

**M. B. Sulaymonova**

# **MATERIALSHUNOSLIK**

(O'quv qo'llanma)

*O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi tomonidan  
"65151200-Amaliy san'at (turlari bo'yicha)" - bakalavriat yo'nalishi talabalari  
uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

**"KAMOLOT" nashriyoti**  
**Buxoro-2023**

**UO‘K: 66.017**

**KBK: 30.03**

**S91**

**Sulaymonova Muhiba Boltayevna, Materialshunoslik. / [Matn]:  
o‘quv qo‘llanma / M.B.Sulaymonova - Buxoro : “BUXORO  
DETERMINANTI”MCHJning Kamolot nashriyoti, 2023. - 128 b.**

Ushbu o‘quv qo‘llanma “65151200-Amaliy san‘at (turlari bo‘yicha)” ta‘lim yo‘nalishi talabalariga mo‘ljallangan bo‘lib, undan barcha amaliy san‘atga qiziquvchi talabalar ham foydalanishlari mumkin.

### **Taqrizchilar:**

Bux. DU. “Tasviriy va amaliy san‘at” kafedrası mudiri,  
p.f.f.d (PhD), professor.

**D.K.Mamatov**

Bux. DPI. “Musíqa va san‘at” kafedrası professori, p.f.d.

**N.J.Yodgorov**

**ISBN 978-9910-734-37-3**

*Ushbu o‘quv qo‘llanma Oliy ta‘lim, fan va innovatsiyalar vazirligining  
“29” sentabrdagi “438” sonli buyrug‘iga asosan nashrga ruxsat  
berildi. Ro‘yxatga olish raqami 438-489.*



© “KAMOLOT” nashriyoti

© Sulaymonova Muhiba Boltayevna

## Kirish

Fanni o‘qitishdan maqsad – talabalarga Materialshunoslik va konstruksion materiallar bo‘yicha bilimlarning nazariy asoslarini, metall va metalmas materiallarning tuzilishi, ularning xossalari, qotishmalar nazariyasi, qora va rangli metallar, nometal materiallar, hamda metallarni termik va kimyoviy termik ishlov berish, metallarning zanglashini oldini olish, konstruksion materiallarni ishlab chiqarish usullari, ularning xossalarini yaxshilash hamda detallar tayyorlash to‘g‘risida. metallarni payvandlash, kesish va kovsharlash, kesib ishlash asoslari, metalmas materiallar va ulardan detallar tayyorlash texnologiyasiga oid materiallar bilan tanishib ularni amaliyotda tatbiq etish ko‘nikmasini hosil qilishdan iborat.

Talabalarga tikuvchilik buyumlarini tayyorlashda tola, iplar, tayyor mahsulotlarni: gazlamalarni, trikotaj, galantereya va bezak materiallarini, tikuv jihozlari, tikuv mashinalarining asosiy turlari bilan tanishib ularni amaliyotga tatbiq etishdan iborat.

Fanning vazifasi - Davlat ta‘lim standartiga asosan talabalarda nazariy bilimlar, amaliy ko‘nikmalar, malakalarni shakllantirish orqali insonning hayotdagi o‘rni va ahamiyatini ochib berish.

Respublikamiz tikuvchilik sanoati aholini sifatli va bejirim kiyim-kechaklar bilan ta‘minlashi eng muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Mustaqil Respublikamizning taraqqiyotining hozirgi bosqichi, har qaysi soha oldiga murakkab lekin sharaflari yangi vazifalarni qo‘ymoqda.

Engil sanoat xodimlari korxonalarini qayta qurish uskunalarni zamonaviylashtirish, ishlab chiqarishni kompleks mexanizatsiyalashtirish va avtomatlashtirish, yuqori sifatli, chiroyli bejirim kiyimlarning ommaviy turlarini tikadigan yuksak unumli, tezda qayta moslashuvchi yangi oqim liniyalarini qurish yo‘li bilan ishni tubdan yaxshilash kerak.

Engil sanoat korxonalariga chet el texnologiyasini kiritish, asbob-uskunalar bilan ta‘minlash ham sanoatning rivojlanishiga katta hissa qo‘shadi. Bundan tashqari zamonaviy hamda milliy moda yo‘nalishiga asoslangan holda yuqori sifatli kiyimlarni tikishdan kompleks avtomatlashgan korxonalarini yaratishdan iborat.

Engil sanoatni rivojlantirish uchun bo‘lardan tashqari yuksak saviyali mo‘taxassis kadrlar zarur. “Kadrlar tayyorlash milliy dasturiga” asosan respublikamizda etuk, komil, ishbilarmon kadrlar etishtirishga katta e‘tibor berilmoqda. O‘qib, bilim olgan mo‘taxassis o‘z bilim va kuch-g‘ayratini, yurtimizning yanada gullab yashnashiga hissa kushib,

shu yurt farzandi ekanligini yurakdan his eta olishi kerak.

Fan va texnika taraqqiyoti munosabati bilan sanoatning barcha tarmoqlari, ayniqsa, og'ir sanoat va mashinasozlik sanoati rivojlanib bormoqda. Sanoatning rivojlanishi arzon, puxta ishlatilishi qulay bo'lgan materiallarni topish, materiallarning xossalarini bilgan holda ularni zaruriy yo'nalishda o'zgartirish texnologiyasini ishlab chiqishni taqozo etadi. Bu vazifalarni hal etish uchun texnika oliy o'quv yurtlarida talabalarga «Materialshunoslik» fanini puxta o'rgatish ularning «Materialshunoslik» fanidan chuqur va atroflicha bilim olishlarini ta'minlash zarur.

To'qimachilik gazlamalarining turli ta'sirlarga munosabati, ularning mexanik xossalari: egilish deformatsiyasi, emirilishga chidamligi, materiallarning fizik xususiyatlari - kirishish, shakl saqlash xususiyatlari, gazlamalarning rang mustahkamligi, standart bo'yicha tasnifi, narxlar majmuasi bo'yicha tasniflanishi, gazlamalar, trikotaj va noto'qima matolar assortimenti, ularning navini aniqlash tartiblari uz aksini topgan.

Respublikamiz tikuvchilik sanoati aholini sifatli va bejirim kiyim-kechaklar bilan ta'minlashi eng muhim vazifalardan biri hisoblanadi hamda taraqqiyotining hozirgi bosqichi, har qaysi soha oldiga murakkab lekin sharaflari yangi vazifalarni qo'yimoqda

# **1-MAVZU. “MATERIALSHUNOSLIK VA KONSTRUKTSION MATERIALLAR” FANINING PREDMETI VA VAZIFALARI.**

## **“MATERIALSHUNOSLIK VA KONSTRUKTSION MATERIALLAR” FANINING RIVOJLANISHI VA TEXNOLOGIK TA’LIMDAGI O’RNI**

Insonlar o‘z faoliyatida moddalarni ishlab chiqarish mahsuloti deb qaraydilar. Moddalar aslida esa materiyaning ma’lum bir barqaror massaga ega bo‘lgan bo‘lagidir. Ana Shunday moddiy dunyoni texnikada «material» deb atash qabul qilingan. Demak, materiallar mehnat jarayonining mahsuli bo‘lib, undan insoniyat o‘z talablarini qondiradigan buyumlar yasashda foydalanadi. Materiallar ishlab chiqarishda birlamchi vosita hisoblanadi. Material bo‘lmasa, sanoat jarayonlari ham bo‘lmaydi. Masalan, mis (material) ishlab chiqarish uchun rudalar (mis rudalari) qazib olinishi kerak. Xom ashyo materiallarni olish uchun ham mehnat sarflanadi, ya’ni rudalar qazib olinib, qayta ishlash uchun ruda boyitiladigan kombinatlarga yuboriladi. So‘ngra boyitilgan rudalardan mis olinadi. Misdan esa turli xil buyumlar ishlab chiqariladi. Mis olishda ruda xom ashyo material bo‘lsa, buyum ishlab chiqarishda misning o‘zi xom ashyo material hisoblanadi. Mehnat jarayoni Shuni ko‘rsatadiki, sifat jihatidan barcha xom ashyolarni ikki turga bo‘lish mumkin. Birlamchi xom ashyo yoki birinchi bor materialni hosil qilish uchun ishlatiladigan modda. Lekin ana Shu birlamchi materialni hosil qilish uchun hamma vaqt ham tanlangan xomashyo 100 foiz sarflanmaydi, ya’ni uning ma’lum qismi chiqindiga aylanishi mumkin. Ana Shu chiqindilar ham boshqa buyumlarni ishlab chiqarish uchun xom ashyo, ya’ni ikkilamchi xom ashyo bo‘lishi mumkin. Masalan, yog‘ochning qayta ishlanishidan chivdan qirindi (ikkilamchi xom ashyo) mebel sanoatida ishlatiladi.

Buyumlar ishlab chiqarish uchun materiallar bilan bir qatorda yarim fabrikatlar ham ishlatilishi mumkin. Yarim fabrikat deganda qayta ishlangan, lekin hali tayyor buyum holiga keltirilmagan material tushuniladi. Buyum olish uchun materialni, ya’ni yarim fabrikatni qayta ishlash yana davom ettirilishi kerak. Demak, bir ishlab chiqarishda tayyorlangan material (mahsulot) boshqa ishlab chiqarish uchun yarim fabrikat hisoblanadi.

Materialning texnikaga yaroqliligi uning tuzilishiga bog‘liqdir. Materialning tuzilishi deganda, uning bir butunligini ta’minlovchi, ya’ni tashqi va ichki ta’sirlarga faol qarshilik ko‘rsatuvchi ichki bog‘lanishlar tushuniladi. Ana Shu ichki borlanishlarga muvofiq materialning xossalari ham o‘zgarishi mumkin. Demak, materiallarning xossalari ularni bir-biri

bilan solishtirgandagina ajratish mumkin bo'lgan falsafiy tushunchadir. Bu tushuncha miqdor va sifat o'zgarishlarni o'z ichiga oladi.

Materialning tarkibi, tuzilishi hamda xossalari o'rtasidagi amaliy bog'lanishlarni o'rganadigan fan Materialshunoslik deb ataladi. Materialning tarkibi deganda Shu materialning qanday kimyoviy elementlardan tuzilganligi tushuniladi. Kundalik turmushimizda qo'llaniladigan materiallar aksariyati birgina kimyoviy elementdan iborat bo'lmay, ko'p elementlarning majmui yoki birikmasidan iborat. Materialning tuzilishi tushunchasi ancha keng ma'nodagi tushuncha bo'lib, ko'z yoki oddiy lupa bilan ko'rib bo'ladigan makrotuzilish, maxsus (500–2000 marta katta qilib ko'rsatadigan) optik asboblarda – metallomikroskoplar yordamida o'rganiladigan mikrostruktura hamda 10000 marta katta qilib ko'rsatadigan elektron mikroskoplarda yoki rentgen nurlari ta'sir ettirish bilan kuzatiladigan supmikroskopik strukturalarni o'z ichiga oladi. Materialning xossalari deganda, uning kimyoviy, fizik va mexanik xossalari tushuniladi.

Ilgari material qanday ko'rinishda bo'lsa, odamlar uni Shundayligicha ishlatganlar. U vaqtda ular hali materialning tuzilishi haqidagi tushunchaga ega emas edilar. Keyinchalik material xossasi bilan uning ichki tuzilishi o'rtasidagi bog'lanishni o'rganishga o'tildi. Shundan keyingina buyumlarning ishlatilish sharoitiga qarab materiallar xossalari boshqarish imkoniyatiga ega bo'lindi. Materialning xossalari hamda undan tayyorlangan buyumlarning ishlatilish sharoitini bilgan holda uning chidamliligi va uzoq muddat ishlay olishini oldindan hisoblab aniqlash mumkin bo'ladi.

Ishlab chiqarishning hajmi ortib borgan sari atrof-muhitning ifloslanib zaharlanishi materiallarning ishlash sharoitlarini og'irlashtirib bormoqda, unga qo'yiladigan talablar ham ortib bormoqda. Tabiat mahsulotlarini ko'proq inson manfaatiga bo'ysundirish, atrof-muhitni muhofaza qilishda ilmiy asoslarga tayanish, hosil bo'layotgan ikkilamchi xom ashyoni zararsizlantiribgina qolmay, balki ulardan yangi material va buyumlar ishlab chiqarish lozim. Chiqindisiz to'liq texnologik jarayonni topish va uni amalga oshirish endilikda ham iqtisodiy, ham ijtimoiy ahamiyatga ega.

Taraqqiyotning dastlabki – tosh, bronza va nihoyat temir davrlarida har bir davrning o'ziga yarasha materiallari paydo bo'lib, davr mezonini belgilagan. Insonlar dastavval tosh va suyak materiallarni makon va qurol uchun ishlatganlar. Toshni qayta ishlab qurol yasaganlar. Bu qurollarni avval ov uchun ishlatgan bo'lsalar, keyinchalik toshdan erni qayta

ishlaydigan qurollar, ya'ni ishlab chiqarish vositalarini yasaganlar. Natijada asta-sekin yog'ochni, terini va qum-tuproqni (loyni) qayta ishlash - sopol sanoati yaratila bordi. Sopol sanoatining taraqqiyoti borgan sari kasb buyumlarini ishlab chiqarishga imkon yaratdi. Bronza davriga kelib, tosh qurollarning ahamiyati yo'qola boshladi va metallurgiya sanoati vujudga kela boshladi. Metall qotishmalarning tarkibini o'zgartirish orqali uning xossalarini boshqarish mumkinligi ma'lum bo'ldi va bu jarayon amaliyotda qo'llanila bordi. Temir davriga kelib, mavjud bo'lgan ishlab chiqarish kuchlari tarakqiyotga to'sqinlik qilib qoldi. Osiyoda, O'rta er dengizi atrofida, Xitoy territoriyalarida ilk bor metallarni qayta ishlaydigan korxonalar vujudga keldi.

Suv va havodan foydalanish Materialshunoslik sanoatida yangi taraqqiyotni ochdi. Temir eritib tozalashda puflash uchun havodan foydalanish esa suyuqlantirilgan metallar temperaturasini oshirish imkonini berdi. Natijada metall qo'shimchalardan to'la tozalanib, uning sifati yaxshilanadi. Metall ishlab chiqarishda pista ko'mir o'rniga kokslanadigan ko'mirdan foydalanish esa davr talabi - ishlab chiqarishni keskin oshirish natijasida vujudga keldi. Kokslash texnologiyasining kashf etilishi metallurgiya sanoatini tez rivojlantirdi.

Po'lat olishning yangi-yangi usullari kashf etildi. Angliyada avval G. Bessemer (1856), so'ngra S. Tomas (1878), Fransiyada esa G.T. Marten (1864) kabi ixtirochilar po'lat olishning yangi usullarini yaratishdi.

XVIII asr oxiri XIX asr boshlariga kelib mashinasozlik juda taraqqiy etib ketdi. Bu esa metallarni ko'plab ishlab chiqarishni talab qilardi. Materiallarni ishlab chiqarish darajasini oshirish bu sohadagi oldingi amaliy yutuqlarni umumiyashtirish hamda bu soha uchun yangi ilmiy asoslar yaratishni talab qildi. Natijada XIX asrga kelib, Materialshunoslik mashinasozlikdagi maxsus fanga aylanib qoldi. Materialshunoslikning fan sifatida takomillashishiga talantli rus olimi va ixtirochisi D. K. Chernovning (1839-1921) fazalar o'zgarishi haqidagi nazariyasi juda katta turtki bo'ldi. Bu fanning rivojlanishiga yana A. Ledeborning (nemis olimi) metallar strukturasi tushunchasi, ingliz fiziklari F. Laves hamda V. YUm-Rozerning yangi tipdagi fazalarni kashf etishi ham ta'sir qildi. Metallshunoslik fanining Shu davrdagi taraqqiyotiga tadqiqotning yangi (instrumental) usullarining kashf etilishi ham ta'sir qildi, masalan, rentgen nurlarining kristall tuzilishini o'rganishga qo'llanilishi hamda metall tuzilishining metallomikroskop (metallografiya) usullari kashf etildi. Ko'p izlanishlar natijasida kristallanish hamda jismlardagi geterogen

muvozanat nazariyalari yaratildi.

Ichki yonuv dvigatellarining kashf etilishi, shuningdek avtomobil sanoati, temir yo‘l transporti hamda havo flotining taraqqiyoti materiallar xossalarini yaxshilash, uni qayta ishlash sanoatini takomillashtirishni taqozo etdi. Natijada takomillashgan domna pechlar, po‘lat eritiladigan marten pechlari barpo etildi, sanoat miqyosida prokatlangai yarim fabrikat hamda materiallar ko‘plab ishlab chiqila boshlandi. Po‘latlarni payvandlash mumkin ekanligini N.N. Benardos va N.G. Slavyanov ilmiy asosda isbotlab berdi. Ikki elektrod o‘rtasida yoy hosil qilish kashfiyoti endilikda odamlar manfaati uchun ishlatila boshlandi.

Rus olimi A.M. Butlerov 1881 yili olamShumul kashfiyotni amalga oshirdi. Jismlarning kimyoviy tuzilish nazariyasini kashf etdi. Keyinchalik Butlerovning bu nazariyasi asosida quyi molekulali organik kimyoviy moddalardan polimerlar olish mumkinligi isbotlandi. 1909 yilda S.B. Lebedev xossalari jihatidan tabiiy kauchukka o‘xshash sun‘iy kauchukni sintez qilib oldi. Hozirgi vaqtda texnikani sun‘iy kauchuksiz tasavvur qilishimiz qiyin. Shunday qilib, mashinasozlikda ishlatiladigan metall materiallar hukmdorligi tugadi, ular bilan birga sun‘iy materiallar ham ishlatila boshlandi.

Asrimizning 40-yillariga kelib, ilmiy texnika rivojlanib ketdi, Materialshunoslik fani katta yutuqlarga erishdi. Bu davrda bir qator materiallar kashf etildi. Yuqori o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lgan yangi materiallar, yarim o‘tkazgichlar, sun‘iy olmos hamda uglerod asosidagi boshqa materiallar kashf qilindi.

Domna pechlarida sodir bo‘layotgan oksidlanish-qaytarilish jarayonlari natijalarini to‘liq hisobga olishning kashf etilishi bilan materiallarning tuzilishi va texnologik jarayon haqidagi bilim yanada boyidi. Bu esa materialshunoslik sanoatining yanada rivojlanishiga sabab bo‘ldi. Bizning mamlakatda suyuq metallni to‘xtovsiz quyish texnologiyasi, po‘lat ishlab chiqarishning kislorodli konverter usuli amalda qo‘llanila boshlandi. Turli ferroqotishmalarni olish, po‘lat eritishning elektrometallurgiya usullaridan foydalanish po‘lat sifatinigina oshirib qolmay, balki juda ko‘p turdagi legirlangan po‘latlarni olish imkonini tug‘dirdi. Materiallar mustahkamligini oshirishning yangi usullari kashf qilindi. Termik ishlov ta’sirida plastik deformatsiyalanish, ya’ni termomexanik ishlov usuli, korroziyabardosh, olovbardosh hamda maxsus magnit xossalariga ega bo‘lgan, hattoki avvalgi ma’lum geometrik formalarini «esida» saqlab qola oladigan qotishmalar kashf etildi.



P.A. Rebinder (1898-1972) tomonidan kashf qilingan, yuza aktivligini oshiruvchi moddalarning qattiq yuzaga molekulyar ta'sir etish mexanizmi esa yangi intensiv texnologiyalarni yaratishga asos soldi.

Yangi turdagi polimerlarni sintez qilish bilan bir qatorda, ularni qayta ishlash texnologiyasi ham takomillashib bordi. Ayniqsa, polimer materiallarning issiqlikka chidamliligini oshirish, xossalarni barqarorlashtirish ustida katta ishlar olib borildi. Natijada issiqbardosh polimerlarni sintez qilish texnologiyasi, polimerlarni ham metall materiallarga o'xshash modifikatsiyalash usuli yaratildi.

Hozirgi ilmiy-texnika taraqqiyoti puxta va engil materiallarni ishlab chiqarishni taqozo etadi. Shuning uchun Materialshunoslik fani oldiga qo'yilgan yangi vazifa turli komponentlardan iborat bo'lgan kompozitsion materiallarni ishlab chiqarishning ilmiy asoslarini yaratishdan iborat. Chunki mashina mexanizmlarining yangi konstruksiyalari oldiga ularda qo'llanilgan materialning solishtirma og'irligini kamaytirish, tezlikni oshirish, ishlab chiqarish jarayonining ekologik tozaligini ta'minlash, konstruksiyaning ishlash muddatini oshirish kabi talablar qo'yilmoqda.

Ishqalanish juftlari mashina va mexanizmlarning juda muhim qismi bo'lib, ularning ishlash sifati va muddatini belgilaydi. Shu sababli materialning ishqalanib emirilishini kamaytirish muhim vazifadir. Keyingi paytda Shu muammo ustida ikki yo'nalishda ish olib borilmoqda. Birinchi yo'nalish ishqalanish koeffitsienti kichik va eyilishga chidamli yangi kompozitsion materiallar va konstruksiyalarni yaratish bo'lsa, ikkinchi yo'nalish ishqalanish juftlarining ishlash jarayonida yuzalarda sodir bo'ladigan murakkab fizik-kimyoviy jarayonlarni ilmiy asosda chuqur o'rganishdir.

Bizda 1956 yili ishqalanish juftlarining yuzalarida modda molekulalarining tanlab saralanishi natijasida ishqalanish juftlaridagi emirilishning yo'qolish imkoniyatini tug'diradigan kashfiyot qilindi. Biroz keyinroq esa materiallarni vakuumda radiatsiya ta'sirida bombardimon qilish natijasida uning ishqalanish koeffitsientini eng past darajada bo'lishiga olib keladigan kashfiyotlar ham qilindi. Bunday kashfiyotlar, umuman olganda, mashina va mexanizmlarning emirilishi natijasida ko'riladigan juda katta zararining oldini olish imkoniyatini beradi.

Kosmos materialshunosligidagi muhim masalalardan biri kosmos sharoitida materiallar xossalarning barqarorligini ta'minlashdan iboratdir.

Materialshunoslikda paydo bo'lgan yangi yo'nalishlardan biri kosmos materialshunosligidir. Bu yo'nalishga birinchi bo'lib rus olimlari S.P. Korolyov (1906-1966) hamda A.T. Tumanov (1909-1976) lar asos solishdi.

Shunday qilib, Materialshunoslik fani o'z tarixiga ega bo'ldi, nisbatan qisqa vaqt ichida juda ko'p turdagi materiallar bunyod etildi, eng muhimi, mashinasozlikning ajralmas qismi bo'lgan Materialshunoslik dasturi vujudga keldi.

Ma'lumki, har vaqt yangi texnika namunasini yaratish uchun ishlatiladigan materiallar ilm-fanning eng oxirgi yutuqlariga asoslanib tanlanadi, ya'ni eng yangi materiallar ishlatiladi. Yangi yaratilgan mashinalar, albatta yuqori ishchi bosimda ishlatilishi, katta tezliklarga ega bo'lishi hamda katta temperaturalarga chiday olishi kerak. Bu ko'rsatkichlar eski namuna ko'rsatkichlari bilan solishtirilib, mashinaning solishtirma quvvati belgilanadi. Demak, bu ko'rsatkichlarning yuqori darajada bo'lishi Materialshunoslik fanining yutug'idir.

Hozirgi zamon mashinalari materiallarni birinchi navbatda yuqori mustahkamlikka ega bo'lishini taqozo qiladi. XX asrga kelib materiallarning mustahkamligi qariyb 8-10 barobar ortdi. Hozirgi kundagi eng mustahkam materiallarning emirilishi uchun  $10^3$  MPa zo'riqish (kuchlanish) kerak bo'ladi. Ba'zi laboratoriya ishlarida qo'llaniladigan monokristallarning emirilishi uchun, hattoki  $10^4$  MPa kuchlanish talab etiladi. Hozirgi zamon fani oldidagi muammolardan biri amalda ishlatilayotgan yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan materiallarning puxtaligini yanada oshirish, iqtisodiy jihatdan ularning tannarxini kamaytirishdan iborat.

Haddan tashqari qattiq materiallar - borid, karbid, sun'iy olmoslarni ishlab chiqarish va ularni qo'llash canoatning nmkoniyatiga va texnik jihatdan takomillashganiga bog'liq bo'ladi. Bunday materiallar juda katta qattqlikka ega bo'lish bilan bir qatorda, mo'rt bo'lganliklari sababli, ularni qayta ishlash birmuncha qiyinchilik tug'diradi. Shuning uchun bunday materiallarni sanoat miqyosida qayta ishlash hamda qayta ishlashning texnologii jihatdan takomillashgan va samarali usullarini topish muammosi ham bor.

Materialning samaradorligi mashinasozlikda massa o'lchov birligiga to'g'ri keladigan mashinaning quvvati yoki uning unumdorligi bilan belgilanadi. Demak, mashinasozlikka qo'yilayotgan yangi talab mashina va mexanizmlarning quvvatini, unumdorligini oshirish hamda ular uchun ishlatiladigan ma- teriallarning puxta va engil bo'lishiga

erishishdir. Masalan, keyingi paytda olingan magniy hamda litiy qotishmalari ana Shunday talablarga javob beradi. Shunday materiallardan yaratilgan bir xil massali konstruksiyalarning deformatsiyaga qarshiligi po‘lat yoki titandan yasalgan konstruksiyalarning qarshiligidan ustun turadi. Gaz bilan to‘yintirilgan ba’zi materiallar hozirgi zamon texnikasi bo‘lmish aviatsiya va kosmik kemalarda juda qo‘l kelmoqda. Shuning uchun aviatsiya va kosmik texnika uchun bunday materiallarni etkazib berish muammolardan biridir.

Texnikada ba’zi materiallar oldingi geometrik shaklini «eslab qolish» samaradorligiga ega. Masalan, plastik deformatsiya natijasida o‘z shaklini o‘zgartirgan konstruksiya vaqt o‘tishi bilan qizdirilsa, yana oldingi shakliga qaytadi. Metallarning bunday xossalari tibbiyotning jarrohlik sohasida, ayniqsa kosmik kemalarda juda muhim ahamiyatga ega. Masalan, titan asosidagi qotishlardan quyosh nuri ta’sirida ishlaydigan kosmik antennalar tayyorlanadi. Metall qotishmalarning ilgari ma’lum bo‘lmagan xossalarini kashf etish texnika muammolaridan biridir.

Reaktiv dvigatellarning borgan sari ko‘p qo‘llanishi Materialshunoslik fani oldiga yuqori kuchlanish va katta temperaturaga chiday oladigan materiallarni yaratish muammosini quymoqda. Lekin Shunday materiallar yaratishning qo‘llanib kelinayotgan usuli, ya’ni temir, nikel, alyuminiy va boshqa metallar asosidagi qotishmalarni hosil qilish imkoniyatlari chegaralanib qoldi, chunki dvigatel detallrining ishlash sharoitlari, ana Shu elementlarning suyuqlanish temperaturasi yaqinlashib qoldi. Masalan, ko‘pincha po‘latning ishlash temperaturasi 750-800°C, nikel qotishmalarniki esa 1100°C dan oshmaydi. YAqin vaqtlargacha metallarning yuqori temperaturaga nisbatan ham mustahkamligi yangi dvigatel konstruksiyalarini yaratishga to‘sqinlik qilib kelardi, chunki konstruksiya materialining ishlay olishi turbinadagi gaz temperaturasi bog‘liq. Bu muammoning hal etilishi material strukturasiidagi donachalarning mayda bo‘lishiga bog‘liq. Chunki strukturadagi donachalar (kristalitlar) juda mayda va shakli ixcham bo‘lgan materialning mustahkamligi 1,5 barobar katta bo‘lishi mumkin. Masalan, materiallarning kristallanish jarayonini katta tezlikda olib borish orqali o‘lchami bug‘doy yoki shar shakliga yaqin mikrotuzilishli donacha (granula) olinadi. Bu materiallar yuqori mustahkamlikka ega bo‘ladi.

Ichki yonuv dvigatellarining quvvatini oshirish ishchi temperaturaning oshishiga olib keladi. Ishchi temperaturani oshirish esa

konstruksiya materialining yuqori temperaturaga chidamliligiga bog'liq. Shuning uchun ichki yonuv dvigatellarda sopoldan foydalanish muammosi paydo bo'lmoqda. Ammo hamma muammo materialning yuqori temperaturada ishlay olishida ham emas. Texnikada ba'zi jabxalar borki, texnologik jarayon juda past temperaturada boradi. Materiallar esa past temperaturada juda mo'rt bo'ladi. Masalan, kriogen texnikada jarayon - 150°S dan past temperaturada boradi. Shuning uchun gazlar, masalan, kislorod va azotni ajratib olish hamda ularning suyuq fazaga keltirish kabi jarayonlar ham muammodir. Bunday materiallarni yaratish energetika sanoati va yarim o'tkazgich materiallar taraqqiyotiga bog'liq. Energetikada o'ta o'tkazuvchan solenoidlar, elektr mashinalarning o'ramlari elektr o'tkazuvchan materiallardan tayyorlanadi. Bu sohaning kelajak materiallaridan o'ta o'tkazuvchan transformatorlar, elektr tarmoqlari va termoyadro reaksiyalaridagi yorug'lik dastasnnn (plazmani) ushlab qola oladigan kuchli magnitlar tayyorlanadi.

Texnikada toza metallardan ko'ra uning murakkab qotishmalari muhim ahamiyatga ega. Shuning uchun «texnik toza» yoki «kimyoviy toza» metallar ko'proq maxsus izlanishlarni olib borish maqadida laboratoriyalarda ishlatiladi. Lekin keyingi paytda texnikaning ba'zi sohalari metallarning tozaliligi juda katta ahamiyatga ega bo'lib qoldi. Masalan, kimyoviy tozalikka ega bo'lgan temir yoki ruh elementlarning korroziyaga chidamliligi yuqori ekanligi ma'lum bo'lib qoldi. Keyingi vaqtda atom Yoqilg'ining tozaligi talab qilinadigan bo'ldi. Masalan, uran tarkibidagi qo'shilma elementlarning miqdori 10<sup>-5</sup>% dan oshmasligi kerak. YArim o'tkazgichlar texnikasida ham materiallarning tozaligiga katta ahamiyat berilmoqda. Elektronika sanoatining ba'zi sohalari va kosmos texnikasida ham materialning tozaligi juda yuqori darajada bo'lishi kerak. Ilmiy-texnikaning keyingi taraqqiyotiga qo'yiladigan texnik talablar yana ham ortib boradi. Texnik hamda iqtisodiy talablarning ortib borishi hamda er yuzi va er osti xom ashyolarning chegaralanganligi tufayli mustahkamligi yuqori bo'lgan yangi-yangi materiallarni ishlab chiqarish texnologiyasini topish va uni o'zgartirish vazifasi paydo bo'ladi. Buning uchun birinchi navbatda mavjud materiallarga o'zga qo'shimchalarni qo'shish hamda asosiy material elementini u bilan hech qanday bog'lanishda bo'lmagan zo'riqtiruvchi elementlar bilan boyitish, ya'ni kompozitsion materiallarni sintez qilish kabi muhim ahamiyatga ega bo'lgan ishlarni bajarish lozim.

Kompozitsion materiallar mashina va mexanizmlarning uzoq ishlashi hamda texnik-ekonomik ko'rsatkich- larini oshiribgina qolmay,

balki ishlab chiqarish jarayonini ham takomillashtirishi mumkin. Ammo kompozitsion materiallarning ko'plab ishlab chiqarilishi muhim muammolarni ham tug'dirishi mumkin. Masalan, ba'zi kompozitsion materiallarni ishlab chiqarish inson salomatligiga katta zarar keltiradi, atrof-muhitni zaharlaydi, ya'ni yangi ekologik muammolarni keltirib chiqaradi. Lekin kompozitsion materiallardan oqilona foydalanib, ulardan eng katta foyda olish Materialshunoslik fanining muhim vazifalaridan biridir.

Materiallarni emirilishdan, ayniqsa korroziya ta'sirida emirilishdan himoya qilish asosiy muammo bo'lib qolmoqda. Ishlab chiqarishning kengayib borishi natijasida atrof-muhitning kimyoviy ta'siri juda ortib ketdi. Emirilgan mashina qismlarini tiklash uchun katta mablag' sarf etilmoqda. Materiallarning ishlash jarayonidagi tuzilish (struktura) o'zgarishi qonuniyatlari hamda uning oqibatini o'rganish xossalarning turg'unligiga erishish imkoniyatini beradi. Demak ishlash muddatini aniqroq belgilash imkoniyati yaratiladi. Yuqorida keltirilgan qisqa ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, Materialshunoslik fanining yutuqlari oldida to'rgan muammolar ilmiy-texnika taraqqiyoti uchun muhim ahamiyatga egadir.

## **2-MAVZU. MATERIALLARNING TUZILISHI VA XOSSALARI.**

Moddalarning tarkibi va tuzilishi keng ma'nodagi tushuncha bo'lib, materiallarning xossalarini belgilaydi. Materiallarning tarkibi va tuzilishi haqidagi bilim ularni ishlatishda va qayta ishlashda ro'y berayotgan jarayonlarni tushunishga va oqibat natijada materiallarni texnikada qo'llashning ilmiy asoslarini yaratishga olib keladi. Material tarkibining tuzilishi materialda sodir bo'layotgan hodisa va jarayonlarning barqarorligi, ya'ni atom va molekula tuzilishi yoki atomlar orasidagi bog'lanishlarning turi kabi tushunchalarni ham o'z ichiga oladi.

D.I. Mendeleev davriy jadvalidagi ko'pchilik elementlar metallardir. Shuning uchun ham Materialshunoslik fanida metallarga katta o'rin ajratilgan.

Umuman olganda metall va metall bo'lmagan elementlar orasidagi prinsipial farqni aniqlash ancha qiyin. Bir elementning bir modifikatsiyasi metall bo'lsa, ikkinchi modifikatsiyam metall bo'lmasligi mumkin (masalan, oq hamda kulrang qalay). Lekin Shuni aytish kerakki, metall

birikmalari va qotishmalari ko‘pincha kristall tuzilishga ega. Ba‘zan metall birikmalari metallmas xossalarga ega bo‘lishi mumkin (masalan, MgSn). Metallarning metallmas xossalarga ega bo‘lgan elementlar bilan hosil qilgan birikmasi metallmas birikma yoki qotishmani hosil qiladi, deyish ham noto‘g‘ridir. Masalan, metallarning vodorod, uglerod, azot bilan hosil qilgan birikmalari metallik xossalarga egadir.

Elementlarning o‘zaro ta’sirlashuvi natijasida hosil bo‘ladigan metall yoki metall bo‘lmagan birikmalarning hosil bo‘lishi ularning atomlari orasidagi bog‘lanishga bog‘liq bo‘ladi. Jismlarni bir butun qilib turuvchi kuch ham ana shu atomlar orasidagi bog‘lanishning turiga bog‘liqdir. Metallarda uchraydigan bog‘lanishlar turi metall bog‘lanish deyiladi. Metall bog‘lanish metallar atomlaridagi erkin elektronlar hisobiga vujudga keladi.

Metall bog‘lanishlarda atomlar bir-biriga yaqinlashganda ularning tashqi qavatidagi elektronlari birgina atomga tegishli bo‘lmasdan, balki qo‘shni atomlarga ham tegishli bo‘lib, qo‘shni atomlarning elektronlari bilan birga elektron bulutlarini hosil qiladi. Bu holatdagi borlanish energiyasi musbat zaryadlangan ion bilan manfiy zaryadlangan elektron buluti orasidagi elektrostatik tortishish kuchi bilan belgilanadi. Bog‘lanishning maxsus turi bo‘lgan metall bog‘lanish materialning ko‘pchilik xossalarni vujudga keltiradi (masalan, yuqori elektr o‘tkazuvchanlik va issiqlik o‘tkazuvchanlik).

Ma’lumki, har qanday jism fazoda eng kam potensial energiyaga ega bo‘lishga harakat qiladi, ya’ni ma’lum sharoit uchun muvozanatga intiladi. Shuningdek, mavjud ma’lum bog‘lanishlarning hamma turlari (ion bog‘lanish, molekulyar bog‘lanish, kovalent va metall bog‘lanish)da ham atomlar bir-biriga nisbatan potensial energiya eng kam bo‘lgan masofani egallashga harakat qiladilar.

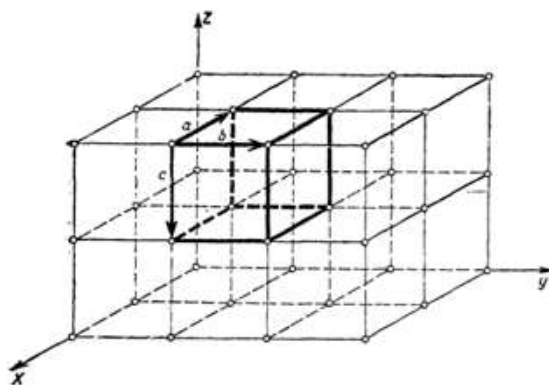
Materialdagi bir xil atomlarning kimyoviy jihatdan farqi bo‘lmaganligi uchun ko‘p sondagi atomlar potensial energiya eng kam holatni egallaydi, ya’ni tugunlarida atomlar yotgan kristall panjarani hosil qiladi. Demak, real materiallarning xossalari kristall panjaraning turlariga bog‘liq bo‘ladi.

Materialning kristall tuzilishini oddiy ko‘z bilan aniqlasa bo‘ladi. Metallardan biror namuna olib, uning yuzasini yaxshilab jilvirlasak, yirik donachalarni ko‘rishimiz mumkin. Bu donachalar yorug‘lik no‘rini qaytarish xossasiga ega bo‘lsa, qattiq jism kristall tuzilishga ega ekan degan xulosaga kelish mumkin. Lekin har qanday qattiq jism kristall jism bo‘lavermaydi.

Qattiq jismdagi zarrachalarning o‘zaro ta’sir energiyasi darajasini issiqlik ta’siridagi atomlarning harakat energiyasiga solishtirish mumkin. Ammo bu energiya zarrachalarni parchalash uchun sarf qilinadigan energiyadan ancha kam. Shuning uchun qattiq jismdagi zarrachalarni bir-biriga kuchli ta’sir etuvchi zarrachalar deb qaraladi. Qattiq jismning fizik va mexanik xossalari ana Shu zarrachalarning jismda o‘zaro fazoviy joylashishiga bog‘liq bo‘ladi.

Kristall jism deb zarrachalarning jismda fazoviy joylashishining ma’lum bir geometrik tartibiga aytiladi. Odatda bunday joylashish aniq simmetriyaga ega bo‘lish bilan bir qatorda ko‘p qirrali jismni eslatadi. Aslida ana Shu qirralarning kesilgan joyi (jismning uchi) atomlarning joylashish o‘rnini ko‘rsatadi. Demak, kristallar uchta o‘lchamda joylashgan atomlar tartibi bo‘lib, muvozanat sharoitida to‘g‘ri simmetriyaga ega bo‘lgan ko‘p qirrali jismdir. Kristall jismda zarrachalarning (atom, kon yoki molekula) uch o‘lcham bo‘yicha doimiy takrorlanishi (qaytarilishi) natijasida kristall panjara (yoki kristall tur) hosil bo‘ladi. Kristall panjarada zarrachalarning o‘zaro tortishish va itarilish muvozanatga saqlanadi, bunda ichki potensial energiya ana Shu muvozanatni saqlash uchun kerak bo‘lgan eng kam qiymatga ega bo‘ladi. Zarrachalarning kristall jismdagi bunday joylashish tartibi yuzlab, minglab kristall panjara davri sifatida qaytarilishi mumkin.

Materiallarning kristall tuzilishi haqidagi tushunchashg elementar kristall katak (yacheyka) orqali ifodalash oson. Elementar katak deganda atom kristall tuzilishining eng kichik qismi tushunilib, ana Shu katakni uch o‘lcham bo‘yicha ko‘p martalab qaytarilishi natijasida jismning fazoviy kristall panjarasi hosil bo‘ladi (1-rasm). Elementar kristall panjaralarning qirralari, odatda  $a$ ,  $b$ ,  $s$  bilan belgilanadi va bu ko‘rsatkichlar kristall davrini belgilaydi yoki qaytarilish (uzatish) vektori deb ham ataladi. Ana Shu elementar katakchani xarakterlash uchun yana koordinatsion son, atomlar joylashishining zichlik koeffitsienti degan tushunchalar ham kiritilgan.



1-rasm. Kristall panjaraning eng kichik katakchasi (elementar yacheykasi).

Kristall jismlarda kristall panjaraning turlari atomlarning o‘zaro joylashishiga qarab har xil bo‘ladi. Kristall katakchani turlari koordinatsion son tushunchasi bilan ifodalanadi. Kristall panjarada eng yaqin bir xil masofada to‘rgan atomlar soniga Shu kristall panjaraning koordinatsion soni deb ataladi va u harflar bilan belgilanadi. Masalan, oddiy kub katakning koordinatsion soni 6 ga teng bo‘lib, K<sub>6</sub>, markazlashgan kub katakchani K<sub>8</sub>, Yoqlari markazlashgan kub katakchani esa K<sub>12</sub>, atomlari zich joylashgan geksagonal katakchani G<sub>12</sub> va Shuningdek, oddiy tetragonal katakchani T<sub>4</sub> deb belgilanadi. Kub katakchani o‘lchamlari qiymati atom o‘lchamlari qiymati bilan belgilanadi, bunday o‘lchov birligi nonometr (nm) deb ataladi (1-jadval).

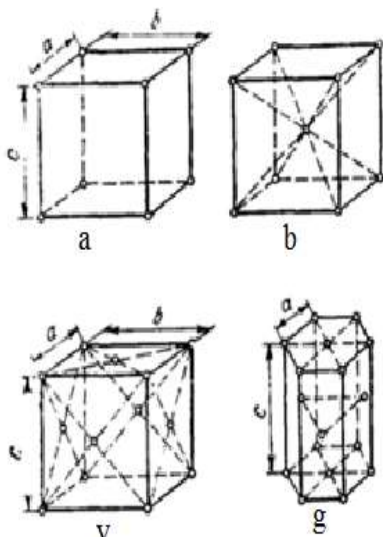
Kristall panjara turlari 14 ta bo‘lsa ham, ko‘pchilik metallar uchun 4 ta turdagi elementar katakcha, ya‘ni oddiy, markazlashgan hamda Yoqlari markazlashgan kub katakchalar va geksagonal katakcha (2-rasm) turlari ko‘p uchraydi.

### 1-jadval

#### Ba‘zi metallarning elementar katakcha o‘lchamlari

Atom katakchani turlari	Metallar	Elementar panjara kirralarni o‘lchami, nm (1 nm=10 <sup>-9</sup> sm)
K <sub>6</sub>	Fe	a = b = s; a = 28606
K <sub>8</sub>	Cr	a = b = s; a = 0,28788
K <sub>12</sub>	N <sub>4</sub>	a = b = s; a = 0,35165
G <sub>12</sub>	Ti <sub>3</sub>	a = 0,2951; s = 0,4679; s/a = 1,5873





2-rasm. Metallarda uchraydigan elementar katakcha turlari: a – kub katakcha; b – yoqlari markazlashgan kub katakcha; v – markazlashgan kub katakcha; g – geksagonal katakcha

Kristall panjara xususiyatini belgilaydigan yana bir muhim o‘lcham bor. Har bir elementar katakchaga to‘g‘ri keladigan atomlar soni. Masalan, K8 kristall panjara tugunchalarida 8 ta atom bo‘lib, bu atomlarning har biri 8 ta yana Shunaqa elementar katakchaga tegishlidir (fazoda). Demak, har bir elementar katakchaga bir atomgina to‘g‘ri keladi. Lekin K8 yacheykaning o‘rtasi (markazi)da to‘rgan atom Shu elementar katakchanning o‘zigagina tegishli ekanligini hisobga olsak, har bir elementar kristall katakchaga to‘g‘ri keladigan atomlar soni 2 ga teng.

Yuqorida aytganimizdek, kristall panjaraning har xil turlarining mavjudligi jismning eng kam ichki potensial energiyaga ega bo‘lishi, shu sharoitda jismning ma’lum bir -

turg‘unlikka ega ekanligini ifodalaydi. Ma’lum sharoitda ko‘p elementlar K8 elementar katakcha shaklida bo‘ladi, kolgan elementlar esa G6 yoki K12 ko‘rinishda bo‘ladi. Lekin kristall panjara turg‘un bo‘lgan sharoitda temperatura oralg‘i yoki mavjud sharoit o‘zgarsa, yangi turg‘un sharoitga mos bo‘lgich kristall panjara turi ham o‘zgaradi. Masalan. birgina temir elementi sharoitga qarab, K8 va K12 yoki kobalt elementi K12 va Gb kristall panjaralarga ega bo‘lishi mumkin. Shunga o‘xshash marganets, qalay, titan kabi ko‘plab metallarni keltirish mumkinki, ular bir necha tipdagi elementar katakcha turiga ega.

Birgina kimyoviy elementning sharoitga qarab, bir necha elementar kristall panjara turlariga ega bo‘lishi metallardagi polimorfizm yoki allotropik shakl o‘zgarishi deb ataladi. Kristall panjaraning bir turdan ikkinchi bir turga o‘tish jarayoni metallardagi polimorf o‘zgarish deb ataladi. Metallardagi polimorf o‘zgarish izotermik (temperatura o‘zgarimasdan sodir bo‘ladigan) jarayon bo‘lib, u issiqlik chiqarish yoki yutish xususiyatiga ega. Boshqacha qilib aytganda, polimorf o‘zgarishda qayta kristallanish sodir bo‘ladi.

Birgina elementning bir necha turdagi kristall panjara ko‘rinishlari polimorf qatorni tashkil qiladi. Ko‘pgina metallar (Fe, Sn, So, Mn, Ti va

h. k.) polimorfizm xossasiga egadir. 3-rasmda temirning sovutilish yoki isitilish jarayonida sodir bo‘ladigan izotermik polimorf o‘zgarishlari ko‘rsatilgan. Elementlarning har xil polimorf shakllari misol tariqasida 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

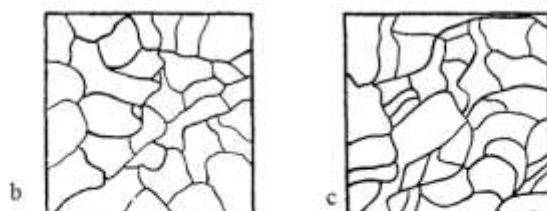
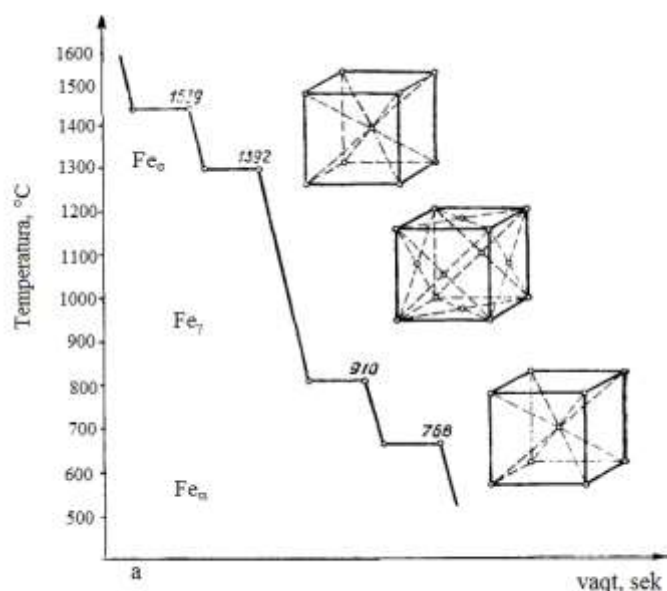
### Ba‘zi metallarning polimorf o‘zgarishlari

<b>Element</b>	<b>Elementning polimorf ko‘rinishi</b>	<b>Muvozanat holatning temperatura oralig‘i</b>	<b>Kristall tuzilishi</b>
Fe		<b>0-911 va 1392-1539 911-1392</b>	K8 K12
Co		<b>0-45 450 – 1480</b>	G12 K12
Si		<b>0 – 18 18 – 232</b>	K6 T8
Ti		<b>0 – 882 882 – 1660</b>	G12 K8
Mn		<b>0 – 700 700 – 1079 1079 – 1143 1143 – 1244</b>	K6 K6 T12 K8

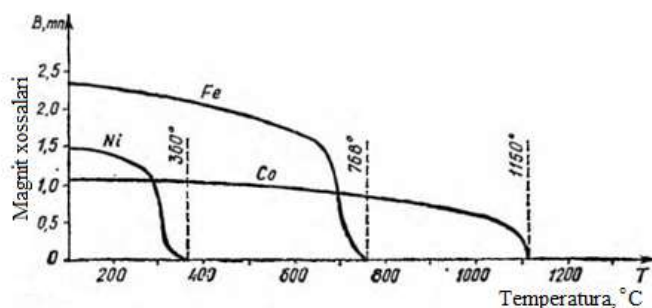
Endi metall polimorfizmiga misol qilib, temir polimorfizmini ko‘rib chiqamiz (3-rasm). Temir 1539°C da kristallana boshlaydi, natijada hosil bo‘lgan kristall panjara turi markazlashgan kub katakcha (K8) shaklida bo‘ladi. Demak, 1392°C dan 1539°C gacha K8 shaklida (6-modifikatsiya) bo‘ladi. Sovish temperaturasi 1392°C ga etganda kristall katakchanning shakli o‘zgaradi (K8-K12), ya’ni polimorf o‘zgarish ro‘y beradi. Temperatura 911°C gacha pasayganda yana polimorf o‘zgarish ro‘y beradi (K12-NK8). Yoqlari markazlashgan (K12) kub katakcha yana

markazlashgan kub katakchaga (K8) o'tadi. Yoqlari markazlashgan kub katakcha temirning  $\gamma$  - modifikatsiyasi deyiladi,  $911^{\circ}\text{C}$  dan kichik temperaturada hosil bo'lgan markazlashgan kub katakcha esa  $\alpha$  - modifikatsiya deb ataladi. Demak, qizdirilganda ham xuddi Shu jarayon qaytariladi ( $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \sigma$ ),  $\alpha$  hamda  $\sigma$ -modifikatsiyalarning kub katakchalari shakli bir xil bo'lganligi uchun  $\sigma$ - modifikatsiyani yuqori temperaturali  $\alpha$ - modifikatsiya deb ham ataladi.

Ammo  $768^{\circ}\text{C}$  da yuz beradigan izotermik jarayon temirdagi polimorf o'zgarishlarga aloqador emas. Temperatura  $768^{\circ}\text{C}$  bo'lganda, temir atomining atrofidagi d - qobiqda elektronlar jufti hosil bo'ladi, lekin kristall panjara turi o'zgarmaydi (K8). Elektron qobig'idagi bunday o'zgarish temirning magnit xossalari o'zgarishiga olib keladi. Shuning uchun ham temir  $768^{\circ}\text{S}$  dan pastda ferromagnit va  $768^{\circ}\text{C}$  dan yuqori temperaturada esa paramagnit xossasiga ega, faqat temir emas, balki boshqa elementlar ham yuqori temperaturada o'zining magnit xossalarini o'zgartiradi (masalan, nikel, kobalt va h.k). Elementlarning magnit xossalarini yo'qotish xususiyatlari izotermik jarayon bo'lib, bu izotermik temperaturalar P. Kyuri nuqtasi deb ham ataladi (4-rasm). Metallardagi magnit xossalarinpng o'zgarishi ferromagnit xossalariga ega bo'lgan element atomlarining tashqi qobig'idagi elektronlar tuzilishining o'zgarishini bildiradi. Demak, yuqori temperaturada yo'qotilgan magnit xossalari metall sovitilganda yana asta-sekin tiklanadi, magnit o'zgarish izotermik temperaturadan pastda metall yana ferromagnit xossaga ega bo'lib qoladi. Polimorf o'zgarish magnit o'zgarishi bilan bir xil emas va ular bir-birlariga bog'liq ham emas. Masalan, temir uchun  $\alpha$ -modifikatsiyaga o'tish  $911^{\circ}\text{C}$  da, magnit o'zgarishlari esa  $768^{\circ}\text{C}$  da sodir bo'ladi, kobalt elementining  $\alpha$  - dan  $\beta$  - modifikatsiyaga o'tishi esa  $450^{\circ}\text{C}$  da, magnit o'zgarishi zsa  $1000^{\circ}\text{C}$  dan yuqorida sodir bo'ladi.



3-rasm. Temirning polimorf o'zgarish egri chizig'i va strukturasi:  
 a - sovitish va isitish izotermasi; b - Fe<sub>α</sub> kristall tuzilishi;  
 c - Fe<sub>γ</sub> kristall tuzilishi



4-rasm. Metallar magnit holatining o'zgarishi.

Metallardagi polimorf o'zgarishlar faqat o'zgarish temperatura oralig'igagina bog'liq bo'lmasdan, balki yuqori bosim ta'sirida allotropik shakl o'zgarishi sodir bo'lishi mumkin.

Masalan, bosim ostidagi polimorf o'zgarishlarni texnikada qo'llanishiga yorqin misol qilib sun'iy olmos olish jarayonini ko'rsatish mumkin. Uglarod yuqori atmosfera bosimi ostida ( $10^4$  MPa) va yuqori temperatura ta'sirida olmos modifikatsiyasiga o'tadi. Sun'iy olmos esa texnikaning turli jabhalarida juda keng qo'llaniladi.

Metallardagi polimorfizm xossalari kashf qilinishi metall va qotishmalar xossalari boshqarishga keng imkoniyat yaratib beradi. Metallarni u yoki bu kristall panjara turiga ega ekanligini aniqlashda

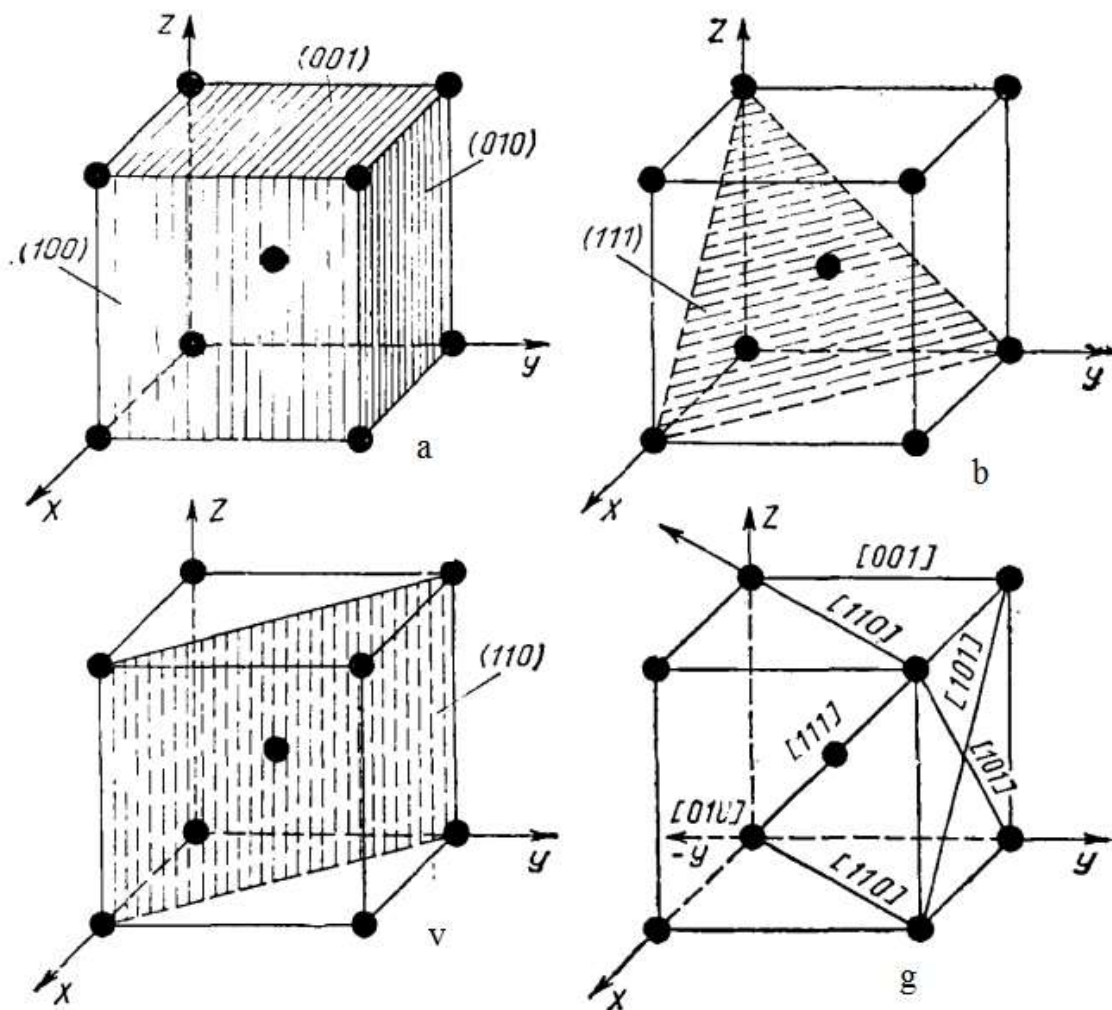
rentgen nuridan foydalanish katta ahamiyatga ega bo'ldi. Metallarning turli temperaturadagi rentgen nuri tasviri orqali kristall panjara turlari aniqlanadi.

Kristall jism birgina yaxlit kristallardan iborat (monokristall) yoki bir-biriga nisbatan tartibsiz (xaotik) joylashgan ko'p kristallar (polikristallar) dan iborat bo'lishi mumkin. Monokristallarning amaliyot uchun hozircha ahamiyati kam. Lekin metallarning ko'pgina fizik xususiyatlarini monokristallarda o'rganish mumkin. Shu nuqtai nazardan kristallarning fizik xususiyatlarini ikki gruppaga bo'lish mumkin. Birinchi gruppaga monokristallarda atomlarning joylashish tarkibiga bog'liq bo'lmagan xususiyatlar (masalan, jism zichligi)ni kiritish mumkin. Haqiqatan, jismning zichligi kristall panjaraning hamma yo'nalishida bir xil bo'ladi. Ikkinchi gruppaga tashqi kuch ta'siridagi xossalar (mexanik xossalar), ya'ni kristall panjaraga ta'sir qaysi yo'nalishda ekanligiga bog'liq bo'lgan fizik xususiyatlar kiradi. Turli yo'nalishdagi xossalar, masalan, elastiklik moduli yoki magnit xususiyati va boshqa xossalar bir-birlaridan farq qiladi. Kristall panjara xossalarining yo'nalishiga bog'liqligiga anizotropik xususiyat deb ataladi. Bu erda anizotropiya faqat monokristallarga taalluqlidir. Parallel yo'nalishlarda xossalar bir xil bo'ladi. Shuning uchun koordinata boshidan o'tadigan parallel yuzalar oilasi uchun bitta yo'nalishni ko'rsatish kifoya qiladi. Bu esa to'g'ri chiziq yoki yuzada yotgan bir nuqtani aniqlashga imkon beradi, ikkinchi nuqta esa hamma vaqt koordinata boshida bo'ladi. Bu nuqta kristall katakcha yotgan kristall panjaraning tugunini tashkil qiladi va uning koordinatalari butun sonlarni ifodalovchi  $U, V, W$  harflar bilan belgilanadi. Bu harflar kvadrat kavsda  $[U, V, W]$  bo'lsa, yo'nalishlar indeksini, oddiy kavsda  $(U, V, W)$  bo'lsa, yuzalar indeksini ifodalaydi. Bu indekslar orqali siljish yuzalarini aniqlash qulay bo'ladi (5-rasm).

Polikristallardagi kristall yo'nalishlari donachalarda mujas-samlashgan bo'lib, donachalar (kristallitlar) jismda turli tartibda (xaotik) joylashganligi uchun anizotropik xususiyatlarga ega emas. Polikristallar izotropik xususiyatlarga ega, hamma yo'nalishda ham bir xil xossalarga ega. polikristallarda anizotropik xossani hosil qilish mumkin. Agar tashqi ta'sir natijasida donachalar yo'nalishini ma'lum tartibga solinsa (masalan, plastik deformatsiya orqali), bunday polikristallitlar ham anizotropik xususiyatlarga ega bo'ladi. Texnikada bu usullardan metall va qotishma xossalarini boshqarishda keng foydalaniladi.

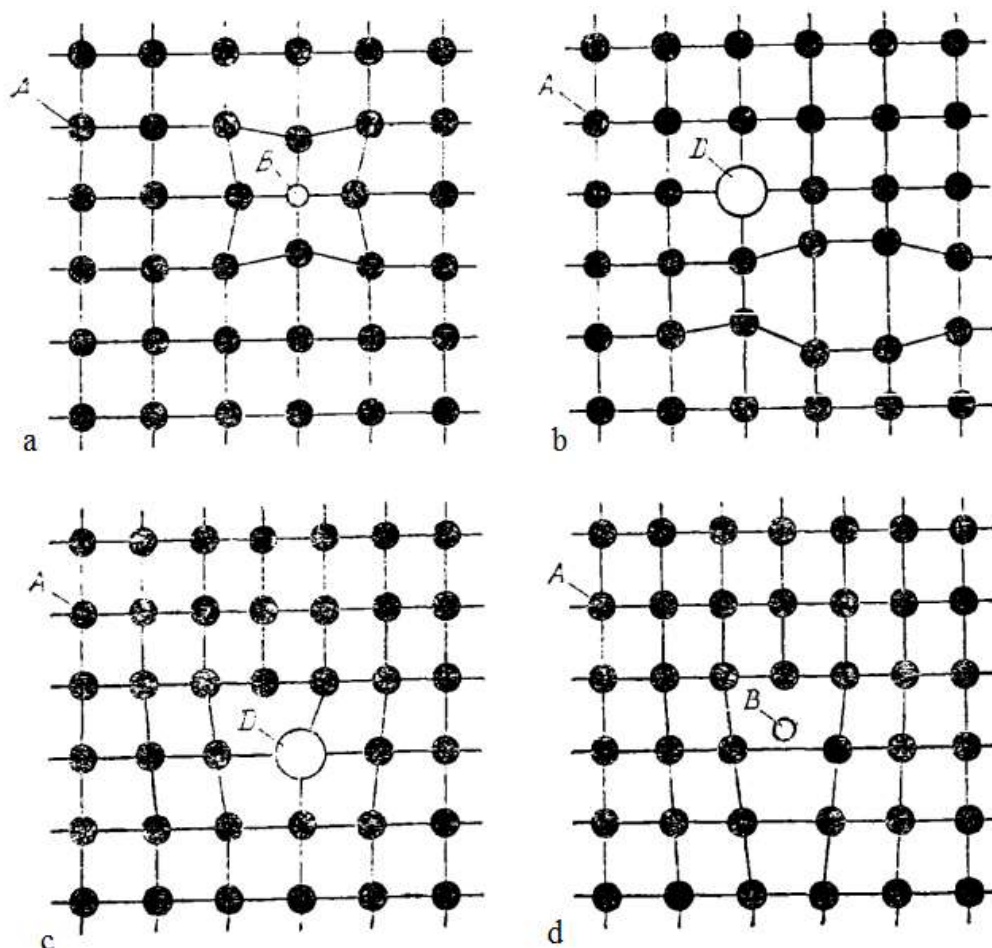
Ideal hamda real qismlar degan tushuncha mavjuddir. Biz Shu

paytgacha kristallardagi atomlarning aniq va yuqori tartibda joylashishini ko‘rib o‘tdik, ya’ni ideal kristall panjara haqida fikr yuritdik.



5-rasm. Monokristallarning anizotropik xossalari ga oid chizma  
(kristallografik yo‘nalishlar hamda yuzalar indeksleri ko‘rsatilgan)

Haqiqatda esa kristall panjara tugunlarining ba’zilarida atom bo‘lmasdan, tugun bo‘sh qolishi ham mumkin yoki kristall panjara atomlari orasiga ortiqcha atom joylashishi ham mumkin. Bunday hol kristall panjaraning nuqsoni (deffekti) deyiladi. Atomlarning hajmda joylashishi esa panjaraning nuqsonli tuzilishi deb ataladi. Real kristall panjaralar ana Shunday nuqsonli tuzilishga ega (6-rasm).



6-rasm. Real kristall panjaraning nuqsonli tuzilishlari:  
 a – vakansiya; b – o‘lchamlari katta bo‘lgan atomning kristall panjara tugunida jamlashishi; c – dislokatsion atom; d – to‘dirilmagan (yoki ortiqcha) atom qatori.

Kristall panjaraning nuqsonli tuzilishi jismning xossalarini belgilaydi. Nuqson o‘lchamlarga ega bo‘lib, nuqtali, chiziqli hamda sirtqi nuqsonlarga bo‘linadi. Nuqtali nuqsonlar uchta yo‘nalishdagi o‘lchamlarga ega emas. Bunday nuqsonlar kristall panjarada eng ko‘p uchraydi. Masalan, kristall panjara tugunlarida atom o‘rni bo‘sh qolishi (vakansiya) yoki atomlar orasiga o‘zga atomning siqilib kirib qolishi (singdirilgan atom). Vakansiya istalgan kristall panjarada uchrasa, singdirilgan atom esa zichligi kamroq bo‘lgan kristall panjarada uchraydi. Vakansiya mavjud bo‘lgan kristall panjara termodinamik turg‘un bo‘ladi, ya’ni atomlarning issiqlik ta’siridagi harakati mobaynida yo‘q bo‘lib va yana paydo bo‘lib turadi. Masalan, suyuqlanish temperaturasi yaqin temperaturadagi vakansiya atomlarining miqdori hamma atomlarning 1-2% ini tashkil qiladi. Vakansiya atomlarining harakati esa kristallardagi atom diffuziyasiga sabab bo‘ladi. Singdirilgan dislokatsion atom esa Shu kristall jismning uz atomi: yoki o‘zga qo‘shimcha elementlar atomi bo‘lishi mumkin. Kristall panjara atomlaridagi

vakansiya, dislokatsiya hodisalari, qo'shimcha element atomlari yoki ionlari jism xossalarini o'zgartiradi, hattoki jismning rangini ham o'zgartiradi. Nuqtali nuqsonlar yoki atrofidagi atomlarning muvozanatiga ta'sir ko'rsatadi. Ma'lum darajadagi potensial ichki kuchlanishlarni vujudga keltiradi (kristall panjaraning buzilishi natijasida). Lekin umumiy hajmda bunday ichki kuchlanishlar o'z muvozanatiga ega. Shuning uchun bunday nuqsonlarga ega bo'lgan kristall panjara barqaror hisoblanadi.

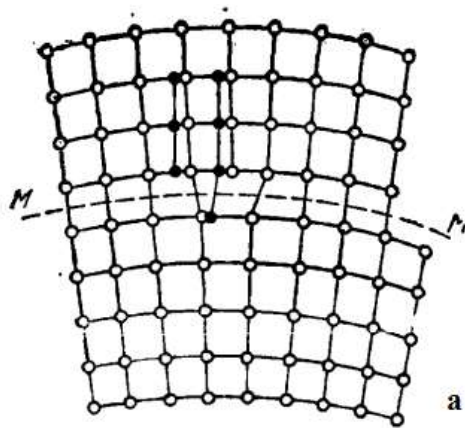
Ikki o'lchamga ega bo'lgan nuqsonlarga chiziqli nuqsonlar deb ataladi. Bunday nuqsonlar kristallanish jarayonida yoki elastik deformatsiya natijasida vujudga keladi.

Real kristallardagi chiziqli dislokatsiyaning ikki ko'rinishi, ya'ni chetki (chiziqli) va vintsimon (burama) dislokatsiyalari mavjud. Kristall yuzasidagi hamma vakansiyalar to'planib, nuqsonlar yig'indisi xalqasini hosil qiladi. Mana Shu xalqa yuziga tik (perpendikulyar) tekisliklardagi atomlarning tartibli joylashishi geometriyasi biroz buziladi, ya'ni chetki dislokatsiya hosil bo'ladi (7-rasm). Chetki dislokatsiyaga ega bo'lgan real kristallarning siljish deformatsiyasiga qarshiligi ideal kristallarga qaraganda kamroq bo'ladi. Bunday nuqsonga ega bo'lgan kristallarda siljish ro'y berganda, «ortiqcha» vakansiya xalqasi orqali har bir atom qatorida ketma-ket atomlar o'zaro o'rin almashishi natijasida butun bir kristall orqali siljish ro'y beradi.

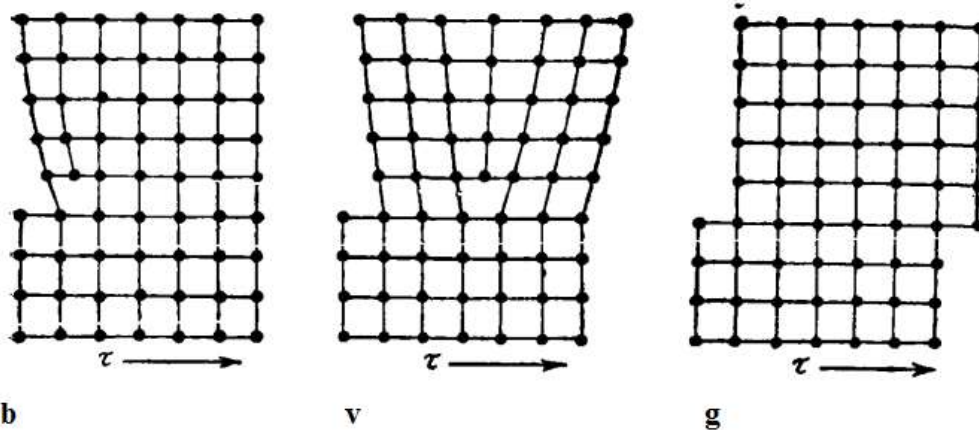
Vakansiya to'plangan joydagi normal yo'nalish bo'yicha siljish natijasida hosil bo'lgan dislokatsiya vintsimon dislokatsiya deb ataladi. Bu tushunchani Daniya olimi D. Byurgere kiritgan. Agar vintsimon dislokatsiya kristallning yuzasiga chiqsa, zinapoya hosil bo'ladi. Kristallar kristallanish jarayonida Shu zinapoya shaklida o'sadi.

Dislokatsiyaning vujudga kelishidagi siljish vektori Byurgere vektori deb ataladi, u dislokatsiya qiymatini belgilaydi. Bu vektor modulining eng kichik qiymati kristall panjara atomlari orasidagi masofaga teng. Umuman olganda, dislokatsiya fazoviy chiziq bo'lishi ham mumkin. Lekin bunda modul qiymati o'zgarmasa ham, dislokatsiya yo'nalishi o'zgarishi mumkin. Dislokatsiyaning yana bir muhim xususiyatlaridan biri uning zichligidir. Kristallning  $1 \text{ sm}^2$  yuzasini kesib utgan dislokatsiya soniga dislokatsiya zichligi deyiladi. Juda sekin kristallanayotgan jismlarning dislokatsiya zichligi  $10^2-10^4 \text{ sm}^{-2}$  ga teng. Muvozanatdagi polikristallarning dislokatsiya zichligi  $10^6-10^7 \text{ sm}^{-2}$  ga etadi. Juda katta plastik deformatsiya natijasida dislokatsiya zichligi  $10^8-10^{12} \text{ sm}^{-2}$  ga etishi mumkin.





7-rasm. Chiziqli nuqsonlarning hosil bo'lishini tushuntiruvchi chizma:  
 a – dislokatsiyaning joylashishi (MM – siljish yuzasi);  
 b, v, g – dislokatsiyaning yuzaga chiqish davrlari.



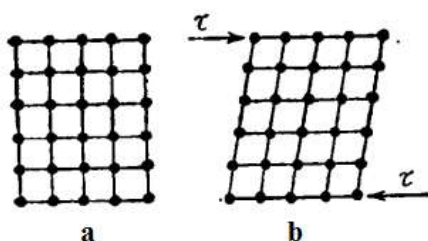
Kristall jismdagi dislokatsiya kristall panjaraning qiyshayishiga sabab bo'ladi, ya'ni katta dislokatsiyali kristall jismning ichki potensial energiyasi kichik dislokatsiyali kristall jismning ichki potensial energiyasidan katta bo'ladi. Tashqi kuch ta'sirida kristall panjaradagi dislokatsiya harakatga keladi. Bir xil yo'nalishga ega bo'lgan dislokatsiyalar bir-biriga qo'shilib, katta energiyani hosil qiladi. Turli yo'nalishdagi dislokatsiyalar bir-biri bilan eyishib ketadi. Demak, shunday vaziyat bo'lishi mumkinki, plastik deformatsiya oshishi bilan dislokatsiya harakati to'xtaydi, ya'ni dislokatsiya zichligi ma'lum kritik qiymatga ega bo'ladi. Tashqi kuch ta'sirini yanada oshirish metalda darz hosil bo'lishiga sabab bo'ladi, ya'ni jism emiriladi.

Agar kristall jismdagi nuqsonlar uch o'lchamga ega bo'lsa, bunday nuqsonlar sirtqi nuqsonlar deb ataladi. Bunday nuqsonlarga kristallarning yo'nalishi o'zgargan chegaralar, xususan o'xshash, ya'ni kush kristallar kiradi. O'xshash kristallar butun bir kristallning bir qismi bo'lib, kristall tuzilishi ikkinchi bir qismning aksi bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda, yaxlit bir kristallning simmetriya uchi bo'ylab sinishidir. Bunda bir-birining aksini ifoda etadigan va sinish yuzasiga ega bo'lgan 2 ta kristall hosil bo'ladi (8-rasm). Bu kristallardagi sinish simmetriyasini qo'sh

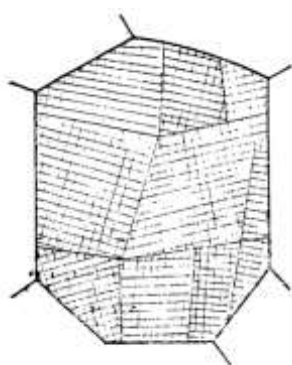
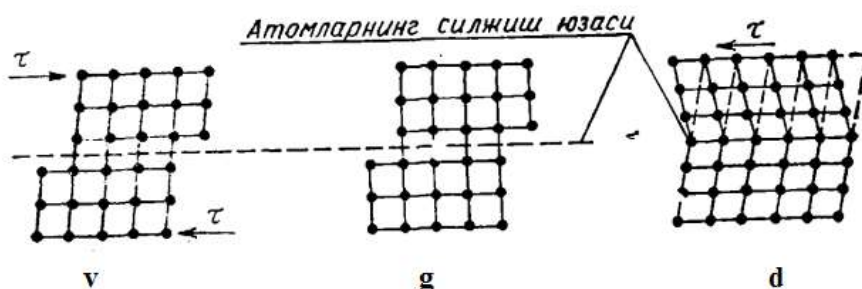
kristallar yuzasi deb ataladi. Qo'sh kristallar kristallanish, deformatsiya yoki deformatsiyalangan metallarni yumshatish natijasida hosil bo'lishi mumkin. Qo'sh kristallardagi o'xshash atomlar vektor birligiga teng bo'lgan masofaga emas, balki undan ancha kam masofaga siljiganda dislokatsiya ro'y beradi.

Sirtqi nuqsonlarga dislokatsiyaning eyilib, tuplanib dolgan joyi (dislokatsiya devori) ham kiradi. Elektron mikroskop yordamida ana shunday devorlar yaqqol ko'rinadi. Sirtqi va tekislikdagi nuqsonlar umuman olganda bloklar, donachalar chegaralarini hosil qiladi.

Real polikristallar juda ko'p donachalar (kristallitlardan) iborat. Bu donachalarning o'lchami yuzdan bir millimetrdan tortib, bir necha millimetrgacha bo'lishi mumkin. Har bir donacha (kristallit) yaxlit bir kristall emas, balki u



8-rasm. Siljish kuchi ( $\tau$ ) ta'sirida kristall panjaraning elastik va plastik diformatsiyalanishi: a - muvozanat holat; b - kuch ta'sirida kristall panjaraning elastik qiyshtayishi; v.g - plastik deformatsiya ta'sirida bir atom masofaga siljish; d - qo'sh kristalli dislokatsion ko'chish.



9-rasm. Kristallarning ichki tuzilishi.

ham o'z navbatida parchalardan (fragment) yoki bo'lakchalar (blok)dan iborat bo'lib, ularning o'lchamlari donachaning o'lchamidan 100, hatto 1000 marta kichikdir (9-rasm). Agar polikristallarda donachalar bir-biriga nisbatan tartibsiz hamda katta burchak ostida joylashgan bo'lsa parchalar bir-biriga nisbatan kichik burchak (bir necha sekunddan, to bir necha minutgacha) ostida joylashgan. Har bir parcha ichidagi kristall panjaraning tuzilishi ideal kristall tuzilishiga yaqin, lekin parchaning atrofi esa dislokatsiya to'siqlariga ega bo'lib, parchalar bir-biriga

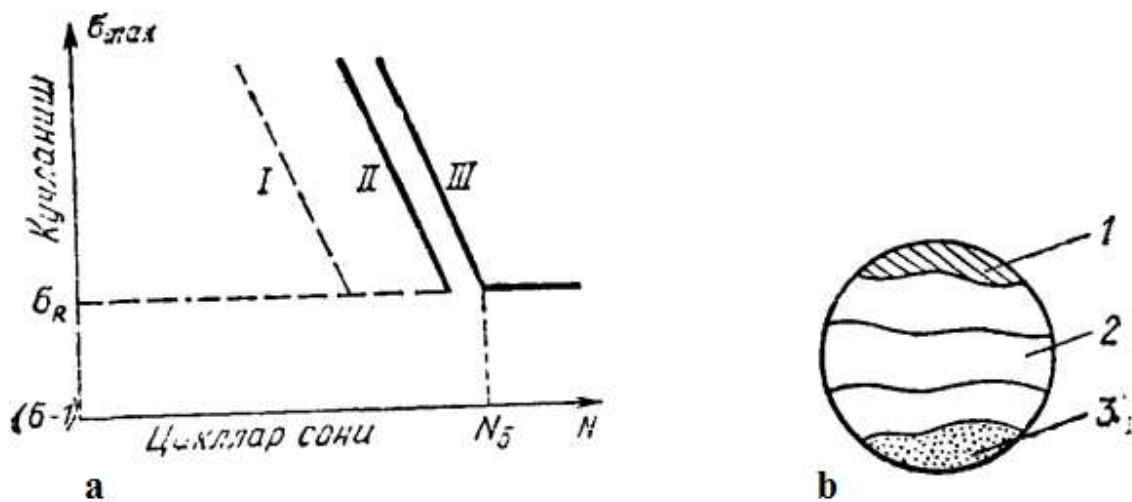
nisbatan ana shu parchalar yig'indisi orqali burilishi mumkin. Donacha

ichidagi bir-biriga nisbatan ozgina siljigan ana Shunday parchalar yig'indisi o'ziga xos mozaik tuzilishga ega. Donacha chetlaridagi parchalar donacha o'rtasidagi parchalarga qaraganda ancha kattaroq burchakka (1-5 gradusga) burilgan bo'ladi. Donachalarning chetlarida ham nuqsonlar ko'p uchraydi, o'zga qo'shimchalar, dislokatsiya hamda vakansiya to'plamlari yig'iladi, ya'ni donachalarning chetlarida hajmiy hamda sirtqi nuqsonlar ko'p bo'ladi.

Hajmiy nuqsonlar ham sirtqi nuqsonlarga o'xshash uch o'lchamga ega. Masalan, metallarning kristallanishi jarayonida vujudga keladigan g'ovak, darz va cho'kmalar bunga misol bo'ladi.

Jism donachalari o'lchamlari yoki ularning bir-biriga nisbatan joylashish tartibini lupa yordamida aniqlash mumkin. Metall tuzilishidagi nuqsonlarni oddiy ko'z, lupa hamda oddiy mikroskop orqali tekshirish usuli makroskopik usul deb ataladi. Makronuqsonlarga g'ovaklar, darzlar, donachalarning chegaralari, metall yuzasidagi biror-bir elementlarning yig'ilib qolishi (likvatsiya) kabi nuqsonlar kiradi. Sinish yuzalarini tekshirish ham makroanalizga kiradi, u uch xil ko'rinishda bo'lishi mumkin. Agar sinish yuzasi g'adir-budur bo'lsa, materialdan tayyorlangan buyum deformatsiyaga uchramaydi, ya'ni metall mo'rt bo'lib, tashqi kuch ta'sirida sinadi. Agar kristall jismdagi donachalar deformatsiyalanmasa, ya'ni donacha chegaralari etarli darajada nuqsonlarga ega bo'lsa, kristall ana Shu donacha chegaralari bo'ylab emiriladi. Sinish yuzasi oyna kabi yaltiroq bo'lsa, yuzada sinish markazi bo'ladi, ana Shu markazdan sinish tolalarining yo'nalishi ko'rinib turadi, bunday sinish qovushoq sinish deb ataladi. Bunday sinish juda katta deformatsiya natijasida vujudga keladi.

Charchash natijasida sinish ham xuddi Shunday sodir bo'ladi. Sinish yuzasining bir parcha joyi bo'rtib chiqib qolgan joylari tekis, tolasimon, yaltiroq bo'lganda sodir bo'ladigan sinishga aralash sinish deb ataladi (10-rasm).



10-rasm. Charchash natijasida yemirilish diagrammasi (a) va unga mos keladigan yemirilish turi (b): I – nuqsonlarning yigʻilish davri; II – darzning oʻsishi; III – sinishning oxirgi davri; 1 – darzning hosil boʻlish markazi; 2 – charchashdan yemirilish (tolasimon yemirilish); 3 – jarayonning tugashi (oxirgi yemirilish davri).

Sinish gazalarini makroskopik analiz qilish katta ahamiyatga ega, chunki bunda sinish sabablarini aniqlash mumkin.

Kristall jismlarning undan ham nozikroq nuqson tuzilishlarini aniqlash mikroskopik usul deb ataladi. Mikroskopik analiz natijasida donachalarning tarkibi, donachalardagi nuqsonlardan tortib, dislokatsion tuzilishlarni ham aniqlash mumkin. Buning uchun optik mikroskoplar (1500- 2000 marta katta qilib koʻrsatadigan) yoki elektron mikroskoplardan foydalaniladi. Hozirgi zamon elektron mikroskoplari tuzilishni 100.000 martadan 500.000 martagacha katta qilib koʻrsata oladi. Elementar kristall panjaraning turlari rentgen nuri taʼsirida oʻrganiladi. Kristall panjaradagi atomlarning joylashishi, ulardagi nuqsonlar, dislokatsiya, parchalarning joylashishini rentgenografiya, neytronografiya kabi usullar yordamida oʻrganish mumkin.

Yuqorida kristall jismning tuzilishida vakansiya, dislokatsii atomlar temperaturaning koʻtarilishi bilan uz oʻrinlarini almashtirishlarini koʻrsatib oʻtgan edik. Kristall jismdagi bu harakat diffuziyaning asosini tashkil qiladi. Texnikada qoʻllanilayotgan muhim jarayonlar, koʻpgina tabiiy, sunʼiy kimyoviy reaksiyalarning asosini diffuziya tashkil qiladi.

Jismning gaz, suyuq hamda qattiq hollarida qoʻllaniladigan diffuziya qonunlari Fik qonunlari deb ataladi. Birinchi qonun gazlardagi zarrachalarning tartibsiz harakatiga asoslanadi, yaʼni bu qonun asosida diffuziya yoʻnalishini aniqlash qiyin. Agar aralashmaning tarkibi, yaʼni konsentratsiyasi bir xil boʻlmasa, diffuziya maʼlum bir yoʻnalishga ega

bo'ladi. Masalan, zarrachalar katta konsentratsiyali aralashmadan kichik konsentratsiyali massaga diffuziyalanadi. Fikning birinchi qonuniga binoan bunday oqim quyidagicha ifodalanadi:

$$dM = -D \frac{d\varphi}{dX} \cdot dS \cdot dt$$

Agar massa bir komponentli bo'lib, ikki qismdan iborat bo'lsa, birinchi qismning zichligi ikkinchi qismga qaraganda kattaroq deb qarash kerak. Bu holda modda zichlik katta qismdan zichlik kichik qismga diffuziyalanadi. Agar shartli ravishda jismni ikki komponentli sistema deb qaralsa, minus ishora  $dt$  vaqt davomida  $dS$  fazoviy yuzadan  $dX$  yo'nalishga perpendikulyar bo'lgan yo'nalishda birinchi komponentni yuqori konsentratsiyali qismdan kichik konsentratsiyali qismga diffuziyalanishini ifodalaydi. Bu tenglamada  $\frac{d\varphi}{dX}$  zichlik gradienti;  $D$  – diffuziya koeffitsienti.

Kub katakchali polikristallarda diffuziya koeffitsienti diffuziya yo'nalishiga bog'liq emas, ya'ni u izotropik xossaga ega. Boshqa hollarda diffuziya koeffitsienti tajriba o'tkazish usuli bilan aniqlanadi.

Kristall jismdagi diffuziya jarayoni mexanizmi har xil bo'lishi mumkin. O'z-o'zidan diffuziyalanishda ham, qo'shimcha zarrachalar diffuziyasida ham vakansiya mexanizmi muhimdir. Bu holda diffuziyaning eng oddiy ko'rinishi atomning qo'shni vakansiyaga ko'chishidir, natijada yangi vakansiya hosil bo'ladi. Diffuzion almashish mexanizmi kristall katakcha Yoqlari o'rtasidagi atom orqali hal etiladi. Bu mexanizm ko'proq Yoqlar o'rtasida kichik o'lchamli atomlar joylashgan xollarda ro'y beradi. Masalan, kristall panjarasida uglerod, azot, bor atomlari joylashgan temirda diffuziyaning Shu mexanizmi kuzatiladi.

Ma'lumki, diffuziya tezligi kristall panjaradagi vakansiya yoki dislokatsion atomlarning zichligiga bog'liq. Temperaturaning oshishi bilan bu nuqsonlarning zichligi ham ortib boradi. Shuning uchun ham diffuziya tezligi temperaturaga bog'liqdir.

Real kristall jismlar nuqsonlarning notekis joylashishi bilan xarakterlanadi. Real kristallarning tuzilishi diffuziya mexanizmiga katta ta'sir qiladi. Eng muhimi diffuzion jarayonlar kristall jismlarda ro'y beradigan faza o'zgarishlarining sababchilaridir.

Har qanday jism qattiq holatda kristall va amorf tuzilishga ega. Ideal holatdagi kristallik jismlarda atomlar fazoda ma'lum bir tartibda va bir-biriga nisbatan bir xil elementar masofada joylashadi. Hamma metallar va

ularning qotishmalari kristall tuzilishga ega.

Qotishmalardan tayyorlangan detal asbob va boshqalarning zarur kerakli tomonga o'zgartirib bo'lmaydi.

Metallning atom kristall panjaralarida musbat ionlar muayyan tartibda joylashgan bo'ladi.

Metall kristallanishi tuzilishi rentgen nurlari orqali o'rganiladi.

Metallar, har qanday modda kabi, sharoitga qarab uch xil agregat holatda, qattiq, suyuq va gaz holatlarda bo'ladi. Sof metall bir agregat holatdan ikkinchi agregat holatdga ma'lum temperaturadagina o'tadi.

Qattiq holatda metall zarrachalari muayyan tartibda joylashgan bo'ladi, bu zarrachalarning bir-birini tortish kuchi o'zaro muazanatda turadi, natijada qattiq jism uz shaklini saqlaydi.

Gaz holatda metall zarrachalarini tartibsiz harakatlanadi, bir-birini itaradi, natijada metall gazi imkoni boricha hajmi olishga intiladi.

Suyuq holatdagi metall zarrachalarining ozrok qismiga batartib joylashgan bo'lib, bu joylashuv issiqlik ta'sirida ogox buzilib, gox tiklanib turadi.

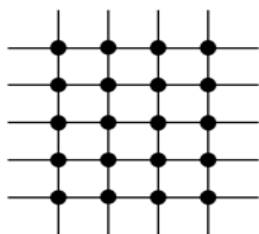
Qattiq holatda barcha metallar va uning qotishmalari kristall jismlardir.

Metallarda kristall panjarani atomlar zichligi eng ko'p bo'lgan tekisligi kristallografik tekisligi yoki atomlar tekisligi deb ataladi. Kristall panjarani shakliga qarab uning kristallografik tekisligi bitta yoki bir necha bo'lishi mumkin.

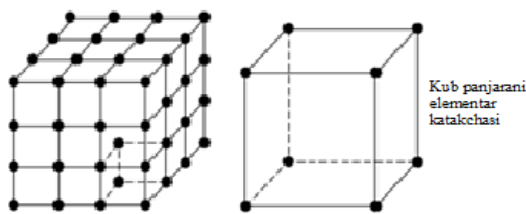
Kristallografik tekislikda atomlarni joylashuvi quyidagi ko'rinishda bo'ladi (11-rasm).

Atomlarning markazidan o'tkazilgan faroziy chiziqlar panjara hosil qiladi (12-rasm). Bir-biriga parallel joylashgan bir qancha kristallografik tekislik faroziy kristall panjara hosil qiladi, kristall panjara tugunlarida esa atomlar (ionlar) turadi.

Eng oddiy kristal panjara kub panjara a-masofa elementlar kristal katakchadagi kushni ikki atm orasidagi atom markazlari oralig'ida bo'lib angretrom (A) kilonks birliklarida (kx) o'lchanadi.



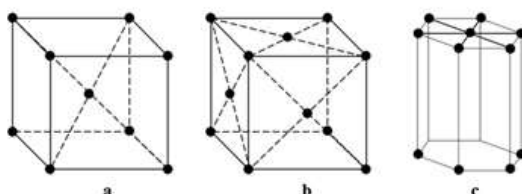
11-rasm. Kristallografik tekislikda atomlarning joylashuvi.



12-rasm. Fazoviy kristall panjara va uning tugunlarida atomlarni joylashuvi.

Kub panjara atomlar etarli darajada zich joylashgan emas, ammo metall atomlari bir-biriga imkoni boricha yaqinlashishga intiladi, buning natijasida boshqa tur panjaralar hosil bo‘ladi.

Hajmi markazlashgan kub va atomlari zich joylashgan geksogonal panjaralar hosil bo‘lishi mumkin (13-rasm).

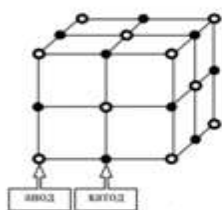


13-rasm. Kub panjara atomlari.  
 a – hajmi markazlashgan kub kristall katakcha;  
 b – orqasi markazlashgan kub kristall katakcha;  
 c – atomlari zich joylashgan geksogonal katakcha.

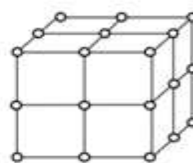
Kristal panjaralarning etti xil sistemasi o‘rganilgan bo‘lib, bo‘lar 1) kub sistema, 2) geksogonal sistema, 3) tetragonal sistema, 4) romba edrik sistema, 6) monoklinik sistema, 7) triklirik sistemadir. Metallarning juda ko‘pchiligi kub va geksogonal sistemada kristallanadi.

Qattiq jisimlardagi bog‘lanishlar to‘rt turga bo‘linadi.

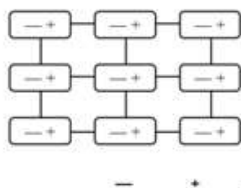
1. Ion (gotoropolyar-ko‘p qutbli) bog‘lanish (14-rasm).
2. Atom (gomsopolyar-bir kutbli) bog‘lanish (15-rasm).
3. Molekulyar bog‘lanish (16-rasm).
4. Metall bog‘lanish (17-rasm).



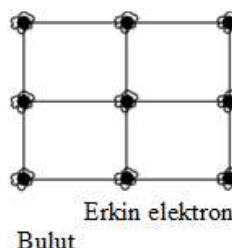
14-rasm. Ion bog‘lanish.



15-rasm. Atom bog‘lanish.



16-rasm. Molekulyar bog‘lanish.



17-rasm. Metall bog‘lanish.

## Ba'zi metallar kristall panjaralarining turlari va ularning parametrlari

Metallning nomi va kimyoviy belgisi	Panjarasining turi	Panjaralarning parametrlari A° hisobi		
		A	B	C
Alyuminiy	Yoqilg' markasi. kub.	4,041	–	–
Vannadiy	Hajmi mark.kub.	3.034	–	–
Volfram	Hajmi mark.kub.	3.158	–	–
Iridiy	Yoqilg' markasi. kub.	3.832	–	–
Kobalt	Geksagonal	2.5	–	4.07
Kobalt	Yoqilg' markasi. kub.	3.54	–	–
Kumush	Yoqilg' markasi. kub.	4.078	–	–
Magniy	Geksagonal	3.203	–	5.2
Mis	Yoqilg' markasi. kub.	3.607	–	–
Molibden	Hajmi mark.kub.	3.14	–	–
Nikel	Geksagonal	2.48	–	4.08
Nikel	Yoqilg' markasi. kub.	3.157	–	–
Niobiy	Hajmi mark.kub.	3.294	–	–
Oltin	Yoqilg' markasi. kub.	4.07	–	–
Platina	Yoqilg' markasi. kub.	3.915	–	–
Rux	Geksagonal	2.659	–	5.607
Tantal	Hajmi mark.kub.	3.296	–	–
Temir	Hajmi mark.kub.	2.86	–	–
Temir	Hajmi mark.kub.	2.90	–	–
Temir	Yoqilg' markasi. kub.	3.56	–	–
Temir	Hajmi mark.kub.	2.93	–	–
Titan	Geksagonal	2.95	–	4.72
Titan	Hajmi mark.kub.	2.32	–	–
Xrom	Hajmi mark.kub.	2.871	–	–
Sirkoniy	Geksagonal	3.22	–	5.12
Sirkoniy	Hajmi mark.kub.	3.61	–	–
Qo'rg'oshin	Yoqilg' markasi. kub.	4.939	–	–



Ion bog‘lanishdagi qattiq jismlar kristall panjalarini tugunlarida o‘zaro kovalent bog‘langan atomlar bir-birini juda puxta tortib turganligi uchun bunday birikmalarning buyuklanish temperaturasi va qattiqligi nihoyatda yuqori bo‘ladi.

Molekulyar bog‘lanishli qattiq moddalar kristal panjaralarini tugunlarida molekulyar turadi.

Bu molekular bir-biriga molekulararo kuchlar vositasida tortilib turadi.

Metall bog‘lanishli qattiq jismlar kristal panjaralarini tugunida musbat zaryadli ionlar turadi, ionlarni esa erkin elektronlar, ya‘ni elektronlar buluti qoplab olgan bo‘ladi. Metall bog‘lanishlar musbat zaryadli ionlar bilan erkin elektronlarning o‘zaro tortishi iboratdir (3-jadval).

Panjaraning parametrlari nihoyatda muhim ahamiyatga ega. Ilmiy tekshirishning hozirgi usullari - rentgen nurlaridan foydalanish usullari kristal panjaralarning parametrlarini aniq o‘lchashga imkon beradi.

Yoqlari markazlashgan kub panjarada ham, atomlari (ionlari) zich joylashgan geksagonal panjarada ham, atomlar boshqa panjaradagilarga qaraganda zichdir. Masalan, bu ikkala panjaraning har birida atomlar hajmi panjara hajmining 74% tashkil etadi, holbuki, hajmi markazlashgan kub panjarada atomlar hajmi butun panjara hajmining 68% ga tengdir.

### **3-MAVZU. QOTISHMALAR NAZARIYASINING ASOSLARI.**

Qotishmalarda sodir bo‘ladigan protsessni o‘rganish, shuningdek qotishmalarning tuzilishini tushuntirish uchun metallshunoslikda komponent, faza, sistema kabi tushunchalardan foydalaniladi. Sistemani hosil qiluvchi moddalarga komponentlar deyiladi. Toza metall bir komponentli sistemani, ikkita metallardan hosil bo‘lgan qotishma esa ikki komponentli sistemani hosil qiladi va h.k. Shu jumladan, ko‘rilayotgan temperatura oralig‘ida tashkil etuvchi qismlarga dissoqiyalanmaydigan barqaror moddalar – kimyoviy birikmalar ham komponent bo‘lishi mumkin. Masalan, rangli metall qotishmalari komponentlariga metallar (masalan, ruh, mis bilan birikkanda latun hosil bo‘ladi), temir uglerodli qotishmalar komponentlariga tarkibida oz miqdorda metallmas moddalarda bo‘lgan metallar (temir uglerod bilan birikkanda cho‘yan va po‘lat hosil bo‘ladi) kiradi.

Bir xil tarkibga, bir xil agregat holatiga ega bo‘lgan hamda sistemaning boshqa qismlaridan bo‘lish sirti bilan ajratilgan sistemaning bir jinsli qismi faza deb ataladi.

Bo'lish sirtidan o'tishda moddaning kimyoviy tarkibi va strukturasi sakrab o'zgaradi. Ma'lum tashqi sharoitlarda (bosim, temperatura) muvozanat holatda bo'luvchi fazalar yig'indisi sistema deb ataladi. Masalan, bir jinsli suyuqlik (suyultirilgan metall) bir fazali sistemadan iborat. Toza metall krisstalanishida sistema ikkita fazadan, ya'ni suyuq (suyultirilgan metall) va qattiq (kristallangan metall zarralari) dan tashkil topadi. Yana misol: ikki xil kristallning mexanik aralashmasi ikki fazali sistemani hosil qiladi. Chunki har bir kristall o'zining tarkibi va tuzilishi bilan bir-biridan farq qiladi hamda bir-biridan bo'lish sirti bilan ajratilgan bo'ladi. Bir fazali strukturaga ega bo'lgan qotishma deb ataladi. Qotishma strukturasi deyilganda mikroskop ostida ko'rinadigan fazalarning o'zaro joylashishi, ularning shakli va o'lchamlari tushuniladi.

Qotishmadagi komponentlar suyuq va qattiq eritmalar, kimyoviy birikmalar va mexanik aralashmalar hosil qilishi mumkin.

Bir jinsli suyuq eritmalar suyuq holatda istalgan nisbatiga bir-birida eriydigan barcha metallar uchun xarakterlidir. Bir jinsli suyuq eritmada eritiladigan metall (komponent) A ning atomlari 1 erituvchi metall V atomlari 2 orasida tekis taqsimlangan. Faqat ozgina metallargina suyuq holatda cheklangan metallargina o'zlarining atomlari o'lchamlari orasidagi farq katta bo'lganligidan suyuq holatda erimaydi. Kristallanish va qotishmalarning qotish protsessida komponentlarning o'zaro ta'sir turlicha bo'lishi mumkin.

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 panjarasidan 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.

O'rin olish qattiq eritmalarida kristall panjaradagi 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 deb ham ataladi.

Singish qattiq eritmalarida erigan komponentning atomlari boshqa komponent - eritkich kristall panjarasining atomlari orasidagi bo'shliqqa singadi. Singish qattiq eritmaları temirning vodorod, azot, bor bilan qotishmalarida hosil bo'ladi.

Kimyoviy birikmalar turli metallardan yoki metall va metallmas moddadan qotishma hosil bo'lganda paydo bo'ladi. Kimyoviy birikma elementlari atomlari sonining nisbati  $A_nB_m$  formula bilan ifodalanadi. Kimyoviy birikmalar toza metallar kabi o'zgarmas suyuqlanish temperaturasiga ega bo'lib, odatda, qattiqligi yuqori va anchagina mo'rt bo'ladi.

Ikkita A va V komponentning mexanik aralashmasi qotishma komponentlari kristallanganda qattiq holatda bir-birini erita olmaganida ham kimyoviy reaksiyaga kirishib birikma hosil qila olmaganida yuzaga keladi. Mexanik aralashma to'yingan ikkita qattiq eritma zarralaridan yoki qattiq eritma zarralari va kimyoviy birikmadan tashkil topishi mumkin. Bunda qotishma etarli darajada yirik bo'lib, mikrostrukturada aniq ko'rinadigan A va V kristallardan tashkil topadi. Qotishmaning rentgenogrammasi A va V komponentlarning ikkita panjarasi borligini aniq ko'rsatadi.

Metall va qotishmalar tuzilishi o'zgaradigan temperaturalar 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.

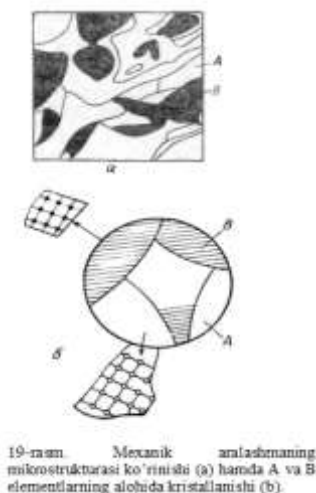
Toza metallarning mexanik xossalari ular asosidagi murakkab birikmalarning xossalari qaranganda ancha yomon bo'ladi. Shuning uchun ham texnikada toza metallarga qaraganda ularning qotishmalari ko'proq qo'llaniladi. Iqtisodiy jihatdan ham toza metallarga qaraganda qotishmalarni qo'llash foydaliroqdir, chunki toza metallni olish qiyin, tannarxi yuqori, xomashyo zahirasi ham chegaralangan.

Metall qotishma deganda bir element asosida bir necha elementlarning o'zaro aralashmasidan hosil bo'lgan jism tushuniladi. Shu jismni tashkil qiluvchi kimyoviy elementlarga uning tashkil qiluvchilari (komponentlari) deb ataladi. Qotishma bir jinsli (bir fazali) yoki ko'p jinsli (ko'p fazali) bo'lishi mumkin. Faza deb jismning bir jinsli qismiga aytilib, u o'z chegarasiga ega, qachonki yuza chegarasidan o'tilganda xossalar keskin o'zgaradi. Murakkab jismdagi fazalar yig'indisi material tuzilishini (strukturasini) hosil qiladi.

Faza va tuzilishlarning muvozanati tashqi muhit ta'siriga bog'liq bo'ladi hamda temperatura-komponentlar konsentratsiyasi diagrammasi bilan ifodalanadi.

Qotishmalarni tashkil qilgan komponentlarning soniga qarab, bir komponentli yoki ko'p komponentli qotishmalar bo'ladi. Fazalarning soniga qarab esa bir fazali yoki ko'p fazali qotishmalar bo'lishi mumkin.

Qotishma tarkibidagi komponentlar o'zaro har xil ta'sirlashuvda bo'lishi mumkin: suyuq holda bir-birida cheksiz erishi mumkin (suyuq eritma fazasi), qattiq holda ham bir-birida erishi mumkin (qattiq eritma fazasi) yoki o'zaro kimyoviy ta'sirlashib, kimyoviy birikmalar (oraliq faza)ni hosil qilishi mumkin.



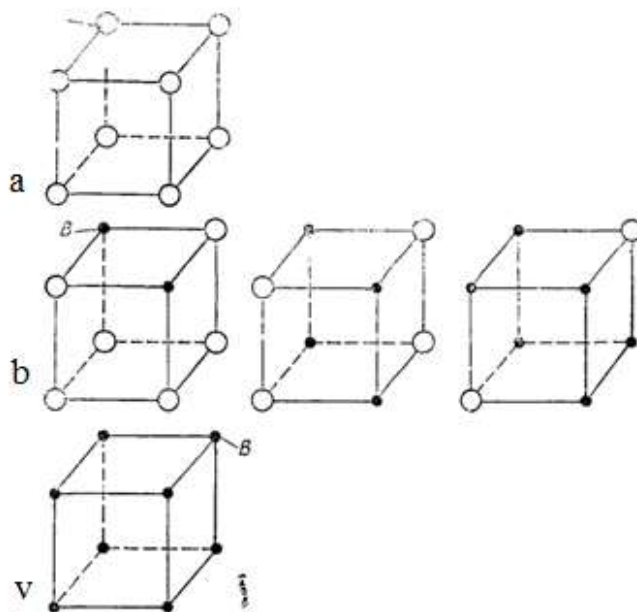
Murakkab jism A va V ikki komponentdan iborat deb olaylik, bunda ikki holni ko'rish mumkin: birinchi holda komponent suyuq holatda bir-birida cheksiz erisa ham, kristallanayotganda har biri alohida-alohida kristallanadi. Shuning uchun bunday murakkab struktura mexanik aralashma deb ataladi. Bu aralashma ikki komponentli yoki ikki fazadan iborat bo'ladi, ya'ni har bir komponent o'zi alohida kristallangan uchun alohida fazani hosil qiladi (19-rasm). Ikkinchi holda esa A va V komponentlar o'zaro ta'sirlashib, bir xil tarkibli qattiq eritmalar yoki kimyoviy birikmalar (oraliq fazalar)ni hosil qilishi mumkin.

Qattiq eritmalar deb, A komponentning elementar kristall panjarasida ikkinchi V komponent atomlari joylashishiga aytiladi. Kristall panjarani hosil qilgan A komponent erituvchi vazifasini o'taydi. Kristall panjarada V komponentning faqat ayrim atomlari qatnashayotgani uchun eruvchi modda deb ataladi.

Lekin kristall panjarada eruvchi V moddaning o'rnini A erituvchi modda atomlari olishi mumkin, u holda o'rin olish qattiq eritmasi hosil bo'ladi. Agar eruvchi V modda A erituvchi komponent kristall panjarasidagi atomlar orasiga joylashsa, bunday qotishma singdirish qattiq eritmasi deb ataladi. Masalan, A komponent o'rnida alyuminiyni olsak, V komponent o'rnida mis olsak, bu qotishma qotishma o'rin olish qattiq eritmasiga misol bo'la oladi. Alyuminiy kristall panjarasi saqlanib qolgan sharoitda 5,5% mis atomlari alyuminiy atomlarining o'rnini olishi mumkin. Demak, mis alyuminnyda 5,5% gacha eriy oladi. Umuman olganda hamma metallar u yoki bu darajada bir-birida erishi mumkin. Shunday metallar ham borki, to'la bir-birida erishi mumkin, masalan, A komponent kristall panjarasidagi atom o'rinlarini V komponent atomlari

borgan sari almashtirib borsa, natijada A komponent kristall panjarasi o‘rniga V komponent kristall panjarasi hosil bo‘ladi (20-rasm).

Bunday qattiq qotishmalarga bir-birida cheksiz eriydigan qattiq eritmalar deb ataladi. Masalan, kristall panjaralari Yoqlari markazlashgan kub shakliga ega bo‘lgan moddalar: kumush va oltin, nikel va mis, molibden va volfram, vanadiy va titan va h.k. bir-birlarida cheksiz erishi mumkin.



20-rasm. Bir-birida cheksiz eriydigan komponentlarning kristall panjaralari:  
 a – sof A komponent; b – B komponentning A komponent qattiq eritmasi;  
 v- sof B komponent.

Bir-birida cheksiz eriydigan qattiq eritmalarini hosil qilish uchun quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

Qattiq eritmani tashkil qilgan komponentlarning elementar kristall panjaralari turlari bir xil bo‘lishi kerak. Faqat Shundagina qattiq eritmadagi komponentlarning miqdor o‘zgarishi natijasida bir elementning elementar kristall katakchasi ikkinchi elementning elementar katakchasiga asta-sekin o‘tishi mumkin.

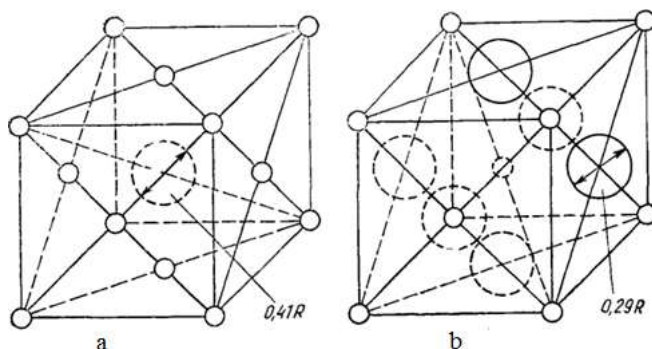
Komponentlar atomlarining radiusi bir-biriga yaqin bo‘lishi kerak, aniqrog‘i ularning farqi 9-15% dan oshmasligi shart.

Komponentlarning atom valentlik elektronlari bir-biriga yaqin bo‘lishi kerak, ya’ni Mendeleev davriy sistemasida komponentlar bir-biriga yaqin turishi kerak.

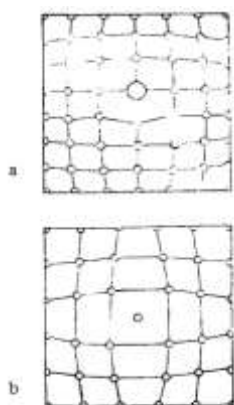
Ana shu shartlar bajarilgandagina metallar bir-birida cheksiz erishi mumkin. Agar bu shartlar ma’lum darajada bajarilsa, bajarilish darajasiga qarab elementlarning erish chegarasi belgilanadi.

Qattiq eritmalarining hosil bo'lish nazariyasi mukammal o'rganilmagan. Masalan, yuqorida aytib o'tilgan hamma shartlar bajarilgan holda ham mis va temir bir-birida cheksiz erimaydi va h.k.

Singdirish qattiq eritmasini hosil qilish uchun A erituvchi elementning atomlari orasidagi masofa V eruvchi elementning atomi joylashishi uchun etarli bo'lishi kerak. Demak, eruvchining atomi har qanday atom orasidagi bo'shliqqa joylashmay, shunday bo'shliqqa joylashishi kerakki, shu bo'shliq o'lchamlari atom o'lchamlariga teng yoki undan katta bo'lishi kerak. Masalan, yoqlari markazlashgan kub katakchada (21-rasm) eng katta bo'shliq kubning o'rtasida bo'ladi va bu bo'shliqqa atom radiusi  $0,41R$  ga teng bo'lgan atom joylasha olishi mumkin ( $R$  - kub katakchadagi atom radiusi). Markazlashgan kub katakcha uchun eng katta bo'shliq yon tomonlarini markazida bo'lib, uning o'lchami  $0,29R$  ga tengdir. Shuning uchun Yoqlari markazlashgan kub katakchada atomlar zich joylashishiga qaramasdan markazlashgan kub katakchaga qaraganda bo'shliq o'lchami kattaroq bo'ladi.



21-rasm. Yoqlari markazlashgan (a) va markazlashgan (b) kub yacheykalamining atomlari orasidagi bo'shliq tasviri.



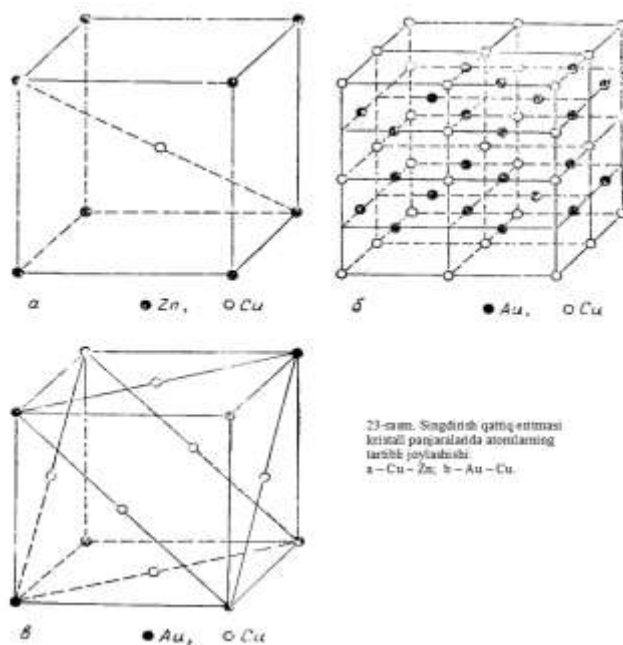
22-rasm. Singdirish yoki o'rin almashish qattiq eritmasida kristal panjara muvozanatining buzilishi

Singdirish qattiq eritmasini hosil qilishda atomlar orasidagi bo'shliq bilan singdirilayotgan atom o'lchami orasidagi farq 9-15% ni tashkil qilishi ham mumkin. Shuni ham aytish kerakki, qattiq eritma hosil bo'lishida dislokatsiyaning o'rni ham katta bo'ladi. Masalan, dislokatsiya chegarasiga singdirilayotgan o'zga atomlarning joylashishi takomillashgan, ya'ni buzilmagan katakcha oralig'ida joylashishdan ko'ra osonroqdir. Singdirilgan atomlar o'rin almashgan atomlarga qaraganda dislokatsiyaga ko'proq bog'langan bo'ladi, ya'ni Kotrella muhitini hosil qiladi.

Demak, o'rin almashgan qattiq eritma ham, singdirish qattiq eritmasi

ham kristall panjaraning ma'lum bir chegarada qiyshayishiga (deformatsiyalanishiga) olib keladi (22-rasm). Qattiq eritma mikrostrukturasi shartli ravishda muvozanatdagi donachani tashkil qilgani uchun jismda faza ajralishi ro'y bermaydi. Shuning uchun qattiq eritmalarni muvozanatdagi struktura deb qaraladi. Umuman singdirish qattiq eritmalarida erish kam bo'ladi. Eruvchi elementning atom o'lchami ancha kichik bo'lgan holdagina erish ro'y beradi. Shuning uchun ham metallarda ko'pincha uglerod, azot, vodorod kabi metall bo'lmagan elementlar eriydi. Bu elementlarning atom o'lchamlari 0,046-0,07 nm ni tashkil qiladi. Po'lat va cho'yanlarda bunday qattiq eritmalar muhim o'rin to'tadi.

Singdirilgan atom erituvchining kristall panjarasida tartibli joylashishi ham mumkin. Bunday eritmalar tartibli singdirish qattiq eritmasi deb ataladi. Masalan, Si – Al, Fe – Al, Fe – Si va boshqa Shunga o'xshash qotishmalarda yuqori temperaturada atomlar tartibsiz singdirilgan bo'lsa, temperatura pasayishi bilan singdirilgan atomlar ma'lum tartibda joylashib qoladi (23-rasm). Kristall panjaraning bunday tuzilishi metall xossalarini ham o'zgartiradi. Masalan, 21,5% Fe va 78,5% Ni dan iborat qotishma (permalloy)ning magnitlanishi keskin o'zgaradi, elektr qarshilik ortadi, qattiqligi ham ortib, plastikligi kamayadi.



Metall qotishmalarda kimyoviy birikmalar va tabiati jihatidan unga yaqin bo'lgan fazalar juda ko'p uchraydi.

Kimyoviy birikmalarning hosil bo'lishida kristall panjara bilan bog'liq bo'lgan maxsus xususiyatlar vujudga keladi. Ularni qattiq

eritmadan keskin ajratib turadigan xususiyatlar quyidagilardir:

1. Kimyoviy birikma o'ziga xos kristall panjara to'rini hosil qilish xususiyatiga ega. YAngi tipdagi kristall panjara shu kimyoviy birikmani tashkil qiluvchi komponentlarning kristall panjara turlaridan tubdan farq qiladi. Kimyoviy birikmalarda komponentlarning atomlari tartibli joylashgan bo'lib, ma'lum joylashish qonuniyatlariga ega. Ko'pchilik kimyoviy birikmalarning elementar kristall panjaralarining turlari murakkab bo'ladi.

2. Birikmada elementlar massasining nisbati doimo saqlanadi. Shuning uchun kimyoviy birikmalar sodda qilib  $A_mB_n$  ifoda bilan belgilanadi. Bu erda  $m$  va  $n$  butun sonlar bo'lib, elementlarning atom nisbatlarini ifodalaydi.

3. Kimyoviy birikmalarning xossalari shu birikmani tashkil qiluvchi elementlar xossalariidan keskin farq qiladi.

4. Suyuqlanish temperaturasi ham o'zgarmas bo'lib, kimyoviy birikma suyuqlanish temperaturasigacha saqlanib qolishi ham mumkin, lekin suyuqlanish temperaturasiga etmasdan parchalanib ham ketishi mumkin.

Agar kimyoviy birikma suyuq fazadan to'g'ridan-to'g'ri kristallansa yoki qizdirganda suyuqlanish temperaturasigacha saqlanib qolsa, bunday birikma barqaror kimyoviy birikma deb ataladi. Agar kimyoviy birikma qattiq fazalarni muvozanati o'zgarishi natijasida vujudga kelsa yoki qizdirish natijasida qattiq holda diffuzion parchalanib ketsa, bunday kimyoviy birikmalar beqaror kimyoviy birikmalar deb ataladi.

5. Kimyoviy birikmalarning hosil bo'lishida temperatura o'z-o'zidan o'zgarishi mumkin.

Kimyoviy birikmalarning hosil bo'lishida atom elektron tuzilishlari bir-biridan keskin farq qiladigan komponentlar qatnashadi.

Kimyoviy birikmalarga misol sifatida magnit elementining davriy jadvaldagi boshqa elementlar bilan hosil qilgan birikmalarini ko'rsatish mumkin. Masalan  $MgSn$ ,  $Mg_2Pb$ ,  $Mg_3Bi_2$  va h.k. Metallar bilan metallar birikkanda kimyoviy bog'lanishning metall bog'lanish turi saqlanib qoladi. Qotishmalardagi bunday bog'lanishlar intermetallid bog'lanishlar, hosil bo'lgan fazalar esa intermetallidlar deb ataladi.

O'zgaruvchan valentliklarga ega bo'lgan Fe, Mn, Sg, Mo va boshqa Shunga o'xshash elementlarning kristall panjaralarida atom o'lchami kichik bo'lgan uglerod, azot, bor va vodorod atomlari singishi mumkin. Bunday bog'lanishlarning tuzilishi va xossalari bir-biriga juda o'xshaydi va singish fazalari deb ataladi. Masalan, metall nitridlari ( $TiN$ ,  $FeN$ ,  $VN$



va h.k.) va ayniqsa po‘latlar tarkibidagi karbidlar ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ,  $\text{W}_2\text{S}$ , VC, Ti va h.k.) bunga misol bo‘ladi.

Singish fazasining hosil bo‘lishi elementar kristall panjaraning turi hamda tashkil qiluvchi elementlarning atom o‘lchamlariga bog‘liq bo‘ladi. Agar metallmas elementning atom o‘lchamini  $R_X$ ) metalning atom o‘lchamini esa  $R_M$  desak, u holda  $R_X R_M < 0,59$  bo‘lsa, metall kristall panjaraning turi oddiy kub katakcha (K8, K12) bo‘lishi mumkin. Lekin bu kub katakchalarning geometrik o‘lchamlari metallardagi kub yacheyka o‘lchamlaridan albatta farq qiladi. Agar  $R_X R_M < 0,59$  sharti bajarilmasa (masalan, temir, marganets va xrom karbidlari), singish fazasining kristall panjarasining tuzilishi murakkab bo‘ladi.

Metallarning elektron tarkibi nisbatiga binoan ham bog‘lanish hosil bo‘lishi mumkin. Bunday bog‘lanishlarga elektron bog‘lanishlar deyiladi. Ularning asosiy xususiyatlaridan biri umumiy valent elektronlarning har bir elementar kristall, yacheykaga to‘g‘ri keladigan soni deb qaraladi. Masalan,  $3/2$  (1,48),  $21/13$  (1,62),  $7/4$  (1,73) nisbatlarga teng bog‘lanishlarni uchratish mumkin. Har bir ko‘rsatilgan nisbatga to‘g‘ri keladigan ma’lum elementar kristall panjara turi mavjuddir. Mis, kumush va oltin birikmalari ko‘pincha elektron bog‘lanish orqali birikadi. Mexanik aralashma va qattiq eritmadan tashqari har qanday bog‘lanishli birikmalar oraliq fazalar deb ataladi. Jumladan, kimyoviy birikmalar ham oraliq fazalar deyiladi.

Metall qotishmalari tarkibidagi komponentlar suyuq holda bir-birida cheksiz eriydi. Qattiq holda esa ularning bir-birida erishi chegaralangan bo‘lishi mumkin. Qotishmalar tarkibidagi komponentlar miqdor o‘zgarishlarining temperaturaga bog‘liqligi grafigi faza va strukturaning muvozanat holatini belgilaydi. Bunday grafik fazalarning muvozanat-holat diagrammasi deb ataladi.

Sistemaning muvozanat holati jismning ma’lum sharoitdagi eng kichik ichki energiyaga ega bo‘lgan, holatidir. Jismlar hamma vaqt ichki energiyasini kamaytirishga intiladi, jism suyuq holatdan qattiq holatga o‘tayotganda, ya’ni kristallanayotganda muvozanat fazalarni hosil qiladi. Bunda mumkin qadar sekin sovitish, qattiq holatdan suyuq holatga o‘tishda esa juda sekin isitish kerak. Qotishmalarning hammasi qandaydir nisbatan muvozanatda bo‘lmagan (metastabil) fazalarga ega bo‘ladi. Materialshunoslik amaliyotida qotishmalarning muvozanatda bo‘lmagan holatini o‘rganishdan maqsad materiallarning ishlatilish sohasini kengaytirishdir.

Gibbs qoidasiga binoan ikki tushunchada chekinish bo‘lishi

mumkin:

1. Fazalar etarli darajada katta o'lchamga ega, shuning uchun ularning yuzasida sodir bo'ladigan jarayonlar hisobga olinmaydi;

Qotishmani tashkil qiluvchi har bir komponent fazalarning ajralish yuzalaridan o'ta olishi mumkin. Agar Shunday farazlar o'rinli bo'lsa, bunday holda holat diagrammasining matematik ifodasini aniqlash mumkin. Fazalar erkinlik darajasini o'zgartiruvchi ko'rsatkichlar – komponent soni, fazalar soni, temperatura va bosimdir:

$$S = K+2 - F,$$

bu erda  $K$  – komponentlar soni;  $2$  – tashqi ta'sir (temperatura va vaqt);  $F$  – fazalar soni.

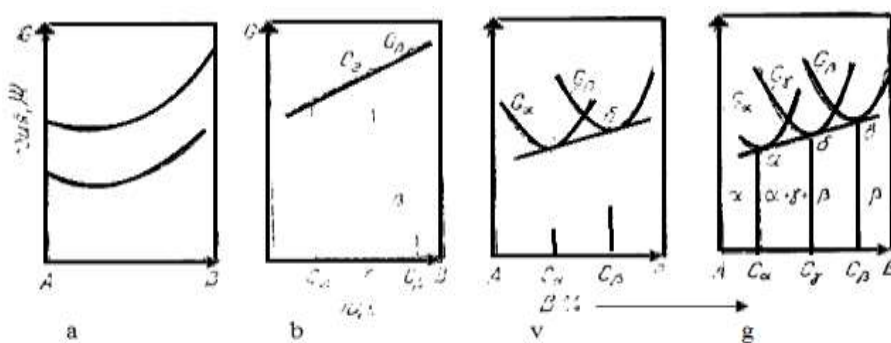
Sistemaning erkinlik darajasi deganda miqdor o'zgarishlari sodir bo'lganda, ya'ni temperatura va bosim ma'lum darajada o'zgarsa, muvozanatdagi fazalar sonining o'zgarishligi tushuniladi. O'zgarish aniq tarkibli qotishma uchun tashqi o'zgaruvchan faktorlar temperatura va bosimdir. Metallarga fazalar qoidasi qo'llanilganda temperatura tashqi o'zgaruvchan faktor sifatida, bosim esa o'zgarish deb qabul qilinadi. Faqat juda yuqori bosimda faza o'zgarishlari ro'y beradi (masalan, sun'iy olmos olishda). Oddiy sharoit uchun sistemaning erkinlik darajasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:  $S = K+1 - F$ . Lekin erkinlik darajasi faqat butun va musbat son bo'lishi mumkin. Shuning uchun  $S = K+1 - F \geq 0$  yoki  $F \leq K+1$ . Demak, muvozanat holatdagi qotishmalarda fazalarning soni eng ko'pi bilan komponentlarning sonidan bitta ko'p bo'lishi mumkin. Sistema ko'p, masalan, uchta komponentli bo'lsa, fazalar soni 4 tadan ko'p bo'lmaydi.

Muvozanat holatdagi bir necha komponentlardan iborat bo'lgan sistema maksimal fazalar soniga ega bo'lsa, u holda erkinlik darajasi nolga teng bo'ladi ( $S=0$ ). Bunday muvozanat holat invariant holat deb ataladi. Ikki komponentli sistemada erkinlik darajasi  $S=1$  bo'lsa, sistema bir variantli yoki monovariantli, agar  $S = 2$  bo'lsa, sistema bivariantli bo'ladi.

Materialshunoslik nazariyasi va amaliyotida ikki komponentli holat diagrammasi muhim ahamiyatga ega.

YUqorida aytganimizdek, muvozanat holatning asosiy sharti jismning eng kam ichki erkin energiyaga, ya'ni eng kichik termodinamik potensialga ega bo'lishidir. Jism bir (suyuq yoki qattiq) fazadan iborat bo'lsa, fazaning erkinlik darajasi (Gibbs energiyasi  $G$ ) uning tarkibi va tabiatiga bog'liq bo'ladi. Agar suyuq va qattiq fazalar erkinlik darajasining tarkibga nisbatan o'zgarishini (24- a rasm) solishtirsak,

qattiq fazaning erkinlik darajasi ( $G_z$ ) kam bo'ladi. Shuning uchun ham qattiq faza barqaror bo'ladi. Agar sistema ikki yoki uch fazadan iborat bo'lsa, o'zgarish temperatura va bosimda erkinlik darajasining o'zgarishi siljish qoidasiga bo'ysunadi (24- b rasm) va to'g'ri chizikli funktsion al bog'lanishda bo'ladi, ya'ni  $S_e$  tarkibdagi qotishmaning erkinlik energiyasini belgilovchi  $G_e$  nuqta  $\alpha$ - va  $\beta$ - fazalarning erkinlik energiyasini belgilovchi  $G_z$  va  $G_i$  nuqtalarni birlashtiruvchi to'g'ri chiziqda yotadi va uni  $\alpha$ - va  $\beta$ - fazalarning massa miqdoriga teslari proporsion al bo'lgan ikki kesimga ajratadi. Lekin sistemani tashkil qilgan  $\alpha$ - va  $\beta$ - fazalar o'zgaruvchan tarkibga ega bo'lsalar bir fazaning erkin energiyasi ma'lum qonuniyat asosida o'zgarishi mumkin (25- v rasm), ya'ni ma'lum temperaturada fazalar tarkibi  $S_n$  va  $S$  bilan belgilanadi va ikki qotishma aralashmasi ( $\alpha + \beta$ ) ning erkinlik darajasi ab to'g'ri chiziq bilan belgilanadi. Bunda  $S_b$  konsentratsiyadan kam bo'lgan tarkib faqat  $\alpha$  fazadan va  $S_b$  konsentratsiyadan ko'p bo'lgan tarkib esa faqat  $\beta$  fazadan iborat bo'ladi.



24-rasm. Jism erkin energiyasining ( $G$ ) qotishma tarkibiga bog'liqligi diagrammalari.

Ikki komponentli sistemada ba'zi bir hollarda uchta faza muvozanatda bo'lishi mumkin. (suyuq va ikkita qattiq faza). Barqaror fazalar tarkibi  $G_\alpha$ ,  $G_\gamma$  va  $G_\beta$  egri chiziqlarga o'rinma bo'lgan to'g'ri chiziqdagi a, b, v nuqtalarning konsentratsiya o'qiga proeksiyasi ( $G_\alpha$ ,  $G_\gamma$ ,  $G_\beta$ ) bilan belgilanadi (24 g-rasm). Bunda  $G_z$  konsentratsiyagacha faqat  $\alpha$  faza barqaror bo'lishi mumkin.  $G_z - S_\beta$  konsentratsiya oralig'ida esa uchta faza -  $\alpha$ ,  $\gamma$  va  $\beta$  fazalar barqaror bo'ladi.  $S_\beta$  konsentratsiyadan yuqori konsentratsiyada faqat  $\beta$  faza barqaror bo'ladi.

Qotishmalardagi faza o'zgarishlarida hosil bo'lgan yangi fazaning erkinlik darajasi birdaniga pasayib ketmaydi, balki jarayon davomida asta-sekin kamayib boradi. Ana Shu jarayonni bilgan holda holat diagrammalarini matematik usulda elektron hisoblash mashinalari

yordamida tuzish mumkin. Hozirgi qo‘llanilayotgan holat diagrammadagi tadqiqot usullarida olingan natijalar asosida tuzilgan.

Holat diagrammalari N.S. Kurnakov usulida tuziladi. Buning uchun tajriba asosida qotishmalarning qizish va sovish egri chiziqlari chiziladi. Bu egri chiziqlardagi kritik temperatura nuqtalari aniqlanadi. Qattiq holatdagi faza o‘zgarishlarini aniqlash uchun esa qo‘shimcha ravishda fizik- kimyoviy, mikroskopiya, rentgenografiya, dilatometriya usullari hamda magnit xossalari aniqlash usullaridan keng foydalaniladi.

Qotishma strukturasi ro‘y berayotgan o‘zgarishlar va ularning xossalari haqida haqiqiy ma’lumotga ega bo‘lish uchun holat diagrammasidan tashqari faza o‘zgarishi jarayonining mexanizmi va kinetikasini bilish kerak.

Zichliklari bir-biridan keskin farq qiladigan elementlardan hosil bo‘lgan qotishmalar (masalan, temir bilan qo‘rg‘oshin yoki mis bilan qo‘rg‘oshin) ni hisobga olmaganda ko‘pchilik metallar suyuq holatda bir-birida cheksiz eriydi.

Toza metallardagi kabi qotishmalarda ham o‘ta sovish natijasida kristallanish sodir bo‘ladi. Kristallanish natijasida hosil bo‘layotgan fazalarning tarkibi albatta suyuq, faza tarkibidan farq qiladi. Suyuq jismning kristallanish oldidagi tarkibida fluktatsiya jarayoni mavjud bo‘lganda kristallanish turg‘un markazi hosil bo‘ladi. Suyuqlikning ayrim joylaridagi tarkibning jism o‘rtacha zichligidan farq qilishi miqdoriy fluktatsiya deyiladi.

Suyuq metallardagi erkin atomlarning soni juda katta bo‘lgani uchun miqdoriy fluktatsiya ham temperatura ta’sirida etarli darajada katta bo‘ladi.

Fluktatsiya natijasida eski fazaning ayrim joylarida yangi faza markazlari hosil bo‘ladi. Yangi faza markazi ma’lum o‘lcham  $r_k$  ga ega bo‘ladi. U o‘shish qobiliyatiga ega. Agar bu o‘lcham ortib bormasa, yangi markaz eski fazada erib ketishi mumkin.

Suyuq qotishmalarning kristallanishida hosil bo‘layotgan yangi fazalarning o‘shish tezligi toza metallardagiga qaraganda kamroq bo‘ladi. Chunki suyuqlanmada elementlarning diffuzion ko‘chishi ro‘y beradi. Suyuqlanma tarkibi bilan qattiq faza tarkibi orasidagi farq qancha katta bo‘lsa, yangi markazlarning o‘shish tezligi ham Shuncha kichik bo‘ladi.

Holat diagrammalari va ularni analiz qilish nazariy Materialshunoslikning bir butun katta bo‘limi hisoblanadi.

Materiallarning texnik mustahkamligi nazariy mustahkamligidan farq qiladi. Materialshunoslikning hal qilinmagan muammolaridan biri

texnik mustahkamlik bilan nazariy mustahkamlikni bir-biriga yaqinlashtirishdan iboratdir. Nazariy mustahkamlik atomlar orasidagi tortishish kuchi xususiyatlari bilan belgilanadi va hisoblab aniqlanadi. Bunday mustahkamlik texnik mustahkamlikdan yuz, hatto ming barobar kattadir. Real metallardagi texnik mustahkamlikni nazariy mustahkamlikdan bunday farq qilishi metall kristall panjaraning nuqsonli tuzilishlaridandir.

#### **4-MAVZU. TEMIR UGLERODLI QOTISHMALAR.**

Hozirgi vaqtda toza temir xalq amaliyotining juda ko'p jabhalarida ishlatiladi. Kukun metallurgiyasining xom ashyosi sifatida kukun shaklda ishlab chiqariladi, payvandlash texnologiyasida, transformatorlarni ishlab chiqarishda esa boshqa ko'p mahsulotlar ishlab chiqarishda toza temir ishlatiladi. Toza temir va kam uglerodli temir katta plastiklikka ega bo'lganligi uchun chuzish usuli bilan hosil bo'ladigan mahsulotlarni ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Magnit xususiyatlar temirni tozaligiga bog'liq. Shuning uchun ulardan magnit materiallari sifatida elektrotexnika sanoatida o'zaklar, starter va elektr mashinalarining rotorlari tayyorlanadi. Temir mashina vositalarining ishchi yuzalarini qattiqligini oshirish va ularni ta'mirlash maqadida koplama sifatida ham ishlatiladi. Masalan, avtomobil va traktor mashinasozligida hamda ularni ta'mirlash sanoatida Shunday texnologiya qo'llaniladi. Temir oksidlari mineral bu yoqlar sifatida, ba'zilar esa ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) magnit materiallar: sifatida ishlatiladi. Temir tuzlari ham ko'p qo'llaniladi.

Lekin toza temirga nisbatan temir qotishmalari, ayniqsa temir-uglerod qotishmasi katta ahamiyatga ega. Po'lat va cho'yan hamma mamlakatlarda ham har yili millionlab tonna ishlab chiqariladn. Ular hozirgi zamon texnikasi uchun asosiy material hisoblanadi. Temir qotishmalarining muhimligi Shundaki, temir polimorfizmga, ya'ni allotropik shakl o'zgarishga ega. Temir qotishmalari yaxshi fizik-kimyoviy xossalarga ham ega, temir va uglerodning o'zaro ta'sirlashuvidan juda xilma-xil fazalar hosil bo'ladi. Shuning uchun ham bu qotishmalar sanoatning keng ehtiyojini qondiradi.

Hozirgi zamon sanoati, ya'ni qurilish, mashinasozlik va boshqa sohalarda konstruksion po'latlar, yuqori puxtalikka ega va korroziyaga bardoshli zanglamas po'latlar, kesib ishlash va bosim ostida ishlash uchun ishlatiladigan asbobsozlik po'latlari hamda zoldirli podshipniklar (ishqalanish juftlari) va purjinalar tayyorlanadigan po'latlar, maxsus xossalarga ega bo'lgan po'latlar juda keng qo'llaniladi.

Temir qotishmalarining yana bir muhim turi cho‘yanlardir. Cho‘yanlar yaxshi texnologik xossalarga ega: kam cho‘kma hosil qiladi, suyuq holdagi oquvchanligi yaxshi va Shuning bilan bir qatorda etarli darajada puxta, kam eyiladigan va boshqa muhim xossalarga ega bo‘lgan materialdir. Cho‘yanlarning ham bir necha turlari mavjud bo‘lib, ko‘p xil belgilarga (marka), ya’ni har xil navlarga ega.

Temir-uglerod sistemasida o‘zaro ta’sirlashuv natijasida oldinda aniq bilish mumkin bo‘lgan materialning xossalariga ega bo‘lish mumkin. Bunday qotishmalarning xossalarini maxsus sirlovchi elementlar ko‘shib, yanada kengaytirish mumkin. Buning natijasida holat diagrammalaridagi burilish (kritik) nuqtalarning o‘rni o‘zgarishi, ya’ni fazalarning tarkibi o‘zgarishi mumkin. Demak, bunday tadbirni qo‘llash yo‘li bilan materialning ishchi xususiyatlarini, masalan, ishqalanib emirilish darajasini, korroziyaga bardoshlilikini, olovbardoshlilikini va Shunga o‘xshash muhim xossalarini boshqarish mumkin.

Temir yaltiroq bo‘lib, och kulrang metallidir. U juda uzoq tarixga ega.

4-jadvalda temir va ba’zi muhim elementlarning er qobig‘idagi o‘rtacha miqdori berilgan.

4-jadval  
Ba’zi elementlarning yer qobig‘idagi miqdori

Elementning kimyoviy belgisi va nomi	W	Ni	Mo	Co	Cr	Mg	Cu	Fe	Al
	volf-ram	nikel	molib-den	kobalt	xrom	marga-nets	mis	temir	alyumi-niy
Miqdori (massaga nisbatan %da)	$2 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	5,1	8,8

Bu jadvaldan ko‘rinib turibdiki, temir Er qobig‘ida etarli darajada ko‘p miqdorda uchraydi. Tabiatda u ko‘pincha oksid hamda sulfat, silikat, karbonat, fosfat va boshqa birikmalar holida uchraydi. Lekin metallurgiya sanoati uchun muhim ruda materiali sifatida magnetit  $Fe_3O \cdot H_2O$ , sidirit  $FeCO_3$ , gematit  $Fe_2O_3$ , limonit  $Fe_3O \cdot H_2O$  va boshqa Shunga o‘xshash birikmalar ishlatiladi. Temirning bu rudalardagi miqdori 16-70% ga teng. Temirning eng boy rudalardagi miqdori 50% dan ko‘p, o‘rtacha boylikka ega bo‘lgan rudalardagi miqdori 25-50% va ba’zi rudalardagi miqdori 25% dan kamdir.

Rudalardan po‘lat va cho‘yan ishlab chiqaradigan sanoat sohasiga

metallurgiya sanoati deb ataladi.

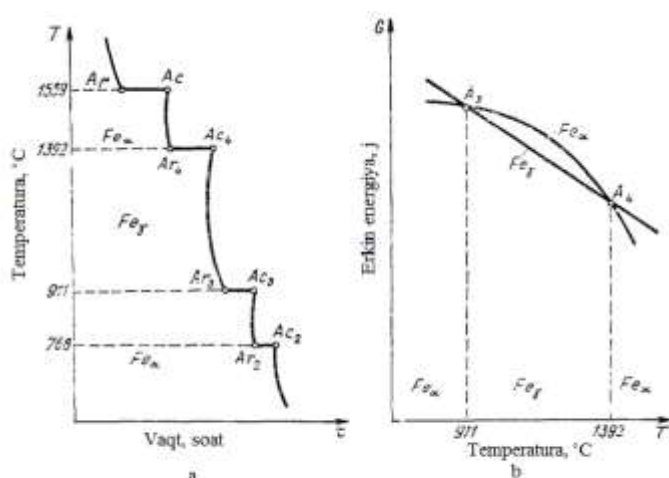
Toza temirni ikki xil usulda, ya'ni temir tuzlarini elektroliz qilish yoki temir oksidlarini vodorod ta'sirida qaytarish usulida olish mumkin. Lekin keyingi vaqtda ruda tarkibidagi temirni vodorod, tabiiy gaz va kichik temperaturada ko'mir yordamida qaytarib olish yo'lga qo'yilmoqda.

Toza temir juda yumshoq hamda magnit xossasiga ega bo'lganligi uchun unga bo'lgan talab oshmoqda. Lekin metallurgiya mahsulotining qariyb 95% ini po'lat va cho'yan tashkil qiladi.

Temir Mendeleev davriy sistemasining VIII gruppasiga mansub bo'lib, kobalt va nikel bilan yonma-yon turadi. Temirning suyuqlanish temperaturasi  $1539^{\circ}\text{C}$  ga teng bo'lib, qator allotropik shakl o'zgarishlarga ega ekanligini yuqorida keltirgan edik.

Temir magnit xossalarga ega (ferromagnit) va ega bo'lmasligi (paramagnit) ham mumkin. Temirning magnit xossalarining o'zgarishi ham izotermik jarayonligi hamda faqat temir emas, balki ko'pchilik magnit xossalariga ega bo'lgan elementlar ham bunday qonuniyatga bo'ysunishini ham yuqorida ko'rsatgan edik.

Temirning sovish (isish) egri chizig'idagi (24-rasm, a) izotermik o'zgarishlar ( $A_{S3}$ ,  $A_{r3}$ ,  $A_{S4}$ ,  $A_{r4}$ ), ya'ni allotropik shakl o'zgarishlar atom kristall tuzilishining termodinamik barqarorligiga bog'liq. Temperaturaga qarab  $\alpha$ -Fe yoki  $\gamma$ -Fe ning hosil bo'lishi erkinlik darajasining kichikligi bilan izohlanadp. Masalan,  $911^{\circ}\text{S}$  va  $1392^{\circ}\text{S}$  temperaturada  $\alpha$ -Fe va  $\gamma$ -Fe larning erkinlik darajasi teng. Agar temperatura  $911^{\circ}\text{S}$  dan kichik bo'lsa yoki  $1392^{\circ}\text{C}$  dan yuqori bo'lsa,  $\alpha$ -Fe yoki  $\sigma$ -Fe larning erkinlik darajasi  $\gamma$ -Fe ning erkinlik darajasidan kam bo'ladi (24-rasm, b).



24-rasm. Toza temirning sovish egri chizig'idagi faza o'zgarishlar (a) hamda fazalarning erkin energiyasi o'zgarishining temperaturaga bog'liqligi (b)

Temir asosidagi qattiq eritmalarining hosil bo'lishi ham atom kristall tuzilishiga bog'liq. Masalan,  $\alpha$  va  $\gamma$  temirlarning kristall panjarasining tuzilishi davrlari 0,286 va 0,0364 nm bo'lib, undagi bo'sh joylarning o'lchami 0,06 nm ni tashkil kilsa, Yoqlarining o'lchami 0,1 nm ga yaqin bo'ladi. Uglerodning temirda erish darajasining har xilligi ham kristall panjaradagi bo'sh jonlarning o'lchamlariga bog'liq. Uglerod atomining o'lchami 0,154 nm ga teng bo'lganligi uchun u  $\gamma$ -Fe ga qaraganda  $\alpha$ -Fe da juda kam eriydi.

Temir zichligi katta bo'lgan metallarga kiradp ( $\gamma$ -7,68 g/sm<sup>3</sup>). Lekin temirning cho'zilishdagi mustahkamligi uning tozalik darajasiga bog'liq.

Temirning kimyoviy xossalari ham uning tozaligiga bog'liq. Oddiy temperaturada ham havoda namuna yuzasida zang hosil bo'ladi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O). Bunday zang qatlamining tuzilishi g'ovak bo'lib, kislorodni o'zidan oson o'tkaza olishi sababli zang tagidagi metall yana zanglanadi.

Temir 200°C dan yuqorida quruq havoda qizdirilsa, yuzada yupqa oksid qatlam hosil bo'ladi, bu qatlam metallni keyingi zanglashdan saqlaydi. Temirni zanglashdan asrash uchun yuza rux, nikel, xrom kabi metallarning yupqa qatlami bilan qoplanadi. Ba'zi vaqtda temirning zanglashini sekinlashtiradigan usullar ham qo'llaniladi. Masalan, temir ustiga aktivroq (rux va Shunga o'xshash) metall biriktiriladi, biriktirilgan metall anod vazifasini o'taydi. YUqori darajadagi toza temirning korroziyaga bardoshlilik ham yuqoridir. Temirning eritmalarda korroziyaga bardoshlilikini oshirish uchun unga oz miqdorda boshqa legirlovchi qo'shimchalar, masalan, mis qo'shiladi.

Temir suyultirilgan kislotalarda erib, vodorodni ajratib chiqarish va Fe<sup>+2</sup> ionni hosil qilish xususiyatiga ega. Suyultirilgan HNO<sub>3</sub> ham temirni eritadi. Lekin HNC<sub>3</sub> ning quyuk va H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ning 65-10% li eritmasi ta'sirida yupqa qoplama hosil bo'ladi, bu qoplama temirning kimyoviy faolligini kamaytirishi mumkin.

Temir ishqorlarning suyuq eritmalarida odatda erimaydi.

Kislorod bilan temir har xil valentli bo'lganligi uchun ko'p oksidlarni hosil qiladi. Masalan, temir (II)-oksid (FeO), temir (III)-oksid (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), temir (II, III) -oksil Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (FeO va Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ning birikishidan hosil bo'lgan).

Temir qotishmalari orasida temirning oltingugurt bilan hosil qilgan birikmalari FeS va F<sub>2</sub>S ham uchraydi.

Temir azot bilan o'zaro ta'sirlashib,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\varepsilon$ - qattiq eritmalarini hosil qiladi, ba'zida nitrid fazalari (Fe<sub>4</sub>X, Fe<sub>2</sub>N) ham uchraydi. Azot ta'siriga



asoslangan maxsus jarayonlar ham mavjud bo‘lib, ularni azotlash va nitrotsementatsiyalash deyiladi.

Temirning uglerod bilan hosil qilgan qotishmasi sanoat uchun muhim ahamiyatga ega. Po‘lat va cho‘yan tarkibida har xil faza va strukturalarning mavjudligi po‘lat va cho‘yan xossalarini boshqarishga imkon beradi.

Uglerodning  $\gamma$ -Fe da yaxshi,  $\alpha$ -Fe da esa juda kam erish xususiyati po‘lat va cho‘yanlardagi termik ishlov jarayonining asosini tashkil qiladi.

Temir uglerod bilan o‘zaro ta’sirlashib, qattiq eritma, kimyoviy birikma va mexanik aralashmalarni hosil qilishi mumkin. Temir qotishmalariga legirlovchi elementlarning ta’siri ham xilma-xildir. Legirlovchi elementlar uglerodning temirda erish darajasiga ham ta’sir ko‘rsatib, o‘zlari alohida karbidlarni ham hosil qilishlari mumkin. Legirlangan po‘latda muvozanatdagi  $\alpha$ -qattiq eritma – ferrit qatori hosil bo‘lishi mumkin (masalan, Mo, W, Al, Si, So va h.k.). Shunga o‘xshash Mn, Ni, So kabi elementlar temirda to‘xtovsiz erib,  $\gamma$ -qattiq eritmani hosil qiladi, ba’zi elementlar esa (S, N, Sg, Si)  $\gamma$  - qattiq eritma hosil bo‘lish chegarasini kengaytiradi va h.k.

Temir-uglerod sistemasida quyidagi fazalar mavjud: suyuq qotishma, qattiq eritmalar (ferrit va austenit), kimyoviy birikma (sementit) va uglerod sof grafit holatda bo‘lishi mumkin. Bundan tashqari Fe-C holat diagrammasida perlit va ledeburit kabi mexanik aralashmalar ham hosil bo‘ladi.

Uglerodnig  $\alpha$ -temirdagi qattiq eritmasi ferrit deb ataladi, uglerodning  $\gamma$ -temirdagi qattiq eritmasi esa austenit deb ataladi. Lekin  $\alpha$ -va  $\gamma$ -temirlarda ugleroddan tashqari yana boshqa metall va metall bo‘lmagan elementlar ham erishi mumkin. Har bir metall va metall bo‘lmagan elementning  $\alpha$ -temirdagi qattiq eritmasi ham ferrit,  $\gamma$ -temirdagi qattiq eritmasi esa austenit deb ataladi.

Uglerod temir bilan o‘zaro ta’sirlashib sementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) kimyoviy birikmani hosil qiladi. Bunday birikmaning qattiqligi juda katta (NV - 8000 MPa) bo‘lgani bilan juda mo‘rtidir. Kristall panjaradagi atomlarning joylashishi romb shaklida bo‘lib, o‘lchamlarining qiymati quyidagicha:  $a = 0,508 \text{ NM}$ ;  $v = 6,673 \text{ NM}$ ;  $s = 0,451 \text{ NM}$ .

Sementitning suyuqlanish temperaturasi aniq bir qiymatga ega emas, taxminan  $1250\text{-}1260^\circ\text{C}$  ga teng. Sementit yaxshi magnit xossalariga ega ham emas. Faqat kichik temperaturada kuchsiz magnit xossasiga ega,  $217^\circ\text{C}$  dan yuqori temperaturada esa butunlay

magnitsizlanadi.

Suyuq qotishmaning kristallanishi natijasida birlamchi sementit yoki qattiq holda diffuzion qayta taqsimlanishi natijasida ikkilamchi yoki uchlamchi sementitlar hosil bo'lishi mumkin. Ikkilamchi ( $S_{II}$ ) va uchlamchi ( $S_{III}$ ) sementitlar beqaror bo'lib, ma'lum temperaturagacha qizdirilganda qattiq eritma va grafitga parchalanishi mumkin.

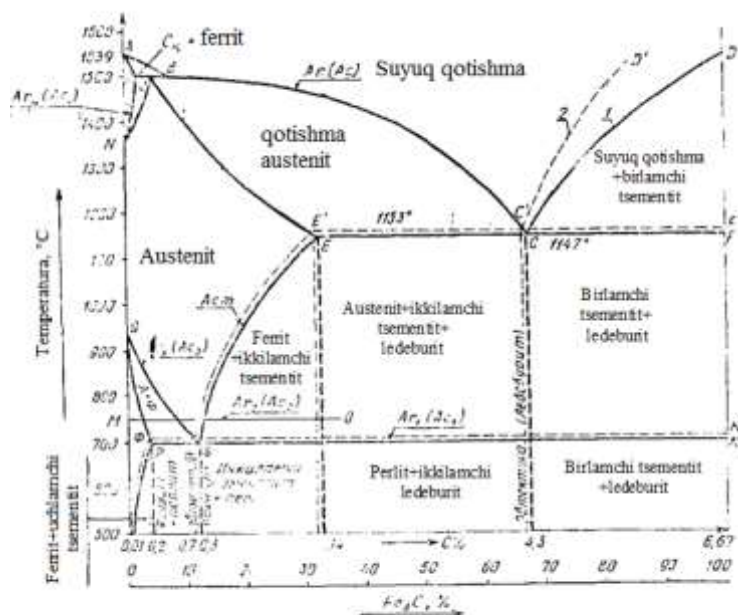
Sementit kristall panjarasidagi uglerod o'rnini boshqa metallmas elementlar (masalan, O, N), temir o'rnini esa boshqa metall elementlar olishi mumkin (Mo, Sr, Mn va h.k.). Kristall panjaradagi atomlarning bunday o'rin almashishi natijasida hosil bo'lgan qattiq eritma legirlangan sementit deb ataladi.

Uglerodning allotropik shakli grafit deb ataladi. U geksagonal kristall panjaraga ega bo'lib, qatlamlar o'zaro kuchsiz bog'langan bo'ladi. Shuning uchun grafit yumshoq bo'lib, mustahkamligi ham juda kam, suyuqlanish temperaturasi esa juda ham yuqori ( $3500^{\circ}\text{C}$ ), zichligi  $2,5 \text{ g/sm}^3$  ga teng.

Grafit elektr tokini yaxshi o'tkazadi, shuning uchun undan elektrodlar tayyorlanadi. Grafitning kimyoviy barqarorligi ham yuqoridir.

Temir-uglerod diagrammasida fazalarning o'zaro ta'sirlashuvi natijasida mexanik aralashmalar ham hosil bo'ladi. Ular o'zlarining hosil bo'lish sharoitiga ega bo'lib, ma'lum qonuniyatlarga bo'ysunadi.

Ikki xil holat diagrammalari mavjud bo'lib, birinchisi muvozanatda bo'lmagan sistema (metastabil) diagrammasi bo'lib, temir-sementit sistemasi o'zgarishlarini belgilasa, ikkinchisi turg'un (stabil) sistema diagrammasi bo'lib, temir - uglerod sistemasi o'zgarishlarini belgilaydi. Temir – sementit diagrammada metastabil sementit fazasi hosil bo'ladi. Temir-uglerod diagrammasida esa uglerod barqarordir. Bu diagrammalar ikkita gorizontaal chiziq–tarkib o'qiga ega bo'lib, uglerod va sementitning qotishmadagi miqdorini belgilaydi. Amalda temir-uglerod qotishmalarining  $6,67\%$  uglerod tutgan, ya'ni  $100\%$  sementit hosil qiladigan diagramma qismigina muhim ahamiyatga ega. Shuning uchun temir-uglerod diagrammasining ana Shu qismigina taxlil qilinadi va u temir-sementit diagrammasi deb ataladi (25-rasm).



25-rasm. Temir – uglerod sistemasining beqaror (1) va barqaror (2) holat diagrammasining umumiy ko'rinishi.

Amalda faza o'zgarishlaridagi sovish temperaturasi isish temperaturasiga to'g'ri kelmasligi mumkin. Shuning uchun diagrammada sovish «r» belgi, isish esa «s» belgi bilan ifodalanadi. Barharor diagramma uchun esa «e» belgi qo'llaniladi. Sovish (isish) egri chiziqlarida (25-rasm) to'rtta xususiy temperatura chiziqlari quyidagicha belgilanadi: ABC  $[A_r(A_c)]$  – erish (sovish), -NH  $[A_{r4}(A_{c4})]$  – polimorf o'zgarish;  $Fe_{\sigma} \rightarrow Fe_{\gamma}$  GS  $[A_{r3}(A_{c3})]$  – polimorf o'zgarish  $Fe_{\sigma} \rightarrow Fe^z$  MO  $[A_{r2}(A_{c2})]$  – temirdagi magnit o'zgarishini ko'rsatadi.

Diagrammadagi AVSD likvidus chizig'i va AHIECF solidus chizig'i orasida birlamchi kristallanish sodir bo'ladi. Suyuq fazadan austenitning ajralib chiqishi ABC chizig'i bo'yicha bo'lsa, CD chizig'i esa suyuqlikdan sementitni parchalanishini ko'rsatadi. AN chizig'i ferrit bilan suyuq fazani mavjud bo'lish chegarasini belgilasa, AHN esa yuqori temperaturali ferrit fazasini mavjudlik chegarasini belgilaydi. HIB peritektik gorizontali chiziq bo'lib suyuq qotishma bilan ferritni o'zaro ta'sirlashuvidan, ya'ni peritektik reaksiya natijasida austenit hosil bo'ladi. ECF gorizontali chiziq esa evtektik reaksiya boradigan temperatura gorizontali bo'lib, evtektik mexanik aralashma ledeburitning kristallanishini ko'rsatadi. PSK chizig'i esa austenitni parchalanishi natijasida ferrit va sementit hosil bo'lishini ko'rsatadi.

Temir – sementit diagrammasidagi A nuqta temirning suyuqlanish temperaturasini, D nuqta sementitning suyuqlanish temperaturasini, N va G nuqtalar esa temirning allotropik shakl o'zgarish temperaturasini

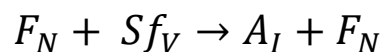
belgilaydi. Diagrammadagi N va R nuqtalar yuqori va past temperaturada uglerodni temirda erish darajasini belgilaydi. E nuqta uglerodning austenitda eng ko‘p erish darajasini belgilaydi. Qolgan nuqtalar esa evtektik (ECF), evtektoid (PSK) va peretektik (HJB), izotermik o‘zgarishlarning temperaturalarini belgilaydi.

Qotishma tarkibidagi uglerodning miqdori 0,02% dan kam bo‘lsa, texnik toza temir 0,02–2,14% ga teng bo‘lsa, bunday qotishma po‘lat deyiladi. Qotishma tarkibidagi uglerodning miqdori 2,14% dan ortiq bo‘lsa, bunday qotishma cho‘yan deyiladi.

Kristallanish jarayonidagi parchalanishdan tashqari Fe–Fe<sub>3</sub>C diagrammada qattiq holda ham parchalanish sodir bo‘ladi. Bu diagramma orqali po‘lat va cho‘yanlarda ro‘y beradigan hamma o‘zgarishlarni ta’riflash mumkin.

Diagrammaning yuqori temperaturada ro‘y berayotgan o‘zgarishlarini kuzatish uchun Fe–Fe<sub>3</sub>C diagrammaning ana Shu qismi kattaroq qilib ko‘rsatilgan 26-rasmdan foydalanamiz. Diagrammadagi HJB gorizontaal chiziq bo‘yicha peretektik reaksiya sodir bo‘ladi. Peretektik reaksiyaning sodir bo‘lishi uchun po‘latdagi uglerodning miqdori 0,1% dan ko‘p bo‘lishi kerak (26-rasmdagi N nuqta). Birinchi (I) qotishmaning kristallanishida peretektik reaksiya sodir bo‘lmaydi. Diagrammadagi ABJHA maydonda suyuq faza va ferrit mavjud bo‘lganligi uchun 1-va 2-nuqtalar orasida suyuq fazaning kristallanishi natijasida ferrit ajralib chiqadi. Sovish davom ettirilsa, 2- nuqtada kristallanish tamom bo‘lib, 2-va 3- nuqtalar oralig‘ida ferrit hosil bo‘ladi (ferrit klassidagi po‘latlar).

Sovitishning keyingi bosqichida (3- va 4-nuqtalar orasida) ferrit austenitga parchalanadi (Fe<sub>σ</sub>→Fe<sub>γ</sub>). Ferritni austenitga parchalanishi 4-nuqtada tamom bo‘lib, undan kam temperaturada faqat austenit fazasi mavjud bo‘ladi. Ikkinchi (II) qotishma uchun ham 1- va 2-nuqtalar orasida suyuq fazadan ferrit parchalanadi, lekin parchalanmay qolgan suyuq fazaning o‘zgarmas temperatura (T=1499°C)dagi peretektik reaksiyasiga binoan austenit parchalanadi, natijada 2- va 3-nuqtalar orasida austenit hamda ferrit hosil bo‘ladi:



Bu reaksiyada qatnashayotgan fazalar quyidagi tarkibga ega bo‘ladilar.

Suyuq faza tarkibida uglerod miqdori V nuqta proeksiyasi bilan belgilanadi; ferrit tarkibidagi uglerod N nuqta proeksiyasi bilan belgilansa, austenitda esa uglerod miqdori J nuqta proeksiyasiga to‘g‘ri keladi. Qotishmaning 2- va 3- nuqtalari

orasidagi struktura ferrit va austenitdan iborat bo‘ladi. Uchinchi (III) qotishma uchun (J nuqtasiga to‘g‘ri keladigan uglerod miqdori 0,16%) ham yuqorida aytganimizdek, 1-va 2-nuqtalar orasida suyuq fazadan ferrit kristallanadi. Temperatura 1499°C bo‘lganda (2-nuqta), uglerod miqdori N nuqta proeksiya-

siga, ferritdagi uglerod miqdori esa V nuqta proeksiyasiga to‘g‘ri keladigan suyuq faza izotermik reaksiyaga kirishib, uglerodi J nuqta proeksiyasiga to‘g‘ri keladigan austenitni hosil qiladi:



To‘rtinchi qotishmada (IV)

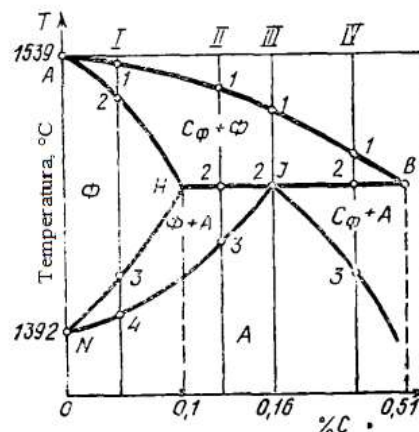
(uglerod

0,16–0,51%)gi 2-nuqtada qoldiq suyuq fazaning parchalanishidagi peritektik reaksiya quyidagicha bo‘ladi:



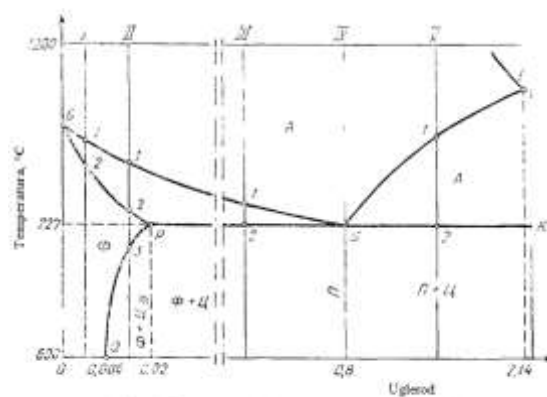
2- va 3-nuqtalar orasidagi qoldiq suyuq faza sovish natijasida 3-nuqtaga etib kelganda austenitga parchalanadi. Shunday qilib, tarkibida 0,51% gacha uglerod bo‘lgan qoldiq suyuq qotishmaning kristallanishi natijasida JE egri chizig‘i bo‘yicha austenit hosil bo‘ladi.

Endi diagrammaning pastki qismida austenitning parchalanish bosqichini ko‘rib chiqamiz (27-rasm). Oddiy sharoitda  $\alpha$ -temirda uglerod 0,006% gacha eriydi. Agar qotishmada uglerod miqdori 0,006% dan kam bo‘lsa (I qotishma), 1 va 2-nuqtalar orasidagi qotishma austenit va ferritdan iborat bo‘lib, sovish temperaturasining 2-nuqtasida austenit ferritga parchalanadi, chunki GP egri chiziqda qotishmaning polimorf o‘zgarishi sodir bo‘ladi ( $Fe_\gamma \rightarrow Fe_\alpha$ ). Sovish davom etishi bilan ferrit tarkibi o‘zgarmaydi. Bunday tarkibga ega bo‘lgan qotishma texnik tozalikka ega bo‘lgan temir deb ataladi. Qotishmada uglerod miqdori 0,006–0,02% oralig‘ida bo‘lsa (II qotishma), bunday qotishmada 1- va 2-nuqtalar orasi austenit va ferritdan iborat bo‘ladi, chunki 1-nuqtadan boshlab polimorf o‘zgarish ro‘y beradi ( $Fe_\gamma \rightarrow Fe_\alpha$ ). Austenitning ferritga parchalanishi GS egri chiziq bo‘yicha boradi. GP egri chiziqda austenitning ferritga parchalanishi tamom bo‘ladi. 3-nuqtadan pastda sovish natijasida ferrit tarkibidagi ortiqcha uglerod sementit holida ajralib

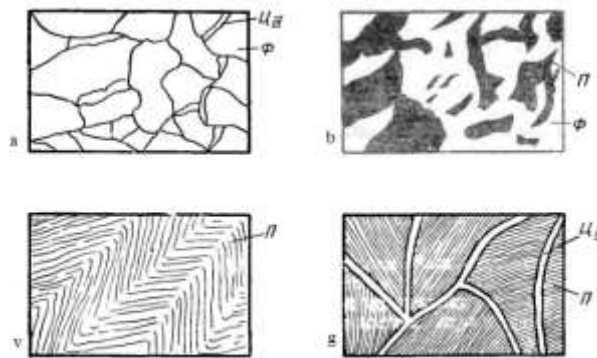


26-rasm. Temir – sementit sistemasining holat diagrammasidagi peritektik o‘zgarish yuz beradigan qismi.

chiqa boshlaydi, chunki sovish natijasida uglerodning ferritda erishi PQ egri chizig‘i bo‘yicha kamayadi va hosil bo‘lgan struktura (27-a rasm).  $F + S_{III}$  dan iborat bo‘ladi (sementit ferrit donachalari orasiga joylashib, ma’lum qatlamni hosil qiladi). Qotishmada uglerod miqdori 0,02% dan ko‘p bo‘lsa (III qotishma), 1- va 2-nuqtalar orasida struktura austenit + ferritdan iborat bo‘ladi, chunki 1-nuqtadan boshlab austenit ferritga parchalanadi, ya’ni GS egri chizig‘i bo‘yicha polimorf o‘zgarish ( $Fe_{\gamma} \rightarrow Fe_{\alpha}$ ) ro‘y beradi. Lekin 2-nuqttagacha parchalanmay qolgan austenit evtektoid reaksiyasiga binoan ferrit va sementitga parchalanadi. Bu qotishmada 2-nuqta 5 nuqtaga qancha yaqin bo‘lsa, qotishma tarkibidagi perlit Shuncha ko‘p bo‘ladi (27-b rasm).

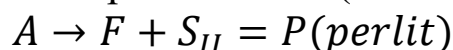


27-rasm. Temir – sementit sistemining holat diagrammasidagi evtektoid o‘zgarish ro‘y beradigan qismi.



28-rasm. Po‘lat mikrostrukturalari (tarkibidagi uglerodning protsent miqdori a=0,01, b=0,4, v=0,8, g=1,3).

Po‘latning tarkibidagi uglerod miqdori 0,8% ga etganda (IV qotishma) austenit izotermik parchalanadi ( $T = 723^{\circ}\text{C}$ ):

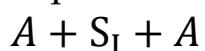


Hosil bo‘lgan birikmaga perlit (ferrit va sementit taYoqchalari qatlam-qatlam joylashgan) deyiladi (28-v rasm). Bu birikmaning hosil bo‘lish reaksiyasi evtektoid reaksiya deb ataladi. Bunday reaksiya natijasida hosil bo‘lgan perlit esa evtektoid mexanik aralashmadan iborat. Shuning uchun po‘lat tarkibidagi uglerodning miqdori 0,8% dan kam

bo'lsa, bunday po'latlar evtektoidgacha bo'lgan po'latlar bo'lib, tarkibi esa F+P dan iborat. Evtektoidgacha bo'lgan po'latlarda uglerod qancha ko'p bo'lsa, uning tarkibida Shuncha perlit ko'p bo'ladi.

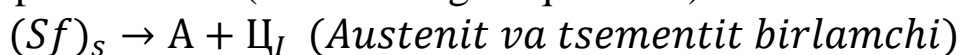
Po'latlar tarkibidagi uglerod mitsdori 0,8% dan ko'p bo'lsa, bunday po'latlar evtektoiddan keyingi po'latlar bo'lib, uning tarkibi P + S<sub>II</sub> dan iborat. Bunday po'latlarda (27-rasmdagi V qotishma) 1 va 2 nuqtalar orasida uglerodning austenitda erishi ES egri chizig'i bo'yicha kamayadi, ya'ni austenitdan uglerod Fe<sub>3</sub>C kimyoviy birikma holida ajralib chiqadi. Uglerodi kam bo'lgan qoldiq austenit 2-nuqtada evtektoid reaksiya natijasida perlitga parchalanadi, ikkinchi faza – S<sub>II</sub> tarkibida o'zgarish bo'lmaydi. Natijada P + S<sub>II</sub> tarkib hosil bo'ladi. Bunda S<sub>II</sub> perlit donachalari orasida hosil bo'lib, sementit to'rini hosil qiladi (28 - g rasm).

YUqorida keltirilgan Fe–Fe<sub>3</sub> diagramma (25-rasm) dan ko'rinib turibdiki, austenitda uglerod 2,14% gacha eriydi. Po'lat tarkibida uglerod 2,14% dan ko'p bo'lganda, qotishmaning kristallanishi evtektik parchalanish orqali ro'y beradi. Bunday kristallanish natijasida hosil bo'lgan qotishma oq cho'yan deb ataladi (bunday deb atalishiga sabab emirilgan yoki singan yuza oqish rangda bo'ladi). Temir-sementit diagrammasining bu qismi 29-rasmda keltirilgan. VS chiziq bo'yicha suyuq fazadan austenit kristallanadi va SD chizig'i bo'yicha suyuq fazadan kimyoviy birikma (S<sub>I</sub>) ajralib chiqadi. Birinchi (1) qotishma tarkibi 1- va 2-nuqtalar orasida suyuq qotishma va austenit aralashmasi hosil bo'ladi. Suyuq qotishmaning 2-nuqtadagi tarkibida uglerod miqdori S nuqtaning tarkibidagi uglerod miqdoriga teng bo'lganda, qoldiq suyuq faza izotermik reaksiya bo'yicha parchalanadi:



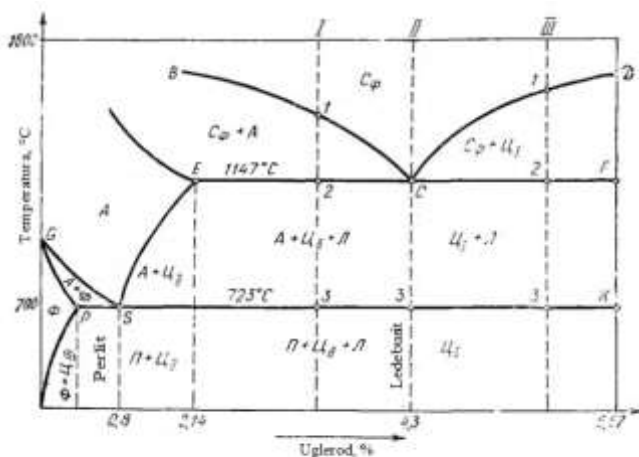
Sovish natijasida parchalanmay dolgan qoldiq suyuq faza ECF evtektik temperatura gorizontliga etib kelganda, uning parchalanishi evtektik reaksiya bo'yicha boradi. Chunki bunday qoldiq suyuq faza tarkibidagi uglerod miqdori S nuqtaning konsentratsiya chizig'i proeksiyasi bilan belgilanadi.

Qotishma tarkibida uglerod miqdori 4,3% bo'lganda, suyuq fazaning kristallanishi izotermik reaksiya bo'yicha boradi. Natijada suyuq qotishmadan bir paytning o'zida ikkita qattiq fazalar – austenit va sementit parchalanadi (29- rasmdagi II qotishma):



Bunday mexanik aralashmaga ledeburit (olimning nomiga qo'yilgan) deb ataladi. Shuning uchun evtektik temperatura (T-1147°S) to'g'ri chiziqda S nuqtaning chap va o'ng tomonida parchalanishga

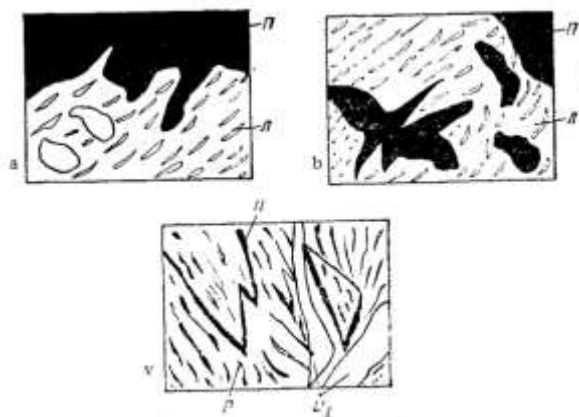
ulgurmagai suyuq qotishmada xuddi Shunday reaksiya ro‘y beradi. Natijada ECF dan pastda, chap tomonda austenit va ledeburit ( $A + L$ ) va o‘ng tomonda ledeburit va birlamchi sementit ( $L+S_I$ ) barqaror struktura hosil bo‘ladi. Lekin ESR dan yuqorida kristallanish natijasida hosil bo‘lgan austenit va sementitlarning tarkibida evtektik temperaturadan pastda sovutilganda o‘zgarish ro‘y bermaydi. Suyuq qotishma tarkibidagi uglerodning miqdori 4,3% dan ko‘p bo‘lsa (III qotishma), kristallanishda avval  $S_I$  parchalanadi, parchalanishga ulgurmagani suyuq qotishma 2-nuqtada evtektik reaksiyaga uchrab,  $A + S_I$  ni hosil qiladi.



29-rasm. Temir-sementit sistemasining holat diagrammasidagi evtektik o‘zgarish ro‘y beradigan qismi.

Temir allotropik shakl o‘zgarishiga ega bo‘lganligi uchun S nuqtadagi evtektik reaksiya natijasida xrsil bo‘lgan ledeburit mexanik aralashmaning tarkibi temperaturaga bog‘liq. Masalan, II qotishmaning kristallanishida hosil bo‘lgan qotishma quyidagi tarkibga ega: PSK gorizontali chiziqdan yuqorida ledeburit ( $A + S_I$ ) dan iborat bo‘lsa, chiziqdan pastda esa  $L + S_I$  dan iborat bo‘ladi. Demak, PSK chiziqning yuqorisida austenit bo‘lganligi uchun ledeburit tarkibi  $A + S_I$  dan iborat, PSK chizig‘idan pastda austenit (A) evtektoid mexanizmi bo‘yicha  $G1 + S_I$  ga parchalangani uchun PSK dan pastda (1 va III qotishmadagi 3-nuqta) ledeburit ( $L + S_I$ ) dan iborat bo‘ladi. Yuqorida ko‘rib chiqilgan uch xil parchalanishda hosil bo‘lgan evtektikagacha, evtektika va evtektikadan keyingi cho‘yan mikrostrukturalari 30-rasmda keltirilgan. Shu rasmlardan ko‘rinib turibdiki, oq cho‘yanlarni struktura tarkibi perlit yoki ledeburitdan, fazoviy tarkibi esa ferrit va sementitdan iborat bo‘ladi.

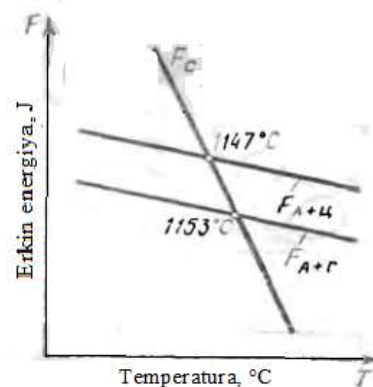




30-rasm. a – eutektikagacha; b – eutektik; v – eutektikadan keyingi, cho‘yan strukturalari.

Yuqorida aytganimizdek, uglerodning holat diagrammasidagi muvozanat holati ikki xil bo‘lishi mumkin. Uglerod sementit holatda metastabil muvozanatda bo‘lsa, uning grafit holati esa stabil muvozanatdadir. Shuningdek, Fe–S diagrammasi Fe–Fe<sub>3</sub> ga qaraganda yuqoriroq, temperatura tomon va chapga bir oz siljigan, chunki

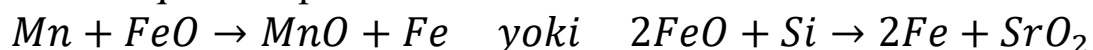
uglerodning austenitda erish darajasi biroz kam. Stabil diagrammada faza o‘zgarish chiziqlari shtrix chiziqlarda ifodalangan (25-rasm). Ikki xil diagrammaning hosil bo‘lishini quyidagicha tushuntirish mumkin. Birinchidan austenit bilan sementit kristall panjaralarda o‘xshashlik bor, grafitning kristall panjarasi murakkabdir. Shuning uchun suyuq fazadan (yoki austenitning parchalanishi natijasida ham) sementit hosil bo‘lishi osonroq. Ikkinchidan grafitning stabiligi termodinamik jihatdan katta, chunki A+G va F+G aralashmalarning erkinlik darajasi A+S<sub>I</sub> va F+S<sub>II</sub> aralashmalarnikidan ancha kam (31-rasm). Suyuq holatdan grafit kristallanishning kritik sharoiti



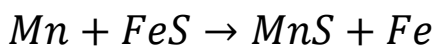
31-rasm. Temir-sementit sistemasi da hosil bo‘layotgan faza va strukturalarning erkinlik darajalari o‘zgarishining bogliqligi.

termodinamik vaziyatga mos kelishi kerak (31-rasmdagi G<sub>A</sub> + S<sub>II</sub> bilan F<sub>A</sub> – G oralig‘i).

Po‘lat tarkibidagi qo‘shimchalarning ham foydali, ham zararli tomonlari bor. Foydali qo‘shimchalarga marganets, kremniy, alyuminiy va hokazolar kiradi. Ulardan po‘lat olishda, ya’ni temir oksiddan temirni qaytarish maqsadida qo‘llaniladi:



Suyuqlantirilgan po‘latga ferromanganets yoki ferrokremniyni qo‘shish bilan po‘latni zararli elementlardan ham tozalash mumkin:



Zararli elementlarga oltingugurt, fosfor, kislorod, vodorod, azot va hokazolar kiradi. Bu elementlar po‘lat xossalariga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi. Bu elementlar ta‘sirida po‘latning issiq yoki sovuq holdagi mo‘rtligi ortadi, plastikligi va qovushoqligi kamayadi va hokazo. Lekin ba‘zi vaqtlarda fosfor miqdori oshiriladi. Chunki fosfor qo‘shilganda kesib ishlash osonlashadi, mis bilan birgalikda po‘latning korroziyaga bardoshlilik ortadi. Oltingugurt po‘latda bog‘langan holda (FeS) bo‘ladi. Temir sulfid bilan temir birgalikda ( $T=988^{\circ}\text{C}$ )da oson eriydigan evtektik mexanik aralashmani hosil qiladi. Bunday evtektik mexanik aralashma po‘lat donachalarining ajralish yuzalarida (chegaralarida) joylashadi. Shuning uchun issiqligicha plastik deformatsiyalashda evtektik aralashma erib, po‘lat issiq holatda mo‘rt bo‘lib qoladi. Bundan tashqari, oltingugurt po‘latning plastikligini, zarbiy qovushoqligini, chidamliligini, payvandlanuvchanligini, korrozion mustahkamligini kamaytiradi.

Oltingugurtning zararli ta‘sirini po‘lat olishda qo‘shiladigan ferromanganets kamaytirishi mumkin. Ferromanganets ta‘sirida temir sulfid manganets sulfidga aylanadi hamda yuqori temperaturada ( $1620^{\circ}\text{C}$ ) u shlak bilan birga chiqib ketadi.

Po‘lat uchun zararli azot va kislorod elementlari po‘lat tarkibida asosan oksidlar ( $\text{FeO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{N}$  va hokazolar) shaklida uchraydi va sof holda makronuqsonlar to‘plangan joyda joylashadi (darz va g‘ovaklarda). Bu elementlar po‘latning sovuq holdagi mo‘rtligini oshiradi.

Vodorod qattiq eritma tarkibidagi darz mix g‘ovaklarida joylashgan bo‘ladi. Agar po‘lat tarkibida vodorod ko‘p bo‘lsa, u bir joyga to‘planib, mikrodarz hosil qiladi. Mikrodarzning shakli sharga yaqin bo‘ladi. Uni emirilish yuzasidagi oq belgilar shaklida ko‘rish mumkin, ya‘ni metall ichidan emirilganligi ko‘rinib turadi. Po‘lat tarkibidagi vodorodning bir joyga to‘planmasligi uchun po‘latni issiqligicha deformatsiyalashdan keyin sekin sovitish kerak. Uzoq vaqt  $250^{\circ}\text{C}$  temperatura atrofida qizdirilsa, u tarqalib ketadi (diffuziyalanadi).

Demak, shuni ta‘kidlash kerakki, zararli qo‘shimchalarning miqdorini kamaytirish uchun po‘lat olish vaqtida achitish jarayonini to‘g‘ri boshqarish kerak. Masalan, vakuum yordami bilan po‘lat eritishda kislorod, vodorod va azot miqdorini kamaytirish mumkin.

Mashinasozlikda qo‘llaniladigan cho‘yanlarda uglerod erkin holda

– grafit shaklida bo‘ladi. Cho‘yan plastik va mustahkam ferrit, sementit fazalar hamda oson sirpanadigan mustahkamligi juda kam bo‘lgan yumshoq grafit fazalardan tuzilgandir. Agar grafitni strukturadagi nuqson deb qaralsa, cho‘yanlarni juda katta hajmli qo‘pol nuqsonlarga zga bo‘lgan po‘lat deb qarash mumkin yoki nuqson turi va ko‘p darzlarga ega bo‘lgan struktura deb qarash mumkin.

Cho‘yanlar tarkibidagi uglerod miqdori qancha ko‘p bo‘lsa, ularning mustahkamligi Shuncha kam bo‘ladi, ya’ni yomon cho‘ziladigan bo‘ladi. Lekin grafit cho‘yanning kesib ishlanishini osonlashtiradi, ishqalanish kuchini, tebranishni va dinamik ta’sirni biroz kamaytiradi. Cho‘yandagi marganets va kremniy kabi foydali qo‘shimchalar uglerodning zararini biroz kamaytiradi, natijada cho‘yanning mexanik xossalari yaxshilanadi.

Ma’lumki, cho‘yan domna pechidan olingan bo‘lib, uning tarkibida 2% dan ortiq uglerod bo‘lgan mo‘rt qotishmadir. Ugleroddan tashqari 0,5% dan 4,25% gacha kremniy, 0,2-3,5% gacha, 0,1-1,3% fosfor, 0,02-0,2% oltingugurt bo‘ladi. Cho‘yanlarning tarkibidagi uglerodning holati va shakliga ko‘ra ular 4 gruppaga bo‘linadi. Oq cho‘yan, kulrang cho‘yan, puxtaligi yuqori cho‘yan, bolg‘alanuvchan cho‘yan.

**1. Oq cho‘yan, (qayta ishlanuvchan cho‘yan)** - bu cho‘yanda uglerod, temir bo‘lgan kimyoviy birikma hosil qilgan holatda ya’ni semintit holatda bo‘ladi. Shuning uchun u juda qattiqdir.

**2. Kulrang cho‘yan, (quyish cho‘yani)** - bunday cho‘yanlarda uglerod erkin holda, ya’ni grafit tarzda bo‘ladi. Kulrang cho‘yan oquvchan, qotganda hajmi ham kisqaruvchan, suyuqlanish temperaturasi past, kesib ishlashuvi qotishmalardir. Lekin bu cho‘yan po‘latlarga nisbatan ancha mo‘rt kulrang cho‘yan siqilishga tebranma kuchlarga ancha yaxshi qarshilik ko‘rsatadi. Kulrang cho‘yanlarni yuzlari kulrang tusda bo‘ladi. GOSTga ko‘ra ularning asosiy markalari quyidagilardan iborat.

Ferruntli cho‘yan SCH 00.

Ferruntli - perlitli cho‘yan SCH 12-28

Perlit - ferritli cho‘yan SCH 15-32

Perlitli cho‘yan SCH 18-36, SCH 21/40, SCH 24-44, SCH 28-48, SCH 32-52

**3. Puxtaligi yuqori cho‘yan.** Bunday cho‘yanlarning strukturalari perlit bilan sharsimon mayda grafit donalaridan iborat bo‘ladi. Bunday cho‘yan olish uchun amalda sariq cho‘yanni qolipga o‘uyish oldidan unga ozgina magniy qo‘shiladi. Natijada ajralib chiqqan grafit shar shakliga kiradi. Bunday cho‘yanning quyidagi markalari bor. VCH 45-0, VCH 50-2,5

VCH 50-2, VCH 45-5, VCH 40-10

**4. Bolg‘alanuvchan cho‘yan.** Oq cho‘yan quymasini uzoq vaqt (3-4 kun) davomida 900-1000°C temperaturada yumshatish natijasida olinadi. Bu jarayon natijasida Fe S perlitga va bodroq nusxa grafitga parchalanadi. Bolg‘alanuvchan cho‘yanlarning cho‘zilishdagi mustahkamligi chegarasi boshqa cho‘yanlarnikiga qaraganda yuqoriroq bo‘lib, u zarb kuchlari ta‘siriga va korroziyaga yaxshi qarshilik ko‘rsatadi. Bu cho‘yanni bolg‘alab bo‘lmaydi.

Bolg‘alanuvchan cho‘yan degani shartli nom bo‘lib, bu nom uning kulrang cho‘yanga qaraganda biroz plastik bo‘lgani uchun berilgan.

Bolg‘alanuvchi cho‘yanni ba‘zi markalari quyidagicha:

Fermitli cho‘yan KCH 37-12, KCH 35-10, KCH 33-8, KCH 30-6

Perlitli cho‘yan KCH 20-3, KCH 35-4, KCH 30-3: bolg‘alanuvchan ekanligini ko‘rsatadi.

Legirlovchi elementlar cho‘yan strukturasi, ya‘ni metall asos, grafit shakli va o‘lchamlariga ta‘sir ko‘rsatadi. Natijada cho‘yanlar maxsus xossalarga ega bo‘lishi mumkin. Legirlovchi elementlarni qo‘shish bilan ishqalanishga chidamli, korroziyabardosh, olovbardosh quyindi hosil qilishga bardoshli legirlangan cho‘yanlar olinadi (7769–82 GOST).

Qumtuproq sharoitida ishlatiladigan ishqalanishga chidamli cho‘yanlar nikel (3,5-5%) va xrom (0,8%), titan, mis, vanadiy, molibden kabi bir qancha qo‘shimcha elementlar bilan legirlanadi. Bunday materiallar ishqalanish juftlarida moysiz ishlay oladi. Bulardan, avtomobillarning tormoz nog‘orasi, harakatni ulash vositalari, silindr gilzasi kabi qismlar yasaladi. Xrom miqdori yuqori bo‘lgan (CHX9N5, CHX16M2, CHX22, 4X28D2) cho‘yanlardan qattiq materiallarni maydalaydigan uskuna vositalari, CHN4X2 cho‘yandan abraziv muhit sharoitida katta kuchlanish ostida ishlaydigan tegirmon uskunalari va vositalari tayyorlanadi.

Olovbardosh legirlangan cho‘yanlardan (CHX2, CHXZ) metallurgiya sanoatida aglomerat mashinalarining kolosniklari, kimyoviy muhitda ishlaydigan korroziyabardosh uskunalari, trubalari kabi qismlar tayyorlanadi. Bunday cho‘yanlar 600°S (CHX2) va 700°S (CHXZ) da ham xossalarini yo‘qotmay ishlay oladi. Bundan ham yuqori temperaturalarda ishlay oladigan CHYUXSH (650°C), CHYU7X2 (750°C), CHX16 (900°C), CHYUZO (1100°C) legirlangan cho‘yanlar ham mavjud. Bunday cho‘yanlardan metallurgiya sanoatida pech armaturalari, metallni yupqa jo‘valaydigan uskunalarning vositalari, shisha ishlab chiqarish sanoati uskunalari kabi uskunalari tayyorlanadi.

YUqori temperaturada mustahkamligi katta bo'lgan sharsimon grafitli CHNMSH, 4N11G7X2SH, CH19XZSH cho'yanlar 500-600°C temperaturada ishlay oladi. Ulardan dizel, kompressor uskunalari, gaz turbinalari qismlari tayyorlanadi.

Kam legirlangan 41, 4NXT, 4NXMD, 4N28 kabi cho'yanlardan ishqoriy ham korrozion gaz za havo muhitida ishlaydigan mashinalarning vositalari tayyorlanadi (porshen halqasi, ichki yonuv dvigatellarining bloklari, dizel va kompressorlarning vositalari) Ayniqsa, kislotali va ishkoriy muhitda kremniy bilan legirlangan (4S13, 4S15, 4S17) cho'yan yaxshi ishlaydi. YUqori temperatura (1100–1150°C) dagi kislota, ishqor, tuz eritmalar yoki agressiv gaz muhitlarida og'ir yuk ko'tara oladigan mashina vositalari 4X28, 4X34 cho'yanlardan tayyorlanadi. Ishqalanish juftlarining materiali sifatida kulrang, yuqori mustahkam va bolgalanuvchan, legirlangan cho'yanlar keng qo'llaniladi (ACHS-1, ACHS-2, ACHV-1, ACHV-2, ACHK-1, ACHK-2).

## **5-MAVZU. RANGLI METALLAR VA ULARNING QOTISHMALARI.**

Mamalakatimizda xalq xo'jaligini yanada rivojlantirish fan-texnika rivojlanishini amalga oshirishda rangli metallarning va ulardan hosil qilinadigan qotishmalarning ahamiyati kattadir. Chunki bu konstruksion materiallar xalq xo'jaligining turli sohalarida, masalan, aviatsiya sanoati, raketsozlik, elektrotexnika, radiotexnika va hokazo tarmoqlarda juda keng ishlatiladi.

Rangli metallarning asosiy vakillari oltin, kumush, platina, rux, mis, titan, nikel, magniy, alyuminiy, kurgoshin qalay, xrom, volfram, vanadiy, kobalt, molibden, niobiy, sirkoniy, lantan va boshqalardir.

O'rta davrlar mobaynida faqat ba'zi rangli metallar: mis, ko'rg'oshin, juda oz miqdorda esa rux ishlab chiqarilar edi. Asosiy va eng zaruriy rangli metallar: nikel, xrom, alyuminiy, volfram, qalay va boshqalar esa chet ellardan keltirilardi. Buning uchun tezlik bilan rangli metallar ishlab chiqaradigan yangi texnologik protsesslar asosida yangidan-yangi sanoat korxonalarini barpo etildi va rivojlantirildi.

Bunday sanoat korxonalarida rangli metallar ishlab chiqarish uchun ularning tegishli rudalari qayta ishlana boshladi. Hozirda yurtimizda bunday rudalar zapasi juda ko'p bo'lib, u turli rangli metall rudalarining zapaslari bo'yicha dunyoda eng yuqori o'rinlardan birini egallab turibdi.

Mis D. I. Mendeleev davriy sistemasining I gruppasiga mansub kimyoviy element. Tartib nomeri 29, atom og'irligi 63,546. Tabiiy mis

ikkita turg'un izotop ( $^{65}\text{Si}$  69,1%) va  $^{30}\text{Si}$  (30,9%) dan iborat. Sun'iy radioaktiv izotoplardan  $^{61}\text{Si}$  va  $^{64}\text{Si}$  amaliy jihatdan ham muhim hisoblanadi.

Mis insoniyatga kadimdan ma'lum rangli metallardan biri bo'lib, uning qotishmalari kishilik jamiyati moddiy madaniyatini o'stirishda katta ahamiyatga ega bo'lgan. 1976 yili Onega ko'li yaqinida joylashgan qirg'oq kareridan og'irligi 200 kg ga yaqin mis yombisi topilgan. Bu sof holdagi mis FAning Kareliya filialiga qarashli tarix, adabiyot va til institutining arxeologiya muzeyida saqlanmokda.

Mis tabiatda sof holda kam uchraydi, uning rudalari asosan ikki asosiy gruppaga bo'linadi:

1. Sulfidlar, ularning tarkibida mis, S bilan birikkan holdagi minerallar;

2. Oksidli birikmalar, ularning tarkibida mis oksidlari mavjud.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, sanoatda ishlatiladigan mis rudalari ichida tabiiy rudalar (tarkibida mis mpkdori 99,9%) nihoyatda juda kam ishlatiladi va bu butun jahondagi mis boyligining 5% ini tashkil qiladi. Sulfidli mis birikmalar (rudalar) eng ko'p tarqalgan bo'lib, jahon zapasining 80% iga yaqinini tashkil qiladi. Bunday rudalardan eng ko'p tarqalgani xalkoprit (mis kolchedani)  $\text{CuFeS}_2$ , keyin esa xalkozin  $\text{Cu}_2\text{S}$ , bornit  $\text{CuFeS}_3$  va kovellin  $\text{CuS}$  dir.

Mis oksidli rudalar jahon zapasining 15% iga yaqinini tashkil qiladi. Buning vakillariga malaxit  $\text{CuCO}_3/\text{Cu}(\text{OH})_2$ , ko'pmit  $\text{Cu}_2\text{O}$ , tenorit (melakonit)  $\text{CuO}$ , azurit  $2\text{CuSO}_4 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$  va boshqalar kiradi. Sanoatda ishlatiladigan rudalarda misning miqdori 1–2% dan iborat bo'lsa, o'rtacha 0,5% bo'lganda kambag'al rudalar, 3% va undan ko'p bo'lsa eng boy ruda hisoblanadi. Sanoat miqyosida kambag'al rudalar, albatta, boyitiladi. Mis rudalari tarkibidagi bekorchi jinslar jumlasiga qum, giltuproq, ohaktosh, kvarts, barit, kalsiy va har xil alyuminosilikatlar kiradi. Lekin har xil joylarda qazib olinadigan rudalarning tarkibidagi moddalarning xillari va miqdorlari hamda turli jinslari (komponentlar) har xil bo'lish mumkin. Mamlakatda mis rudalari kazib olinadigan joylar asosan Janubiy Ural, Qozog'iston, Zakavkaze. Uzbekiston, Tojikiston va Taymirdir.

Mis rudasining tarkibidagi keraksiz moddalarni olish uchun tegishli ruda flotatsion usulida boyitiladi. Flotatsiya operatsiyalari flotatsion mashinalari yordamida bajariladi. Buning uchun avval ishlov beriladigan ruda sharli tegirmonda ezib maydalanadi (bo'lakchalar o'lchamini 0,05–0,5 mm gacha qilib). Keyin esa maydalangan rudaga moysimon sintetik modda qo'shib aralashtiriladi, natijada mis sulfidi sirtida moyli

parda hosil bo‘ladiki, bu holat  $\text{Cu}_2\text{S}$  ni turli chiqindilardan ajratishga qulay imkoniyat yaratadi,

Ana Shunday tartibda tayerlangan ruda bunkerdan flotatsion mashinaning suv bilan to‘ldirilgan kamerasiga tushadi. Mashinaga truba bilan uzluksiz havo berib turiladi, bu havo esa tubdagi teshik orqali utib vannaga boradi.

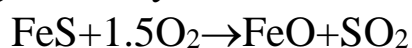
Natijada, yomon qo‘llangan ruda bo‘lakchalariga havo pufakchalari yopishib ularni vanna cuyuqlilik sirtiga ko‘pik qatlami sifatida olib chiqadi, bu ko‘pik nov (4) orqali chiqariladi va keyin quritiladi. Natijada, tarkibida 15–20% miqdorida mis bo‘lgan konsentrat hosil bo‘ladi.

Qo‘shimcha aralashmalarniig bo‘lakchalari esa suvda yaxshi ho‘llanadi va mashina tubiga cho‘kadi, bu cho‘kma teshik orqali chiqarib yuboriladi va hokazo.

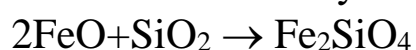
Hozirgi vaqtda 80% gacha hamma mislar pirometallurgiya usuli bilan rudaning tarkibidan ajratib olinadi, ya’ni sulfidli mis konsentratidan (avval ruda flotatsion usulda boyitiladi) eritish orqali olinadi. 20% ga yaqin mis esa turli rudalardan gidrometallurgiya usulidan foydalanib, ya’ni zaruriy ruda turli eritmalar yordamida ishlov berish orqali misni eritmalariga cho‘ktirish yoki kimyoviy usul bilan ajratib olinadi.

Misni sanoat yo‘li bilan olish tartibi yoki usuli juda ko‘p. Pirometallurgiya usulida mis ajratib olish uchun tegishli rudalar turli konstruksiyalardagi pechlar yordamida (alangali, elektr, shaxtali pechlar, konvertorlar va boshqalarda) eritilib olinadi. Bu usul bilan sulfidli rudalardan mis olish texnologiyasi quyidagilardan iborat.

Mis olish ko‘pgina texnologik protsesslardan iborat. Buning uchun zaruriy ruda boyitiladi, keyin pishirilgan konsentratni pechga solib eritib, suyuq, shteyn ( $\text{Cu}_2\text{S}$  bilan  $\text{FeS}$  aralashmasi.) olinadi. SHteyn tarkibida 20–50%  $\text{Cu}$ , 20–40%  $\text{Fe}$ , 22–25%  $\text{S}$ , kislorod va qo‘shimcha elementlar  $\text{An}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Zn}$  va boshqalar 8% ga yaqin bo‘ladi. Natijada, hosil silingan suyuq shteyn diametri 2,3–4 m, uzunligi 4,3–10 m bo‘lgan maxsus konvertorlarda (bunday konvertorlar bir sikldagi protsessida 100 tonnagacha mis bera olish qobiliyatiga ega) bessemerlanib (10–12 soat shteyn misidan kambag‘al bo‘lsa, ikki sutka davomida), xomaki mis olinadi. SHteyndan xomaki mis olishda konvertorda quyidagi kimyoviy reaksiyalar sodir bo‘ladi, ya’ni suyuq shteynga bosimi 80–120 KPa bo‘lgan havo yuboriladi va kvarsli flyus qo‘shiladi, bunda

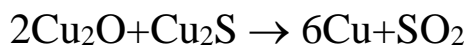


dan temir oksidli flyus bilan qo‘shilib shlakka aylanadi, ya’ni:



bo'lib, hosil bo'lgan konvertordagi shlak kovshlarga quyilib alangali pechlarga transportirovka qilinadi va uning tarkibidagi zarur modda yoki elementlar ajratib olinadi.

Natijada konvertorda qolgan deyarli toza holdagi mis sulfid ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) – shteyn (tarkibida 80% Su) hosil bo'ladi, qora shteyn olish uchun mis sulfidning oksidlanishi sodir bo'ladi, ya'ni:  $\text{Cu}_2\text{S} + 1.5\text{O}_2 \rightarrow \text{Cu}_2\text{O} + \text{SO}_2$  dagi  $\text{Cu}_2\text{O}$  toza mis sulfidi ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) yoki ok shteyn bilan reaksiyaga kirishib, toza mis hosil qiladi, ya'ni:



Kimyoviy reaksiyalar natijasidagi S va Fe ni oksidlantprpsh uchun konvertordagi temperaturani ( $1250\text{--}1350^\circ\text{C}$ ) ma'lum cheklanishda saqlash kerak bo'ladi va hokazo.

Yuqoridagi protsesslar orqali hosil bo'lgan xomaki misni yopib to'rgan aralashmadan tozalash operatsiyasi asosan eritish, chiqindilarni oksidlash va ularni turli gazlar bilan birga chiqarib yuborish va unn eritish kabi protsesslar yig'indisidan iboratdir.

Hosil bo'lgan xomaki mis eritmasidan yanada tozaroq mis (99,99% va undan yuqori) olish uchun elektrolitik rafinlash operatsiyasi bajariladi.

Elektrolitik rafinlash natijasida elektrotexnika sanoati uchun yuqori tozalikdagi mis va ruda tarkibida mavjud bo'lgan oltin, kumush, selen, tellur va boshqa qimmatbaho zlementlarni ham yo'l-yo'lakay ajratib olinadi. Chunki bunday qimmatbaho elementlar deyarli doimo konvertordagi misda mavjud bo'ladi. Hozirgi vaqtda bizning mamlakatimizda olinadigan misning 25% ga yaqini ana shu elektrolitik rafinlash metodi orqali olinadi.

Elektrolitik rafinlashda mis anodilitali (o'tli rafinlash protsessidan keyin qo'yilgan bo'ladi) ko'rinishida foydalaniladi. Natijada anod – plitalar mis sulfatning suvdagi eritmasi bilan sulfat kislotaga (200 g l ga yaqin), ya'ni elektrolit bilan to'ldirilgan vannaga botiriladi va uni tok manbaining musbat qutbiga ulanadi.

Vannadagi elektrolit ichiga botirilgan misli anodlar o'rtalariga qalinligi 0,6–0,7 mm dan iborat bo'lgan, toza misdan tayyorlangan plastinkalar maxsus mis taYoqcha (sterjen) orqali osib qo'yiladi va bular elektr tok manbaining manfiy qutbiga ulanadi.

Natijada (tok manbai to'liq ulangandan keyin) tegishli anoddagi mislar to'liq ajralib taYoqchada zich qatlam hosil qilib katodlarga o'tib yopishadi. Bu protsess davomida vannadagi elektrolitning temperaturasi  $50\text{--}55^\circ\text{C}$  oralig'ida bo'ladi. Aralashmadagi bir qism moddalar (rux, nikel, temir va boshqalar) anodda eriydi va elektrolitga aralashib uni ifloslaydi



(tiniqligini o'zgartiradi). Boshqa erimaydigan aralashmalar (kumush, oltin, selen, tellur) qattiq bo'lakchalar holida maydalanadi va vanna tubiga yig'iladi. Vanna tubida to'plangan massa sekin-asta vannadan chiqariladi va tarkibidagi qimmatbaho rangli metallar undan ajratib olinadi. Bunday protsess ancha arzonga tushadi, ya'ni bu protsessii bajarish uchun sarflanadigan xarajatlar hatto vanna tubida hosil bo'ladigan mayda bo'lakchalardan iborat noyob metallarning miqdoridan ham kamdir.

Vanna tubida hosil bo'ladigan bo'lakchalarning o'rtacha miqdori anod og'irliklarining 0,2–0,5 protsentini tashkil qiladi.

Elektrolitik rafinlash uchun zarur bo'lgan tok zichligi 1 m<sup>2</sup> katodlar uchun 100–200 A, kuchlanish 0,3–0,35 V ga teng bo'ladi.

Vannadagi moddaning anodlardan ajralish vaqti 20–30 sutkani tashkil qiladi. Katodlar esa har 7–15 sutka davomida almashtiriladi, 1 t katodli mis olish uchun 700–1100 MJ elektr energiyasi sarflanadi.

Natijada chiqarilgan misli katodlar yuvilib elektr, alangali pechlarga solinib eritiladi va prokatlash uchun zarur zagotovkalar quyiladi, agar zaru-rat bo'lsa, misning har qanday (MOO, M4 va boshqalar) ko'plab qotishmalari tayyorlanadi.

Mis qotishmalari ikki gruppaga: latunlar gruppasi va bronzalar gruppasiga bo'linadi.

Latunlar gruppasi deb mis bilan ruxdan iborat qotishmalarga aytiladi. Ba'zan bunday latun (qotishma)larni jezlar deb ham yuritiladi. Texnik latunlar tarkibida rux miqdori 48–50% ga etadi.

GOST 15527-70 bo'yicha mis-ruxli latunlarning olti navi (markasi) mavjud - L96, L90, L85, L80, L70, L68, L62. Bunday markalashniig ma'nosi Shundaki, L harfi latunlar va qotishmaning nomini bildirsa, raqamlar qotishma tarkibidagi mis miqdorini bildiradi. Maxsus (murakkab) latunli qotishmalar, ya'ni mis bilan ruxdan boshqa elementlar (legirlovchi sifatida) qo'shilgan bo'lsa, u holda tegishli elementlarni bildiruvchi harflar va tegishli raqamlar bilan markalanadi. Masalan, LS 74-3, LO 70- I, LAN 59-3-2, LMs 58-2 va hokazo. Markalardagi birinchi raqam misning, undan keyingi sonlar esa tegishli elementlarning % hisobidagi o'rtacha miqdorini ko'rsatadi.

Latunlarga qo'shiladigan asosiy legirlovchi elementlar ruscha nomlarining birinchi harflari bo'yicha ifodalanadi; qalay–O, rux–S, qo'rg'oshin–S, temir– J, marganets–Ms, nikel–11, kremniy–K, alyuminiy–A va hokazo. Masalan, maxsus latun qotishmalaridan LMs 58–2 navdagi (markadagi) Ms marganetsni, 58 razami mis miqdorini, 2

esa marganets miqdorini bildiradi, qolgani (umumiysn 100% bo'lishp kerak), ya'ni 40 protsent rux bo'ladi.

Latun markasining oxirida L harfi bo'lsa, uning quymabop latun ekanligini bildiradi, masalan LK 80-ZL, LAJ £0-1-1L va hokazo. Markasining oxirida L harfi bo'lmagan latunlar deformatsiyabop latunlardir.

Quymabop latunlardan sanitariya-texnik sistemalar uchun turli armaturalar, kranlar, aralashtirgichlar, podshipnik vtulkalari, korroziyabardosh detal va boshqalar quyiladi.

Deformatsiyabop latunlardan radiator naylari, gofrlangan trubalar, to'g'ri truba va boshqalar tayyorlanadi.

Bronzalar truppasi. Texnikaning turli sohalarida misning deyarli hamma metallari bilan (rux va nikeldan tashqari) qotishmalari keng ishlatiladi va bular bronzalar deb ataladi. Hosil qilingap bunday bronzalar juda yaxshi quymakorlik va antifriktsion xususiyatlarga ega bo'lib, korroziyaga chidamlidir. Bronzalardan tayyorlanadigan asosiy buyumlar (dstallar) quyma, bosim bilan ishlash va kesish orqali hosil qilinadi. Bronzalar tarkibidagi komponentlariga ko'ra qalayli, qo'rg'oshinli va boshqalarga bo'linadi.

Bronza Br harflari bilan markalanadi. Br ning o'ng tomonida esa bronzaga kiruvchi elementlar yoziladi va Shu tegishli elementlarining % hisobidagi o'rtacha miqdorini ko'rsatuvchi raqamlar bilan markalanadi. Masalan, Br ONS 11-4-3 marka bronzaning tarkibida o'rta hisobda 11% qalay, 4% nikel, 3% qo'rg'oshin va qolgani misdan (mis miqdorini % hisobida ifodalaydigan raqamlar bronza markasiga yozilmaydi) iborat ekanligini bildiradi.

Qalayli bronzaning tarkibiga kiruvchi elementlardan qalay misga nisbatan qimmat va kamyob bo'lganligi uchun bunday bronzalarning tarkibi o'zgartirilib, boshqa markadagi bronzalar ishlab chiqarilmokda. Bunday bronzalarga alyuminiyli bronza Br A5 va juda murakkab alyuminiy temir-marganetsli bronza Br LJ Ms 10-3-1,5 va boshqalar kiradi.

Qalayli bronzalar (faqat mis bilan qalaydan iborat) insoniyatga juda qadimdan ma'lum. Lekin bunday bronzalarning tarkibida qalay miqdorining oshib borishi maqsadga muvofiq emas, chunki bronzalarning plastikligi va yopishqoqligi pasayib, mo'rtligi oshib boradi. Shu boisdan tarkibida 14% dan ko'p qalay miqdori bo'lgan bronzalar deyarli ishlatilmaydi.

Shuning uchun quymali bronzalar tarkibidagi qalay miqdoriga qarab bir fazali ( a ) va ikki fazali ( a + 6 ) bo'lishi mumkin.

Qalayli bronzalarning xususiyatlarini oshirish maqsadida ularga legirlovchi elementlar qo'shiladi. Masalan: bronzalarning mexanik xususiyatlarini oshirish uchun legirlovchi elementlar Ni, Zn, P, texnologik xususiyatlarini oshirish uchun Pb, Zn, Ni antifraktsion xususiyatlarini oshirish uchun) Rb, R va korroziyaga chidamliligi oshirish uchun Ni elementlari qo'shiladi.

Turli buyumlar hosil qilish usuli bo'yicha bronzalar deformatsiyalanuvchi (bir fazali) va quymali (ikki fazali) larga bo'linadi. Deformatsiyalanuvchi bronzalardan turli prujina va prujinalanuvchi materiallar, quymali bronzalardan maxsus vazifalarni bajarishga mo'ljallangan sirpanuvchi podshipniklar (katta tezlik va bosim ostida ishlaydigan), turli armaturalar, yuqori issiqbardosh va elektr o'tkazuvchan hamda korroziyabardosh detallar, naqshli va badiiy quymalar olish uchun foydalaniladi.

Keyingi vaqtlarda qalay kamchil bo'lganligi uchun bronzaning boshqa maxsus navlari ishlab chiqilmoqdaki, ular o'zlarining turli xususiyatlariga ko'ra qalayli bronzaga nisbatan yuqori sifatli hisoblanadi va texnikaning turli sohalarda juda keng ishlatilmokda.

Alyuminiyli bronza (tarkibida 5... 11% Al) yuqori antikorrozion va mexanik xossalarga egadir, lekin quymakorlik xossasi bo'yicha qalayli bronzadan ustunlik qilolmaydi. Bunday bronzadan asosan turli tishli g'ildiraklar, turbina detallari, vtulkalar, klapan sedlolari va hokazolar ishlab chiqariladi.

Kremniyli bronza (1.. 4% Si) – legirlangan nikel, marganets va rux o'zlarining mexanik xossalari bo'yicha po'latga yaqinlashadi va qimmatbaho qalayli va berilliyli bronzalarni almashtirish uchun ishlatiladi. Bunday bronza turlaridan ishqalanuvchi sharoitda 250°C gacha temperaturada ishlaydigan detallar ishlab chiqarish uchun foydalaniladi.

Qo'rg'oshinli bronza (25.. 30% Rb) ham antifriktsion xususiyatga ega bo'lib, yaxshi kesib ishlanadi, urilish yukini yaxshi qabul qiladi va toliqish mustahkamligi katta. Bunday bronza turlaridan nagruzka ko'p tushadigan, yuqori tezlik sharoitida ishlatiladigan aviatsiya dvigatelining podshipniklari, dizellarning turbinalari va boshqa detallar ishlab chiqariladi.

Bundan tashqari, qimmatliroq bo'lishiga qaramasdan berilliyli bronza (3% gacha Be bo'ladi) ham turli sohalarda keng ishlatiladi. U

o'zining juda yuqori mexanik xususiyatlari toblangandan keyin eyilishga bardoshlilik, korroziyaga chidamliligi, yuqori issiqlik va elektr o'tkazuvchanligi ( $500^{\circ}\text{C}$  temperaturada bularning mustahkamligi xuddi  $20^{\circ}\text{C}$  dagi alyuminiyli bronzaning mustahkamligidek) bilan xarakterlidir. Undan juda yuqori talabga javob beradigan maxsus detallar: aniq, priborlarda elastik elementi bo'lgan membranalar, sirpanuvchi kontaktlar, prujinalar, kulachoklar, shesternyalar, chervyakli uzatmalar, YUqori tezlik va temperaturada ishlaydigan podshipniklar va hokazolarda ishlatiladi.

Bronzalar. Br. harflari bilan markalanadi yoki ifodalanadi. Bunday harflardan keyin legirlovchi elementlarning harfiy ifodalari va ularning protsent hisobidagi miqdorlarini ifodalovchi raqamlari berilgan bo'ladi. Masalan, Br OQS-8-4-3 -(8% Sn, 4% Zn, 3% R6 kolgani mis), Br B2 (2% Be), Br AJN 10-4-4 (10%, 4%, Fe 4% Nt qolgani misdir). Bulardan tashqari yana mis-nikelli qotishmalar ham juda keng ishlatiladi. Ular melxiorlar, neytilberlar va boshqalardir.

Melxiorlar vakili MP (19% Ni) bo'lib, dengiz suvida organik kislotalarda, tuzli eritmalarda yuqori korrozion xususiyati bilan ajralib turadi. Shuningdek, u yuqori plastiklikka ega bo'lganligi uchun dengiz kemalari qurishda, almashinuvchi chaqa tangalar, medtexnika asboblari, yuqori aniqlikdagi mexanik detallar tayyorlashda ishlatiladi.

Neytilberlar (mis qotishmasi bo'lib, 5 dan 35% va 13 dan 45% gacha Zn) vakillaridan MNS 15-20 (15% Ni + SO, 20% Zn) bo'lib, melxiorlarga nisbatan yuqori mustahkamlikka ega, korroziyaga chidamli, chiroyli kumush rangda bo'ladi.

Neytilberlardan turli soat mexanizmlari, yuqori aniqlikdagi priborlar, apparatolarning detallarini ishlab chiqarish uchun keng foydalaniladi.

Hozirgi vaqtda mis tarkibida mis kolchedani ( $\text{SuFeS}_2$ ) bo'lgan sulfid rudalaridan olinadi. Mis rudalarining boyitilgan konsentrati (tarkibida 11-35% Su bo'lgan) kuydirilib, tarkibidagi oltingugurt kamaytiriladi, so'ngra mis shteyni olish uchun suyuqlantiriladi.

SHteynga suyuqlantirish maqsad mis va temirning oltingugurtli birikmalarini ruda aralashmalaridan ajratib olishdir. SHteynlar tarkibida 16-60% Su bo'ladi.

Mis shteynlari konvertorda suyuqlantiriladi, havo bilan puflanib, tarkibida 1-2% temir, rux, nikel, mishyak va boshqa aralashmalar bo'lgan xomaki mis olinadi. Xomaki mis qo'shilmalardan tozalanadi (rafinirlanadi). Rafinirlangandan so'ng mis miqdori 99,5-99,99% ga etadi

(texnik toza birlamchi mis hosil bo‘ladi). Toza misning 11 ta markasi mavjud (M006, M06, M1b, M1U, M1, M1r, M1f, M2r, MZr, M2 va MZ). Eng yaxshi M006 mis markasidagi aralashmalarning umumiy yig‘indisi 0,01% ga, MZ. markasida esa 0,5% ga teng.

Toza pishirilgan misning mexanik xossalari quyidagicha:  $\sigma_v=220-240$  MPa, NV 40 – 50,  $\sigma$  - 45 – 50%. Toza mis elektrotexnika maqsadlarida ishlatiladi va sim, chiviq, tasma, listlar, polosalar hamda trubalar ko‘rinishida ishlab chiqariladi. Mexanik mustahkamligi kam bo‘lganligidan toza mis konstruktsion material sifatida ishlatilmaydi, balki uning rux, qalay, alyuminiy, kremniy, marganets, qo‘rg‘oshin bilan qotishmasi ishlatiladi

Misni legirlab, mexanik, texnologik, ekspluatatsion xossalari yaxshilanadi. Mis qotishmalarining uchta gruppasi bo‘ladi: latunlar, bronzalar va misning nikel bilan qotishmalari.

Mis asosli ikkita yoki ko‘pkomponentli qotishmalarga latunlar deyiladi, ularda rux asosiy legirlovchi element hisoblanadi. Ruxdan boshqa elementlar kiritilganda, kiritilgan element nomi bilan ataluvchi maxsus latunlar hosil bo‘ladi, masalan, temir-fosfor-marganetsli latunlar va hokazolar.

Misga qaraganda latunning mustahkamligi, korroziyaga chidamliligi katta, yaxshi ishlanadi (kesib, quyib bosim ostida ishlanadi). Latun tarkibida 40–45% rux bo‘ladi. Rux miqdori bundan ko‘p bo‘lsa, latunning mustahkamligi kamayib, mo‘rtligi ortadi. Maxsus latunlarda legirlovchi elementlar miqdori 7–9% dan ortmaydi.

Qotishma latunning bosh harfi L bilan belgilanadi. Undan so‘ng qotishmaning asosiy tashkil etuvchilarining bosh harflari yoziladi: S – rux (sink), O – qalay (olovo), Ms–marganets, J– temir (jelezo), F – fosfor, B–berilliy va hokazo. Harfdan keyin keluvchi raqamlar legirlovchi elementlarning protsentda berilgan miqdorini bildiradi. Masalan, LAJMs 66-6-3-2 markali alyuminiy-temir-marganetsli latun tarkibida 66%) mis, 6% alyuminiy, 3% temir, 2% marganets bo‘lib qolgani ruxdan iborat.

Boshqa rangli metallar qotishmasiga o‘xshash latunlar ham texnologik belgilariga ko‘ra quyimabop va deformatsiyalanadigan xillarga bo‘linadi. Qo‘ymabop latunlar (GOST 17711–72) shakldor quyimalar uchun mo‘ljallangan bo‘lib, ular quyma parchalari ko‘rinishida etkazib beriladi.

Deformatsiyalanadigan latunlar (GOST 15527–70) L90 (tompak), L80 (yarim tompak) kabi oddiy latunlar, LAJ 60-1-1, LS63-3 kabi murakkab latunlar ko‘rinishida ishlab chiqariladi. Latunlar sim, chiviq,

tasma, polosalar, listlar, trubalar va boshqa prokatlangan hamda presslab tayyorlangan buyumlar ko‘rinishida etkazib beriladi. Latunlar umumiy va kimyo mashinasozligida keng qo‘llaniladi (5-jadval).

## 5-jadval

### Latunning mexanik xossalari

Markasi	Mustahkamlik chegarasi $\sigma$ , MPa	Nisbiy cho‘zilishi, $\sigma$ , %	Kattiq- ligi, NV	Ishlatilishi
P.Deformatsiyalanadigan latunlar				
L90 L80	260 320	45 52	53 53	Trubalarning detallari, flanetslar, boshqalar
L68	320	55	55	250°C gacha temperaturada ishlay-digan issiqlik almashinuvchi apparatlarda
Quymabop latunlar				
L059- 1L	200	20	80	Vtulkalar, armatura, shakldor quymalarda
LMSS58 - 2 - 2	350	8	80	Podshipnik, vtulka kabi anti-friktsion detallarda
LMsJ55-3-1	500	10	100	Qirrali vintlar, ko‘rakchalar, ularning obtekatellari, 300°C gacha temperaturada ishlaydigan armaturada
LA67-2.5	400	15	90	Korroziyaga chidamli detallarda
LAJMs-66- 6-3-2	650	7	160	Og‘ir sharoitlarda ishlaydigan chervyakli vintlar

**Eslatma:** Quyma latunlarning mexanik xossalari kokilga quyilgan latunlarga nisbatan berilgan.

Misning qalay, alyuminiy, kremniy, marganets, qo‘rg‘oshin, berilliy bilan hosil qilgan qotishmalari bronza deb ataladi. Kiritilgan elementga qarab qalayli, alyuminiyli va boshqalar bo‘ladi.

Bronzalarning korroziyaga chidamliligi yuqori, quyilish va antifriktsion xossalari yaxshi, kesib yaxshi ishlanadi. Mexanik xarakteristikalarini ko‘tarish va alohida xossalari berish uchun bronzalar temir, nikel, titan, rux, fosfor bilan lepirlanadi. Marganetsning kiritilishi bronzaning korroziyaga chidamliligini, nikel plastikligini, temir

mustahkamligini, rux quyish xossalarini, qo'rg'oshin kesib ishlanuvchanligini yaxshilaydi (6-jadval).

Bronzalar bu harflari bilan markalanadi, undan unig tomonda turuvchi darflar bronza tarkibiga kiruvchi elementlarni bildiradi:

O – qalay, S – rux, S – qo'rg'oshin (svinets), A – alyuminiy, J – temir (jelezo), Ms – marganets va hokazolarni bildiradi. So'ngra ularning proqentlardagi miqdorini bildiruvchi raqamlar yoziladi (bronzadagi mis miqdorini bildiruvchi raqam yozilmaydi). Masalan, bronzaning BrOQS5-5-5 markasi uning tarkibida 5% dan qalay, qo'rg'oshin va rux borligini, kolgani (85%) misdan iborat ekanligini bildiradi.

## 6-jadval

### Bronzalarning mexanik xossalari

Markasi	Mustahkamlik chegarasi, MPa	Nisbiy cho'zilishi	Qattiqligi NV	Ishlatilishi
BrokSNZ 7-5-1	210	5	60	Davoda, chuchuk suvda, moyda yonilg'ida, buda va 250°Cda ishlaydigan armatura detallari (klapanlar, lukidanlar, kranlar) da
Brok S5-5	180	4	60	Antifriktsion detallar va armaturada
BrAJ9-4 BrAJ9-4L	500–700 350–450	4-6 8–12	160 90–100	250°C gacha bo'lgan temperaturada turli muhitlarda (dengiz suvidan tashqari) ishlatiladigan trubalar armaturasida
BrAMs9-2L	400	20	80	Dengiz suvi muhitida ishlaydigan detallarda (vintlar, ko'raklar)
BrB2	900–1000	2–4	70–90	Prujinalar, asboblarning prujinalanuvchi kontaktlarida va hokazo
BrAMs10-2 BroFYU-1	500 250	12 1–2	PO 100	Sirpanish podtipniklarida

**Eslatma.** Quymabop bronzalarning mexanik xossalari kokilga qo'yilgan quymalarga nisbatan berilgan.

Deformatsiyalanadigan va quymabop qalayli bronzalar bo'ladi. Deformatsiyalanadigan bronzalar (GOST 5017–74) nagartovka qilingan (qattiq) va yumshatilgan (yumshoq) holatlarda yarimfabrikatlar (chiviq, sim, tasma, polosalar) ko'rinishida etkazib beriladi. Bubronzalar podshipniklarning vkladishlari, priborlar detallarining vtulkalari va

boshqalar uchun ishlatiladi. Quymabop qalayli bronzalar tarkibida ko'pmiqdorda qalay (15% gacha), rux (4–10%), qo'rg'oshin (3–6%), fosfor (0,4–1,0%) bo'ladi. Quymabop bronzalar (GOST 614–73) turli shakldor quymalar olish uchun ishlatiladi. Qalayning qimmatligi va kamyobligi qalayli bronzalarning kamchiligidir.

Qalaysiz bronzalar tarkibida alyuminiy, temir, marganets, berilliy, kremniy, qo'rg'oshin yoki bu elementlar shahg turli aralashmalari bo'ladi. Alyuminiyli bronzalar tarkibida 4–11% alyuminiy bo'ladi. Alyuminiyli bronzalarning korroziyaga chidamliligi yuqori, mexanik va texnologik xossalari yaxshi. Bunday bronzalar issiqlayin, alyuminiy miqdori 8% gacha bo'lganda esa sovuqlayin bosim ostida yaxshi ishlanadi. Tarkibida 9–11% alyuminiy, shuningdek ko'mir, nikel, marganets bo'lgan bronzalar termik ishlov berib (toblab, bo'shatib) puxtalanadi. Yaxshi toblanadigan BrAJNYU-4-4 markali bronza 980°C da toblanib, 400°C da bo'shatilgach, qattikligi NV 170–200 dan NV 400 gacha ko'tariladi.

Marganetsli bronzalar (BrMS 5) ning mexanik xossalari uncha yuqori emas, lekin korroziyalanishga qarshiligi yaxshi, plastikligi yuqori, yuqori temperaturalarda ham mexanik xossalarini saqlab krladi.

Qo'rg'oshinli bronzalar (BrSZO) korroziyaga qarshi xossalari va issiqlik o'tkazuvchanligi kattaligi (qalayli bronzalarnikiga nisbatan 4 marta katta) bilan farq qiladi. Ular katta solishtirma bosim tushadigan podshipniklarda ishlatiladi.

Berilliyli bronzalar (BrB2) termik ishlov berilgach, yuqori mexanik xossalarga ega bo'ladi. Masalan, BrB2 bronzaning mustahkamlik chegarasi  $\sigma_v = -1250$  MPa, kattiqligi NV 350, elastiklik chegarasi yuqori, korroziyaga chidamliligi yaxshi. Berilliyli bronzalardan o'ta muhim detallar tayyorlanadi.

Kremniyli bronzalar (BrKN1-3, BrKMsZ-1) qimmatbaho berilliyli bronzalar o'rniga ishlatiladi.

Mis-nikelli qotishmalar asosini mis tashkil qiladi, asosiy legarlovchi element nikel hisoblanadi. Ishlatilishiga ko'raular konstruksion va elektrotexnik qotishmalarga bo'linadi.

Kuniallar (mis-nikel-alyuminiy) tarkibida 6–13% nikel, 1,5–3% alyuminiy bo'lib, qolgani misdan iborat. Kuniallarga termik ishlov beriladi (toblash – eskirtirish). Kuniallar mustahkamligi yuqori bo'lgan detallar, prujinalar va boshqa elektrotexnik buyumlar tayyorlashda ishlatiladi.

Neyzilberlar (mis-nikel-rux) tarkibida 15% nikel, 20% rux bo'lib, qolgani misdan iborat. Neyzilberlar kumushga yaqin, Yoqimli oq rangga



ega. Ular atmosfera ta'siridan korroziyalanishga yaxshi qarshilik ko'rsatadi, asbobsozlikda, soat ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Melxnorlar (mis-nikel va oz miqdorda temir hamda 1% gacha marganets qushilgan bo'ladi) ning korroziyaga chidamliligi (ayniqsa, dengiz suvida) yuqori. Ular issiqlik almashib turadigan ashtaratlari, shtamplab va chekankalab tayyorlanadigan buyumlarga ishlatiladi.

Kopel (mis-43% nikel-0,5% marganets) – termoparalar tayyorlashda ishlatiladigan maxsus termoelektrodli qotishma.

Manganin (mis-3% nikel-12% marganets) – solishtirma elektr qarshiligi yuqori bo'lgan maxsus qotishma bo'lib, elektrotexnikada elektr isitkich elementlarini tayyorlashda ishlatiladi.

Konstantin (mis-40% nikel-1,5% marganets) - manganin qo'llaniladigan sohalarda ishlatiladi.

Titan mexanik mustahkamligi, korroziyaga chidamliligi yuqori bo'lgan, kimyoviy barqaror kumushsimon oq metallidir. Titan tarkibida 10–40% titan ikki oksidi  $TiO_2$  bo'lgan rutil, ilmenit, titanit kabi rudalardan olinadi. Boyitilgan titan rudalari konsentrata tarkibida 65% gacha  $TiO_2$  bo'ladi.  $TiO_2$  va u bilan birga uchraydigan temir rudalari suyultirib qaytarish yo'li bilan bir-biridan ajratiladi. Suyultirish protsesoida temir va titan oksidlari qaytariladi, natijada cho'yan va tarkibida 80–90%  $TiO_2$  bo'lgan titan shlagi olinadi. Titan shlagi xlorlanadi, natijada titan xlor bilan birikib, titan to'rt xlorid  $TiCl_4$  hosil bo'ladi. So'ngra titan to'rt xlorid inert gaz (argon) bilan qattiq magniy muhitida yopiq retortada 950–1000°C temperaturada qizdiriladi. Magniy xlorini o'ziga biriktirib suyuq  $MgSi_2$  ga aylanadi. Qaytarilgan titanning dattiq zarrachalari titanli g'ovak massa xrsil qiladi. Murakkab ,rafinirlash va qayta suyuqlantirish protsess-lari natijasida titanli govak massadan toza titan olinadi. Texnik toza titan (GOST 19807–74) tarkibida 99,2–99,65% titan bo'ladi.

Texnik toza titanning mustahkamligi uning tozalik darajasiga borliq bo'lib, oddiy konstruksion po'latlarning mustahkamligiga mos keladi. Korroziyaga chidamliligi bo'yicha datto yuqori legirlangan zanglamaydigan po'latlardan dam ustun turadi.

Kerakli mexanik xossali titan qotishmalari olish uchun u alyuminiy, molibden, xrom kabi elementlar bilan legirlanadi. Titan va uning qotishmalarining asosiy afzalligi mexanik xossalari yuqori ( $\sigma=1500$  MPa;  $\sigma = 10l - 15 \%$ ) bo'lishi bilan birga zichligi kam bo'lgani holda korroziyaga chidamliligi kattaligidadir.

Alyuminiy titanning otashga chidamliligi va Mexanik mustahkamligini oshiradi. Vanadiy, marganets, molibden va xrom titan krtishmalarining otashga chidamliligini oshiradi. Qotishmalar issiqalayin va sovuqlayin bosim ostida hamda kesib yaxshi ishlanadi, quyilish xossalari krniqarli, inert gazlar muhitida yaxshi payvandlanadi. Qotishmalar 350–500°C gacha bo‘lgan temperaturalarda yaxshi ishlaydi.

Texnologik ishlatilishiga ko‘ratitan qotishmalari deformatsiyalanadigan va quymabop xillarga, mustahkamligiga ko‘rauchta gruppaga: mustahkamligi kam ( $\sigma_{av}=300-700$  MPa), o‘rtacha mustahkam ( $\sigma_{av}=700-1000$  MPa) va mustahkamligi katta ( $\sigma_{sv}> 1000$  MPa) gruppalarga bo‘linadi. Birinchi gruppaga VT1, ikkinchi gruppaga VTZ, VT4, VT5 va hokazo, uchinchi gruppaga VT6, VT14, VT15 (toblangandan va eskirtirilgandan keyin) markali qotishmalar kiradi.

Quyish uchun tarkibi deformatsiyalanadigan qotishmalarga o‘xshash (VT5L, VT14L) qotishmalar, maxsus quymabop qotishmalar ishlatiladi. Quymabop qotishmalarning mexanik xossalari deformatsiyalanadigan qotishmalarshshiga nisbatan ancha past bo‘ladi. Bosim ostida ishlangan titan va uning qotishmalari chiviq, list va quymalar ko‘rinishida ishlab chiqariladi. Titan qotishmalari (7-jadval) aviatsiya va ximiya sanoatida ishlatiladi.

## 7-jadval

### Titan qotishmalarining mexanik xossalari

Markasi	Termik ishlov berilishi	Mustahkamlik chegarasi $\sigma$ , %	Nisbiy cho‘zilishi MPa	Qattiq- ligi, NV
VT5	750°C da yumshatish	750–900	10–15	240–300
VT8	900–950°C da toblash	1000–1150	3–6	310–350
VT14	(5000Sda eskir-tirish 870°Cda toblash +500°Cda eskirtirish	1150–1400	6–10	340–370

Magniy - texnik rangli metallar ichida zng engili bo‘lib, uning zichligi 1,740 kg/m<sup>3</sup>, suyuqlanish temperaturasi 650°C. Texnik toza magniy mustahkam emas, issiqqlik va elektr o‘tkazuvchanligi past bo‘lgan plastikligi kam bo‘lgan metallidir. Mustahkamlik xossalarini

yaxshilash maqsadida magniyga alyuminiy, kremniy, marganets, toriy, seriy, rux, sirkoniy qo‘shiladi va termik ishlanadi.

Magniy olish uchun asosan karnallit ( $MgSi_2 \cdot KS_1-6N_2O$ ), magnezit ( $MgSO_3$ ), dolomit ( $SaSO_3 \cdot MgSO_3$ ) va sanoat chiqindilari chunonchi, titan ishlab chiqarish chiqindilaridan foydalaniladi. Karnallit boyitilib,  $KS_1$  hamda erimaydigan aralashmalar  $MgSi_2$  va  $KS_1$  ning suvdagi zritmalariga o‘tkazib ajratiladi. Vakuum-kristallizatorlarda sun‘iy karnallit olingach, u suvsizlantiriladi, undan elektroliz usuli bilan magniy olinadi. Magniy keyinchalik rafinirlanadi. Texnik toza magniy (birlamchi) tariibida 99,8–99,9% magniy (GOST 804-72) bo‘ladi. Shakldor quymalar hamda bosim ostida ishlanadigan quymalar uchun mo‘ljallangan magniy qotishmalarining markalari va kimyoviy tarkibi GOST 2581–78 da keltirilgan.

Buyumning olinish usuliga ko‘ra magniy qotishmalari quymabop va deformatsiyalanadigan xillarga bo‘linadi.

Quymabop magniyli qotishmalar (GOST 2856–68) quyishyo‘li bilan detallar tayyorlash uchun ishlatiladi. Ular ML harflari hamda qotishmaning tartib nomerini bildiruvchi raqamlar bilan markalanadi, masalan ML5. Magniy qotishmalaridan tayyorlangan quymalarba‘zan toblanib, eskirtiriladi. Ba‘zi ML qotishmalari aviatsiya sanoatida kartellar, asboblarning korpusi, shassi fermalari kabi og‘ir yuk tushadigan detallar tayyorlashda ishlatiladi.

## 8-jadval

### Qalay- qo‘rg‘oshinli va qalayli kavsharlar

Markasi	Asosiy komponentlar (qolgani qo‘rg‘oshin), %		Suyuqlanish temperaturasi		Ishlatilishi
	qalay	boshqa elementlar	solidus	likvidus	
POS- 90	90	-	183	220	Oziq-ovqat idishlarini va mediana apparatlarini kavsharlash va oqartirish
POS- 61	60	-	183	190	Elektr va radio apparatlarini, bosmaxona sxemalarini kavsharlash va oqartirish
POS- 40	40	-	183	238	Ruxlangan temirdan yasalgan detallarni kavsharlash
POS- 61m	60	2 % mis	183	192	Ingichka mis simni va folgani kavsharlash

POSSU-50-0,5	50	0,5 % gacha surma	183	216	Samolyot radiatorlarini kavsharlash
POSSU-30-0,5	30	—»—	183	255	Ruxlangan listlar va radiatorlarni kavsharlash
POSSU-40-2	40	1,5-2,0 % surma	185	229	Sovitish qurilmalarini kavsharlash
POSSU-18-2	18	—»—	186	270	Avtomobil sanoatida kavsharlashda
POSSU-4-6	4	5-6 % surma	244	270	Samolyotsozlik sanoatida kavsharlash cha oqartirish ishlarida
P250A	80	20 % rux	200	280	Alyuminiy krtishmala-ridan yasalgan detallar-ni kavsharlash

Deformatsiyalanadigan magniyli qotishmalar (GOST 14957–76) bosim ostida ishlanadigan chala fabrikatlar (listlar, chiviqlar, profillar) tayyorlashda ishlatiladi. Ular MA harflari hamda qotishmaning tartib nomerini bildiruvchi raqamlar bilan markalanadi, masalan, MA5. MA qotashmalari aviatsiya sanoatida turli detallar tayyorlashda ishlatiladi. Magniy qotishmalarining korroziyaga chidamliligi past bo‘lganidan ulardan yasalgan buyum va detallar oksidlantiriladi hamda sirtiga lok-bo‘yoq surkab quyiladi.

Qalay – suyuqlanish temperaturasi past ( $231^{\circ}\text{C}$ ), plastikligi yuqori bo‘lgan oq yaltiroq metalldir. Kavsharlar, mis qotishmalari (bronza) va antifriktsion qotishmalar (babbitlar) tarkibida ishlatiladi.

Qo‘rg‘oshin-suyuqlanish temperaturasi past ( $327^{\circ}\text{C}$ ) plastikligi yuqori bo‘lgan ko‘kimsir kul rang metalldir. Mis qotishmalari (latun, bronza), antifriktsion qotishmalar (babbit) va kavsharlar tarkibiga kiradi.

Rux – kul rang-oq metall bo‘lib, quyilish va korroziyalanishga qarshi xossalari yuqori, suyuqlanish temperaturasi  $419^{\circ}\text{C}$ . Mis qotishmalari (latun) va qattiq kavsharlar tarkibiga kiradi.

Kavshar – ikkita detallni kavsharlab biriktirishda ularni o‘zaro bog‘lovchi (oraliq) metall yoki qotishmadir. O‘zaro biriktiriladigan metallarga nisbatan kavsharlarning suyuqlanish temperaturasi past. Biriktiriladigan metallarni ozgina qizdirish, natijada metall strukturasi o‘zgarish bo‘lmasligi kavsharlashning payvandlashga nisbatan afzalligidir.

Suyuqlanish temperaturasi ko‘ra kavsharlar past ( $145\text{--}450^{\circ}\text{C}$ ), o‘rtacha ( $450\text{--}1100^{\circ}\text{C}$ ) va yuqori ( $1100\text{--}1850^{\circ}\text{C}$ ) temperaturada

suyuqlanadigan xillarga bo‘linadi (14-jadval). Past temperaturada suyuqlanadiganlarga qalay-qo‘rg‘oshinli (POS), qalayli, kam surmali (POSSu) va boshqa kavsharlar kiradi. Mis-ruxli (latunli) kavsharlar o‘rtacha (905–985°C), temir asosliko‘pkomponentli kavsharlar yuqori (1190–1480°C) temperaturada suyuqlanadigan xillarga kiradi.

## 9-jadval

### Mis-ruxli kavsharlar

Markasi	Asosiy komponentlar(qolgani rux), %		Suyuqlanish temperaturasi, °C		Ishlatilishi
	Mis	boshqa elementlar	Soliodus	Likvidus	
PMS-36	36		800	825	Tarkibida ko‘pi bilan 68% mis bo‘lgan bronza va latunni kavsharlash
PMS-48	48		850	865	Tarkibida 68% dan ortiq mis bo‘lgan bronza bilan latunni kavsharlash
PMS-54 L 63 L 68	54 63 68	–	876	880 905 938	Po‘lat, latun, mis qotishmalarini kavsharlash
LJMs - 57-1,5-0,75 LNMs - 50- 2	57 50	1%dan marganets, temir 2% dan nikel, marganets	865 849	873 872	Asboblarni kavsharlash
MsN-48- 10	48	10% nikel	–	985	CHo‘yanni kavsharlash

Qalay-qo‘rg‘oshinli kavsharlar sanoatning barcha sohalarida qullanadi. Past temperaturada qalayning murtligini kamaytirish uchun kavsharlarga surma qo‘shiladi. Qalay-qo‘rg‘oshinli kavsharlar nam muhitda korroziyaga chidamsiz bo‘ladi. Bunday sharoitda kavsharlangan birikmalarni lok-bo‘yoq koplama bilan ximoyalash zarur.

Qalayli kavsharlarning mustahkamligi, plastikligi, korroziyaga chidamliligi yuqori. Ular radiotexnika va elektron apparatlarni kavsharlashda ishlatiladi.

Mis-ruxli kavsharlar (latunlar) ko'pchilik metallarni kavsharlashda keng qullaniladi (10-jadval). Kavsharlangan birikmalarning puxtaligini oshirish uchun mis-ruxli kavsharlarga qalay, nikel va marganets qo'shiladi. Qo'shilgan qalay latunning suyuqlanish temperaturasini kamaytiradi, korroziyaga chidamliligini oshiradi, kavsharning suyuq holda oquvchanligini yaxshilaydi.

Vertikal devorida payvand choklari bo'lgan murakkab buyumlarni kavsharlashda pastasimon va kukun kavsharlar ishlatiladi. Engil suyuqlanadigan pastasimon kavsharlar odatda, uchta qismdan: kukunsimon kavshar, flyus va qotirgichdan tashkil topadi. Masalan, Por POSSu 30-2 (70%) kavshari, vazelin (20%), benzoy kislotasi (1,2%), ammoniy xlorid (1,2%) va emulgator OP-7 (0,6%) tarkibli kavshar, po'lat, mis va nikelli buyumlarni kavsharlash uchun ishlatiladi.

Qiyin eriydigan kukunsimon kavsharlar kesuvchi asboblarni ishlab chiqarishda qattiq qotishmali plastinkalarni kavsharlashda ishlatiladi.

Kavshar tarkibi 40% ferromarganets, 10% ferrosilitsiy, 20% cho'yan qirindisi, 5% mis qirindisi, 15% maydalangan oynadan iborat bo'lib, 1190–1300°C da suyuqlanadi.

Ruxning qullanilishi. Rux atmosfera sharoitida va chuchuk suvda korroziyaga chidamlidir. Shuning uchun rux tunukalarni va ulardan yasalgan buyumlarni korroziyaga qarshi qatlam bilan koplash uchun ishlatiladi.

Toza rux (SVO, SV1 markalari) poligrafiya va avtomobil sanoatida ishlatiladi. SV00 markali ruxdan elektrotexnikada o'zgarmas tok manbalari tayyorlanadi.

Shakldor quymalarolish uchun tarkibida 4% alyuminiy, 0,5–3,5% mis, 0,1% magniy bilan SAM qotishmasidan foydalaniladi. Oson suyuqlanishi va suyuq holda oquvchanligi tufayli SAM qotishmasidan bosim ostida quyib sirti qo'shimcha ishlov berishni talab etmaydigan quyulmalar olinadi. Tarkibida 9–11% alyuminiy, 1–2% mis, 0,05% magniy bo'lgan deformatsiyalanadigan SAM 9-1,5 rux qotishmalari po'lat va alyuminiyli bimetall antifriktsion tasmalar olish uchun ishlatiladi.

Antifriktsion qotishmalar mashina va mexanizmlarning ishqalanuvchi sirtlarining puxtaligini oshirish uchun mo'ljallangan. Sirpanish shipniklarida val bilan podshipnik vaqtlari o'rtasida ishqalanish ro'y beradi. Shuning uchun vkladishga valni eyilishdan sakutsh bilan birga zzi ham kam eyiluvchi, optimal moylash sharoitini yuzaga keltirib, ishqalanish koeffitsientini kamaytiruvchi material tanlanadi. Shularga

asosan antifriktsion material etarli darajada ham mustahkam, ham plastik bo‘lishi kerak, unda tayanch (qattiq) aralashmalar bo‘ladi. Ishqalanishda plastik asos qisman eyiladi, val bo‘lsa qattiq aralashmalarga tiraladi. Bunday iishqalanish butun podshipnik sirti bo‘ylab bo‘lmaydi, moy plastik asosning eyiladigan joylarida tutib turiladi.

Maxsus antifriktsion xossalarga ega bo‘lgan qalay, qo‘rg‘oshin, mne yoki alyuminiy asosdagi qotishmalar antifriktsion qotishmalar xizmatini o‘taydi (10-jadval). Qotishmalarning antifriktsion xossalari sirpanish podshipniklari ishqalanganda namoyon bo‘ladi. Avvalo, antifriktsion materiallarning ishqalanish koeffitsienti kichik bo‘ladi, to‘tashadigan detalga yaxshi moslashadi, issiqlik o‘tkazuvchanligi katta, moyni tutib turish xususiyatiga ega va hokazo.

**10-jadval**

**Antifriktsion qotishmalar**

Material	Markasi	Qo‘llanilish shartlari		Ishlatilishi
		Bosim, MPa	Aylana tezligi, m/s	
Babbit	B88 BS6	20 15	50	Tezyurar dizellarning podshipniklarida avtotraktor dvigatellarining podshipniklarida
Bronza	VrOQS5-5-5	8	3	Markazdan qochma nasoslar elektr dvigatellari podshipniklarida
Latun	LMsJ5 2-4-1	4	2	Rolgang, konveyer, reduktor podshppniklarida
CHo‘yan	ACHS-1 ACHS-5 ACHV-1 ACHK-1 ACHS-3 ACHK-2	25 20 20 20 6 12	5 1,2 1,0 2,0 0,75 1,0	Toblangan yoki normallashtirilgan val bilan ishlashda termik ishlov beril-magan (etkazib berish stadiyasida) val bilan ishlash uchun
Metall-keramika	Bronza-grafit Temir-grafit	12-18 0,8 -1,2 15 0,6-1,0	0,1 4,0 0,1 4,0	Klashek, xo‘jalik konveyerlari va boshqa mashinalarning podshipnik-larida; moylash qiyin bo‘lgan joyda ishlaydigan podshipniklarda

Antifriktsion qotishmalardan babbit, bronza, alyuminiy qotishmalari, cho‘yan va metallo-keramik materiallar keng qo‘llaniladi.

Antifriktsion qotishmalar qalay, qo‘rg‘oshin yoki alyuminiy kabi yumshoq asosga zga bo‘lganligidan ishqalanish juftlarida bir-biriga

yaxshi moslashadi. YUmshoq asosga kiritilgan rux, mis, surma kabi ancha qattiq metallar katta nagruzkani ushlab tura oladi. Ishqalab moslangach va qisman deformatsiyalangach yumshoq asosda chuqurchalar hosil bo‘ladi, ularda juftning normal ishlashi uchun zarur moy ushlab turiladi.

Babbitlar – qalay yoki qo‘rg‘oshin asosli antifriktsion materialdir. U katta aylanma tezlikda hamda o‘zgaruvchan va zarbiy nagruzkalarda ostida ishlovchi podshipnik vkladishlariga quyidagicha ishlatiladi. Kimyoviy tarkibiga ko‘rababbitlar uchta: qalayli (B83, B88), qalay-qo‘rg‘oshinli (BS6, B16) va qo‘rg‘oshinli (BK2, BKA) gruppaga bo‘linadi. Uchinchi gruppada qalay bo‘lmaydi.

Qalayli babbitlar yaxshi antifriktsion xossaga ega. Qalay-surma misli babbit B83 mikrostrukturasi qalay bazasidagi qattiq qotishma ko‘rinishidagi yumshoq asosdan iborat. SnSb ning kubik,  $Su_3Sn$  ning ignasimon kristallari aralashmasi qattiq hisoblanadi.

Qo‘rg‘oshinli babbitlar engil sharoitda ishlaydigan podshipniklarda qo‘llaniladi. Babbitlar markasidagi raqam qalay miqdorini ko‘rsatadi. Masalan, BS6 babbit tarkibida 6% qalay va surma bo‘lib, kolgani qo‘rg‘oshindan iborat.

Qalayli va qalay-fosforli bronzalarning antifriktsion xossalari yuqori; ishqalanish koeffitsienti kichik, kam eyiladi, issiqlik o‘tkazuvchanligi yuqori. Bu materialdan yasalgan podshipniklar katta aylanma tezlikda va nagruzkada ishlay oladi.

Podshipnik qotishmalari sifatida ishlatiladigan alyuminiyli bronzalar o‘zining eyilishga chidamliligi bilan farq qiladi, lekin valning tez eyilishiga sabab bo‘lishi mumkin.

Ular qalayli va qo‘rg‘oshinli babbitlar hamda qo‘rg‘oshinli bronzalar o‘rnida ishlatiladi.

Qo‘rg‘oshinli bronzalar podshipnik qotishmalari sifatida zarbiy nagruzka sharoitida ishlashi mumkin.

Latunlar antifriktsion xossalari ko‘rabronzalardan keyin turadi. Ular kichik tezlik va uncha katta bo‘lmagan nagruzkalarda ishlaydigan podshipniklarda foydalaniladi.

Qalay va qo‘rg‘oshin kamyob bo‘lganligidan, kamyob bo‘lmagan asosli, masalan, alyuminiy qotishmalari ishlatiladi. Alyuminiy qotishmalarning antifriktsion xossalari yaxshi, issiqlik o‘tkazuvchanligi yuqori, moyli muhitlarda korroziyaga chidamliligi, mexanik va texnologik xossalari ham etarli darajada yaxshi. Ular po‘lat asosga yupqa



qatlam ko‘rinishida surkab ishlatiladi, ya’ni bimetall material ko‘rinishida qo‘llaniladi.

Kimyoviy tarkibiga ko‘ra qotishmalar ikki gruppaga bo‘linadi:

Alyuminiyning surma, mis va bopuqa elementlar bilan qotishmalari yumshoq alyuminiy asosda qattiq fazalar hosil qiladi. Tarkibida 6,5% gacha surma va 0,3–7% magniy bo‘lgan ASM qotishmasi keng tarqalgan. Bu qotishma katta nagruzkalarda va suyuq ishqalanish sharoitida yaxshi ishlaydi. ASM qotishmasi traktor va avtomobil dvigatellari tirsakli valining podshipniklari vkladishlarini tayyorlashda ishlatiladi.

1. Alyuminiyning qalay va mis bilan qotishmalari, masalan, AO20-1 (20% qalay, 1,2% gacha mis) va A09-2 (9% qalay va 2% mis). Ular quruq va yarim suyuq ishqalanish sharoitida yaxshi ishlaydi hamda antifriktsion xossalariga ko‘ra babbittarga yaqin turadi. Ular avtomobilsozlikda, transportda va umumiy mashinasozlikda podshipniklar tayyorlashda ishlatiladi.

2. Ishqalanish podshipniklari o‘zellarida ishlatish uchun maxsus antifriktsion ch u y a n l a r qullaniladi. Kulrang sharsimon grafitli yuqori mustahkamlikdagi va bolg‘alanuvchan ko‘rinishdagi uch xil antifriktsion cho‘yan ishlab chiqariladi (16-jadvalga qarang). Antifriktsion cho‘yan chervyakli tishli rildiraklar, polzunlarning yo‘naltiruvchilari kabi ishqalanish sharoitida ishlovchi mashina detallarini tayyorlashda qullaniladi.

Metall-keramik qotishmalar bronza yoki 1–4% grafitli temir kukunlarini presslash va pishirish yo‘li bilan olinadi. Qotishmaning g‘ovakligi 15–30%. Pishirilgandan so‘ng qotishmalarga mineral moy, surkov moyi va moy grafitli emulsiya shimdiriladi. Qotishmalar ishqalanib valga yaxshi moslashadi, g‘ovaklarda moy bo‘lishi podshipnik eyilishini kamaytiradi.

Kompozittsion materiallar – o‘zaro uncha ta’sirlashmaydigan, kimyoviy jihatdan har xil bo‘lmagan komponent (aralashma)larning hajmiy birikishidan hosil bo‘ladigan va komponentlar bir-biridan aniq chegara b-n ajralib turadigan materiallar. Har qaysi komponentning eng yaxshi xossalari (mustahkamligi, eyilishga chidamliligi va b.)ni o‘zida mujassamlashtir-ganligi uchun Kompozittsion materiallar ularning hech biriga xos bo‘lmagan ko‘rsatkichlar bilan ifodalanadi. Odatda, Kompozittsion materiallar plastik (metall yoki nemetall – anorganik yoki organik) asos yoki matritsa hamda qo‘shilmalar: metall kukunlari, tolalar, ipsimon kristallar, yupka payraha, gazlama va b. dan iborat bo‘ladi. Kompozittsion materiallar turlari: tolali (tolalar yoki

ipsimon kristallar bilan mustahkamlangan); dispersion -zichlangan (dispers zarralar b-n mustahkamlangan) va qatlamli (turli xil materiallarni presslab yoki prokatlab olingan).

Kompozitsion materiallar tayyorlashning muhim texnologik usullari: armaturalovchi (mustahkamlovchi) tolalarga matritsa materiali shimdirish; mustahkamlagich va matritsa lentalariga press-qolipda shakl berish; komponentlarni sovuqlayin presslab, keyin qovushtirish; mustahkamlagichga matritsani purkab, keyin qisish; komponentlarning ko'p qatlamli lentalarini diffuziya usulida payvandlash; armaturalovchi elementlarni matritsa bilan birga prokatlash va h. k.

Kompozitsion materiallar aviatsiya, kosmonavtika, raketasozlik, avtomobil sanoati, mashinasozlik, konruda sanoati, qurilish, kimyo sanoati, to'qimachilik, q. x., uy-ro'zg'or texnikasi, radiotexnika, energetika, quvur i. Ch. da va b. tarmoqlarda qo'llaniladi.

## **6-MAVZU: KUKUNLI MATERIALLAR**

Kukun metallurgiyasi usullari bilan suyultirilganda bir-birida erimaydigan metallardan, shuningdek qiyin eriydigan va o'ta toza metallardan qotishmalar olish mumkin. Kukunli metallurgiyada zagotovkalar, shuningdek, aniq o'lchamli turli detallar tayyorlanadi. Kukunli metallurgiya g'ovak materiallar va ulardan detallar, shuningdek, ikkita (bimetallar) yoki turli metallar va qotishmalarning bir necha qatlami ko'rinishidagi detallar tayyorlash imkonini beradi. Kukunli metallurgiya usullari o'tga chidamliligi, eyilishga chidamliligi yuqori, qattiqligi yuqori, belgilangan barqaror (magnit xossali, shuningdek alohida fizik-kimyoviy, mexanik va texnologik xossali - detallar olish imkonini beradi. Bunday detallarni quyishva bosim ostida ishlash yo'li bilan olish mumkin emas.

Sharli tegirmon po'lat barabandan iborat bo'lib, unga maydalovchi sharlar va maydalanadigan material solinadi. Sharli tegirmonda olingan kukun zarralari 100–1000 mkm o'lchamli noto'g'ri ko'pyoqlik ko'rinishida bo'ladi. Uyurma tegirmonlarda maydalash sharli tegirmonlarga nisbatan tezroq kechadi. Uyurma tegirmonining kamerasida ikkita parrak bo'lib, qarama-qarshi tomonlarga aylanib, o'zaro kesishuvchi havo oqimlari hosil qiladi. Kamera solingan material (sim bo'lagi, qirindi, qiykimlarva boshqa mayda bo'lakchalar)ni havo oqimi ilashtirib olib ketadi, ular o'zaro bir-biriga urilib 50 dan 200 mkm gacha o'lchamli zarralarga maydalanadi. Hosil bo'lgan zarrachalar

tarelka ko‘rinishida, chetlari arrasimon bo‘ladi.

Mo‘rt metall karbidlari va oksidlaridan mayin kukunlar olish uchun vibratsion tegirmonlardan foydalaniladi. Vibrotegirmonlar eng unumli bo‘lib, ularning ishi po‘lat shar va silindrlarning tegirmon barabanining katta chastotami aylanma tebranma harakati tufayli maydalanadigan materialga govori chastota bi-lan ta’sir qilishiga asoslangan.

Qalay, qo‘rg‘oshin, alyuminiy, mis, shuningdek temir va po‘lat kukunlarini olish uchun havo, suv, bur yoki inert gazlar kinetik energiyasi bilan suyuq metallni to‘zitish usulidan ham foydalaniladi. Olingan kukun zarralari 50–350 mkm o‘lchamli bo‘lib, sferik ko‘rinishga yaqin.

Fizik-kimyoviy usullar bilan kukunlar olishda boshlang‘ich materialning kimyoviy tarkibi va xossalari o‘zgaradi. Metallarni oksidlardan kimyoviy qaytarish, suyultirilgan to‘zlarni elektroliz qilish, karbonil va gidrogenizatsiya usullari asosiy fizik-kimyoviy usullar hisoblanadi.

Oksidlardan materiallarni kimyoviy qaytarish gazzimon yoki qattiq qaytargichlar bilan amalga oshiriladi. Gazzimon tiklagichlar sifatida tabiiy, domna gazlari, karbonat angidrid, shuningdek vodorod keng qo‘llaniladi. Kimyoviy qaytarish natijasida hosil bo‘ladigan g‘ovak metall massa maydalanadi. Kukun olishning fizik-kimyoviy usullari ichida bu usul eng arzon hisoblanadi. 1–100 mkm o‘lchamli dendrit ko‘rinishdagi toza va nodir me-tallar (tantal, sirkoniy va boshqalar) ning kukunlari suyultirilgan metall to‘zlarini elektroliz qilish usuli bilan olinadi. Elektroliz usuli ifloslangan xomashyodan toza kukunlar olish imkonini beradi. Karbonil usuli 1-800 mkm o‘lchamli sferoid ko‘rinishdagi magnitli temir, nikel va kobalt kukunlarini olish imkonini beradi. Bu usul bilan olingan mahsulot 200-300°C temperaturada metall kukuni va uglerod oksidiga parchalanadi. Gidrogenizatsiya usuli asosida kalsiy gidrati bilan xromni qaytarish yotadi. Bunda hosil bo‘lgan ohak suv bilan yuviladi, metall kukuni esa 8–20 mkm o‘lchamli dendritlardan tashkil topadi.

Fizik-kimyoviy usullar bilan olingan kukunlar mayda dispersli va toza hisoblanadi. Zarralari o‘lchamiga ko‘rakukunlar granulometrik tarkibi bo‘yicha 0,5 mkm gacha o‘lchamli ultra mayda, 0,5–10 mkm o‘lchamli juda mayda, 10–40 mkm o‘lchamli mayda, 40–150 mk o‘lchamli o‘rtacha mayda va 150–500 mkm o‘lchamli yirik xillarga bo‘linadi.

To‘qilish massasi, oquvchanlik, presslanuvchanlik va piShuvchanlik kukunlarning asosiy texnologii xarakteristikallari hisoblanadi.

To‘qilish massasi erkin tukilgan  $1 \text{ sm}^3$  kukunning grammlarda ulchangan massasidir. Agar kukun o‘zgaras to‘qilish massasiga ega bo‘lsa, pishirilganda uning o‘zgaras kiriShuvchanligi ta‘minlanadi. Olinish usuliga qarab, bitta kukunning to‘qilish massasi turlicha bo‘lishi mumkin. G‘ovakligi yuqori bo‘lgan buyum tayyorlash uchun to‘qilish massasi kichik bo‘lgan kukundan, asbob va mashinalarning turli detallarini tayyorlashda esa to‘qilish massasi katta kukunlardan foydalanish lozim.

Oquvchanlik – kukunning qolipni to‘ldira olish qobiliyatidir. U ma‘lum diametrli teshik orqali kukunning utish tezligi bilan xarakterlanadi. Kukun zarralarining o‘lchami kamayishi bilan uning oquvchanlik yomonlashadi. Kukunning qolipni bir tekis to‘ldirishi va presslashda zichlanish tezligi ko‘p jihatdan oquvchanlikka bog‘liq.

Presslanuvchanlik – tashqi nagruzka ta‘siridan kukunning zichlanish xossasidir, u presslangan kukun zarralari o‘zaro qanchalik mustahkamlashganligini xarakterlaydi. Presslanuvchanlik materialning plastikligi, kukun zarrasining o‘lchami va shakliga bog‘liq bo‘ladi. Kukun tarkibiga sirtqi aktiv moddalar qo‘shilishi bilan ularning presslanuvchanligi ortadi.

PiShuvchanlik deyilganda presslangan zagotovkani termik ishlash natijasida zarrachalarning ilashish mustahkamligini tushuniladi.

Ma‘lum kimyoviy va granulometrik tarkibdagi hamda texnologik xossalarga ega bo‘lgan kukunlarning dozalangan porsiyalari barabanlarda, tegirmonlarda va boshqa qurilmalarda aralashtiriladi. Shixtani bir tekis aralashtirish zarurati tug‘ilsa spirt, benzin, glitserin va distillangan suv qo‘shiladi. Ba‘zan aralashtirish protsessida turli vazifani utovchi texnologik qo‘shilmalar qo‘shiladi: presslanishnn engillashtirish maqsadida plastifikatorlar (parafin, stearin, glitserin va boshqalar), kerakli g‘ovaklikka ega bo‘lgan buyumlar olish uchun oson suyuqlanadigan qo‘shilmalar, uchuvchi moddalar qo‘shiladi.

Kukunlar sovuqlayin yoki issiqalayin prokatlash hamda boshqa usullar bilan presslanadi.

Sovuqlayin presslashda press forma matritsasiga shixta solinadi va ish puansoni bilan presslanadi. Bosim olingach, buyum surib chiqaruvchi puanson bilan matritsadan chiqariladi. Presslash jarayonida kukun zarrachalari elastik va plastik deformatsiyalanadi. Bunda kukun zarrachalari orasidagi jiplashish ortadi, g‘ovaklik kamayadi. Bu esa kerakli shakl va mustahkamlikdagi zagotovka olish imkonini beradi. Zagotovka gidravlik yoki mexanik (ekssentrikli, krivoshipli) presslarda

presslanadi. Presslash bosimi kukun tarkibi va buyum vazifasiga ko'ra 200–1000 MPa bo'ladi.

Avtomatik harakatlanadigan presslar keng tarqalgan. Qabul qiluvchi bunker lga solinadigan shixta o'z og'irligi bilan to'ldiruvchi shlangga o'tadi. Shlang press-qolip 3 ustida tugaydi, u press stoli 4 bo'ylab surilishi mumkin. Pastki surib chiqaruvchi puanson 5 vaziyati to'qiladigan kukun miqdorini belgilaydi, ya'ni ushbu holda press-qolipni dozalash va uni to'ldirish bir vaqtda bajariladi. Press - qolip to'lgach, shlang chetga suriladi va yuqori ish puansonini bilan kukunni qisish imkoniyati tug'iladi. Zagotovka pastki puanson bilan surib chiqariladi, qolipni yana to'ldirish uchun shlang suriladi, zagotovka bir yo'la stoldan maxsus novga surib tushiradi. Bunday presslar ba'zan bir necha press-qolip o'rnatilgan aylanuvchi stollar bilan jihozlanadi. Avtomatik presslarning ish unumi bir soatda bir necha ming zagotovka chiqaradigan darajada bo'lishi mumkin.

Issiqlayin presslashda press-qolipda buyum shakllantirilibgina qolmay, pishiriladi ham, bu esa fizik-kimyoviy xossalari yuqori bo'lgan g'ovaksiz material olish imkonini beradi. Issiqlayin peresslashni vakuumda, himoya qilish yoki qaytarish atmosferasida, keng temperatura oralig'ida (1200–1800°C), sovuqlayin presslashga nisbatan ancha past bosimda bajarish mumkin. Odatda, kukunlar kerakli temperaturagacha qizdirilgach bosim ostida siqiladi. Bu usullardan qiyin deformatsiyalanadigan metallar (boridlar, karbidlar va boshqalar) dan buyumlar tayyorlashda foydalaniladi.

Metall kukunlarini prokatlash sovuqlayin yoki issiqlayin deformatsiyalash usuli bilan tasma, sim, polosa ko'rinishidagi buyumlar olishning o'zluksiz protsessidir. Prokatlash vertikal, qiya va gorizontal yo'nalishlarda bajariladi. Vertikal holatda prokatlash buyumni shakllantirish uchun eng yaxshi sharoit hisoblanadi. Avvaliga kukun bunkerdan aylanma sikuvchi valiklar orasidagi zazorga tushadi, zagotovka holiga keltirish uchun qisiladi, so'ngra pishirish uchun pechga yo'naltiriladi, keyinchalik toza valiklarda prokatlanadi. Prokatlashda kukun hajmi bir necha marta kichrayadi. Tasmani prokatlashda valik diametrining tasma qalinligiga nisbati 100:1 dan 300:1 gacha bo'lishi kerak. Kukunlarni prokatlash tezligi quymametallarni prokatlash tezligiga nisbatan ancha kichik bo'lib, kukunning oquvchanligi bilan cheklanadi. Shuning uchun aylanuvchi valiklar syrtining chiziqli tezligi metall kukunning bunkerdan chiqib, valiklar orasidagi zazorga surilish tezligidan kichik butshshi kerak. Prokatlash usuli bilan bir va ko'p

qatlamli buyumlar, qalinligi 0,025–3 mm, eni 300 mm gacha bo‘lgan tasmalar, diametri 0,25 mm va undan katta bo‘lgan simlar va hokazolar olish mumkin. Protsessning uzluksizligi uni avtomatlashtirishni hamda yuqori unumdorligini ta’minlaydi.

Detal va buyumlarga kerakli mustahkamlik va qattiqlik berish uchun ular pishiriladi. Pishirish operatsiyasi buyumni asosiy komponent suyuqlanadigan temperaturaning 0,6–0,8 qismiga qadar qizdirish va Shu temperaturada ma’lum vaqt ushlab turishdan iborat. Pishirish qarshilikli elektr pechlarda induksion qizdirish yoki bevosita pishiriladigan buyum orqali tok o‘tkazish yo‘li bilan amalga oshiriladi. Metall kukunlar oksidlanmasligi uchun pishirish argonli, geliyli muhitlarda, vakuumda yoki vodorod muhitida bajariladi. Tob tashlamasligi uchun yupqa va yassi detallar bosim ostida pishiriladi. Buyumlarga o‘zil-kesil shakl va aniq o‘lchamlar berish uchun ular pardozlash operatsiyalaridan o‘tkaziladi; kalibrlanadi, kesib ishlov beriladi, kimyoviy termik ishlanadi, elektrofizik usullar bilan kerakli o‘lchamiga etkaziladi, qayta presslanadi.

Kalibrlash presslangan buyumni press-qolipdagi mos qirqimli teshikdan siqib o‘tkazishdan iborat. Kalibrlash natijasida buyumning o‘lchamlari aniqlashadi, sirti silliqlanadi, g‘ovakligi kamayadi.

Presslangan zagotovkalardan murakkab shaklli detallar (cho‘zish uchun volokalar, qattiq qotishmali qistirmalar, shtamplarning matritsalar va hokazolar) olish; ichki va tashqi rezbalar qirqish; diametri kichik, lekin chuqur teshiklar olish uchun ularga kesib ishlanadi.

Kimyoviy termik ishlash (azotlash, xromlash, sianlash va hokazo) metallardagi kabi bajariladi. G‘ovaklikning mavjudligi, demak, yoyilgan sirtning mavjudligi kimyoviy termik ishlash protsessini aktiv amalga oshirish imkonini beradi.

Elektr uchqunli va elektr impulsli elektrofizik usullar murakkab shaklli detallar olish uchun qo‘llaniladi. Elektr uchqunli usulda ishlash mohiyati ikkita elektrod orasida elektr impulsli uchqunli razryaddan foydalanishdan iborat. Bunda ishlov beriladigan zagotovka anod, asbob, katod vazifasini o‘taydi. Elektr impulsli usulda ishlashda elektrodni ulashda teskari qutblilikdan foydalaniladi. Bu usullar tok o‘tkazuvchi elektrodlar orqali impulsli elektr toki o‘tkazilganda ularning eroziyalanishiga (emirilishiga) bog‘liq. Hosil bo‘lgan razryad tufayli ishlov beriladigan zagotovka-elektrod sirtida juda qisqa vaqt oralig‘ida temperatura 10000-12000°C gacha ko‘tariladi, shu onda metall suyuqlanadi va burlanadi. Zagotovkadan ajralib chiqqan metall dielektrik suyuqlik muhitida zarralar ko‘rinishida qotadi.

Qayta presslash usulidan murakkab shaklli detallar olishda foydalaniladi. Qayta presslash natijasida zagotovkaning kerakli o'lchamlari va shakli ta'minlanadi. Birinchi marta presslanganda zagotovkaning shakli oddiy, o'lchamlari taxminiy bo'ladi.

Qattiq qotishmalar qattiqligi, mustahkamligi, eyilishga chidamliligi, otashga chidamliligi yuqori bo'lgan qiyin eriydigan karbidlar asosida tayyorlanadi. Qattiq qotishmalarning bu xossalari ular 800–1000°C gacha qizdirilganda ham saqlanadi. Ishlab chiqarish usuliga ko'ra qattiq qotishmalar quyma va metall-keramik xillarga bo'linadi. Metall-keramik qotishmalar volfram, titan va tantal karbidlari kukunlarini kobalt bilan birga pishirib olinadi. Kobalt qotishmalarga qovushoqlik berish uchun qo'shiladi.

Quyma qattiq qotishmalar maxsus elektrodlar (GOST 10051–75) ko'rinishida, asbob yoki detalga suyultirib yopishtirishga yaroqli holda tayyorlanadi. V2K, VZK qotishmalari (stellitlar), sormayt quyma qotishmalarga kiradi. Stellitlar volfram, xrom va kobalt asosidagi qotishmalardir. Bu qotishmalarshtamplar, metallni qirqish pichoqlari, tokarlik stanoklarining markazlari kabi yangi yoki yoyilgan detal va asboblarni sirtiga suyultirib qoplanadi. Qotishmalar atsetilen-kislorodli alangada yoki elektr yoyi alangasida suyultiriladi. Suyultirilgan stellit qatlami qattiq eritma va xrom karbididan tashkil topgan evtektika strukturasi ega bo'ladi. Suyultirib qoplangan qatlamning sovutilish tezligi qancha katta bo'lsa, uning mexanik xossalari shuncha yuqori bo'ladi, chunki bunda zarralar maydaroq bo'ladi. Suyultirib qoplangan qatlamga termik ishlov berilmaydi. Qattiq qotishmalarsuyultirib yopishtiriladigan detallar yoki asboblarni uglerodli po'latdan tayyorlanadi, bu bilan qimmat turadigan legirlangan po'latlar tejiladi. Yuqorida qayd qilingan qotishmalarni po'lat detallarga ham, cho'yan detallarga ham suyultirib qoplash mumkin.

Quyma qattiq qotishmalarga temir xromli asosdagi yuqori uglerodli xromli qotishmalar, ya'ni sormaytlar ham kiradi. Ular birlamchi karbid va evtektika strukturali (№1 sormayt) evtektikadan keyingi govori xromli cho'yandan yoki perlit va karbidli evtektika strukturali (№2 sormayt) evtektikadan oldingi oq cho'yandan iborat bo'lishi mumkin. Sormaytlar 5–7 mm diametrli chiviqlar ko'rinishida ishlab chiqariladi hamda normal va yuqori temperaturalarda ishqalanish sharoitida ishlovchi cho'yan va po'lat detal hamda asboblarga suyultirib qoplashda ishlatiladi. № 1 sormayt suyultirilib qoplangan qatlam qattiqligi VDS 48–50 bo'ladi. Unga termik ishlov berilmaydi. №2 sormayt suyultirib qoplangan qatlam 850-

900°C temperaturada yumshatilgach, moyda toblanadi va yuqori temperaturada bo'shatiladi. Quyma qattiq qotishmalar bilan qoplangan detal va asboblarning puxtaligi 12 va undan ham ko'pmarta ortadi. Zarrador (yoki kukunsimon) qattiq qotishmalar kukun ko'rinishida yoki zarrasining o'lchami 1–3 mm li zarralar ko'rinishida tayyorlanadi. Zarralar qotishmalarga stalinit kiradi va ular qishloq xo'jalik mashinalari detallarining, parmalash iskanalarining eyilishiga chidamliligini oshirish uchun stellitlar o'rniga ishlatiladi. Stalinit tarkibida 8% S, 13% Mp, 3%51, 18% Sg va boshqalar bo'ladi. Zarrador qotishmalar trubasimon elektrodni to'ldirgich sifatida yoki suyultirib yopishtiriladigan kukun sifatida ishlatiladi. Suyultirib yopishtirish turli usullar bilan, ko'pincha elektr yoyi erdamida payvandlash usuli bilan bajariladi.

Metall-keramik qattiq qotishmalar volfram (WS), titan (TiS), tantal (TaS) karbidlari bilan metall kobalt (So) ning qattiq eritmasidan iborat. Metall-keramik qotishmalardan yasalgan buyumlar metall qirqish asbobi (keskich, parma, freza, razvertka) ning ish qismiga yopishtirish uchun plastinka ko'rinishida ishlab chiqariladi.

Metall-keramik qattiq qotishmalar (GOST 3882–74) uchta: volframli, titan-volframli, titan-tantal-volframli gruppalariga bo'linadi.

Volframli qattiq qotishmalar (masalan, VKZ, VKZM, VK6, VKD, VKZV va boshqalar), cho'yan, bronza, farfor, oyna kabi mo'rt materiallarga ishlov berishda qo'llaniladi. Oqartirilgan cho'yan, otashga chidamli po'lat, plastmassalarga tozalab va qisman tozalab ishlov beruvchi kesuvchi asboblari VK6M qotishmasi bilan koplanadi. Parmalash, cho'zish, otashga chidamli va zanglamaydigan po'latlarni xomaki yo'nish asboblari VK8M qotishmasi bilan qoplanadi. Qotishma markasi oxiridagi V harfi u yirik zarrali ekanligini, M harfi esa mayda zarrali ekanligini bildiradi.

Titan-tantal volframli qattiq qotishma (TT7K12 va TT1058B) lar po'lat pokovkalarga xomaki ishlov berishda qo'llaniladi. Bu qotishmalarning kovushoqligi, eyilishga chidamliligi va mustahkamligi ( $\sigma_v=1550\text{MPa}$ ) qattiq titan-volframli va volframli qotishmalarnikiga nisbatan yuqori.

Masalan, volframli qotishmaning VK8 markasi uning tarkibida 92% volfram karbidi, 8% kobalt bo'lishini bildiradi. T30K4 titan-volframli qotishmada tantal va titan karbidlarining umumiy miqdori taxminan 7%, kobalt 12%, qolgani (81%) volfram karbididan iborat. Qattiq qotishmalarning qolgan markalari ham Shunday markalanadi.

Plastifikatsiyalangan qattiq qotishmalar parma, zenker, razvyortka



kabi murakkab shakldagi asboblarni, shuningdek qattiq qotishmalar bilan jihozlash kiyin bo'lgan kichik o'lchamli asboblarni tayyorlashda ishlatiladi. Plastifikatsiyalangan qattiq qotishma deb, 400°C temperaturada qaynab turgan parafinga botirilib sovigach, u bilan bir jinsli massa hosil qiluvchi presslangan kukunga aytiladi. Plastifikatsiyalangan qattiq qotishmadan tayyorlangan briketlarga osongina qilib ishlov berish, presslash va shakldor fileralardan siqib chiqarish mumkin. Bu usullardan birontasi bilan tayyorlangan asbob maxsus pechlarda 1300°C temperaturada pishiriladi. Pishirilgan zarur qattiqlikka erishgan asbobga o'zil-kesil ishlov beriladi va yo'niladi. Plastifikatsiyalangan qattiq qotishmadan tayyorlangan kesuvchi asbob, qattiq qotishma bilan jihozlangan asbobga qaraganda buyumlarning ishlangan sirtlarining sifatli bo'lishini ta'minlaydi.

Mineral-keramika-texnik glinozem ( $Al_2O_3$ ) asos qilib olingan sintetik materialdir. Hozirgi vaqtda mikrolit deb ataladigan SM-332 markali mineral-keramika keng tarqalgan. Qattiqligi (NKA 91-93), issiqlikka va eyilishga chidamliligi bo'yicha qattiq qotishmalardan ustun turadi. Mustahkamligining pastligi va juda murtligi mikrolitning kamchiligi hisoblanadi. Mikrolit plastinkalari bilan jixrzlangan asboblar ish jarayonida ularni 1200°C temperaturagacha qizdirilganda ham o'zining qattiqligini yuqotmaydi. Shuning uchun ham zarbsiz nagruzka sharoitida po'lat va cho'yan detallarga, rangli metallar hamda ularning krtishmalariga, nometall materiallarga, kesish chuqurligi va surishlar katta bo'lmaganda katta tezlikda tozalab va qisman ishlov berishda mineral-keramikadan samarali foydalaniladi.

Mikrolit plastinkalarini tayyorlash texnologiyasi quyidagicha: tayyorlangan kukun qolipga solinadi, presslanadi, so'ngra 1750–1900°C temperaturada pishiriladi. Plastinkalarni bosim ostida quyish usuli bilan ham olish mumkin. Asbob dastalariga plastinkalar kavsharlanadi yoki mexanik usulda mahkamlanadi. Kavsharlash uchun plastinkani metallash lozim, ya'vi uning sirtini kavsharlash imkonini beradigan qandaydir metall qatlami bilan qoplash zarur.

Mineral-keramikaga volfram, molibden, bor, titan, nikel va boshqa elementlar qushib, ekspluatatsion xarakteristikalarini yaxshilash mumkin. Bunday materiallar kermetlar deb ataladi. Ulardan qiyin ishlov beriladigan po'lat va qotishmalarga kesib ishlov berishda foydalaniladi.

Qoldiq g'ovakligi 15-50% atrofida bo'lgan metall-keramika g'ovakli xillarga kiradi. Bu gruppaga antifriktsion materiallar, filtrlar va «terlovchi» materiallar kiradi.

Antifriktsion materiallar tarkibida moylovchi vazifasini utovchi grafit va boshqa komponentlar bo‘ladi. G‘ovakli moylar bilan to‘ldiriladi. Bronza grafitli va temir grafitli metall-keramik buyumlar ishlab chiqariladi. Bronza-grafit mikrostrukturasi qalayning misdagi qattiq eritmasi zarralariga grafit va moy bilan to‘ldirilgan g‘ovaklikdan iborat. Temir-grafit ferritli, perlitli va sementitli strukturaga ega bo‘lishi mumkin. Antifriktsion materiallar sanoatning turli sohalarida (avtomobilsozlik, stanoksozlik, samolyotsozlikda va hokazolarda) ishlatiladigan podshipnik vtulkalarini tayyorlashda qo‘llaniladi.

Filtrlar temir, bronza, nikel, korroziyaga chidamli po‘lat va boshqa materiallar kukunidan tayyorlanadi. Ularning g‘ovakligi kamida 40–50% bo‘ladi. Filtrlar avtomobil va traktor dvngatellarida yonilrini, havoni va turli suyuqliklarni tozalashda qo‘llaniladi.

Xlado agentning g‘ovakliklar orqali bug‘lanishi hisobiga sovitish uchun mo‘ljallangan metall-keramik materiallarga «terlovchi» materiallar deyiladi. Ular korroziyaga chidamli po‘lat, nikel, volfram, titan va xakazo kukunlaridan tayyorlanadi.

Friktsion metall-keramik materiallar kimyoviy tarkibiga keramik yoki temir asosida murakkab kompozitsiyadan iborat. Friktsion materiallar tarkibiga moylash vazifasini o‘tab materialni eyilishdan saqlovchi komponentlar (qo‘rg‘oshin, grafit, turli sulfidlar va sulfat kislota to‘zlari), materialga yuqori friktsion xossalar beruvchi komponentlar (asbest, kvarts qumi, turli oksidlar, kiyin eriydigan birikmalar va hokazolar) kiradi. Friktsion metall-keramik materiallarning murtligi katta, mustahkamligi past. Shuning uchun, odatda ulardan yasalgan buyumlarning asosi po‘latdan iborat bo‘lib, friktsion metall-keramika qatlami bilan qoplangan bo‘ladi. Bu materiallar ilashish va tormozlanish o‘zellarida ishlatiladi.

Magnit metall-keramik materiallar kukun metallurgiyasi usullari bilan olinadi. Bular magnit yumshoq (ferritlar), magnit qattiq materiallar (doimiy magnitlar) va magnitodielektriklardir.

Ferritlar toza va temir va uning qotishmalari kukunidan yoki temir oksidi kukunidan sovuqlayin yoki issiqalayin presslab tayyorlanadi. Ferritlar oksidlovchi atmosferada pishiriladi.

Doimiy magnitlar temir asosli alyuminiy, nikel, mis, kobalt bilan legirlangan murakkab kimyoviy tarkibli metall-keramik qotishmalardir. Presslangan va pishirilgan magnitlar qo‘shimcha yana termik ishlovdan o‘tkaziladi, ya‘ni toblanadi, toblab bo‘shatiladi va hokazo. Metall-keramik doimiy magnitlarning mustahkamligi quyma magnitlarnikiga

qaraganda 3-6 marta ortiq bo‘ladi.

Elektrokontaktli metall-keramik materiallar qiyin eriydigan metall kukunlarining mis, kumush, nikel kukunlari aralashmasidan tayyorlanadi. Qiyin eriydigan metallar (W, Mo, So, Ni) materialning mexanik xossalarini belgilab bersa, oson suyuqlanadigan metallar to‘ldirgich xizmatini o‘tab, materialning yuqori elektr o‘tkazuvchanligini ta‘minlaydi. Olingan materiallar eroziyaga barqaror. Kontaktlar monometall yoki bimetall qilib tayyorlanishi mumkin. Shu munosabat bilan kontaktlarni tayyorlashning turli texnologiyasidan foydalaniladi. Metall-keramik kontaktlar magnit yurgizib yuborgichlarda, issiqlik relesida hamda alohida og‘ir rejim relesida, kontrollerlarda, kuchlanish regulyatorlarida, boshqarish apparatlarida, tok o‘zgartirgichlarda va hokazolarda ishlatiladi.

## **7-MAVZU. METALL VA QOTISHMALARGA TERMIK VA KIMYOVIY-TERMIK ISHLOV BERISH.**

Termik ishlov berish strukturani boshqarish usuli bo‘lib, bunda qotishma ma‘lum temperaturaga qizdirilib, har xil tezlikda sovitiladi. Bu usul mashina ishlab chiqarishda juda keng tarqalgan bo‘lib, material xossalarini o‘zgartirishning eng samarali imkoniyatlaridandir.

Texnologik xossalarni yaxshilash uchun termik ishlov oraliq jarayon bo‘lishi ham mumkin. Lekin ko‘pincha mashina vositalari xossalari to‘plamini vujudga keltirishda oxirgi jarayon hisoblanadi.

Termik ishlov uchta turda bo‘ladi: sof termik ishlov, termomexanik ishlov (yoki deformatsion -termik ishlov) hamda kimyoviy-termik ishlov.

Sof termik ishlovga yumshatish, me‘yorlash (normallashtirish), toblash hamda bo‘shatish (yoki eskirtirish) usullari kiradi. Termik ishlashdagi struktura o‘zgarishlari jarayonning asosini tashkil qiladi. Shuning uchun kimyoviy-termik ishlov ham, deformatsion -termik ishlovlar ham sof termik ishlov jarayonlarini o‘z ichiga oladi.

Yumshatish natijasida Fe-Fe<sub>3</sub>C holat diagrammasida ko‘rsatilganidek muvozanatga yaqin bo‘lgan struktura hosil bo‘ladi. Yumshatish o‘zidan oldingi bajarilgan texnologik jarayon (quyma olish, bolg‘alash, juvalash, payvandlash va h.k.) da vujudga kelgan nomuvozanat holatni muvozanat holatga qaytaradi. Ikki turdagi yumshatish mavjud bo‘lib, birinchisi faza o‘zgarishsiz sodir bo‘ladi, ikkinchisi esa faza o‘zgarishi bilan bog‘liq. Me‘yorlash (normallashtirish) ning maqsadi yumshatishdan kuzatiladigan maqsadga o‘xshash, lekin bu

jarayonlarning sovitish tezligi bir-biridan farq qiladi.

Toblashda metall faza o'zgarish chizig'idan yuqori temperaturada qizdiriladi, sovitishda esa tez sovitiladi. Bunda muvozanatdagi struktura nomuvozanatdagi (to'yintirilgan) strukturaga o'tadi.

Termik jarayonlarda vujudga kelgan nomuvozanat holat strukturasi muvozanat holatdagi strukturaga qaytariladi. Agar termik ishlash polimorf o'zgarish bilan bog'liq bo'lsa, bo'shatish jarayoni o'tkaziladi. Agar termik ishlash polimorf o'zgarishsiz to'yintirilgan fazani hosil qilsa, eskirtirish jarayoni o'tkaziladi.

Deformatsion-termik ishlovda metallni deformatsiyalash va termik ishlash birgalikda olib boriladi. Agar plastik deformatsiya faza o'zgarish chizig'idan yuqorida olib borilsa, bu jarayon qotishmaga yuqori temperaturada termomexanik ishlov berish deyiladi. Agar qotishma deformatsiyasi faza o'zgarish chizig'idan pastda olib borilsa, bunday jarayon qotishmaga kichik temperaturada termomexanik ishlov berish deb ataladi.

Kimyoviy-termik ishlov berish natijasida miqdor o'zgarishlari sifat o'zgarishiga olib keladi. Bunda kerakli temperaturada metall yuzasi har xil elementlar bilan diffuzion boyitiladi. Sof termik ishlov esa kimyoviy-termik ishlovdan keyin yoki oldin ham berilishi mumkin.

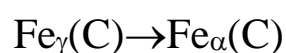
Po'latlarni termik ishlashda Fe–F<sub>3</sub>C diagrammaga binoan to'rtta asosiy faza o'zgarishlari kuzatiladi: 1) qotishmani A<sub>1</sub> faza o'zgarish chizig'idan yuqoriroq qizdirsak, perlit austenitga parchalanadi:



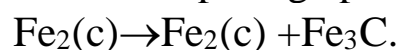
2) austenitni faza o'zgarish chiziqdan kichikroq tomperaturada sovitilganda austenit perlitga parchalanadi:



3) metastabil muvozanat temperaturasidan kichikros temperaturada austenit martensitga parchalanadi:



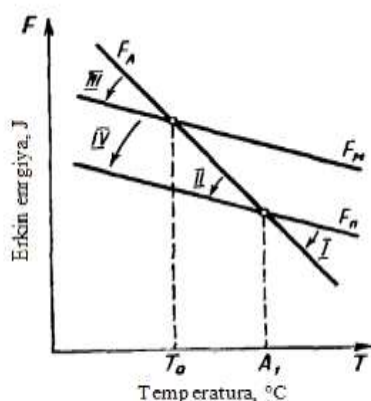
4) Istalgan temperaturada martensit perlitga parchalanadi:



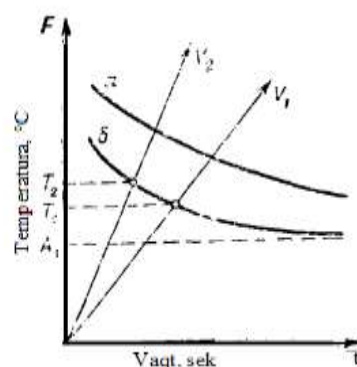
Jismning erkinlik darajasining o'zgarishini 32-rasmda keltirilgan grafikdan ko'rish mumkin. Grafikdan ko'rinib turibdiki, A<sub>1</sub> nuqtadan yuqori temperaturada austenitning erkin energiyasi kam, shuning uchun ham perlit qizdirilganda austenitga parchalanadi (1 o'zgarish). A<sub>1</sub> dan kichik temperaturada teskari jarayon sodir bo'ladi, ya'ni austenit perlitga parchalanadi (II o'zgarish). T<sub>0</sub> dan kichik temperaturada perlitning erkin

energiyasi eng kam qiymatga ega bo‘ladi, lekin bunda austenitning martensitga parchalanishi uchun sarf bo‘ladigan ish (III o‘zgarish) martensitning perlitga parchalanishi uchun sarf bo‘ladigan ishdan (IV o‘zgarish) avval sodir bo‘ladi.

Ana Shu jarayonlarning borishi qonuniyatlari yig‘indisi materiallarga termik ishlov berish nazariyasini tashkil qiladi. Temir–sementit diagrammasida ko‘rsatilganidek, perlit  $A_1$  temperatura-da austenitga parchalanadi. Bu jarayonda to‘la parchalanish juda sekin sovutish natijasida sodir bo‘ladi.



32-rasm. Temperaturaning o‘zgarishiga qarab, po‘latdagi faza va struktura erkinlik energiyasining o‘zgarish qonuniyatlari.

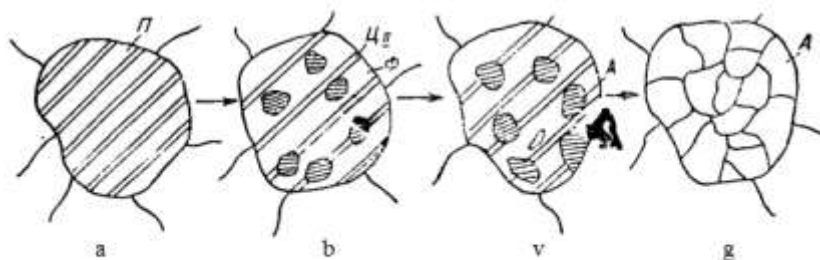


33-rasm. Perlitdan austenit hosil bo‘lishining izotermik diagrammasi ( $T_1$  va  $T_2$  parchalanishning boshlanish nuqtalari).

Oddiy sharoitda  $P \rightarrow A$  parchalanishning ancha kechikib borishi vaqtga nisbatan temperaturaning  $A_1$  dan ancha yuqoriroq ko‘tarilishiga ekvivalentdir, ya‘ni bu jarayonning qancha vaqt ichida sodir bo‘lishi parchalanish temperaturasiga bog‘liqdir. Bu jarayonni perlitning izotermik parchalanish diagrammasidan kuzatish mumkin (33-rasm). Bu diagrammada jarayonni tezlash- tiruvchi isitish tezligining o‘zgarishi ( $V_2 > V_1$ ) ko‘rsatilgan, parchalanishning boshlanishi ( $a$ ) va tamom bo‘lishi ( $b$ ) egri chiziqlari esa  $A_1$  qiymatga vaqt bo‘yicha cheksiz asimptotik ( $\tau \rightarrow \infty$ ) yaqinlashib boradi. Real sharoitda perlitning austenitga parchalanishi ma‘lum temperatura oralig‘ida boradi, lekin o‘rtacha bir xil donachali austenitni hosil qilish uchun o‘ta qizdirish zarur bo‘ladi. Demak, temperatura qancha katta bo‘lsa, parchalanish Shuncha to‘la va tez boradi.

Perlitning (34-rasm,  $a$ ) parchalanishi birinchi navbatda ferrit + sementit mexanik aralashmalardagi faza chegaralarida austenitning kristall markazi hosil bo‘lishiga (34-rasm,  $b$ ) bog‘liq. Odatda, bu markazning nuqson to‘plangan joyda hosil bo‘lishi energetik jihatdan qulaydir, chunki eski tarkib fluktatsiya natijasida boyib, yangi tarkib hosil

bo'ladi. Bu jarayonning asosini, albatta,  $\alpha \rightarrow \gamma$  polimorf o'zgarish tashkil qiladi. Ikkinchi navbatda, har bir perlit donachasining ichida Shunday markazlar hosil bo'lganligi uchun (34-rasm, *v*) boshlang'ich donachalar juda mayda bo'ladi. Shuning uchun parchalanish oxiriga borib, mayda donachali austenitga ega bo'lgan boshlang'ich tarkib hosil bo'ladi (34-rasm, *g*). Donachalar o'lchamining bir xil bo'lishiga erishish uchun ma'lum vaqt Shu temperaturada ushlab turish lozim. Ana Shu o'sish jarayoniga binoan katta yoki kichik donachali po'latlar hosil bo'lishi mumkin.



34-rasm. Perlit donachasi ichida austenit markazlarining hosil bo'lishi va uning o'sishini tushuntiruvchi chizma.

Ba'zida temperatura  $950-1000^{\circ}\text{C}$  gacha ko'tarilganda austenit donachalari sezilarli darajada o'smaydi, bunday po'lat tabiatan mayda donachali po'lat bo'ladi. Bunday po'latning austenit donachalari  $1000^{\circ}\text{C}-1200^{\circ}\text{C}$  dan yuqoriroq temperaturada o'sa boshlaydi, lekin kritik temperaturadan yuqorida ( $T > T_k$ ) donachalar keskin o'sa boshlaydi. Natijada mayda donachali po'lat austenitning o'sish darajasi yirik donachali austenitning o'sish darajasidan ham oshib ketadi.

Tarkibidagi donachalar tabiatan o'sadigan po'latlar  $950-1000^{\circ}\text{C}$  qizdirilganda austenit donachalari o'lchami temperaturaga proporsion al ravishda o'sadi.

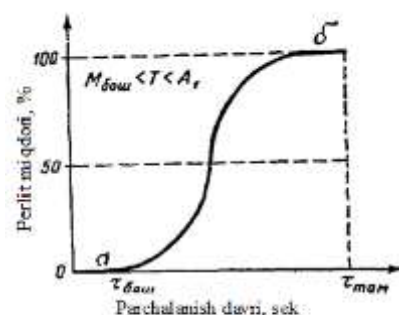
Mayda donachali po'lat uchun issiq holda plastik deformatsiyalashda temperaturaning juda ko'tarilishi xavfli emas, chunki austenit juda yuqori temperaturadagina o'sa boshlaydi. Demak, bunday po'latlarni issiqlayin plastik deformatsiyalashda temperaturani bemalol ko'tarish mumkin, chunki austenit donachasi o'smaydi. Yirik donachali po'latlarni plastik deformatsiyalashda esa temperatura oraliq'ini aniq ushlab turish kerak, chunki yuqoriroq temperaturada austenit donachalari tez o'sishi mumkin. Bunday po'latlar ataylab maxsus usul bilan olinmaydi, balki tabiiy hosil bo'ladi. Po'lat olishda alyuminiy, marganets va kremniy elementlaridan achitqi sifatida foydalaniladi. Bu elementlar suyuq qotishmalarda mavjud bo'lgan azot bilan birikib, nitridlarni hosil qiladi (masalan, alyuminiy nitrid). Bu nitridlar asosan austenit

donachalarining ajralish yuzalarida joylashgan bo‘lib, ular austenitda erimaguncha ( $1100^{\circ}\text{C}$  dan yuqorida) uning o‘shishiga xalaqit beradi. Karbidlarning hosil bo‘lishi ham austenitning o‘shishiga to‘sqinlik qiladi. Ayniqsa, qiyin eriydigan vanadiy, titan metallarining karbidlari xuddi Shunday ta‘sir ko‘rsatadi. Po‘lat qaynayotgan holda qo‘yilsa, austenit donachalari yirik bo‘ladi, chunki bunda achitish uchun faqat marganetsdan foydalaniladi.

Austenitning parchalanishi  $A_1$  temperaturadan pastda boradi. Qancha tez o‘tasovitilsa, parchalanish ham Shuncha tez boradi, chunki hosil bo‘layotgan fazalar erkin energiyasining farqi Shuncha katta bo‘ladi.

Austenitning ferritga parchalanishi uchun uning tarkibidagi uglerod boshqa faza- larga diffuziyalanishi kerak.

Lekin diffuziyaning tezligi temperatura-ga bog‘liq. Shuning uchun parchalanish kinetikasi ana Shu qarama-qarshilikka bog‘liq bo‘lib, parchalanish tezligi optimal qiymatga ega. Temperatura  $200^{\circ}\text{C}$  va  $727^{\circ}\text{C}$  ga teng bo‘lganda parchalanish ro‘y bermaydi, chunki parchalanish davri (kinetikasi).  $727^{\circ}\text{C}$  da o‘tasovitish darajasi nolga teng bo‘lib,  $200^{\circ}\text{C}$  da diffuziyaning tezligi juda kamdir.

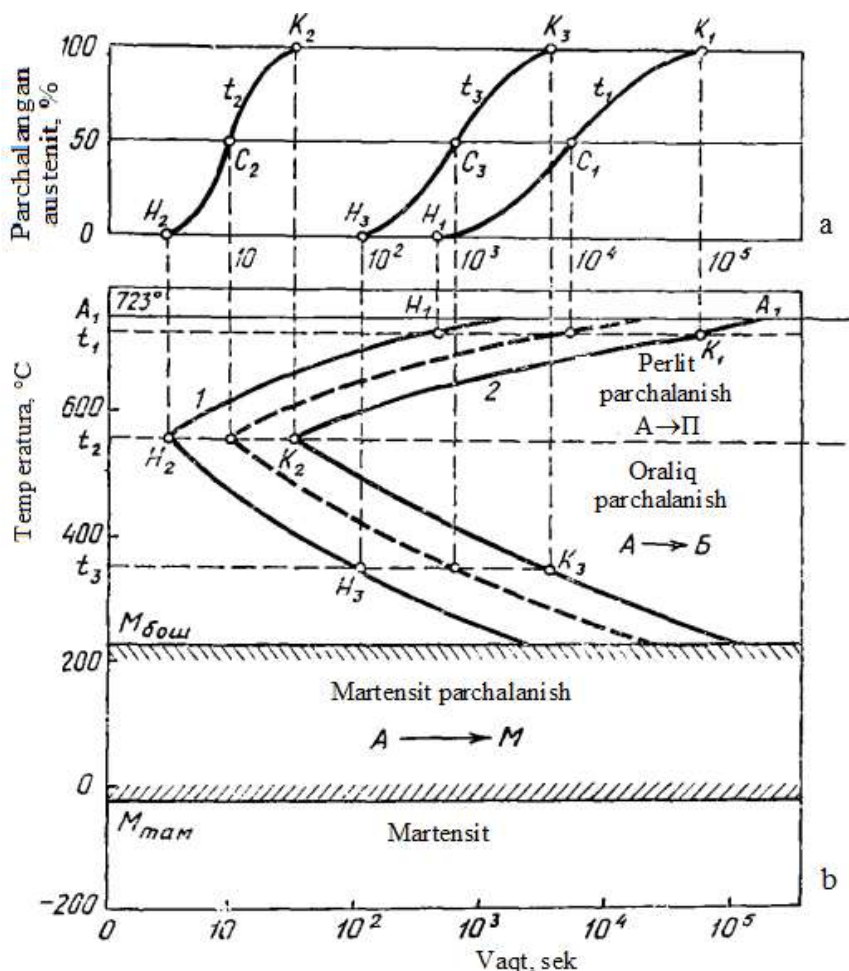


35-rasm. Austenitning perlitga parchalanish davri (kinetikasi)

Sovitish jarayonidagi o‘zgarish temperaturaning qotishma tarkibidagi perlitning ortib borishiga ta‘siri 35-rasmdagi kinetik egri chiziq bilan tushuntiriladi. Bunda parchalanish  $a$  nuqtadan boshlanib,  $b$  nuqtada tamom bo‘ladi. Eng katta tezlikdagi parchalanish 50% ga teng. Har bir davr uchun ana Shunday egri chiziqlar (36-rasm,  $a$ ) ni chizish bilan austenitning izotermik diagrammasini hosil qilish mumkin (36-rasm,  $b$ ). Bu erda  $H_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  austenitning parchalanish nuqtalari.  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  esa parchalanishning tamomlanish,  $C_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  parchalanish nuqtalarini belgilaydi. 1-egri chiziq parchalanishning boshlanishi bo‘lsa, 2-egri chiziq parchalanishning tamom bo‘lishini ko‘rsatadi. Birinchi egri chiziqning chap tomonida parchalanmagan austenit bo‘lib, austenitning parchalanish inkubatsion davri deb ataladi. Ikkala egri chiziq orasi esa parchalanish davri bo‘lib, ikkinchi egri chiziqning o‘ng tomonida parchalanish mahsuloti hosil bo‘ladi. Keltirilgan egri chiziqdan ko‘rinib turibdiki, temperatura pasayishi bilan austenitning barqarorligi kamayib boradi. Ma‘lum  $t_2$  temperaturada barqarorlik eng kam qiymatga ega

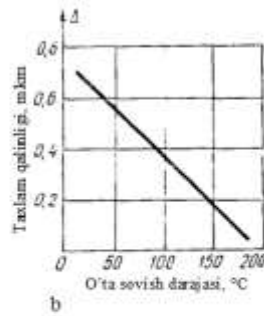
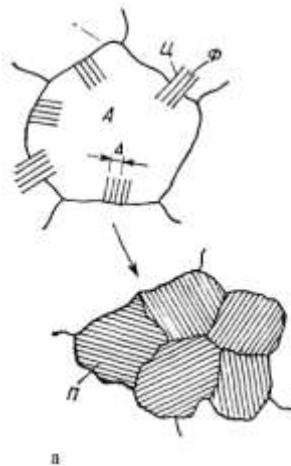
bo‘ladi, temperatura yanada kamayganda barqarorlik yana ortadi. Temperatura pasayib, martensitning parchalanish chegarasiga etganda, diffuzion jarayonlar to‘xtaydi, austenitning perlitga parchalanishi mumkin bo‘lmay qoladi. Undan ham past sovish temperaturasida parchalanish martensit usulida boradi (36-rasm, b).

Austenit to‘xtovsiz o‘tasovitilganda qattiq holatda qayta kristallanish jarayoni sodir bo‘lib, perlit hosil bo‘lishida atomlar diffuzion qayta taqsimlanadi. Austenit donachalarining chegarasida sementit kristali hosil bo‘ladi, natijada chegaradagi austenit donachalar borgan sari uglerodga kambag‘allashib,  $\gamma \rightarrow \alpha$  o‘zgarishning borishiga sharoit yaratiladi. Hosil bo‘lgan ferrit va sementit endi birgalikda o‘sa boshlaydi. Ana shunday qilib, ferrit va sementit qatlamlaridan iborat perlit hosil bo‘ladi (37-rasm, a). O‘tasovish qancha tez bo‘lsa, ferrit va sementit taYoqchalari shuncha mayda bo‘ladi (37-rasm, b).

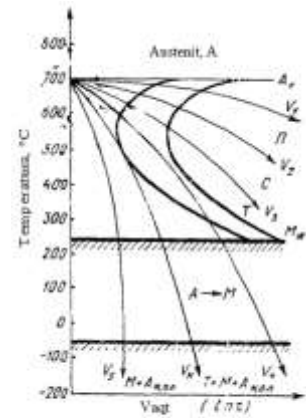


36-rasm. Evtoktoid (0,8%)ning kinetik egri chiziqlari (a) hamda austenitning izotermik parchalanishi (b), (A – austenit, P – perlit, B – beynit, M – martensit).





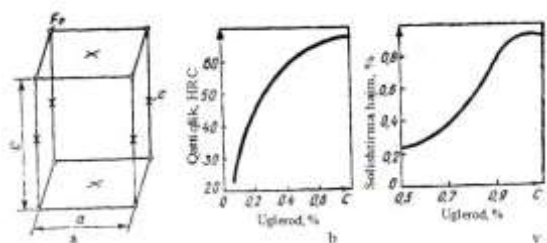
37-rasm. Austenitdan perlit tayyoqlarining o'ishi (a) ham da uning o'lchamining ( $\Delta$ -taxlam qalinligi) o'ta sovish temperaturasi ga bog'liqligi diagrammasi (b).



38-rasm. Austenitni to'xtovsiz sovishida hosil bo'ladigan strukturalar (izotermik diagrammada to'xtovsiz sovish tezliklari berilgan: P-perlit, S-sorbit, T-troostit, M-martensit, A-austenit).

Agar sovish tezligining vektori ( $V_1, V_2, V_3$ ) izotermik diagrammani kesib o'tsa, austenit diffuzion qayta taqsimlanish orqali parchalanadi va *perlit* (P), *sorbit* (S) hamda *troostit* (T) dan iborat tarkib hosil bo'ladi, ularning donachalari bir-biridan o'lchamlari bilan farq qiladi (38-rasm). Sovish tezligining vektori ( $V_4$ ) 1- va 2-egri chiziqning orasidan kesib o'tsa, oraliq parchalanish ro'y beradi, ya'ni parchalanish yarim diffuzion va diffuziyasiz (martensit) usulda bo'ladi, hosil bo'lgan struktura *beynit* (B) deb ataladi.

Demak, *martensit uglerodning  $\alpha$ -temirdagi to'yingon qattiq eritmasidir*. Faza o'zgarishida  $\alpha$ -temirning elementar kristall panjarasi markazlashgan kub shaklida bo'lib, uglerod ajralib chiqib ketmasdan Shu katakcha ichida qolganligi uchun uning shakli tetragonal bo'ladi va  $s/a$  nisbat tetragonallik miqdorini ifodalaydi. Po'lat tarkibida qancha ko'p uglerod bo'lsa,  $s/a$  tetragonallik darajasi Shuncha katta bo'ladi. 39-rasmda martensit kristall yacheykasi hamda martensit qattiqligi va solishtirma hajmning o'zgarish egri chiziqlari ko'rsatilgan.



39-rasm. Martensit xossalari. a - tetragonal kristall panjara, b - martensitning qattiqligi va usning parchalashidagi hajm o'zgarishining po'lat tarkibidagi uglerod miqdoriga bog'liqligi grafiqi.

Martensit strukturasi mikroskop ostida ninasimon shaklda kurinadi (40-rasm). Lekin u ba'zida plastinka yoki taYoqcha shaklda ham uchraydi. Umuman, martensit strukturasi shakli uglerod va legirlovchi



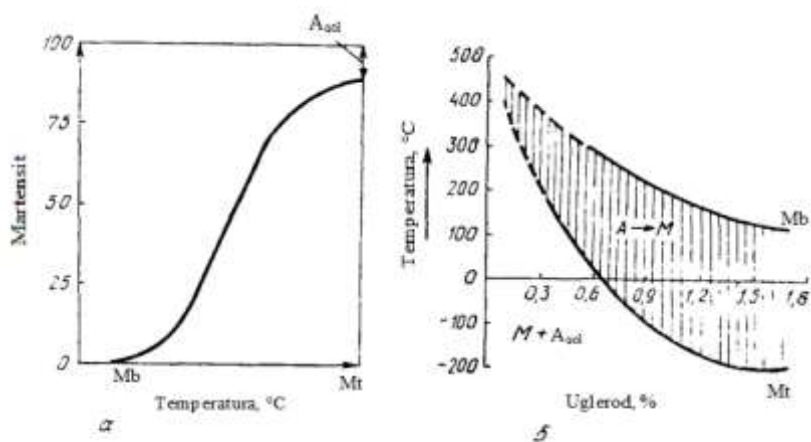
40-rasm. Platinka (a) va tayqochna (reyka) (b) shaklidagi martensitning mikrostrukturasi

elementlar miqdoriga bog'liq bo'ladi. Martensitga parchalanishda boshlang'ich va oxirgi fazalar miqdori o'zgarmaydi, agregat ko'chish natijasida faqat kristall panjara qayta quriladi (diffuziyasiz jarayon). Martensit taYoqchalari (plastinkalari) oldingi donachalar o'rnida parallel yoki bir-biriga nisbatan  $50^\circ$  hamda  $120^\circ$

Martensit hosil bo'lish jarayoni o'zining boshlanish ( $M_b$ ) va tamom bo'lish ( $M_f$ ) temperaturasi ega. Agar Shu oraliqda temperatura o'zgarmasa (ya'ni sovish ro'y bermasa), parchalanish

ham to'xtab qoladi. Lekin perlitga parchalanishda temperatura o'zgarmay qolganda ham jarayon davom etardi. Shu jihatdan martensitga parchalanish perlitga parchalanishdan farq qiladi. Legirlangan po'latlardagi uglerod miqdori qancha ko'p bo'lsa, diffuziya jarayoni sekin boradi, natijada martensitga parchalanish temperaturasi oddiy temperaturadan ancha kichik bo'ladi. Shuning uchun strukturada materialning hajmi bo'yicha parchalanmay qolgan qoldiq austenit ( $A_q$ ) bo'ladi (41-rasm, a). Martensitning hajmi katta bo'lganligi uchun namuna deformatsiyalanishi ham mumkin.

Po'latning martensitga parchalanish diagrammaendan (41-rasm, b) ko'rinib turibdiki, sovish tezligi  $M_b$  va  $M_f$  temperaturaga ta'sir qilmaydi, po'latdagi uglerod miqdori 0,6% dan ko'p bo'lganda, parchalanish manfiy temperaturada davom etadi, po'lat tarkibidagi uglerodning miqdori parchalanishning boshlanishi ( $M_b$ ) va tamom bo'lishi ( $M_f$ ) temperatura ora- lig'ini belgilaydi.



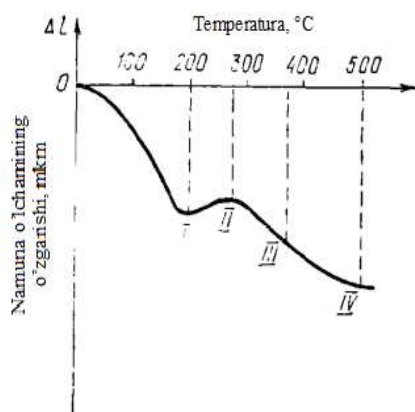
41-rasm. Martensit egri chizig'i (a) va parchalanish diagrammasi (b);  $M_b$  – martensitga parchalanishning boshlanishi va  $M_f$  – parchalanishning tamom bo'lishi;  $A_{qol}$  – parchalanmasdan qolgan qoldiq austenit; M – martensit.

Beynitning hosil bo'lishi perlit va martensitga parchalanish temperaturalari orasida ro'y beradi. Beynitning tarkibi to'yingan qattiq eritma (martensit) va sementitdan iborat. Beynit yuqoriroq temperaturada hosil bo'lsa, yuqori beynit, pastroq temperaturada hosil bo'lsa, quyi beynit deyiladi. Yuqori beynitda (500–350°C) gi sementitning shakli perlitdagiga o'xshash plastinka shaklida bo'lmay, pat shaklda bo'ladi. Quyi beynitdagi sementitning shakli martensitga o'xshash ingichka ninasimon shaklda bo'ladi. Shuning uchun quyi beynitning xossalari yuqori beynitning xossalaridan yaxshidir.

Yuqori beynitdagi sementit austenitdagi uglerodning diffuziyasi natijasida hosil bo'ladi, quyi beynitdagi sementit esa martensitdagi uglerodning ajralib chiqishi natijasida hosil bo'ladi.

Beynitning parchalanishi oxirigacha bormaydi, ya'ni tarkibida austenit qoldiq bo'ladi. Beynitga parchalanish jarayoni ancha murakkab bo'lib, diffuziya hamda siljish jarayoni bilan birgalikda sodir bo'ladi.

Amaliyotda toblangan po'latlar xossalarining barqarorligi muhim ahamiyatga ega. Toblangan po'latni qayta qizdirishda strukturada ro'y beradigan o'zgarishlar xossalarning barqarorligini ifodalaydi. Po'latni qizdirishda namuna o'lchamlari o'zgaradi, chunki martensit va austenitlarning parchalanishi kristall panjaralarning qayta tuzilishi bilan bog'liqdir. Bu qayta qurilish hajm o'zgarishlariga olib keladi. Hajm o'zgarishini o'lchaydigan asbob dilotometr deb ataladi. Ana Shu asbsbda yozib olingan toblangan namuna uzunligining o'zgarish egri chizig'i 42-rasmda keltirilgan.



42-rasm. Toblangan po'latni bo'shatishda namuna o'lchami o'zgarishining temperaturaga bog'liqligi grafiqi.

Bo'shatishda ro'y berayotgan diffuzion jarayonning tezligi va parchalanishning to'laligi temperaturaga bog'liq. Diagrammadan ko'rinib turibdiki, birinchi o'zgarish (I) 80–200°C oralig'ida ro'y berib, martensitdan barqaror bo'lmagan (metastabil) ε-karbid ( $Fe_2C$ ) ajralib chiqadi. Martensit tarkibidagi uglerodning diffuziyalanib kamayib borishi natijasida kristall katakchanning tetragonalligi kamayadi, demak, hajm ham kamayadi. Bunday strukturani

bo'shatilgan martensit deb ataladi. Ikkinchi o'zgarish (II) 200–260°C oralig'ida sodir bo'ladi. Bu jarayonda qoldiq austenit to'yintirilgan martensit va karbidga parchalanadi, ya'ni bunda ham bo'shatilgan martensit hosil bo'ladi. Bu jarayonda parchalanmagan martensitning

parchalanishi davom etadi. Bu davrning oxiriga kelib,  $\alpha$ -qattiq eritma tarkibida 0,15–0,2% uglerod mavjud bo‘ladi. Uchinchi (III) o‘zgarish 260–380°C oralig‘ida sodir bo‘ladi. Bunda martensit tarkibidagi ortiqcha uglerod to‘la ajralib chiqib, t-karbid sementitga aylanadi ( $Fe_3C$ ), hosil bo‘lgan struktura bo‘shatishdagi troostit deb ataladi, 380–400°C oralig‘ida uglerod butunlay kimyoviy birikma–sementitga o‘tadi. Bunda po‘latning zichligi ortadi.

Demak, ikkinchi va uchinchi o‘zgarishning oxiriga kelib, tarkib yana ferrit-sementitdan iborat bo‘lib qoladi (muvozanatdagi struktura). Temperaturani yanada ko‘tarish (450–650°C) ferrit va sementit donachalari o‘lchamlarining o‘sishi hamda bir xillanishiga (saralanishiga) olib keladi (to‘rtinchi o‘zgarish). Bunda hosil bo‘lgan tarkib bo‘shatishdagi sorbit deb ataladi va u (oldingi bo‘shatilgan strukturalar ham) austenitning parchalanishidan hosil bo‘lgan sorbitdan (troostitdan) o‘lchamlari bilan farq qiladi. Masalan, bo‘shatishdagi sorbit simmetriya uqiga ega bo‘lgan shaklga, toblashdagi sorbit esa plastinkasimon shaklga ega. Shuning uchun bo‘shatishdagi sorbitning xossalari toblashdagi sorbit xossalaridan yuqori turadi. Temperatura qancha  $A_1$ ga yaqinlashib kelsa, sorbitning strukturasi perlitga yaqinlashadi (donador perlit hosil bo‘ladi).

Ko‘pchilik legirlovchi elementlar (Mo, Cr, Si, W, So, V va h. k.) toblangan po‘latni qayta qizdirishda diffuzion jarayonlar tezligini kamaytiradi, qoldiq austenitning parchalanishi va karbidlarning yig‘ilishi (kaugulyasiya) ni qiyinlashtiradi.

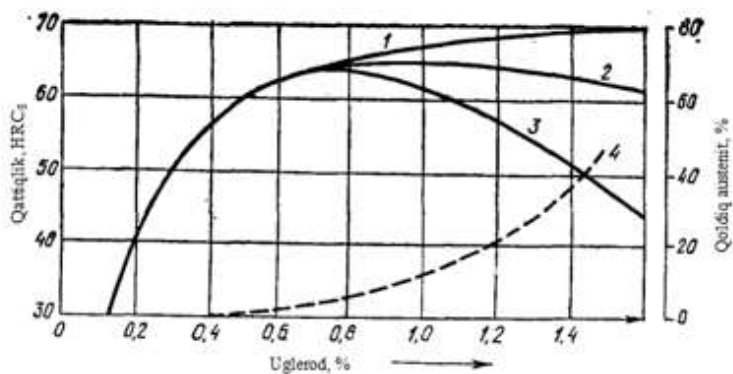
Eskirtirish deganda vaqt birligi ichida sezilarli struktura o‘zgarishlarisiz material xossalarining o‘zgarishi tushuniladi (polimorf o‘zgarishsiz sodir bo‘ladigan jarayonlar). Bunda ichki kuchlanishlar kamayadi, xossalar barqarorlashadi.

Po‘latlarda eskirtirishning ikkita mexanizmi mavjud – termik va deformatsion eskirtirish. Termik eskirtirish uglerod yoki azotning  $\alpha$ -temirda erishi temperaturaga bog‘liq bo‘lganligi uchun tez sovitishda qattiq eritma konsentratsiyasining oshib ketishiga asoslanadi. Bunday sovitilgan po‘lat qaytadan qizdirilsa (50–150°C), ortiqcha uglerod va azot yana qaytadan (karbid yoki nitrid holda) ajralib chiqadi. O‘rta yoki yuqori uglerodli po‘latlarda bu jarayonning bo‘lishi qiyin, chunki uglerod o‘zi sementit tarkibida bo‘ladi. Deformatsion eskirtirish esa materialning rekristallanish temperaturasidan pastda sodir bo‘ladi. Po‘latlardagi dislokatsiyaning to‘xtashi hisobiga mustahkamlik ortadi. Shuning uchun eskirtirishning bu usuli po‘latning keyingi deformatsiyalanish

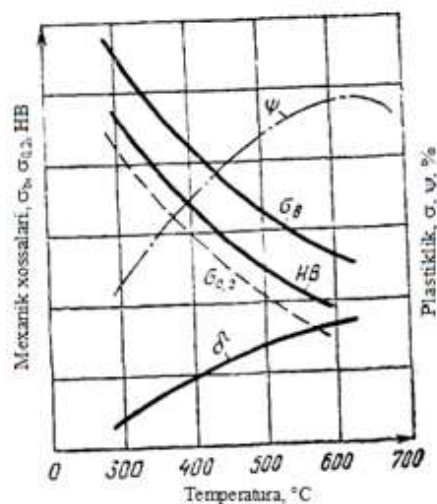
xususiyatini keskin kamaytiradi. Agar po‘latga legirlovchi elementlar qo‘shilsa, eskirtirishga qobiliyati kamayadi. Po‘latlarda bir vaqtning o‘zida ham termik, ham deformatsion eskirish ro‘y berishi mumkin, lekin bu hol bir qator po‘latlarning ekspluatatsioi xususiyatlarini yomonlashtiradi.

Termik ishlashdan asosiy maqsad materialning fizik va mexanik xossalarini o‘zgartirishdan iborat. Yumshatish jarayoni barqaror strukturali materialni olish uchun qo‘llaniladi. Yumshatilgan po‘lat yumshoq va plastik xususiyatlarga ega, uning strukturasi esa plastinkasimon ferrit va sementitdan iborat bo‘ladi. Po‘latda uglerod qancha ko‘p bo‘lsa, sementit Shuncha ko‘p demak, mexanik xossalar ham yuqori bo‘ladi. Toblash natijasida po‘latning qattiqligi ortadi. Bo‘shatishda hosil bo‘layotgan barqaror ferrit va sementitdan iborat tarkib martensitning parchalanish mahsulotidir.

Uglerodning miqdori ortib borishi bilan martensitning qattiqligi ham ortib boradi, tetragonal kristall panjarada qiyshayish (buzilish) vujudga kelib, ichki kuchlanish ortadi. Uglerodning miqdori 0,7% ga etganda martensit eng katta qattqlikka ega bo‘ladi, uglerod miqdorining keyingi oshirilishi qattqlikning oshishiga juda kam ta‘sir qiladi (43-rasmdagi 1 – egri chiziq). Toblangan po‘lat tarkibidagi uglerodning miqdori katta bo‘lsa, qoldiq austenit miqdori ham ko‘p bo‘ladi (4-egri chiziq). Austenit yumshoq faza bo‘lganligi uchun qattqlik egri chizig‘i ko‘proq egiladi (2-egri chiziq).



43-rasm. Toblangan po‘lat qattqligining uglerod miqdoriga hamda toblash temperaturasi bog‘liqligi grafiqi:  
1 – martensit; 2 – A<sub>1</sub>+(20-30°C); 3 – A<sub>c</sub>+(20-30°C); 4 – qoldiq austenit.



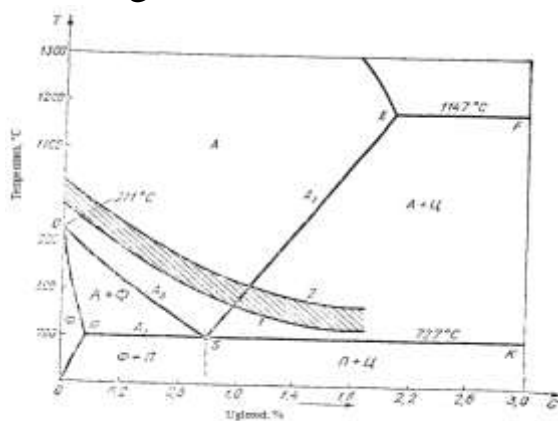
44-rasm. Toblangan po‘lat xossalariining bo‘shatish temperaturasi bog‘liqligi.

Shuning uchun evtektoiddan keyingi po‘latlarni toblashda temperatura  $A_{S_m}$  dan yuqori bo‘lsa, qattqlik kamayadi (3-egri chiziq).

Po‘latning plastikligi va qovushoqligi martensit donachalarining o‘lchamlariga, ya‘ni maydaligiga bog‘liq. Austenitning donachalari qancha mayda bo‘lsa, toblangan po‘lat xossalari Shuncha yaxshi bo‘ladi. Bo‘shatish termik ishlashning oxirgi jarayoni bo‘lib, uning ta‘sirida mexanik xossalar shakllanadi.

Bo‘shatish jarayonida mexanik xossalarni hammasi ham o‘zgaradi (44-rasm). Mustahkamlik ko‘rsatkichlari ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ,  $HB$ ) bo‘shatish temperaturasiga bog‘liq bo‘lib, toblangan holdagi mustahkamlikka nisbatan umuman kamayadi, plastiklik ( $\sigma$ ,  $\psi$ ) ko‘payadi. Toblash va bo‘shatish temperaturalarini to‘g‘ri tanlash orqali qattqlik darajasi bilan plastiklikning eng yaxshi nisbatiga erishish mumkin.

Toblash mashinasozlikda materialarning mustahkamligini oshirish-ning asosiy usullaridan bo‘lib, mashina vositalari va asboblarga beriladigan termik ishlovdur. Toblash jarayonidan keyin ichki termik kuchlanishlar vujudga keladi. Toblashning boshqa sof termik ishlashdan asosiy farqi uni katta tezlik bilan sovitishdadir.



Toblash temperaturasi F–Fe<sub>3</sub>C holat diagrammasiga muvofiq belgilanadi (45-rasm). Evtektoidgacha bo‘lgan po‘latlar ferritning to‘la austenitga parchalanishi uchun  $A_{S3}$  dan 30–50°C yuqori temperaturagacha qizdiriladi, evtektoid va undan keyingi po‘latlar esa  $A_{S3}$  dan 30–50°C yuqori temperaturagacha qizdiriladi (1- va 2- egri chiziq). Ko‘p uglerodli po‘latlar  $A_{St}$  dan yuqori temperaturada qizdirilsa, austenitda sementitni erishi hisobiga uglerod ko‘payib ketadi, natijada toblangan strukturada qoldiq austenitning miqdori ko‘payib, austenit donachasi o‘sadi, ichki kuchlar ortib boradi. Natijada toblangan po‘lat strukturasi qattqlik kamayadi. Shuning uchun uglerodli po‘latlarni qizdirish temperaturasi 45-rasmda ko‘rsatilgan darajadan oshib ketmasligi kerak. Lekin legirlangan po‘latlar tarkibidagi maxsus karbidlarni austenitda eritish maqsadida temperaturani ozgina (150–250°C) ko‘tarish mumkin.

Toblash uchun temperaturani bir xillashtirish uchun vaqt ko‘p ketsa,

yuza qismida austenit donachasi o'sib ketishi mumkin. Amalda qizdirish vaqti va kerakli temperaturani ushlab turish vaqti materialning shakli, uning pechda taxlanish usuli, pechning turi va Shunga o'xshash sharoitlarga bog'liq bo'ladi.

Zagotovkalarni yuqori temperaturali 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 reaksiyalari maxsus qurilma orqali boshqarib turiladi.

Toblash muhiti (sovitish muhiti)ni tanlash ham muhim ahamiyatga ega. Austenitning izotermik parchalanish diagrammasidan ma'lumki, toblash uchun kerak bo'lgan eng kam sovitish tezligi egri chiziqqa urinma o'tishi kerak. Lekin sovitishni mumkin bo'lganicha, ayniqsa martensitga parchalanish chegarasida sekinlatish kerak, chunki ichki termik kuchlanishlarni mumkin qadar kamaytirish kerak. Demak, sovitish muhitlarini tiklash orqali sovitish boshqariladi.

Sovitish muhiti sifatida ko'proq suv va mineral moylar ishlatiladi, ba'zi vaqtda bosim ostidagi havodan ham foydalaniladi. Qizigan metallni sovitishda metall yuzasi bilan sovitish muhiti bir-biriga tekanda ikkala jism ham o'zlarining muhim xususiyatlarini namoyon qiladilar. Yuqori temperaturadagi metall yuzasiga suyuq sovitish muhiti yaqinlashganda bug' hosil bo'ladi va metall yuzasini o'rab oladi. Bu bug' issiqlik almashishiga to'sqinlik qiladi. Temperatura pasayib borgan sari bug' bilan qoplangan metall yuzasida bug'ni teshib o'tish ro'y beradi. Endi sovitish muhitining metall yuzasiga tegish imkoni tug'ilgani uchun sovitish jarayoni tez boradi (sovitish muhiti yuzasida qaynash hosil bo'ladi). Sovitish muhitining qaynash temperaturasi-dan pastda sovitish suyuqligi oddiy issiqlik almashish qonuniga bo'ysunadi. Shuning uchun sovitish muhitini to'g'ri tanlash mashina vositalarining turiga bog'liq bo'ladi. Uglerodli po'latlarni toblashda oddiy temperaturadagi (18–25°C) suvdan foydalaniladi. Yuqori uglerodli va legirlangan po'latlar uchun yoki murakkab shakldagi zagotovkalar uchun ko'pincha mineral yog'lar sovitish muhiti sifatida ishlatiladi. Tuz eritmalari ham sovitish muhiti hisoblanib, ba'zi vaqtda mineral yog'lar o'rnida qo'llaniladi. Yuza aktivligini oshiruvchi yoki sun'iy polimerlarning suvdagi eritmalari ham bu maqsadlarda qo'llanilishi mumkin.

Agar zagotovkaning ko'ndalang kesimi katta va shakli uncha murakkab bo'lmasa, to'xtovsiz bir muhitda toblash mumkin. Lekin bunda termik ishlov berish qulay bo'lgani bilan ichki kuchlanishlar katta bo'ladi,

shuning uchun bu usulni javobgarligi katta bo'lmagan mashina vositalari uchun qo'llash mumkin. Masalan, yuqori uglerodli asbobsozlik po'latlari uchun ikki muhitda to'xtatib toblash qo'llaniladi. Bu usul xuddi ideal toblash rejasiga o'xshaydi. Buning uchun qizdirilgan kesuvchi asbob austenitning barqarorligi eng kichik davridan o'tguncha tez sovitiladi (bunda suv keskin sovitish muhiti), so'ngra martensitga parchalanish temperaturasidan 80–100°C yuqoriroq temperaturada sekin sovitiladi (suvdan olib, moyga solinadi). Bunda kesuvchi asbob deformatsiyalanmaydi, ichki termik kuchlar kamroq hosil bo'ladi.

Kesuvchi asbobning tuzilishi murakkab bo'lib, hajmi katta bo'lsa, to'xtatib toblash qo'llaniladi. Buning uchun qizdirilgan mahsulot tez sovitilib, suyuq muhitda martensitga parchalanish temperaturasidan yuqoriroq temperaturada biroz ushlab turiladi, so'ngra havo ta'sirida sovitish davom ettiriladi. Shunday qilganda, martensitga parchalanishdan oldin temperatura butun hajm bo'yicha o'rtacha bir xillashadp. Pog'onali toblashda ba'zan materialning martensitga parchalanish temperaturasida ro'y beradigan o'ta plastiklikdan foydalanib, maxsus moslamalar yordamida mahsulotni mahkamlab qo'yish yo'li bilan deformatsiyalanishning oldini olish mumkin.

Ko'pincha o'rta uglerodli (0,3–0,5°C po'latlardan tayyorlangan mashinaning murakkab qismlari o'zgarimas (izotermik) temperaturada toblanadn. Buning uchun beynitgacha tez sovitilib beynitga parchalanib bo'lguncha o'sha o'zgarimas temperaturada ushlab turiladi, parchalanish tamom bo'lgandan keyin sovitish yana davom ettiriladi. Bunday po'latlarda anchagina miqdorda austenit parchalanmay qoladi. Shuning uchun struktura tarkibida beynit bilan bir qatorda austenit ham bo'ladi. Bu po'latlarda Shuning uchun qattiqlik va plastiklikning yaxshi nisbati hosil bo'ladi.

Po'latlarni toblash bilan bog'liq bo'lgan toblanuvchanlik va toblash chuqurligi kabi muhim tushunchalar ham bor. Toblash vaqtida po'latlarnng ana Shu xususiyatlarini, albatta, hisobga olish kerak. *Toblash natijasida erishiladigan eng katta qattiqlik po'latning toblanuvchanligi deyiladi, u asosan uglerod miqdoriga bog'liq.* Har xil sovitish muhitida toblangan po'latning eng katta qattiqligi yuzaning qattiqligidir.

Yu zadan boshlab, 50% martensit va 50% troostitdan iborat qatlamgacha bo'lgan oraliq *toblash chuqurligi* deyiladi. Sovish tezligi har xil qatlamlarda har xil bo'ladi.

Toblash chuqurligini aniqlash uchun maxsus 5657–69 GOST



mavjud bo‘lib, bu GOST ga asosan o‘zaksimon namunaning diametri 25 mm, uzunligi esa 100 mm ga teng. Namuna qizdirilgandan so‘ng ma‘lum uskunaga qo‘yib toblanadi.

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

Ko‘pchilik hollarda mashina vositalarining ishchi yuzalari katta qattqlikka ega bo‘ladi. O‘rta qismning esa qovushoq bo‘lishi talab etiladi. Bunga yuzani toblash orqali erishish mumkin. Yuza Shunday tez qizdiriladiki, mahsulotning ustki qatlami toblash temperaturasi etganda o‘rta qismning temperaturasi ancha past bo‘ladi. Tez sovitish natijasida yuzada katta qattqlikka erishiladi, lekin o‘rta qism qovushoqligicha qoladi. Yuza yuqori mustahkamlik va qattqlikka ega bo‘lgani uchun ishqalanishdagi eyilishga uning chidamliligi oshadi, o‘rta qism qovushoq bo‘lganligi uchun dinamik ta‘sirga chidamli bo‘ladi.

Ishlab chiqarishda yuza yuqori tebranishli tok ta‘sirida toblanadi. Bu usul o‘tkazgich (toblanayotgan jism) dan induksion tok o‘tganda katta issiqlik energiyasining ajralib chiqishiga asoslangan. Bunda o‘zgaruvchan elektr maydoni hosil qilinadi, shu elektr maydonni o‘tkazgich kesib o‘tsa, unda induksion tok o‘ta boshlaydi. O‘tkazgichning qizishi tokning tebranish darajasiga bog‘liq bo‘lib, u qancha katta bo‘lsa, qizigan qatlam qalinligi Shuncha kichik bo‘ladi. Shuning uchun toblash kerak bo‘lgan qatlam qalinligiga qarab, tokni tebranish darajasini generatorlar orqali boshqarish mumkin.

Toblanishi kerak bo‘lgan qatlam qalinligi mahsulotning ishchi yuzasiga qo‘yilgan talabga bog‘liq. Masalan, charchash natijasida emirilishni oldini olish kerak bo‘lsa, 1,5–3 mm qatlamni toblash etarli bo‘ladi, umuman bu usulda 10–15 mm chuqurlikdagi qatlamni toblash mumkin.

Yuzani gaz alangasida qizdirib ham toblash mumkin (masalan, atigi bir yoki bir necha mashina vositalarini tayyorlash kerak bo‘lganda). Gaz yonganda etarli darajada (2000–3600°C) issiqlikni ajratib chiqaradi, toblash uchun Shu temperatura etarli bo‘ladi.

Yuzani toblash uchun keyingi vaqtda lazer nuridan ham foydalanilmoqda.

Bo‘shatish toblashdan keyin bajarilishi shart bo‘lgan jarayondir. Bo‘shatish uchun qizdirish evtektoidgacha bo‘lgan po‘latlar uchun  $As_1$  chizig‘idan pastda olib boriladi va toblangan namunaning xossalari bo‘shatish temperaturasi bog‘liq bo‘ladi. Bo‘shatish kichik, o‘rta va yuqori temperaturali bo‘ladi.

Kichik temperaturali bo'shatish uchun toblangan po'lat 180–250°C gacha qizdirilib, shu temperaturada biroz ushlab turiladi, so'ngra sovutiladi. Hosil bo'lgan struktura bo'shatilgan martensit bo'ladi, shuning uchun toblashda erishilgan qattqlik deyarli o'zgarmaydi, lekin mustahkamlik va qovushoqlik sezilarli darajada ortadi. Aksariyat hollarda kam legirlangan hamda uglerodli po'latlar Shunday bo'shatiladi. Yuzani toblash yoki kimyoviy-termik ishlashda ham ana Shunday bo'shatish qo'llaniladi.

O'rta temperaturali bo'shatish uchun toblangan po'lat 350–500°C gacha qizdiriladi (lekin bu temperaturada ushlab turish davri mashina vositasining massasiga bog'liq bo'lib, 1–2 soatdan 3–8 soatgachadir), so'ngra ochiq havoda sovutiladi. Prujinalarning chidamliligini oshirish uchun 400–450°C gacha qizdirib, shu temperaturada biroz ushlab turilgandan keyin suvda sovutiladi. Shunday qilinganda hosil bo'lgan ichki kuchlanish sinish xususiyatiga ega bo'ladi. O'rta temperaturada bo'shatilgan po'lat strukturasi troostit bo'ladi. U troostit bo'shatish (toblashdagi troostitdan farq qilishi uchun) deb ataladi. O'rta temperaturali bo'shatish aksariyat holda prujinalar, resorlar, shtamplarga beriladi.

Yuqori temperaturali bo'shatish 550–680°C da olib boriladi, bu temperaturada 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. To'la toblash va yuqori temperaturada bo'shatish yaxshilash deb ataladi. Buning natijasida sorbit hosil bo'ladi.

Toblangan po'latlarga sovuq temperaturada ishlov berish mashinasozlik amaliyotida tez-tez uchrab turadi. Yuqori uglerodli ( $S \leq 0,6\%$ ) va legirlangan po'latlar 0°C dan pastda martensitga parchalanish davom etadn. Masalan, ledeburit, austenit klassidagi po'latlarda xuddi Shunday bo'ladi. Bunday po'latlarni toblash natijasida to'la martensit hosil qilish uchun 0°C dan past temperaturada sovutish davom ettiriladi. 0°C dan past temperaturada sovutish to'g'ridan-to'g'ri toblashni davomi bo'lsa, katta samaradorlikka erishish mumkin. Agar sovutish temperaturalari orasida uzilish bo'lsa, austenit stabillashishi mumkin va uning martensitga parchalanishi qiyinlashadi. Mashina vositalari o'lchamining keyinchalik o'zgarishini oldini olish maksadida, sovuqlayin ishlov berilgandan so'ng, qayta 100–150°C da qizdirib, shu temperaturada 1,0–1,3 soat ushlab turish zarur bo'ladi. Ba'zan tez kesar po'latlarga sovuqlayin ishlov berilgandan keyin bir marta yuqori

temperaturali bo'shatish ham beriladi.

*Temperatura ta'sirida po'lat yuzasini har xil kimyoviy elementlar bilan diffuzion boyitish kimyoviy-termik ishlash (KTI) deyiladi.* Bu jarayonda yuzadagi miqdor o'zgarishlari sifat o'zgarishiga olib keladi. Yuza qatlamining kimyoviy tarkibi o'zgarishi qattiqlikning oshishi, ishqalanib yoki korrozion emirilishga, charchashga chidamlilikni oshirish kabi xususiyatlarni vujudga keltirishga olib keladi. Yuzaga lager nugi, ion va elektron dastasini ta'sir ettirish yo'li bilan KTI ning samarasi oshiriladi.

KTI da tarkib ma'lum darajada o'zgarishi mumkin, ya'ni mexanik xossa faqat strukturani o'zgartirishga bog'liq bo'lib qolmaydi. KTI diffuzion xususiyatga ega bo'lgan jarayondir. Temperatura, yuza atrofida diffuziyalanadigan elementlarning zichligi hamda ularning ta'sir etish vaqti Shu jarayonni belgilaydi. Hozirgi amaliyotda eng ko'p qo'llanilayotgan KTI turlari po'lat yuzasini uglerod yoki azot bilan boyitishdir. Yuza kremniy, bor, nikel, alyuminiy, xrom kabi elementlar bilan ham boyitiladi.

Po'latdan yasalgan mashina vositalarining yuza qatlami tarkibini o'zgartirish jarayoni uchta bosqichdan iborat bo'lib, birinchi bosqichda diffuziyalanadigan element atomlari aktiv- lashtiriladi. Bunda asosan temperatura hal qiluvchi ahamiyatga ega. Bunda aktivlikni oshiruvchi qo'shimcha elementlar ham qo'llanishi mumkin.

Ikkinchi bosqichda diffuziyalanadigan elementlar yuzadagi mixrotekislnklarga molekulyar yaqinlashadi, boshsacha kilib aytganda yuzaga singiydi. Bunday faol modifikatsiyalovchi elementning yuzaga adsorbilanishi deb ataladi.

Uchinchi bosqichda yuzaga molekulyar yaqinlashgan aktiv atomlar yuzaga shimiladi, natijada zagotovkaning yuzasida diffuziyalangan elementlar satlamlarining tarkibi har xil bo'lib qoladi. Keyin aktiv atomlar metallning ichki satlamlariga diffuziyalana boshlaydi.

Materiallarning KTI dan keyingi yuza qatlamining tarkib holat diagrammasi boshlang'ich metall tarkibining holat diagrammasidan albatta farq qiladi.

Temperatura, yuza qatlamga singdirilayotgan elementning asosiy metall atomlari bilan o'zaro ta'siri hamda singdirilayotgan elementning yuza qatlamlaridagi miqdori ma'lum bo'lsa, oldindan yuzada qanday fazalar hosil bo'lishini bilish mumkin. Yuzadagi diffuzion qatlam sovitilgandan keyin qanday faza o'zgarishlari sodir bo'lishini ham oldindan aytib berish mumkin. Yuzaning juda yupqa qatlamlaridagi

boshqarish qiyin bo'lgan tarkibni lazer nuri yoki elektron dastasi ta'sirida aniqlash mumkin. Bunda hosil bo'ladigan murakkab metastabil fazalar hisobiga yuza qonunitlari yuqori ko'rsat- kichlarga ega bo'ladi.

Ma'lumki, po'latning toblanish qobiliyati asosan uglerod miqdoriga bog'liq. Kam uglerodli po'latlar plastik deformatsiyalanish, kesib ishlanish, payvandlanish kabi bir qator yaxshi xususiyatlarga ega. Po'lat tarkibida uglerod qancha kam bo'lsa, qattqlik ham Shuncha kam bo'ladi, masalan, po'latda  $S < 0,3\%$  bo'lsa, toblanish samaradorligi juda kamayadi. Shuning uchun bunday po'latlarni yaxshi toblanishi uchun uning yuza qismi uglerodga to'yintiriladi. Bunday jarayon sementatsiya, uning muhiti esa karbyurizator deb ataladi. Qattiq, suyuq, gaz muhitlaridagi sementatsiya hozirgi amaliyotda keng qo'llanilmoqda.

Odatda tarkibida 0,08–0,3% uglerod bo'lgan uglerodli yoki legirlangan po'latlar sementatsiyalanadi. Sementatsiyalangan yuzadagi uglerod miqdori 0,8–1,0% atrofida bo'ladi, yuzadan ichkari qatlamga qarab uglerod miqdori kamayib boradi. Mashina vositalariga qator mexanik ishlov berilgandan keyingina ular sementatsiyalanadi, so'ngra toblanadi va past temperaturada bo'shatish o'tkazilib, keyin yana mexanik ishlov beriladi.

Agar mashina vositalarining yuzasida sementatsiyalash kerak bo'lmagan joylari bo'lsa, o'sha joylar olovbardosh loy yoki asbest bilan o'rab qo'yiladi.

Sementatsiyalangan qatlam xususiyatlari asosan temperatura va Shu temperaturaning ta'sir etish vaqtiga bog'liq bo'ladi. Sementatsiya usuli aniqlangandan so'ng temperatura ham belgilanadi. Ammo Shuni aytish kerak- ki, sementatsiya temperaturasini austenit strukturasi mavjudlik temperaturaei belgilaydi, chunki uglerod austenitda ko'p eriydi, shuning uchun Shu temperaturada uglerodga boyitish samaradorligi kattadir. Yuza qatlamidan ichkari qatlamga borgan sari uglerodning miqdori kamayib boradi, ya'ni yuzadan ichkariga qarab quyidagi struktura qatlamlari joylasha- di:  $(P+S) \rightarrow (P+F) \rightarrow$  materialning o'zining strukturasi. Yuza qatlamida uglerodning ko'p bo'lishi qatlam mo'rtligini oshiradi. Shuning uchun sementatsiyalashda yuzadagi uglerod miqdori 1,1–1,2% dan oshmasligi kerak.

Po'latlarni uglerodga boyitish ham ko'p qo'llaniladn. Bunda lista ko'mir yoki toshko'mirning so'ndirilgan maxsus novlari hamda aktivlashtiruvchi birikmalar qo'shiladi va koks bilan birgalikda shixta materialini tashkil qiladi.

Shixtadagi  $VaSOz$  uglerodni atom hoida ajralib chiqishini

faollashtiradi.  $\text{SnSO}_3$  esa shixta materiallarini bir-biriga yopishib qolishdan saqlaydi. Ishlatilgan shixta materiali elanib, yaroqli qismn yana yangi shixta materialiga qo‘shib ishlatiladi. Po‘latni qattiq muhitda uglerodga boyitish odatda  $920\text{--}950^\circ\text{C}$  da olib boriladi. Po‘latni Shu temperaturada ushlab turish vaqti esa qatlam qalinligiga bog‘liq bo‘ladi, masalan, qatlam qalinligi  $0,7\text{--}0,9$  mm ga teng bo‘lsa, yuqori temperaturada ushlab turish vaqti  $6\text{--}8$  soatni tashkil qiladi. Agar qatlam qalinligi  $1,2\text{--}1,5$  mm ga teng bo‘lsa, temperaturada ushlab turish vaqti  $9\text{--}14$  soatni tashkil qiladi. Austenitning tabiiy mayda donachalardan iboratligi aniq bo‘lsa, toblash temperaturasini biroz ko‘tarish mumkin.

Gaz (ko‘pincha  $\text{SN}_4$ ) yordamida yuzani uglerodga boyitish qattiq muhitdagiga qaraganda bir qator afzalliklarga ega. Bunda kerakli qatlam qalinligini ta‘minlash oson, jarayonni bajarish vaqti kam va uni mexanizatsiyalash hamda avtomatlashtirish mumkin bo‘ladi. Bundan tashqari, dementadiyalash uchun maxsus uskunalar qo‘llanilmaydi, shu pechdan foydalanib, termik jarayonlarni ham o‘tkazish mumkin.

Suyuq karbyurizatorida sementatsiyalashning qattiq muhitda karbyurizatoridagiga nisbatan ish unumdorligini  $3\text{--}5$  marta oshirish mumkin. Bunda ko‘pincha tuz eritmalaridagi elektroliz jarayonidan foydalaniladi. Mashina vositalarining ishchi yuzalari boyitilgandan keyin toblanadi va kichik temperaturali bo‘shatish o‘tkaziladi. Sementatsiyalangan qatlam tarkibi murakkab hamda unga qo‘yilayotgan talablar xilma-xil bo‘lganligi uchun termik ishlashning o‘ziga xos usullari vujudga keladi. Sementatsiya temperaturasi yuqori bo‘lib, u uzoq vaqt ta‘sir etganligi sababli zagotovka o‘rta qismining donachalari o‘sishi mumkin. Termik ishlash jarayonida struktura to‘g‘rilanadi va yuza qatlam hamda o‘rta qismdagi donachalar maydalanadi. Agar po‘lat austeniti tabiiy mayda donachali strukturaga ega bo‘lsa, u sementatsiyadan keyin  $840\text{--}860^\circ\text{S}$  gacha havoda sovitiladi, so‘ngra suvda yoki moyda tez sovitiladi va past temperaturali bo‘shatish o‘tkaziladi. Agar po‘lat austenitning tabiiy donachasi o‘sadigan bo‘lsa, u holda o‘rta qismning strukturasini maydalash maqsadida ikki marta toblash o‘tkazish kerak. O‘rta qismning strukturasknn to‘g‘rilash maqsadida birinchi toblash (yoki me‘yorlash o‘tkazsa ham bo‘ladi)  $880\text{--}900^\circ\text{S}$  da o‘tkaziladi. Buning natijasida yuza qismdagi sementit turi ham yo‘qolishi (erishi) mumkin.

Ikkinchi toblashda po‘lat  $760\text{--}780^\circ\text{S}$  gacha qizdiriladi. Bunda sementatsiyalangan qatlam mustahkamlanadi va uning qattiqligi ortadi. Lekin bu texnologik jarayonning bajarilish vaqti ortadi, natijada mahsulotning tannarxi oshadi.

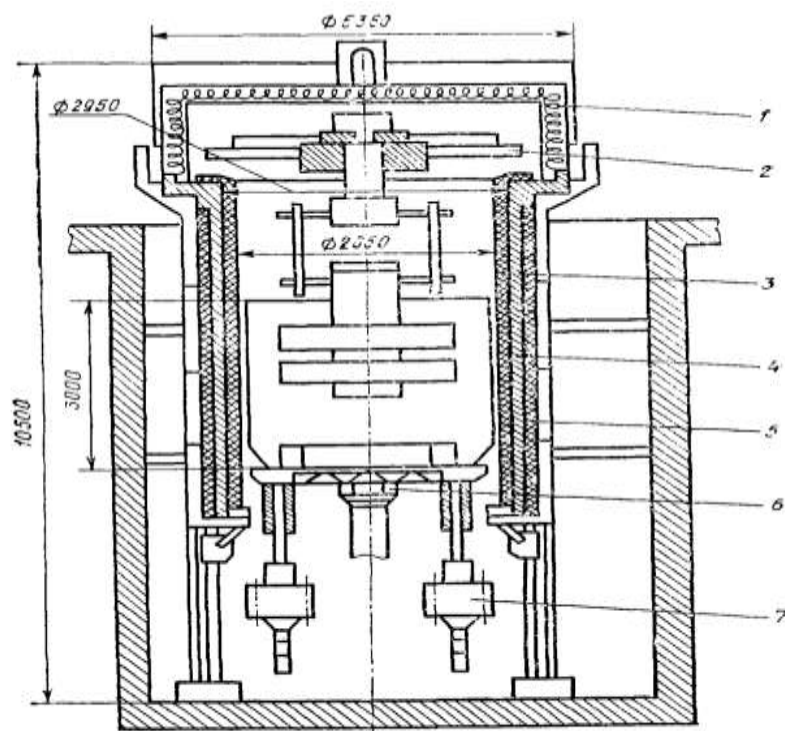
Uglerodli po‘latlarning yuza qatlamining qattiqligi toblash natijasida 60–64 HRCga, legirlangan po‘latlarniki 58–61 HRCga teng bo‘ladi (legirlangan po‘latlardagi qoldiq austenit hisobiga qattiqlik biroz kam bo‘ladi). Hamma hollarda ham kichik temperaturali (160–180°C) bo‘shatish be- riladi.

Mahsulotning sifati termik ishlash uchun jihoz va uskunalarning to‘g‘ri tanlanishiga ham bog‘liq bo‘ladi. Termik ishlash sexlarining jihozlari asosan har xil pechlardan iborat, ko‘plab ishlab chiqarishlarda esa bu pechlar maxsus agrgeatlar tarkibiga kiradi. Jarayonlar esa mexanizatsiyalashti- rilgan va avtomatlashtirilgan bo‘ladi.

Agregatlar tarkibida gazlarni taqsimlaydigan, uning tarkibini tekshiradigan va kerakli gazlar bilan to‘ldiradigan maxsus uskunar ham bor.

Termik ishlov berish uskunalaridan biri shaxtali pech bo‘lib, uning devorlari olovbardosh materiallar bilan qoplangan, devorining tashqari tomoni issiqlikni saqlab turadigan material va metall g‘ilof bilan qoplangan bo‘ladi. Bunday pechlarning ishchi temperaturasi avtomatik ravishda boshqarib turiladi. Odatda bunday pechlar katta o‘lchamga ega bo‘lgan mo‘ljallangan maxsus uskunar bilan jihozlangan bo‘ladi. Agregatlar tarkibida gazlarni taqsimlaydigan, uning tarkibini tekshiradigan va kerakli gazlar bilan to‘ldiradigan maxsus uskunar ham bor.

Termik ishlov berish uskunalaridan biri shaxtali pech bo‘lib, uning devorlari olovbardosh materiallar bilan qoplangan, devorining tashqari tomoni issiqlikni saqlab turadigan material va metall g‘ilof bilan qoplangan bo‘ladi. Bunday pechlarning ishchi temperaturaei avtomatik ravishda boshqarib turiladi. Odatda bunday pechlar katta o‘lchamga ega bo‘lgan zagotovkalar uchun qo‘llaniladi (vallar, tishli g‘ildiraklar va hokazo). Ana Shunday pechlarning tuzilish sxsmasi 46- rasmda keltirilgan.



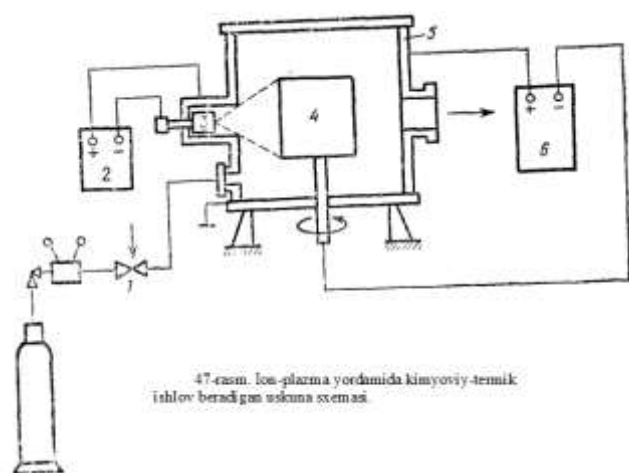
46-rasm. Shaxtali elektr pech:  
 1-olinadigan qopqoq; 2-osma tayanch; 3-isituvchi moslama;  
 4-ichki mufel; 5-muhofaza qiluvchi mufel; 6-yelpig'ich;  
 7-sovitgich.

Hozirgi mashinasozlik korxonalarida toblash-bo'shatish jarayonlarini to'xtovsiz o'tkazadigan maxsus agregatlar o'rnatilgan. Bunday agregatlar tarkibiga toblash pechi, ssvitish muhiti saqlanadigan idish, yuvadigan maxsus uskuna hamda bo'shatish uchun mo'ljallangan pech va sovitish xonasi kiradi. Agregat tarkibidagi pechlar aylanma shaklida hamma tomondan gaz bilan qizdiriladi. Uning tarkibiga zagotovkalarni pechga yuklab turadigan uskuna ham kiradi.

Gaz muhitida uglerodga boyitish va nitrotsementatsiyalashda pastki qismi harakatlanadigan agregatlar qo'llaniladi. Bunday agregatlarning pastki qismini, ya'ni zagotovka yuklangan qismini itarib chiqaradigan maxsus moslama bilan jihozlangan bo'lib, olib boriladigan jarayon to'la avtomatlashtirilgandir.

Mayda zagotovkalariga termik ishlov berish uchun doira shaklidagi elektr pechlardan yoki konveyer pechlardan keng foydalaniladi.

Tayyorlanayotgan buyum – zagotovkalarni qizdirish uchun tuz eritmaları bilan to'ldirilgan maxsus vannalardan ham foydalaniladi. Bu usul bir qator afzallikka ega: buyum butun hajmi bo'yicha bir xilda isitiladi, isitish tezligi katta, buyumning ma'lum sisminigina qizdirish mumkin, kimyoviy reaksiyalardan muhofaza qilinadi va hokazo. Toshkent asbobsozlik zavodida ana Shunday jihozlangan maxsus termik ishlov berish bo'limi mavjuddir.



47-rasm. Ion-plazma yordamida kimyoviy-termik ishlov beradigan uskuna sxemasi

Termik ishlov berish jarayonini tezlashtiradigan uskunalarga vakuum pechlari, indukdion tok bilan ishlaydigan agregatlar, lazer hamda elektron dastasi bilan ishlaydigan maxsus agregatlar kiradi.

Keyingi vaqtda kimyoviy termik ishlov berishga katta ahamiyat berilmoqda. Mashinasozlik, asbobsozlik, tabobat amaliyotida plazma yordamida ishlaydigan «Bulat» deb ataluvchi uskuna keng qoʻllanilmoqda (47-rasm).

Bunday uskunalar yordamida zagotovka yuzasida toza metallar yoki turli kimyoviy birikmalardan iborat maxsus qoplamalarni hosil qilish mumkin (titan, sirkoniy nitridlari, maxsus oksidlar va hokazo).

## 8-MAVZU. METALL KORROZIYASI VA UNGA QARSHI KURASH.

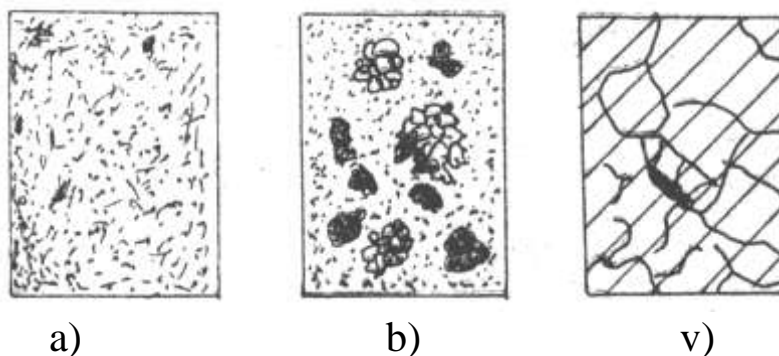
Material koʻpincha kimyoviy muhitda ishlatiladi. Kimyoviy muhit metall yuzasi bilan oʻzaro taʼsirlashib, koʻpincha materialga zarar etkazadi. Tashqi muhitdan iborat boʻlgan kimyoviy modda taʼsirida emirilishga korroziya deb ataladi. Metallarning korroziyasi muhitning qanday ekanligiga qarab, elektroximiyaviy va ximiyaviy korroziya turlariga boʻlinadi. Xarakteriga va tarqalish joyiga qarab quyidagicha taqsimlanadi:

- a) Korroziyaning sirtqi yaxlit bir tekis taqsimlanishi.
- b) Sirtqi mahalliy tarqalishi.
- v) Kristallitlararo taqsimlanish.

Elektr toki paydo boʻlishi bilan boradigan korroziya elektroximiyaviy korroziya deb aytiladi. Bu korroziya suyuqlik yaʼni elektrolit paydo boʻlishi bilan bogʻliq, elektrolitlar koʻpincha ishqor, kislota, tuz va gazlarning, jumladan havoning suvdagi eritmasida boʻladi. Korroziya vaqtida elektrolit qatlami nihoyatda yupqa boʻlishi ham mumkin: metall sirtiga havodan ozroq nam kondensatlanganligi bilan



korroziya jarayoni boshlanadi. Shu sababli elektroximiyaviy korroziyalar yopiq xonalarda ham sodir bo‘laveradi.



48-rasm. Korroziyaning taqsimlanish strukturasi.

Metallarning tashqi muhit bilan aloqasi harakteriga ko‘ra korroziyani himiyaviy va elektrohimiyaviy korroziyalarga ajratiladi.

Metallarning elektr o‘tkazmaydigan muhit, masalan, quruq gazlar, suyuq dielektrik moddalar: benzin, surkov moylar, smolalar, neft va boshqalar bilan kimyoviy ta’sirlashuvi natijasida yemirilish jarayoni kimyoviy korroziyalanish deyiladi.

Metallarning korroziyalovchi tashqi muhitlardan biri quruq gazlar, masalan havo kislorodi, sulfid angidrid, karbonat angidrid, vodorod sulfid kabilar bo‘lib, ular metall bilan to‘qnashganda kimyoviy ta’sirlashadi, natijada metall sirtida oksid pardalar hosil bo‘ladi.

Metallda korroziya oqibatida hosil bo‘ladigan pardaning hossalari metallning tarkibiga va sharoitiga bog‘liqdir.

Metall sirtida yaxlit oksid pardasining bo‘lishi bu metallni elektroximiyaviy korroziyadan saqlaydi, chunki bu parda metallni elektrolit ta’siridan himoya qiladi.

Elektr toki hosil bo‘lishi bilan bog‘liq bo‘lmagan korroziya ximiyaviy korroziya deb ataladi. Bu holda metallga quruq gaz yoki suyuqlik - elektrolitmas ta’sir etadi. Har xil metallarning oksid pardalarining puxtaligi turlicha bo‘ladi. Masalan, alyuminiyning oksid pardasi juda puxta bo‘ladi, metallning sirtiga zich yopishib turadi va metallni emirilishdan saqlaydi. Sof ximiyaviy korroziya kamdan-kam hollarda kuzatiladi. Metallar qizdirib ishlanganda ular sirtida kuyundi hosil bo‘lishi ximiyaviy korroziyaga misol bo‘laoladi.

Atmosferaviy korroziya (ochiq havoda sodir bo‘ladigan korroziya) ximiyaviy va elektroximiyaviy korroziya xususiyatlarini o‘zida mujassam qiladi. Metallarning korroziyabardoshligi ayni muhit va sharoitda metallning korroziyalanish tezligi bilan baholanadi. Metallarning

korroziyalanish tezligi ularning tarkibi, mexanikaviy va termik ishlov berilganligi, muhitning harorati, bosim va nagruzkaning xarakteri ta'sir etadi.

Metallarning mustahkamligi uchun eng xavfli korroziya kristallitlararo korroziyadir. Korroziyaning bu turi metal donalari chegarasida tarqaladi va ko'zdan kechirganda ko'rinmaydi, ammo buyumni yaroqsiz holga keltiradi, chunki metalning yaxlitligi buziladi va uning mustahkamligi pasayadi. Bunga sabab, undagi donalar chegarasida mayda dispers qo'shilmalar hosil bo'lishi va Shu bilan mikrogalvanik juftlar sonining ortishidir.

Kristallitlararo korroziyalanishda metall donalari (kristallitlari) oralig'idagi chegara emiriladi. Korroziyaning bunday turi nihoyatda havfli bo'ladi, chunki bunda korroziyalangan metallning mexanikaviy hossalari pasayishiga qaramay, uning tashqi ko'rinishi- o'zgarib qoladi, shu sababli korroziyani o'z vaqtida sezib bo'lmaydi. Bunday korroziyani aniqlash uchun sifat va miqdoriy analiz usullaridan foydalaniladi.

Sifat analizidan metallarning korroziyalanganligi ularning tovush o'tkazuvchanligi, egilishga chidamliligi va mikrostrukturasi o'zgarish bor-yo'qligini tekshirish natijasida aniqlanadi. Masalan, kristalliklararo korroziyalanishda metallarning tovush o'tkazuvchanlik vaqti keskin susayadi, egilishga sinalganda esa cho'zilish zonasida mayda darzlar, mikrostrukturasi mikrodarzlar paydo bo'ladi.

Miqdoriy analizda metallarning korroziyalanishi agressiv muhit (kislota va ishqor) ta'siridan keyin mexanik hossalari o'zgarishiga qarab aniqlanadi.

Metallarning korroziyalanish tezligini hajmiy usul bilan ham aniqlash mumkin. Bu usul korroziyalanayotgan metall ajratib chiqarayotgan yoki yutayotgan gazlarning hajmini o'lchashga asoslangan. Masalan, vodorod korroziyometri yordamida ajralib chiqayotgan vodorodning hajmiga qarab eritmaga o'tgan metallning miqdorini hisoblab topish mumkin.

Metallarning tekis korroziyalanishida korroziyabardoshlik darajasi eritmaga o'tgan metall miqdori bilan aniqlanadi: bu miqdor namunaning yuza birligida ( $1 \text{ m}^2$ ,  $1 \text{ sm}^2$ ) yoki vaqt birligi (soat, sutka, yil) ichida korroziyalangan qismining massasi bilan ifodalanadi.

Korroziyabardoshlik darajasi (korroziyalanish tezligi) quyidagi formuladan hisoblab topiladi:

$$K = \frac{\Delta m}{st}$$

bunda,  $K$  - korroziyabardoshlik darajasi, (gr/ m<sup>2</sup>. soat)

$\Delta m$ - massaning yo‘qolishi (yoki ko‘payishi), gr.

$s$  - namunaning yuzasi,(m<sup>2</sup>)

$t$  - sinash muddati, (soat)

Massaning yo‘qlishi yoki ko‘payishi  $\Delta m = P_0 - P_1$  formuladan topiladi, bunda  $P_0$  - namunaning reaktivdan chiqarilgandan keyingi massasi:  $P_1$  - namunaning reaktivga joylashtirilgungacha bo‘lgan massasi.

Korroziyabardoshlik chegarasidan foydalanib, korroziya chuqurligi topiladi.

$$\Pi = \frac{K_1}{\rho} 10^{-3}$$

bunda,  $P$  - korroziya chuqurligi, (mm/yil)

$K_1$ - korroziyabardoshlik darajasi, (g/m<sup>2</sup>. yil)

$\rho$  - metallzichligi, (gr/sm<sup>3</sup>).

Korrozion emirilish metall yuzasidagina emas, balki kristallitlar orasida ham sodir bo‘lishi mumkin. Metallarda mexanik kuch ta‘sirida hosil bo‘lgan nuqsonlar korroziyani tezlashtirishi yoki korroziya mexanik emirilishni tezlashtirishi mumkin. Bunday emirilishga aralash, ya‘ni mexanik-korrozion emirilish deyiladi. Hozir jadallashtirilgan ishlab chiqarish sharoiti, atrof-muhitning ifloslanishi hamda kimyoviy texnologiyaning taraqqiyoti korrozion emirilishni kuchaytirmoqda. Natijada uni bartaraf etish uchun ortiqcha xarajatlar qilinmoqda. Shuning uchun korroziya turlarini o‘rganish, ularni sinflarga bo‘lish, korroziyaning oldini olish kabi ishlar rivojlantirilmoqda.

Elektrolit xossasiga ega bo‘lgan gaz yoki suyuq muhit ta‘siridagi emirilish elektrokimyoviy korroziya deyiladi. Masalan, nam havo, nam tuproq yoki dengiz suvi, kislota, ishqor va tuz zarralari va ta‘siridagi emirilish bunga misol bo‘ladi.

Metallarga korroziyaning ta‘siri turlicha bo‘lishi tufayli emirilish ham turlicha bo‘ladi. Korroziya metall yuzasiga baravar ta‘sir etsa, butun yuza bo‘yicha bir tekisda emirilish sodir bo‘ladi. Bunday emirilish korroziya bir tekis tarqalgan emirilish yoki umumiy korrozion emirilish deb ataladi. Korroziya yuza bo‘yicha bir tekisda sodir bo‘lmasligi mumkin. Bu holda yuzaning ma‘lum qismlaridagina emirilish sodir bo‘ladi, ya‘ni yuzaning ma‘lum nuqtalarida «yara»lar hosil bo‘ladi. Kristallitlar orasmda (donachalarning ajralish yuzalarida) ham korroziya sodir bo‘ladi. Bunday korroziya lokal (bir joyga yig‘ilgan) korroziya deyiladi. Bir tekis tarqalmagan korrozion emirilishlar tekis korrozion emirilishga qaraganda birmuncha xavfli hisoblanadi, chunki u

materialning tezroq emirilishiga olib keladi.

Ko‘pincha materiallarning korrozion emirilishga mustahkamligi ball ko‘rsatkichlari bilan ifodalanadi (11-jadval).

## 11-jadval

### Po‘lat va qotishmalarning korrozion mustahkamlik turlari

Materiallarning korrozion emirilishga mustahkamligi turlari	Ball	Emirilishi
Takomillashgan mustahkamlik (MT)	1	TM<0,001
Yuqori mustahkamlik (YUM)	2	0,005>YUM>0,001
	3	0,01>YUM>0,005
O‘rta mustahkamlik (O‘M)	4	0,05>O‘M>0,01
	5	0,01>O‘M>0,05
Quyi mustahkamlik (QM)	6	0,5>QM>0,1
	7	1,0>QM>0,5
Juda quyi mustahkamlik (JQM)	8	5,0>JQM>1,0
	9	10,0>JQM>5,0
Mustahkamligi yo‘q darajada (MY)	0	MY>10,0

Kristallar orasidagi korroziya tezligini materialning elektr o‘tkazuvchanligi-ning o‘zgarishi yoki mexanik xossalarining o‘zgarishiga qarab ham aniqlasa bo‘ladi.

Ba’zi metallar yuzasida oddiy sharoitda ham yupqa metall oksid pardasi hosil bo‘lib, uni korrozion emirilishdan saqlaydi. Oksid qatlamining hosil bo‘lish sharoitiga qarab, uning qalinligi har xil, ya’ni 304-40 nm dan 0,5-1 mm gacha bo‘ladi. Oksid qatlamining qalinligi qancha yupqa bo‘lsa, u Shuncha asos bilan mustahkam bog‘langan bo‘ladi.

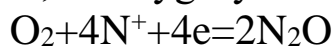
Oksid qatlamining tuzilishi ham har xil bo‘ladi. Ba’zi oksid qatlamlar g‘ovak bo‘lib, o‘zidan kislorod yoki boshqa agressiv muhitni oson o‘tkazib yuboradi. Natijada oksid qatlamning ostidagi asos borgan sari korroziyadan emirilib boradi. Agar oksid qatlami g‘ovak tuzilishga ega bo‘lsa, uning qalinligi borgan sari ortib boraveradi va ma’lum qalinlikka etganda ko‘chib tushadi, ya’ni asosdan ajraladi. Agar metall yuzasida hosil bulayotgan qatlam tuzilishi g‘ovak bo‘lmay zich bo‘lsa, uning keyingi oksidlanishini muhofaza qilish xususiyati yaxshi bo‘ladi. Bunday qatlamning qalinligi o‘smaydi. Natijada materialni uzoq vaqt korrozion emirilishdan saqlab turadi.

Texnika amaliyotida ko‘proq elektrokimyoviy korrozion emirilish

sodir bo‘ladi. Bunday korroziya murakkab jarayon bo‘lib, galvanik elementlarda sodir bo‘ladigan jarayon bilan tushuntiriladi.

Elektr o‘tkazuvchanligi va kimyoviy aktivligi kuchli bo‘lgan metallarda elektrokimyoviy korrozion emirilish sodir bo‘ladi. Elektrolit deb hisoblangan muhit (gaz yoki suyuqlik)da metall yuzasi elektromanfiy va elektromusbat potensialga ega bo‘ladi, ya’ni elektrokimyoviy notekislikka ega bo‘ladi.

Metall yuzasining elektromanfiy potensialga ega bo‘lgan qismida oksidlanish ro‘y berib, elektrod erishi mumkin (anod) masalan,  $\text{Fe} = \text{Fe}_{2i} + 2e$  yoki qattiq holatdagi korrozion mahsulot hosil bo‘ladi, masalan,  $\text{Cd} \rightarrow 2\text{N}_2\text{O} = \text{Cd}(\text{OH})_2 - 2\text{H} + 2e$ . Metall korroziyasining elektromusbat potensialga ega bo‘lgan qismida (katod) esa muhit komponentlaridan bir nechtasi qaytariladi, masalan, suv byg‘i yoki vodorod qaytariladi.



yoki



Elektroliz sistemasi uzilib qolsa, anod va katod vazifalarini bajarayotgan qismlardagi reaksiya bir xil tezlikda qaytariladi. Uzilgan sistema a‘zolari o‘zaro muzozanatda bo‘lmaganligi uchun ham metall korroziyaga uchraydi. Agar korrozion sistema bog‘langan bo‘lsa, u holda anod va katod qismlarda borayotgan reaksiyalar tezligi bir xil bo‘lmaganligi uchun ham korroziya tezligi ortadi. Demak, korrozion sistema uzilgan holda ham, bog‘langan holda ham metallarda elektrokorroziyon emirilish ro‘y beradi. Metallarni korroziyadan saqlash uchun maxsus tarkibga ega bo‘lgan korroziyabardosh qotishmalar ishlab chiqilgan. Lekin metall tarkibini o‘zgartirish bilan har qanday korroziyaning oldini butunlay olib bo‘lmaydi, albatta. Shuning uchun korroziyaning oldini oladigan maxsus usullar ishlab chiqilgan. Masalan, korroziyabardosh maxsus metall va metall bo‘lmagan qoplamalar ishlatiladi yoki mashina vositalari ishlaydigan muhitning korrozion ta’siri yo‘qotiladi.

Metall sirtini antikorrozion qoplamalar bilan qoplash eng ko‘p tarqalgan usullardan biridir. Metall yoki metall bo‘lmagan qoplamalarni termik, kimyoviy yoki elektrokimyoviy usullar bilan olish mumkin. Qoplamaning vazifasi metall yuzasini tashqi muhit ta’siridan saqlashdan iborat. Masalan, oddiy sharoit uchun ba’zi paytda mashina vositalarini oddiy (organik) bo‘yoq bilan bo‘yab qo‘yish kifoya bo‘lsa, ancha agressiv (kislota, ishqor) muhitlar uchun albatta ma’lum qalinlikdagi metallar va metall bo‘lmagan qoplamalar kerak bo‘ladi. Texnikada mashina

vositalarini korrozion emirilishdan caqlash uchun metall yuzasi xrom, alyuminiy, kumush va Shunga o‘x- shash elementlar bilan qoplanadi. Hozirgi paytda metall yuzasi polimer asosida olingan kompozittsion materiallar bilan qoplanadi.

Agressiv suyuq muhitda ishlaydigan mashina vositalarini korroziyadan saqlash uchun muhitga maxsus kimyoviy moddalar (ingibitorlar) ni qo‘shish mumkin. Masalan, po‘latlarning suvda zanglamasligi uchun suvga maxsus moddalar sifatida natriy nitrat, xromat va bixromatlar qo‘shiladi. Bunday qo‘shimchalar sifatida etanolamnidandan ham foydalanish mumkin. Tayyor mashina vositalari Shunday eritmalarga shimdirilgan qog‘ozga o‘raladi. Bu qog‘oz ichida mashina vositalari ishlatilgunga qadar korroziyaga uchramasdan yaxshi saqlanadi.

Barcha texnikaviy metall va qotishmalarning asosiy qismini tashkil qiluvchi po‘lat va cho‘yanlar kuchli darajada korroziyalanadi. Metall buyumlarning bu korroziyalanishlaridan saqlashning quyidagi usullaridan foydalaniladi.

1. Metall qoplamalar.
2. Ximiyaviy himoya.
3. Elektroximiyaviy himoya.
4. Metalmas qoplamalar.

Metall qoplamalar qizdirish usulida, galvanik usulda, diffuzion, termomexanikaviy, vakuum, metallash (purkash) usullarida yugurtirilishi mumkin.

Qizdirish usuli metallarning sirtiga yupqa qatlam qilib, oson suyuqlanuvchan metallar: qalay, rux yoki qo‘rg‘oshin qoplashda qo‘llaniladi.

Galvanik usul metall buyumlar sirtiga elektroliz yo‘li bilan rux, qalay, qo‘rg‘oshin, nikel va xrom kabi metallar yugurtirishdan iborat.

Diffuzion usul himoyalovchi metalning himoyalovchi buyum sirtqi qatlamiga yuqori temperaturada diffuziyalanishidan iboratdir. Bunda metall buyumlar alitirlanadi (alyuminiyli himoyalash), xromlanadi, silitsiylanadi (kremniyli himoyalash).

Termomexanikaviy qoplash asosiy va himoyalovchi metallarni qizdirilgan holda birgalikda prokatlash yoki kiryalashdan iborat. Bu eng ishonchli usul bo‘lib, buyumlar bir tomondan yoki ikkala tomonidan mis, tompak, zanglamas po‘lat, alyuminiy bilan himoya qilinadi.

Kimyoviy himoya Shundan iboratki, buyumning himoyalovchi yuzasida sun‘iy ravishda metalmas pardalar, ko‘pincha oksid pardalar hosil qilinadi. Metal sirtiga oksid pardalar hosil qilish jarayoni oksidlash

deb, temirda oksid pardalar hosil qilish jarayoni esa qoraytirish deb ataladi. Elektrokimyoviy himoya protektoriy va katodiy himoyalarga boʻlinadi. Protektoriy himoyadan elektrolit bilan urinib turadigan buyumlarni korroziyadan saqlashda foydalaniladi. Bunda buyum protektorli galvanik jufti orqali yemirilishdan saqlanadi, ya'ni protektor anod, buyum esa katod vazifasini o'tab, protektor asta-sekin yemirilib borib buyumni korroziyadan saqlaydi. Tugagan protektor o'rniga yangisi qo'yiladi. Katodiy himoyadan erostimetall inshootlarini korroziyalanishdan himoya qilishda foydalaniladi. Buning uchun yer osti inshootlari o'zgarmas tok manbaining manfiy qutbiga ulanadi, musbat qutb esa yerga tutashtirilgan bo'ladi. Metalmas qoplamlar hosil qilish uchun bo'yoq, lak, moy, emal, rezina va ebonitdan foydalaniladi. Bu qoplamlar atmosfera sharoitida korroziyadan saqlashning ishonchli usullaridandir. Metallarni rezina yoki ebonid bilan qoplash jarayoni gummirlash debataladi. Bunda kimyoviy apparatlarning metall qismlarini kislota, ishqor va tuz eritmalarining korroziyon ta'siridan himoya qilishda foydalaniladi.

## Test savollar

### 1. Metal va qotishmalarda anizotropiya xossasi nima?

- A) Materiallar xossalari turli yoʻnalishlarda turlicha boʻlishi;
- B) Plastik deformatsiya qiymatining ortishi;
- V) Oddiy haroratda metallning mustahkamligini oshishi;
- D) Materiallarda darzlarning xosil boʻlishi.

### 2. Metallardagi polimorf oʻzgarish nima?

- A) Birgina elementning bir necha turdagi kristall panjara koʻrinishlarini tashkil qilishi;
- B) Izotermik jarayon boʻlib, issiqlik yutishi yoki chiqarishi mumkin;
- V) Kristall panjaraning bir turdan ikkinchi turga oʻtishi jarayoni;
- D) Bir necha elementni reaksiyaga kirishishi

### 3. Kristall katakchani qanday tushuncha bilan belgilanadi?

- A) Katakcha soni bilan
- B) Koordinatsion soni bilan
- V) Atomlar soni bilan
- D) Atomlar orasidagi masofa bilan.

### 4. Kristall panjara turlari nechta?

- A) 18 B) 10 V) 16 D) 14.

### 5. Metallarda uchraydigan elementar katakcha turlari qaysi qatorda toʻgʻri berilgan?

- A) Kub katakcha, xajmi markazlashgan kub katakcha, yoqlari markazlashgan katakcha; geksoanal kub katakcha.
- B) Oddiy kub katakcha, markazlashgan kub katakcha, yoqlari markazlashgan katakcha; geksoanal kub katakcha.
- V) Oddiy kub katakcha, murakkab kub katakcha, yoqlari markazlashgan katakcha; geksoanal kub katakcha.
- D) Oddiy kub katakcha, markazlashgan kub katakcha, yoqlari umumiy katakcha; murakkab kub katakcha.

### 6. Oddiy kub katakcha qanday ifodalanadi?

- A) K12 B) K8 V) K6 D) G6.

### 7. Markazlashgan kub katakcha qanday ifodalanadi?

- A) K18 B) K12 V) K6 D) G6

### 8. Yoqlari markazlashgan kub katakcha qanday ifodalanadi?

- A) K6 B) K6 V) K12 D) K8

### 9. Metallarga korroziyaning taʼsiriga koʻra yemirilish turlari qanday?

- A) Bir tekis yemirilish, lokal (bir joyga yigilgan) yemirilish, korroziyon yemirilish.
- B) Gʻovakli yemirilish, lokal yemirilish, oksidli yemirilish;
- V) Bir tekis yemirilish, yaxlit yemirilish, korroziyon yemirilish;
- D) Korroziyon yemirilish, darzli yemirilish, oksidli yemirilish.



## **10. Materialshunoslik nima haqidagi fan?**

- A).Metall, nometall, organik birikmalar va polimerlar asosidagi materiallarning xossa va xususiyatlari hamda ularning olinish, strukturaviy shakllanish, ta'sirlashish va parchalanish qonuniyatlari haqidagi fandır.
- B)Materialshunoslik - bu materiallarning zamonaviy texnologiyalari haqidagi fan
- V)Materialshunoslik nanofizikaga asoslangan fan
- D)Materialshunoslik sanoat va qishloq xo`jalik mahsulotlarini yaratilishi haqidagi fan

## **11.Zamonaviy materialshunoslik nimalarni o`z ichiga oladi?**

- A)Fundamental fanlarning yangi bo`limlarini tushunishga asoslangan, materiallarning strukturaviy shakllantirishi va parchalanishi, tahlili va diagnostikasi, unga kompyuter modellashtirishni qo`llash kabi ulkan bilimlar massivini o`z ichiga oladi.
- B)Zamonaviy materialshunoslik faqat tabiiy fanlarni o`z ichiga oladi.
- V)Zamonaviy materialshunoslik ilg`or texnologiyalarni o`z ichiga oladi.
- D)Zamonaviy materialshunoslik yer resurslari tabiatiga bog`liq jarayonlarni o`z ichiga oladi

## **12. Nanotexnologiyaning zamirini nima tashkil etadi?**

- A)Ta`lim
- B)Tadqiqot
- V)Eksperiment
- D)Modellashtirish

## **13.Zamonaviy iqtisodiyotning yuqori texnologik sektorining rivojlanishi nimalarni hamjihatligiga bog`liq?**

- A)Fundamental fanlar, ta`lim va maorif, innavion texnologiyalar va biznes.
- B)Zamonaviy iqtisodiyotning yuqori texnologik sektorining rivojlanishi nazariy bilimlarga bog`liq
- V)Zamonaviy iqtisodiyotning yuqori texnologik sektorining rivojlanishi xom-ashyo resurslariga bog`liq
- D)Zamonaviy iqtisodiyotning yuqori texnologik sektorining rivojlanishi mutaxassislar hamjihatligiga bog`liq

## **14.....kimyoviy reaksiya tezligini o'zgartiradigan (ko'pincha oshiradigan) moddalardir.**

- A)Analizatorlar
- B)Nanobiotexnologiyalar
- V)Katalizatorlar

## **15.Zamonaviy materiallar ishlab chiqarishda qanday an`ana kuzatilmoqda?**

- A)Metall (po`lat) va qotishma materiallar ulushi kamaymoqda, polimerlar, kompozitlar, keramik va biomateriallar ulushi oshmoqda.

- B) Zamonaviy materiallar ishlab chiqarishda tabiiy resurslardan deyarli foydalanilmayapti.
- V) Zamonaviy materiallar ishlab chiqarishda hech qanday yangi an'ana kuzatilmayapti.
- D) Zamonaviy materiallar ishlab chiqarishda yog'ochdan foydalanilmayapti.

**16. Kristall struktura muvozanatli suyuqlanish harorati nimani anglatadi?**

- A) Polimer kristall holatini parchalanish harorati
- B) Polimerni shishalanish holatiga o'tish harorati
- V) Polimerni maksimal issiqlik yutish harorat
- D) Polimerlarni minimal kristallanish harorati

**17. Kristallanish shartlari nimadan iborat?**

- A) Regulyarlik, oriyentatsion tartiblanish, molekulyarlararo kuchsiz bog'lanish
- B) Makromolekulyar kristall yacheyka hosil qilish va kurtaklar shakllanishlari
- V) Kristall panjara hosil qilish sharoitini tashkil etishni optimal mexanizmlari
- D) O'zaro ta'sirlanish bog'larini hosil qiluvchi guruhlar bo'lishi va xossalari

**18. Materialshunoslik qaysi fanlar va fan bo'limlariga asoslanadi?**

- A) Termodinamika, gidrodinamika, reologiya, termik analiz, kinetika, qattiq jismlar kimyosi va fizikasi.
- B) Mexanika, reologiya, element analiz, kinetika, qattiq jismlar kimyosi, elektrofizika, biokimyoy.
- V) Reologiya, termik analiz, optika, qattiq jismlar fizikasi, biokimyoy.
- D) Kimyoviy termodinamika, gidrodinamika, reologiya, optika, qattiq jismlar kimyosi va fizikasi.

**19. Molekulyar-massaviy taqsimot nima?**

- A) Polimerlarning molekulyar massalarini fraktsiyalariga nisbatan taqsimosti
- B) Polimerlar fraktsiyalari va aralashmalari hamda ularning diagrammalari
- V) Polimerlarni eritmadagi taqsimoti va fazaviy bir jinsli ekanligi
- D) Polimerlarni molekulyar xossasi va ularning strukturasi bog'liqligi

**20. Polimer kompozitlar nima?**

- A) Polimer matritsa va to'ldiruvchi zarrachadan iborat qattiq fazali tizim
- B) Polimer asosidagi ko'p komponentli qattiq fazali nobarqaror materiallar
- V) Polimer-polimer tizimning qattiq fazali ko'rinishi va sintetik materiallari
- D) Polimer hajmida quyi molekulyar birikmani taqsimlanishi va funktsiyalari

**21. Polimer molekulasi qanday hosil bo'ladi?**

- A) Monomerlar yoki elementar zvenolarni kimyoviy sintezi orqali hosil bo'ladi
- B) Monomerlar yoki elementar zvenolarni fizikaviy birikishi orqali hosil bo'ladi
- V) Monomerlar yoki elementar zvenolarni fizik-kimyoviy birikishi hisoblanadi

D) Monomerlar yoki elementar zvenolarni mexanik birikishi orqali ro`y bo`ladi

**22. Polimer nanomaterial oddiy materiallardan nima bilan farq qiladi?**

A) Solishtirma sirtini kattaligi va maxsus fizik xossalarni namoyon qilishi bilan farqlanadi.

B) Biologik faolligi va o`lchamlari bilan keskin farqlanadi

V) Anizotropik xossalari bilan farqlanadi

D) Farqini aniqlab bo`lmaydi

**23. Polimer nanotolalar qanday hosil qilinadi?**

A) Kimyoviy o`stirish yoki elektrospin usulida

B) Polimer kristall shakllantirish orqali

V) Tolalarni nanotolalarga parchalash orqali

D) Suyultmadan polimerni cho`ktirish orqali

**24. Polimer strukturasi kristallanish darajasi nimani ifodalaydi?**

A) Makromolekulasining qancha qismi kristallanganligini

B) Fizik parametr bo`lib, polimer strukturani ifodalaydi

V) Kristallanish ko`rsatgichi bo`lib, ayrim polimerlarga xos

D) Polimerni mexanik mustahkamligini anglatadi

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kiplik D.I. “Техника Живописи”. “СВАРОГИК”. М.; 2000.
2. Rustamov X.R.. Физик кимё. — Т ., Узбекистон. 2000 й. — 491 б.
3. Skoybada A.P. Детали машин и основы конструирования машин — М. Высшая школа, 2000,—405 с.
4. M. Azimov. Rospisi Uzbekistana. Tashkent. 2000 g. 48
5. Ismoilov M., Xabibumaev P., Xashulin M. Физика курси. Т.: Ўзбекистон, 2000— 469
6. Xudoyberganov R.A. “Тасвирий санъатда ранг”. Т.Д.С.И. 2004.
7. Xudoyberganov R.A. “Рангшунослик асослари” Г.Гулом” Nashr Т.; 2006
8. Abdullaev. O`zbekiston san`ati tarixi. Toshkent: Fan. 2007 y. 86 b.
9. Xudoyberganov R.A. “Махобатли рангтасвир техника ва технологияси”. “Фан ва технология” Нашр.Т.; 2015.
10. Xudoyberganov R.A. “Махобатли рангтасвир техника ва технологияси”. “Фан ва технология” Нашр.Т.; 2015.
11. D.Tashxodjaeva. Materialshunoslik. o`quv qo`llanma. Toshkent 2017y.
12. D.Tashxodjaeva. Materialshunoslik. o`quv qo`llanma. Toshkent 2017y.
13. D.Tashxodjayeva. Ashyolar texnologiyasi. O`quv qo`llanma. Toshkent 2018
14. Mamurova D.I, Avliyakulova N.M, “Rangshnoslik kompozitsiyasi va asoslari” O`quv qo`llanma. Bux, Durdon, 2021 yil 1 nusxa
15. Mamatov D.K. Amaliy bezak san`ati va kompozitsiya. O`quv qo`llanma. B. “Kamolot” 2023.

### Internet saytlari:

1. [www.ocinka.ru](http://www.ocinka.ru);
2. [www.textile-press.ru](http://www.textile-press.ru);
3. [www.vgik.info](http://www.vgik.info);







**M. B. Sulaymonova**

# **MATERIALSHUNOSLIK**

(O'quv qo'llanma)

*O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi tomonidan  
"65151200-Amaliy san'at (turlari bo'yicha)" - bakalavriat yo'nalishi talabalari  
uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

<i>Muharrir:</i>	<i>E.Eshov</i>
<i>Tex. muharrir:</i>	<i>D.Abduraxmonova</i>
<i>Musahhih:</i>	<i>M.Shodiyeva</i>
<i>Badiiy rahbar:</i>	<i>M.Sattorov</i>

**Nashriyot litsenziyasi № 022853. 08.03.2022.**

**Original maketdan bosishga ruxsat etildi: 15.12.2023. Bichimi  
60x84. Kegli 16 shponli. "Times New Roman" garnitura 1/16.**

**Ofset bosma usulida. Ofset bosma qog'oz.**

**Bosma tabog'i 8. Adadi 100. Buyurtma № 202**



**"BUXORO DETERMINANTI" MCHJ**

**bosmaxonasida chop etildi.**

**Buxoro shahar Namozgoh ko'chasi 24 uy**

**Tel.: + 998 91 310 27 22**