xilda bo‘lmagan



deformatsiyalashda, termik ishlashlarda kuzatilishi mumkin.

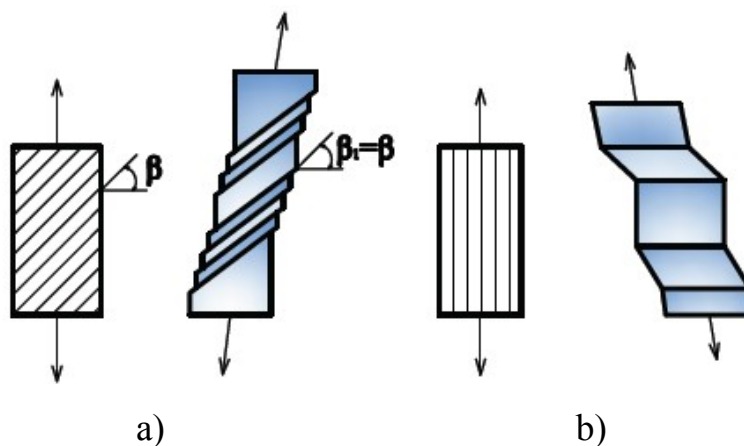
Kristallni elastik deformatsiyalashda ta'sir qilayotgan kuchlanish atomlarni muvozanat holatidan uncha uzoq bo'lmagan masofaga siljishiga olib keladi, natijada kristall panjaradagi atomlar orasidagi masofa kattalashadi, siljishda esa kichikroq bo'ladi.

Atomlar orasidagi masofa qanchalik katta bo'lsa, kristalldagi elastik deformatsiyani miqdori shuncha katta bo'ladi.

Muvozanat holatdan atomlarni siljishi natijasida, atomlarni o'zaro tortishuvchi va itaruvchi kuchlari orasidagi balans buziladi. Kuch ta'siri olingandan so'ng, atomlar o'zining muvozanat holatiga keladi. Natijada metalni vaqtinchalik shakli va xossasi o'zgarishi kuzatiladi.

Kristallni deformatsiyalashdan oldin unda elastik deformatsiya hosil bo'ladi, so'ngra kuchlanishning oshishi bilan kristallni bir qismining boshqa qismiga nisbatan siljishi kuzatiladi. Bu esa plastik, qoldiq deformatsiyani hosil qiladi. Siljish urinma kuchlanishni ma'lum kritik qiymati  $\tau_{kr}$  dan oshgan qiymatida ta'sir qilish oqibatida sodir bo'ladi.

Kristallning bir qismini boshqa qismiga nisbatan siljishi sirpanish yoki juftlanish orqali hosil bo'ladi (4.5-rasm).



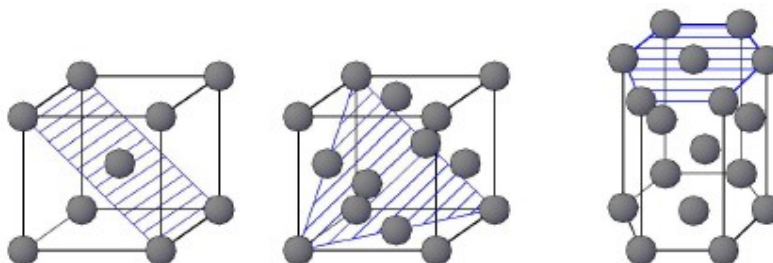
4.5-rasm. Sirpanish (a) va juftlanish (b) orqali hosil bo'lgan plastik deformatsiyani sxemasi,  $\beta$  siljish burchagi

Sirpanish - kristallning bir qismini parallel ravishda boshqa qismiga nisbatan tekislik bo'yicha siljishi bo'lib, unga sirpanish yoki siljish tekisligi

deyiladi. Sirpanishda parallel tekisliklar bo'yicha kristall qatlamlarini siljishi bir xil bo'lmagan masofada bo'ladi. Natijada deformatsiyalangan kristalni kristallografik yo'nalishi o'zgarmsdan qoladi.

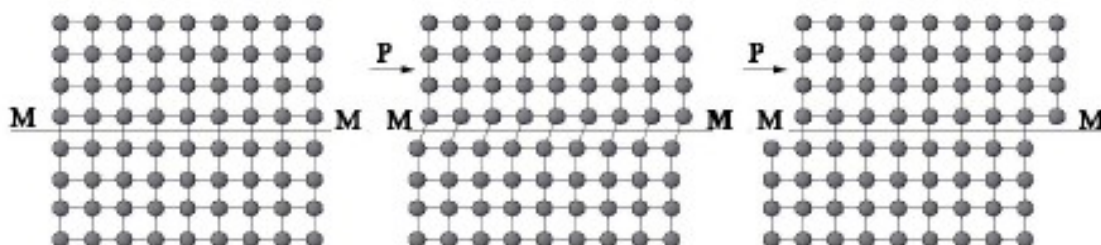
Sirpanish atomlar upakovkasi zichligi uncha katta bo'lmagan tekisliklarda oson kechadi.

Qo'shni parallel zich upakovka qilingan tekisliklar orasidagi o'zaro bog'liqlik kuchlari kam upakovka qilingan atomlar tekisliklar orasidagiga qaraganda kichik bo'ladi. Shuning uchun siljishga qarshilik kamroq bo'lib, uni osonlashtiradi. Quyida turli xildagi kristall panjaralarning sirpanish tekisliklari sxemasi ko'rsatilgan (4.6-rasm).



4.6-rasm. Turli shakldagi panjaralarda sirpanishni kristallografik tekisligi sxemasi

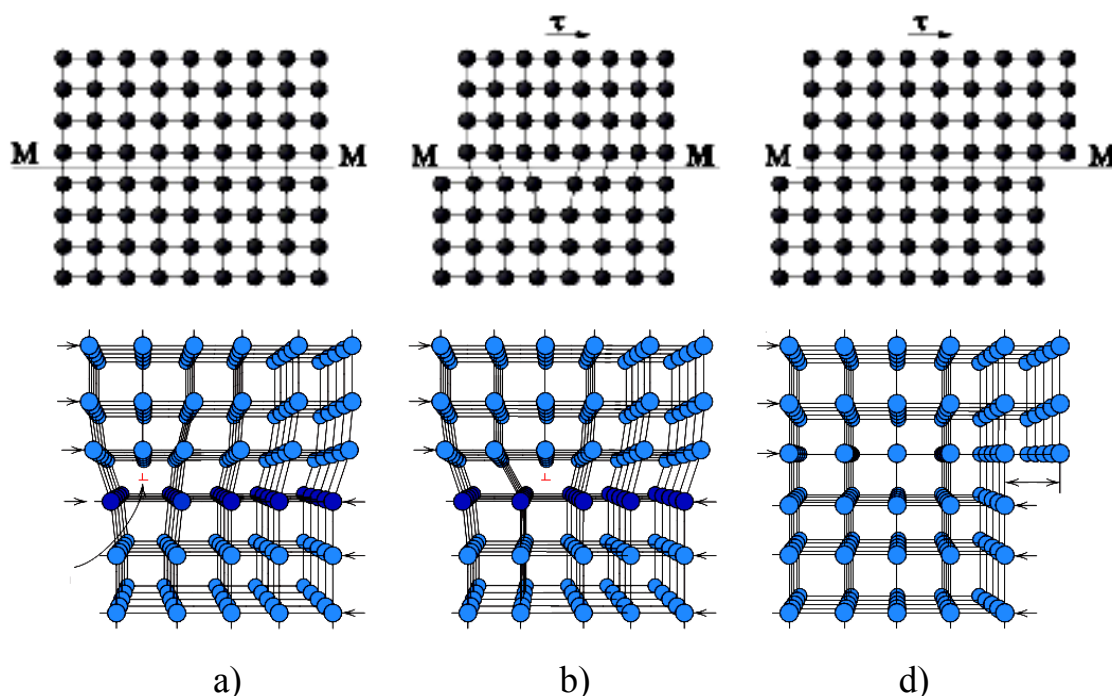
Kristall panjarada sirpanish tekisligi va yo'nalishlari qanchalik ko'p bo'lsa, metallning plastik deformatsiyalanish qobiliyati shunchalik katta bo'ladi. Chunki, deformatsiya ma'lum tekisliklar orqali sodir bo'lib, bunda urinma kuchlanish asosiy rol o'ynaydi. Maksimal urinma kuchlanish sirpanish tekisligiga ta'sir etayotgan kuchlar yo'nalishi  $45^\circ$  ga teng bo'lgan holda kuzatiladi. Shuning uchun sirpanish ketma-ket tarzida sodir bo'ladi (4.7-rasm).



4.7-rasm. Ideal (nuqsonsiz) kristallda sirpanish orqali ro'y beradigan plastik deformatsiya sxemasi. MM - sirpanish tekisligi;  $\tau$  - urinma kuchlanish

Ideal kristalda M-M tekislik bo'yicha bir atom qatlamni boshqa atom qatlamiga nisbatan bir vaqtning o'zida bitta atom masofasiga surish (siljitish) uchun hisob kitoblarga qaraganda juda katta kritik urinma kuchlanish  $\tau_{kr}$  zarur. Bu kuchlanishni kristallning nazariy mustahkamligi deyiladi.

Real kristalllarda bir atom masofasiga surish kuchlanishni nazariy qiymatidan yuz, hatto ming marta kichik bo'lgan qiymatlarda kuzatiladi. Real metalda kristallning nazariy mustahkamligi bilan surish kuchlanishi orasidagi farqi deformatsiyani hamma atomlar tekisliklarini bir vaqtning o'zida siljishi orqali emas, balki sirpanish tekisliklari bo'ylab dislokatsiyalarni surilishi orqali tushuntiriladi (4.8-rasm).



4.8-rasm. Sirpanishda vintli dislokatsiyalarni harakatlanish sxemasi

4.8-rasm, a) da kristalda vintli dislokatsiyani siljishi tekisligi ko'rsatilgan. Kristallning yuqori qismida qo'shimcha yarim tekislik bo'lib (4.8-rasm, b), u sirpanish tekislikda dislokatsiya chizig'i bilan tugallangan. Dislokatsiyani hosil bo'lishi katta energiya talab qiladi. Lekin hosil bo'lgan bo'lsa, u oson suriladi.

Urinma kuchlanish  $\tau$  strelka bo'ylab ta'sir etganda dislokatsiya nisbatan chapdan o'nga suriladi. Urinma kuchlanish doim ta'sir etib turgan holda, dislokatsiya estofeta ko'rinishda to sirtga chiqmaguncha bir atom guruhidan

boshqasiga suriladi. Bunda kristallni o'ng yon qirrasida bitta atom masofasiga teng bo'lgan balandlikdagi pog'ona hosil bo'ladi (4.8-rasm, d).

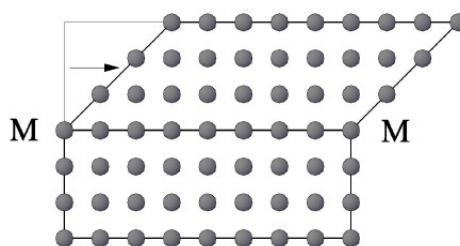
Odatda sirpanish tekisliklarda o'nlab dislokatsiyalar joylashgan bo'ladi. bu dislokatsiyalarni urinma kuchlanishlar ta'sirida surilishi plastik deformatsiyani jadallashtiradi. Dislokatsiya harakati yangi dislokatsiyalar hosil qiladi. Shunday qilib, kristallda dislokatsiyalar soni ko'payadi. Juda ko'p dislokatsiyalarni harakatlanishi natijasida sirpanish amalga oshsa, u holda plastik deformatsiya kuzatilishi mumkin.

Deformatsiyalangan kristallda dislokatsiya zichligi  $10^3 - 10^6$   $1/\text{sm}^2$  bo'lsa, kuchli deformatsiyalangan metallda uni qiymati  $10^{12}$   $1/\text{sm}^2$  ga tengdir.

Deformatsiyani o'sishi bilan ko'p sirpanishlar bosqichi boshlanadi. bu bosqichda dislokatsiyalar o'zaro tutashuvchi tekisliklarda harakatlanadi.

Ularning harakatlanishiga qarshilik oshadi. Dislokatsiyalar zichligi ham oshadi. Dislokatsiyalarni harakatlanishiga to'sqinlik qilish natijasida ko'p sirpanishlar bosqichida sirpanishlar qiyinlashadi va uni harakatlanishi davom etishi uchun ta'sir qiluvchi kuchlanishlar qiymatini oshishini talab qiladi, natijada deformatsion puxtalanish sodir bo'ladi. Bu holat deformatsiya jarayonida hosil bo'lib, bunda deformatsiya oxirigacha saqlanadi.

Sirpanishdan tashqari plastik deformatsiya juftlanish orqali ham hosil bo'ladi. Juftlanish orqali deformatsiya sxemasi 4.9-rasmida ko'rsatilgan.



4.9-rasm. Kristallni juftlanish sohasida atomlarni joylashish sxemasi

Juftlanish shundan iboratki, kristallni bir qismini boshqa qismiga nisbatan simmetrik holda tekislikka nisbatan yangi holatga o'tishi bo'lib, uni juftlanish tekisligi deyiladi.

Sirpanish yoki juftlanish orqali deformatsiyalanish metallarga ularni kristall panjarasi turiga bog‘liq bo‘ladi. Hajmi markazlashgan va yoqlari markazlashgan kub kristall panjaralarda deformatsiya sirpanish orqali borsa, geksagonal zich upakovka qilingan panjaralarda esa deformatsiya ham sirpanish, ham juftlanish orqali sodir bo‘ladi.

Metallarni plastik deformatsiyalashda sodir bo‘ladigan hamma ichki o‘zgarishlar metallni puxtalanishga olib keladi. Bu ichki o‘zgarishlarga kristall panjarani qiyshayishi, dislokatsiya zichligi va vakansiyani oshishi, makro va mikrostrukturani o‘zgarishi va boshqalar kiradi. Metallni plastik deformatsiya ta‘sirida puxtalanishiga, puxtalash deyiladi.

#### **4.2. Puxtalanish**

Puxtalash - detalni puxtalash uslubi sifatida keng ishlatiladi. Asosan bu usulda detallarni sovuq holda bosim bilan ishlashda foydalaniladi.

Plastik deformatsiya metallni fizik xossasini o‘zgarishiga sabab bo‘ladi, ya‘ni elektr qarshilikni oshishiga, zichligini kamayishiga va magnit xossalarni o‘zgarishiga olib keladi. Puxtalangan metallar ko‘proq korroziya yordamida ekspluatatsiya vaqtida yemirilishi mumkin.

Materiialarning yuqori darajada mustahkamligi ularning plastiklik va qovushqoqlik xossalari bilan bir qatorda mashinalar, mexanizmlar va barcha turdagi metall konstruksiyalar detallarining ishonchliligi va uzoq muddat ishlashining asosi hisoblanadi.

Materiialarning konstruktiv mustahkamligi ularning ishonchliligi va uzoq muddat ishlashi kabi xususiyatlari bilan baholanadi. Konstruktiv mustahkamlik deganda materiialarning qo‘llanilish sharoitlariga bog‘liq bo‘lmagan barcha umumiy xossalarni o‘z ichiga oluvchi kompleks fizik-mexanik tavsifnomalari tushuniladi. Bunday fizik-mexanik tavsifnomalarga materialning o‘zining mustahkamligi, mustahkamlik chegarasi ( $\sigma_v$ ), oquvchanlik chegarasi ( $\sigma_{oq}$ ), plastikligi ( $\delta$ ,  $\psi$ ), qattiqligi (HB, HR(A,B,C), HV), hamda ishonchliligini va uzoq muddat chidamliligi kabi xossalari kiradi.

Har qanday konstruksiyaning ishonchliligi uni tashkil etuvchi detallar materiallarining to‘satdan ishdan chiqishga qarshilik ko‘rsatish qobiliyati bilan aniqlanadi.

Materiallarning to‘satdan ishdan chiqishga qarshilik ko‘rsatishi uning ichki qismida darzlarning rivojlanishi, ya’ni o‘sib borishi ishi bilan tavsiflanadi. Darzlarning o‘sib borishi ishi qiymati kichik bo‘lganda mo‘rt yemirilish sodir bo‘lib, uning natijasida detallarning to‘satdan ishdan chiqishi yuzaga keladi. Bunday hollarda materialning murt holatga o‘tish harorati eng muhim tavsifnomasi hisoblanadi.

Materialning uzoq vaqt chidamliligi buyumning yeyilish, toliqish va yemirilish (korroziya) sharoitlarida ishlash ishi qobiliyati bilan aniqlanadi. Bunday sharoitlarda ishlaydigan detallarning materiallaridagi shikastlanishlar ulardan foydalanish davrida detallarda sekin-asta nuqsonlar hosil bo‘lishiga sabab bo‘ladi.

Detailarning sirtini puxtalash samaradorligi material oquvchanlik chegarasi (mustahkamlik)ni oshirish, hamda turli haroratlarda plastik deformatsiyaga qarshilik ko‘rsatish, plastiklik, qovushqoqlik va darzlar bo‘lgan hollarda ham ularga bardoshli bo‘lib uzoq ishlashni ta’minlash kabilarni o‘z ichiga olgan kompleks xossalari bilan aniqlanadi.

Bir vaqtning o‘zida materialning mustahkamligini, plastikligini va qovushqoqligini oshirish murakkab masala bo‘lib, ko‘pgina hollarda keltirilgan xossalarni oshirish natijasida materialning mo‘rtlashuvi sodir bo‘lishi mumkin.

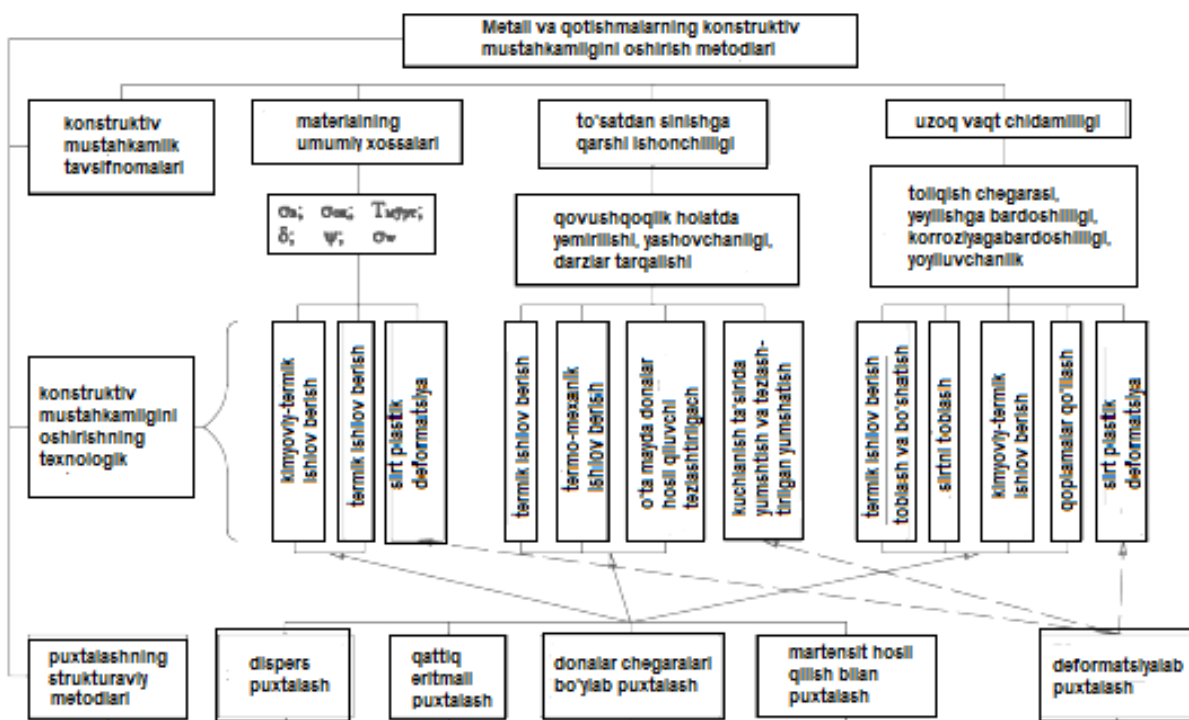
Konstruktiv mustahkamlikni oshirish uchun turli texnologik metodlar: legirlash, termik va kimyoviy-termik ishlov berish, plastik deformatsiya, turli xildagi sirt qoplamalarini qo‘llash va boshqa shu kabilar foydalaniladi. Konstruktiv mustahkamlikni oshirish usullarining sxematik tasviri 4.10-rasmda keltirilgan.

Konstruktiv mustahkamlikni oshirishning barcha texnologiyalari asosini strukturaviy mexanizmlar: deformatsion, qattiq eritmali, dispersion va substruktura puxtalash, hamda ularning o‘zaro kombinatsiyalari tashkil etadi.

Materiallarning mustahkamlik tavsifnomalarini oshirish nuqsonlarsiz kristallar olish orqali ham erishish mumkin. Ammo bu imkoniyat faqat o'ta nozik kristallar uchun yaratiladi. Bunday hollarda ipsimon ko'rinisdagi kristallar past qiymatdagi plastiklik xossalariga ega bo'ladi.

Materiallar mustahkamligini (plastik deformatsiyaga qarshiligini) oshirishning ikkinchi yo'li kristall panjaralardagi turli xildagi nuqsonlarning xarakatchanligini, ayniqsa dislokatsiyaning xarakatlanishini kamaytirishga asoslanadi. Material strukturasi u yoki bu ta'sir usullaridan foydalanib dislokatsiyaning xarakatchanligini keskin kamaytirishga erishish mumkin.

Konstruktiv mustahkamlikni oshirish konstruksiya materialining faqatgina eng kam plastik deformatsiyani ta'minlovchi tashqi yuklanishlarning qiymatlarini oshirishga qaratilmasdan, balki materialning murtlashuviga yuqori darajada qarshilik ko'ratishini ta'minlashi ham zarur.



4.10-rasm. Konstruktiv mustahkamlikni oshirish usullari.

Mustahkamlikni oshirish uchun kristall strukturasiidagi dislokatsiyalarning xarakatini cheklash zarur bo'ladi. Buning uchun dislokatsiya xarakatiga u yoki bu ko'rinisdagi to'siqlar hosil qilish zarurati to'g'iladi. Lekin ba'zi hollarda

plastiklik va qovushqoqlikning yuqori qiymatlariga erishish uchun qandaydir darajada dislokatsiyalarning xarakatchanligini xam ta'minlash kerak. Bunday hollarda dislokatsiyaning xarakatlanishi natijasida to'siqlar atrofida mikroplastik deformatsiyaning to'planishini ta'minlash va bu orqali murt darzlarning hosil bo'lishi ehtimolliklari oldi olinishi zarur.

#### **4.3. Qizdirishning deformatsiyalangan metallning ichki tuzilishi va xossalriga ta'siri**

Plastik deformatsiyalangan metallning holati barqaror bo'lmaydi. Bu esa uning erkin energiyasini oshishiga olib keladi. Puxtalangan metall kichik erkin energiya bilan muvozanat (barqaror) holatiga o'z holicha o'tishga harakat qiladi. Bu jarayon metallarda atomlarni harakatlanishi, surilishi (diffuziya) orqali ro'y beradi. Bu jarayonlarni rivojlanishiga katta ta'sir etuvchi omil harorat hisoblanadi. Xona haroratida strukturani o'z holicha o'zgartiruvchi atomlarni harakatlanuvchanligi yetarli bo'lmaydi va metall puxtalangan holatdagi xossasini ma'lum vaqt saqlab turadi.

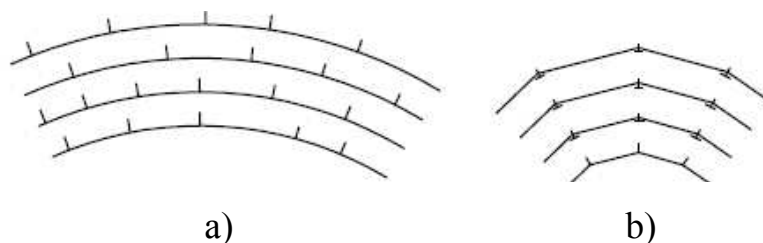
Deformatsiyalangan metallda haroratni oshishi bilan qaytish va rekristallanish (qayta kristallanish) sodir bo'ladi.

Qaytish deb, deformatsiyalangan metallni qizdirish jarayonida uning xossalari deformatsiyalangan oldingi holatga kelishiga aytiladi. Buning oqibatida qattqlik va puxtalik 20-30% ga pasayadi, plastiklik ortadi.

Qaytish ikki bosqichda kechadi: past haroratli qaytish birinchi tur yoki hordiq deyilsa, yuqori haroratli esa qaytishni ikkinchi tur yoki poligonizatsiyalash deyiladi. Poligonizatsiyalash so'zi lotincha bo'lib, ko'p burchak ma'nosini bildiradi. Hordiq vaqtida asosan nuqtali nuqsonlar, vakansiyalar soni kamayadi. Hordiq deformatsiyalangan metallni mikrostrukturasi o'zgartirmaydi. Hordiq tufayli ichki qoldiq kuchlanish qisman olinadi, kristall panjarani qiyshayishi to'g'rilanadi, elektr qarshilik kamayadi va metallni zichligi oshadi. Kristallni deformatsiyalashda asosan dislokatsiyalar zichligi oshadi. 4.11-rasm, a) da deformatsiyalangan kristall



panjarani qismi ko'rsatilgan. Deformatsiyalangan kristallda dislokatsiyalarni taqsimlanishi betartibdir. Dislokatsiyani kerakli harakatga keltiruvchi haroratgacha qizdirilganda, uni qaytadan taqsimlanishi ro'y teradi (4.11-rasm, b).



4.11-rasm. Poligonizatsiyalash sxemasi: a – deformatsiyagacha dislokatsiyaning taqsimlanishi; b - deformatsiyadan so'ng dislokatsiyadan tashkil topgan devor

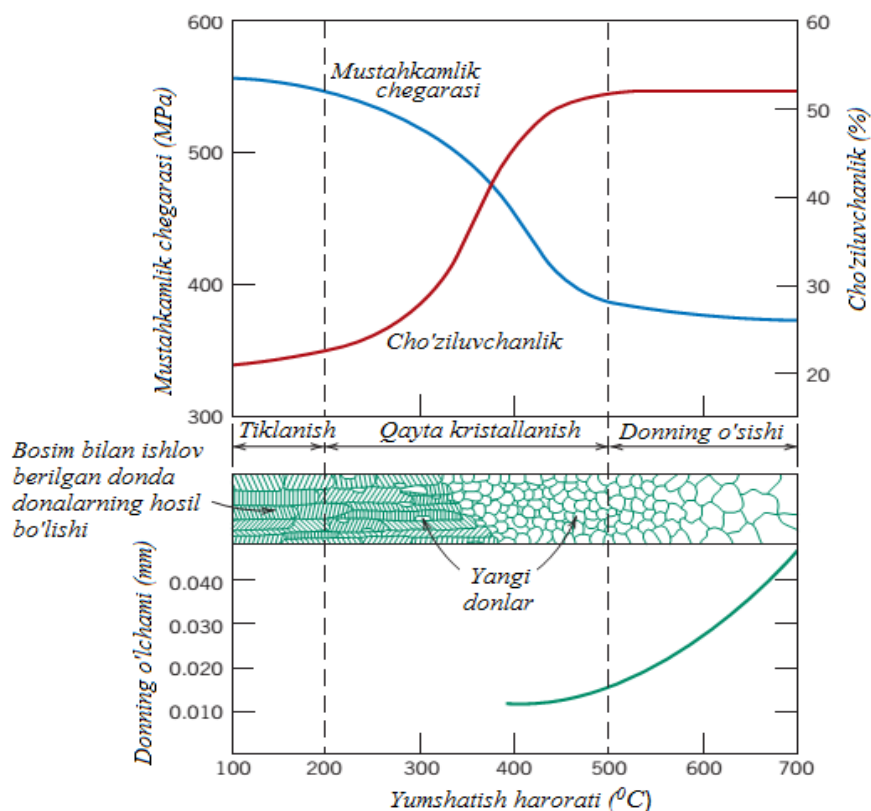
#### 4.4. Birlamchi, yig'ilish va ikkilamchi qayta kristallanish

Qayta kristallanish (rekristallizatsiya) jarayonlari muhim amaliy ahamiyatga ega, chunki ular metallarga mexanik va termik ishlov berish sifatini belgilaydi. Xususan, qayta kristallovchi yumshatish, parchinlangan metallga bosim bilan ishlov berishdan oldin uning strukturasi va xussiyatlarini tiklash uchun keng qo'llanadi.

Qayta kristallanish - yangi deformatsiyalanmagan donachalarni hosil bo'lishi va o'sish jarayonidir (4.12-rasm).

Qayta kristallanish markazlari dislokatsiya zichligi katta va kristall panjara ko'proq qiyshaygan joylarda hosil bo'ladi. Asosan bu markazlar deformatsiyalangan donachalar chegarasida vujudga keladi. Harorat oshishi bilan yangi markazlar hosil bo'ladi, bu markazlardan yangi donachalar o'sadi va deformatsiyalangan struktura yo'q bo'lib ketgunicha davom etadi. Sovuq holda deformatsiyalangan metallni rekristallanishi quyidagicha tushuntiriladi: deformatsiya vaqtida panjarani bir tekisda bo'lmagan qiyshayishi vujudga keladi va bu yerda hosil bo'ladigan kuchlanishlarni taqsimlanishi ham bir tekisda bo'lmaydi. Barqaror bo'lmagan kuchlanish tufayli qiyshaygan panjara

qizdirilganda kristall panjarada barqaror donachalar kurtagi paydo bo‘ladi. Keyinchalik esa kristall panjarani qiyshayishi to‘g‘rilanadi.



4.12-rasm. Qayta kristallanish jarayonida yangi donlarning hosil bo'lishi

Birlamchi qayta kristallanish - deformatsiyalangan donalar atrofida yangi deformatsiyalanmagan donani hosil bo‘lishi va o‘shish jarayoni hisoblanadi.

Metallga ishlov berish harorati, bosimi va qayta kristallanish ostonasi harorati orasidagi nisbatga qarab, sovuq va issiq holda deformatsiyalash turlari mavjud. Birinchisida deformatsiyalash qayta kristallanish ostonasi  $T_{n.p}$  dan past haroratlarda bajariladi, bunda metall parchinlanadi (pachoqlanadi), ikkinchisida -undan yuqori haroratlarda bajariladi. Bunday ishlov berishda parchinlanish (deformatsiyali mustahkamlanish) butkul bo‘lmaydi yoki ozgina bo‘ladi. Ishlab chiqarish sharoitlarida issiq deformatsiyalash haroratini  $T_{rek}$  dan ancha yuqori tanlanadi. Qayta kristallanish jarayonlari tez kechishi uchun shunday qilinadi.

Qayta kristallanish ostonasi, yumshatish va issiq holda deformatsiyalash (bosim bilan ishlov berish) haroratlari turli metallar uchun turlicha bo‘ladi (4.1-jadval).

Metallarning qayta kristallanish va qizigan holda bosim bilan ishlov berish haroratlari

Metall	Qayta kristallanish harorati, °C
Rux	10
Qo'rg'oshin	30
Alyuminiy	100
Latun	250
Nikel	400
Temir	450
Po'lat	450
Molibden	900
Volfram	1200

Deformatsiyalangan metallni yuqoriroq haroratgacha qizdirilganda, uni qaytadan kristallanishi tufayli xossasi va strukturasi birdaniga o'zgaradi.

Sovuq deformatsiyalanish oqibatida hosil bo'ladigan strukturani qaytadan tiklashda birlamchi qayta kristallanishdan foydalaniladi. qayta kristallangan donacha hosil bo'ladigan eng kichik qizdirish harorati qayta kristallanishni boshlanish harorati deyiladi. Berilgan metall uchun erish haroratiga o'xshab qayta kristallanishni boshlanish harorati doimiy emasdir. Bu kattalik dastlabki deformatsiya darajasiga, qizdirish davomiyligi, metallni tozaligi va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Qayta kristallanishni boshlang'ich haroratiga metallning dastlabki deformatsiyasi katta ta'sir ko'rsatadi. Qayta kristallanish harorati rus olimi A.A.Bochvar tomonidan taklif etilgan formula orqali topiladi:

$$T_{rek.} = 0,4 * T_{er}$$

Bu yerda: 0,4 - koeffitsiyent texnik toza metallarga tegishli hisoblanadi (qotishma uchun 0,6 ga teng).

O'ta toza metallar uchun esa bu koeffitsiyent 0,25 - 0,3 qilib olinadi, ya'ni:

$$T_{rek.} = (0,25 - 0,3) * T_{er}$$

Plastik deformatsiyalangan metallning deformatsiyalanishidan oldingi strukturasi tiklash uchun, bu metallni rekristallanish haroratidan yuqori haroratgacha qizdirishni qayta kristallovchi yumshatish deyiladi. Metallarga qayta kristallanish haroratidan yuqori haroratda ishlov berish qizdirib bosim

bilan ishlov berish deyiladi. Qayta kristallanish haroratidan past haroratda ishlov berish esa sovuq holda bosim bilan ishlov berish deb ataladi. Metallarni bosim bilan ishlashga bolg‘alash, kiryalash, juvalash, presslash va boshqalar kiradi.

#### **Nazorat savollari:**

1. Elastik chegarasi bilan oquvchanlik chegarasi orasidagi farq?
2. Deformatsiyalanish qanday jarayon?
3. Elastik deformatsiyaning mohiyatini tushuntiring.
4. Plastik deformatsiyaning mohiyatini tushuntiring.
5. Qayta kristallanish nima?
6. Sirpanish nima?
7. Juftlanish nima?
8. Puxtalash qanday amalga oshiriladi?

## V BOB. METALL VA QOTISHMALARNING XOSSALARI

### 5.1. Metall va qotishmalarning fizik, kimyoviy, elektrik, magnit, optik, issiq-fizikaviy va texnologik xossalari

*Metallning fizik xossalariga* uning rangi, zichligi, suyuqlanish harorati, issiqlik o'tkazuvchanligi, issiqlikdan kengayuvchanligi, issiqlik sig'imi, elektr o'tkazuvchanligi, magnit xossalari va boshqalar kiradi.

**Metallning rangi** deb, metallning unga tushgan yorug'lik nurlarini qaytara olish xususiyatiga aytiladi. Masalan, mis qizg'ish ranglarni, alyuminiy kumushsimon oq ranglarni qaytaradi.

**Metallning zichligi** hajm birligida joylashgan massa bilan xarakterlanadi. Zichligiga ko'ra barcha metallar yengil va og'ir turlarga bo'linadi. Turli buyumlar tayyorlashda metall zichligi muhim rol o'ynaydi. Masalan samolyot va raketsozlikda juda yengil metall va qotishmalardan (alyuminiy, berilliy, magniy, titan qotishmalardan) foydalanishga harakat qilinadi. Bu buyum massasini kamaytirish imkonini beradi.

**Metallning suyuqlanish harorati** deb, uni qattiq holatdan suyuq holatga o'tadigan haroratiga aytiladi. Suyuqlanish haroratiga qarab, metallar qiyin suyuqlanadigan (volfram  $3410^{\circ}\text{C}$ , tantal  $3017^{\circ}\text{C}$ , titan  $1668^{\circ}\text{C}$  va boshqalar) va oson suyuqlanadigan (qalay  $232^{\circ}\text{C}$ , qo'rg'oshin  $327^{\circ}\text{C}$ , rux  $420^{\circ}\text{C}$ , alyuminiy  $660^{\circ}\text{C}$ ) metallarga bo'linadi. Quyma buyumlar, payvandlanadigan va kavsharlanadigan birikmalar termoelektrik priborlar va boshqa buyumlar tayyorlash uchun metall tanlashda uning suyuqlanish harorati katta ahamiyatga ega.

**Metallning issiqlik o'tkazuvchanligi** deb, uning ko'p qizigan qismidan kam qizigan qismiga issiqlik o'tkazish xususiyatiga aytiladi. Kumush, mis, alyuminiy kabi metallar yaxshi issiqlik o'tkazuvchidir. Temirning issiqlik o'tkazuvchanligi alyuminiyga nisbatan uch marta, misga nisbatan besh marta

kichikdir. Detal va buyumlar uchun material tanlashda issiqlik o'tkazuvchanlik muhimdir.

Mashinalarning ayrim detallari (dvigatellarning porshenlari, turbinalarning kurakchalari) issiqlikni yaxshi o'tkazadigan materiallardan tayyorlanishi lozim. **Metallning issiqlikdan kengayuvchanligi** deb, qizdirilganda uning o'lchamlarining kattalashish, sovutilganda esa kichrayishi bilan bog'liq bo'lgan chiziqli kengayish koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi.

Metall va qotishmalarning fizik xossalariga quyidagilar ham kiradi:

*Zichlik* – solishtirma og'irlik:

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad \text{Mn/m}^3 \text{ (g/m}^3 \text{)}$$

Bu yerda:  $G$ -jism og'irligi, t (g);  $V$ -hajmi, m<sup>3</sup> (sm<sup>3</sup>).

*Kengayish koeffitsiyenti*:

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

Bu yerda:  $\Delta l$  - metall uzunligi ortishi. (m.grad);  $\alpha$  - proporsionallik koeffitsiyenti;  $l$ -qizdirilmasdan oldingi uzunlik;  $\Delta t$  - harorat, °C.

**Metallarning kimyoviy xossasi.** Metall va qotishmalarning kimyoviy xossalari, bu ularning oksidlanishda, tashqi muhit, havo namligi, kislota va boshqalarning ta'siridan yemirilishiga qarshi tura olish xossalari. Aytib o'tilgan omillar ta'siridan kimyoviy yemirilishiga metallarning korroziyasi deyiladi.

Korroziya kimyoviy va elektrokimyoviy bo'ladi. Kimyoviy korroziya elektr toki o'tmaydiganligi muhitda, masalan, quruq gaz, benzinda ro'y beradi. Dvigatellar chiqarish klapanlarining, termik ishlov berish pechlari ichki armaturasining oksidlanishi shunday korroziya hisoblanadi. Elektrokimyoviy korroziya tok o'tkazuvchi muhitning (namlik, nam havo, kislota, ishqorlar va boshqalar) metallga ta'siri oqibatida yuz beradi. Metall va qotishmalarning

tarkibi bir xil emasligi tufayli bunday korroziya hosil bo‘ladi. Turli jinsli elementlar elektrolit bilan kontaktda bo‘lganda galvanik tok paydo bo‘ladi. Elementlardan biri katod, ikkinchisi anod vazifasini o‘taydi. Anod vazifasini o‘taydigan elementlar yemiriladi. Barcha metall va qotishmalar elektrodli potensialga ega. Elektrodli potensial kichik bo‘lgan metall yemiriladi. Amalda korroziya, po‘lat va cho‘yanning zanglashi, misni yashil, latunni esa qora rangli oksid parda bilan qoplanishi orqali sodir bo‘ladi.

Yemirilish xarakteriga ko‘ra korroziya umumiy, mahalliy va kristallararo turlarga bo‘linadi. Korroziyaga qarshi kurashishda korroziyaga bardosh metallar, metall bo‘lmagan materiallar (lak, bo‘yoq, emal), shuningdek, oksid pardalari (qoraytirish, fosfotlash), kimyoviy barqaror qotishma va boshqalarni qoplash usullaridan foydalaniladi. Hozirgi vaqtda agressiv muhitlarda, yuqori harorat va tezliklar bilan birga katta kuch ta‘sir etadigan muhitlarda metallardan foydalanishning solishtirma ulushi ortib ketadi. Korroziyaga bardosh, issiqbardosh qotishmalarga talab ortib bormoqda. Yuqori sanab o‘tilgan korroziya turlari bilan kurashish uchun alohida himoya vositalari bilan himoyalaniadi. Bularga misol qilib, ingibitorlarni olish mumkin. Ingibitorlar korroziyani sekinlatuvchi turli organik va noorganik moddalar hisoblanadi.

***Metallarning mexanik xossasi.*** Metall va qotishmalarning mexanik xossalari, ularing tashqi kuchlarga qarshilik ko‘rsata olish xususiyatini belgilaydi. Mexanik xossalar metallarning kimyoviy tarkibi, strukturasi, texnologik ishlov berish usuli va boshqa omillarga bog‘liq bo‘ladi. Mexanik xossalarni ma‘lum bo‘lsa, metallarga ishlov berish vaqtida hamda konstruksiya va mexanizmlarning ish jarayonida ularning o‘zini qanday tutishi haqida hukm yuritish mumkin. Metallarga ta‘sir etish xarakteriga ko‘ra uch xil tashqi yuklanish bo‘ladi:

- statik yuklanish doimiy yo'sinda yoki juda sekin o'sib boruvchi kuch ko'rinishida ta'sir qiladi.

- dinamik yuklanish – zarb xarakteriga ega bo‘lib, bir onda ta’sir qiladi. Siklik yoki o‘zgaruvchan ishorali yuklanish-qiymati yoki yo‘nalishi yohud ham qiymati, ham yo‘nalishi bir yo‘la o‘zgaruvchan kuchlardir.

Yuklanish ta’siridan qattiq jismda, ya’ni metallarga kuchlanish va deformatsiya paydo bo‘ladi. Kuchlanish - sinalayotgan namunaning ko‘ndalang kesim yuzining yuza birligiga to‘g‘ri keladigan yuklanish kattaligidir.

Deformatsiya metallning tashqi kuchlar ta’siridan o‘z shakli va o‘lchamlarini o‘zgartirishidir. Cho‘zilish, siqilish, egilish, buralish, qirqilish deformatsiyalari bo‘ladi. Ular metallni yemiradi, qoldiq deformatsiyalarga yo‘l qo‘ymaslik uchun metallarning mexanik xossalari bilish zarur. Hozirgi zamon sinash usullari bu xossalarning tavsifnomalarini hamda ularning turli mashina va mexanizmlar tayyorlash uchun yaroqliligini aniqlash imkonini beradi.

Metallarning asosiy mexanik xossalarga mustahkamlik, qattqlik, elastiklik, zarbiy qovushqoqlik kiradi.

***Solishtirma elektr qarshiligi:***

$$\rho = \frac{r}{l} \cdot s ; \text{om.m}$$

Bu yerda:  $\rho$  - solishtirma elektr qarshilik, om.m;  $\gamma$  - elektr qarshilik, om;  $s$  - o‘tkazgich ko‘ndalang kesimi, m;  $l$  - o‘tkazgich uzunligi, m.

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

***Metallarning magnit xossalari.*** Metallarning magnit xossalari absolyut magnit singdiruvchanlik yoki magnit doimiysi, ya’ni metallarning magnitlanish xususiyati bilan belgilanadi. Temir, nikel, kobalt va ularning ferromagnit deb ataluvchi qotishmalari yuqori magnit xossalari ega. Magnit xossalari ega bo‘lgan materiallar elektrotexnika apparatlarida va magnitlar tayyorlashda ishlatiladi.

***Issiqlik sig‘imi.*** Metallning issiqlik sig‘imi deb, va qizdirilganda uning muhim miqdordagi issiqlikni yutish xususiyatiga aytiladi. Issiqlik sig‘imi bilan o‘lchanadi. Turli metallarning issiqlik sig‘imi miqdoriga qarab solishtiriladi, Solishtirma issiqlik sig‘imi 1 kg metall haroratini 1 °C ga ko‘tarish uchun kerak



bo'ladigan, katta kaloriyada ifodalangan issiqlik miqdoridir. Metallarning elektr tokini o'tkazish xususiyati ikkita o'zaro qarama-qarshi tavsifnomalar – elektr o'tkazuvchanlik va elektr qarshiligi bilan belgilandi. Tok o'tkazuvchi simlar (mis, alyuminiy) yaxshi elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lishi kerak. Pribor va pechlarning elektr qizdirishlarini tayyorlashda elektr qarshiligi yuqori bo'lgan qotishmalar (nixrom, konstantan) kerak bo'ladi. Metall harorati ko'tarishi bilan uning elektr o'tkazuvchanligi kamayadi, harorat pasayishi bilan esa o'tadi.

$$C = \text{kJ/kg grad} , (\text{kal/g grad})$$

Bu yerda:  $C$  – 1kg metallni  $1^\circ\text{C}$  ga qizdirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori.

**Solishtirma issiqlik o'tgazuvchanligi.** Bu metallning bir-biridan 1sm oraliqda turgan va har birining yuzi  $1\text{m}^2$  dan bo'lgan ikkita maydonga orasida 1 sekund davomida o'tkazadigan issiqlik miqdori.

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

Bu yerda:  $\lambda_1$  - metallning  $t^\circ\text{C}$  dagi issiqlik o'tkazuvchanligi;  $\lambda_2$  - shu metallning normal haroratdagi issiqlik o'tkazuvchanligi;  $\alpha$  - harorat koeffitsiyenti;  $t$  - harorat.

**Metallarning texnologik xossasi.** Metall va qotishmalarning texnologik xossalari sovuq holatda va qizdirilganda ularga ishlov berish xususiyatini xarakterlaydi. Texnologik xossalari ularga u yoki bu ishlov berish usullariga yaroqli ekanligi haqida sifatli ma'lumot beruvchi texnologik namunalarda aniqlanadi.

Asosiy texnologik xossalariga payvandlanuvchanlik, bolg'anuvchanlik, ishlanuvchanlik, quymakorlik xossalari va boshqalar kiradi.

Payvandlanuvchanlik deb, payvandlanadigan sirtlarning plastik yoki suyuq holatgacha qizdirib, ajralmas mustahkam birikmalar hosil qila olish xususiyatiga aytiladi. Kam uglerodli po'lat yaxshi payvandlanadi, cho'yan va rangli metallar esa yomon payvandlanadi. Bu juda muhim xossa hisoblanadi, chunki

payvandlash metall inshootlarni biriktirishda yuqori ish unumi, samaradorlik va puxtalik ta'minlovchi asosiy jarayon hisoblanadi.

Metallning bosim ostida bolg'alanib va prokatlanib ishlanuvchanlik xossasiga ya'ni qizdirilgan holatda yoki sovuqlayin zarb yoki bosim ta'sirida kerakli shaklga kirish xususiyatiga bog'lanuvchanlik deb aytiladi.

Ishlanuvchanlik deb, metallning kesib ishlov berish mumkinlik xossasiga aytiladi.

Bu xossalalar mashinaning ish sharoitiga bog'liq holda maxsus sinovlar o'tkazib aniqlanadi. Eksploatatsion xossalardan eng muhimi yeyilishga chidamlilikdir.

Yeyilishga chidamlilik materialning yeyilishga, ya'ni ishqalanish tufayli buyum tashqi sirtining yemirilishidan o'lcham va shaklini asta-sekin o'zgartirishga qarshilik ko'rsata olish xossasidir. Metallarni yeyilishga sinash laboratoriya sharoitida namunalarda, real eksploatatsiya sharoitida esa detallarda o'tkaziladi. Namunalarni sinashda ishqalanish sharoiti real sharoitiga yaqin qilib olinadi. Namuna yoki detallarning yeyilish kattaligini turli usullar bilan, chunonchi o'lchamlarni o'lchash, namunalarni tortib ko'rish kabi usullar bilan aniqlanadi.

Eksploatatsion xossalarga, sovuqqa bardoshlik, issiqqa bardoshlik, antifriksion xossalalar va boshqalar ham kiradi.

#### **Nazorat savollari:**

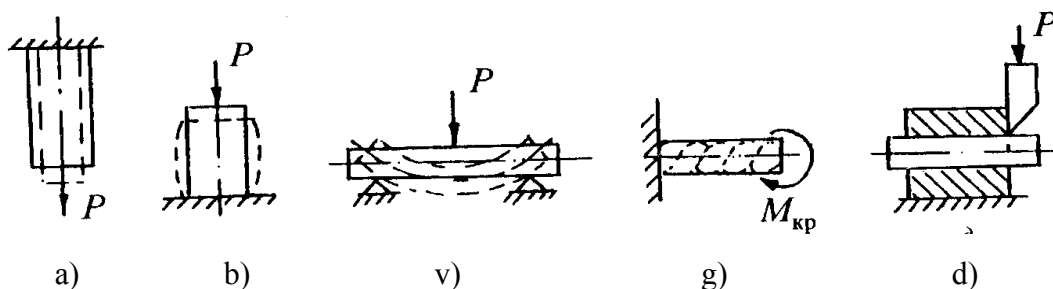
1. Metallarning qanday xossalari bilasiz?
2. Makro- va mikrotahlil qanday amalga oshiriladi?
3. Metallarning fizik xossalari nimalar kiradi?
4. Metallarning zichligi qanday aniqlanadi?
5. Metallarning kimyoviy xossasi deganda nima tushunasiz?
6. Korroziya nima? U qanday xossaga mansub?
7. Metallarning mexanik xossalari qanday aniqlanadi?

## VI. METALL VA QOTISHMALARNING MEXANIK XOSSALARI

### 6.1. Mustahkamlik, qattqlik, zarbiy qovushqoqlik, ishqalanib yeyilishga qarshilik. Mexanik xossalarni aniqlash usullari

**Mustahkamlik** - metallning kuchlar ta'siri ostida yemirilishiga yoki qoldiq deformatsiya paydo bo'lishiga qarshilik ko'rsatish xususiyatidir. Solishtirma mustahkamlik katta ahamiyatga ega, u mustahkamlik chegarasining metall zichligiga nisbati sifatida topiladi. Po'latning mustahkamlik chegarasi aluminiynikidan katta, lekin solishtirma mustahkamligi kichik.

Mashina detallarining ishlash davrida har xil kuchlar ta'sir qiladi (6.1-rasm).



6.1-rasm. Kuchlarni asosiy turlari: a-cho'zuvchi; b-siquvchi; v-eguvchi; g-burovchi; d-qirquvchi

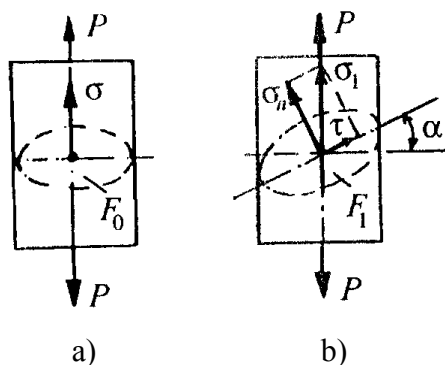
Detallar ushbu kuchlarga bardosh berishi lozim. Tashqi kuchlarga qarshilik ko'rsatish qobiliyati metall va qotishmalarning mexanik xossalari deb ataladi. Vaqtga qarab kuchlar statik, dinamik va o'zgaruvchan tarzda o'tadi. Bir tekisda, kichgina o'zgarish tezligi bilan ta'sir etuvchi kuchga statik kuchlanish deyiladi. Vaqt bo'yicha katta texnik tezlik bilan ta'sir qiluvchi kuchga zarb bilan ta'sir etuvchi kuchlarga dinamik yuklama deyiladi. Ta'sir kuchi o'zgarib turuvchilari o'zgarib turuvchi yuklama deb ataladi. Vaqti-vaqti bilan o'zgarib turuvchi yuklamalar qayta-qayta o'zgaruvchi yoki siklik yuklamalar deyiladi.

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 konstruksiyani (detalni) mustahkamligi hisoblanadi. Masalan, silindrik sterjenni kuchlanishini (mustahkamligini) hisoblab aniqlanadi (6.2-rasm):

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

Bu yerda:  $\sigma$  - kuchlanish,  $P$  - cho‘zuvchi kuch, kg;  $F_0$  - jism ko‘ndalang yuzasi,  $\text{mm}^2$ .



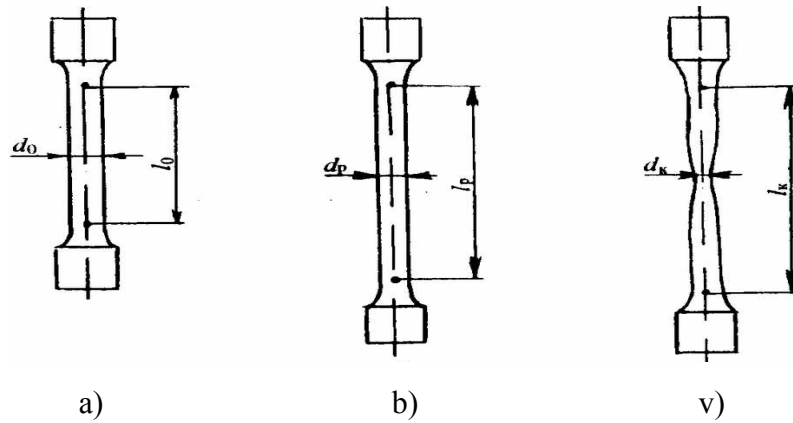
6.2-rasm. Normal va urinma kuchlanishlar sxemasi: a) ko‘ndalang kesim ( $F_0$ ) ga perpendikulyar kuch; b) ko‘ndalang kesim ( $F_1$ ) ga perpendikulyar bo‘lmagan kuch

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

### ***Cho‘zilishga sinash.***

Cho‘zib sinash bilan materialni mexanik xossalari to‘g‘risida to‘la ma’lumot – informatsiya olinadi. Buning uchun maxsus silindrik (ko‘ndalang kesimi doira) yoki yassi (ko‘ndalang kesimi to‘g‘ri to‘rtburchak) namunalari olinadi. Silindrik namunalarning geometrik o‘lchamlari GOST 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;  $F_0$  - namunani hisobiy ko‘ndalang kesimi dastlabki yuzasi. Silindrik namunani dastlabki hisobi uzunligini ( $l_0$ ) dastlabki diametr ( $d_0$ ) ga nisbati, ya’ni  $l_0/d_0$  namunaning karraligi deyiladi. Amalda 2,5; 5 va 100 karralli namunalari ishlatiladi, eng ko‘p ishlatiladigani 5 karralli namunalari.

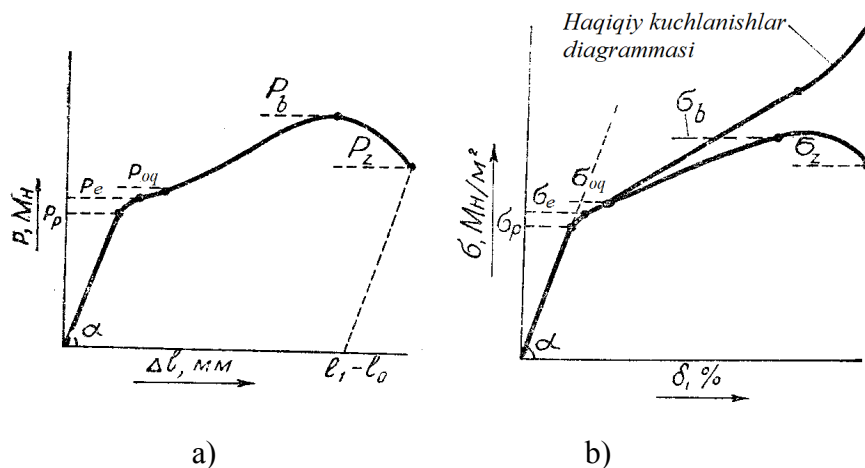
Quyidagi rasmda (6.3-rasm) namunali cho‘zilish davridagi holatlari ko‘rsatilgan.



6.3-rasm. Silindrik namunaning har-xil bosqichlaridagi cho‘zilish sxemasi: a – sinashgacha bo‘lgan namuna ( $l_0$  va  $d_0$  - dastlabki hisobiy uzunlik va diametri); b – eng katta kuchgacha cho‘zilgan namuna. ( $l_p$  - hisobiy uzunlik,  $d_p$  bir tekis deformatsiyalangan joydagi namuna diametri); v – uzilgandan so‘ngi 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 (6.4-rasm).

Metall va qotishmalarning cho'zilishdagi mustahkamligini sinashda ularning elastiklik chegarasi, proporsionallik chegarasi, elastiklik moduli, oquvchanlik chegarasi, mustahkamlik chegarasi, nisbiy uzayishi va nisbiy torayishi (ingichkalanishi) aniqlanadi.



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

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

$$\sigma_e = P_e / F_0, \quad \text{MN/m}^2, \quad (10^{-1} \text{ kgk/mm}^2)$$

Bu yerda:  $P_e$  -elastiklik chegarasiga to'g'ri kelgan yuklama, 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:

$$\sigma_p = P_p / F_0, \quad \text{MN / m}^2, \quad (10^{-1} \text{ kgk/mm}^2)$$

Bu yerda:  $P_p$  -proporsionallik chegarasiga to'g'ri kelgan yuklama, MN hisobida;  $F_0$  -namunaning sinashdan oldingi ko'ndalang kesim yuzi,  $\text{mm}^2$  hisobida.

Cho'zish diagrammasida ordinatalar o'qiga yuklama ( $P$ ) qiymatlar, absissalar o'qiga esa absolyut uzayish ( $\Delta l$ ) qiymatlari qo'yiladi.

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

$$\sigma = E * \delta$$

Bu yerda: ( $\sigma$ - cho'zish vaqtidagi normal kuchlanish; ( $\delta$ - nisbiy uzayish;  $E$  - proporsionallik koeffitsiyenti (elastiklik moduli).

Yuqoridagi munosabatdan elastiklik modulini topamiz:

$$E = \sigma / \delta = (\sigma * l_0) / \Delta l, \quad \text{MN/m}^2, \quad (10^{-1} \text{ kgk/mm}^2).$$

Proporsionallik chegarasiga namunada faqat elastik deformatsiya sodir bo'ladi. Agar yuklama olinsa, namuna dastlabki holatiga qaytadi. Yuklama  $P_p$  qiymatidan oshirilsa, namunaning uzayishi bilan kuchlanish orasidagi proporsionallik buzilib, namunada qoldiq deformatsiya paydo bo'ladi. Namunada ana shunday qoldiq deformatsiya hosil qiladigan yuklama elastiklik

chegarasi yuklamasi ( $P_e$ ) deb ataladi. Elastiklik chegarasida qoldiq deformatsiya qiymati juda kichik (namuna dastlabki uzunligining 0,005 foizigacha) bo'lganligidan  $P_e$  yuklama  $P_p$  yuklamaga juda yaqin turadi.

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

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

$$\sigma_{oq} = P_{oq} / F_0, \text{ MN/m}^2, (10^{-1} \text{ kgk/mm}^2)$$

Bu yerda:  $P_{oq}$  -oquvchanlik chegarasidagi yuklama, 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:

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

Bu yerda:  $P_{0,2}$  -namunaning qoldiq uzayishi dastlabki uzunligining 0,2 foiziga teng bo'lgan paytga to'g'ri keluvchi yuklama, 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 yuklama mustahkamlik chegarasidagi yuklama deb ataladi va  $P_b$  bilan belgilanadi. Yuklama  $P_b$  qiymatiga

yetgach namunada bo'yin hosil bo'la boshlaydi, buning natijasida yuklama pasaya boradi. Nihoyat, yuklamaning qiymati  $P_z$  ga tushganda namuna uziladi. Yuklamaning ana shu qiymati ( $P_z$ ) namunaning uzilish paytidagi yuklama deb ataladi.

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

$$\sigma_b = P_b / F_0 \quad , \quad \text{MN/M}^2 \quad , \quad (10^{-1} \text{ kgk/mm}^2),$$

Bu yerda:  $P_b$  -namunaga ta'sir etgan eng katta yuklama, MN hisobida;  $F_0$  -namunaning yuklama ta'sir ettirilishida oldingi ko'ndalang kesim yuzi,  $\text{m}^2$  hisobida.

Binobarin,  $P_z / F \cdot \delta$  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:

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

Bu yerda:  $\delta$  - 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:

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

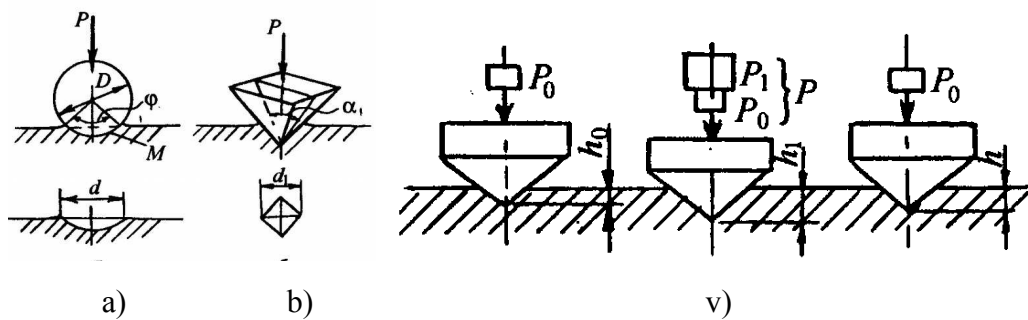
Bu yerda:  $\varphi$ -namunaning nisbiy torayishi, % hisobida;  $F_0$ -namuna ko'ndalang kesimning sinashdan oldingi yuzi;  $F_b$ -uning (bo'yinning) sinashdan keyingi yuzi.

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



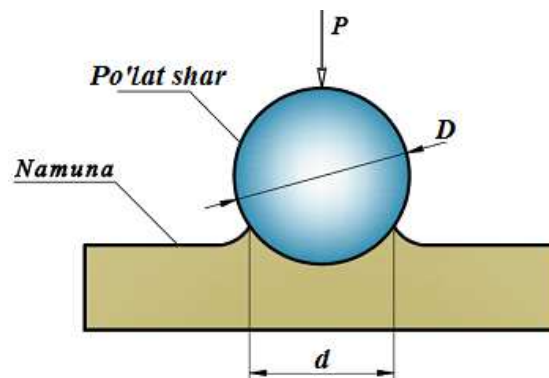
## Materiallarning qattiqligi

Materiallarni qattiqligi bu uni yuzasiga botirilayotgan qattiq jism – indikatoriga ko‘rsatilayotgan qarshiligidir. Indikator sifatida toblangan po‘lat sharcha yoki konus yoki piramida shaklidagi olmosli uchlik qabul qilinadi. Brinell usulida namuna yuzasiga po‘lat sharcha 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 (6.5-rasm).



6.5-rasm. Qattqlikni sinash usullari sxemalari. a-Brinell usuli, b-Vickers usuli, v-Rokvell usuli

**Brinell usuli.** GOST 9012-59 bo‘yicha namuna yuzasiga toblangan po‘lat shar botiriladi: shar diametri 10, 5 yoki 2,5mm bo‘ladi. Botirilayotgan kuch 50N dan 30000N gacha ( $P$ ). Kuch olingach namuna yuzasida sferik chuqurcha hosil bo‘ladi: chuqurcha diametri  $d$  va u maxsus lupa yordamida o‘lchanadi. Brinell usuli bo‘yicha qattqlik quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi. Bu usulda o‘lchov birligi yozilmaydi.



6.6-rasm. Brinell usuli bo‘yicha qattqlikni aniqlash sxemasi.

Metallning Brinell bo'yicha qattiqligi (HB) sharchani metallga bosuvchi kuch(P)ning shu kuch ta'siridan sinaluvchi metall sirtida hosil bo'lgan sharcha izining yuziga (F) nisbati bilan aniqlanadi (6.6-rasm).

$$HB = \frac{P}{F}, \quad (1)$$

Agar sharchaning metall yuzasida qoldirgan izining yuzini sharcha diametri (D) va iz chuqurligi (h) orqali ifodalasak, unda izning yuzi quyidagicha bo'ladi.

$$F = \pi Dh$$

Izning chuqurligini o'lchash qiyin bo'lganligi sababli, F quyidagi formuladan topiladi:

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

U holda (1) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

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

Bu yerda: D - toblangan shar diametri, mm; d - qolgan izning diametri, mm; P-kuch, N (kgk).

Amalda bunaqa hisoblab o'tirilmaydi. Qo'yilgan kuch va iz dimetriga to'g'ri keladigan qattiqlik miqdori jadvalda oldindan tayyorlanganadi va unga qarab qattiqlik aniqlanadi. Albatta, iz qancha kichik bo'lsa, qattiqlik shuncha ko'p.

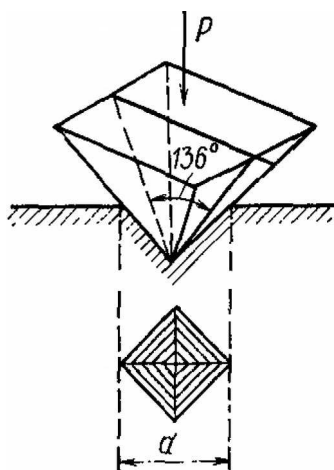
Brinell usulida asosan kichik va o'rta qattiqlikdagi materiallar qattiqligi aniqlanadi: po'latlar uchun  $\leq 450HB$ ; rangli metallar uchun  $\leq 200HB$ . Vaqtincha qarshililik bilan qattiqlik HB o'rtasida bog'lanish munosabati o'rnatilgan.

**Vickers usuli.** Bu usulda GOST 2999-75 bo'yicha namuna yuzasiga cho'qqisi  $136^\circ$  burchakli to'rt qirrali olmos piramida botiriladi. Qolgan iz kvadrat shaklida bo'ladi. Sinash paytida 50 dan 1000 N gacha bo'lgan yuklamalardan foydalaniladi. (6.7-rasm)

Kvadratning diagonali o'lchanadi va qattqlik quyidagicha formula bo'yicha aniqlanadi.

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2}, \text{ MPa}$$

bu yerda: P - kuch, N; d - kvadrat diagonali, mm.



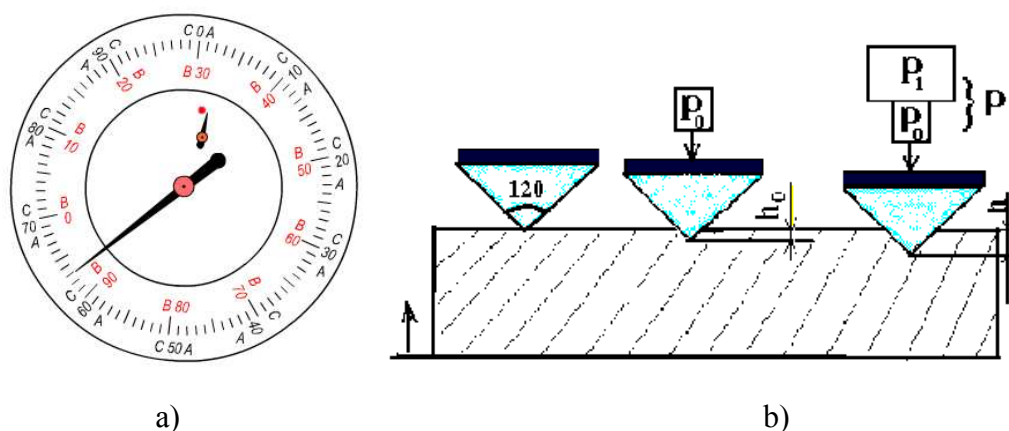
6.7-rasm. Vickers usulida qattqlikka sinash.

Amalda tanlangan kuch va o'lchangan diagonal bo'yicha oldindan tayyorlab qo'yilgan jadval bo'yicha qattqlik aniqlanadi. Vickers usuli asosan yuqori qattqlikdagi materiallar uchun qo'llaniladi: ko'ndalang kesimi kichik va yupqa detallar uchun. Qo'yiladigan kuch qoida bo'yicha 10, 30, 50, 100, 200, 500 N ga teng.

Qattqligi 450 HB gacha bo'lgan materiallar uchun qattqlik raqamlari Brinell va Vikkere usullari uchun bir xil.

**Rokvell usuli.** GOST 9013-59 bo'yicha bu usul o'tkaziladi. Ancha universal va kam mehnat sarf usuli. Qattiq kattaligi to'g'ridan – to'g'ri qattqlikni o'lchash shkalasi ko'rsatadi; izni o'lchash hojati yo'q. Cho'qqisidagi

burchak  $120^\circ$  olmosli uchlik botiriladi, yoki po‘lat shar diametri 1,588mm. (6.8-rasm a,b.)



6.8-rasm. Qattiqlikka aniqlashning Rokvell usuli.

Quyidagilar kuchni uchlikning materialliga qarab tanlanadi. Pribor uchta o‘lchov shkalasiga ega: A; B; C. Qattiqlikni tanlangan shkala bo‘yicha ifodalanadi. Masalan: 70HRA, 58HRC, 50HRB.

Shkala A – uchlik olmosli uchlik, kuch 600N. Bu shkala alohida qattiq materiallar uchun qo‘llaniladi. Yupqa list materiallar uchun yoki yupqa qatlamlar (0,5-1,0mm) ishlatiladi. Bu shkala bo‘yicha qattiqlikning chegarasi 70-85 dir va HRA bilan belgilanadi.

Shkala B - uchlik po‘lat shar, umumiy kuch 1000 N. Nisbatan yumshoq materiallar qattiqligi o‘lchanadi  $<400$  HB. Bu shkala bo‘yicha o‘lchash chegarasi 25-100.

Rokvell bo‘yicha o‘lchangan qattiqlik raqamlari bilan Brinell va Vickers usullarida o‘lchangan qattiqlik raqamlari orasida bog‘lanish munosabatlari yo‘q.

Shkala C – uchlik olmosli konus, umumiy kuch 1500 N. Bu usul qattiqligi  $>450$  HB materiallarga qo‘llaniladi. Masalan, toblangan po‘latning qattiqlikni o‘lchash chegarasi 20-67 (6.1-jadval).

Sinalayotgan namunaga yuk ketma-ket ikki bosqichda ta’sir ettiriladi.

$$e = \frac{h - h_0}{0,002}$$

Birinchi bosqichda ta'sir ettiriladigan yuk (dastlabki yuk  $-P_0$ ) doimo 100N, ikkinchi bosqichda ta'sir ettiriladigan yuk (asosiy yuk  $-P_1$ ) esa toblangan po'lat shar (HRB) bo'lganda 900N ga, olmos konus bo'lganda esa (HRA)  $P_1=500$  va (HRC)  $P_1=1400N$  ga teng bo'ladi.

Umumiy yuk ( $P_0$ ) va ( $P_1$ ) larning yig'indisiga teng, ya'ni:

$$P = P_0 + P_1$$

Namunaning qattiqligi namunaga asosiy yuk ( $P_1$ ) ta'sir ettirilganda hosil bo'lgan iz chuqurligi ( $h$ ) va dastlabki yuk ( $P_0$ ) ta'sir ettirilganda hosil bo'lgan iz chuqurligi ( $h_0$ ) ning ayirmasidan topiladi.

Namunaning qalinligi uchlikning namunadan asosiy yuk ( $P_1$ ) olingandan keyin botgan chuqurligidan kamida 8 marta katta bo'lishi lozim. Yuzada esa kir, moy, zanglar bo'lmay, tekis bo'lishi kerak.

GOST 9013-59 ga muvofiq materiallarning qattiqligi Rokvell usuli bilan aniqlanganda quyidagi formuladan foydalaniladi:

A va C shkalalarida o'lchanganda:

$$HRA = 100 - e \quad \text{va} \quad HRC = 100 - e$$

B shkalasi bo'yicha o'lchangan:

$$HRB = 130 - e$$

Formuladagi  $e$ -olmos uchlik qoldirgan izining chuqurligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$e = \frac{h - h_0}{0,002}$$

$h_0$  - olmos konus izining materialga dastlabki ( $P_0$ ) yuk berilgandagi chuqurligi, mm;  $h$  - konus izining materialga umumiy yuk ( $P$ ) berilgandagi chuqurligi, mm;

Demak umumiy holda:

$$HRB = 130 - \frac{h - h_0}{0,002} \quad \text{HRA(HRC)} = 100 - \frac{h - h_0}{0,002}$$

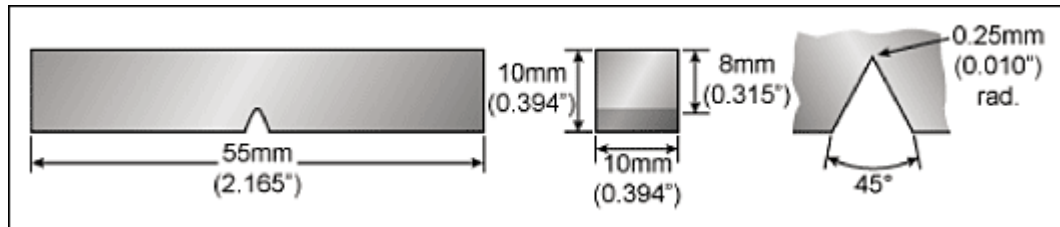
Turli xil usullarda aniqlangan qattqlik qiymati bilan cho‘zilishdagi  
mustahkamlik chegarasi orasidagi bog‘liqlik

Brinell usulida aniqlangan kattalik, HB		Rokvell usulida aniqlangan kattalik, HR			Vickers usulida aniqlangan qattqlik, HV
Qoldirgan iz diametri	Qattqlik qiymati	C	A	B	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
2,75	4650	50	76	-	5510
2,80	4770	49	76	-	5340
2,85	4610	48	75	-	5020
2,90	4440	46	74	-	4730
2,95	4290	45	73	-	4000
3,00	4150	44	72	-	4350
3,02	4090	43	72	-	4230
3,05	4010	42	71	-	4120
3,10	3880	41	71	-	4010
3,15	3750	40	70	-	3900
3,20	3630	39	70	-	3800
3,25	3520	38	69	-	3610
3,30	3410	37	68	-	3440
3,35	3310	36	68	-	3350
3,40	3210	35	67	-	3200
3,45	3110	34	67	-	3120
3,50	3020	33	67	-	3050
3,55	2930	31	66	-	2910
3,60	2860	30	66	-	2850
3,65	2770	29	65	-	2780
3,70	2690	28	65	-	2720
3,75	2680	27	64	-	2610
3,80	2550	26	64	-	2550
3,85	2480	25	63	-	2500
3,90	2410	24	63	100	2400
3,95	2350	23	62	99	2350
4,00	2280	22	62	98	2260
4,05	2230	21	61	97	2210
4,10	2170	20	61	97	2170
4,15	2120	19	60	96	2130
4,20	2070	18	60	95	2090

### ***Materiallarni zarbiy qovushqoqligi.***

**Zarbiy qovushqoqlik** - metallning dinamik kuchlar ta'siridan yemirilishiga qarshilik ko'rsatish xossasidir. Mashina detallari ishlash davrida dinamik kuchlanshga 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.

GOST 9454-78 bo'yicha namuna yasaladi. Har - xil ariqchali namunalar tayyorlanadi. Eng ko'p tarqalgani U - shaklli va V-shaklli ariqchalardir (6.9-rasm).

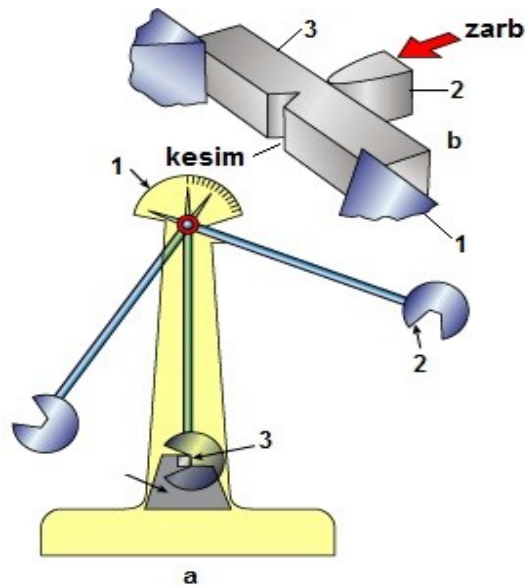


a)

b)

6.9-rasm. Zarbiy qovushqoqlikni sinash uchun namunalar: a - U simon shaklli ariqchali;  
b - V simon shakli

Sinash tajribalarin mayatnikli kopyorda («Sharli asbobi»da) olib boriladi (6.10-rasm).



6.10-rasm. Zarbiy qovushqoqlikni sinash sxemasi: a – mayatnikli kopyor sxemasi; b – namunani kopyorga o'rnatilishi; 1-korpus; 2-mayatnik; 3-namuna

Standart namuna kopyor tayanchlariga simmetrik qilib andaza yordamida oʻrnatiladi. Mayatnikni koʻtarib ( $h_1$ ), qoʻyib yuborib, mayatnik tigʻi bilan namunaga zarb berib uni sindiradi. Kopyor namunani sindirib  $h_2$  balandlikka koʻtariladi. Namunani sindirish uchun sarflangan ish ( $K$ , MDj) quyidagicha aniqlanadi:  $K = G(h_1 - h_2)$  MDj. bu yerda  $G$  – mayatnik ogʻirligi,  $h$  – tajriba oldidan mayatnikni koʻtarish balandligi;  $h_2$  - mayatnikni sinovdan keyingi koʻtarilgan balandligi.

Zarbiy qovushqoqlik  $KC$ , MDj/m<sup>2</sup> deb belgilanadi va bajarilgan ishni ( $K$  ni) singan ariqcha koʻndalang yuzasi ( $F$ ) ga nisbati orqali aniqlanadi.

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

Agar namuna ariqchasi U shaklda boʻlsa zarbiy qovushqoqlik  $KCU$  deb belgilanadi, agar V shaklli boʻlsa,  $KCV$  deb belgilanadi.

#### **Nazorat savollari:**

1. Metallarning qanday xossalarini bilasiz?
2. Makro- va mikrotahlil qanday amalra oshiriladi?
3. Metallarning fizik xossalariga nimalar kiradi?
4. Metallarning texnologik xossalarini izohlang.
5. Payvandlanuvchanlik qanday xossaga mansub?
6. Mustahkamlik deganda nima tushunasiz?
7. Metallarning qattiqligini aniqlashning qanday usullarini bilasiz?
8. Qattiqlikni aniqlashda qanday ulchliklardan foydalaniladi?
9. Cho'zilishga sinash qanday amalga oshiriladi?
10. Metallarning zarbiy qovushqoqligi qanday aniqlanadi?
11. Metallarning yoyiluvchanligiga izohlang.



## VII. TEMIR UGLEROD QOTISHMALARI

### 7.1. Temir-uglerod holat diagrammasi

Tizim holatining haroratga va konsentratsiyasiga qarab o'zgarishini ko'rsatuvchi diagrammaga holat diagrammasi deb ataladi.

Tizim bir tashkil etuvchidan iborat bo'lsa - bir komponentli bo'lsa, uning holat diagrammasi bir to'g'ri chiziq – harorat o'qi bilan ifodalanadi. O'qdagi nuqtalar tizimni muvozanat haroratini ko'rsatadi. Ikki komponentli tizimda absissalar o'qining har bir nuqtasi har qaysi komponentning ma'lum bir miqdoriga to'g'ri keladi.

Mashinasozlikda sof metallardan foydalanish nihoyatda cheklangan. Hamma vaqt ham ular samarali va kerakli xossalarga ega bo'lavermaydi. Metallar hamma vaqt ham bir yo'la bir necha kerakli xossaga, masalan, ham qattqlik, ham plastiklikka ega bo'lmaydi.

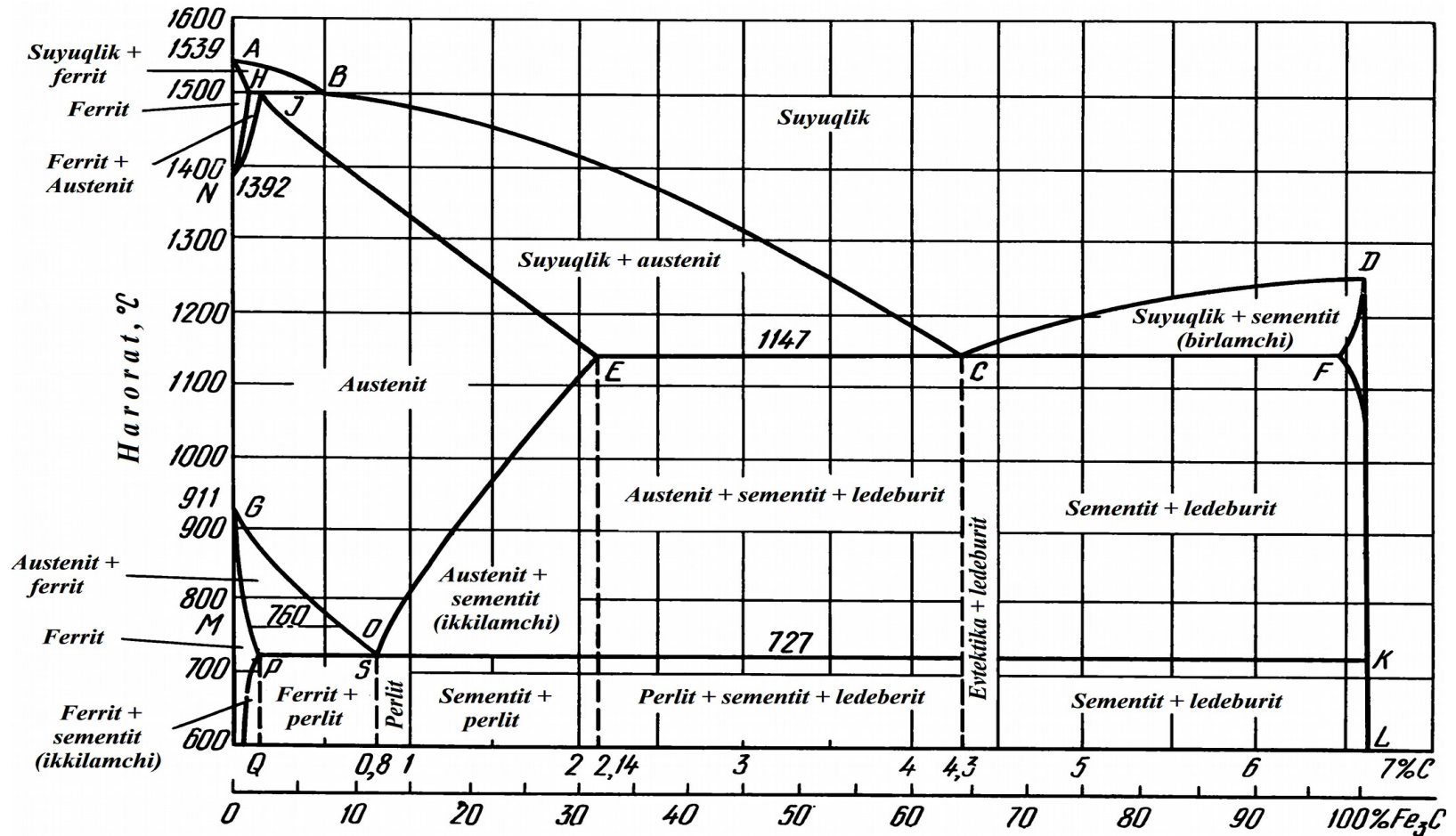
Qotishmalarning holat diagrammasi deb, qotishmalarning holatini harorat va kimyoviy tarkibiga qarab o'zgarishini ko'rsatuvchi chizma tasavvuriga (grafikka) aytiladi. Bunday grafiklar asosan termik tahlil yordamida tuziladi. Holat diagrammasi qotishmalar nazariyasining muhim qismini tashkil etadi.

Holat diagrammalari muvozanat holatlar uchun ya'ni juda kichik tezlikda yoki uzoq vaqt qizdirilganda qotishma erishadigan holat uchun quriladi. Ko'pincha bu diagramma muvozanat diagrammasi deb ham ataladi, chunki u ayni sharoitda (ma'lum harorat va ma'lum miqdorda) qanday fazalar muvozanatda turganligini ko'rsatadi.

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 tuzilishi to'g'risida to'liqma'lumot beradi. Temir-uglerod (Fe-C) qotishmalarni va termik ishlov berish jarayonlarini o'rganish 1868-yilda e'lon qilingan D.K.Chernovning maqolasi bilan boshlanadi. D.K.Chernov birinchi bo'lib, po'latda kritik nuqtalar borligini ko'rsatdi va temir-sementit

diagrammasi haqida dastlabki tushunchani berdi. Keyinchalik temir-uglerodli qotishmalarni o'rganishga hamda temir-uglerod diagrammalarini tahlil qilishga F.Osmond, Le Shatal'e (Fransiya), R.Austen (Angliya), A.A.Baykov va N.T.Gudsov (Rossiya), Rozen Baum (Gollandiya), P.Gerens (Germaniya) va boshqalarning ishlari bag'ishlandi (7.1-rasm).

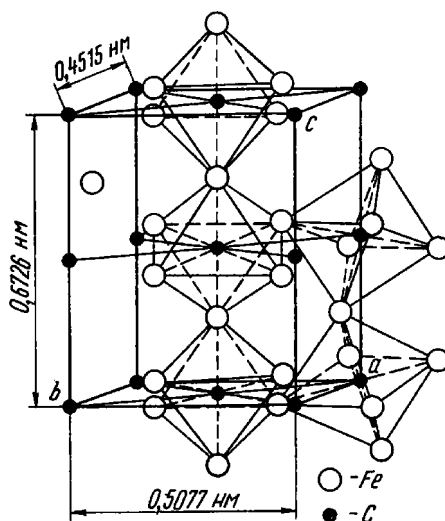
7.2. Po'lat, cho'yanlarning komponentlari, fazalari va strukturasi tashkil qiluvchilar, ularning hosil bo'lish sharoitlari, xossalari va ta'riflari



7.1-rasm. Temir-uglerod holat diagrammasi

**Austenit** (A yoki  $\gamma\text{Fe}$ ) - uglerodning  $\gamma$  - temirga singdirilgan qattiq eritmasi. U temir-uglerodli qotishmalarda, faqat yuqori haroratlardagina mavjud bo'la oladi. Uglerodning  $\gamma$  - temirdagi eng ko'p eruvchanligi  $1147^{\circ}\text{C}$  da bo'lib, 2,14% ga teng.  $727^{\circ}\text{C}$  da esa 0,8 % ga teng. Bu harorat Fe-C li qotishmalarda austenitning barqaror mavjud bo'lishligini pastki chegarasidir. Austenitning qattiqligi  $\text{HB}=160-200$  va mustahkamligi  $\sigma_v = 370-450$  MPa, plastikligi juda yuqori  $\delta=40-50\%$ . Austenit yoqlari markazlashgan kub kristall panjaradan iborat bo'lgan faza hisoblanadi.

**Sementit** (S) - temirning uglerod bilan kimyoviy birikmasi (temir karbidi  $\text{Fe}_3\text{C}$ ). Sementitda 6,67% uglerod bor. Uning suyuqlanish harorati  $1600^{\circ}\text{C}$  atrofida. Juda qattiq  $\text{HB}=800$  va mo'rt, amalda umuman plastik emas. Sementit murakkab kristall panjaraga ega (7.2-rasm).



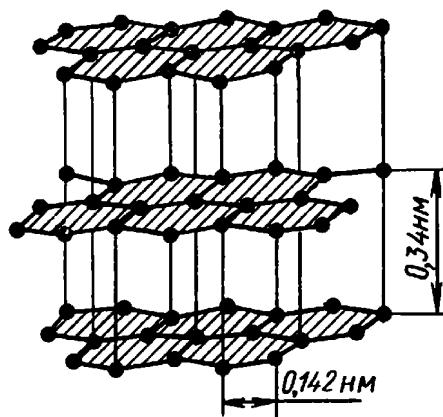
7.2-rasm. Sementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) strukturasi sxemasi

Sementit barqaror bo'lmay, ma'lum sharoitlarda  $\text{Fe}_3\text{C} \rightarrow 3\text{Fe} + \text{C}$  reaksiya bo'yicha grafit ko'rinishda erkin uglerod ajralib parchalanadi. Ikkilamchi sementit deb qotishmadan ajralib chiqadigan birlamchi sementitdan farqli ravishda, qattiq eritmadan ajralib chiqadigan sementitga aytiladi .

**Grafit** (G). Bu erkin uglerod bo'lib, u yumshoq ( $\text{HB}=3$ ). Grafit aralashmalarining shakli o'zgarish bilan qotishmaning mexanik va texnologik

xossalari ham o'zgaradi. Temir-uglerodli po'latlarda erkin holatda ajralib chiqadi.

Geksogonal kristall panjaraga ega, tok o'tkazadi, yumshoq, mustahkamligi past (7.3-rasm).

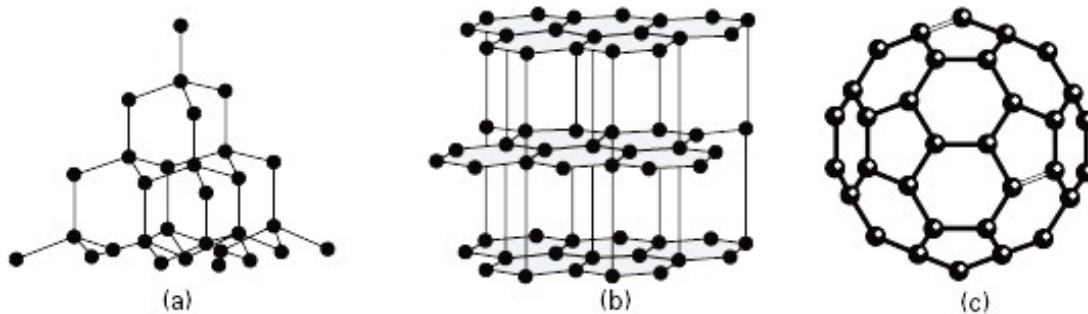


7.3-rasm. Grafit strukturasi sxemasi.

**Ledeburit (L)** - tarkibida 4,3% uglerod bo'lgan austenit va sementitning mexanik aralashmasi (evtektika). Ledeburit suyuq qotishmaning  $1147^{\circ}\text{C}$  haroratda qotishidan hosil bo'ladi. Uning qattiqligi HB 600-700 ga teng, juda mo'rt.  $727^{\circ}\text{C}$  haroratda austenit perlitga aylanganligidan, bu o'zgarish ledeburit tarkibiga kiruvchi austenitni ham qamrab oladi. Buning natijasida  $727^{\circ}\text{C}$  haroratda ledeburit austenitning sementit bilan aralashmasi emas, balki perlitning sementit bilan aralashmasidan iborat bo'ladi.

Diagramma toza temirdan sementitgacha (6,67% C) bo'lgan miqdorli qotishmalarning faza tarkibi va strukturasi ko'rsatadi. Tarkibida 0,02 dan 2,14% gacha uglerod bo'lgan qotishmalar po'lat deb, 2,14 dan 6,67% gacha uglerod bo'lgan qotishmalarga cho'yanlar deb ataladi.

Odatda, uglerod uch xil modifikatsiyada mavjud. Grafit, olmos va fulleren (7.4-rasm).



7.4-rasm. Uglerod (C) strukturalari sxemasi: a) olmos; b) grafit; c) fulleren (C<sub>60</sub>).

### Nazorat savollari:

1. Holat diagramma deb qanday diagrammaga aytiladi?
2. Qotishma deb nimaga aytiladi?
3. Faza nima va u qanday tarkibga ega?
4. Sistema nima va u nimalardan tashkil topgan?
5. Qotishmalar qanday holatlarda uchraydi?
6. Fe-C holat diagrammasiga kimlar asos solgan?
7. Fe-C holat diagrammasida qanday fazalarni bilasiz?
8. Fe-C holat diagrammasida qanday strukturalar mavjud?
9. Ferrit nima?
10. Perlit fazami yoki struktura?
11. Austenit nima?
12. Sementit nima?
13. Ledeburit nima?
14. Uglerodning qanday modifikatsiyalarini bilasiz?

## VIII BOB. PO‘LAT VA CHO‘YANLAR, ULARNING TASNIFI, MARKALANISHI

### 8.1. Uglerod va boshqa doimiy qo‘shimchalarning po‘latning xossalariga ta’siri

Qora metalurgiyaning 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‘shimchalarni bir qismi ishlab chiqarish texnologiyasi bilan bog‘liq (marganes, kremniy). Qo‘shimchalarni ba’zilarini metall tarkibidan to‘la chiqarib tashlash mumkin emas (oltingurgurt, fosfor, kislorod, azot, vodorod). Tasodifan kirib qoladigan qo‘shimchalar ham mavjud: xrom, nikel, mis. Bulardan tashqari nometall materiallar ham kirib qolishi mumkin.

Doimiy qo‘shimchalarga po‘latni olish davrida hosil bo‘ladigan, quyish davrida hosil bo‘ladigan, dastlabki materiallardan (yoqilg‘idan, pech qoplama) – “futerovka” sidan, atmosferadan) qo‘shimchalar kiradi.

**Marganes**ning 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 kiritiladi.

**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 va muqarrar.

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

Doimiy qo‘shimchalarga fosfor va oltingurgurt 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‘latni plastikligini pasaytirib, yetarli darajada mo‘rtligini oshiradi. Shuning uchun po‘lat tarkibida fosfor miqdori 0,01-0,07% chegarasida bo‘lishi lozim.

**Oltinurgurt** temir rudasida va metallurgik yoqilgi 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 donalar chegarasida joylashadi va po‘latni mustahkamligi va plastikligini ancha pasaytiradi. O‘z navbatida po‘latni issiq holda ( $800-1200^{\circ}\text{C}$ ) texnologik ishlashda issiq darz ketishga olib keladi. Oltinurgurt po‘latni mo‘rtlashishga olib keladi. Shuning uchun po‘latdagi oltingurgurt miqdori qattiq nazorat qilinadi. Ma’sul detallar uchun uning miqdori 0,03-0,04% dan ortishi kerak emas.

Xulosa qilib aytganda, marganes va kremniy po‘latni mexanik xossalariga qaysidir darajada yaxshi ta‘sir qiladi; fosfor bilan oltingurgurt esa yomon ta‘sir qiladi va juda zararli hisoblanadi.

Po‘latni eritish va quyish davrida unga tashqi muhitdan havodan kislorod, vodorod, azot va boshqa gazlar kirib qoladi.

**Kislorod** temir kristall panjarasida erimaydi; shuning uchun temir oksidda FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ko‘rinishida turadi. Bu metall emas qo‘shimchalar po‘latni plastiklik va mustahkamlik xossalarini pasaytiradi.

**Azot** juda kam miqdorda ferritda erish qobiliyati bor; bu bilan uni mustahkamlab, bir vaqtning o‘zida mo‘rtlashtiradi.

Po‘latni eritish davrida unga vodorod kirib qoladi, unda eriydi, harorat pasaygani sari undan chiqadi (temir bilan gidridlar hosil qilmagani uchun). Qolgan ba’zi miqdorlar po‘latni mo‘rtlashtiradi. Bu erimagan vodorod po‘latda «floklenlar» (mikroyoqriqlik darzlar) hosil qiladi. Albatta, bu po‘lat



mustahkamligini pasaytiradi va buni konstruksion material sifatida ishlatib bo'lmaydi.

**Po'lat xossasiga uglerodning ta'siri.** Uglerod bu po'latning asosiy elementi va uning tarkibiga atayin kiritiladi. Uglerod miqdori ortishi bilan po'latning mustahkamligi ancha ortadi. Kam uglerodli po'latlar tarkibida uglerod miqdori 0,25% gacha bo'ladi Bu po'latlar yetarli yumshoq, plastik, issiq va sovuq holatda yaxshi deformatsiyalanadi.

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

Yuqori uglerodli po'latlar tarkibida uglerod 0,6-1,4% bo'ladi; buni hisobiga yuqori qattqlikka va juda past plastiklikka 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 sementitni ko'payishiga olib keladi. Bu degani po'lat mustahkamligi va qattqligi ortib, plastiklik va qovushqoqlik pasayadi degani.

## **8.2. Uglerodli po'latlarning turlari va markalanishi**

Po'lat deb, tarkibida 0,025% dan 2,14% gacha uglerod bo'lgan Fe-C qotishmasiga aytiladi. Uglerodli po'latlar quyidagi asosiy mezonlar bo'yicha quyidagi guruhlarga bo'linadi:

1. Po'lat tarkibidagi uglerod miqdoriga qarab:

- a) kam uglerodli :  $C < 0,3\%$ ;
- b) o'rta uglerodli  $C = 0,3 \div 0,7 \%$  ;
- v) yuqori- ko'p uglerodli  $C > 0,7\%$ .

2. Vazifasiga qarab: a) konstruksion; b) asbobsozlik. Konstruksion po'latlarni ishlatilish joyi juda keng: qurilish inshootlari, mashina detallari, truba, 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'zini alohida talabini ham qo'yish mumkin. (qo'yilgan talab va ishlab chiqarish sharoitiga qarab). Shu nuqtai 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 qattqlik; ishqalanib yeyilishga qarshilik, issiqqa bardoshlik va h.k. Asbobsozlik po'latlari qirqib ishlash asboblari uchun, shtamplar uchun, o'lchov asboblari uchun ishlatiladi.

3. Sifatiga qarab: a) oddiy sifatli b) sifatli v) yuqori sifatli. Po'latlarni sifati ularning kimyoviy tarkibini bir xilligi, qurilishini bir xilligi, xossalarini turg'un va bir xilligi, texnologikligi bilan belgilanadi. Bularni o'zi ko'p jihatdan po'latdagi gazlarning (kislorod, vodorot, azot) mavjudligi va zararli qo'shimchalarini (oltingurgut va fosfor) 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 darajasiga qarab va qotish xarakteriga qarab: a) to'la qaytarilgan – «СП» («спокойный»); b) chala qaytarilgan – «ПС» («полуспокойный») ; v) qaytarilmagan – «КП» («кипящий»).

Po'latni qaytarish - bu suyuq metall tarkibidan kislorodni yo'qotish jarayonidir, ya'ni FeO dan kislorodni yo'qotib Fe ni olishdir. Bundan maqsad issiq deforsiyalashda mo'rt sinishni oldini olishdir.

«СП» po'latlarni kremniy va alyuminiy bilan qaytaradi; kislorodi kam; qotganda osongina gaz chiqarmasdan qotadi. «КП» po'latlari marganes bilan qaytariladi; kislorodi ko'p; qotayotganda uglerod bilan birikib, CO ko'rinishda ishlab chiqadi. CO pufakchalarining ajralib chiqishi huddi, po'lat qaynayotganday tuyiladi. «ПС» po'latlari СП bilan КП o'rtasida.

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

Doimiy qo‘shimchalarga po‘latni olish davrida hosil bo‘ladigan ; kuyish davrida hosil bo‘ladigan; dastlabki materiallardan (yoqilg‘idan, pechni qoplamasi – «futerovka» sidan, atmosferadan) qo‘shimchalar kiradi.

Marganesning ferritda erishi metall bog‘lanishi 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‘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-ferrosilitsey tarkibida ham kremniy bo‘ladi. Shuning uchun po‘lat tarkibida kremniyning bo‘lishi bu texnologik majburiy va muqarrar.

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

***Oddiy sifatli po‘latlar*** (GOST 380-90) prokat ko‘rinishida chiqariladi. (prutok, balka, list, ugolok, truba, shviller va h.k.) Xossalari va ishlatish sohasiga qarab oddiy sifatli po‘latlar uch guruhga bo‘linadi: A. B. V.

Belgilanishi:, birinchi harf «СТ» deb yozilib 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.

«A» guruh po‘latlarini mexanik xossalari kafolatlangan qilib ishlab chiqariladi, kimyoviy tarkibi ko‘rsatilmaydi. Bu po‘latdan issiqdan deformatsiyalanmaydigan mahsulotlar, metall konstruksiyalar yasaladi.

«B» guruh po‘latlarini kimyoviy tarkibi kafolatlangan- garantiyalangan bo‘ladi, mexanik xossalari kafolatlanmagan-garantiyalanmagan. Bu po‘latlar issiq holda deformatsiyalanadi: bolg‘anadi, payvandlanadi, termik ishlanadi.

«V» guruh po‘latlarini mexanikaviy xossalari ham, kimyoviy tarkibi ham kafolatlanadi. Albatta qimmatliroq, mas’ul detallar uchun ishlatiladi.

Oddiy sifatli po‘latlarini kamchiliklariga uning sovuqdan darz ketishiga moyilligidir. Ayniqsa, Sibir va uzoq shimol sharoitida payvandlangan konstruksiyalarning yetarli mustahkam emasligi. O‘zi mexanik xossalari past. Bu kamchiliklarni termik mustahkamlab hamda kam legirlangan po‘latlarni qo‘llash bilan hal qilish mumkin.

**Uglerodli sifatli po‘latlar** tarkibida oddiy sifatli po‘latlarga nisbatan zararli qo‘shimchalar va metallmas qo‘shimchalar ancha kam. Sanoatda bu po‘latlar prokat, pokovka, har xil profillar mexanik xossalari va kimyoviy tarkibi garantiyalangan holda.

Uglerodli sifatli po‘latlar GOST 1060-88 bo‘yicha ishlab chiqariladi: oltingurgurt va fosfor har birining miqdori 0,03-0,04% ortishi kerak emas. Belgilanishi - markalanishi: ikkita raqam bilan belgilanadi : 05; 08; 10; 15; 20...75; 80; 85; bu raqamlar uglerod miqdori 100 dan bir ulushda ko‘rsatiladi. Masalan, Сталь20 po‘latda C=0,20%, Сталь75 да C=0,75% бор.

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

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

**Yuqori uglerodli po‘latlar** Сталь60, 65, 70, 75, 80 va 85, hamda marganesi ko‘p bo‘lgan po‘latlar 60Г4 65Г; 70Г; purujina, resor, yuqori puxtalikdagi simlar ishlab chiqarishda ishlatiladi. Bular toblanadi, o‘rta bo‘shatiladi. Qoniqarli qovushqoq, yaxshi chidamli,  $\sigma_b > 800\text{MPa}$  li po‘lat bo‘ladi.

**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 metallmas qo‘shimchalarni tarkibini

o'zgartiradi. Avtomatli po'latlarni kimyoviy tarkibi GOST 1414-75 bilan markalangan. Markalanishi: A11; A12; A20; A30; A40Г; AC14; A35E; A-avtomatli degani; raqamlar: 11, 12, 20, va h.k. uglerod miqdorini yuzdan bir ulushda, ya'ni 0,11%; 0,20%. Agar po'lat qo'rg'oshin bilan legirlangan bo'lsa, "C" qo'yilib, AC deb belgilanadi. Po'latni issiqdan darz ketishini namoyon qilmasligi uchun po'latdagi marganes miqdori oshiriladi. "Г" - marganes qo'shilgani degani, "E" – selen qo'shilgani.

Po'lat tarkibiga qo'rg'oshin, selen va tellurning qo'shilishi keskich materiallarini harajatlarini 2-3 marta kamaytiradi.

**Uglerodli asbobsozlik po'latlari.** Asbobsozlik po'latlari kesuvchi asboblarni va sovuq hamda issiq holda deformatsiyalaydigan shtamlarni yasashda ishlatiladi. Bu po'latlarga qo'yilgan asosiy talab bu ishqalanib yeyilishga chidamlilik va issiqqa bardoshlik. Ishqalanib yeyilishga qarshilik yetarli bo'lishi lozim. Asbobni formasini ushlab turish uchun material mustahkam va qovushqoq bo'lishi kerak. Issiqqa bardoshligi – harorat ta'sirida o'zini mexanik xossalarini saqlashi bu mehnat unumini ko'rsatgichi.

Uglerodli asbobsozlik po'latlari keskich materiallari orasida eng arzonidir. Bular asosan kam ma'suliyatli keskichlarni va shtamlarni yasashda ishlatiladi.

Uglerodli asbobsozlik po'latlari (GOST 1414-75) ikki xil ko'rinishda chiqariladi:

a) sifatli (Y7, Y8, Y9...Y13).

b) yuqori sifatli (Y7A, Y8A, Y9A...Y13A).

Markalanishdagi Y harfi uglerodli po'lat degani. Raqamlar po'lat tarkibidagi uglerod miqdorini yuzdan bir ulushda bildiradi. Y7A da uglerod miqdori C=0,7%, Y12A da C=1,2%; "A" harfi po'latni yuqori sifatligini bildiradi: ya'ni undagi zararli chiqindilar, ayniqsa, fosfor va oltingugurt miqdori 0,025% dan oshmagan deyilgani.

Uglerodli po'latlarni toblanishlik chuqurligi (qalinligi) past bo'lgani uchun mayda asboblarda uchun ishlatiladi. Ko'ndalang kesim 25 mm dan ortganda po'lat

o‘zagi toblanmay qoladi; ustki yuzasi esa qattiqlashadi (metchiklar, razvyortkalar, egovlar yasaladi).

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

Evtectoiddan keyingi po‘latlar Y10, Y11, Y12, Y13 lar chala toblanib, past bo‘shatiladi ( $150-180^{\circ}\text{C}$ ). Bunda martensit struktura olinadi va qattqligi HRC=62-64 bo‘ladi.

Evtectoiddan keyingi po‘latlar o‘lchov asboblari (kalibrlar), keskichlar (egov, arra, metchik, parmalar), katta bo‘lmagan shtamplar (sovuqlay cho‘zish va cho‘ktirish) yasash uchun va yuqori bo‘lmagan kuchlanishlarda ishlatiladi.

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

Uglerodli asbobsozlik po‘latlarini kamchiligi ularni  $200^{\circ}\text{C}$  dan yuqorida mustahkamligi (issiqqa bardoshligi) ni yo‘qotishidir.

### **8.3. Cho‘yanlar, ularning turlari, tarkibi, tuzilishi, ishlatilishi va markalanishi**

Cho‘yan deb, tarkibida 2,14% dan 6,67% gacha uglerod bo‘lgan temir-uglerod qotishmasiga aytiladi. Cho‘yanlar po‘latga nisbatan arzon hisoblanadi. Erish harorati pastroq, quymakorlik xossalari yuqori. Shular nuqtai nazaridan cho‘yanlardan murakkab formal qumalar olish mumkin.

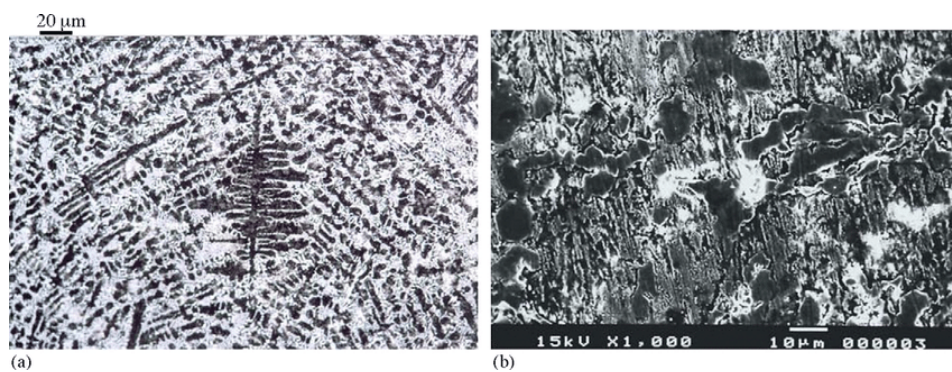
Cho‘yanlar yuqori quymakorlik xususiyati borligi uchun, yetarli mustahkamligi, nisbatan arzonligi uchun mashinasozlikda ko‘p qo‘llaniladi. Cho‘yanlarning suyuq oquvchanligi, kirishish bo‘shliqlarining kichikligi, murakkab formal kichkina qalinlikdagi devorlarni olishga imkon beradi.

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  $\text{Fe}_3\text{C}$  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).

**Qayta ishlanuvchi (oq) cho‘yan.** Bunday cho‘yanlardan yasalgan namunani sindirganda ko‘ndalang kesimini 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. Oq cho‘yanlar БЧ harflari bilan markalanadi. БЧ - ruscha "белый чугун" so'zidan olingan bo'lib, oq cho'yan degan ma'noni anglatadi (8.1-rasm).



8.1-rasm. Qayta ishlanuvchi oq cho‘yan mikrostrukturasi (x200): a) – evtektikadan keyingi oq cho‘yan (C=5,5%); b) – evtektikagachadagi oq cho‘yan (C =2,5%)

Rasmdagi qora ranglilari bu perlit; oq ranglilari ledeburit.

Evtektikagacha bo‘lgan cho‘yanlar perlit va ledeburitdan iborat; evtektikadan keyingilari birlamchi sementit va ledeburitdan iborat; ledeburit o‘zi bu austenit va sementit zarrachalari mexanik aralashmasi. 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.

Oqartirilgan cho‘yan - quymalarning ustki qatlami (t=12-30mm) oq cho‘yan strukturali; o‘zagi - o‘rtasi kulrang cho‘yan strukturasi ega. Bunday cho‘yanlardan ustki qatlami ishqalanishga chidamli detallar yasaladi: list

prokatlash stanoklari jo'valari, g'ildiraklar, tormoz kalodkalari, tegirmon sharchalari va boshqalar.

**Kulrang cho'yan.** Bu cho'yandan yasalgan namuna sindirilsa, sindirilgan joyi kulrang ko'rinadi. Shuning uchun uni kulrang cho'yan deb nomlanadi. Aslida, uni GOST 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 formali 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 bo'ladi 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: C=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:

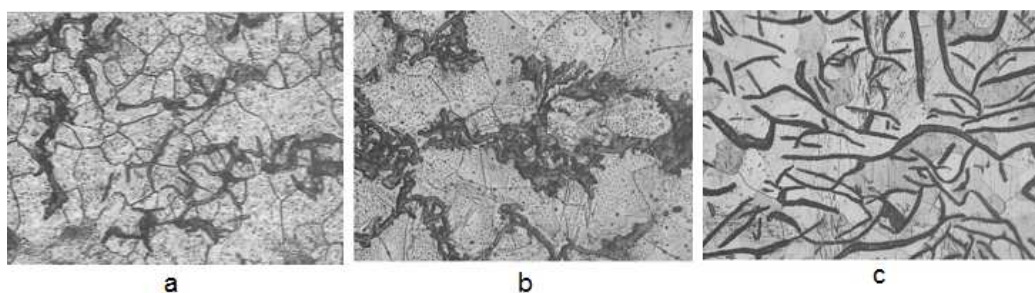
**Perliti kulrang cho'yan:** perlit va grafitdan tuzilgan. Perlit tarkibida uglerod miqdori C=0,8%. Demak, bu cho'yanda uglerodning 0,8% i sementit - Fe<sub>3</sub>C holatda, qolgani esa erkin uglerod, ya'ni erkin grafit holidan bo'ladi. Perliti CЧ40 va CЧ 45 markali kulrang cho'yanlar yuqori mexanik xossalarga ega. Bu cho'yanlar tarkibiga ferrosilitsiy (0,3–0,8%) yoki silikokalsiy (0,3–0,5%) qo'shib grafit formalarini maydalab yuqori mexanik xossalarga ega bo'ladi. Shuning uchun bu cho'yanlar nasoslar, kompressorlar va gidroprivodlarni korpuslari uchun ishlatiladi (8.2-rasm, a).



**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 bo‘ladi. Qolgani erkin holda. (8.2-rasm, b).

**Ferritli kulrang cho‘yan.** Bunda metall asosi ferrit. Uglerodning ferrit tarkibidan tashqari hammasi grafit tarzida bo‘ladi. Ferritli CЧ 10; CЧ 15 markali kulrang cho‘yanlar yuqori statik va dinamik kuchlarda ishlaydigan detallar uchun ishlatiladi: silindr porshenlari, dvigatel karterlari, stanoklar staninalari, sepleniye barabanlari va h.k. (8.2-rasm, c).

**Kulrang cho‘yanlarni markalanishi:** “CЧ” harflari va ikki xonali ikkita son bilan markalanadi (GOST 1412 - 85). Masalan: CЧ 15-32. CЧ – ruscha "серый чугун" degani; birinchi son cho‘yanning cho‘zilishdagi mustahkamligi ( $\text{kg/mm}^2$  hisobida) ko‘rsatadi; ikkinchi son egilishdagi mustahkamlash chegarasini ( $\text{kg/mm}^2$  hisobida ko‘rsatadi: demak:  $\sigma_v=15 \text{ kg/mm}^2$  (150 MPa);  $\sigma_{\text{egilish}}=32 \text{ kg/mm}^2$  (320 MPa).



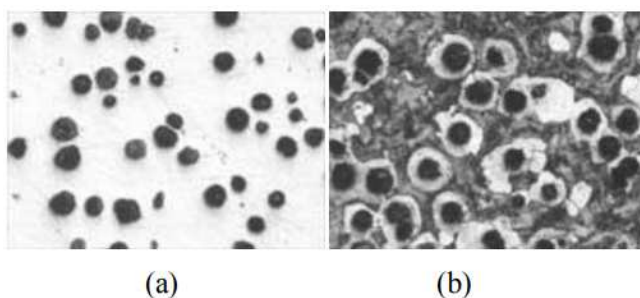
8.2-rasm. Kulrang cho‘yanlar mikrostrukturalari, x200:

a – perlit asosidagi kulrang cho‘yan; b – ferrit – perlit asosidagi kulrang cho‘yanlar; c – ferrit asosidagi kulrang cho‘yan

**Yuqori puxta cho‘yan.** Bu cho‘yanlarda grafit sharsimon formada bo‘ladi. Yuqori puxta cho‘yanlar ozroq miqdorda magniy qo‘shib suyuqlantirib olinadi; bu jarayonni “modifikasiyalangan” deyiladi, ya’ni magniy bilan modifikasiya qilishdir. Lekin, toza magniy quyish davrida alangalanib ketishi mumkin, shuning uchun o‘rniga “ligatura” qo‘shiladi (masalan, magniy va nikel qotishmasi). Kimyoviy tarkibi: C=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 cho‘yanlar yuqori puxtalikka va birmuncha plastiklikka ega.

Yuqori puxta cho‘yan BЧ harflari va ikki xil son bilan markalanadi. BЧ – cho‘yanni yuqori puxtaligini (ruscha – “высокопрочный чугун” so‘zlaridan oolingan), sonlarning birinchisi cho‘yanning cho‘zilishdagi mustahkamlik chegarasini ( $\sigma_v$  - kg/mm<sup>2</sup> hisobida), ikkinchisi nisbiy uzayishini ( $\delta$  - % hisobida) ko‘rsatadi. Masalan, BЧ 45-5; bu yerda  $\sigma_v = 45$  kgs/mm<sup>2</sup>, mustahkamligi,  $\delta$  -5 % - nisbiy uzayishi.



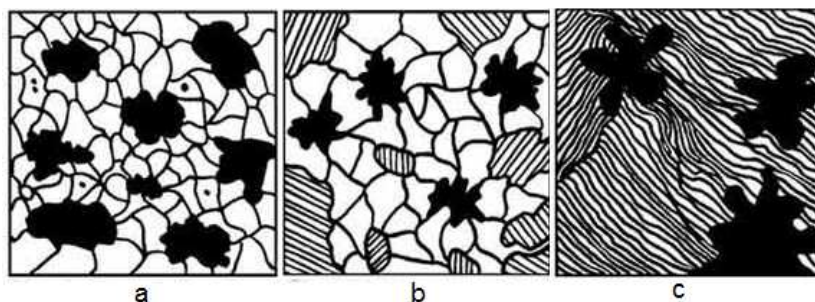
8.3-rasm. Yuqori puxtalikdagi cho‘yan mikrostrukturasi, x100: a) ferrit asosidagi va b) ferrit – perlit asosidagi yuqori puxtalikdagi cho‘yan

Yuqori puxtalikdagi cho‘yanlardan prokatlash stanlari jo‘valari (og‘irligi 12 t. gacha), bug‘ turbina korpuslari, tirsakli vallar va h.k. yasaladi

Yuqori puxtalikdagi cho‘yan mikrostrukturasi 8.3-rasmda ko‘rsatilgan.

**Bolg‘alanuvchan cho‘yan.** Bolg‘alanuvchan degani bu cho‘yanni bolg‘alab (deformatsiyalab) ishlash mumkin degani emas. Bolg‘alanuvchi cho‘yanlarning plastikligi kulrang cho‘yanlarnikidan yuqori bo‘lgani uchun shunday deb ataladi.

Bolg‘alanuvchi cho‘yanlarda grafit bodroq (pag‘a - pag‘a) shaklda bo‘ladi. Bu cho‘yan oq cho‘yanni yumshatish yo‘li bilan olinadi. Oq cho‘yan quymasi yupqa devorli bo‘lishi lozim: qalinligi 50 mm dan ko‘p bo‘lishi kerak emas. Aks holda kristallanishda plastinkasimon grafit ajralib chiqadi va bu cho‘yan yumshatish uchun yaramaydi. Bolg‘alanuvchan cho‘yanlarni mikrostrukturasi 8.4-rasmda berilgan.



8.4-rasm. Bolg'alanuvchan cho'yanlarning mikrostrukturalari, x200:

a – ferritli bolg'alanuvchan cho'yan; b – ferrit – perritli bolg'alanuvchan cho'yan; c – perlitli bolg'alanuvchan cho'yan

Markalanishi: KЧ harflari va ikki xil son bilan markalanadi. KЧ - ruscha “ковкий чугуи” degani, birinchi son cho'yanning uzilishdagi mustahkamlik chegarasini ( $\sigma_v = \text{kgk/mm}^2$  hisobida), ikkinchi son nisbiy uzayishni ( $\partial$  - % hisobida) bildiradi.

Bolg'alanuvchi cho'yan qishloq xo'jaligi mashinasozligida, avtomobilsozlikda, tekstil mashinasozligida, vagonsozlikda va h.k. larda ko'p ishlatiladi. Bulardan yuqori puxtalikdagi, ishqalanib og'ir sharoitda ishlaydigan, zarbiy kuchlarda ishlaydigan detallar yasaladi. Lekin bu cho'yanlar qimmatroq (yumshatish jarayoni uzoq bo'lganidan).

#### Nazorat savollari:

1. Po'lat deb qanday qotishmaga aytiladi?
2. Uglerodli po'latlar tarkibidagi uglerod miqdoriga qarab qanday turlanadi?
3. Uglerodli po'latlar vazifasiga qarab necha turga bo'linadi?
4. Uglerodli po'latlar sifatiga qarab qanday turlarga bo'linadi?
5. Uglerodli po'latlar qaytarilish darajasiga qarab qanday turlanadi?
6. Oddiy sifatli po'latlar qanday markalanadi?
7. Uglerodli sifatli po'latlar qanday markalanadi?
8. Yuqori uglerodli po'latlar qanday markalanadi?

9. Avtomatli po‘latlar qanday markalanadi?
10. Uglrodli asbobsozlik po‘latlari qanday markalanadi?
11. Doimiy qo'shimchalar (C, P, S, N, O, Si, Mn) ning po'lat xossasiga ta'siri?
12. Cho'yan deb nimaga aytiladi?
13. Cho'yanlar qanday markalanadi?
14. Nima uchun oq cho'yan qayta ishlaanuvchan cho'yan deb ataladi?
15. Kulrang cho'yan deb nimaga aytiladi va ular qaerlarda qo'llaniladi?
16. Yuqori puxta cho'yanlar deb qanday cho'yanlarga aytiladi?
17. Bolg'alanuvchan cho'yanlar qanday olinadi?

## **IX Bob. Po‘lat va boshqa qotishmalarga termik ishlov berish texnologiyasi**

### **9.1. Po‘latni yumshatish, normallashtirish**

Ma'lumki, po'lat zagotovkalarini termik ishlashda ularni zarur haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma'lum vaqt saqlangach, turli tezlikda sovutiladi. Bunda ularning kimyoviy tarkibi o'zgarishsiz ham tuzilishi o'zgarishi hisobiga mexanik va texnologik xossalari o'zgaradi. A.A.Bochvar tasnifiga ko'ra termik ishlash 1-tur yumshatish, 2-tur yumshatish, toblash va bo'shatishlarga ajratiladi 1-tur yumshatishda fazada o'zgarishlar bo'lmaydi. Bu turdagi yumshatishlarga diffuzion, qayta kristallanish va ichki zo'riqish kuchlanishlarini kamaytirish uchun olib boriladigan yumshatishlar kiradi. 2-tur yumshatish faza o'zgarishlar bilan boradi. Bu xil yumshatishlarga to'la va chala yumshatishlar, normallashtirishlar kiradi. Tubanda uglerodli po'latlarni termik ishlashda tuzilish o'zgarishlarini  $Fe-Fe_3C$  holat diagrammasining tegishli sohalarini kuzataylik. Ma'lumki, perlit tuzilishli evtektoid po'lat zagotovkani uy haroratida asta-sekin qizdirib borsak, u  $A_{c1}$ , kritik harorat ( $727^{\circ}C$ ) da austenitga o'tadi. Ferrit bilan perlit tuzilishli evtektoidgacha bo'lgan po'latlarni asta-sekin qizdirib borsak, perlit faza  $A_{c1}$  kritik haroratda austenitga o'tadi, haroratning yanada ko'tarilishida ferrit faza austenitda eriy boshlab,  $A_{c3}$  kritik haroratda esa batamom eriydi.

Agar perlit bilan ikkilamchi sementit tuzilishli evtektoiddan keyingi po'latlarni asta-sekin qizdirib borsak, perlit faza  $A_{c1}$  kritik haroratda austenitga o'tadi. Harorat yanada ko'tarilishida ikkilamchi sementit austenitda eriy boshlab, u  $A_{cm}$  kritik haroratda batamom eriydi.

Yuqoridagi ma'lumotlardan ma'lumki,  $Fe-Fe_3C$  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  $A_{c3}$  kritik haroratdan  $30-50^{\circ}C$  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  $A_{c1}+30:50^{\circ}\text{C}$  haroratgacha o‘zgarimasada bu haroratdan yuqoriroq haroratda keskin yiriklashadi. Yaxshi qaytarilgan po‘latlarda esa donlar o‘lchamining keskin o‘zgarishi  $900\text{--}950^{\circ}\text{C}$  haroratga to‘g‘ri keladi. Buning boisi shundaki, donlar aro joylashgan oksidlar, nitridlar, sulfidlar va boshqa birikmalar shu haroratga qadar donlar o‘shishiga qarshilik ko‘rsatadi, lekin harorat  $900\text{--}950^{\circ}\text{C}$  ga yetganda ularning austenitda erishi yuz beradi. Binobarin ular donlar o‘shishiga qarshilik ko‘rsata olmaydilar. Po‘latlarning bu xususiyatini qizdirish haroratlarini belgilashda e‘tiborga olish kerak.

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

Ma‘lumki, donlar bir qancha yirik bo‘lsa, ular shuncha mo‘rt bo‘ladi. Agar po‘latlarni AE chiziqqa ( $Fe\text{-}Fe_3C$  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 sifatiga va ish unumdorligiga ahamiyati g‘oyat katta.

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

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

Po‘latlarga termik ishlov berish texnologiyasi termik ishlash nazariyasiga asoslangan. Mashinasozlik po‘latlarining ko‘pchilik qismi termik ishlanadi. Termik ishlash natijasida mustahkamlikning ortishi mashina va mexanizmlarning ishlashini yaxshilash, metallardan unumli foydalanish va

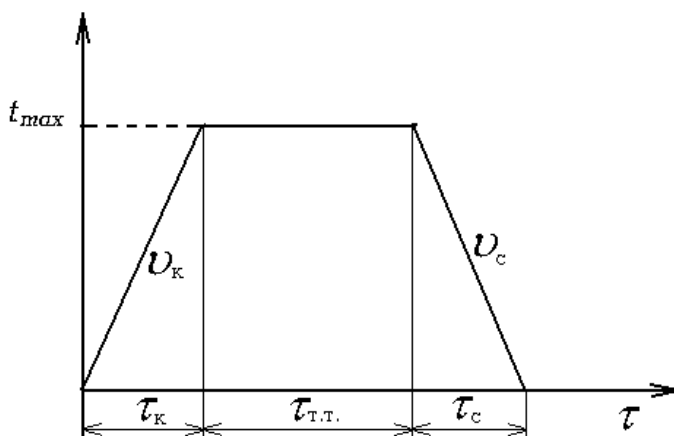
tejashning muhim usulidir. Mashina va uskunalarni tayyorlash jarayonida ularning detallariga bir necha marta termik ishlov berish mumkin, lekin har bir termik ishlov berish texnologiyasi ma'lum maqsadlarni ko'zlab tanlanadi.

Materiallarning turlari ko'p bo'lib, amalda mashina konstruksiyalariga qo'yilayotgan talablar ham turlichadir. Demak, termik ishlov berish texnologiyasining turlari ham ko'pdir. Ishlab chiqarishning unumdorligini oshirish uchun ham termik ishlov berish turlarini tobora kengaytirish kerak bo'ladi.

Termik ishlash deb, qotishmalarni kimyoviy tarkibini o'zgartirmasdan turib ma'lum haroratgacha qizdirilgandan keyin, ularni har xil tezlikda sovutishga aytiladi. Po'latlarni termik ishlashdan maqsad – uning ichki tuzilishini va mexanik xossalarni kerakli yo'nalishda o'zgartirishdan iborat. Termik ishlash jarayonida po'latning ichki tuzilishi o'zgarishiga ta'sir ko'rsatuvchi asosiy omillarga quyidagilar kiradi:

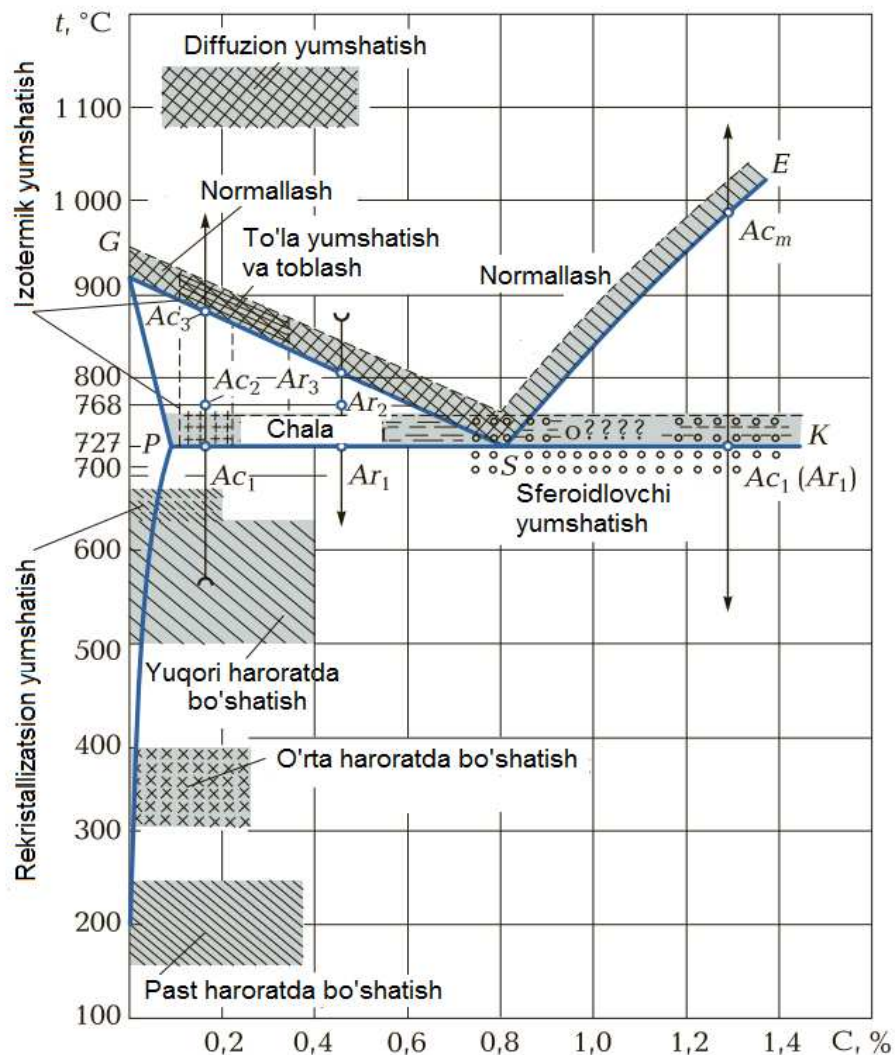
- qizdirish harorati;
- qizdirish vaqti;
- qizdirilgan po'latni sovutish tezligi.

Termik ishlash jarayonini harorat – vaqt koordinatalari sistemasida grafik tarzda ham ifodalash mumkin (9.1-rasm).



9.1-rasm. Qotishmalarni termik ishlash rejimining grafik ifodasi:  $v_k$  - qotishmani qizdirish tezligi;  $v_c$  - qotishmani sovutish tezligi;  $\tau_k$  - qotishmani qizdirish vaqti;  $\tau_{tt}$  - tutib turish vaqti;  $\tau_c$  - qotishmani sovutish vaqti;  $t_{max}$  - qotishmani maksimal qizdirish harorati

Qizdirish harorati ko‘zlangan maqsadga qarab va po‘latning qizdirishdan oldingi ichki tuzilishiga bog‘liq holda, Fe-C holat diagrammasidan aniqlanadi (9.2-rasm).



9.2-rasm. Po‘latlarni termik ishlash intervali sxemasi

Po‘latni qizdirish va sovitish jarayonida, uning ichki tuzilishida faza o‘zgarishlari sodir bo‘lishiga olib keladigan haroratga kiritik harorat deyiladi. kiritik haroratlar A harfi bilan belgilanadi. Fe-C holat diagrammasida (9.2-rasm) PSK chizig‘ining ustida yotgan haroratga  $Ac_1$ , GS chizig‘ining ustida yotgan haroratga  $Ac_3$ , SE chizig‘ining ustida yotgan haroratga esa  $A_{cm}$  kiritik haroratlari deyiladi.



Po‘latni qizdirish va sovutish jarayonlarida undagi faza o‘zgarishlari muvozanat haroratlari ( $A_{c1}$ ,  $A_{c3}$ ,  $A_{cm}$ ) ga nisbatan bir oz yuqori yoki past haroratlarda sodir bo‘ladi. Shuning uchun, qizdirish paytidagi haroratni sovutish paytidagidan farq qilish uchun kiritik haroratning belgisi  $A$  ning yoniga yana bitta qo‘shimcha harf (indeks) qo‘yiladi. Qizdirish paytidagi harorat ko‘zda tutilganda "c", sovutish esa "r" harfi bilan belgilanadi.

Shunday qilib, po‘latni qizdirilganda perlitning austenitga aylanish harorati  $A_{c1}$ , ferritning austenitda erish harorati  $A_{c3}$ , ikkilamchi sementitning austinetda erish harorati  $A_{cm}$  bilan belgilanadi. qizdirilgan po‘latni sovutilganda esa austenitning perlitga aylanish harorati  $A_{c1}$ , austenitda ferritning ajralib chiqishi  $A_{c3}$ , ikkilamchi sementitning ajralib chiqishi  $A_{cm}$  bilan belgilanadi.

Po‘latni termik ishlash turlariga quyidagilar kiradi:

- yumshatish;
- normallashtirish;
- toblash;
- bo‘shatish.

Po‘latni ma’lum haroratgacha qizdirib, shu haroratda zarur vaqt tutib turgandan keyin pech bilan birgalikda asta-sekin sovutish jarayoni yumshatish deb ataladi.

Yumshatishdan maqsad - po‘latdagi ichki kuchlanishlarni yo‘qotish, uning strukturasini bir jinsli qilish va barqarorlashtirish, po‘latning donalarini maydalashtirish, qattiqligini pasaytirib, kesib ishlanuvchanligini yaxshilash va h.k.

Ko‘zda tutiladigan maqsadga ko‘ra yumshatish ikkiga: birinchi tur va ikkinchi tur yumshatishga bo‘linadi.

***1-tur yumshatish.*** Birinchi tur yumshatishda po‘lat fazalar o‘zgarishi haroratidan ( $A_{c1}$  kritik nuqtadan) yuqori (gomogenlash) yoki past haroratgacha (rekristallanish) qizdiriladi. Birinchi tur yumshatishdan ko‘zda tutiladigan maqsad - sovuqlayin bosim bilan ishlangan po‘latda hosil bo‘lgan ichki kuchlanishlarni yo‘qotish, po‘latning qattiqligini pasaytirib, plastikligini va

qovushoqligini oshirish, ya'ni po'latni bosim bilan ishlanishdan oldingi holatga qaytarishdan iborat.

Gomogenlash jarayoni katta hajmli quyma mashina vositalaridagi dendrit yoki kristallar orasidagi kimyoviy notekisliklar (likvatsiya) ni yo'qotish uchun qo'llaniladi. Buning uchun zagotovkalar pechlarga joylashtirilib harorat 1100...1200°C gacha ko'tariladi va shu haroratda 8...20 soat davomida ushlab turiladi. So'ngra zagotovkalar pech bilan birgalikda sekin sovutiladi. Bunday termik ishlovga hammasi bo'lib, 50...100 soat vaqt ketishi mumkin. Gomogenlash jarayonida donachalar o'sishi mumkin. Shuning uchun bunday termik ishlovdan keyin donachalarni maydalaydigan qo'shimcha termik ishlov (ikkinchi tur yumshatish) berish lozim bo'ladi.

Birinchi tur yumshatish **rekristallizatsion yumshatish** deb ham ataladi. Po'latlarni rekristallizatsion yumshatish uchun ularni 650...700°C gacha qizdirish kerak, shu haroratda biroz (0,5...1,5 soat) ushlab turib, so'ngra pech bilan birgalikda sovutiladi. Bunda ferritning qayta kristallanishi bilan bir qatorda sementit ham biroz o'sadi va uning plastikligi oshadi. Po'lat quymalarda, payvandlashdan keyin, kesib ishlash yoki jilvirlashdan keyin hosil bo'ladigan ichki kuchlanishlarni yo'qotish yoki kamaytirish uchun material yumshatiladi. Bunday yumshatishning harorati 150...700°C gacha bo'lishi mumkin. Masalan, jilvirlashdan (160...180°C), kesib ishlashdan (570...600°C) yoki payvandlashdan (650 - 700°C) keyin material qizdirilib, asta-sekin sovutilganda qoldiq mexanik yoki termik ichki kuchlanishlar kamayadi. Bunday yumshatishga 2-3 soat vaqt ketadi.

**2-tur yumshatish.** Ikkinchi tur yumshatishda po'lat fazalar o'zgarishi haroratidan ( $Ac_1$  yoki  $Ac_3$  kritik nuqtadan) yuqori haroratgacha qizdiriladi. Ikkinchi tur yumshatishdan ko'zda tutiladigan maqsad - po'lat donalarini maydalashtirish, barqaror va ancha yumshoq struktura hosil qilish, po'lat strukturasini bir jinsli qilish va boshqalardan iborat. Ikkinchi tur yumshatishga to'la yumshatish, chala yumshatish, sferoidlovchi yumshatish, diffuzion yumshatish yoki izotermik yumshatish kiradi.

Odatda evtektoiddan oldingi va evtektoid po‘latlarigina to‘la yumshatiladi. To‘la yumshatishda evtektoidgacha bo‘lgan po‘latlarni  $Ac_3$  dan, evtektoiddan keyingi po‘latlarni  $Ac_1$  dan  $30...50^{\circ}C$  yuqorida qizdirib, shu haroratda bir oz ushlab turib, so‘ngra pech bilan birgalikda sovutiladi. Yuqori haroratda ushlab turish vaqti faza o‘zgarishiga yetarli bo‘lsa bas, natijada mayda donali austenitni sovutish hisobiga perlit donachalari ham mayda bo‘ladi. Qizdirish tezligi materialning tarkibiga va mashina vositalarining shakliga, hamda pech turiga bog‘liq bo‘ladi. Sovutish tezligi asosan material tarkibiga bog‘liq bo‘lib, po‘latlar uchun  $200...250^{\circ}C/soat$  ni tashkil qiladi. Po‘lat to‘la yumshatilganda uning strukturasi mayda donali bo‘ladi, po‘latdagi ichki kuchlanishlar yo‘qoladi, po‘lat yumshoq bo‘lib qoladi. To‘la yumshatish usulidan qizdirib turib bosim bilan ishlangan po‘latlarni va ba’zan, po‘lat quymalarni qayta kristallash uchun foydalaniladi. To‘la yumshatish natijasida ferrit bilan perlit bir tekis taqsimlanadi.

***Chala yumshatish.*** Ba’zi hollarda quyma, pokovka buyumlardagi ichki kuchlanishlarni yo‘qotish va mexanikaviy ishlashdan avval strukturasi yaxshilash uchun chala yumshatish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Buning uchun evtektoidgacha bo‘lgan po‘latlar  $Ac_1$  kritik nuqta bilan  $Ac_3$  nuqta oralig‘idagi haroratgacha, evtektoiddan keyingi po‘latlar esa  $Ac_1$  kritik nuqta bilan  $A_{cm}$  kritik nuqta oralig‘idagi haroratgacha qizdirilib, shu haroratda ma’lum vaqt tutib turilgach, asta-sekin sovutiladi. Bu ishlovda faqat perlit strukturasi qayta kristallanadi, qolgan strukturalar (ferrit va sementit) o‘zgarmaydi, shu sababli bu usul chala yumshatish deyiladi.

***Sferoidlash.*** Sferoidlovchi yumshatish (donador perlit hosil qilish) evtektoiddan keyingi po‘latlarni va legirlangan po‘latlarni yaxshi kesib ishlanuvchan qilish maqsadida uning strukturadagi sementit plastinkalarini sharsimon mayda zarrachalarga aylantirish maqsadida o‘tkaziladi. Sferoidlovchi yumshatish usuli evtektoid, evtektoiddan keyingi, legirlangan, masalan, xromli po‘latlarga tadbiq qilinadi. Bu xil yumshatishning sferoidlovchi yumshatish deb atalishiga sabab shuki, po‘latni yumshatish jarayonida plastinkasimon perlit

(sementit) sferoid shakliga kiradi. Sferoidlovchi yumshatish uchun po‘latlar  $Ac_1$  kritik nuqtadan sal ( $20...30^{\circ}C$ ) yuqori haroratgacha qizdiriladi, shu haroratda 3...5 soat tutib turilgandan keyin  $650...600^{\circ}C$  gacha sekin (soatiga  $30...50^{\circ}C$  tezlik bilan) sovutiladi, so‘ngra havoda sovutilsa ham bo‘ladi.

Austenitda erigan ko‘pgina karbidlar va boshqa qo‘shimchalar po‘latni sovutishda qo‘shimcha kristallanish markazlari hosil qilib, donador struktura olishga ko‘maklashadi. Po‘lat qanchalik sekin sovutilsa, shunchalik yirik sementit donalari hosil bo‘ladi. Plastinkasimon perlitni donador perlitga to‘la o‘tkazish maqsadida buyumni bir necha marta takror (siklik) yumshatish tavsiya etiladi, chunki, har bir avvalgi sikldagi yumshatishda hosil bo‘lgan sementit zarrachalari kristallanishda qo‘shimcha markazlar hosil qiladi.

Qotishmalar (ayniqsa, legirlangan po‘latlar) kimyoviy tarkibining notekisligini (likvatsiyani) yo‘qotish maqsadida diffuzion yumshatiladi. Buning uchun po‘lat buyum  $Ac_3$  kritik nuqtadan  $180...300^{\circ}C$  yuqori haroratgacha qizdirilib, shu haroratda 10...15 soat tutib turilgach, sekin sovutiladi.

***Izotermik yumshatishda*** evtektoiddan oldingi po‘lat  $Ac_3$  nuqtadan, evtektoiddan keyingi po‘lat esa  $Ac_1$  nuqtadan  $20-30^{\circ}C$  yuqori haroratgacha qizdirilib, shu haroratda perlit batamom austenitga aylanguncha tutib turiladi, so‘ngra  $Ar_1$  nuqtadan  $50-100^{\circ}C$  past haroratgacha tez sovutilib, austenit sementit bilan ferritga batamom parchalanguncha tutib turiladi. Izotermik yumshatishning odatdagi yumshatishdan farqi shuki, bunda vaqt kam ketadi, gomogenlik darajasi ancha yuqori struktura hosil bo‘ladi. Tarkibida ko‘p miqdor xrom, nikel va boshqa elementlar bo‘lgan po‘latlarda austenit ancha barqaror bo‘ladi, bunday po‘latlardagi austenitni ferrit bilan sementit aralashmasiga aylantirib, po‘latning kesib ishlanuvchanligini yaxshilashning birdan-bir usuli izotermik yumshatishdir.

## **9.2. Po'latni normallashtirish**

Evtektoiddan oldingi po'latlarni  $A_{c3}$  nuqtadan va evtektoiddan keyingi po'latlarni  $A_{cm}$  nuqtadan  $30-50^{\circ}\text{C}$  yuqori haroratgacha qizdirib, shu haroratda po'lat strukturasi to'liq austenitdan iborat bo'lguncha tutib turilgandan keyin havoda sovutish jarayoni normallashtirish deb ataladi.

Normallashtirishdan maqsad evtektoiddan oldingi po'latlarda mayda donali struktura hosil qilish, evtektoiddan keyingi po'latlarda esa ichki kuchlanishlarni, naklepni va ikkilamchi sementit turini yo'qotishdan iborat. Po'latni uzil-kesil termik ishlashdan, sovuqlayin shtamplashdan yoki kesib ishlashdan oldin unda gomogen (bir jinsli) struktura hosil qilish uchun u normallashtiriladi.

Normallashtirish to'la yumshatishdan sovish tezligi bilan farq qiladi, ya'ni normallashtirishda havoda sovutiladi. Havoda sovish tezligi pech bilan birgalikda sovutishga qaraganda kattaroq bo'lganligi uchun perlitga parchalanish jarayoni pastroq haroratda boradi. Natijada to'la yumshatishdagiga qaraganda maydaroq struktura (sorbit yoki troostit) hosil bo'ladi. Shuning uchun qattiqlik va mustahkamlik yumshatishdagiga nisbatan  $15...20\%$  ga yuqoriroq bo'ladi. Ba'zi vaqtda (po'lat tarkibiga qarab) normallashtirish faqatgina yumshatish vazifasini bajarishdan to'g'ri va eskirtirish vazifalarini ham bajarishi mumkin.

Kam uglerodli po'latlar uchun ko'p hollarda yumshatish o'rniga normallashtirish o'tkaziladi. Faqat iqtisodiy nuqtai nazardan emas, balki texnologik jarayonlarni yengillatish maqsadida ham shunday qilinadi. Chunki, po'lat qattiqligining biroz oshishi kesib ishlashni yengillashtiradi va yuzaning sifati oshadi. Masalan, o'rta uglerodli legirlangan po'latlar uchun normallashtirish to'g'ri va eskirtirish o'rniga o'tsa, unda normallashtirish bilan birgalikda yumshatish qo'shib olib borilib, to'la yumshatish vazifasini bajaradi.

## **9.3. Po'latni to'g'ri va eskirtirish**

Konstruksion po'latlardan tayyorlangan buyumlarning puxtaligini, asbobsozlik po'latidan qilingan buyumlarning qattiqligi va keskirlikini, shuningdek po'latlarni yeyilishga va korroziyaga chidamliligini oshirish

maqsadida ular toblanadi. Toblashning boshqa sof termik ishlashdan asosiy farqi uni katta tezlik bilan sovutishdadir.

Toblash uchun haroratni bir xillashtirish uchun vaqt ko'p ketsa po'latning yuza qismidagi austenit donachasi o'sib ketishi mumkin. Amalda qizdirish vaqti va kerakli haroratni ushlab turish vaqti materialning shakli, uning pechda taxlanish usuli, pechning turi va shunga o'xshash sharoitlarga bog'liq bo'ladi. Zagotovkalarni yuqori haroratli pechlarda qizdirishda metall oksidlanishi mumkin, natijada yuza uglerodga kambag'allashadi (uglerod kuyadi). Mashinasozlik amaliyotida shunday pechlar ham borki, unda hosil bo'layotgan kimyoviy muhit tekshirib turiladi, ya'ni oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari maxsus qurilma orqali boshqarib turiladi.

Uglerodli po'latlarni toblash uchun qizdirish harorati Fe-Fe<sub>3</sub>C holat diagrammasiga muvofiq belgilanadi. Evtektoidgacha bo'lgan po'latlar ferritning to'la austenitga parchalanishi uchun Ac<sub>3</sub> dan 30-50°C yuqori haroratgacha, evtektoid va undan keyingi po'latlar esa Ac<sub>1</sub> dan 30-50°C yuqori haroratgacha qizdirilib, shu haroratda ma'lum vaqt tutib turilgandan keyin tez sovutiladi. Po'latni talab etilgan tezlik bilan sovutishning ahamiyati g'oyat katta. Austenitning martensitga aylanishi uchun po'latni tez sovutish kerak, shunday qilinganda austenit parchalanishga ulgurmaydi. Uglerodli po'latlar uchun sovutuvchi muhit sifatida, ko'pincha, sovuq suvdan, legirlangan po'latlar uchun mineral moylar va boshqa eritmalardan foydalaniladi.

Austenitning izotermik parchalanish diagrammasidan ma'lumki, toblash uchun kerak bo'lgan eng kam sovutish tezligi egri chiziqqa urinma o'tishi kerak. Lekin sovutishni mumkin qadar, ayniqsa martensitga parchalanish chegarasida, sekinlatish kerak, chunki ichki termik kuchlanishlarni kamaytirish lozim. Demak, sovutish muhitlarini tanlash orqali sovutish tezligi boshqariladi. Amalda ko'p ishlatiladigan sovutish muhitlari to'g'risida ma'lumot quyidagi 9.1-jadvalda keltirilgan.

## Toblash muhitlarining sovutish jadalligi

Toblash muhitlari va ularning boshlang'ich haroratlari	Bug'ning yuzaga chiqishi harorati (qaynash), °C	Sovutishning nisbiy jadalligi
Suv, 20°C	400-100	1.0
Suv, 40°C	350-100	0.7
Suv, 80°C	280-100	0.2
NaCl ning suvdagi 10% li eritmasi, 20°C	650-100	3.0
NaOH ning suvdagi 10%li eritmasi, 20°C	650-100	2.0
NaOH ning suvdagi 50% li eritmasi, 20°C	650-100	2.0
Mineral moylar, 20-200°C	500-250	0.3

Toblash natijasida erishiladigan eng katta qattqlik po'latning toblanuvchanligi deyiladi, u asosan uglerod miqdoriga bog'liq.

Yuzadan boshlab 50 % martensit va 50 % troostitdan iborat qatlamgacha bo'lgan masofa toblash chuqurligi deyiladi.

Toblash chuqurligi austenitning barqarorligiga bog'liq. Shuning uchun legirlangan po'latlarning toblash chuqurligi ancha katta bo'ladi.

Po'lat to'g'ri toblanmasa, unda har xil nuqsonlar hosil bo'lishi mumkin. Bu nuqsonlar jumlasiga, masalan, toblangan detal qattqligining yetarli darajada bo'lmasligi, mo'rt bo'lib qolishi, detal sirtining uglerodsizlanishi va oksidlanishi, detalning tob tashlashi, darz ketishi va boshqalar kiradi.

Toblashning quyidagi usullari mavjud:

**Bir sovutuvchida toblash** uchun zarur haroratgacha qizdirilgan po'lat suvda yoki moyda to'liq sovutiladi. Bu usul uglerodli va legirlangan po'latlardan tayyorlangan oddiy shaklli detallarni toblashda qo'llaniladi.

**Uzlikli toblash** usuli bo'yicha detal avval tezroq sovutadigan muhitga, so'ng esa boshqa muhitga (moy, havo) o'tkaziladi va xona haroratigacha sovutiladi. Bu usul ko'p legirlangan asboblarni toblash uchun qo'llaniladi.

**Bosqichli toblash** usulida detal issiq moy, suyuq tuzlar muhitida, 230-250°C gacha sovutiladi, shu haroratda biroz tutib turilgandan keyin havoda sovutiladi.

**Izotermik toblash** usuli ham bosqichli toblash kabi alohida amalga oshiriladi, faqat toblash muhitida detal ko‘proq muddat ushlab turiladi, natijada austenit izotermik sharoitda beynitga parchalanadi.

Mashinasozlik amaliyotida o‘z-o‘zidan bo‘shatish imkonini beradigan toblash usullari ham bor. Masalan, qizdirilgan mahsulotning bir qismigina sovutiladi, mahsulot toblash muhitidan olinganda sovutilmagan issiq qismi hisobiga sovutilgan qismi bo‘shatish haroratigacha qayta qiziydi, natijada o‘z-o‘zidan bo‘shatish jarayoni sodir bo‘ladi.

**Po‘latlarni yuza toblash.** Ko‘pgina mashina detallarining ishqalanib yemirilishga, statik va charchash yuklanishlariga (egilishda) chidamliligini oshirish uchun induksion tok yordamida qizdirilib, yuza toblanadi. Masalan, tirsakli val (45, 60XΦA markali po‘latlar), taqsimlovchi val (Сталь45), vallar (Сталь 40), porshen barmoqlari (Сталь 55), silliq vallar, metal kesish dastgohlari detallari (shpindel) yuza toblanadi. Detallar 2,5-400 kGs chastotali tok yordamida qizdirilib, so‘ngra suvda sovutiladi va past haroratda bo‘shatiladi. Puxtalangan qatlam qalinligi 1,0-4,0 mm ga, qattiqligi esa HRC 50-60 ga yetadi.

Yuzani gaz alangasida qizdirib ham toblash mumkin. Masalan, atigi bir yoki bir nechta mashina vositalarini tayyorlash kerak bo‘lganda gazlardan foydalaniladi. Gazlar aralashmasi yonganda 2000...3600°C issiqlik ajralib chiqadi, toblash uchun shu harorat yetarli bo‘ladi. Yuzani toblash uchun keyingi vaqtlarda lazer nuridan ham foydalanilmoqda.

#### **9.4. Po‘latni bo‘shatish**

Bo‘shatish termik ishlov berishning yakunlovchi bosqichi bo‘lib, toblangan po‘latni kritik nuqta ( $A_{c1}$ ) dan past haroratgacha qizdirish, shu haroratda ushlab turish hamda sekin yoki tez sovutishdan iborat. Bo‘shatishdan maqsad po‘latdagi kuchlanishlarni yo‘qotish hamda qovushoqligini oshirib, qattiqligini



kamaytirishdan iborat. Qizdirish haroratiga ko'ra past, o'rtacha va yuqori haroratda bo'shatish turlari bo'ladi.

Past haroratli bo'shatish uchun toblangan po'lat 150–250°C gacha qizdirilib, shu haroratda bir oz ushlab turiladi, so'ngra sovutiladi. Hosil bo'lgan struktura bo'shatilgan martensit bo'ladi, shuning uchun toblashda erishilgan qattqlik o'zgarmaydi, lekin mustahkamlik va qovushoqlik sezilarli darajada ortadi. Past haroratli bo'shatish asbobsozlik po'latlari sementitlangandan, sirtqi toblangandan keyin qo'llaniladi.

O'rtacha haroratli bo'shatish uchun toblangan po'lat 350–500°C gacha qizdirilib, ma'lum vaqt (buyum massasiga bog'liq holda 1-2 soatdan 3-8 soatgacha) ushlab turiladi va so'ngra ochiq havoda sovutiladi. Bunda po'lat strukturasi troostitdan iborat bo'ladi. Bunday bo'shatishdan so'ng buyumlarning elastikligi yaxshi, qovushoqligi yetarli darajada bo'lish bilan birga qattqligi (41–46 HRC) va mustahkamligi nisbatan katta bo'ladi. Shuning uchun prujina va resorlar o'rtacha haroratlarda toblanadi.

Yuqori haroratli bo'shatish 550–680°C da olib boriladi, bu haroratda po'lat 1-3 soat ushlab turiladi, so'ngra havoda sovutiladi (legirlangan po'latlarni ikkinchi tur mo'rtlikdan saqlab qolish uchun suv yoki moyda sovutiladi). Bunday bo'shatish o'rta uglerodli (legirlangan) po'latlarga qo'llaniladi.

Ish jarayonida zarbiy yuklanishlar tushadigan mashina detallari yuqori haroratda bo'shatiladi.

#### **Nazorat savollari:**

1. Termik ishlash deb nimaga aytiladi?
2. Muvozanat haroratlari nima? va u qanday belgilanadi?
3. Po'latni termik qanday termik ishlash turlarini bilasiz?
4. Yumshatish qaysi haroratlarda amalga oshiriladi?
5. Yumshatishning qanday turlari bor?
6. Sferoidlovchi yumshatish qanday po'latlar uchun mo'ljallangan?
7. Izotermik yumshatish nima?

8. Normallashtirish nima? U qaysi haroratlarda amalga oshiriladi?
9. Toblash qanday po'latlar uchun mo'ljallangan?
10. Bo'shatish qanday haroratlarda amalga oshiriladi?

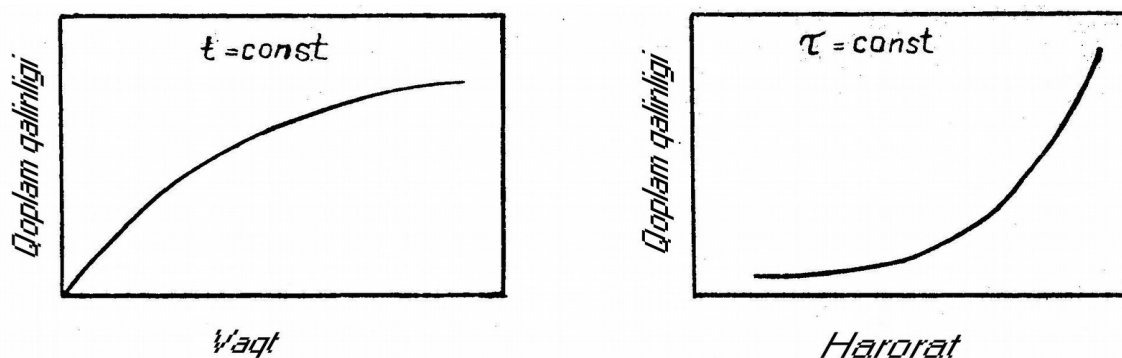
## X BOB. PO‘LATLARGA KIMYOVIY-TERMİK ISHLOV BERISH

### 10.1. Po‘latni sementatsiyalash

Harorat ta’sirida po‘lat yuzasini har xil kimyoviy elementlar bilan diffuzion boyitish jarayoniga kimyoviy-termik ishlash deyiladi. Kimyoviy-termik ishlov berish jarayoni 3 bosqichdan iborat bo‘ladi:

- diffuziyalanadigan element atomlarining hosil bo‘lishi (dissotsiatsiya);
- diffuziyalanuvchi element atomlarining po‘lat yuzasiga molekulyar yaqinlashuvi va temirning kristall panjarasiga singishi (absorbtsiya);
- uchinchi bosqichda faol atomlar buyumning ichki qatlamlariga singadi.

Dissotsiatsiya jarayoni gaz muhitida sodir bo‘ladi, bunda molekularlar faol atomlarga parchalanadi. Masalan,  $2CO \rightarrow CO_2 + C$  yoki  $NH_3 \rightarrow 3H + N$ . Diffuziyalanish tezligi metall qatlamida hosil bo‘ladigan fazalarning tarkibiga va tuzilishiga hamda diffuziyalanish chuqurligi haroratga, jarayonning vaqtiga, diffuziyalanuvchi elementning konsentratsiyasiga bog‘liq (10.1-rasm).



10.1-rasm. To‘yingan qatlam qalinligining KTI jarayoni parametrlariga bog‘liqligi sxemasi

Hosil bo‘lgan uglerod va azot atomlari faolliklari tufayli metallda eriydi va uning sirt qismini to‘yintiradi.

Absorbsiya jarayoni gaz-metall chegarasida sodir bo‘ladi, metall yuzasi erkin atomlarni o‘ziga singdiradi. Bu jarayon diffuziyalanuvchi element atomi metallda erib, qattiq eritma hosil qilgan taqdirdagina muvaffaqiyatli kechadi.

Masalan, uglerod va azot temir bilan singish qattiq eritmasi hosil qilgani uchun bu elementlarning diffuziyalanish tezligi temir bilan o‘rin almashish qattiq eritmasini hosil qiladigan elementlar (Cr, Mn, Ni, Al, va h.k.) nikidan yuqoriroq bo‘ladi.

Qotishmalar (po‘latlar)ni KTI turlariga sementitlash, azotlash, sianlash va diffuzion legirlash kiradi.

Sementitlash - po‘latning sirtqi qatlamini uglerodga to‘yintirishdan iborat. Masalan, kam uglerodli (0,1-0,3% C) po‘lat buyumlarning sirtqi qatlami uglerodga to‘yintirilganda sirtining qattiqligi oshib, ichki qismi yumshoq va qovushoqligicha qoladi. Bu esa tegishli detalni zarbiy kuchlar ta‘siriga chidamli, kam yeyiladigan qiladi. Odatda, tarkibida 0,08–0,3% C bo‘lgan uglerodli yoki legirlangan po‘latlar sementitlanadi.

Sementitlash  $Ac_3$  kritik nuqtasidan yuqoriroq haroratgacha (930-950°C) qizdirilib, uglerodga boy bo‘lgan to‘yintiruvchi muhitda amalga oshiriladi. Bunda po‘lat sirtining qattiqligi ortadi (58–60 HRC), o‘zagi esa qovushoqligicha qoladi.

Tishli g‘ildiraklar, porshen barmoqlari, vallar, o‘qlar, richaglar, chervyaklar, podshipnik qismlari kabi detallar sementitlanadi.

Po‘latni sementitlash uchun uglerodga boy muhitdan foydalaniladi. Bu muhit karbyurizator deb ataladi.

Sementitlash jarayoni qattiq, suyuq va gazsimon karbyurizatorlarda amalga oshirilishi mumkin.

Qattiq karbyurizatorida sementitlash uchun tarkibi 70% pista ko‘mir, 20-25% bariy karbonati, 2,5-3,5% kalsiy karbonatidan iborat aralashma bilan yashikka joylashtirilgan detallar ko‘miladi va yashikning qopqog‘i yaxshilab, havo kirmaydigan qilib berkitiladi va harorati 930-950°C bo‘lgan pechda 5-10

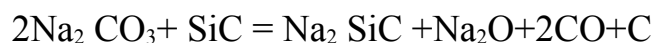
soat davomida qizdiriladi. Odatda, har bir soatda buyumning 0,1mm qalinligi sementitlanadi; to'yintirilgan qatlamda uglerod miqdori 0,95-1,1% ga yetadi.

Gazsimon karbyurizatorida sementitlash usulida ko'p uglerodli gazlardan, masalan, uglerod (II) - oksid, to'yingan uglevodorodlar ( $C_nH_{2n+2}$ ) va to'yinmagan uglevodorodlar ( $C_nH_{2n}$ ) dan foydalaniladi.

Gazsimon karbyurizatorida sementitlash uchun detallar pechning germetik berkitiladigan kamerasiga joylashtiriladi va 920-950°C gacha qizdirilib, ularning ustidan gaz o'tkaziladi. Bu jarayon 6-9 soat davom ettirilsa, detallarning 1,2-1,6 mm qalinlikdagi sirtqi qatlami uglerodga to'yinadi.

Bu usulning qattiq karbyurizatorida sementitlashga nisbatan ko'pgina afzalliklari bor. Bunda kerakli qatlam qalinligini ta'minlash oson, jarayonni bajarish vaqti kam, uni mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish imkoniyati mavjud, ish joyi toza saqlanadi, sementitlash uchun maxsus uskunalari qo'llanilmaydi, shu pechdan foydalanib sementitlangan detalni to'g'ridan-to'g'ri toblash mumkin va hokazo.

Suyuq muhitda sementitlash detallarning sirtqi qatlamlarini uglerodga to'yintirib, yupqa - 0,5mm gacha qatlam olishda foydalaniladi. 75-85%  $Na_2CO_3$ , 10-15%  $NaCl$  va 5-10%  $SiC$  tarkibli aralashmani 820-850°C haroratgacha qizdirib, suyultirib, sementitlanadigan buyumni shu muhitga 2 soatgacha botirib turilsa, 0,50mm gacha qatlam uglerodga to'yinadi. Aralashmada  $SiC$  va  $Na_2CO_3$  bo'lganligidan vannada quyidagicha reaksiya boradi:



Bu usulda ishlatiladigan tuzlar zaharli emas, jarayon tez o'tadi, detallarning sirti toza chiqadi. Sementitlangan detallar toblanib, bo'shatiladi.

Kam mas'uliyatli detallar bevosita pechdan chiqarilgandan so'ng toblanib, past haroratda (150-170°C) bo'shatiladi.

Muhimroq detallar sementitlangan keyin havoda sovutiladi va 850-900°C gacha qizdirilib, toblanadi. Shunday qilinganda detall o'zagining donalari maydalanadi. Toblangan detalning sirtqi qatlamining strukturasi mayda

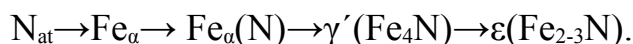
ninasimon martensit, ozroq qoldiq austenit va sementitdan, o'zaginging strukturasi esa mayda donalardan iborat bo'ladi. So'ngra po'lat bo'shatiladi.

Juda muhim detallar 2 marta toblanadi. Birinchi, 850-900°C dan moyda yoki havoda toblanib, buyumning o'zaginging donalari maydalashtiriladi, so'ngra esa 760-800°C da toblanib yuza qismida qattiqligi yuqori bo'lgan, mayda donali martensit, o'zak qismi esa chala toblanib, sorbit bilan ferrit strukturalari aralashmasi hosil qilinadi. Sementitlanib, toblangan uglerodli po'latlarning yuza qatlamining qattiqligi 60-64 HRC ga, legirlangan po'latlarniki esa 58-61 HRC ga yetadi.

## 10.2. Po'latni azotlash. Azotlashning qo'llanilish joylari

Po'lat yuzasini azot bilan diffuzion to'yintirishga azotlash deb ataladi. Azot po'lat tarkibidagi metallar bilan birikib, nitridlarni hosil qiladi. Azotlash jarayoni 430-800°C gacha gazsimon ammiak (NH<sub>3</sub>) muhitida olib boriladi. Po'latlar 430-600°C da azotlansa ularning qattiqligi, ishqalanib yeyilishga chidamliligi va puxtaligi ortadi, 600-800°C da azotlanganda esa faqat korroziyabardoshligi ortadi. Asosan, tarkibida Cr, Mo, W, Al, Ti kabi nitrid hosil qiluvchi elementlari bo'lgan legirlangan po'latlar azotlanadi.

Detallar azotlashdan oldin chang va moylardan tozalanib, germetik yashikka bir-biriga tegmaydigan qilib joylashtiriladi. So'ng yashik qopqog'i yopiladi-da, pechga joylashtiriladi va asta-sekin ammiak muhitida zarur haroratgacha qizdiriladi. Yuqori haroratda ammiak qisman parchalanib, faol azot atomlarini hosil qiladi:



Temir sirtida azotlangan qatlam Fe<sub>2-3</sub>N (ε-faza) va Fe<sub>4</sub>N (γ'-faza) va (α-faza) dan iborat bo'ladi. Azotlash 600°C dan yuqorida o'tkazilsa nitrid qatlam va α-faza orasida azotlangan austenitdan iborat γ-faza hosil bo'ladi.

So'nggi yillarda tarkibi 50% endogaz va 50% ammiak yoki 50% CH<sub>4</sub> va 50% NH<sub>3</sub>, shuningdek suyuq holatdagi 55% (NH<sub>2</sub>)CO+45% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

aralashmadan foydalanib azotlash jarayoni qo'llanilmoqda. Natijada buyum sirtida strukturasi  $Fe_{2-3}(N,C)$  dan iborat bo'lgan karbonitrid qatlam hosil bo'ladi, uning qattiqligi HB 600-1200 ga yetadi va buyumning ishqalanib yemirilishga chidamliligi ortadi.

Azotlash jarayoniga sarflanadigan vaqt talab etiladigan qatlam qalinligiga bog'liq. Umuman, har 10 soatda 0,1mm yuza qatlam azotlanadi. Detallarga azotlashdan oldin termik ishlov beriladi, azotlangan yuzalar esa faqat jilolanadi.

Azotlash jarayoni sementitlash jarayonidan pastroq haroratda o'tkazilsada, qatlamning qattiqligi va ishqalanib yeyilishga chidamliligi yuqori, mo'rtligi esa pastroq bo'ladi.

Azotlashni juda puxta cho'yan, issiqqa chidamli, zanglamaydigan va boshqa o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lgan materiallarga tatbiq etish maydonini kengaytirish to'liq hajmdagi namunalar bo'yicha tadqiqotlar natijalarini tekshirishni talab qiladi.

Yuqori tezlikda ishlaydigan metall kesuvchi asboblarni qattiqligini oshirish uchun uglerodga to'yintirish, ionli azotlash, sianlash, lazer bilan toblash, elektrouchqun legirlash, bug 'bilan ishlov berish va h.k.lardan foydalaniladi, ko'p hollarda asbobning ishlash muddati va uning barqarorligi oshiriladi. Qattqlik natijalari asbobdan foydalanish shartlariga bog'liq.

Mashina qismlari va avtomobillar va traktorlar reduktorlarining tishli g'ildiraklari va traktorning so'nggi qo'zg'aysan g'ildiragi g'ildiraklari, sayohat valiklari va mashina vintlari (azotlanganidan keyin) va boshqalar, ehtiyot qismlar va asboblarning ishlash xususiyatlarini yaxshilash uchun sementitlash yoki nitridlash orqali sirt qattiqligini oshirish keng qo'llaniladi.

### **10.3. Po'latni nitrosegmentlash va sianlash**

Po'lat detallarnig yuzasini bir vaqtning o'zida uglerod va azotga to'yintirish jarayoni sianlash deb ataladi. Qattiq, suyuq va gaz muhitida sianlash usullari mavjud. Sianlangan yuzaning qalinligi, odatda, 0,1-0,2 mm ga yetadi. Sianlash natijasida detallarning yuza qattiqligi va ishqalanib yemirilishi

chidamliligi, hamda korroziyabardoshligi ortadi. Ayniqsa, mayda va o'rtacha detallar (shesternya, porshen barmoqlari, vallar va boshqalar) ni sianlash yuqori samara beradi.

Suyuq muhitda sianlash usuli keng tarqalgan. Tarkibi 50%NaCN, 3,5%BaCl<sub>2</sub>, 15%NaCl tuzlardan iborat aralashma 500-600°C gacha qizdirilganda uglerod va azot atomlari hosil qilib parchalanadi, ana shu faol atomlar detal yuzasiga singadi.

Tezkesar po'latdan tayyorlangan asboblarni puxtalash uchun 25-40%NaCN, 20-45%Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> va 10-20%NaCl tarkibli aralashma muhitida 500-600°C da 5-30 daqiqa davomida ishlov berilsa, detal yuzasining 0,02-0,04 mm qalinligi sianlanadi.

Tarkibida 0,4 % gacha uglerodi bo'lgan uglerodli va maxsus po'latlarga 6-10% NaCN, 80-84% BaCl<sub>2</sub>, 10% gacha NaCl tarkibli tuzlar aralashmasida 800-950°C haroratda, 1-6 soat davomida ishlov berilsa, 0,5-1,5 mm yuza qatlam uglerod va azotga to'yinadi.

Bunday yuqori haroratda sianlangan detallar toblanib, so'ngra past haroratda bo'shatiladi, yuza qattiqligi 58-62 HRC ga yetadi.

Gaz muhitida sianlash (nitrotsementatsiya) jarayoni 850-900°C haroratda, tarkibida uglerod va azot bo'lgan gazlar (masalan, 70-80% tabiiy gaz va 20-30% ammiak) muhitida olib boriladi. 0,25-1 mm qatlam olish uchun 2-10 soat vaqt sarflanadi.

Nitrosementitlangan detal bevosita pechda toblanib, 160-180°C da bo'shatiladi. Bo'shatilgan yuzaning qattiqligi 58-62 HRC ga yetadi. Bu jarayon murakkab shaklli, tob tashlashga moyil bo'lgan detallar (shesternyalar) uchun qo'llanilganda samara beradi.

#### **10.4. Diffuzion metallash**

Mashina vositalarining ishchi yuza qismlarining xossalarini va ish unumini oshirish uchun ular Al, Cr, Si, B, Ti kabi elementlar bilan diffuzion boyitiladi.



**Diffuzion alyuminiylash** - po‘latlarni 850-900°C gacha olovbardosh qilish uchun o‘tkaziladi. Po‘lat buyumning yuzasida alyuminiy oksididan iborat zich parda ham hosil bo‘ladi va u metalni oksidlanishdan saqlaydi.

Ko‘p hollarda kukunlar aralashmasi muhitida alyuminiyga to‘yintiriladi. Detallar 25-50 % alyuminiy kukuni yoki 50-75% ferroalyuminiy, 25-75% alyuminiy oksidi va 1% ammoniy xloriddan iborat aralashma bilan ko‘milib, 900-1050°C haroratda 3-12 soat pechlarda tutib turiladi. Bunda detalning 0,2-0,35mm sirtqi qatlami alyuminiyga to‘yinadi.

Gazogenerator mashinalari detallari, termoparalarning g‘iloflari va klapanlar kabi buyumlar alyuminiylanadi.

**Xromlash** - jarayonni qattiq, gaz va suyuq muhitda o‘tkazish mumkin. Maqsad- detallarning qattiqligini, yeyilishga chidamligini, korroziyabardoshligi, olovbardoshlik va issiqliqbardoshligini oshirish. Qattiq muhit sifatida 40-45% ferroxrom, 40-45% shamot va 3-5% ammoniy xloridi kukunlari aralashmasi ishlatiladi. Harorat 1100-1150°C , vaqt 10-15 soat. Shu sharoitda xromlangan qatlamning qalinligi 0,25-0,30 mm ga yetadi.

Suyuq muhitda diffuzion xromlashda 20% CrCl<sub>2</sub> va 80% BaCl<sub>2</sub> dan iborat aralashma ishlatiladi. Detallar suyuqlantirilgan ana shu aralashma vannasida 950-1100°C da 4 soat chamasi tutib turilsa, 0,04-0,10 mm qalinlikdagi sirtqi qatlam xromlanadi. Diffuzion xromlangan detallar darhol harorati 70°C dan past bo‘lmagan suvda yoki moyda toblanadi.

Detallarni 950-1050°C haroratda gaz holatidagi CrCl<sub>2</sub> muhitida xromlash usuli zamonaviy usul sanaladi. Xromlangan qatlam qalinligi 0,15-0,20 mm ga yetadi.

Xromlash usulidan yemiruvchi muhitda ishlaydigan klapanlar, ventillar, patrubkalar kabi detallar, hamda parma, razvertka kabi asboblardan uchun foydalaniladi.

**Diffuzion kremniylash (silitsiylash)** usuli po‘latlarning ishqalanib yeyilishga chidamliligini oshirish, korroziyabardoshligi va kislotabardoshligini yaxshilash maqsadida amalga oshiriladi.

Qattiq muhitda kremniylash uchun 60% ferrosilitsiy, 38-39% glinozem iborat aralashmadan foydalaniladi, buyumning 0,2-0,8 mm sirtqi qatlami kremniyga toʻyinadi (harorat 1100-1200°C).

Gaz muhitida kremniylash uchun kremniy xloridi 950-1050°C gacha qizdiriladi va buyum 2-4 soat mobaynida shu muhitda tutib turiladi. Toʻyintirilgan qatlam qalinligi 0,5-1,24 mm ga, yuza qattiqligi esa Vickers boʻyicha 200-300 ga yetadi.

Kimyo, qogʻoz va neft sanoati uskunalari (nasos vallari, truboprovodlar, gaykalar, boltlar va h.k.) detallari kremniylanadi.

Mashinasozlikda bor elementi bilan yuzani boyitish jarayoni suyuq eritmalarni ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , BCl) elektroliz qilish usuli bilan olib boriladi. Borlangan yuzaning qattiqligi Vickers boʻyicha 2000 gacha yetadi, qalinligi esa 0,1-0,4 mm ni tashkil qiladi. Borlangan qatlam yuza qismida FeB, ichki qismida esa  $\text{Fe}_2\text{B}$  va  $\alpha$ -qattiq eritmadan iborat boʻladi. Neft nasoslari, choʻzuvchi, eguvchi va shakl beruvchi shtamplar, bosim ostida quyish mashinalarining detallari kabi ogʻir sharoitda ishlaydigan detallar borlanadi. Borlangan detallarning turgʻunligi 2-6 marta ortadi.

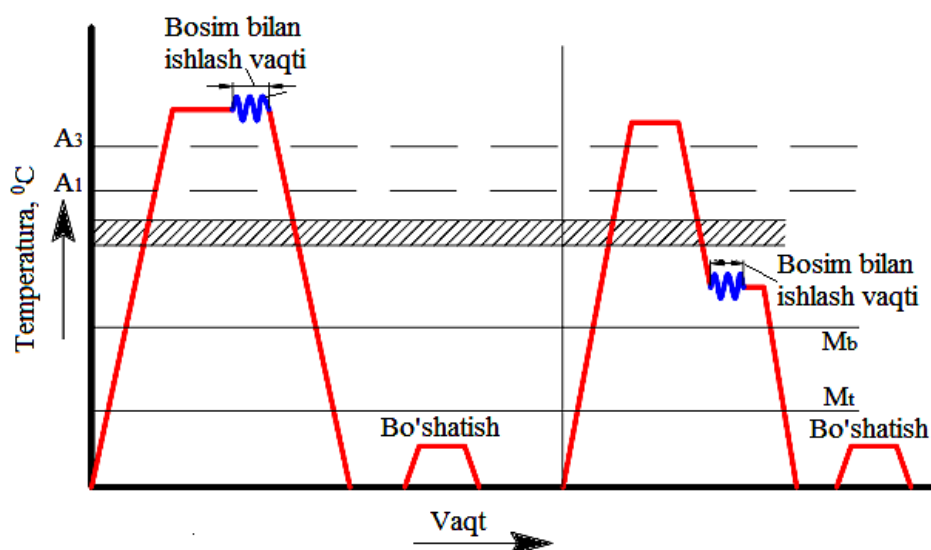
### **10.5. Termomexanik ishlov berish**

Maqsad: poʻlatning mexanik xossalarini koʻtarish. Termomexanik ishlash deb, poʻlatni  $\text{Ac}_3$  dan yuqorirok haroratgacha qizdirib, maʼlum vaqt tutib turilgach, yo shu haroratning oʻzida yoki rekristallanish haroratidan pastroq haroratgacha sovutilgach bosim bilan ishlab, soʻngra toblash va toblangandan keyin past haroratda boʻshatish jarayoniga aytiladi. Termomexanik ishlash natijasida poʻlatning mustahkamlik chegarasi va plastikligi ortadi (10.2-rasm).

Defomatsiyalash haroratiga qarab termomexanik ishlash (TMI) ikki turga boʻlinadi: yuqori haroratli termomexanik ishlash (YuTTMI) va past haroratli termomexanik ishlash – PTTMI.

YuTTMI da poʻlat  $\text{Ac}_3$  dan yuqorida qizdirilib, shu haroratda maʼlum vaqt tutib turilib, poʻlat strukturasi austenitga aylantirib, soʻngra bosim bilan

ishlangandan keyin tez sovutiladi (toblanadi), ya'ni austenitni martensitga aylantiradi. Past haroratda bo'shatiladi.



10.2-rasm. Termomexanik ishlov berish sxemasi

PTTMI da po'lat  $A_{c3}$  dan yuqori haroratgacha qizdirib, uning strukturasi austenitga aylantiriladi. So'ngra po'lat rekristallanish haroratidan past (400-500°C) haroratgacha o'ta sovutiladi va shu haroratda bosim bilan ishlanadi. Past haroratda bo'shatiladi.

Mexanotermik ishlashda teskari: oldin deformatsiyalanadi, so'ng toblanadi. Bunda ham po'lat mustahkamligi ortadi.

### Nazorat savollari

1. Kimyoviy-termik ishlash deb nimaga aytiladi?
2. Kimyoviy-termik ishlov berish jarayoni qanday bosqichlardan iborat?
3. Dissotsiatsiya qanday jarayon?
4. Absorbsiya qanday jarayon?
5. Po'latlarni kimyoviy-termik ishlashning qanday turlarini bilasiz?
6. Sementitlash nima? U po'lat xossasiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
7. Po'lat yuzasini azot bilan diffuzion to'yintirishga nima deb ataladi?

8. Po'lat sirtini bir vaqtning o'zida uglerod va azotga to'yintirish qanday ataladi?
9. Po'lat sirtini diffuzion to'yintirish nima?
10. Diffuzion alyuminiylash qanday amalga oshiriladi?
11. Xromlashning po'lat xossasiga ta'siri?

## XI BOB. LEGIRLANGAN MAXSUS PO‘LATLAR

### 11.1. Legirlangan po‘latlar

Legirlovchi elementlar po‘latga atayin kiritilib, uning xossalariga va strukturasi ta'sir qiladi. Shunaqa elementlar kiritilgan po‘latlar legirlangan po‘latlar deyiladi. Po‘latni o'zida kremniy va marganes bo'ladi, lekin kremniy miqdori 0,4% dan oshsa, marganes 0,8% dan oshsa bunday po‘latlar ham legirlangan hisoblanadi.

Bazi legirlovchi elementlarning miqdori juda kam bo'lishi mumkin: Ti miqdori 0,1% dan oshmaydi; B ham 0,005% dan oshmaydi.

Legirlangan po‘latlar texnika taraqqiyoti talablari natijasida paydo bo'lgan. Legirlash mexanik xossalarni (mustahkamlik, plastiklik, qovushqoqlik), fizik xossalarni (elektr o'tkazuvchanlik, magnit xossalari, 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; V; 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 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.

Konstruksion po‘latlarda asosiy struktura tashkil etuvchi bu - ferritdir. U metall hajmining 90% dan ko'pini egalaydi. Shuning uchun ferrit xossalariidan po‘lat xossalari butunlay bog‘liq.

Metalldagi 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 ( $\sigma_B$ , HB) shuncha ortib, plastiklik va qovushqoqlik pasayadi.

Barcha elementlar ferrit qattiqligini oshiradi. Ayniqsa, Ni, Cr ning ta'siri kuchli va ular konstruksion po‘latlarning  $\sigma_B$ , HB, plastikligini va toblash chuqurligini oshiradi.

Element uglerodga qancha yaqin bo‘lsa, shuncha karbid hosil bo‘lish imkoniyati yuqori bo‘ladi. Bu qator aktivligi ortishi bo‘yicha quyidagi qator tartibida bo‘ladi. Fe-Mn-Cr-Mo-W-HB-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.

Legirlovchi elementlar martensit parchalanishini pasaytiradi (kobalt, teskari, uni tezlashtiradi). 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 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; Hf.

## 11.2. Po'latni ratsional legirlash va legirlovchi elementlarning ahamiyati

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, korroziyaga bardoshligini oshiradi. Volfram va Marganes bilan harorat ta'sirida deformatsiyalanmaslik qobiliyatini oshiradi. Shuning uchun legirlangan XBT po'latidan uzun o'lchamli keskichlar yasaladi, masalan protyajkalar.

W – o't (olov)ga bardoshliligini. Ayniqsa volfram bilan birga masalan bu po'lat – P18 – tezkesar po'lati. Har xil kesgichlar yasaladi.

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

Quyidagi 11.1-jadvalda legirlovchi elementlarning belgilanishi keltirilgan.

11.1-jadval

### Legirlovchi elementlarning belgilanishi.

A – azot	K – kobolt	P – bor	Ц – sirkoniy
Б – niobiy	M – molibden	C – kremniy	E - selen
B – volfram	H – nikel	T – titan	Ю – alyuminiy
Г – marganes	O - qalay	Ф – vanadiy	Ч – siyrak-yer metallari
Д – mis	П -fosfor	X – xrom	

Masalan: 18X2H4B - Uglerod-0,18%; Xrom-2%; Nikel-4%; Volfram-1%.

## 11.3. Legirlangan po'latlar tasnifi. Legirlangan konstruksion po'latlar.

### Konstruksion po'latlarga qo'yiladigan talablar

Legirlangan po'latlar turli alomatlariga ko'ra tasniflanadi. Legirlangan po'latlar yumshatilgan (muvozanat) holatidagi tuzilishiga ko'ra, tuzilishida ortiqcha ferrit bo'ladigan evtektoiddan oldingi po'latlar, perlit tuzilishiga ega bo'lgan evtektoid po'latlar, tuzilishida ortiqcha (ikkilamchi) karbidlar bo'ladigan evtektoiddan keyingi po'latlar, tuzilishida suyuq eritmadan ajralib chiqqan birlamchi karbidlar bo'ladigan ledeburitli po'latlarga bo'linadi. Amaliy

jihatdan po‘latni me‘yorlashgan holatdagi tuzilishiga ko‘ra tasniflash muhim hisoblanadi.

Uglerod va legirovchi elementlarning miqdoriga qarab, legirlangan po‘latlarni quyidagi sinflarga ajratish mumkin: legirlangan ferrit tuzilishiga ega bo‘lgan ferritli po‘latlar; perlit tuzilishiga ega bo‘lgan perlitli po‘latlar; martensit tuzilishiga ega bo‘lgan martensitli po‘latlar; austenit tuzilishiga ega bo‘lgan austenitli po‘latlar. Bundan tashqari, ferrit-perlitli, yarimaustenitli va hokazo po‘latlar ham bo‘lishi mumkin.

Vazifasiga ko‘ra, po‘latlar quyidagi guruhlariga birlashtiriladi: • mashinalar detallarini tayyorlashga mo‘ljallangan konstruksion po‘latlar; • kesuvchi, o‘lchash asboblari, shtamplovchi va boshqa asboblarni tayyorlash uchun ishlatiladigan asbobsozlik po‘latlari; • alohida xossaligi po‘lat va qotishmalar. Po‘latlar davlat standartlarini hisobga olib markalanadi. Har qaysi legirovchi element harf bilan belgilanadi. Konstruksion po‘latlar markalaridagi dastlabki raqamlar uglerod foizining yuzdan bir ulushlari hisobidagi o‘rtacha miqdorini ko‘rsatadi. Harflardan keyingi raqamlar legirovchi elementning o‘rtacha miqdorini ko‘rsatadi. Agar elementning miqdori 1 % dan kam yoki unga teng bo‘lsa, u holda raqam bo‘lmaydi. Yuqori sifatli po‘latlarda belgining oxirida A harfi turadi Sharchali podshipniklar yasaladigan po‘latlar III harfi bilan, tezkesar po‘latlar P harfi bilan belgilanadi.

#### **11.4. Sovuq holda shtamplangan yupqa po‘latlar, avtomat po‘latlar**

Avtomatli po‘latlarni qirqib ishlash osonligi ularning afzalligi hisoblanadi. Bunga po‘lat tarkibiga oltingugurt va fosforni ko‘proq qo‘shish bilan erishiladi. Bu komponentlar keskich turg‘unligini oshiradi.

Eng samarador usul metallurgic jarayon davrida oltingugurt, selen, tellur, kalsiylarni po‘lat tarkibiga kiritishdir. Bu qo‘shimchalar nometall qo‘shimchalarning tarkibini o‘zgartiradi. Avtomatli po‘latlarni kimyoviy tarkibi GOST 1414-75 bilan markalanadi. Markalanishi: A11; A12; A20; A30; A40Г; AC14; A35E; A- avtomatli degani; raqamlar: 11, 12, 20, va h.k uglerod



miqdorining yuzdan bir ulushda, ya'ni 0,11%; 0,20%. Agar po'lat qo'rg'oshin bilan legirlangan bo'lsa "C" belgisi qo'yilib, AC deb belgilanadi. Po'latning issiq dars ketishini namoyon qilmasligi uchun po'latdagi marganes miqdori oshiriladi. "T" – marganes qo'shilgani degani, "E" – selen qo'shilgani.

Po'lat tarkibiga qo'rg'oshin, selen va tellurning qo'shilishi keskich materiallari uchun xarajatlarni 2-3 marta kamaytiradi.

### **11.5. Kam legirlangan mashinasozlik va qurilish po'latlari**

***Qurilishda ishlatiladigan kam legirlangan po'latlar.*** Bularda uglerod 0,1-0,25% bo'ladi. Bu po'latlardan fermalar, kema korpuslari armaturalar va b. lar quriladi. Kam uglerodli bo'lgani uchun yaxshi payvandlanadi. Bular temir-beton qovurg'alari uchun, neft mahsulotlari va gaz quvurlari, metall chivichlari ham yasaladi. Lekin, mashina detallari uchun onda-sonda ishlatiladi. Bu po'latlar CT.1; CT.2; ... CT.6 deb markalanadi. Bu po'latlarning mustahkamligi  $\sigma = 240$  MPa ga teng.

Qurilishda ishlatiladigan po'latlarga kam legirlangan po'latlar: 14Г2; 17ГC; 14XГC; 15XCHД. Po'lat 15XCHД qattiq sovuq (-60°C) da ham ishlayveradi, chunki H va Д lar sovuqda ham mo'rtlashmaydi. Bundan tashqari bular havoda zanglamaslik qobiliyatini ham oshiradi.

Qurilishda va mashinasozlikda listlar, sortovoy prokatlar kam legirlangan po'latlar 14Г2АФ, 17Г2АФВ ( $\sigma_{oq.}=450$  MPa) dan yasaladi. Bular qo'shilganda, karbonitridlar hosil bo'lishi hisobiga puxtalanadi.

**Sementitlanadigan konstruksion po'latlar.** Dinamik kuch ostida ishlaydigan va ustki yuzalari ishqalanib yeyiladigan detallar kam uglerodli po'latdan (C<0,2%) yasaladi. Ular sementitlanib, so'ngra toblanadi va past bo'shatiladi. Bunda sirtqi qatlamlari yetarlicha 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 kichik detallar yasaladi.

Ikkinchi guruhga 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 qovushqoqligi ortadi.

Uchinchi guruhga bunday 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; 18X2H4B4) 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 bo'shatishdir. Bunday po‘latlar yuqori mustahkamlikka, qovushqoqlikka ega; kuchlanishlar yig‘indisiga kam e‘tibor beradi, toblanish chuqurligi yaxshi. Shuning uchun zarbiy kuchlarga bimalol ishlaydi. Beshta guruhga bo‘linadi:

1. Сталь35, Сталь 40, Сталь 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 marganes bilan legirlanadi. Toblanish qalinligi yuqori. 65; 70; 65Г; 60C2; 70C3A; 60CГ; 40XΦA.

Sharikli va rolikli podshipnik po'latlari. Har xil qutbli mujassamlantirilgan kuch ta'sir qiladi. Qattiq, yeyilishga chidamli va nuqtaviy charchamasligi kerak. Bularga IIX4; IIX15; IIX15CF; IIX20CF lar kiradi.

### **11.6. Prujinali po'latlar**

Ressor-prujina po'latlari yuqori oquvchanlik chegarasiga ega ekanligi uning qo'llanilish ko'lamini belgilaydi. Ushbu turdagi po'lat egiluvchanlikning yuqori qiymatlari bilan bir qatorda ta'sirchan kuchlanish va chidamlilik xususiyatlariga ega. Prujinali po'latlar tarkibida uglerod miqdori 0,5-0,8% ni tashkil qiladi. Ushbu turdagi po'latlarning elastiklik xossasiga toblash va past haroratda bo'shatish orqali erishiladi. Bo'shatish harorati 350-500°C oralig'ida bo'ladi. Ressor-prujina po'latlarida plastiklik xossasi past bo'lishi talab etiladi: nisbiy cho'ziluvchanlik 5 - 10%, torayish esa 20 dan 35% gacha. Ushbu talab prujina va resorlar plastik deformatsiyaning qabul qilinishi mumkin bo'lmagan hodisa ekanligi bilan bog'liq. Hozirgi vaqtda mashinasozlikda tarkibida kremniy bo'lmagan resor-prujina po'latlari keng qo'llanilmoqda. Uglerodning konsentratsiyasi kremniy po'latnikidek bir xil bo'lib qolsa-da, qotishma tarkibiy qismlarining har xil legirlovchi birikmalari (xrom, bor va marganets; xrom va vanadiy; xrom va marganets; xrom, vanadiy va marganets) kremniy o'rnini egallaydi. 50XГФ, 50XГ, 50XФ va 55XГP markali po'latlarning qirqiq ishlashda notekisligi kam bo'lib, qovushqoqligi oshadi.

Uglerodli resor-prujina po'latlar kichik o'lchamli prujinalar uchun qo'llanilib, ular kam kuchlanish tushadigan sharoitlarda ishlaydi. Bunday prujinalarni ishlab chiqarish (ko'ndalang kesimi 18 mm gacha) 70C3A, 60C2, 55C2 va 50C2 markali po'latlar(tarkibida 2% gacha kremniy)dan tayyotlanadi. Yuqori kuchlanishlar ta'sirida ishlaydigan katta o'lchamli prujinalar 60C2XA markali po'latlardan tayyorlanadi. 60C2XΦA va 60C2H2A markali po'latlar katta yuklar tushadigan va eng talabchan vazifalarni bajaradigan prujinalarni ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

### 11.7. Sharikopodshipnikli po'latlar va ularni termik ishlash

Podshipnikbop po'latlar odatda ishlash sharoitiga ko'ra tasniflanadi. Podshipnik (shar, halqa, rolik)lar -60 dan 300°C gacha agressiv bo'lmagan muhitlarda ishlaydigan – IIIX15 (~1% C; ~1,5% Cr), IIIX15CF (~1% C, ~1,5% Cr, ~0,5% Si, ~1% Mn), IIIX20CF (1,4...1,7%Mn; 0,55...0,85% Si va b.), va maxsus issiqqa chidamli 8X4B9Φ2III (~ 0,8% C; ~ 4% Cr; ~ 9% W; 1,4...1,7% V) va korroziyaga chidamli podshipnik 95X18-III (~ 1% C; ~ 18% Cr, sintetik shlak bilan qayta ishlangan) markali po'latlar podshipniklar ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan.

Barcha turdagi yuqori sifatli po'latlar tarkibi odatda fosfor va oltingugurt miqdori  $P \leq 0,030 \%$ ,  $S \leq 0,020 \%$  bo'ladi. Umumiy maqsadlar uchun qo'llaniladigan podshipnikbop po'latlarining tarkibida karbid fazasi hosil qiladigan va kerakli xossalarni ta'minlaydigan Cr mavjud. Qo'shimcha xossalarni oshirish va yirik o'lchamli podshipnik devori 10mm dan qalin bo'lish talab etilganda Si va Mn yeyilishga yuqori bardoshlilikni oshirish uchun amalga oshirish maqsadida qo'shiladi.

Bo'shatish jarayoniga Si 150...350°C harorat oralig'ida martensit parchalanishining sekinlashishi tufayli yuqori qattqlik qiymatlarini beradi. IIIX15 markali po'latga termik ishlov berish austenitdagi karbid fazasining ma'lum bir qismini eritib donador perlit hosil bo'lishini ta'minlaydigan sferoidlovchi yumshatish orqali amalga oshiriladi. Tayyor podshipnik detallari 850-900°C harorat oralig'ida bosqichma-bosqich yoki izotermik toblash orqali termik ishlanadi. Bunday qizdirish harorati bir tomondan, austenitdagi karbid xromni eritadi, boshqa tomondan esa austenit donlarini ortiqcha o'sishiga to'sqinlik qiladi. Hozirgi vaqtda toblash bosqichma-bosqich yoki izotermik toblash 210...240°C dan pastki beynit zonasida bitta sovutuvchi bilan amalga oshiriladi. Podshipnikbop po'latlarni toblashda induksion qizdirishdan foydalanish istiqbollidir. Ushbu po'latlarni termik ishlashda yakuniy amaliyot bu - past haroratda bo'shatish bo'lib, toblashdan keyingi kuchlanishlarni yo'qotishga xizmat qiladi.

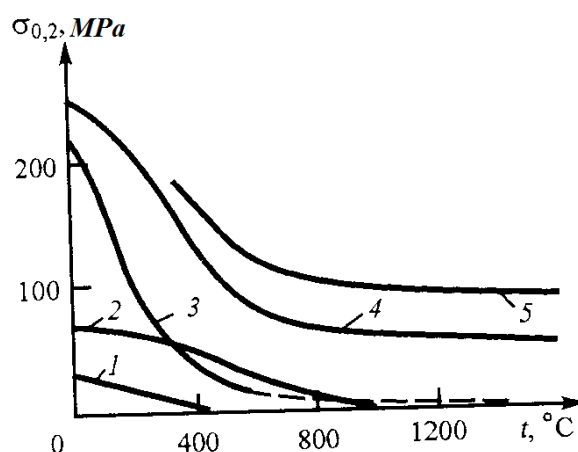
## 11.8. Yeyilishga chidamli po'latlar. Juda puxta po'latlar

Materiallarni o'z erish haroratini 0,3 qismidan yuqorisida uzoq vaqt deformatsiyaga (mexanik yuklamalarga) bardosh berishligi va buzilmasligi (yemirilmasligi) 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.

**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.

Materialni tanlashda kuch ostida ishlash vaqti uzoqligi va ta'sir qiluvchi kuchlar hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Qizdirish atomlararo bog'lanish kuchlarini pasaytiradi, yuqori haroratlarda elastiklik moduli kichiklashadi, vaqtincha qarshilik ham kamayadi, oquvchanlik chegarasi ham, qattqlik ham pasayadi. Qotishma asosini erish harorati ( $t_{er}$ ) qancha past bo'lsa, uni chegaralangan ishlash harorati ham shuncha past bo'ladi (11.1-rasm).



11.1-rasm. Oquvchanlik chegarasining haroratga bog'liqligi:

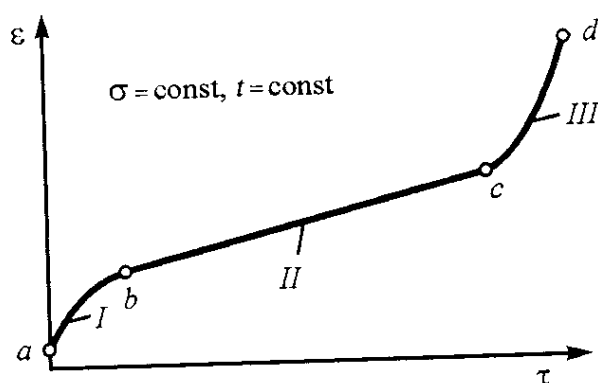
1-Al; 2-Cu; 3-Ti; 4-To; 5-W

Yuqori haroratlarda uzoq vaqt kuch yuklangandagi material holati (o'zini tutishi) undagi diffuzion jarayonlar bilan aniqlanadi. Bu sharoitlarda

oquvchanlik jarayonlari va kuchlanish relaksatsiyasi jarayonlari xususiyatiga ega.

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 11.2-rasmda ko'rsatilgan.



11.2-rasm. Oquvchanlik egri chizig'i. 1-turg'un emas davr; 2-turg'un davr; 3-yemirilish 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 siljish va sakrab o'tish yo'li bilan otadi. 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 turini o'zgartirish va metall bog'lanishdan baquvvatroq kovalent bog'lanishga o'tish bilan.

Legirlashni maqsadga muvofiqligi - qiyin eriydigan metall bilan legirlashdir, hajmi markazlashgan kristall panjarali issiqbardosh po'latni molibden (1% gacha) bilan, yoqlari markazlashgan kristallik panjarali issiqbardosh po'latni volfram, molibden, kobalt (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 dona chegarali siljishni sekinlashtiradi. Bular bor va seriy elementlaridir. Termo-mexanik ishlash ham po'latni issiqbardoshligini oshiradi.

**Nikelli issiqbardosh qotishmalari.** Gaz turbinalari lopatkalari uchun birinchi marta XH77TIO qotishmasi ishlatilgan. Bunga "bor" elementi qo'shilsa, XH77TIOP ning 700-800°C haroratdagi mustahkamligi 25% ortadi. Bor zarrachalariga yopishib olib, buzilish tezligini pasaytiradi.

Qotishma XH70BMTIO 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.

XH70BMΦTIO qotishmaning issiqbardoshligi yanada ko'proq: puxtalanish fazasi 25%. Bundan tashqari MeC, Me6C va Me23C6 karbidlarining hosil bo'lishi sabab 800-850°C da 20000 soat ishlay oladi.

XH55BMTΦKIO, XH51BMTIOKΦP qotishmalari yuqori puxtalikka va plastiklikka ega 900-950°C 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.

Quyma qotishmalar gaz turbinlari lopatkalari va soplo lopatkalari - ishchi lopatkalari uchun ishlatiladi. Bir butun quyiladigan rotorlar uchun ham

qo'llaniladi.

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

Eng ko'p tarqalganlari: ЖС6К, ЖС6У, ЖС6Ф, ВЖЛ12У. Bularning ichida eng issiqbardoshi ЖС6Ф: 1100°C da ham ishlayveradi.

**Perlitli po'latlar.** Perlitli po'latlar 450-580°C da uzoq vaqt ishlatishga mo'ljallangan, asosan qozonsozlikda ishlatiladi. Po'latni 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: 12XIMФ, 25X2MIФ.

Termik ishlash: 1000°C da normallashtirish va 650-750°C da 2-3soat davomida bo'shatishdir.

Bu po'latlar sovuq holda plastik, qoniqarli qirqib ishlanadi, payvandlanadi.

**Martensitli po'latlar.** Martensitli po'latlar 450-600°C da ishlaydigan detallar uchun mo'ljallangan. Perlitli po'latga nisbatan par va yonishdan hosil bo'lgan gazlar muhitida oksidlanishga qarshiligi yuqori. Issiqbardoshligi ham yuqoridir.

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, turbolar va h.k.

Ikkinchi guruh po'latlarni - silxromlarni issiqqa bardoshligi ancha yuqori. Shuning uchun issiq, qaynoq muhitlarda (ishlangan gazlar) ishlaydigan detallar



yasaladi: ichki yonuv dvigatellari klapanlari, ularni payvandlash va qirqib ishlash qiyinroq.

**Austenitli po‘latlar.** Austenitli po‘latlarni issiqqa bardoshligi perlitli va martensitli po‘latlarnikidan yuqori va 600<sup>0</sup>C dan yuqori haroratlarda ishlatiladi. Asosiy legirlovchi elementlari – xrom va nikel. Ba’zan nikelni boshqa austenit hosil qiladigan elementlarga almashtiriladi - Mo; Nb; Ti; Al; W.

Bular karbidlar hosil qiladi va issiqbardoshlikni oshiradi.

Austenit po‘latlarini issiqbardoshligini toblash va eskirtirish bilan oshiriladi: Masalan, 10X11H20T3P po‘lati uchun toblash - 110-1170<sup>0</sup>C da va eskirtirish 750<sup>0</sup>C haroratda 15-25 soat davomida amalga oshiriladi.

Austenit po‘latlari yuqori plastiklikka ega, yaxshi payvandlanadi. Lekin, qiyinroq bosim ostida ishlanadi va qirqiladi.

Yonish kameralarida ishlovchi olovbardosh materiallar yana qo'shimcha talablarga ham javob berishi kerak. Ular haroratning keskin o'zgarish sharoitida ishlaydilar: kamera qizdiriladi, sovutiladi. Buning natijasida yetarli darajada termik kuchlanish vujudga keladi, qaysiki, darz ketishga va buzilishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun iloji boricha issiqlik natijasida (kengayish) chizigiy kengayish-uzayish koeffitsiyenti kam va katta issiqlik o'tkazish koeffitsiyentli materiallar ishlatilishi kerak.

XH78T, XH75MBTIO, XH60BT qotishmalari va "dispers" puxtalangan qotishmalar ВДУ-1 va ВДУ-2 lar ko'p tarqalgan.

## Issiqbardosh po'latlar va nikel qotishmalarining xossalari

Marka	Guruh	Legirlovchi elementlarni tarkibi, %	Harorat, °C		Issiqbardoshlik xossalari		
			Eng yuq. ishchi	Tez oksidlanishini boshlanishi	$\sigma/10000$	$\sigma/100000$	Sinash harorati, °C
					MPa		
12X1MΦ	Perlitli po'lat	0,12%C; 1,1%Cr; 0,3%Mo; 0,2%V	570-585	600	140	84	550
25X2M1Φ	Perlitli po'lat	0,25%C; 2,3%Cr; 1%Mo; 0,4%V	520-550	600	160-220	70	550
15X5M	Martensitli po'lat	0,15%C gacha; 5,2% Sr; 0,5%Mo;	600	650	100	40	540
40X10C2M	Martensitli po'lat	0,4%C; 10%Cr; 2,25% Si; 0,8%Mo;	650	850	100	40	550
11X11H2B2MΦ	Martensitli po'lat	0,11%C; 11%Cr; 1,7% Ni; 1,8%W; 0,4%Mo; 0,25%V;	600	750	400	–	550
12X18H10T	Austenitli po'lat	0,12% gacha C; 18%Cr; 10%Ni; 0,5%Th;	600	850	80-100	30-40	660
45X14H14B2M	Austenitli po'lat	0,45%C; 14%Cr; 14%Ni; 2,4%W; 0,3%Mo;	650	850	130	40	650
10X11H20T30	Austenitli po'lat	0,10% gacha C; 11%Cr; 20%Ni; 2,6%Th; 0,02%B;	700	850	400	–	700
XH77TIOP	Nikelli qotishmalar	0,07% gacha C; 20%Cr; 2,6%Th; 0,8%Al; 0,01% gacha B	750	1050	110-200	200	750
H55BMTKIO	Nikelli qotishmalar	0,10%C; 10%Cr; 5%Mo; 4,9%W;14%Co; 4,5%Al; 1,6%Th;	950	1050	150	130	900

ВДУ-1, ВДУ-2 qotishmalar yuqori haroratda eriydigan oksidlar bilan puxtalanadi:  $\text{ThO}_2$  (toriy oksidi)  $t_{\text{erish}}=2800^\circ\text{C}$ . Bu qotishmalar yaxshi olovbardosh ( $1300^\circ\text{C}$  da ham mustahkamligini pasaytirmasdan ishlayveradi) va termik kuchlanishlarga yaxshi.

### **11.9. Korroziyagabardosh va olovbardosh po'latlar va qotishmalar**

Metall konstruksion materiallarni ishlatish 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.

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 vaqtini 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.

Ba'zi olovbardosh po'latlarning kimyoviy tarkibi va xossalari 11.3-jadvalda keltirilgan.

## Olovbardosh po'latlarning kimyoviy tarkibi va xossalari

Po'lat markasi	Elementlar miqdori, %				Xossalari	
	C	Cr	Ni	Si	$\sigma_b$ , MPa	$\delta$ , %
08X17T*	$\leq 0,08$	16-18	0,7	0,8	450	20
15X28*	$\leq 0,15$	27-29	0,8	1,0	450	20
20X23H18**	$\leq 0,2$	22-25	17-20	1,0	500	35
20X25H20C2**	$\leq 0,2$	24-27	18-21	2-3	600	35

Eslatma: po'lat 08X17T da  $Ti=0,4-0,8$ . \*-normallangan 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 mufel pechlarida, tag plitalarda, konveerlarda ishlatiladi. Olovbardosh po'latlardan uchish apparatlari dvigateli detallari ( $700-1000^\circ\text{C}$  da ishlaydigan) yasaladi; gaz trubinasi palatkalari, 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 kuyundi hosil bo'lish harorati ancha yuqori ( $850-950^\circ\text{C}$ ). Bular yog'da toblanadi ( $1000-1050^\circ\text{C}$ );  $500-540^\circ\text{C}$  da bo'shatiladi. Silxromal po'lat 10X13C10 olovbardoshligi  $950^\circ\text{C}$ ; oltingugurtli muhitda ham ishlayveradi.

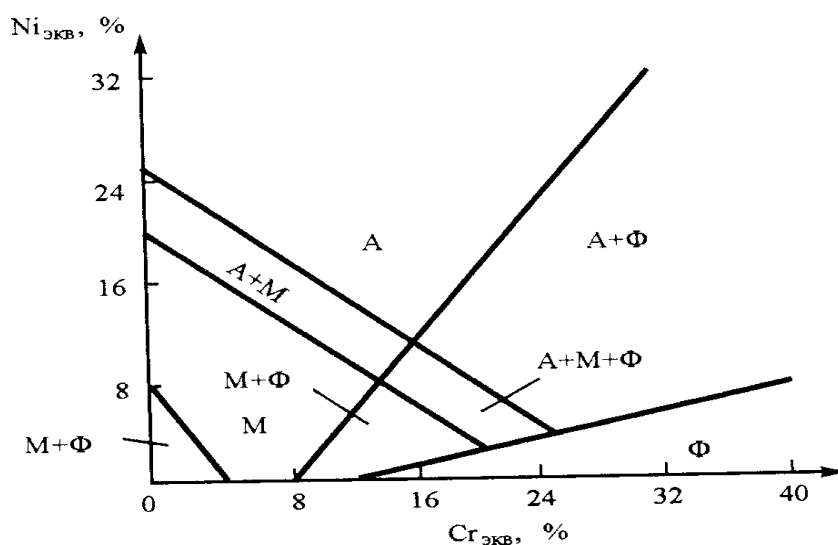
Po'lat 36X18H25C2 yuqori texnologik xossali, olovbardoshligi  $1100^\circ\text{C}$ , ancha yuqori haroratda ham mustahkam, ya'ni issiqbardosh.

### 11.10. Xromli zanglamas po'latlar

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'rsata oladigan po'latlarga aytiladi. Zanglamas po'latlarda yemirilish nisbatan ancha sekin o'tadi. Metallarni yemirilish jarayoni ikki xil ko'rinishda o'tadi: elektrokimyoviy va kimyoviy.

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 qarang klasslarga bo‘linadi. Plyonkalar, material yuqori haroratda qizdirilib havoda sovutilgandan 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 (GOST 5632-72) strukturalar 11.3-rasmda ko‘rsatilgan.



11.3-rasm. Korroziyabardosh po‘latlarning strukturalarini ularni kimyoviy tarkibiga bog‘liqligi

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 guruhlari ishlab chiqilgan.

Po'latni mustahkamligini oshirish va tan narxini pasaytirish yo'lida eng yaxshi legirlovchi eliment bu- azotdir.

Azot zo'r austen hosil qiluvchi va mustahkam oshiruvchi legirlovchi eliment. 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 eliment hisoblanadi.

### **Nazorat savollari:**

1. Legirlangan po'latlar deb qanda po'latlarga aytiladi?
2. Qanday legirlovchi elementlarni bilasiz?
3. Legirlovchi elementlar qanday belgilanadi?
4. Po'latning korroziyabardoshligini oshiruvchi elementlar qaysilar?
5. Olovbardosh po'latlarning xususiyatlari?
6. Olovbardosh po'latlarning markalanishi?
7. Silxrom, Xromal, Silxromal tushunchalarini izohlang.
8. Zanglamas po'latlar deb nimaga aytiladi?
9. Korroziyaga bardosh legirlovchi elementni tavsiflang.
10. Po'latning issiqbardoshligi qaysi komponentlar hisobiga oshiradi?
11. Issiqbardosh po'latlar qanday turlarga bo'linadi?
12. Nikelli issiqbardosh qotishmalarning markalari?
13. Perlitli, martensitli va austenitli po'latlarning ishlatilish sohalarini tushuntiring?

## **XII BOB. Asbobsozlik po'latlari va qotishmalar**

### **12.1. Asbobsozlik po'latlari tasnifi va markalanishi**

Asbobsozlik po'latlari kesuvchi asboblarni va sovuq hamda issiq holda deformatsiyalaydigan shtamlarni yasashda ishlatiladi. Bu po'latlarga qo'yilgan asosiy talab, bu- ishqalanib yeyilishga chidamlilik va issiqqa bardoshlik. Ishqalanib yeyilishga qarshilik yetarli bo'lishi lozim. Asbobni formasini ushlab turish uchun material mustahkam va qovushqoq bo'lishi kerak. Issiqqa bardoshlik – harorat ta'sirida o'zini mexanik xossalarini saqlashi. Bu mehnat unumining ko'rsatgichidir.

Uglerodli asbobsozlik po'latlari keskich materiallari orasida eng arzonidir. Bular asosan kam ma'suliyatli keskichlarni va shtamlarni yasashda ishlatiladi.

Uglerodli po'latlar GOST 1414-75 boyicha ikki xil ko'rinishda chiqariladi:

a) sifatli (Y7, Y8, Y9...Y13);

b) yuqori sifatli (Y7A, Y8A, Y9A... Y13A).

Markalanishdagi Y harfi uglerodli po'lat degani. Raqamlar po'lat tarkibidagi uglerod miqdorini yuzdan bir ulushda bildiradi. Y7A da uglerod miqdori  $C=0,7\%$ , Y12A da  $C=1,2\%$ ; "A" harfi po'latni yuqori sifatlilikini bildiradi: ya'ni undagi zararli chiqindilar, ayniqsa, fosfor va oltingugurt miqdori  $0,025\%$  dan oshmagan deyilgani.

Uglerodli po'latlarni toblanish chuqurligi (qalinligi) past bo'lgani uchun mayda asboblarni uchun ishlatiladi. Ko'ndalang kesim 25mm dan ortganda po'lat o'zagi toblanmay qoladi; ustki yuzasi esa qattiqlashadi (metchiklar, razvyortkalar, egovlar yasaladi).

Y7, Y8, Y9 po'latlari to'la toblanadi, bo'shatiladi ( $275-300^{\circ}\text{C}$  da). Shunda qattiqlik  $\text{HRC}=48-51$  bo'lishiga erishiladi. Strukturasini troostit strukturali bo'ladi.

Evtektoiddan keyingi po'latlar Y10, Y11, Y12, Y13 lar chala toblanib, past bo'shatiladi ( $150-180^{\circ}\text{C}$ ). Bunda martensit struktura olinadi va qattiqligi  $\text{HRC}=62-64$  bo'ladi.

Evtektoiddan keyingi po'latlar o'lchov asboblari (kalibrlar), keskichlar (egov, arra, metchik, parmalar), katta bo'lmagan shtamlar (sovuq cho'zish va cho'ktirish) yasash uchun va yuqori bo'lmagan kuchlanishlarda ishlatiladi.

Y13 yuqori qattqlikni talab qiladigan asboblar (shaberlar, gravirovkalar) uchun ishlatiladi.

Uglerodli asbobsozlik po‘latlarini kamchiligi ularni 200°C dan yuqorida mustahkamligi (issiqqa bardoshligi) ni yo‘qotishidir.

Asbobsozlik po‘latlarining turlariga asosan quyidagilar kiradi: Y7A, Y8A, Y8GA, Y9A, Y10A, Y10GA, Y12A, Y13A. Masalan, Y7A markali po‘latning o‘qilishi quyidagicha: Y-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 (12.1-jadval).

12.1-jadval

Asbobsozlik materiallarini fizik-mexanik xossalari

Fizik-mexanik xossalar	Y12A	P18	BK 6	T15K6	Mineral-keramika
Zichlik, g/sm <sup>3</sup>	7,8	8,73	14,7	11,1	3,9
Egiluvchanligi, kg/mm <sup>2</sup> ,	360	370	140	125	30-45
Issiqlik o‘tkazuvchanlik, kkal/sek	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
Siqilishga, mustahkamlik $\sigma$ , kg/mm <sup>2</sup>		380		400	90-150

Y7A, Y8A, Y9A po‘latlaridan slesarlik va temirchilik asboblari, ushlagichlar, qattiq qotishmali keskichlarning tanalari yasaladi.

Y10A, Y12A, po‘latlardan tokarlik va randalash keskichlari, parmalar, metchiklar, razvertkalar, plashkalar, qo‘l arra, tasmali (lentasimon) arralar yasaladi.

Y10GA po‘latdan yog‘och va metallarni qirqadigan tasmali-lentasimon arralar ishlab chiqariladi.

## 12.2. Asbobsozlik po‘latlariga qo‘yiladigan talablar

Asbobsozlik po‘latlari deganda, ko‘pincha, qirqib ishlash asboblari po‘latlari tushuniladi. Vaholanki, 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 bundanda og'ir sharoitda ishlaydi.

Asbobsozlik po'latlariga quyidagi asosiy talablar qo'yiladi:

1. Yetarli darajadagi yuqori qattqlik. Bu qattqlik ishlanayotgan material qattqligidan 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 issiqlik chiqadi. Uglrodli asbobsozlik po'latlarni issiqqa bardoshligi 200-250°C. Umuman olganda, po'latni issiqqa bardoshliligi 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 800-1000°C ga teng;
5. Keskich materialini ishlanayotgan material bilan bir-biriga yopishqoqligi iloji boricha kam bo'lishi lozim. Yopishgan hajm o'zidan keyingi kelayotgan oqim bilan o'pirib yulib olib ketadi;
6. Iloji boricha keskich materialini issiqlik o'tkazish qobiliyati yuqori bo'lishi kerak. Keskich cho'qqisidagi issiqlik to'planib qolsa, cho'qqi o'ta qizib qirqish qobiliyatini yo'qotadi.

### **12.3. Qizishga bardoshli, yuqori qattqlikka ega bo'lgan asbobsozlik po'latlar va ularni termik ishlash**

Metall va qotishmalarni bosim bilan ishlashda foydalaniladigan asboblarni

(puanson, rolik, shtamp va h.k.) yasash uchun qo‘llaniladigan po‘latlarga shtamp po‘latlar deyiladi. Metall va qotishmalarni qizdirib bosim bilan ishlaydigan asboblari va sovuqlayin (qizdirmasdan) bosim bilan ishlaydigan asboblari bor. Shu nuqtai nazardan qiziydigan va qizimaydigan shtamplari mavjud.

Qizimaydigan shtamp po‘latlarning qattiqligi HRC=60-62 bo‘lib, ular uglerodi 1% dan kam bo‘lmagan po‘latlardan (Y10A, Y11A, Y12A) yasaladi. Ushbu po‘latlarning toblanish chuqurligi kichkina bo‘lgani uchun ulardan 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. Masalan, X va IIX15 po‘latlari. Sovuqlayin prokatlashda jo‘valar 9X yoki 9X2 po‘latlardan yasaladi. Suvda toblab, past (100-120°C) haroratda bo‘shatilganda sirtining 15mm qalinligining qattiqligi HRC=66 gacha yetadi. Ulardan zarb bilan ishlaydigan asboblari (pnevmatik asboblari, zubilalari) tayyorlanadi.

Shtamp po‘latlarining eng ko‘p ishlatiladigani quyidagilari: 4XC, 6XC, 4XB2C, 6XB2C. Bularning ba‘zilarining kimyoviy tarkibi quyidagi jadvalda keltirilgan (12.2-jadval).

12.2-jadval

Shtamp po‘latlarining kimyoviy tarkibi

Po‘lat markasi	C, %	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

Shtamp po‘latlarni termik ishlov berilgandan keyin uning qattiqligi quyidagi jadvalda keltirilgan (12.3-jadval).

## Shtamp po'latlarini toblash va bo'shatishdan keyingi qattiqligi

Shtamp po'latlarning markasi	Toblash harorati (°C) va sovitish muhiti	Bo'shatish harorati, °C	Bo'shatilgandan keyingi qattiqligi, HRC
4XC	880-900, moyda	240-270	51-52
6XC	840-860, moyda	240-270	51-53
4XB2C	860-900, suvda	240-270; 420-440	50-52; 44-46
6XB2C	860-900, suvda	240-270; 420-440	53-55; 46-48

Qizimaydigan bosim ostida ishlaydigan asboblarga kiriyalar (fileralar) ham kiradi. Kirya - filera ko'zlari sim tortilishi natijasida qiziydi va yeyiladi. Shuning uchun ular yeyilishga va issiqqa chidamli xromli legirlangan X12, X12M, X12Φ1, X6BΦ markali po'latlardan yasaladi.

#### 12.4. Qattiq qotishmalar

Qattiq qotishmalar asbobsozlik materiallari turkumiga kiradi. Metallar keramikasidan tashkil topganligi sababli metallokeramik qattiq qotishma deb ham ataladi. Ushbu qotishmalar kompozitsion materiallar sirasiga kiradi.

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 tayorlanadi. 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 (I=1500A).

Yuqori harorat ta'sirida karbidlar (masalan WC) zarrachalari kobolt zarrachalari bilan birikib yopishadi. Bu yerda kobolt zarrachalari bog'lovchi vazifasini o'taydi. Natijada o'ta yuqori qattiq massa hosil bo'ladi. Qattiq sinchlar zich volfram va titan karbidlari kristallaridan iborat bo'lib, qovushqoq modda karbidlarni koboltdagi qattiq eritmasi bilan bog'langan bo'ladi (12.4-jadval).

Qattiq qotishmalar asosan uch guruhdan iborat:

- bir karbidli (volfram karbidli) - BK;
- ikki karbidli (volfram-titan karbidli) - TK;
- uch karbidli (volfram-titan-tantal karbidli) - TTK.

12.4-jadval

Qattiq qotishmalarining xossalari

Qotishma	25°C da			1100°C da		$\sigma_{100}$ , MPa
	$\sigma_v$	$\sigma_{0,2}$	$\delta$ , %	$\sigma_v$ , MPa	$\delta$ , %	
	MPa					
Niobiy asosidagi qattiq qotishma						
BH2A (4,1% Mo, 0,7% Zr, $\leq 0,08\%C$ )	800-900	620	4-5	240-260	-	130 (1100°C da)
BN4 (9,5% Mo, 1,5% Zr, 0,3% C)	810	730	16	550	-	280 (1100°C da)
Tantal asosidagi qattiq qotishma						
Ta-10W	760	520-710	3,5	300-490 105 <sup>*1</sup>	1,2 30 <sup>*1</sup>	140 (1200°C da) 35 (1650°C da)
Xrom asosidagi qattiq qotishma						
BXTI (1% gacha Y)	270	190	3	80	-	24 (1200°C da)
BX2 (0,15% Ti; 0,2% V; 1% Y)	350	240	3	25	30	65 (1100°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>	
Molibden asosidagi qattiq qotishma						
BM1 (0,4% Ti; $\leq 0,01\% C$ )	800	680	10	340	14	80-90 (1200°C da)
BM3 (1,1% Ti; 0,5% Zr; 0,4% C; 1,4% Nb)	800-860	-	0,03	550	12	250-270 (1300°C da)
Mo-40 Re	840	-	2-8	130 <sup>*3</sup>	-	-
Volfram asosidagi qattiq qotishma						
W-27 Re	1400	-	4	700	12 <sup>*3</sup>	42 (1600°C da)
W-15 Mo		-	-	175	27 <sup>*4</sup>	-

<sup>\*1</sup>2000°C da; <sup>\*2</sup>1000°C da; <sup>\*3</sup>1500°C da; <sup>\*4</sup>1600°C da

Albatta TK guruhi BK ga nisbatan ancha qattiq issiqqa bardoshliligi yuqori. Lekin BK guruhi mustahkamroq va zarbiy qovushqoqligi yuqoriroq.

BK guruhi issiqqa bardoshligi 800°C bo'lsa, TK guruhniki 900-1000°C ga yetadi.

Qattiq qotishmalarni qirqib ishlash qobiliyatini mayda zarrachali (donalar o'lchami 0,5-0,15 mkm ga teng) qotishmalar olish bilan oshirish mumkin, masalan, BK6M.

Qotishma tarkibiga tantalni qo'shilishi haroratni siklik (vaqti-vaqti bilan)

o'zgarishida darz ketishga qarshiligini oshiradi.

Quyidagi 12.5-jadvalda eng ko'p tarqalgan qattiq qotishmalarning kimyoviy tarkibi va xossalari keltirilgan.

12.5-jadval

GOST 3882-74 bo'yicha qattiq qotishmalarning tarkibi va xossalari

Qotishma markasi	Shixta tarkibi, %				$\sigma_{eg}$ , MPa	HRA
	WC	TiC	TaC	Co		
Volframli qotishmalar						
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
Titan – volframli qotishmalar						
T30K4	66	30	-	4	950	92
T15K6	79	15	-	6	1150	90
T5K10	85	5	-	10	1400	88,5
Titan – tantal – volframli qotishmalar						
TT7K12	81	4	3	12	1650	87
TT8K6	86	6	2	6	1250	90,5

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, markalarning o'qilishi quyidagicha: BK6 da  $Co=6\%$ ,  $Wc=94\%$ . T15K6 da  $Co=6\%$ ,  $TiC=15\%$  qolgani, ya'ni  $WC=79\%$ . BK guruhidagi qotishmalar tarkibida kobolt miqdori ortishi bilan ularni 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 ishlatilishi tavsiya qilinadi.

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 (fileralar) da, burg'alash asboblari ishlatiladi.

Ikki karbidli qattiq qotishmalar ko'pincha, tez qirqish jarayonlarida qo'llaniladi.

Uch karbidli qattiq qotishmalar TiC-TaC-WC-Co tizimida bo'ladi. Bu guruh

qotishmalari yuqori mustahkam, titrashlarga yaxshi chidamli, uqalanishga ham chidamlidir. Bular og'ir qirqish sharoitlarida, masalan, po'lat quymalarni, pokovkalarni qirqishda qo'llaniladi.

### **12.5. Kesuvchi asboblarda uchun ishlatiladigan po'latlar**

Tezkesar po'latdan yasalgan keskichlar kesish tezligining yuqoriligi, kesish chuqurligining kattaligi va yuqori haroratda ishlashi bilan boshqa po'latlardan ajralib turadi. Uglerodli asbobsozlik po'latlari 200°C haroratda ishlaganda qizishi natijasida uning qattiqligi tez pasayadi. Tezkesar po'latlar esa 600°C haroratda ham bo'shashmasdan qirqish qobiliyatini saqlab qoladi.

Tezkesar po'latlarning turlari ko'p bo'lib, ular P (режущие - qirquvchi) harfi bilan markalanadi. Bu po'latlarning ayrimlarining kimyoviy tarkibi 12.6-jadvalda keltirilgan.

Tezkesar po'latlarning issiqlik o'tkazish qobiliyati kichik, birdaniga toblash haroratli pechga qo'yilsa darz ketadi. Shuning uchun ularni oldindan ikki marta qizdirib olinadi. Birinchi 500-600°C va ikkinchi 830-860°C haroratlarda. Bundan so'ng tez qizdiriladi. Masalan, P18 uchun  $t_{\text{tob}}=1280-1300^{\circ}\text{C}$ , P9 uchun  $t_{\text{tob}}=1240-1260^{\circ}\text{C}$ .

Ularda asosan austenit strukturasi hosil qilinadi. Tezkesar po'latlar ma'lum vaqt ushlab turilgach ( $T=1\div 2$  minut) moyda sovutiladi (tuz eritmasida ham bo'lishi mumkin). Undan so'ng albatta bo'shatiladi: uch marta 1 soatdan bo'shatiladi, birinchi bo'shatilganda austenitni 85%, ikkinchi bo'shatilganda 95-97%, uchinchi bo'shatilganda 98-99% martensitga aylanadi. Shunda uning qattiqligi HRC=64 ga yetadi.

Tezkesar po'latlarning kimyoviy tarkibi

Tezkesar po'lat Markasi	C, %	Cr, %	W, %	V, %	Co, %
P18	0,7-0,8	3,8-4,4	17,5-19,0	1,0-1,4	-
P9	0,85-0,95	3,8-4,4	8,5-10,0	2,0-2,6	-
P9Φ5	1,4-1,5	3,8-4,4	9,0-10,5	4,3-5,1	-
P9K5	0,9-1,0	3,8-4,4	9,0-10,5	2,0-2,6	5,0-6,0
P9K10	0,9-1,0	3,8-4,4	9,0-10,5	2,0-2,6	9,5-10,5
P18K5Φ2	0,85-1,95	3,8-4,4	17,5-19,0	1,8-2,4	5,0-6,0

Bo'shatish rejimining ikkinchi varianti ham bor. Bunda po'lat sovuqlik bilan ishlanadi: -80°C dan -100°C gacha sovutiladi. Shundan so'ng bir marta 560°C da bo'shatiladi. Shunda austenitning 97-98% i martensitga aylanadi. Tezkesar po'latlarni toblashdan oldin yumshatib olinadi.

### 12.6 Qiziydigan shtamp po'latlari

Qiziydigan shtamp po'latlariga quyidagi talablar qo'yiladi: olovbardoshlik, issiqbardoshlik, chuqur toblanuvchanlik, qovushoqlik, bo'shatish jarayonida iloji boricha kam mo'rtlashuvchanlik, yopishmaslik va h.k.

Nisbatan yengil sharoit (kichik bosim) da ishlaydigan shtamplar Y7A, Y8A, Y9A markali po'latlaridan yasaladi. Og'irroq sharoitda ishlaydigan legirlangan po'latlar 5XHM, 5XGM, 5XHT, 5XHCB markali po'latlardan yasaladi. Bu po'latlarning ba'zilarining kimyoviy tarkibi 12.7-jadvalda keltirilgan.

Qiziydigan shtamplar po'latlarining kimyoviy tarkibi

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 markali po'latdir.

5XHM va 5XHCB markali po'latlarni toblab so'ngra bo'shatilgandan (550°C)

soʻng mexanik xossalari quyidagicha:  $\sigma_v=1200-1300 \text{ N/m}^2$ ;  $\delta =10-13\%$ ;  $\psi=40-45\%$ ;  
 $Q_i=400-500 \text{ kJ/m}^2$ ;

5XFM poʻlati uchun quyidagicha:  $\sigma_v=1200-1300 \text{ N/m}^2$ ;  $\delta=10-13\%$ ;  $\psi=30\%$ ;  
 $Q_i=300-400 \text{ kJ/m}^2$  .

### **Nazorat savollari:**

1. Qanday poʻlatlarga asbobsozlik poʻlatlari deyiladi?
2. Uglerodli asbobsozlik poʻlatlari qanday markalanadi?
3. Legirlangan asbobsozlik poʻlatlarining qanday turlari bor?
4. Asbobsozlik poʻlatlariga qanday talablar qoʻyiladi?
5. Asbobsozlik poʻlatlarini termik ishlash rejimlarini ayting?
6. Tezkesar poʻlatlar qanday markalanadi?
7. Qanday poʻlatlarga shtamp poʻlatlar deyiladi?



## XIII BOB. RANGLI METALLAR VA QOTISHMALAR

### 13.1. Titan va uning qotishmalari

Sanoatning ayniqsa aviasiya va kosmik texnikasining rivojlanishi erish harorati yuqori bo'lgan materiallarga bo'lgan talabni oshirdi. Qiyin eriydigan metallarning erish harorati  $1539^{\circ}\text{C}$  (toza temirning erishi) 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 ularni qabul qilingan qoidaga qarab nodir metallar guruhiga qo'shiladi.

Gafniy, radiy, osmiy, reniyilar kam uchraydigan elementlarga qo'shiladi. Amalda ko'p ishlatiladigani volfram, molibden, tantal, titan, sirkoniy.

Erish haroratlari:  $\text{W}=3410^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Re}=3186^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Os}=3033^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Ta}=3017^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Mo}=2617^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Nb}=2468^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Hf}=2233^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Rh}=1964^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{V}=1890^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Cr}=1875^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Zr}=1852^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Ti}=1668^{\circ}\text{C}$ .

Qiyin eriydigan metallarning mexanik, elektrik, fizik xossalarining bir-biriga mosligi ("optimal") ularni mashinasozlikda ayniqsa samolyot va raketa qurishda ko'p ishlatilishiga sababdir.

Qiyin eriydigan metallarning mexanik xossalari ularning begona qo'shimchalardan ( $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{C}$ ) tozaligiga, termik va mexanik ishloviga bog'liq.  $\text{N}_2$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$  lar volfram, tantal, molibden, niobiylarni mo'rtlashtiradi. Dastlab plastik deformatsiyalab, so'ng bo'shatilsa mustahkamlik ortadi.

Qiyin eriydigan metallar (Q.E.M.) ning eng kerakli ekspluatatsion xossalariga ularning ishlash harorati, termoemissiya tokining zichligi, nisbiy elektroqarshiligi kiradi. Shuning uchun ular radio va elektron apparaturalarda ko'p ishlatiladi.

### 13.2. Legirlovchi elementlarning titanning strukturasi va xossalariga ta'siri

Titan 1791 yilda ingliz olimi William Gregor tomonidan kashf etilgan. Yer po'stlog'idagi zahirasi bo'yicha 4-o'rinda (Al, Fe, Mg dan keyin).

Ti –  $1668^{\circ}\text{C}$  da eriydi,  $3560^{\circ}\text{C}$  da qaynaydi. Solishtirma ogirligi  $\gamma=4,5 \text{ kg}/\text{sm}^3$ . Ikki xil allotropik shaklga ega:  $882^{\circ}\text{C}$  dan yuqorida  $\beta$ -titan, pastda esa  $\alpha$ -titan holida

bo'ladi.  $\alpha$ - titanning kristallik panjarasi geksagonal, atomlari zich joylashgan (Ti ning kristallik panjarasi HMK).

Uni tozalab puxtalansa, uning mexanik xossalari ortadi. qiyin eriydigan metal asosan kukun metallurgiyasi usuli bilan qayta ishlanadi.

W-Mo, W-Cu, W-Ag larning elektroerroziya yeyilishiga qarshiligi katta, shuning uchun ular yuqori yuklangan kontaktlarda ishlatiladi.

W - 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 korroziyaga va yeyilishga chidamli qotishmalar olishda ishlatiladi.

Re - mexanik xossalari va elastik deformatsiyasi yuqori, korroziya bardosh. Reniying molibden va nikel bilan qotishmasi yuqori haroratda ham yuqori puxtalikka ega.

Zr – qiyin eriydigan metallarlar ichida eng ko'p qo'llaniladigani metall hisoblanadi. Sababi, tabiatda yetarlicha tarqalganligi, korroziya bardoshligi, texnologikligidir.

### **13.3. Titan qotishmalari, ularning xossalari va ishlatilish joylari**

Titan yaxshi kesib ishlanadi, bolg'alanadi va prokatlanadi. Titanni prokatlab, tunika, lenta va hatto zarlar ("folga") - titan qog'ozi hosil qilish mumkin.

Titanning korroziyabardoshligi yuqori, hatto zanglamas po'latlardan ham yuqori. Titan atmosferada, chuchuk suvda, dengiz suvida, organik kislotalarda, ba'zi noorganik kislotalarda, o'yuvchi ishqorlarda korroziyalanmaydi. Titan havoda 400-600°C qizdirilganda uning sirti yupqa oksid plenkasi bilan (parda bilan) qoplanadi, bu parda o'z ostidagi qismini korroziyalanishdan saqlaydi. Yana qizdirilsa, kislorod eriy boshlaydi. Natijada titanning plastikligi pasayib ketadi. Titan xlorid, sulfat va florid kislotalar ta'siridagina korroziyalanadi.

Titan yuqoridagi xossalari asosan kemalarni sirtini qoplashda va kimyo mashinasozligida ishlatiladi.

Titan alyuminiydan ozroq ogir ( $\text{Al} - \gamma=2,7 \text{ g/sm}^3$ ;  $\text{Ti} - \gamma=4,5 \text{ g/sm}^3$ ;  $\text{Fe} - \gamma=7,86 \text{ g/sm}^3$ ). Lekin puxtaligi alyuminiy puxtaligiga qaraganda 3 baravar ortiq. Shuning uchun titan samolyotsozlikda ko'p qo'llaniladi.

Titanning kamchiliklari ham bor: normal elastiklik moduli po'latnikidan ikki baravar kichik. Bu bikir va ustivor konstruksiyalar yaratishni qiyinlashtiradi. Yuqori haroratdagina emas, balki normal haroratda ham yeyiluvchanlik xossasi namoyon bo'ladi.

BT1, BT2 markali texnikaviy titandan xivich (prutok), tunuka, lenta, pokovka kabi zagotovkalar tayyorlanadi.

Texnikaviy titan konstruksion material sifatida juda kam ishlatiladi, chunki mexanik xossalari past.

Quyidagi 13.1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, titan tarkibidagi qo'shimchalar miqdorining ortib borishi bilan, uning qattiqligi, mustahkamligi ortib plastikligi kamayib boradi.

13.1-jadval

Titan qotishmalarining kimyoviy tarkibi va mexanik xossalari

Titan markasi	Govak 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>	$\sigma_v$ , kg/mm <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$A_H$ , κGm/sm <sup>2</sup>	HB
BT00	0,15	0,05	0,05	0,06	0,1	0,03	-	38	36	64	-	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

Titan qotishmalari quyidagicha klassifikatsiya qilinadi:

- Qayta ishlash texnologiyasiga qarab: quyma, deformatsiyalanadigan;
- Mexanik xossalari qarab: meyoriy puxtalikdagi, o'tga bardosh, yuqori puxtalikdagi, plastikligi oshirilgan;

- Termik ishlashga munosabatiga qarab: puxtalanadigan va puxtalanmaydigan;
- Strukturasiqarab:  $\alpha$ ,  $\beta$  va  $\alpha+\beta$  - qotishmalar.

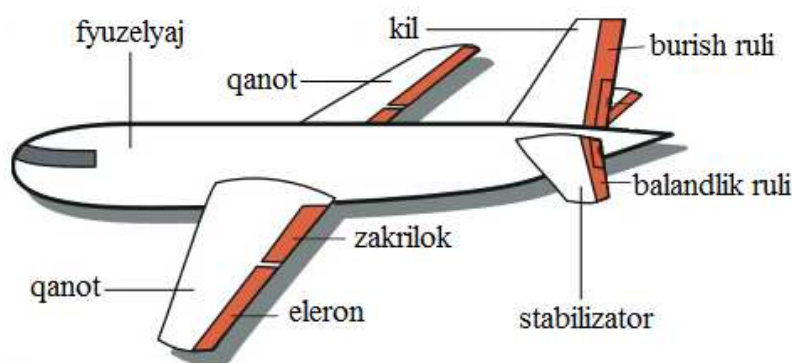
O'rta puxtalikdagi titan qotishmalari: BT5, OT4. Al(3-5%) va Mn(1,5%) asosida.

Yuqori puxtalikdagi titan qotishmalari: BT14, BT15, BT16. Al(2,5-4%) va Mo (3-7,5%) asosida.

O'tga bardosh titan qotishmalari: BT3-1, BT8, BT9. Al (5,5-8%) va Mo (1,5-3,5%) asosida.

Reaktiv samolyotlar obshivaklari - qoplamalari uchun keng qo'llaniladi. Binobarin Mo=3-3,5% da 450-500°C da qiziydi. Kuch elementlari uchun ham qo'llaniladi. Masalan, lonjeron, nervyura, shpangout. Samolyotning yoqilg'i baklari uchun ham ishlatiladi.

Yuqori harorat (300-600°C)da titan qotishmalari mustahkamligi Al, Mg qotishmalarinikidan bir necha barobar yuqori. Shuning uchun samolyot sozlikda keng qo'llaniladi (13.1-rasm).



13.1-rasm. Samolyotsozlikda titan qotishmalarining ishlatilish joylari

### 13.4. Titan va uning qotishmalarini termik ishlash

Tuzilishga ko'ra, titan qotishmalari uch guruhga bo'linadi:

a-qattiq eritmaning tuzilishi; aralash tuzilishga ega bo'lgan qotishmalar( $\alpha + \beta$ ) - qattiq

b-qattiq eritma tuzilishi bilan eritmalar va qotishmalar. Issiqlik bilan ishlov berish

qattiqlashtirilgan ( $\alpha + \beta$ ) va  $\beta$  qotishmalari va  $\alpha$  - qattiqlashmaydigan qotishmalar

Titan qotishmalariga rekristallizatsion yumshatish va fazaviy qayta kristallash, toblash va eskirtirish orqali termik ishlanadi. Bu qotishmalarning yeyilishga chidamliligini va ishqalanishga qarshiligini azotlash, sementitlash yoki oksidlash orqali oshiriladi.

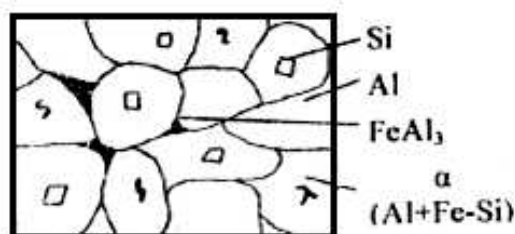
Yumshatish. Rekristallizatsion yumshatish titan va  $\alpha$ -qotishmalar uchun sovuqlay bosim ostida ishlov berishdan so'ng naklyopni yo'qotish maqsadida o'tkaziladi. Rekristallizatsion yumshatish harorati qotishma kimyoviy tarkibiga qarab (legirlovchi elementlar qayta kristallanish haroratini oshirishin hisobga olib) va yarim tayyor mahsulot turi (listlar uchun past harorat, prutok, pokovka va shtamplanadigan detallar uchun eng yuqori harorat) 520- 850°C etib belgilanadi.

Toblash. Titan qotishmalarini  $\beta$ -fazada suv yoki tuzli eritmada sovutish past haroratda  $\alpha$ -fazani shakllantirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, ma'lum bir tarkibga ega bo'lgan qotishmalar, mexanizm to'liq aniq bo'lmagan, ma'lum bir martensit konvertatsiya qilish jarayonida yuzaga keladi.  $\alpha$ -fazadan tashkil topgan bunday strukturaning shakllanishi panjara buzilishining bir qismiga olib keladi, natijada material  $\alpha$ -fazasiga nisbatan qattiqroq va qovushqoqroq bo'ladi, qattiqlashadi va toliqishga qarshiligi yaxshi bo'ladi.

Gomogenlash va eskirtirish. Agar titani qotishmasi  $\beta$  fazasidan yoki ( $\alpha + \beta$ ) fazaaning yuqori qismida qizdirib, keyin yana ( $\alpha + \beta$ ) fazaning haroratiga qadar qizdirilsa, u holda bu qotishma bir hil va eskirtirish jarayonidan o'tgan deb aytish odatiy holdir. Titan qotishmalarini bunday qayta ishlash harorat bilan bir xil natijalarga olib keladi, faqat bu holda dastlabki tuzilish asosan  $\beta$  -fazadan iborat. Qisqa muddatli eskirtirish  $\beta'$ -fazaning shakllanishi tufayli maksimal qattqlikni ta'minlaydi. Ko'proq eskirtirish bilan bu  $\beta'$ -faza tarkibidan  $\alpha$  -fazaning chiqishi bilan ajralib chiqadi, bu esa qattqlikning pasayishiga va plastiklikning oshishiga olib keladi.

### 13.5. Alyuminiy va uning qotishmalari

Alyuminiy metallar orasida eng ko‘p tarqalgan 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. Erish harorati - 660°C, kristall panjarasi - yoqlari markazlashgan kub;  $\sigma_b=9-12 \text{ kg/mm}^2$  (90-120 MPa/m<sup>2</sup>);  $\delta=10-25\%$ ; HB=25-35; zichligi  $\gamma=2700 \text{ kg/m}^3$ . Zichligi – solishtirma og‘irligi 5000 kg/m<sup>3</sup> dan kam bo‘lgan metallar yengil metallar deb nomlanadi. Alyuminiy sirtida zich alyuminiy oksid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) pardasi hosil bo‘lib, metallning ichki qismlarini korroziyalanishdan saqlaydi (13.2-rasm).



13.2-rasm. Alyuminiy strukturasi sxemasi

Samolyotsozlikda, kemasozlikda, mashinasozlikda alyuminiyning qotishmalari keng ishlatiladi: duralyuminiy (Al-Cu-Mg), silumin (Al-Si), magnaliy (Al-Mg) lar, qaysilarki, quyish usuli bilan olinadi. Bundan tashqari alyuminiy kukuni qotishmalari ishlatiladi: САП – «спеченная алюминиевая пудра» – pishirilgan alyuminiy kukuni: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zarrachalari (6-22%) Al bilan biriktiriladi: САС – «спеченные алюминиевые сплавы» – pishirilgan alyuminiy qotishmalari». Bular tarkibiga Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan tashqari Fe, Ni, Cr, Mn, Cu qo‘shiladi (shular bilan legirlanadi).

Alyuminiy tarkibida doimiy elementlar bor: Fe, Si, Cu, Zn, Ti. Bularning hajmiga qarab, tozalik bo‘yicha alyuminiy quyidagi guruhlariga bo‘linadi:

1. A999. Bunda qo‘shimchalar miqdori 0,001%.
2. A995, A99, A97, A95. Bunda qo‘shimchalar 0,5% gacha.
3. A85, A8, A7, A5, A0. Qo‘shimchalar 0,15-1,0%.

Quyida alyuminiy markalari va ularning tarkibi haqida ma`lumotlar keltirilgan

(13.1-jadval).

## Alyuminiy markalari va kimyoviy tarkibi

Marka	Kimyoviy tarkibi, %							
	Alyuminiy, %	Qo‘shimchalar, ko‘p emas					Boshqa qo‘shimchalar, har biri alohida	Jami
		<i>Temir</i>	<i>Kremniy</i>	<i>Mis</i>	<i>Rux</i>	<i>Titan</i>		
Alohida tozalikdagi alyuminiy								
A999	99,999	-	-	-	-	-	-	0,001
Yuqori tozalikdagi alyuminiy								
A995	99,995	0,0015	0,0015	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005
A99	99,99	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001	0,010
A97	99,97	0,015	0,015	0,005	0,003	0,002	0,002	0,03
A95	99,95	0,025	0,020	0,010	0,005	0,002	0,005	0,05
Texnik tozalikdagi alyuminiy								
A85	99,85	0,08	0,06	0,01	0,02	0,08	0,02	0,15
A8	99,80	0,12	0,10	0,01	0,04	0,01	0,02	0,20
A7	99,70	0,16	0,15	0,01	0,04	0,01	0,02	0,30
A7E	99,70	0,20	0,08	0,01	0,04	0,01	0,02	0,30
A6	99,60	0,25	0,18	0,01	0,05	0,02	0,03	0,40
A5	99,50	0,30	0,25	0,02	0,06	0,02	0,03	0,50
A5E	99,50	0,35	0,10	0,02	0,04	0,015	0,02	0,50
A0	99,0	0,50	0,5	0,02	0,08	0,02	0,03	1,0

Texnik toza alyuminlarning barcha markalarida mishyak 0,015% dan ko‘p emas.

Qo‘shimchalar alyuminiyning elektrik va texnologik xossalariga kuchli ta‘sir qiladi. Bulardan Fe, Si – asosiylari hisoblanadi. Fe - elektr o‘tkazuvchanlikni va plastiklikni kamaytirib, puxtalikni biroz oshiradi. Si, Cu, Mg, Zn, Mn, Hi, Cr lar puxtaligini oshiradi. Puxtaligi yuqori bo‘lmaganidan alyuminiydan kuch kam qo‘yilgan detallar, konstruksiyalar, issiqlik o‘tkazish kerak bo‘lgan, korroziya bardosh yengil detallar yasaladi. Texnikaviy alyuminiy AД va AД1 yarim mahsulot list, chiviq, profil tarzida chiqariladi. Yuqori tozalikdagi alyuminiydan folga, tok o‘tkazadigan va kabel mahsulotlari yasaladi.

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.



***Alyuminiy qotishmalarini klassifikatsiyasi va markalanishi.*** Mashinasozlikda alyuminiy qotishmalari keng qo'llaniladi. Xususan, legirlovchi elementlar sifatida unga Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Li, Ni, Ti, Sb lar qo'shiladi va quyidagi harflar bilan markalanadi:

A – harfi texnikaviy alyuminiylikni ko'rsatadi;

AK – bolg'alanuvchi texnikaviy alyuminiy qotishmasi;

B – yuqori puxtalikdagi alyuminiy qotishmasi;

AL – quyma alyuminiy qotishmasi.

Raqaamlardan keyingi harflar quyidagilarni bildiradi:

M – yumshoq;

T – termik ishlangan;

H – «Нагартованный» - pachaqlash hisobiga puxtalikni oshirish.

Deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalari ikki guruhga bo'linadi: a) termik ishlash natijasida puxtaladigan; b) puxtalanmaydigan.

Alyumin qotishmalarining asosiy legirlovchi elementlari: Cu, Mg, Si, Mn, Zn va kamroq: Ni, Li, Ti, Beriliy, Sirkoniy. Bularning ko'pchiligi chegaralangan qattiq eritma hosil qiladi. Alyumin qotishmalari quyidagi me'zonlar buyicha klassifikatsiya qilinadi:

a) Ishlab-chiqarish texnologiyasi.

b) Termik ishlashga moyilligi.

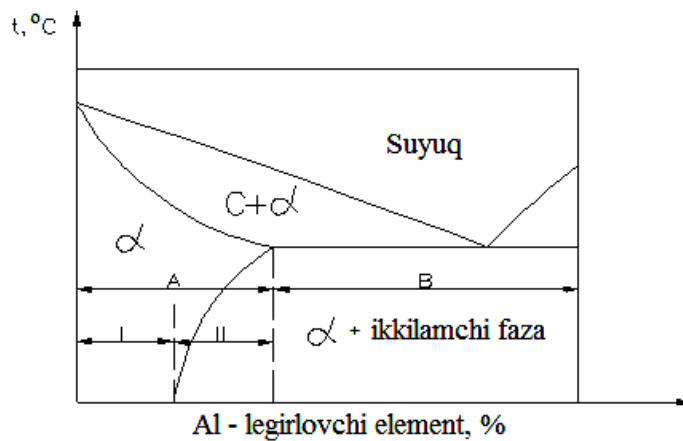
v) Xossalariga qarab.

Barcha alyumin qotishmalarini uchta guruhga bo'lish mumkin:

1. Deformatsiyalanadigan qotishmalar (termik ishlash natijasida puxtalanadigan va puxtalanmaydigan)

2. Quyma qotishmalar

3. Kukun metallurgiyasi asosida olinadigan qotishmalar: CAII, CAC. Deformatsiyalanadigan va quyma alyumin qotishmalari orasidagi chegara - bu alyumin qattiq eritmasini evtektika haroratida to'yinish chegarasidir (13.3-rasm).



13.3-rasm. Al qotishmasi holat diagrammasi: A - deformatsiyalanadigan qotishma; B - quyma qotishma; I - puxtalanmaydigan termik ishlash bilan; II - puxtalanadigan termik ishlash bilan.

Bu yerda: A - deformatsiyalanadigan qotishma. Bu ham ikki bo‘lakdan iborat: I - puxtalanmaydigan termik ishlanganda; II - puxtalanadigan termik ishlanganda.

Puxtalanadigan va puxtalanmaydigan qotishmalar chegarasi - bu alyuminiy qattiq eritmasini uy haroratida to‘yinish chegarasidir.

Alyuminiy qotishmalari quyidagicha harf va raqamlar bilan belgilanadi va markalanadi (13.2-jadval):

1. Deformatsiyalanadigan qotishmalar quyidagicha belgilanadi: Д, АД, АК, АМ, АВ;
2. Quyma qotishmalar АЛ bilan belgilanadi;
3. Dyuralyuminiy Д harfi bilan belgilanadi: Д1, Д16;
4. Avial qotishmasi АВ bilan belgilanadi. Avial - Al-Mg-Si (bu dyuralyuminiy deformatsiyalanadi);
5. Alyuminiy Mg va Mn bilan qotishmasi АМГ va АМЦ bilan belgilanadi. Bulardagi raqamlar magniy miqdorini bildiradi: АМГ1, АМГ6;
6. АД deformatsiyalanadigan alyuminiy bildiradi;
7. Bolg‘alanuvchi qotishmalar АК, АК4-1, АК6, АК8.

Shu alyuminiy qotishmalariga 4 raqamli markirovka tizimi qo‘llanilyapti:

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 3 ikkinchi bilan eski markirovkaga to'g'ri keladi;

4. To'rtinchi raqam: toklari ("0" ni ham hisobga olib) qotishma deformatsiyalanadi degani. Masalan, Д16 alyuminiy qotishmasi 1160 deb belgilanadi, Д19 alyuminiy qotishmasi esa 1190 deb belgilanadi;

5. Tajribaviylarini oldiga 0 qo'yiladi: 01420;

6. Quyma qotishmalar ohiriga juft raqam qo'yiladi: АЛ2, АЛ4;

7. Metallokeramik usulida olinganlar oxiriga 9 qo'yiladi;

8. Simli qotishmalarga oxiriga 7 qo'yiladi;

Qotishma tozaligini markirovkadan keyin harflar bilan belgilanadi:

ПЧ - "практический чистый" - amalda toza

Ч - "чистый" - toza

ОЧ - "очень чистый" - juda toza

Bular zararli qo'shimchalar (Fe, Si, va h.k.) bo'yicha "полуфабрикат" alyumin qotishmalari holati quyidagicha belgilanadi:

М - yumshoq, bo'shatilgan - "мягкий"

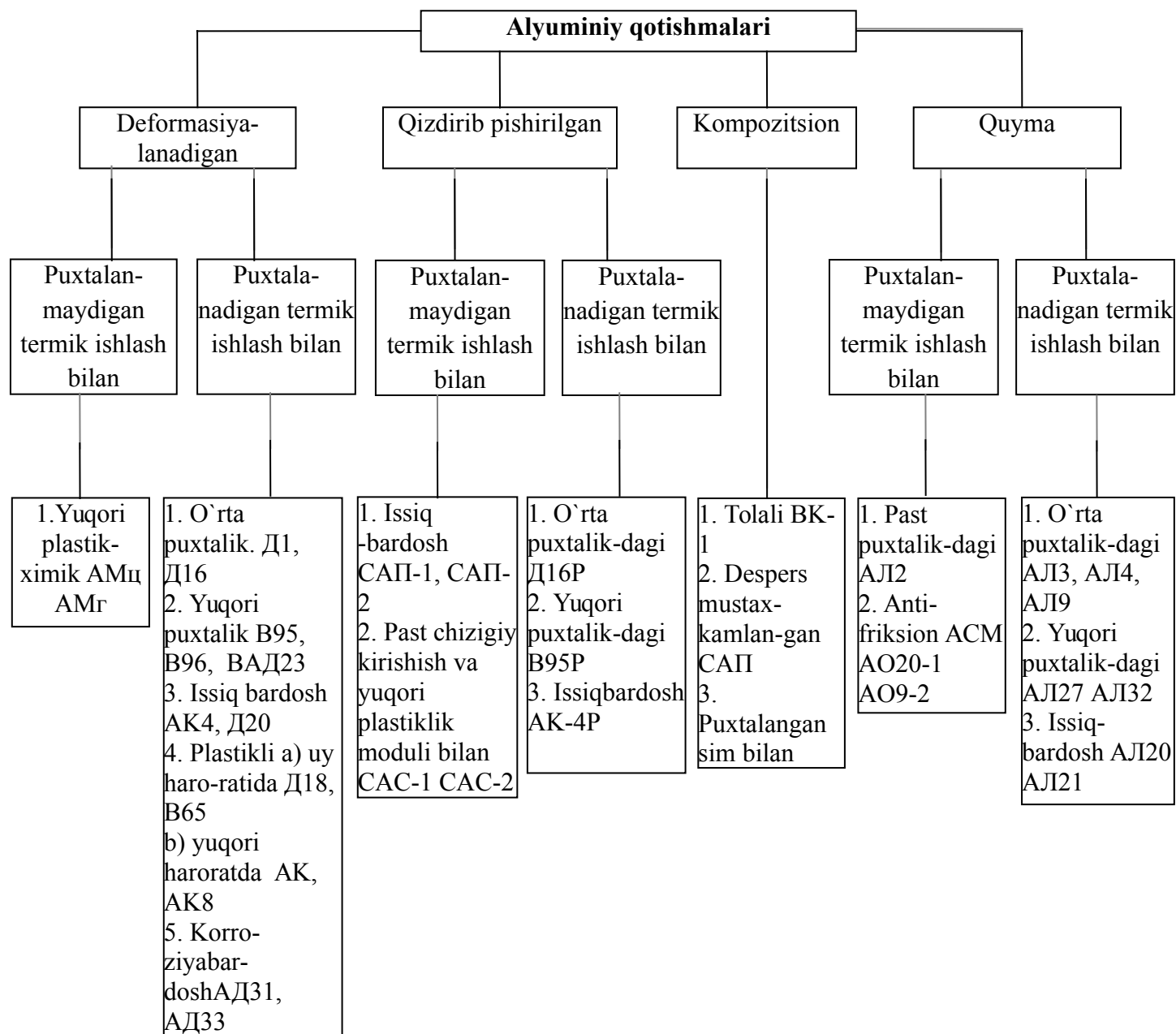
Т - "закаленный и естественно состаренный" - toblangan va tabiiy eskirgan.

Т1 - "закаленный и искусственно состаренный" - toblangan va suniy eskirgan.

Н - "нагартованный" - puxtalangan bosim bilan ishlanib.

Н1 - "усиленно нагартованный" - qattiq puxtalangan (20%).

АСМ - "антифрикционный сплав" - ishqalanishga qarshi qotishma (alyuminiy, surma, magniy).



Masalan, Д16 alyuminiy qotishmasi 1160 deb raqam bilan belgilanadi (13.3-jadval).

## Alyuminiy qotishmalarini markirovka qilishga misollar

Legirlovchi elementlar	Harflar	Raqamlar
Al(тоза)	АД00	1010
Mn	АМЦ	1400
Mg–Mn	АМг 1	1510
	АМг 5	1550
Mg–Si	АВ	1343
Cu–Mg	Д1	1100
	Д16	1160
	ВАД1	1191
	Д18	1187
Cu, Mg, Mn, Si	АК6	1360
	АК8	1380
Cu, Mg, Fe, Ni, Si	АК4	1140
	АК4–1	1141
Zn–Mg	–	1911
Zn–Mg–Cu	В95	1950
	В96Ц	1960
Cu–Mn	Д20	1200
	–	1201
Mn–Li–Zn	–	01420

**13.6. Quyma alyuminiy qotishmalari**

**Quyma alyuminiy qotishmalar.** Bularga Al-Si; Al-Cu; Al-Mg tizimlari kiradi. Mexanik xossalarni yaxshilash uchun Ti; P; B bilan legirlanadi. Qotishmalarning yaxshi tomonlari suyuq holda yaxshi oquvchanligi, oz kirishuvchanligi; mexanik xossalarini yaxshiligi.

**Silumin.** Al-Si eng yaxshi quymakorlik xossalariga ega: yaxshi kesib ishlanadi, payvandlanadi. Kompessor korpuslari, bloklar, silindr porshenlari ishlanadi. Ularning markalariga АЛ2(10-13%Si), АЛ(8-10%Si) lar kiradi.

Silumin deb alyuminiyning kremniy bilan (Si-14%) quyma qotishmalariga aytiladi. Siluminlar juda yaxshi oquvchanlik xossalariga ega, shuning uchun boshqa quyma qotishmalarga nisbatan ko‘proq qo‘llaniladi.

Siluminlar ikki turga bo‘linadi:

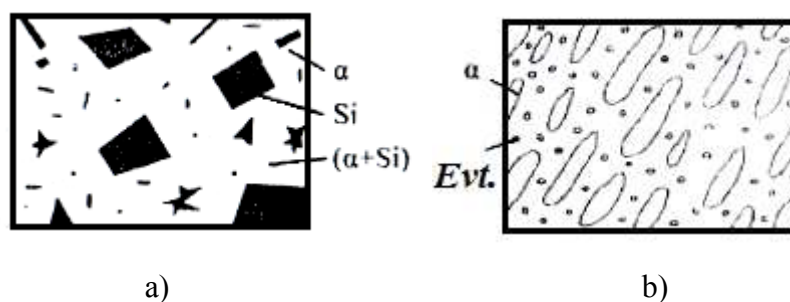
a) oddiy siluminlar;

b) modifikatsiyalangan siluminlar.

**Oddiy siluminlar:** Oddiy silusinning strukturasi plastinkasimon birlamchi kremniy kristallaridan (kulrang rangda) va evtektik aralashma ( $\alpha$ +Si) dan iborat. Bu aralashmada kremniy ninasimon plastinkalar shaklida (12.5. a-rasm) bo‘ladi. Bunday siluminning mexanik xossalari aytarli yaxshi emas:  $\sigma_v=140$  MPa;  $\delta=3\%$ .

**Modifikatsiyalangan silumin:** Modifikatsiyalangan silumin deb suyultirilgan holatida tarkibiga 0,01-0,1% natriy qo‘shilgan qotishmaga aytiladi. Siluminni modifikatsiyalash natijasida kremniyning plastinkalari maydalashadi va qotishmaning mexanik xossalari yaxshilanadi:  $\sigma_v=180$  MPa;  $\delta=8\%$ .

Modifikatsiyalangan siluminning strukturasi kremniyning alyuminiydagi qattiq eritmasi bo‘lgan  $\alpha$  - kristallaridan va mayda donali evtektik aralashma ( $\alpha$ +Si) dan iborat bo‘ladi (13.5. b-rasm).



13.5-rasm. siluminning strukturasi sxemasi:

a) oddiy siluminning struktura sxemasi; b) modifikatsiyalangan silumin strukturasi sxemasi

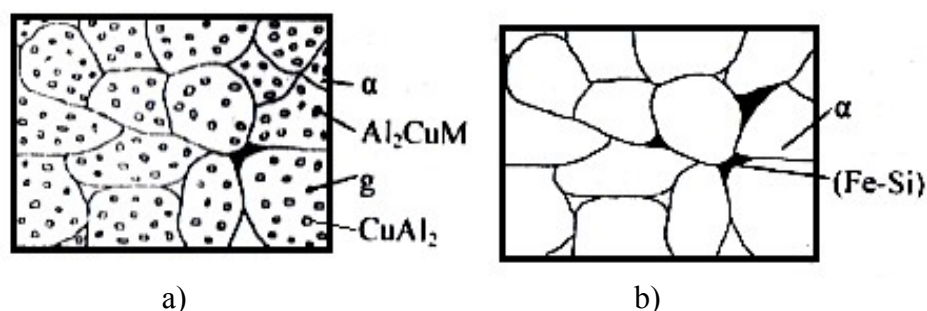
**Magnaliy.** Al-Mg o‘zida evtektika fazasi yo‘qligidan quymakorlik xossalari yetarlicha yuqori emas, har xil qo‘shimcha elementlarga sezgir. Markalashi: AJI8, AJI27. Bular yuqori korroziyabardosh, puxta, yaxshi kesib ishlanadi. Ti, Zn bilan legirlansa, mexanik xossalari yaxshilanadi.

Podshipnik uchun ishlatiladigan alyumin qotishmalar. O‘zlarining ishqalanib yeyilishga qarshiligi bilan qo‘rgoshinli bronzadan qolishmaydi. Ammo, korroziya bardoshligi va texnologikligi bilan undan yuqori. Markalari: ACM va ACC. ACC –

6-5 qotishmasi tarkibida 5% qo'rg'oshin bor. ACM va ACC-6-5 podshipnik materiallaridan dizel yuritgichlari uchun sirpanish podshipniklari yasaladi.

### 13.7. Dyuralyumiylar

**Dyuralyuminiy.** Bu o'rtacha puxtalikdagi qotishma, D harfi bilan belgilanadi. Tizimi - Al-Cu-Mg. Masalan: D1; D16; D18. Uning tarkibiga Mg qo'shilganda korroziya bardoshligini oshiradi, qayta kristallanish haroratini ko'taradi, mexanik xossolarini yaxshilaydi (13.6-rasm).



12.4-rasm. D16 qotishma strukturasi sxemalari:

a) yumshatilgan holatda; b) toblangan va tabiiy eskirgan holatda.

Toblash: qizdirish 415-505°C (D1, D18) yoki 490-500°C (D16), so'ng suvda sovutish. So'ng tabiiy va suniy chiniqtirish.

Korroziya bardoshligini oshirish uchun sirtqi yuzasi texnikaviy alyuminiy bilan «plakirovka» qilinadi (qoplanadi).

Duralyuminiydan samolyot detallari yasaladi: D1 dan samolyot vinti (charxpalagi); D16 dan fyuzelyaj sinchlari, D18 dan zaklepkalar yasaladi.

Yuqori puxtalikdagi qotishmalarga B95, B96 kiradi. Tizimi – Al-Zn-Mg-Cu, legirlovchilari Mg va Cr uning korroziya bardoshligini va chiniqish samaradorligini oshiradi. Toblash 460-480°C da, suniy chiniqtirish esa 120-140°C da olib boriladi. Plakirovka Al + 1% Zn bilan qilinadi va 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, qaysilarki puxtalovchi fazalar CuAl<sub>2</sub>, CuMgAl<sub>2</sub>, Al<sub>12</sub>Mn<sub>2</sub>Cu lar hosil kiladi.

Bolg' alash va shtamplash usuli bilan ishlov beriladigan qotishmalar (AK6, AK8) yaxshi plastiklikka ega. Ular bosim ostida ishlaganda ham darzlar hosil bo'lmaydi. Bunday qotishmalar Al-Cu-Mg turkumiga kiradi. Shtamplash va bolg'alash 450-475°C da olib boriladi: toblanadi, chiniqtiriladi.

Termik ishlash natijasida puxtalanmaydigan deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalariga Al-Mn, Al-Mg kiradi: АМц; АМг2...6 lar yuqori plastiklikka, korroziyabardoshlikka ega; yaxshi payvandlanadi.

### **13.8. Alyuminiyli podshipnikbop qotishmalar**

Podshipnik uchun ishlatiladigan alyumin qotishmalar o'zlarining ishqalanib yeyilishga qarshiligi bilan qo'rgoshinli bronzadan qolishmaydi. Ammo, korroziya bardoshligi va texnologikligi bilan undan yuqori o'rinda turadi. Ular quyidagicha markalanadi: ACM va ACC-6-5. ACC-6-5 qotishmasi tarkibida 5% qo'rg'oshin bor. ACM va ACC-6-5 markali qotishmalardan dizel yuritgichlari uchun sirpanish podshipniklari tayyorlanadi.

*Alyuminiy kukun qotishmalari.* Kukun metallurgiyasi asosida olingan alyuminiy qotishmalari mustahkamligi, xossalarning yuqoriligi, haroratga barqarorligi hamda korroziyabardoshligi jihatdan quyma alyuminiy qotishmalaridan ustun turadi va 2 xil bo'ladi:

1) САП – qizdirib presslangan alyuminiy kukuni («спеченный алюминиевый порошок»).

2) САС - qizdirib presslangan alyuminiy qotishmasi («спеченный алюминиевый сплав»).

САП – bu alyuminiy va alyuminiy oksidi aralashmasi bo'lib,  $Al_2O_3$  kukunlarining aralashmasidan iboratdir. Kukun toza texnikaviy alyuminiyni azotli muhitga purkash yo'li bilan olinadi. So'ngra maxsus sharikli tegirmonlarda maydalanadi. Zarrachalanishda - zarrachalarning ustki qismi 0,01-0,1 mkm qalindlikda alyumin oksidi bilan qoplanadi. Tayyor kukun tarkibida 6-22%  $Al_2O_3$  bo'lib, САП-1, САП -2, САП -3, САП -4 kabi markalanadi. Kukun sovuq holda



qolipda qisilib, briketlar olinadi. So'ngra, 260-400 MPa bosimda ishlanadi. Alyuminiy bu yerda bog'lovchi vazifasini o'taydi.

CAC – bu alyuminiy va ozgina  $Al_2O_3$  kukuni bo'lib, Fe, Ni, Cr, Mn, Cu bilan legirlanadi. Masalan, CAC–1 da 25-30% Si va 7% Ni bor.

### **Nazorat savollari**

1. Rangli metallarga qaysi metallar kiradi?
2. Alyuminiy qanday xossaga ega?
3. Alyuminiy tozaligi bo'yicha necha guruhga bo'linadi?
4. Alyuminiy xossasiga legirlovchi elementlarning ta'siri?
5. Alyuminiy qotishmalari qanday turlarini bilasiz?
6. Dyuralyuminiy qanday qotishma?
7. Silumin qanday qotishma va uning qanday turlarini bilasiz?
8. Magnaliy qanday qotishma?
9. Alyuminiy kukun qotishmalarini ustunligi nimada?

## XIV Bob. Magniy va mis qotishmalari

### 14.1. Magniy va uning qotishmalari

Magniy  $649^{\circ}\text{C}$  da suyuqlanadi,  $1090^{\circ}\text{C}$  da qaynaydi, zichligi  $\gamma=1,74 \text{ g/sm}^3$ . Zichligi texnika metallari ichida eng kichigi bo'lganligidan aviasiyada unga qiziqish katta.

Magniy kimyoviy bardoshligi past, tez oksidlanadi, havoda eritilsa yonib ketadi, kislota va dengiz suvida yemiriladi. Lekin, ishqor ta'siriga nisbatan chidamli.

Magniy qotishmalari alyuminiy, rux yoki marganes qo'shib suyuqlantirish yo'li bilan olinadi. Termik ishlash magniy qotishmalari mexanik xossalariga 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 maydalashdir. Berilliy qo'shishdan maqsad qotishmalarning quyish vaqtida alangalanib ketishiga moyilligini pasaytirishdir.

Magniy qotishmalari ikki guruhga bo'linadi:

- a) quyma uchun ishlatiladigan qotishmalar;
- b) deformatsiyalanadigan qotishmalarga bo'linadi.

Quyma qotishmalarga ML1, ML2, ML3, ML, ML5, ML6 lar kiradi. Bu erda, M - magniy, raqamlar tartib nomerini bildiradi.

Deformatsiyalanadigan qotishmalarga MA2, MA3, MA5, MA8, MA9lar kiradi.

#### 14.1.1. Quyma magniy qotishmalari

Quyma magniy qotishmalari hozirda samolyotsozlikda ko'proq ishlatilmoqda. Magniy qotishmalarining eng katta afzalligi ularning eng kichik zichligidir. Kamchiligi esa past korroziya bardoshligi, elastik modulining kichikligi hisoblanadi.

Quyma alyumin va magniy qotishmalalarining mexanik xossalari orasida farq kam. Shuning uchun samolyotsozlikda quyma alyumin qotishmalarini quyma magniy qotishmalari bilan almashtirish foydali.

Quyidagi MJ2, MJ4, MJ5, MJ10, MJ12 magniy qotishmalar yuqori korroziyabardosh qotishmalar hisoblanadi. MJ2 da 1,4% Mn mavjud. Payvandlanadi hamda yuqori germetiklik talab qilingan, lekin yuklanishsiz detallar uchun ishlatiladi.

MJ3, MJ7-1 lar o'rta puxtalikdagi qotishmalar hisoblanadi. Tarkibida hammasi bo'lib ichida 5-7% Al, Zn va Mn bor. Lekin termik ishlashda puxtalanmaydi.

MJ4, MJ, MJ6 - yuqori puxtalikdagi qotishmalar hisoblanadi. Bunda, Al+Zn+Mn miqdori 8,5-10,9% ni tashkil etadi. Bular uzoq vaqt ishlaydigan detallar uchun qo'llaniladi lekin, ishlash harorati 150°C dan oshmasligi kerak.

O'tga chidamli magniy qotishmalariga MJ10 (250°C); MJ11 (250°C); MJ14 (350-370°C). Tarkibida: kalsiy, seriy, sirkoniy, neobiy, toriy, rux mavjud.

#### 14.1.2. Magniyli qotishmalarni termik ishlash

Magniy qotishmalarini termin ishlash uncha samara bermaydi, chunki ularning mexanik xossalari katta o'zgarish bo'lmaydi.

Termik ishlashda intermetall birikmalar — CuAl<sub>2</sub>, Mg<sub>2</sub>Cl, Al<sub>3</sub>Mg<sub>2</sub> va boshqa fazalar erib, toblashda o'ta to'yingan eritma hosil qiladi, buning hisobiga qotishmaning puxtaligi va zarbga chidamliligi ortadi. Quyida quyma magniy qotishmalariga termik ishlash va qo'llanilish sohalari keltirilgan (14.1-jadval)

14.1-jadval

Qotishma markasi	Termik ishlanishi	Cho`zilgan mustahkamligi $\sigma$ kg/mm <sup>2</sup>	Nisbiy uzayishi $\delta$ %	Qattiqligi HB, kg/mm <sup>2</sup>	Ba`zi ishlatilish sohalari
MJ1	Termik ishlovsiz	9	2	40	Murakkab bo`lmagan, zich quymalar uchun
MJ2	Termik ishlovsiz	9	3	30	Korroziyaga chidamli va payvantlanuvchi oddiy, quyma detallar uchun
MJ3	Termik ishlovsiz	16	6	40	Zichlikni talab etuvchi murakkab bo`lmagan detallar, pompa va nasos

					korpuslari uchun
MJI 4	Termik ishlovsiz	16 22 23	3 5 2	50 50 60	Zarbsiz nagruzkada ishlovchi quyma detallar uchun samolyot dvigatellari, avtomob il qismlari uchun asbob korpuslari, asboblari va shunga o`xshashlar uchun
MJI 5	Termik ishlovsiz	15 22 23	2 5 2	50 50 60	Yuqori nagruzkada ishlovchi quyma detallar (dvigatellar asboblari va boshqa konstruksiya detallari) uchun
MJI 6	Termik ishlovsiz Toblangan toblanib, eskirtirilgan	15 22 23	1 4 1	50 60 65	O`rtacha va yuqori nagruzkada ishlovchi detallar uchun
MJI 7	Termik ishlovsiz	16	4	56	Dvigatel va asboblarning ish jarayonida 200 ° C gacha qizuvchi detallar uchun

### 14.1.3. Magniyli qotishmalarni korroziyadan muhofaza qilish

Deformatsiyalanadigan magniy qotishmalari asosan shtamlashda ishlatiladi. Listlar, truba, profil ko'rinishda esa kamroq ishlatiladi. Qotishmani bolg'algalash va shtamlash 300-400°C da olib boriladi lekin past haroratda darz ketadi. Qizdirib bosim bilan ishlash uning puxtaligini va plastikligini oshiradi.

MA1, MA8, MA9 - yuqori korroziya bardosh qotishmalar hisoblanadi. Masalan, MA1 dan bak armaturasi, MA8 dan eleron, zakrilka yasash uchun qo'llaniladi.

MA2, MA2-1 lar o'rta puxtalikka ega. Ular asosan bolg'alangan va shtamlangan murakkab formadagi detallar uchun ishlatiladi. Masalan, "пикирование" tormozlari, "kapot" jalyuzalari, "krilchatka" lar. Ular termik ishlanmaydi.

BM17, BM65-1 - yuqori puxtalikdagi qotishmalar bolib ulardan kuch ostida ishlaydigan detallar yasaladi. Masalan, aviadvigatel krilchatkalari.

O'tga bardosh qotishmalarga MA11 (250-300°C), MA (350-400°C), BMB1 (350-400°C) lar kiradi.

## 14.2. Mis va ularning qotishmalari

### 14.2.1 Mis va uning xossalari

Misning suyuqlanish harorati – 1083°C. Zichligi –  $\gamma=8,93 \text{ kg/sm}^3$  ga teng. Kristall panjarasi - yoqlari markazlashgan kub. Mustahkamligi  $\sigma_B = 240 \text{ MPa}$  (24 kg/mm<sup>2</sup>), nisbiy uzayishi  $\delta = 50\%$ , qattiqligi HB = 35.

Yuqori issiqlik va elektr o'tkazuvchanlik, plastiklik, korroziyabardoshlik qobiliyatlariga ega.

Kamchiliklari: past quymakorlik xususiyati, kesib ishlanuvchanligi yomonligi, nisbatan puxtamasliliklarni har xil elementlar bilan legirlash orqali yo'qotish mumkin.

Misning fizik-mexanik xossalariga qo'shimchalar yetarli ta'sir qiladi. Shu nuqtai nazardan qo'shimchalar quyidagi guruhlariga bo'linadi:

1. Bosim bilan ishlashda (sovuq va issiq holda) puxtalikni pasaytiruvchilar: O<sub>2</sub>, Pb, S, Se, Fe, Sb, Bi.
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.

GOST 859-79 buyicha quyidagi markali mis chiqariladi:

- katodli – MB4<sub>K</sub>; MOO<sub>K</sub>; MO<sub>KU</sub>; MO<sub>K</sub>; M1<sub>K</sub>;
- kislorodsiz – MOO<sub>6</sub>; MO<sub>6</sub>; M1<sub>6</sub>;
- katodli qayta eritilgan – M1<sub>u</sub>;
- qaytarilgan - M1<sub>p</sub>; M2<sub>p</sub>; M3<sub>p</sub>; M3.
- qo'shimchalarning miqdoriga qarab: MOO (99,99% Cu), MO (99,95% Cu), M1 (99,9% Cu); M2 (99,7% Cu); M3 (99,5% Cu);
- mis qotishmalari kimyoviy tarkibiga qarab: latunlar, bronzalar, mis-nikel qotishmalari;

- texnologik vazifasiga qarab: deformatsiyalanadigan va quyma.
- mexanik ishlashdan so'ng puxtalanishiga qarab: puxtalanadiganlar, termik ishlash bilan puxtalanmaydigan.

#### **14.2.2. Latunlar, ularning markalanishi, xossalari va qo'llanilishi**

**Latun.** Latun deb misning rux (Zn) bilan qotishmasiga aytiladi. Mis qotishmasida rux asosiy legirlovchi (element) komponent - tashkil etuvchi bo'lsa, qotishma latun deb nomlanadi. Amalda tarkibida 45% gacha rux bo'lgan qotishmalar ishlatiladi. Qotishma ikki komponentli va ko'p komponentli bo'ladi. Ikki komponentlilari JI90 markalanad. Bunda 90% mis, qolgani rux hisoblanadi.

Ko'p komponentlisi: JIAHKM75-2-2,5-0,5-0,5 bu 75% Cu, 2% - Al, 2,5% - Ni, 0,5% - Si, 0,5% Mn, qolgani rux degani.

Amaliyotda tarkibida 45% gacha rux bo'lgan latunlar ishlatiladi.

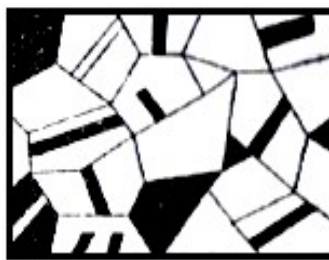
Mexanik va texnologik xossalarini yaxshilash uchun Fe qo'shiladi. Latun tarkibidagi qo'rg'oshin plastiklikni yomonlashtiradi. Fosfor esa qattqlikni oshirib, plastiklikni ancha pasaytiradi. Al, Si, Mn kabi qo'shimchalar deyarli ta'sir qilmaydi. Korroziyabardoshlikni oshirish uchun Al, Si, Mn, Ni qo'shiladi. Qalay qo'shilsa uni mexanik ishlash ancha osonlashadi va ishqalanib yeyilishga qarshiligi ortadi: JIO 90-1.

Latunlar ikki turga bo'linadi:

- 1) quyma latunlar;
- 2) bosim ostida ishlov beriladigan latunlar.

Bosim ostida ishlov beriladigan latunlar. Bu latunlar ham ikki turga bo'linadi:

**$\alpha$  - latunlar.** Bu latunlarning tarkibida ruxning miqdori 39% gacha bo'lib, ularning strukturasi asosan ruxning misdagi qattiq eritmasi bo'lgan  $\alpha$  - kristallardan iborat (14.1-rasm).



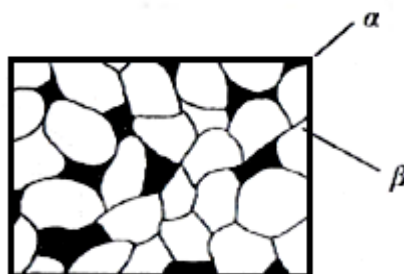
14.1-rasm.  $\alpha$  - latun strukturasi sxemasi

$\alpha$  - qattiq eritma kristallarining rangi har xil bo'lishiga sabab, ularning namunalari yuzasiga turli xil kristallografik yuzalari chiqishi va bu yuzalarining kimyoviy eritma ta'sirida bir xilda yemirilmaliklaridadir (kristallarning anizotropik xossalari).  $\alpha$  - latunlar quyidagi markalar bo'yicha ishlab chiqariladi: Л60, Л63, Л68, Л70, Л80, Л85, Л90, Л96.

$\alpha$  - latunlar juda yumshoq bo'lib, ularga bosim ostida ishlov berilib, har xil xomashyo materiallar: yupqa list, folga, lenta, truba, sim, va boshqalar ishlab chiqariladi.

**$\alpha+\beta$  latunlar.** Bu latunlarning tarkibida ruxning miqdori 39-45% oralig'ida bo'ladi. Ularning strukturasi ikki xil qattiq eritmalarning  $\alpha$  va  $\beta$  kristallaridan tuzilgan (14.2-rasm).

$\alpha+\beta$  latunlar  $\alpha$  - latunlarga nisbatan ancha mustahkam, lekin plastikliki kam qotishma hisoblanadi. Bu latunlardan bosim ostida ishlov berish yo'li bilan har xil detallar ishlab chiqariladi. bu latunlardan eng ko'p tarqalgan markasi Л59 dir.



14.2-rasm.  $\alpha+\beta$  latun strukturasi sxemasi:  $\alpha$  - ruxning misdagi qattiq eritmasi;  $\beta$  - ruxning misdagi elektron bog'lanish asosida tuzilgan (elektronlar soni- 3, atomlar soni- 2) qattiq eritmasi

**Maxsus latunlar.** Bu latunlarning tarkibida ruxdan tashqari boshqa elementlar ham bor. Latunlarni legirlashdan maqsad ularning xossalarini yaxshilashdan iboratdir. Maxsus latunlarning markalarida ЛI harfidan keyin legirlovchi elementlarning nomlari belgi sifatida yoziladi. Masalan: C-qo‘rg‘oshin, O-qalay, Ж-temir, M-marganes, H-nikel, K-kremniy, A-alyuminiy va boshqalar.

Harflardan keyingi son latundagi misning va legirlovchi elementlarning miqdorlarini % da ko‘rsatadi. Masalan: ЛIС59-1 latunning tarkibida 57-60% mis va 0,8-1,5% qo‘rg‘oshin bor, qolgani esa ruxdan iborat.

Maxsus latunlar ikki turga bo‘linadi:

- 1) Quyma latunlar: ЛIК80-3ЛI, ЛIКC80-3-3ЛI va boshqalar;
- 2) Bosim ostida ishlov berilgan latunlar: ЛIАЖ60-1-1, ЛIС59-1, ЛIЖM59-1-1 va boshqalar.

#### **14.2.3. Qalayli, alyuminiyli, kremniyli, marganesli va berilliyli bronzalar**

Mashinasozlikda ko‘pgina detallar, jumladan, podshipniklar, tishli g‘ildiraklar, nasos korpuslari, armaturalar va boshqalar ish sharoitidagi o‘ziga xos talablarga, chunonchi, aktiv muhitlarda kam yeyilishi, puxtaligi, yengilligi va boshqalarga ko‘ra, turli rangli metallarning qotishmalaridan, ayniqsa, mis, alyuminiy va magniy qotishmalaridan tayyorlanadi. Mis qotishmalarining hammasi ikkita katta guruhga: bronzalar va latunlarga bo‘linadi.

Mis bilan qalay qotishmasi bronza deyiladi. Quymakorlik korxonalarida foydalaniladigan bronzalar, o‘z navbatida, yana ikki guruhga bo‘linadi; bular qalayli va qalaysiz bronzalar guruhidir. Ma‘lumki, qalay qimmatbaho metall bo‘lganligi sababli uni tejash va qotishma xossalarini zarur tomonga o‘zgartirish maqsadida qalayli bronza tarkibidagi qalay qisman yoki to‘la Zn, Pb, P, Ni, Al, Si va boshqa elementlar bilan almashtiriladi.

Qotishmaga qalay o‘rniga qaysi elementdan qancha kiritish kerakligi qotishmadan kutilgan xossalarga bog‘liq. Masalan, qotishma tarkibiga qo‘rg‘oshin kiritilganda, uning antifriksion xossalari va kesib ishlanuvchanligi yaxshilansa, fosfor qo‘shilganda qotishmaning quyulish va mexanik xossalari yaxshilanib, kam



yeyiladigan bo‘lib qoladi. 6- jadvalda qalayli va qalaysiz bronzalarning mexanik xossalari va ishlatilish sohalari keltirilgan.

Bronza markalaridagi harflar shu bronza tarkibidagi elementlarni ko‘rsatadi. Masalan, O — qalay, Ц — pyx, C—qo‘rg‘oshin, H — nikel, A —alyuminiy, Мц— marganes, Ж— temir. Raqamlar elementlarga taalluqli bo‘lib, ularning qotishmadagi o‘rtacha miqdorini foiz hisobida ko‘rsatadi, qolgani esa mis bo‘ladi. Masalan, Бр.ОЦСН-3-7-5-1 markali „Бр“ bronza deyilgani bo‘lib, bu yerda qalay (O)—3%, rux (Ц) — 7%, qo‘rg‘oshin (C) — 5%, nikel (H) —1%, qolgani (84%) esa misdir.

Bronza quyidagicha markalanadi: БрОФ 6,5-0,15. Bunda 6,5% - qalay, 0,15% - fosfor bor; qolgani mis.

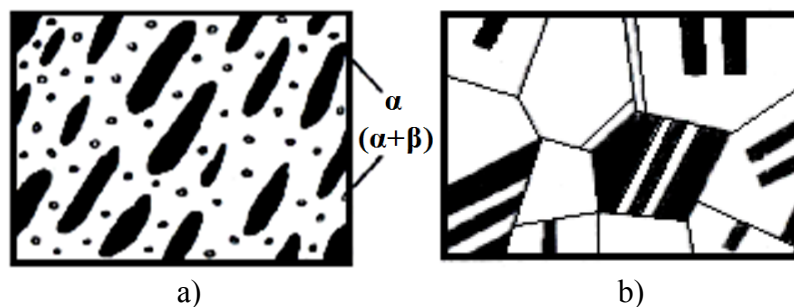
Misning nikel va boshqa legirlovchi elementlar bilan qotishmalari bronzaning alohida turlari bo'lib, ularni melxior, neyzilber, kunial, kopelyam deb nomlashadi. Masalan, МНЖ Мц 30-1-1 markali qotishma tarkibida 29-33% Ni va Co; 0,5-1% Mg, 0,5-1% Fe mavjud bo'lib, qolgani esa misdan iborat.

Bronzalar 2 turga bo‘linadi: qalayli va qalaysiz (14.3-rasm).

Qalayli bronzalar yuqori antifriksion - ishqalanib yeyilishga qarshiligi xususiyatiga ega, qizib ketmaydi, sovuqqa chidamli, magnit emas.

Kamchiligi, quymada g‘ovaklar hosil bo'lishga moyil.

Fosfor bilan legirlansa, mexanik, texnologik va antifriksion xossallari ortadi. Qo‘rg‘oshin qo‘shilsa zichligi oshadi, antifriksionligi ortadi, qirqib ishlash osonlashadi lekin mexanik xosallari yomonlashadi. Rux texnologik xossalarni yaxshilaydi, temir (0,09%) mexanik xossalarni yaxshilaydi.



14.3-rasm. Bronza mikrostrukturasi sxemasi:

a) qalayli quyma bronzaning strukturasi; b) bosim ostida ishlov berilgan va yumshatilgan bronzaning strukturasi

Legirlash darajasi meyoridan oshirib yuborilsa, korroziya bardoshligi va texnologik xossalari birdaniga pasayadi.

#### 14.2.4. Bronzaning tarkibi, xossalari, ularning markalanishi va qo'llanilishi

14.2-jadval

Bronza markalari	Cho'zilishdagi mustahkamligi kg/mm <sup>2</sup>	Nisbiy uzayishi	Qattiqligi HB kg/mm <sup>2</sup>	Ishlatilish sohalari
<b>Qalayli bronzalar</b>				
БрОЦСН3-7-5-1	18 (21)	8(5)	60	Daryo suvlarida va bug'da (25 bosimida) ishlovchi armaturalar uchun, antifiriksion detallar uchun, traktor detallar uchun
БрОЦСН 3-3-12-5	18 (21)	8(5)	60	
БрОЦСН 3-6-6-3	15 (18)	6(4)	60	
БрОЦСН 3-4-4-17	15	5	60	
БрОЦСН 3-3-5-5	15 (18)	6(4)	60	
<b>Qalaysiz bronzalar</b>				
БрАЖ 9-1	(40)	(20)	(8)	Tishli g'ildiraklar uchun, podshipniklar, nasos korpuslari, gaykalar, salniklar uchun, Cherpyak podshipniklari, putilkalar, tishli g'ildiraklar uchun, Yuqori bosimda ishlovchi armature korpuslari, og'ir sharoitda (yuqori nagiruzkada) detsallar uchun, podshipnik vikladish quymalari uchun
БрАМЦ 9-4	40 (50)	10(12)	100	
БрБ2	50	(12)	(120)	
Бр 10-4-4,L	60	(5)	(170)	
БрС 30	6	4	(25)	
БрКМЦ3-1	(40)	(20)	(8)	

#### Nazorat savollari

1. Mis qanday element?
2. Misning fizik-mexanik xossalari qo'shimchalarning ta'siri?
3. Latun qanday qotishma?
4. Latunlarning qanday turlarini bilasiz?
5. Bronza misning qanday qotishmasi?
6. Bronzalar qanday markalanadi?
7. Babbit nima? Uning qanday turlari bor?
8. Magniy va uning qotishmalariga izoh bering.
9. O'ta engil qotishmalarga qaysilar kiradi?
10. Al-Li qanday qotishma?

## XV BOB. NOMETALL MATERIALLAR VA ULARNING QO'LLANILISHI

### 15.1. Organik shisha

Shisha ham boshqa nometall materiallar kabi xalq xo'jaligining hamma sohalarida (mashinasozlikda, qurilishda, elektronika va radiotexnikada, o'quv laboratoriyalarida va h.) juda keng ishlatiladi. Turmushimizni shishasiz tasavvur qilish qiyin. Shisha amorf jismdir.

Shisha materiallar asosan, sun'iy ravishda ishlab chiqariladi. Shisha olish uchun kvarts qumi, borat kislotasi, tanokor, bur, marmar toshi, dolomit, soda va ohaktoshdan iborat aralashma tegishli pechlarda ( $1300-1500^{\circ}\text{C}$  haroratda) suyuqlantiriladi. Shisha materiallarni cho'zish, siqish, kuydirish, presslash, burish, sovutish jarayonlari orqali turli shakldagi buyumlar yasaladi. Shisha materiallar o'zlarining tarkibidagi moddalar (elementlar va birikmalar) ning turlari va miqdorlariga qarab juda ko'p xillarga bo'linadi. Masalan, silikatli shishaning tarkibiy qismini uning formulasidan anglash qiyin emas, ya'ni  $\text{Me}_2\text{OChOSiO}_2$ , bunda  $\text{Me}_2\text{O}$  - ishqoriy metallarning oksidlarini ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ )  $\text{ChO}$  - yer-ishqoriy metallarning oksidlarini ( $\text{CaO}$ ,  $\text{BaO}$ ) hamda qo'rg'oshin, rux va boshqa metallarning oksidlarini ifodalaydi. Ishqoriy va yer-ishqoriy metallar modifikatorlar deyiladi. Shisha materiallar sanoatda deraza va eshik oynasi, vitrinalarga moslangan yassi va egilgan oynalar, mustahkam oyna, toblangan oyna - "Stalinit", naqshli oyna, xira oyna, taram-taram oyna, biologik nurlarni o'tkazadigan o'ta tiniq oyna, rangli oyna hamda kolbalar, naychalar ishlanadigan shisha va boshqa silliqlangan va silliqlanmagan oynalar ko'rinishlarida ishlab chiqariladi.

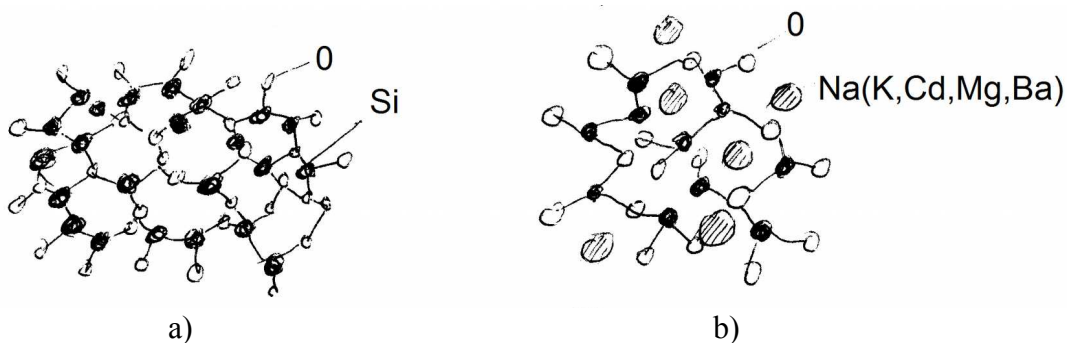
Rangli shisha hosil qilish uchun shisha materiallariga (yuqorida nomlari aytilgan xomashyolarga) qo'shimcha kristallar (selen, xrom, kadmiy va boshqa metallarning oksidlari hamda oltin) qo'shiladi. Shisha massa hosil qilish uchun, avvalo, shisha tarkibiga kiruvchi xom-ashyo materiallar tayyorlanadi: ular quritiladi, elanadi, maydalanadi va yaxshilab aralashtiriladi. Agar maydalanagan materiallar bir jinsli bo'lsa, undan olinadigan shishaning sifati juda yuqori chiqadi. Tayyorlangan (aralashtirilgan) xom-ashyo materiallarni pishirish uchun vannali pechlarga, uzluksiz

va davriy ishlaydigan marten pechlariga solinadi va tegishli harorat ( $1200^{\circ}\text{C}$ ) da shisha materialga aylantiriladi. Pechlar asosan gaz va qattiq yoqilg'ilar bilan ishlaydi. Eng katta pechda bir sutkada 200 tonnagacha shisha massa ishlab chiqarish mumkin. Pishirilgan shisha massadan buyum ishlab chiqarish uchun turli qoliplardan va turli prinsipda ishlaydigan mashinalardan foydalaniladi. Masalan, xo'jalik ishlari va qurilish uchun shisha bloklar ishlab chiqarish uchun pishirilgan shisha massalar presslanadi. Agar ma'lum bir qalinlikdagi shisha listlar ishlab chiqarish kerak bo'lsa, shisha massa ichi bo'sh valiklar orasidan o'tkazib prokatlanadi. Yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan shisha hosil qilish talab qilinsa, shisha toblanadi, ya'ni yumshash harorati ( $15-20^{\circ}\text{C}$ ) dan yuqori haroratgacha qizdiriladi va siqilgan havo purkash orqali tez sovutiladi. Shisha buyumlarga faqat termik usulda emas, balki kimyoviy va mexanik usullarda ham ishlov berish mumkin.

**Noorganik shisha.** Organik emas shisha bu kristallik bo'lmagan material. Tarkibida shisha bo'lgan kamponentlar (kremniy, bor, alyuminiy, 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 xam mumkin. Bu shishalar strukturasi mikrokrystallik hosillarini ko'rish mumkin-kristallitlarni. Bular ichida kristallik 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 (15.1-rasm).



15.1-rasm. Shishaning kristall tuzilishi sxemasi. a) kvarqli; b) 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. Kvarqli shisha tabiiy yoki sintetik shishani eritish bilan olinadi.

Texnikaviy shisha asosida- alyumin bor-silikat tizimidagi shisha hosil qiluvchi yotadi.

Modifikatorlarning tarkibiga ko‘ra shishalar ishqorli ( $H_2O$   $K_2O$   $CaO$  lar 15%gacha), “ishqorsiz”(ishqor medifikatorlar 5%gacha) va kvarsli bo‘ladilar.

Texnika va aviatsiyada ko‘p ishlatiladigan kam ishqorli  $Al_2O_3$ - $B_2O_3$ - $SiO_2$  tizimidagi yuqori sifatli shishadir.

Vazifasiga qarab optik, laboratoriya uchun, elektrotexnik, transport, pribor, himoya, issiq-tovush o‘tkazmaydigan, svetotexnik, shisha tolali va x.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%. Kimiyoviy va gidrolitik xossalari –turg‘unligi yuqori (fosfor kislotadan tashqari).

Toblangan shisha qirralari va uchlari urilishlarga “sezgir”. Bunda quyuk darz chiziqlar bilan qoplanadi. Agar ikki list orasiga tiniq polimer plyonka yelimplansa, shisha singanda ham sochilib ketmaydi: Masalan, avtomobilning peshona oynasi.

Kvarsli shishalar kosmik kemalarda va juda tez uchuvchi samolyotlarda ishlatiladi. Uchish apparatlari uchun toblangan maxsus shishalar qo‘llaniladi. Shisha tolalari va matolari yuqori puxtalikdagi konstruksion steklo-plastik olish uchun ishlatiladi.

Kvarsli shishalardan  $t=5-100\text{ mkm}$  qalinlikdagi plyonkalar ham olinadi. Ular issiq o‘tkazmaydigan material sifatida qo‘llaniladi. Ko‘pik hosil qiluvchi shishalar esa dielektrik sifatida ishlatiladi.

Yaxshi tez va oson eriydigan shishalar ( $600^\circ\text{C}$  da eriydigan bor-qo‘rg‘oshin asosli) metallarini issiqdan saqlash uchun shisha-emal sifatida ishlatiladi.

**Sitallar.** Olamshumul xossali yangi konstruksion material-bu sitallar. Sital degani “steklo+kristall”. Ba’zi oksidlar asosidagi organik emas shishani kristallantirish orqali 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  $0,001\dots 0,3\%$  gacha bo‘ladi. Bu metallar kristallanish markazlari hisoblanadi.

Bularni bir tekis taqsimlanishi uchun ultrabinafsha va rentgen nurlari bilan ishlaydilar. Termik ishlashdan so‘ng kristallanish markazlari atrofida polikristall struktura bir tekisda o‘sadi.

Termositalar olishda katalizatorlar sifatida titan, fosfor, vanadiy, xrom oksidlari ishlatiladi. Bunda oksidli shisha ikki fazaga bo'linadi bittasi katta yuza tarangligi tortilishi bilan. (kolloid zarrachalar ajralishi bilan). Zinapoyali termik ishlash natijasida (500 va 800...1000°C) bu zarrachalar o'zlari kristallanadilar va shishani to'la kristallanishiga olib keladi.

Kimyoviy tarkibni katalizator turini, termik rejimini tanlab kristallik fazani 30...95%) yetkazish mumkin.

Sitallar ancha mustahkam.  $\sigma_b = 70-120 \text{ MPa}$ . Buni 1100°C da ham saqlaydi. Metallar bilan yaxshi birikadi-kavsharlanadi.  $HB = 6500 \text{ MPa}$ .

Uchish apparatlarida toblangan shisha ishlatiladi. Issiqlik o'tkazmaslik uchun ko'p qatlamli tiniq shisha ishlatiladi. Yuqorida aytilgandek sitallar qattiqligi toblangan po'latlar qattiqligiga teng.

**Organik shisha.** Organik shisha bu polimetilmetakrilat asosidagi polimerdir (PMMA). Bu tiniq list sifatida olinadi. U atmosferaga yuqori chidamli, yorug'likni va ultrabinafsha nurlarini yaxshi o'tkazadi, fizik mexanik xossalari yaxshi, elektroizolyatsiyasi yaxshi. Zichligi kam (sitalga nisbatan), mo'rt emas. Lekin ishlash harorati 120°C dan oshmasligi kerak. Samolyotlarning oynalari uchun ishlatiladi.

### **Rezina va kauchuk materiallar**

Ma'lumki, hozirgi zamon texnikasini rezinasiz tasavvur etib bo'lmaydi, ya'ni avtomobil, samolyot, velosiped shinalari, o'tkazgichlarining izolyatsiyalari, g'ovvoslarning kiyimlari, aerostat ballonlari, shlanglar, dam berib shishiradigan qayiqlar, protivogazlar, shuningdek ko'pgina xalq xo'jaligi mashina-mexanizmlari qurilmalari va muhandislik konstruksiyalarida rezina juda keng ishlatiladi.

Rezina materiallar asosan, kauchukni turli to'ldiruvchilar, plastifikatorlar, vulkanizatsiyalovchi agentlar, tezlashtiruvchilar, aktivatorlar va boshqalar qo'shib, qayta ishlash orqali hosil qilinadi. Rezina juda ko'p xususiyatlarga ega bo'lgan konstruksion materialdir. Bulardan eng muhimi uning yuqori darajada elastikligi, ya'ni katta (100 % gacha) deformatsiyadan ham dastlabki holatiga qayta olishidir.

Rezina olish uchun asosiy material kauchuk hisoblanadi, ya'ni rezinadagi aralashmaning 10-98% ni kauchuklar tashkil qiladi.

Kauchuklar, asosan, tabiiy va sintetik polimerlar bo'lib, oddiy haroratda yuqori elastiklik xossasiga ega.

Tabiiy kauchuk, hindcha "kaochu" so'zidan olingan bo'lib, "daraxtning ko'z yoshi" degan ma'noni anglatadi. Darhaqiqat kauchuk daraxtini kesganda undan suyuqlik (ko'z yoshi) ajralib chiqadi. Shuning uchun hindlar juda qadimdan oq yog'och smolasi (kauchuk) dan foydalanib kelganlar. Shunday qilib, tabiiy kauchuk (TK) kauchukli o'simliklar (daraxtlar) dan olinadi. U efir, benzin, mineral moylarda yaxshi eriydi, suvda esa erimaydi. Kauchuk 90°C gacha qizdirilganda yumshab juda yopishqoq bo'lib qoladi, 0°C dan past haroratda esa qattiqlashib, mo'rtlashib boradi. TK juda qimmatbaho material.

Texnikaning jadal taraqqiyoti tufayli faqat TK dan foydalanilmasdan, balki sintetik kauchuklar (SK) hosil qilinib, ulardan keng foydalanilmoqda.

Hozirgi vaqtda turli mamlakatlarda tegishli sanoat korxonalarida juda rang-barang sintetik kauchuk va shunga o'xshash konstruksion materiallar ishlab chiqarilmoqda. Etil spirti, asetilen, butan, etilen, benzol, izobutilen, ba'zi galogenli uglevodorodlar va boshqalar sintetik kauchuk hosil qiluvchi asosiy materiallar hisoblanadi.

Shuni aytib o'tish kerakki, tabiiy kauchuklarning sintetik kauchuklarga nisbatan mustahkamligi yuqoridir, lekin TK larning sovuqqa va turli eritmalar ta'siriga bardosh berish xususiyatlari SK ga nisbatan ancha past.

Rezinalar vazifasi yoki ishlatilishiga qarab umumiy va maxsus turlarga bo'linadi. Umumiy ishlarga mo'ljallangan rezinalar suvda, kislota va ishqorlarning kuchsiz eritmalarida, havoda 50°C dan 130°C gacha haroratda va boshqa muhitlarda ishlatilishi mumkin. Shunday rezinadan mashina shinalari, turli tasmalar, shlanglar, transportyor tasmalari, kabellarning qoplamalari va boshqa turli buyumlar ishlab chiqariladi.

Maxsus vazifalarga mo'ljallangan rezinalar, o'z navbatida, moy, benzina, issiq va sovuqqa chidamli, elektr o'tkazmaydigan, gazlar va suyuqliklarga chidamli turlarga bo'linadi. Bundan tashqari, maxsus rezina turiga armaturali rezinalar ham kiradi (presslash va vulkanizatsiyalash jarayonida metallar rezina aralashmasi orasiga

qo'yilib uning mustahkamligi va egiluvchanligi oshiriladi). Bunday rezinalardan avtomobil shinalari, yuritma tasmalari, transportyor tasmalari va boshqalar tayyorlanadi.

### **Lok-bo'yoq materiallar**

Xalq xo'jaligining turli sohalarida ishlatiladigan lok va bo'yoq materiallar asosan suyuq, pasta va kukun ko'rinishlarida bo'lishi mumkin.

Har qanday lok yoki bo'yoq materiallar bilan turli sirtlarni qoplaganda yupqa parda yoki qatlam hosil bo'ladi. Hosil bo'ladigan bunday qatlam tegishli buyum (detal) materialini korroziyadan (metall va qotishmalarga xos), egilish (bukilish) va namlanishdan (yog'och va plastmassalarga xos) saqlaydi yoki ularga tashqi chiroy, estetik ko'rkamlik baxsh etadi.

Shuning uchun hozirgi vaqtda detallarni (buyumlarni) lok-bo'yoq materiallar bilan qoplash yoki muhofaza qilish sanoat miqyosida keng qo'llanilmoqda. Lekin shuni ham ta'kidlab o'tmoq lozimki, lok-bo'yoq materiallar bilan qoplangan detallar (buyumlar) ning ko'rinishini va xususiyatlarini (uzoq vatq) yo'qotmasligi ko'pgina omillarga bog'liq bo'ladi. Masalan, lok-bo'yoqlarni to'g'ri tanlash, tegishli qoidaga rioya qilingan holda qoplash, ularni yopishqoqlik (adjeziya) kuchining qiymatini, lok-bo'yoq materiallar bilan qoplanadigan detal (buyum) materiallarining termik kengayish koeffitsiyentini, buyumdan foydalanish sharoitini (muhit, harorat va b.) hisobga olgan holda ishlatish orqali xizmat muddatini uzaytirish mumkin.

Lok va bo'yoqlar tarkibiga ko'ra, loklar, emallar, gruntovkalar va shpatlyovkalar bo'linadi.

**Loklar** organik eritmalarga (spirt, efir) asosan, smola va smolaga o'xshash mahsulotlarni qo'shish orqali tayyorlanadigan parda hosil qiluvchi materiallar. Loklar turli buyumlar (detallar) ga qoplash orqali ularni turli ta'sirlardan muofaza qilish va ko'rinishini ko'rkam qilish, turli materiallarni elektr o'tkazmaydigan qilish hamda emal bo'yoqlar tayyorlash uchun xalq xo'jaligining turli sanoat tarmoqlarida keng ishlatiladi. Loklarning asosan tabiiy (moyli) va sun'iy (xlorvinilli, bakelitli va b.) turlari bo'ladi.



**Emal** bo‘yoqlar asosan turli pigmentlarni loklarga qo‘shish orqali hosil qilinadi. Emallar, emal bo‘yoqlar, nitroemallar (nitrosellyulozali bo‘yoqlar), smolali, moyli va boshqa turdagi bo‘yoqlarga bo‘linadi.

Bularning ichida nitroemal juda tez quriydi. Shuning uchun nitroemallar va introloklarning 507, 508, 907, 230 markalaridan yuk avtomobillarining, kabinalari, kapotlarini bo‘yash uchun ishlatiladi, 660 markali qora rangdagisidan esa ramalar va transmissiyalarni bo‘yashda foydalaniladi.

**Nitroemal** yengil mashinalarni bo‘yash uchun ishlatiladi. Lekin tarkibi asosan sintetik smolalardan iborat bo‘lgan loklardan hosil qilinadigan tegishli detal yoki buyumning qoplovchi pardasi kimyoviy va termik chidamliligi jihatidan ancha yuqori bo‘ladi.

Gruntovkalar loklarga 50-70% turli pigmentlar (xrom kislotaning tuzi, qo‘rg‘oshinli surik va b.) qo‘shib tayyorlanadi. Ular turli metallarni korroziyadan, yog‘ochlarni chirishdan muhofaza qilish uchun mo‘ljallangan.

Gruntovkalarining, asosan yelimli, moyli va nitrosellyulozali turlari bo‘ladi. Buyum (detal) ni shpatlyovkalashdan oldin gruntovkalanadi.

**Shpatlyovkalar** juda maydalangan mineral kukunlar (bo‘r, gips, ohak) ni turli moy, yelim, lok va boshqa bog‘lovchi moddalar bilan aralashtirilgan ko‘rinishidagi quyuc modda - shpatlyovkalar hosil qilinadi.

Shpatlyovka detal (buyum) sirtidagi turli yoriqlarni, teshik, kovaklarni, tirqishlarni to‘ldirib, sirtning tekis bo‘lishini ta’minlash maqsadida ishlatiladi. Shunga ko‘ra, shpatlyovka quyuc va suyuq holatda tayyorlanadi. Shpatlyovka bir yoki bir necha bor maxsus kurakcha - shpatel bilan surtiladi. Shpatlyovkani bevosita ishlatish oldidan tayyorlash maqsadga muvofiqdir.

Shpatlyovkalar tarkibidagi qo‘shiluvchi moddalarning miqdoriga (dozasiga) qarab har xil bo‘lishi mumkin. Masalan, yelimli shpatlyovkaning tarkibida 3% duradgorlik yelimi, 65% bo‘r va pigment, 30% suv bo‘ladi. U tez qotadi. Uning yumshoq va yopishqoq bo‘lishini ta’minlash uchun tarkibiga 2% alif moyi qo‘shiladi.

Moyli shpatlyovkaning tarkibida 70% bo‘r va pigment, 30% lok bo‘lib, yelimli shpatlyovkaga qaraganda mustahkam bo‘ladi, lekin sekin quriydi.

Agar yuzalarni juda uzoq muddatga muhofaza qilish talab qilinsa, u holda, yuzalarni ko'p qatlamli qoplamalar bilan, ya'ni, gruntovka, shpatlyovka, emal, lok qatlamlari bilan qoplash maqsadga muvofiqdir.

Lekin yuzalardagi shpatlyovka qatlamining umumiy qalinligi 2 mm dan oshmasligi kerak.

### **Yelim materiallar**

Xalq xo'jaligining turli sohalarida turli detallardan (buyumlardan) ajralmas birikmalar hosil qilish uchun yelimlash jarayonidan keng foydalaniladi. Buning uchun turli yelimlardan foydalaniladi.

Yelimlar - muayyan sharoitda qattiq parda hosil qilib, ulanadigan konstruksion materiallarni (buyumlar yoki detallarni) bir-biriga mahkam yopishtiradigan yopishqoq materiallardir.

Xalq xo'jaligining turli sohalarida ishlatiladigan yelimlar, asosan, hayvon, o'simlik va smola yelimlariga bo'linadi.

Hayvon yelimining asosini organik moddalar, o'simlik yelimlari - asosini oqsillar, smola yelimlari asosini esa sintetik moddalar tashkil etadi.

Hayvon yelimlariga kollagen yelimlar, shuningdek, kazeinli va albuminli yelimlar, o'simlik yelimlariga soya, kanakunjut, (xashaki no'xat) dan olingan yelimlar, smola yelimlariga Б-3, КБ-3 markali fenolformaldegidli, МК-1, М-2, КМ-12, К-17 markali karbamidli hamda ЦНИИПС-2 yelimlari va boshqalar kiradi.

Yelimlar qanday moddalardan tayyorlanishiga qarab, go'shtparda, suyak, baliq, kazein, albuminli hayvonot yelimlari, loviya, no'xat, kunjut, kartoshka, jo'xori, guruch kraxmallaridan olinadigan o'simlik yelimlari va smolalardan tayyorlanadigan yelimlarga bo'linadi.

Faner tayyorlashda, asosan, albuminli, kazein, o'simlik yelimlaridan foydalaniladi. Namga, suvga chidamli fanerlar va yelimlangan yog'ochdan qurilish konstruksiyalari tayyorlashda smola yelimlaridan foydalaniladi.

Go'shtparda va suyak yelimlari duradgorlik yelimlari hisoblanib, ular qushxona va teri zavodlari chiqindilarini pishirish yo'li bilan tayyorlanadi.

Hozirgi vaqtda ishlab chiqariladigan yelimlar yordamida har qanday materialni shu turdagi yoki boshqa turdagi material bilan (masalan, yog'och bilan yoki metall bilan) birlashtirib turli ajralmas birikmalar hosil qilish mumkin.

Tarkibi sintetik materiallardan iborat bo'lgan yelimlarning asosiy hamda zaruriy xususiyatlari shundan iboratki, ular yordamida hosil qilingan birikmalar atmosferaga, korroziyaga va chirishga chidamlidir. Yelimlarning yana bir afzal tomoni shundaki, yelimli birikmalar har qanday ajraluvchi (boltli, shpilkali, vintli va h.k.) hamda ajralmas (parchinmixli, payvandlangan) birikmalarga nisbatan ancha yengil bo'ladi, tannarxi arzon, tuzilishi sodda bo'ladi.

Sintetik yelimlar, avtomobil, aviasiya, kemasozlik, elektro va radiotexnika, yog'ochni qayta ishlash, poyafzal, poligrafiya va xalq xo'jaligining boshqa tarmoqlarida keng ishlatilmoqda.

Yelimli birikmalar puxta chiqishi uchun:

a) yelimlanadigan sirtlar silliq bo'lmasligi, ya'ni sirtlar, g'adir-budur, notekis bo'lishi kerak;

b) yelimlangan birikma yelim qurib qotgunga qadar qayta ishlanmasligi lozim;

d) hosil qilingan birikmani qisqichlar orasiga olib, qurigunga qadar qo'zatmaslik zarur.

Quyida maktablar, litseylar, kollejlari va oliy o'quv yurtlarining o'quv ustaxonalarida ko'proq ishlatiladigan ba'zi yelimlarning tarkibiy qismlari va xususiyatlari hamda yelimlash texnologiyasi haqida qisqacha ma'lumotlar keltiramiz.

Konstraksion metallar va nometall materiallarni termoizolyatsiyalarga, gazlamalarga va dekorativ qoplama materiallariga yelimlab biriktirish uchun BK-32-2, BKT-2H, 88H, ПУ-2М, АК-20, ПК-10, ХБК-20 va boshqa yelimlar ishlatiladi.

Metallmas materiallar (yog'ochlar, shisha, plastmassalar, tekstolitlar, penoplastlar va b.) ВИАМ-Б3 va ПУ-2 yelimlari bilan biriktiriladi.

Organik shishaga boshqa materiallarni yelimlash uchun В3-Ф9, BK-32-70 va ПУ-2 yelimlari ishlatiladi. Rezinalar o'zaro va metallar bilan 88H, KP-6-18, ЧНВ, BKP-7, KT-15, KT-25 yelimlari yordamida biriktiriladi.

Yelimlash jarayoni quyidagi tartibda bajarilishi kerak:

a) yelimlanadigan yuzalar turli iflosliklardan tozalanishi va g'adir-budir qilinishi lozim;

b) biriktiriladigan sirtlarning bir tomoniga qo'lda, cho'tkada va pulverizator yordamida yelim surtilishi kerak;

d) biriktiriladigan detallarni havoda (xona haroratida) tutib turib yelim tarkibidagi uchuvchi moddalar chiqib ketishiga imkon berish zarur;

e) biriktiriladigan sirtlarni birlashtirib, qisuvchi yoki bosuvchi qurilmalar bilan qisib qo'yish kerak;

f) qisib yoki bostirib qo'yilgan detallarni ma'lum haroratda ma'lum vaqt davomida saqlash lozim, chunki turli yelimlarning qotish harorati va muddati har xil bo'ladi;

g) biriktirilgan detallarni tozalash va birikmaning mustahkamligini tekshirish (bunda birikmay qolgan joylar yo'qligiga e'tibor berish) kerak va h.k..

Suyak yelimi - yog'sizlantirilgan hayvonot suyaklari va shoxlarini pishirib tayyorlanadi. Yelimlash xususiyatlariga ko'ra go'shtparda yelimi suyak yelimidan ustun turadi.

Go'shtparda va suyak yelimlari qattiq plita shaklida tayyorlanadi. Plitalar tiniq, sarg'ish yoki qoramtir rangda bo'ladi. Toza, sifatli yelimlarning sinig'i shisha kabi yaltiraydi.

Quruq yelimlar tolon, mayda bo'laklar va boshqa ko'rinishlarda ham tayyorlanadi.

Yelimlash sovuq (-12...-30°C) da, issiq (+40...+70°C) da va qaynoq (80°C va undan yuqori) holatda olib borilishi mumkin.

Buyum yoki detallarni biriktirishda, fanerlarni o'rtacha normal quyuvlikdagi yelim eritmasidan foydalaniladi. Suyuq yelim eritmasi, asosan, gruntovkalash maqsadida ishlatiladi.

Yelimlarning puxtaligini aniqlash uchun yelimlangan chok (birikma) tajriba yo'li bilan tekshiriladi. Buning uchun namligi 7-12% bo'lgan shumtol yoki eman yog'ochidan namunalar (25x50x50 va 25x50 mm o'lchamli) olinib, tolalar yo'nalishida bir-biriga parallel qilib yelimlanadi, so'ngra namuna birikmaning

yelimlangan choki iskana yordamida yorib ko‘riladi. Agar bunda birikma yelimlangan joyidan ajralmasdan yog‘och yorilsa, yoki ko‘chib chiqsa, yelimning yopishtirish xususiyati yaxshi, yelimli chok puxta deb hisoblanadi. Tajriba sharoitida esa, yelimlangan chokning puxtaligini press yordamida so‘ruvchi kuchning qiymatini oshira borish yo‘li bilan tekshiriladi.

Duradgorlik yelimlari nam ta‘sirida puxtaligini yo‘qotadi (namga chidamsiz bo‘ladi). Shuning uchun nam sharoitda ishlaydigan buyumlar namga chidamli maxsus yelimlar bilan yelimlanadi.

Albuminli yelim hayvon qoniga ohak aralashtirish yo‘li bilan olinadi. Albuminli yelim bilan yelimlanadigan birikma issiq holatda presslab yopishtiriladi. Yelimlangan joyda qoramtir chok hosil bo‘ladi. Albuminli yelimlar faqat yelimlangan fanerlar uchun ishlatiladi.

Kazeinli yelimning asosiy tarkibiy qismini yog‘i olingan sutdan tayyorlangan quruq suzma tashkil etadi. Quruq kazein yelimi 5-10 mm li qattiq donachalar ko‘rinishida yoki oqish, ba‘zan och sariq tusli kukun holida tayyorlanadi. Kukun (tolqon holiday) kazein yelimi kazein, so‘ndirilgan ohak, natriy ftorid, soda, mis ko‘porosi va kerosin aralashmasidan iborat. Bu moddalar tegishli yelimning turli xossalarni yaxshilash uchun qo‘shiladi. Masalan, mis kuporosi yelimning nam va suvga chidamliligini oshirib, chirishdan saqlaydi; kerosin esa tolonning mo‘rtlashib qolmasligini ta‘minlaydi; natriy ftorid va soda erituvchi sifatida qo‘shiladi; so‘ndirilgan ohak yelimning o‘ta puxtaligini ta‘minlaydi.

Sanoat miqyosida kazeinli yelimlarning "Ekstra" va oddiy navlari ishlab chiqariladi.

Kazeinli yelim besh oy muddat ichida foydalanishga yaroqlidir.

Yuqorida nomlari qayd qilingan yelimlar faqat yog‘och materiallarni o‘zaro biriktirish uchun mo‘ljallangan.

Turli materiallarni bir-biriga yelimlab yopishtirish uchun esa karbinolli yelimlardan keng foydalaniladi.

Karbinolli yelim (МПФ-1, BK-2, Л-4 va b.) tashqi ko‘rinish jihatidan rangli gliseringa o‘xshash xushbo‘y, och sariq rangli, tiniq suyuqlikdir.

Material ustiga yupqa qilib surtilgan bu yelim tezda qotib, benzinda, moylarda erimaydigan, suv va kislota ta'siriga chidamli parda hosil qiladi.

Karbinolli yelim bilan yog'ochni metallga, metallni shisha, charmni marmarga yopishtirib, mustahkam, ajralmas birikmalar hosil qilinadi.

Glyutinli yelim. Hozirgi vaqtda bu yelimlar o'zlarining ko'pgina ijobiy xususiyatlari (yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan birikmalar hosil qilishi, tayyorlanishining oddiyligi, kimyoviy inertligi, zararsizligi, tayyor yelimni saqlash juda osonligi va b.) tufayli sanoat miqyosida sintetik yelimlarni deyarli siqib chiqarmoqda.

Lekin, bunday yelimli birikmalarning uzoq qotishi yelimlarning kamchiligi hisoblanadi.

Glyutinli yelimlar tarkibidagi boshlang'ich moddalarga qarab go'shtparda, suyak va baliq yelimlariga bo'linadi.

Polivinilatsetatli yelimlar turli charm, qog'oz, yog'och, mato, shisha va metallarni biriktirish uchun ishlatiladi. Ayniqsa, abraziv sanoati tarmoqlarida juda keng ishlatiladi. Polivinilatsetatli yelimlar polimerlar eritmasi (yelimi); tarkibida uchuvchi (bulg'anuvchi) moddalar bo'lmagan yelimlar; emulsion tarkibli yelimlar kabi guruhlarga bo'linadi. Shuni aytib o'tish kerakki, o'quv ustaxonalarida, turmushda, ko'pincha suv-emulsion yelimlar keng ishlatiladi, chunki bunday yelimlarning tannarxi arzon, zararsiz, yonmaydi, yelimli choklar bilinmaydi (ko'rinmaydi).

Rezinali yelimlar asosan, eritmalarga kauchuk yoki rezinali aralashmalarni qo'shib eritish orqali hosil qilinadi. Bunday yelimlar vulkanizatsiyalovchi (tabiiy kauchukning organik eritma bilan aralashmasi), issiqda vulkanizatsiyalovchi (140-150°C harorat ta'sirida) va o'zi vulkanizatsiyalovchi (xona haroratida) yelimlar guruhlarga bo'linadi. Ikkinchi va uchinchi guruhlarga kiruvchi yelimlarga asosan, sintetik smolalar qo'shiladi. Ushbu yelimlar bilan hosil qilingan birikmalar vulkanizatsiyalovchi yelimlar yordamida olingan birikmalarga nisbatan ancha mustahkam bo'ladi. 88 va 88H markali rezinali yelimlardan eng ko'p foydalaniladi.

Ular asosan, rezinali aralashmalarni va butilfenolformaldegidli smolalarni etilatetat va benzinda eritish orqali hosil qilinadi.

Rezinali yelimlar yordamida rezinani rezina bilan, metallar, shishalar va boshqalar bilan birlashtirib, yelimli birikmalar olinadi.

Bundan tashqari texnikaning turli sohalarida metallarni o‘zaro va nometall konstruksion materiallar bilan yelimlab birikma hosil qilish uchun tarkibi sintetik smolalar va sintetik kauchukdan iborat bo‘lgan yelimlar (BΦ-2, BΦ-4, BC-10T BK-32-200, BK-3, BK-4, K-153) va epoksidli yelimlar (ΠΠ va ΠBK-1, BK-7, ΠY-2, BK-5) ham keng ishlatiladi.

### **Germetiklar**

Germetiklar deb polimerlar va oligomerlar asosida olingan kompozitsiyalarga aytiladi, qaysilarki o‘tkazmaslikni ta‘minlaydi. Bu birlashmalar zamaska, pasta yoki organik erituvchilarda eritma xolida 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. Kichik zichlik;
2. Yetarli puxtalik;
3. Plastiklik;
4. Parlarni o‘tkazmaslik;
5. Kimyoviy turg‘unlik;
6. Tegib turgan materiallarga nisbatan korrozion turg‘unlik.

Eng ko‘p tarqalgan germetiklar: -bular polisulfidli kauchuklar asosida, kremniy organik polimerlar asosida, ftorokauchuklar asosida olingan germetiklar. Bulardan tashqari butadiyenli, uretanli va x.k to‘yingan kauchuklar asosidagi germetiklar ham ishlatiladi.

Hozirda anaerobli germetiklarga qiziqish katta. Ular akrilovchi va metakrilovli birikmalar asosida olinadi. Bularda erituvchilar yo‘q. Bu germetiklarning yaxshi xususiyati-uning o‘z xossalarini kislorod muxitida uzoq vaqt saqlab turish. Plyonkasi

mustahkam. Bular xar xil qovushqoqlikdagi suyuqlik sifatida ishlab chiqariladi. Masalan: BAK-1;  $\tau_{kuch.}=20$  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.

## **15.2. Polimer materiallarning xususiyatalari, xossalari, ularning nazariy asoslari va tasnifi**

Polimerlar metallmas material bo'lib, tabiiy va sintetik polimerlar asosida olinadi va ulardan plastik deformatsiyalash usullari bilan buyumlar hosil qilinadi. *Polimerlar* yuqori molekulyar massadan iborat moddadir. Ularning molekulalari bir xil guruhdagi atomlar - zvenolardan tashkil topgan. Plastmassa tarkibiga polimer (smola)lardam tashqari to'ldirgichlar, stabilizatorlar, qotirgichlar va maxsus qo'shimchalar, organik hamda noorganik moddalar ham kiradi.

Tabiiy gaz, neft mahsulotlari, ko'mir, yog'och plastmassalar tayorlash uchun xomashyo manbai bo'lib xizmat qiladi. Plastmassalar xossasini asosan belgilab beruvchi polimerlar ikkita guruhga: termonplastik va termoreaktiv polimerlarga bo'linadi. Ularning birinchisi qizdirilganda yumshaydi, sovitilganda qotadi, qayta qizdirilganda bu polimerlar (smolalar) yumshash va qotish xossalarini saqlaydi. **Termoplastik polimerlar** guruhiga polietilen (yuqori bosimda olinadigan ПЭДВ, past bosimda olinadigan ПЭНД), polistrol, ftoroplastlar guruhiga polietilen ( yuqori bosimda olindigan ПЭВД, past bosimda olinadigan ПЭНД), polistrol, ftoroplastlar, organik shishalar kiradi. Polikondensasion smolalar, deb ataluvchi termoreaktiv polimerlar 150-180° C gacha qizdirilganda kimyoviy reakjsiya tufayli qaytmaydigan qattiq holatga o'tadi. Bunda polimerlarning ipsimon molekulalaridan fazoviy fikr "konstruksiyalar" paydo bo'ladi. Termoreaktiv polimerlarga fenoloformaldegid (masalan, bagelit smolasi, fenoplast), poliefir, epoksid va kremniy-organik polimerlar kiradi.



Qo'shimchalar qo'shilmagan polimerlar sodda, to'ldirilmagan, qo'shimchalar qo'shilgani (ular ko'proq) murakkab, to'ldirilgan polimerlar deb ataladi. To'ldirgichlar turiga ko'ra plastmassalar press-kukunlarga, volokpolimerarning zichligi 0,9 dan 2,2 g/sm<sup>3</sup> gacha. To'ldirgichlar plastmassalarni kam o'zgartiradi, shuning uchun ularning zichligi uncha katta emas (1,1 dan 1,6g/sm<sup>3</sup> gacha), bu ularning afzalligidir. G'ovak plastmassalarning zichligi undan kichik—0,01–0,2 g/sm<sup>3</sup>.

*Zichlik.* Polimerlarning zichligi kam. Masalan, eng ko'p tarqalgan organik polimerlar smola, plastmassalar hamda grafitning zichligi 900—2400 kg/m<sup>3</sup>ga teng. G'ovakli materiallarning zichligi bundan kam: penoplast, penorezina, penooyina 20—900 kg/m<sup>3</sup> gacha.

*Suvni yutish qancha kam bo'lsa, shuncha yaxshi,* chunki polimerlarning mexanik, teplofizik, dielektrik xossalari yomonlashadi.

*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.

Polimerlar qizdirish davrida o'zlarini har xil tutadilar. *Chizig'iy va shoxobchali* makromolekulali polimerlar qizdirish natijasida yumshaydi, sovitilganda qotadi. Qayta qizdirilganda yana qaytib yumshaydilar. Bunday polimerlar *termoplastlar* deyiladi. Termoplastlarning mustahkamligi ancha past 1-10 MPa. Bu molekulalararo kuchlarning kichikligidir.

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 sovitilganda qotib, fazoviy struktura hosil qiladi. Termoreaktiv polimerlardan yasalgan mahsulotlar qizdirilganda yumshatmaydi 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.

Termoreaktiv plastmassalar termoreaktiv smolalar asosida ishlab chiqariladi. Termoreaktiv smolalar: fenolformaldegid, aminoalgid, epoksid, poliamid, 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 kirishuvchan ham bo‘lishi zarur.

Smolalar – bular yuqori molekulyar organik birikmalar.

**Fenolformaldegidli (bakelitli)** smola – bu fenolni ( $\text{H}_5\text{S}_6\text{-OH}$ ) formaldegid ( $\text{H}_2\text{SO}$ ) bilan polikondensatsiya qilish mahsuloti.

Polikondensatsiya sharoitiga qarab, rezonli (termoreaktiv) yoki novolochkali (termoplastik) smolalar hosil bo‘ladi.

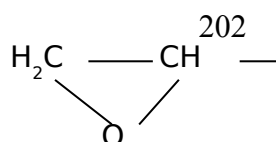
**Novolak** – bu qattiq, mo‘rt, tiniq smola.  $100 - 120^\circ\text{C}$  da eriydi; atsetonda, etil spirtida eriydi. Novolak urotropil bilan birga qizdirib qotiriladi. Ular jipslashgan kukunlar olish uchun qo‘llaniladi.

Fenolformaldegidning uch formasi bor. Uning “A” holatida (**rezol**) qizdirilganda eriydi va yelim oquvchan holatda bo‘ladi. Spirtida va organik eritmalarda yaxshi eriydi.

“V” holatida (**rezitol**) rezol  $90 - 100^\circ\text{C}$  gacha qizdirib olinadi va yelim elastik holatida bo‘ladi. Rezitol organik eritmalarda kuchi ortadi, lekin erimaydi.

“S” holati (**rezit**)  $150 - 160^\circ\text{C}$  da hosil bo‘ladi. Qizdirilganda erimaydi,  $300^\circ\text{C}$  dan yuqori haroratda qattiqlashadi va mexanik mustahkam koksga aylanadi. Rezit benzina, moyga, organik erituvchilarga turg‘un.

Smolaning bir holatdan ikkinchisiga o‘tishi molekulyar ko‘rilishning o‘zgarishi bilan boradi. Rezol strukturasi-chizigiy stuktura, rezitolniki yuzalari bo‘yicha setkasimon, rezitniki-fazoviy setkasimon. “A” dan “S” o‘tish harorat  $110-140^\circ\text{C}$  dan yuqorida o‘tadi. Harorat ko‘tarilishi bilan tezlashadi.  $160^\circ\text{C}$  dan yuqorida  $\rightarrow\text{A}\rightarrow\text{S}$  jarayoni 1-3 minutda o‘tadi.

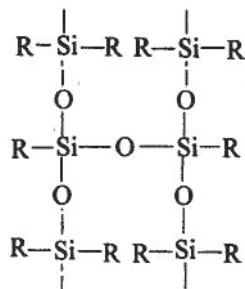


**Epoksidli smolalar** ichida epoksid guruh bor:

Toza holda epoksidli smola-bu yelimshlak suyuqlik, uzoq vaqt o'z xususiyatlarini saqlab turish qobiliyati bor. Ko'pchilik organik eritmalarda (atseton, toluol va h.k) eriydi, suvda, benzinda erimaydi. Qotiruvchilar (aminlar, ularning hosilalari, karbonli kislotalarning angidrolari va h.k) smolalarni tez qotirib, fazoviy panjarasimon qurilish hosil qiladilar.

**Kremniy organikli smola (silikon)** tarkibidagi elementar zvenolarida uglerod va kremniy atomlarining makromolekulalari bor. Qurilishi bo'yicha chizig'iy, shaxobchali va fazoviy bo'ladi.

Silikonli smolalar termoplastik, makromolekulalari chizig'iy qurilishga ega. Termoreaktivlari fazoviy strukturaga ega.



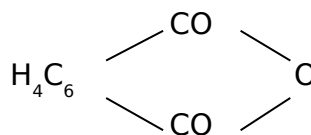
Smola qo'shimchasiz 250-300°C da ham ishlayveradi. Qo'shimcha-to'ldirgich (slyuda, asbest, oyna tolalari va h.k) qo'shilsa, 400-450°C da ham ishlaydi.

Kamchiligi: 150°C dan yuqori haroratda mexanik xossalarining (mexanik mustahkamlik, plastiklik) yuqori emasligi.

Silikonlar stekloteketolitlarni ishlab chiqarishda bog'lovchi sifatida, termoturg'un rezinalarni (kauchuk SKT), lakokraskali qoplamalarni, kleylarni, germetiklarni ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

**Poliefirli smola.** Spirt va kislotalarni polikondensatsiya qilib oladi.

**Gliftoliyli smola (alkidli)** uch atomli spirtni-glitserinni HO-CH<sub>2</sub>-CHOH-CH<sub>2</sub>-



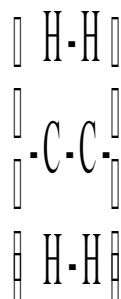
OH va ftaliyeli angidrini polikondensatsiya qilib oladi.

**Termoplastik plastmassalar:** Termoplastik plastmassalar asosida chizig'iy va shaxobchali strukturali polimerlar tashkil qiladi. Asosdan tashqari ba'zi hollarida ular tarkibida plastifikatorlar ham bo'ladi. Termoplastlar 60 - 70°C dan past haroratda ishlaydilar. Bundan yuqori haroratda ularning fizika-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 ishlaydilar.

Termoplastlarning puxtaligi 10 -100 MPa chegarasidan, elastiklik moduli (1,8 - 3,5) 10<sup>3</sup> MPa . Uzoq muddatli statik yuklama (kuchlanish) termoplastlarda majburiy-elastiklik deformatsiyani vujudga keltiradi va puxtaligi pasayadi. Deformatsiya tezligi ortishi bilan majburiy-elastik deformatsiya yo'qoladi va bikrlilik paydo bo'ladi hamda mo'rt buzilish-uzilish hosil bo'ladi.

Polimer strukturasida kristallik tashkil etuvchilarning borligi ularni mustahkam va bikr qiladi.

**Polietilen** strukturali formulaga ega:



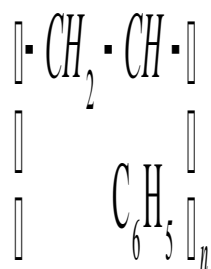
Polietilen rangsiz etilen gazini past va yuqori bosimda polimerizatsiya qilib oladi. Past bosim polietileni (ПЭНП) yuqori zichlikka va kristallikka (74- 95 %) ega. Yuqori bosim polietileni (ПЭВП) makromolekulalari ko'proq shaxobchali strukturaga ega. ПЭВП lar yuqori zichlik bilan ajralib turadi. Strukturasida 55- 65 % gacha kristallik tashkil etuvchisi bor. Zichlikning va kristallikning ortishi bilan polietilen puxtaligi va issiqqa turg'unligi ortadi.

Polietilen 60 -100°C da uzoq vaqt ishlashga qobilyatli. Sovuqqa bardoshligi - 70°C ga yetadi. Kimyoviy turg'un - erimaydi (20°C da ) .

Polietilen kabel simlarini izolyatsiya qilishda, yuqori chastotali qurilma detallarida va korroziya bardosh detallarini (quvur, shlang, 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.



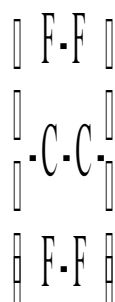
Bu qattiq, amorf, bikr, tiniq –yorug’ o‘tkazadigan polimer, qaysiki chizig‘iy ko‘rilishga ega. Molekulyar massasi 600000 ga yetadi. Eng ko‘p tarqalgan 200000 - 300000 massaga ega. List sifatida ishlatiladi. Detallar bosim ostida quyib olinadi.

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 ishadi. 200°C dan yuqori haroratda parchalanadi va stirol hosil qiladi.

Kam yuklangan detallarda va yuqori chastotali izolyatorlarda ishlatiladi.

Kamchiligi: past haroratda mo‘rt va yuza darzlari hosil qilishga moyilligi bor.

**Ftoroplast-4** (politetroftoretillen) strukturali formulaga ega, qutbsiz, amorf-kristallik strukturaga ega.



250°C gacha kristallanish tezligi haroratga kam bogʻliq va mexanik xossalarga taʼsir qilmaydi. Ftoroplast-4 ning uzoq vaqt ishlatish harorati chegarasi 250°C . U nisbatan yumshoq.

Ftoroplast-4 oʻzining agressiv muhit – kislotalarga (sulfat, xlorid, azot); vodorod pereoksidiga, ishqorlarga nisbatan oʻta yuqori turgʻunligi bilan ajralib turadi. U ishqoriy metallar eritmasida ftor va ftorli xlorda yuqori harorati buziladi. Ftoroplast -4 namlanmaydi. U -269°C gacha haroratda moʻrtlashmaydi. 80°C da ham u oʻzining egiluvchanligini yoʻqotmaydi. Ishqalanish koeffitsiyenti kam (0,04) .

Kamchiligi : uning sogʻliqqa zararligi (“toksignost”), chunki undan xlor ajralib chiqadi, ayniqsa yuqori haroratda. Qayta ishlash qiyin, chunki plastikligi yoʻq.

Ftoroplast-4 dan trubalar, membranalar, ventillar, nasoslar, prokladkalar, manjetlar, metallar ustiga ishqalanishga qarshi qoplamalar, elektroradiotexnika detallari yasashda ishlatiladi.

### **Toʻldirgichlar, ularning turlari va qoʻllanilish joylari**

Plastmassalar fenolformaldegid, kremniy organik va boshqa smolalar asosida olinadi. Boshqa komponentlari: plastifikatorlar, yogʻoch uni, yanchilgan kvars, asbest, slyuda, grafit. Detallar presslash usulida olinadi.

Press kukunlar (kompozitsiyalar) izotropik, mexanik xossalarning yuqori emasligi, past zarbiy qovushqoqlik va qoniqarli elektrizolyatsiyaligi bilan xarakterli. Press-poroshok markasi harf va raqamlaridan iborat.

«K» harfi kompozitsiyani anglatadi. Undan keyingi son bogʻlovchi smola nomeri (markasi). Raqam esa, maʼlum toʻldirgichga toʻgʻri keladi: 1 — sellyuloza, 2 — yogʻoch 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; toʻldirgichlar: yogʻoch uni va sellyuloza.

Presskukunlar vazifasiga qarab 3 guruhga boʻlinadi:

- a) umumiy vazifalarga moljallangan kam yuklangan detallarni yasash uchun;
- b) elektrotexnik detallar yasash uchun;
- d) suvga va issiqqa yuqori darajada turgʻun detallar uchun: K-18-53; K-18-42; K-

214-42:

- yuqori zarbiy mustahkamlik detallari uchun: ФКПП1, ФКПП-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.

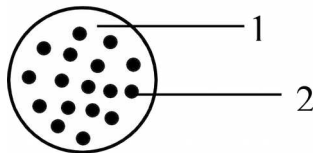
**To'ldirgichlar.** To'ldirgichlar tarkibi jihatidan organik va anorganik to'ldirgichlarga, strukturasi jihatidan esa tolali va donador (ba'zan kukun) to'ldirgichlarga bo'linadi. Plastmassalar ishlab chiqarishda to'ldirgichlar sifatida organik to'ldirgichlardan-yog'och kukuni, yog'och sellyulozasi, yog'och shponi (yupa faner), paxta taramlari, ip gazlama, sintetik matodan foydalaniladi; anorganik to'ldirgichlardan-asbest tolasi va to'qimasi, shisha tolasi, shisha tolasidan to'qilgan mato, qisqa tolali asbest (kukun to'ldirgich sifatida), kaolin, slyuda, kvarts kukuni, talk, oxak, kizelgur va boshqalar ishlatiladi. Plastmassalar tarkibiga kirgan to'ldirgichlar ularning xossalarini yaxshilaydi, bundan tashqari, nisbatan arzon bo'lgani uchun buyumlarni arzonlashtiradi.

Organik to'ldirgichlar polimerlarni yaxshi singdiradi. Tolali to'ldirgichlar buyumlarning uzilishdagi va zarbiy egilishdagi mustahkamligini oshiradi. Anorganik kukun to'ldirgichlar buyumlarning suvga va issiqqa chidamliligi hamda qattiqligini oshiradi, ularning g'ovakliligi va gigroskopikligini pasaytiradi.

Termoplastik smolalarga qo'shiladigan plastifikatorlar ularning yumshash haroratini pasaytiradi, bu esa ularni qoliplashni osonlashtiradi. Plastifikatorlar sifatida yuqori haroratda qaynovchi kichik molekulyar suyuqliklar: murakkab efirlar, xlorlangan uglevodorodlar va boshqalar eng ko'p ishlatiladi. Polimerlar plastifikatorlarni shimib, bukadi, bunda plastifikatorning molekulyar qatlamlari zanjiriy makromolekulalar atrofida joylashib, ular orasidagi bolg'anishlarni zaiflashtiradi. Polimerning yumshash harorati pasayishi va uning shishalanishiga, ya'ni qizdirilganda shishasimon holatdan qovushoq-oquvchan holatga va sovutilganda yana shishasimon holatga o'tishining sababi ham ana shu.

Plastmassalar tarkibidagi to'ldiruchilarning turiga ko'ra ular quyidagi turlarga bo'linadi:

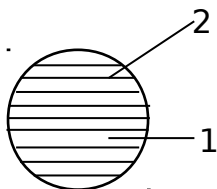
1. **Kukunsimon to'ldiruvchilar** bilan to'ldirilgan plastmassalar (15.1-rasm);  
 Kukunsimon to'ldiruvchilar bilan to'ldirilgan plastiklar zamonaviy materialshunoslikda dune miqyosida keng va ko'p miqdorda ishlab chiqarilmoqda.



15.2-rasm. 1-bog'lovchi asos, 2- kukunsimon to'ldiruvchi

Bunday plastmassalarda bog'lovchi asos sifatida termoreaktiv yelimlardan (epoksid yelimi, fenolformaldegid yelimi, furanformaldegid yelimi va h.k.) keng foydalaniladi, to'ldiruvchi sifatida kvars, chinni tolkoni, grafit, vollastonit, qum, kaolin kabi minerallardan keng foydalaniladi. Bunday materiallar issiqbardosh bo'lib, ishqalanuvchi detallarda keng ishlatiladi, shuningdek qurilish materiallaridan dekorativ materiallar olishda keng miqyosda ishlab chiqarilmoqda. Kukunsimon to'ldiruvchilar bilan to'ldirilgan plastiklar ancha yengil, arzon va ishlab chiqarish texnologiyasini qulay va arzonligi bilan bugungi xaridorlar uchun ma'qul kelmoqda.

Tolalar bilan to'ldirilgan plastmassalar juda yuqori puxtalikka va pishiqlikka ega, siljishdagi va cho'zilishga mustahkamligi yuqori bo'lib, metallarga nisbatan solishtirma og'irligi 4-8 marta kamdir (15.3-rasm). Tolalar bilan to'ldirilgan(sinchlangan) plastmassalar bugungi kunda samolyotsozlik, kemasozlik, kosmonavtika texnikalari, avtomobilsozlik va mashinasozilk detallarini tayyorlashda juda keng miqyosda ishlab chiqarilmoqda.



15.3-rasm. Tolalar bilan to'ldirilgan plastmassalar; 1-bog'lovchi asos, 2- to'ldiruvchi tola

15.1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar uzluksiz tolalar bilan sinchlangan plastiklardir. Shishaplastiklar tipik konstruksion materiallar bo'lib, ularda bog'lovchi



asos sifatida polikondensatsion yelimlar, to'ldiruvchi sifatida esa shisha tolali materiallar ishlatiladi.

Shishaplastiklar mustahkamligi jihatdan po'latdan qolishmaydi, zarba ta'siridagi va dinamik yuklanishlarga yaxshi bardosh beradi va konstruksion elementlarining tebranishlarini so'ndiradi. Kimyoviy barqaror shishaplastiklar ishlatilishi 150°C dan yuqori bo'lmagan haroratlarda agressiv muhitlar ishlatish bilan bog'liq bo'lgan keng miqyosli texnologik protsesslarni (masalan, sulfat kislota, xlor, mineral o'g'itlar va kaustik soda ishlab chiqarish) ancha ratsional amalga oshirishga imkon beradi.

Quyidagi 15.1-jadvalda shisha, uglerod, organik tolalar bilan sinchlangan plastmassalarning mexanik xossalari keltirilgan.

15.1-jadval

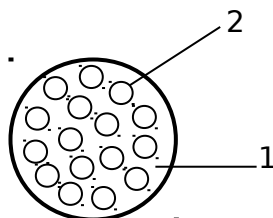
Tolalar bilan sinchlangan plastmassalarning xossalari

Xossalar	Shishaplastiklar	Ugleplastiklar	Organoplastiklar
Tola miqdori, %	70-75	60-70	65-75
Solishtirma zichligi, kg/m <sup>3</sup>	2000-2100	1550-1600	1350-1400
Siljishdagi mustahkamligi, GPa	2,5-2,8	1,8-3,5	3,5-4,0
Siqilishdagi mustahkamligi, GPa	2,0-2,5	1,2-1,8	0,35-0,40
Elastiklik moduli, GPa	70-75	150-200	100-120

Ular orasida eng muhimi ko'p qatlamli shishaplastiklardir. Ularning 2-3 mm qalinlikdagi dastlabki ikki qatlamida massasi jihatdan tegishli 10-25% shisha tola bo'lib, tarkibida 60-65% shisha tola to'ldiruvchi bo'ladigan konstruksion qatlamga (kuch qatlamiga) agressiv suyuqlikning o'tishiga to'sqinlik qiladi, ya'ni u termik to'siq rolini bajaradi. Molekulalar tartibga solinib, parallel joylashtirilgan shisha tolalardan bog'lovchi modda (yelim) qo'shish yo'li bilan olinadigan shisha tolali kompozit material nihoyatda mustahkam bo'ladi va yirik omborlar, truboprovodlar, estakadalar, yuqori bosimli gaz ballonlar va hokazolar olishda ishlatiladi.

Gaz bilan to'ldirilgan plastmassalar xam yaxshi mexanik xossalarga egadir (15.4-rasm). Jumladan bunday materillar qurilish materiallari, kemasozlikda keng

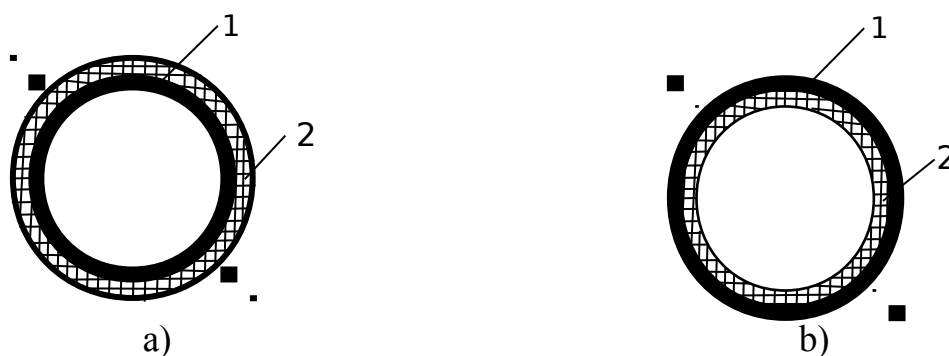
foydalaniladi. Bunday materiallar xam yuqori pishiqlik va puxtalikka egadir. Ayniqsa binolarni, avtomobillar, suv transport vositalari, qishloq xo‘jaligi texnikalarini germetikligini ta’minlashda keng foydalaniladi. Chunki bunday materiallar issiq va sovuqni o‘tkazmasligi, suv va namlikni o‘zida saqlab qolishi, tebranish va zarbaga mustahkamligi, yengil va puxtaligi, foylanish qulayligi bilan o‘z afzalligiga egadir.



15.4-rasm. Gaz bilan to‘ldirilgan plastmassalar: 1-bog‘lovchi asos, 2- to‘ldiruvchi gaz

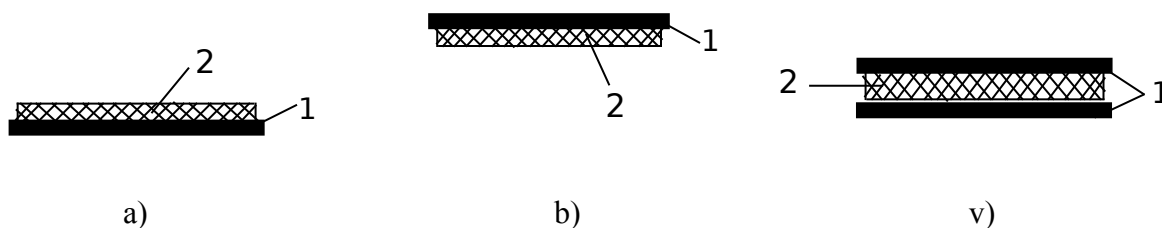
Metallplastiklar mashinasozlik materiallarini ishlab chiqarishda keng foydalanib kelinayotgan va yildan yilga ularga bo‘lgan talab ortib borayotgan zamonaviy istiqbolli materiallardandir. Metallplastiklardan qurilish inshootlarida, bino va inshootlarning tashqi bezagida, eshik va deraza romlarini ishlab chiqarishda keng foydalaniladi. Bunday materiallarning chidamliligi uzoq muddatli bo‘lib, havoning agressiv ta’siriga, quyosh radiatsiyasi, namlik va issiqqa bardoshliligi, yengil va puxtaligi bilan o‘zining afzalliklariga egadir. Shuningdek mashinasozlik, kemasozlik detallarini ishlab chiqarish miqyosi yildan yilga ortib bormoqda.

Quyidagi 15.5-rasmda metalplastikli quvurlarning ko‘ndalang kesim yuzalari keltirilgan. Tashqi qismi plastik bilan qoplangan quvurlardan suv, neft va gaz tarmoqlarda foydalaniladi. Bunday metalplastikli quvurlarning afzalligi ularni metal quvurlarning ustki qismi plasmassadan bo‘lgani bois chirimaydi, elektr izolyatsiyasi yuqoridir.



15.5-rasm. Metalplastikli quvurlarning ko'ndalang kesim yuzasi: a) metal quvurga tashqi qoplangan plastik, b) metal quvurga ichki qoplangan plastik: 1-metall quvur, 2-plastik qoplama

Shuningdek metalplastiklarning ishlatish sohasiga qarab metal listlarning tashqi, ichki va metallarning orasiga ham plastiklar ko'plab ishlab chiqariladi. Bunday materiallardan kemasozlik, avtomobilsozlik, samolyotsozlik va boshqa ko'plab mashinasozlik, sanoat va uy-joy qurilishida tarmoqlarida ishlatiladi (15.6-rasm).



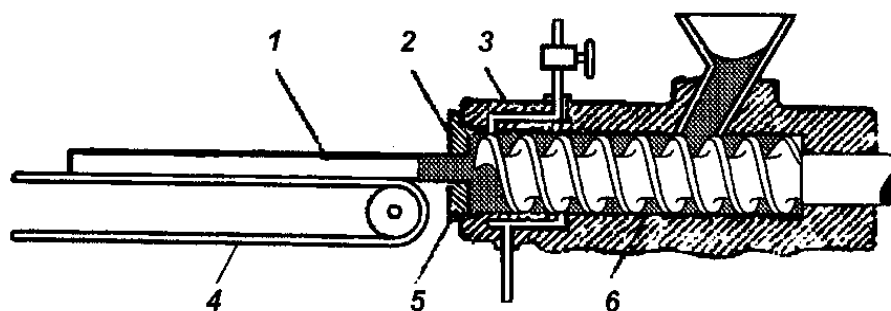
15.6-rasm. Metalplastiklarning ko'ndalang kesim yuzasi:

- a) metal listga tashqi qoplangan plastik, b) metal listga ichki qoplangan plastik,  
v) metal list orasiga qoplangan plastik: 1-metall list, 2-plastik qoplama

**Polimerlardan buyumlar ishlash usullari.** Polimer materiallardan istalgan shakldagi xilma-xil buyumlar, shuningdek, ip, plyonka, list, quvur va boshqalar tayyorlanadi.

Polimerlarning o'ziga xos fizik va texnologik xossalari ularni buyumlarga va yarim tayyor mahsulotlarga aylantirishda maxsus usullardan foydalanish talab etiladi. Polimerlarni buyumlarga aylantirishning asosiy usullariga ekstruziyalash, odatdagi usulda quyish, bosim ostida quyish, odatdagicha presslash, quyma presslash, ko'pirtirish, payvandlash, qizdirib purkash, randalash, shuningdek, dastgohlarda qirindi yo'nib olish yo'li bilan ishlash usullari kiradi.

**Ekstruziyalash.** Ekstruziyalash usulida ishlash yo'li bilan sterjenlar, quvurlar, listlar va plyonkalar olinadi, buning uchun, asosan, termoplastik, kamdan-kam hollarda esa termoreaktiv polimerlar ishlatiladi. Ekstruziyalash polimerni mundshtuk teshigi orqali siqib chiqarishdan iborat, teshikning shakli buyumning ko'ndalang kesimi shakliga bog'liq bo'ladi (15.7-rasm).



15.7-rasm. Ekstruzion mashinaning sxemasi

Kukun yoki granular olidagi polimer bunkerga solinadi, polimer bunkerdan shnek 6 ga tushadi. Shnek elektr dvigateldan aylanma harakatga keluvchi vint rotordir, u polimerni vintli yuzalari yordamida o‘q yo‘nalishida (xuddi qiyma mashinasidagi kabi) surib beradi; vint aylanganda vint qadamining kichrayishi yoki kanal chuqurligining kamayishi natijasida material siqiladi. Ta‘minlagichning silindrik g‘ilofida surilayotgan sochiluvchan material o‘z yo‘lida qizdirish zonasi 3 dan o‘tadi, qizdirish zonasining harorati, ishlov berilayotgan polimer turiga qarab, 100 dan 400°C gacha bo‘ladi. Yumshagan polimerni shnekning uchi mundshtuk 2 li kallakka itarib beradi, mundshtukda teshik bo‘ladi, bu teshikning shakli hosil qilinadigan buyumlarning kesimi shakliga o‘xshash qilib tayyorlanadi. Buyumlarda teshik hosil qilish lozim bo‘lsa, dorn 5 (yo‘naltiruvchi) dan foydalaniladi, kesimi yaxlit buyum olish kerak bo‘lganda esa dorn ishlatilmaydi. Mundshtukning teshigidan chiqayotgan buyum 1 ni transportyor 4 olib ketadi.

Polietilen va boshqa termoplastlarning asosiy miqdori ekstruziyalash yo‘li bilan ishlanadi, bu usul termoreaktiv smolalarni va kompozitsiyalarni, shuningdek, sellulozani qayta ishlash (buyumga aylantirish) uchun ham qo‘llaniladi.

### **15.3. Plastmassalar, tasnifi va qo‘llanilish sohalari**

Plastik massalar yoki sodda qilib aytganda plastmassalar hozirgi zamon texnikasida juda muhim rol o‘ynaydi. Ular o‘zlarining qator qimmatli xossalari tufayli mustaqil guruhlariga ajralib chiqqan.

Plastmassalar ko‘p komponentli sun‘iy material hisoblanadi. Plastmassalarda asosiy element bog‘lovchi sifatida sun‘iy smola, efir va selluza qo‘llaniladi. Ba‘zi bir

plastmassalar faqat bitta bog'lovchidan tashkil topadi (polietilen, fitoroplast, organik shisha va boshqalar). Ularda ikkinchi komponent sifatida to'ldiruvchilar ishlatiladi. Ularga kukun ko'rinishdagi, tolasimon va boshqa organik yoki noorganik tuzilishga ega bo'lgan moddalar qo'llaniladi. To'ldiruvchilar mexanik xossasini oshiradi, yarim fabrikatlarni presslashda kirishuvchanlikni kamaytiradi va materialga kerakli xossa beradi. Plastmassalarni elastikligini oshirish va ishlov berishni yengillashtirish uchun ularga plastifikatorlar qo'shiladi. Plastifikatorlar sifatida stearin, dibutilftorat va boshqalar ishlatiladi.

Bog'lovchilik xarakteriga ko'ra plastmassalar termoplastik (termoplastlar) va termoreaktiv bo'ladi. Plastmassalar to'ldiruvchi turiga qarab quyidagicha bo'ladi: kukunli (karbolitli), tolali, qatlamli, gaz to'ldirilgan.

**Kukunlisi** - yog'och uni, grafit turidagi to'ldiruvchi ega bo'lsa, tolaligida esa - paxtadan, oyna ipidan, asbest va boshqalardan iborat to'ldiruvchilar bo'ladi.

**Qatlamligi** - listli to'ldiruvchiga ega bo'ladi, ularga qog'oz listlari, paxta qog'ozli va boshqalar.

Gaz to'ldirilgan plastniassaga - havo to'ldirilgani kirib, ularga penoplastlar va boshqalar misol bo'ladi.

Plastmassalarning o'ziga xosligi: kichik zichlikka egaligi, kichik issiqlik o'tkazuvchanlik, katta issiqlikdan kengayishi, yaxshi elektrizolatsiya xossasi, yuqori kimyoviy bardoshlik va yaxshi texnologik xossaga ega ekanligidir.

Ishlatilishiga ko'ra plastmassalar bir necha asosiy guruhga bo'linadi: mashina detallari uchun ishlatiladigan konstruksion plastmassalar termoreaktiv smolalardan iborat kompozitsiyadir; agressiv muhitda ishlaydigan detallar uchun qo'llaniladigan karroziyabardosh plastmassalarga kiradigan fitoroplastlar va polixlorvinlarning kislatalar solinadigan rezervuar devorlarini qoplashda ishlatiladi; issiqlikni himoya qiladigan (asbottekstolit va shisha-tekstolit) plastmassalar; qistirma-zichlambop plastmassalar; elektr ezolyatsion materiallar (getinaks, fitoroplastlar); friksion materiallar (asbotekstolitlar); antifriksion; yorug'lik o'tkazadigan (organik oyna); manzarali materiallar (getinakslar).

Plastmassadan buyumlar presslash, bosim ostida qo'yish plastmassa listlarni shtamplash va boshqa usullar bilan olinadi. Presslash termoreaktiv plastmassalarni 130-150°C temperaturagacha qizdirilgan pressqoliplarga presslab buyumlar olish keng tarqalgan usullardandir. Plastmassalarga mexanik ishlov berish oson. Plastmassalarga ishlov berishning o'ziga xos tomonlari ularning xossalari bilan belgilanadi.

Plastmassani qayta ishlash usullari, uni xossasini aniqlaydi. Plastmassalarni qayta ishlash usullariga quyidagilar kiradi: ekstruziya, quymakorlik, quymali presslash, vakuumli va pnevmatik shakllantirish, payvandlash va boshqalar.

15.2-jadvalda ba'zi plastmassalarni ishlatilish sohasi va uni qayta ishlash usullari berilgan.

### 15.2-jadval

#### Ba'zi plastmassalarni qo'llanilish sohasi va qayta ishlash usullari

<b>Plastmassa</b>	<b>Qo'llanilishi</b>	<b>Qayta ishlash</b>
Kichik zichlikka ega bo'Mgan yuqori bosimli polietilen (ПЕНГ)	Plyonka, truba, buyum (bular oddiy haroratlarda ishlaydi)	Bosim bilan quyma olish, ekstruziya, presslash, qizdirib pishirish, payvandlash
Katta zichlikka ega bo'Mgan past bosimli polietilen (ПЕВГ)	Plyonka, truba, antifriksion va himoyalovchi qoplamaiar	Bosim bilan quyma olish, ekstruziya, presslash, qizdirib pishirish, payvandlash
Polistirol (ABC-plastik) yuqori	Gabaritli korpus detallari	Bosim bilan quyma olish, ekstruziya, presslash, qizdirib pishirish, payvandlash

#### Nazorat savollari

1. Polimer nima?
2. Polimerlar qanday molekulyar tuzilishga ega?
3. Polimerlar necha turga bo'linadi?
4. Yog'och materiallarning turlari?
5. Plastmassa qanday material?
6. To'ldirginingchlarning plastmassa xossasiga ta'siri?
7. Plastifikatorlarning vazifasi nima?

8. Plastmassa tarkibidagi katalizatorning vazifasi?
9. Plastmassalarning qanday turlarini bilasiz?
10. Termoplastlar qanday plastmassa?
11. Termoreaktiv plastmassaga ta'rif bering.
12. Gaz bilan to'ldirilgan plastmassalarga izoh bering.
13. Rezina nima?
14. Rezina olish uchun asosiy material qaysi?
15. Shisha materiallarning tarkibi qanday?
16. Rangli shishalar qanday olinadi?
17. Yelim materiallarning vazifasi nima?
18. Yelimlarning qanday turlari bor?
19. Lok-bo'yoq qanday material?
20. Lokning qanday turlarini bilasiz?

## XVI BOB. KOMPOZITSION MATERIALLAR

### 16.1. Kompozitsion materiallar haqida umumiy ma'lumotlar

Barcha materiallar ham ma'lum xossalari yig'indisiga ega. Po'lat cho'zilishidagi ancha mustahkamlikka ega. Beton kuchli bikir-baqquvat, qisilishga zo'r ishlaydi, lekin cho'zilmaydi. Shuning uchun qisilib ishlaydigan konstruksiyalarda ishlatiladi: fundamentlar, to'sinlar. Agar po'lat bilan beton birlashtirilsa, "temirbeton" hosil bo'ladi. Bundan yasalgan bikir, mustahkam bo'lib, cho'zilishga ham, egilishga ham, qisilishga ham ishlayveradi, balkalar, to'sinlar, ko'priklar yelkalar, va x.k. yasaladi. Bir qancha materiallarni xossalari o'z ichiga olgan materialga kompozitsion material (K.M.) deyiladi. Kompozitsion materiallarni ishlatish tarixi ancha uzoq. Odamzod sivilizatsiyasini boshidayoq qurilishda g'ishtar somonli loydan yasalgan. O'rta Osiyoda, ayniqsa, O'zbekistonda "somon suvoq" azaldan ishlatilgan.

XIX asrning o'rtalarida ingliz fuqorosi Charlz Makintosh ikki qavat paxta gazmoli orasiga tabiiy rezinani joylashtirdi. Natijada uch qavatli gazmol hosil bo'ldi, o'rtasidagi rezina suv o'tkazmaydi, ustki qavat paxta materialga ko'rinish beradi, materialdan har xil kiyimlar tiqiladi. Masalan, shu materialdan plash tikilgan. Shuning uchun bunday plashni "makintosh" deb nomlashadi. (ko'p davlatlarda shu bilan birga O'zbekistonda ham).

Kompozitsion materiallari (K.M.) juda ko'p sohalarda ishlatiladi, mashinasozlikning barcha turlarida, samolyotsozlik, avtomobilsozlik, kemasozlik, raketsozlik, xalq xo'jaligi iste'mol mollari, elektrotexnika har xil idishlar, truboprovodlar, zambaraklar stvollari, meditsinada va x.k.

Hozirgi zamon transport samolyotlari konstruksiyalarining 15-20%, harbiy samolyotlarning 25-30%, harbiy vertolyotlarning 45-55%, strategik raketalarning 75-80% kompozitsion materialdan yasalgan. Passajir samolyotlari YAK-42, Il-114, Tu-204, Tu-334, sport samolyotlari Su-26, Su-29, Su-31, vertolyot Mi-8 larning samolyot qanotlari, fyuzelyaji, dumi, detallari va agregatlari konstruksion materiallaridan yasalgan. "Ruslan" samolyoti konstruksiyasida 5,5 t kompozitsion material ishlatilgan. "Boing -787" samolyotining 50% kompozitsion materiallaridan iborat.



“Proton-M”, “Rokot”, “Angara” raketa – tashuvchilarni konstruksiyalarini 20-90% ugleplastiklardan iborat. Kompozitsion materiallarini qo‘llash texnologik siklini 1,5 martagacha qisqartiradi.

Kompozitsion material deb o‘z tarkibiga eritmaydigan yoki kam eriydigan xossalari bilan bir-biridan qattiq farq qiladigan, materialda bir–biridan yaqqol chegara bilan bo‘lingan murakkab materialga aytiladi.

Kompozitsion material shunday xossaga ega bo‘lish kerakki, tashkil etuvchilarning bittasi ham yakka holda bu xossaga ega bo‘lishi kerak emas. Barcha kompozitsion materiallar ikki guruhga bo‘linadi: tabiiy va sun‘iy. Tabiiy kompozitsion materialga, o‘simlik tanasi (poyasi - plastinkali pignin bilan bog‘langan), inson va hayvonlarning terilari (ingichka mustahkam iplar plastinkali kletkalar bilan bog‘langan), hamda evtetik qotishmalar.

Barcha kompozitsion materiallarda ikki asosiy funksiyali komponent aniq ajralib turadi: matritsa va sinchlovchi to‘ldirgichlar. Bularning asosiy materiali sifatida metallar yoki qotishmalar hamda polimerlar, uglerodli va karamikali materiallar bo‘lishi mumkin. Shunday qilib kompozitsion materiallarda matritsa materialiga qarab, metallar asosidagi matritsa, metall yoki qotishma asosidagi matritsa, nometallar asosidagi matritsa (polimerlar, uglerodli va keramikali materiallar) guruxlariga bo‘linadi.

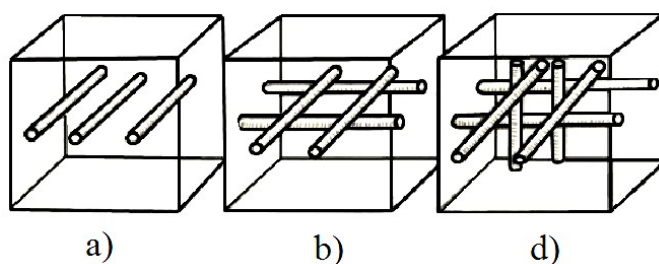
Matritsaning roli–kompozitsion materiallarga berilgan forma va monolit (bir butun) material yaratish. Matritsa sinchlovchi to‘ldirgichni bir butunga birlashtiradi. Matritsa kompozitsion materiallarda xizmatni bajarilishini ta‘minlaydi. Matritsa tolalarga kuchlanish beradi va har xil tashqi cho‘zish, siqish, egish, zarb kuchlanishlarni mexanik buzilishlardan, oksidlanishdan saqlaydi. Matritsa tanlash bilank ompozitsion materiallarni ishlash harorati belgilanadi. Polimer matritsadan metall matritsaga o‘tish bilan kompozitsion materiallarda ishlash harorati ko‘tariladi.

## 16.2. Kompozitsion materiallarning tarkibi, tuzilishi, xossalari, olinishi va ishlatilish sohalari

Sinchlovchi yoki puxtalovchi elementlar matritsa bo'yicha bir tekis joylashgan bo'ladi. Qoida bo'yicha ular yuqori mustahkamlikka, qattqlikka va elastiklik moduliga ega. Bu ko'rsatgichlar bilan matritsa xossalaridan ancha yuqorida turadi. Sinchlovchi elementlarni qo'shishdan maqsad kompozitsion materiallar xossalarini ko'tarish, mustahkamlikni, bikirlikni va elastiklikni, zichlikni o'zgartirish, elektrofizik, issiqlikfizik va boshqa xossalarini kerakli tomonga yo'naltirish. Sinchlovchi elementlar (tolalar) material mustahkamligi va matritsa mustahkamligiga nisbatan 2-10 va undan ortiqqa ko'tarishga xizmat qiladi. Sinchlovchi zarrachalar geometriyasiga qarab kompozitsion materiallar 3 xil bo'ladi: kukunli (yoki donadorli), tolali, plastinkasimon.

To'ldirgichlarni asosiy funksiyalari kompozitsion materiallar mustahkamligini va bikirligini ta'minlash. To'ldirgichlar zarrachalari barcha haroratlar oralig'ida yuqori mustahkam bo'lishi lozim, matritsada erimasligi va zaharli bo'lmasligi kerak. Kompozitsion materiallardagi sinchlovchilarga quyidagilar kiradi: oksidlar, kabitlar (SiC), kremniy nitridi ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), shisha yoki asbest tolasi.

Shakliga qarab to'ldirgichlar quyidagi asosiy guruhlarga bo'linadi: nol o'lchamli, bir o'lchamli, ikki o'lchamli, uch o'lchamli (16.1-rasm).



16.1-rasm. Kompozitsion materialni sinchlash sxemasi: a- bir o'lchamli, b-ikki o'lchami, d- uch o'lchamli (hajmiy)

Nol o'lchamli to'ldirgichlar deb, fazoviy uch yo'nalish bo'yicha ham bir xil tartibdagi juda kichik o'lchamli zarrachalarga aytiladi.

Bir o'lchamli to'ldirgichlar deb, fazoviy ikki yo'nalishda kichik o'lchamli hamda uchinchi yo'nalishda o'lchami ancha katta to'ldirgichlar (sim, ip, tola )ga aytiladi.

Ikki o'lchamli to'ldirgichlar deb, fazoviy ikki yo'nalish bo'yicha o'lchami bir-biriga mos, uchinchi yo'nalish bo'yicha o'lchami ancha kichik to'ldirgichlar (plastinka, gazmol)ga aytiladi.

Uch o'chamli to'ldirgichlar deb, fazoviy uch yo'nalish bo'yicha ham o'lchamlari turlicha bo'lgan to'ldiruvchilarga aytiladi.

Kompozitsion materiallar to'ldirgichlari formalariga qarab dispers-mustahkamlangan, qatlamli va tolali guruhlarga bo'linadi.

**Dispers** - mustahkamlangan kompozitsion materiallar deb nol o'lchami to'ldirgichlar bilan mustahkamlanganlarga aytiladi. Tolali kompozitsion materiallar deb, bir o'lchamli yoki ikki o'lchamli to'ldirgichlar bilan mustahkamliklarga aytiladi.

Sinchlash sxemasiga qarab kompozitsion materiallar bir o'qli sinchlash, ikki va uch o'qli bo'ladi.

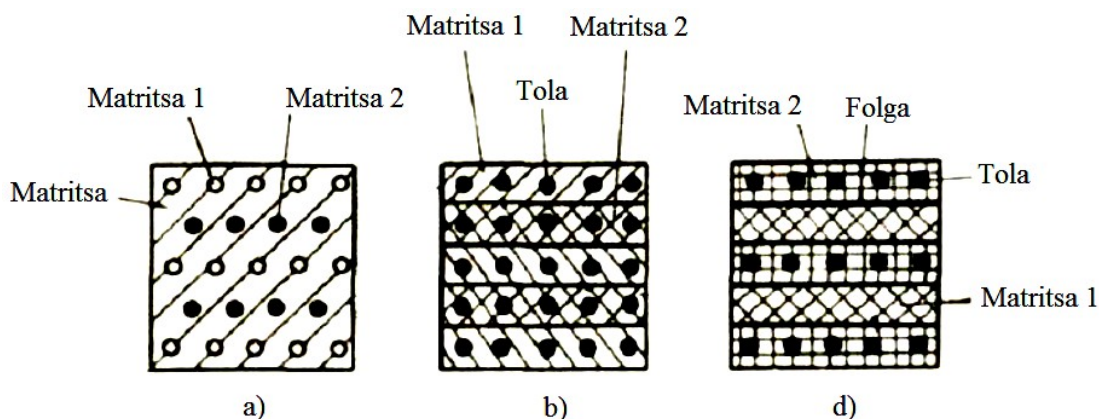
Bir o'qlilarda kam o'lchamli va bir o'lchamli, to'ldirgichlar ishlatiladi. Nol o'lchamlilari shunday joylashadiki, bir o'q bo'yicha ikki o'qqa nisbatan ancha kam. Bunda qo'shimchalar miqdori 1-5% ni tashkil qiladi. Bir o'lchamlilari bir-biriga parallel joylashadi.

Ikki o'qlida nol, bir, ikki o'lchamli to'ldirgichlar ishlatiladi. Nol va bir o'lchamli to'ldirgichlar parallel tekislikda joylashgan. Ular orasidagi masofa tekisliklar orasidagi masofadan ancha kam. Miqdori 15-16% ni tashkil etadi. Bir o'qli to'ldirgichlar ham parallel tekislikda joylashgan har tekislikda parallel, boshqa tekisliklarga nisbatan har xil burchak ostida. Ikki o'lchamlilari bir-biriga parallel.

Uch o'qlida ahamiyatli yo'nalish yo'q. Nol o'lchamli to'ldirgichlar orasidagi masofa bir tartibda 15-16% ni tashkil etadi. Bir o'lchamlilari uch va undan ortiq kesishadigan yuzalarda joylashgan.

Sanoatda borgan sari kombinatsiyalashgan kompozitsion materiallar qo'llanilyapti. Masalan: yarim sinchlangan (tarkibida ikki va ko'proq har xil tarkibli

va tabiatli sinchlovchi elementlar bo'lgan), yarim matritsali (ikki va undan ko'proq matritsali) (16.2-rasm).



16.2-rasm. Kombinatsiyalashgan kompozitsion materiallar sxemasi:

a) yarimsinchlangan; b) yarimmatritsali; d) gibridli

Tolali kompozitsion materiallar xossalarini tola xossalari ta'minlaydi: matritsa kuchlarni to'ldirgichlarga taqsimlaydi.

Kompozitsion materiallardagi to'ldirgichlar sifatida uzluksiz tola, sim va dispers zarrachalar ishlatiladi. Eng yuqori puxtalikni ipsimon kristallar shaklidagi to'ldirgichlar beradi (16.1-jadval).

16.1-jadval

### Kompozitsion materiallarning xossalari

Material	Zichlik, kg/m <sup>3</sup>	Cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi $\sigma_v$ , MPa	Cho'zilishdagi elastiklik moduli E, MPa	Nisbiy mustahkamlik, nisbiy birlik
<b>Tolalar:</b>				
Borli	2400 – 2500	5000 – 7000	450000 gacha	0,2
Kremniy karbidi	3200	4000	540000	0,7
Alyuminiy oksidi	3950	2000	390000	0,4
Shishali	2540	2800	74000	1
Uglerodli	1700 – 2000	2000 – 3500	200000 – 600000	1,1 gacha
Aramidli	1400 – 1490	200 – 4000	100000 – 150000	1,6 gacha
<b>Ipli kristallar:</b>				
Alyuminiy oksidi	3950	4000	500000	4,1
Kremniy karbidi	3200	2000	580000	6,8

Ipsimon kristallar - juda ingichka tolali monokristallik strukturaga ega. Diametri 1-300 mkm va uzunligi diametriga nisbatan 500-5000 marta katta. Buni gazaviy fazodan cho'ktirish va "transport" kimyoviy reaksiyasi usulida olinadi. Ipsimon kristallarni olish texnologiyasi ideal minimal nuqsonli panjarali monokristallar olishni ta'minlaydi. Bu yuqori puxtalik olish imkonini beradi, nazariy puxtalikka yaqin.

Uzluksiz shisha tolalari qizdirilgan shisha massasidan filtr orqali olinadi, o'ramga birlashtiriladi va g'altakka o'raladi.

Uglerodli tolalar uchun hamashyo bu viskozani organik tolasi. Xomashyo sifatida poliakrilniril, smola, toshko'mir, neft kullari ham ishlatiladi. Presslab, murakkab texnologiyadan so'ng uglerodli tola olinadi va u 98% grafitdan iborat.

***Metall asosida kompozitsion materiallar.*** Bunday kompozitsion materiallar matritsasi metaldan iborat: Al, Mg, Ni, Ti va ularning qotishmalari. Bular yuqori puxtalikdagi tolalar yoki yupqa dipersli qiyin eriydigan zarrachalar (qaysilarki asosiy metallda erimaydi) bilan puxtalanadi.

Metall asosida kompozitsion materiallar quyidagi afzalliklarga ega:

Mexanik xossalarining yuqoriligi matritsaga (asosiy metallni erish haroratiga) va sinchlovchi tolalarning yo'nalishi (mustahkamlik, elastiklik moduli, yuqori plastiklik harakteristikalarini saqlash) ga bog'liq

Fizik xossalari – yuqori issiqlik va elektr toki o'tkazuvchanligi.

Kimyoviy xossalari – yonmaslik, boshqa kompozitsion materiallarga nisbatan.

Texnologik xossalari – yuqori deformatsiyalanishligi, kesib ishlanuvchanligidir.

Metall kompozitsion materiallar uchun eng istiqbolli matritsa materiallari bu zichligi uncha katta bo'lmagan metallar Al, Mg, Ti va ular qotishmalari. Hozirda issiqlik texnikasida keng qo'llanilyapti.

Kukunli kompozitsion materiallarda, metall asosidagi  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  va karbidlarni qiyin eriydigan fazalarining dispers zarrachalari hizmat qiladi. Bu kompozitsion materiallarning mexanik va fizik asoslari izotropik (barcha yo'nalishlarda bir xil).

Metall asosidagi kukunli kompozitsion materiallarga CAII misol bo'la oladi. CAII – "spechyonnaya alyumiyevaya pudra" – tarkibida alyuminiy kukuni va

alyuminiy oksidi ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) kukuni (6-22%) aralashmasidan iborat. Hozirgi vaqtda dvigatelsozlikda CAИdan juda ko‘p detallar yasaladi. Masalan: porshenlar, shatunlar, klapan prujinalari tarelkalari. CAИ yuqori texnologik xossalarga ega. Ya’ni, yuqori deformatsiyalanadi, payvandlanadi, qirqib ishlanadi, zangga bardosh va olovbardosh. Olovbardosh alyumin qotishmalari  $300^\circ\text{C}$  da ishlaganda CAИ  $500^\circ\text{C}$  da ham ishlayveradi. Agar bular tarkibiga boshqa elementlar (Fe, Ni, W, va h.k.) qo‘shilsa, CAИ-CAC (spechenniy alyuminiyeviy splav) ga aylanadi va pishirilgan alyuminiy qotishmasi bo‘ladi hamda xossalari yanada yaxshilanadi.

Dvigatellarning gidravlik transtissiya detallari (disklar, latoklar, rotorlar) BДУ tipidagi (“visokotemperaturniy dispereno-uprochneniy”) kukuni qotishmasidan yasaladi. BДУ tarkibi bu nikel – xrom qotishmalari va gafniy oksidi ( $\text{HfO}_2$ ) yoki toriy oksidi ( $\text{ThO}_2$ ) kukunlari aralashmasidir. BДУ qotishmasi mexanikaviy legirlash usuli bilan olinadi. BДУlarning olovbardoshligi va issiqbardoshligi boshqalarinikidan yuqori.

Metall asosidagi tolasi kompozitsion materiallarning mustahkamlovchi to‘ldirgichlari sifatida tolalar va toza elementlar ipsimon kristallari yoki qiyin eriydigan birikmalar (B, C,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Si C), simlar. Tolali kompozitsion materiallar xossalari sinchlash sxemasiga bog‘liq. Bu materiallari anizatorl xossali.

Cho‘yanni birlamchi strukturasi bilan tolali kompozit strukturasi bir xilligi ma’lum, lekin butunlay emas.

$\sigma_v^{\text{tola}} \gg \sigma_v^{\text{matritsa}}$  saqlanadi dendrit kristallari sorbit strukturali bo‘lsa, agar dendritlarda ferrit ajralsa, bu voqea yo‘qqa chiqadi. Ikkinchi tomondan tola uzunligi “ $l$ ” va diametri “ $d$ ” orasidagi  $l/d > 100$  cho‘yanda bajarilmaydi.

Quyidagi metall asosidagi bir xil yo‘naltirilgan kompozitsion materiallar xossalari berilgan.

KMning turi va belgilanishi	To'ldirgich tarkibi	Zichligi $\rho$ , t/m <sup>3</sup>	Elastiklik moduli E, GPa	Mustahkamlik chegarasi $\sigma_v$ , MPa	Chidamlik chegarasi, $\sigma_{-1}$ , MPa
Al	Sovuqlayin juvalangan	2,70	71	150	-
B95	Qotishmalar Al, Mg, Zn	2,72	-	600	55
BKA	Al-B	2,65	240	1200	600
BKY	Al-C	2,25	270	950	200
KAC	Al- po'lat simi	4,80	120	1600	350

Barcha kompozitsion materiallar siklik yuklamalarga yaxshi ishlaydi. Kompozitsion materiallarning mustahkamligi ko'proq tolalarni matritsa bilan bog'lanishlik, birlashishlik darajasiga bog'liq. Matritsa bilan to'ldirgichlar orasidagi bog'lanishlik har xil bo'lishi mumkin.

1. Mexanik bog'lanish - matritsa va to'ldirgichlarning notekis yuzalari orasida hosil bo'ladigan bog'lanish, hamda ular orasidagi ishqalanish kuchlari ta'sirida hosil bo'ladi. Mexanik bog'lanishni ko'ndalang cho'zilishdagi mustahkamligi va uzunasiga siqilishdagi mustahkamligi past.

2. Yuzalarni tortish kuchlari orqali bog'lanish. Bu tolani suyuq matritsa bilan xo'llash, bo'kitirish va qisman komponentlarni erishi natijasida vujudga keladi (masalan, Mg-B 400°C gacha).

3. Reaksiyali bog'lanish. Bu komponentlarni o'zaro kimyoviy ta'siridan kelib chiqadi (Ti va B). Kimyoviy reaksiya komponentlar chegarasida kechadi va yangi kimyoviy birikma hosil bo'ladi.

4. Almashuv-reaksiya bog'lanish. Ikki va undan ko'proq davriy bosqichli reaksiya o'tishi bilan paydo bo'ladi. Matritsa alyuminiy va titan qotishmasi, mana shu alyuminiy qotishmasi bor qattiq eritma tanasi bilan birlashadi –  $AlB_2$ , bundan so'ng titan bilan reaksiya kirishadi va  $TiB_2$  ni va alyuminiyni qattiq eritmasini hosil qiladi.

5. Oksidli-reaksiya bog'lanish metall matritsa bilan oksidlovchi to'ldirgich (Ni –  $Al_2O_3$ ) chegarasida o'tadi. Natijada murakkab oksid hosil bo'ladi.

6. Aralash bog‘lanish oksid plyonkalar yemirilib, komponentlar o‘zaro kimyoviy diffuzion reaksiyasi natijasida ro‘yobga chiqadi. (Al-B, Al-CT)

Metall asosidagi kompozitsion materiallar tolalar bilan matritsa orasidagi mustahkam bog‘lanish ularni o‘zaro ta’siri va juda ingichka-yupqa (1-2mkm) intermetalli faza hosil bo‘lish darajasiga bog‘liq.

Metallmas asosli kompozitsion materiallar komponentlari orasidagi bog‘lanish adgeziya yordamida amalga oshadi. Yuqori puxtalikdagi bor va uglerodtolalari matritsaga yomon adgeziyalanadi. Yopishish qobiliyatini oshirish uchun yuza kimyoviy yedirilib, tola yuzalari ishlanadi, ya’ni viskerizatsiya qilinadi. Viskerizatsiya bu uglerodli, borli va boshqa tolalari yuzalarida kremniy karbidi monokristallarini o‘stirish (ular uzunligiga perpendikulyar holda). Shu usulda olingan titilgan – "alvasti" yuzali bor tolasi “borsik” deyiladi. Ipsimon kristallar hajmini 4-8% ga ortishi mustahkamlikni 1,5-2 marta, elastik modulini va siqishdagi mustahkamlikni 40-50% ga ko‘taradi.

Alyuminiy, magniy va ular qotishmalarini mustahkamlash uchun borli va uglerodli hamda o‘tga chidamli birikmalar (karbidlar, nitridlar boridlar va oksidlar) tolalari ishlatiladi. Yuqori puxtalikdagi po‘lat simlari ham ishlatiladi.

Titan va uni qotishmalarini sinchlash uchun molibdenli sim, salfir tolalari, kremniy karbidi, titan boridi ishlatiladi.

Nikel qotishmalari olovbardoshligini oshirish ularni volframli yoki molibdenli simlar ishlatiladi. Yuqori issiqlik va elektr o‘tkazishni oshirish uchun ham metall tolalar ishlatiladi. Yuqori mustahkamlik va yuqori modulli kompozitsion materiallarni mustahkamlash istiqbolli puxtalovchilariga oksidlar, alyuminiy nitridlarining ipsimon kristallari, kremniy karbidi va nitridi, bor karbidi va titan boridi.

Alyuminiy, magniy va titan qotishmalarini uzluksiz bor, kremniy karbidi, titan boridilarni qiyin eriydigan tolalar bilan sinchlash olovbardoshlikni ancha oshiradi. Kompozitsion materiallarning o‘ziga xosligi harorat ko‘tarilishi bilan vaqt birligida mustahkamlikni yo‘qotishlik tezligi kichik.

Dispers mustahkamlangan kompozitsion materiallar matritsalarini asosiy kuchlanishni o‘ziga oladi, dispers zarrachalar esa dislokatsiyalar harakatini



sekinlashtiradi. Zarrachalar o'ldirgichlari 10-500 nm va oralaridagi masofa 100-500 nm bo'lganda yuqori puxtalikka erishiladi.

***Polimer asosidagi kompozitsion materiallar.*** Bunday materiallarning matritsasi (boshlovchisi) polimer, puxtalovchi to'ldirgichlari tolalar, dispers zarrachalar, kukunlardir. Matritsa vazifasini termoreaktiv plastmassalar (epoksidli, fenolformaldegidli smola, poliamidlar va h.k. bajaradi. Bunday kompozitsion materiallarning asosiy qismini tolali materiallar tashkil etadi.

Polimerlar asosidagi kompozitsion materiallar metall qotishmalarga va metall asosidagi kompozitsion materiallarga nisbatan quyidagi afzalliklariga ega:

- Mexanik xossalari – yuqori nisbiy mustahkamlik, yuqori charchamaslik mustahkamligi;
- Kimyoviy xossalari yuqori kimyoviy turg'unligi;
- Texnologik xossalari – yaxshi ishlanadi.
- Iqtisodiy xossalari - materiallarning tan narxi arzonligi.


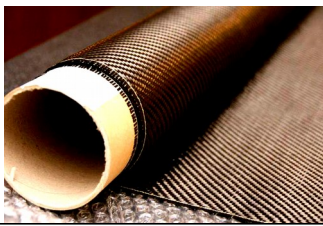

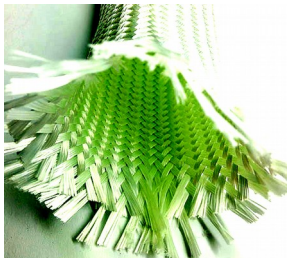
Polimerlar asosidagi kompozitsion materiallarning asosiy kamchiligi, harorat 100-200<sup>o</sup>S dan oshganida mustahkamligini birdaniga yo'qotishi, yonuvchanligi, payvandlashga moyilmasligidir.

Polimerlar asosidagi kompozitsion materiallar avlodning boshlovchisi bu - shishatola iplari hisoblanadi (16.3-jadval). Shisha tolalari bilan sinchlangan yarimefirli materiallar 1942 yilda samolyot konstruksiyasida qo'llanilgan.

Nisbiy mustahkamlik jihatidan shishatolali kompozitsion materiallar legirlangan po'lat, alyuminiy, magniy, titan qotishmalaridan yuqorida turadi. Hozirda shishatolali kompozitsion materiallardan avtomobil dvigatellari detallari, yoqilg'i uzatish tizimi detallari, sovutish tizimidagi ventilyatorlar, radiator bachoklari, silindr kallagi, benzobaklar ko'plab yasalmogda.

Polimerli kompozitsion materiallarda polimer smolalar keng qo'llaniladi.

Metall emas asosidagi bir yo'nalishli kompozitsion materiallar xossalari.

Nomi	Tarkibi	Zichlik $\rho$ , t/m <sup>3</sup>	Elastiklik moduli E, GPa	Mustahkamlik chegarasi $\sigma_v$ , MPa	Chidamli-lik chegarasi $\sigma_{-1}$ , MPa
			чўзилишда		
KMY	Korbovoloknit 	1,40	20	650-1000	300-500
KMB	Borovoloknit 	2,1	210-260	900-1300	300-500
KMO	Orgonovoloknit 	1,25	35	650-700	100
KMC	Steklovoloknit 	2,2	70	100	-

Polimerli kompozitlarning eng ko'p tarqalgani tolali to'ldirgichlar bilan to'ldirilgan polimerli matritsalaridir. Polimerli matritsalar shisha tolalari, asbest, uglerod va bor tolalari bilan mustahkamlanadi. Yuqori puxtalik, termik va kimyoviy turg'unlik, elektr va issiqlik o'tkazishlik uglerod tolali plastiklarga xosdir.

Polimer qatlamli kompozitlarning tipik vakili bu tekstolitlar va getinakslar. Bular gazmol va qog'oz asosidagi termoreaktiv smola bilan bo'ktirilgan kompozitsion materiallardir.

Keng tarqalgan kompozitsion materiallardan biri shisha gazmollar asosidagi stekloplastiklar, hamda kauchuk va rezina asosidagi kompozitlardir. Ulardan asosan tasmalar, transport lentolari, shishaplastlar yasaladi.

Bir tomonlama yoʻnalgan shishaplastiklarni taxlash yoʻnalishi boʻyicha mustahkamligi anʻanaviy termik puxtalanadigan qotishmalar va legirlangan poʻlatlarnikidan yuqori. Lekin tolaga koʻndalang yoʻnalishida ancha (30-40 marta) past. Qarama-qarshi sinchlangan shisha plastinkalarni xossalri yuqoridagilarnikidan 2-3 marta past. Sinchlovchi materialli shisha gazmolning (shishaplastiklarning) xossalari yaxshi.

Kimyoviy mashinasozlikda yarimefirli va epoksidli shisha plastiklardan quvurlar, havo uzatgichlar va idishlar ishlab chiqarilmoqda. Quvurlar diametri  $D = 50 \div 1050$  mm, qalinligi  $t = 4 \div 20$  mm havo uzatgichlar  $D = 50 \div 1050$  mm,  $t = 3 \div 6,5$  mm idishlar hajmi  $V = 500$  m<sup>3</sup> gacha. Bularni hizmat qilish muddati metallarnikiga nisbatan  $5 \div 10$  marta koʻproq.

Mashinasozlikda shisha plastiklardan karkaslar, panellar, korpusli detallar yasaladi.

Transport mashinasozligida vagonlar, konteynerlar, kabina qoplamalari, stringerlar, shpangoutlar yasalmogda. Kemasozlikda qayiqlar, kemalar, katerlar korpuslari, hajmiy idishlar, suyuqlik tashuvchi idishlar stekloplastikdan yasaladi.

***Ugleplastiklar (uglerod materitsali karbovoloknitlar).*** Ugleplastiklar yuqori puxtalikdagi uglerod tolalari asosidagi kompozit, oranaplastiklar bilan bir qatorda eng isbolli kompozitsion materiallar karbovoloknitlar erroziyaga, agressiv muhitga chidamli. Karbovoloknitlar dinamik kuchlanishlarga yuqori chidamli. Aviatsiya tormozlarini diskklarini issiqlikdan saqlaydi, hamda kimyoviy apparatlarning kimyoviy turgʻunligini taʻminlaydi.

Konstruksion ugleplastiklarda sinchlovchi element sifatida toʻxtovsiz tolalar ipli arqon koʻrinishida ishlatiladi. Matritsa sifatida epoksidli, epoksifenolli va boshqa smollar. Ugleplastiklar avatsiya, raketa, kosmik, avtobilsozlik texnikalarida, hamda sport inventori sohalarida ishlatiladi.

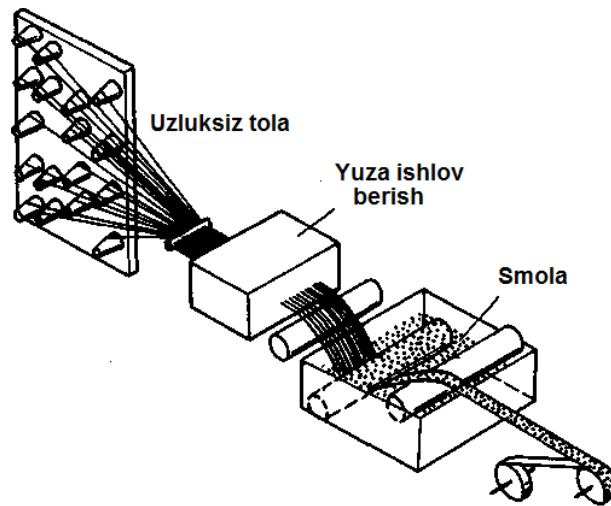
**Uglerodli tolalar.** Yaxshi xossalari kompleksiga ega, mexanik va fizika-kimyoviy xossalari ulkan hisoblanadi. Uglerodli tolalar yuqori issiqqa turg'unlik, past ishqalanish koeffitsientlik, issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti kichikligi, atmosfera va kimyoviy reagentlar ta'siriga yuqori turg'unlik, har xil elektrofizik xossalari (yarimo'tkazkichdan to'la o'tkazgichgacha) ega.

Uglerodli tolalar viskos yoki poliamidonitril tolalarini inert muhitida 1500-3000°C da termik ishlab olinadi. Uglerodli tolalar ikki turga bo'linadi:

1. Karbonizovanli (termik ishlash harorati 800-1500°C, uglerod miqdori 80-90%);
2. Grafitizatsiyalangan (termik ishlash harorati 3000°C gacha, uglerod miqdori 99% dan ko'p).

Kokslashtirilgan materiallar karbovoloknitlardan inert yoki qaytaruvchi muhitda piroliz qilib olinadi. Harorat 800-1500°C da karbonizirovkalangan, 2500-3000°C da grafitizirovkalangan karbovoloknitlar hosil bo'ladi. Pirouglerodli materiallar olish uchun karbovolokno mahsulot formasi bo'yicha pechga joylashtiriladi va pechga gazsimon uglevodород (metan) uzatiladi. (1100°C haroratda bosim  $P=2660\text{Pa}$ ), metan parchalanib hosil bo'lgan piralitik uglerod tolalarga cho'kadi va ularni bog'laydi. Piroliz natijasida hosil bo'lgan koks uglerod tolasi bilan yuqori mustahkamlikda birlashib yopishadi. Shu sababdan kompozitsion materiallar yuqori mexanik xossalarga ega va termik zarbga turg'un.

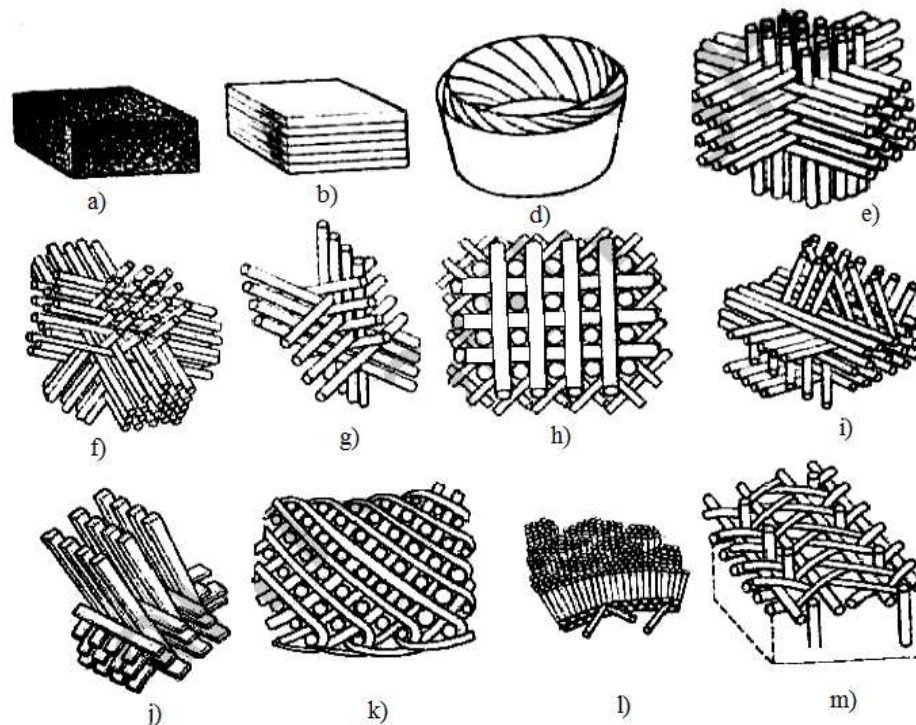
O'rta mustahkamlikdagi uglerodli tola gazmol ko'rinishida ishlatiladi. Bunday gazmollarning xususiyati ularning haroratga turg'unligi, bikirligi va mustahkamligi. Kompozitlarning sinchlovchi roliga ishlatiluvchi uglerodli gazmollar, odatda bir tomonlama yo'naltirilgan lenta ko'rinishida ishlatiladi, yoki polotno hamda satin to'qilishida bo'lishi mumkin (16.3-rasm).



16.3-rasm. Tola ko‘rinishidagi materiallarni olish sxemasi

***Uglerodli kompozitlarning fazoviy singlanuvchi strukturalari.***

Konstruksiyalarga mo‘ljallangan uglerod-uglerodli kompozitlarni sinchlash ko‘rinishlarini eng istiqbollilari quyidagilar: ko‘p yo‘naltirilgan, fazoviy sinchlash - sinchlovchi komponentlar uch, to‘rt va ko‘proq yo‘nalishlarda joylashadi (17.4-rasm).



16.4-rasm. Uglerod- uglerodli konstruksion kompozitlarni sinchlovchi tolalarini fazoviy joylashish strukturasi sxemalari: a- tartibsiz; b- qatlamli; d- razetkali; e-artoganal f-3D; g-4D, h-4D-L; i-5D-L, j-BD; k- aksiol-radial–aylana; l- aksiol-spiral-radial; m-aksiol-radial-spiral

Bunday hosil bo'lganni – fazoviy sinchlangan struktura (F.S.S.) deyiladi, ularni tashkil etuvchi komponentlarini fazoviy sinchlangan struktura elementlari (F.S.S.E.) deb nomlanadi. 16.4-rasmda fazoviy sinchlangan strukturadagi sinchlovchi tolalarni fazoviy joylashishini har xil sxemalari berilgan.

Uglerod materiali karbovoloknit mustahkamlik va zarbiy qavushoqlik ko'rsatgichlari bo'yicha mahsus grafitlardan 5-10 barobar kuchliroq vakuum va inert muhitda 2200°C da ham mustahkamligini saqlaydi, lekin havoda 450°C da oksidlanadi va himoya qoplama talab qiladi.

Polimerli karbovoloknitlar kemasozlikda, avtomobilsozlikda, aviatsiya va kosmik texnikada qo'llaniladi: reaktiv dvigateli soplolari, vertolyot parraklari, rentgen asboblari va h.k.

#### **Nazorat savollari:**

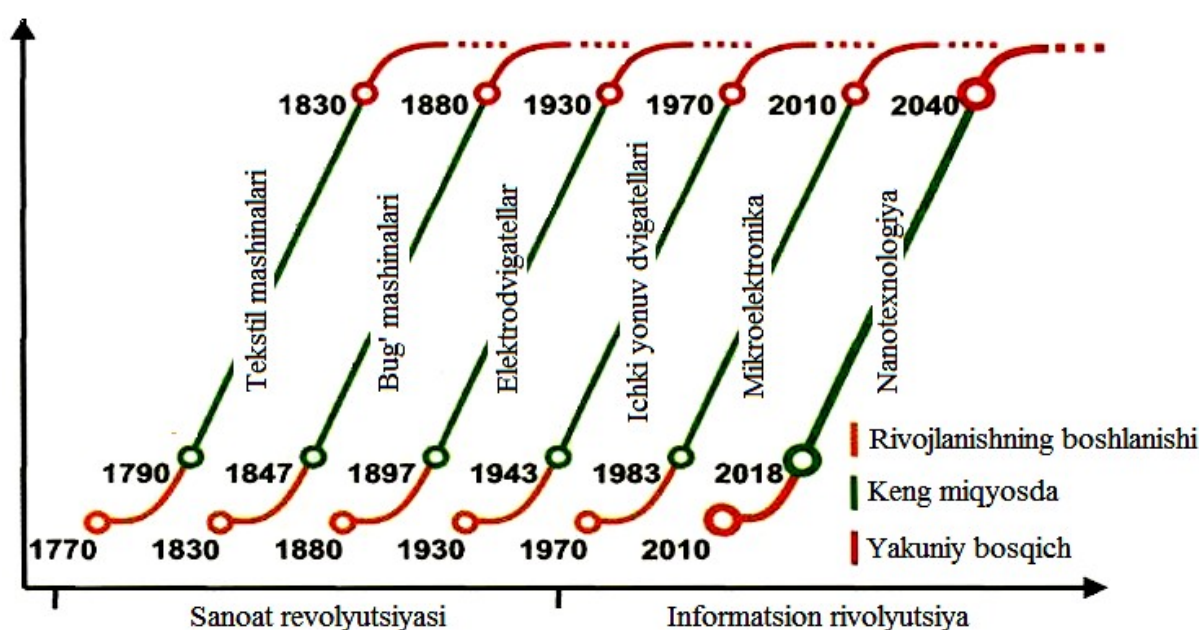
1. Kompozitsion material deb nimaga aytiladi?
2. Sinchlovchi materiallarning qanday turlarini bilasiz?
3. Kompozitsion materialni sinchlash sxemasi?
4. Dispers nima?
5. Kombinatsiyalashgan kompozit materiallar sxemasi?
6. Kompozitsion materiallarning turlari?
7. Metall asosida kompozitsion materiallar.
8. Metallmas asosli kompozitsion materiallar.
9. Shishatolali kompozitsion materiallar.
10. Polimer asosidagi kompozitsion materiallar.
11. Uglerod materitsali karbovoloknitlar.

## XVII BOB. NANOTEXNOLOGIYA ASOSIDA OLINGAN MATERIALLAR

### 17.1. Nanotexnologiya asosida olingan materiallar, tarkibi, tuzilishi, xossalari

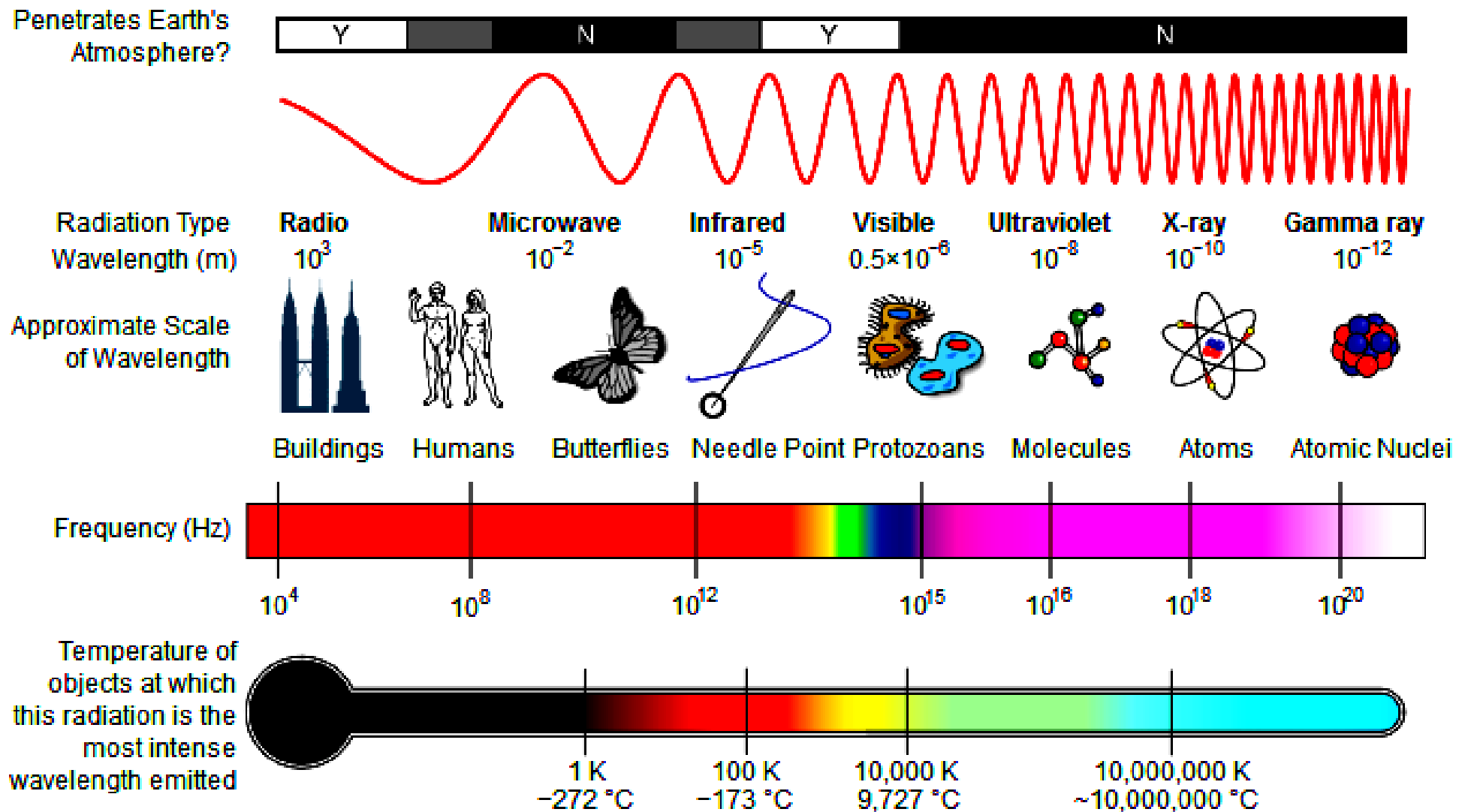
Mahsulot ishlab chiqarish jarayonida material yoki yarim tayyor mahsulot, xom-ashyo shakli, xossalari va holatini o'zgartiradigan usullar majmuiga texnologiya deyiladi.

Quyida sanoatning rivojlanish bosqichlari keltirilgan (17.1-rasm).



17.1-rasm. Sanoatning rivojlanish bosqichlari

Fizikadan bilamizki «nano» o'lchov birliklarning old qo'shimchasi bo'lib, milliarddan birni ifodalaydi. Masalan, 1 nanometr metrnin milliarddan biri degani. Inson soch tolasi o'rtacha 100 000 nanometr ekanini hisobga olsak, uning qanchalik kichik o'lchamligi haqida tasavvurga ega bo'lish mumkin. Nano asli yunoncha «nanos» so'zidan olingan bo'lib, «mitti», «pakana» degan ma'noni anglatadi. Bu so'z ilmda ko'proq old qo'shimcha sifatida tanilgan bo'lib, uning aynan qiymati 0,000000001 metrga teng, ya'ni, nanometr milliarddan bir qismi degani. Atomlar va ular orasidagi masofa ham nanometr ulushlarida o'lchanadi (17.2-rasm).



17.2-rasm. Nanometri tavsiflovchi sxema



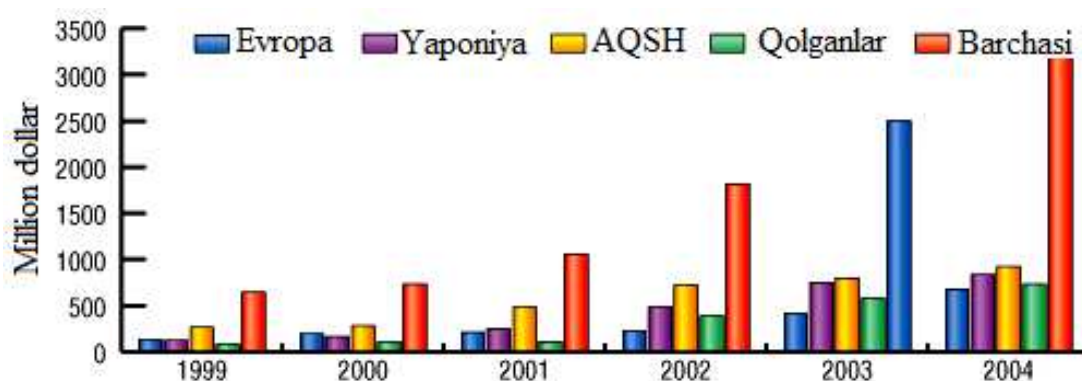
Nanotexnologiya atamasini fanda birinchi bo‘lib, 1974-yilda yapon olimi Norio Taniguchi alohida atomlarni boshqarib, yangi obyekt va materiallar tuzish jarayonini izohlash uchun ishlatgan.

Ushbu sohada ilk texnik vositalar Shveysariyaning IBM laboratoriyalarida ixtiro qilingan. Ushbu sohaga ulkan hissa qo‘shgan olimlar Gerd Binnig va Henry Rohrer 1982 yilda skanirlovchi zondli mikroskopni ixtiro qilgani uchun Nobel mukofotiga sazovor bo‘lishgan. 1986 yilga kelib esa, atom-kuch mikroskopi ixtiro qilindi. Bu uskunalar nafaqat nanodunyoni o‘rganishga, balki yangi nanoobyektlarni qurishga ham asos bo‘ldi.

Yer shari futbol koptogidan 100 000 000 marta katta, xuddi shuningdek  $C_{60}$  molekulasidan futbol koptogi shuncha marta katta. Nanotexnologiya uchun kerakli va qiziqarli oraliq 100-0,2 nm hisoblanadi (17.2-rasm).

Hozirda butun dunyo mamlakatlari nanotexnologiyani rivojlantirish uchun katta sarmoyalar kiritmoqdalar. Nanotexnologiya sohasini rivojlantirish uchun kiritilgan sarmoyalardan kutilayotgan daromadlar bir necha trillion dollar deb taxmin qilinmoqda. Shu bois, bugun dunyo nanotexnologik inqilob ostonasida turibdi, desak adashmagan bo‘lamiz.

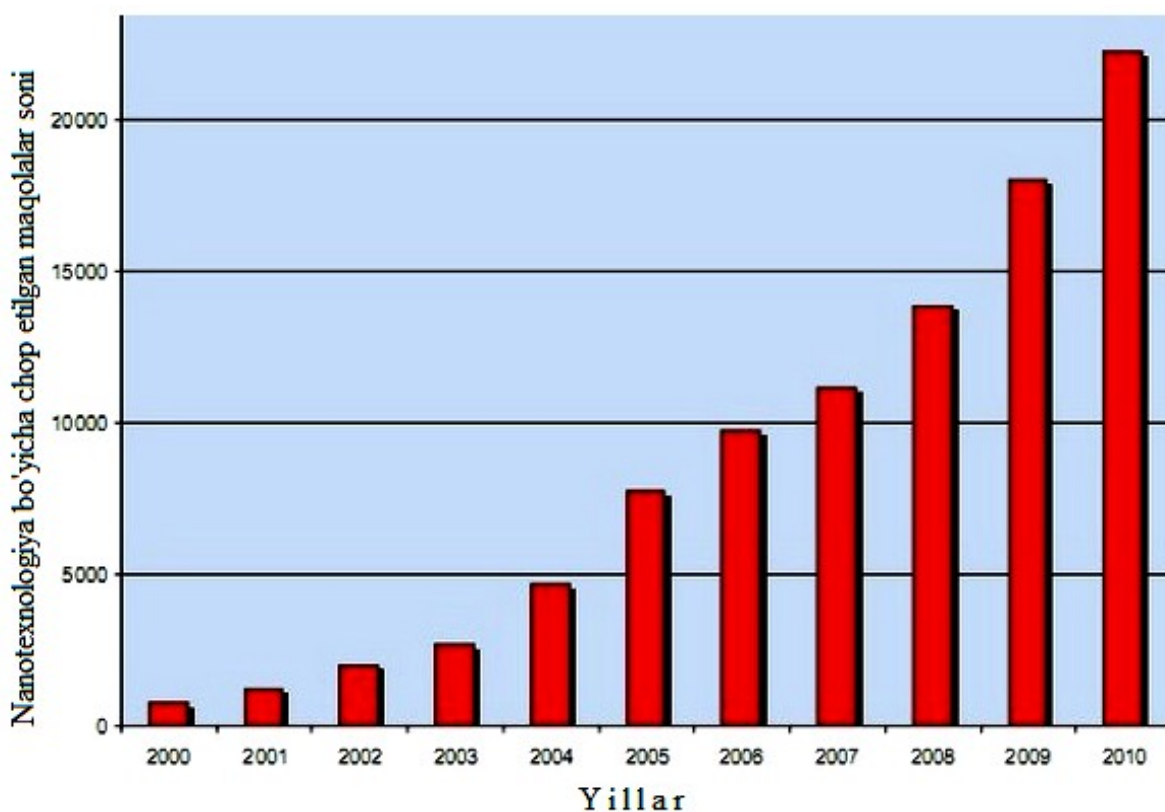
Rivojlangan davlatlar bunday sohalarga katta sarmoyalar ajratmoqda. Jumladan, AQShda «Milliy nanotexnologik tashabbus» dasturi uchun yiliga 600 mln. dollar, Yaponiyada esa shu yo‘nalishga 750 mln. dollar sarf etilmoqda. Yaqin kelajakda dunyo bo‘yicha nanotexnologiya taraqqiyoti uchun jami 8,6 mlrd. dollar sarflanishi kutilmoqda(17.3-rasm).



17.3-rasm. Dunyo mamlakatlarining nanotexnologiyani rivojlantirishga ajratgan sarmoyalari

Yigirma-o‘ttiz yil ilgari bitta kompyuter bir xonaga sig‘mas edi. Ko‘p o‘tmay stolimiz ustida turadigan darajaga keldi. Hozir esa cho‘ntagimizga sig‘adiganlari bor. Taraqqiyot shu sur‘atda davom etadigan bo‘lsa, ertaga soatimizga yoki uzugimizga taqiladigan kompyuterlar ishlab chiqarilsa ham ajablanmasak bo‘ladi. Ba’zi kompaniyalar esa allaqachon nanotexnologiya vositasida yiliga milliardlab dollar daromad olmoqda.

Shuningdek, bitta yoki bir nechta atom qatlamlaridan tashkil topgan nanotuzilmalarda fizik va kimyoviy jarayonlarning o‘zgacha tus olishi ilm sohasida yangi nanofanlarni keltirib chiqaryapti (17.4-rasm).

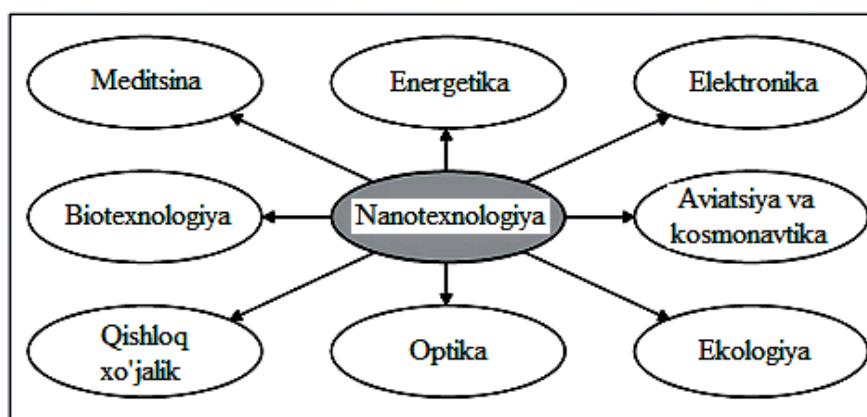


17.4-rasm. Dunyo bo'yicha nanotexnologiyaga oid maqolalar soni

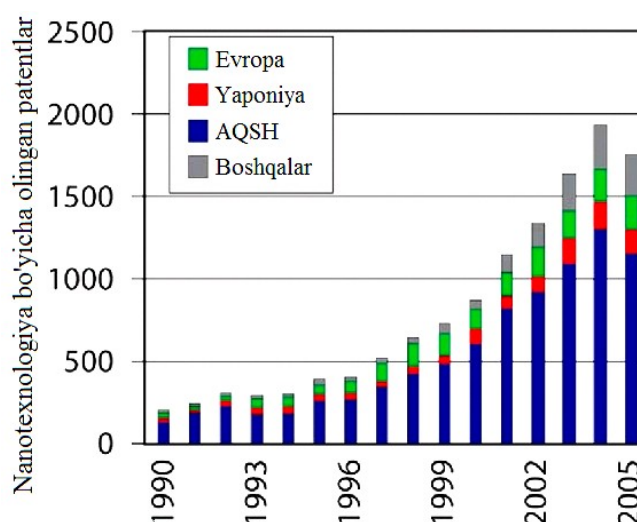
Zero, nanotexnologiya ana shunday imkoniyatlarga yo‘l ochmoqda. Xato tushunmaylik, nanotexnologiyaning maqsadi, faqat «mitti»lashtirishdan iborat emas. Texnikada biror vazifani bajarish uchun material, energiya va vaqt sarfi katta ahamiyatga ega. Nanotarmoqdagi miniatyurlashtirishga intilish ham qulaylikdan tashqari ana shu uch unsumni tejash maqsadida yuzaga kelmoqda.

Kvant nazariyasi, sirt fizikasi va kimyosi, kristallografiya, molekulyar biologiya, biokimyó nanofanlarning asosini tashkil qiladi.

Fan olamida bugunga kelib nanotexnologiya, nanoelektronika, nanofizika, nanokimyó, nanobiotexnologiya, nanomateriallar, nanosanoat, nanorobotlar, nanofanlar kabi «nano» old qo‘shimchali yangi atamalar ko‘payib bormoqda.



So‘ngi yillardagi tadqiqotlar natijasida mikroelektron asbob yasash uchun moddaning nafaqat sirt qatlami, hatto bir necha atom qatlamining o‘zi yetarli bo‘lib, qolgan hajm esa ortiqcha material sarfi ekanligi ma‘lum bo‘ldi. Bundan tashqari jism sirtidagi jarayonlar yanada tezroq sodir bo‘lishi uchun, yupqa va o‘ta yupqa qatlamli qurilmalar vaqt tejashda ham tejamkorlik imkoniyatini beradi (18.4-rasm).



17.5-rasm. Dunyo mamlakatlariga nanotexnologiyaga bo'yicha berilgan patentlar soni

Nanotexnologiya sanoatda 1994 yildan boshlab qoʻllanila boshlagan.

Maxsus biologik, kimyoviy, fizikaviy xossalarga ega materiallar, yangi molekula, nanostruktura, nanoqurilmalar yaratish maqsadida alohida atomlar, molekulalar va molekulyar tizimlarni boshqarish va nanooʻlchamdagi makonda yuz berayotgan fizikaviy hamda kimyoviy jarayonlar qonuniyatlari oʻrganidigan fanlararo ilmga nanotexnologiya deyiladi.

Doimiy harakatdagi nanodunyo rivojida yuz bergan quyidagi ikkita voqea muhim ahamiyatga ega boʻldi:

1. Skanerlovchi tunnelli mikroskopning yaratilishi(G. Bennig, G. Rohrer, 1982 y.) va skanerlovchi kuchli-atom mikroskop (G. Bennig, K. Kuatt, K. Gerber, 1986 y.. Nobel mukofoti, 1992 y.);

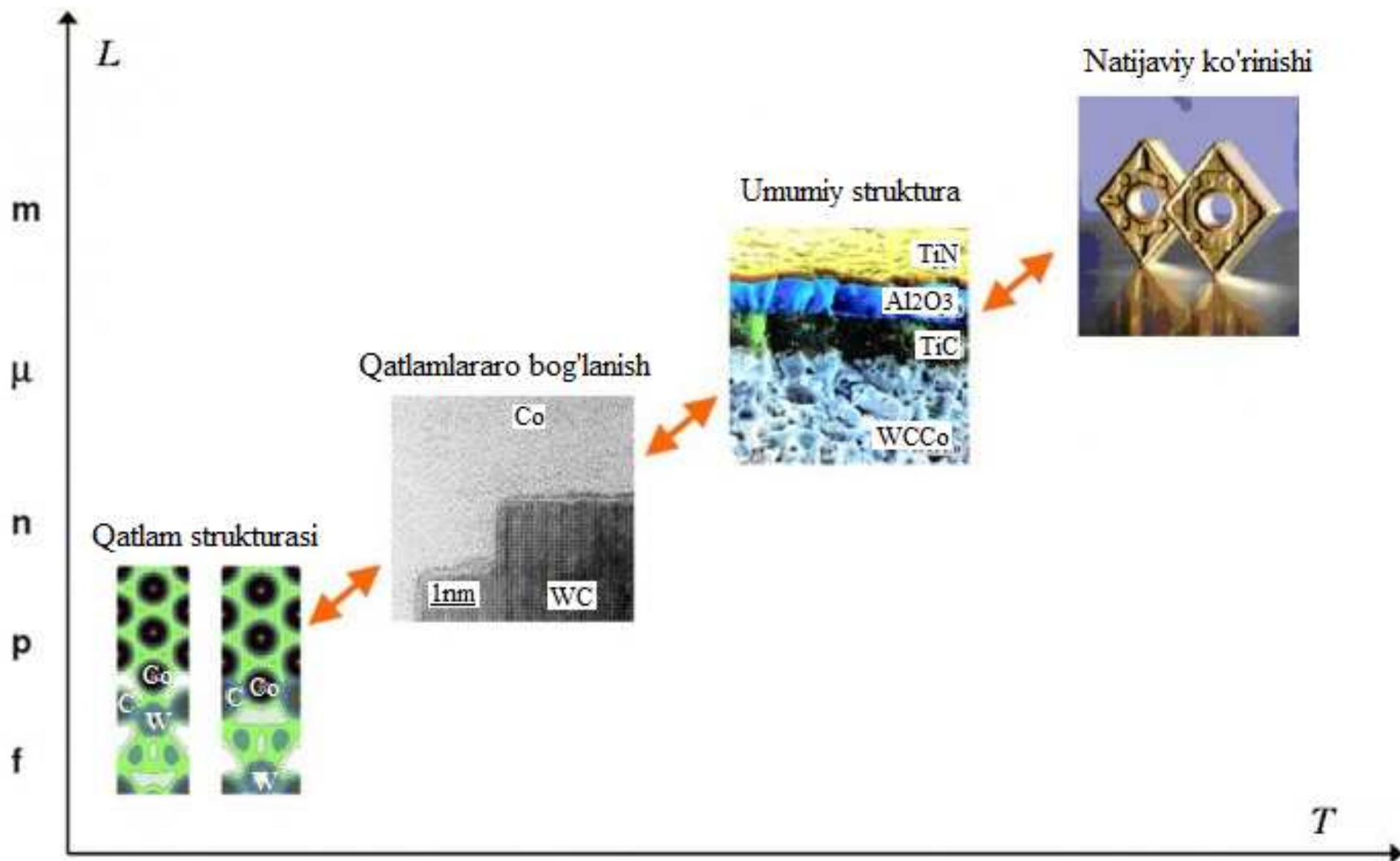
2. Uglerodning tabiatdagi yangi formasining kashf etilishi-fullerenlar (H. Kroto, J. Health, S. O'Brien, R. Curl, R. Smalley, 1985 y., Nobel mukofoti, 1996 y.).

Yangi mikroskoplar nanometrik oʻlchamda monokrisstallar yuzasi atom-molekulyar tuzilishini oʻrganish imkoniyatini yaratdi. Qurilma nanometrning yuzdan bir qismini koʻrsatadi. Skanerlovchi tunel mikroskopi ishlashi, vakuum toʻsiqlari orqali elektronlar tunellashuviga asoslangan. Atom oʻlchami kattaligida toʻsiq kengligi oʻzgarganda tunel toki miqdori 3 baravarga oʻzgaradi, bu esa uning yuqori aniqligini taʼminlaydi.

Hozirga vaqtda biologik obyektlar, organik molekulalar, baland haroratda ishlaydigan yuqori oʻtkazuvchilar, yarimoʻtkazgichlar, metallar monokristallari yuzasi atom strukturalari skanerlovchi mikroskoplar yordamida oʻrganilmoqda.

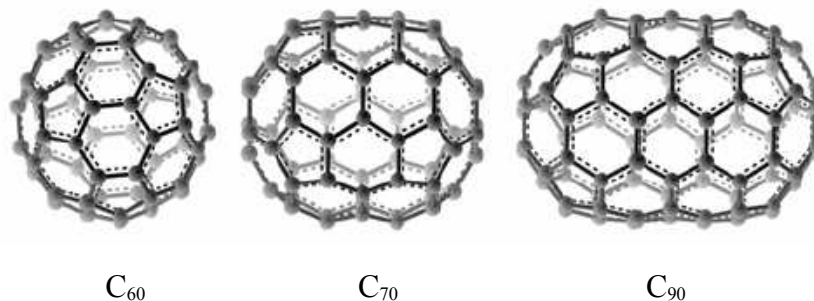
Yangi mikroskoplar nafaqat moddalarning atom-molekulyar tuzilishini oʻrganishda foydali boʻlmoqda. Ular yordamida nanostrukturalar hosil qilinmoqda. Mikroskop aniq oʻtkir harakatlari natijasida atom strukturalari yaratilmoqda.

Olib borilgan tinimsiz izlanishlar natijasida metallarni kesib ishlov beruvchi keskich uchki qismining sirtqi qatlamini qattiq qotishmalar bilan qoplab yangi nanostruktura olindi va hozirda ishlab chiqarish keng qoʻllanilmoqda. Quyida keskichning ichki tuzilishi va nanostrukturasi keltirilgan (17.6-rasm).



17.6-rasm. Keskichning strukturasi ko'rinishi

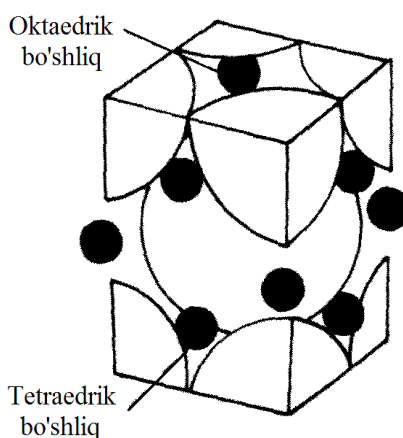
**Fulleren** - oldindan ma'lum bo'lgan olmos va grafit singari uglerodnig bu shakli 1985-yilda astrofiziklar tomonidan yulduzlararo chang spektrini tushuntirish vaqtida aniqlangan. Uglerod atomi yuqori simmetrik C<sub>60</sub> molekulasini hosil qilishi mumkin (17.7-rasm).



18.6-rasm. Fullerenlar

Bunday molekula 60 uglerod atomlaridan tuzilgan bo'lib ular o'zaro 1 nm diametrga teng sharda joylashgan va futbol koptogiga o'xshaydi. L. Eyler teoremasiga ko'ra uglerod atomlari 12 ta to'g'ri beshburchak va 20 ta noto'g'ri oltiburchaklar paydo qiladi. Uglerod molekulasini olti va besh burchakli uy qurgan arxitektor R.Fuller sharafiga qo'yilgan. Dastlab fulleren kam miqdorda, 1990 yildan esa katta masshtabda ishlab chiqarish texnologiyasi yaratildi.

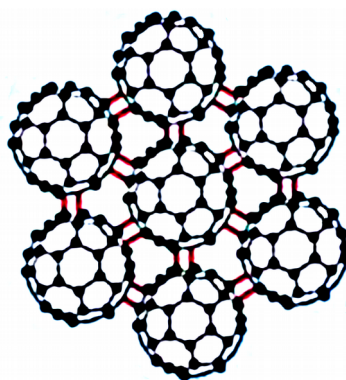
**Fulleritlar.** C<sub>60</sub> molekulari o'z navbatida yoqlari markazlashgan kub panjaraga ega va yetarlicha kuchsiz molekulalararo bog'lanishga ega fullerit kristallarini hosil qilishi mumkin (17.8-rasm). Bu kristallda oktaedrik va tetraedrik bo'shliqlar mavjud va ularda boshqa atomlar bo'lishi mumkin.



17.8-rasm. Ishqoriy metallarni fullerit strukturasi bo'shliqlarida joylashish sxemasi

Agar oktaedrik boʻshliq ishqoriy metallar  $\blacklozenge=K$  (kaliy),  $Rb$  (rubidiy),  $Cs$  (seziy)) bilan toʻldirilsa xona haroratidan past haroratda bu moddalar strukturasi oʻzgartiradi va yangi polimer material  $\blacklozenge_1C_{60}$  paydo boʻladi. Agar tetraedrik boʻshliq ham toʻldirilsa kritik 20-40 K haroratga ega yuqori oʻtkazuvchan  $\blacklozenge_3C_{60}$  material paydo boʻladi. Yuqori oʻtkazuvchan fulleritlarni Shtutgartda joylashgan Maks Plank nomidagi institutda oʻrganiladi.

Materiallarga noyob xossalar beradigan boshqa qoʻshimchali fulleritlar ham mavjud. Misol uchun oktaedrik va tetraedrik boʻshliqlar etilen bilan toʻldirilsa  $\bullet_1C_{60}$  - ferromagnit xossaga ega boʻladi (17.9-rasm).



17.9-rasm. Fulleren fazasining polimerizatsiyalanishida ferromagnit xossasining namoyon boʻlish sxemasi

Nanotexnologiya sohasida olib borilgan tinimsiz izlanishlar natijasida 1997 yilga kelib 9000 ga yaqin fullerene birikmalarini aniqlanishiga olib keldi.

Mashinasozlik sanoatini yuqori surʼatlar bilan rivojlanishi raqobatni yuzaga keltirmoqda oqibatda, yangi materiallarga boʻlgan talabning oshishiga sabab boʻlmoqda. Ushbu sohada qoʻllaniladigan metallar - Fe, Al, Cu, Ti qotishmalari, plastmassalar, keramika, kompozit materiallar hajmiy jihatdan koʻp miqdorni tashkil etadi. Ushbu metall qotishmalaridan olingan detallar sirtini nanostrukturali yupqa qoplama bilan qoplash ularning mustahkamligini, qattiqligini, plastikligini, olovbardoshligini, korroziyaga va yeyilishga bardoshligini keskin oshiradi. Rus olimlari tomonidan diametri 6÷50 mm li sterjen va qalinligi 0,8÷2 mm li list koʻrinishidagi 12X18HIOT markali poʻlat sirtini nanostruktura qoplamasi bilan qoplash boʻyicha olib borilgan tadqiqotlari natijasida uning tribotexnik xossalari, korroziyabardoshligi va uzoqqa chidamliligi keskin oshgan. Ushbu detallardan

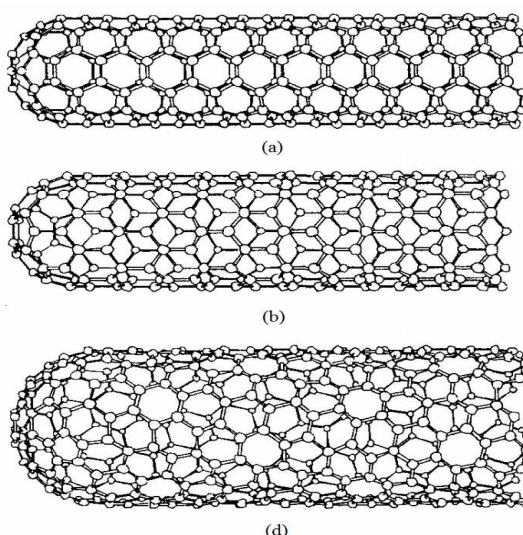
aviakosmik kemalarida, mashinasozlikda, energetikada, qurilishda, yengil sanoat va qayta ishlash sohalarida ishlatish mo'ljallanmoqda. Masalan, podshipnik sirtida Cr, Ti, C ionlari bilan nanostruktura qoplamasi hosil qilinsa uning uzoqqa chidamliligi 2÷3 marta oshadi.

Mashinasozlik sanoatida metallarning nanostrukturaviy xususiyatlarini oshirish orqali quyidagilarga erishish mumkin:

1. Noyob fizik-mexanik xossalarga ega bo'lgan detalning massasini yengillashtirish orqali metall sarfini kamaytirishga;
2. Detalni osonlik bilan ekspluatatsiya qilish orqali harajatlar sarfini kamayishiga;
3. Detallarning ishonchligini va uzoqqa chidamliligini oshishiga;
4. Materiallarga ishlov berishda harajatlarning kamayishiga (Masalan, metallarga bosim ostida yoki kesib ishlov beruvchi asboblarda qo'llanganda);
5. Asboblarning turg'unligini oshishiga.

Nanotexnologiya barcha sohalariga shiddat bilan kirib bormoqda. Bu esa yangidan-yangi materiallarni yaratishga imkon bermoqda

**Uglerodli nanotrubka.** Ugleroddan juda ko'p atomi bo'lgan molekula olish mumkin. Uzunlik bir necha o'n mikron, diametri 1 nm bir qatlamli trubkada  $C \approx 1\ 000\ 000$  atom bo'lishi mumkin(17.10-rasm).



17.10-rasm. Uglerodli nanotrubkalarining turlari:

a) - Y -simon; b) Z -simon; d) X -simon

Trubka yuzasidagi to'g'ri oltiburchakning uchlarida uglerod atomlari joylashgan. Trubka oxiri 6 ta to'g'ri beshburchak bilan yopilgan.



Uch o'ldamli fazoda to'g'ri beshburchak, oltiburcha va yettiburchaklarni kombinitsiyalash orqali turli shakldagi uglerod sirtlarini olish mumkin. Bu nanoqurilmalar geometriyasi, ularning ajoyib fizikaviy hamda kimyoviy xossalarini belgilaydi. Natijada yangi material va ularni ishlab chiqarish texnologiyalari bo'lishi imkonini beradi.

Molekulyar dinamika hisoblari va kvant modellari yordamida uglerod materiallari fizikaviy hamda kimyoviy xossalarini oldindan aytish mumkin.

Bir qatlamli trubkalar yaratish bilan bir qatorda ko'p qatlamli trubkalar yaratish imkoni mavjud. Nanotrubkalarni ishlab chiqarishda maxsus katalizatorlardan foydalaniladi.

Yangi materiallarni avfzalligi nimada? Uchta xossaga to'xtalamiz

Nanotrubkalarni ishlab chiqarishda maxsus katalizatorlardan foydalaniladi.

Yangi nanomateriallarni avfzalligi va xossalariga to'xtalamiz:

Grafit listda uglerod atomlarining o'zaro bog'lanishi, ma'lumlariga nisbatan mustahkamligi eng yuqori. Nuqsonsiz uglerodli trubkalar po'latdan ikki barobar mustahkam va to'rt marta yengildir. Texnologiya oldida turgan asosiy vazifalar biri cheksiz uzunlikga ega bo'lgan uglerod nanotrubkalarini yaratishdir. Bunday trubkalardan yangi asr texnikasi uchun yuqori mustahkam va yengil kompozit materiallar tayyorlash mumkin. Ulardan qurilish va ko'priklar, kuchlanish ta'siridagi detallar, uchish qurilmalari, tutib turuvchi konstruksiyalari, turbina elementlari, kam yoqilg'i sarflab va yuqori tezlikda harakatlanadigan dvigatel bloklari va boshqa sohalarda keng foydalanish mumkin.

Ma'lumki kristall grafitda bo'ylamasiga boshqa materiallarga nisbatan elektr o'tkazuvchanligi, aksincha yonlamasiga kichik. Shu sababli nanotrubkalardan yasalgan kabellar, xona haroratida tok o'tkazuvchanligi mis kabellarga nisbatan 2 marta yuqori bo'lishi kutilyapti. Kerakli miqdorda va uzunlikda nanotrubkalar ishlab chiqarish imkoniyatini beruvchi texnologiyani yaratish bugun zarur masalalardan biri hisoblanadi. Hozirgi kunda diametri 10 nonometr bo'lgan 10 mikron uzunlikdagi nanotrubka yaratilgan (17.10-rasm).

**Yuqori elektr toki o'tkazuvchi nanomateriallar.** Ma'lumki kristall grafitda bo'ylamasiga boshqa materiallarga nisbatan elektr o'tkazuvchanligi, aksincha yonlamasiga kichik. Shu sababli nanotrubbkalaridan yasalgan kabellar, xona haroratida tok o'tkazuvchanligi mis kabellarga nisbatan 2 marta yuqori bo'lishi kutilyapti. Zarur miqdorda va uzunlikda trubkalar ishlab chiqarish imkoniyatini beruvchi texnologiyani yaratish zarur.

**Nanoklasterlar.** Ko'plab nanaobyektlar o'nlab, yuzlab, minglab atomlardan tashkil topgan juda kichik zarralarga kiradi. Klaster xossalari o'sha turdagi makroskopik hajmdagi material xossalaridan tubdan farq qiladi.

Nanoklasterlardan katta qurilish bloklari kabi aniq maqsadga yo'naltirilgan va oldindan xossalari boshqariladigan yangi turdagi materiallar yaratish mumkin. Misol sifatida gaz aralashmalarin ajratish va saqlashda katalitik reaksiyalardan foydalanamiz:  $Zn_4O(BDC)_3(DMF)_8(C_6H_5Cl)$ .

O'tuvchi metallar lantanoid va aktanoid atomlaridan tashkil topgan magnit klasterlari katta qiziqi uyg'otadi. Bu klasterlar o'z magnit momentiga ega, bu esa tashqi magnit maydoni yordamida xossalarini boshqarish imkoniyatini beradi. Bunga yuqori yelkali metallografik molekula misol bo'ladi:  $Mn_{12}O_{12}(CH_3COO)_{16}(H_2O)_4$ . Kvant kompyuterlari protsessorlarini loyihalashda nanomagnitlar katta ahamiyat kasb etadi. Bundan tashqari kvant tizimi tadqiqoti bistabillik va gisterezis hodisasi aniqlandi. Agar molekulalavr orasidagi masofa 10 nanometr ekanligini hisobga olsak, bu tizimda xotira zichlik har kvadrat santimetr ga 10 gegabaytni tashkil etadi.

Nanotexnologiya sanoatda 1994 yildan boshlab qo'llanila boshlagan.

**Nanomateriallar** – bular moddalar va moddalar kompozitsiyasidir, qaysilarki, sun'iy yoki tabiiy tartibga solingan yoki solinmagan nanometrik xarakteristikali o'lchamli bazoviy elimentlar tizimi – sistemasidir. Bularda nanometrik o'lchamli elimentlarni kooperatsiya qilganda (birlashtirganda-yiqqanda) ularni o'zaro fizikaviy va kimyoviy ta'siri alohida (maxsus) namoyon bo'ladi. Bularning hammasi materiallar va sistemalarda ilgari ma'lum bo'lmagan xossalarni paydo bo'lishini ta'minlaydi: mexanik, kimyoviy, elektrofizik, optik, teplofizik va x.k.

Hozirgi paytda nanomateriallarni (molekulyar o'lchamli yoki unga yaqin darajada strukturalashtirilgan) har xil perspektiv-istiqbol usullaridan foydalaniladi. Usullarni 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 ("travleniye") va boshqa usullar bilan ishlash. 2) Nanoobektni-nanomaterialni atomma-atom yoki molekulama-molekula yig'ish. Nanoobektlarni ikki usulda olinadi.

1) **Sun'iy usullar:** olinayotgan nanoobekt xarakteriga qarab har xil usullar qo'llaniladi; fizikaviy, kimyoviy, biologik va boshqalar. Ba'zi xollarda bir nechta birgalikda. Nanoobektlarni o'ta vaakum 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 molekulalarni hamma vaqt energiyasi kam satxga o'tishga intilish prinsipiga asoslangan.

O'z-o'zidan yig'ilishda nanokonstruktor yuzaga yoki oldindan yig'ilgan nanokonstruktoraga ma'lum atomlar yoki molekulalar kiritiladi. So'ngra molekulalar o'zlarini ma'lum holatda tekislaydilar-to'g'rilaydilar, ba'zan kuchsiz bog'lanish hosil qilib, ba'zan kuchli kovalent bog'lanish qilib.

O'z-o'zidan yig'ishning yana bir turi – bu kristallarni o'stirishdir. Kristallarni eritmadan o'stirish mumkin, dastlabki (murtak, xomila) kristalldan foydalanib. Bunda katta emas kristall tarkibida o'zi materiali ko'p bo'lgan muhitga (ko'proq eritmaga) joylashtiriladi. So'ngra bu komponentlarga kichkina kristall yoki murtakka-xomilaga taqlid ("imitatsiya"-o'xshash) qilishga ruxsat qilinadi. Mikrochipplarni yaratishda ishlatiladigan kremniyli bloklar shu tarzda o'stiriladi.

Nanostrukturalarni tabiiy hosil bo'lishi. Bu xodisa ko'proq rudalarni hosil bo'lishiga tegishli. An'anaviy yondoshish bo'yicha kristallanish quyidagi yo'llar bilan amalga oshadi.

-moddolarni kondensatsiyasidagi (energiya yig'ishdagi) hosil bo'lgan parlardan.

-eritmalaridan, ularni sovib-qotishidan.

-eritmaldan, erigan moddani choʻkishi natijasida.

-qattiq holatdagi diffuzion oʻzgarishlaridan.

Bular togʻ jinslarini barchasiga, shu bilan birga oltinga ham tegishli.

## **17.2. Ularning olinish texnologiyalari va qoʻllanilish sohalari**

Nanomateriallarni sanoatda qoʻllanilishi alohida ahamiyatga ega. Bu materiallarning xossalari prinsipial farq qilgani uchun sanoatni koʻp sohalarda ishlatiladi.

Albatta birinchi navbatda nanomateriallarni qoʻllash yuqori mexanik xossali yangi konstruksion materiallarni yaratishga imkon beradi. Nanostrukturali moddadan yasalgan rezkali mahsulot (detal) yuqori mustahkam boʻladi. Masalan avia va avtomobilsozlikda ishlatiladigan titandan yasalgan mahsulot nanostrukturali qilib olinsa, uning chidamliligi uzoq umr koʻrishi (dolgovchnost) 1,5marta oshadi, rezkali yasash mehnat sigʻimi kamayadi.

Nanostrukturali alyuminiy qotishmalaridan murakkab formadagi yengil mahsulotlarni yuqori tezlikda oʻta plastik deformatsiyalab (bosim bilan ishlab) detallar yasash mumkin. Bu sharoitda shtampli barcha teshik, burchak va h.k. lari toʻliq toʻladi, deformatsiya kuchi pasayadi, forma hosil qilish harorati pasayadi (450°C dan 350°C gacha). Hozirda bu usul bilan ichki yonuv dvigateli porshenlari (murakkab formadagi) yasaladi.

Nitridli legirlangan keramik nanostrukturali moddalardan tuzilgan material olovbardosh boʻladi va ulardan ichki yonuv dvigatellar, gaz turbinalari, keskich plastinkalari yasaladi.

Metallurgiyada esa nanomaterialdan yasalgan oʻtga bardosh material-keramika qoʻllaniladi.

Hozirda mashinasozlikda nanokukunlar koʻp funksiyali qoʻshimcha sifatida juda keng qoʻllaniladi: motor, transmissiya va industrial yogʻlarga, plastik moylarga, bosim ostida ishlaydigan jarayonlarda ishlatiladigan texnologik moylarga, metallarni qirqishdagi moylovchi-sovutuvchi suyuqliklarga, sayqallashdagi (dovodogno-pritirichniye) pasta va suspenziyalarga qoʻshiladi.

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 va yelim va h.k. xossalik kompozitsion materiallar olish mumkin. Metallarni nanokukunlari qo'shib yonmaydigan polimerlar olinadi.

Umuman, nanomaterialli qoplamalar bir tekisda, bir xil qalinlikda, bir xil zichlikda yetadi, olovbardosh bo'ladi.

Mercedes Benz konserni 2004 yildan avtomobillar korpusi uchun maxsus lak ishlata boshladi. Maxsus lakga keramik nanokukun qo'shilgan. Bu bilan avtomobil korpusini tirnashga-qirilishga qarshiligi 3 marta oshgan. Maxsus lak berish jarayoni 17.11-rasmda ko'rsatilgan.



17.11-rasm. Avtomobil kuzoviga nanokukunli (zarrachali) himoya qatlami berilishi

Shu tariqa nanomateriallar bilan avtomobil korpusini bikirligini ko'tarib, og'irligini pasaytirish mumkin.

AQShning Yel universiteti olimlariga meditsinada nanomateriallarni (texnologiyani) qo'llashni o'rganishga 6,5 mln. dollar hajmida pul ajratilgan. Olimlar insonlarning tirik to'qimalariga impluatatsiya qilinadigan biometik nanoo'tkazgichni yaratmoqdalar.

Bundan buyon quyosh energiyasidan foydalanish energetika sohasidagi dolzarb masala bo'lib qolaveradi. Nanotexnologiya asosida yaratilgan mis-indiy-

diyeselehid-galliy (MIDG) pilyonkasini fotoelektrik effekti (samaradorligi) hozirgi zamon quyosh elimentlarinikidan 20% ga ko'proq.

Nanomateriallarni olish usullariga bo'lish negizida nanomaterialni sintez bo'lish jarayoni yotadi. Shu nuqtai nazardan olish usullari quyidagi turlarga bo'linadi: mexanikaviy, fizikaviy, kimyoviy va biologik.

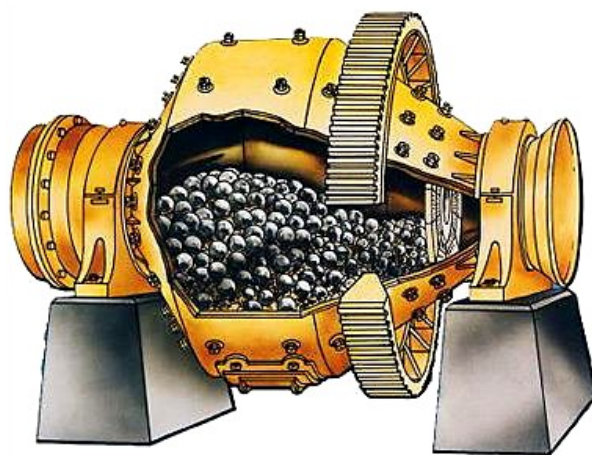
Mexanikaviy usul materiallarga katta deformatsiyalovchi kuch ta'siriga asoslangan: bosim, egish, vibratsiya, ishqalash, kavitatsion jarayonlar va x.k. Fizikaviy usullar asosida fizikaviy o'zgarishlar yotadi: bug'lanish, kondensatsiya, toblash, termotsikllash va boshqalar. Kimyoviy usullar kimyoviy reaksiyalarga asoslangan: elektroliz, qaytarilish, termik parchalanish. Biologik usul oqsil tanachalarida o'tadigan biologik jarayonlarga asoslangan.

***Mayda zarrachalarga bo'lishni (disperlashni) mexanik usullari.***

O'z navbatida bu nanomateriallarni olish usullari quyidagi guruxlarga bo'linadi: mexanikaviy maydalash, shiddat jadal bilan deformatsiyalash, har xil muhitlarni mexanikaviy ta'sirida.

***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 joyiga-nuqtasiga (lokalno) ta'sir qiladi. Kuch impulsli va lokal bo'lganidan kichkina vaqtda nisbatan katta kuch ta'sir qiladi.

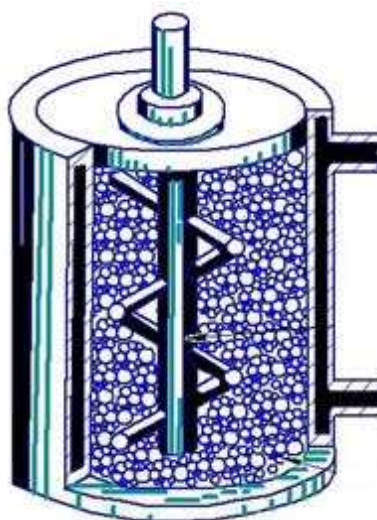
Mexanikaviy maydalash har xil qurilma va moslamalarda olib boriladi: sharli tegirmon, planetar, vibratsiyali, uyurmali, girooskopik, oqimli tegirmonlarda bajariladi., attritorlarli qurilmalarida bajariladi. Tegirmonlarni ichida eng soddasi va keng tarqalgani bu sharli tegirmondur (17.12-rasm).



17.12-rasm. Sharli tegirmonning ko'rinishi

Tegirmon silindr bo'lib, ichida maydalovchi jism bo'ladi: ko'pincha po'lat yoki qattiq qotishmali sharlar. 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 formasi - siniq, g'adir-budir.

Attritorli qurilmalar, sharli tegirmonlarning bir turidir (17.13-rasm).



17.13-rasm. Attritor qurilmasi sxemasi

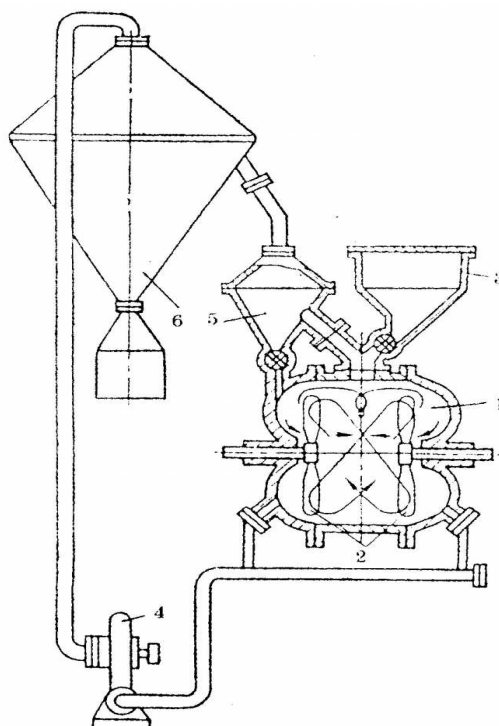
Maydalanuvchi jism qimirlamaydigan baraban ichida bo'ladi. Baraban ichida katta tezlikda (100 ayl/min. va undan yuqori) aralashtiruvchi kuraklar aylanadi. Maydalangan jismlarni sirkulyatsiyasini-aylanishini va maydalanayotgan

materialni maydalanishini (yeyilishini) aralashtiruvchi kurakchalarga qiya oʻrnatilgan taroqlar taʼminlaydi.

Zarrachalar oʻlchami bir tekis. Lozim disperslik sharoviy tegirmonidagiga nisbatan bir necha marta katta boʻladi.

Uyurmali tegirmonlarda asosan bolgʻalangan bosim ostida ishlangan materiallarni nanokukunka aylantirishda qoʻllaniladi. Bu qurilmalarda urilish va ishqalanish kuchlari maydalanayotgan materialni zarrachalarini oʻzaro bir-birlariga urilishlarida hosil boʻladi. Uyurmali tegirmon ish kamerasida bir-biriga qarshi oʻrnatilgan parraklar oʻrnatilgan boʻlib, ular bir-biriga qarshi yoʻnalishda katta tezlikda (3000ayl\min) aylanadi. Lekin albatta bir xil tezlikda (17.14-rasm).

Dastlabki modda bunkerdan girdob oqimiga tushadi-yoʻliqadi. Girdobni parraklar vujudga keltiradi. Girdobda zarrachalar bir-birlari bilan toʻqnashib maydalanadi. Tashuvchi gaz yordamida allaqachon maydalangan zarrachalar ish boʻshligʻidan-kamerasidan olib chiqarilib qabul qiluvchi kameraga yoʻnaltirilib xaydaladi.



17.14-rasm. Uyurmali tegirmon sxemasi.

1-ish kamerasi, 2-parraklar, 3-bunker, 4-nasos, 5-qabul kamerasi,  
6-choʻkuvchi kamera



Bu hajmda yirik zarrachalar hajm tagiga choʻkadi va yana ish kamerasiga qaytariladi hamda qayta maydalanadi. Mayda zarrachalar choʻkuvchi kameraga yoʻnaltiriladi, bu yerdan vaqti-vaqti bilan olib turiladi.

Maydalanayotgan material turiga qarab zarrachalar shishasimon qirrali, bodroqsimon yoki shar formasida boʻlishi mumkin.

Nanokukunlarni olishda eng samarador va mexnat unumi yuqori usul oqimli tegirmondir. Bu usulda juda mayda zarrachalar olinadi. Qisilgan gaz (xavo, azot va x.k.) yoki oʻta qizigan bugʻ oqimi konus naychali teshik orqali ish kamerasiga tovish tezligida ( $V=311 \text{ m\sek}$ ) va undan yuqori tezlikda ham yuboriladi. Yorugʻlik tezligi  $V=3 \cdot 10^8 \text{ m\sek}$ . Ish kamerasida maydalanayotgan katta tezlikdagi girdobga bir-birlariga katta nisbiy (nuqtaviy) kuch bilan bir necha marta(koʻp marta) urilib shiddat bilan qizgʻin yeyilib maydalanadi.

Oqimli tegirmonlarda metallar, keramika, polimerlar va ularning har xil kompozitsiyalari maydalanadi. Moʻrt materiallar va tegirmonlarda yetarli darajada maydalanmagan zarrachalar ham maydalaniladi.

Maydalanayotgan material tabiatiga qarab har xil oʻlchamli zarracha olinadi.

Masalan,  $\text{MoO}_3$  va  $\text{WO}_3$  oksidlaridan 5NM dan kichik nanokukun olish mumkin, temir Fe uchun sharli tegirmonda 10-20NM oʻlchamli zarracha olish mumkin.

Maydalash jarayoni vaqti bir necha soatdan bir necha sutkagacha boʻlishi mumkin.

***Jadal plastik deformatsiya usuli.*** Hajmiy materiallarda nanostrukturani shakllantirish maqsadida deformatsiyalashni maxsus mexanik sxemasi ishlatiladi. Bunday deformatsiya natijasida nisbatan past haroratda katta-koʻp buzilgan struktura olinadi.

Jadal plastik deformatsiyalashga quyidagi deformatsiyalar kiradi:

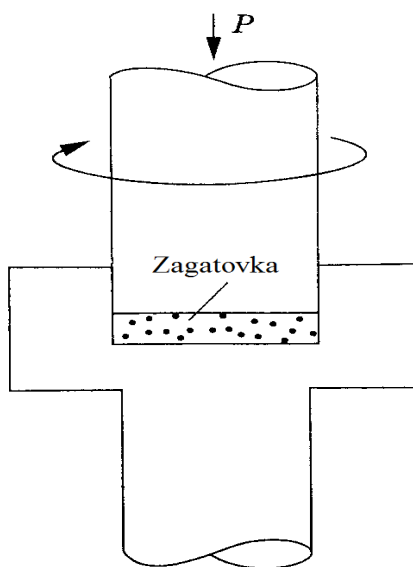
1. Katta bosim ostida burash.
2. Teng kanalli burchakli presslash.
3. Har tomonlama bolgʻalash.
4. Teng kanalli burchakli choʻzish.

5. “Qum soat” usuli.

6. Jadallik bilan sirpanib ishqalash usuli.

Eng ko‘p tarqalgani birinchi ikkinchi usullar.

Katta bosim ostida burashni amalga oshirish uchun namuna disk formasida yasaladi. Namuna-material 2ta puanson orasiga joylashtirilib, katta bosim(bir necha Gpa)bilan qisib turiladi (17.15-rasm)

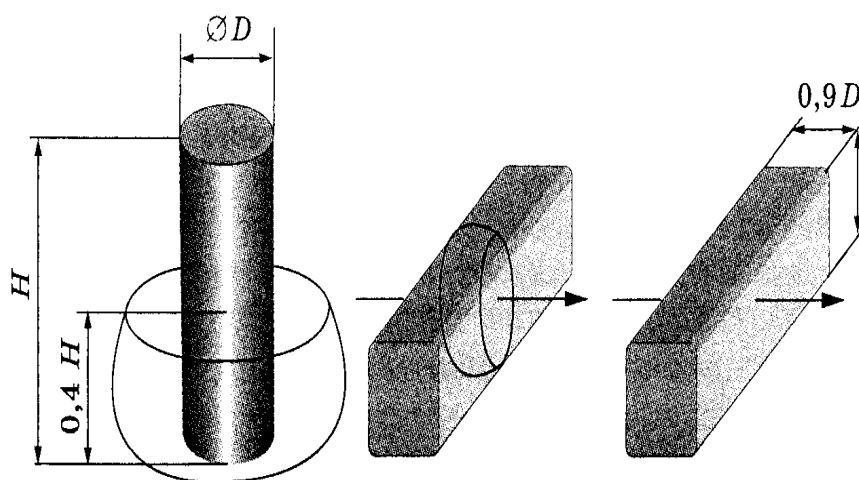


17.15-rasm. Katta bosim ostida burab deformatsiyalash prinsipial sxemasi

Faqat yuqori puanson aylanadi. Bu holda ishqalash kuchlari materialni asosiy hajmini deformatsiyalanishga majbur qiladi. Jarayon uy haroratida ham,  $0,4T_{erish}$  haroratidan pastda ham olib borilishi mumkin.

Disk formasidagi namuna o‘lchamlari:  $D=10-20$  mm, qalinligi  $t=0,2-0,5$  mm. Lozim deformatsiya olish uchun bir necha aylanishni o‘zi kifoya.

Maydalanishi material turiga bog‘liq. Masalan, austenitli po‘lat X18N10T dan 70nm o‘lchamli, Mo, B, N bilan legirlangan po‘latlardan 40-50nm o‘lchamli, kam uglerodli po‘latlardan 100nm o‘lchamli zarrachalar olish mumkin. Katta-og‘ir namunalardan nanostuktura olishda har tomonlama bolg‘alash usuli qo‘llaniladi. Bolg‘alash bir necha martagacha (20martagacha) qayta-qayta bajariladi. Bunda cho‘ktirish-cho‘zish kuchlanish kuchlarini qo‘yish o‘qlari ham almashtirilib turiladi (17.16-rasm).

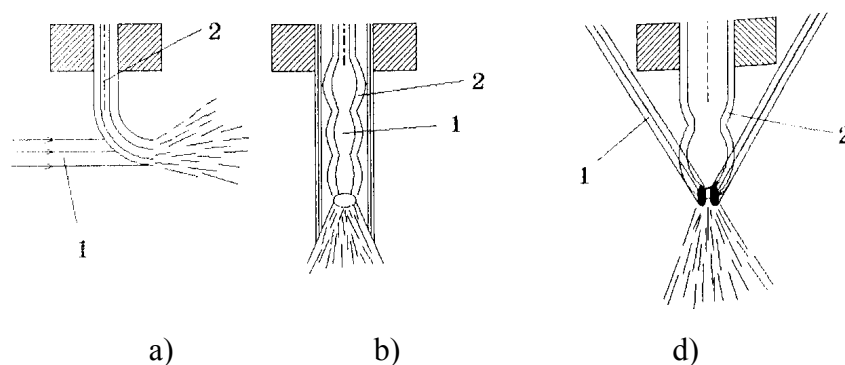


17.16-rasm. Har tomonlama bolg‘alash sxemasi. Deformatsiyalash harorati  $T_{def}=(0,3-0,6)T_{erish}$

**Mayda zarrachalarga bo‘lishni (disperplashni) fizikaviy usullari.**

Maydalashni fizikaviy usuliga quyidagilar kiradi: purkash, bug‘lanish-kondensatsiya (suvga aylanish), vakuum-sublimatsiya jarayonlari, qattiq holatdagi o‘zgarishlar.

**Eritmani purkab nanomaterial olish.** Eng ko‘p tarqalgan usuli-bu eritma oqimini suyuqlik yoki gaz bilan purkashdir. Suyuqlikni ingichka oqimi kameraga uzatiladi, bu yerda qisilgan inert gazi yoki boshqa suyuqlik oqimi bilan purkalanib mayda tomchilarga parchalanadi. Jarayonni prinsipial sxemalari 17.17-rasmda berilgan.



17.17-rasm. Eritma oqimini purkash sxemalari: a) eritma ingichka oqimiga (“struya”) perpendikulyar yo‘nalgan gazoviy oqim; b) o‘q bo‘yicha (bir tomonga yo‘nalgan o‘qlar) gaz oqimi bilan purkash; d) eritma ingichka oqimiga burchak ostida yo‘nalgan gazli oqim; 1- parchalovchi-maydalovchi gaz oqimi; 2-kukun bo‘luvchi (maydalanuvchi) eritma oqimi

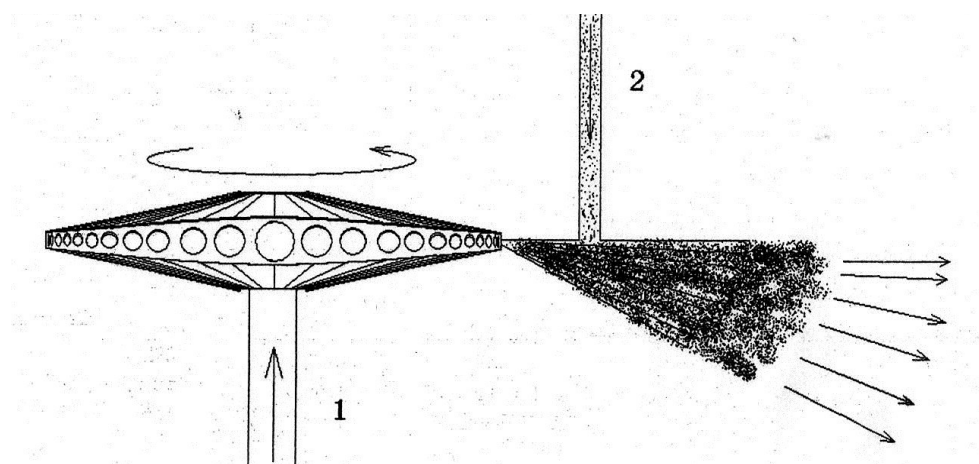
Disperplashni eng ko‘p tarqalgani 17.17-rasm, a) sxemasida keltirilgan bo‘lib, metall oqimi o‘qiga  $90^\circ$  burchakda (perpendikulyar) yo‘nalgan gaz yoki suyuqlik

oqimi bilan maydalashdir. Eritma ingichka oqimni ham o‘q suyri - qattiq tegmaydigan gaz oqimi bilan (17.17-rasm, b) purkalanishi ham mumkin.

Ingichka gaz oqimi eritma oqimi yo‘nalishi o‘qiga ma’lum burchak ostida ham bo‘lishi mumkin. (17.17-rasm, d)

Ishchi gazlar sifatida argon yoki azot, maydalovchi suyuqlik sifatida suv, spirt, atseton, atsetaldegid ishlatiladi.

Metall eritmasini suyuqlik bilan parchalash sxemasi rasm 17.18-rasmda berilgan.



17.18-rasm Metall eritmasini suyuqlik ingichka oqimi bilan purkash usuli: 1-ishchi suyuqlik, 2-suyuq metall ingichka oqimi

Ishchi suyuqlik dumaloq diskdagi teshiklar orqali beriladi, disk esa tezlik bilan aylanadi.

Suyuqlikni 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 va qisilgan par vositasida bajariladi, suyuqlik bilan emas. Zarrachalar o‘lchami 50-100 nm, formasi tomchisimon yoki sferik ko‘rinishda bo‘ladi.

### **Nazorat savollari:**

1. "Nano" so'zining ma'nosi?
2. Nanometr qanday o'lchov birlik?
3. Bir metr necha nonometr?
4. Nanotexnologiya atamasini fanda birinchi bo'lib kim ishlatgan?
5. Skanirlovchi zondli mikroskopni ixtiro qilgan olim nomi?
6. Fulleren haqida nima bilasiz?
7. Fullerit haqida nima bilasiz?
8. Uglerodli nanotrubkalar haqida nima bilasiz?
9. Yuqori elektr toki o'tkazuvchi nanomateriallarni ayting?
10. Nanoklasterlarni nima?
11. Nanomateriallarni olish usullarini bilasizmi?

## GLOSSARIY

**Allotropiya (polimorfizm)**- bir metallning har xil haroratlarda turlicha kristall panjaralar hosil

qila olish xususiyati;

**Antifriksion qotishmalar**- Sirpanish podshibniklari tayyorlash uchun ishlatiladigan alyuminiy- qalay- qo'rg'oshin va rux tizimidagi qotishmalar.

**Amorf jismlar**- atomlari tartibsiz joylashgan jismlar;

**Anizotropiya**- monokristall xossalarning turli kristallografik yo'nalishlarda turlicha bo'lishi;

**Austenit**- uglerodning gamma temirdagi qattiq eritmasi bo'lib, uning tarkibida 800...1147°C haroratda 0,8...2,14 foiz uglerod miqdori bo'ladi

**Azotlash**- po'latlarning yuza qatlamini ammiak muhitida azotga diffuzion usulda to'yintrish jarayoni;

**Bolg'alanuvchanlik**- Metall va qotishmalarning bolg'alash, shtamlash va prokatlash vaqtida o'z shaklini yemirilmay o'zgartira olish xususiyati;

**Bolg'alanuvchan cho'yan**- tarkibidagi erkin uglerod(grafit) bordoqnusha shaklida bo'ladigan cho'yan;

**Borlash**- po'latning yuza qatlamini diffuzion usulda borga to'yintirish jarayoni; **Bronza**- misning ruxdan boshqa elementlar bilan hosil qiladigan qotishmasi nomi; **Deformatsiya**- metallaga biror kuch ta'sir etirilganda geometrik shaklining o'zgarishi;

**Dendrit**- shoxli daraht shaklidagi kristall

**Diffuzion metallash**- yuqori harorat ostida po'lat yuzasiga alyuminiy, xrom, kremniy, bor, titan va b. elementlar atomlarini diffuzion singdirish.

**Duralyumiylar**- Tarkibiga alyuminiy bilan mis, marganits, magniy, rux, kremniy kabi elementlar kiradigan, deformatsiyalar buyumlar tayyorlashga mo'ljallangan alyuminiy qotishmalari;

**Elementar katakcha**- kristall panjaraning eng kichik qismi(bo'lagi)

**Evtektika**- sistemada eng past haroratda suyuqlanadigan (yoki qotadigan) qotishma;

**Faza-** qotishmaning bir-biridan chegara sirtlar bilan ajralib turadigan, bir jinsli qismi;

**Fazaviy panjara-** bir biriga parallel joylashgan bir qancha kristallagrafik tekisliklardan fazaviy panjara hosil bo'ladi;

**Ferrit-** uglerodning al'fa-temirdagi singish qattiq eritmasi;

**Grafit-** bu faza uglerodning shakl o'zgarishlaridan biri bo'lib, u plastinkalar yoki donalar shaklida bo'ladi;

**Haqiqiy kristallanish harorati-** suyuq metallning batamom kristallanib bo'lishiga to'g'ri keladigan harorat;

**Issiqbardosh po'latlar-** yuqori haroratlarda yuk ta'siri ostida bo'ladigan detallar tayyorlash uchun ishlatiladigan po'latlar;

**Karbyurizator-** sementitlash jarayonida po'lat yuzasiga singadigan faol uglerod atomini hosil qilishga hizmat qiladigan qattiq, suyuq va gaz holatdagi moddalar;

**Kesib ishlanuvchallik-** Vaqt birligi ichida yoki ma'lum ish sarf qilinadiganda eng ko'p yunib tushirilgan qiridi og'irligi bilan boxolanadigan miqdor;

**Kristall jismlar-** atomlari kristall panjara hosil qilib tartibli joylashgan jismlar;

**Kristall panjaraning davri (parametri)-** elementar katakchadagi qo'shni ikki atom oralig'idagi masofa; Metallarning birlamchi kristallanishi- metallaning suyuq holatdan qattiq holatga o'tishi;

**Kristallanishning yashirin issiqligi-** metall suyuq holatdan qattiq holatga o'tayotganda ajralib chiqadigan issiqlik;

**Kimyoviy birikmalar-** birlamchi kristallanish jarayonida komponentlarining o'zaro kimyoviy reaksiyaga kirishuvi natijasida hosil bo'lgan qotishmalar;

**Komponent-** qotishmani tashkil etuvchi elementlarning har biri;

**Kulrang cho'yan-** tarkibidagi erkin uglerod (grafit) plastinkasimon tarzda uchraydigan ho'yan;

**Ledeburit-1147 ° C** dan 727°C gacha semintit bilan austinitning 727°C dan uy xaroratigacha semintit bilan perlitning mexanikaviy aralashmasi;

**Legirlangan po'latlar-** tarkibida ataylab qo'shilgan elementlar (masalan, xrom, nikel, molibden, vol'fram, vanadiy va b ) yoki ortiqcharoq miqdorda doimiy qo'shimchalar bo'lgan po'latlar

**Likvidus nuqtasi-** qotishmaning kristallanaboshlash haroratini ko'rsatuvchi nuqta;

**Martensit-** austinetni taxminan 240°C gacha sovitganda xosil bo'ladigan, uglerodning alfa temirdagi o'ta to'yingan qattiq eritmasidan iborat, juda qattiq va mo'rt struktura

**Metallarning mexanik xossalari-** tashqi kuchlar ta'siri ostida metallaning o'zini tutushini belgilaydigan tavsiflar;

**Metallning puxtaligi-** metallning deformatsiyaga ko'rsatadigan qarshiligi;

**Metallarni qizdirib bosim ostida ishlash-** metallarni rekristallanish haroratidan yuqori haroratlarda deformatsiyalash;

**Metallarni sovuqlayin bosim ostida ishlash-** metallarni rekristallanish haroratida past haroratlarda deformatsiyalash;

**Metallning sovish egri chiqig'i-** metallning sovish jarayonida uning issiqligining o'zgarishini ko'rsatadigan grafik tasvir;

**Metall donalari-** (yoki kristallitlari)- muntazam geometrik shakli buzilgan kristallitlar;

**Metal va qotishmalarning qattiqligi-** Metall yoki qotishmalarning o'zidan qattiqroq jisimning botishiga qarshilik ko'rsata olish xossasi;

**Metall va qotishmalarning texnologik xossalari-** Metallarni texnologik ishlash, ya'ni yuqish, bolg'alash, payvadlash, kesib ishlash uchun yaroqlilik darajasini ko'rsatuvchi xossalari (kirishuvchilik, suyuq holatda oquvchallik, bolg'alanuvchallik, kesib ishlanuvchallik va b.)

**Mexanik aralashmalar-** komponentlari suyuq holatda bir-birida eriydigan, qattiq holatda erimaydigan va o'zaro kimyoviy birikma hosil qilmaydigan qotishmalar;



**Mikrstruktura-** mikroshlif mikroskop ostiga qo'yib qaralganda ko'rinadigan struktura

**Mikroshlif-** mikroskop ostida kuzatish uchun mahsus ishlov berib tayyorlangan metall namunasi;

**Mineralokeramik qattiq qotishmalar-** o'z tarkibida alyuminiy oksidi ( $Al_2O_3$ ) bo'lgan mineral materialni preslash va pishirish yuli bilan olinadigan materiallar.

**Modifikatorlar-** suyuq metalga mayda donalar hosil qilish uchun qo'shiladigan moddalar (zarralar)

**Monokristall-** atomlarning muayyan tartibda joylashuvi natijasida hosil bo'lgan geometrik jihatdan muntazam shakldagi jism;

**Naklyop-** metalning plastik deformatsiya natijasida puxtaligi va qattiqligi ortib, plastikligini kamayish hodisasi;

**Olovbardosh po'latlar-**yuqori ( $550^{\circ}C$  dan baland) haroratlarda gazlar ta'siri ostida emirilmaydigan po'latlar;

**Oq cho'yan-** tarbidaga uglerod temir bilan kimyoviy birikma (sementit) hosil qilgan, qattiq va mo'rt cho'yan;

**Payvandlanuvchanlik-** Metall va qotishmalarning payvandlashda puxta va zich birikma xosil qila olish xususiyati;

**Perlit-** freeit bilan semintetning mayin mexanikaviy aralashmasi;

**Plastiklik-** metalning ma'lum sharoitda tashqi kuchlar ta'sirida yemirilmay o'z shaklini asliga qaytmaydigan tarzda o'zgartira olish xususiyati;

**Plastmassalar-** organik polimer bog'lovchilar asosida olinadigan sun'iy materiallar.

**Polikristall-** har xil tarzda joylashgan monokristallar majmui;

**Po'latni yumshatish-** po'latni ma'lum haroratgacha qizdirib, shu haroratga zarur payt tutib turilgandan keyin sekin sovitish jarayoni;

**Po'latni normallash-** evtektoiddan oldingi po'latlarni  $Ac_3$  nuqtadan, evtektoiddan keyingi po'latlarni  $Ac_m$  nuqtadan  $30...50^{\circ}C$  yuqori haroratgacha

qizdirib, shu haroratda po'lat strukturasi nuqul austinitdan iborat bo'lguncha tutib turilgandan keyin havoda sovitish jarayoni;

**Po'latni toblash-** po'latni  $Ac_3$  va  $Ac_1$  haroratlardan yuqori haroratlargacha qizdirib, po'lat strukturasi zarur o'zgarishlar bo'lguncha tutib turilgandan keyin tez sovitish jarayoni;

**Po'latning toblanuvchaligi-** toblash natijasida po'latning o'z qattiqligini oshira olish xususiyati;

**Po'latni bo'shatish-** toblanagan po'latni  $Ac_1$  kritik nuqtadan past haroratlargacha qizdirib, shu haroratlarda ma'lum vaqt tutib turilgandan keyin sekin yoki tez sovitish jarayoni;

**Po'latga kimyoviy –termik ishlov berish-** po'latning yuza qtlamining tarkibi, strukturasi va xossalari o'zgartirish maqsadida har xil elementlar (uglerod, azot, bor va b) bilan to'yintirish jarayoni;)

**Puxtaligi yuqori bo'lgan cho'yan-** tarkibidagi erkin uglerod (grafit) sharsimon shaklda mavjud bo'ladigan cho'yan;

**Qattiq eritmalar-** qotishmaning bir komponenti atomlarining ikkinchi komponent kristall panjarasiga singishi yoki o'rin almashishi natijasida hosil bo'ladigan turi;

**Qattiq qotishmalar-** tarkibi juda mayda volframkorbida va kobalt elementi aralashmalaridan iborat bo'lgan, qattiqligi va ishqalanib yemirilishga chidamliligi yuqori darajada bo'lgan materiallar.

**Qoldiq austenit** – tarkibida uglerod miqdori kuproq bo'lgan po'latlar tez sovitilganda martensitga aylanmay qolgan austenit;

**Qora metallar-** asosan temir, hamda uning qotishmalari (cho'yanlar, po'latlar)

**Qotishma-** ikki yoki undan ortiq elementlarni birga suyuqlantirish orqali hosil qilinadigan jism;

**Qotishmalarning holat diaagrammalari-** qotishmalar holatining harorat va konsentratsiyaga qarab o'zgarishini ko'rsatuvchi diagramma;

**Quyma qattiq qotishmalar-** detallarning tez yeyiladigan ish yuzalariga gaz alangasi yoki elektr-yoyi yordamida suyuqlantirilib qoplanadigan materiallar.

**Rekristallanish-** naklyoplangan metall yuqori haroratda qizdirilganda shu metall xossalariining tiklanish jarayoni;

**Rangli metallar-** temirdan boshqa barcha metallar guruhi (mis, rux, alyuminiy va b )

**Sementit-** po'lat va cho'yanlarda uchraydigan temir karbidi

**Sementitlash-** po'lat yuzasini uglerod bilan boyitish jarayoni;

**Sianlash-**po'lat yuzasini bir vaqtning o'zida uglerod va azot bilan to'yintish jarayoni;

**Sistema-** qotishmalar sistema deb ham ataladi;

**Siluminlar-** tarkibi, asosan, alyuminiy va kremniydan iborat bo'lgan murakkab shakildor quyma detallar tayyorlashga mo'ljallangan qotishmalar.

**Solidus nuqtasi-** qotishmaning batamom kristallanib bo'lish haroratini ko'rsatuvchi nuqta;

**Sorbit-** austinitni 630°C gacha o'ta sovitib, shu haroratda tutib turilganda hosil bo'ladigan mayday donali, qattiqligi yuqori bo'lgan ferrit- sementit aralashmasi;

**Termik ishlash-** qotishmalarni ma'lum haroratlargacha qizdirish, shu haroratlarda ma'lum vaqt tutib turish, so'ngra esa ma'lum tezlik bilan sovitish yo'li bilan uning tuzilishini (strukturasini) va xossalariini o'zgartirish jarayoni;

**Termoelektrik pirometr-** termik analiz vaqtida metallarning haroratini o'lchashda ishlatiladigan asbob;

**Tezkesar po'lat-** Metallarga yuqori tezlik bilan og'ir shaaroitlarda kesib ishlov berish asboblari tayyorlash uchun ishlatiladigan, tarkibida volfram, molibden kabi utka chidamli metallar mavjud bo'lgan po'lat;

**Troostit-** austinit tahminan 500°C gacha sovitilib, shu haroratda tutib turilganda hosil bo'ladigan, maydaligi va qattiqligi sorbitnikidan ham yuqoriroq bo'lgan ferrit-sementit aralashmasi;

**Toblashda sovitishning kritik tezligi-** po'latda martensit strukturasi hosil qilishga imkon beradigan eng kichik sovitish tezligi;

**Uglerodli asbobsozlik po'latlari** - turli kesim, o'lchov asboblari va shtamplar tayyorlash uchun ishlatiladigan sifatli va yuqori sifatli po'latlar

**Vakansiya-** metall kristall panjarasidagi atomlardan bo'sh bo'lgan tugunlar;  
**Zanglamas po'latlar-** elektrokimyoviy korroziyaga chidamli po'latlar, uglerodli po'lat tarkibiga legirlovchi elementlarni qo'shish yo'li bilan hosil qilinadi

**O'ta sovish darajasi-** metalning muvozanat harorati bilan haqiqiy kristallanish harorati orasidagi ayirma;

**Shatmlar uchun po'latlar-** Po'latlarni sovuq xolatda va qizdirilgan xolatda diformatsiyalovchi asboblar (shtamplar) tayyorlash uchun ishlatiladigan yuqori xaroratga chidamli asboblar;

**Cho'yan-** tarkibida 2,14...6,67 % uglerodi bo'lgan temir –uglerod qotishmasi

**Cho'yanning grafitlanishi-** harorat ta'siri ostida oq cho'yan tarkibidagi kimyoviy birikkan ugleodning erkin (grafit) holatda ajralib chiqish jarayoni;

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. F.R.Norxudjayev. Materialshunoslik. -T., "Fan va texnologiya", 2014.
2. E.A.Umarov. Materialshunoslik. -T., "Cho'lon nomidagi NMII", 2014.
3. I.Nosir. Materialshunoslik. -T., "O'zbekiston", 2002.
4. William D. Callister, Jr. David G. Rethwisch. Materials science and engineering an introduction. 8<sup>th</sup> edition. USA. 2009.
5. J.W.Martin. Materials for engineering. 3<sup>th</sup> edition. Woodhead publishing limited, USA, 2006.
6. A.S. To'raxonov. Metallshunoslik va termik ishlash – «O'qituvchi», 1976.
7. Ilhom Nosir. Materialshunoslik – T., «O'zbekiston», 2001.
8. Материаловедение (под ред. Арзамасова Н. С.) – М., МГТУ им. А. Э. Бауманаа, 2002.
9. А.П.Гуляев. Металловедение. –М., «Машиностроение», 1986.
10. А.А. Мухамедов, Э.В. Абдуллаев, С.М. Шомахсудов, М.М. Мирсолиев, С.У. Алимов, Ю.Р. Ярмухамедов. Материалшunoslik фанидан лаборатория ишларини бажариш. –Т.: ТошДУ, 1990.
11. А.А.Черепяхин. Материаловедение. Учебник. Издательский центр «Академия», 2004 - 256 с.
12. С.Н.Колесов. Материаловедение и технологии конструкционных материалов. 2004 -351 с.

## MUNDARIJA

<b>Kirish</b>	4
<b>I-Bob. Kirish. "Materialshunoslik" fanini o'rganishdan maqsad va vazifalari.</b>	5
1.1. Mashinasozlik materiallarga qo'yiladigan talablar.....	5
1.2. "Materialshunoslik" fanining sanoatdagi o'rni.....	7
1.3. Metallar va nometallar to'g'risida umumiy ma'lumotlar.....	11
<b>II Bob. Metallarning ichki tuzilishi.</b>	16
2.1. Kristall panjaraning turlari.....	16
2.2. Materiallarning polimorf va allotropiya xususiyatlari.....	18
2.3. Haqiqiy kristallarning ichki tuzilishi.....	21
2.4. Kristall panjaradagi nuqsonlar.....	24
2.5. Kristallanish jarayonining mexanizmi va kinetikasi.....	28
2.6. Po'lat quymalarning ichki tuzilishi.....	34
2.7. Metallarda polimorf o'zgarishlar.....	37
<b>III Bob. Qotishmalarning turlari.</b>	39
3.1. Qotishmalarning turlari.....	39
3.2. Fazalar qoidasi.....	40
3.3. Kimyoviy birikma, mexanik aralashma, qattiq qotishma	42
<b>IV Bob Plastik deformatsiya</b>	52
4.1. Plastik deformatsiya.Elastik deformatsiya.....	52
4.2. Puxtalanish.....	60
4.3. Qizdirishning deformatsiyalangan metallning ichki tuzilishi va xossalari ta'siri.....	63
4.4. Birlamchi, yig'ilish va ikkilamchi qayta kristallanish.....	64
<b>V Bob. Metall va qotishmalarning xossalari.</b>	68
5.1. Metall va qotishmalarning fizik, kimyoviy, mexanik, elektrik, magnit, optik, issiq-fizikaviy va texnologik xossalari.....	68
<b>VI Bob. Metall va qotishmalarning mexanik xossalari</b>	74
6.1. Mustahkamlik, qattqlik, zarbiy qovushqoqlik, ishqalanib yeyilishga qarshilik.....	74
<b>VII Bob. Temir va uning qotishmalari.</b>	88
7.1. Temir – uglerod holat diagrammasi.....	88
7.2. Po'lat, cho'yanlarning komponentlari, fazalari va strukturasi tashkil qiluvchilar, ularning hosil bo'lish sharoitlari, xossalari va ta'riflari.....	90
<b>VIII Bob. Uglerodli po'latlar va cho'yanlar.</b>	94
8.1. Uglerod va boshqa doimiy qo'shimchalarning po'latning	94

xossalariga ta'siri.....	96
8.2. Uglerodli po'latlar, turlari va markalanishi.....	96
8.3. Cho'yanlar, ularning turlari, tarkibi, tuzilishi, ishlatilishi va markalanishi.....	101
<b>IX Bob. Po'lat va boshqa qotishmalarga termik ishlov berish texnologiyasi .</b>	
9.1. Po'latni yumshatish va normallashtirish. To'la yumshatish. Chala yumshatish, sferoidlash. Yumshatishdan maqsad.....	108
9.2. Po'latni normallashtirish. Normallashtirishning po'latning ichki tuzilishi va xossalariga ta'siri.....	116
9.3. Po'latni toblash. ....	116
9.4. Po'latni bo'shatish. Bo'shatishni po'latning mexanik xossalariga ta'siri.....	119
<b>X Bob. Po'latlarga kimyoviy–termik ishlov berish.</b>	
10.1. Po'latni sementatsiyalash.....	122
10.2. Po'latni azotlash. Azotlashni qo'llash joylari.....	125
10.3. Po'latni nitrosegmentatsiyalash va sianlash.....	126
10.4. Diffuzion metallash.....	127
10.5. Termo-mexanik ishlov berish.....	129
<b>XI Bob. Legirlangan maxsus po'latlar.</b>	
11.1. Legirlangan po'latlar .....	132
11.2. Po'latni ratsional legirlash va legirlovchi elementlarning ahamiyati .	134
11.3. Legirlangan po'latlar tasnifi. Legirlangan konstruksion po'latlar. Konstruksion po'latlarga qo'yiladigan talablar.....	134
11.4. Sovuq holda shtamplangan yupqa po'latlar, avtomat po'latlar ...	135
11.5. Kam legirlangan mashinasozlik va qurilish po'latlari .....	136
11.6. Prujinali po'latlar.....	138
11.7. Sharikopodshipnikli po'latlar va ularni termik ishlash.....	139
11.8. Yeyilishga chidamli po'latlar. Juda puxta po'latlar.....	140
11.9. Korroziyagabardosh va olovbardosh po'latlar va qotishmalar .....	146
11.10. Xromli zanglamas po'latlar.....	147
<b>XII Bob. Asbobsozlik po'latlari va qotishmalar.</b>	
12.1. Asbobsozlik po'latlarining tasnifi va markalanishi.....	150
12.2. Asbobsozlik po'latlariga qo'yiladigan talablar.....	151
12.3. Qizishga bardoshli, yuqori qattiqlikka ega bo'lgan asbobsozlik po'latlar va ularni termik ishlash. Qovushqoqligi yuqori bo'lgan qizishga bardoshli po'latlar.....	152
12.4. Qattiq qotishmalar.....	154
12.5. Kesuvchi asboblari uchun ishlatiladigan po'latlar. O'lchash asboblari uchun po'latlar. Sovuq holda deformatsiyalanadigan	157

shtamplar uchun po'latlar.....	158
12.6. Qiziydigan shtamp uchun po'latlari.....	158
<b>XII Bob. Rangli metallar va qotishmalar.</b>	160
13.1. Titan va uning qotishmalari Alyuminiy va uning qotishmalari ...	160
13.2 Legirlovchi elementlarning titanning strukturasi va xossalariga ta'siri .....	160
13.3 Titan qotishmalari, ularning xossalari va ishlatilish joylari .....	161
13.4 Titan va uning qotishmalarini termik ishlash.....	163
13.5 Alyuminiy va uning qotishmalari.....	165
13.6. Quyma alyuminiy qotishmalari. Deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalar.....	171
13.7. Dyuralyumiylar. Alyuminiy qotishmalarini korroziyadan muhofaza qilish.....	173
13.8. Alyuminiyli podshipnikbop qotishmalar.....	174
<b>XIV Bob. Magniy va mis qotishmalari.</b>	176
14.1. Magniy va uning qotishmalari.....	176
14.1.1 Quyma magniy qotishmalari.....	176
14.1.2 Magniyli qotishmalarni termik ishlash.....	177
14.1.3 Magniyli qotishmalarni korroziyadan muhofaza qilish.....	178
14.2. Mis va ularning qotishmalari.....	179
14.2.1 Mis va uning xossalari.....	179
14.2.2 Latunlar, ularning markalanishi, xossalari va qo'llanilishi	180
14.2.3 Deformatsiyalanadigan va quyma bronzalar. Qalayli, alyuminiyli, kremniyli, marganesli va berilliylil bronozalar.....	182
14.2.4 Bronzaning tarkibi, xossalari, ularning markalanishi va qo'llanilish joylari.....	184
<b>XV Bob. Nometall materiallar va ularning qo'llanilishi</b>	185
15.1. Organik shisha, grafit, rezina, kauchuk, lak-bo'yoq materiallar, kleylar, germetiklar va ularning tarkibi, ichki tuzilishi va xossalari .	185
15.2. Polimer materiallarning xususiyatalari, xossalari, ularning nazariy asoslari va tasnifi.....	198
15.3. Plastmassalar, tasnifi va qo'llanilish sohalari.....	211
<b>XVI Bob. Kompozitsion materiallar.</b>	214
16.1. Kompozitsion materiallar haqida umumiy ma'lumotlar.....	214
16.2 Ularni olish, tarkibi, tuzilishi, xossasi va ishlatilish sohasi.....	216
<b>XVII Bob. Nanotexnologiya asosida olingan materiallar</b>	229
17.1. <b>Nanotexnologiya asosida olingan materiallar.</b> Tarkibi, tuzilishi, xossalari.....	229
17.2. Ularni olinish texnologiyalari va qo'llanilish sohalari.....	242



<b>GLOSSARIY</b>	252
<b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....</b>	259

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение.</b>	4
<b>Глава I. Введение. Цели и задачи изучения дисциплины «Материаловедение».</b>	5
1.1. Требования к материалам машиностроения.....	5
1.2. Роль материаловедения в промышленности.....	7
1.3. Общие сведения о металлах и неметаллах.....	11
<b>Глава II. Внутреннее строение металлов..</b>	16
2.1. Типы кристаллической решетки.....	16
2.2. Полиморфные и аллотропные свойства материалов.....	18
2.3. Внутреннее строение реальных кристаллов.....	21
2.4. Дефекты кристаллической решетки.....	24
2.5. Механизм и кинетика процесса кристаллизации .....	28
2.6. Внутренняя структура стальных отливок .....	34
2.7. Полиморфные изменения металлов .....	37
<b>Глава III. Типы сплавов.</b>	39
3.1. Типы сплавов .....	39
3.2. Правило фаз.....	40
3.3. Химическое соединение, механический сплав, твердый сплав	42
<b>Глава IV. Пластическая деформация</b>	52
4.1. Пластическая деформация. Упругая деформация. ....	52
4.2. Уточнение .....	60
4.3. Влияние нагрева на внутреннюю структуру и свойства деформируемого металла .....	63
4.4. Первичная, накопительная и вторичная рекристаллизация .....	64
<b>Глава V. Свойства металлов и сплавов.</b>	68
5.1. Физические, химические, механические, электрические, магнитные, оптические, теплофизические и технологические свойства металлов и сплавов.....	68
<b>Глава VI. Механические свойства металлов и сплавов</b>	74
6.1. Прочность, твердость, ударная вязкость, устойчивость к трению.	74
<b>Глава VII. Железо и его сплавы.</b>	88
7.1. Диаграмма состояния железо-углерод .....	88
7.2. Компоненты, фазы и структура стали, чугуна, условия их образования, свойства и определения. ....	90
<b>Глава VIII. Углеродистые стали и чугун.</b>	94
8.1. Влияние углерода и других постоянных добавок на свойства стали.....	94
8.2. Углеродистые стали, типы и маркировка.....	96
8.3. Чугун, его виды, состав, строение, применение и маркировка.....	101
<b>Глава IX. Технология термообработки стали и других</b>	108

<b>сплавов.</b>	
9.1. Отжиг и нормализация стали. Полное отжиг. Частичное отжиг, сфероидизация. Цель отжиг.....	108
9.2. Нормализация стали. Влияние нормализации на внутреннюю структуру и свойства стали.....	116
9.3. Закалка стали. Температура нагрева для закалка. Нагревательные среды и время. Нагрев углеродистых и легированных сталей. Охлаждающие среды и их требования....	116
9.4. Отпуск сталей. Влияние отпуска на механические свойства стали .....	119
<b>Глава X. Химико термическая обработка сталей.</b>	
10.1. Цементация стали.....	122
10.2. Азотирование стали. Применение области азотирования.....	125
10.3. Нитроцементация и цианирование стали.....	126
10.4. Диффузионная металлизация.....	127
10.5. Термо-механическая обработка.....	129
<b>Глава XI. Легированные специальные стали.</b>	
11.1. Легированные стали .....	132
11.2. Рациональное легирование стали и важность легирующих элементов .....	134
11.3. Классификация легированных сталей. Легированные конструкционные стали. Требования к конструкционным сталям	134
11.4. Холодноштампованные тонкие стали, автоматические стали ...	135
11.5. Низколегированные конструкционные и строительные стали ....	136
11.6. Пружинные стали .....	138
11.7. Шарико-подшипниковые стали и их термообработка .....	139
11.8. Износостойкие стали. ....	140
11.9. Коррозионно-стойкие и тугоплавкие стали и сплавы .....	146
11.10. Хромированная нержавеющая сталь .....	147
<b>Глава XII. Инструментальные стали и сплавы.</b>	
12.1. Классификация и маркировка инструментальных сталей.....	150
12.2. Требования к инструментальным сталям.....	151
12.3. Инструментальные жаропрочные, высокопрочные стали и их термическая обработка. Жаропрочные стали с высокой вязкостью.....	152
12.4. Твердые сплавы.....	154
12.5. Сталь, используемая для режущего инструмента. Стали для средств измерений. Стали для штампов холодной деформации .	157
12.6. Стали для горячих сталей. Способы выбора инструментальных	158

сталей .....	160
<b>Глава XII. Цветные металлы и сплавы.</b>	<b>160</b>
13.1. Титан и его сплавы	160
13.2. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства титана.	
Меди и его сплавов.....	160
13.3. Титановые сплавы, их свойства и применение.....	161
13.4. Термическая обработка титана и его сплавов.....	163
13.5. Алюминий и его сплавы.....	165
13.6. Литейные алюминиевые сплавы. Деформируемые алюминиевые сплавы .....	171
13.7. Дюралюминиевые сплавы. Защита от коррозии алюминиевых сплавов .....	173
13.8. Подшипниковые алюминиевые сплавы .....	174
<b>Глава XIV. Магниевые и медные сплавы.</b>	<b>176</b>
14.1. Магний и его сплавы.....	176
14.1.1 Литейные магниевые сплавы.....	176
14.1.2 Термическая обработка магниевых сплавов.....	177
14.1.3 Защита от коррозии магниевых сплавов.....	178
14.2. Медь и их сплавы.....	179
14.2.1 Медь и ее свойства .....	179
14.2.2 Латунь, их маркировка, свойства и применение.....	180
14.2.3 Деформируемая и литая бронза. Бронза с оловом, алюминием, кремнием, марганцем и бериллием .....	182
14.2.4 Состав, свойства, маркировка и применение бронзы. ....	184
<b>Глава XV. Неметаллические материалы и их применение.</b>	<b>185</b>
15.1. Органическое стекло, графит, резина, каучук, лако-красочные материалы, клеи, герметики и их состав, внутренняя структура и свойства .....	185
15.2. Свойства, свойства полимерных материалов, их теоретические основы и классификация.....	198
15.3. Пластмассы, классификация и области применение.....	211
<b>Глава XVI. Композиционные материалы.</b>	<b>214</b>
16.1. Общие сведения о композитных материалах .....	214
16.2. Их производство, состав, строение, свойства и область применения.....	216
<b>Глава XVII. Материалы на основе нанотехнологий</b>	<b>229</b>
17.1. Материалы на основе нанотехнологий. Состав, структура, свойства.....	229
17.2. Их производственные технологии и области применения.....	242
<b>Глоссарий</b>	<b>252</b>

<b>Использованная литература.....</b>	<b>259</b>
---------------------------------------	------------

## CONTENTS

<b>Introduction</b>	4
<b>Chapter I. Goals and objectives and study discipline "Materials Science"</b> .....	5
1.1. Requirements for materials of mechanical engineering.....	5
1.2. The role of materials science in industry.....	7
1.3. General information about metals and non-metals.....	11
<b>Chapter II. The inner structure of metals</b>	16
2.1. Crystal lattice types.....	16
2.2. Polymorphic and allotropic properties of materials .....	18
2.3. Internal structure of real crystals .....	21
2.4. Crystal lattice defects .....	24
2.5. Mechanism and kinetics of the crystallization process .....	28
2.6. Internal structure of steel castings .....	34
2.7. Polymorphic changes in metals .....	37
<b>Chapter III.Types of alloys.</b>	39
3.1. Types of alloys .....	39
3.2. Phase rule .....	40
3.3. Chemical compound, mechanical mixture, carbide	42
<b>Chapter IV.Plastic deformation</b>	52
4.1. Plastic deformation.Elastic deformation. ....	52
4.2. Clarification .....	60
4.3. Influence of heating on the internal structure and properties of the deformed metal.....	63
4.4. Primary, cumulative and secondary recrystallization .....	64
<b>Chapter V. Properties of metals and alloys.</b>	68
5.1. Physical, chemical, mechanical, electrical, magnetic, optical, thermophysical and technological properties of metals and alloys.....	68
<b>Chapter VI. Mechanical properties of metals and alloys</b>	74
6.1. Strength, hardness, impact strength, abrasion resistance.	74
<b>Chapter VII. Iron and its alloys.</b>	88
7.1. Iron-carbon state diagram.....	88
7.2. Components, phases and structure of steel, cast iron, conditions of their formation, properties and definitions. ....	90
<b>Chapter VIII. Carbon steels and cast iron.</b>	94
8.1. Effect of Carbon and Other Permanent Additives on Steel Properties.....	94
8.2. Carbon steels, types and markings.....	96
8.3. Cast iron, its types, composition, structure, application and marking..	101
<b>Chapter IX.Heat treatment technology for steel and other alloys.</b>	108

9.1.	Annealing and normalization of steel. Complete annealing. Partial annealing, spheroidization. Purpose annealing.....	108
9.2.	Normalization of steel. Effect of normalization on the internal structure and properties of steel.....	116
9.3.	Hardening steel. Heating temperature for hardening. Heating environments and time. Heating carbon and alloyed steels. Cooling environments and their requirements.....	116
9.4.	Tempering steel Effect of tempering on the mechanical properties of steel .....	119
	<b>Chapter X. Chemical heat treatment of steels.</b>	122
10.1.	Steel hardening.....	122
10.2.	Steel nitriding. Nitriding field application.....	125
10.3.	Nitrocarburizing and cyanidation of steel.....	126
10.4.	Diffusion metallization.....	127
10.5.	Thermo-mechanical treatment.....	129
	<b>Chapter XI. Alloyed special steels.</b>	132
11.1.	Alloy steels .....	132
11.2.	Rational alloying of steel and the importance of alloying elements ..	134
11.3.	Classification of alloy steels. Alloyed structural steels. Requirements for structural steels.....	134
11.4.	Cold formed thin steels, automatic steels.....	135
11.5.	Low-alloy structural and construction steels .....	136
11.6.	Spring steels.....	138
11.7.	Ball bearing steels and their heat treatment .....	139
11.8.	Wear resistant steels. ....	140
11.9.	Corrosion-resistant and refractory steels and alloys.....	146
11.10.	Chrome plated stainless steel .....	147
	<b>Chapter XII. Tool steels and alloys.</b>	150
12.1.	Classification and marking of tool steels.....	150
12.2.	Requirements for tool steels.....	151
12.3.	Tool heat-resistant, high-strength steels and their heat treatment. Heat resistant steels with high toughness.....	152
12.4.	Hard alloys.....	154
12.5.	Steel used for cutting tools. Steel for measuring instruments. Steel for cold deformation dies.....	157
12.6.	Steel for hot steels. Methods for selecting tool steels .....	158
	<b>Chapter XII. Non-ferrous metals and alloys.</b>	160
13.1.	Titanium and its alloys Aluminum and its alloys.....	160
13.2.	Influence of alloying elements on the structure and properties of titanium. Copper and its alloys.....	160

13.3	Titanium alloys, their properties and applications.....	161
13.4	Heat treatment of titanium and its alloys .....	163
13.5	Aluminum and its alloys.....	165
13.6.	Casting aluminum alloys. Wrought aluminum alloys.....	171
13.7.	Dural alloys. Corrosion protection of aluminum alloys.....	173
13.8.	Bearing aluminum alloys.....	174
	<b>Chapter XIV. Magnesium and copper alloys.</b>	176
14.1.	Magnesium and its alloys.....	176
14.1.1	Casting magnesium alloys.....	176
14.1.2	Heat treatment of magnesium alloys.....	177
14.1.3	Corrosion protection of magnesium alloys.....	178
14.2.	Copper and their alloys.....	179
14.2.1	Copper and its properties.....	179
14.2.2	Brass, their marking, properties and application.....	180
14.2.3	Wrought and cast bronze. Bronze with tin, aluminum, silicon, manganese and beryllium.....	182
14.2.4	Composition, properties, marking and application of bronze. ....	184
	<b>Chapter XV. Non-metallic materials and their applications.</b>	185
15.1.	Plexiglas, graphite, rubber, rubber, varnishes and varnishes, adhesives, sealants and their composition, internal structure and properties .....	185
15.2.	Properties, properties of polymeric materials, their theoretical foundations and classification.....	198
15.3.	Plastics, classification and fields of application.....	211
	<b>Chapter XVI. Composite materials</b>	214
16.1.	General information about composite materials.....	214
16.2	Their production, composition, structure, properties and scope.....	216
	<b>Chapter XVII. Nanotechnology-based materials</b>	229
17.1.	Materials based on nanotechnology. Composition, structure, properties.....	229
17.2.	Their production technologies and applications.....	242
	<b>GLOSSARY</b>	252
	<b>LITERATURE</b> .....	259