

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

S.D. Nurmurodov, A.X. Rasulov, A.A. Allanazarov

MASHINASOZLIK MATERIALLARI

*Oliy ta’lim muassasalari 5320100 – Materialshunoslik va yangi materiallar
texnologiyasi ta’lim yo’nalishi talabalari uchun mo’ljallangan darslik
sifatida tavsiya etilgan*

Toshkent–2020

UO”K: 372/853+372/852

KBK 30.3 ya7

N87

S.D. Nurmurodov, A.X. Rasulov, A.A. Allanazarov. Mashinasozlik materiallari. –T.: 2020, 242 bet.

«Mashinasozlik materiallari» darsligi oliy ta’lim muassasalarining «5320100 – Materialshunoslik va materiallar texnologiyasi» ta’lim yo’nalishida talabalari uchun mo’ljallangan. Darslikda quyidagi ma’lumotlar: mashinasozlikda va iqtisodiyotning barcha soxalarida foydalaniladigan metallar va uning qotishmalari, ularning tarkibi, tuzilishi, hossalari va ularga ishlov berish usullari keltirilgan. Bundan tashqari sanoatda keng ishlatiladigan nometall materiallar, nanotexnologiyalar, nanokompozitlar, nanomateriallar, kukun metallurgiyasi va ishlab chiqarishning zamonaviy texnologiyalari haqida ma’lumotlar bor.

"Машиностроительные материалы" предназначен для студентов высших учебных заведений специальности "5320100 – Материаловедение и технология материалов". В учебнике приведены, следующие данные: металлы и их сплавы, их содержание, структура, свойства, способы их обработки, которая используется во всех отраслях экономики и машиностроения. Кроме того, есть информация о неметаллических материалах, нанотехнологий, нанокomпозитов, наноматериалов, порошковой металлургии и современные технологии обработки, которые широко используются в индустрию.

"Mechanical engineering materials" is intended for students of higher educational institutions of the specialty " 5320100-Materials Science and technology of materials"

In this textbook provided the following data: metals and their alloys, their content, structure, properties, ways of their processing, which used in all branches of economics and machine building. Furthermore, there information about nonmetallic materials, nanotechnology of processing of forming tools, which widely used todays industry.

Taqrizchilar:

Norxudjaev F.R. -Toshkent Davlat Texnika Universiteti “Materialshunoslik” kafedrası mudiri, t.f.d. professor;

Tojiboev B.M.- Andijon mashinasozlik instituti “Materialshunoslik va yangi materiallar texnologiyasi” kafedrası mudiri, t.f.n., dotsent.

KIRISH

Kadrlar tayyorlash milliy dasturining talablari doirasida ta'lim mazmunini yanada boyitishda, ularni uslubiy jihatdan ta'minoti-barcha ta'lim muassasalarini zamon talablariga javob beruvchi o'quv adabiyotlari bilan ta'minlash muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bois fan-texnika va texnologiya rivojlanishining hozirgi zamon talablariga va Davlat ta'lim standartlariga dasturiga mos keladigan o'zbek tilida yozilgan darsliklarga ehtiyoj kun sayin ortib bormoqda.

Darslikda «Mashinasozlik materiallari» fani haqida umumiy tushunchalar, qora va rangli metallar metallurgiyasi, metallshunoslik asoslari, qotishmalar nazariyasi, temir–uglerod qotishmalari, mexanik sinov usullari, rangli metallar, ularning qotishmalari, qattiq qotishmalar, xossalari, ishlatilishi, ularga ishlov berish usullari, metall va qotishmalarning tarkibi, strukturalari, xossalari, aniq o'lchamli detal tayyorlash usullari, nanotexnologiya, nanokompozitlar, kompozitsion materiallar, qiyin eriydigan metallarni vodorod muhitida tiklash jarayonlari va olingan o'ta dispers kukunlardan kukun metallurgiyasi usulida, juda og'ir sharoitda ishlaydigan metallarga shakl beruvchi asboblarning olishning zamonaviy texnologiyalari haqida ham muhim ma'lumotlar keltirilgan. Darslikni tayyorlashda dasturlash ko'zda tutilgan juda keng materiallarni qisqa, sodda va tushunarli holda bayon etishga xarakat qilindi.

Fan–texnika taraqqiyoti natijasida iqtisodiyot va mashinasozlik sanoati jadal rivojlanmoqda. Iqtisodiyot va sanoatning rivojlanishi mustahkamligi yuqori, ishlatishga qulay, arzon, puxta materiallarni izlab topish va ularning chidamliligini oshirish ustida jiddiy izlanishlar olib borishni taqozo etadi. Metallarning ular qotishmalarining tarkibi, tuzilish va hossalari, shuningdek ularning tuzilishi bilan xossalari orasidagi bog'lanishlarni hamda ularni puxtalash usullarini o'rganadigan fan metallshunoslik deyiladi.

Ushbu kitobda metallar, ularning mashinasozlikda, xalq xo'jaligining boshqa soxalarida, qishloq xo'jaligi mashinasozligida hamda boshqa soxalarda qo'llanilishi haqida umumiy ma'lumotlar keltirilgan.

Murakkab muhandislik muammolarini yechishda, metallshunoslik fani muhim ahamiyat kasb etadi. Qolaversa, bu fan ko'pgina muhandislik fanlariga boshlang'ich asos bo'ladi. Kelgusida malakali xodimlar bo'lib yetishishni niyat qilgan har bir o'quvchidan metallshunoslik fanini puxta o'zlashtirish talab etiladi.

Qadim–qadim zamonlarda odamlar metallarni ish quroli sifatida ishlatishgan. Metallarni qayta ishlab, yerga ishlov berishda va ov qurollari yasashda foydalanganlar. Bronza davrida metallurgiya sanoati paydo bo'ldi. Metall qotishmalarining tarkibini o'zgartirib, ularning xossalari boshqarish mumkinligi ma'lum bo'ldi va bu amaliyotda ishlatila boshlandi. *Temir davriga* kelib Osiyoda,

O'rta Yer dengizi atrofida va Xitoy hududlarida ilk bor metallarni qayta ishlaydigan korxonalar vujudga kela boshladi.

Metallarni olishda suv va havoning ishlatilishi mashinasozlik sanoatida yangi bosqichning rivojlanishida asos bo'ldi. *Metallni eritib, uni tozalash, puflash uchun havodan foydalanish, suyuqlantirilgan metallar haroratini oshirishga imkon yaratdi.* Natijada metallar zararli qo'shimchalardan tozalanib, ularning sifati yaxshilandi.

1856–yilda G. Bessemer, 1878–yilda S. Tomas va 1864–yilda P. Marten po'lat olishning yangi usullarini yaratishdi. 1856 yilning 12 fevralida ingliz ixtirochisi Genri Bessmer suyuqlantirilgan cho'yanni havo bilan dam berib tozalagani uchun patent oldi. “Men shuni ixtiro qildimki, deb yozgan edi Bessmer, agar metallga yetarli miqdorda atmosfera havosi yoki kislorod kiritilsa, u suyuq metall zarrachalarining kuchli yonishiga sabab bo'ladi, haroratni saqlab turadiki yoki uni shu darajagacha oshiradiki, bunda metall cho'yan holatidan po'lat holatiga yoki bolg'alanuvchi temir holatiga o'tish vaqtida yoqilg'i ishlatilmasdan suyuq holida qoladi”. Jahon metallurgiyasi rivojida juda katta ro'l o'ynagan, iste'dodli ingliz ixtirochisi nomini texnika tarixiga abadiy yozilishiga sabab bo'lgan quyma po'lat olishning bu yangi usuli hayotda shu tariqa o'ziga yo'l ochgan edi.

Rus olimi P.P. Anosov metallarning xossalari ularning kristall tuzilishiga bog'liqligini aniqladi va birinchi bo'lib metallarni ichki tuzilishini o'rganishda mikroskopdan foydalandi. Yuqori sifatli po'lat olishda ayniqsa P.P. Anosovning xizmatlari katta.

Metallshunoslik fanining rivojlanishida rus olimi D.K. Chernovning fazalar o'zgarishi haqidagi nazariyasi juda katta turtki bo'ldi. Temir uglerodli qotishmalarni va termik ishlov berish protsesslarini o'rganish 1868 yilda e'lon qilingan D.K. Chernovning “Lavrov va Kalakutsiyning po'lat va po'latdan ishlangan obzori hamda ushbu soha bo'yicha D.K. Chernovning o'z tadqiqotlari” maqolasi bilan boshlanadi. D.K. Chernov birinchi bo'lib po'latda kritik nuqtalar borligini ko'rsatdi va temir-sementit diagrammasi haqida dastlabki tushunchani berdi. Keyinchalik temir-uglerodli qotishmalarni qurishga F. Osmond, Le-Shatele (Fransiya), R. Austen (Angliya), A.A. Baykov va N.T. Gudsov (Rossiya), Rozenbaum (Gollandiya), P. Gerens (Germaniya) va boshqalarning ishlari bag'ishlandi.

Nemis olimi Ledeburning metallar strukturasi tushunchasi, ingliz fiziklari F. Laves hamda V. Yum–Rozerning yangi turdagi fazalarni kashf etishi fan rivojida katta hissa bo'ldi.

Ichki yonuv dvigatellari kashf etilishi mashinasozlik, avtomobilsozlik, samolyotsozlik va raketsozlik sanoatlari rivojlanishida muhim asos bo'ldi. Tabiiyki, sanoatning rivojlanishi yangi materiallar yaratish, ularning xossalari

yaxshilash ustida tinmay izlanishlar olib borishni talab etdi. Natijada takomillashgan Domna pechlari, po‘lat eritiladigan Marten pechlari barpo etildi. Po‘latlarni payvandlash mumkinligini N.N. Benardos va N.G. Slavyanovlar ilmiy nuqtayi nazardan isbotlab berdilar.

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

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

Domna pechlarida sodir bo‘ladigan oksidlanish–qaytarilish jarayonlari natijalarini hisobga olish mumkinligi, materiallar tuzilishi va texnologik jarayon haqidagi bilimlar yanada boyidi. Turli ferroqotishmalar olish, po‘lat olishning elektrometallurgiya usullaridan foydalanish po‘lat sifatini oshirdi va juda ko‘p legirlangan po‘latlar olish imkoniyatini yaratdi. Qotishmalar mustahkamligini oshirishning yangi usullari kashf etildi. Termik–mexanik, mexanik–termik va ikki marta qayta kristallash usulida termik ishlov berish kabi ilg‘or texnologik jarayonlar yaratildi. Korroziyabardosh, olovbardosh, maxsus magnit xossalarga ega bo‘lgan va ma‘lum geometrik shakllarni "esida" saqlab qoluvchi qotishmalar kashf etildi.

Bu sohani rivojlantirishda O‘zbek olimlarining ham munosib hissalar bor. «Mashinasozlik materiallari» fanini rivojlanishida va o‘qitish sifatini ortirishda qator professor-o‘qituvchilar katta hissa qo‘shganlar.

Mazkur kitobning qo‘lyozmasini diqqat bilan sinchiklab o‘qib, uning mazmun-mohiyati, sifatini yaxshilash borasida bergan foydali maslahatlari uchun texnika fanlari doktori, professor F.R. Norxo‘jaevga, texnika fanlari nomzodi, professor Sh.A. Karimovga va nashrga tayyorlashda katta xizmat ko‘rsatgan Toshkent davlat texnika universiteti o‘quv-uslubiy bo‘limi barcha texnik xodimlariga, shuningdek, darslikning sifatini boyitishga qaratilgan barcha tanqidiy fikr–mulohazalari uchun kitobxonlarga mualliflar oldindan minnatdorchilik bildiradilar.

1-BOB. MASHINASOZLIK MATERIALLARINING TUZILISHI

1.1. “Mashinasozlik materiallari” o‘quv fanining maqsadi va vazifalari.

Mashinasozlik materiallari haqida umumiy ma’lumot

Mashinasozlik materiallari fanini o‘zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida bakalavr: zamonaviy nazariy va amaliy metallshunoslikning rivojlanishi yo‘llari va asosiy tomonlari; metallarning nazariy va amaliy mustahkamligi, metallarning plastik deformatsiyalanishi va darz ketishi mexanizmi; metall va qotishmalardan tayyorlangan buyumlarni tadqiqot qilish usullari va sifatini nazorat qilishi haqida *tushunchaga ega bo‘lishi*; metallarni kimyoviy tarkibi va ichki tuzilishi, kristall panjaralar va ularning turlarini, kristall panjaradagi nuqsonlarini; metall va qotishmalar haqida umumiy ma’lumotlarni, ularning kristallanishi jarayonlarini; materiallarni plastik deformatsiyalanishi va darz ketish mexanizmlarini; metallarni fizik, kimyoviy, mexanik, texnologik va eksplutatsion xossalarini; metallarni tadqiqot qilish usullarini; ikki komponentli qotishmalarini holat diagrammalarini; po‘lat, cho‘yan va uning turlarini; materiallarni termik va kimyoviy – termik ishlash nazariyasi va texnologiyasini; mashinasozlikda ishlatiladigan rangli metallar va ularni qotishmalari haqidagi bilimlarini; sanoatda ishlatiladigan detal, mexanizm, uzal va boshqa buyumlar uchun materiallar tanlashga asoslangan bilimlarga ega bo‘lishlari lozim.

«Mashinasozlik materiallari» o‘quv fani metall materiallar va ularning qotishmalarining ichki tuzilishi, strukturasi, xossasi, ishlatilishi va markalanishini, hamda bu kattaliklarni o‘zaro aloqasini, ularni turli ta’sirlar natijasida o‘zgarish qonuniyatlari bilan bog‘liq bo‘lgan bilimlarni qamrab olgan.

O‘quv fani o‘zlashtirishda o‘quv rejalarida mavjud matematika, kimyo, fizika va umumkasbiy fanlar konstruksion materiallar texnologiyasi, materiallar qarshiligi, nazariy maxanika fanlaridan yetarlicha bilim va ko‘nikmalarga ega bo‘lishi zarur, bilishga asoslanadi.

Mustaqil ish jarayonida talaba texnikaviy adabiyotlar, Internet materiallari va me’yoriy hujjatlar bilan ishlashni uddalashini namoyon qilishi, auditoriya mashg‘ulotlari paytida qabul qilgan ma’lumotlarni to‘g‘ri mushohada qilishlari zarur.

Fanning *asosiy vazifalari* – bo‘lajak mutaxassilarga metall va qotishmalardan tayyorlanadigan buyumlar uchun materialni asosli ravishda to‘g‘ri tanlash bilim va ko‘nimmalarini shakllantirish, metallar tarkibi, strukturasi va xossalari o‘rtasidagi amaliy bog‘lanishlarni, metall konstruksiyalarini belgilangan xossalarga ega bo‘lishlari ta’minlash usullarini bilishlari zarur.

Ushbu vazifalardan kelib chiqib, «Mashinasozlik materiallari» o‘quv fanini o‘zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida bakalavr:

– metallar asosiy turlarini, ularning olinish usullarini va ular o‘rtasidagi o‘zaro

bog‘liqlikni;

- metallarni atom-kristall tuzilishi, metallar xossalari va ularni tadqiqot usullarini;

- metall konstruksiya uchun eng maqbul material tanlashni va uni asoslashni;

- mashinasozlik materiallar va ular asosidagi qotishmalarni termik termik ishlashni;

- mashinasozlik materiallar va ular asosidagi qotishmalarni termo-mexanik ishlashni;

- mashinasozlik materiallar va ular asosidagi qotishmalarni mexano-termik ishlashni;

- mashinasozlik materiallar va ular asosidagi qotishmalarni kimyo-termik ishlashni;

- mashinasozlik konstruksiyasini zarur xossalarini ta’minlash usullarini bilishi va ulardan foydalana olishni;

- mashinasozlik materiallar va ular asosidagi qotishmalarni tuzilishi, tarkibi va xossalarini;

- mashinasozlik materiallar va ular asosidagi qotishmalar xossalarini aniqlash usullarini;

- holat diagrammalarini tuzishni hamda ularni tahlil etishni;

- mashinasozlik materiallar va ular asosidagi qotishmalardan tayyorlangan buyumlarni makro va mikro tahlil etishni;

- buyum materialini mikro tahlil etish orqali po‘lat markasini aniqlashni;

- termik ishlash jihozlarini va ulardan foydalanishni;

- kimyoviy-termik ishlash jihozlarini va ulardan foydalanishni;

- termo-mexanik ishlash jihozlarini va ulardan foydalanishni;

- mexano-termik ishlash jihozlarini va ulardan foydalanishni;

- ilm, fan va tenika taraqqiyotining eng so‘ngi yutuqlari asosida olingan metall materiallar va ular asosidagi qotishmalarni bilishi;

- qiyin eriydigan metall materiallar ultradisperss kukunlarini olishni va ulardan foydalanishni;

- qiyin eriydigan metall materiallar oksidlarini vodorod muhitida plazmo-kimyoviy tiklash qurilmasi konstruksiyasi va asosiy uzellarini;

- qiyin eriydigan metall materiallar oksidlarini vodorod muhitida plazmo-kimyoviy tiklash qurilmasi konstruksiyasi va asosiy uzellarini;

- plazmo-kimyoviy tiklash qurilmasi ishlash jarayonini bilishi;

- nanotexnologiya asosida olingan buyumlar haqida tushunchalarga ega bo‘lishi;

- material tanlash kriteriyalari to‘g‘risida ko‘nikmalariga ega bo‘lishi kerak.

Fanni o'zlashtirishda yo'nalishning o'ziga hos xususiyatlarini hisobga olgan holda, interaktiv usullarni tadbiq qilish muhim ahamiyatga ega. Amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ishlarni o'zlashtirishda EHM axborot bazalaridan, INTERNET dan to'liq foydalaniladi. Bundan tashqari fanni o'qitishda texnik vositalarning barcha turlaridan keng foydalaniladi.

Ma'ruza va amaliy mashg'ulotlarda mos ravishda zamonaviy innovatsion pedagogik texnologiyalardan foydalaniladi. Mashinasozlik materiallar fanidan laboratoriya mashg'ulotlari zamonaviy jihozlar yordamida hamda animatsion laboratoriya o'tish usullaridan foydalaniladi.

Talaba mustaqil ishni tayyorlashda muayyan fanning xususiyatlarini hisobga olgan holda quyidagi shakllardan foydalanishi tavsiya etiladi:

- darslik va o'quv qo'llanmalar bo'yicha fan boblari va mavzularini o'rganish;
- tarqatma materiallar bo'yicha ma'ruzalar qismini o'zlashtirish;
- avtomatlashtirilgan o'rgatuvchi va nazoratqiluvchi tizimlar bilan ishlash;
- maxsus adabiyotlar bo'yicha fanlar bo'limlari yoki mavzulari ustida ishlash;
- yangi texnika, apparat, qurilma va texnologiyalarini o'rganish;
- faol va muammoli o'qitish uslubidan foydalaniladigan o'quv mashg'ulotlarini o'tkazish;
- masofaviy (distant) ta'lim.

Tavsiya etilayotgan mustaqil ishlarning mavzulari:

- 1) metallarning makrotahlili va tavsifi;
- 2) detallarning makro va mikrostruktura tuzilishiga qarab, ularning sifati haqida hulosa berish;
- 3) metall va qotishmalarning termik tahlili;
- 4) termik tahlilni bajarishda foydalaniladigan termoparalar va temperaturani ko'rsatuvchi jihozlar haqida xulosa berish;
- 5) metallarni toliqishga sinash;
- 6) makrotahlil uchun ishlatiladigan reaktivlar;
- 7) mikrotahlil uchun ishlatiladigan reaktivlar.

Mazkur fanni o'qitish jarayonida ta'limning zamonaviy usullari, pedagogik va axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo'llanilishi nazarda tutilgan.

Jumladan:

- fanning bo'limlariga tegishli ma'ruza darslarida zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida prezentatsion va elektron-didaktik texnologiyalaridan;
- jarayonga amal qilish qonuniyatlari mavzularda o'tkaziladigan amaliy mashg'ulotlarda aqliy hujum, guruhli fikrlash pedagogik texnologiyalaridan;
- mashg'ulotlarda kichik guruhlar musobaqalari, guruhli fikrlash pedagogik texnologiyalarini qo'llash nazarda tutiladi.

1.2. Fanning predmeti va uslublari. Mashinasozlik materiallar va qotishmalarning atom-kristallik tuzilishi

"Mashinasozlik materiallar" o'quv fanining asosiy maqsadi va vazifalari asosan quyidagilardan iborat. Mashinasozlik materiallarni to'g'ri tanlab olish uchun talaba metall va qotishmalarning kristallanish jarayoni qonunlarini, kristallik panjaralarini va ularning turlarini, sovishdagi allotropik o'zgarishlarni, ularni mustahkamligini oshirish usullarini, temir-uglerod xolat diagrammasini, ular xossalari tuzilishlariga, kimyoviy tartibiga bog'liqligini va boshqa nazariy amaliy bilimlarini o'rganishlari kerak. Bundan tashqari metall va qotishmalarning mexanik va texnologik xossalari ham o'rgatiladi. Po'lat, cho'yan, rangli metallar klassifikatsiyalari, markalanishi va ishlatilish joylari beriladi. Maxsus po'latlar: zanglamaydigan, o'tga bardosh, olov bardosh, asbobsozlik va x.k. larning xossalari, har xil harorat hamda muhitda ishlash qobiliyatlari. Bosim ostida ishlashning metallshunoslik asoslari. Termik, ximik-termik va termo-mexanik ishlash asoslari va turlari. Mashina va mexanizmlarda keng ishlatiladigan metal va qotishmalar: titan, magniy, alyuminiy va x.k. Laboratoriya va amaliy mashg'ulotlar davomida yuqoridagi masalalar amaliy tomondan o'rgatiladi va ma'ruza davomida olgan bilimlari mustahkamlanadi. Bunda talabalar qo'yilgan masalalarni mustaqil hal qilishni, tajriba qilishni, mantiqan mulohaza qilishni o'rganadilar. Mustaqil ishlash davomida esa talaba o'quv adabietlaridan foydalanish, bor fikirlarni mulohaza qilish, umumlashtirish, o'z fikrini aniqlash, referat yozishni o'rganadi. Mashinasozlikning rivojlanishi, yangi uchish apparatlarining yaratilishi yangi materiallarni yaratish, ularni va bor materiallarni maqsadli ishlatish masalalari bilan chambarchas bog'langan. Muhandis-konstruktor, muxandis-texnolog, muxandis ekspluatatsiya qiluvchiga har doim har xil xossaga ega materiallarni tanlash bilan shug'ullanishga to'g'ri keladi. Bir xil materiallar zanglamaydi, o'tga bardosh; ba'zilar suvda, havoda oksidlanadi, harorat ta'sirida o'z xususiyatlarini yo'qotadi; ba'zilar mustahkam, qattiq; ba'zilar mo'rt va x.k. Materiallarni to'g'ri talash uchish apparati sifatini oshiradi, ekspluatatsiya qilish muddatini uzaytiradi. Ushbu fanning maqsadi kelajak mutaxassislarini shu muhim masalani sifatli xal qilishga o'rgatishdir. Bunda metallar va qotishmalarning kristallik tuzilishi, plastik deformatsiyalanishi, tuzilishi, nazariyalari, termik xamda termo-ximik ishlash usullari, boshqa xossalarni yaxshilash joylari kabi masalalar bayon qilingan.

Metallarning **kristall panjaralarida** musbat ionlar muayyan tartibda joylashganligi yuqorida aytib o'tildi.

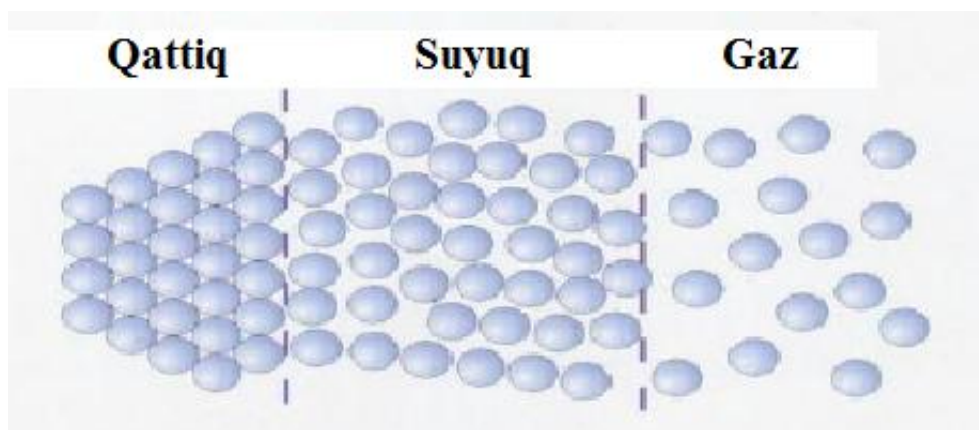
Metallar, boshqa xar qanday modda kabi, sharoitga karab, to'rt xil agregat holatda: qattiq, suyuq, gaz va plazma hollarda bo'la oladi. Sof metall bir agregat

holatdan ikkinchi agregat holatga ma'lum temperaturadagina o'tadi va bunda metallning xossalari uzgaradi.

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

Gaz xolatidagi metall zarrachalarni tartibsiz harakatlanadi, bir-birini itaradi, natijada metall gazi imkoni boricha katta hajmni olishga intiladi.

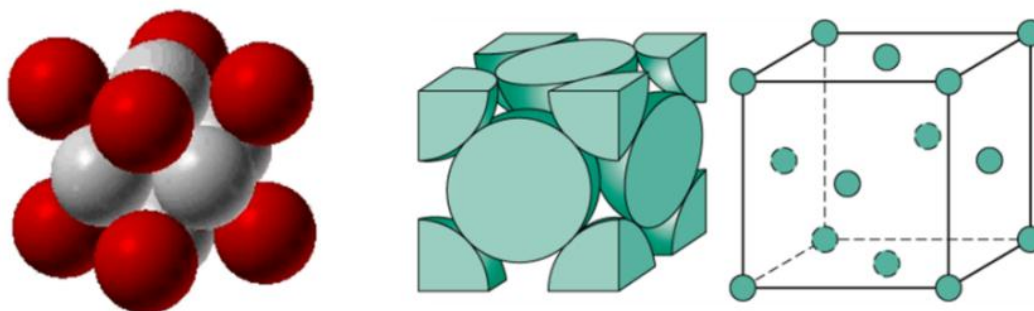
Suyuq holatdagi metall zarrachalarining ozroq qismigina batartib joylashgan bo'lib, bu joylashuv issiqlik ta'sirida goh buzilib, goh tiklanib turadi. Demak, suyuq holatdagi metall qattiq holatdagi metall bilan gaz holatidagi metall orasida oraliq mavzeyini egallaydi. Metallning, umuman moddaning, agregat holati orasidagi farq ana shu.



1.1-rasm. Sharoitga qarab uch xil agregat xolat ko'rinishi.

Atomlarning markazidan o'tkazilgan faraziy chiziqlar panjara hosil qiladi. Bir-biriga parallel joylashgan bir qancha kristallografik tekislik fazoviy kristall panjara hosil qiladi, kristall panjaraning tugunlarida esa atomlar (ionlar) turadi (rasm). Moddaning atom-kristall tuzilishi to'g'risida tasavvur xosil qilish uchun panjaraning bitta elementar katakchasini ko'rsatish kifoya.

Misol: Al, Cu, Au, Pb, Ni, Pt, Ag

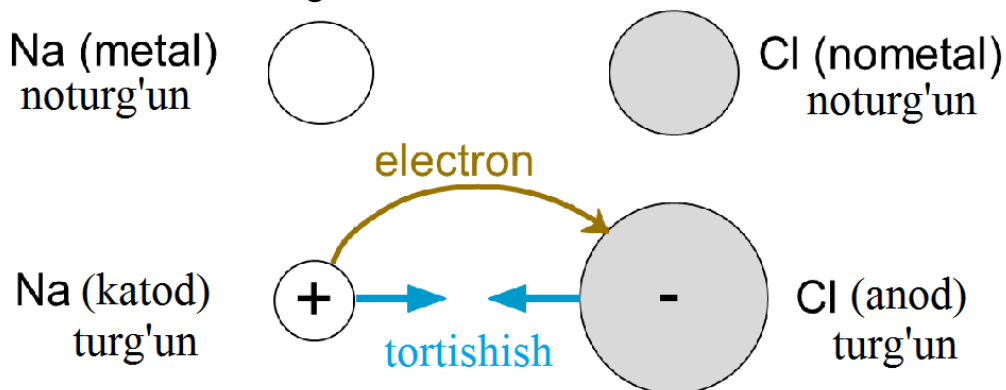


1.2-rasm. Fazoviy kristall panjara va uning tugunlarida atomlarning (ionlarning) joylashuvi.

Qattiq jismlardagi bog'lanishlarning turlari. Qattiq jismlardagi bog'lanishlar to'rtta asosiy turga bo'linadi. Bular ion (geteropolyar), atom (gomeopolyar yoki kovalent), molekulyar bog'lanishlar va metall bog'lanishlardir. Ana shu bog'lanishlarni ko'rib chiqaylik.

Ion (geteropolyar) bog'lanishlar. Bunday bog'lanishli qattiq jismlar kristall panjaralarning tugunlarida ionlar turadi. (1.2-rasmga qarang) Ion bo'g'lanish elektromanfiylik jixatidan bir-biridan katta fark kilgan ikki element orasida vujudga keladi. Binobarin, ion bo'g'lanish birinchi grupp metallari, ya'ni ishqoriy metallar bilan yettinchi grupp elementlari (galogenlar) orasida vujudga keladi.

Ion bo'g'lanish vujudga kelishini natriy xlorid (NaCl) misolida qurib chiqaylik. Xlor atomi natriy atomiga karaganda anchagina elektromanfiy bo'lganligidan uzining sirtqi qavatidagi bir elektronini xlor atomiga beradi, natijada natriy atomi musbat zaryadli natriy ion Na^+ ga (kationga), xlor atomi esa bir elektron biriktirib olib, manfiy zaryadli xlor ion Cl^- ga (anionga) aylanadi. Qarama-qarshi zaryadli bu ionlar kulon kuchi vositasida o'zaro tortilib, birikma (NaCl) xosil qiladi. Birikma (molekula) tarkibidagi har qaysi ion o'z atrofida elektr maydoni vujudga keltiradi. Demak, ion bog'lanishli molekulalarda bir necha (kamida ikkita) elektr maydoni bo'ladi. Ion bo'g'lanishning getropolyar bo'g'lanish deb xam atalishiga sabab ana shu.



1.3-rasm. Ion bog'lanishli birikmalar.

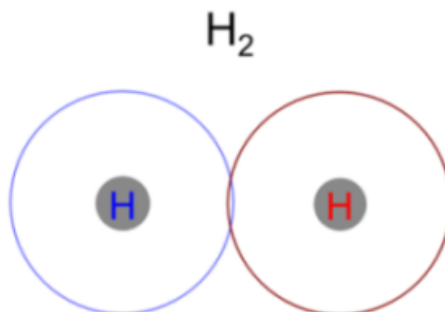
Ion bog'lanishli birikmalarda ta'sir etuvchi kulon kuchlar zarrachalarning (ionlarning) bir-biriga puxtarok tortilishiga sabab bo'ladi, shuning uchun bunday birikmalarning suyuqlanish temperaturasi va qattiqligi yuqoriroq bo'ladi.

Qattiq jismlardagi asosiy bog'lanishlarga atom (gomeopolyar, kovalent) bog'lanishlar kiradi. Atom bog'lanishli qattiq jismlar kristall panjaralarining tugunlarida o'zaro kovalent bog'langan atomlar turadi (1.3-rasmga qarang). Kovalent boglangan atomlar bir-birini juda puxta tortib turganligi uchun bunday birikmalarning suyuqlanish harorati va qattiqligi nihoyatda yuqori bo'ladi.

Elektromanfiyligi bir-biriga teng bo'lgan elementlarga kovalent boglanadi. Kovalent bog'lanish nazariyasiga ko'ra, bunday bo'g'lanish hosil bo'lishida

elektron bir atomdan ikkinchi atomga o'tmaydi (chunki bu atomlarning elektromanfiyligi bir xil), balki o'zaro ta'sir qiluvchi ikkala atomga tegishli bo'lib qoladi.

Atom bog'lanishliqattiq moddalarga misol kilib, olmosni ko'rsatish mumkin. Olmosda uglerodning har bir atomi uglerodning boshqa to'rtta atomi bilan bog'langan, bu to'rtala bo'g'lanish bir xil bo'lganligidan olmos kristalini bitta gigant molekula deb qarash lozim.



1.4-rasm. Kovalent bog'lanishlar.

Molekulyar bo'g'lanish. Bunday bog'lanishli qattiq moddalar kristall panjaralarining tugunlarida molekulalar turadi.

Bu molekulalar bir-biriga molekulalararo kuchlar vositasida tortilib turadi. Molekulalararo kuchlar molekulalarni bir-biriga nisbatan zaif tortib turganligidan molekulyar bog'lanishliqattiq moddalarning suyuqlanish temperaturasi va qattiqligi past bo'ladi.

Metall bog'lanishlar. Bunday bog'lanishli qattiq jismlar (metallar) kristall panjaralarining tugunlarida musbat zaryadli ionlar turadi, ionlarni esa erkin elektronlar, ya'ni elektronlar buliti qurshab olgan bo'ladi.

Elektronlar buliti ayrim ion yoki atomlarning qobiqlari bilan bog'langan bo'lmay, balki kristallning butun xammasiga oiddir. Demak, metall bog'lanishlar musbat zaryadli ionlar bilan erkin elektronlarning o'zaro tortishuvidan iboratdir.

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

Materialga qo'yilgan talablar uning ishlash sharoitiga bog'liq: mexanik yuklanishiga, xaroratiga, tashqi muxitning ta'siriga va hokazo. Masalan, traktorning ishqalanuvchi detallari abraziv ishqalanib yeyilishga chidamli bo'lishi lozim (ayniqsa, O'rta Osiyo sharoitida); paxta terish mashinasi shpindellari ham abraziv ham ximiyaviy yeyilishga chidamli materialdan yasalishi kerak; samolyot sinchlari (lonjeron, stringer va hokazo) statik mustahkam, katta bikirlikka ega materialdan yasaladi; aviadvigatel materialiga olovbardoshlik-issiqbardoshlik

(650-850°C) talablari qo'yiladi; tovushdan tez uchadigan samalyotlarni ustki qavati («obshivka»si) 350-550°C da ishlaydigan yengil materiallardan yasaladi.

Shuni aytish kerakki, hozirgi zamon mashinalarida kompazitsion materiallar (shular jumlasida “nanomaterial”lar xam) borgan sari keng qo'llanilyapdi. Bularni hajmi 5-10% dan 70-80% gacha yetyabdi. Kompazitsion materiallar ajoyib maxsus xususiyatlarga ega. Yuqori puxtalik; ishqalanib yeyilishga chidamli; issiqlik va elektr tokini kam o'tkazishligi; kerak bo'lsa, o'ta o'tgazgich material olsa ham bo'ladi; ximiyaviy turg'unlik, yorug'likni yaxshi o'tkazuvchanligi.

Umuman olganda, mashina detallari uchun u yoki bu materiallarni qo'llash konkret ish sharoitiga va albatta, iqtisodiy raqobat bardosh bo'lgan holda. Mashinalar (mexanizmlar) detallari har-xil sharoitda ishlaydilar: aytaylik, dinamik kuchlanishlarga, har-xil xaroratda (past va yuqori); turli muhitlarda (ishqoriy, kislataviy, neytral, aktiv gaz) va x.k. Mana shular, ishlatilagan materiallarga talablar qo'yadi. Bular xammasi foydalanish texnologik iqtisodiy talablardan kelib chiqadi. Foydalanish (ishlatish) talablarini materialni konstruksion mustahkamligini ta'minlaydi.

Materialni konstruksion mustahkamligi deb, uning kompleks harakteristikasiga aytiladi: bo'lar mustaxkamlik, ishonchlilik, uzoq muddatligi («dolgovechnost») mezonlarining yig'indisidir. Foydalanish sharoitiga qarab materiallarni mustaxkamlik mezoni tanlanadi. Mashinasozlikda (ayniqsa, samolyotsozlikda) ishlatiladigan materiallar uchun materialni massa bo'yicha samaradorligi muhim ahamiyatga ega. Samaradorlik solishtirma (nisbiy) harakteristikalar bilan baholanadi.

Solishtirma mustaxkamlik:

$$\sigma_c = \sigma / \rho g, \quad (1.1)$$

bu yerda σ -material mustaxkamligi, σ -kg/mm², ρ -zichlik g/sm³, $g=9,8$ erkin tushish tezlanishi.

Solishtirma bikirlik:

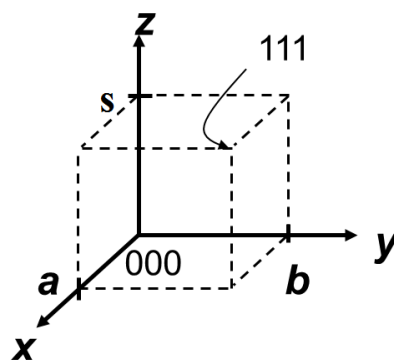
$$\gamma_c = E / \rho \cdot g, \quad (1.2)$$

bu yerda E-elastiklik moduli.

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

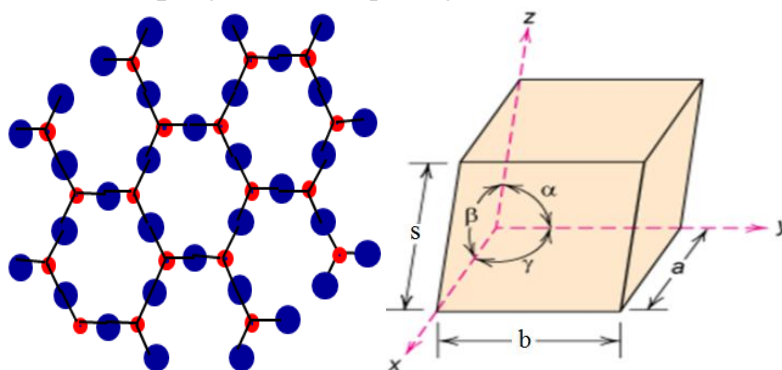
Barcha metallar va qotishmalar qattiq holatda kristallik jism bo'ladi; bu degani ma'lum xaroratgacha (T_{erish}) u qattiq holatda bo'lib o'z forma va o'lchamlarini saqlaydi. Bu xaroratdan o'tgach u suyuq xolatga o'tadi. Kristallik jismlar zarrachalarining (atomlarining) fazoda tartibli joylashganligi bilan ifodalanadilar. Bunga kristallik panjara deyiladi. Kristallik panjara bu tasavvur

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



1.5-rasm. Kristallik panjara sxemasi.

Metall va qotishmalar kristall jismlar bo'lib, ularda musbat ionlar kristall panjaralar xosil qiladi. Amorf jismlarda (shisha, yog'och, chinni) atomlar tartibsiz joylashgan bo'lib, kristall panjara hosil qilmaydi.



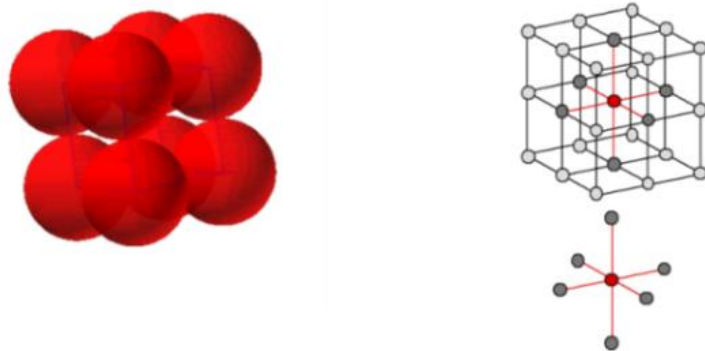
1.6-rasm. Atomlarni o'zaro joylashishi.

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

Kristallarning asosiy ko'rsatgichlari (parametrlari) quyidagilardan iborat:

- 1) elementar yacheyka qovurg'alarini o'lchamlari, a, b, c -panjara davri –eng yaqin atomlar markazlari orasidagi masofa.
- 2) o'qlar orasidagi burchaklar (α, β, γ).
- 3) koordinatsion son (K). Bu panjaradagi xoxlagan atomdan bir xil eng kam masofada joylashgan atomlar sonini ko'rsatadi.
- 4) panjara bazasi-bitta panjaraning elementar yacheykasiga to'g'ri kelgan atomlar soni.
- 5) kristallik panjarada atomlarni joylashish zichligi- shartli ravishda qaralganda bikir shar deb qaralganda, atomlarni egallagan xajmi. Bu atomlar egallagan xajmni yacheyka xajmiga nisbatan olinadi.

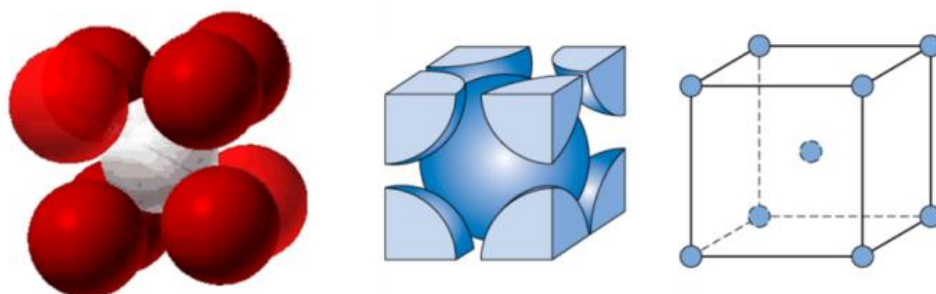
Xajmi markazlashgan kubli panjara uchun – 0,68, yoqlari markazlashgan kub panjara uchun – 0,74.



1.7-rasm. Hajmi markazlashgan kristall panjarasi.

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

misol: Cr, W, Fe (α), Tantal, Molybden



1.8-rasm. Hajmi markazlashgan kub panjara.

Metallar uchun eng ko'p tarqalgani asosan 3 xil bo'ladi:

1. **Hajmi markazlashgan kubli (X.M.K.) (1.10-rasm.a):** Atomlar kubning cho'qqilariga va unung markazida joylashgan. Bu quyidagi metallarga talluqli: V, W, Ti, Fe $_{\alpha}$;

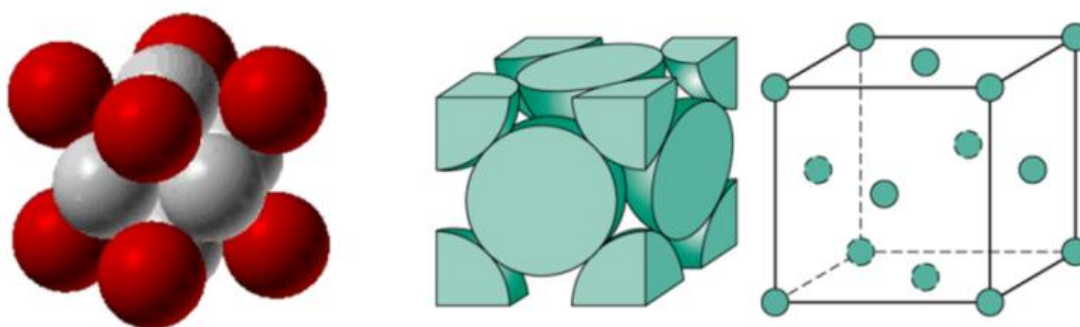
2. **Yoqlari markazlashgan kubli (YO.M.K.) (1.10-rasm.b):** Atomlar kubning cho'qqilarida va xar-bir 6 yoqlarining markazida joylashgan. Bu metallar: Ag, Au, Fe;

3. **Geksagonal (1.10-rasm.s):** buni asosida olti burchak yotadi. Bu o'z navbatida 2 xil bo'ladi: oddiy atomlar yacheyka cho'qqillarida va asos markazida joylashgan. Zich joylashgan o'rta yuzada 3ta qo'shimcha atom mavjud. Gyoqsagonal panjarali metallar: Zn, Mg, Cg, Ti.

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

Amorf jismlar fazoda betartib joylashgan: smola, shisha parafin.

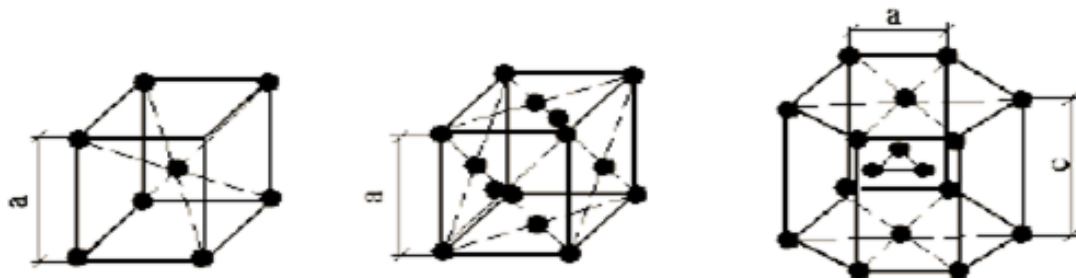
misol: Al, Cu, Au, Pb, Ni, Pt, Ag



1.9-rasm. Geksagonal kristall tuzilishi.

Amorf jismlar qizdirilganida yumshaydi, uyushqoq bo‘lib qoladi, keyinchalik suyuq xolatga o‘tadi. Sovutilganda jarayon teskari tarzda o‘tadi. Barcha amorf jismlar **izotrop** xususiyatga ega. Bu degani atomlarning joylashish yo‘nalishlarining xammasida bir xil xususiyatga ega. Kristall panjarali jismlarning barchasi **anizotrop** xususiyatli, ya’ni barcha yo‘nalishlarga xususiyatlari xar-xil.

Ba’zi metallar **polimarfizim** (allotropiya) xodisasiga ega, ya’ni xar-xil sharoitda xar-xil strukturaga ega. Harorat va bosim o‘zgarishibilar bir kristallik strukturadan (panjaradan) ikkinchi struktura (panjaraga) o‘tadi. Bu metallar: Fe, Co, Ti, Mn, Ca...



1.10-rasm. Kristall panjaralarning asosiy turlari: a – xajmi markazlashgan kubli; b – yoqlari markazlashgan kubli; s – gyoqsogonnal.

Allotropik o‘zgarish vaqtida issiqlik ajralib chiqadi yoki yutiladi. Bir metallni har-xil alpotrolik formalarini grek alfaviti bilan belgilanadi. Masalan, temir:

Fe_{α} bu harorat $t < 911^{\circ}C$ do X.M.K;

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

$1392 < t < 1539^{\circ}C$ – X.M.K – Fe_{β} ;

Fe_{β} - bu yuqori haroratli. $Fe_{2\alpha}$.

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

Polimorfizm xodisasini ishlatib termik ishlash yordamida qotishmalarni puxtalash (mustaxkamlash) va yumshatish mumkin.

1.3. Real metallar tuzilishi. Real materiallardagi nuqsonlar.

Real kristallar o'zlarining kristall tuzilishida har xil ko'rinishdagi nomukammalliklarga ega bo'lib, ular metall va qotishmalarning xossalriga kuchli darajada ta'sir qiladi. Metall va nometallarning nomukammalliklari nuqtaviy nuqsonlar (nol o'lchamli) dislokatsiya va ularning birgalikda bo'lishi, hamda ichki ajralish sirtlari ko'rinishlarida bo'lishi mumkin.

Nuqtaviy nuqsonlar metallar donalarining atom kristall strukturalari nuqtaviy nuqsonlari nomukammalliklarning klassifikatsiyasida geometrik belgilariga ko'ra nol o'lchamli ko'rinishda bo'ladi (1.1-jadval).

1.1-Jadval.

Geometrik belgilarga ko'ra nuqsonlarning tasniflanishi

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

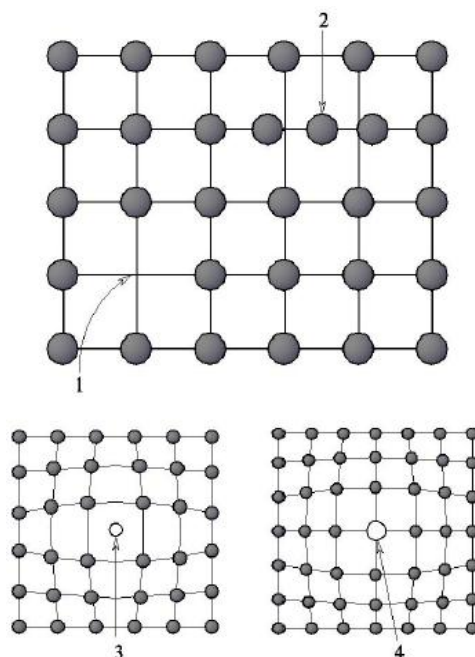
Nuqsonlarning geometrik belgilarga ko'ra tasniflanishida nomukammalliklarning kristall tuzilishdagi nuqtaviy, chiziqli va sirtiy nuqsonlar mikroskopik, hajmiy nuqsonlar esa makroskopik turga kiritiladi.

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

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

Vakansiya atomning panjara tugunidagi normal holatidan uzoqlashuvi natijasida sodir bo'ladi. Tugunlar orasidagi atom asosiy metall atomi bo'lib, u

kristall panjara tugunlarida joylashgan metall boshqa atomlari ta'sirida panjaradan siqib chiqarilgan ko'rinishda bo'ladi. Vakansiya va o'rin almashinuvchi atomlar asosiy metall atomlari o'rinlarini egallab, panjara uzelinesing istalgan joyida joylashishi mumkin. Tugunlar orasidagi qo'shimchalarning atomlari tugunlar orasida singuvchi ko'rinishda yoki asosan kristall panjara bo'shliqlarida joylashishi mumkin (1.11- rasm).



1.11-rasm. Nuqtaviy nuqsonlarni kristall panjara bo'shliqlarida joylashishi

Nuqtaviy nuqsonlarni elastik muhitda cho'zuvchi yoki siquvchi markazlar sifatida ham qarash mumkin. Bunday markazlar atrofidagi kuchlanishlar va deformatsiyaning ta'siri nuqsonlar yadrosi atrofida bir-ikki atom raduisi kattaligidagina bo'ladi. Atomlar orasidagi kuchlar juda yaqin ta'sirda bo'lib, masofalar uzoqlashuvi bilan ularning ta'siri tezda kamayadi.

Vakansiya har tomonlama cho'zuvchi markaz tavsifida, tugunlar orasidagi atomlar esa siquvchi kuchlanish tavsifida namoyon bo'ladi.

Nuqtaviy nuqsonlar nuqtaviy konsentratsiyasini berilgan haroratda ularning hosil bo'lishi energiyasi orqali aniqlanadi:

$$S = \exp\left(\frac{-E_0}{KT}\right) , \quad (1.3)$$

bu yerda:

E_0 – bitta vakansiya yoki tugunlar orasidagi atomning hosil bo'lish energiyasi;
 K – bolsman doimiysi; T – absolyut harorat.

Vakansiya hosil bo'lish energiyasi E_0^v atomning ichki hajmdan kristall sirtiga ko'chishdagi bajarilgan ishga teng bo'lib, ko'pgina metallar uchun uning qiymati 1 eV ga teng. Tugunlar orasidagi atom hosil bo'lishi energiyasi E_{0T} atomning sirtidan tugunlar orasiga ko'chishda bajarilgan ishga teng bo'lib, uning qiymati E_{0v} ga

nisbatan sezilarli darajada kata bo‘ladi. Chunki metall atomning sirtidan panjara ichki qismiga ko‘chishi uchun ko‘proq energiya zarur bo‘ladi. Metallar uchun $E_{OT} = 5 \text{ eV}$ ga teng.

Nuqsonlarning harakatlanuvchanligi ko‘chib o‘tish energiyalari bilan aniqlanadi. Ko‘chib o‘tish energiyalar bilan aniqlanadi. Ko‘chib o‘tish energiyasi tugunlar orasidagi atomlarda vakansiyaga nisbatan sezilarli darajada kichik bo‘ladi. Shuning uchun odatda vakansiya turg‘un konsentratsiyasidan katta bo‘ladi. Chunki vakansiyada atomning kristalni tark etishi yengil kechadi.

Kristalni qizdirishda dastlab uning tarkibida bo‘lgan va tugunlar orasidagi atomlar kristalni tark etadi. Ko‘pgina metallar uchun uning tarkibidagi tugunlar orasidagi atomlarning kristalni tark etish harorati $T_{er}/20$ ni, ortiqcha vakansiya uchun esa bu qiymat $T_{er}/5$ ni tashkil etadi. Kristalni qizdirishda nuqsonlarning turg‘unkonsentratsiyasi (1.3) ifodaga mos ravishda o‘zgaradi.

Haroratning absolyut nol qiymatga yaqinlashganida bunday nuqtaviy nuqsonlarning turg‘un konsentratsiyasi nolga intiladi. Bir xil yoki turli xildagi nuqtaviy nuqsonlar o‘zaro ta’sirlashib birikishi mumkin va komplekslar yoki klasterlar hosil qiladi.

Birlik vakansiyalar tasodifiy to‘qnashuvlari natijasida harakatchan divakansiyalarni yoki undan ham harakatchan o‘chlamchi vakansiyalarni hosil qilish mumkin.

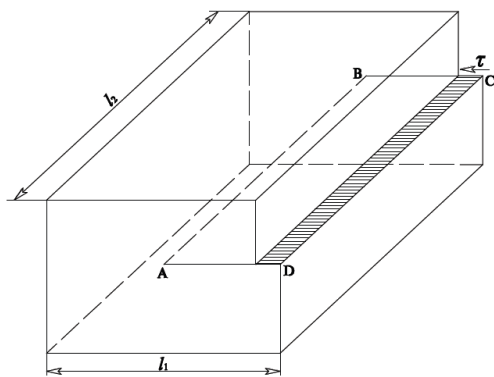
Tugunlar orasidagi atomlar gantellar (ikkita atomdan iborat konfiguratsiya) va parallel gantellardan iborat yassi klasterlar hosil qilish qobiliyatiga ega.

Vakansiya va tugunlar orasidagi atomlar qo‘shimcha element atomlari bilan turg‘un komplekslar hosil qilishi mumkin. Vakansiya komplekslarida qo‘shimchalar atomlari muhim o‘rin tutadi. Masalan, eskirish jarayonida vakansiya erigan metall atomlarining tezda ko‘chishini ta’minlaydi, tugunlar orasidagi atomlar esa bo‘sh vakansiyalarni «tutuvchi» vazifasini bajaradi. Shuning uchun metallarga termik va kimyoviy-termik ishlov berishda nuqtaviy nuqsonlarning u yoki bu xususiyatlaridan unumli foydalanish uchun sharoit yaratish muhim hisoblanadi.

Metallarning mustahkamligi va plastikligi, qattiq holatidagi fazaviy va strukturaviy o‘zgarishlari dislokatsiyalar nazariyasidan foydalanilgan holda juda yorqin yoritilishi mumkin.

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

Dislokatsiyaning siljish hodisasini quyida ko‘rib chiqaylik. 1.12- rasmda yuqori qismi pastki qismiga nisbatan bir atomlararo masofaga siljigan parallelipiped tasvirlangan.

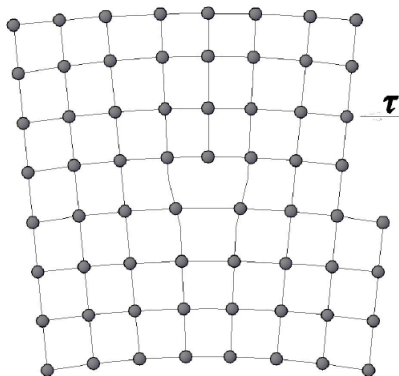


1.12-rasm. AB cheka dislokatsiya hosil qiluvchi siljish, strelka - siljish vaqti

Parallelipipedda: ABCD – siljish sodir bo‘lgan sirpanish tekisligi uchastkasi; AB – siljish soxasi chegarasi. 1.12- rasmda AB ga perpendikulyar atom tekisligi bo‘yicha parallelipiped qirqimi ko‘rsatilgan. Siljish natijasida kristall yuqori qismida ortiqcha yarim tekislik hosil bo‘lgan. Bu yarim tekislik ekstratekislik deb nomlanadi. Ekstratekislik chekkalari bo‘ylab nomukammal panjarali soha tortilgan bo‘lib, ekstratekislik chekkasi yuqorisida atomlararo masofa normal qiymatlaridan kichik (atomlarning quyuqlashgan sohasi), pastki qismida esa kata (atomlarning siyraklashgan sohasi).

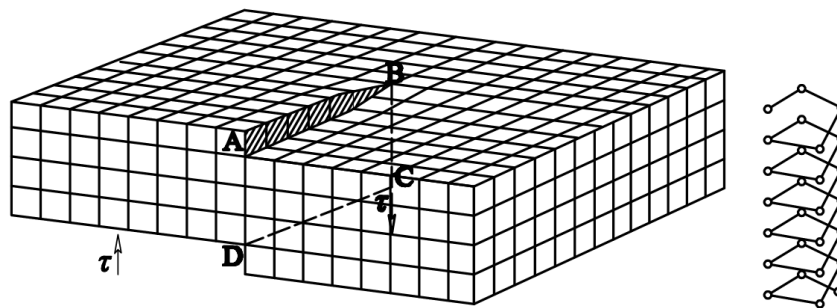
Ekstratekislik chekkasi atrofidagi kristaldagi nomukammallik sohasi chekkadagi dislokatsiya deyiladi. Chekkadagi dislokatsiya chizig‘i siljish vektoriga perpendikulyar bo‘ladi.

Chekkadagi dislokatsiyani shartli ravishda agar u ekstratekislik yuqorisida joylashgan bo‘lsa musbat va aksincha pastki qismida bo‘lsa manfiy deyiladi (1.13-rasm).



1.13-rasm. Kub panjarali chekka dislokatsiya: strelka – siljish vektori

Ikkinchi turdagi dislokatsiya vintsimon dislokatsiya bo‘lib, u kristalda tilik qilingan bo‘lsa va kristalning bir qismi ikkinchi qismiga nisbatan bir atomlararo masofaga pastga siljigan hollarda namoyon bo‘ladi. O‘ng tomon ko‘chish qiymati chap tomonga nisbatan A nuqtadan B nuqttagacha kamayadi (1.14- rasm).



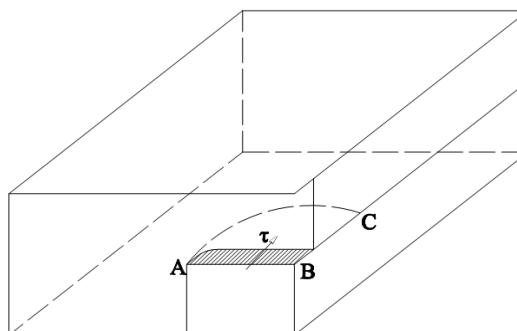
1.14-rasm. Vintsimon dislokatsiya kristalli

Kristalda bir atom tekislikka siljish natijasida gelikoid ko‘rinishidagi buralish (vintsimon narvon) supacha hosil bo‘ladi. BC chizig‘i atrofidagi kristaldagi nomukammallik sohasi vintsimon dislokatsiya deyiladi.

Chekka dislokatsiyadan farqli ravishda vintsimon dislokatsiya birinchidan siljish vektoriga parallel, ikkinchidan esa u siljish vektorini aniqlamaydi. Ya‘ni vintsimon dislokatsiya chizig‘i(BC) bo‘lgan istalgan tekislik bo‘ylab siljishda hosil bo‘lishi mumkin.

Chekka va vintsimon dislokatsiyalar aralashgan dislokatsiyalarning xususiy hollari hisoblanadi. Aralashgan dislokatsiyaning aralashgan chizig‘ibu egri chiziq bo‘ylab, uning alohida uchastkalarida chekka orientatsiyalangan dislokatsiya ko‘chish vektoriga perpendikulyar yoki vintsimon orientatsiyalanganani esa siljish vektoriga parallel bo‘ladi. Lekin uning eng ko‘p qismi siljish vektoriga perpendikulyar ham parallel ham emas.

Aralashgan dislokatsiya chizig‘ikristall chegarasida ham tugashi mumkin, yoki kristall ichida yopiq tekis xalqa hosil qilishi mumkin. Umumiy holda istalgan dislokatsiya chizig‘isiljish soxasi chegarasi bo‘lib xizmat qiladi (1.15-rasm).

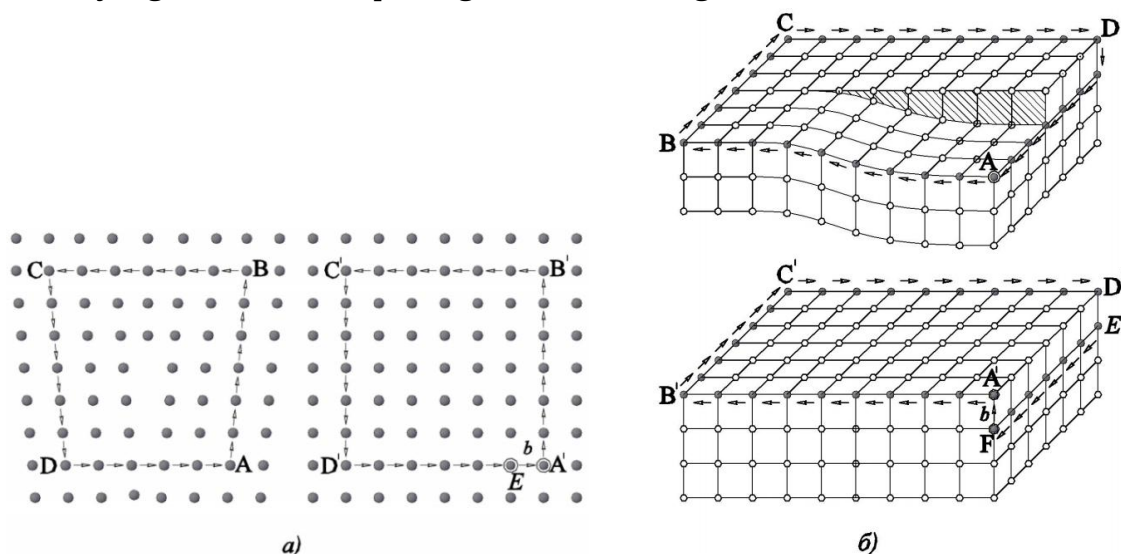


1.15-rasm. AC aralashgan dislokatsiyani hosil qiluvchi siljish

Kristall panjaralarda dislokatsiyalar bo‘lishi bilan sodir bo‘ladigan qisilishning o‘lchovi, hamda dislokatsiyaning harakatchanligini va energiyasini, unga ta‘sir qiluvchi kuchlarni, siljish bilan bog‘liq bo‘lgan qiymatlarni aniqlovchi bosh miqdoriy tavsifnoma Byurgers vektori hisoblanadi. Agar dislokatsiya kristalga siljish vektori Byurgers vektori deyiladi.

Haqiqiy kristaldagi panjaralarning qisilish darajasini baholash uchun kristallning mukammal sohasida nuqsonning atrofidagi bir atomdan ikkinchi atomga o'tish usuli bilan Byurgers konturi quriladi.

1.15- rasm, a,b) da chekka dislokatsiya (a) va vintsimon dislokatsiya atroflarida Byurgers konturini qurishga misol keltirilgan.



1.16-rasm. Chekka (a) va vintsimon (b) dislokatsiya atrofida Byurgers konturi

Byurgers konturini qurishda dastlabki berilgan nuqta sifatida A atom qabul qilingan. Dislokatsiyani aylanib o'tish yo'li bilan ABCD yopiq kontur olinadi. Mukammal kristalda mos ravishda o'tkazilgan konturdan keyin Byurgers konturi yopiq ko'rinishda hosil qilinadi.

Hosil qilingan Byurgers konturi dislokatsiya natijasida panjaraning qisilish o'lchovi hisoblanadi. Konturning yopiqqligini ta'minlovchi vektor Byurgers vektori (v) deb ataladi.

Umumiy holda Byurgers vektori va dislokatsiya chizig'io'rtasidagi burchak 90° dan (chekka tashkil etvchi uchun) 0° gacha (vintsimon tashkil etuvchi uchun) o'zgaradi. Byurgers vektori dislokatsiyaga invariant hisoblanadi va dislokatsiya bilan birgalikda bir ma'noda sirpanish tekisligini aniqlaydi.

Dislokatsion strukturalar muhim tavsifnomasi hajm (V) birligiga to'g'ri keluvchi barcha dislokatsiya chizig'i uzunliklarining yig'indisi hisoblanadi. Bu tavsifnoma dislokatsiya zichligi ρ deyiladi va u quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$\rho = \frac{\sum l}{V}, \text{ sm}^{-2} \quad (1.4)$$

bu yerda: $\sum l$ – dislokatsiya chiziqlari uzunliklari yig'indisi, sm;

V - hajm, sm^3 .

Dislokatsiya kristalning energiyasini oshirishda va ichki kuchlanishlar maydonining markazi hisoblanadi. Ichki kuchlanishlar qiymati dislokatsiyadan

uzoqlashgan sari kamayib boradi. Dislokatsiya energiyasi (E) panjaraning siqilish darajasini tavsiflovchi Byurgers vektori (v) va atomlararo bogʻlanish kuchi mustaxkamligini ifodalovchi siljish moduli (G) larga bogʻliq. Siljish moduli qanchalik kata boʻlsa, atomlarning koʻchishga qarshiligi shunchalik darajada kuchli boʻladi, yaʼni bunda qisilgan panjaraning energiyasi (E) katta boʻladi.

Panjaraning qisilish energiyasi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$E = \alpha \cdot G \cdot V^2, \quad (1.5)$$

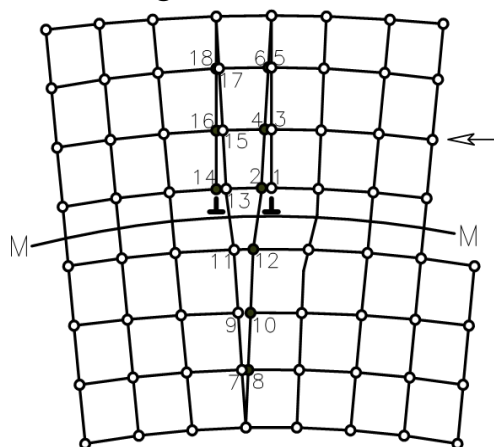
bu yerda: α – 0,5 – 1,0 orali-idagi koefitsient;

G – siljish moduli;

v – Byurgers vektori.

Shuni taʼkidlash lozimki dislokatsiya atrofida hosil qilingan kuchlanishlar maydoni qoʻshni dislokatsiyalarga taʼsir qiluvchi kuchlar manbai sifatida oʻz xossasini namoyon qiladi.

Dislokatsiyaning asosiy xususiyatlaridan biri uning kuchlanish taʼsirida kristall ichida yengil koʻchigi hisoblanadi. 1.17-rasmda chekka dislokatsiyaning bir birlik atomlararo masofaga siljishida koʻchishning atom mexanizmi sxemasi keltirilgan. 1.17-rasmda atomlarning dastlabki holati aylanalar koʻrinishida, oxirgi holati esa doira koʻrinishlarida keltirilgan.



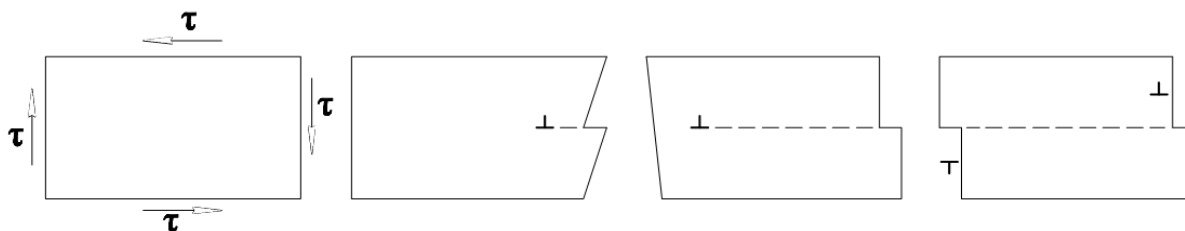
1.17-rasm. Chekka dislokatsiyaning oʻngdan chapga bir-birlik atomlararo masofaga sirpanishida atomlarning koʻchishi sxemasi. Yangi holatda joylashgan atomlar punktirchiziqlari orqali tasvirlangan.

Dislokatsiya sohasida atomlarning unchalik darajada sezilarli boʻlmagan siljishi dislokatsiyaning bitta atomlararo masofaga koʻchishiga olib keladi. (7-17) tekislik ikki qismga ajraladi, uning pastki qismi dastlabki ekstra tekislik bilan (8-6) tekislikga birlashadi, yuqorisi esa yangi (14-18) ekstratekislikka aylanadi.

Kristaldagi siljish asta-sekin tarqaladi. Vaqtning har lazasida siljishda sirpanish tekisligining har ikkala tomonidagi hamma atomlar ishtirok etmaydi. Dislokatsiyaning sirpanish tekisliklariga urinma kuchlanishlar taʼsirida koʻchishi

atomlarning ko‘chishi orqali sodir bo‘lib, bu hodisa sirpanish yoki konservativ xarakat deb yuritiladi.

1.18-rasmda chekka dislokatsiyaning uning sirpanishida egallaydigan har-xil xolatlari keltirilgan.



1.18-rasm. Chekka dislokatsiyaning butun kristall bo‘ylab bir atomlararo masofaga yuqori qismining pastki qismiga nisbatan o‘ngdan chapga qarab siljishi sxemasi

Dislokatsiyaning sirpanish tezligi ta’sir qiluvchi kuchlanish qiymati, harorat va struktura parametrlari kabilar bilan aniqlanadi.

Bir qator kristallar uchun dislokatsiyaning sirpanish tezligi v unga ta’sir etuvchi kuchlanishga bog‘liqligi quyidagi empirik formula orqali ifodalanadi:

$$V = V_0 \cdot \left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^m, \quad (1.6)$$

bu yerda: τ_0 – $v=1$ v/c bo‘lganda urinma kuchlanish;

τ – sirpanish vaqti;

m – material konstantasi;

v_0 – boshlang‘ich tezlik.

Chekka dislokatsiya faqat o‘zining sirpanish tekisligi bo‘ylab ko‘chmasdan, balki dastlabki tekislikga parallel bo‘lgan yangi tekislik holatiga ham o‘tadi. Bunday ko‘chishning mexanizmi sirpanish mexanizmidan farq qilib, o‘ta siljuvchanlik deyiladi (perepolzanie).

Dislokatsiyaning o‘ta siljuvchanlik xossasi termik ish jixatdan faollashadigan jarayon bo‘lib, haroratni oshib borishi bilan uning tezligi ham oshib boradi.

O‘ta siljuvchanlik tezligi faqatgina haroratga bog‘liq bo‘lmasdan nuqtaviy nuqsonlarning konsentratsiyasiga ham bog‘liqbo‘ladi.

Vintsimon dislokatsiyaning sirpanishi faqat nomukamallik sohasining ichki qismida atomlarning ko‘chishi natijasida sodir bo‘ladi. Chekka dislokatsiyaga o‘xshash ravishda vintsimon dislokatsiya panjarining bir davriga ko‘chadi. Bunda atomlar ko‘chishi kuchlanish yadrosi ichki qismida sodir bo‘ladi.

Vintsimon dislokatsiya bir tekislikdan boshqasiga massalari ko‘chmasdan (konservativ xarakat) o‘tishi mumkin. Agar sirpanish tekisligi to‘siqqa duch kelsa dislokatsiya yangi tekislik bo‘yicha sirpana boshlaydi. Vintsimon dislokatsiya chekka dislokatsiyaga o‘xshab diffuzion yo‘l bilan sodir bo‘lmaydi. Vintsimon

dislokatsiya agar o'zaro parallel joylashgan bo'lsa bir xil belgili holatda bir biridan itariladi va aksincha har xil belgili bo'lsa bir biriga tortiladi. O'zaro parallel bo'lgan chekka va vintsimon dislokatsiyalarning o'zaro ta'sirlashuv kuchi nolga teng bo'ladi.

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

Qo'shimcha atomlar dislokatsiya tomonidan tortishuv kuchi ta'sirida bo'ladi. Kristalda singish usuli bilan erigan element atomlari cho'zilish sohasiga tortiladi. O'rin almashinish usulida erigan qo'shimcha atomlar o'lchamlari asosiy metall atomlaridan kata bo'lsa cho'zilish sohasida tortiladi, agar qo'shimcha atom asosiy element atomidan o'lchamlari bo'yicha kichik bo'lsa siqilish sohasiga tortiladi.

Singan qo'shimcha atomlar o'rin almashinuvchi atomlarga nisbatan chekka dislokatsiyaga kuchli darajada tortiladi. Aralashgan dislokatsiya esa o'ziga barcha turdagi atomlarni tortadi.

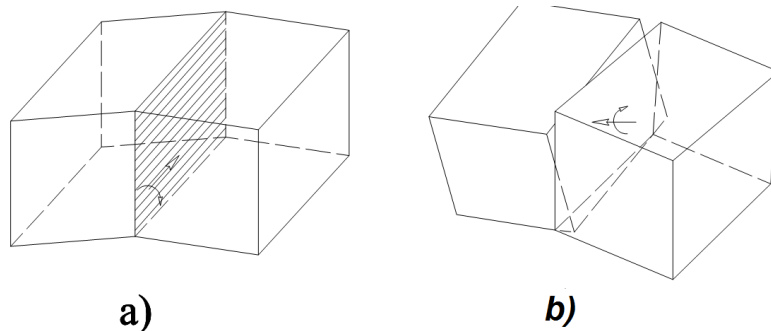
Chekka dislokatsiya atrofida kuchlanish maydonida vintsimon yoki aralashgan dislokatsiyalarning atrofida qo'shimcha singan atomlarning joylashuv bo'yicha tartiblanishi kuzatiladi. Bu Snuk effekti deyiladi. Dislokatsiya chizig'iatrofida qo'shimcha singan atomlarning tartibli joylashgan sohasi Snuk atmosferasi deyiladi.

Yuqori haroratlarda qo'shimcha atomlari panjara nuqsonlari o'rtasida va panjaralarning o'zida diffuziya yuli bilan shakllanadi. Atomlarning bunday qayta ishlanishi Suzuki deb nomlanadi. Qayta taqsimlanish natijasida cho'zilgan dislokatsiyaning nusxasida qo'shimcha va legirlovchi elementlarning konsentrativ taxtlanish Suzuki atmosferasi deb yuritiladi. Suzuki bo'yicha kimyoviy o'zaro ta'sir chekka, vintsimon va dislokatsiyalar uchun bir xil va kuchli darajada bo'ladi.

Ichki ajralish sirtlari. Metallarning ichki tuzilishini tashkil etuvchi donalar va subdonalar chegaralari ichki ajralish sirtlari deb yuritiladi. Ichki ajralish sirtlarining har ikkala tomoni bo'ylab kristall qopqoqlar o'zlarining fazoviy orienterlari bilan farq qiladilar.

O'zaro qo'shni bo'lgan panjaralarning orientatsiyasi ularning kristall grafik yo'nalishlari va burilish burchaklari atrofii uchun umumiy bo'lib, ikkita qo'shni kristallar panjaralarining parallel ravishda joylashuviga olib keladi.

Agar kristallarning aylanish o'qi donalar (subdonalar) chegaralari tekisligida yotsa bunday sirtlarni og'ish chegaralari deb aytiladi (1.19-rasm, a). Agar aylanish o'qi chegaralariga perpendikulyar bo'lsa, bu chegara buralish chegarasi deb yuritiladi.

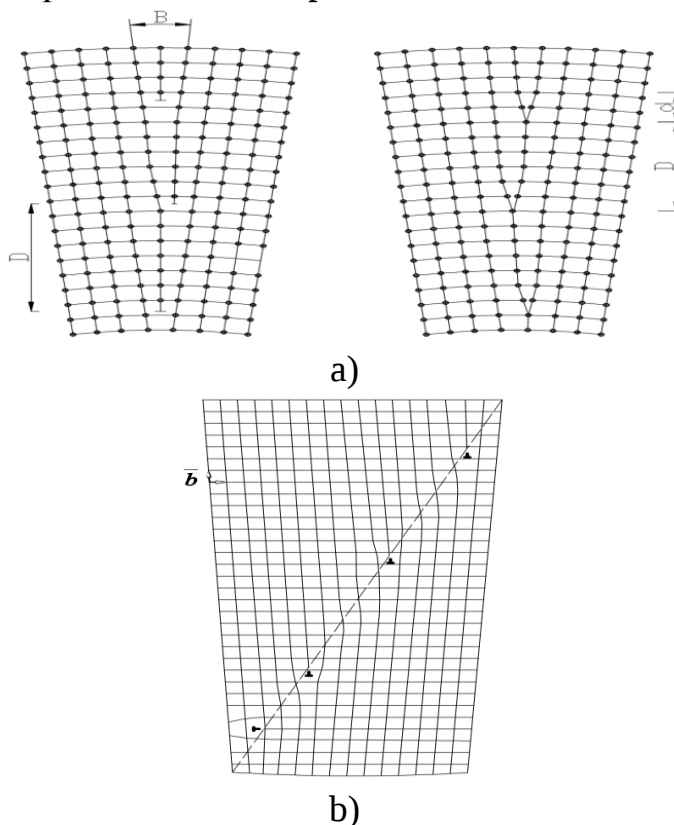


1.19-rasm. Og‘ish (a) va buralish (b) chegaralari

O‘zaro qo‘shni donalarning chegaralari noorientatsiyasi 10^0 dan kichik burchakli, noorientatsiya undan kata bo‘lsa kata burchakli chegaralar deyiladi.

Kichik burchakli chegaralar bir necha dislokatsiyalar tizimidan hosil bo‘ladi va ularning og‘ishi chegarasi bir xil belgili chekka dislokatsiyalar uchun devor vazifasini o‘taydi. Agar ikkita dona yoki sub dona chegara tekisligiga nisbatan simmetrik joylashgan bo‘lsa, uni simmetrik og‘ish chegarasi deb yuritiladi. Nosimmetrik og‘ish chegarasi juda murakkab tuzilishga ega.

Kichik burchakli buralish chegarasi ikkita o‘zaro perpendikulyar bo‘lgan vintsimon dislokatsiyalar qatoridan to‘rsimon ko‘rinishda hosil bo‘ladi. 1.19 va 1.20- rasmlarda chegaralar tuzilishining modellari ko‘rsatilgan. Umumiy holda kichik burchakli chegara turli xilda orientatsiyalangan va turli Byurgers vektorlari bo‘lgan dislokatsiyalar qatoridan tarkib topadi.



1.20-rasm. Og‘ish chegaralarining simmetrik (a) va nosimmetrik (b) tuzilishi dislokatsion modeli

Kichik burchakli chegaralar – dislokatsiyalar devori eritmada kristallar o‘shida, plastik deformatsiyada va sovuqlayin deformatsiyadan keyin qayta kristallanishgacha yumshatishda hosil bo‘ladi.

Kristallarning subdonalar (poligonlar) ga ajratishga olib keladigan dislokatsiya devorlarining hosil bo‘lishi poligonizatsiya deyiladi.

Kichik burchakli chegara alohida dislokatsiyalar bilan o‘zaro elastik ta’sirlashadi, o‘ziga nuqtaviy nuqsonlarni tortadi. Bunda qo‘shimchalar atomlari sirt nuqsonlarining ko‘chishini to‘xtatadi va substrukturani turg‘unlashtiradi.

Eritmaning kristallanishida har xil markazlaridan o‘tib yoki qattiq holatda fazaviy o‘zgarishlar natijasida hosil bo‘luvchi donalar chegaralari asosan yuqori burchakli chegaralarga kiradi.

Hozirgi paytda yuqori burchakli chegaralar to‘g‘risida aniq nazariya mavjud emas. Uni aniqlashning elektron, desorbsion mikroskopiya usullari mavjud bo‘lib, uning tuzilishi to‘g‘risida tasavvurlar rivojlanib bormoqda. Uning tuzilishini urganishda maxsus yoki «turg‘un» chegaralar kristallitlararo sirtlar, donalarining kristallografik orientatsiyalari o‘rganilib borilmoqda. Bunga ikkita donaning umumiy o‘q atrofida taxminan 38^0 ga burilganda hosil bo‘ladigan Kronberg – Vilson chegarasi misol bo‘la oladi. Bunda bitta kristallitning panjaralari uzellari qismlari boshqa uzellar bilan mos tushadi, ya’ni har ikkala donaning «o‘ta - panjara» si yoki mos uzellar panjaralari hosil bo‘ladi.

Oxirgi yillarda yuqori burchakli chegaralar xossalari va strukturalarini ifodalash uchun dona – chegara dislokatsiyalari haqidagi tasavvurlar asosidagi qarashlar ilgari surilmoqda. Bu borada ayniqsa o‘zbek olimlari A.A. Muxammedov va uning shogirdlari tomonidan amalga oshirilgan va oshirilayotgan dislokatsion nazariyaga asoslanib metall va uning strukturalaridan o‘zgarishlarga ta’sir qilish usullarini yaratishdagi olib borayotgan ilmiy jihatdan asoslangan ishlarni misol keltirish mumkin. Bu ishlari tegishli mavzularda alohida to‘xtalib o‘tilishga xarakat qilinadi.

Dislokatsion nuqtai nazardan ichki ajralish sirtlari strukturalari haqidagi tasavvurlarda donalarning o‘zaro ko‘chishi, ya’ni dona – chegara sirpanishi faqat dona – chegara dislokatsiyalari natijasida sodir bo‘ladi. Chegaraning harakati haroratga, qo‘shimchalarning bo‘lishiga kristallitlarning orientatsiya burchaklariga va boshqa shu kabilarga bog‘liq bo‘ladi. Chegaralar migratsiyasi atomlarning bir donadan ikkinchi donaga o‘zaro diffuzion ko‘chishi donalararo sirtlar xarakatiga teskari yo‘nalishda sodir bo‘lishiga olib keladi va issiqlik ta’sirida faollashadi.

Asosiy metall tarkibidagi qo‘shimchalar bu jarayonni sekinlashtiradi, mukammal tuzilishga ega bo‘lgan maxsus chegaralarni cheklaydi va o‘ziga legirlovchi elementlarning atomlarini tortib oladi.

Yuqori burchakli chegara migratsiyasi metallarning qattiq holatida ichki o'zgarishlari va kata kristallanishining rivojlanishini ta'minlovchi muhim jarayonlardan biri hisoblanadi.

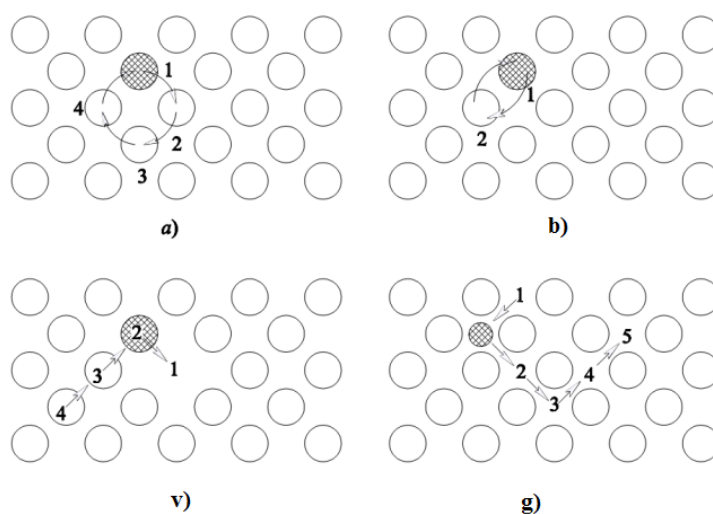
Diffuziya. Metall va qotishmalarda sodir bo'ladigan ko'plab jarayonlar: kristallanish jarayoni, fazaviy va strukturaviy o'zgarishlar, qayta kristallanish, sirtki boshqa elementlar bilan boyitish jarayonlari va boshqa shu kabilar diffuzion tavsifga ega.

Diffuziya deganda atomlarning kristall jismda berilgan modda atomlararo masofasining o'rtacha qiymatidan katta masofaga ko'chishi tushiniladi. Agar atomlarning ko'chishi alohida jismlarda konsentratsiya o'zgarishlari bilan bog'liq bo'lmasa bunday jarayon o'zdiffuziya deyiladi.

Qotishmalar yoki metallarda yuqori tarkibli qo'shimchalarning konsentratsiyasining o'zgarishi bilan kuzatilsa diffuziya yoki geterodiffuziya deyiladi.

Kristallarda sodir bo'ladigan diffuzion jarayonlar asoslarida atom mexanizmi yotadi. Bunda har bir atom panjarada turli turg'un holatlari oraliqlarida bir nechta sakrashlar qiladi, ya'ni atom katta yoki kichik tasodifiy daydi xarakatlar qiladi. Umuman diffuziyaning atom nazariyasi diffuziya mexanizmini chuqurroq o'rganishdan boshlanadi. Bunda asosan berilgan atom qanday qilib bir o'rnidan ikkinchi bir o'rniga ko'chishi to'g'risidagi savolga javob berish zarurati tug'iladi.

Qattiq kristall jism «metall» larda diffuziya jarayonini yoritish uchun diffuziyaning sodir bo'lishi mumkin bo'lgan: siklik, almashinuv, vakansion va tugunlararo mexanizmlari taklif etilgan (1.21-rasm).



1.21-rasm. Diffuziya mexanizmlari sxemalari: a-siklik; b-almashinuv; v-vakansion; g-tugunlararo (raqamlar bilan atomlarning ko'chish ketma-ketligi ko'rsatilgan)

Diffuziyaning siklik mexanizmiga ko'ra atomlar ko'chishi bir guruh atomlarning birgalikdagi harakati (siklik aylanish) natijasida yuzaga keladi. 1.21-rasm, a) da 4 ta atomning o'zaro siklik aylanish sxemasi keltirilgan. Bunday aylanish unchalik kata energiya talab qilmaydi, lekin uning sodir bo'lishi ehtimolligi juda kichikdir. Diffuziyaning almashinuv mexanizmga o'xshash bo'lib, unda faqat ikkita atom qatnashadi, ya'ni ikkita atom bir birining o'rnini almashinadi.

Diffuziyaning vakansion mexanizmida (1.21-rasm) atom vakansiya joyiga ko'chadi, tugunlararo mexanizmida atom eng yaqin tugun oralig'ida turg'unholatiga ko'chib o'tadi (1.21-rasm, g).

Metallning metallga diffuziyasi asosan ko'proq vaansion mexanizm bo'yicha sodir bo'ladi. Bunda vakansiya 1 o'rniga yuqori energiyaga ega bo'lgan atom 2 ko'chib o'tadi. Atom 1 ning ilgari o'rnida vakansiya bo'lib qolishi mumkin yoki bu vakansiyaning keyingi atom 3 yoki atom 4 kabilar egallashi mumkin.

Metallga atom radiuslari kichik bo'lgan elementlar radiusi, masalan C, H, N kabilar, diffuziyasi tugunlararo mexanizm bo'yicha sodir bo'ladi (1.21-rasm, g).

Diffuziya tezligi birlik ajralish sirti yuzasi orqali vaqt birligida diffuziyalanuvchi modda miqdori m bilan aniqlanadi. Diffuziyalanuvchi (vaqt birligida) modda miqdori m ajralish sirtiga normal yo'nalishda elementning konsentratsiya gradienti $\frac{dc}{dx}$ ga bog'liq. Diffuziya tezligi diffuziya koeffitsientiga to'g'ri proporsional:

$$m = -D \frac{dc}{dx}, \quad (1.6)$$

bu yerda: D – diffuziya koeffitsienti;

dc – konsentratsiya;

dx – tanlangan yo'nalish bo'yicha masofa.

Keltirilgan (1.6) bog'lanish Fikning birinchi qonuni deyiladi. Ifodadagi «-» ishora diffuziyaning yuqori konsentratsiyali hajmdan kam konsentratsiyali hajmga qarab sodir bo'lishini bildiradi.

Agar konsentratsiya gradienti vaqt bo'yicha o'zgarsa u holda diffuziya jarayoni Fikning ikkinchi qonuni bilan ifodalanadi:

$$\frac{dc}{d\tau} = D \frac{d^2c}{dx^2}, \quad (1.7)$$

Bu qonunning ifodasini keltirib chiqarishda diffuziya koeffitsienti konsentratsiyasiga bog'liq emas deb qabul qilingan va ifoda faqat o'zdiffuziya uchun o'rinlidir. Shuning uchun (1.7) tenglama diffuziyaning aniq chegaraviy sharoitlari uchun echilgan va echilishi lozim.

Keltirilgan tenglamani Gauss xatoliklar funksiyasi yordamida integrallash mumkin. Bunday xisoblarning natijasida quyidagi ko‘rinishda parabolik qonun olinadi.

$$x = a\sqrt{\tau} , \quad (1.8)$$

bu yerda: a – constanta;

τ – vaqt.

Formula (1.8) diffuziya koeffitsientiga aniq fizikaviy ma’no beradi. Agar x diffuziylanuvchi atomlarning o‘rtacha ko‘chishi bo‘lsa, u holda diffuziya koeffitsienti taxminan o‘rtacha ko‘chishi kvadrati orqali ifodalanishi mumkin:

$$\overline{x^2} = 2D\tau \quad \text{yoki} \quad D = \frac{\overline{x^2}}{2\tau}, \quad \left[\frac{\text{sm}^2}{\text{sek}} \right], \quad (1.9)$$

(1.9) ifoda parabolik bog‘lanish bo‘lganligi jarayonning har doim diffuzion kinetika bo‘yicha sodir bo‘lishini ko‘rsatadi.

Diffuziya koeffitsienti D o‘lchov birligi $\left[\frac{\text{sm}^2}{\text{sek}} \right]$, ya’ni birlik vaqt (1 sek) ichida birlik yuza (1 sm^2) orqali diffuziylanayotgan moda miqdorining birlik konsentratsiyaga kamayishini ko‘rsatadi.

Diffuziya koeffitsienti qotishmaning tabiatiga, donalar o‘lchamlariga va ayniqsa haroratga kuchli darajada bog‘liqdir. Diffuziya koeffitsientining haroratga bog‘liqligi eksponensial qonunga bo‘ysunadi va quyidagicha ifodalanadi:

$$D = D_0 \exp\left[-\frac{Q}{RT}\right], \quad (1.10)$$

bu yerda: D_0 – eksponensial oldi ko‘paytuvchi, uning qiymati kristall panjaralarning turi bilan aniqlanadi;

$R = 8,31 \left[\frac{\text{J}}{\text{Kmol}} \right]$ universal gaz doimiysi;

T - harorat, K;

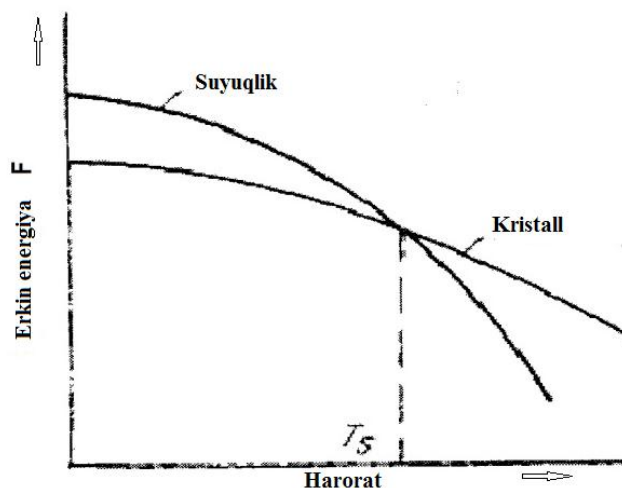
Q – faollashuv energiyasi, $\left[\frac{\text{J}}{\text{gr} \cdot \text{atom}} \right]$

Diffuziya jarayoni sirtlar va donalar chegaralari bo‘ylab juda engil kechadi, chunki bu joylardir kristall tuzilishning nuqsonlari: vakansiya, dislokatsiya va boshqalar to‘plangan bo‘ladi. Shuning uchun hajmiy diffuziyada donalar chegaralari bo‘ylab diffuziyaning faollashuv energiyasi hajmdagiga nisbatan taxminan ikki marta kam bo‘ladi.

1.4. Metallarning kristallanishi. Metall quymaning tuzilishi

Jismlar to‘rtta agregat holatda bo‘lishi mumkin: qattiq, suyuq, gaz, plazma. Jism bir holatdan ikkinchi holatga o‘tishi mumkin, agar ikkinchi holat sharoitida yangi holat ko‘proq turg‘un (barqaror) bo‘lsa. Tashqi sharoit o‘zgarishi bilan erkin

energiya murakkab qonuniyat bo'yiga o'zgaradi; suyuq va kristallik holat uchun har xil. Suyuq va qattiq holat erkin energiyalarning harorat ta'sirida o'zgarishi 1.22-rasmda ko'rsatilgan.



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

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

$$F = U - T \cdot S, \quad (1.7)$$

bu yerda

U – sistemaning ichki energiyasi;

T – absolyut harorat;

S – entropiya.

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

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

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

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

Suyuq modda (jism) sovitilganda T_s haroratida kristallanish jarayoni sodir bo'lmaaydi, chunki bunda $F_s \cdot f = F_k \cdot f$. Suyuq fazani kristallana boshlashi uchun tizimning erkin energiyasi kamayishi kerak. Teskarisi: qattiq fazaning (kristallning) suyuqlikga aylanishi uchun esa sistemaning erkin energiyasi ortishi kerak.

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

Nazariy kristallanish (suyuqlanish) harorati bilan amaliy kristallanish (suyuqlanish) harorati orasidagi ayirma **o'ta sovish darajasi** deyiladi va ΔT harfi bilan belgilanadi:

$$\Delta T = T_{\text{naz.kr}} - T_{\text{amal kr}} \quad (1.8)$$

Bu yerda:

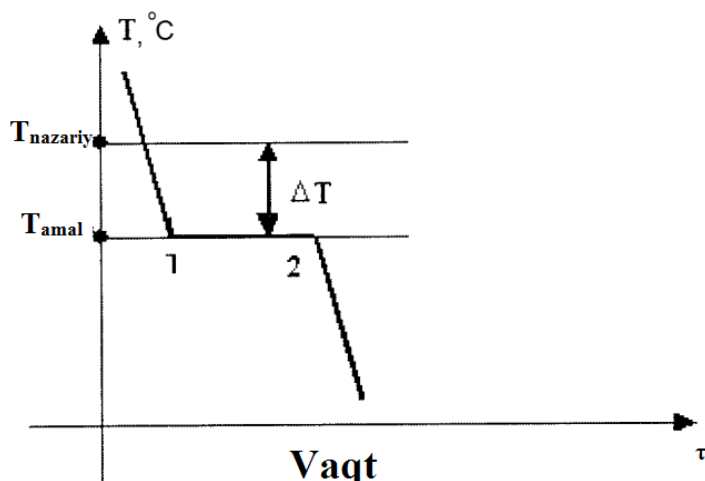
$T_{\text{kaz.kr}}$ – nazariy kristallanish harorati;

$T_{\text{amal kr}}$ – amaliy kristallanish harorati.

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

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

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



1.23-rasm. T_{nazariy} metalni sovitish egri chizig'i, T_{nazariy} – nazariy kristallanish harorati, T_{amal} – amaliy kristallanish harorati.

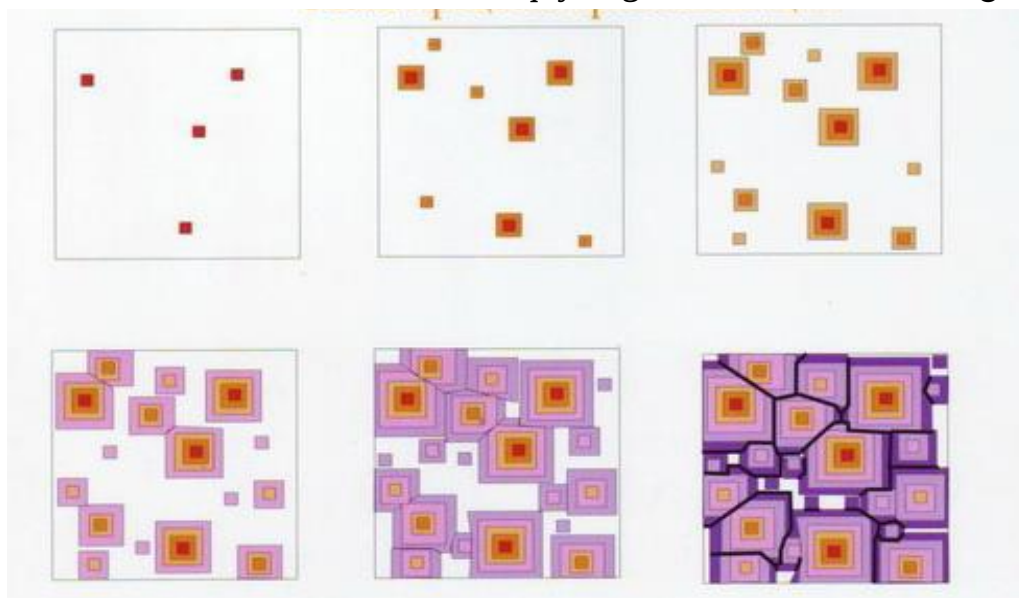
Kristallanish - bu suyuq fazaga kristallik panjara yerlarini (uchastkalarini) hosil bo'lish jarayoni va hosil bo'lgan markazlardan kristallarning o'sishidir. Kristallanish tizim ko'proq termodinamik turg'un holatiga o'tish sharoitida o'tadi (eng kam energiya bilan).

Metallni suyuq holatdan kristallik holatga o'tish jarayonini vaqt- harorat koordinatalarida quyidagicha ko'rsatish mumkin.

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

Ma'lum haroratgacha sovitilganda suyuq metalda kristalliklar (mayda zarrachalar) hosil bo'la boshlaydi – bular **kristallanish markazlaridir** yoki tug'malaridir («zarodysishi»). Bularni o'sishi uchun metallni erkin energiyasi kamayishi kerak; aks holda tug'malar erib ketadi.

Kristallanish jarayoni ikki bosqichdan iborat: 1 – kristallanish markazlarini hosil bo'lishi; 2 – kristallarni o'sishi (yuqorida hosil bo'lgan markazlar – tug'malar atrofida). Shuni aytish kerakki bu davrda yangi markazlar – tug'malar paydo bo'la boshlaydi. Kristallanish mexanizmi modeli quyidagi 1.24-rasmda ko'rsatilgan.



1.24-rasm. Kristallanish jarayoni modeli.

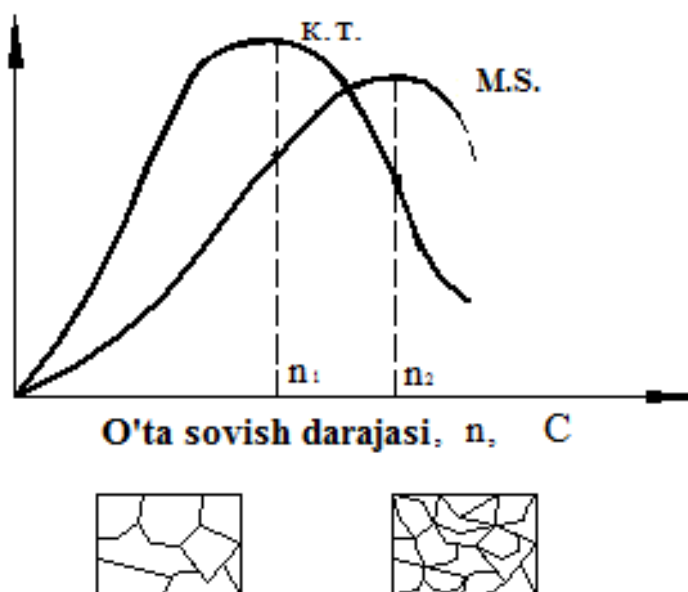
Hosil bo'lgan kristallanish markazlari yoqlaridan kristallar o'sa boshlaydi.

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

Dastlabki paytlarda kristallar o'z geometrik shakllarini saqlagan holda bimalol o'sadi. O'sayotgan kristallar bir-birlari bilan uchrashgan joyda o'sishdan

to'xtaydi va to'siqlar yo'q tomonga qarab o'sa boshlaydi. Geometrik shakl bo'ziladi. Bunday kristall donalar **kristallitlar** yoki **poliedrlar** deyiladi.

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



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

O'ta sovish darajasi (n) ortishi bilan, n -ning (M.S.) qiymati maksimumga yetadi.

n kichik bo'lganda K.T. va M.S. larning ortishiga sabab shuki, muvozanat temperaturasi (T)gi yuqori bo'lib, suyuq va qattiq fazolar erkin energiyalari farqi katta bo'ladi. Natijada, kristallanish tezlashadi. n ortishi bilan zarrachalar harakatlanuvchanligi pasayadi va M.S. va K.T. pasayadi.

Agar M.S. ko'p, K.T. kichik past bo'lsa (n) hosil bo'ladi. Aksincha, M.S. kam, K.T. yuqori bo'lsa (n) kristallar hosil bo'ladi.

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

O'ta sovish darajasi (ΔT) ortishi bilan, uning qiymati t^1 va t^2 ga yetganda, kristallanish tezligining ($k.m$) va markazlar sonining ($m.s$) qiymatlari maksimalga yetadi. ΔT kichik bo'lganda $k.m$ va $m.s$ larining ortishiga sabab shuki, muvozanat harorati (T_m) yaqinida suyuqlikning harakatlanganligi yuqori bo'lib, suyuq va qattiq fazolar erkin energiyalari farqi katta bo'ladi. Natijada kristallanish tezlashadi.

ΔT ortishi bilan zarrachalar harakatlangani pasayadi va m.s va k.t lar pasayadi.

Agar m.s ko'p, k.t kichik bo'lsa, **mayda** kristallar hosil bo'ladi. Aksincha, m.s kam, k.m yuqori bo'lsa **yirik** kristallar hosil bo'ladi.

ΔT juda kichik bo'lsa, muntazam geometrik shakldagi kristallar hosil bo'ladi. ΔT bir qadar kattaroq bo'lsa, kristallar **dendrit** shaklini oladi, ya'ni kristallar asosan fazaviy kristall panjaraning asosiy o'qlariga mos yo'nalishda o'sadi. ΔT ancha katta bo'lsa, **sferoid** shaklidagi kristallar hosil bo'ladi.

Kristallanish jarayonini boshqarish mumkin. Shu yo'l bilan mayda zarrachali strukturani olish mumkin. Buning uchun suyuq metallarga qo'shimcha tashqi **moddalar – modifikatorlar** qo'shiladi.

Jarayon **modifikatsiyalash – takomillashtirish** deb ataladi.

Modifiqatorlar ta'sir etish mexanizmiga qarab ikki xil bo'ladi:

- 1) modda suyuq metalda erimaydi: qo'shimcha kristallanish markazi sifatida xizmat qiladi. (karbidlar, oksidlar);
- 2) yuza aktiv moddalar; bular metallda eriydigan o'sayotgan kristallar ustiga o'tirib olib, uni o'sishiga to'sqinlak qiladi.

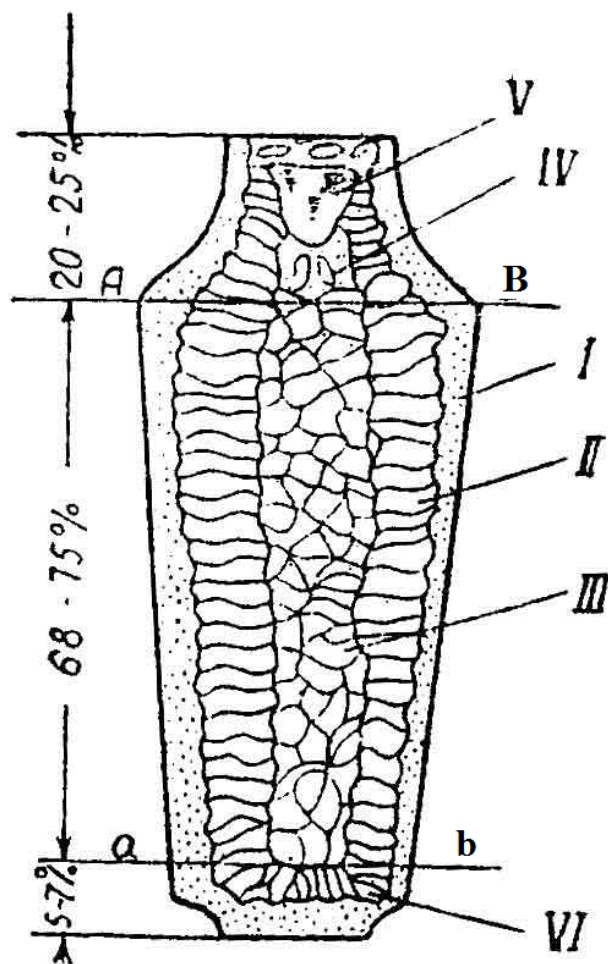
Metall quymaning tuzilishi. Ishlab chiqarishda suyuq metall maxsus qoliplarga – izlojnitsalarga quyilib quymalar olinadi. Albatta, qolipning harorati suyuq metalnikidan ancha past. Suyuq metallning kristallanish sharoiti qolip ko'ndalang kesimi bo'yicha har xil bo'ladi. Quymaning makrostrukturasi xam, mikrostrukturasi xam, kimyoviy tarkibi xam, mexanik xossalari ham quymaning turish zonalarida har xil bo'ladi(1.24-rasm).

Quyma strukturasi 3 zonadan iborat. I - zona mayda donali zona, tartibsiz joylashgan mayda dendrit – kristallardan iborat. Suyuq metallning qolip devorlari tegib turgan joylarida sovish tezligi va o'ta sovish darajasi boshqa joylariga nisbatan ancha katta.

I - zonada **mayda dendrit** zarralari hosil bo'ladi. Hajm tomondan I - zona katta emas.

II - zona, **uzunroq kristallar** zonasi mavjud yo'nalishda - mayda donali zona (qobiq) tomon joylashgan kristallardan iborat. Bu zonada sovish tezligi pasayadi: I - zona issiqlik chiqishiga qarshilik ko'rsatadi. O'ta sovish darajasi pasayadi, demak, kristallar issiq chiqib ketish yo'nalishi bo'yicha uzunroq kristallar o'sa boshlaydi.

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



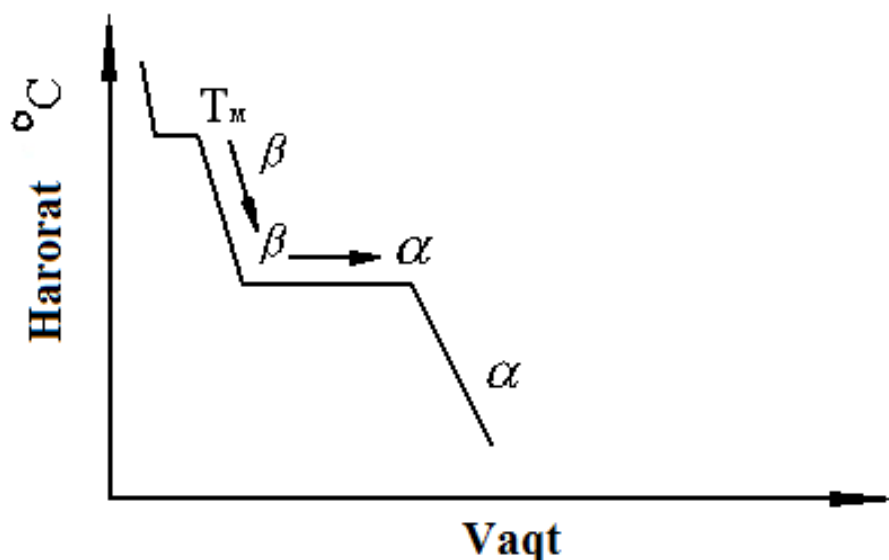
1.26-rasm. Po'lat quymaning tuzilish sxemasi.

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

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

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

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

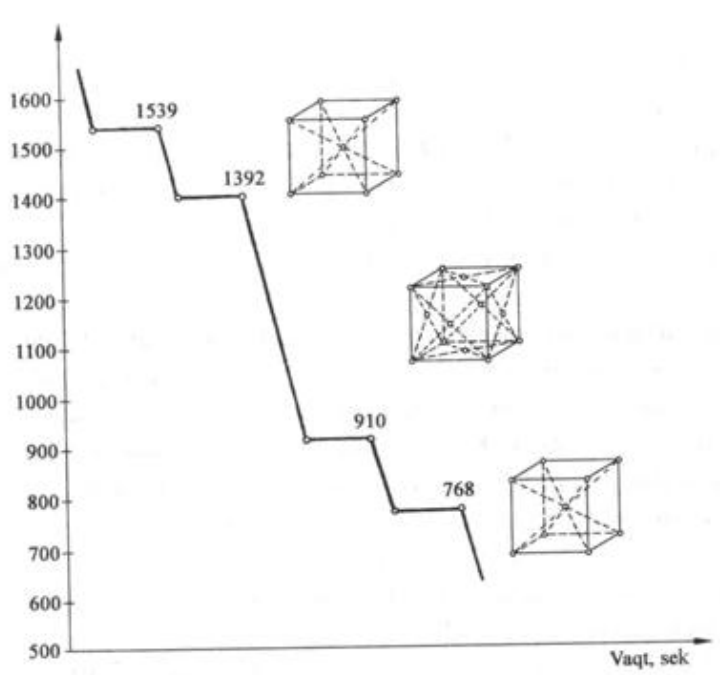


1.27-rasm. Harorat o'zgarishi bilan kristallik panjaraning o'zgarishi

Temirning kristall panjarasi hajmi markazlashgan kub bo'lishi ham, yoqlari markazlashgan kub bo'lishi ham mumkin.

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

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



1.28-rasm. Haroratga qarab temirning kristallanishi

1.5. Qotishmalar nazariyasi. Holat diagrammalari.

Ikki va undan ortiq elementni suyuqlantirish yoki boshqa usulda olingan jism aralashmasi *qotishma* deyiladi.

Qotishmani tashkil etgan elementlar uning *komponentlari* deyiladi. Qotishmaning chegara sirtlari bilan oʻralgan bir jinsli qismi *faza* deb ataladi. Komponentlar soniga koʻra ikki yoki koʻp komponentli, fazalar soniga koʻra esa bir yoki koʻp fazali qotishmalar mavjud. Muvozanat holatda turgan fazalar majmuyi *sistema* deyiladi.

Sistemani tashkil etuvchi fazalar soniga xalal yetkazmay oʻzgartirilishi mumkin boʻlgan tashqi va ichki omillar (harorat, bosim va tarkib) soni sistemaning *erkinlik darajasi* yoki *variantligi* deyiladi.

Muvozanat holatda turgan sistemaning fazalari, komponentlari soni bilan erkinlik darajasi orasidagi bogʻlanish *fazalar* yoki *Gibbs qoidasi* deb ataladi va ushbu koʻrinishda ifodalanadi:

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

bu yerda: C – sistemaning erkinlik darajasi;

K – sistemani tashkil etuvchi komponentlar soni;

F – fazalar soni.

Oʻzgarmas bosimda yuz beruvchi jarayonlar uchun sistemaning erkinlik darajasi quyidagicha ifodalanadi:

$$C = K - F + 1$$

Metall suyuq holatda boʻlganda:

$$C = K - F + 2 = 1 - 1 + 1 = 1$$

Suyuq metall kristallanishi paytida:

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

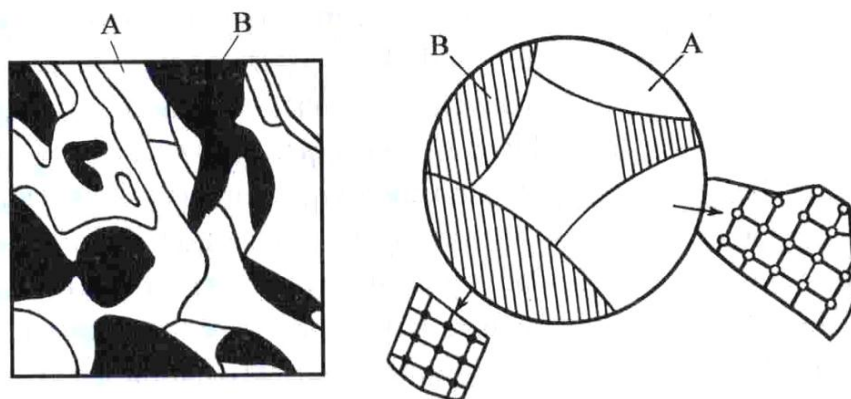
Erkinlik darajasi nolga teng sistemalar *variantsiz*, birga teng sistemalar *monovariantli* va ikkiga teng sistemalar *bivariantli* deyiladi.

Tashqi va ichki omillar oʻzgartirilganda variantsiz sistema fazalarining soni oʻzgaradi, monovariantli sistemaning fazalari esa oʻzgarmaydi.

Qotishma tarkibiga kiruvchi komponentlar oʻzaro taʼsirlashganda mexanik aralashma va qattiq eritma yoki kimyoviy birikma hosil qilishi mumkin.

Aytaylik, *qotishma* ikki (A va B) komponentdan iborat boʻlsin. Bunda ikki holatni kuzatish mumkin.

Birinchi holatda komponentlar suyuq holda bir–birida cheksiz erisa ham har biri alohida–alohida kristallanadi (1.29–rasm). Odatda, bunday murakkab tuzilishga ega sistemamexanik aralashma deyiladi.

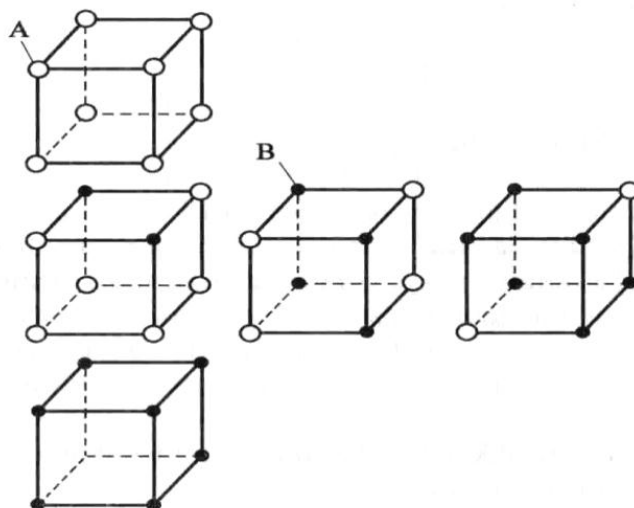


1.29– rasm. Elementlarning alohida–alohida kristallanishi.

Ikkinchi holatda *A* va *B* elementlar o‘zaro ta’sirlashib bir xil tarkibli qattiq eritma yoki kimyoviy birikma hosil qilishi mumkin.

A komponentning elementar kristall panjarasida *B* komponentning atomlari joylashishi *qattiq eritma* deyiladi (1.29–rasm).

Kristall panjara hosil qilgan *B* komponent erituvchi vazifasini o‘taydi. Kristall panjarada *B* komponentning ayrim atomlari qatnashayotganligi uchun u *eruvchi modda* deb ataladi. Kristall panjarada eruvchi *B* komponentning o‘rnini *A* erituvchi komponent atomlari ham egallashi mumkin (1.29–rasm).



1.30 –rasm. B komponentning A komponentdagi qattiq eritmasi

Bu holda *o‘rin olish qattiq eritmasi* hosil bo‘ladi. Agar eruvchi *B* komponent *A* erituvchi komponent kristall panjarasining atomlari orasiga joylashsa, *singish qattiq eritmasi* deyiladi. Shunday metallar borki, ular bir–birida cheksiz eriydi. *A* komponent kristall panjarasidagi atomlar o‘rinlarini *B* komponent atomlari borgan sari almashtirib, natijada *A* komponent kristall panjarasi o‘rniga *B* komponent

kristall panjarasi hosil bo‘ladi. Kristall panjaralari yoqlari markazlashgan kub panjaraga ega elementlar: nikel va mis, oltin va kumush, molibden va volfram, vannadiy va titan kabi elementlar bir–birida cheksiz eriydigan qattiq eritmalarini hosil qiladi.

Bir-birida cheksiz eriydigan qattiq eritmalar hosil bo‘lishi uchun quyida ko‘rsatilgan shartlar bajarilishi lozim:

- qattiq eritmani tashkil etgan komponentlarning elementar kristallari bir hil bo‘lishi kerak;

- komponentlar atomlarining radiuslari bir–biriga yaqin bo‘lib, ularning farqi 15 % dan oshmasligi zarur;

- komponentlar atom valentlik elektronlari bir–biriga yaqin bo‘lishi, ya’ni Mendeleev davriy sistemasidagi komponentlar yaqin joylashishi zarur.

Kimyoviy birikmalar hosil bo‘lishida, kristall panjaraga bog‘liq maxsus xossalari paydo bo‘ladi. Kimyoviy birikmalarni qattiq eritmalaridan farqlaydigan quyidagi xolatlar mavjud:

- kimyoviy birikma o‘ziga xos kristall panjarasini hosil qiladi, yangi turdagi kristall panjara uni tashkil qiluvchi komponentlarning kristall panjaralaridan tubdan farq qiladi;

- kimyoviy birikmada elementlar massasining nisbati doimiy saqlanadi; shu sababli kimyoviy birikmalar A_mB_n ko‘rsatkichda ifodalanadi (bu yerda m va n lar butun sonlar bo‘lib, elementlar atom nisbatlarini belgilaydi);

- kimyoviy birikma xossalari uni tashkil etuvchilari xossalariidan keskin farq qiladi;

- suyuqlanish harorati o‘zgarmas bo‘lib, kimyoviy birikma suyuqlanish haroratigacha saqlanib qolishi ham parchalanib ketishi ham mumkin;

- kimyoviy birikmalar hosil bo‘lishida harorat o‘zgaradi, bunda atom elektron tuzilishlari bir–biridan keskin farq qiladigan komponentlar (masalan, MgSn, Mg₂Rb, Mg₃Bi₂, Fe₃C, WC, TiC kabi kimyoviy birikmalar) qatnashadi.

Metallar bilan metallar birikkanda kimyoviy bog‘lanishning metall bog‘lanish turi qoladi. Odatda, bunday bog‘lanish *intermetallid bog‘lanish* deb, hosil bo‘lgan fazalar esa *intermetalloidlar* deb ataladi.

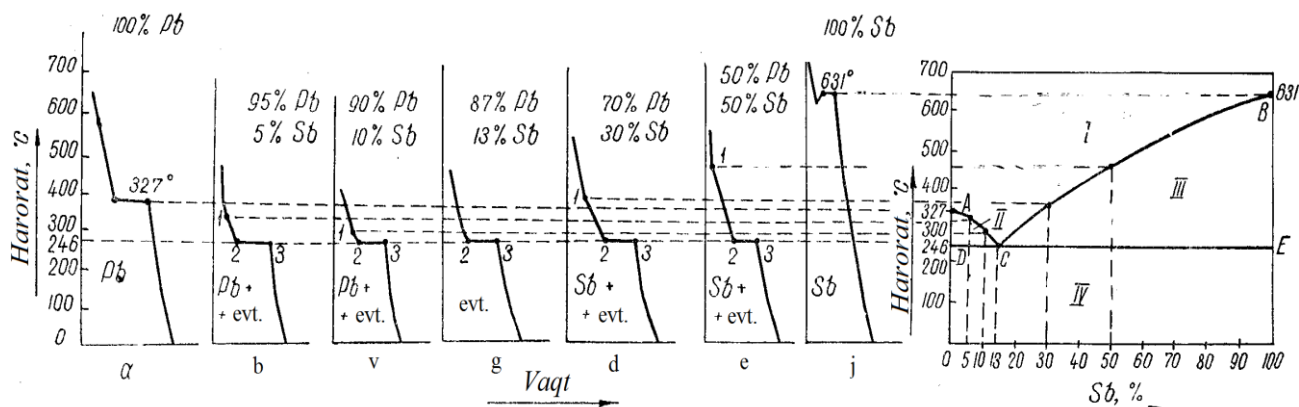
O‘zgaruvchan valentlikka ega Fe, Mn, Cr, W, S, Ti, V, Mo kabi elementlar kristall panjaralariga atom o‘lchamlari kichik bo‘lgan uglerod, azot, bor, vodorod atomlari singishi mumkin. Bunga misol sifatida TiN, FeN, VN nitridlarni va Fe₃C, W₂S, VC, TiC kabi karbidlarni keltirish mumkin.

Holat diagrammalari. Tizim xolatining harorat va konsentratsiyasiga qarab o‘zgarishini ko‘rsatuvchi diagramma **xolat diagrammasi** deb ataladi.

Xolat diagrammalari qotishmalarining barqaror – turg‘un xolatini ifodalaydi. Shuning uchun uni **muvozanat diagrammasi** deb ham bo‘ladi. Tizim bir tashkil

etuvchidan iborat bo'lsa - bir komponentli bo'lsa, uning xolat diagrammasi bir to'g'ri chiziq – xarorat o'qi bilan ifodalanadi. O'qdagi nuqtalar tizimni muvazanat xaroratini ko'rsatadi. Ikki Komponentli tizimda absissalar o'qining xar bir nuqtasi xar qaysi komponentning ma'lum bir miqdoriga to'g'ri keladi.

1.31 -rasmida ko'rsatilgan qo'rg'oshin – surma tizimini xolat diagramasini tuzish prinsipi ko'rsatilgan.



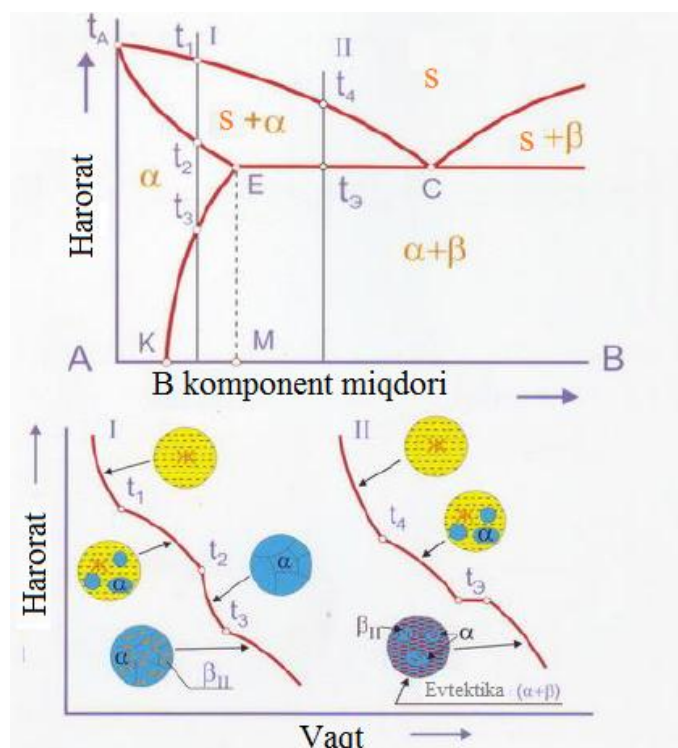
1.31-rasm. Ko'rg'oshin – surma qotishmalarining sovish egri chiziqlari (chapda) va xolat diagrammasi (o'ngda)

1.31-rasmida toza qo'rg'oshinni sovish egri chizig'i tasvirlangan; qo'rg'oshin 327 °C dan yuqorida suyuq xolatda bo'lib, shu erni pastiga qattiq xolda bo'ladi. rasm 3.3j. da esa toza surmani sovish egri chizig'i ko'rsatilgan: u 631 °C da eriydi va bundan pastda qotadi. Endi qo'rg'oshinga asta surmani qo'sha boramiz va aralashmaning – qotishmaning sovish egri chizig'i chizamiz. Rasm 3.3 b, v, g, d, e larda qotishmaning sovish egri chizig'i ko'rsatilgan. Bo'larni kritik nuqtalarini 1.31-rasmni o'ng tomoniga ko'chiramiz: nuqtalar birlashtirib kritik chiziqlarni xosil qilamiz. Oxirgi natijada Rb-Sb qotishmasi xolat diagrammasi xosil bo'ladi.

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

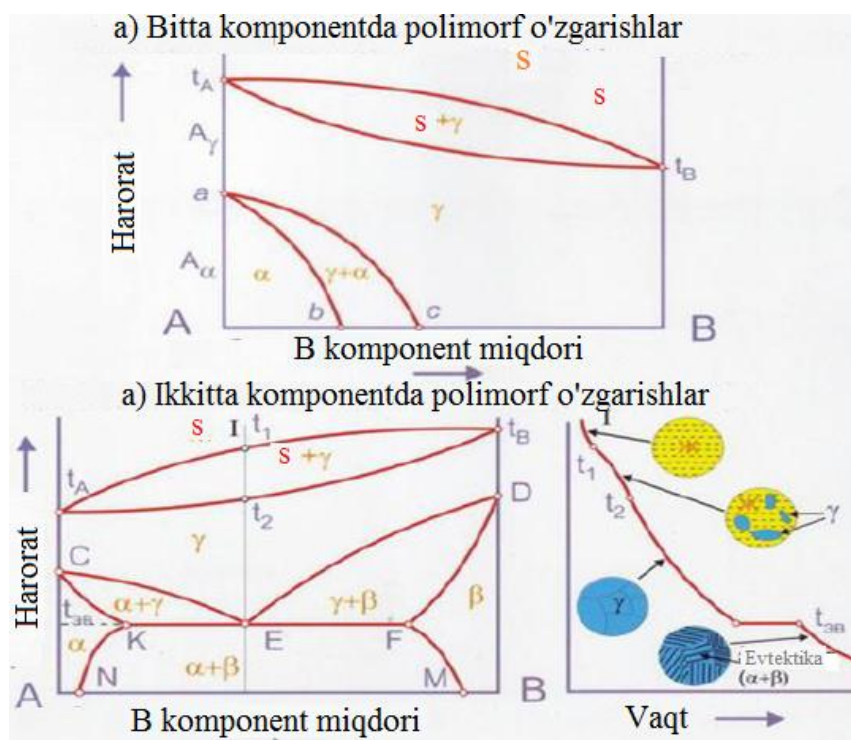
Bir nechatur-tip xolat diagrammalari mavjud.

Birinchi tip xolat diagrammasi. Tashkil etuvchilarning – komponentlarining ikkalasi suyuq xolatda istalgancha erib, qattiq xolatda bir-birida erimaydigan va bir-biri bilan kimyoviy birikmalar xosil qilmaydigan, ya'ni mexanik aralashma xosil qiladigan qotishmalarni xolat diagrammasiga **birinchi tip diagrammasi** deyiladi. Bunga misol Rb-Sb tizimi bo'ladi.



1.32-rasm. Pb – Sb qotishmalarning xolat diagrammasi I, II xamda III qotishmalarning sovish egri chiziqlari

Ikkinchi tip xolat diagrammasi. Suyuq xolatda xam qattiq xolatda xam bir – biriga istalgancha eriydigan va o‘zaro ximiyaviy birikma xosil qilmaydigan ikki komponentdan iborat tizimining xolat diagrammasi **ikkinchi tip xolat diagrammasi** deb ataladi. Bunga misol Cu-Ni tizimi bo‘ladi:



1.33-rasm. Cu – Ni qotishmalarining xolat diagrammasi va I qotishmaning sovish egri chizig‘i

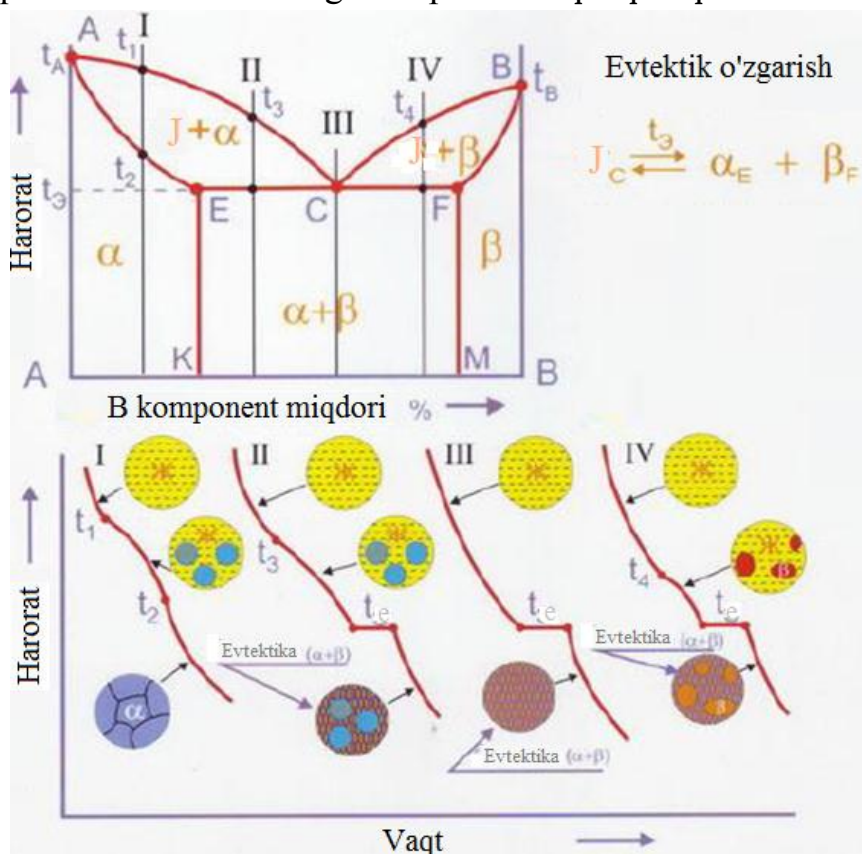
ASB-suyuq qotishmaning kristallana boshlash chizig'i (likvidus). ADB-batamom kristallanib bo'lishi (solidus) chizig'idir. Rasm 3.6. ning chap tomonida 1-qotishmaning sovish egri chizig'i va kristallanish jarayonining sxemasi tasvirlangan. Bu egri chiziqda 1 nuqta kristallanishning boshlanishiga, 2 nuqta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

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

Uchinchi tip xolat diagrammasi. Suyuq xolatda bir-biriga istalgancha, qattiq xolatda esa bir-birida ma'lum chegaragacha eriydigan va ximiyaviy birikmalar xosil qilmaydigan ikki komponentdan iborat tizimning xolat diagrammasi **uchinchi tip xolat diagrammasi** deb ataladi.

Uchinchi tip xolat diagrammalari ikki xil bo'ladi:
evtektikali va peritektikali.

A bilan V qotishmalarining evtektikali xolat diagrammasi. Bu xolat diagrammasi 1.34-rasmda ko'rsatilgan. I va II-qotishmalarining sovish egri chizig'I xam shu rasmda berilgan. AEV likvidus, ADECB solidus chiziqlaridir. Likvidus chizig'idan yuqorida qotishma suyuq xolatda likvidus va solidus chiziqlari orasida suyuq va qattiq xolatda solidus chizig'idan pastda faqat qattiq xolatda.



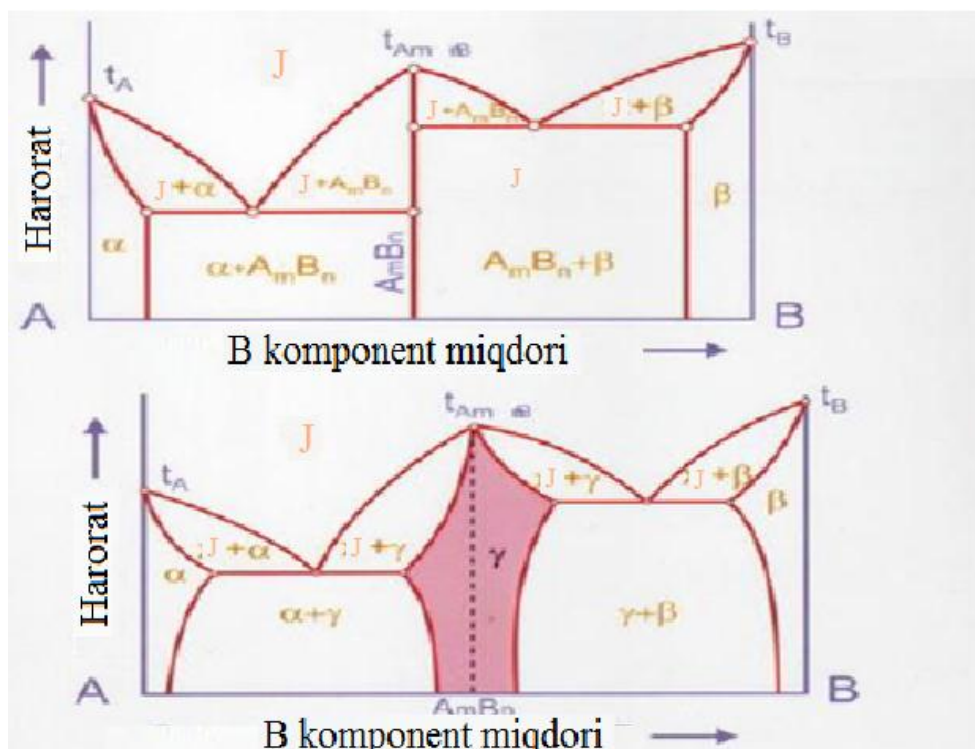
1.34-rasm A bilan V qotishmalarini evtektikali xolat diagrammasi I va II qotishmalarining sovish egri chiziqlari

ADEA zonada suyuq qotishma bilan α - qattiq eritmadan, ECBE zona suyuq qotishma bilan β - qattiq eritmadan iborat. ADFA¹A zonada faqat α -qattiq eritma, BCGB¹B zonada faqat β -qattiq eritma mavjud. V komponentni A komponentda eriy oladigan eng ko'p miqdori F nuqtadan, A komponentli V komponentda eriyoladigan eng ko'p miqdori G nuqtadan topiladi. DFGCD zonada qotishmani komponentlarini bir-birida erimaydi va qotishma $\alpha + \beta$ dan iborat ikki fazali bo'ladi.

To'rtinchi tip xolat diagrammasi. Suyuq xolatda bir-birida istalgancha eriydigan va qattiq xolatda ximiyaviy birikmalar xosil qiladigan ikki komponentli tizim xolat diagrammasi **to'rtinchi tip xolat diagrammasi** deyiladi.

Ikki komponentli ximiyaviy birikmalar barqaror yoki beqaror bo'lishi mumkin. Xolat diagrammasi xam ikki xil bo'ladi.

Barqaror ximiyaviy birikma xosil qiladigan ikki komponentli tizimning xolat diagrammasi. Kimiyaviy birikma suyuqlanguncha qizdirilganda tarkibiy qismlarga parchalanmasa, bu birikma barqaror bo'ladi. A va V Komponentlar barqaror ximiyaviy birikma xosil qilgan: $A_n V_m$ (n, m - atomlar soni). Bu birikma xam, toza Komponentlar xam qattiq xolatda eritmalar xosil qilmaydi. Bunday tizimning xolat diagrammasi va 1, 2, 3-qotishmalarning sovish egri chiziqlari rasm 3.9.da ko'rsatilgan.



1.35-rasm Barqaror kimyoviy birikma xosil qiladigan ikki komponentdan iborat sistemaning xolat diagrammasi va I, II xamda III qotishmalarning sovish egri chiziqlari

Diagrammadagi SD vertikal chiziq AnVm birikmaning ordinatasi. S nuqta shu nuqtaning suyuqlanish xarorati. AnVm komponent bo'la olmaydi, chunki, o'zi A bilan V ning reaksiyasi natijasida xosil bo'lgan. AnVm birikma bir xaroratda "S" nuqtada suyuqlanadi. "S" nuqtaga **singular** nuqta deyiladi.

AES va SFV –likvidus, A'ES" va S'FV' –solidus chiziqlari. Suyuq qotishmadan AE chizig'ida A komponent kristallari, AE chizig'ida AnVm birikma kristallari ajralib chiqib boshlaydi. AA'EF zonada suyuq qotishma bilan A komponent kristallari; EC"CE zonada suyuq qotishma bilan AnVm birikma kristallari mavjud. SS'FC zona suyuq qotishma bilan V komponent kristallaridan iborat.

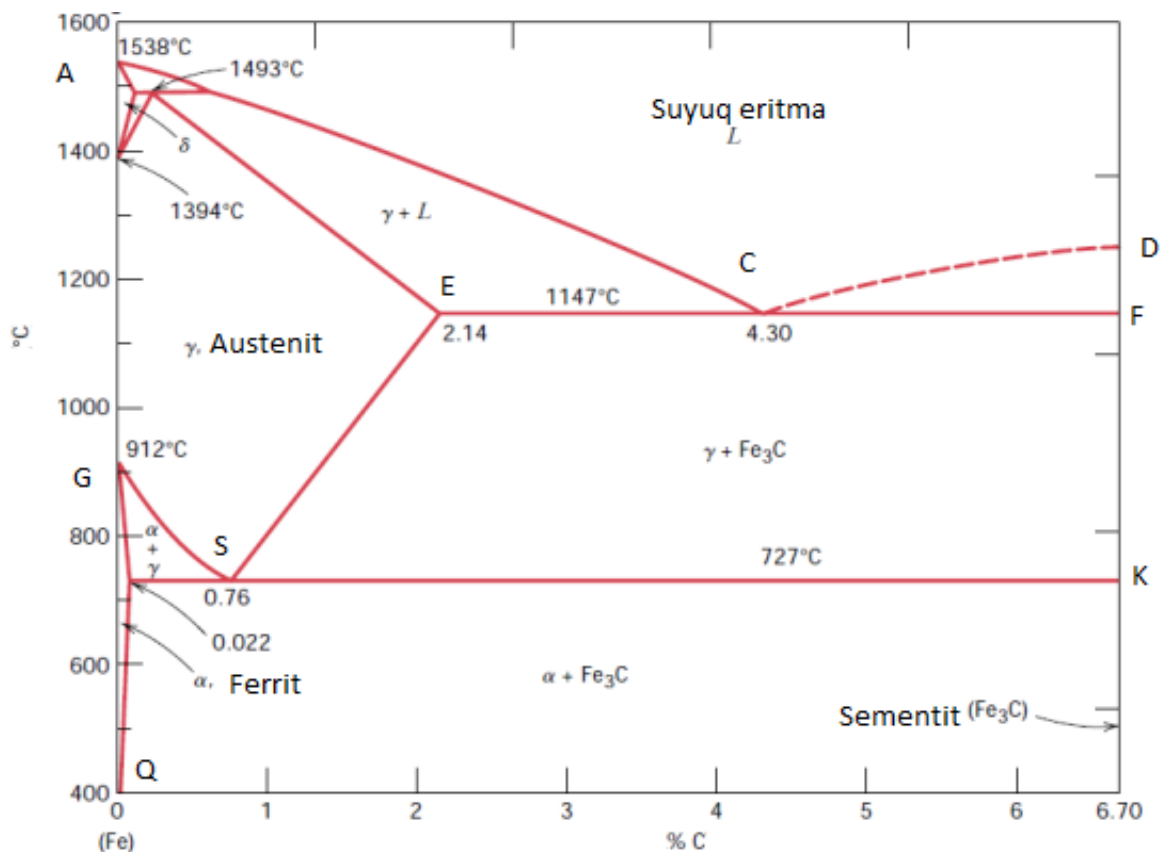
Beshinchi tip xolat diagrammasi. Birlamchi kristallanish natijasida xosil bo'lgan fazalarida qattiq xolatda ikkilamchi o'zgarishlar (ikkilamchi kristallanish) sodir bo'ladigan qotishmalarning xolat diagrammasi **beshinchi tip xolat diagrammasi** deb ataladi.

Qotishmada qattiq xolatda sodir bo'ladigan ikkilamchi kristallanish (qayta kristallanish - rekristallanish) toza komponentlarning va ximiyaviy birikmalarning allotropik shakl o'zgarishlar xosil qilishi, qattiq eritmalarning qisman yoki batamom parchalanishi yoxud qattiq eritmalarning tajriba tushuvi va boshqa o'zgarishlar bilan bog'liqdir.

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

Xolat diagrammalari orasida eng katta ahamiyatga egasi - bu temir-uglerod - Fe-C diagramma xolatidir. Buning sababishuki, texnikada temir-uglerodli qotishmalar juda keng ko'llaniladi. Fe-C xolat diagrammasi temir-uglerod qotishmalarini qurilishi to'g'risida to'la ma'lumot beradi. Xolat diagrammasi va po'latlarda kritik nuqtalarning mavjudligi xamda bo'lar po'lat tarkibidagi uglerod miqdoriga bog'liqligini rus olimi D.K. Chernov ixtiro qilgan (1868 yilda).

Temir-uglerod qotishmalari ikki komponentli qotishma jumlasiga kiradi. Uglerod temir bilan ximiyaviy birikma xosil qilib, sementit (Fe_3C) xolda va erkin xolda, ya'ni grafik xolda bo'lishi mumkin. Sementitni parchalanishi natijasida xam grafit xosil bo'ladi. Temir-uglerod qotishmalari ikki tizimda: sementitli ($\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$) va grafitli ($\text{Fe}-\text{C}$) bo'ladi. Fe-C tizimi barqaror («Stabil»), $\text{Fe}_3 - \text{C}$ tizimi metastabil. Stabil tizimda jarayonlarning xammasi oxirigacha boradi. Lekin Fe_3C temir-uglerod qotishmadan foydalanish sharoitida parchalanmaydi. Fe - Fe_3C diagrammasidan (1.36-rasm) po'lat va oq (qayta ishlanuvchi) cho'yanlarni o'rganishda keng foydalaniladi. Fe-C tizimidan tarkibidagi uglerod grafit tarzida bo'ladigan po'lat va cho'yanlarni (quyma) o'rganishdagina foydalanish mumkin (1.36-rasm).



1.36-rasm. Temir-sement (Fe_3C -temir karbidi) holat diagrammasi (sodda ko‘rinishda)

Temir va uglerod polimorfli elementlar. (Polimarfizim-buxar xil xaroratlarda turlicha kristall panjaralar xosil qila olishligi. Bu xususiyati allotropiya xususiyati deb xam nomlanadi). Temirni erish xarorati -1539°C . Temir ikki xil modifikatsiyaga ega: α va γ – Fe_{α} va Fe_{γ} ; Fe_{α} modifikatsiyasi xajmi markazlashgan kub kristallik panjarasiga ega va xarorat 911°C gacha xamda $1392\text{--}1539^{\circ}\text{C}$ intervalida mavjud. Fe_{α} ning e‘tiborli xususiyati uning ferromagnet tizmligi (768°C dan pastda). Bu nuqtani Kyuri nuqtasi deyiladi.

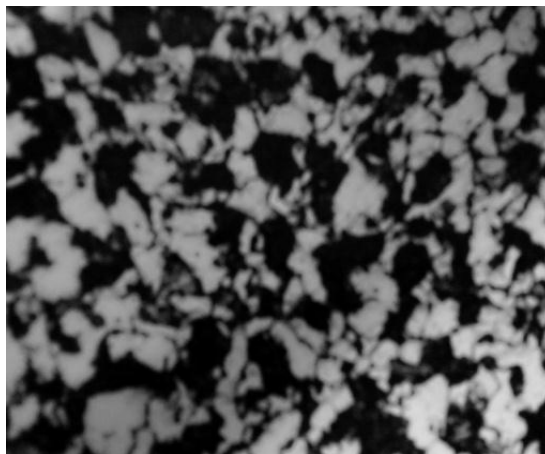
Temirni Fe_{γ} modifikatsiyasi yuqori markazlashgan kub kristallik panjaraga ega va xarorat $911\text{--}1392^{\circ}\text{C}$ oraligida mavjud. Fe_{γ} - paramagnit.

Uglerod ikki xil modifikatsiyada mavjud. Grafit va olmos. Normal sharoitda grafit turg‘un. Temir-uglerod qotishmalaridagi fazalarni ko‘rib chiqamiz. Bo‘lar: suyuqeritma, ferrit, austenit, sementit, grafit ko‘rinishidagi erkin uglerod.

1.6. Qotishmalar turlari. Qotishmalar holat diagrammalari.

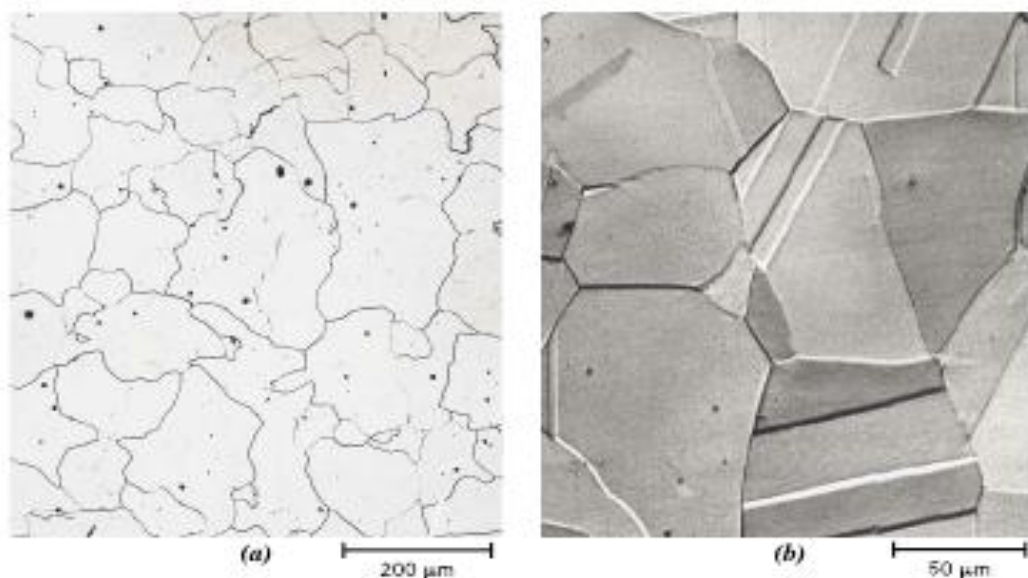
Temir bilan uglerod qotishmalarining asosiy strukturalari. Ferrit – (belgilanishi F yoki α) - bu uglerodni alfa temirdagi - Fe_{α} (suqilib kirish) qattiq eritmasi ($\text{Fe}_{\alpha}(\text{C})$). Bunda uglerodning miqdori uy haroratida $\sim 0,006\%$ ga, 727°C da $0,025\%$ ga teng. Bunga **texnik temir** deyiladi. Cho‘zilishga qarshiligi $\sigma_v = 250\text{--}$

300 MPa, nisbiy uzayishi $\nu=40-50\%$, qattikligi $NV=80-100$, zarbiy qovushqoqligi $KS=20-30 \text{ kgm/sm}^2$.



1.37-rasm. Ferritni ko'rinishi

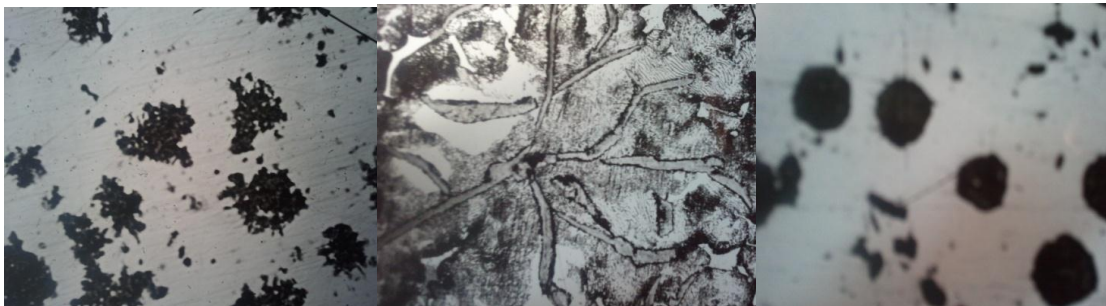
Austenit (belgilanishi A yoki γ) - bu uglerodni gamma temirdagi Fe γ (suqilib kirish) qattiq eritmasi. Uglerod miqdori 2, 14 % gacha: xarorat pasayishi bilan uglerodni austetitda erish miqdori kamayadi: 1147°C da uglerod 2.14 %, 727°C da 0,8 % ga teng. Austetitni ko'rsatkichlari: $\sigma_v = 370-450 \text{ MPa}$, $\delta=40-50\%$, $NV=160-200$.



1.38-rasm. Austenit va sementit

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

Grafit (shartli belgisi G). Temir-uglerodli po'latlarda erkin xolatda ajralib chiqadi. Geqsogonal kristall panjaraga ega, tok o'tkazadi, yumshoq, mustaxkamligi past.



1.39-rasm Bodroqsimon, sharsimon, chuvalchvngsimon grafit ko‘rinishi

Perlit (shartlibelgisi P) ferrit va sementit fazalarining mexanik aralashmasi. Tarkibida uglerod miqdori $S=0,8\%$, $\sigma_v = 450-630$ MPa, $\delta=8-10\%$, $NV=160-220$.

Ledeburit (belgilanishi L) austenit va sementit fazalarining mexanik aralashmasi. Uglerod miqdori $S=4,3\%$, $HB=180-220$.

1.7. Metall qotishmalarni mustaxkamligini oshirish usullari.

Materiallarning yuqori darajada mustaxkamligi ularning plastiklik va qovushqoqlik xossalari bilan bir qatorda mashinalar, mexanizmlar va barcha turdagi metall konstruksiyalar detallarining ishonchliligi va uzoq muddati ishlashi asosi hisoblanadi.

Materiallarning konstruktiv mustahkamligi ularning ishonchliligi va uzoq muddat ishlashi kabi xususiyatlari bilan baholanadi. Konstruktiv mustaxkamlik deganda materiallarning qo‘llanilish sharoitlariga bog‘liq bo‘lmagan barcha umumiy xossalarini o‘z ichiga oluvchi kompleks fizik - mexanik tavsifnomalari tushuniladi. Bunday fizik-mexanik tavsifnomalarga materialning o‘zining mustaxkamligi, mustaxkamlik chegarasi (σ_v), oquvchanlik chegarasi (σ_{oq}), plastikligi ($\delta\%$, $\psi\%$), qattiqligi (HRA, HRC), hamda ishonchliligini va uzoq muddat chidamliligi kabi xossalari kiradi.

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

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

Materialning uzoq vaqt chidamliligi buyumning eyilish, toliqish va yemirilish (korroziya) sharoitlarida ishlash ishi qobiliyati bilan aniqlanadi. Bunday

sharoitlarda ishlaydigan detallarning materiallaridagi shikastlanishlar ulardan foydalanish davrida detallarda sekin-asta nuqsonlar hosil bo'lishiga sabab bo'ladi.

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

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

Konstruktiv mustaxkamlikni oshirish uchun turli texnologik metodlar: legirlash, termik va kimyoviy-termik ishlov berish, plastik deformatsiya, turli xildagi sirt qoplamalarini qo'llash va boshqa shu kabilar foydalaniladi.

1-bob bo'yicha umumiy nazorat savollari:

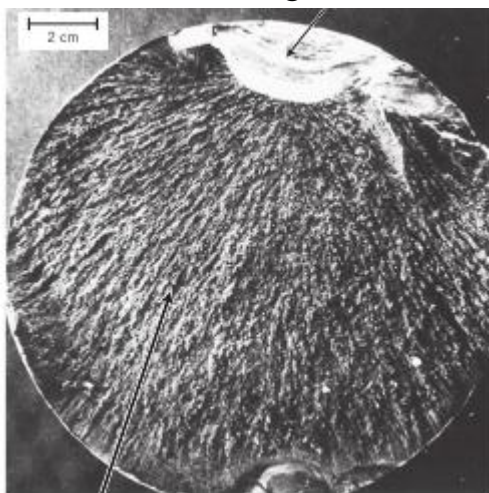
1. "Mashinasozlik materiallari" fani nimani o'rganadi?
2. "Mashinasozlik materiallari" fanini rivojlanishiga hissa qo'shgan olimlardan kimlarni bilasiz?
3. Metall nima?
4. Metallning qanday umumiy xossalarini bilasiz?
5. Metallar qanday turlarga bo'linadi?
6. Metallar tuzulishiga ko'ra qanday turlarga bo'linadi?
7. Kristall panjara nima?
8. Qanday kristall panjara turlari mavjud?
9. Koordinatsion son deganda nimani tushunasiz?
10. Kristall panjarada qanday nuqsonlar mavjud bo'ladi?
11. Nuqtali nuqson nima?
12. Dislokatsiya nima?
13. Vakansiya deganda nimani tushunasiz?
14. Sirtqi nuqsonlar xaqida nimalar bilasiz?
15. Kristallanish jarayonini tushintirib bering?

2-BOB. MASHINASOZLIK MATERIALLAR VA QOTISHMALARNI TADQIQ ETISHNING USULLARI

2.1. Metall materiallar strukturalarini o'rganish usullari

Mashina detallari va turli konstruktsiya elementlari konstruktsion materiallardan turli texnologik usullar bilan olinadi. Ayrim texnologik sabablarga ko'ra ularning ishlatilish ko'rsatkichlariga putur yetkazuvchi nuqsonlar bo'lishi mumkin. Shu sababli ularning sifatini kuzatish maqsadida oddiy makroanaliz deb ataluvchi usuldan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Talabalar laboratoriya ishida o'qituvchi tomonidan qo'yilgan masalalarni: 1) Siniq yuzasini, 2) Makro tuzilishini kuzatib o'rganadilar.



2.1-rasm.Yuzani ko'ndalang kesimi

Siniq yuzasini kuzatish. Buning uchun kuzatiladigan metallardan namunalar tayyorlab, ularni mayatnikli kopyorda yoki bolg'a bilan urib sindirib, siniq yuza donadorligi, nuqsonlar bo'lsa xili, hajmi va xarakteriga ko'ra metallning xossasi aniqlanadi. Aytaylik, yuza xira tusli tolali bo'lsa, bunday yuzalar qovushoq metallarga taalluqli bo'ladi, chunki deformatsiyalangan uchun donalar shakli va o'lchamini aniqlab bo'lmaydi. Agar yuza yaltiroqtusli, yirikdonali bo'lsa, bunda ular kristallik mo'rt metallarga taaluqli bo'ladi. Bu xil metallarda sinish donalar bo'yicha yoki donalararo yuz berishi mumkin. Shuni ham qayd etish lozimki, metallarga yuk qo'yish xarakteriga va xarorat sharoitiga ko'ra qovushoq metallning mo'rt sinishi va aksincha, mo'rt metallning qovushoq sinishi yuz berishi ham mumkin. Uglerodli po'latlardan farqli o'laroq legirlangan po'latlarda flokenlar deb ataluvchi nuqsonlar, shuningdek, shifer tarzidagi nuqsonli sinishlar uchrashi mumkin. Bunga sabab bosim bilan ishlangan legirlangan po'latlarni 200—220°C xarorat oralig'larida tez sovitilganida qattiq eritmada erigan vodorod undan ajralishga ulgirolmaganligi oqibatida bu xil nuqsonlar va sinilmalar uchraydi.

Makrotuzilishini kuzatish. Buning uchun kuzatiladigan metallning tegishli joyidan bo'yi yoki ko'ndalang kesimi bo'ylab ma'lum o'lchamli namunalar kesib olib, ularning sirt yuzalari avvaliga yirik tishli egovda, keyin mayin tishli egovda egovlangach mayda donli jilvir qog'oz bilan jilvirlanadi. Bunda bir nomerli jilvir qog'ozdan ikkinchi nomerli jilvirli qog'ozga o'tishda namunani 90°C ga burib, sirtidagi chiziqlar yo'qolguncha jilvirlash olib boriladi. Keyin namunani yuzasiga kislota eritmasi ta'sir ettiriladi. Turli tuzilmalar kislota ta'siriga turlicha berilishi sababli, namunada donlar shakli va o'lchamlari, tolaliligi, toblangan qatlam qalinligi, g'ovaklar, darzlar, shlak qo'shimchalar va boshqalar ko'rinadi.

Quyma metall tuzilishini kuzatish quyidagicha olib boriladi:

1. Yuqorida aytilgan tarzda namuna tayyorlanadi;
2. Maxsus shkafdagi suvli idishga chinni kosacha qo'yib, unga 80—90°C gacha qizdirilgan reaktiv (persulfat ammoniy) ningsuvidagi 15% li eritmasi ma'lum miqdorda quyiladi;
3. Qisqichda namunani olib, reaktivga tushiriladi va uni u erda 5—10 minut saqlanadi;
4. Namunani qisqichda reaktivdan olib, suv bilan yuvib quritiladi;
5. Namunaning tuzilishi kuzatiladi (2.1-rasm).

Metallardagi darz, govaklikka benuqsonlarni kuzatish quyidagicha olib boriladi:

1. Namunalar tayyorlanadi;
2. Namunalarning sirt yuzi spirtida namlangan paxta bilan artilib, ularni maxsus shkafdagi chinni kosaga quyilgan 60—70°C li reaktiv (50 sm³ HCl ning 50 sm³ suvdagi eritmasi) ga tushirib, u erda 10—45 minut saqlanadi;
3. Namunalarni eritmadan qisqichda olib avvaliga suv, keyin nitrat kislotasining suvdagi 10—15% li eritmasi bilan yuvib, quritamiz;
4. Namunalar sirtini ko'z bilan, zarur bo'lsa lupa bilan kuzatib, sirt yuzada ko'ringan g'ovaklar va darzlar kabi nuqsonlarni kuzatamiz.

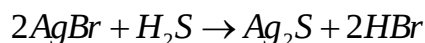
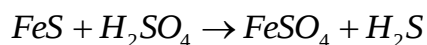
Metallarni sifatiga putur etkazuvchi oltingugurt, fosfor va uglerod elementlari birikmalarining taqsimlanishini Bauman usulida kuzatish mumkin.

Oltingugurtning taqsimlanishini aniqlash. Oltingugurt po'latda FeS va MnS birikmalar tarzida bo'ladi. Masalan, MnS ning suyuqlanish xarorati 1193°C bo'lganligi uchun u metallning kristallanish jarayonida donalar aro joylashadi. Bu xol metall qizdirilganda donalar bog'lanishini zaiflantiradi, ya'ni qizdirilganda sinuvchan bo'lib qoladi. Metallardagi oltingugurtning taqsimlanishini aniqlash uchun tubandagi ishlar qilinadi:

1. Namunalar tayyorlanadi;
2. Namunalar sirt yuzasi spirtida namlangan paxta bilan artilib, shu tomonini yuqoriga qaratib stolga qo'yiladi;

3. Brom-kumushli foto qog'ozni sulfat kislotasini suvdagi 5 % li eritmasiga tushirib, 5-10 minut saqlagach, uni olib, ortiqcha shimilgan eritmada holi etish uchun ikkita filtr qog'oz orasiga olib, qog'ozlarni unga oxista bosamiz;

4. Foto qog'ozni emulsiya tomoni bilan namunalar yuziga qo'yib, ular oralig'idagi gaz pufakchalarini chiqarish uchun ustidan rezina valikni yurgizamiz-da, bu vaziyatdan uni 2-3 minut saqlaymiz.



Keyin qog'ozni suvda yuvib, 10% giposulfitda ishlab, so'ngra suvda yuvib quritiladi. Ag_2S fotoqog'ozga qoramtir-jigarrang tus beradi.

Fosfor va uglerodning taqsimlanishini aniqlash. Ma'lumki, fosfor miqdori po'latda 0,1-0,2% bo'lsa, sovuqda mo'rt, sinuvchan bo'ladi. Shu sababli uning miqdori qancha kam bo'lsa, shuncha yaxshi.



Fosforning taqsimlanishini aniqlash uchun tubandagi ishlar qilinadi:

1. Namunalar tayyorlanadi;
2. Namunalar maxsus shkafdagi fosfor kosachadagi reaktiv (85 gr. $CuSl_2$, 53 gr. NH_4Cl va 1000 sm³ suvli eritma) ga tushirilib, unda 1—2 min saqlaymiz. Bunda eritmada Fe erib, Cu ajralib namuna sirtiga o'tiradi;
3. Reaktivdan namunani qisqich yordamida olib, sirtiga o'tirgan Cu suv bilan yuvib tozalangach, nam paxta bilan artib quritiladi;
4. Namuna sirtida fosforga va uglerodga boy joylari tezroq eriganligi sababli qorayib ko'rinadi (2.2-rasm, b).

Qotishmalarda hosil bo'ladigan likvatsiyalar. Quymada qotish jarayonida suyuq faza tarkibining o'zgarishi natijasida qattiq qotishmada har xil tartibli joylar (zonalar) hosil bo'ladi. Bu hodisaga **likvatsiya** deyiladi.

Masalan, Pb-Sb tizimida dastlab ajralib chiqqan qo'rg'oshin kristallari bilan shu kristallar orasida joylashgan evtektik aralashma bir-biridan farq qiladi. Likvatsiyaning bu turi **kristallitlararo likvatsiya** deyiladi. Kristallitlararo likvatsiyani mikraskop ostida ko'rish mumkin.

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

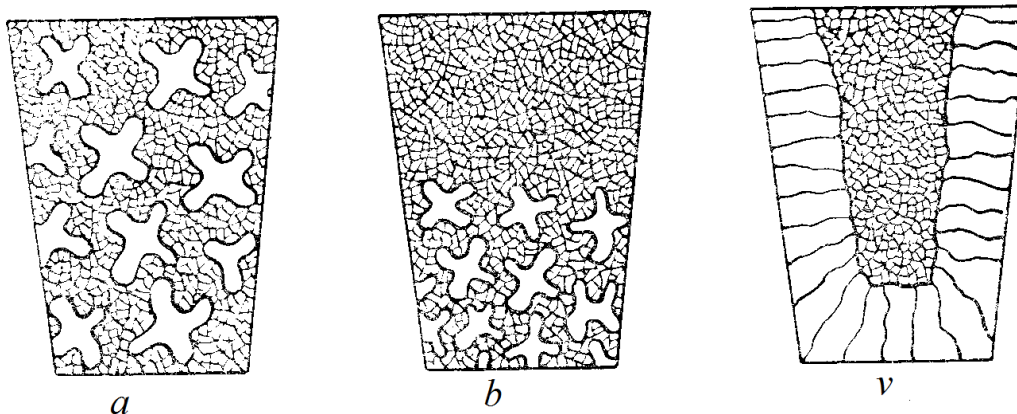
Bunday qotishmalar hamma vaqt ham benuqson bo'lavermaydi. Ba'zan suyuq qotishmadan chiqadigan kristallar va qolgan suyuq faza suyuqlikning qota borishi davomida bir-biridan ajraladi, solishtirma og'irliklariga qarab bir-biri ustiga joylashib qoladi. Bunday qotishmalarda bo'ladigan likvatsiya **solishtirma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

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

1. Ajralib chiqadigan qattiq fazaning solishtirma og'irligi bilan qolgan suyuq fazaning solishtirma og'irligi orasidagi farq sharoit tug'dirishi;
2. Qotish davrida sekin sovitish.

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

Qolipga quyilgan suyuq qotishma qotayotganda, dastavval, quyma qobig'idan ichkari tomonga (bu qobiq quymaning qobiq devorlariga tegib, tez sovishidan hosil bo'lgan juda mayda donachalardan iboratdir) uzunchoq kristallar o'sib chiqadi, bu kristallar qalqib chiqa olmay yoki cho'ka olmay, transkristallanish sirtqi devori hosil qiladi. Bunday holda likvatsiyalanuvchi suyuqlik quyma ichiga to'planadi. Buning natijasida hosil bo'lgan likvatsiya **zonalar likvatsiyasi** deb ataladi.



2.3-rasm Likvatsiyalar turlari sxemalari:

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

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

Kristallarning shakliga o'ta sovush darajasi ta'sir qiladi. O'ta sovush darajasi juda kichkina bo'lsa, muntazam geometrik shakldagi kristallar hosil bo'ladi. O'ta

sovish darajasi bir qadar katta bo'lsa, kristallar **dendrit** shaklini oladi, ya'ni kristallar, asosan fazaviy kristall panjaraning asosiy o'qlariga mos yo'nalishida o'sadi.

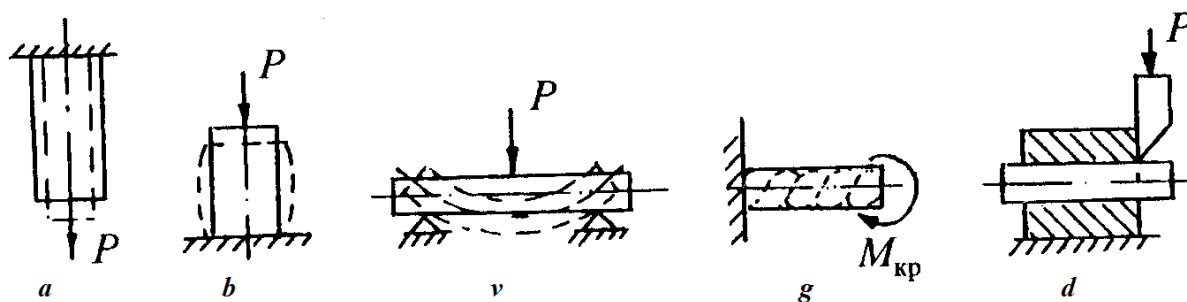
O'ta sovish darajasi ancha katta bo'lsa, **sferoid** shaklidagi kristallar hosil bo'ladi.

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

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

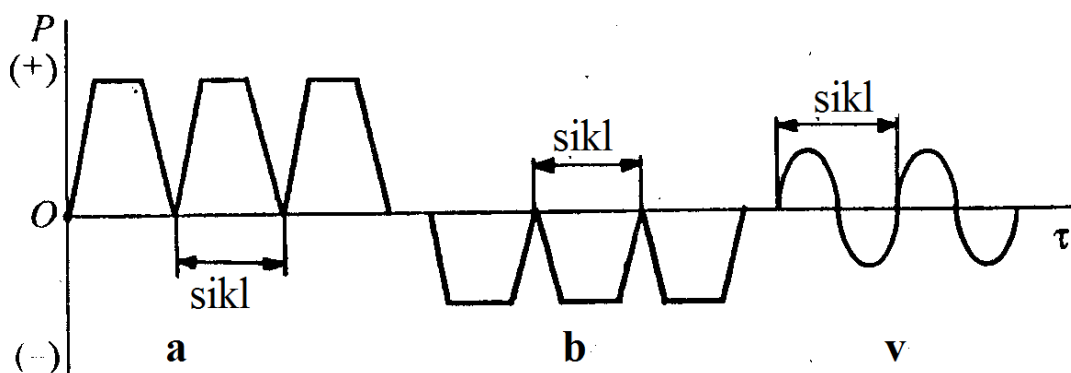
2.2. Metall materiallarni mexanik xossalari va ularni aniqlash usullari

Mashina detallariga turgan joyida, ayniqsa ishlash davrida har-xil kuchlar ta'sir qiladi (2.4-rasm)



2.4-rasm. Kuchlarni asosi turlari: a-cho'zuvchi; b-qisuvchi; v-eguvchi; g-burovchi; d-qirquvchi.

Detallar shu kuchlarga chidashi kerak. Tashqi kuchlarga qarshilik ko'rsatish qobiliyati detall va qotishmalarning **mexanik xossalari** deb ataladi. Vaqtga qarab kuchlar **statik**, **dinamik** va **o'zgaruvchan** tarzda o'tadi. Bir tekisda – kichgina o'zgarish tezligi bilan ta'sir etuvchi kuch- nagruzkaga statik nagruzka deyiladi. Vaqt bo'yicha katta texnik tezlik bilan ta'sir qiluvchi kuch-nagruzka - zarb bilan ta'sir etuvchi nagruskalar dinamik nagruzka deyiladi. Ta'sir kuchi o'zgarib turuvchilari o'zgarib turuvchi nagruzka deb ataladi. Vaqti-vaqti bilan o'zgarib turuvchi nagruskalar **qayta-qaytao'zgaruvchi** yoki **siklik** nagruskalar deyiladi.



2.5-rasm. Siklik nagruzka sxemasi: a – cho‘zilib; b – qisib; v – belgi o‘zgaruvchi nagruzka.

Tashqi kuchlar ta’siri ostida, xamda material ichidagi struktura – fazalar o‘zgarishi natijasida materialda ichki kuchlar xosil bo‘ladi. Jism ko‘ndalang kesimi yuza birligiga to‘g‘ri kelgan ichki kuchlar **kuchlanish** deb ataladi. Bu ifoda bilan konstruksiyani (detallni) mustaxkamligi xisoblanadi. Masalan, silindrik sterjenni kuchlanishligini (mustaxkamligini) xisoblab aniqlanadi:

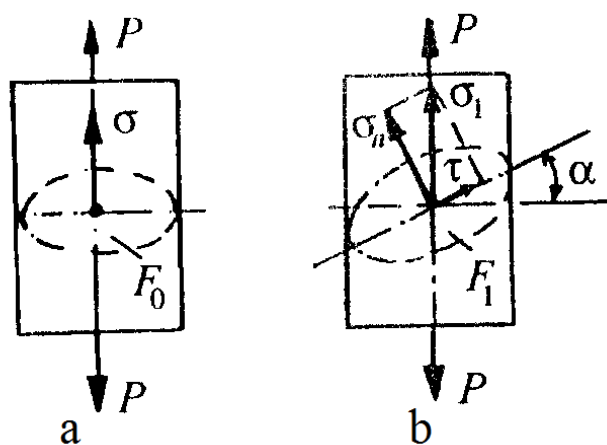
$$G = \frac{P}{F_0} \text{ kg/mm}^2 \quad (2.1)$$

Bu yerda:

G – kuchlanish;

P – cho‘zuvchi kuch, kg;

F_0 – jism ko‘ndalang yuzasi, mm^2 .



2.6-rasm Narmal va urinma kuchlanishlar sxemasi.

a – ko‘ndalang kesim(F_0)ga perpendikulyar kuch;

b – ko‘ndalang kesim (F_1) gaperpendikulyar emas kuch.

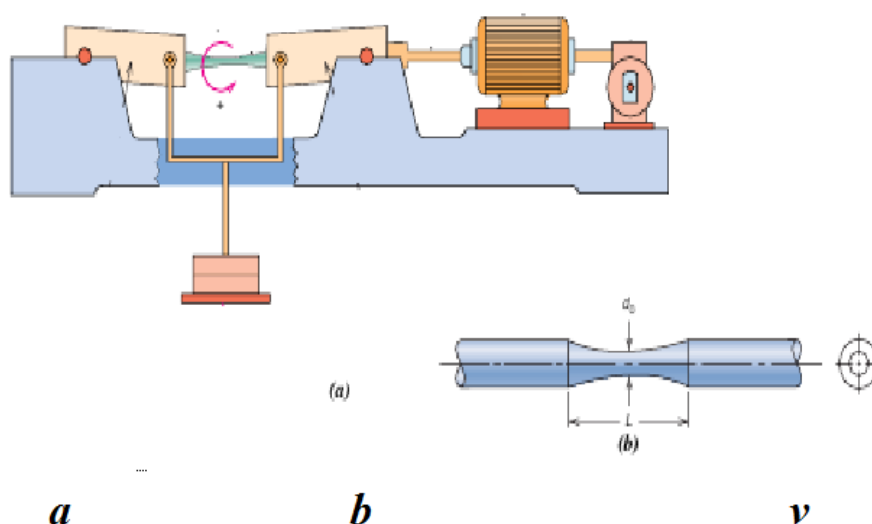
Ikkinchi (b) xolat uchun

$$G_1 = \frac{P}{F_1} = G \cdot \cos \alpha \quad (2.2)$$

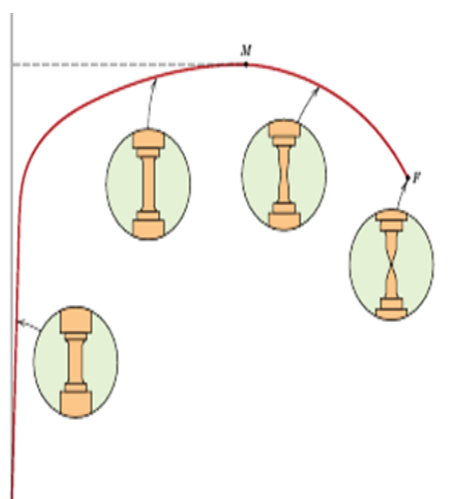
Materiallarni mexanik xossalari statik yuklama bilan cho'zilishga sinash.

Cho'zib sinash bilan materialni mexanik xossalari to'g'risida to'la ma'lumot – informatsiya olinadi. Buning maxsus silindrik (ko'ndalang kesimi doira) yoki yassi (ko'ndalang kesimi to'g'ri to'rtburchak) namunalar olinadi. Silindrik namunalarning geometrik o'lchamlari Gost 1497-84 bo'yicha olinadi: bunda $l_0 = 2,82\sqrt{F_0}$; $l_0 = 5,65\sqrt{F_0}$; $l_0 = 11,3\sqrt{F_0}$ bo'ladi: l_0 = dastlabki namuna uzunligi; F_0 – namunani xisobiy ko'ndalang kesimi dastlabki yuzasi. Silindrik namunani dastlabki xisobi uzunligini (l_0) dastlabki diametriya (d_0) nisbati, ya'ni l_0/d_0 **namunani karraliligi** («kratnost») deyiladi. Amalda 2,5; 5 va 10 karralli namunalar ishlatiladi, eng ko'p ishlatiladigani 5.

Quyidagi 2.8-rasmda namunani cho'zilish davridagi xolatlari ko'rsatilgan.



2.7-rasm. Cho'zilishga sinash dastgohi



2.8.-rasm. Cho'zish diagrammalari.

Namuna cho'zish mashinasiga vertikal xolda o'rnatilib – maxkamlab cho'zib uziladi.

Metall va qotishmalarning cho‘zilishdagi mustaxkamligini sinash. Metall va qotishmalarning chuzilishdagi mustaxkamligini sinashda ularning elastiklik chegarasi, proporsionallik chegarasi, elastiklik moduli, okuvchanlik chegarasi, mustaxkamlik chegarasi, nisbiy uzayishi va nisbiy torayishi (ingichkalanishi) aniklanadi.

Namunada koldik deformatsiya xosil bula boshlash paytiga tugri keladigan kuchlanish **elastiklik chegarasi** deb ataladi va σ_e bilan belgilanadi:

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

bu yerda R_e -elastiklik chegarasiga tugri kelgan nagruzka, M_n xisobida;

F_0 -namunaning sinashdan oldingi kundalang kesim yuzi, m^2 xisobida.

Namunaning uzayishi bilan kuchlanish orasidagi proporsionallikning buzilish paytiga tugri kelgan kuchlanish **proporsionallik chegarasi** deb ataladi va σ_r bilan belgilanadi:

$$\sigma_r = R_r / F_0 ; \quad M_n / m^2 (10^{-1} \text{ kg} / \text{mm}^2), \quad (2.3)$$

R_r -proporsionallik chegarasiga tugri kelgan nagruzka, M_n xisobida;

F_0 -namunaning sinashdan oldingi kundalang kesim yuzi, m^2 xisobida.

Chuzish diagrammasida ordinatalar ukiga nagruzka (R) kiymatlar, absissalar ukiga esa absolyut uzayish (∇l) kiymatlari kuyiladi.

Dastlab, namunaning uzayishi nagruzkaga proporsional ravishda boradi, ya’ni namunaning uzayishi bilan nagruzka orasidagi boglanish tugri chizik bilan ifodalanadi, bu proporsionallik nagruzkaning R_r kiymatigacha-proporsionallik chegarasiga davom etadi. Proporsionallik chegarasigacha **Guk konuni** uz kuchini saklaydi:

$$\sigma = E * \delta , \quad (2.4)$$

bu yerda:

σ -chuzish vaqtidagi normal kuchlanish;

δ -nisbiy uzayish;

E -proporsionallik koeffitsienti (elastiklik moduli).

Yuqoridagi munosabatdan elastiklik modulini topamiz:

$$E = \sigma / \delta = (\sigma * l_0) / \nabla l ; \quad M_n / m^2 (10^{-1} \text{ kg} / \text{mm}^2).$$

Binobarin, normal kuchlanishning elastik nisbiy uzayishga bulgan nisbatiga son jixatidan teng kattalik **elastiklik moduli** deb ataladi.

Diagrammaning kuchlanishlar proporsional uzgaradigan qismi absissalar o’qi bilan α burchak xosil qilganligidan (rasmga qarang):

$$\text{tg} \alpha = \sigma / \delta \quad (2.5)$$

bo’ladi, demak, elastiklik modulini grafik tarzda quyidagicha aniqlash mumkin:

$$E = \text{tg} \alpha \quad (2.6)$$

Proporsionallik chegarasiga namunada faqat elastik deformatsiya sodir bo'ladi. Agar nagruzka olinsa, namuna dastlabki xolatiga qaytadi. Nagruzka R_r qiymatidan oshirilsa, namunaning uzayishi bilan kuchlanish orasidagi proporsionallik buzilib, namugada qoldiq deformatsiya paydo bo'ladi. Namunada ana shunday qoldiq deformatsiya xosil qiladigan nagruzka elastiklik chegarasi nagruzkasi (R_e) deb ataladi. Elastiklik chegarasida qoldiq deformatsiya qiymati juda kichik (namuna dastlabki uzunligining 0,005 protsentigacha) bo'lganligidan R_e nagruzka R_r nagruzkaga juda yaqin turadi(rasmga qarang).

Nagruzkaning qiymati R_e dan oshirilsa, egri chiziq o'ng tomonga ancha og'ib, sungra deyarli gorizontal vaziyatga keladi, bu xol namunaning chuzuvchi kuch ta'sir etmasa xam uzaya borishini kursatadi. Bunda namuna guyo okadi, shuning uchun egri chizikning ana shu gorizontal kismiga tugri keladigan nagruzka **okuvchanlik chegarasidagi nagruzka** (R_{ok}) deb ataladi. Agar namunani chuzishda egri chizika gorizontal kism xosil bo'lmasa, namuna dastlabki uzunligining 0,2 protsentiga teng qoldiq deformatsiya xosil qiladigan nagruzka oquvchanlik chegarasidagi nagruzka deb qabul qilinadi va $R_{0,2}$ bilan belgilanadi.

Oquvchanlik chegarasidagi nagruzkaning namuna kundalang kesim yuziga nisbatan shu namuna **oquvchanligining fizik chegarasi** deyiladi va σ_{ok} bilan belgilanadi:

$$\sigma_{ok} = R_{ok} / F_0; \text{ Mn / m}^2 (10^{-1}\text{kg/mm}^2), \quad (2.7)$$

bu yerda:

R_{ok} -oquvchanlik chegarasidagi nagruzka, Mn xisobida;

F_0 -namuna kundalang kesimining yuzi, m^2 xisobida.

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

$$\sigma_{0,2} = R_{0,2} / F_0; \text{ Mn / m}^2 (10^{-1}\text{kg/mm}^2), \quad (2.8)$$

bu yerda: $R_{0,2}$ -namunaning qoldiq uzayishi dastlabki uzunligining 0,2 protsentiga teng bo'lgan paytga to'g'ri keluvchi nagruzka, Mn xisobida;

F_0 -namuna ko'ndalang kesimining yuzi, m^2 xisobida.

Oquvchanlik chegarasidan so'ng metallning kuchlanishi uzining eng yuqori qiymatiga etadi. Kuchlanishning ana shu kiymatidagi nagruzka **mustaxkamlik chegarasidagi nagruzka** deb ataladi va R_b bilan belgilanadi (rasmga qarang). Nagruzka R_b qiymatiga yetgach namunada bo'yin xosil bo'la boshlaydi, buning natijasidanagruzka pasaya boradi. Nixoyat, nagruzkaning qiymati R_z ga tushganda namuna uziladi. Nagruzkaning ana shu qiymati (R_z) namunaning **uzilish paytidagi nagruzka** deb ataladi.

Mustaxkamlik chegarasidagi nagruzkaning nagruzka ta'sir ettirilishidan oldingi ko'ndalang kesim yuziga nisbati **mustaxkamlik chegarasi** deb ataladi va σ_b bilan belgilanadi: $\sigma_b = R_b / F_0; Mn / m^2 (10^{-1}kg/mm^2)$, (2.9)

bu yerda: R_b -namunaga ta'sir etgan eng katta nagruzka, Mn xisobida:

F_0 -namunaning nagruzka ta'sir ettirilishida oldingi ko'ndalang kesim yuzi, m^2 xisobida.

Binobarin, $R_z/F\delta$ nisbatan namunaning **uzilishiga ko'rsatgan xaqiqiy qarshiligi yoki mustaxkamligining xaqiqiy chegarasi** deb ataladi.

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

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

Namunaning nisbiy uzayishi quyidagi formuladan topiladi:

$$\delta = (l_1 - l_0) * 100\% / l_0 \quad (2.10)$$

bu yerda: δ -namunaning nisbiy uzayishi, % xisobida;

l_1 -namunaning sinashdan keyingi uzunligi;

l_0 -uning sinashdan oldingi uzunligi.

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

$$\varphi = (F_0 - F_b) * 100\% / F_0 \quad (2.11)$$

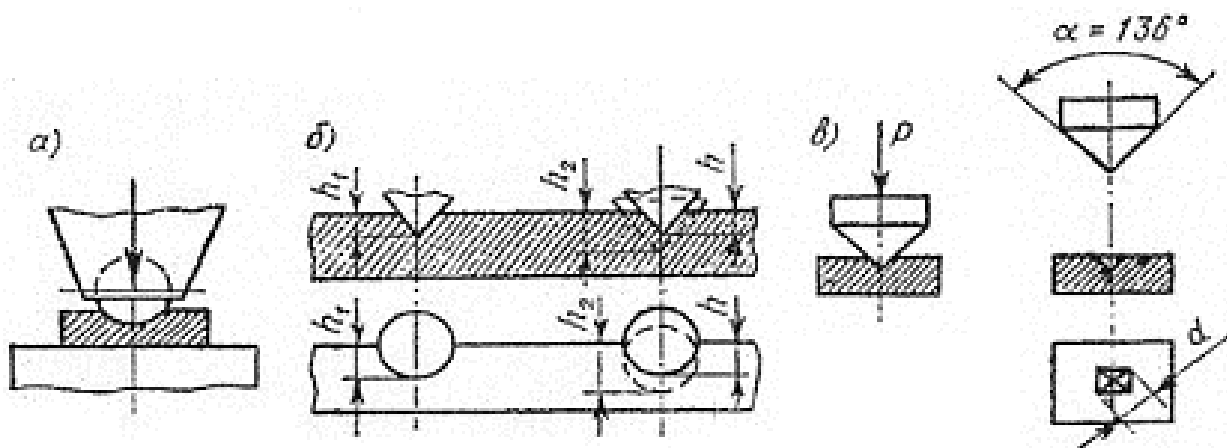
bu yerda: φ -namunaning nisbiy torayishi, % xisobida;

F_0 -namuna ko'ndalang kesimning sinashdan oldingi yuzi;

F_b -uning (bo'yinning) sinashdan keyingi yuzi.

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

Materiallarni qattiqligini sinash. Materiallarni qattiqligi bu uni yuzasiga botirilayotgan qattiq jism – indikatoriga ko'rsatilayotgan qarshiligidir. Indikator sifatida toblangan po'lat shar yoki konus yoki piramida shaklidagi olmozli uchlik qabul qilinadi. Brinell usulida namuna yuzasiga po'lat shar botirilganda qolgan izning yuzasiga qarab; Rokvell usulida namuna yuzasiga olmoz konus yoki po'lat shar botirilganda ular qoldirgan izning chuqurligiga qarab; Vickers usulida olmoz piramida qoldirgan iz yuzasining kattaligiga qarab qattiqlik aniqlanadi(2.9-rasm).



2.9-rasm Qattiqlikni sinash usullari sxemalari: a-Brinell usuli bilan; b - Rokvell usuli bilan; c - Vickers usuli bilan

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

$$HB = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} : \quad (2.11)$$

bu yerda: D – toblangan shar diametri, mm;

d – qolgan iz diametri mm;

R-kuch, N (kg).

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

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

$\sigma_B \approx 3,4 \text{ NV}$ – issiq prokatlangan uglerodli po'latlar uchun;

$\sigma_B \approx 4,5 \text{ NV}$ – mis qotishmalari uchun;

$\sigma_B \approx 3,5 \text{ NV}$ – alyuminiy qotishmalari uchun.

Qattiqlikni Vickers usulida sinash. Bu usulda GOST 2999-75 bo'yicha namuna yuzasiga cho'qqisi 136° burchakli to'rt qirrali olmos piramida botiradi. Qolgan iz kvadrat shaklida bo'ladi. Kvadratning dioganali o'lchanadi va qattiqlik quyidagicha formula bo'yicha aniqlanadi.

$$HV = 0,189 \frac{P}{d^2} : \quad (2.12)$$

P – kuch, H – birligida, d – kvadrat dioganali, mm.

Amalda tanlangan kuch va o'lchangan diogonal bo'yicha oldindan tayyorlab qo'yilgan jadval bo'yicha qattqlik aniqlanadi. Vickers usuli asosan yuqori qattqlikdagi materiallar uchun qo'llaniladi: ko'ndalang kesimi kichik va yupqa detallar uchun. Qo'yiladigan kuch qoida bo'yicha 10, 30, 50, 100, 200, 500 N ga teng. Qattqligi 450 HB gacha bo'lgan materiallar uchun qattqlik raqamlari Brinell va Vickers usullari uchun bir xil.

GOST 9013-59 bo'yicha bu usul o'tkaziladi. Ancha universal va kam mexnat sarf usuli. Qattiq kattaligi to'g'ridan – to'g'ri qattqlikni o'lchash shkalasi ko'rsatadi; izni o'lchash xojati yo'q. Cho'qqisidagi burchak 120° olmosli uchlik botiriladi, yoki po'lat shar diametri 1,588mm. Quyilagilar kuchni uchlikning materialliga qarab tanlanadi. Pribor uchta o'lchov shkalasiga ega: A;V;S. Qattqlikni tanlangan shkala bo'yicha ifodalanadi. Masalan: 70HRA, 58HR, 50HRB.

Shkala A – uchlik olmosli uchlik, kuch 600N. Bu shkala aloxida qattiq materiallar uchun qo'llaniladi. Yupqa list materiallar uchun yoki yupqa qatlamlar (0,5-1,0mm) ishlatiladi. Bu shkala bo'yicha chegarasi 70-85. belgilanishi HRA.

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

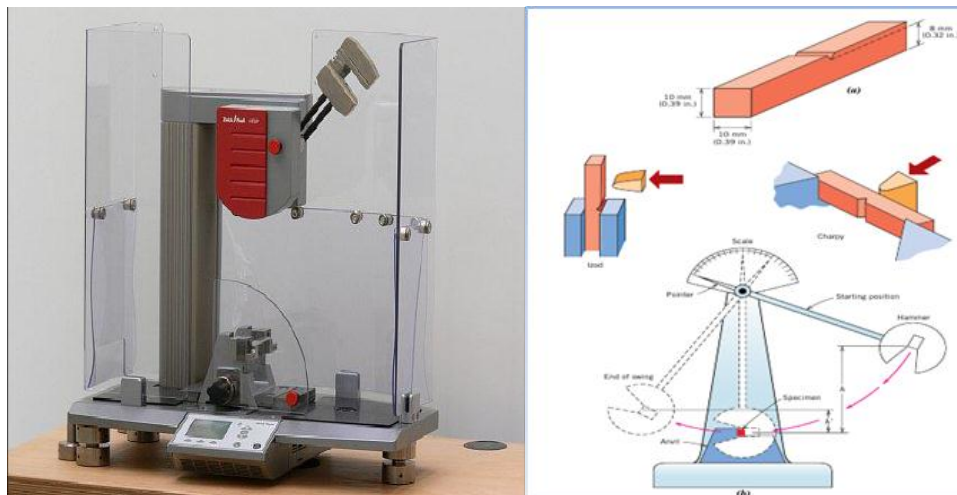
Rokvell bo'yicha o'lchangan qattiq raqamlari bilan Brinell va Vickers usullarida o'lchangan qattqlik raqamlari orasida bog'lanish munasabatlari yo'q.

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

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

GOST 9454-78 bo'yicha namuna yasaladi.

Sinash tajribalari mayatnikli kopyorda («Sharli asbobi»da) olib boriladi. (2.10-rasm).



2.10-rasm. Zarbiy qovushqoqlikni sinash sxemasi:

a – namunani kopyorga oʻrnatilishi; b – mayatnikli kopyor sxemasi

Xar – xil ariqchali namunalar boʻladi. Eng koʻp tarqalgani $\cup$ - shaklli va V-shaklli ariqchalardir.

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

Zarbiy qovushqoqlik ($KC(M \cdot Dj / m^2)$) deb belgilanadi va bajarilgan ishni (κni) singan ariqcha koʻndalang yuzasiga (F) nisbati qilib aniqlanadi.

$$KC = \frac{K}{F}; M \cdot Dj / m^2; \quad M \cdot Dj - \text{megadjoul.}$$

Agar namuna ariqchasi $\cup$ shaklda boʻlsa zarbiy qovushqoqlik KCU deb belgilanadi, agar $\vee$ shaklli boʻlsa, KCV deb belgilanadi.

2.3. Metall materiallarning fizikviy va kimyoviy xossalari.

Fizik xossalari. Metallarning fizik xossalariga uning rangi, zichligi, suyuqlanish harorati, issiqlik oʻtkazuvchanligi, issiqdan kengayuvchanligi, issiqlik sigʻimi, elektr oʻtkazuvchanligi, magnit xossalari va boshqalar kiradi.

Metall rangi deb, maʼlum toʻlqin uzunligidagi yorugʻlik nurini qaytarish xususiyatiga aytiladi. Masalan, mis pushti–qizil rangli, alyuminiy esa kumushsimon oq rangli boʻladi.

Metallning zichligi hajm birligida joylashgan massa bilan xarakterlanadi. Zichligiga koʻra barcha metallar yengil (4500 kg/m^3 dan kam) va ogʻir xillarga boʻlinadi. Turli buyumlar yaratishda metall zichligi muhim rol oʻynaydi. Masalan,

samolyot va raketsozlikda juda yengil metall va qotishmalardan (alyuminiyli, magniyli, titanli) foydalanishga harakat qilinadi. Bu buyum massasini kamaytirish imkoniyatini beradi. Suyuqlanish harorati deb, metall qattiq xolatdan suyuq holatga o'tadigan haroratiga aytiladi. Suyuqlanish haroratiga qarab qiyin suyuqlanadigan (volfram 3416°C, tantal 2950°C, titan 1725°C va boshqalar) va oson suyuqlanadigan (qalay 232°C, qurg'oshin 372°C, rux 419°C, alyuminiy 660°C) metallar bo'ladi. Quyma buyumlar, payvandlanadigan va kavsharlanadigan birikmalar termoelektrik priborlar va boshqa buyumlar tayyorlash uchun metall tanlashda suyuqlanish harorati katta ahamiyatga ega. SI birliklar sistemasida suyuqlanish harorati Kelvin (K) shkalasida ifodalanadi.

Metallning issiqlik o'tkazuvchanligi deb, uning ko'p qizigan uchastkasidan kam qizigan qismiga issiqlik o'tkazish, xususiyatiga aytiladi. Kumush, mis, alyuminiy ko'p issiqlik o'tkazuvchanligi alyuminiyga nisbatan besh marta kichikdir. Detallar uchun materiallar tanlashda issiqlik o'tkazuvchanlik katta ahamiyatga ega. Masalan, metall issiqlikni yomon o'tkazsa, u qizdirilganda yoki tez sovutilganda (termik ishlov berishda, payvandlashda) unda darzlar paydo bo'ladi. Mashinalarning ayrim detallari (dvigatellarning porshenlari, turbinalarining kurakchalari) issiqlikni yaxshi o'tkazadigan materiallardan tayyorlanishi kerak. CII birliklar sistemasida issiqlik o'tkazuvchanlik $Vt (m \cdot K)$ bilan o'lchanadi.

Metallning issiqdan kengayuvchanligi deb, qizdirilganda uning o'lchamlarining kattalashish, sovutilganda esa kichrayish chiziqli kengayish koeffitsienti xususiyatiga aytiladi. Issiqdan kengayuvchanlik bilan xarakterlanadi, bu erda jismning temperaturalardagi uzunligi. Hajmiy kengayish koeffitsienti 3 ga teng. Metallarning issiqdan kengayuvchanligi payvandlashda, bog'lanishda hamda qizdirib hajmiy shtampkovkalashda, quyish qoliplari, shtamplar, prokat valiklari, kalibrlar tayyorlashda, aniq birikmalar hosil qilishda hamda priborlarni yig'ishda, ko'prik fermalar qurishda, temir yo'l relslarni yotqizishda hisobga olinishi kerak. Metallning issiqlik sig'im deb, qizdirilganda uning ma'lum miqdordagi issiqlikni yutish xususiyatiga aytiladi. Issiqlik sig'imi CII birliklar sistemasida $J/kg \cdot K$ bilan o'lchanadi. Turli metallarning issiqlik sig'imi ularning solishtirma issiqlik sig'imi miqdoriga qarab solishtiriladi. Solishtirma issiqlik sig'imi 1 kg metall haroratini 10°C ga ko'tarish uchun kerak bo'ladigan, katta kaloriyada ifodalangan issiqlik miqdoridir (u SI birliklar sistemasida $J/kg \cdot K$) bilan o'lchanadi.

Metallarning elektr tokini o'tkazish xususiyati ikkita o'zaro qarama-qarshi xarakteristikalar—elektr o'tkazuvchanlik va elektr qarshiligi bilan belgilanadi. Elektr o'tkazuvchanlik SI birliklar sistemasida simens (Sm) da, solishtirma elektr o'tkazuvchanlik Sm/m da, shunga o'xshash elektr qarshiligi esa Om/m da o'lchanadi. Tok o'tkazuvchi simlar (mis, alyuminiy) yaxshi tok o'tkazadi.

Kimyoviy jarayonlar natijasida qotishma tarkibining o'zgarishi kimyoviy xossalarni ifodalaydi.

Kimyoviy xossalari. Metallar va qotishmalarning kimyoviy xossalari oksidlanishiga yoki turli moddalar: havodagi kislorod, kislota hamda ishqor eritmalari va boshqalar bilan birikishiga qarshi tura olish xususiyatiga qarab xarakterlanadi. Metall boshqa elementlar bilan qancha oson birikishga kirishsa, u shuncha tez yeyiladi. Metallarning tashqi agressiv muhit ta'siridan ximiyaviy yemirilishiga korroziyalanish deyiladi. Metallarning korroziyaga, kuyindi hosil bo'lishiga va erishiga qarshiligi vaqt birligi ichida sirt birligiga to'g'ri keladigan tekshirilayotgan namuna massasining o'zgarishi bilan belgilanadi. U yoki bu buyumlarni tayyorlashda metallarning kimyoviy xossalari albatta hisobga olinadi. Bu ayniqsa, kimyoviy agressiv muhitlarda ishlatiladigan buyum va detallarga taaluqlidir.

2.4. Metall materiallar va qotishmalarning texnologik va ekspluatatsion xossalari.

Buyumlar tayyorlashda mavjud materiallarni qayta ishlash imkoniyatlari qanday darajada ekanligi materialning *texnologik xossasi* deyiladi. Qotishmalarning sovuqlayin yoki qizdirib ishlanuvchanligi, quyish, bolg'alash, payvandlash, kesib ishlashga qulayligi texnologik xossalarini belgilaydi. Materialning xossalarini bilgan holda buyum yasashning texnologik jarayonlarini loyihalash mumkin.

Kesib ishlanuvchanlik eng muhim texnologik xossalaridan biri hisoblanadi chunki ko'pgina tayyorlamalar, shuningdek payvandlab tayyorlangan uzal va konstruksiyalarning detallariga mexanik ishlov beriladi. Ba'zi metallarga osongina ishlov berib toza va silliq sirt hosil qilish mumkin. Qattiqligi past bo'lgan juda qovushqoq metallar ham yomon ishlanadi. Sirtida tirnalgan joylar bo'lib, g'adir-budir chiqadi. Ishlov berishni yaxshilash uchun, masalan po'lat termik ishlanadi, bu bilan uning qattiqligi yo oshiriladi yoki kamaytiriladi.

Payvandlanuvchanlik metallarning xossalari asosiy metall xossalariga yaqin turgan payvand birikmalar hosil qila olish xususiyatidir. U payvandlangan namunani bukish va cho'zishga sinab ko'rib aniqlanadi.

Bolg'alanuvchanlik metallga sovuqlayin yoki qizdirilgan holatda uni emirilish alomatlarisiz bosim ostida ishlov berish xususiyatidir. Bolg'alanuvchanlik namunani berilgan darajagacha deformatsiyalab, temirchilik usulida bolg'alab aniqlanadi. Namunaning cho'kish balandligi, odatda, uning ikkilangan diametriga teng bo'lishi kerak. Agar uning yon sirtida darzlar paydo bo'lmasa, bunday namuna sinovga bardosh bergan, tekshirilayotgan metall esa bosim ostida ishlov berishga yaroqli hisoblanadi.

Materiallarning quyilish xossalari ularning darzsiz bo'shliqsiz va boshqa nuqsonlarsiz quyma hosil qila olish xususiyatini xarakterlaydi. Asosiy quyilish xossalari suyuq holatda oquvchanlik, kirishuvchanlik va likvatsiya kiradi.

Suyuq holatda oquvchanlik suyultirilgan metallning quyish qolipi bo'shlig'ini yaxshi to'ldirish xususiyatidir.

Krisstallanishda krishiuvchanlik suyuq holatdan qattiq holatga o'tishda metall hajmining kamayishidir. U quymalarda kirishuvchanlik bo'shliqlari va g'ovaklari hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Likvatsiya qotishmalarning krisstallanishda paydo bo'ladigan kimyoviy tarkibining bir jinslimasligidadir. Bu qotishmalar toza metallarga qaraganda qat'iy bir temperaturada emas, balki temperatura oralig'ida kristallanish bilan tushuntiriladi. Qotishmaning kristallanish temperatura intervali qancha katta bo'lsa, likvatsiya shuncha tez rivojlanadi. Bunda kristallanish harorat oralig'iga kuchli ta'sir qiladigan qotishma komponentlari (po'lat uchun oltingugurt, kislorod, fosfor, uglerod) likvatsiyaga ko'proq moyil bo'ladi.

Metall va qotishmalarning texnologik xossalarini bukiluvchanligini va takror bukiluvchanligini sinash, botiluvchanligini sinash, cho'kuvchanligini sinash, yassilanuvchanlik, o'raluvchanlik, buraluvchanlik va boshqa xossalarini sinash usullari bilan aniqlanadi.

Ekspluatatsion xossalari. Bu xossalar mashinaning ish sharoitiga bog'liq holda maxsus sinovlari o'tkazib aniqlanadi. Ekspluatatsion xossalardan eng muhim yeyilishga chidamlilikdir.

Yeyilishga chidamlilik materialning yeyilishiga, ya'ni ishqalanish tufayli buyum tashqi sirtining yemirilishidan o'lchami va shaklini asta-sekin o'zgartirishga qarshilik ko'rsata olish xususiyatidir. Metallarni yeyilishga sinash laboratoriya sharoitida namunalarda, real ekspluatatsiya sharoitida esa detallarda o'tkaziladi. Namunalarni sinashda ishqalanish sharoiti real sharoitga yaqin qilib olinadi. Namuna yoki detallarning eyilish kattaligini turli usullar bilan, chunonchi o'lchamlarni o'lchash, namunalarni tortib ko'rish kabi usullar bilan aniqlanadi. Ekspluatatsion xossalariga shuningdek sovuqbardoshlik, issiqbardoshlik, antifikatsion xossalar va hakovolar ham kiradi.

Rentgen tadqiqotlari. Istalgan faza difratsiya egri chizig'ining intensivligi, uning namunadagi miqdoriga to'g'ri proporsional.

Ammo elementning intensivligi va og'irlik konsentratsiyasi nisbatlari orasida biryoqlama muvofiqlik yo'q, xatto fazaning birida va o'sha miqdorida ham uning intensivlik chizig'i o'zgaradi, birinchidan-matritsaning effekti deb ataluvchi namunadagi rentgen nurlarining o'rtalama yutilish koeffitsientining bog'liqligi va va ikkinchidan enstinksiya effektlari xarakatiga bog'liqligi. Hattoki bog'liq bo'lmagan bo'lmagan etalonlar to'plamining borligiga qaramasdan bularning hammasi namunalarning fazaviy analizlarini o'tkazishni qiyinlashtiradi. Bu holatda

namunadagi fazalari sonini aniqlash hajmiy bo‘lib, quyidagi metodika bo‘yicha o‘tkazish mumkin.

I faza hosil bo‘lgan difraksiyaning intensivligi quyidagicha tapiladi:

$$I = (J_0)_i S_0 q_i e^{-2\mu d} d \quad (2.13)$$

bu yerda: $(J_0)_i$ - yutiish koeffitsientini hisobga olmagan holda faqat i fazadan tashkil topgan namunada ko‘rsatilgan intensivlik;

S_0 - namunaning difraksiya yuzasida ishtirok etgan maydoni;

q_i - namunadagi aniqlanayotgan fazaning hajmiy miqdori;

μ - kuchsizlanishning chiziqli koeffitsienti;

d – Vulf-Breg burchagi yo‘nalishida namunaga kiriyotgan rentgen nurlarining chuqurligi.

Amalda ko‘pincha kata qalinlikdagi namunalarda quyidagicha qabul qilish mumkin:

$e^{-2\mu d} \sim \frac{1}{2\mu}$ va (1) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi.

$$I_i = (J_0)_i S_0 q_i \frac{1}{2\mu} \quad (2.14)$$

Rasmga olish geometriyasi bir xil bo‘lgani uchun $\frac{1}{2} S_0 q_i \frac{1}{2\mu}$, doimiy kattalik bshladi.

Bunda (2) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$I_i = K q_i \frac{1}{\mu} (J_0)_i \quad (2.15)$$

Hajmiy kattaliklarni miqdoriy kattalikga almashtirilsa:

$$P_i(q_i = \frac{P_i}{\rho_i}), \quad (2.16)$$

bu yerda, ρ_i – i- fazaning zichligi va namunaning o‘rtacha chiziqli yutilish koeffitsientini qorishma komponentlarining miqdoriy yutilish koeffitsientlari orqali ifodalab μ^* ni olamiz

$$I_i = K P_i \frac{(J_0)_i}{\rho_i \sum_{i=1}^n P_i \mu^*} \quad (2.17)$$

Agar namunada n-ta faza bo‘lsa, n-ta (4) turdagi ifodalarni yozamiz.

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{K}{\sum_{i=1}^n P_i \mu_i^*} \frac{P_1}{\rho_1} (J_0)_1 \\ I_2 &= \frac{K}{\sum_{i=1}^n P_i \mu_i^*} \frac{P_2}{\rho_2} (J_0)_2 \\ I_n &= \frac{K}{\sum_{i=1}^n P_i \mu_i^*} \frac{P_n}{\rho_n} (J_0)_n \end{aligned} \quad (2.18)$$

(2.18) ifodani jamlaymiz, Chap tomonini qo‘shganimizda keyin (2.19) ifodani olamiz:

$$I_1 + I_2 + \dots + I_n = \sum_{i=1}^n I_i \quad (2.19)$$

$\sum_{i=1}^n I_i$ ifodani 1 yoki 100% ga teng deb olamiz va etalon sifatida ishlatish mumkin.

Ifodaning o'ng qismi qo'shilgandan so'ng:

$$\frac{K}{\sum_{i=1}^n P_i \mu_i^*} \left[\frac{P_1}{\rho_1} (J_0)_1 + \frac{P_2}{\rho_2} (J_0)_2 + \dots + \frac{P_n}{\rho_n} (J_0)_n \right] \quad (2.20)$$

Endi namunadagi fazalarning hajmiy miqdorini hisoblaymiz. Buning uchun quyidagi bog'liqlikni olamiz:

$$\begin{aligned} \frac{I_1}{\sum_{i=1}^n I_i} &= \frac{\frac{K}{\sum_{i=1}^n P_i \mu_i^*} \frac{P_1}{\rho_1} (J_0)_1}{\frac{K}{\sum_{i=1}^n P_i \mu_i^*} \left[\frac{P_1}{\rho_1} (J_0)_1 + \frac{P_2}{\rho_2} (J_0)_2 + \dots + \frac{P_n}{\rho_n} (J_0)_n \right]} = \\ &= \frac{\frac{P_1}{\rho_1} (J_0)_1}{\left[\frac{P_1}{\rho_1} (J_0)_1 + \frac{P_2}{\rho_2} (J_0)_2 + \dots + \frac{P_n}{\rho_n} (J_0)_n \right]} \end{aligned} \quad (2.21)$$

yoki

$$\frac{I_1}{\sum_{i=1}^n I_i} = \frac{q_1 (J_0)_1}{q_1 (J_0)_1 + q_2 (J_0)_2 + \dots + q_n (J_0)_n} \quad (2.22)$$

(2.22) ifoda yordamida etalondan foydalanilmaga xolda va qorishmaning miqdoriy yutilish koeffitsientlarini hisoblamasdan fazalar hajmiy miqdorlarini yetarlicha aniqlikda ob'ektiv baholash mumkin.

Rostrli elektron tadqiqotlari. Mikroskop - grekcha so'z bo'lib, (mikros - kichik va skopeo—ko'rish) degan ma'noni anglatadi. Inson ko'zi 0,08 mm masofada joylashgan ob'ekt detalini bir-biridan ajratadi. Nur orqali detalni optik mikroskopda nazorat qilish 0,20 mkm tashkil etsa, elektron mikroskop 0,1-0,01 nm da ko'rish imkoniyatini beradi.

PEM va TEM elektro mikroskoplari nur taratuvchi yuqori ingichka ko'rinishga ega namunalarni elektron dastalar o'tkazish orqali xosil qiladigan jixozdir. Yuqoriingichka deb 0,1 mkm qalinlikdagi namunalar nazarda tutiladi. Nur taratuvchi PEM va TEM mikroskoplarida namunadan o'tgan elektronlar dastasi magnit maydoni linzalar orqali kattalashtiriladi va fuoessentli ekranda namoyon bo'ladi, fototasvir yoki sensor priborda ko'rinadi.

Ilk bor PEM nemis olimi Maks Knoll va Ernst Rusk lar tomonidan [9 marta 1931 goda](#) yaratildi. Amaliy jixatdan PEM Albert Prebus va [Dj. Xillier](#) lar tomonidan [Toronto \(Kanada\)](#) universitetida [1938 yilda kurildi](#). [1986 yili](#) Ernet Ruskga PEM uchun Nobel mukofati berildi.



2.11-rasm. PEM mikroskopi

PEM mikroskopi quyidagilarga asoslangan:

- Namunani yoritishdagi fotonlar to‘lqin uzunligi;
- Optik sistemadagi burchak aperturasi ([barerom Abbe](#)).

PEM tarkibiga quyidagilar kiradi:

- **vakuumli sistema** - elektronlarni erkin xarakatlanishi uchun xavosi olingan muxit;
- **predmet stoli**: namunani ushlash dastgoxi, xolatini o‘zgartiradigan dastgox va [shlyuzlar](#);
- **elektronlar manbasi**: elektron dastalar junatishga mo‘ljallangan elektron proyektori yoki elektron pushka;
- **elektronlarni tezlashtirish** uchun mo‘jallangan yuqori kuchlanish manbasi;
- **aperturlar** elektron dastalarni chegaralovchi manba;
- **elektromagnit linzalar**;
- **ekran**, tasvirni ko‘rsatuvchi.

Bundan tashqari PEM da qo‘shimcha sistemalar xam bo‘ladi. Masalan skanirlovchi pristavka.

Vakuumli sistema. Vakuumli sistema past bosimda xavoni so‘rilishi uchun (odatda 10^{-4} [Pa^{\[1\]}](#)) elektronlar dastasini erkin xarakatlanishiga sharoit yaratib beradi. Bu elektronlarni to‘qnashishini oldini oladi va xarakatini tezlashtiradi.

Vakuum sharoitdagi sistema quyidagi pog‘onalardan iborat:

1. rotorli yoki [membranali](#) nasos;
2. [turbomolekulyar](#) yoki [diffuzionli](#) nasos;
3. Geteroionli nasoslar.

1-chi nasos orqali past bosimli vakuum xosil qilinadi.

2-chi nasos esa talab etilgan vakuum xolatini xosil qilish uchun ishlatiladi.

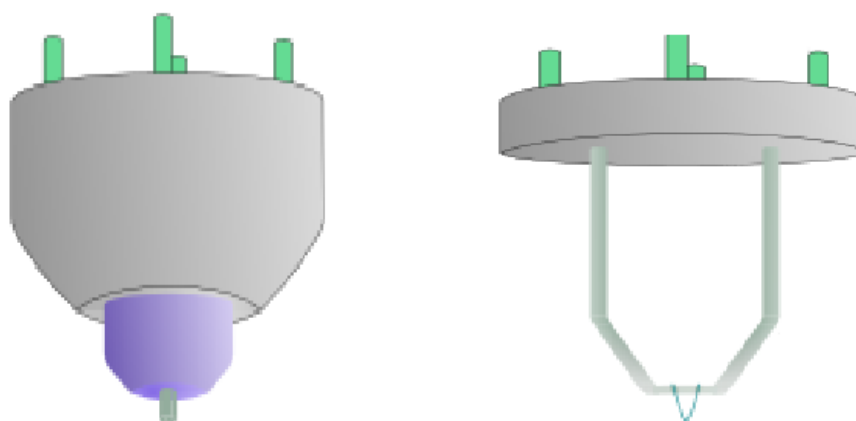
Ba'zan avtoemissiya xolatida ya'ni yuqori bosim vakuum $10^{-4} \dots 10^{-7}$ Pa sharoitida sistema **geteroionli nasos** orqali erishiladi.

Predmet stoli. Predmet stoli namunaga elektronlar orqali nurlanish vaqtida maxakamlash, qotirish uchun mo'ljallangan bo'lib, quyidagi elementlar tashkil topgan:

- namunani tutgich;
- tutgich mexanizmi (burash, aylantirish);
- **shlyuzlar**, namunani tutgich bilan birga vakuumga joylashtirish uchun ishlatiladigan.

Namunalar setkaga yoki tutgich formasida kesib tayyorlanadi. Namunaning standart diametri PEM setkasiga mos — 3.05 mm.

Elektron pushka. Elektron pushka elektronlar dastasini termoelektron emissiya yordamida xoil qiladi.



2.12-rasm. Termoelektron pushka va shpilka qo'rinishdagi volframli katod

Katod monokristall **LaB₆** (**geksaborid lantana**) tayyorlangan:

coupling/mounting legs — bog'lovchi/tayanch oyoqchalar;

insulation — izolyasiya;

single crystal LaB filament — monokristall iplari LaB₆.

Shpilka ko'rinishdagi volframli katod quyidagilardan tarkib topgan:

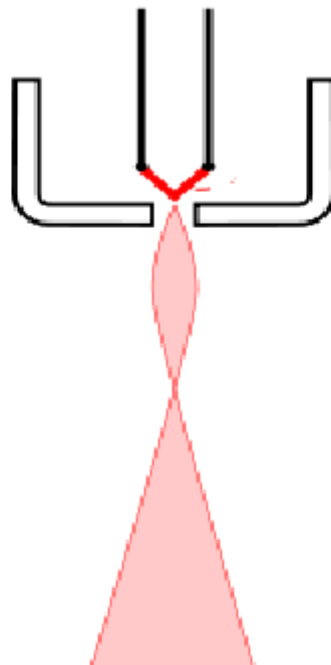
mounting/coupling connector — tayanch/bog'lovchi uzatgichlar;

support — tayanch;

tungsten filament — volframli ip.

Termoelektron pushka quyidagi elementlardan iborat:

- **katod** (qizdirish ipi);
- **venelt**;
- **anod**.



2.13-rasm. Elektron pushka sxemasi

Venelta silindrining ishlash prinsipi :

wehnelt — Veneltsilindri;

filament — ip, katod;

crossover — elektronlar kesishadigan nuqta;

beam current — volframli ip qizishi natijasida xosil bo'lgan elektronlar dastasi.

Potensiallar farqi tezlashishi xisobiga (kuchlanishning ko'chishi) Venelte tirqishidan ko'p miqdodagi elektronlar o'tadi. Kuchlanish o'zgartirib kuchish siljishini o'zgartirib emissiya tokini boshqarish mumkin. Ampertura orqali (tirqish) elektronlar crossover nuqtasida kesishadi va optik mikroskop tizimida virtual elektronlar manbasi xisoblanadi.

Aperturlar. Apertur metall plastina ko'rinishida bo'lib, elektronlar o'tishi uchun tirqish vazifasini o'taydi. Plastina qalinligi shunday tanlanadiki, undan faqat elektronlar o'tadi.

PEM da namunalarni tayyorlashda namuna qalinligi 20-200 nm tashkil etishi lozim. Kichik kattalikdagi materiallar elektron dastada yoltiroq bo'lishi uchun setkaga kukun yoki nanotrubka sifatida tayyorlanadi.

Material namunalari juda yupqa bo'lishi va bunda namuna strukturasi minimal darajada shikastlanishi lozimligi talab etiladi.

PEM mikroskopida namunani anaviy tayyorlash usuli. Yuqori bosim sharoitida PEM mikroskopida biologik namunani anaviy tayyorlash usuli namuna materialining morfologiyasini saqlagan xolda tayyorlanishini talab etadi. Namunalar juda xam kichik, kimyoviy reagentlarga ta'siri moyil bo'lishi (0,7 mm dan oshmasligi) zarur. Namunalar kimyoviy birlamchi ta'sirga (odatda

aldegidlarga), ikkilamchi ta'sirga osmiyning turt oksidaga va so'ngra suvsizlanishiga (spirt yoki atseton) keltiriladi. Suvsizlantirish uchun namunalar epoksidli smolaga shimdirildi va so'ngra polimerlanadi. Xosil etilgan smolali qattiq bloklar ultramikrotomli olmos pichoqlar yordamida 20-100 nanometr qalinlikda kesiladi. So'ngra maxsus setkaga kesilgan (diametri 3 mm) namunalar joylashtiriladi va bog'lovchi og'ir elementlar (urana, svinsa, volframi va boshqa) bilan o'raladi.

2-bob bo'yicha umumiy nazorat savollari:

1. Makrotahlil nima?
2. Mikrotahlil deganda nimani tushinasiz?
3. Rentgen tahlili yordamida nimalar o'rganiladi?
4. Ultra tovush usuli nima?
5. Metal va qotishmalarning fizik hossasi deganda nimani tushunasiz?
6. Eng tez suyuqlanadigan metallar?
7. Qiyin eriydigan metallarga qaysilar kiradi?
8. Kimyoviy xossaga nimalar kiradi?
9. Korroziya nima va qanday turlarini bilasiz?
10. Mexanik xossalar haqida nimalar bilasiz?
11. Qattiqlikni ta'rifi qanday?
12. Qattiqlik qanday usullarda o'lchanadi?
13. Plastiklik va elastiklik to'g'risida nimalar bilasiz?
14. Qanday texnologik xosalarni bilasiz?
15. Yeyilishga chidamlilik nima?

3-BOB. TEMIR-UGLEROD QOTISHMALARI VA ULARNING ISHLATILISHI

3.1 Uglerodli po‘latlar. Uglerodli va legirlangan po‘latlarning klassifikatsiyasi, markalanishi va ishlatilishi

Uglerodli po‘latlar. Uglerodli po‘latlar quyidagi asosiy mezonlar bo‘yicha quyidagi guruhlariga bo‘linadi:

1. Po‘lat tarkibidagi uglerod miqdoriga qarab: a) kam uglerodli : $S < 0,3\%$; b) o‘rta uglerodli $S = 0,3 \div 0,7 \%$ va v) yuqori- ko‘p uglerodli $S > 0,7\%$ po‘latlarga bo‘linadi.

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

Asbobsozlik po‘latlari tarkibida uglerod miqdori $0,7-1,7 \%$ bo‘ladi. Uglerodli asbobsozlik po‘latlariga qo‘yilgan talablar: yetarli mustahkamlik va qattqlik; ishqalanib yeyilishga qarshilik, issiqqa bardoshlik va h.k. Asbobsozlik po‘latlari qirqib ishlash asboblari uchun, shtamplar uchun, o‘lchov asboblari uchun ishlatiladi.

3. Sifatiga qarab: a) oddiy sifatli b) sifatli v) yuqori sifatli. Po‘latlarni sifati ularning kimyoviy tarkibini bir xilligi, qurilishini bir xilligi, xossalarini turg‘un va bir xilligi, texnologikligi bilan belgilanadi. Bularni o‘zi ko‘p jihatdan po‘latdagi gazlarning (kislorod, vodorot, azot) mavjudligi va zararli qo‘shimchalarini (oltingurgut va fosfor) mavjudligi hamda miqdoriga bog‘liq. Oddiy sifatli po‘latlar tarkibida $S < 0,06\%$; $P < 0,007 \%$; sifatli po‘latlarda $S < 0,04\%$; $P < 0,035\%$; yuqori sifatli po‘latlarda $S < 0,025\%$ $P < 0,025 \%$; o‘ta yuqori sifatli po‘latlarda $S < 0,015\%$; $P < 0,015\%$ bo‘ladi.

4. Qaytarilish darajasiga qarab va qotish xarakteriga qarab: a) to‘la qaytarilgan – «сп» («Spokoyniy»); b) chala qaytarilgan – «пс» («poluspoynoyniy»); v) qaytarilmagan – «кп» («Kipyashiy»).

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

«сп» po‘latlarni kremniy va alyuminiy bilan qaytaradi; kislorodi kam; qotganda osongina gaz chiqarmasdan qotadi. «кп» po‘latlari marganets bilan qaytariladi; kislorodi ko‘p; qotayotganda uglerod bilan birikib, SO ko‘rinishda

ishlab chiqadi. SO pufakchalarining ajralib chiqishi xuddi, po‘lat qaynayotgandek tuyiladi. «ПС» po‘latlari СП bilan КП o‘rtasida bo‘ladi.

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

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

Marganetsni ferritda erishi metallik bog‘lanishi kuchaytiradi; natijada Yung moduli qiymati oshadi. Marganets oksidi (MnO_2) ruda tarkibida doimo bo‘ladi; demak po‘lat, cho‘yan tarkibida xam. Eritish davrida po‘latni ferromarganets bilan qaytarishda ham marganets po‘lat tarkibiga kiradi.

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

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

Uglerodli po‘latlarga doimiy qo‘shimchalarni ta’siri. Qora metalurgiyaning asosiy **mahsuloti** bu po‘lat hisoblanadi. Ishlab chiqarilayotgan po‘latlarning 85% uglerodli po‘lat, 15% legirlangan po‘latdir.

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

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

Marganetsni ferritda erishi metallik bog‘lanishni kuchaytiradi; natijada Yung moduli qiymati oshadi. Marganets oksidi (MnO_2) ruda tarkibida doimo bo‘ladi; demak po‘lat, cho‘yan tarkibida xam. Eritish davrida po‘latni ferromarganets bilan qaytarishda ham marganets po‘lat tarkibiga kiradi.

Kremniy ham shu kabi ta’sir qiladi. Kremniy temir rudasida birikma – SiO_2 ko‘rinishida bo‘ladi. Po‘latni qaytarishda ishlatiladigan – ferrotsilitsiy tarkibida

ham kremniy bo'лади. Shuning uchun po'lat tarkibida kremniyning bo'lishi bu texnologik majburiy – muqarrar.

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

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

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

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

Xulosa qilsa bo'ladiki, manganets va kremniy po'latni mexanik xossalariga qaysidir darajada yaxshi ta'sir qiladi; fosfor bilan oltingugurt esa yomon ta'sir qiladi va juda zararli hisoblanadi.

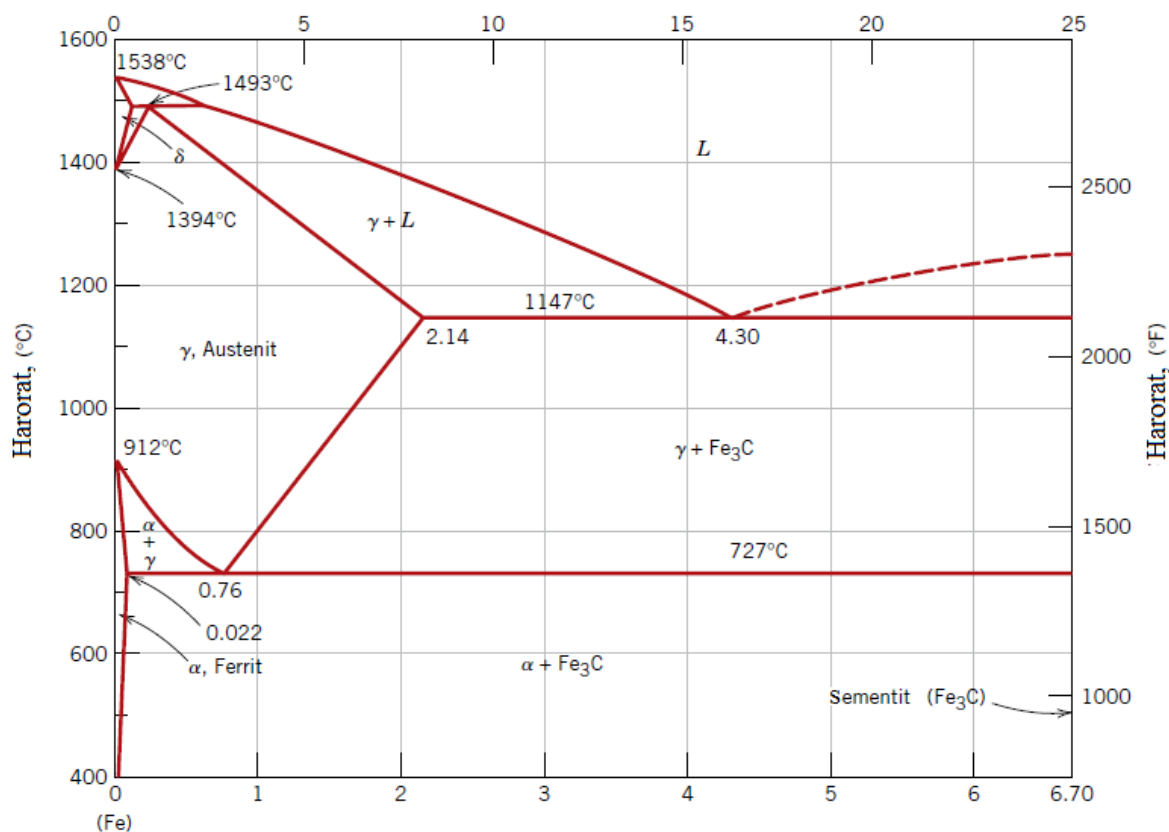
Po'latni eritish va quyish davrida unga tashqi muhitdan havodan kislorod, vodorod, azot va boshqa gazlar kirib qoladi.

Kislorod temir kristallik panjarasida erimaydi; shuning uchun temir oksidda FeO, Fe₂O₃ ko'rinishida turadi. Bu metall emas qo'shimchalar po'latni plastiklik va mustahkamlik xossalarini pasaytiradi.

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

Po'latni eritish davrida unga vodorod kirib qoladi, unda eriydi, harorat pasaygani sari undan chiqadi (temir bilan gidridlar hosil qilmagani uchun). Qolgan ba'zi miqdori po'latni mo'rtlashtiradi. Bu erimagan vodorod po'latda «flokenlar» (mikroyoqriqlik darzlar) hosil qiladi. Albatta, bu po'lat mustahkamligini pasaytiradi va buni konstruksion material sifatida ishlatib bo'lmaydi.

Uglerodli po'latlarni xossalariga uglerodning ta'siri. Uglerod bu po'latning asosiy elementi va uning tarkibiga atayin kiritiladi. Uglerod miqdori ortishi bilan po'latning mustahkamligi ancha ortadi. (po'latni fazoviy tarkibida tsementitni ortishi hisobiga, 3.1-rasm).



3.1-rasm. Fe – Fe₃C fazalar holat diagrammasi

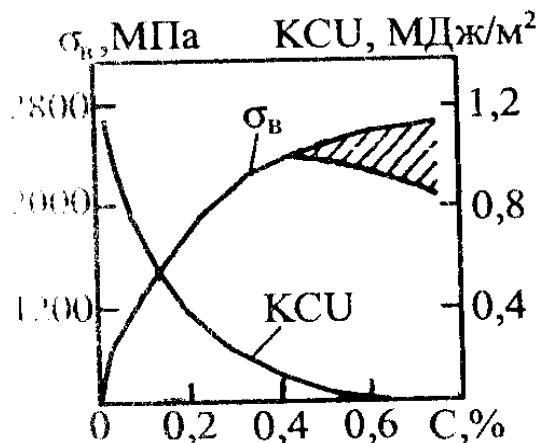
Kam uglerodli po‘latlar tarkibida uglerod miqdori 0,25% gacha bo‘ladi. Bu po‘latlar yetarli yumshoq, plastik, issiq va sovuq holatda yaxshi deformatsiyalanadi.

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

Yuqori uglerodli po‘latlar tarkibida uglerod 0,6-1,4% bo‘ladi; buni hisobiga yuqori qattqlikka va juda past plastiklikka va qovushqoqlikka ega. Tarkibida 1,3 % uglerod bo‘lgan po‘lat juda mo‘rt bo‘lib uni qo‘llash chegaralangan bo‘ladi.

Tarkibida 0.7% dan ko‘p uglerod bo‘lgan po‘latlardan asosan shtamp-asboblari, kesuvchi va o‘lchov asboblari yasalanadi.

Uglerod miqdorining ko‘payishi po‘lat tarkibidagi tsementitni ko‘payishiga olib keladi. Bu degani po‘lat mustahkamligi va qattqligi ortib, plastiklik va qovushqoqlik pasayadi degani. Uglerodni ta’siri turg‘un emas, strukturasidagi po‘lat xossalariga juda katta, Martensitga toblangan po‘latdagi uglerod miqdorining ko‘payishi legirlangan po‘latning vaqtincha qarshiligi birdaniga kattalashadi: eng katta ko‘rsatkichga ega bo‘ladi C=0,4%.



3.2-rasm. Uglerodni toblangan po‘lat xossalariga ta’siri.

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

Oddiy sifatli po‘latlar (GOST 380-90) prokat ko‘rinishida chiqariladi. (prutok, balka, list, ugolok, truba, shveller va h.k.) Xossalariga va ishlatish mo‘ljalanishiga qarab oddiy sifatli po‘latlar uch gruppaga bo‘linadi : A. B. B.

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

«A» grupp po‘latlarini mexanik xossalari kafolatlangan qilib ishlab chiqariladi; kimyoviy tarkibi ko‘rsatilmaydi. Bu po‘latdan issiq deformatsiyalanmaydigan **mahsulotlar**, metall konstruktsiyalar yasaladi.

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

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

Oddiy sifatli po‘latlarini kamchiliklariga uning sovuq darz qotishiga moyilligidir. Ayniqsa, sibir va uzoq shimol sharoitida payvandlangan konstruktsiyalarning yetarli mustahkam emasligi. O‘zi mexanik xossalari past. Bu kamchiliklarni termik mustahkamlab hamda kam legirlangan po‘latlarni qo‘llash bilan xal qilish mumkin.

Uglerodli sifatli po‘latlar. Bu po‘latlar tarkibida oddiy sifatli po‘latlarga nisbatan zararli qo‘shimchalar va metall emas qo‘shimchalar ancha kam. Sanoatda

bu po'latlar prokat, pokovka, har xil profillar mexanik xossalari va kimyoviy tarkibi garantiyalangan holda.

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

Bu uglerodli po'latlarga ko'p marganetsli po'latlar ham kiradi: markalari 15Г; 20Г; 25Г...70Г. Bular da marganets miqdori $Mg=0,7\div1,0\%$ toblanishlik qobiliyati yuqori: kritik diametri 25-30 mm.

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

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

3.2. Legirlangan po'latlar va ularning sinflanishi. Juda puxta po'latlar. Korroziyagabardosh hamda olovbardosh po'latlar va qotishmalar. Xromli zanglamas po'latlar

Legirlovchi elementlar po'latga atayin kiritilib, uning xossalariga va qurilishiga ta'sir qiladi. Shunaqa elementlar kiritilgan po'latlar legirlangan po'latlar deyiladi. Pulatni uzida kremniy va marganets bo'ladi, lekin kremniy miqdori 0,4% dan oshsa, marganets 0,8% dan oshsa bunday po'latlar ham legirlangan hisoblanadi.

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

Legirlangan po'latlar texnika taraqqiyoti talablari natijasida paydo bo'lgan. Legirlash mexanik xossalarni (mustahkamlik, plastiklik, qovushqoqlik), fizik xossalarni (elektr o'tkazuvchanlik, magnit xarakteristikalar, radiatsiyaga chidamliligi), kimyoviy xossalari (zanglamaslik) o'zgartirish maqsadida qullaniladi.

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

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

Legirlovchi elementlarning temir allotropik shakl o'zgarishlariga ta'siri.

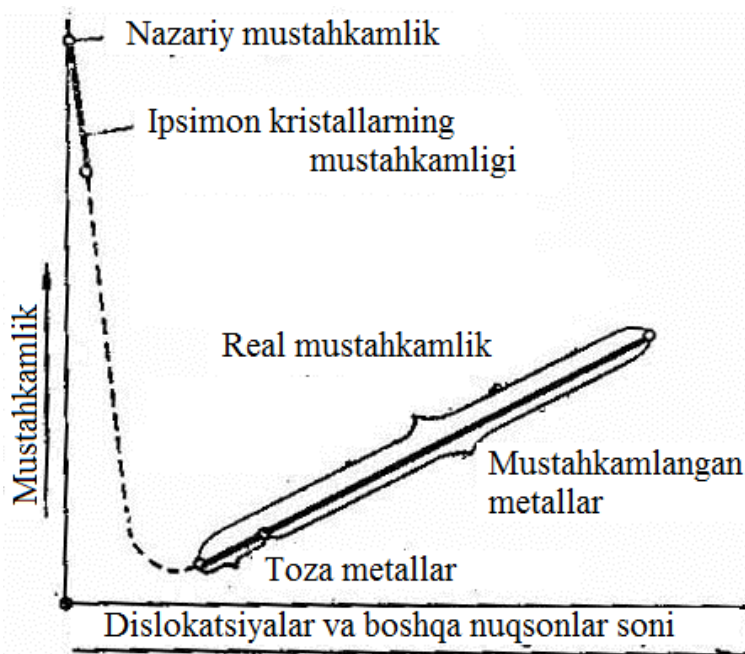
Temirda eriydigan barcha elementlar temirning allotropik shakl o'zgarishlariga ta'sir qiladi. Ba'zi elementlar (Mn; Ni; Pt; Co; Zn) A_3 nuqtani pasaytirib, A_4 nuqtani ko'taradi. Ba'zi elementlar esa (Si; P; W; Mo; V; Al; Be; Sn; Sb; Ti; Cr) A_3 ko'tarib, A_4 pasaytiradi. Ferrit va austenit turg'unligi ta'sir qiladi:

a) Ni, Mn, Cu, Co lar γ -qismini kengaytiradi va austenit turg'unligini erish haroratidan uy haroratigacha turg'unligini ta'minlaydi. Bunday po'latlar austenit po'latlar deyiladi;

b) Cr, Si, V, W, Mo, Al, Ti lar esa α -qismini kengaytirib, ferrit turg'unligini ta'minlaydi. Bu po'latlar ferrit po'latlar deyiladi.

Legirlovchi elementlarning ferritga ta'siri. Konstruktsion po'latlarda asosiy struktura tashkil etuvchi - bu **ferrit**dir va metall hajmining 90% dan ko'pini egallaydi. Shuning uchun ferrit xossaligidan po'lat xossalari butunlay bog'liq. Metalldagi temir atomlari o'lchamlari bilan legirlovchi elementlar atomlari o'lchamlari o'rtasidagi farq qancha katta bo'lsa, kristallik panjara buzilishi (qiyshayishi) shuncha katta bo'ladi. Ma'lumki, buzilish-qiyshayish, nuqsonlar soni qancha katta va ko'p bo'lsa, shuncha ferritning mustahkamligi va qattiqligi (σ_v , NV) shuncha ortib, plastiklik va uyushqoqlik pasayadi. (oldingi bobga qarang)

Bu hodisa quyidagi 3.3-rasmda yaqqol tasvirlangan.



3.3-rasm.- Dislokatsiya va nuqsonlarning metall mustahkamligiga ta'siri

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

Legirlangan po‘latlarda karbidlar. Element uglerodga qancha yaqin bo‘lsa, shuncha **karbid** hosil imkoniyati yuqori bo‘ladi. Bu qator aktivligi ortishi bo‘yicha quyidagi qator tartibida bo‘ladi. Fe-Mn-Cr-Mo-W-Nb-V-Zr-Ti. Barcha karbidlar yuqori qattqlikka ega. Ular 2 gruppaga bo‘linadi: 1) Fe_3C ; Mn_3C ; Cr_7C_3 ; Cr_{23}C_6 ; 2) Mo_2C ; WC; VC; TiC. Ikkinchi gruppaning qattqligi ancha yuqori.

Fazalar o‘zgarishiga ta’siri. Legirlovchi elementlar martensit parchalanishini pasaytiradi (kobalt, teskari, uni tezlatadi). Bunday po‘latlarning bo‘shatish harorati yuqoriroq bo‘ladi. Bu toblangan po‘latlarni bo‘shatish harorati ko‘tarilgan sari po‘latning qattqligi, mustahkamlik chegarasi, oquvchanlik chegarasi pasayib, plastiklik xossalari oshadi.

Uglerodga nisbatan legirlovchi elementlar 2 guruhga bo‘linadi:

1. Karbid hosil qilmaydiganlar: Ni; Si; Co; Al; Cu;
2. Karbid hosil qiluvchilar: Cr; Mn; W; Mo; V; Ti; Hb; Ta; Ts; Hf.

Legirlovchi elementlar **dislokatsiyalar** hisobiga, fazalar o‘zgarishi, allotropik o‘zgarishlar, karbidlar hosil qilishi hisobiga metallning mustahkamligini, qattqligini oshiradi. Boshqa xususiyatlariga ham ta’sir qiladi.

Cr – ishqalanib yeyilishga qarshiligini oshiradi, zangga bardomligini oshiradi. V va G bilan harorat ta’sirida deformatsiyanmaslik qobiliyatini oshiradi. Shuning uchun legirlangan XBF po‘latidan uzun o‘lchamli («dlinno merniy») kesgichlar yasaladi, masalan protyajka.

W – o‘tga bardoshliligini. Ayniqsa V bilan birga masalan bu po‘lat – P18 – tez kesar po‘lati. har xil kesgichlar yasaladi.

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

Legirlangan po‘latlarni markalanishi

A– azot	B– Volfram	T– titan
Б– niobiy	Φ- Vanadiy	C– kremniy
P– fosfor	K– Kobolt	X– xrom
D– mis	M– Molibden	И– sirkoniy
Г– marganets	H– Nikel	Ю– alyuminiy

18X2H4B

EH154

0,18% - C, 2% - X, 4% - H

“Elektrostal” zavodi

1% - W

H – “tajribaviy (eksperimental)”

154 – tartib nomeri

Qurilishda ishlatiladigan kam legirlangan po‘latlar. Bularda uglerod 0,1-0,25% bo‘ladi. Bu po‘latlardan fermalar, kema korpuslari armaturalar va h.k. lar quriladi. Kam uglerodli bo‘lgani uchun yaxshi payvandlanadi. Bular temirbeton qovurg‘alari uchun, neft **mahsulotlari** va gaz quvurlari, metall chiviqlari ham

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

Qurilishda ishlatiladigan po‘latlarga kam legirlangan po‘latlar: 14Г2; 17ГC; 14XГC; 15XCHB (D-Cu). Сталь15XCHИ qattiq sovuqda (-60°C) da ham ishlayveradi, chunki H + D lar sovuqda ham mo‘rtlashmaydi. Bundan tashqari bular havoda zanglamaslik qobiliyatini ham oshiradi.

Qurilishda va mashinasozlikda listlar, sortovoy prokatlar kam legirlangan po‘latlar 14Г2АФ, 17Г2АФБ ($\sigma_{o.g.}=450$ MPa) dan yasaladi. Bular qushilganda, karbonitridlar hosil bo‘lishi hisobiga puxtalanadi.

Sementitlanadigan konstruksion po‘latlar. Dinamik kuch ostida ishlaydigan va ustki yuzalari ishqalanib yeyiladigan detallar kam uglerodli po‘latdan ($C < 0,2\%$) yasaliб, tsementitlanib, so‘ngra toblanadi va past bo‘shatiladi. Bunda sirtqi qatlamlari yetarli qattiq bo‘ladi – HRC=60 (o‘zagi qattiqligi esa – HRC = 20-40).

Agar legirlangan po‘latlar tsementitlanib, toblansa, o‘zagi ko‘shimcha puxtalanadi. Qancha ko‘p legirlangan bo‘lsa, shuncha ko‘p puxtalanadi.

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

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

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

Uchinchi gruppaga bunday po‘latlar tarkibiga nikel qo‘shiladi. Bunday po‘latlardan zarbiy kuchlarga ishlaydigan va ko‘ndalang kesimi katta hamda murakkab shaklda bo‘lgan yoki qarama-qarshi kuchlanishda (+;-) ishlaydigan detallar yasaladi: 20XH; 12XH3A; 12X2H4A. Nikel o‘rniga titan qo‘shilsa ham bo‘ladi: 18XГT.

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

Yaxshilanadigan konstruksion po‘latlar. Bularga o‘rta uglerodli (0,3-0,5%) va legirlovchi elementlari 5% dan oshmagan po‘latlar kiradi. «Yaxshilanishi» bu toblash va yuqori otpuskdir. Bunday po‘latlar yuqori mustahkamlikka, uyushqoqlikka ega; kuchlanishlar yig‘indisiga kam e’tibor beradi, tablanish chuqurligi yaxshi. Shuning uchun zarbiy kuchlarga bemolol ishlaydi. Beshta gruppaga bo‘lingan:

1. Сталь 35, Сталь 40, Сталь 45;

2. 30X, 40X;
3. 30XM, 40XГ, 30XГТ;
4. 40XH, 40XHM;
5. 38XH3M, 38XH3MΦA.

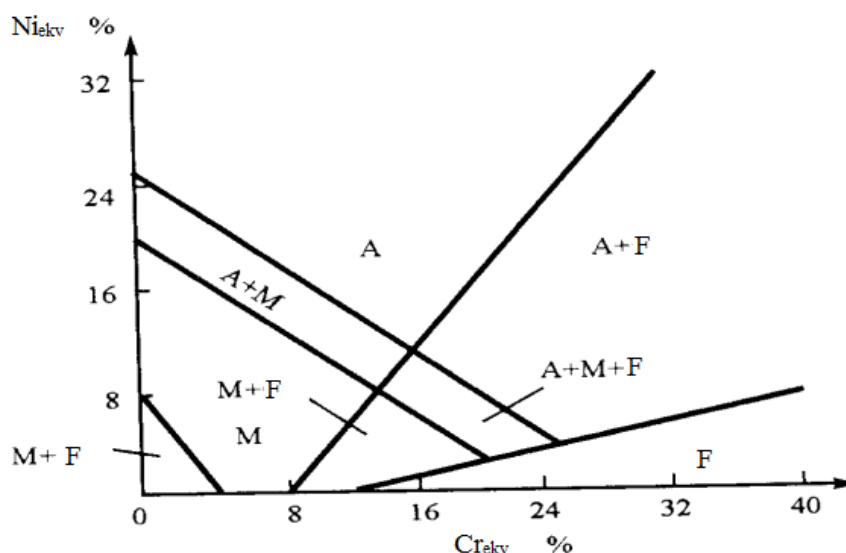
Prujina va resoralar uchun po‘latlar. Plastik deformatsiyaga yo‘l qo‘yilmaydi. Kremniy va marganets bilan legirlanadi. Toblanish va toblanish kalinligi yuqori. 65; 70; 65Г; 60C2; 70C3A; 60ГГ; 40XΦA.

Sharikli va rolikli podshipnik po‘latlari. Xar xil qutbli mujassamlantirilgan kuch ta’sir qiladi. Qattiq, yeyilishga chidamli va nuqtaviy charchamasligi (kontaktnaya ustalost) kerak. IIХ4, IIХ15, IIХ15CГ, IIХ20CГ kabi markalanadi.

3.3. Juda puxta austenit va austenit-martensit sinfidagi po‘latlar. Nikel asosidagi zanglamas qotishmalar. Issiqbardoshlik tasnifi. Perlit, martensit va martensit – ferrit sinfidagi po‘latlar, qo‘llanilish joylari

Zangbardosh-korroziyabardosh po‘latlar yuqori legirlangan po‘lat bo‘lib, bunda xrom miqdori $Cr > 13\%$ ko‘p bo‘lishi shart. Xrom metall sirtida sustlashtiruvchi himoya plyonkasini hosil bo‘lishini ta’minlaydi.

Bu plyonkalar strukturasiga qarab klasslarga bo‘linadi. Plyonkalar, material yuqori haroratda qizdirilib havoda sovutilgandan so‘ng (normallashtirilgandan so‘ng) hosil bo‘lganlari: martensitli, martensit-ferritli, (ferrit miqdori 10% dan kam bo‘lmagan holda), ferritli, austenit-ferritli (ferrit miqdori 10% dan kam bo‘lmagan holda), austenitli, austenit-martensitli (gost 5632-72) strukturalar rasm 10.3 da ko‘rsatilgan.



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

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

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

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

Simvollar legirlovchi elementlarni po'latda massali ulushini va raqamlar ularni aktivlik koeffitsientini ko'rsatadi.

Xromli korroziyabardosh po'latlarda uglerod miqdori iloji boricha kam bo'lishi lozim, chunki qotishmaning zanglamaslik qobiliyati bir fazali strukturada turg'un bo'ladi. Uglerodning ko'payishi karbidlar hosil bo'lishiga olib keladi, bu esa strukturani bir xil emaslikka duchor qiladi. Lekin uglerod toblash samaradorligini ko'p oshiradi.

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

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

Azot zo'r austen hosil qiluvchi va mustahkam oshiruvchi legirlovchi element. Azot po'latdan uni termik ishlashda va payvandlashda chiqib ketadi.

Suyuq po'latda azotni suyuqlanuvchanligi xromni ancha ko'paytiradi, qaysiki, korroziyabardosh po'latlar uchun eng zarur element.

Austenitli po'latlar. Bu po'latlar universal, shuning uchun ko'p ishlatiladi. Kimyoviy tarkibiga qarab xrom-nikelli va xrom-marganetsli klasslarga bo'linadi(3.1-jadval).

3.1-jadval

Po'lat markasi	C%	Cr %	Mn %	Ni %	N	Boshqa elementlar
12×18N9	0,12	17-19	≤2	8-10		
12×18N10T	0,12	17-19	≤2	9-11		(5c-0,8)Ti
08×18N12B	0,08	17-19	≤2	11-13		(10c-1,1)Nb
10×14AG15	0,10	13-15	14,5-16,5		0,15-0,25	≥5(c-0,02)Ti
10×14G14N4T	0,10	13-15	2,8-4,5			
03×13AG19	0,03	12-15	19-22	1,0	0,05-1,10	

Austenitli po'latlarni korroziyabardoshlikdan tashqari afzalligi ularning plastikligi va qovushqoqligi, yaxshi deformatsiyalanadi, quyiladi, payvandlanadi. Yupqa lentalar, folgalar olinadi. Po'lat 12X18H10E avtomat stanoklarda qirqiladi: Se=0, 18-0, 36 % bo'lganidan.

Kamchiligi: oquvchanlik chegarasi pastligi, maxalliy korroziyalarga moyilligi–korrozion darz ketishi va kristallararo korroziyalanishi(K.O.K).

Bu po‘latlar xavfli (kriogen) texnikada ko‘proq ishlatiladi: yoqilg‘i gaz balonlari, yoqilg‘i bak qoplamalari, raketalarda.

X18N9T-issiq gaz chiqadigan detallar uchun: aviodvigatel patrulkalari tayyorlanadi. 2X13H4Г9-qurollar uchun (450°C da ham ishlaydi). X15H9Ю-obshivkalar uchun (500°C da ham ishlaydi).

Austenit-ferritli po‘latlar. Bu klass po‘latlari (078X22H6T, 08X21H6M5T, 05X18Г8H2T) eng qulay (optimal) xossalar yig‘indisiga ega. Bu orada ulardagi austenit va ferrit miqdori bir xil qaysiki, toblash bilan (1000-1100°Cda) ta’minlanadi. Bu po‘latlar austenitli po‘atlardan arzon, undagi nikel miqdori kam mustahkamroq (1,5-2marta), korroziyabardoshligi ulardan qolishmaydi.

$\sigma_v = 510-700 \text{ MPa}$, $\sigma_{0,2} = 300-500 \text{ MPa}$, $\delta = 18-25\%$, $\psi = 45-55\%$. Po‘lat yaxshi payvandlanadi. Kimyo sanoatda, oziq-ovqat sanoatida, aviatsiyada, meditsinada, kemasozlikda ishlatiladi.

Austenit – martensitli po‘latlar. Bu klass po‘latlari (07X16H6, 09X15H9Ю, 08X17H5M3) austenitli po‘atlarga nisbatan yuqori mustahkamlikka ega. Bunga murakkab termik ishlash yo‘li bilan erishiladi: austenit olish uchun toblash; sovuq bilan (-70°C) ishlash (austenitga aylantirish maqsadida); martensitni eskirtirish (350-500°C da). Bu bilan $\sigma_v = 900 \text{ MPa}$, $\delta = 30\%$ ga erishiladi; po‘lat plastik deformatsiyalanadi, yaxshi qirqib ishlanadi.

Bu po‘latlar ko‘proq uchish apparatlari konstruksiyalarida ishlatiladi: qoplama (obshivka), kuchda ishlaydigan elementlar, ”coplo” qismlarida.

Ferritli po‘latlar. Ferritli po‘latlar (08X13, 12X17, 08X17T, 15X25T, 15X28) fazoviy o‘zgarishlarga ega emas va termik ishlash bilan mustahkamlanmaydilar. Po‘latda xrom qancha ko‘p bo‘lsa uning korroziyabardoshligi shuncha kuchli bo‘ladi. Texnikaviy xossalari austenitli po‘atlarnikidan yomonroq: 1000-1100°C da juda birdaniga mo‘rtlashadi: bu o‘z navbatida payvandlashni yomonlashtiradi.

Martensitli po‘latlar. Bu po‘latlar (20X13, 30X13, 40X13, 20X17H2, 95X18) kam agressiv muhitlarda ishlaydigan detallar va asboblari uchun ishlatiladi. Muhitlar: suv, havo, kislota va tuzlarning eritmalari. Normallashtirilgan po‘lat qoniqarli korroziyabardosh. Lekin, mustahkamligi yuqori emas: po‘lat 30X13 uchun $\sigma_v = 500-540 \text{ MPa}$ toblab bo‘shatilsa mustahkamlik ortadi. Jilvirlash va silliqdash-sayqallash bilan qarshilik yana ortadi.

Toblash va yuqori bo‘shatishdan so‘ng po‘lat tarkibida Cr=13%, bo‘lsa, $\sigma_{0,2} = 500-725 \text{ MPa}$, $\sigma_v = 750-950 \text{ MPa}$; $\delta = 20-40\%$ bo‘ladi.

Po‘lat 95X18 ishqalanib yeyilishga qarshiligi yuqori bo‘lib podshipniklar uchun yaxshi materialdir. Toblab, past bo‘shatilgandan so‘ng uning qarshiligi ancha yuqori: HRC≥59.

Martensitli po‘latlar, umuman normallashtirilgandan so‘ng qoniqarli qirqib ishlanadi, issiq holda bosim bilan ishlanadi va payvandlanadi xam, qiyinroq, negaki martensit strukturasi hosil bo‘ladi.

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

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

Olovbardosh po‘latlarni qo‘shimcha kremniy (2-3%) va alyuminiy (1-2%) bilan qo‘shimcha legirlash uni ishlatish haroratini ko‘taradi. Ba’zi bir olovbardosh po‘latlarning kimyoviy tarkibi va xossalari quyidag 3.1-jadvalda ko‘rsatilgan.

3.2-jadval

Po‘lat Markasi	Elementlar miqdori , %				Xossalari	
	C	Cr	Ni	Si	σ_b ,MPa	δ , %
08X17T*	$\leq 0,08$	16-18	0,7	0,8	450	20
15X28*	$\leq 0,15$	27-29	0,8	1,0	450	20
20X23N18**	$\leq 0,2$	22-25	17-20	1,0	500	35
20X25N20S2**	$\leq 0,2$	24-27	18-21	2-3	600	35

Eslatma: po‘lat 08X17Tda Ti=0,4-0,8.

*-normallashtirilgan holda;** - toblangan holda;

Po‘latlar 08X17T va 15X25T ferritli issiqbardosh emas, shuning uchun katta kuch qo‘yilmagan va zarbiy kuchi yo‘q detallar uchun ishlatiladi. Po‘latlar 20X23H18 va 20X25H20C2 ham olovbardosh ham issiqbardosh, shuning uchun mufel pechlarida, tak plitalarda, konveyerlarda ishlatiladi. Olovbardosh po‘latlardan uchish apparatlari dvigateli detallari (700-1000°C da ishlaydigan) yasalanadi; gaz trubinasi palatkalari, trubina disklari, trubalar va h.k.

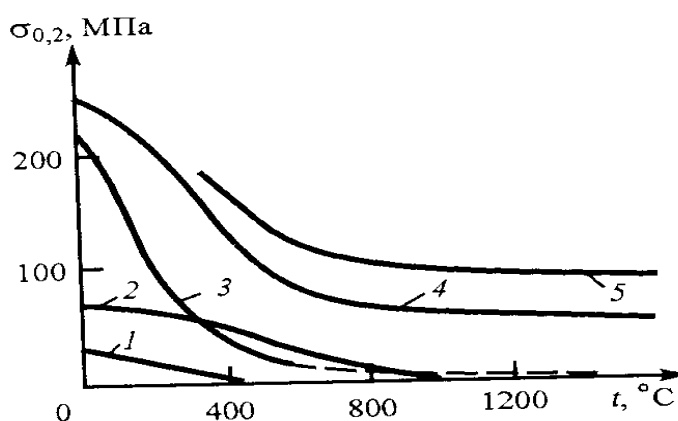
Cr va Si bilan legirlangan olovbardosh po‘latlarni “silxrom”; Cr va Al bilan legirlansa “xromali”; Cr-Al-Si bilan legirlansa “silxromali” deb nomlanadi. ”Silxromal” larning quyindi hosil bo‘lish harorati ancha yuqori (850-950°C). Bular yog‘da toblanadi (1000-1050°C); bo‘shatiladi (500-540°C). Silxromal po‘lat 10X13C10 olovbardoshligi 950°C; oltingugurtli muhitda ham ishlayveradi.

Po‘lat 36X18H25C2 yuqori texnologik xossali, olovbardoshligi 1100°C, ancha yuqori haroratda ham mustahkam, ya’ni issiqbardosh.

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

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

Qizdirish atomlararo bog'lanish kuchlarini pasaytiradi, yuqori haroratlarda elastik moduli kichiklashadi, vaqtincha qarshilik ham kamayadi, oquvchanlik chegarasi xam, qattqlik ham pasayadi. Qotishma asosini erish harorati (t_{er}) qancha past bo'lsa, uni chegaralangan ishlash harorati ham shuncha past bo'ladi. (3.5-rasm)

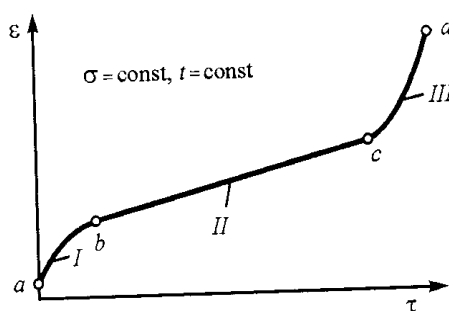


3.5-rasm. O'quvchanlik chegarasini haroratga bog'liqligi:

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

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

Oquvchanlik chegarasidan past kuchlar ta'sirida plastik deformatsiyaning asta-sekin o'sishiga **oquvchanlik** deyiladi. Deformatsiyani kuch qo'yish vaqti uzoqligiga qarab o'ziga xos o'zgarishi 3.6-rasmda ko'rsatilgan.



3.6-rasm. Oquvchanlik egri chizig'i. 1-turg'un emas davr; 2-turg'un davr; 3-yemirilish davri.

Oquvchanlik egri chizig'i uch davrdan iborat. 1-davrda deformatsiya yaxshigina boshlanib asta so'na boshlaydi, deformatsiya tezligi turg'un emas; 2-davrda deformatsiya tezligi turg'unlashadi; 3-davrda deformatsiya tezlashib metall buziladi. Detal ishlashini 3- davrgacha olib kelish mumkin emas, u buzilib, sinib va h.k. ishdan chiqadi.

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

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

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

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

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

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

Issiqbardosh po'latlar turlari. Perlitli, martensitli va austentli issiqbardosh po'latlar 450-700°C da ko'p ishlatiladi.

Nikelli va kobaltli issiqbardosh po'latlar 700-1000°C da ishlatiladi. 1000°C dan yuqori haroratda issiqbardosh po'lati sifatida qiyin eriydigan metallar va ularning qotishmalari ishlatiladi.

Issiqbardosh perlitli po'latlar. Perlitli po'latlar 450-580°C da uzoq vaqt ishlatishga mo'ljallangan, asosan qozonsozlikda ishlatiladi. Po'latni issiqbardoshligi uning kimyoviy tarkibini to'g'ri tanlash va legirlangan ferritni termik ishlab karbid bo'laklarini bir tekis joylab ta'minlanadi.

Perlitli issiqbardosh po'latlar kam uglerodli bo'ladi: 0,8-0,15% va 2-3% karbid hosil qiluvchi elementlar (Mo, Cr, V).

Masalan: 12XIMΦ, 25X2MИΦ.

Termik ishlash: 1000°C da normallashtirish; bo'shatish 2-3soat davomida 650-750°Cda. Bu po'latlar sovuq holda plastik, qoniqarli qirqib ishlanadi, payvandlanadi.

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

Bu po‘latlar ikki gruppaga bo‘linadi:

1) Tarkibida 10-12% xrom bor, qo‘shimchalari Mo,V, Nb,W kam uglerodli 0,10-0,15%

2) Sinxromlar tarkibida 5-10% xrom, qo‘shimchasi kremniy 2-3% miqdorda, uglerod miqdori ko‘proq, 0,4% gacha.

Birinchi gruppada po‘latlari termik ishlangan holda ishlatiladi: 950-1100°C gacha qizdirib toblash yoki normallashtirish; 600-740°C da bo‘shatish.

Yuqori legirlangan po‘lat bo‘lgani uchun toblanish ancha katta (120-200mm). Shuning uchun katta ko‘ndalang kesimli detallar uchun ishlatiladi: par-bug‘ trubinalari, lopatkalar, rotorlar, trubalar va h.k.

Ikkinchi gruppada po‘latlarini-sinxromlarini issiqqa bardoshligi ancha yuqori. Shuning uchun issiq qaynoq muhitlarda (ishlangan gazlar) ishlaydigan detallar yasalanadi:

ichki yonar dvigatellari klapnlari;

payvandlash va qirqib ishlash qiyinroq.

Issiqbardosh austenitli po‘latlar. Austenitli po‘latlarni issiqqa bardoshligi perlitli va martensitli po‘latlarnikidan yuqori va 600°C dan yuqori haroratlarda ishlatiladi. Asosiy legirlovchi elementlari – xrom va nikel.

Ba‘zan nikelni boshqa austen hosil qiladigan elementlarga almashtiriladi- Mo, Nb, Ti, Al, W.

Bular karbidlar hosil qiladi va issiqbardoshlikni oshiradi.

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

Austenit po‘latlari yuqori plastiklikka ega, yaxshi payvandlanadi.

Lekin, qiyinroq bosim ostida ishlanadi va qirqiladi.

3.4. Asbobsozlik po‘latlari va qotishmalar. Asbobsozlik po‘latlarning tasnifi va markalanishi. Qattiq qotishmalar

Asbobsozlik po‘latlari sinfiga uglerodli va legirlangan po‘latlar kiradi. Ularning qattiqligi, chidamliligi, ishqalanib emirilishga qarshiligi katta bo‘lishi kerak.

Uglerodli asbobsozlik po‘latlari Y7, Y8, Y9, Y10, Y11, Y12, Y13 hamda yuqori sifatli uglerodli asbobsozlik po‘latlar Y7A, Y8A, Y9A, Y10A, Y11A,

Y12A, Y13A kabi markalanadi. Markalanishdagi «Y» harfi uglerodli po'lat ekanligini bildirsa, sonlar esa 0,1 aniqlikda uglerod % miqdorini ko'rsatadi.

Kam legirlangan 9XC, 13X, 11XΦ, XBCΓ va XBF makali po'latlar ham ishlatiladi.

Uglerodli asbobsozlik po'latlariga karbid hosil qiluvchi W, Mo, V, Co kabi elementlar qo'shilsa, ular kesish tezligini oshiradi va tezkesar po'latlarga aylanadi.

Tezkesar asbobsozlik po'latlari P9, P12, P18, P6M3, P6M va hokazo kabi markalanadi.

Asbobsozlik po'latlari issiqbardosh, ya'ni yuqori haroratda o'z xossalarini yo'qotmasdan ishlay olishi kerak. Materialni qayta ishlash uchun sarf bo'layotgan energiya anchagina qismi issiqlik energiyasi sifatida ajralib chiqib, asbobning ishchi yuzasida yig'iladi. Shuning uchun asbob materialining yuqori haroratda fizik-mexanik xossalarini saqlay olishi ishlab chiqarish unumdorligini belgilaydi.

Uzoq vaqt ishlaydigan o'lchov asboblarining o'lchamlari barqaror, ya'ni uning materiali qattiq va eyilishga chidamli bo'lishi kerak. Kukun metallurgiyasi taraqqiyoti yangi asbobsozlik qotishmalarini yaratishga imkon beradi. Bunday materiallar yuqori harorat (850...1200°C) da yaxshi ishlay oladi. Hozirgi vaqtda asbobsozlikda metall-keramik qattiq qotishmalar keng ishlatilmoqda.

Qiyin eriydigan metallarning kukunlaridan tayyorlanadigan qattiq qotishmalarining bir karbidlilari BK8, BK10, BK20, ikki karbidlilari T15K6, T5K10 va uch karbidlilari TT7K12, TT10K8 kabi markalanadi.

3.5. Kesuvchi asboblarning uchun ishlatiladigan po'latlar. O'lchash asboblari uchun po'latlar. Sovuqlayin deformatsiyalanadigan shtamp po'latlari. Issiq holatda deformatsiyalanadigan shtamp po'latlari. Bosim ostida quyiladigan va presslanadigan qolip po'latlari

Kesuvchi asboblarning uchun po'latlar. Bunday po'latlarning muhim xususiyatlari ishqalanishdagi eyilishga chidamliligi va issiqbardoshligidir. Bunday xususiyatga ega bo'lgan materialning qattiqligi ishlanadigan materialning qattiqligidan yuqori bo'lishi kerak. Asbob yasaladigan bu materiallar yuqori mustahkamlik va qovushqoqlikka ega bo'lishi kerak. Kesuvchi asbobning ish unumdorligi uning issiqbardoshligiga bog'liq.

Uglerodli asbobsozlik po'latlari sifatli va yuqori sifatli bo'ladi. Yumshoq materiallarga ishlov beriladigan asboblarning sifatli (Y7, Y8, Y9, Y10, Y11, Y12, Y13) hamda yuqori sifatli uglerodli asbobsozlik po'lat (Y7A, Y8A, Y9A, Y10A, Y11A, Y12A, Y13A) laridan tayyorlanadi. Tamg'alardagi «Y» harfi uglerodli po'lat ekanligini bildirsa, sonlar esa 0,1 aniqlikda uglerod % miqdorini ko'rsatadi.

Uglerodli asbobsozlik materiallarining issiqbardoshligi 180...200⁰C dan oshmaydi, ularning kesish qobiliyatini yaxshilash uchun ularga toblashdan oldin yumshatish beriladi. Bunday po`latlarni toblash uchun 760...780<sup>0</sup> C da qizdirib, suvda yoki tuz eritmalarida sovutiladi, so`ngra past haroratda bo`shatish (150...170<sup>0</sup> C) beriladi, natijada asbob ishchi yuzasining qattiqligi HRC 62...63 ga teng bo`ladi.

Uglerodli asbobsozlik po`latlaridan yog`ochlarga ishlov beradigan parma, keskich hamda ichki, tashqi rezbalarni ochuvchi metchik, plashka (Y11,Y12) kabi kesuvchi asboblari hamda uy-ro`zg`or asboblari (tesha, bolta, arra va hokazolar)ni yasashda foydalaniladi (Y8, Y9, Y10).

Ko`ndalang kesimi katta bo`lgan asboblarni yasashda kam legirlangan 9XC, 13X, 11XΦ, XBCΓ va hokazolar asbobsozlik po`latlari ishlatiladi (5950-73 GOST). Ularning issiqbardoshligi 200...260<sup>0</sup> C ga etadi. Bunday po`latlarni toblash muhiti sifatida ko`pincha mineral moy yoki qaynoq tuz eritmalaridan foydalaniladi. Ulardan zarb ta'sirida ishlaydigan temir, tosh taroshlash va shunga o`xshash ishlarda qo`llaniladigan iskanasimon asboblari –zubila, puanson, iskana kabi asboblari tayyorlanadi. Toza ishlov beruvchi kesuvchi asboblari esa XBF dan tayyorlanishi mumkin. Ko`pincha, XBF po`lati olmos o`rnida ishlatiladi, chunki bu po`lat tarkibidagi juda qattiq volfram karbid fazasi amaldagi toblash haroratida austenitda erimaydi. Shuning uchun toblangan po`lat tarkibidagi karbidlar kesuvchi asbobning ishchi yuzasi qattiqligini oshiradi.

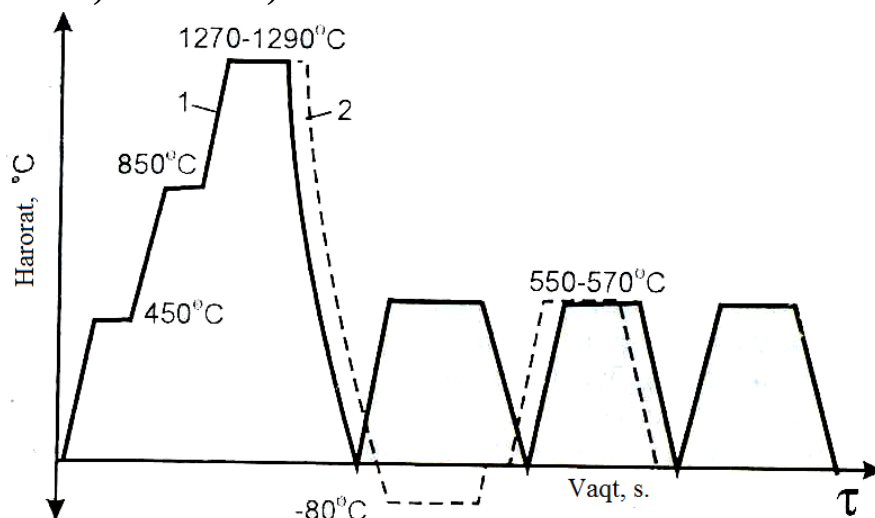
Uglerodli asbobsozlik po`latlariga karbid hosil qiluvchi W, Mo,V, Co kabi elementlar qo`shilsa, ular kesish tezligini oshiradi. Ayniqsa, po`lat tarkibidagi volfram elementining miqdori 9...18% gacha yetkazilsa, issiqbardoshlik 600...650<sup>0</sup> C ga ortadi, ya'ni ularning ish unumdorligi uglerod asbobsozlik po`latlariga qaraganda 3...5 marta ortadi. Shuning uchun ham bunday po`latlar teskar po`latlar deb ataladi. (19265-73 GOST). Ularda legirlovchi elementlarning miqdori (3.1-jadval) ko`p bo`lganligi uchun ularning toblash chuqurligi katta bo`ladi.

3.1-jadval.

Ba'zi ko`p qo`llaniladigan tezkesar asbobsozlik po`latlarining kimyoviy tarkibi

Po`lat atamasi	C	Sr	W	V	Mo
P18	0,7...0,8	3,8...4,4	17,5...19	1,0...1,4	0,5...1,0
P9	0,85...0,95	3,8...4,4	8,5...9,5	2,3...2,7	≤1,0
P6M5	0,82...0,90	3,8...4,4	5,5...6,5	1,7...2,1	5,0...5,5
P18Φ2	0,85...0,95	3,8...4,4	17...19	1,8...2,4	5,0...10,0

Tezkesar poʻlatlarni issiqbardoshligi boʻyicha shartli ravishda ikki turga boʻlish mumkin: 1) volfram va molibden kabi legirlovchi elementlar qoʻshilgan tezkesar poʻlatlar. Ularning issiqbardoshligi 620°C dan oshmaydi (P9, P12, P18, P6M3, P6M va hokazo); 2) volfram, kabalt va vanadiy kabi legirlovchi elementlar qoʻshilgan tezkesar poʻlatlar, ularning issiqbardoshligi 670°C ga etadi (P18 K5Φ2, P10K5Φ2, P9M4K8) va hokazo).



3.7-rasm. Tezkesar poʻlatlarga termik ishlov berish sxemasi: sovuq haroratda ishlov berilmaydigan (1) hamda sovuq haroratda ishlov beriladigan (2) usullar chizmasi.

Ikkilamchi karbidlarni austenitda eriydigan qilish uchun turli poʻlatlar turli haroratda toblanadi. Masalan, toblash harorati P18 poʻlati uchun $1270...1290^{\circ}\text{C}$, P12 poʻlati uchun $1225...1245^{\circ}\text{C}$, R6M5 poʻlati uchun $1210...1230^{\circ}\text{C}$ ni tashkil qiladi.

Tezkesar poʻlatlar ledeburit sinfiga kiradi, shuning uchun ham u yaxshi bolgʻalanadi. Poʻlatlarning kesish xususiyatini yaxshilash uchun ularni bolgʻalashdan keyin $800...860^{\circ}\text{C}$ gacha qizdirib yumshatiladi, soʻngra toblab boʻshatiladi. Natijada poʻlat kerakli boʻlgan tuz eritmasini oksidlanishdan saqlab, sekin yoki pogʻonali qizdirish mumkin boʻladi. koʻpincha pogʻonali qizdirish texnologiyasi qoʻllaniladi (3.7-rasm). Poʻlat 450°C ga qizdirilganda butun hajm boʻyicha harorat bir xil boʻlguncha kutiladi, keyin 850°C haroratgacha qizdirib, shu haroratda ushlab turilsa, temir karbid austenitda eriydigan holga keladi. Toblangandan keyin tezkesar poʻlat strukturasi taxminan 70...75% martensit va 25...30% qoldiq austenitdan iborat boʻladi. Toblash samaradorligini oshirish uchun qoldiq austenitni parchalash zarur. Buning uchun uch marta yuqori haroratli boʻshatish oʻtkaziladi ($550...570^{\circ}\text{C}$). Boʻshatish haroratida zagotovka 1,0...1,5 soat ushlab turiladi, soʻngra tez sovutiladi. Har bir boʻshatishda taxminan 6...8% qoldiq austenit parchalanadi.

Bo'shatish sonini kamaytirish maqsadida ko'pincha bir marta sovuq haroratda (-80°C) ishlov berib, so'ngra bir yoki ikki marta yuqori haroratli bo'shatish o'tkaziladi ($550...620^{\circ}\text{C}$). Shunday qilganda tezkesar po'latning qattiqligi HRC 63...65 ga yetadi.

Ba'zida, eyilishga chidamliligini oshirish maqsadida tezkesar po'latlar past haroratda sianlanadi. Bo'shatish harorati ($550...570^{\circ}\text{C}$) da bug'da ishlov berish orqali po'latning korroziya bardoshliligi oshiriladi.

O'lchov asboblari uchun po'latlar. Mashinasozlikda ishlatiladigan o'lchov asboblarning yuzasi tep-tekis (toza) hamda termik ishlash jarayonida deformatsiyalanmasligi, ya'ni elastiklikka va korroziyabardoshlikka ega bo'lishi hamda uzoq vaqt davomida yemirilmasdan ishlay olishi, ya'ni o'lchamlarini saqlay olishi kerak.

O'lchov asboblari yasash uchun ko'pincha kam legirlangan asbobsozlik po'latlari (X, XBГ, 9XC, 12X1 va hokazo) qo'llaniladi. Bunday po'latlar toblash uchun $840...880^{\circ}\text{C}$ gacha qizdiriladi, so'ngra moyda toblanadi. Qizdirish harorati bundan oshsa, eyilishga chidamliligi kamayadi. Toblangan po'lat $120...140^{\circ}\text{C}$ gacha qizdirilib, shu haroratda 12...60 soat ushlab turiladi. Chunki, qoldiq austenit miqdori kam bo'lsa ham uning parchalanishi natijasida asbob o'lchamlari o'zgarmasligi hamda ichki kuchlanishlar bo'lmasligi kerak. Natijada asbob yuza qismining qattiqligi HRC 62...64 ga yetadi.

Qoldiq austenitni bo'shatilgan martensitga to'la parchalash uchun sovuqlayin ($-50...-80^{\circ}\text{C}$) ishlov ham berish mumkin.

Ba'zi paytda uzun va yupqa asboblari (chizg'ichlar, metrli ruletkalar) yasash uchun uglerodli yoki legirlangan konstruksion (15, 20, 15X, 20X, 12XH3A) po'latlardan ham foydalaniladi. Bunda yuza qattiqligi katta bo'lishligi uchun po'lat sementatsiyalanadi, so'ngra toblanadi.

Shtamplar uchun po'latlar. Oddiy haroratda ishlaydigan shtamlarni tayyorlash uchun ishlatiladigan po'latlar yuqori qattiqlikka, mustahkamlikka, eyilishga chidamlilikka hamda yuqori zarbiy qovushoqlikka ega bo'lishi kerak. Sovuq holda deformatsiyalashda deformatsiya tezligi oshib borgan sari asbobning ishchi yuzasi qizishi mumkin. Shuning uchun bunday materiallar issiqbardosh ($350...400^{\circ}\text{C}$) bo'lishi kerak. Katta hajmdagi zagotovkalarni shtamplashda asbob ham katta qalinlikka ega bo'ladi. Toblanganda bunday shtamplash katta toblash chuqurligiga ega bo'lishi va geometrik shakl o'zgarmasligi kerak.

Ishlash sharoiti hamda shtamning o'lchov aniqligiga qarab, X, 9XC, XBГ, XBCT kabi legirlangan hamda Y10, Y11, Y12 kabi uglerodli asbobsoz po'latlardan ham foydalanish mumkin. Toblash chuqurligi katta bo'lishi ($150...200\text{mm}$) kerak bo'lgan xromli shtamp po'latlarda karbid faza (Cr_7C_3) mavjud bo'lgani uchun ularning ishqalanib yemirilishga chidamliligi katta bo'ladi.

Shtamp qattiq, mustahkam va yeyilishga chidamli bo'lishi uchun po'lat turiga qarab termik ishlov beriladi. Kam legirlangan asbobsozlik po'latlarini toblash uchun uni $1050...1100^{\circ}\text{C}$ gacha qizdirib, moyda toblanadi, so'ngra bo'shatish uchun $100...120^{\circ}\text{C}$ gacha qizdirib, havoda sovitiladi. Po'latni issiqbardosh qilish uchun toblash harorati bir oz yuqoriroqqa ko'tariladi va bir necha marta (3...4) yuqori haroratli ($500...570^{\circ}\text{C}$) bo'shatish o'tkaziladi. Volfram hamda kremniy bilan qo'shimcha legirlangan xromli shtamp po'latlar (4XBC2, 5XBC2, 6XBC2, 4XC, 6XC) ga ana shunday termik ishlov berilganda juda yaxshi zarbiy qovushoqlikka ega bo'ladi. Bunday legirlovchi elementlar po'latdagi uglerod miqdorini kamaytirishga, bo'shatish haroratini oshirishga imkon beradi.

Issiqlik holda deformatsiyalash po'latni rekristallanish haroratidan yuqorida olib borilganligi uchun shtamplar ana shu haroratda o'z xossalarini yo'qotmasdan, oksidlanmasdan va korroziyalanmasdan uzoq muddat ishlay olishi kerak. Yirik shtamlarni tayyorlashda bo'shatishdagi II tur mo'rtlikka ega bo'lgan po'latlar ishlatiladi.

Bunday po'latlarning tarkibida 0,3...0,6 % uglerod bo'lib, ular xrom, nikel, molibden hamda kremniy bilan legirlangan bo'ladi. Bu po'latlar toblangandan keyin yuqori haroratda bo'shatish o'tkaziladi ($550...680^{\circ}\text{C}$). Masalan, 5XHM po'lat murakkab shakldagi shtamlarni tayyorlashda ishlatiladi. 500° da ham o'z xossalarini yo'qotmasdan uzoq vaqt ishlay oladi. O'rtacha kattalikdagi shtamplar 5XFM, 5XHBC po'latlardan tayyorlanadi. 5XHB po'latdan toblash chuqurligi uncha katta bo'lmagan kichikroq o'lchamdagi shtamplar tayyorlanadi.

Bunday po'latlar $820...880^{\circ}\text{C}$ gacha toblanadi. Bu jarayon oksidlanish va uglerod kuyishining oldini oladigan muhitlarda olib boriladi. Keyin havoda yoki $750...780^{\circ}\text{C}$ dan boshlab moyda sovitilsa ham bo'ladi, ya'ni toblashning pog'onali usuli qo'llaniladi.

Shtamlarning ishlatilish sharoitlariga qarab, bo'shatish harorati ham har xil bo'ladi. Kichikroq o'lchamli shtamplar juda qattiq va eyilishga chidamli bo'lishi uchun ular $480...520^{\circ}\text{C}$ haroratgacha qizdirilib bo'shatiladi. Ba'zi paytda murakkab shakldagi juda katta shtamplar qovushqoq bo'lishi uchun yuqori haroratli ($450...580^{\circ}\text{C}$) bo'shatish o'tkaziladi.

Shtamp po'latlari tarkibidagi xrom miqdorining oshirilishi (4...5%) kuyindi hosil bo'lishining oldini oladi hamda emirilishiga mustahkamlikni oshiradi (4X5ΦC, 4X5B2ΦC, 4X4BMΦC).

Plastmassalarni qayta ishlashda (ayniqsa quyma usulda) shtamp yuzalariga katta talablar quyiladi: yuza yuqori mikrotozalik (silliqlik)ka ega hamda korroziyabardosh bo'lishi va yuzaning geometrik o'lchamlari o'zgarmas bo'lishi kerak. Plastmassalarni quyish uchun mo'ljallangan metall qoliplar 4XBC2, X12,

7X13, 8X3, 40X, 30ГC po`latlardan tayyorlanib, ko`pincha yuza qismiga har xil kimyoviy-termik ishlov (azotlash, sianlash va hokazo) beriladi.

Asbobsozlik qattiq qotishmalari. Qiyin eriydigan metallarning kukun holdagi karbidlari juda katta qattqlikka ega. Asosi metall bo`lgan kukun holdagi karbidlar bilan to`yintirilgan materialga metall-keramik qattiq qotishmalar deyiladi.

Kukun holdagi WC, TiC va TaC aralashmasini metall holatdagi kobalt bog`lovchi (u ham kukun holda) element bilan aralashtirib, qoliplarga solinadi va bosim ostida ishlangandan keyin kobaltning suyuqlanish haroratidan yuqoriroq harorat ($1450...1550^{\circ}\text{C}$) da pishitiladi. Bunday metall-keramik qotishmalarning tarkibi umumiy holda quyidagichadir:

WC, TiC, TaC, Co.

Qattiq qotishmani hosil qilishda qatnashayotgan karbidlarning miqdoriga qarab, volframli, titan-volframli hamda titan-tantal-volframli qattiq qotishmalar bo`lishi mumkin.

Bunday qattiq qotishmaning strukturasi karbidlardan iborat bo`lib, karbidlar esa o`zaro kobalt elementi bilan bog`langan bo`ladi.

Volfram karbidli (BK) qattiq qotishmalarning issiqbardoshliligi 800°C gachadir. Bunda donachalar qancha mayda va bog`lovchi element (Co) qancha kam bo`lsa (BK3, BK6), qotishmalarning yeyilishiga chidamliligi shuncha katta, lekin qovushoqligi esa kichik bo`ladi) tamg`adagi BK dan keyin butun sonlar kobaltning % miqdorini ko`rsatadi). Qotishma tarkibida kobalt elementi qancha ko`p bo`lsa, qotishma shuncha qovushqoq bo`ladi (BK8, BK10, BK20). Bunday qotishmalarning qattqligi 84...89 HRA ga, yegilishdagi mustahkamligi esa 1400..1600 MPa ga teng.

Titan-volfram karbidli (TK) qotishmalarning issiqbardoshliligi $900...1000^{\circ}\text{C}$ ga etadi. Bunday qotishmaning tarkibida TiC va WC karbidlar bo`lganligi uchun uning qattqligi BK turkumiga kiruvchi qotishmalar qattqligiga qaraganda ancha katta bo`ladi, strukturasi tuzilishi esa tarkibidagi karbidlarning nisbatiga bog`liq bo`ladi. Agar qotishma tarkibida TiC ko`p bo`lsa, strukturada qarayb (TiW)C hosil bo`ladi. Bunday struktura kesish tezligini oshirishga imkon beradi. Masalan, ikki karbidli T15K6, T5K10 qotishmalar metallga birlamchi ishlov berilishida qo`llaniladi, T30K4 kabi qotishma toza ishlov berishda qo`llaniladi.

Titan-tantal-volfram karbidli (TTK) qattiq qotishma volfram karbid (WC) bilan uchlamchi karbid (Ti, Ta, W)C li qattiq eritmani hosil qiladi. Shuning uchun bu qotishma juda katta qattqlik HRA (90...92) va yuqori issiqbardoshlikka (1100°C) ega. Uch karbidli (TT7K12, TT10K8-B) qotishmalar ham po`latlarga ishlov berishda ishlatiladi.

Qattiq qotishmalarni faqat jilvirlash mumkin, ular juda qattiq bo'lganligi uchun kesib ishlanmaydi. Keyingi vaqtda bor nitrid asosidagi juda qattiq polikristall materiallar- kompozitsiyalar asbob materiali sifatida qo'llanilmoqda. Elbor deb ataluvchi bunday kompozitsiyalar yuqori issiqbardoshlikka ega. Bunday materiallar tokarlik hamda frezerlik ishlarida qo'llaniladi.

Volfram kamyob material, uni tejab ishlatish zarur. Shuning uchun volframsiz qattiq qotishmalar ham ishlab chiqilgan. Masalan, $TiC+Ni+Mo$ (TN-20) va titan karbonitridi asosidagi $Ti(NC)+Ni+Mo$ (TNT-16) qotishmalar ishlab chiqilgan. Tamg'alardagi sonlar Ni va Mo larni umumiy miqdorini ko'rsatadi va ular bog'lovchi (matritsa) vazifasini bajaradi. Bunday qotishmalardan keskichlar, frezalar yasali, rangli metallarga yarim toza va toza ishlov berishda ishlatiladi.

Sanoatda ko'p qirrali charxlanmaydigan plastinka shaklidagi kesuvchi asboblari qo'llaniladi. Bunday qotishmalarning ko'pincha BK6, TT7K12, TT10K8-B qotishmalardan tayyorlanib, usti ishqalanishga bardoshligi yuqori bo'lgan karbidli (TiC) va nitridli (TiN) yupqa qoplama bilan qoplangan bo'ladi. Bunday qoplamalar asbobning ishlash muddatini 3...4 marta oshiradi.

Olmoslardan ham kesuvchi asboblari yasali. Ma'lumotlarga qaraganda qizib olinayotgan tabiiy olmoslarning qariyb 80% va sun'iy olmoslarning hammasi texnikada kesuvchi asbob sifatida ishlatilmoqda. Olmoslarning asosiy qismi (70% ga yaqini) kukun sifatida qayta ishlanib, ularning asosan jilvir toshlar-pritir, xon, egov (nadfil) kabi metallarga toza ishlov berish uchun asboblari yasali. Ular qattiq tog' jinslarini kesishda ham ishlatiladi. Masalan olmosli kesuvchi asbob bilan qattiq qotishmalardan yasalgan kesuvchi asbobga toza ishlov berishda boshqa qo'llash mumkin bo'lgan asboblarga qaraganda ish unumdorligini 2...4 marta, asbobning ishlash muddatini esa 2...3 marta oshiradi.

Olmosli kesuvchi asboblari, asosan charx tosh sifatida tayyorlanib, bog'lovchi element sifatida bakelit yoki metallardan foydalaniladi. Ba'zida olmos keskichlar sifatida ham ishlatiladi. Masalan, soatsozlikda kesuvchi avtomat dastgohlarida olmos keskichlar ko'p ishlatiladi. Yuqori qattiqlikka ega bo'lgan va qimmatbaho metallardan sim cho'zishda kiriyalar tayyorlanadi (chiviq kiriyadan o'kazilib sim yasali).

3.6. Xotiraga ega bo'lgan materiallar.

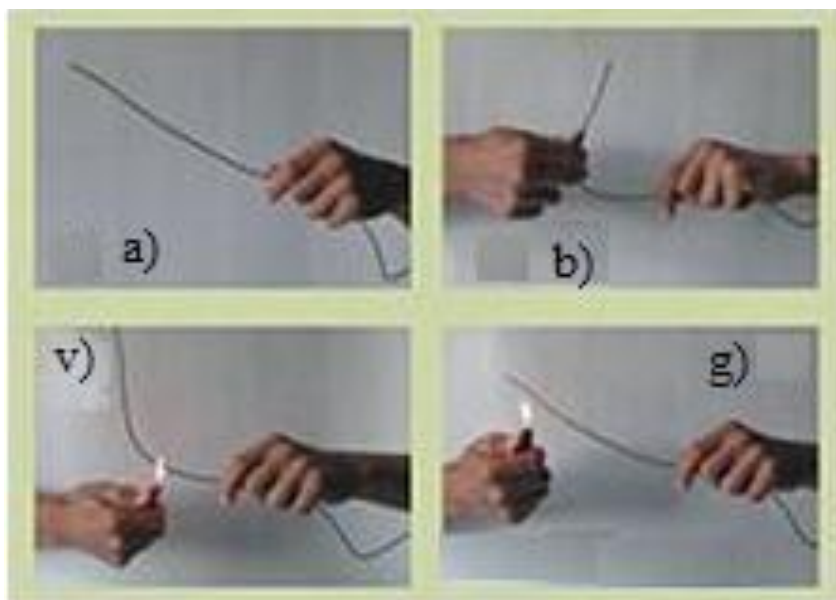
Xotiraga ega bo'lgan zamonaviy funksional qotishmalarning tuzilishi, ularning mexanik xossalari, shuningdek nikelid titan (nitinol) ni qo'llanilishi va uning strukturasi o'rganish muhim. Xotiraga ega bo'lgan zamonaviy qotishma - nitinolning fizik xossasi - issiqlik ta'siri natijasida o'zining avvalgi holatiga qaytishi holati mavjud. Nikelid titan yuqori korroziyabardosh hamda mustahkamlikka ega.

Shaklini saqlash effekti – ba’zi materiallarni qizdirish natijasida dastlabki holatiga qaytishi, qaysiki boshlang‘ich deformatsiya natijasida sodir bo‘ladi.

Bir qancha materiallarda, metall qotishmalar qizdirish natijasidaboshlang‘ich deformatsiya ta’sirida dastlabki holatitiga qaytish hodisasi sodir bo‘ladi (1-rasm).

Martensit o‘zgarishlar sodir bo‘lish jarayonida doimiy kimyoviy tarkibga ega bo‘lgan materiallarda shakllini saqlash effekti kuzatiladi.

Materiallar shaklini saqlash effekti martensit o‘zgarishlari sodir bo‘lishi natijasida yuz berada va bu jarayon ikki ko‘rinishga ega: to‘g‘ridan-to‘g‘ri va teskari.



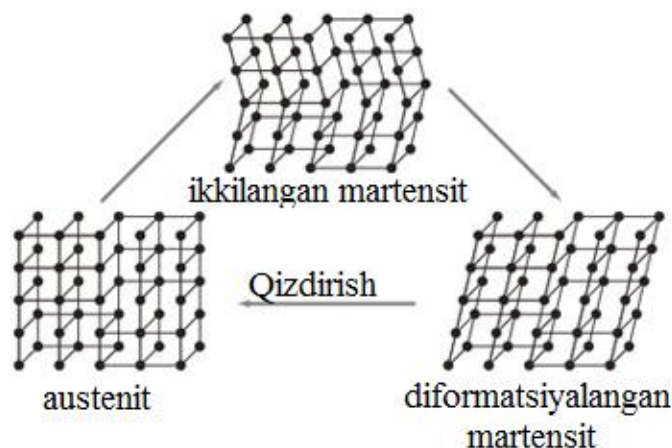
3.8-rasm. Materiallar shaklini saqlash effektini tushintiruvchi rasmlar: a) metall sim b) sim egilmoqda. v) sim qizdirilmoqda. g) qizdirish natijasida sim dastlabki holatiga qaytmoqda.

Material shaklini saqlash effekti kimyoviy tarkibning doimiyligini ta’minlanishi metallurgiya ishlab chiqarishida yuqori texnologiyalar qo‘llash imkonini beradi.

Material shaklini saqlash effekti bir necha million sikllarga bog‘liq bo‘lib, u termik ishlov natijasida kuchaytirish mumkin. Material shaklini saqlash effekti xarorat ta’sirida “xotira saqlash” bir shaklni saqlasa, boshqa xaroratda – boshqasini saqlaydi (2-rasm)

Martensit o‘zgarishlar sodir bo‘lish jarayoni xaroratini qaytishi qanchalik yuqori bo‘lsa, materialning shaklini saqlash effekti darajasi shunchalik past bo‘ladi. Masalan, Fe–Ni (5–20 % Ni) martensit o‘zgarishlar sodir bo‘lish jarayoni xarorati 200–400°C bo‘lib, materialni shaklini saqlash effekti esa past bo‘ladi.

Materialda martensit o‘zgarishlari kuchlanish ta’sirida sodir bo‘lsa, biroq xaroratning pasayishi uzliksiz davom etsa, xar doim xam sovutish jarayonida makroskopik o‘zgarishlarni sodir etmaydi.



3.9-rasm. Material shaklini saqlash effekti strukturasi

Materialni shaklini saqlash effekti qotishmalari alohodagi komponentlarni eritish orqali tayyorlanadi. Qotishma tez sovutiladi va yuqori xaroratli termik ishlov berish qoʻllaniladi. Bunday turdagi namunalarni tayyorlash nikel titan kukunlarini farfor bilan arashtirilib, vakuumda quritiladi va pishiriladi. Bunda materialni shaklini saqlash effekti qotishmalari elastik deformatsiyaga uchraydi, bu xolatga materialni shaklini saqlash mexanik effekti yoki yuqori elastiklik deb ataladi. Bu deformatsiya poʻlatlarda uchraydigan plastik deformatsiyadan 20 barovar yuqori boʻladi. Ushbu xolat yuqori xaroratli austenit faza oʻzgarishini past xaroratdagi martensit faza oʻzgarishiga oʻtishi orqali sodir boʻladi. Faza oʻzgarish orqali sodir boʻlgan deformatsiya butunlay kuchlanish olingandan keyin ham teskari - qaytish xolatiga ega boʻladi.

Materialni shaklini saqlash effekti qotishmalari oldingi shaklini xotirasida saqlab qolish xossasiga ega boʻladi. Ular oldin martensit faza oʻzgarishigacha deformatsiyalanib, soʻngra yuqori austenit faza oʻzgarishigacha qizdiriladi, masalan, issiq suv yoki elektr toki orqali. Qotishma transformatsiyasi davomida yuqori kuchlanishga ega boʻladi. Shunday qilib, ular turli tarmoqlarda oʻtkazuchi vazifasini bajaradi. Material shaklini oʻzgarishi faqatgina egilish bilan chegaralanmasdan, oʻtkazgichning chiziqli oʻlchamlarining qisqarishiga xam bogʻliq boʻladi.

Materialni shaklini saqlash effekti qotishmalari ichida eng koʻp oʻrganilgani nikelid titana (nitinol) – titan miqdori – 45%, nikel miqdori–55% boʻladi. Formulasi TiNi. Erish xarorati–1240–1310°C, zichligi–6,45 g/sm³ tashkil etadi. Boshlangʻich strukturasi nikel titan doimiy boʻlib, xajmi markazlashgan kub kristall panjaraga ega. Deformatsiyalanish natijasida martensit oʻzgarishlari fazalarining past simmetriyasiga olib keladi.

Nitinol (angl. *nitinol*, ot angl. *nickel* – nikel, angl. *Titanium* – titan, angl. *Naval ordnance laboratory*, qisqar. *NO* – AQSH dengiz artilleriyasi (angl) –

laboratoriyasida yuqori zangbardosh va eroziyaga turg'un nikel titan qotishmasi ishlab chiqildi. Xayratlanarliligi shundaki, bu qotishma yuqori materialni shaklini saqlash effektiga ega.

Nitinol – so'zi qotishma tarkibiga kiruvchi elementlarning dastlabki xarfidan olingan. (**Nickel Titanium Naval Ordnance Laboratory**)

1948 yilda metallurglar G.V. Kurdyumov va L.G. Xandorsonlar tomonidan ma'lum xaroratga qizdirilgan sezilarli plastik deformatsiyalanish natijasida o'zining dastlabki xolatini tiklaydigan qotishma taklif etildi. 1980 yilda bu kashfiyot Kurdyumov effekti deb tan olindi.

Agar marakkab shaklga ega bo'lgan material qizg'ish holatga kelguncha qizdirilsa, u holda material shaklini saqlash effekti xossasiga ega bo'ladi. Material uy xaroratigacha sovutilgandan keyin uni deformatsiyalash mumkin. Biroq 40 °C gacha u dastlabki xolatini saqlaydi. Materialning bunday xolati uning intermetallit ekanligi bilan izoxlanadi. Toblash jarayonida atomlar tartiblangan xolatga o'tadi, bu esa material shaklini saqlash effektiga olib keladi. Nikelid titandan tayyorlangan element bir vaqtning o'zida datchik va bajarish mexanizmi vazifasini o'taydi.

Nikelid titan yuqori zangbardosh, yuqori mustahkam, yaxshi material shaklini saqlash effektiga ega. Yuqori shaklini tiklash koeffitsientiga ega va deformatsiya kuchlanishi 8% gacha bo'lganda to'liq tiklanadi. Bunda kuchlanish 800 MPa yetadi, yaxshi biologik moslanuvchan va yuqori deformatsiya so'ndirish xossasiga ega.

Nitinolning kamchiligi texnologik xossalarining pastligi va tannarxining yuqoriligidir. Uning tarkibida titanning mavjudligi azot va kislorod bilan birikishiga olib keladi. Oksidlanish jarayonining oldini olish uchun vakumlarda saqlanadi. Bundan tashqari uning yuqori mustahkamlikga ega bo'lishi uni kesib ishlanuvchanligi qayinlashtiradi. Zamonaviy sanoatda bu qotishmadan tayyorlangan buyumlar Cu-Zn-Al qotishmalar bilan birgalikda keng amaliy tadbiqini topdi.

Qotishmaning shaklini saqlash effekti xossasi xar qanday issiqliq almashinuvi natijasida qaytar jarayonni yuzaga keltiradi. Metalga ta'sir etadigan deformatsiyalanish natijasida bu effekt sodir bo'ladi. Bunday ta'sirga ega bo'lgan materiallar EPF qurilmalarida keng ishlatiladi.

XX asr boshida materialni shaklini saqlash effekti 20 ortiq qotishmalarda uchradi. Nikel titan qotishmasidan tashqari quyidagi sistemalarda materialning shaklini saqlash effekti aniqlandi: Au–Cd–1951 yilda Illinoys universiteti (AQSH) ilk bor materialning shaklini saqlash effekti aniqlangan; Cu–Zn–Al – qotishmasi keng ko'lamda qo'llaniladi; uning martensit o'zgarish intervali – 100 dan 170°C gacha bo'lib, nikel titanga nisbatan xavoda tez oksidlanadi, oson ishlov beriladi va unga nisbatan tannarxi 5 barobar arzon, lekin mexanik (termik ishlov berishda

donalarining yiriklashuvi), zangabardoshlik va texnologik xossalari past. materialni shaklini saqlash effekti qotishmasi Cu–Al–Ni – Osaka universiteti (Yaponiya) tonmonidan ixtiro qilinib, uning martensit oʻzgarish intervali –100 dan 200°Cgacha, Fe–Mn–Si – sistemadagi qotishmalarni narxi ancha arzon, Fe–Ni; Cu–Al; Cu–Mn; Co–Ni; Ni–Al qotishmalari xam mavjud.

Olimlarni fikricha martensit oʻzgaruvchanlikka ega boʻlgan xar qanday materialda materialni shaklini saqlash effekti saqlanib qoladi, xattoki, titan, sirkoniy, kobalt kabi toza metallarda xam bunday xodisa uchraydi.

Qotishmani eritish vakuum yoki elektryoy pechda (geliy yoki argon) ximoya atmosferasida olib boriladi. Ikkita xolatda xam shixta vazifasini presslangan N–0 yoki N–1 nikel markasi va yodli titan yoki titanli gubka qoʻllaniladi.

Quymani kundalang kesimi va uzunligi boʻyicha bir tekis kimyoviy tarkibni olish uchun quyma ikki yoki uch marta qayta eritiladi. Elektryoyli pechda eritishda tok kuchi 1,2 kA, kuchlanish esa – 40 V, geliy bosimi – 53 MPa boʻlishi tavsiya etiladi. Quymani darz ketishini oldini olish maqsadida sovutishning mujassam rejimi – pech bilan sovutishdir (10°C/sek) tavsiya etiladi. Sirtidagi nuksonlar jilvirlovchi aylana orqali olinadi. Qotishmaning xajm boʻyicha kimyoviy tekisligini taʼminlash uchun inert atmosferada 950–1000°C haroratda gomogenizatsiya oʻtkaziladi.

Ni–Ti–Fe tarkibli xarbiy samolyotlarda gidravlik trubalarni ulashda ishlatiladigan vtulka ilk bor 1971 yilda «Reyxem Korporeyshen» (AQSH)da ixtiro qilingan va qoʻllanilgan. Qiruvchi samolyotlarning 300 000 yaqin boʻgʻinlarida bunday vtulkalar ishlatiladi, vaholanki, ularni ishdan chiqishi toʻgʻrisida xech qachon murojaat etishmagan. Uni funksional elementi sifatida ichki burtik joyi hisoblanadi.

Oʻzida 800 atm. bosimni tutib tura oladigan mustahkam vakuum birikma paydo boʻladi. Bu birikma payvandlash orqali bajariladi. Payvand birikmada metallni mustaxkamligining pasayishi va metall bilan payvand chok orasida nuqsonlarning toʻplanishi kabi kamchiliklar boʻlmaydi.

Tibbiyotda yangi sinf kompozitsion material ishlatilmoqda. Bu material ”biokeramika–nikelid–titan”. V meditsinada yangi tur kompozitsion materiallar ishlatiladi. Bu kompozitdlar nikel – titan yuqori elastiktiklik va material shaklini saqlash xossasiga ega boʻlishini taʼminlasa, boshqasi biokeramika xossasini taʼminlaydi. Shuningdek jagʻ- yuz xirurgiyasida material shaklini saqlash effekti boʻlgan materiallar ishlatiladi.

Shu bilan birgalikda tibbiyotda stendlar rentgenoskopiyasida keng qoʻllaniladi. Funksional kamchiliklarga ega boʻlgan sunʼiy paylarni aktivlashtirishda, sustlashgan vena qon tomirlarini qisishdagi qisqichlarga elektr toki yuborish orqali reabilitatsiyalash ishlari bajariladi.

Italyan dizayneri yalqov odamlar uchun kun issig'ida sekund davomida tirsagigacha yig'iladigan material ixtiro qildi. Bunday mato kun sovushi bilan yana o'z xoliga qaytadi. Matoni bunday xususiyati material tarkibida nitinolning (NiTi) borligi bilan izoxlanadi. Bunday matodan tayyorlangan kiyimni dazmolashga zururiyat bo'lmay, 30 sekund davomida u yana o'zini asl xoliga keladi. Bunday tannarxi yuqori bo'lgan "yalqovlar kuylagi" xozirgi kunda mavjud.



3.10-rasm. Jag'-yuz xirurgiyasida ishlatiladigan material shaklini saqlash effekti bo'lgan nikelid titan qotishmasidan yasalgan konstruksiyalar

«FranceTelecom» va «Philips» egasini xis-xayojonini ko'rsatuvchi sensorli simsiz displeyli egiluvchan usti-boshlar ekspremental modellarini ishlab chiqishdi. Eng qiziqarlisi kanadalik N. Stedmanni "aqlli" ko'rpasi 40 ta taktli datchiklar yordamida xo'jayinni o'zi topib, o'zi uni o'rab qo'yadi.

Birqancha amaliyotchilar "aqlli" kiyim atrofidagi shov-shuvlarni sun'iy reklama hisoblashadi. Biroq koreys davlat ekspertlari bahosiga ko'ra 2014 yilda jahon "aqlli" kiyimlar bozori 7 mlyard dollarni tashkil etdi. Shu sababga ko'ra Janubiy Koreya bu bozor 20% nazoratga olishga, davlat "aqlli" kiyimlar bozorini davlat himoyasiga olinganini e'lon qildi. 2004 yildan boshlab Janubiy Koreyada bu sohada aktiv izlanishlar ilmiy-tadqiqot tashkilotlari, universitet hamda tijorat birlashmalari hamkorligida olib borilmoqda

3.7. Cho'yanlar. Cho'yanlarning klassifikatsiyasi. Qayta ishlanuvchi, kulrang (quymakorlik), bolg'alanuvchi, juda puxta cho'yanlar.

Cho'yanlarning strukturalari, xossalari, markalari, ishlatilish sohalari. Tarkibida uglerod miqdori 2,14 dan 6,67 % gacha bo'lgan temirning uglerod va boshqa elementlar bilan qotishmasi *cho'yan* deyiladi. Cho'yanlar tarkibidagi uglerodning qanday holatda ekanligiga ko'ra oq, kulrang, juda puxta va bolg'alanuvchan cho'yanlarga bo'linadi.

Oq cho'yanning tarkibida uglerod kimyoviy birikma–tsementit holatida bo'ladi. Tementit sinish yuzasida yaltiroq, oq rangda bo'ladi. Shu sababli, asosini sementit tashkil etgan cho'yan *oq cho'yan* deb yuritiladi. Kulrang, bolg'alanuvchan va juda puxta cho'yanlarning tarkibida uglerodning juda ko'p

qismi erkin holatda, ya'ni grafit tarzida bo'ladi.



3.11–rasm. Evtektik oq cho‘yan strukturasi

Oq cho‘yanlar tuzilishiga va tarkibidagi uglerod miqdoriga ko‘ra quyidagi turlarga bo‘linadi:

- evtektikadan oldingi cho‘yan, tarkibida uglerod miqdori 2,14–4,3% bo‘lib, strukturasi perlit, tsementit va ledeburitdan iborat;
- evtektik cho‘yan, tarkibida uglerod miqdori 4,3% ni tashkil etib, strukturasi ledeburitdan iborat (3.11–rasm);
- evtektikadan keyingi cho‘yan, tarkibida uglerod miqdori 4,3–6,67% bo‘lib, strukturasi birlamchi tsementit va ledeburitdan tashkil topadi.

Kulrang cho‘yanlar. Kulrang cho‘yanlarning qolipga quyilish xossasi yuqori bo‘lganligi sababli ular quymakorlik cho‘yanlari deb ham yuritiladi. Metall asosining tuzilishiga ko‘ra kulrang cho‘yanlar quyidagicha ajratiladi:

- perlitli kulrang cho‘yan;
- perlit–ferritli kulrang cho‘yan;
- ferritli kulrang cho‘yan.

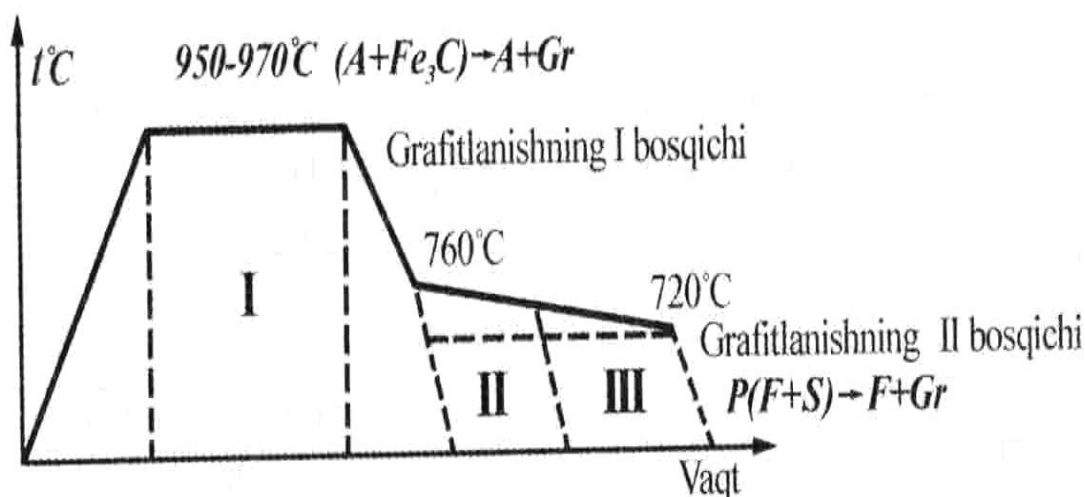
Perlitli CЧ21, CЧ24, CЧ25, CЧ30, CЧ35 kulrang cho‘yanlari kuchli dastgohlarning staninasi, mexanizmlari, porshen, silindr, dvigatel bloklari, metallurgiya jihozlarining detallarini ishlab chiqarishda qo‘llaniladi.

Ferritli CЧ10, CЧ15, CЧ18 kulrang cho‘yanlari poydevor plitalari, qurilish ustunlari, qishloq xo‘jalik mashinalari, dastgohlar, avtomobil va traktor detallarini ishlab chiqarishda qo‘llaniladi. Markada CЧ–kulrang cho‘yan, birinchi ikkita son cho‘zilishdagi mustahkamlik chegarasini bildiradi.

Bolg‘alanuvchan cho‘yanlar oq cho‘yanni maxsus usulda yumshatish orqali olinadi. Bolg‘alanuvchan cho‘yanda uglerod erkin holatda–bodroqsimon grafit shaklida bo‘ladi. Ularning plastikligi kulrang cho‘yanlarnikiga nisbatan yuqori. Metall asosiga ko‘ra bolg‘alanuvchan cho‘yan ferritli va perlitli bo‘ladi. Ferritli kulrang cho‘yaning plastik xossalari yuqori bo‘lganligi sababli mashinasozlikda keng ishlatiladi. Bolg‘alanuvchan cho‘yan olish uchun ishlatiladigan oq

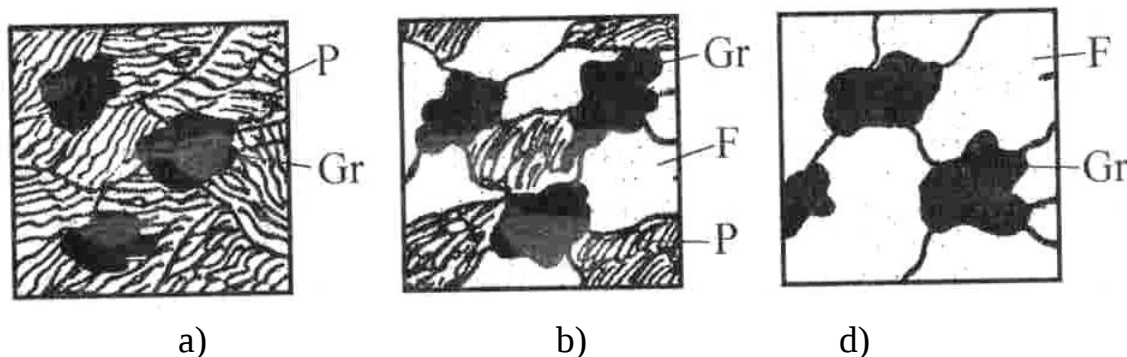
choʻyanning kimyoviy tarkibi quyidagicha boʻladi: 2,5–3,0% C, 0,7–1,5% Si, 0,3–1,0% Mn, 0,12% S, 0,18% P.

Yumshatish ikki bosqichda olib boriladi (3.12–rasm). Birinchi bosqichda quymalar 950–970°C da ushlab turiladi. Bu davrda ledeburit tarkibiga kiruvchi ($\text{Fe}_3\text{C} + \text{A}$) sementit parchalanadi va muvozanat holatdagi $\text{A} + \text{S}$ strukturasini hosil boʻladi.



3.12–rasm. Oq choʻyan quymalarni yumshatish yoʻli bilan bolgʻalanuvchan choʻyan olish chizmasi

Sementitning parchalanishi natijasida diffuziya yoʻli bilan bodroqsimon grafit hosil boʻladi. Shundan keyin harorat evtektoid oʻzgarishlar yuz beradigan oraliqqacha sovitiladi. Bu vaqtda austenit ferrit-grafitga parchalanadi. Yumshatishning ikkinchi bosqichi tugagandan soʻng choʻyan strukturasini ferrit va grafitdan iborat boʻladi (3.13–rasm, a).



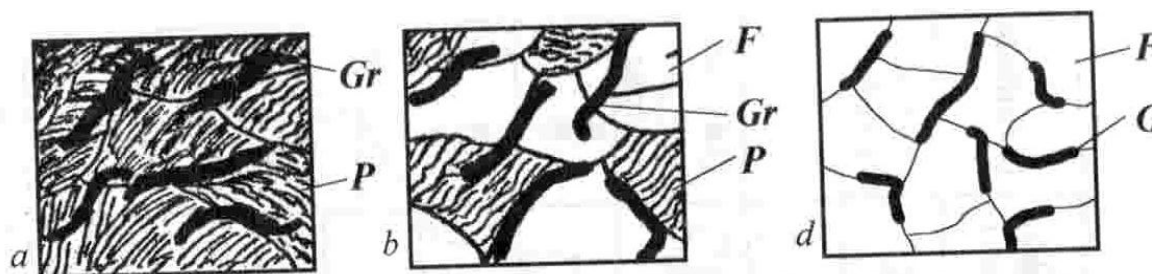
3.13–rasm. Bolgʻalanuvchan choʻyanning struktura tashkil etuvchilari: a–perlit–grafit; b–perlit–ferrit–grafit; d–ferrit–grafit

Agar evtektoid haroratida sovitish tezligi yuqori boʻlsa, perlitli bolgʻalanuvchan choʻyan hosil boʻladi (3.13–rasm, b).

Ferritli KЧ37–12, KЧ35–10 bolgʻalanuvchan choʻyanlari yuqori statik va

dinamik kuchlar ta'sirida ishlaydigan detallar (karter, reduktor, skoba va b.) ishlab chiqarishda ishlatiladi. Perlitli KЧ50–5, KЧ55–4 bolg'alanuvchan cho'yanlari mufta, rolik, tormoz kolodkasi, kardan vallari ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Markada KЧ–bolg'alanuvchan cho'yan, birinchi ikkita son cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasini va oxirgi son esa nisbiy uzayishini bildiradi. Bolg'alanuvchan cho'yanlarning kimyoviy tarkibi, mexanik xossalari va faza tashkil etuvchilari 3.5–jadvalda berilgan.



3.14–rasm. Kulrang cho'yanning struktura tashkil etuvchilari:

a –perlit; b – ferrit–perlit; d–ferrit

3.5–jadval

Bolg'alanuvchan cho'yanlarning kimyoviy tarkibi, mexanik xossalari va faza tashkil etuvchilari

Cho'yan markasi	Mexanik xossalar			Kimyoviy tarkibi, %				
	σ_b kG/m ²	δ , %	NV, kG/m ²	C	Si	Mn	P	S
KЧ30–6	30	6	163	2,7–3,1	0,7–1,1	0,3–0,6	0,2	0,18
KЧ33–8	33	8	163	2,5–3	0,8–1,2	0,3–0,6	0,2	0,18
KЧ35–10	35	10	163	2,4–2,8	0,9–1,4	0,3–0,5	0,2	0,12
KЧ37–12	37	12	163	2,2–2,5	1–1,5	0,3–0,5	0,2	0,12
KЧ45–6	45	6	241	2,2–2,8	0,9–1,5	0,3–1	0,2	0,12
KЧ50–4	50	4	241	2,2–2,8	0,9–1,5	0,4–1	0,2	0,12
KЧ56–4	56	4	241	2,2–2,8	0,7–1,1	0,4–1	0,2	0,12
KЧ60–3	60	3	241	2,2–2,6	0,7–1,1	0,4–1	0,2	0,12
KЧ63–2	63	2	241	2,2–2,6	0,7–1,1	0,4–1	0,2	0,12

Juda puxta cho'yanlar. Juda puxta cho'yanlar suyuq cho'yanni qolipga quyish oldidan unga kam miqdorda (0,03–0,07%) Mg qo'shish orqali olinadi. Grafit shar shakliga ega bo'lgani uchun metall asosning mustahkamligini kam pasaytiradi. Shar shaklidagi grafitli cho'yan yuqori mexanik xossalarga ega bo'ladi. Juda puxta cho'yanlar metall asosiga ko'ra ferritli BЧ38–17, BЧ 42–12, ferrit-perlitli BЧ 45–5 va perlitli BЧ50 –2, BЧ60–2, BЧ70–3, BЧ80–3, BЧ100–4, BЧ120–4 bo'ladi.

Markada BЧ–juda puxta cho‘yanni, birinchi ikkita son cho‘zilishdagi mustahkamlik chegarasini va oxirgi son nisbiy uzayishini bildiradi. Cho‘yanlardan dastgoh detallari, podshipnik, yuqori bosimda va ishqalanib ishlaydigan tirsakli vallar, detallar ishlab chiqariladi. Juda puxta cho‘yanlar yaxshi quymakorlik xossasiga–suyuq oquvchanlikka ega. Ularni kesib mexanik ishlov berish oson.

Termik ishlov berish orqali juda puxta cho‘yanlarning mustahkamligini yanada oshirish mumkin. Buning uchun cho‘yan toblanadi va yuqori (500–600°C) haroratda bo‘shatiladi. Ba’zi hollarda gafit shaklini mukammallashtirish maqsadida juda puxta cho‘yanlar yumshatiladi. Juda puxta cho‘yanlarning nisbiy uzayishi 2–7 % ni va Brinell bo‘yicha qattiqligi 150–360 HBni tashkil etadi. Juda puxta cho‘yanlarning mexanik xossalari, kimyoviy tarkibi 3.6–jadvalda berilgan.

3.6–jadval

Juda puxta cho‘yanlarning mexanik xossalari

Juda puxta cho‘yan markasi	σ_b kG/mm ²	σ_{oq} kG/mm ²	HB	δ , %
BЧ45–0	45	36	187–255	–
BЧ 50–1.5	50	38	187–255	1,5
BЧ 60–2	60	42	197–269	2,0
BЧ 45–5	45	33	5,0	2,5
BЧ 40–10	40	30	156–197	10.0

Juda puxta cho‘yanlar mexanik xossalari bo‘yicha po‘latlarga yaqin turadi. Ulardan tirsakli vallar, iskanalar, metallurgiya sanoati uchun jo‘valash uskunalarining vallarini tayyorlashda foydalaniladi.

Maxsus legirlangan cho‘yanlar. Legirlovchi elementlar cho‘yan strukturasiga, undagi grafit shakliga va o‘lchamlariga ta’sir ko‘rsatadi. Cho‘yan tarkibiga legirlovchi elementlar qo‘shish orqali ishqalanishga chidamli, korroziyabardosh va olovbardosh qotishmalar olish mumkin. Abrziv muhitda ishlaydigan ishqalanishga chidamli cho‘yanlar olish uchun ular nikel (3,5–5%) va xrom (0,8%), titan, mis, vanadiy, molibden kabi elementlar bilan qo‘shimcha ravishda legirlanadi. Bunday materiallar ishqalanish juftliklarida moysiz ishlay oladi. Ulardan tormoz kolodkalari, harakatni uzatish vositalari va silindr gilzasi kabi avtomobil detallari yasaladi. AЧC1, AЧC5, AЧB1, AЧK2 markali tarkibida xrom miqdori ko‘p bo‘lgan cho‘yanlardan qattiq materiallarni maydalaydigan uskunalar, AЧC2 cho‘yanidan abraziv muhitda katta kuchlanish ostida ishlaydigan tegirmon uskunalarini tayyorlanadi.

Legirlangan olovbardosh ЖЧХ2, ЖЧХ3 cho‘yanlaridan metallurgiya, sanoatida ishlatiladigan aglomerat mashinalarining kolosniklari, kimyoviy muhitda

ishlaydigan korroziyabardosh uskunalar detallari va quvurlari ishlab chiqariladi. ЖЧХ2 600°C, ЖЧХ3 700°C, ЖЧХ, ЖЧЮ2ХIII 750°C, ЖЧХ16 900°C va ЖЧЮ22III cho'yanlari 1100°C haroratda ham o'z xossalarini yo'qotmasdan ishlay oladi. Bunday cho'yanlar metallurgiya sanoatida pech armaturalari, metallni yupqa jo'valaydigan uskunalarining detallari, shisha ishlab chiqarish sanoati uskunolari tayyorlashda ishlatiladi.

3-bob bo'yicha umumiy nazorat savollari:

1. Cho'yan nima?
2. Po'lat deb nimaga aytiladi?
3. Cho'yan qanday bosqichlarda ishlab chiqariladi?
4. Fe (temir) qanday rudalardan olinadi?
5. Flyus tarkibiga nimalar kiradi?
6. Koks nima?
7. Po'lat olishning qanday usullarini bilasiz?
8. Modifikator nima?
9. Legirlash nima va qanday turlari mavjud?
10. Rafinirlash qanday jarayon?
11. Qanday cho'yan turlarini bilasiz?
12. Cho'yanlar tarkibida doimiy elementlar qaysilar?

4 BOB. RANGLI METALLAR VA ULARNING QOTISHMALARI

4.1. Rangli metall va qotishmalar. Titan va uning qotishmalari. Titan qotishmalari, ularning xossalari va ishlatilish joylari. Titan va uning qotishmalarini termik ishlash

Titan ko'p tarqalgan metall bo'lib, yer qobig'ining 0,61 % ini tashkil etadi. Titan allotropik shakl o'zgarishga ega, yuqori haroratda ($882,5^{\circ}\text{C}$) ($\alpha \rightarrow \beta$) faza o'zgarishi sodir bo'ladi. Titanning β modifikatsiyasi markazlashgan kub yacheykaga ega. Toza titanni $298 \pm 2\text{K}$ haroratdagi zichligi $4,505 \text{ g/m}^3$ ga, suyuqlanish harorati esa $1668,5^{\circ}\text{C}$ ga teng.

Titan ishlab chiqarishda ishlatiladigan minerallarga quyidagilar kiradi:

- rutil (TiO_2);
- ilmenit (FeOTiO_2);
- titanit ($\text{CaOSiO}_2\text{TiO}_2$);
- perovskit (CaOTiO_2).

Rutil tarkibida 60 % titan mavjud bo'lgan qizil tusli mineral hisoblanib, uning solishtirma og'irligi $6\text{--}6,5 \text{ g/sm}^3$ ga teng.

Ilmenit tarkibida 59 % rutil mavjud bo'lgan qoramtir tusli yaltiroq mineral hisoblanadi, uning solishtirma og'irligi $4,56\text{--}5,24 \text{ g/sm}^3$ ni tashkil etadi.

Titanit tarkibida 34–42% rutil mavjud bo'lgan sarg'ishdan qora ranggacha o'zgaradigan rangli mineral bo'lib, uning solishtirma og'irligi $3,4\text{--}3,6 \text{ g/sm}^3$ ga teng.

Perovskit tarkibida 58–59 % rutil mavjud bo'lgan har xil rangli mineral hisoblanib, uning solishtirma og'irligi 4 g/sm^3 ni tashkil qiladi.

Titan rudalaridan titan konsentratsiyasini olishda ruda flotasion yoki elektromagnit usulida to'yintiriladi. Keyin pechlarda suyuqlantiriladi. Bu jarayonda konsentrat tarkibidagi temir oksidlari qaytarilib, pech tubiga yig'iladi. TiO_2 shlakka o'tadi. Shlak tarkibida 65–85 % TiO_2 , 15–20% SiO_2 va 01 % CaO bo'ladi. Sovitilgan shlak esa kukun qilinadi. Unga uglerodli va bog'lovchi moddalar qo'shib, aralashtiriladi. Hosil qilingan aralashma qoliplarga jipslab joylashtiriladi va qizdirish orqali briketlar olinadi. Titanning bu birikmalariga ikki bosqichda ishlov beriladi. Titan briketlari xlor bilan ishlanib titan tetroxlorid (TiCl_4) hosil qilinadi. Undan titan ajratib olinadi. Titan maxsus pechlarda $900\text{--}950^{\circ}\text{C}$ haroratda vakuumda tozalanadi. Texnik titanning TT00, TT0, TT1, TT2 markalari mavjud. Titan qotishmalari samolyotsozlik, kemasozlik, mashinasozlik, metallurgiyada va raketsozlikda ishlatiladi.

Azot, uglerod, kislorod va vodorod elementlari titanning mustahkamligini oshiradi, ammo payvand chokning hosil qilish xususiyatlari hamda korroziyaga qarshiligini kamaytiradi. Ayniqsa, vodorodning ta'siri juda yomon, uning ta'sirida gidridlar hosil bo'lib, titan juda mo'rt bo'lib qoladi. Shuning uchun titan tarkibidagi

vodorodning miqdori 0,015% dan ko'p bo'lmasligi kerak. Quyidagi 4.1-jadvalda texnik tozalikka ega bo'lgan BTO-00 va BT1-0 titanlarning mexanik xossalari keltirilgan.

4.1-jadval.

Titanning turi	MPa	$\sigma_{0,2}$, MPa	E, GPa	δ , %	φ ,%	KSI кгс/см^2
BTO-00	294. . .441	245	103,00	25	60	1180
BTI-O	393. . .539	343	103,00	20	55	980

Titanning elastiklik moduli kichik, issiqbardoshliligi yuqori emas, yuk ta'sirida u oquvchan holatga keladi. Shuning uchun undan konstruksion material sifatida kam foydalaniladi. Yuqori qovushoqlikka ega bo'lganligi uchun uni kesib ishlash ham qiyin.

Texnik titan kimyo sanoatida, kemasozlikda, yadro energetikasida keng qo'llaniladi. Uning xossalarini yaxshilash uchun u legirlanadi. Polimorf xususiyatlarga ta'sir qilishiga qarab qotishma tarkibidagi legirlovchi elementlarni ikki turga bo'lish mumkin: Polimorf o'zgarish jarayoni haroratini ko'taradigan elementlar (Al , O_2 , N_2). Ular α - fazaning **barqarorlashtiruvchilari** deb ataladi. Polimorf o'zgarish jarayoni haroratini pasaytiradigan (β -fazaning barqarorlashtiruvchi) Mo , V , Mn , Cr , Fe elementlar. Polimorf o'zgarish jarayoni haroratiga ta'sir ko'rsatmaydigan, faqat α va β fazalarning xossalarinigina o'zgartiradigan qo'shimcha elementlar ham bor (Sn , Zr , Hf , Th).

Ko'pchilik titan qotishmalari tarkibida alyuminiy bo'ladi. Ikki fazali titan qotishmalarining termik ishlash yo'li bilan mustahkamligini oshirish mumkin. Qotishma tarkibida qancha legirlovchi elementlar ko'p bo'lsa, uning martensitga parchalanish harorati shuncha past bo'ladi. Qotishmaning eskirtirish haroratini ko'tarish ($400\text{--}550^\circ\text{C}$) bilan uning mustahkamligi va qattiqligini oshirish mumkin.

Plastik deformasiyalangan titan qotishmalari (BT5, BT5-1) ga $670\text{--}800^\circ\text{C}$ da qayta kristallanish yumshatishi berilsa, ichki kuchlanishlar yo'qolib, (β - fazaning barqarorligi ortadi).

Titan qotishmalari quyish uchun mo'ljallangan (BT5JI, BT20JI, BT21JI) yoki deformasiyalanadigan (BT5, BT9, BT16) turlarga bo'linadi. Titan qotishmalarini mexanik xossalari bo'yicha ham sinflarga bo'lish mumkin.

Titan qotishmalari hozirgi vaqtda samolyotsozlikda, raketsozlikda, kemasozlikdagi javobgarligi katta bo'lgan vositalarni yasashda juda qo'l kelmoqda. Lekin titan qotishmalarini xossalarini yaxshilash bilan bog'liq bo'lgan muammolarning ko'pi hali yechilgan emas.

4.2. Alyuminiy va uning qotishmalari. Quyma alyuminiy qotishmalari. Deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalari. Alyuminiy qotishmalarini termik ishlash

Rangli metallarga mis, alyuminiy, qalay, qo'rg'oshin, rux, nikel, titan, magniy va boshqalar, shuningdek ularning qotishmalari kiradi. Zamonaviy mashinasozlikda rangli metallarning ahamiyati juda katta, ayniqsa energetika, elektrotexnika, radioelektronika, samalyotsozlik va avtomobilsozlik sanoatlarida va aloqa sohalarida rangli metallar va ularning qotishmalari juda ko'p ishlatiladi.

O'zbekiston rangli metall rudalarining zaxiralari bo'yicha dunyoda yetakchi davlatlar qatoriga kiradi. Rangli metallarning rudalarida bir vaqtning o'zida bir qancha turli metallar: qo'rg'oshin, qalay, mis, oltin, kumush, temir, simob va nodir metallar uchraydi. Bunday rudalar ko'p metalli rudalar deyiladi. Shuning uchun rangli metallarning rudalarini kompleks qayta ishlab bir vaqtning o'zida hamma qimmatli metallarni ajratib olishga harakat qilinadi. O'zbekiston Respublikasi iqtisodiyotini rivojlantirishda mis va alyuminiy ishlab chiqarishni sezilarli ko'paytirish, shuningdek qo'rg'oshin, qalay, magniy, nikel, titan, volframli, molibdenli va titanli konsentratlarni, hamda qimmatbaho metallarni ishlab chiqarishni kengaytirish muhim ahamiyatga ega.

Mashinasozlik texnologiyasi hamda elektrotexnika sanoatida alyuminiy keng doirada ishlatiladi. Alyuminiy mashinasozlik materiallar ichida o'zining muhim xususiyatlari (solishtirma mustahkamligi, elektr va issiqlik o'tkazuvchanligi hamda korroziyabardoshligi) bilan ajralib turadi. Alyuminiyning fizik va mexanik xossalari uni legirlash orqali yaxshilanadi. Konstruktsion materiallar sifatida alyuminiy qotishmalari duralyuminiy, siluminiy va magnalinlar, kukun qotishmalar keng qo'llaniladi.

Alyuminiy qotishmalari ishlab chiqarish texnologiyasi va termik ishlangandan keyin mustahkamligining oshishiga qarab tuli sinflarga bo'linadi. Alyuminiy qotishmalari mashinasozlik material sifatida kelgusida keng ishlatiladi. Ayniqsa, kukun metallurgiyasi usuli bilan olinadigan alyuminiy qotishmalarining ahamiyati juda kattadir. Bunday materiallar yuqori mustahkamlikka, korroziyabardoshlikka, olovbardoshlikka ega. Bunday materiallar javobgarligi katta bo'lgan mashina vositalarini tayyorlashda keng qo'llanilmoqda va bir yo'la chiqindisiz texnologiyani qo'llashga imkoniyat yaratmoqda. Alyuminiy qotishmalarini termik ishlash natijasida uning mustahkamligi va texnologik xususiyatlarini oshirish mumkin.

Toza alyuminiy va uning texnikada ishlatilishi. Alyuminiy oq-kumush rangdagi metall bo'lib, yoqlari markazlashgan kub kattakcha asosdagi kristall panjaraga ega va uning muhim xususiyatlaridan biri o'rtacha zichligining kamligi ($\gamma=2,7 \text{ g/sm}^3$) hamda yuqori plastiklik va elektr o'tkazuvchanlikka egaligidir.

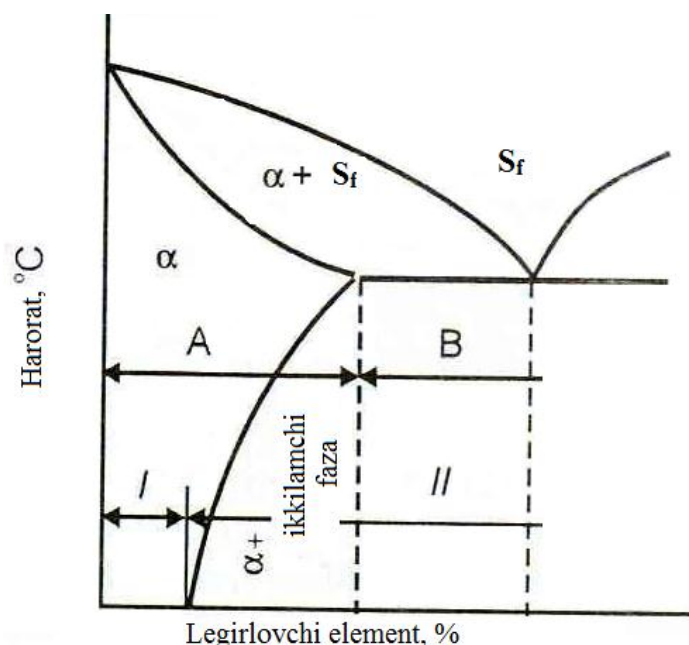
Alyuminiy yaxshi payvandlanadi, bosim ostidan oson ishlanadi, faqat uni kesib ishlash qiyin. Suyuq alyuminiyning oqish xususiyatlari ham yaxshi, biroq quymada katta o'lchamdagi cho'kmalarni hosil qiladi. Alyuminiy havoda tez oksidlangani uchun undan po'lat ustidagi korroziyabardosh qoplamalar olinadi. Alyuminiyning oksidlanishidan Al_2O_3 hosil bo'ladi, undan havo (kislorod) ning ichkariga diffuziyalanishi qiyin. Yuzadagi oksid qatlami tez ko'chadi, ammo alyuminiyning oksidlanishi oson bo'lganligi uchun darhol yangi oksid qatlami hosil bo'ladi. Shuning uchun oksid qatlam ostidagi yuza uzoq vaqt oksidlanishdan saqlanishi mumkin. Uning mexanik xossalari tarkibidagi o'zga qo'shimchalarning miqdoriga bog'liq. Eng toza yoki maxsus tozalikka ega bo'lgan alyuminiy tarkibida 0,001% qo'shimcha bo'ladi (A999), yuqori tozalikka ega bo'lgan alyuminiy tarkibidagi qo'shimchalarning miqdori 0,005...0,5% bo'ladi (A995, A99, A97, A95).

Alyuminiy mashinasozlikda tok va issiqlik o'tkazadigan hamda uncha katta bo'lmagan hajmli korroziyabardosh vositalarni tayyorlashda qo'llaniladi. Alyuminiy yuqori mexanik xususiyatlarga ega bo'lganligi uchun undan tashqi kuch ta'sirida ishlaydigan vositalar deyarli tayyorlanmaydi. Quyma alyuminiyga qaraganda deformatsiyalangan alyuminiyning xossalari yuqori bo'ladi. Sanoatda 2 turdagi deformatsiyalangan (A4J1 va A4J2) alyuminiy ishlab chiqariladi.

Texnik tozalikka ega bo'lgan alyuminiy yupqa tunukasimon (list), quvur, sim va boshqa har xil shakllarda chiqariladi. Yuqori kuchlanishga chidamli kabellarni tayyorlashda hamda elektr o'tkazgich tarmoqlarida alyuminiydan juda samarali foydalaniladi. Oziq-ovqat sanoati uchun alyuminiy qotishmalaridan turli idishlar tayyorlanadi, mahsulotlarni o'rash uchun qog'oz (folga) o'rnida ham ishlatiladi.

Alyuminiy qotishmalari. Alyuminiy qotishmalari toza alyuminiyga nisbatan yaxshi mexanik va texnologik xossalarga ega. Shuning uchun mashinasozlik, samolyotsozlik, kemasozlik, qurilish va qishloq xo'jaligida alyuminiy qotishmalari keng qo'llaniladi. Alyuminiy legirlovchi elementlar bilan bir xil ko'rinishdagi o'zgaruvchan tarkibli qattiq eritmalarni hosil qiladi. Shuning uchun ular holat diagrammasi bo'yicha sinflarga ajratiladi (4.1-rasm).

Deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalarining aksariyati yaxshi texnologik xossalarga ega, plastikligi yuqori va ularni kesib ishlash oson. Shuning uchun ulardan turli shakldagi yarim fabrikatlarni ishlab chiqarish mumkin, masalan, qog'ozlar (folga), listlar, chiviqlar, trubalar, qobirg'ali panellar, turli ko'ndalang kesimdagi simlar, bolg'alah va shtamplash mahsulotlari. Bunday zagotovkalar materialni sovuqlayin yoki issiqalayin bosim ostida ishlash usuli bilan olinadi (presslash, ekstruzerdan o'tkazish, bolg'alah, shtamplash, jo'valash hamda volchirlash). Zagotovkalarni plastik deformatsiyalash yo'li bilan olish samarali texnologik jarayon bo'libgina qolmay, balki alyuminiy qotishmalarini mustahkamligini oshirish usuli hamdir.



4.1-rasm. Alyuminiy-legirlovchi element tizimi holat diagrammasining umumiy ko`rinishi: A-deformatsiyalanadigan qotishmalar; V-quyma qotishmalar.

Lekin deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalarining ichida termik ishlov natijasida mustahkamligi oshmagan (I) va oshadigani (II) ham bor (4.1-rasmning A qismi). Masalan, Al-C-Mg-Mn turkumga kiruvchi qotishmalar (duralyuminiy) termik ishlaganda ularning mustahkamligi oshadi (4.1-jadval). Duralyuminiylar sovuq holda ham, issiq holda ham yaxshi deformatsiyalanadi. Sovuqlayin deformatsiyalash odatda jarayonning orasida qayta kristallash bilan yumshatib ($350...370^{\circ}\text{C}$), bosqichma-bosqich olib boriladi.

4.1-jadval.

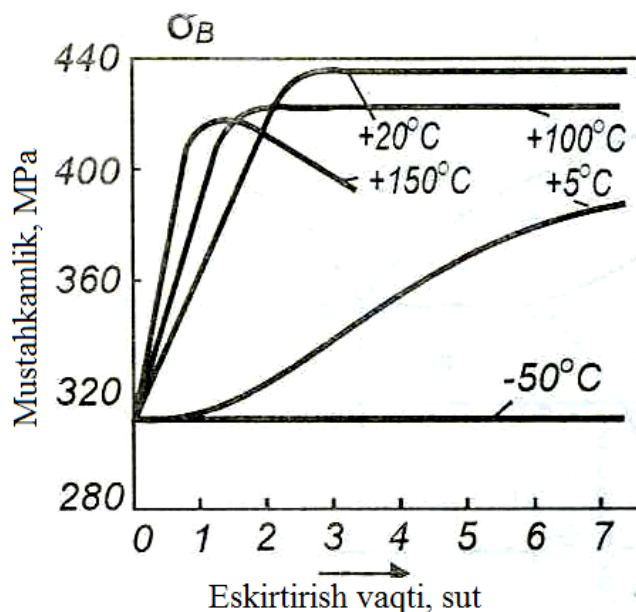
Duralyuminiylarning tarkibi va xossalari

Qotishmaning turi	Qotishma tarkibidagi elementlar, %			Termik ishlovdan keyin mexanik xossalar		
	Si	Mg	Mn	$\sigma_{0,2}$	σ_b, MPa	$\delta, \%$
Д1	4,3	0,6	0,6	240	400	20
Д16	4,3	1,5	0,6	330	410	18
Д19	4,3	2,0	0,75	310	425	18

Mis alyuminiyda eriydi hamda CuAl_2 oraliq fazani ham hosil qiladi. Oddiy haroratda mis 0,2% gacha erisa, yuqori haroratda qariyb 5,6% gacha eriydi. Duralyuminiylarni termik ishlash usuli bilan mustahkamlash uchun ular toblab, eskirtiriladi. Buning uchun qotishma $495...505^{\circ}\text{C}$ gacha qizdiriladi va suvda sovutiladi, so`ngra 5...6 kun uy haroratida ushlab turiladi, ya'ni tabiiy eskirtiriladi. Eskirish natijasida mustahkamlik yangi toblangan qotishmaga qaraganda qariyb

70...75% ga oshadi. Toblangan duralyuminiy mustahkamligining eskirish haroratiga va vaqtiga bog`liqligi 4.1-rasmda ko`rsatilgan.

Misning alyuminiydagi qattiq eritmasining (α -qattiq eritma) eskirtish jarayonida parchalanishi natijasida mustahkamlik ortadi (4.2-rasm).



4.2-rasm. Duralyuminiy mustahkamligi (b) ning eskirtirish vaqti va haroratga bog`liqligi grafigi.

Kristall panjarada bir tekisda joylashgan mis atomlarining qotishmadan ajralib chiqishi bir necha bosqichda sodir bo`ladi. Tabiiy eskirtirishda (+20°C) yoki sun'iy eskirtirishda ( $T < +100...150^{\circ}\text{C}$ ) qattiq eritma parchalanmaydi (oraliq faza ajralib chiqmaydi), qotishma kristall panjarasidagi mis atomlarining joylashish tartibi o`zgaradi, xolos. Agar eskirtirish harorati yuqoriroq ($T < +150...200^{\circ}\text{C}$) bo`lsa, kristall panjaradagi mis atomlari qayta tartiblanadi. Bunda korroziyabardoshlik va plastiklik yaxshilanadi.

Deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalarini tamg`alash(markalash) quyidagicha belgilangan: «Д» harfi duralyuminiy turidagi alyuminiy qotishmasiga ishora undan keyingi sonlar tartib raqamini belgilaydi «А» harfi belgisi bilan boshlanadigan tamg`alar (АД, АДЛ)- texnik alyuminiy ekanligini bildiradi; «АК»- bolg`alanadigan (kovochniy) alyuminiy qotishmasi; agar tamg`ada alohida «В» yoki «А» harfi bilan birgalikda «В» harfi ham kelsa qotishma yuqori mustahkamlikka ega qotishma holatini bildiruvchi belgilar quyiladi.

Masalan «М» qo`yilsa qotishma yumshoq (yumshatilgan)ligini bildiradi (Masalan Д16М); «Т»-termik ishlanganligi (toblab, eskirtirilgan); «Н» -plastik deformatsiyalanagan (nagartovka o`tkazilgan, masalan Д16Н) va h.k 4.2-jadvalda deformatsiyalanadigan alyuminli qotishmalariga misollar keltirilgan.

Duralyumiylar samolyotsozlikda keng qo'llaniladi, masalan, D1 qotishmadan samolyot vintellarining paraklari, D16 dan esa fyuzelyajlarning yuk ko'taruvchi qismlari yasaladi.

Yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan alyuminiy qotishmasi (B95, B96) murakkab tarkibli qotishma bo'lib, Al-Zn-Mg-Cu turkumga kiradi. Qo'shimcha ravishda ular yana marganets va xrom bilan legirlanadi. Bunday qotishmalar 460. . 480°C ga qizdirilib, so'ngra sun'iy eskirtiriladi (120...140°C).

Bunda mustahkamlik σ_b 600...700 MPa ga yetadi. Bu qotishmalarning mustahkamligi duralyuminiyga qaraganda yuqori bo'lsa ham, plastikligi ancha kam, ichki kuchlanishning yig'ilishi va korroziyaga moyilligi ham bor.

4.2-jadval.

Deformatsiyalanadigan alyuminli qotishmalari

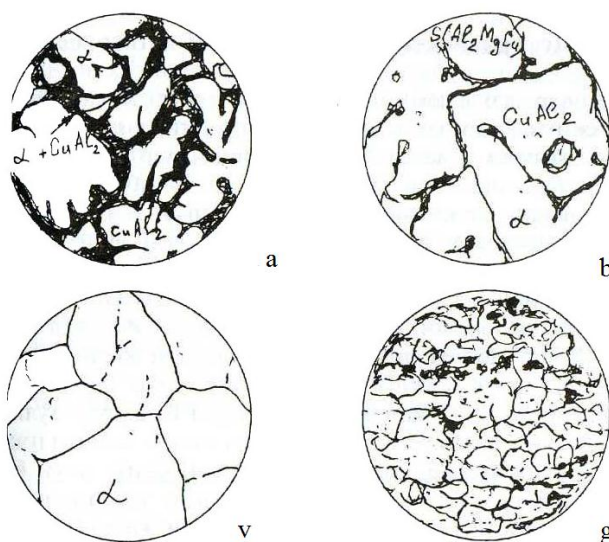
Qotishma tamg'asi	Legirlovchi elementlar miqdori,%					Toblab, eskiritilgandan keyingi mexanik xossasi			
	Cu	Mg	Mn	Si	Boshqa elementlar	MPa			δ ,%
						$\sigma_{0,2}$	σ_{ab}	σ_{-1}	
Duralyuminiylar D1, D16	3,8...4,8 3,8...4,9	0,4...0,8 1,2...1,8	0,4...0,8 0,3...0,9	- -	- -	300.... 400	490 540	- 125	11-14
Avial qotishmasi (qavs ichida bosim jstida ishlangan) AB	0,1...0,5	0,45...0,9	0,15...0,35	0,5...1,2	-	300.. (200)	380 (260)	-	12 -15
Yuqori mustahkam qotishma B95	,4...2,0	1,8...2,8	0,2...0,6	-	5...7 Zn 0,1...0,25 Cr	530... 550	560... 600	156	8
Bolg'lanadigan qotishmalar AK6 AK8	1,8...2,6 3,9...4,8	0,4...0,8 0,4...0,8	0,4...0,8 0,4...1,0	0,7...1,2 0,6...1,2	- -	300.... 380	420 480	- -	12-10
Olovbardosh qotishma AK-1 D20	1,9...2,5 6...7	1,4...1,8 -	- 0,4...0,8	0,35 -	0,8...1,4 Fe 0,8...1,4 Ni 0,02...0,1 Ti 0,1...0,2Ti	280 250	430 400	- -	13-12

Shuning uchun ularning koroziyabardoshligini oshirish uchun yuzalari Al 1% Zn bilan qoplanadi. Yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan qotishmalar harorat

($T > 120^{\circ}\text{C}$) ta'siridagi tashqi muhitda ishlaydigan konstruksiyalarni tayyorlashda ishlatiladi.

Yuqori harorat ta'sirida xossalarini yo'qotmasdan uzoq vaqt ishlaydigan alyuminiy qotishmalari ham bor. Termik ishlanadigan bunday qotishmalarga olovbardosh (AK-4, AK4-1) qotishmalar kiradi. Ular murakkab tarkibga ega va 300°C gacha ishlay oladi. Qotishmalar tarkibidagi ega va 300°C gacha ishlay oladi. Qotishmalar tarkibidagi temir, nikel, mis va boshqa elementlar qotishmaning mustahkamlovchi fazalarini, ya'ni intermetallit (SiAl_2 , SiMgAl_2 , Al_2MnSi va hokazo) larni hosil qiladi (4.3-rasm).

Qotishma mis, manganets, titan elementlari bilan legirlanganda diffuzion jarayonlarni to'xtash hisobiga olovbardoshlikka erishiladi. Olovbardosh qotishmalardan tayyorlangan mashina vositalari toblanib, so'ngra sun'iy eskirtirilgandan keyin ishlatiladi.



4.3-rasm. Alyuminiy qotishmalari mikrotuzilishi: a-Al-Si turkumidagi quyma alyuminiy (α -qattiq eritma, ($\alpha + \text{SiAl}_2$ evtektik mexanik aralashma hamda SiAl_2) intermetallit); b-D16 quymasi (α - qattiq eritma va $\text{S}(\text{Al}_2\text{MgSi})$ intermetallit); v-deformatsiyalanadigan D16 qotishmasi toblangandan keyin (α - to'yintirilgan qattiq eritma); g-D16 qotishmani toblab, so'ngra eskirtirilgandan keyingi holati.

Bolg'alash va shtamplash usuli bilan ishlov beriladigan qotishmalar (AK6, AK8) yaxshi plastiklikka ega. Ularga bosim ostida issiqdayin ishlov berilganda darzlar hosil bo'lmaydi. Bunday qotishmalar Al-Ci-Mg turkumiga kiradi. Ularga qo'shimcha sifatida kremniy qo'shiladi. Ularni $450...475^{\circ}\text{C}$ da qizdirish bilan bolg'alanadi va shtamplanadi. Ulardan o'rta kuchlanishda ishlaydigan mashina vositalari tayyorlanib, toblanadi va eskirtiriladi, keyin ishlatiladi.

Deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalari. Bu turdagi alyuminiy qotishmalariga asosan marganets yoki magniy elementlari bilan legirlangan qotishmalar kiradi. Odatda bunday qotishmalar yuqori plastiklikka, korroziyabardoshlikka ega bo'lib, yaxshi payvandlanadi.

Bu qotishmalar yumshatilgan holda plastik deformatsiyalash orqali mustahkamlangan yoki qisman mustahkamlangan holda ishlatiladi.

Marganets alyuminiyda erib, marganetsli qattiq eritmani hosil qiladi, lekin bunda ozgina miqdorda bo'lsa ham Al_6Mn faza hosil bo'ladi. Magniyli qotishmaning sovutilgandan keyingi muvozanat holatida $\alpha+\beta(Al_3Mg_2)$ hosil bo'lib, α -qattiq eritma juda barqaror bo'lganligi uchun eritma etarli darajada sekin sovutilganda ham oraliq faza ajralib chiqmaydi. Shuning uchun bunday qotishmalarning mustahkamligini termik ishlov berish bilan oshirib bo'lmaydi. Ba'zi qotishmalarda, masalan, AMg_5 da ikkilamchi faza hisobiga mustahkamlik oshishi mumkin (4.3-jadval).

4.3-jadval

Termik ishlov natijasida mustahkamligi oshmaydigan alyuminiy qotishmalari

Qotishmaning turi	Qotishmaning tarkibi, % hisobida		σ_b , MP	$\sigma_{0,2}$, Mpa	δ , %
	Mn	Mg			
AMn	1,0...1,6	-	130 (170)	50 (130)	23(10)
AMg ₂	0,2...0,6	1,8...2,8	200(150)	100 (200)	23(10)
AMg ₃	0,3...0,6	3,2...3,8	200	110	20
AMg ₅	0,3...0,6	4,6...5,8	300	150	20
AMg ₆	0,5...0,6	5,8...6,8	300(400)	150 (300)	13 (10)

Alyuminiy-magniy qotishmasini qo'shimcha ravishda marganets bilan legirlangan mayda donachali Al_6Mn ning hosil bo'lishi hamda donachaning maydalanishi hisobiga mustahkamlik oshishi mumkin. Bu jadvaldagi qavs ichidagi sonlar plastik deformatsiyadan keyingi mustahkamlikni ko'rsatadi.

Bunday qotishmalardan quymalar ham olish mumkin. Lekin bunda dendrit likvatsiyasini yo'qotish uchun quymani 450...520°C haroratda qizdirib, 4...40 soat ushlab turiladi, so'ngra havoda yoki pechda sovutiladi. Deformatsiyalangan qotishma esa rekristallanish natijasida yumshatiladi. Buning uchun zagotovka 350...500°C haroratda 0,5...2,0 soat ushlab turiladi, so'ngra havoda sovutiladi. Shunday qilinganda struktura muvozanatga qaytib, mayda donachalari bo'ladi.

Yengil sharoitda ishlaydigan vosita va konstruksiyalarni tayyorlashda AMn, AMg₂, AMg₃ qotishmalar ko'proq ishlatiladi. Ulardan benzin baklari, trubalar, paluba qismlari, romlar tayyorlanadi.

O`rtacha kuchlanishda ishlaydigan vositalar va konstruktsiyalarni tayyorlashda AMg5 va AMg6 qotishmalar ishlatiladi. Ulardan romlar, vagon qismlari, kema anjomlari, liftlar, yuk ko`tarish uskunalari va hokazolar tayyorlanadi.

Quyma alyuminiy qotishmalari. Quyma zagotovkalarni olish uchun Al-Si, Al-Ci, Al-Mg turkumga, kiradigan qotishmalardan foydalaniladi. Qotishmaning mexanik xossalarini yaxshilash uchun u qo`shimcha ravishda titan, sirkoniy, bor, vanadiy elementlari bilan legirlanadi. Quyma alyuminiy qotishmalarining muhim xususiyati-suyuq holda yaxshi oqishi, qotgandan keyin kam cho`kma hosil bo`lishligi hamda yaxshi mexanik xossalarga ega bo`lishidir.

Quyma alyuminiy qotishmalariga beriladigan termik ishlov natijasida mexanik xossalar ortadi, kesib ishlash osonlashadi. Alyuminiy qotishmalariga termik ishlov berish texnologiyasini bir necha tur (turkum)larga bo`lish mumkin. Bu turkumlar bajariladigan tartibga ko`ra shartli ravishda T_1 , T_2 ,... T_8 deb belgilanadi.

Qotishma mexanik xossalarini oshirish hamda texnologik xossalarini yaxshilash maqsadida 175°C haroratda 5...20 soat ushlab turiladi (T_1) Kristallanish jarayonida vujudga kelgan termik ichki kuchlanishlarni yo`qotish va qotishma plastikligini oshirish maqsadida ( $300^{\circ}\text{C}$  da 5...10 soat davomida) yumshatish o`tkaziladi (T_2). Mustahkamlikni oshirish maqsadida toblab, eskiritiriladi. Bunday termik ishlovi T_3 , T_4 , T_5 , T_6 turkumdagi rejalarida o`tkazish mumkin. bu turkum rejalarining hammasida ham toblash harorati $510 \dots 545^{\circ}\text{C}$ ga teng, bu rejalar eskirtirish harorati va vaqti bilan bir-biridan farq qiladi ($150 \dots 200^{\circ}\text{C}$, 2...5 soat). Struktura va hajmni barqarorlashtirish uchun qotishma toblanib, ($230 \dots 250^{\circ}\text{C}$ da 3...10 soat) bo`shatiladi ( $T_7$ ). Plastiklikni oshirish hamda o`lchamlarni barqarorlashtirish uchun qotishma birdaniga ham toblanadi ($240 \dots 260^{\circ}\text{C}$ haroratda 3...5 soat ushlab turiladi),ham bo`shatiladi.

Kremniyli qotishma amaliyotda ko`p qo`llaniladi. Alyuminiyning kremniy bilan hosil qilgan qotishmasi siluminiylar deb ataladi. Bunday qotishmalarning strukturasida evtektika bo`lgani uchun suyuq holda yaxshi oqadi, natijada qolipni yaxshi to`ldiradi, ya'ni quymaning geometrik o`lchamlari aniqligi ortadi hamda cho`kmaning hajmi kichik bo`ladi. Siluminiylar yaxshi kesib ishlanadi, ularni payvandlash ham mumkin. Bu qotishmalar mayda va yirik zagotovkalarni olishda ishlatiladi. Siluminiylar AJI2 (10...13%Si); AJI4 (8...10% Si) deb belgilanadi. Ba'zi Al-Si turkumdagi quyma alyuminiy qotishmalari (AJI7 va AJI9) termik ishlangandan keyin yuqori mexanik xossalarga ega. Bu qotishma kichik va nisbatan yuqori haroratda yaxshi ishlay oladi, lekin texnologik xossalari uncha yaxshi emas (katta hajmli cho`kma va darzlar hosil qiladi). Shuning uchun bu qotishmalardan asosan mayda zagotovkalar olinadi.

Al-Mg turkumdagi qotishmalardan ham quyma zagotovkalar olish ancha qiyin. Lekin bunday qotishmalarning korroziyabardoshliligi yaxshi, ular yuqori mexanik xossalarga ega, yaxshi kesib ishlanadi. Masalan, AJI8 va AJI27 qotishmalar nam havo sharoitida ishlaydigan quyma zagotovkalar olishda (kemasozlikda, samolyotsozlikda) ishlatiladi. Quyma olingandan keyingi struktura (α -qattiq eritma bilan Al_3Mg_2 oraliq fazadan iborat bo'ladi. Lekin qattiq qo'shimcha donachalarning chegarasida joylashgani uchun qotishma mo'rt bo'ladi. Shuning uchun AJI8 va AJI27 lardan foydalanish uchun qotishma toblanib, eskirtiriladi. Termik ishlash uchun qotishma $430^{\circ}C$ gacha qizdirilib, shu haroratda 12. . .20 soat ushlab turiladi, ana shunday qilinganda Al_3Mg_2 (α -qattiq eritmada eriydi, natijada bir xil tarkibli qattiq eritma hosil bo'ladi. Agar AL-Mg turkumdagi qotishmaga 1,5 % gacha kremniy qo'shilsa (AJI13, AJI22), uchlamchi evtektika hosil bo'ladi, natijada qotishmaning quyish xususiyatlari yaxshilanadi. Bu qotishmalar ham kemasozlikda, samolyotsozlikda keng qo'llaniladi.

Olovga chidamli qotishmalardan (AJI1, AJI20, AJI21) ichki yonuv mashinalari porshenlari, bloklari, blok qopqoqlari tayyorlanadi. Bu qotishmalar $275... 350^{\circ} C$ haroratda o'z xususiyatlarini saqlagan holda ishlay oladi. Bunday qotishmalar murakkab tarkibga ega, quyma strukturasi tarkibida (- qotishma bilan bir qatorda Al_2Si Mg, $Al_6 Si_3 Ni$ va alohida oraliq fazalar (S-faza) ham bo'ladi. Quyma zagotovkalar toblanadi va eskirtiriladi (T7). Masalan, porshenlar tayyorlash uchun qotishma toblanib, $290^{\circ} C$ da eskirtiriladi. Natijada S- faza α - qattiq eritmada erib, bir xil tarkibli strukturani hosil qiladi.

Olovga chidamli alyuminiy qotishmalari qo'shimcha ravishda Fe, Ti, Mn lar bilan legirlansa, texnologik va mexanik xossalar yaxshilanadi (AL20, AL21). Masalan, ana shunday murakkab legirlangan AJI21 qotishmadan $300...350^{\circ} C$ da tashqi kuch ta'siri ostida uzoq muddat ishlay oladigan yirik va murakkab shakldagi zagotovkalar tayyorlanadi. Ularni $525^{\circ} C$ da eskirtiriladi (T7) mexanik xossalar yana ham yaxshilanadi.

4.3. Magniy va uning qotishmlari. Quyma magniy qotishmalari.

Deformatsiyalanadigan magniy qotishmalar. Magniy qotishmalarni termik ishlash

Magniy juda yengil metall bo'lib, och kulrang ko'rinishga ega, uning zichligi esa $1,74 \text{ g/sm}^3$ ga teng. Geksogonal kristall panjaraga ega bo'lib, kimyoviy faolligi katta, hatto havoda o'z-o'zidan yonadi. Texnik tozalikka ega bo'lgan magniyning uchta tamg'asi ma'lum: Mr 90 (99,90 %Mg) Mr 95 (99,95% Mg) va Mr 96 (99,96% Mg).

Quyma magniyning mexanik xossalari quyidagicha: $\sigma_b = 115 \text{ MPa}$, $\sigma_{0,2} = 25 \text{ MPa}$ $\delta = 8 \%$, $\text{HB} = 40 \text{ MPa}$.

Magniyning Al, Zn, Mn bilan hosil qilgan qotishmalari ma'lum. Magniy qotishmalarining holat diagrammalari alyuminiy qotishmalarinikiga o'xshash bo'lib, ular ham deformatsiyalanadigan va quyma qotishmalarga bo'linadi. Shuning uchun termik ishlov turkumlari alyuminiy qotishmalariga beriladigan termik ishlash turkumiga o'xshash. Magniy qotishmalariga toblash va eskirtirish berilgandan keyin mustahkamlik bir oz oshadi. Qotishmalarni toblash uchun $380...420^\circ \text{C}$, eskirtirish uchun esa $200...300^\circ \text{C}$ qizdiriladi. Magniy qotishmalarini termik ishlash xususiyati shundan iboratki, ularda diffuzion jarayon sekin borganligi uchun, toblash haroratida ko'proq (4...24 soat) ushlab turishga to'g'ri keladi. Eskirtirish haroratida ham uzoq vaqt (16.. 24 soat) ushlab turiladi. Buning natijasida deformatsiyalangan qotishmaning: (b ko'rsatkichi 10...30% va quyma qotishmaniki 30...60% ga oshadi. Magniy qotishmalaridan avtomashina, samolyot, yigiruv va to'qimachilik dastgohlari vositalarini tayyorlashda keng qo'llaniladi.

Magniy qotishmalari alyuminiy qotishmalari kabi zichligi kam, yuqori mustahkamlikka ega, tebranishni yaxshi yutadigan materiallardir. Shuning uchun bu materiallar aviatsiya va raketa texnikasida keng qo'llaniladi. Lekin qotishmaning elastiklik moduli kichkina (43000 MPa) va korroziyaga qarshiligi ham kam.

Shuningdek, ularni bosim ostida va quyish usuli bilan qayta ishlash qiyin. Magniy qotishmalarini faqat muhofaza muhiti sifatida inert gazlar yordamida elektr yoy yoki kontank usuli bilan qoniqarli darajada payvandlash mumkin, yaxshi kesib ishlanadi. Ko'proq magniy alyuminiy ($\leq 10\%$) sink ($\leq 5...6$) marganets ($\leq 2,5\%$) sirkoniy ($\leq 1,5\%$) kabi elementlar bilan legirlanadi.

Marganetsdan boshqa legirlovchi elementlar α -qattiq eritma va intermetallitlar (Mg_4Al_3 , MgZn_2) hisobiga mexanik xossalarni oshiradi. Marganets magniy qotishmalarining payvandlash xususiyatini yaxshilaydi va korroziyabardoshligini oshiradi.

Sirkoniy ham korroziyabardoshligini oshiradi, lekin donachalarni maydalash hisobiga mexanik xususiyatlarni yaxshilash ustun turadi. Magniyga boshqa legirlovchi elementlar juda kam miqdorda qo'shilganda qo'shimcha ravishda xossalarni yaxshilash mumkin.

Masalan, toriy elementi olovbardoshligini oshiradi, juda oz miqdorda ($0,005...0,012\%$) berilliy qo'shilsa magniyni eritishda, quyma olishda, termik ishlashda oksidlanishini kamaytiradi.

Magniy qotishmalarini qayta ishlash mahoratiga ko'ra ularni ikki guruhga bo'lish mumkin:

- 1) Quyish uchun mo'ljallangan qotishmalar: ulardan shakldor quymalar olinadi va ularni «MJ» tamg'a (rusum) bilan belgilanadi;
- 2) Deformatsiyalanadigan qotishmalar: ulardan presslash, jo'valash, bolg'alash, shtamplash va boshqa bosim ostida ishlash usullari bilan buyumlar ishlab chiqariladi va «MA» rusum berilgan.

Magniy qotishmalariga, alyuminiy qotishmalari kabi termik ishlov beriladi. Bunday termik ishlovlarga diffuzion yumshatish (gomogenlash), to'la yumshatish, toblash va eskirtirish kiradi. Yirik quymalar va shakldor buyumlar quyma usulida olinganda diffuzion yumshatish beriladi. Buning uchun quyma pechlarda 400...490°C atrofida qizdirilib, shu haroratda 10...24 soat ushlab turiladi, so'ng pech bilan birgalikda sovitiladi.

Gomogenlashdan asosiy maqsad, donachalarning ajralish yuzalarida to'planib qolgan ortiqcha fazalarning eritish hisobiga butun hajm bo'yicha tarkibni barqarorlashtirishdan iborat. Natijada mexanik xossalar, oshib, barqarorlashadi va kesib ishlash osonlashadi. Bosim ostida ishlashda hosil bo'ladigan pachoqlanish (naklyop) ni hamda mexanik xossalarning anizotropiyasini yo'qotish uchun magniy qotishmalariga 250...350°C da qizdirib, rekristallizatsion yumshatish beriladi.

Bir qator magniy qotishmalariga toblash va eskirtirish beriladi. Diffuzion jarayonlarning sekin borishi, magniy qotishmalariga xos bo'lganligi uchun ularda faza o'zgarishi sekin boradi. Shuning uchun ham toblash uchun (4...24 soat) va eskirtirish uchun qizdirilganda (15...20) soat ko'p vaqt sarf qilinadi va shu sababli ham havoda toblash mumkin bo'ladi.

Magniy qotishmalarida olingan ko'pgina quymalarda yoki issiqalayin bosim ostida ishlanganda, havoda sovutilsa toblash jarayoni o'tadi, shuning uchun ham qo'shimcha qayta qizdirish talab etilmagan holda sun'iy eskirtirish o'tganday bo'lib, mustahkamlik ortadi. Gomogenlash va toblash o'tkazish uchun 380...540°C (T_4) va so'ngra eskirtirish o'tkazish uchun 150...200°C (T_6) ga qizdirish kerak bo'ladi.

Eskirtirish natijasida magniy qotishmalarini mustahkamligini atigi 20...35 foizga oshirish mumkin. Plastikligi esa sezilarli darajada kamayadi, shuning uchun ba'zida faqat, mexanik xossalarni yaxshilaydigan gomogenlash va toblashning o'zi bilan chegaralanadi.

4.4-jadvalda magniy qotishmalari tarkibi, mexanik xossalari hamda qo'llash sohasida misollar keltirilgan.

**Magniy qotishmalarining tarkib, mexanik xossalari
hamda qo'llash sohasida misollar**

Magniy tamg'asi	Elementlar miqdori,%				Termik ishlash turi	Mexanik xossalar			Qo'llash sohasi
	Al	Zn	Mn	Boshqa elementlar		σ_v	$\sigma_{0,2}$	$\delta, \%$	
						MPa			
Quyma qotishmalar									
MJI5	7,5...	0,5...	0,15	-	T4 (gomogenlashtirish va havoda toblash)	226	85	5	Ichdan yonish mashinalarining tafsilotlari (karter, tezliklar qutisi, yog'pompalari va h.k).
MJI6	9,6	1,6	0,15	-	T6(gomogenlashtirish, havoda toblash va eskirtirish).	216	137	1	tormoz nog'oralari, shturvallar, kronshteynlar, o'lchov asboblari apparatura va g'iloflar va h.k.
MJI10	-	0,1...0,7	-	0,4...1,0 Zn	T 6	230	140	3	Geometrik o'lchov barqarorligi va yuqori germetikani talab etadigan tashqi buyumlar (ichdan yonish mashinalari tafsilotlari, o'lchov asboblari qismlari)
MJI12	-	4.....	-	0,6....1,0 Zn	T1 eskirtirish	225	130	5	Yuk ta'siridagi mashina tafsilotlari (temir izdan chiqib ketmaydigan gardishli metall g'ildiraklar, g'ildirak nog'oralar va h.k.)
Deformasiyalanadigan qotishmalar									
MA1	-	-	1,3...2,5	-	-	190..220	120...140	5...10	Payvandlanadigan buyumlar, armaturalar, benzin va yog' bilan ta'minlash tizimlari kabi yuk ko'tarmaydigan tafsilotlar
MA2	3,8...4,0	0,8...0,5	0,3...0,7	-	270	270..330	160...230	8...20	Panellar, murakkab shakldor shtamplanadigan va payvandlanadigan tafsilotlar
MA14	-	5...6	-	0,2...0,9 Zn	T5 (sun'iy)	320..340	220...290	6...14	Yuqori yuklanishda ishlaydigan buyumlar

Quymalar olishda ko'proq yuqori mexanik va texnologik xossalarga ega bo'lgan MJI5, MJI6 qotishmalari keng qo'llaniladi. Bu qotishmalardan buyumlar

tayyorlanadi. Lekin MJ15 ga qaraganda M6 ning suyuq holda oquvchanlik xususiyati yaxshiroq.

Bu qotishmalarning gomogenlash usuli bilan mexanik xossalarini ko'tarish mumkin. Buning uchun qotishmani 420°C qizdirib, shu haroratda 12...14 soat ushlab turiladi va MJ6 uchun 190°C da 4...5 soat ushlab eskirtirib berish kerak (T6). MJ10 olovbardosh qotishma bo'lib, 300°C harorat atrofidagi sharoitda ishlaydigan buyumlar tayyorlanadi. Bunday qotishma gomogenlangandan keyin 593°C ga qizdirib toblanadi va so'ngra 200°C qizdirib (12. . .16 soat) sun'iy eskirtiraladi (T6)

MJ12 yaxshi mexanik xususiyatlarga ega bo'lish bilan birgalikda yaxshi korroziyabardosh va qo'shish xususiyatlariga egadir. Termik ishlash (T6) natijasida uning xossalarini yanada oshirish mumkin. Quyma magniy qotishmaning donachalari qancha mayda bo'lsa, mexanik xossalari yaxshi bo'ladi. masalan, alyuminiyli qotishmaning donachalarini maydalash uchun o'ta qizdirish zarur yoki 1% gacha mel, ayrim holda magnezit qo'shib legirlash kerak. Bunda suyuqlikda erishi qiyin bo'lgan, qattiq eritmaning kristallanish uchun tayyor markaz rolini bajaruvchi zarrachalar (Al_3Fe , Al_4C_3) hosil bo'ladi.

Magniy qotishmalarini eritishda va quymalar olishda qotishma yonib ketmasligi uchun zarur choralar ko'rish kerak. Buning uchun qotishma temir qozon (tigel)da eritilib, eritma flyus (ko'pik) ostida bo'lishi kerak, quyish vaqtida esa oqib tushayotgan suyuqlik ustiga oltingugurt kukuni sepilsa, hosil bo'layotgan oltingugurt gazi uni yonishdan saqlaydi. Qum tuproqli qoliplarga quyilayotganda oksidlanishni kamaytirish uchun qum tuproq tarkibiga maxsus qo'shimcha, masalan alyuminiyning ftorli tuzi qo'shiladi.

Deformatsiyalanadigan magniy qotishmalari. Deformatsiyalanadigan qotishmalarni jo'valashda, tunuka, shakldor buyumlar olishda, pokovka va shtamplashda issiqlayin plastik deformatsiyalanadi. Gap shundaki, magniy qotishmalarining kristall tuzilishi geksogonal panjaraga ega bo'lib, past haroratda mustahkamligi kam, chunki siljish faqat bazis tekisligidagi (0001) yuzalar bo'yicha bo'ladi. Agar qotishmalarni 200...300 $^{\circ}\text{C}$ ga qizdirib bosim ostida ishlansa, qo'shimcha ravishda siljish yuzalari (1011) va (1120) paydo bo'ladi, natijada plastiklik ortadi. Shu sababli qotishmalarni yuqori haroratda bosim ostida ishlanadi. Lekin deformatsiya tezligi qancha kam bo'lsa, magniy qotishmalarining texnologik plastikligi shuncha yuqori bo'ladi. Qotishma tarkibiga qarab, masalan presslashni 300...480 $^{\circ}\text{C}$, jo'valashni esa 340...440 $^{\circ}\text{C}$ da boshlab 220...250 $^{\circ}\text{C}$ da tamomlash kerak. Shtamplash yopiq shtamplashlarda o'tkazilib, qotishmani 280...480 $^{\circ}\text{C}$ ga qizdirish kerak. Lekin bunda mexanik xossalarning katta anizotropiyasiga ega bo'linadi. Sovuqlayin plastik deformatsiyalashda esa ko'plab oraliq rekristallizatsion yumshatish o'tkazishga to'g'ri keladi.

Deformatsiyalanadigan magniy qotishmalari (4.4-jadval) ichida MAI yuqori texnologik plastiklikka ega, yaxshi payvandlanadi va korroziyabardoshdir. Lekin mexanik xossalari bo'yicha mustahkamligi kam qotishmalar qatoriga kiradi. Bu qotishmaga qo'shimcha ravishda 0,2% Ge (MA8) qo'shilsa, mayda donadorlikka ega bo'ladi, mexanik xossalar ham oshadi, sovuq deformatsiyalash mumkin bo'ladi. MA2-1 qotishma Mg-Al-Zn turkumiga kirib yuqori mexanik xossalarga ega, yaxshi payvandlanadi. Lekin jo'valash va list shtamplash oson bo'lgan holda kuchlanish holatida korroziyalanishga moyilligi bor.

MA14 qotishma ham yuqori mexanik xossaga ega bo'lib, 250⁰ C dan pastda olovbardosh hisoblanadi va kuchlanish holatida korroziyaga moyilligi yo'q (korroziyabardosh). Lekin issiqdayin jo'valashda darzlar hosil bo'lishi mumkin. Qotishmani 160...170⁰C qizdirib eskirtirish (T5) orqali xossalarini yaxshilash mumkin. Birlamchi toblashni presslash haroratida havoda sovitish mumkin. Korroziyaga bardoshligi kam bo'lganligi uchun magniy qotishmalaridan tayyorlangan buyumlarning usti qismi oksid qatlami bilan qoplanadi. Oksidlangan qatlam yuzasi polimer bo'yoq bilan qoplanadi.

4.4. Mis va uning qotishmalari. Latunlar, ularning markalanishi, xossalari va qo'llanilishi.

Umuman olganda, misning issiqlik va elektr o'tkazuvchanligi, plastikligi, korroziyabardoshliligi uning eng muhim xususiyatlari hisoblanadi. Toza misning texnologik xususiyatlari (quyish xususiyatlari, kesib ishlanish xossalari) va mustahkamligi yaxshi emas. Shu kamchiliklarni yo'qotish va misning maxsus xossalarini hosil qilish maqsadida mis, rux, qalay, qo'rg'oshin va shunga o'xshash boshqa elementlar bilan legirlanadi. Mis qotishmalaridan eng muhimi latun va bronzalardir. Ayniqsa, tompak latunlari va maxsus bronzalar- melxiorlar, reyzilberlar, kuniallar, kopellar muhim ahamiyatga ega. Latun va bronzalar korroziyabardoshligi yuqori bo'lgan mashina vositalari hamda ishqalanish juftlarini tayyorlashda muhim mashinasozlik materiali hisoblanadi.

Toza mis va o'zga qo'shimchalarning ta'siri. Misning suyuqlanish harorati 1083⁰C ga teng. Uning kristall katakchasi yoqlari markazlashgan kub shakliga ega bo'lib, uning yoqlari o'lchami 0,36074 nm ni tashkil qiladi. Mis og'ir metall bo'lib, zichligi 8,94 g/sm³ ga teng. Misning elektr o'tkazuvchanligi 100% (solishtirma namuna) deb qabul qilinib, bu qiymat boshqa metallar uchun etalon hisoblanadi. Toza mis tarkibidagi qo'shimchalarning miqdoriga qarab, mis MOO (99,99%Cu), MJI (99,95% Cu), M0 (99,9% Cu), M2 (99,7% Cu), M3(99,5%Cu) va M4 (99,0%Cu) deb tamg'alanadi. Mis tarkibidagi o'zga qo'shimchalarning miqdori

misning elektr xossalariga katta ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun ham qo'shimchalarning miqdori tamg'alash prinsipining asosini tashkil qiladi.

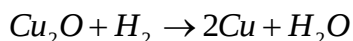
Mis va uning asosidagi qotishmalar muhim texnik ahamiyatga ega bo'lgan materiallardir. Oltingugurtli ruda, mis kolchedani va boshqa rudalar toza misning tabiiy manbai hisoblanadi. Misning xususiyatlari o'zga tabiiy qo'shimchalarning turi va miqдорiga bog'liq. Misdagi o'zga qo'shimchalar uning sovuq va issiq holda deformasiyalanishi va kesib ishlash xususiyatlarini yaxshilashi, mustahkamligini oshirib, korroziyaga qarshiligini kamaytirish mumkin.

O'zga qo'shimchalarning mis xossalariga ta'sirini hisobga olgan holda ikki sinfga ajratish mumkin:

1) Qattiq eritmalar hosil qiladigan qo'shimchalar: Ni, Zn, Sb, Sn, Al, As, Fe, P kabi elementlar. Bunday qo'shimchalar birinchi navbatda mustahkamlikni oshiradi, lekin issiqlik va elektr o'tkazuvchanlikni (ayniqsa S_B va A_S elementlar) keskin kamaytiradi. Shuning uchun elektr o'tkazuvchan materiallar (MO, M1) da $S_B \leq 0,002 \%$ va $A_S \leq 0,002 \%$ bo'lishi kerak. Bundan tashqari surma ham zararli element hisoblanib, issiqlayin bosim ostida ishlashni yomonlashtiradi;

2) Misda mutlaq eritmaydigan qo'shimcha elementlarga qo'rg'oshin, vismut va boshqalar kiradi. Bu elementlar donacha chegaralarida joylashib, oson eriydigan evtektik mexanik aralashmani hosil qiladi. Shuning uchun ular issiqlayin bosim ostida ishlashni yomonlashtiradi.

Mis tarkibidagi vismutning miqdori juda kam (**Q 0,005%**) bo'lsa ham, metall issiqlayin bosim ostida ishlanganda sochilib ketadi, ya'ni mo'rtlashib qoladi. Vismutning miqdori oshirilsa, sovuq holda ham mo'rtligi ortadi. Lekin misda erimaydigan elementlar uning elektr o'tkazuvchanligiga uncha ta'sir ko'rsatmaydi. Misning kislorod va oltingugurtli birikmalari (Cu_2O , Cu_2S) evtektik mexanik aralashma tarkibiga kiradi. Lekin ular ham elektr o'tkazuvchanlikka kam ta'sir ko'rsatadi. Oltingugurt sovuq holda mo'rtlikni oshirsa ham kesib ishlash xususiyatini yaxshilaydi. Ayniqsa, kislorod misning xossalariga yomon ta'sir qiladi. Agar mis tarkibida kislorod bo'lsa, mis chala oksid (Cu_2O) hosil bo'ladi. **Bu vodorod kasalligini** keltirib chiqaradi. Mis $400^\circ C$ dan yuqoriroq haroratda vodorodli muhitda qizdirilsa, vodorod namunaning ichida diffuziyanadi va Cu_2O bilan o'zaro ta'sirlashib, suv bug'ini hosil qiladi:



Natijada ichki kuchlar vujudga keladi va ba'zi joylarda darzlar hosil bo'lishi mumkin. Bu metallni muddatidan ilgari yemirilishiga olib keladi.

Mis yaxshi korroziyabardosh material hisoblanadi, havo, oqar suv va dengiz suvlari hamda shunga o'xshash tajovuzkor muhitlar ta'siriga barqaror, lekin ammiak va oltingugurt gazlari ta'sirida korroziyaga qarshiligi yo'qdir.

Quyma misning mexanik xossalari uncha yuqori emas: $\sigma_b = 220...240$ MPa, $\sigma_b = 70...95$ MPa, $\delta = 45...50\%$.

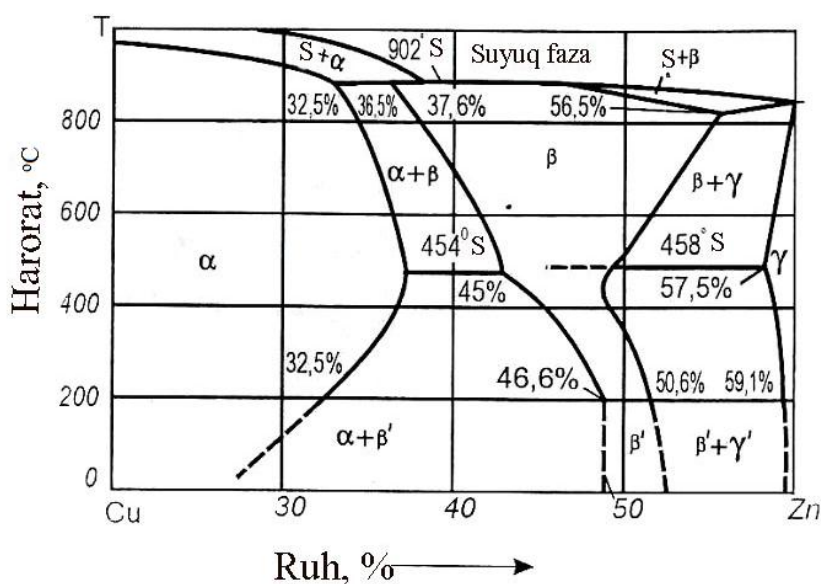
Plastik deformasiya natijasida misning mustahkamligi oshadi: $\sigma = 400$ MPa, $\sigma_{0,2} \leq 340$ MPa. $\delta \leq 45\%$. Sovuq holda plastik deformasiyalash va so'ngra rekristallash kabi bir necha marta termik ishlovni takrorlash usuli bilan (masalan, sim olishda) mustahkamlikni (σ_b) 450 MPa ga yetkazish mumkin, lekin bunda plastiklik kamayadi ($\delta \leq 8\%$).

Misni legirlash usuli bilan uning mustahkamligini, texnologik xossalarini, antifriksion va boshqa maxsus xususiyatlarini boshqarish mumkin. Shu maqsadlarda rux, qalay, alyuminiy, kremniy, berilliy, marganes, nikel kabi elementlar ko'proq qo'llaniladi.

Mashinasozlikda keng qo'llanilayotgan mis qotishmalari jez (latun) va bronzalar hamda mis-nikel qotishmalari muhim ahamiyatga ega. Ularni texnologik xususiyatlari bo'yicha quyma va deformasiyalanadigan qotishmalar, termik ishlash natijasida mustahkamligi oshadigan va oshmaydigan qotishmalarga ajratish mumkin.

Mis qotishmalarida rux asosiy legirlovchi element bo'lsa, bunday qotishmalar jez (latun)lar deb ataladi. Qotishmada legirlovchi element sifatida qalay, alyuminiy, berilliy, kremniy, qo'rg'oshin kabi ko'p elementlar ishlatilsa, bunday qotishmalar bronzalar deb ataladi. Lekin bronzalarda ham rux bo'lishi mumkin, lekin u qo'shimcha legirlovchi element hisoblanadi.

Jez (latun)lar va ularning xossalari. Jezlar yuqori mexanik va texnologik xususiyatlarga ega bo'lgan muhim mashinasozlik materialidir. Jezlarning struktura tuzilishlarini Cu-Zn diagrammada ko'rish mumkin (4.4-rasm).



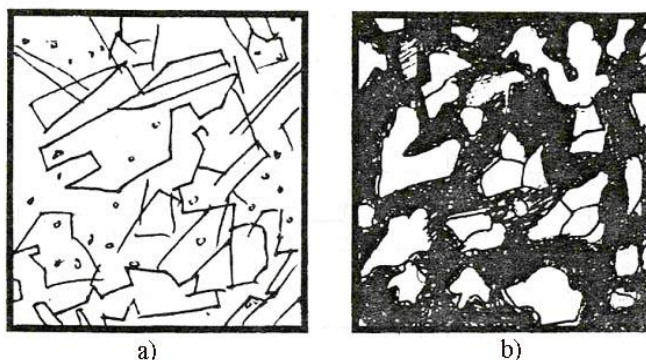
4.4-rasm. Mis-rux tizimining holat diagrammasi.

Rux misda 39% gacha erib, bir xil tarkibli α -qattiq eritmani hosil qiladi. Demak, jezlar qattiq eritma bo'lib, yaxshi plastiklikka ega.

Mis rux bilan α -qattiq eritmada tashqari bir qator β -, γ -kabi fazalarni hosil qiladi. Lekin amaliyotda qo'llaniladigan jez strukturasi ko'pincha bir fazali α -qattiq eritmada yoki $(\alpha + \beta)$ fazadan iborat bo'ladi (4.4-rasm).

Yuqori haroratda β -faza (CuZn) ning elementar kristall panjarasida Zn atomlari tartibsiz joylashgan bo'ladi. 454...468⁰C dan kichik haroratda atomlarning joylashish tartibi o'zgaradi, ya'ni CuZn kristall panjara asosida tartibli singdirish qattiq eritmasi hosil bo'ladi, natijada plastiklik kamayadi. Bunday faza β' deb belgilanadi. Qattiq eritma yuqorida ko'rsatilgan haroratdan boshlab sovitilsa, ruxning misda erishi ham kamayadi.

β -faza paydo bo'lishi bilan plastiklik kamayadi va qotishmadagi ruxning miqdori 45% ga yetgunga mustahkamlik oshib boraveradi. Rux miqdori undan oshsa, qotishmaning mo'rtligi oshib, mustahkamligi keskin kamayadi. Shuning uchun texnikada qo'llaniladigan jezlarda ruxning miqdori 45...50% dan oshmaydi.



4.5-rasm. Bir fazali α -latun (a) va ikki fazali $\alpha + \gamma$ -latun (b)larning mikrotuzilishi.

Bir fazali α -latunlar issiq va sovuq holda plastik deformasiyalanadi. Ikki fazali $(\alpha + \beta')$ jezlar sovuq holda uncha plastik emas, ular issiq holda plastik deformasiyalanadi, buning uchun qotishmani qizdirish harorati $(\alpha + \beta)$ -faza hosil bo'lguncha oshirilishi kerak. $(\alpha + \beta)$ jezlarning mustahkamligi α -jeznikidan katta, ishqalanib yemirilishga esa chidamli, plastikligi kamdir.

Ikki fazali jezlarning xossalarini yanada yaxshilash uchun ular qo'shimcha Al, Fe, Ni, Sn, Mn, Pb va boshqa elementlar bilan legirlanadi. Bunday jezlar maxsus yoki murakkab tarkibli materiallar hisoblanadi. Jezlarga qo'shimcha legirlovchi elementlar qo'shilsa (bundan nikel mustasno), ruxning misda erishi kamayadi hamda β -fazaning vujudga kelishi osonlashadi. Nikel ruxning misda erishi ko'paytiradi. Agar nikel qotishmada yetarli darajada bo'lsa, strukturada $(\alpha + \beta')$ o'rniga bir tarkibli qattiq eritma hosil bo'ladi. Legirlovchi elementlar

mustahkamlikni oshiradi, lekin plastiklikni kamaytiradi(qo'rg'oshin bundan mustasno).

Qo'rg'oshin jezlarni kesib ishlashni osonlashtiradi, ularning antifriksion xossalarini yaxshilaydi. Qo'rg'oshinni bir fazali yoki fazali jezlarga ham qo'shish mumkin. Lekin qo'rg'oshin $\alpha \rightarrow \beta$ polimorf o'zgarishga ega. Jezlarda esa bunday o'zgarish ro'y bermaydi. Bunday limorf o'zgarish natijasida qo'rg'oshin alohida kristallanib, mis yoki jez donachalarining (chegaralarida emas) o'rtasiga joylashadi. Shuning uchun qo'rg'oshin qotishmaning kesib ishlash xususiyatlarini yaxshilaydi, lekin bosim ostida ishlashi yomonlashtiradi. Uning korroziyabardoshligini oshirish uchun qo'shimcha ravishda Al, Zn, Si, Ni elementlar qo'shiladi.

Tarkibida 20% dan ko'p rux bo'lgan jezlardan plastik deformasiya usuli bilan olingan mahsulotlar suv, kislorod yoki ammiak muhitida tez korroziyalanadi va darzlar hosil qiladi. Ana shu darzlarning kengayishini oldini olish uchun bunday mahsulotlar 250...300⁰C da qizdirilib, termik ishlov berish bilan yumshatiladi. Jez (latun)lar JI harfi va mis miqdorini bildiruvchi sonlar bilan tamg'alanadi (JI85, JI90, JI96). Masalan, L90 va 90% mis bo'lib, qolgan 10% ini rux tashkil qiladi.

Qotishma tarkibidagi ruxning miqdori 10% dan kam bo'lsa, bu qotishma tompak, ruxning miqdori 10...20% orasida bo'lsa, u material yarim tompak material deyiladi. Bunday qotishmalar yuqori plastiklik hamda issiqlik o'tkazuvchanlikka ega bo'lib, korroziyabardoshliligi ham yaxshi. Tarkibidagi ruxning miqdori ko'payib borgan sari latunlar arzonlashib boradi (JI59, JI62). Bunday qotishmalar bir qator yaxshi xususiyatlarga ega, ularning mustahkamligi yuqori, kesib ishlanadi, lekin korroziyaga qarshiligi kam.

Ko'p elementli murakkab legirlangan latunlarda JI harfidan keyin degirlovchi elementlar ruscha nomlarining bosh harfi, so'ngra % miqdorlarini ko'rsatadigan sonlar qo'yiladi (JIK60-1-1, JIMCA57-3-1, JIO60-1, JIK80-3L va hokazo). Masalan, JIAHKMC75-2-2,5-0,5-0,5, ya'ni bunday latun tarkibida 75% mis, 2,0% alyuminiy, 2,5% nikel, 0,5% kremniy va 0,5% marganes bor.

Texnologik ko'rsatkichlarga ko'ra latunlar deformasiyalanadigan va quyma olish uchun mo'ljallangan (JIK 80-3) bo'lishi mumkin.

Alyuminiyli latunlarning mexanik xossalari va korroziyabardoshliligi yaxshi. Deformasiyalanadigan qotishmalarda 40% gacha, quyma qotishmalarda esa 7% gacha alyuminiy bo'ladi. Bundaylarga misol qilib, quyidagi qotishmalarni ko'rsatish mumkin: JIA85-0,5, JIA77-2, JIAMC77-2,05.

Kremniyli qotishmalar dengiz suvi va ochiq havo ta'sirida korroziyalanmaydi. Agar tarkibida kremniy 3 % dan oshmasa, qotishma plastiklik va yuqori mexanik xossaga ega, lekin kremniy miqdori 4% dan oshsa, uning qattiqligi oshib, plastikligi kamayadi. Mashinasozlikda JIK80-3, JIKC65-1,5-3 kabi latunlar ko'p ishlatiladi.

Kemasozlikda ko'proq marganes bilan legirlovchi latunlar ishlatiladi: JIM58-2, JIM57-3. Bunday qotishmalar sovuq va issiq holda bosim ostida yaxshi deformasiyalanadi, mexanik xossalari yaxshi hamda suv bug'i va dengiz suvi kabi tajovuzkor muhitga chidaydi.

Nikelli jezlar yaxshi mexanik xossaga ega, issiq va sovuq holda yaxshi deformasiyalanadi. Mashinasozlikda latunlarning JIH65-5 va boshqa turlari ko'p ishlatiladi. Qalayli latunlar tajovuzkor muhitda yaxshi ishlaydi, shuning uchun kemasozlikda ko'proq JIO90-1, JIO70-1, JIO62-1 latunlar ishlatiladi. Ular yaxshi kesib ishlanishi bilan birgalikda yetarli darajada antifriksion xususiyatlarga ham ega. Bunday xususiyatlar qo'rg'oshinli latunlarda yaxshi namoyon bo'ladi. Ularga JIC63-3, JIC74-3, JIC60-1 larni misol qilib ko'rsatish mumkin.

4.5. Bronza. Deformatsiyalanadigan va quyma bronzalar, ularning markalanishi, xossalari va qo'llanilishi.

Bronzalar. Asosiy ta'sir qiluvchi legirlovchi elementga qarab bronzalar shartli ravishda quyidagi turlarga bo'linadi: qalayli, alyuminiyli, berilliyli, qo'rg'oshinli va hokazo bronzalar. Lekin ularni ikki asosiy sinfga, ya'ni qalayli va maxsus (qalaysiz) bronzalarga bo'lish ancha qulaylikka ega.

Qalayli bronzalar juda yaxshi antifriksion xususiyatga ega, ishqalanish natijasida qizib ketmaydi, sovuqqa ham yaxshi chidaydi. Quyma zagotovkalarning kristallanishida g'ovaklar, mayda teshikchalarning hosil bo'lishi bronzalarning muhim kamchiligi hisoblanadi. Ularning suyuq holdagi oquvchanligi ham emas, likvidus va solidus chiziqlarining harorat oraligi juda kichik bo'lgani uchun suyuq massa tezda qotib qoladi.

Mis-qalay tizimi holat diagrammasida qalayning misdan qattiq eritmasi (α -faza) va bir qator oraliq fazalar hosil bo'ladi. Real sharoitda bronza strukturasi (α -qattiq eritma bilan ($\text{Si}_{21}\text{Sn}_8$) oraliq fazadan iborat bo'ladi. Texnika amaliyotida qo'llaniladigan bronzalarning tarkibidagi qalay miqdori 10...12% dan oshmaydi. Chunki qalayning miqdori bundan oshsa, bronza juda mo'rt bo'lib qoladi. Bronzalar tez sovitilganda uning strukturasi yirik, qo'pol dendritlardan iborat bo'ladi.

Qalayli bronzalar qo'shimcha ravishda rux, qo'rg'oshin, nikel, fosfor bilan legirlanadi (БрОТЦЧ 3-7-5-1 , БрОФ6,5-1,5 va hokazo). Bu elementlar bronzaning qo'shimcha ravishda mexanik va texnologik xossalarini yaxshilaydi. Masalan, nikel ularning korroziyabardoshlilikini oshiradi, fosfor esa kristallanish jarayoniga ta'sir etishdan tashqari antifriksion xossalarini yaxshilaydi. Qo'rg'oshin bronzaning mexanik xossalarini biroz kamaytiradi, zichligini oshiradi, antifriksion xossalarini yaxshilaydi, kesib ishlashni osonlashtiradi. Rux ham bronzalarning

texnologik xossalarini yaxshilaydi. Qayta ishlash texnologiyasiga ko'ra bronzalar deformasiyalanadigan va quyma bronzalarga bo'linadi (4.5-jadval).

4.5-jadval

Deformasiyalanadigan va quyma bronzalarning mexanik xossalari va qo'llash sohasi

Bronza tamzasi	σ_b, MPa	$\delta, \%$	Qo'llash sohasi
Deformasiyalanadigan bronzalar (GOST 5017-74) Yumshatilgan va qavs ichida bosim ostida ishlangan			
БрОФ 6,5-0,15	400 (750)	65 (10)	Prujinalar, barometr qutisi, membranalar, antifriksion buyumlar.
БрОТC4-3	330 (550)	40 (4)	Yassi va aylana prujinalar.
БрОТCС4-4-2,5	350 (650)	35 (2)	Antifriksion buyumlar.
Quyma bronza 613-79 GOST qum tuproqqa qo'yilgan quymalar			
БрОТCС3-12-5	200 (170)	5 (8)	Armaturalar, (chiviq, siniqlar).
БрОТCС5 -5-5	175 (150)	(6)	Antifriksion buyumlar, podshipnik vkladishishi (almashinuvchi qismlar), armaturalar.
БрОТCС4-4-17	150 (150)	12 (5)	Antifriksion buyumlar, (vtulkalar, podshipniklar, almashinuvchi qismlar, chervyaz

Deformasiyalanadigan bronzalardagi (5017-70GOST) qalayning miqdori 8% dan kam bo'ladi (БрОФ6, 5-0,15, БрОТC4-3, БрОТCС4-4-2,5). Bunday bronzalardan murakkab shakldagi buyumlar, hatto prujinalar ham tayyorlanadi. Quyma bronzalar (613-79 GOST) dagi qalayning miqdori 6% ga teng, yoki undan kam bo'ladi. Bunday bronzalar yuqori antifriksion xossalarga va yetarli darajada mustahkamlikka ega; ulardan armaturalar hamda ishqalanish juftlari tayyorlanadi (БрОТCС4-4-2,5; БрОТCСH3-7-5-1, БрОТCС4-4-17).

Maxsus bronzalar mashinasozlik materiallari sifatida ishlatiladi. Bunday bronzalarning tarkibida alyuminiy, nikel, kremniy, temir, berilliy, xrom, qo'rg'oshin va boshqa elementlar bo'ladi, ya'ni ular murakkab tarkibga ega. Bronzalarda qaysi element muhim legirlovchi element bo'lsa, bronza shu element nomi bilan ataladi. Bunday bronzalar ichida alyuminiyli bronzalar (БрАЖ9-4, БрАЖH10-4-4 va hokazo) eng ko'p tarqalgan bo'lib, yuqori mexanik xossalarga ega, ularning antifriksion va korroziyabardoshlilik xossalari ham yaxshi. Alyuminiyli bronzalarning cho'kma hosil qilish xususiyatlarini kamaytirish hamda oksidlanish va gaz pufaklarini hosil qilish xususiyatlarini kamaytirish maqsadida ular temir, nikel, marganes bilan qo'shimcha legirlanadi (БрАЖMC 10-3-2). Ular quyma yoki deformasiyalangan har xil shakldagi yarimfabrikat holda chiqariladi.

Bunday bronzalar harorat ta'siri ostida ishqalanish natijasida yeyiladigan, asosan, javobgarligi katta bo'lgan mashina vositalarini tayyorlashda ishlatiladi (4.6-jadval).

4.6-jadval

Qalaysiz bronzalarning mexanik xossalari va qo'llash cohasi

Bronza tamg'asi	σ_b, MPa	$\delta, \%$	HB	Qo'llash cohasi
Alyuminiy bronzalar				
БрАЖ9-4	600	40	110	Bosim ostida ishlanganadigan buyumlar (chiviqlar, quvurlar, listlar)
БрАЖН 10-4-4	650	35	150	
БрАЖ9-3Л	490 (392)	12 (10)	98 (98)	Armatura, antifriksion buyumlar
БрЖМC10-3-2 (qavs ichida qumtuproqqa quyilgan.qavsga olishmagani metall qolipga quyilgani)	490 (392)	12 (10)	117 (98)	
Kremniyli bronzalar				
БрКМC3-1	380	35	80	Chiviqlar, tasmalar, prujinalar uchun simlar
Berilliyli bronzalar				
БрВ2 (toblab eskirtirish o'tkazilgan)	500	(950) 45 1...2	100(250)	Endi tasmalar, chiviqlar, simlar.
Qo'rg'oshinli bronzalar				
Бр30	600	4	24,5	Antifriksion buyumlar.

Kremniy bronza (БрКМC3-1) korroziyabardosh va antifriksion xossalarga ega bo'lish bilan bir qatorda elastiklik xususiyatlariga ham ega. Kremniy misda erib, α -qattiq eritmani hosil qiladi, u bosim ostida yaxshi ishlanadi, ya'ni yuqori plastiklikka ega. Texnologik hamda ishlash xususiyatlarini oshirish maqsadida bunday bronzalar boshqa elementlar bilan ham legirlanadi: sink quyish xossalarini yaxshilaydi, marganes va nikel esa mustahkamlik, korroziyabardoshlilikni oshirish bilan bir qatorda antifriksion va kesib ishlash xossalarini ham yaxshilaydi. Ko'pincha kremniy bronzalar qalayli bronzalar o'rnida antifriksion vositalarni, prujinalar, asbob va uskunalarining membranalarini tayyorlashda ko'p qo'llaniladi.

Qo'rg'oshinli bronzalar ko'proq ishqalanish juftlarini tayyorlashda ishlatiladi (БрC30). Yuqorida aytganimizdek, qo'rg'oshin misda erimaydi. Shuning uchun struktura mis va qo'rg'oshin kristallaridan iborat bo'ladi. Bunday struktura esa yuqori antifriksion xususiyatlarga ega bo'lib, issiqlikni yaxshi tarqatadi. Shuning

uchun bunday bronzalardan yuqori tezlikda katta kuch ta'sirida ishqalanib ishlaydigan mashina vositalari tayyorlanadi.

Masalan, БрС30 dan tayyorlangan ishqalanish juftining qalayli bronza БрОТСС4-4-2,5 ga qaraganda issiqlik o'tkazuvchanligi 4 barobar katta. Bunday qotishmalarning mexanik xossalari va korroziyabardoshliligi oshirish maqsadida ular nikel va qalay bilan qo'shimcha legirlanadi.

Berilliyli bronzalar (БрВ2) ham muhim antifriksion xususiyatlarga ega, ular katta kuchlanish va tezlikda ishlaydigan mashina vositalarini tayyorlashda ishlatiladi. Bunday qotishmalarning alohida xususiyatlaridan biri issiqbardoshligidir, ular 800⁰С gacha o'z xususiyatlarini yo'qotmasdan ishlay oladi.

Bronzalarning narxini pasaytirish maqsadida ular marganes, titan, kabalt va hokazo elementlar bilan legirlanadi.

4-bob bo'yicha umumiy nazorat savollari:

1. Alyuminiy haqida nimalar bilasiz?
2. Alyuminiyning asosan qanday qotishmalari mavjud?
3. Duralyuminiy nima va uning tarkibi qanday?
4. Alyuminuy ishlatilish joylariga ko'ra nechi guruhga bo'linadi?
5. Mis xaqida nimalarni bilasiz?
6. Latun nima?
7. Bronzaning qanday turlari mavjud va ular qanday markalanadi?
8. Latunning ishlatilish joylarini ko'rsating.
9. Magniy va uning qanday qotishmalarini bilasiz?
10. Titan qanday xossalarga ega?
11. Magniy qayerlarda ishlatiladi?
12. Qo'rg'oshin (Pb) haqida qanday ma'lumotlarga egasiz?
13. Rux(Zn) metali qanday maqsadlarda ishlatiladi?

5 BOB. KOMPOZITSION MATERIALLAR

5.1. Yangi metall materiallar. Kompozitsion materiallar. Kompozitsion materiallarning turlari. Tolali kompozitsion materiallar.

Yangi metal materiallardan biri bo'lgan qattiq qotishma BK6-po'lat40XHMJI kompozitsiyasini termik ishlangandan keyingi mikrostrukturasini va xossalari. Kompozitsiyani ko'ndalang kesimi bo'yicha rentgen faza tahlili (5.1-jadval) Su-Ni asosidagi qotishmaning qattiq qotishma bilan aktiv ta'sirda bo'lishini ko'rsatdi.

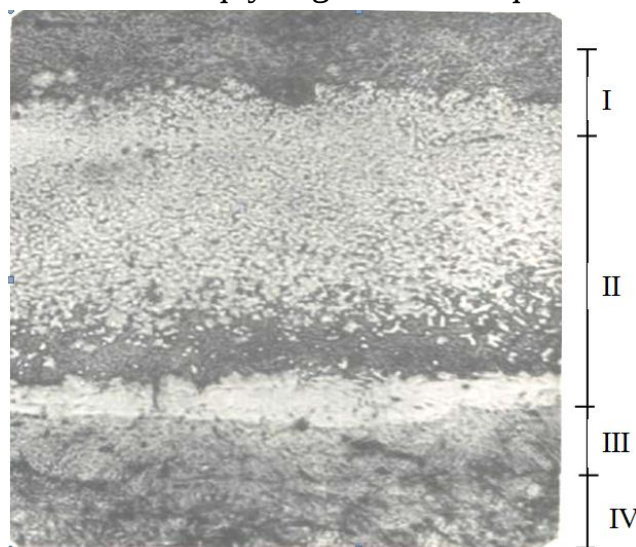
5.1-jadval.

Qattiq qotishma BK8-po'lat 40XHM kompozitini

Kompozitni tashkil etuvchilari rentgensotrukturavi	Kompozit tashkil etuvchilari	Rentgen nurlari nisbiy intensivligi					
		Faza tarkibi, %					
		α - Fe	γ -Fe	M ₆ C	Co	M ₃ C	WC
Qattiq qotishma	0,2	-	-	-	6,0	-	94
O'tish qatlami Su-Ni	0,1	-	40	3,6	4,5	-	51,9
	0,2	47,1	37	3,1	3	-	9,8
Po'lat40XHMJI	0,1	95,2	3,5	-	-	1,3	-

*O'tish qismi chegaralari metallografik tahlil orqali aniqlandi.

Kompozit mikrostrukturasini quyidagi xarakterli qismlardan iborat (5.1-rasm):



5.1-rasm. Qattiq qotishmaBK6-po'lat 40XHM kompozit mikrostrukturasini:

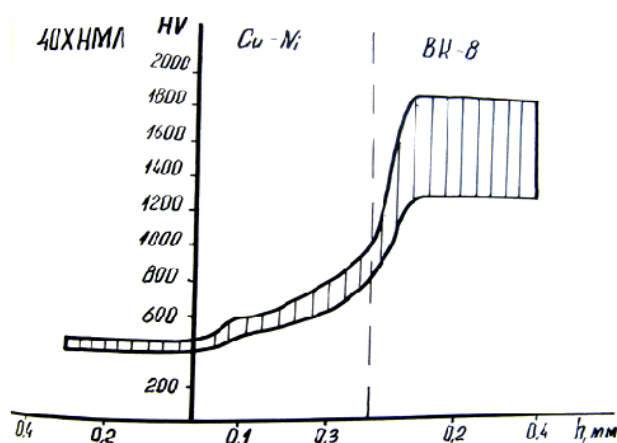
1-migratsiya qatlami; 2-o'tish qismi materialidan iborat qatlam;
3-qobiq; 4-uglerodga to'yingan qatlam, x150 kattalashtirilgan.

1-qism–qattiq qotishma tomonidan kimyoviy reaktivlar yuqori ta’sirlanuvchaligi va karbid fazalari o‘zaro masofalari uzunligi bilan xarakterlanadi;

2-qism–birikish qismi materiali asosida tashkil topgan bo‘lib, qobiq va ixtiyoriy shaklga ega austenit-karbid fazalaridan iborat. Birikish qismi qalinligi 0,15-2,0 mm;

3-qism – qalinligi 0,05 mmgacha bo‘lgan qobiq;

4-qism–penopolistirol gazlangani hisobiga hosil bo‘lgan uglerodga to‘yingan perlit-sementit strukturali qatlam evtektoidgacha bo‘lgan po‘latlar strukturasiga xos ferrit–perlit strukturasiga asta-sekin o‘tib boradi.



5.2-rasm. Qattiq qotishmaBK6-po‘lat 40XHM kompoziti ko‘ndalang kesimi bo‘yicha mikroqattqlik taqsimlanishi

Mikroqattqlikni o‘lchash kompozitning qattiq qotishma bilan chegara qismlarida qattiq qotishma mikroqattqligiga nisbatan birmuncha pasayganligiv (1600-1800 HV dan 600-1000 HVgacha) ko‘rsatdi. O‘tish qatlamida qattiq keskin pasayganligi 400 HV va qobiq qismida 300-400 HV gacha pasayganligi va konstruksion po‘lat qattqligiga tenglashganligi ko‘rinib turibdi 200-240 HV (5.2-rasm).

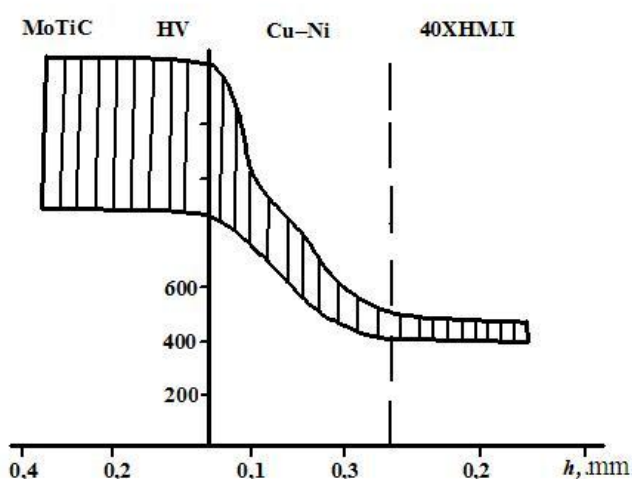
Molibden asosidagi MoTiC-po‘lat40X kompozitsiyasini termik ishlash rejimlari. Molibden asosidagi MoTiC-po‘lat40X kompozitsiyasini termik ishlashda molibden asosidagi qotishma strukturasida termik ishlov natijasida faza o‘zgarishlari sodir bo‘lmaydi. Shu sababli bu kompozitsiyani termik ishlash rejimlarini ishlab chiqishda asosiy maqsad etib kompozitsiyaning tana qismi mustahkamligini oshirish hamda ishchi qismda matritsa turg‘unligiga ijobiy ta’sir etadigan siquvchi qoldiq kuchlanishlarni paydo etish masalasini xal etish lozim bo‘ldi. Shu maqsadda molibden asosidagi MoTiC-po‘lat40X kompozitsiyasini termik ishlov berishning quyidagi rejimlari taklif etildi: shtamp 860°C temperaturaga 3 daqiqa qizdirildi va moyda toblandi. Matritsa 220°C haroratda 1 soat bo‘shatildi.

Molibden asosidagi MoTiC-po‘lat40X kompozitsiyasini termik ishlov berilgandan keyingi tarkibi, xossalari va strukturasi tahlili. Termik ishlov berilgandan keyin molibden asosidagi qotishma strukturasi o‘zgarishlar sodir bo‘lmadi. Kompozitsiyaning o‘tish qatlami va tana qismida sezilarli o‘zgarishlar yuz berdi.



5.3-rasm. Molibden asosidagi qotishma MoTiC-po‘lat stal 40X kompozitsiyasi termik ishlov berilgandan keyingi mikrostrukturasi. O‘tish qatlami materiali Su–Ni asosidagi sim. x100 kattalashtirilgan

Kompozitga termik ishlov berilgandan keyin tana qismi mikrostrukturasi bo‘shatilgan martensit paydo bo‘ladi (5.3-rasm). Kompozitsiya o‘tish qismi austenit-karbid qo‘shimchalari bilan perlit strukturasi hosil bo‘ladi. Bular hammasi kompozitsiyaning ko‘ndalang kesimi bo‘yicha mikroqattiqlikning taqsimlanish garfigida yaqqol ko‘rinib turibdi (5.4-rasm).



5.4-rasm. Molibden asosidagi MoTiS-po‘lat40X kompozitsiyasi termik ishlangan keyingi ko‘ndalang kesimi bo‘yicha mikroqattiqlikning taqsimlanishi

Keltirilgan raqamlardan ma‘lum bo‘ladiki molibden qotishmasining mikroqattiqligi o‘zgarmaydi. Mikroqattqlik kompozitsiyaning konstruksion po‘lat tomonidan 0,1 mm chuqurlikgacha mikroqattqlik 230-700 HV dan 530-800 NV

gacha, konstruktsion po‘lat mikroqattiqligi 180-220 HV dan 420-500 HV gacha oshadi. Kompozitsiya birikish mustahkamligi va quyilmaningda paydo bo‘lgan qoldiq ichki kuchlanishlar miqdoriga ta’siri maxsus namunalarda o‘rganildi (5.5 va 5.6-rasmlar).

Quyma bimetall kompozitsiyalar ishlash davomida asosiy xavf-bu kompozitsiya tana qismining quyilmaga nisbatan siljishidir. Shu sababli kompozitsiyalar ishlash muddalarini baholashda bosh kriteriy birikish mustahkamligi olindi. Tadqiqot natijalari 5.2-jadvalda keltirilgan. Keltirilgan tadqiqot natijalaridan ko‘rinib turibdiki birikish mustahkamligi presslash usulida olingan matritsalar 100–180 MPa, bimetall kompozitsiyalarda 200-240 MPa ni tashkil etdi. Bimetall kompozitsiyalarni termik ishlov berish orqali birikish mustahkamligini o‘rtacha 40 % oshiradi.

Molibden asosidagi qotishma MoTiC-po‘lat40X kompozitsiyasidan tayyorlangan shtamp ishchi qismida qoldiq ichki kuchlanish miqdorini tahlili. Olib borilgan ilmiy tadqiqotlar asosiy e’tibor quyilmaning matritsa tana qismida qoldiq kuchlanishlarni maksimal hosil etishga qaratildi. Ma’lumki quyilmada paydo bo‘ladigan qoldiq kuchlanishlar miqdori matritsaning ishlash muddatlarini oshirishga asosiy omil bo‘ladi. Shu maqsadda quyma tanadagi quyilmaning kuchlanganlik darajasini miqdorini aniqlash matritsani ishlash chiqarish usuli hamda matritsaga termik ishlov berilganga qadar va termik ishlov berilgandan keyin aniqlandi. Quyilmada xosil bo‘lgan qoldiq ichki kuchlanishlar miqdori 5.2-jadvalda berilgan.

5.2-jadval

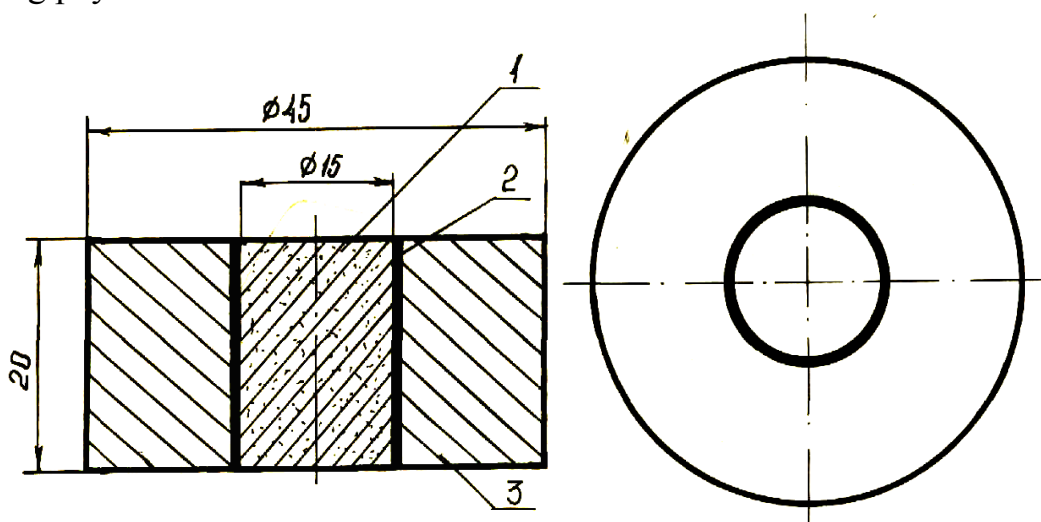
Termik ishlashdan oldingi va keyingi hamda ishlab chiqarish usuliga bog‘lik ravishda matritsa ishchi qismidagi qoldiq kuchlanishlar miqdori va statik mustahkamligini aniqlash bo‘yicha olingan tadqiqot natijalari

Shtamp turi	Ishlab chiqarish usuli	Termik ishlov rejimlari	Mustahkamlik σ_{cg} , MPa	Qoldiq ichki kuchlanish, MPa	Eslatma
O‘ta qattiq materiallarni (O‘QM) olishda ishlatiladigan matritsa	Presslash usulida	Termik ishlovsiz	100 - 120	80 - 100	N - tanlov soni n=6, ma’noga egalik qiymati $\alpha = 0,05$ teng bo‘lganda matematik kutilish o‘rta kvadratik qiymati
O‘QM olishda ishlatiladigan matritsa	Presslash usulida	Standart. termik ishlov	160 - 180	110 - 120	
O‘QM olishda ishlatiladigan matritsa	Quymaya	Termik ishlovsiz	200 - 240	180.- 240	
O‘QM olishda ishlatiladigan matritsa	Quymaya	Standart. termik ishlov	260 - 280	450 - 500	

Natijalardan ko‘rinib turibdiki presslash usulida olinganda uning miqdori 80-90 MPa ni tashkil etdi. Standart termik ishlov natijasida quyilmadagi qoldiq ichki kuchlanishlar miqdori 20 % oshdi

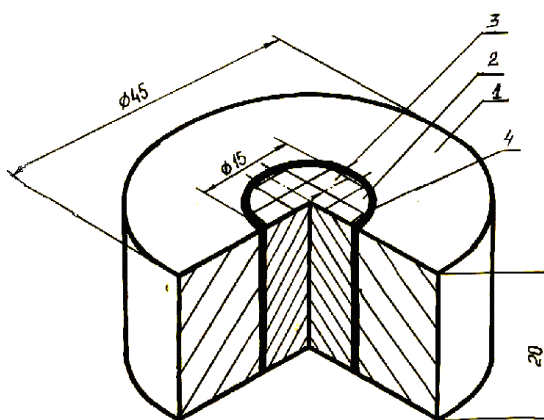
Quyma bimetall kompozitsiya quyilmasida xosil bo‘ladigan ichki kuchlanishlar unig tashkil etuvchi molibden qotishmasi va po‘lat orasidagi issiqlikdan kengayish orasidagi farq xisobiga yuzaga keladi. Molibden qotishmasi va po‘lat orasidagi issiqlikdan kengayish koeffitsienti 3 martaga farq qiladi.

40X po‘latni standart termik ishlov natijasida quyilmadagi qoldiq ichki kuchlanishlar miqdori 2 martaga oshadi. Buni birinchidan materiallar orasidagi issiqlikdan kengayish koeffitsientlari orasidagi farq bo‘lsa, ikkinchidan toblash natijasida po‘lat tanad sodir bo‘ladigan faza o‘zagirishlar, strukturada martensit fazasinng paydo bo‘lishi bilan tushuntiriladi.



5.5-rasm. Namuna shakli va o‘lchamlari:

1- quyilma; 2-o‘tish qatlami; 3-quyma tana



5.6-rasm. Kompozitsiyada qoldiq ichki kuchlanishlarni aniqlash va tenzodatchiklarni yopishtirish chizmasi: 1- quyma tana; 2-quyilma; 3- tenzodatchik ПДВ - 10/100, 4-o‘tish qatlami.

5.2. Alyuminiy, nikel va boshqa metallar asosida dispersion puxtalanadigan materiallar.

Alyuminiy matritsali kompozitsion materiallar. Kompozitsion materiallarni matritsasi sifatida texnikaviy alyuminiy va uning qotishmalari ishlatiladi: Am_{ts} , Am_g , AД1, Д16, САП va boshqalar. Sinchlovchi material sifatida yuqori puxtalikdagi po'lat (08X18H9T; 1X15H4AM3; P322 va x.k) simlari, berilliy simlari, bor, kremniy karbidi, uglerod tolalari. Po'lat simlar bilan sinchlangan kompozitsion material prokatlanadi.

Alyuminiy va magniy matritsali kompozitsion materiallar. Alyuminiy matritsali kompozitsion materiallar. Mashinasozlikda, alyuminiy asosidagi Al_2O_3 bilan puxtalanagan kompozitsion materiallar o'rin olgan. Bular kukun metallurgiyasi usulida alyuminiy upasini-kukunini presslab termik ishlab olinadi (**САП**). Upa zarrachasi "cheshuyka" formasida bo'lib, qalinligi=1mk.m. Zarrachalar yuzasidagi oksid plenka qalinligi $t=0,01-0,1$ mkm. **САП** -pishirilgan alyumin kukuni ("spechyonnaya alyuminevaya pudra"). Tarkibi: Al_2O_3 (6-22%); va alyumin. Ikkalasi ham kukun holatda. CAC – bu pishirilgan alyumin qotishmasi ("spechyonniy alyumineviy splav"). Kimyoviy tarkibi: САП ga Fe, Ni, Cr, Mn, Cu, lar qo'shiladi, ya'ni shular bilan legirlanadi.

5.3-jadval

САП ning 20⁰C dagi mexanik xossalari.

Marka	Al_2O_3 ; % hajmi	σ_v , MPa	$\sigma_{0,2}$ MPa	δ_1 , %	E, MPa
САП -1	6-8	300	200	7-9	67
САП -2	9-12	320	230	4	71
САП -3	13-17	400	340	3	76
Д20		420	300	11	69

Duralyumin-Al-Cu-Mg tizimidagi Al qotishmasi Д20 ning xossalari toblash (535 ± 5)⁰S va 180⁰C da 124 soat ichida eskirishdan so'ng. Bu sharoitda D20 ning mexanik xossalari САП dan yuqori.

САП ning ilg'orligi-yaxshi tomonlari 300⁰C dan yuqorida bilinadi, namoyon bo'ladi. Bu haroratda alyuminiy qotishmalari o'z puxtaliklarini yo'qotadi. Dispersli-mustahkamlangan qotishma uz xossalarini 0,8 T erish haroratigacha ushlab tura oladi, chunki puxtalanagan zarrachalarning termodinamik turg'unligi katta. Kislorod alyuminiyda erimaydi. Al_2O_3 ning zarrachalari o'zaro ta'sir qila olmaydilar, chunki oradagi alyuminiy matritsa bunga yo'l qo'ymaydi. 500⁰C da deformatsiyalanadigan qotishma Д19 va Д20 larning mustahkamligi $\sigma_v=1-5$ MPa ni tashkil qiladi. SA-1 niki $\sigma_v=80$ Mpa; САП-2 niki $\sigma_v=90$ Mpa; САП-3 niki $\sigma_v=120$ Mpa.

CAII larning fizik xossalari (elektr o'tkazish, issiqlik o'tkazish, termik kengayish koeffitsienti) Al_2O_3 ning miqdoriga bog'liq. Al_2O_3 ortishi bilan fizik xossalari pasayadi. Lekin, CAII-3 ning elektr va issiqlik o'tkazishi D19 va D20 larnikidan yuqori. CAII qotishmalari issiq holda qoniqarli deformatsiyalanadi. CAII-1 sovuq holda ham deformatsiyalanadi. CAII oson qir qiladi; argon yoy va kontakt usullarida qoniqarli payvandlanadi.

CAII lardan yarimfabrikatlar chiqariladi: listlar, profillar, trubalar, folga. CAII dan yasalgan detallar $300..500^{\circ}C$ da benalol ishlayveradi: kompressor, trubina, ventilyator lopatkalari, porshen shtoklari. Issiq va kuch ostida ishlaydigan detallar usti CAII listlari bilan qoplanadi.

Kompozitsion materiallarni matritsasi sifatida texnikaviy alyuminiy va uning qotishmalari ishlatiladi: Am_{ts} , Am_g , AД1, Д16, CAII va boshqalar. Sinchlovchi material sifatida yuqori puxtalikdagi po'lat (08X18H9T; 1X15H4AM3; P322 va x.k) simlari, berilliy simlari, bor, kremniy karbidi, uglerod tolalari.

Po'lat simlar bilan sinchlangan kompozitsion material prokatlanadi. Prokatka rejimi harorat, deformatsiya yo'nalishi va darajasi bilan aniqlanadi. Prokatlash harorati po'latning puxtaligini yo'qotish ("razuprochnenie") harorati bilan aniqlanadi. Masalan, 08X18H9T va 12X18H10T po'latlari uchun prokatlash harorati= $380-400^{\circ}S$, (bu po'latlarning puxtaligini yo'qotish harorati= $400^{\circ}C$). Shu 15X15H4AM3 va P322 po'latlari uchun prokatlash harorati= $420-450^{\circ}C$ (puhtalikni yo'qotish $t^{\circ}=450^{\circ}C$).

Deformatsiya yo'nalishi prokatlashda sinchlar yo'nalishiga qiyaroq qilib olinadi; prokatlash davrida tolalar uzilib ketmasligi uchun.

Korxonalarda kompozit KAC-1 ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan. Bunda puxtalovchi-sinch 1X15H4AM3 po'latidan yasalgan sim (diametri $d=0,15$ mm). Matritsa AB yoki CAII -1.

5.4-jadval

Po'lat sim bilan sinchlangan alyuminiy matritsali kompozitlarning mexanikaviy xossalari.

Matritsa materiali	To'ldirgich		Zichlik, t/m^3	Puxtalik, MPa	Egiluvchanlik moduli, $E \cdot 10^{-3}$, MPa
	Sim materiali, MPa	Hajmi, %			
AД1	X18H9T 1850	7-24	3,1-3,9	160-465	100
AM_g6	X18H9T 1850	5-20	2,9-3,7	390-630	70-90
AM_g6	P322 2700	5-25	2,9-4	420-1000	80-101
CAII1	1X15H4AM3 4200	40	4,8	1700	100

Sinchlash natijasida kompozitsiyaning puxtaligi 10-12 marta oshadi: to'ldirgich-simining hajmi 25% ni tashkil qiladi. Agar sinchlar hajmi 40% yetkazilsa, $\sigma_v=1700$ MPa ga teng bo'ladi.

Po'lat sim bilan sinchlangan (25-40%) alyuminiy matritsali kompozitning mexanikaviy xossalari titan qotishmalari xossalariga tenglashadi.

Bu kompozitni sovuqlayin deformatsiyalab, toblab va eskirtirib, uni mexanik xossalarini yanada oshirish mumkin. (Agar alyuminiy termik ishlanadigan bo'lsa).

Yuqori haroratda ishlaydigan detallar uchun matritsa sifatida CAII ni olish maqsadga muvofik.

CAII -1 ni po'lat sim(X19H9) bilan (15%) sinchlanishi, uni puxtaligini 250°C da 2,3 marta, 350°C da 3,9 marta; 500°C da 5,6 marta oshiradi.

Alyuminiy-bor tolasi tizimidagi kompozitlar yanada puxta va bikir, 400-500°C da ham bimalol ishlayveradi. Chunki, bor harorat ta'sirida puxtaligini kamaytirmaydi.

Alyuminiy bor (Al-B) tizimida kompozitlarga misol: BKA-1. Bor miqdorining ortishi bilan kompozitsiyaning puxtaligi va bikirligi ortadi. BKA-1 da 50% bor mavjud.

Agar alyuminiy borsik tolalari bilan sinchlansa, kompozitsiya puxtaligi 500°C da 600 MPa ni tashkil etadi. Agar borsiq hajmi 65% bo'lsa, puxtalik 1600 MPa ga yetadi va uzoq vaqt (1000 soat) saklanib turadi; 300-500°C da xam.

Alyuminiy matritsa uglerod tolasi bilan puxtalangan kompozit ancha arzon, lekin mexanik xossalari pastroq.

Agar titan bilan sinchlansa, kompozitning egiluvchanlik moduli va ishlash harorati ko'tariladi.

Nikel matritsali kompozitsion materiallar. Ko'proq issiqbardosh nikel qotishmalari sinchlanadi; ishlash vaqtini va haroratini ko'tarish maqsadida (1100-1200°C).

Puxtalovchilar: **Al₂O₃ ning ipsimon kristallari** (mo'ylovlari), qiyin eriydigan metall va ularning volfram va molibden asosidagi qotishmalari simlari; uglerod va kremniy karbidi tolalari.

Noorganik matritsa asosidagi kompozitsion materiallar. Noorganik polimerlar asosidagi matritsalaridan tuzilgan kompozitsion materiallar perspektiv material xisoblanadi.

Noorganik polimer boglovchilarning tipik vakillari: silikatlar, keramika, nitridlar, boridlar, karbidlar. Bularni olish oson. Maxsus xossasi: atom boglanishining puxtaligi polimer zanjirini tashkil qiladi.

Eng ko'p tarqalgani-keramik kompozitsion materiallar. Bular metallarning va kislorodsiz birikmalarning oksidlari(karbidlar, boridlar, nitridlar, silitsidlar) asosida yaratiladi.

KMM larning yaratilishi yangi texnikani yaratishga imkon beradi: yuqori xaroratda ishlaydigan, yeyilmaydigan, puxta va x.k.

Keramik kompozitsion materiallarning asosiy turlari. Bularda matritsa keramikadan yasalgan: metall emas mineral xomashyoni (loylar) qizdirib bosim ostida presslab “pishirib” (spekaniye) olingan.

1. Xomashyo turiga ko'ra:

a) **Oksidli** (texnikaviy) keramika; metall oksidlari asosida: Al_2O_3 ; ZrO_2 ; CaO ; MgO ; BeO .

b) **Oksidsiz**, asosiy kislorodsiz birikmalar: karbid MeC ; borid MeB_n ; nitrid MeN ; silitsid $MeSi_n$ ga bo'linadi.

2. Struktura belgilariga qarab KKM lar 5 gruxga bulinadi:

a) Dispersli;

b) Polikrsitallik yo'llanmagan (tartibsiz) tolalar ipsimon kristallar va simlar bilan sinchlangan;

v) Yo'llangan (tartibli) tolalar bilan (shu bilan birga evtektika bilan) sinchlangan;

g) Qavatma-qavat-qatlama;

d) Dona-qavatlilar.

Uglerod-uglerodli kompozitsion materiallar. Aviatsiya-kosmik texnikasida qo'llaniladigan perspektiv materiallardan biri-bu uglerod-uglerodli (C-C) kompozitlardir. Bularda matritsa sifatida uglerod ishlatiladi. Bu qotgan termoreaktiv smolalarni (feneloformaldegidli, furanovli) yuqori haroratda qizdirib olingan **koks** to'ldirgich sifatida **uglerod tolalari** ishlatiladi.

Bu tizimli materiallar kompozitsiyasiga to'ldiruvchi material sifatida uglerodli paxta, uglerodli matolar, uzilgan-kesilgan tolalar, buralgan iplar kiradi. Ikki tizimlisiga qo'shimcha-tuldirdigich sifatida matolar-to'qimalar: ko'p tizimli materiallar tolalarni ma'lum tartibda taxlash bilan olinadi.

Operatsiyalarning ketma-ketligi:

1. Uglerodli (yoki grafitli) tolalarni yoki matoni fenolli smola bilan to'yintirish.

2. Boglovchini berilgan harorat va bosimda qotirish.

3. Kerakli o'lchamlargacha mexanik ishlash.

4. Karbonizatsiyalash maqsadida kerakli atmosferada qizdirish.

5.3. Ko'p qatlamli kompozitsion materiallar.

Kompozitsion materiallar an'anaviy konstruksion materiallarga nisbatan aloxida xossalarga ega. Bu narsa ijobiy xususiyatli materiallarni va konstruksiyalarni yaratishga olib keldi.

Kompozitsion materiallar ikki va undan ortik tashkil etuvchilardan-komponentlardan tuzilgan murakkab material bulib, xar xil usullar bilan boglangan va uziga xos xossalari bor.

Birinchi kompozitsion material 1867 yilda patentlangan: xovli gul tuvaklari, sim va tsementdan yasalgan: bog'bon frantsuz J. Mone. Kompozitsion materiallar o'z xossalariga qarab mashinasozlikda keng qo'llanilinmoqda va katta iqtisodiy tejasga olib kelmoqda masalan:

Xozirgi zamon transport samolyotlari konstruksiyalarining 15-20%; xarbiy samolyotlarning 25-30%; xarbiy vertolyotlarning 45-55%; strategik raketalarining 75-80% kompozitsion materiallardan yasalgan.

Kompozitsion materiallarga quyidagi xususiyatlar yigindisi xos:

a) Komponentlarning tarkibi, formasi va taksimlanishi oldindan aniqlangan;
b) Ikki va undan ortiq kimyoviy xar xil materiallardan tarkib topgan va bir-birlari bilan ajralib turadilar;

v) Kompozitsion materialning xossalari xar bir tashkil etuvchining xossalari bilan aniqlanadi;

g) Kompozitsion materialning xossalari, tashkil etuvchilarning xossalaridan farq qiladi;

d) Kompozitsion material makromasshtab miqyosida birtanli, mikromasshtabda bir tanli emas;

e) Bu material tabiyatda uchramaydi va odamzodning ixtirosidir.

Geometrik ko'rsatkichlariga qarab tashkil etuvchilar xar xil bo'ladi. Butun xajm bo'yicha uzluksiz-to'xtovsiz tarqalgan komponent-**matritsa** deyiladi. Uzlukli, bo'lak-bo'lakli materiallar **sinchlovchi yoki puxtalovchi** tashkil etuvchilar deb ataladi.

Matritsa materiali sifatida metall va uning qotishmalari; organik va noorganik polimerlar; keramika, uglerod va boshqa materiallar ishlatiladi. Matritsa materiali xossalari kompozitsion materialni olish texnologik jarayonini ifodalaydi. Uning zichligini, mustaxkamligini, ishlash haroratini, charchab buzilishga qarshiligini, tashqi agressiv muxitga qarshiligini ifodalaydi.

Sinchlovchi yoki puxtalovchilar matritsa bo'ylab bir tekisda joylashadi. Bular yuqori puxtalikka, qattiqlikka, elastiklik moduliga ega. Bu ko'rsatkichlar matritsa ko'rsatkichlarinikidan ancha yuqori.

"To'ldirgichlar" puxtalikni oshirib qolmay, kompozitsion materialning boshqa xossalariga xam ta'sir qiladi.

To'ldirgichlarning geometriyasiga qarab, ularni matritsada joylashishiga qarab, kompozitsion materiallar quyidagicha klassifikatsiya qilinadi.

To'ldirgichlarning geometriyasiga qarab:

1. **No'l-ulchamli to'ldirgichli:** bularning o'lchamlari uch tomonlama o'lchashda bir xil o'lcham ko'rsatgichiga ega;

2. **Bir-o'lchamli to'ldirgichli:** o'lchamlardan birining o'lchamlari qolgan ikkitasidan juda katta;

3. **Ikki-o'lchamli:** ikki o'lchami qolgan bittasidan juda katta.

To'ldirgichlarning joylashish sxemasiga qarab kompozitsion materiallar uch guruxga bo'linadi:

1. To'ldirgichlarni bir o'kda-chizigiy joylashishi bilan to'ldirgichlar tola, ip, intevid shaklidagi kristallar formasida bo'lib, matritsada bir- biriga parallel bo'ladi;

2. Ikki o'kli-yuzali: bularda sinchlovli tuldirgichlar tola formasida, intevid kristallarning matollari formasida, matritsada falga formasida parallel tekisliklarda bo'ladi;

3. Uch o'qli-xajmiy: bunda sinchlovchi to'ldirgich xajm bo'yicha joylashgan; afzal yo'nalishi yuk.

Komponentlarning tabiatiga qarab kompozitsion materiallar quyidagi to'rt guruxga bo'linadi:

1. Tarkibida metall yoki metall qotishmasi bor;

2. Tarkibida oksidlar, karbidlar, nitridlarning noorganik birlashmalari borlari;

3. Tarkibida metall emas elementli, uglerodli, borli va x.kli komponent borli;

4. Komponentlari organik moddalar birlashmasidan (epoksidli, poliefirli, fenolli va x.k. smolalar) tashkil topgan.

Kompozitsion va bimetal materiallardan tayyorlangan detallar.

To'ldirgichlarning geometriyasiga qarab, ularni matritsada joylashishiga qarab, kompozitsion materiallar quyidagicha klassifikatsiya qilinadi.

To'ldirgichlarning geometriyasiga qarab:

1. **No'l-o'lchamli to'ldirgichli:** bularning o'lchamlari uch tomonlama o'lchashda bir xil o'lcham ko'rsatgichiga ega;

2. **Bir-o'lchamli to'ldirgichli:** o'lchamlardan birining o'lchamlari kolgan ikkitasidan juda katta;

3. **Ikki-o'lchamli:** ikki o'lchami qolgan bittasidan juda katta.

To'ldirgichlarning joylashish sxemasiga qarab kompozitsion materiallar uch guruxga bo'linadi:

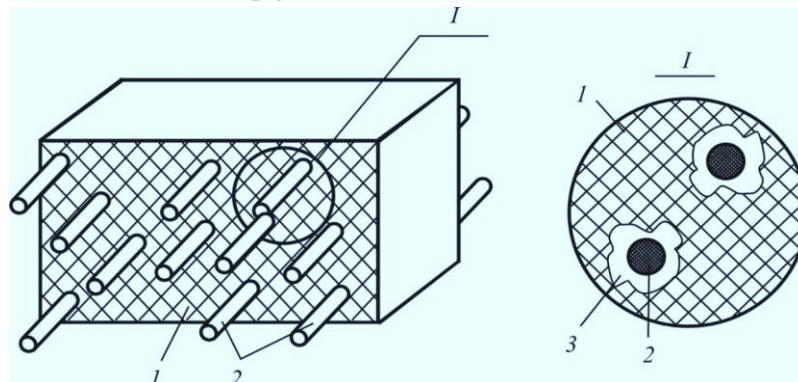
1. To'ldirgichlarni bir o'qda-chizig'iy joylashishi bilan to'ldirgichlar tola, ip, intevid shaklidagi kristallar formasiga bo'lib, matritsada bir- biriga parallel bo'ladi;

2. Ikki o'qli-yuzali: bularda sinchlovli to'ldirgichlar tola formasida, intevid kristallarning matolari formasida, matritsada folga formasida parallel tekisliklarda bo'ladi;

3. Uch o'qli-xajmiy: bunda sinchlovchi to'ldirgich xajm bo'yicha joylashgan; afzal yo'nalishi yo'q.

Komponentlarning tabiatiga qarab kompozitsion materiallar quyidagi to'rt guruxga bo'linadi:

1. Tarkibida metall yoki metall qotishmasi bor;
2. Tarkibida oksidlar, karbidlar, nitridlarning noorganik birlashmalari borlari;
3. Tarkibida metall emas elementli, uglerodli, borli va x.k li komponent borli;
4. Komponentlari organik moddalar birlashmasidan (epoksidli, poliefirli, fenolli va x.k. smolalar) tashkil topgan.



5.7-rasm. Kompozitsion materialning sxematik tuzilishi:

1- matritsa, 2-sinchlovchi komponentlar. 3-komponent chegarasida o'zgaruvchan qatlam

Kompozitsion materiallar hozirgi zamon konstruksion materiallarga nisbatan ancha yukori nisbiy bikirlikka (E/r) va nisbiy puxtalikka (σ_v/p) ega.

Kompozitsion materialning elastiklik modulini xoxlagan tomonga ko'tarish mumkin, o'sha tomonga sinchlovli qo'yib.

Kompozitsion materiallarning ishonchliligi xam yuqori. Oddiy qotishmalarda darz ketish va uning o'sishi ishlash vaqtida tez ketadi. Kompozitsion materialda darz ketish matritsadan boshlanadi. U o'sa olmaydi, chunki yo'lda puxtalovchi to'ldirgichga borib taqaladi.

Kompozitsion materiallardagi mustahkamlovchining hajmi 20-80% ni tashkil etadi. Matritsaning xossalari siqilish va siljishda kompozitsion materialning mustaxkamligini belgilaydi. Mustahkamlovchining xossalari kompozitsion materialning mustaxkamligi va bikrligini belgilaydi.

Metall asosli kompozitsion mteriallar. Bunday kompozitsion materiallar matritsasi metaldan iborat: Al, Mg, Ni, Ti va ularning qotishmalari. Bular yuqori puxtalikdagi tolalar yoki yupqa dispersli qiyin eriydigan zarrachalar (qaysilarki asosiy metallda erimaydi) bilan puxtalanadi.

Metall asosli kompozitsion materiallarning afzalliklari quyidagilar:

Mexanik xossalari – xarakteristiklari yuqori, matritsa xossalariga bog'liq (mustaxkamlik chegarasi, sinchlovchi tolalar yo'nalishiga perpendikulyar yo'nalishdagi egiluvchan moduli); yuqori plastiklik, buzilishga uyushqoqligi, asosiy metallni erish haroratiga mustaxkamlik xarakateristikalarini saqlash.

Fizik xossalari – yuqori issiq va elektr tok o'tkazuvchanligi.

Ximiyaviy xossalari – yonmaslik, boshqa kompozitsion materiallarga nisbatan.

Texnologik xossalari – yuqori deformatsiyalanishligi, ishlanishligi qir qilishi.



5.8-rasm. Metall asosida kompozitsion materiallardan tayyorlangan detallar

Metallik kompozitsion materiallar uchun eng istiqbolli matritsa materiallari bu zichligi unga katta bo‘lmagan metallar Al, Mg, Ti va ular qotishmalari. Xozirda issiq keng qo‘llanilyapti.

Kukunli kompozitsion materiallarda metall asosida Al_2O_3 , SiO_2 va karbidlarni qiyin eriydigan fazalarini dispers zarrachalari xizmat qiladi. Bu kompozitsion materiallarning mexanik va fizik asoslari izotropik (bir xil barcha yo‘nalishlarda).

Metall asosidagi kukunli kompozitsion materiallarga CAII misol bo‘la oladi. CAII – “spechyonnaya alyumievaya pudra” – tarkibida alyuminiy kukuni va alyuminiy oksidi (Al_2O_3) kukuni (6-22%) aralashmasidan iborat. Xozirgi vaqtda dvigatelsozlikda CAII dan juda ko‘p detallar yasaladi: porshenlar, shatunlar, klapan prujinalari tarelkalari. CAII yuqori texnologik xossalarga ega: yuqori deformatsiyalanadi, payvandlanadi, qir qib ishlanadi, zangga bardosh va olovbardosh. Olovbardosh alyumin qotishmalari $300^{\circ}C$ da ishlaganda CAII $500^{\circ}C$ da xam ishlayveradi. Agar bular tarkibiga boshqa elementlar (Fe, Ni, W, va x.k.) qo‘shilsa, CAII aylanadi CAC – “spechennyiy alyuminievyiy splav” – pishirilgan alyuminiy qotishmasi bo‘ladi: xossalri yanada yaxshilanadi.

Dvigatellarning gidravlik transtissiya detallari (disklar, latoklar, rotorlar) BDY tipidagi kukuni qotishmasidan yasaladi. BDY tarkibi bu nikel – xrom qotishmalari va gafniy oksidi (HfO_2) yoki toriy oksidi (ThO_2) kukunlari aralashmasidir. BDY qotishmasi mexanikaviy legirlash usuli bilan olinadi. BDYlarning olovbardoshligi va issiqbardoshligi boshqalarinikidan yuqori.

Kompozitsion materiallarning mustahkamligi bikrligi, otashga va issikda chidamliligi yuqori Masalan, karbovoloknitlar uchun Hv q 650-1700 MPa,

borvoloknitlar uchun esa Hvq 900-1750 MPa ga teng. Kompozitsion materialarning zichligi 1,35-4,8 g/sm³ tashkil etadi. Kompozitsion materiallar mashinasozlikning ko'pgina sohalari uchun juda istiqbolli materiallar hisoblanadi.

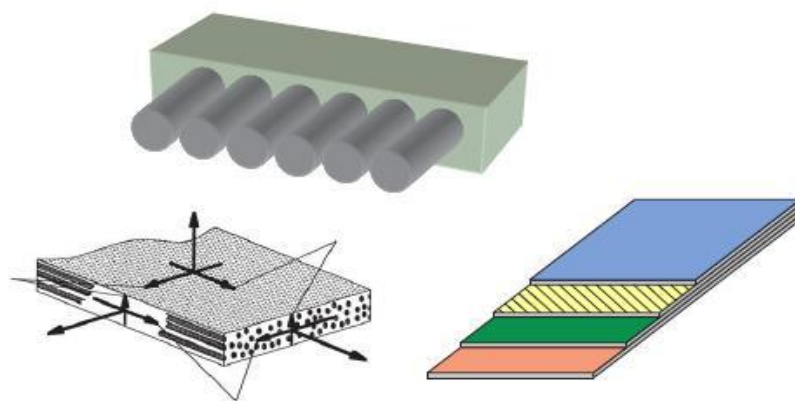
Karbovoloknitlar (ugleplastlar)- polimer matritsa va uglerodli tolalar ko'rinishidagi mustahkamlovchidan iborat kompozitsiyadir. Polimer matritsa sifatida poliimidlar, epoksid va feiol-formaldegid smolalardan foydalaniladi. Poliimidlar asosdagi KMY-2 va KMY-2L karbovoloknitlar 300°C temperaturagacha ishlatilishi mumkin. Ular suv va ximiyaviy ta'sirlarga chidamli. Karboshishavoloknitlar tarkibida ko'mir tolalari bilan birga shisha tolalari ham bo'ladi, u esa materialni arzonlashtiradi. Karbovoloknitlar ximiya, kemasozlik va aviatsiya sanoatida ishlatiladi.

Oddiy polimer karbovoloknitlarga inert yoki qaytarish atmosferasida ishlov berilsa, grafitlashtirilgan karbovoloknitlar yoki uglerod matritsali karbovoloknitlar hosil bo'ladi. Masalan, KYII-BM tipidagi uglerodli matritsali karbovoloknitning mustahkamligi va zarbiy qovushqoqligi maxsus grafitlarnikidan 5-10 marta ortiq. Inert atmosferada qizdirilganda 2200°C gacha u mustahkamligini yo'qotmaydi. Uglerod matritsali karbovoloknitlar ximiyaviy apparatlar tayyorlashda ko'p ishlatiladi.

Borvoloknitlar- polimer bog'lovchi, mahkamlovchi, bor tolalaridan iborat kompozitsiyadir. Borvoloknitlar olish uchun modifikatsiyalangan epoksid va poliimid bog'lovchilar ishlatiladi. Borvoloknitlarning siqilish, siljishdagi mustahkamligi, qattiqligi, issiqlik va elektr o'tkazuvchanligi yuqori. Ular suv va ximiyaviy ta'sirlarga chidamli. Borvoloknitlardan yasalgan buyumlar kosmik va aviatsiya texnikasida (kompressorlarning kurakchalari va rotorlari, vertolyot vintlarining kuraklari va hokazolarda) ishlatiladi.

Organik voloknitlar-polimer bog'lovchi, sintetik tolali maxkamlovchidan iborat kompozitsiyalardir. Lavsan, kapron, nitron kabi elastik tolalar maxkamlovchi xizmatini o'taydi. Poliimidlar, epoksid va fenol-formaldegid smolalar bog'lovchi xizmatini o'taydi.

Organik voloknitlarning zichligi kam, solishtirma mustahkamligi nisbatan katta, zarbiy qovushqoqligi yuqori. Organik voloknitlar aviatsiya texnikasida, elektr sanoatida, ximiya mashinasozligida ishlatiladi.



5.9-rasm. Kompozitsion materiallarning sxematik tuzilishi

Tolalar bilan armirovka qilingan metallar-metall matritsali tolalar ko‘rinishidagi mustahkamlovchili kompozitsion materiallardir. Bor, uglerod tolalari, qiyin suyuqlanadigan birikmalarning ipsimon kristallari, volfram yoki po‘lat simlar maxkamlovchi xizmatini o‘taydi. Matritsa material kompozitsion materialning vazifasini (korroziyaga chidamliligi, oksidlanishga ko‘rsatadigan qarshiligi) xisobga olgan holda tanlanadi. Matritsa sifatida engil va plastik metallar (alyuminiy, magniy) va ularning qotishmalaridan foydalaniladi. Hajm bo‘yicha mustahkamlovchilar miqdori 3-50% ni tashkil etadi. Tolalar bilan armirovka qilingan metallar aviatsiya va raketa texnikasida ishlatiladi.

Geometrik ko‘rsatkichlariga qarab tashkil etuvchilar xar xil bo‘ladi. Butun xajm bo‘yicha uzluksiz-to‘xtovsiz tarqalgan komponent-**matritsa** deyiladi. Uzlukli, bo‘lak-bo‘lakli materiallar **sinchlovchi** yoki **puxtalovchi** tashkil etuvchilar deb ataladi.

Kompozitsion materiallardan foydalanish kator hollarda detallar tayyorlashning yangi usullarini yaratish hamda mashina detal va uzellarini konstruksiyalash printsipini o‘zgartirishni talab qiladi.

5.4. Disperss puxtalangan kompozitlar va ularnig ishlatilishi.

Disperss mustaxkamlangan kompozitsion materiallar

Materiallarning yuqori darajada mustaxkamligi ularning plastiklik va qovushqoqlik xossalari bilan bir qatorda mashinalar, mexanizmlar va barcha turdagi metall konstruksiyalar detallarining ishonchliligi va uzoq muddati ishlashi asosi hisoblanadi.

Materiallarning konstruktiv mustahkamligi ularning ishonchliligi va uzoq muddat ishlashi kabi xususiyatlari bilan baholanadi. Konstruktiv mustaxkalik deganda materiallarning qo‘llanilish sharoitlariga bog‘liq bo‘lmagan barcha umumiy xossalarini o‘z ichiga oluvchi kompleks fizik - mexanik tavsifnomalari

tushuniladi. Bunday fizik-mexanik tavsifnomalarga materialning o'zining mustaxkamligi, mustaxkamlik chegarasi (σ_v), oquvchanlik chegarasi (σ_{oq}), plastikligi ($\delta\%$, $\psi\%$), qattiqligi (HRA, HRC), hamda ishonchliligini va uzoq muddat chidamliligi kabi xossalari kiradi.

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

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

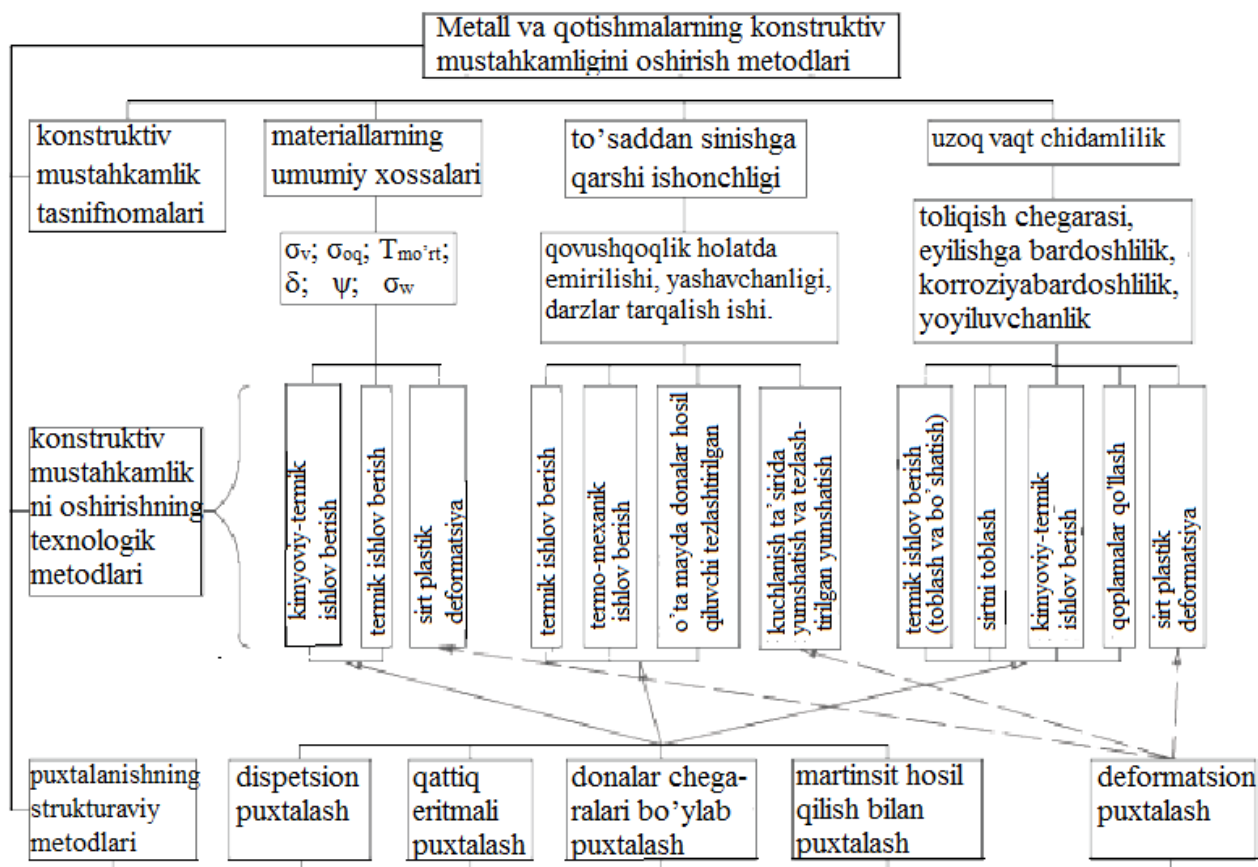
Materialning uzoq vaqt chidamliligi buyumning yeyilish, toliqish va yemirilish (korroziya) sharoitlarida ishlash ishi qobiliyati bilan aniqlanadi. Bunday sharoitlarda ishlaydigan detallarning materiallaridagi shikastlanishlar ulardan oydalanish davrida detallarda sekin-asta nuqsonlar hosil bo'lishiga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

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

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

Konstruktiv mustaxkamlikni oshirish uchun turli texnologik metodlar: legirlash, termik va kimyoviy-termik ishlov berish, plastik deformatsiya, turli xildagi sirt qoplamalarini qo'llash va boshqa shu kabilar foydalaniladi. Konstruktiv mustaxkamlikni oshirish usullarining sxematik tasviri 5.10-rasmda keltirilgan.

Materiallarning mustaxkamlik tavsifnoalarini oshirish nuqsonlarsiz kristallar olish orqali ham erishish mumkin. Ammo bu imkoniyat faqat nozik kristallar uchun yaratiladi. Bunday hollarda ipsimon ko'rinishdagi kristallar past qiymatdagi plastiklik xossalariga ega bo'ladi. Materiallar mustaxkamligini (plastik deformatsiyaga qarshiligini) oshirishning ikkinchi yo'li kristall panjaralardagi turli xildagi nuqsonlarning xarakatchanligini, ayniqsa dislokatsiyaning xarakatlanishini kamaytirishga asoslanadi. Material strukturasiga u yoki bu ta'sir usullaridan foydalanib dislokatsiyaning xarakatchanligini keskin kamaytirishga erishish mumkin.

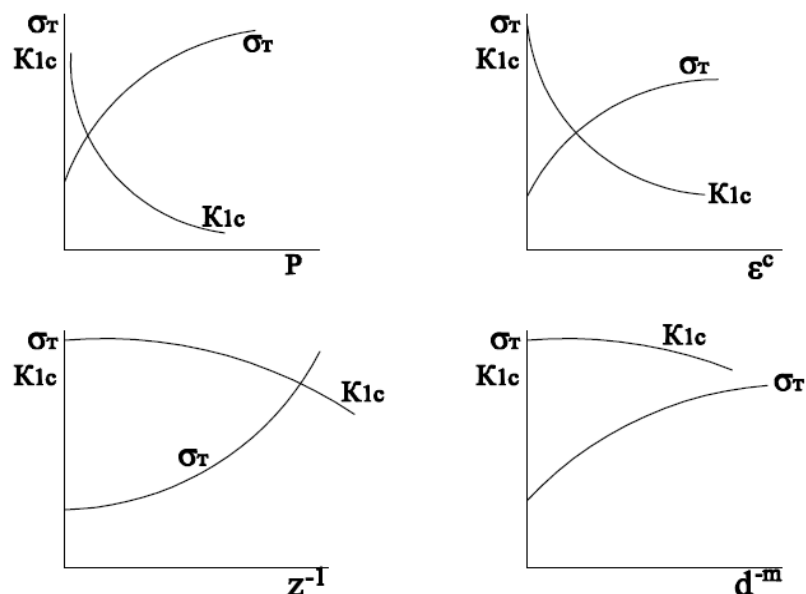


5.10-rasm. Konstruktiv mustaxkamlikni oshirish metodlari

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

Mustaxkamlikni oshirish uchun kristall strukturasidagi dislokatsiyalarning xarakatini cheklash zarur. Buning uchun dislokatsiya xarakatiga u yoki bu ko'rinishdagi to'siqlar hosil qilish zarurati tug'iladi. Lekin ba'zi hollarda plastiklik va qovushqoqlikning yuqori qiymatlariga erishish uchun qandaydir darajada dislokatsiyalarning xarakatchanligini xam ta'minlash kerak. Bunday hollarda dislokatsiyaning xarakatlanishi natijasida to'siqlar atrofida mikroplastik deformatsiyaning to'planishini ta'minlash va bu orqali murt darzlarning hosil bo'lishi ehtimolliklari oldi olinishi zarur.

Material strukturasida dislokatsiyalar xarakatlanishi uchun «yarim singdiruvchi» to'siqlar hosil qilinishi lozim. Bunday to'siqlar dislokatsiya xarakatini samarali to'xtatib qolmasdan, balki kuchlanishning ba'zi bir aniq qiymatlarida dislokatsiya to'siqlar orqali o'tib shikastlanish ehtimolligini kamaytiradi. Materiallarni puxtalashning asosiy mexanizmlari ana shu nuqtai nazarga qaratilgandir.



5.11-rasm. Material oquvchanlik chegara (σ_{oq}) va qovushqoqligi (K_{Is}) ning turli xildagi puxtalash mexanizmlarida o'zgarishi: a–deformatsion puxtalash; b–qattiq eritmali puxtalash; v – dispersion puxtalash; g – substrukturali puxtalash.

5.11-rasmda qotishmalarning puxtalashning turli xildagi mexanizmlarning oquvchanlik chegarasi (σ_{oq}), va shikastlanish qovushqoqligiga (K_{Is}) ta'siri sxemalari keltirilgan. Bunda (σ_{Bs}) puxtalash kriteriysini va K_{Is} esa murtlashuvda shikastlanishga moyillikli tavsiflaydi.

Puxtalash usullarini yoki ularning kombinatsiyalarini tanlash uchun yuqori darajadagi mustaxkamlikni olish metodlari: deformatsion qattiq eritmali, donalar chegarasida, dispersion vash u kabi puxtalash usullarining fizik asoslarini bilish zarur bo'ladi.

5.5. Tolali mustaxkamlangan kompozitlar va ularning ishlatilishi

Simlar-eng arzon xammabop sinchlovchi material. Po'latdan va berilliydan olingan detallar uchun ishlatiladi. Volfram va molibdendan yasalgan simlar o'rta va yuqori haroratda.

Uglerodli tolalar. Bular poliakripnitrilli gidrotsellyulozali toladan yoki neftli smola asosida olingan tolalardan olingan. Uglerodli tolalarni olish texnologiyasi organik dastlabki tolalarni issiq ta'sirida parchalanishiga asoslangan. Qizdirish **boshqariladigan atmosferada** olib boriladi.

Uglerodli tolalarni ishlab chiqarish quyidagi operatsiyalardan iborat:

1. Oksidlash;
2. Karbonizatsiyalash;
3. Grafitlash.

Tolalar 200-300⁰C da olib boriladi. Karbonizatsiya 900⁰C dan yuqorida vodorod muxitida o'tadi. Unga o'tga turgunlik xossasi beriladi 2500⁰C dan yuqorida uglerod tolasi xosil bo'ladi.

Metall asosidagi tolalar bilan sinchlangan kompozion materiallarni olish. Xar xil matritsa materiallari va turli tolalar bilan sinchlangan kompozitlarni olish usulini tanlash quyidagi faktorlarga bogliq:

1. Matritsa va puxtalovchilarning dastlabki materiallari o'lchamlari, profili va tabiati;
2. Matritsa-puxtalovchi chegarasida mustaxkam boglanish xosil qilish imkoniyati;
3. Tolalarni matritsada bir tekisda taqsimlanishini olish;
4. Kompozitsion materialni olish va undan detal yasash jarayonlarini bir vaqt ichida olib borish ("sovmeshat");
5. Jarayonni iqtisodiy tejamkorligi.

Dispersli tizimlarni klassifikatsiyasi. Xozirda dispersli tizimlarni o'rganishda va ishlab chiqarishda ko'p terminlar ishlatiladi: nanomaterial, nanokristall, nanozarracha, nanokompozitlar, klasterlar, mikroklasterlar, kolloid zarrachalar, ultrayupka paroshoklar, gel, aerosol va x.k.

Dispersiyalash – mayda(juda mayda) zarrachalarga ajratish-bo'lish.

Dispersli tizim-ikki yoki ko'p sonli fazalardan xosil bo'lgan tizim,bunda fazalar orasidagi ajralish yuzasi kuchli rivojlangan.

Dispersli tizimda jilla qursa bitta faza mayda zarrachalar shaklida boshqa uzluksiz-yaxlit fazada taqsimlanadi. Dispersli tizimni maydalangan (parchalangan, uzluqli) qismiga dispersli faza dispersion muxit deyiladi.

Klassifikatsiyalash mezonlari-belgilari ko'p: dispersli faza va dispersion muxit agregat xolatiga qarab, dispersli faza o'lchamiga qarab, dispersli faza zarrachasi o'lchamiga qarab.

Dispersli tizimlarini dispersli fazalari va dispersion muxitlari agregat xolatiga qarab klassifikatsiyasi quyidagi 5.5-jadvalda berilgan.

5.5-jadval

Dispersion muxit	Dispersli faza		
	Gaz	Suyuqlik	Qattiq
Gaz		Aerozollar, Tumanlar, Tomchi	Aerogellar, aerozollar, kukunlar, tutunlar, chang
Suyuq	Ko'piklar, gazli Emulsiya	Emulsiyalar, kremlar	Kul, gellar, emulsiyalar, pastalar
Qattiq	Qattiq ko'piklar, filtrlar, sorbentlar, membranalar	Qattiq emulsiyalar	Qattiq kullar, qotishmalar, kompozitlar, qoplamalar, plyonkalar.

Kullar – qattiq dispersli fazali va suyuq dispersion muxitli sedimentsion-turg'un yuqori dispersli tizimlar. An'analarga ko'ra kullarni kolloidli eritmalar deb xam ataladi.

Kolloidli tizimlar (kolloidlar)-imkon boricha (oxirigacha) yuqori dispersli tizimlar. Kolloid zarrachalar o'lchamlari odatda $1 \div 100$ nm.

Aerozollar – shunday tizimki, bunda gazoviy muxitda dispersli fazaning qattiq yoki suyuq zarrachalari muallaq xolatda bo'ladi.

5-bob bo'yicha umumiy nazorat savollari:

1. Yangi material deganda nimani tushunasiz?
2. Qanday yangi materiallarni bilasiz?
3. Kompozit nima degani?
4. Kompozit materiallarning avfzalliklari va kamchiliklari.
5. Kompozit materiallar qanday turlarga ajratiladi?
6. Qanday kompozit materiallarni bilasiz?
7. Dispersion puxtalangan nima degani?
8. Dispers zarra deb nimaga aytiladi?
9. Qanday dispers mustaxkamlangan kompozitlarni bilasiz?
10. Dispers mustaxkamlangan kompozitlar qanday masadlarda ishlatiladi
11. Tolali mustaxkamlash nima degani?
12. Qanday tolali mustaxkamlangan kompozitlarni bilasiz?
13. Al asosida puxtalanadigan qanday materialarni bilasiz?
14. Ni asosida puxtalanadigan qanday materialarni bilasiz?
15. Yana qanday metallar asosida puxtalangan kompozit materilarrani bilasiz?
16. Yurtimizda kompozit materiallarga qo'yilayotgan talablar xaqida nimalar bilasiz?

6-BOB. NANOMATERIALLAR VA NANOTEXNOLOGIYA

6.1. Kukun metallurgiyasi asoslari. Qiyin eriydigan metall materiallar va ularning sinflanishi, tuzilishi, xossalari va ishlatilishi.

Kukunlarning olinish usullari. Kukun metallurgiyasi usullari bilan suyultirilganda bir–birida erimaydigan metallardan, shuningdek qiyin eriydigan va o‘ta toza metallardan qotishmalar olish mumkin. Kukunli metallurgiyada xomakilar, 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 otashga chidamliligi, yeyilishga chidamliligi yuqori, kattiqligi katta, belgilangan barqaror (magnit xossali, shuningdek alohida fizik–kimyoviy, mexanik va texnologik xossali – detallar olish imkonini beradi. Bunday detallarni quyish va bosim ostida ishlash yuli bilan olish mumkin emas.

Kukun materiallardan detal va buyumlar olish prosessi metall kukunini tayyorlash, ulardan shixta tuzish, presslash, zagotovkani pishirishdan iborat. Metall kukunlari mexanik va fizik-kimyoviy usullar bilan olinadi.

Mexanik usullarda kukunlar qattiq metallarni maydalab, suyuq metallarni esa kimyoviy tarkibini o‘zgartirmasdan to‘zitib hosil qilinadi. Mo‘rt qattiq materiallarni maydalash uchun sharli, uyurma va vibrasion tegirmonlardan foydalaniladi. Ishlov beriladigan material po‘lat yoki cho‘yan sharlarning zarbiy yoki ishqalozchi ta’siri bilan maydalanadi. Metall kukunlarni mexanik usullar bilan olishda ularning ifloslanishini hisobga olish zarur.

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. Kameraga solingan material (sim bo‘lagi, qirindi, qiyqimlar va 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 vibrasion tegirmonlardan foydalaniladi. Vibrotegirmonlar eng unumli bo‘lib, ularning ishi po‘lat shar va silindrlarning tegirmon barabanining katta chastotali aylanma tebranma harakati tufayli maydalanadigan materialga govori chastota bilan ta’sir qilishiga asoslangan.

Qalay, ko'rg'oshin, alyuminiy, mis, shuningdek temir va po'lat kukunlarini olish uchun havo, suv, bug' 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 tuzlarni elektroliz qilish, karbonil va gidrogenizasiya usullari asosiy fizik–kimyoviy usullar hisoblanadi.

Oksidlardan materiallarni kimyoviy qaytarish gazsimon yoki qattiq qaytargichlar bilan amalga oshiriladi. Gazsimon 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 metallar (tantal, sirkoniy va boshqalar) ning kukunlari suyultirilgan metall tuzlarini 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 haroratda metall kukuni va uglerod oksidiga parchalanadi. Gidrogenizasiya 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'ra kukunlar granulometrik tarkibi buyicha 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'kilish massasi, oquvchanlik, presslanuvchanlik va pishuvchanlik kukunlarning asosiy texnologii xarakteristikalarini hisoblanadi.

To'kilish massasi erkin to'kilgan 1 sm³ kukunning grammlarda o'lchangan massasidir. Agar kukun o'zgaras to'kilish massasiga ega bo'lsa, pishirilganda uning o'zgaras kirishuvchanligi ta'minlanadi. Olinish usuliga qarab, bitta kukunning to'kilish massasi turlicha bo'lishi mumkin. G'ovakligi yuqori bo'lgan buyum tayyorlash uchun to'kilish massasi kichik bo'lgan kukundan, asbob va mashinalarning turli detallarini tayyorlashda esa to'kilish massasi katta kukunlardan foydalanish lozim.

Oquvchanlik–kukunning qolipni to'ldira olish qobiliyatidir. U ma'lum diametrli teshik orqali kukunning o'tish 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 xomakini termik ishlash natijasida zarrachalarning ilashish mustaxkamligini tushuniladi.

Shixtani tayyorlash. Ma'lum kimyoviy va granulometrik tarkibdagi xamda texnologik xossalarga ega bo'lgan kukunlarning dozalangan porsiyalari barabanlarda, tegirmonlarda va boshqa qurilmalarda aralashtiriladi. Shixtani bir tekis aralashtirish zarurati tug'lsa spirt, benzin, gliserin va distillangan suv qo'shiladi. Ba'zan aralashtirish prosessida turli vazifani o'tovchi texnologik qo'shilmalar qo'shiladi: presslanishni yyengillashtirish maqsadida plastifikatorlar (parafin, stearin, gliserin va boshqalar), kerakli g'ovaklikka ega bo'lgan buyumlar olish uchun oson suyuqlanadigan qo'shilmalar, uchuvchi moddalar qo'shiladi.

Xomaki va buyumlarni shakllantirish. 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 jipslashish ortadi, g'ovaklik kamayadi. Bu esa kerakli shakl va mustaxkamlikdagi xomaki olish imkonini beradi. Xomaki 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 (1) ga solinadigan shixta o'z og'irligi bilan to'ldiruvchi shlangga o'tadi. Shlang press–qolip (3) ustida tugaydi, u press stoli (4) buylab surilishi mumkin. Pastki surib chiqaruvchi puanson (5) vaziyati to'kiladigan 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 puansoni bilan kukunni qisish imkoniyati tug'iladi. Xomaki pastki puanson bilan surib chiqariladi, qolipni yana to'ldirish uchun shlang suriladi, xomaki bir yo'la stoldan maxsus novga surib tushiradi. Bunday presslar ba'zan bir necha press–qolip o'rnatilgan aylanuvchi stollar bilan jixozlanadi. Avtomatik presslarning ish unumi bir soatda bir necha ming xomaki 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 harorat oralig‘ida ($1200\text{--}1800^{\circ}\text{C}$), sovuqlayin presslashga nisbatan ancha past bosimda bajarish mumkin. Odatda, kukunlar kerakli haroratgacha qizdirilgach bosim ostida siqiladi. Bu usullardan kiyin deformasiyalanadigan metallar (boridlar, karbidlar va boshqalar) dan buyumlar tayyorlashda foydalaniladi.

Metall kukunlarini prokatlash sovuqlayin yoki issiqlayin deformasiyalash usuli bilan tasma, sim, polosa ko‘rinishidagi buyumlar olishning uzluksiz prosessidir. Prokatlash vertikal, qiya va gorizontal yunalishlarda bajariladi. Vertikal holatda prokatlash buyumni shakllantirish uchun eng yaxshi sharoit hisoblanadi. Avvaliga kukun bunkerdan aylanma siquvchi valiklar orasidagi zazorga tushadi, xomaki xoliga 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 quyma metallarni prokatlash tezligiga nisbatan ancha kichik bo‘lib, kukunning oquvchanligi bilan cheklanadi. Shuning uchun aylanuvchi valiklar sirtining chiziqli tezligi metall kukunning bunkerdan chiqib, valiklar orasidagi zazorga surilish tezligidan kichik bo‘lishi kerak. Prokatlash usuli bilan bir va ko‘p qatlamli buyumlar, qalinligi $0,025\text{--}3$ mm, eni 300 mm gacha bo‘lgan tasmalar, diametri $0,25$ mm va undan katta bo‘lgan simlar va xakazolar olish mumkin. Prosessning uzluksizligi uni avtomatlashtirishni hamda yuqori unumdorligini ta‘minlaydi.

Detal va buyumlarga kerakli mustahkamlik va qattqlik berish uchun ular pishiriladi. Pishirish operatsiyasi buyumni asosiy komponent suyuqlanadigan haroratning $0,6\text{--}0,8$ qismiga qadar qizdirish va shu haroratda ma‘lum vaqt ushlab turishdan iborat. Pishirish qarshilikli elektr pechlarda induksion qizdirish yoki bevosita pishiriladigan buyum orqali tok o‘tkazish yuli bilan amalga oshiriladi. Metall kukunlar oksidlanmasligi uchun pishirish argonli, geliyli muhitlarda, vakuumda yoki vodorod muxitida bajariladi. Tob tashlamlasligi uchun yupqa va yassi detallar bosim ostida pishiriladi. Buyumlarga uzil–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 yetkaziladi, qayta presslanadi.

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

Presslangan zagotovkalardan murakkab shaklli detallar (choʻzish uchun volokalar, qattiq qotishmali qistirmalar, shtamplarning matritsalar va xokazolar) olish; ichki va tashqi rezbalar qirqish; diametri kichik, lekin chuqur teshiklar olish uchun ularni kesib ishlanadi. Kimyoviy–termik ishlash (azotlash, xromlash, sianlash va xokazo) metallardagi kabi bajariladi. Gʻovaklikning mavjudligi, demak, yoyilgan sirtning mavjudligi kimyoviy termik ishlash prosessini aktiv amalga oshirish imkonini beradi.

Elektr uchqunli va elektr impulsli elektrofizik usullar murakkab shaklli detallar olish uchun qoʻllaniladi. Elektr uchqunli usulda ishlash mohiyati ikkita elektrod orasida elektr impulsli uchqunli razryaddan foydalanishdan iborat. Bunda ishlov beriladigan xomaki anod, asbob, katod vazifasini oʻtaydi. Elektr impulsli usulda ishlashda elektrodni ulashda teskari qutblilikdan foydalaniladi. Bu usullar tok oʻtkazuvchi elektrodlar orqali impulsli elektr toki oʻtkazilganda ularning eroziyalanishiga (yemirilishiga) bogʻliq. Hosil boʻlgan razryad tufayli ishlov beriladigan xomaki-elektrod sirtida juda qisqa vaqt oraligʻida harorat 10000–12000°C gacha koʻtariladi, shu onda metall suyuqlanadi va bugʻlanadi. Zagotovkadan ajralib chiqqan metall dielektrik suyuqlik muxitida zarralar koʻrinishida qotadi.

Qayta presslash usulidan murakkab shaklli detallar olishda foydalaniladi. Qayta presslash natijasida xomakining kerakli oʻlchamlari va shakli taʼminlanadi. Birinchi marta presslanganda xomakining shakli oddiy, oʻlchamlari taxminiy boʻladi.

6.2. Kukun metallurugiyai asoslari. Qiyin eriydigan metallarni vodorod muhitida plazmokimyoviy tiklash asoslari

Qiyin eriydigan metallar deb erish harorati 1539°C dan (toza temir erish xaroratidan) yuqori boʻlgan metallarga aytiladi. Xozirda baʼzi manbaʼlarda bu chegarani 1700°C va 1800°C deb belgilanayotganlari xam bor. Qiyin eriydigan metallar eng koʻp ishlatiladiganlari Mendillev jadvalidagi VA gruppasi: V ($T_{\text{erish}}=1710^{\circ}\text{C}$) Nb ($T_{\text{erish}}=2415^{\circ}\text{C}$); T_Q ($T_{\text{erish}}=3000^{\circ}\text{C}$); va VIA gruppasi: Cr ($T_{\text{erish}}=2200^{\circ}\text{C}$); Mo ($T_{\text{erish}}=2610^{\circ}\text{C}$); W ($T_{\text{erish}}=3410^{\circ}\text{C}$);

Qiyin eriydigan metallarga platina gruppasidagi metallar xam kiradi, lekin, qabul qilingan qoida asosida ular nodir metallar guruxiga qoʻshiladi.

Boshqa qiyin eriydigan metallar: Ti ($T_{\text{erish}}=1668^{\circ}\text{C}$); Sirkoniy ($T_{\text{erish}}=1830^{\circ}\text{C}$); Gofniy Hf ($T_{\text{erish}}=2230^{\circ}\text{C}$); Toriy Th ($T_{\text{erish}}=1700^{\circ}\text{C}$); Reniy Re ($T_{\text{erish}}=3170^{\circ}\text{C}$) va x.k.

Qiyin eriydigan metallar mustaxkam atomlararo bogʻlanish kuchiga ega va oʻzini yuqori erish harorati, issiqlik taʼsirida kam kengayishi, nisbatan katta emas issiqlik oʻtkazishi, yuqori bikirligi bilan ajralib turadi. Lekin yuqori haroratlarda

(xromdan tashqari) tez oksidlanadilar. Bu metallarning eng katta kamchiligi ularning kam issiqbardoshligidir.

Texnologik xususiyatlariga qarab qiyin eriydigan metallar qiyin ishlanadigan (qirqiladigan, deformatsiyalanadigan, payvandlanadigan) materiallarga qo'shiladi. Issiq bosim bilan ishlashning barcha turlarida plastik deformatsiyaga qarshilik katta. Yana katta kamchiligi qo'shimchalar bilan kirlanishi, atomlarning suqulib kirish xisobiga. Kirlanishni oldini olish uchun zagatovkani ishlash vaqtida vakuumda yoki ximoya muxitida olib boriladi.

Bu maqsadda maxsus, murakkab va qimmat asbob – uskunalar qo'llaniladi.

Qiyin eriydigan metallar kislorod, azot, uglerod bilan o'zaro aktiv ta'sir etadilar.

VA guruxi metallari vodorod bilan xam. Xajmi markazlashgan kristallik panjarali qiyin eriydigan chiqindilarning suqulib kirishi ularni mo'rtlashtiradi.

Shu nuqtai nazardan metallarning texnik tozaligi yuzdan bir ulushda ruxsat etiladi.

Qiyin eriydigan metallarning mexanik xossalari ularni olish usuliga va chiqindilarning mazmuniga bog'liq. Volfram, molibden va xromlarning plastikligini oshirish bu dolzarb masala. Buning uchun ular tarkibiga titan, tsirkoniy va siyrak ("redkozemelniye") metallari qo'shiladi.

Yuqorida qayd qilingan yuqori darajadagi oksidlanish bu metallardan detallar yasashda: quyishda, payvandlashda, issiq bosim bilan ishlashda birmuncha qiyinchiliklar tug'diradi. Qiyin eriydigan metallar ikki guruxga bo'linadilar:

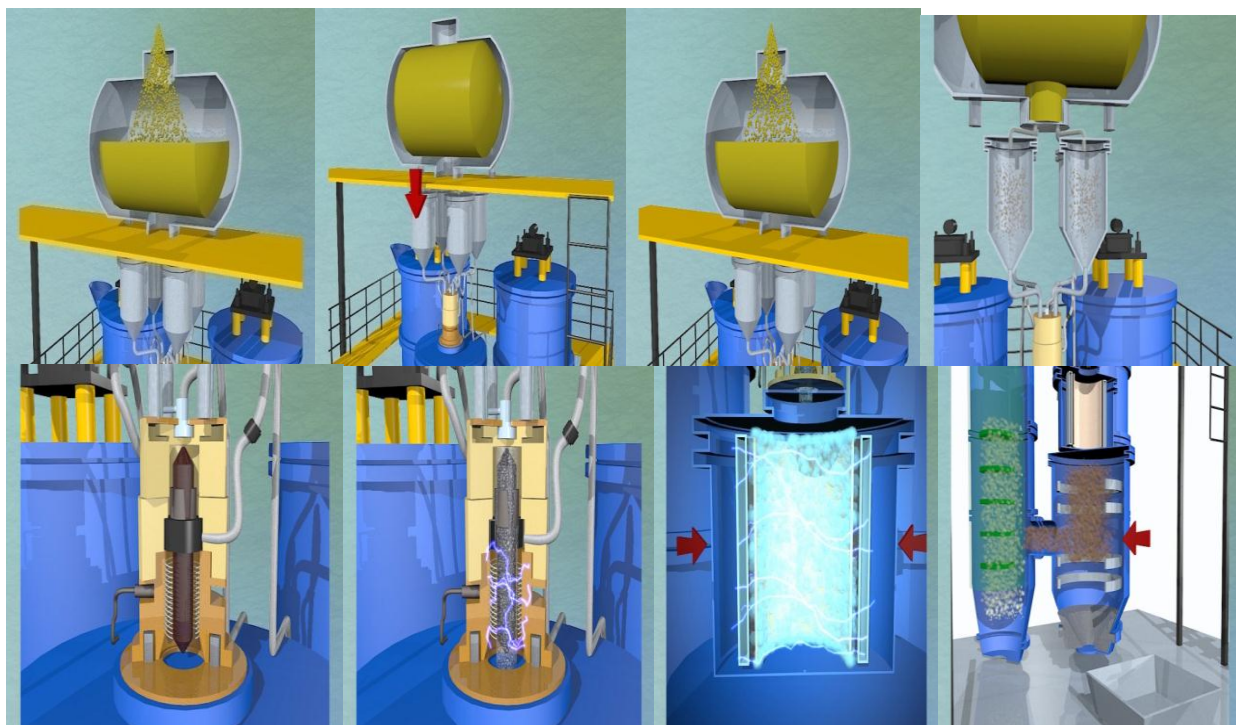
- 1) qattiq eritma strukturali qotishmalar;
- 2) toblash va eskirtirish bilan puxtalanadigan qotishmalar.

Birinchi gurux qotishmalariga legirlovchi elimentlar (Ti, Zr, Nb, Mo, W, To, Re) shunday qo'shiladiki, mustaxkamligini ko'tarib, plastikligini va boshqa xususiyatlarini kamaytirmaydi.

Ikkinchi guruxdagi vannadiy asosidagi qotishma 800-1000°C da xam; xrom asosidagisi 1000-1100°C da xam ishlaydi. Niobiy asosidagisi 1300-1500°C da ishlaydi. Molibden asosidagisi 1300-1600°C da, tantal asosidagisi 2000°C da, volfram asosidagisi 2000-2400°C da xam ishlaydi. Volfram eng issiqbardosh metall xisoblanadi: 2000-2500°C.

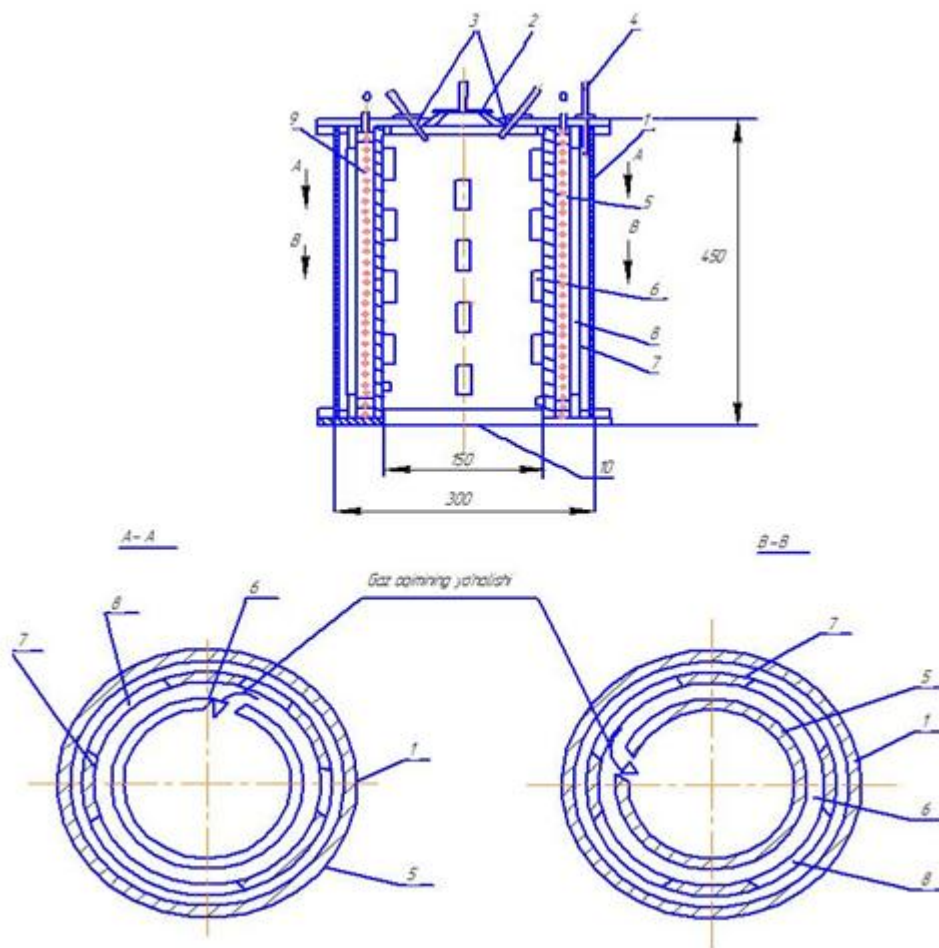
ПІУВ-300 qurilmasi.

ПІУВ-300 plazmaviy tiklash qurilmasi seriyali plazmaviy qurilmalarning bosh namunasi bo‘lib “OTMK” AJda ishlatilmoqda. Qurilmaning umumiy ko‘rinishi va ishlash prinsipi 6.1-rasmda keltirilgan.



6.1-rasm. ПІУВ-300 plazmakimyoviy qurilmasi va uning ishlash prinsipi: 1 - xomashyo bunkeri; 2 - kukun ta'minlagichlar; 3 - plazmogenerator; 4 - reaktor; 5 - cho'kish kamerasi; 6 - filtr bloklari; 7 - shnek; 8 – idish

Pnevмотransport bilan xomashyo bunkerga (1) yetkazib beriladi. Xomashyo o'z og'irligi ta'sirida uzluksiz to'rtta kukun qabul qilgichga (2) tushib turadi. Kukun qabul qilgichlardan xomashyo vodorod gaz yordamida kirish uzeli orqali plazmageneratorga (3) yetib boradi va vodorod gazi hosil qilgan plazma oqimiga aralashadi. Natijada qizish, erish, bug'lanish – plazma xolatiga o'tadi. So'ngra plazma xolatidagi maxsulot reaktorga (4) o'tadi va tiklanish kimyoviy reaksiyasi hamda kukunning kondensasiyalanishi jarayonlari sodir bo'ladi. Reaktor bo'ylab haraktlanayotgan kukun zarrachalari bir-biri bilan to'qnashib, ultradisperss zarrachalar bug'-gaz oqimi ta'sirida filtrlarga o'tadi. Qurilmada ikkita maxsulotni bo'shatish nuqtasi bor: 1) cho'kish kamerasi, 2) filtrlar. Kukunning cho'kish kamerasi (5) va filtrda (6) to'planishiga qarab u qabul qiluvchi idishlarga bo'shatiladi.



6.2-rasm. Yangi tipdagi plazmakimyoviy reaktor: 1-korpus, 2-plazmagenerator, 3-koaksial tirqishlar, 4-soplo, 5,7-silindrlar, 6-teshik, 8-kesik, 9-elektrokalofer, 10-chiqish teshiklari

Reaktordagi plazma xolatidagi maxsulotning tiklanish jarayoni juda qisqa vaqtda sodir bo'ladir. Reaktordagi plazma xolatidagi maxsulot haroratining tez tushib ketishi oqibatida ma'lum miqdordagi volfram kukunlari tiklanmay qoladi. Ushbu xolatni to'g'rilash maqsadida quyidagi tuzilishga ega bo'lgan, yangi turdagi reaktor taklif etilmoqda. 6.2-rasmda yangi turdagi plazmakimyoviy reaktorning ko'ndalang kesimi bo'yicha chizmasi keltirilgan.

Plazmagenerator molibden va zanglamas po'latda tayyorlangan ikkita silindrlardan tashkil topgan. Korpusning markaziy o'qi bo'ylab koaksial o'rnatilgan ikkita yarim silindrlar (5) va (7) o'rnatilgan. Markazda o'rnatilgan (5) silindrda, uning butun yuzasi bo'ylab gazsimon reagentni uzatish uchun shaxmat tartibida joylashtirilgan sopel vazifasini bajaruvchi tangensial teshik (6) lar o'rnatilgan. Silindrlar oralig'iga haydalayotgan vodorodni qizdirish uchun molibden simidan yasalgan qizdirgich o'rnatilgan.

Olingan kukunlarni tadqiq qilish shuni ko'rsatdiki, yangi turdagi reaktor bilan jihozlangan qurilma cho'kish kamerasida deyarli kukun topilmadi, bu

volfram uch oksidini qariyb to'liq tiklanganligi va volframning UDKlari fil'rlarga tushganligidan dalolat beradi. Shunday qilib yangi plazmokimyoviy reaktorda o'tkazilgan texnologik sinov tahlillaridan kelib chiqib quyidagi xulosalarni qilish mumkin:

- xomashyoni qayta ishlash miqdori 95% ga ortadi;
- jarayonni boshqarish yaxshilanadi hamda volfram UDK olindi;
- granulometrik tarkibning bir xilligi ortdi;
- tiklash jarayoni ketadigan vaqt qisqardi;
- to'liq tiklangan plazma kukuni quyidagi tavsiflarga ega bo'ldi: maxsulot tarkibidagi kislorod miqdori 0,5 % va Fisher bo'yicha volfram donalarining o'lchami 0,07-0,09 mkm.

Maxsulot ishlab chiqarish jarayonida material yoki yarim tayyor mahsulot, xomashyo shakli, xossalari va holatini o'zgartiradigan usullar majmuyiga texnologiya deyiladi.

6.3. O'ta qattiq materiallar. Sintetik olmos va nitrid bor kompozitlari

O'ta qattiq materiallar sintez qilish asoslari

Metall va qotishmalardan yasalgan turli turdagi asboblarga termik ishlov berishda, ularni ma'lum temperaturagi qizdirib, metall asosda to'liq faza o'zgarishlari ruy bergunga qadar shu temperaturada tutib turib, sovutish tezligi turlicha bo'lgan muhitlarda (moy, suv, tuz, qum, havo va b) sovutish orqali asbob struktura va xossalarini zarur tomonga o'zgartirish oqibatida ularni ishlash muddatlarini oshirishdan iborat. Buyumga ko'rsatilgan termik ta'sirlar natijasida olingan ijobiy samara issiqlik ta'siri to'xtatilgandan keyin ham saqlanib qolishi zarur. Ko'pchilik asbob (shtamp, matritsa, kesgich, filer, parma va b) larni tayyorlashda texnologik jarayon shunday quriladiki, asboblarning yuqori kuchlanish ta'sirida ishlaydigan ishchi qismlarida qoldiq ichki siquvchi kuchlanishlar miqdorini oshirish orqali, ularning eyilishbardoshligi, mustahkamligi va boshqa xossalari oshiriladi.

Quyma bimetall kompozitsiyalarni termik ishlov berish orqali, ularning ishlash muddatlarini oshirish qaratilgan ilmiy tadqiqot ishlari deyarli ko'p emas. Mavjud texnologik rejimlar ham asbobsozlik materiallariga beriladigan standart rejimlardan farq qilmaydi. Quyma bimetall kompozitsiyalarni termik ishlov berish rejimlarini ishlab chiqishda, ularni bir nechta turli materiallardan iborat ekanligiga e'tibor berilishi lozim. Buni hisobga olmaslik turli materiallardan tuzilgan kompozitsiyalarning potensial imkoniyatlarini ochishga hamda termik ishlov natijasida zarur samaraga erish mumkin emas.

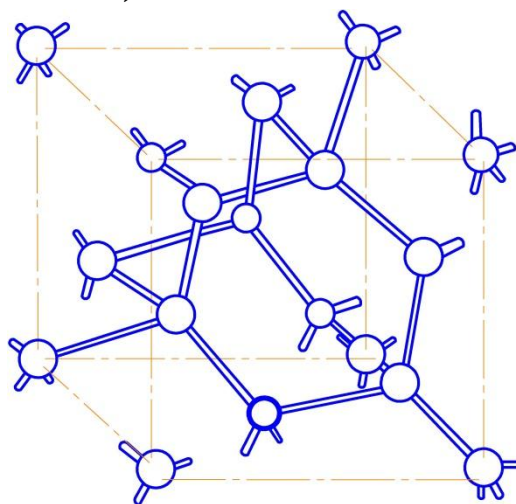
Quyma bimetall kompozitsiyalarni termik ishlov berish texnologiyasida, yuqorida aytilgan kamchiliklarni tuzatish maqsadida prof. V.V. CHekurov

tomonidan bir nechta termik ishlov rejimlari taklif etilgan. Biroq ularni amalga oshirish texnologik nuqtai nazardan murakkab.

Mazkur kitob mualliflari tomonidan ushbu yo‘nalishni rivojlantirish maqsadida quyma bimetall kompozitsiyalardan tayyorlangan asboblarga termik ishlov berish bo‘yicha bir nechta termik ishlov rejimlari ishlab chiqildi.

Sun’iy texnik olmos olishda ishlatiladigan matritsa. Olmos muhim fizikaviy, kimyoviy, termik, elektr va mexanik xossalarga ega. Olmos uglerodning kristall modifikatsiyasi hisoblanadi. Olmos va grafit toza uglerod bo‘lib bir-biridan kristall tuzilishi bilan farqlanadi.

Olmos kub kristall panjaraga ega. Uglerodning 18 ta atomlaridan 8 tasi kubning qirralarida, 6 tasi tomonlari markazlarida va 4 tasi 8 ta kubning 4 tasining markazlarida joylashgan (6.3-rasm).



6.3-rasm. Olmos kristall panjarasi

Olmos kristall panjarasining parametri 3,57Å ga teng va atomlar orasidagi eng qisqa masofa 1,54 Å ni tashkil etadi, bu esa $1,54 \times 10^{-4}$ mkm teng. Olmos kristall panjarasining koordinatsion soni 4 ga teng. Bu degani xar bir uglerod atomi to‘rtta ekvivalent atom bilan bog‘langan. Bu bog‘lanish burchagi $109^{\circ}30'$ tashkil etadi. Olmos juda qattiq material, bunga asosiy sabab uglerod atomlari mustaxkam kovalent bog‘langan. Moos shkalasi bo‘yicha olmos eng yuqori qattiqlik 10 ga teng.

Olmos yuqori qattiq bo‘lishi bilan birgalik yuqori abraziv material va eyilishga chidamligi juda yuqori. Toblangan po‘latlarga ishlov berishda odatiy abraziv materiallarga nisbatan 100-200 marta, yuqori qattiqlik hamda mustahkam keramika nisbatan 250 ming marta eyilishbardoshligi katta.

Olmosning elastiklik moduli tabiatda mavjud barcha qattiq moddalar elastiklik modulidan katta. U B va Si karbidlari elastiklik modulidan 2,5-3,0 baravar hamda qattiq qotishma elastiklik modulidan sezilarli darajada katta.

Olmos juda kichik ishqalanish ko'effitsientiga ega. Olmos bilan olmos yoki olmos po'lat bilan havoda ishqalanganda yog'lovchi moddaga bog'liq bo'lmagan holatda bor yo'g'i 0,03 ga teng. Buni olmos yuzasida singan oksid va gidrooksidlarning yupqa qatlamlari mavjudligi va uning strukturasi mustaxkam himoyalaniishi bilan tushuntiriladi. Biroq vakuumda oksid va gidrooksidlar yupqa qatlamlari paydo bo'lmisligi sababli ishqalanish ko'effitsienti sezilarli darajada ortadi.

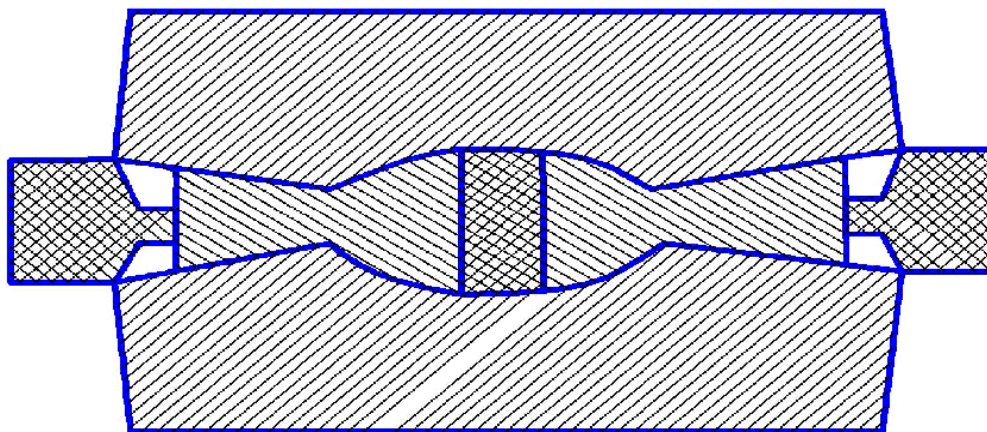
Olmos texnikada asboblari tayyorlashda, yuqori aniqlikka ega qurilmalar tez yeyiladigan elementlarini (qurilmalar uchliklari, xronometr podshipniklari, qattiqlikni o'lchash identorlari va b) yasashda ishlatiladigan konstruksion material sifatida qo'llaniladi. Hozirgi paytda dunyoda ishlatilayotgan olmoslarning 80% texnika sohasida ishlatiladi.

Sun'iy olmos olishda yuqori bosimli apparat (YUBA) ishlatiladi:

- turli shaklga ega yassi sandonli;
- konusimon puassonli silindrik xalqada xarakatlanuvchi;
- silindr-porshen turidagi apparatlar;
- ko'p puansonli apparatlar va b.

Ulardan yassi sandonli YUBA-lar yuqori ish unumdorligi va olmos kukunlarini olishda yaxshi sifatga ega bo'lishini ta'minlaydi.

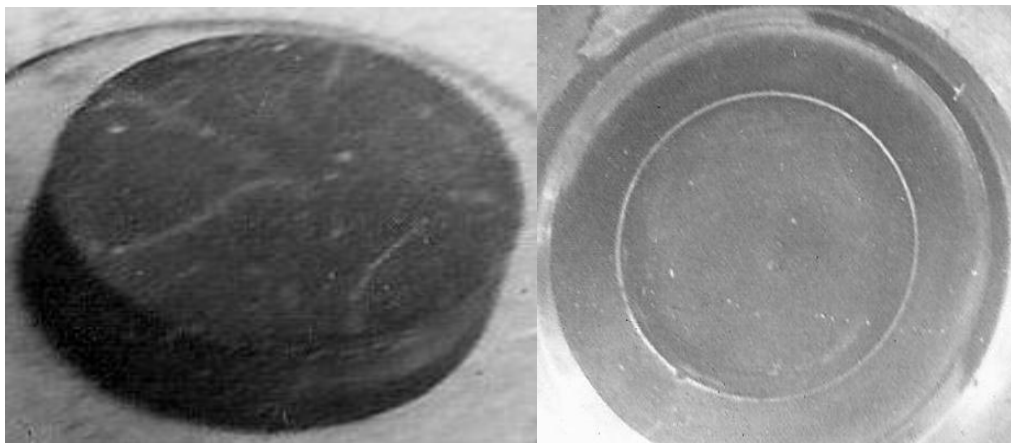
YUBA ikkita matritsadan, reaksion tarkibli konteyner, elastik materialdan tayyorlangan muftadan tashkil topadi (6.4-rasm).



6.4-rasm. Yuqori bosimli apparat chizmasi

YUBA-larda ishlatiladigan matritsalar eksterimal sharoitda ishlaydi. Matritsaga ta'sir etayotgan bosim 4-12 GPa va i temperatura (1200-2000⁰C) tashkil etadi. Matritsalar kuchlanishi 5 dan 100 MNgacha bo'lgan presslarga joylashtiriladi.

Ishlab chiqilgan matritsalar ikki variantda ishchi qism sifatida BK6 qattiq qotishmasi va tez kesar po'lat P6M5 (6.5-rasm) ishlatildi.



6.5-rasm. Ishchi qismi tezkesar po‘lat P6M5 bo‘lgan matritsa

Ishchi qism elementlarida siquvchi kuchanish hosil qilish maqsadida belbog‘ sifatida po‘lat tana ishlatiladi. Tezkesar po‘latli matritsa diametri (6.6-rasm) 184 mm [10-12].

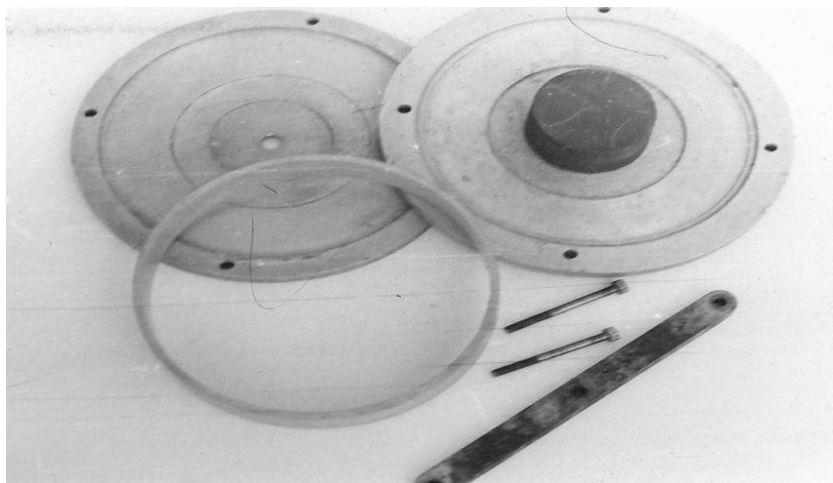


6.6-rasm. Matritsa diametri 184 mm bo‘lgan tezkesar po‘lat P6M5-po‘lat 40XHM kompozitsiyasi

Tezkesar po‘latdan tayyorlangan qo‘yilma P6M5 laboratoriya sharoitida atseton va kaustik soda bilan tozalanadi, ishlab chiqarish sharoitida ultratovushli vannada 8-10 daqiqa davomida ushlab turiladi. Keyin 8-10 daqiqa davomida emulgator qo‘shilgan xolatda tutib turiladi va quritiladi. Matritsani olishda oraliq qatlam sifatida mis va nikel simlari ishlatiladi. Mis va nikel simlari diametri (0,1-0,6) mm ni tashkil etadi. Qo‘yilmalar press-qolipga o‘rnatilishdan oldin mis va nikel simlaridan tayyorlangan belbog‘ o‘rnatildi.

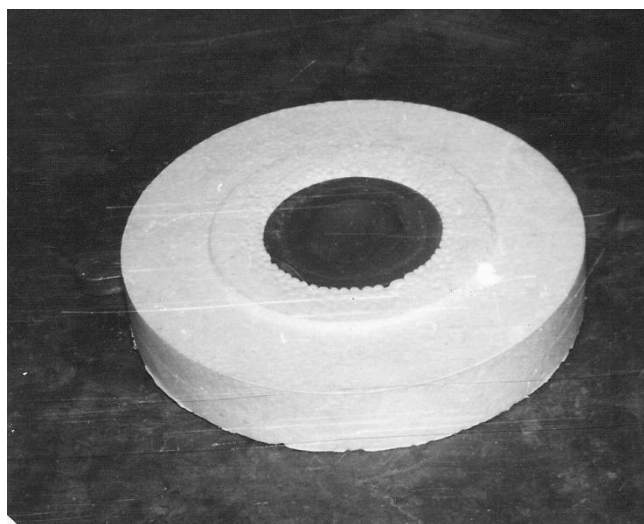
Press-qolip alyuminiy qotishmasidan tayyorlandi (6.7-rasm). Press-qolip shakli va o‘lchamli bo‘lajak quyma mos ravishda ishlanadi. Press-qolipni loyihalashda quyma krisstallanishi va sovushi jarayonida kirishishi hamda mexanik

ishlov uchun qo'shimcha o'lchamlar hisobga olinadi. Press-qolipni loyihalashda qo'yilmani aniq o'rnatish uchun bo'rtiq-lari hisobga olinadi.



6.7-rasm. Penomodel uchun press-qolip

Quyma modeli dastlabki ishlov berilgan granula shaklidagi polistirol ishlatiladi. Polistirol markasi ПСБЛ-0,315(0,5) markali polistirol qaynoq suvda yoki bug'li vannada dastlabki ishlov beriladi, keyin issiq havo ($30...40^{\circ}\text{C}$) oqimida 4...6 daqiqa quritiladi.



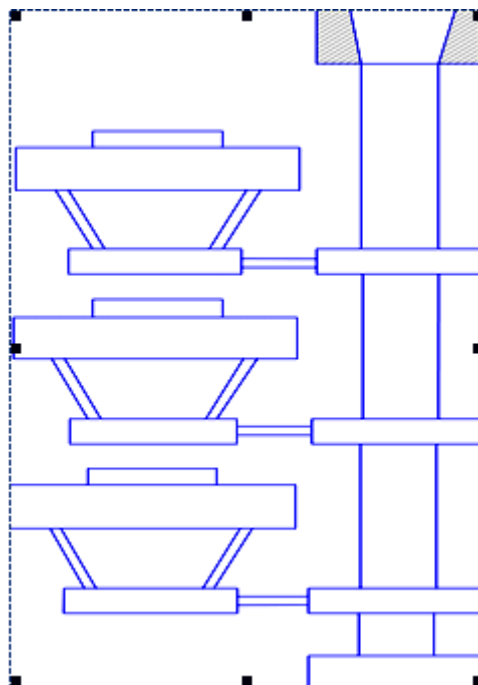
6.8-rasm. Tezkesar po'lat P6M5 bo'lgan matritsa

Ishlov berilgan granula shaklidagi polistirol press-qolipga yuklanadi va oxirgi ishlov avtoklavda berilib tayyor model olindi. Tayyor model press-qolipdan chiqarilgandan so'ng issiq havo ($30...40^{\circ}\text{C}$) oqimida 4...6 daqiqa quritiladi va kuyishga qarshi maxsus qoplama-buyoq bilan qoplanadi. Model issiq havo ($30...40^{\circ}\text{C}$) oqimida 1 soat davomida quriladi.

Tayyor modellar qollektorga biriktirilib, stoyakga (6.9-rasm) yig'iladi. Stoyaga yig'ilgan modellar quymakorlik qolipga o'rnatilib qvars qumi bilan

to'ldirildi va titrash ta'sirida jipslanadi. Quyish tizimi elementlari (ta'minlagich, shlak tutgich, stoyag kanali diametri quyim va b) ko'ndalang kesimi o'lchamlari po'lat quymalar uchun adabiyotlarda o'rnatilgan tartib asosida hisoblanadi. Modelga suyuq metall sifon usulida yuboriladi.

Eritilga po'lat 1600-1650°C quyish tizimi orqali qolipga quyiladi. Po'latni eritish ICT-0,16 induksion pechda amalga oshiriladi. Qolipdan quymalar to'liq sovigandan keyin ajratib olinadi. Quymalarni tozalash drobli kamerada amalga oshiriladi. Mexanik ishlov orqali matritsalar talab etilgan o'lcham va yuza tozaligiga keltiriladi.



6.9-rasm. Penomodelning stoyakda yig'ilishi sxemasi

Tayyor asbob termik ishlangandan keyin jilvirlash dastgohlarida oxirgi ishlov beriladi.

6.4. Nanokukunlar asosida olingan yangi konstruksion materiallar.

Nanotexnologiya. Nanomateriallar va nanokompozitlar.

Nano o'lchamli materiallarni olish usullari.

Nanomateriallarni olish usullariga bo'lish negizida nanomaterialni sintez bo'lish jarayoni yotadi. shu nuqtai nazardan olish usullari quyidagi turlarga bo'linadi: mexanikaviy, fizikaviy, ximiyaviy va biologik.

Mexanikaviy usul materiallarga katta deformatsiyalovchi kuch ta'siriga asoslangan: bosim, egish, vibratsiya, ishqalash, kavitatsion jarayonlar va x.k. Fizikaviy usullar asosida fizikaviy o'zgarishlar yotadi: bug'lanish, kondensatsiya, toblash, termotsikllash va boshqalar. Ximiyaviy usullar ximiyaviy reaksiyalarga asoslangan: elektroliz, qaytarilish, termik parchalanish. Biologik usul oqsil tanachalarida o'tadigan biologik jarayonlarga asoslangan.

Nano o'lchamli paroshoklarni yig'ish usullari. Nanomateriallar olish usullarini ko'pchiligini natijaviy maxsuloti bu- paroshok. Ba'zi materiallarni nanostukturalarini katta xajmda yaratish qiyin, ba'zan esa mumkin emas.

Nanoparoshoklardan xajmiy materiallar olish uchun, birinchi navbatda, xar-xil presslash jarayoni variantlari qo'llaniladi.

Jipslashgan buyum olish uchun, presslashni, pishirishni ("spekaniye"), prokatlashni xar-xil texnologik jarayonlarini qo'llaniladi.

Amaliyot ko'rsatadiki, materialni dispersligi ortishi bilan jipslashishligi kamayadi.

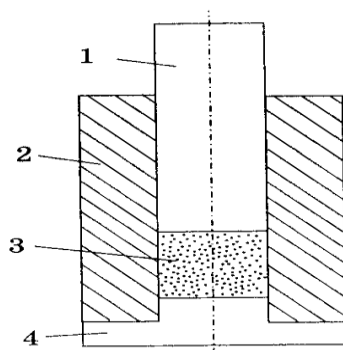
Presslash-bu kukunga bosim ta'sirida forma berish-formalash. Natijada talab qilingan forma, o'lcham va zichlik olinadi.

Presslash statik va dinamik gruppalariga bo'linadi. Bularning xar biri yana guruxlarga bo'linadi:

1. Presslash xaroratiga qarab: soviq va issiq presslash.

2. Qo'yilgan kuch xarakteriga qarab: bir o'qli, ikki o'qli, xartomonlama.

Bir o'qli presslash sxemasi rasmda berilgan.



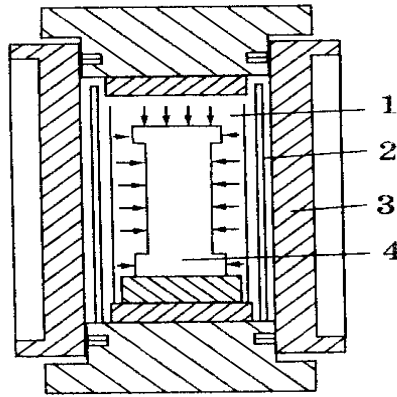
6.10-rasm Press-forma sxemasi: 1-ustki puanson, 2-matritsa, 3-presslanuvchi kukun, 4-ostki puanson.

Kukun pressformaga joylashtiriladi. Nanomateriallar presslanganda jarayon vaakum kamerasida olib boriladi.

Bu usul bilan quyidagi nanokukunlar $Dy_2O_3 + TiO_2$ aralashmasi kompaktlashtirilgan-presslangan.

Agar buyum balandligini ko'ndalang kesim o'lchamiga nisbati birdan katta bo'lsa, ikki o'qli presslanadi, kamroq kuch sarflanadi.

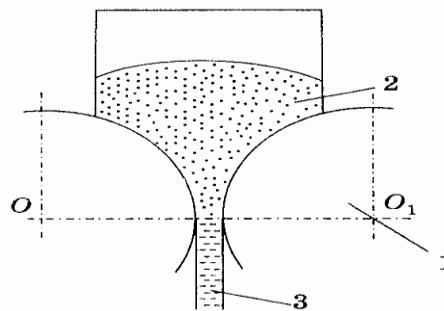
Xar tomonlama qisib presslanganda kuch kam sarflanib, sifati yuqori bo'ladi. Bunga misol gidrostatik presslash (6.11 rasm).



6.11 rasm Paroshokni gidrostatik presslash qurilmasi sxemasi:

1-qizdirgich, 2-issiq izolyatsiyali qatlam, 3-ish kamerasi, 4-qobiq po'stloq kukun bilan yoki zagatovka.

Kukunlarni prokatlash usuli xam bor (6.12 rasm).



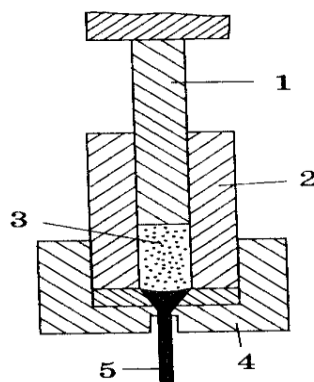
6.12rasm Nanokukunlarni prokatlash sxemasi:

1-va l, 2-yuklovchi qurilmadagi kukun, 3-olinadigan zagatovka.

Dastlabki material yuklovchi moslamadan bir-biriga qarshi aylanayotgan jo'valar orasiga yo'naltiriladi. Ishqalanish kuchlari bilan kukun ergashtirilib polosaga-lentaga zichlanadi.

Bu usul bilan xar-xil qatlamlar olinadi va diffuzion payvandlanadi.

Mundshtukli forma berish qiyin presslanadigan materiallar(qiyin eriydigan materiallar va qotishmalar, qattiq qotishmalar) ga qo'llaniladi. Kukun ma'lum forma va o'lchamdagi teshikdan qisib chiqariladi (6.13 rasm).



6.13-rasm. Nanokukunlarni mundshtukli presslash sxemasi:

1- puanson, 2-po‘lat stakan, 3-paroshok, 4-matritsa, 5-olinayotgan zagatovka.

Kukun elastik (masalan rezinali) qobiqqa (xaltachaga) to‘kiladi. Qobiq ish kamerasida. Qurilma germetik yopiladi. Suyuqlik (yog‘, suv, glitsirin) bosim ostida beriladi va paroshokni elastik xalta bilan xar tomonlama, bir tekis presslaydi.

Nanomateriallar haqida umumiy tushunchalar. “Nanotexnologiya” termini birinchi marta yapon olimi N. Tanituchi tomonidan 1974 yilda ishlatilgan. “Nano” so‘zi milliarddan bir qism, milliardni bir qismi degani va $(\text{HM})=10^{-9}\text{m}$. degani.

Eslatamiz, angstrom= 10^{-8}sm ($1\text{millimetr}=10^{-3}\text{m}$, $1\text{mikrometr}=10^{-6}\text{m}$). Demak, nano bu uzunlik birligi. Buni “sezib” taqqoslash uchun, shuni aytish kerakki inson sochining qalindligi-diametri taxminan 50000 nanometrga teng.

Nanotexnologiya asosida konstruksion materiallarga miyaga (xayolga) kelgan xossalarni berish mumkin. Xozirda nanotexnologiyaga yiliga 9-10 milliard dollar sarf qilinayapti: AQSH da 4-5 milliard, Yaponiyada 2-3 milliard boshqa rivojlangan davlatlarda 2 milliard. Lekin nanotexnologiyadan keladigan foydani 2020-25yillar davomida bir necha trillion dollar kutilyapti.

Nanotexnologiya sanoatda 1994 yildan boshlab qo‘llanila boshlagan.

Nanomateriallar – bular moddalar va moddalar kompozitsiyasidir, qaysilarki, suniy yoki tabiiy tartibga solingan yoki solinmagan nanometrik xarakteristikali o‘lchamli bazoviy elementlar tizimi – sistemasidir. Bularda nanometrik o‘lchamli elementlarni kooperatsiya qilganda (birlashtirganda-yiqqanda) ularni o‘zaro fizikaviy va ximiyaviy ta’siri aloxida (maxsus) namoyon bo‘ladi. Bularning xammasi materiallar va sistemalarda ilgari ma’lum bo‘lmagan xossalarni paydo bo‘lishini ta’minlaydi: mexanik, ximik, elektrofizik, optik, teplofizik va x.k.



6.14-rasm. Nanomateriallarga misol.

Xozirgi paytda nanomateriallarni (molekulyar o'lchamli yoki unga yaqin darajada strukturalashtirilgan) xar-xil perspektiv-istiqbol usullaridan foydalaniladi. Usullarni nanoob'ekt yuzaga kelish prinsiga qarab asosan ikki gruppaga bo'linadi. 1) Materiallar yuzalarida nanostruktura xosil qilish: neytron atomlar, ionlar elektronlar tutamlari bilan ishlash plazma bilan xurushlash ("travleniye") va boshqa usullar bilan ishlash. 2) Nanoobekt-nanomaterialni atomma-atom yoki molekulama-molekula yig'ish. Nanoobektlarni ikki usulda olinadi.



6.15-rasm.Led lampochkalar

Xayotimizni yorituvchi nanomateriallardan tayyorlangan lampochkalar

1) **Sun'iy usullar:** olinayotgan nanoobekt xarakteriga qarab xar xil usullar qo'llaniladi; fizikaviy, ximiyaviy, biologik va boshqalar. Ba'zi xollarda birnechtasi birgalikda. Nanoobektlarni o'ta vaakum sharoitida, suyuq muxitda yoki gaz atmosferasida olish mumkin.

2) **O'z – o'zidan yig'ilish:** Bunga nanotexnologiyada katta e'tibor beriladi. O'z-o'zidan yig'ilish molekulalarni xamma vaqt energiyasi kam satxga o'tishga intilish prinsipiga asoslangan.

O'z – o'zidan yig'ilishda nanokonstruktor yuzaga yoki oldindan yig'ilgan nanokonstukturaga ma'lum atomlar yoki molekulalar kiritiladi. So'ngra molekulalar o'zlarini ma'lum xolatda tekislaydilar-to'g'rilaydilar, ba'zan kuchsiz bog'lanish xosil qilib, ba'zan kuchli kovalent bog'lanish qilib.

O‘z – o‘zidan yig‘ishning yana bir turi – bu kristallarni o‘stirishdir. Kristallarni eritmadan o‘stirish mumkin, dastlabki (murtak, xomila) kristalldan foydalanib. Bunda katta emas kristall tarkibida o‘zi materiali ko‘p bo‘lgan muxitga (ko‘proq eritmaga) joylashtiriladi. So‘ngra bu komponentlarga kichkina kristall yoki murtakka-xomilaga taqlid (“imitatsiya”-o‘xshash) qilishga ruxsat qilinadi. Mikrochipplarni yaratishda ishlatiladigan kremniyli blokklar shu tarzda o‘stiriladi.

Nanostrukturalarni tabiiy xosil bo‘lishi. Bu xodisa ko‘proq rudalarni xosil bo‘lishiga tegishli. An‘anaviy yondoshish bo‘yicha kristallanish quyidagi yo‘llar bilan amalga oshadi.

-moddolarni kondensatsiyasidagi (energiya yig‘ishdagi) xosil bo‘lgan parlardan.

-eritmalaridan, ularni sovib-qotishidan.

-eritmalaridan, erigan moddani cho‘kish natijasida.

-qattiq xolatdagi diffuzion o‘zgarishlaridan.

Bular tog‘ jinslarini barchasiga, shu bilan birga oltinga xam tegishli.

Nanomateriallarni qo‘llanilishi. Xozirda nanomateriallar juda ko‘p soxalarda qo‘llaniladi; sanoatda, nanoelektronikada, nanooptikada, nanobiologiyada, nanospektroskopiyada, nanomeditsinada, nanoelimentlarda va x.k.

Nanomateriallarni sanoatda qo‘llanilishi aloxida ahamiyatga ega. Bu materiallarning xossalari prinsipial farq qilgani uchun sanoatni ko‘p soxalarida ishlatiladi.

Albatta birinchi navbatda nanomateriallarni qo‘llash yuqori mexanik xossali yangi konstruksion materiallarni yaratishga imkon beradi. Nanostrukturali moddadan yasalgan rezbali maxsulot (detal) yuqori mustaxkam bo‘ladi. Masalan avia va avtomobilsozlikda ishlatiladigan titandan yasalgan maxsulot nanostrukturali qilib olinsa, uning chidamliligi uzoq umr ko‘rishi (dolgovechnost) 1,5 marta oshadi, rezbani yasash mexnat sig‘imi kamayadi.

Nanostrukturali alyuminiy qotishmalaridan murakkab formadagi engil maxsulotlarni yuqori tezlikda o‘ta plastik deformatsiyalab (bosim bilan ishlab) detallar yasash mumkin. Bu sharoitda shtampli barcha teshik, burchak va x.k. lari to‘liq to‘ladi, deformatsiya kuchi pasayadi, forma xosil qilish xarorati pasayadi (450°C dan 350°C gacha). Bu pulku! Xozirda bu usul bilan ichki yonar dvigateli porshenlari (murakkab formadagi) yasaladi.

Nitridli legirlangan keramik nanostrukturali moddalardan tuzilgan material olovbardosh bo‘ladi va ulardan ichki yonar dvigatellar, gaz turbinalari, keskich plastinkalari yasaladi.

Metallurgiyada esa nanomaterialdan yasalgan o'tga bardosh material-keramika qo'llaniladi.

Xozirda mashinasozlikda nanoparoshoklar ko'p funksiyali qo'shicha sifatida juda keng qo'llaniladi: motor, transmissiya va industrial yog'larga, plastik moylarga, bosim ostida ishlaydigan jarayonlarda ishlatiladigan texnologik moylarga, metallarni qirqishdagi moylovchi-sovituvchi suyuqliklarga, sayqallashdagi pasta va suspenziyalarga qo'shiladi.

Tarkibida plastmassa va polimerlar bo'lgan kompozitsion materiallarga metallarning nanokukunlarini qo'shish ancha istiqbolli yo'nalishdir. Bu yo'l bilan plastik magnit, elektr o'tkazadigan rezina, tok o'tkazadigan kraska va kley va x.k. xossalari kompozitsion materiallar olish mumkin. Metallarni nanokukunlari qo'shib yonmaydigan polimerlar olinadi.

Umuman, nanomaterialli qoplamalar bir tekisda, bir xil qalinlikda, bir xil zichlikda etadi, olovbardosh bo'ladi.

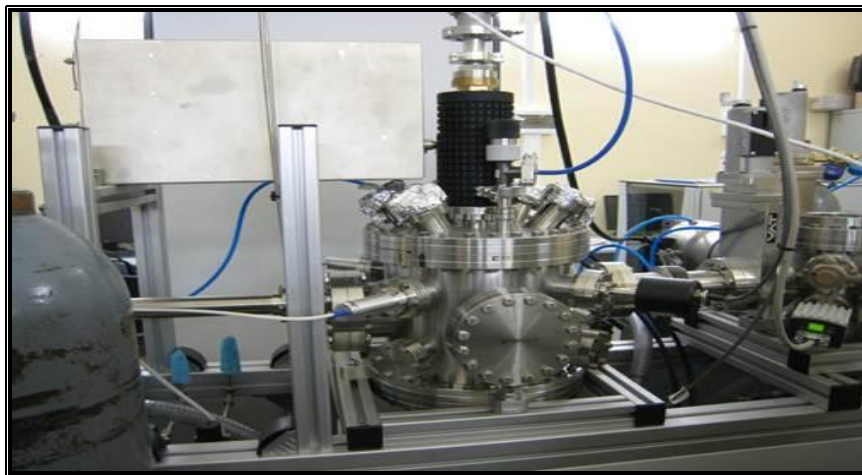
AQSHning Yelekiy universtiteti olimlariga meditsinada nanomateriallarni (texnologiyani) qo'llashni o'rganishga 6,5 mln. dollar xajmida pul ajratilgan. Olimlar insonlarning tirik to'qimalariga impluatatsiya qilinadigan biomimetik nano o'tkazgichni yaratyaptilar.

Bundan buyoq quyosh energiyasidan foydalanish energetika sohasidagi dolzarb masala bo'lib qolaveradi. Nanotexnologiya asosida yaratilgan mis-indiy-dieselenid-galliy (CIGS-plyonka) plyonkasini fotoelektrik effekti (samaradorligi) xozirgi zamon quyosh elementlarinikidan 20% ga ko'proq.

Nanokukunlar asosida olingan yangi konstruksion materiallar. Nano o'lchamli materiallarni olish usullari. Nanomateriallarni olish usullariga bo'lish negizida nanomaterialni sintez bo'lish jarayoni yotadi. Shu nuqtai nazardan olish usullari quyidagi turlarga bo'linadi: mexanikaviy, fizikaviy, ximiyaviy va biologik.

Mexanikaviy usul materiallarga katta deformatsiyalovchi kuch ta'siriga asoslangan: bosim, egish, vibratsiya, ishqalash, kavitatsion jarayonlar va x.k. Fizikaviy usullar asosida fizikaviy o'zgarishlar yotadi: bug'lanish, kondensatsiya, toblash, termotsikllash va boshqalar. Ximiyaviy usullar ximiyaviy reaksiyalarga asoslangan: elektroliz, qaytarilish, termik parchalanish. Biologik usul oqsil tanachalarida o'tadigan biologik jarayonlarga asoslangan.

1. Mayda zarrachalarga bo'lishni (disperslashni)mexanik usullari. O'z navbatida bu nanomateriallarni olish usullari quyidagi guruxlarga bo'linadi: mexanikaviy aydalash, shiddat jadal bilan deformatsiyalash, xar xil muxitlarni mexanikaviy ta'sirida.



6.16-rasm. Zarrachalardan detal olish texnolgiyasi

2. Nanomateriallarni mexanikaviy maydalash bilan olish. Bu usul maydalanayotgan qattiq materiallarga katta urilish kuchi va katta ishqalanish ta'siriga asoslangan. Bunda mexanik ta'sir impulsli bo'lishi kerak. Mexanik ta'sir zarrachaning ma'lum bir joyiga-nuqtasiga ta'sir qiladi. Kuch impulsli va lokal bo'lganidan kichkina vaqtda nisbatan katta kuch ta'sir qiladi.

Mexanikaviy maydalash xar-xil qurilma va moslamalarda olib boriladi: sharoviy, planetar, vibratsiyali, girdob, giroskopik, oqimli tegirmonlarda bajariladi., attritorlarli qurilmalarida bajariladi. Tegirmonlarni ichida eng soddasi va keng tarqalgani bu sharli tegirmonlardir.

Tegirmon silindr bo'lib, ichida maydalovchi jism bo'ladi: ko'pincha po'lat yoki qattiq qotishmali sharlar. Silindr aylananda bu sharlar aylanish bo'yicha baraban bo'ylab ko'tarilib, eng tepasiga chiqqanda o'z og'irligi bilan pastga otilib tushib, maydalanuvchi materialni urib, maydalab deformatsiyalaydi. Maydalanish tezligi barabanning aylanish tezligiga bog'liq. Maydalangan zarracha formasi, g'adir-budir bo'ladi.

Attritorli qurilmalar, sharoviy tegirmonlarning bir turidir



6.17-rasm. Tegirmon ko'rinishi

3. Nano o'lchamli paroshoklarni yig'ish usullari. Nanomateriallar olish usullarini ko'pchiligini natijaviy maxsuloti bu paroshok. Ba'zi materiallarni nanostukturalarini katta hajmda yaratish qiyin, ba'zan esa mumkin emas.

Nanoparoshoklardan hajmiy materiallar olish uchun, birinchi navbatda, xar-xil presslash jarayoni variantlari qo'llaniladi.

Jipslashgan buyum olish uchun, presslashni, pishirishni ("spekaniye"), prokatlashni xar-xil texnologik jarayonlarini qo'llaniladi. Amaliyot ko'rsatadiki, materialni dispersligi ortishi bilan jipslashishligi kamayadi.

Qattiq materiallarni olishda magnit-impusli presslash ishlatiladi. Impulsli magnit maydonidan "provodnik" ni otilib chiqishiga asoslangan.

Diamagnit magnit maydonidan itarilib chiqqan kabi. Induktorni impulsli magnit maydoni bilan konsentrator yuzasini o'zaro ta'siri natijasida mexanikaviy impuls kuchi press-formada yig'iladi. Elektr zanjir ulanganda konsentrator magnit maydoni zonasidan itarib chiqariladi va kukun presslanadi. Impuls bir necha mikrosekund davom etadi: bosim $R=1-2\text{ GPa}$.

Mundshtukli forma berish qiyin presslanadigan materiallar (qiyin eriydigan materiallar va qotishmalar, qattiq qotishmalar) ga qo'llaniladi. Kukun ma'lum forma va o'lchamdagi teshikdan qisib chiqariladi.

Fulleren—oldindan ma'lum bo'lgan olmos va grafit singari uglerodnig bu shakli 1985-yilda astrofiziklar tomonidan yulduzlararo chang spektrini tushuntirish vaqtida aniqlangan. Uglerod atomi yuqori simmetrik C_{60} molekulasini hosil qilishi mumkin. Bunday molekula 60 uglerod atomlaridan tuzilgan bo'lib ular o'zaro 1 nm diametrga teng sharda joylashgan va futbol koptogiga o'xshaydi. L. Eyler teoremasiga ko'ra uglerod atomlari 12 ta to'g'ri beshburchak va 20 ta noto'g'ri oltiburchaklar paydo qiladi. Uglerod molekulasini olti va besh burchakli uy qurgan arxitektor R. Filler sharafiga qo'yilgan. Dastlab fulleren kam miqdorda, 1990 yildan esa katta masshtabda ishlab chiqarish texnologiyasi yaratildi.

Fulleretlar. C_{60} molekulari o'z navbatida yoqlari markazlashgan kub panjaraga ega va yetarlicha kuchsiz molekulalararo bog'lanishga ega fullerit kristallarini hosil qilishi mumkin. Bu kristallda oktaedrik va tetraedrik bo'shliqlar mavjud va ularda boshqa atomlar bo'lishi mumkin. Agar oktaedrik bo'shliq ishqoriy metallar (($\blacklozenge=K$ (kaliy), Rb (rubidiy), Cs (seziy)) bilan to'ldirilsa xona haroratidan past haroratda bu moddalar strukturasini o'zgartiradi va yangi polimer material $\blacklozenge_1C_{60}$ paydo bo'ladi. Agar tetraedrik bo'shliq ham to'ldirilsa kritik 20–40 K haroratga ega yuqori o'tkazuvchan $\blacklozenge_3C_{60}$ material paydo bo'ladi. Yuqori o'tkazuvchan fulleritlarni joylashgan Maks Plank nomidagi institutda o'rganiladi. Materiallarga noyob xossalalar beradigan boshqa qo'shimchali fulleritlar ham mavjud. Misol uchun $\blacklozenge_1C_{60}$ -etilen ferromagnit xossaga ega. Kimyo sohasida olib

borilgan tinimsiz mehnat, 1997 yilga kelib 9000 ga yaqin fulleren birikmalarning aniqlanishiga olib keldi.

Uglerodli nanotrubka. Ugleroddan juda ko'p atomi bo'lgan molekula olish mumkin. Uzunligi bir necha o'n mikron, diametri 1 nm bir qatlamli trubkada $S \approx 1000\ 000$ atom bo'lishi mumkin. Trubka yuzasidagi to'g'ri oltiburchakning uchlarida uglerod atomlari joylashgan. Trubka oxiri 6 ta to'g'ri beshburchak bilan yopilgan.

Uch o'lchamli fazoda to'g'ri beshburchak, oltiburchak va yettiburchaklarni kombinasiyalash orqali turli shakldagi uglerod sirtlarini olish mumkin. Bu nanoqurilmalar geometriyasi, ularning ajoyib fizikaviy hamda kimyoviy xossalarini belgilaydi. Natijada yangi material va ularni ishlab chiqarish texnologiyalari bo'lishi imkonini beradi.

Molekulyar dinamika hisoblari va kvant modellari yordamida uglerod materiallari fizikaviy hamda kimyoviy xossalarini oldindan aytish mumkin.

Bir qatlamli trubkalar yaratish bilan bir qatorda ko'p qatlamli trubkalar yaratish imkoni mavjud. Nanotrubkalarni ishlab chiqarishda maxsus katalizatorlardan foydalaniladi.

Yangi materiallarni avfzalligi nimada? Uchta xossaga to'xtalamiz.

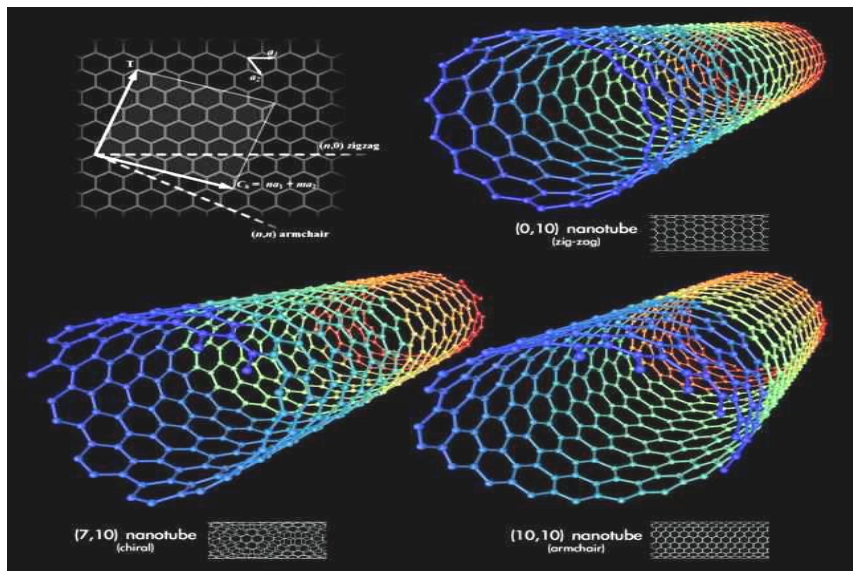
Mustahkamligi yuqori materiallar. Grafit listda uglerod atomlarining o'zaro bog'lanishi, ma'lumlariga nisbatan eng yuqori. Nuqsonsiz uglerodli trubkalar po'latdan ikki barobar mustahkam va to'rt marta yengil. Texnologiya oldida turgan vazifalar biri cheksiz uzunlikga ega bo'lgan uglerod nanotrubkalarini yaratishdir. Bunday trubkalardan yangi asr texnikasi uchun yuqori mustahkam va yengil kompozitlar tayyorlash mumkin. Ulardan qurilish va ko'priklar kuchlanish ta'siridagi elementlari, uchish qurilmalari tutib turuvchi konstruksiyalari, turbina elementlari, kam yoqilg'i sarflaydigan dvigatellar kuchli bloklari va boshqalar ishlab chiqariladi.

Hozirgi kunda diametri 10 nonometr bo'lgan 10 mikron uzunlikdagi nanotrubka yaratilgan (6.18–rasm).

Yuqori elektr toki o'tkazuvchi materiallar. Ma'lumki kristall grafitda bo'ylamasiga boshqa materiallarga nisbatan elektr o'tkazuvchanligi, aksincha yonlamasiga kichik. Shu sababli nanotrubkalardan yasalgan kabellar, xona haroratida tok o'tkazuvchanligi mis kabellarga nisbatan 2 marta yuqori bo'lishi kutilyapti. Zarur miqdorda va uzunlikda trubkalar ishlab chiqarish imkoniyatini beruvchi texnologiyani yaratish zarur.

Nanoklasterlar. Ko'plab nanaob'ektlar o'nlab, yuzlab, minglab atomlardan tashkil topgan juda kichik zarralarga kiradi. Klaster xossalari o'sha turdagi makroskopik hajmdagi material xossalaridan tubdan farq qiladi.

Nanoklasterlardan katta qurilish bloklari kabi aniq maqsadga yo‘naltirilgan va oldindan xossalari boshqariladigan yangi turdagi materiallar yaratish mumkin. Misol sifatida gaz aralashmalarin ajratish va saqlashda katalitik reaksiyalardan foydalanamiz: $\text{Zn}_4\text{O}(\text{BDC})_3(\text{DMF})_8(\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl})$.



6.18–rasm. Uglerod nanotrubbkasi

O‘tuvchi metallar lantanoid va aktinoid atomlaridan tashkil topgan magnit klasterlari katta qiziqish uyg‘otadi. Bu klasterlar o‘z magnit momentiga ega, bu esa tashqi magnit maydoni yordamida xossalari boshqarish imkoniyatini beradi. Bunga yuqori yelkali metallografik molekula misol bo‘ladi: $\text{Mn}_{12}\text{O}_{12}(\text{CH}_3\text{COO})_{16}(\text{H}_2\text{O})_4$. Kvant kompyuterlari prosessorlarini loyihalashda nanomagnitlar katta ahamiyat kasb etadi.

Bundan tashqari kvant tizimi tadqiqoti bistabillik va gisterezis hodisasi aniqlandi. Agar molekulalar orasidagi masofa 10 nanometr ekanligini hisobga olsak, bu tizimda xotira zichlikni har kvadrat santimetrda 10 gegabaytni tashkil etadi.

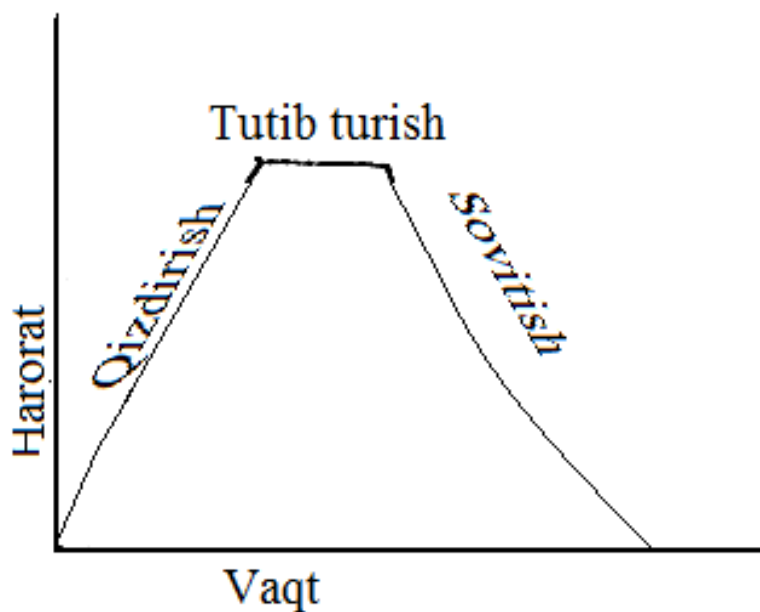
6-bob bo‘yicha umumiy nazorat savollari:

1. Nanomaterial deb nimaga aytiladi?
2. Nanomateriallar olishning qanday usullarini bilasiz?
3. Nanomateriallar qanday maqsadlarda qo‘llaniladi?
4. Elektrotexnikada qo‘llaniladigan nanomateriallar haqida nimalar bilasiz?
5. Nanomateriallarning mashinasozlikdagi o‘rni.
6. Kukun metallurgiyasi nima?
7. Qiyin eriydigan metallar kukunlarini olishning qanday usullarini bilasiz?
8. Kukun metallurgiyasining avfzalliklari?
9. Sintetik olmos nima?
10. Nanokukun nima?
11. Nanokompozitlar haqida nimalar bilasiz?

7-BOB. MASHINASOZLIK MATERIALLARINI TERMIK VA KIMYOVIY-TERMIK ISHLASH

7.1. Metall va qotishmalarni termik ishlash. Termik ishlashning nazariy asoslari. Termik ishlashning maqsadi, turlari va xossalarga ta'siri

Termik ishlov berish nazariyasi. Temir–uglerodli qotishmalarining ichki strukturasi ta'sir etish orqali ularning xossalarini o'zgartirish maqsadida ma'lum haroratgacha qizdirish va turli tezliklarda sovitish bilan bog'liq bo'lgan jarayonlar termik ishlov deyiladi. Termik ishlov berish natijasida erishilgan ijobiy mexanik xossalarining tomonlari, yaxshi fizik–kimyoviy xossalar bilan qo'shib ketadi. Masalan, qotishmaning magnitlanish xossasi yaxshilanadi, korroziyaga bardoshligi ortadi. Ba'zi termik ishlov berish turlari ma'lum ish jarayonida oraliq bosqich, ish jarayonini osonlashtirish vazifasini bajaradi. Masalan, metallarga kesib ishlov berishdan oldin, qattqlikni pasaytirish maqsadida ular yumshatiladi. Termik ishlov berishning istalgan jarayoni harorat–vaqt koordinatalarida tasvirlanishi mumkin (7.1–rasm). Qotishmani maksimal qizdirish harorati ($T_{\max}$), qizdirilgan haroratda tutib turish vaqti (τ) hamda qizdirish (V_q) va sovitish (V_c) tezliklari termik ishlov berish parametrlari hisoblanadi.

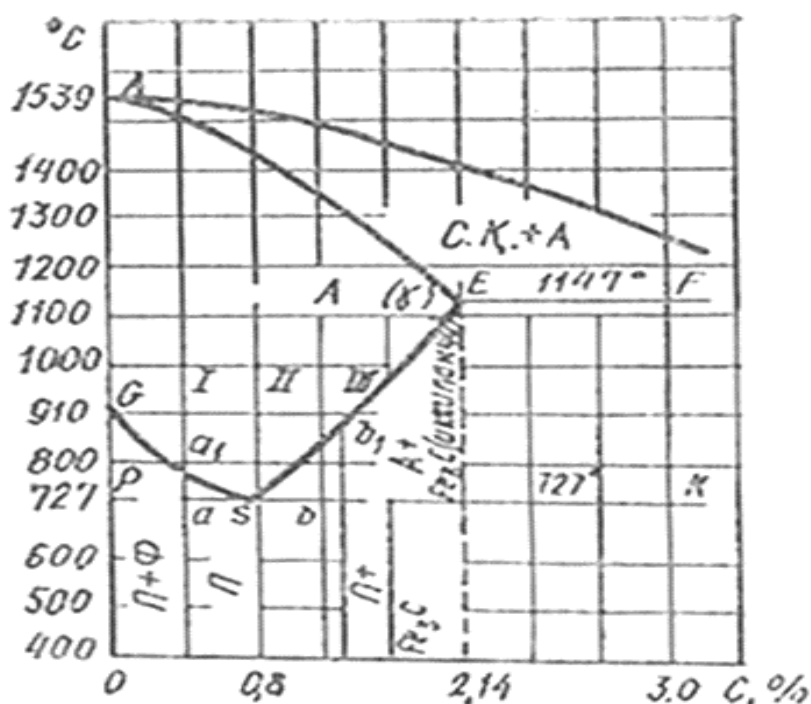


7.1-rasm. Termik ishlov berishning harorat–vaqt koordinatalarida tasvirlanishi

Termik ishlov berish asosida metall va qotishmalarni qizdirish, hamda sovitish jarayonida sodir bo'ladigan fazaviy va struktura o'zgarishlar yotadi. Bu o'zgarishlar ma'lum kritik nuqtalar bilan xarakterlanadi. Qotishma I xona haroratidan boshlab 727°C gacha asta–sekin qizdirilganda, unda fazaviy

o'zgarishlar bo'lmaydi (7.2–rasm). Qotishma qizdirilganda krpitik nuqta A_s fransuzcha qizdirmoq so'zining bosh harfi bilan, sovitilganda esa sovitmoq so'zinig bosh harfi A_r bilan belgilanadi. 727°C haroratda perlit austenitga aylanadi (a_1 nuqta). Diagrammadagi a nuqta pastki kritik nuqta deb ataladi va Ac_1 (sovitishda Ar_1) bilan belgilanadi, s va r xarflar o'zgarishlar mos ravishda po'latni qizdirish yoki sovitishda ro'y berilishini, bu harflar indeksidagi bir raqami PSK chizig'ini hosil qiluvchi nuqtalarni bildiradi. Qotishma I yanada qizdirilganda ferrit zarralari austenitda eriydi.

Austenitning erishi yuqori kritik nuqta deb ataluvchi a_1 nuqtada (GS chizig'ida) tugaydi, qizdirishda A_{s3} , sovitishda A_{r3} bilan belgilanadi. Agar evtektoidli qotishma II qizdirilsa, perlit 727°C haroratda S nuqtada (PSK chizig'i) austenitga aylanadi. Bunda Ac_1 va A_{s3} kritik nuqtalar bir-birining ustiga tushadi.



7.2-rasm. Temir–tsementit holat diagrammasining po'latlarga tegishli qismi:

I –evtektoidgacha bo'lgan po'lat, II–evtektoidli po'lat, III–evtektoiddan keyingi po'lat

Qotishma III zonada perlit 727°C haroratda austenitga (b_1 nuqta) aylanadi. Qotishma III yanada qizdirilganda tsementit (ikkilamchi) austenitda eriydi. SE chiziqda yotuvchi b_1 nuqtada erish jarayoni tugallanadi. Bu nuqta Ac_m orqali belgilanadi. shunday qilib, temir–tsementit diagrammasida PSK chizig'ini hosil qiluvchi kritik nuqtalar qizdirilsa Ac_1 va Ar_1 , GS chizig'i bo'yicha A_{s3} va Ar_3 , SE chizig'i Ac_m orqali belgilanadi. Kritik nuqtalarni bilish po'latlarga termik ishlov berish jarayonini o'rganishni yengillashtiradi.

7.2. Po‘latlarni qizdirish va sovitish jarayonlardagi struktura o‘zgarishlari

Qizdirilganda po‘latlarda bo‘ladigan o‘zgarishlar. Termik ishlov berishda po‘latni qizdirish austenit olish uchun zarurdir. Po‘latni kritik nuqta Ac_1 gacha kizdirganda, uning evtektoidgacha bo‘lgan strukturasini perlit va ferrit zarralaridan iborat bo‘ladi. As_3 nuqtada perlit mayda zarrali austenitga aylanadi. Ac_1 dan As_3 nuqtagacha qizdirilganda ortiqcha ferrit austenitda eriydi va As_3 nuqtada (GS chizig‘i) bu o‘zgarish tugaydi. As_3 dan yuqorida po‘lat strukturasini austenitdan iborat bo‘ladi.

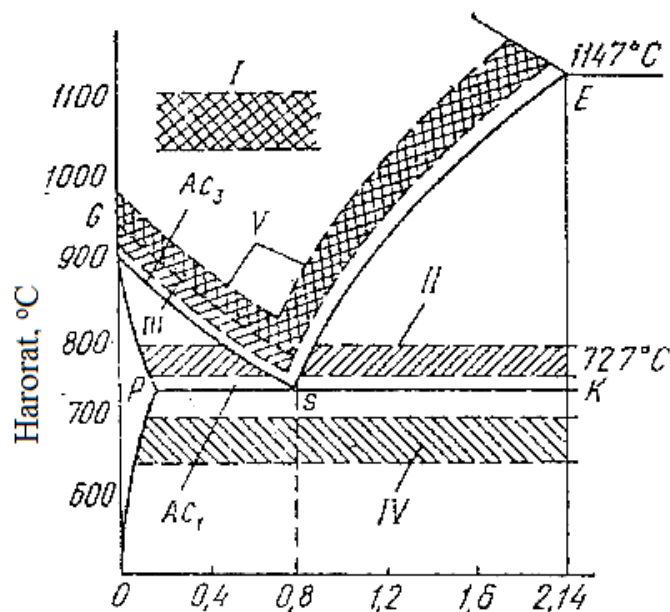
Qizdirilganda evtektoiddan oldingi po‘lat ham shunday o‘zgaradi, faqat oldingisidan farqi shundaki, Ac_1 nuqtadan As_m nuqtagacha yanada qizdirilganda ortiqcha sementit (ikkilamchi) austenitda eriydi. As_m nuqtadan yuqorida (SE chizig‘i) struktura faqat austenitdan iborat bo‘ladi. yangi hosil bo‘lgan austenit, xatto bitta zarra chegarasida ham, bir jinsli bo‘lmaydi. Oldin tsementit plastinkalari bo‘lgan joyda ferrit plastinkalari bo‘lgan joyga nisbatan uglerod miqdori ancha ko‘p bo‘ladi.

Kimyoviy tarkibini bir xillashtirish, hamda bir xil austenit olish uchun evtektoiddan oldingi po‘lat yuqori kritik nuqta As_3 dan keyin ham qizdiriladi, hamda diffuzion jarayonlar tugallanishi uchun bu haroratda bir muncha muddat ushlab turiladi.

Perlitning austenitga o‘zgarish jarayoni tugagach, ko‘p miqdorda mayda austenit zarralari hosil bo‘ladi. Bu zarralar austenitning boshlang‘ich zarralari deb ataladi. Po‘lat yanada qizdirilganda yoki ko‘proq tutib turilganda austenit zarralari (donchalari) o‘sadi. U yoki bu termik ishlov berish natijasida po‘latda hosil bo‘lgan zarra (donacha) o‘lchamlari xaqiqiy (donachalar) zarrachalar deb ataladi.

Uglerodli po‘latda donachalarining (zarralarning) o‘sishiga harorat, qizdirish vaqti, po‘latdagi uglerod miqdori, po‘latni suyuqlantirishda uni oksidlantirish usullari ta’sir qiladi. Marganetsdan boshqa legirlovchi elementlarning qo‘shilishi qizdirish vaqtida austenit donasining o‘sishini sekinlashtiradi. Donning o‘sishiga titan, vanadiy, molibden, volfram va xrom kabi karbid hosil qiluvchi elementlar katta to’sqinlik qiladi. Ular toblash haroratlari oralig‘ini kengaytiradi va po‘latni qizdirish sharoitini yengillashtiradi. Legirlangan po‘latlarning uglerodli po‘latlarga nisbatan afzalligi ham shundan iborat.

Po‘latni sovitishda bo‘ladigan o‘zgarishlar(austenitning o‘zgarishlari). Austenit faqat SE chizig‘idan yuqoridagi haroratlardagina barqaror bo‘ladi (7.3-rasm). Bu chiziqdan past bo‘lgan haroratlargacha sovitilganda, u parchalana boshlaydi. Agar po‘lat asta–sekin va uzluksiz sovitilsa, evtektoiddan oldingi po‘latlarda ferrit, evtektoiddan keyingi po‘latlarda ikkilamchi tsementit ajralib chiqqach, uglerod evtektoid tarkibida 0,83% ga teng bo‘ladi.



7.3–rasm. Yuyumshatish va normallashda qizdirsh harorati sohasi:
 I–to‘la yumshatish, II–chala yumshatish, III–gomogenlovchi (diffuzion) yumshatish, IV–qayta kristallash (rekristallash) yumshatish, V–normallash

Qotishmani sovitish jarayonida austenit perlitga aylana boshlaydi, ya'ni uglerodning α –temirdagi qattiq eritmasi α –temirga va tsementitga parchalanadi. Agar austenit katta tezlikda sovitilsa, yangi mayda donli ferrit–tsementitli aralashma paydo bo‘lishi bilan austenit o‘ta soviydi. Bunda sovitish tezligi qancha katta bo‘lsa, ferrit–tsementitli aralashma, ayniqsa tsementit plastinkalari shuncha mayda donli va yengil bo‘ladi va bir yo‘la bu strukturaning qattiqligi anchagina ortadi. Natijada hosil bo‘lgan strukturalar perlitga nisbatan ancha mayda bo‘ladi. Ularning mustaxkamligi, plastikligi va qattiqligiga qarab farqlash mumkin. Plastinkasimon perlit quyidagi mexanik xossalarga ega bo‘ladi: $\sigma_v=620$ MPa, $\delta=20\%$, 163 NV. Donador perlit esa quyidagi mexanik xossalarga ega bo‘ladi: $\sigma_v= 820$ MPa, $\delta=15\%$, 228 NV.

7.3. Yumshatish, normalash, toblash va bo‘shatishlarning texnologik jarayonlari

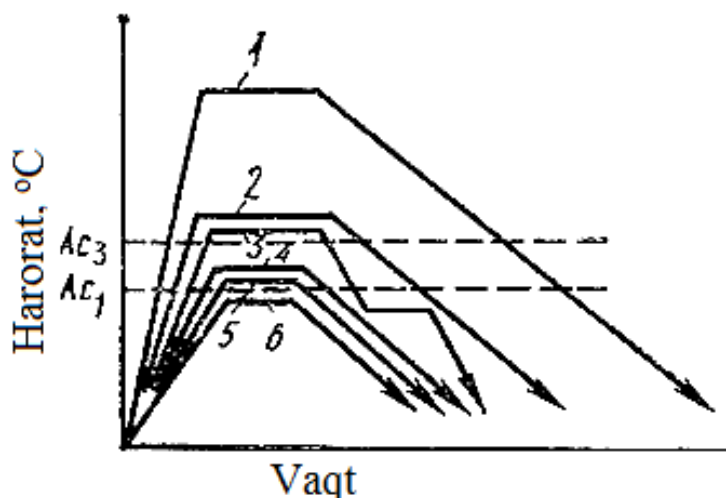
Yumshatish. Yarim tayyor mahsulotlar olish jarayonlari: quyish, prokatlash, bolg‘alash, mexanik ishlov, bosim bilan ishlash va boshka ishlov berish jarayonlarida key in ular bir tekis strukturaga ega bo‘lmaydi. yarim tayyor mahsulotlarda bir tekis struktura hosil bo‘lmasligi sababli ularning turli qismlarida xossalarning turlicha bo‘lishi va ichki kuchlanishlarnig paydo bo‘lishisha olib keladi. Bundan tashqari likvatsiya tufayli quymaning kimyoviy tarkibi ham bir xil bo‘lmaydi. Bu nuqsonlarni

yo‘qotish uchun yarim tayyor mahsulotlar termik ishlaydi. Bunday termik ishlov turlariga yumshatish va normallashtirish kiradi.

Yumshatish buyumni kerakli haroratgacha qizdirish, shu haroratda faza o‘zgarishlari to‘liq sodir bo‘lgunga qadar ushlab turish, so‘ngra asta–sekin sovitishdan iborat: uglerodli po‘latlar soatiga 200°C , legirlangan po‘latlar esa soatiga $30\text{--}100^{\circ}\text{C}$ tezlik bilan sovitiladi. Bunda qoldiq kuchlanishlarsiz barqaror struktura olinadi.

Yumshatishdan maqsad ichki kuchlanishlarni yo‘qotish, strukturaning bir hil bo‘lishiga erishish, ishlov berishni yaxshilash hamda keyingi termik ishlov berish jarayoniga tayyorlashdan iborat.

Kerakli xossalarga ega po‘lat olinishiga qarab, turli hil yumshatish usullari qo‘llaniladi (7.4–rasm): 1–diffuzion yumshatish; 2–to‘la yumshatish; 3–izotermik yumshatish; 4–chala yumshatish; 5–sferoidlovchi yumshatish; 6–rekristallazitsion yumshatish.



7.4–rasm. Turli xil yumshatish tartiblari

Diffuzion (gomogenlovchi) yumshatishdan po‘lat va murakkab shaklli quymalarning kimyoviy ko‘p jinsligini kamaytirish uchun foydalaniladi. Ayniqsa legirlangan po‘latdan olingan quymalar bir xil tuzilishga ega bo‘lmaydi. Tuzilishining bir xil bo‘lmasligiga karbid va dendritli likvatsiyalar tufayli bo‘ladi. Bunga sabab karbidlar hosil bo‘ladigan joylarda yoki dendritlarning o‘rta qismida legirlovchi elementlar to‘planadi. Quymalarning kimyoviy tarkibini bir xillashtirish uchun, ular yuqori temperaturagacha qizdiriladi, bunda elementlar atomlarining xarakati juda tezlashadi. Natijada atomlar kimyoviy elementlar ko‘p to‘plangan joylardan kamroq joylarga suriladi. Bunday diffuziya tufayli quymaning hajmi buyicha kimyoviy tarkibi tekislanadi.

Po‘lat 1000–1100°C haroratgacha qizdiriladi, shu haroratda 10–20 soat mobaynida tutib turiladi, sungra 600–650°C gacha sekin sovitiladi (7.4–rasm, 1–egri chiziq). Diffuzion yumshatishda po‘lat donachalari o‘sadi, bu nuqson mayda donacha hosil bo‘lguncha qayta yumshatish (to‘la yumshatish) bilan yo‘qotiladi. Po‘lat yuqori mexanik xossalarga ega bo‘ladi.

To‘la yumshatishda (7.4–rasm, 2–egri chiziq) donalarni maydalashtirish va ichki kuchlanishlarini yo‘qotish maqsadida evtektoidgacha bo‘lgan po‘latlar, asosan pokovka va quymalarga issiqalayin bosim ostida ishlov berilgandan keyin qo‘llaniladi. Bunga po‘latni yuqori kritik nuqta A_{S_3} dan 30–50°C yuqori haroratda qizdirib, sekin sovitish bilan erishiladi. To‘la yumshatishda po‘latning qattiqligi va mustaxkamligi kamayadi, strukturasida bir muncha yaxshilanadi va plastinkasimon perlit hosil bo‘ladi.

Po‘lat A_{C_3} haroratsidan yuqori haroratda qizdirilganda perlit austenitga aylanadi. Bu jarayon quyidagicha ruy beradi: dastlab strukturada austenitning mayda kristallari paydo bo‘ladi, ular esa harorat ko‘tarilishi bilan o‘sadi. Harorat A_{C_3} dan (30–50°C ga) ko‘tarilganda austenitning hosil bo‘lgan kristallari mayda bo‘ladi. Keyinchalik A_{C_1} dan past haroratgacha sovitilganda ferrit–perlit turdagi bir jinsli mayda zarrali struktura hosil bo‘ladi. Bunda bitta austenit donasi (zarrasi) chegarasida bir necha perlit zarralari hosil bo‘ladi. Ular o‘zlari hosil bo‘lgan austenit zarralaridan ancha mayda bo‘ladi.

Uglerodli po‘latlardan tayyorlangan detallarni yumshatish uchun qizdirish harorati xolat diagrammasida (7.5–rasm), legirlangan po‘latlar uchun ma’lumotlar tegishli adabiyotlarda keltirilgan, ularning kritik nuqtalari A_{C_3} holatiga qarab aniqlanadi.

Chala yumshatishda po‘lat SK chizig‘idan 30–40°C ga yuqoriroq haroratgacha, taxminan 750–760°C gacha qizdiriladi. Asbobsozlik uglerodli po‘latlar uchun yumshatish birdan-bir termik ishlov berish usuli hisoblanadi. Bunda donador (zarrali) perlit hosil bo‘ladi, natijada po‘latning qayta ishlanuvchanligi yaxshilanadi va ichki kuchlanishlar miqdori kamayadi.

Evtektoid va evtektoiddan keyingi po‘latlar strukturasida donador perlit olish uchun yumshatiladi. Buning uchun po‘lat buyum ma’lum haroratgacha qizdirilib, shu haroratda 3–5 soat tutib turilgach, pech bilan birgalikda sovitiladi.

Izotermik yumshatish (7.4–rasmda, 3–egri chiziq) da austenit ferrit–tsementitli aralashmaga o‘zgarma haroratda parchalanadi. Bu bilan u boshqa yumshatish turlaridan farq qiladi. Yumshatishning boshqa turlarida bunday parchalanish harorat uzluksiz pasayishi sharoitida sodir bo‘ladi. Austenit parchalanib bo‘lgach, sovish tezligining ahamiyati deyarli qolmaydi, shuning uchun izotermik tutib turishdan keyin sovitish havoda o‘tkaziladi. Izotermik

yumshatishda konstruksion po‘latlar Ac_1 nuqtadan $50-100^{\circ}C$ yuqori haroratgacha qizdiriladi.

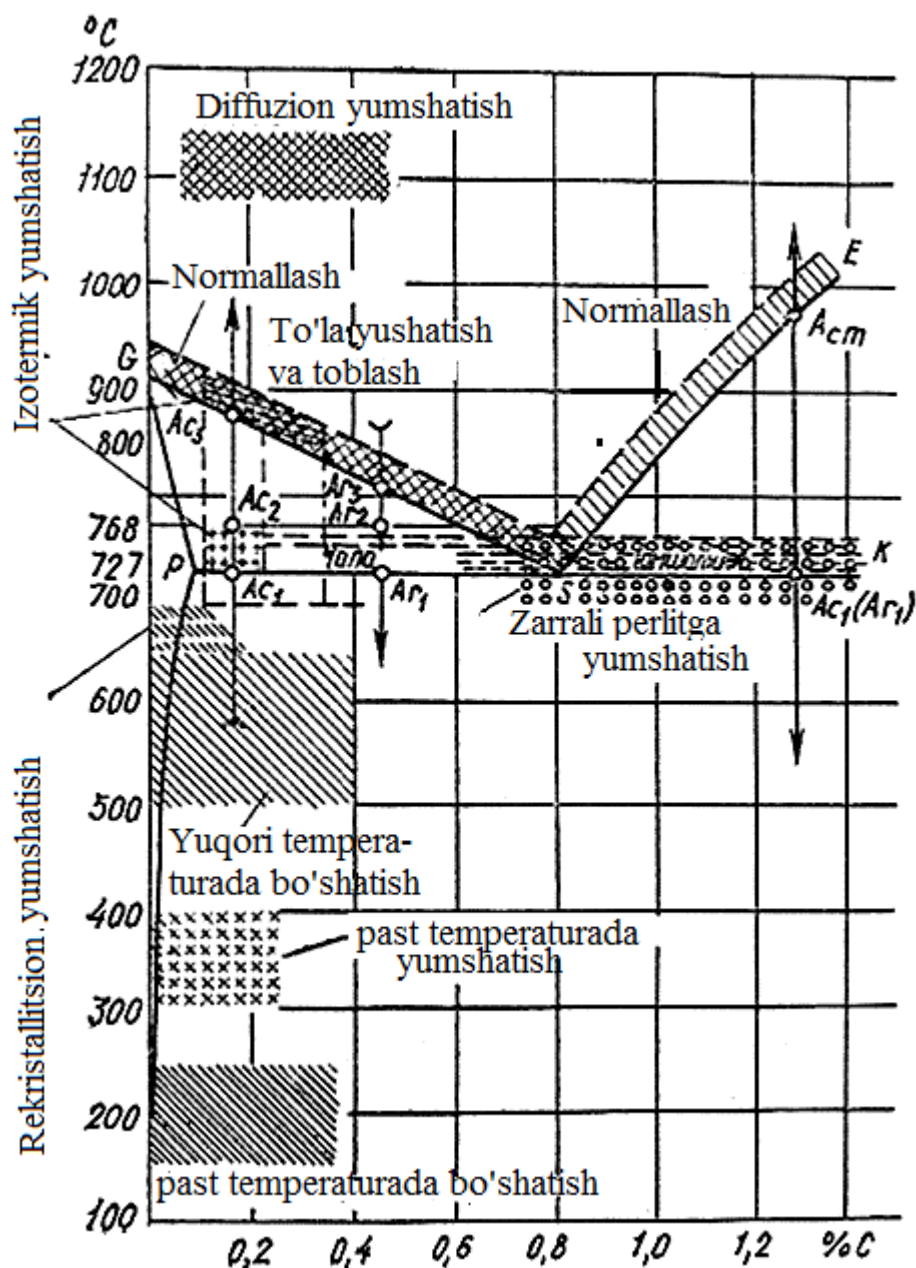
Izotermik yumshatishda po‘lat qizdirish haroratsi tutib turilgach, suyultirilgan tarzda asta–sekin Ar_1 nuqtadan pastroq haroratgacha ($680-700^{\circ}C$) sovitiladi. Bu haroratda austenit perlitga to‘la aylangunga qadar izotermik ushlab turiladi, so‘ngra havoda sovitiladi. O‘lchamlari uncha katta bo‘lmagan legirlangan po‘latdan yasalgan buyumlar izotermik yumshatilganda termik ishlov berish muddati to‘la yumshatishga ketadigan vaqtga nisbatan qaraganda 2–3 marta kamayadi. Yirik o‘lchamli buyumlarni izotermik yumshatish orqali, vaqtdan yutishning iloji yo‘q, chunki buyum hajmi bo‘yicha haroratni tekislash uchun ko‘p vaqt kerak bo‘ladi. Izotermik yumshatish murakkab legirlangan po‘latlarning, masalan, 18X2H4BA po‘lat qattiqligini kamaytirish va kesib ishlov berilishini yaxshilash uchun qo‘llaniladi.

Steroidlovchi yumshatish (7.4–rasm, 5–egri chiziq) natijasida plastinkali perlit donador perlitga aylanadi. Natijada po‘lat buyumning kesib ishlov berilishi yaxshilnadi. Donador perlit olish uchun yumshatish quyidagi tartibda bajariladi: po‘lat buyum As_1 nuqtadan yuqori haroratga qizdiriladi, so‘ngra $700^{\circ}C$ gacha, keyin $550-600^{\circ}C$ gacha va havoda sovitiladi. Sferoidlovchi yumshatish tarkibida 0,65% dan ko‘proq uglerod bo‘lgan IIIX15 markali sharik podshipnik po‘latlaridan tayyorlangan buyumlarni yumshatishda ishlatiladi.

Rekristallizatsion yumshatish (7.4–rasm, 6–egri chiziq) sovuqlayin prokatlashda, cho‘zishda yoki shtamplashda metallning plastik deformatsiyasi tufayli, paydo bo‘ladigan qattiqlashishi (naklep) ni yo‘qotish uchun qo‘llaniladi. Metallning sovuqlayin plastik deformatsiyalash natijasida mustaxkamligining oshishi jarayoniga puxtalash deyiladi. Sovuqlayin metallni prokatlashda, shtamplashda, cho‘zishda uning zarralari deformatsiyalanib, maydalanadi. Bu metallning qattiqligini oshiradi, uning plastikligini kamaytirib, mo‘rt qilib qo‘yadi. Puxtalanishning moxiyati ham shunda.

Rekristallizatsion yumshatishda po‘lat Ac_1 nuqtadan past temperaturagacha ($650-700^{\circ}C$) qizdiriladi, so‘ngra asta–sekin sovitiladi. Metall $650-700^{\circ}C$ gacha qizdirilganda (rekristallizatsion yumshatish) atomlarning diffuzion qo‘zg‘aluvchanligini oshiradi va qattiq holatda ikkilamchi kristallizatsion jarayonlar (rekristallanish) sodir bo‘ladi.

Deformatsiyalangan zarralar chegaralarida yangi kristallanish markazlari paydo bo‘lib, ular atrofida qaytadan panjara hosil bo‘ladi. Deformatsiyalangan eski zarralar o‘rnida yangi teng o‘qli zarralar o‘sib chiqadi va deformatsiyalangan struktura to‘la yo‘qoladi. Bunda metallning dastlabki strukturasi va xossalari tiklanadi.



7.5-rasm. Uglerodli po‘latni yumshatish, normallash, toblash va bo‘shatish uchun qizdirish temperaturalari ko‘rsatilgan xolat diagrammasi

Normallash. Po‘latni Ac_3 va As_m kritik nuqtalardan 30–50°C haroratgacha ortiqroq qizdirib, ushbu haroratda ushlab turish, hamda havoda sovitishga normallash deyiladi. (7.5–rasm) Normallashda ichki kuchlanishlar kamayadi, po‘lat qayta kristallanadi, payvand choklar, quyma va pokovkalarining yirik zarrali strukturasini maydalashadi.

Po‘latni normallash yumshatishga qaraganda ancha qisqa termik ishlov berish jarayoni xisoblanadi, shuning uchun u unumlidir. Shuning uchun uglerodli va kam legirlangan po‘latlar ko‘pincha yumshatilmay, normallanadi.

Po‘latdagi uglerod miqdori ortishi bilan yumshatilgan va normallangan po‘latlar orasidagi farq ortadi. Tarkibida 0,2% gacha uglerod bo‘lgan po‘latlarni

normallashtirish maqsadga muvofiqdir. Tarkibida 0,3-0,4% uglerod bo'lgan po'latlarni normallashtirishda yumshatilishga qaraganda qattiqlik ortadi, buni e'tiborga olish zarur. Shuning uchun yumshatishni xar vaqt normallashtirish bilan almashtirib bo'lmaydi.

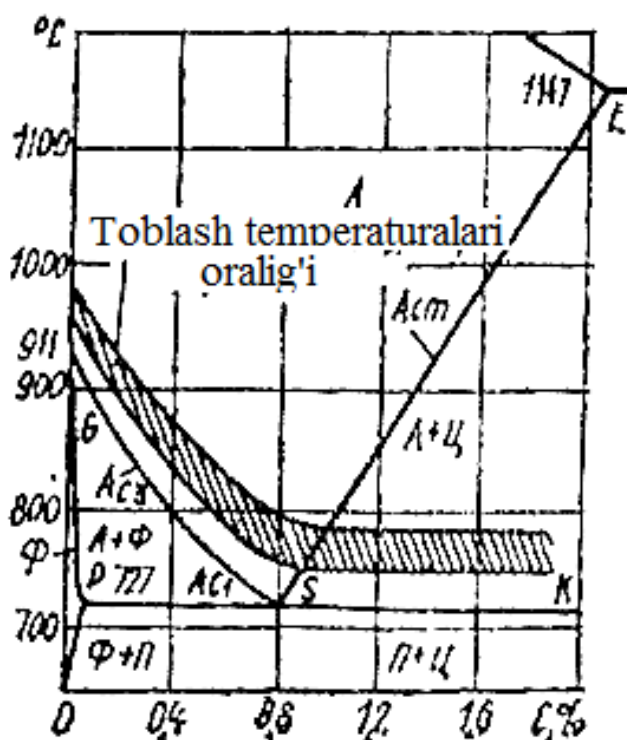
Normallashtirishdan so'ng kotishmalar mayda zarrali strukturaga ega bo'ladi va yumshatilgandagiga qaraganda birmuncha yuqori mustahkamlik va qattiqlikka ega bo'ladi. Yirik zarrali strukturani tuzatish, po'latning kesib ishlanuvchanligini, hamda toblash oldidan, uning strukturasi yaxshilash uchun normallashtirishdan qo'llaniladi.

Toblash. Po'latning qattiqligi, mustahkamligi va elastikligini oshirish uchun termik ishlov turi toblash qo'llaniladi. Bu termik ishlov turida po'lat buyum faza o'zgarishlari ro'y beradigan haroratdan yuqori haroratga qizdiriladi va bu haroratda uning strukturasi faza o'zgarishlari to'la sodir bulgunga qadar tutib turiladi va so'ngra tez sovitiladi.

Austenit SE chizig'idan yuqori haroratlarda ustivordir (7.5–rasm). Tez sovitilganda austenit parchalanadi. Agar sekin sovitilganda (yumshatishda) perlit hosil bo'lsa, tez sovitilganda austenit mayda donli ferrit–tsementit aralashmasi ko'rinishidagi yangi struktura hosil bo'ladi. Sovitish tezligi qancha katta bo'lsa, donlar (zarralar) shuncha mayda bo'lib, uning strukturasi xossalari bo'yicha perlitdan keskin farq qiladi. Strukturaning hosil bo'lishi sovitilish tezligiga bog'liq. Nisbatan sekinroq, masalan havoda sovitilganda austenit sorbit deb ataladigan strukturaga aylanadi. Moyda sovitilganda troostit hosil bo'ladi. Sorbit 600 dan 500°C gacha bo'lgan harorat oralig'ida paydo bo'ladi. Undagi ferrit–tsementit plastinkalari perlit plastinkalaridan maydaroq. Troostit sovitish jarayonining yanada pastroq haroratlarda (500–200°C) hosil bo'ladi. Troostitning ferrit–tsementitli plastinkalari sorbitnikidan yanada maydaroq. Troostit sorbitdan qattiqroq. Masalan, qorbitning qattiqligi 250–300 HB bo'lsa, troostitning 350–450 HB ga teng. Ikkala struktura ham mexanik aralashmadan (ferrit bilan tsementit aralashmasi) iborat. Suvda sovitilganda (eng katta sovitish tezligida) uglerodli po'latda austenit 250–200°C haroratgacha saqlanadi, so'ngra birdaniga martensit deb ataladigan yangi strukturaga hosil bo'ladi. Lekin uglerod miqdori yuqori bo'lgan po'latlarda austenit to'la martensitga aylanmaydi. Po'lat buyumnig strukturasi qoldiq austenit bo'ladi.

Martensit o'z strukturasi va xossalari bilan qorbit hamda troostitdan farq qiladi. U uglerodning α -temirdagi o'ta to'yingan qattiq eritmasi bo'lib, ninasimon strukturaga ega. Martensit eng qattiq mo'rt struktura bo'lib, qattiqligi 600–700 HB (62–72 HRC) ga teng, zarbiy qovushqoqligi esa juda kichik. Martensit magnitlanuvchan, shu sababga ko'ra tayyorlanadigan magnitlar martensit strukturasi olish uchun toblanadi. Toblash evtektoiddan oldingi po'latni Ac_3 kritik

nuqtadan, evtektoiddan keyingi po‘latni As_1 nuqtadan $30-50^{\circ}C$ yuqoriroq haroratgacha qizdirib, ushbu haroratda po‘lat buyum strukturasi to‘la faza o‘zgarishlari ro‘y bergunga qadar tutib turilib, so‘ngra turli tezliklarda (suvda, moyda, tuz eritmaları va boshqalarda) tez sovitiladi. Uglerodli po‘latlarni toblash uchun $18^{\circ}C$ haroratga ega sovitish muhiti tavsiya etiladi. Po‘lat buyumni sovitish tezligiga qarab, toblash natijasida strukturada to‘laligicha martensit yoki sorbit hamda troostitdan iborat struktura ham hosil bo‘lishi mumkin. Sorbit va troostit strukturalari nisbatan kichik sovitish tezligida paydo bo‘ladi. Po‘lat buyum strukturasi martensit hosil bo‘ladigan sovitish tezligi toblashning kritik tezligi deyiladi.



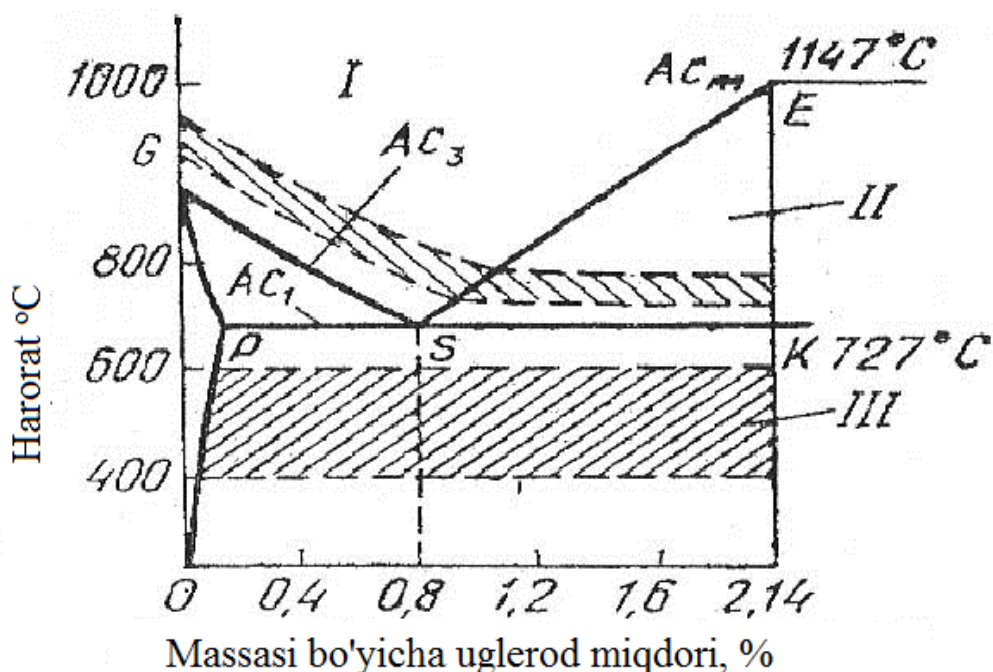
7.6–rasm. Po‘latni toblashda qizdirish temperaturasi

Toblash haroratini tanlash. Po‘lat buyumni toblashda qizdirish harorati aniqlash, uning kimyoviy tarkibga bog‘liq. Evtektoidgacha bo‘lgan po‘latlar As_3 chiziqdan $30-50^{\circ}C$ yuqoriroq haroratgacha qizdirilganda buyum strukturasi (7.6–rasm) austenit hosil bo‘ladi. Buyum toblashning kritik tezligida sovitilganda, strukturada martensit hosil bo‘ladi. Bunday termik ishlov turiga to‘la toblash deyiladi.

Po‘lat buyum Ac_3-Ac_1 oraliqdagi haroratgacha qizdirilganda martensit strukturasi toblashdan qolgan, toblangan po‘lat qattiqligini kamaytiruvchi ferrit saqlanadi. Bunday termik ishlov turi chala toblash deb ataladi.

Evtektoiddan keyingi po‘latni toblash uchun As_1 chizig‘idan $30-50^{\circ}C$ ga yuqori haroratda qizdiriladi, bu po‘lat buyumni qizdirishning eng yaxshi

harorati xisoblanadi. Bunda po‘lat buyum strukturasi qizdirilganda ham, sovitilganda ham tsementit saqlanadi va u qattqlikning oshishiga yordam beradi. Tsementit martensitga qaraganda qattiqroq. Evtektoiddan keyingi po‘latni SE chizig‘idan yuqori haroratga qizdirish befoyda. Sababi As_3 chizig‘idan yuqori haroratga qizdirib toblashdagiga nisbatan, qattqligi kichik bo‘ladi. Ac_m chizig‘idan yuqorida po‘lat buyum strukturasi tsementit eriydi. Po‘lat buyum yuqori haroratga qizdirilib, kritik tezlikda sovitilsa katta qoldiq ichki kuchlanish (zo‘riqish) paydo bo‘ladi.



7.7-rasm. Po‘latni toblash va bo‘shatish haroratlari:

I – to‘la toblash, II–chala toblash, III–yuqori haroratda bo‘shatish

Sovitish tezligi. Po‘lat buyum strukturasi martensit hosil bo‘lishi uchun austenit barqarorligi kichik bo‘lgan 550–650°C harorat oralig‘ida tez sovitilishi zarur. Martensit o‘zgarishlar bo‘ladigan harorat oralig‘ida (250°C dan past haroratda) po‘lat buyumni sekin sovitish maqsadga muvofiqdir. Sabab yangi kristall panjara hosil bo‘lishi bilan bog‘lik jarayonlarda strukturada paydo bo‘ladigan kuchlanish (o‘riqish) lar tekislanishi uchun zarur vaqt lozim. Lekin bu jarayonda martensit qattqligi kamaymaydi. Toblash yaxshi bo‘lishi uchun toblash muxitini (suv, tuzlarning suvdagi eritmaları, mineral moy) tanlash muxim ahamiyatga ega. Letirlangan po‘latlar moyda toblanadi.

Po‘latning toblanuvchanligi va toblanish chuqurligi. Toblanuvchanlik po‘latdagi uglerodni miqdoriga bog‘liq. Uglerod qancha ko‘p bo‘lsa, po‘lat shuncha yaxshi toblanadi. Uglerod miqdori juda kam (0,3% dan kam) bo‘lgan po‘latlar toblanmaydi.

Po‘latning toblanish chuqurligi, uning ko‘ndalang kesimi bo‘yicha qanday qalinlikda toblanishi bilan tavsiflanadi. Toblanish chuqurligi toblangan po‘lat buyumning eng muxim xossasidir. Po‘lat buyum butun qalinligi bo‘yicha to‘liq toblanganda va bo‘shatilgandan so‘ng butun ko‘ndalang kesimi bir xil strukturaga ega bo‘ladi. Po‘lat buyum yuzasi toblanganda sirtga yaqin joylashgan qatlamlar bilan ichki qatlamlar strukturasi bir-biridan keskin farq qiladi. Buyumning ichki qatlamlari toblangan qatlamga nisbatan mustaxkamligi kichik bo‘ladi. Po‘lat buyumning toblanish chuqurligi toblashning kritik tezligiga bog‘liq bo‘ladi. Toblanish chuqurligiga po‘lat buyumni qizdirish harorati va toblash muxiti ham ta‘sir qiladi. Po‘lat buyum strukturasi martensit miqdori 50% bo‘lgan qatlam qalinligi toblanish chuqurligi deyiladi.

Po‘latni toblash turlari. Po‘lat buyumlarni toblashda sovitish usuliga ko‘ra bitta, ikki muhitlarda (uzlukli), bosqichli va izotermik toblash turlari bo‘ladi. Bitta muhitda toblash oddiy bo‘lib, shakli uncha murakkab bo‘lmagan buyumlarni toblashda qo‘llaniladi. Evtektoiddan keyingi po‘latlar, agar buyum shakli oddiy bo‘lsa, bitta muhitda toblanadi. Uzlukli toblashda buyum avval bitta muhitda (masalan, suvda), so‘ngra moyda yoki havoda sovitiladi. Bosqichli toblashda avval tuzli vannada tez sovitiladi (vanna harorati martensit o‘zgarishlarning boshlanishiga mos keluvchi 240–250°C dan ancha yuqoriroq bo‘ladi), so‘ngra shu haroratda tutib turiladi va havoda sovitiladi. Sovitishdagi ozgina uzilish detalning butun kesimi bo‘ylab haroratning tekislanishiga imkon beradi, bu esa toblash jarayonida paydo bo‘ladigan kuchlanishlarni kamaytiradi.

Kesimi uncha katta bo‘lmagan (8-10 mm) uglerodli po‘latdan yasalgan detallar bosqichli tarzda toblanadi. Toblash kritik tezligi uncha katta bo‘lmagan po‘latlardan yasalgan buyumlarni kesimi katta bo‘lsa, bosqichli usulda toblanadi. Bosqichli toblashdagi kabi izotermik toblashda detallar martensit o‘zgarishlar boshlanadigan haroratsdan yuqoriroq haroratga qizdirilgan muhitda sovitiladi. Buyum bu haroratda austenit to‘la parchalangunga qadar tutib turiladi, keyin havoda sovitiladi.

Buyum strukturasi martensitga o‘xshamaydigan, qattiqligi bo‘yicha troostitga yaqin, lekin undan mustaxkam va plastik struktura hosil bo‘ladi,

Izotermik toblashning afzalligi shundan iboratki, katta qovushqoqlikka erishiladi, darzlar paydo bo‘lmaydi, toblashlar minimal darajada bo‘ladi. Murakkab shaklli buyumlar izotermik usulda toblanadi.

Toblashda sovitish usuli ham muhim ahamiyatga ega, chunki bunda katta ichki kuchlanishlar paydo bo‘lib, buyum qiyshayishi mumkin. shuning uchun sovitish muhitini to‘g‘ri tanlash bilan birga buyumni sovitish muhitiga botirish

to'g'ri botirish lozim. Masalan, cho'ziq uzun buyumlar (parma, metchik kabilar) qiyshaymasligi uchun qat'iy vertikal xolatda toblash muhitiga botirilishi lozim.

Bo'shatish. Bo'shatish termik ishlov berishning yakunlovchi bosqichi bo'lib, toblangan po'latni kritik nuqtadan (As_1) past haroratgacha qizdirish, shu haroratda ushlab turish xamda sekin yoki tez sovitishdan iborat. Bo'shatishdan maqsad po'latdagi kuchlanishni kamaytirish yoki yuqotish, xamda qovushqoqligini oshirib, qattiqligini kamaytirishdan iborat. Bo'shatish uchun po'lat 150–600°C haroratgacha qizdiriladi. Qizdirish haroratiga ko'ra past, o'rtacha va yuqori haroratda bo'shatish turlari bo'ladi.

Past haroratda bo'shatishda toblangan po'lat 150–250°C gacha qizdiriladi. Ma'lum vaqt (1–3 soat) ushbu haroratda tutib turilganda, buyum bo'shatilgan martensit strukturasini oladi. Past haroratda bo'shatilganda toblashda yuzaga kelgan kuchlanishlar yo'qotiladi. Agar po'latda qoldiq austenit anchagina bo'lsa, past haroratda bo'shatilgandan so'ng, qattiqligi 2–3 birlikka ortishi mumkin. Past haroratda bo'shatish asbobsozlik po'latlari tsementitlangandan, yuza qismi toblangandan keyin qo'llaniladi.

Toblangan po'latni o'rtacha haroratda bo'shatish uchun 350–450°C haroratgacha qizdiriladi. Natijada troosit strukturasini hosil bo'ladi. Bunday bo'shatishdan so'ng, buyumlarning elastikligi yaxshi, qovushqoqligi yetarli darajada bo'lishi bilan birga qattiqligi (41–46 HRC) va mustahkamligi nisbatan katta bo'ladi. Shuning uchun prujina va resorlar o'rtacha haroratlarda bo'shatiladi.

Yuqori haroratda bo'shatishda toblangan buyumlar 450–650°C gacha qizdiriladi. Shunday kizdirilib, ma'lum vaqt tutib turilgach, sorbit strukturasini hosil bo'ladi. Normallashtan keyin olingan sorbitdan farqli ravishda yuqori haroratda bo'shatishdan so'ng tsementit donador strukturaga ega bo'ladi. Bu zarbiy qovushqoqlikni keskin oshiradi. Shuning uchun foydalanayotgan paytda zarbiy kuchlar tushadigan mashina detallari yuqori haroratlarda bo'shatiladi.

Po'lat buyum toblab, so'ngara yuqori haroratda bo'shatilsa bunday termik ishlov turi termik yaxshilash deb ataladi. Bo'shatish harorati qancha yuqori bo'lsa, buyumning zarbiy qovushqoqlik shuncha yuqori bo'ladi. Lekin ba'zi konstruksion po'latlarda zarbiy qovushqoqlikning kamayishi ham kuzatiladi. Bu kamchilik bo'shatish mo'rtligi deyiladi. Bu xodisa po'lat buyumlarni bo'shatishda sovitish tezligiga bog'liq bo'lib, martensitning sorbitda notekis aylanishi bilan tushuntiriladi. Uglerodli po'latlardan tayyorlangan detallar qayta qizdirilganda bo'shatish mo'rtligi kuzatilmaydi. Legirlangan po'latlarda bo'shatish mo'rtligi kuzatiladi. Shu sababga ko'ra bo'shatish mo'rtligiga moyil bo'lgan po'latlardan yasalgan buyumlar qiziydigan sharoitda ishlatib bo'lmaydi.

Quyma bimetall kompozitsiyalarni termik ishlash. Metall va qotishmalardan yasalgan turli turdagi asboblarga termik ishlov berishda, ularni ma'lum haroratga qizdirib, metall asosda to'liq faza o'zgarishlari ro'y bergunga qadar shu haroratda tutib turib, sovutish tezligi turlicha bo'lgan muhitlarda (moy, suv, tuz, qum, havo va b) sovutish orqali asbob struktura va xossalarini zarur tomonga o'zgartirish oqibatida ularni ishlash muddatlarini oshirishdan iborat. Buyumga ko'rsatilgan termik ta'sirlar natijasida olingan ijobiy samara issiqlik ta'siri to'xtatilgandan keyin ham saqlanib qolishi zarur. Ko'pchilik asbob (shtamp, matritsa, kesgich, filer, parma va b) larni tayyorlashda texnologik jarayon shunday quriladiki, asboblarning yuqori kuchlanish ta'sirida ishlaydigan ishchi qismlarida qoldiq ichki siquvchi kuchlanishlar miqdorini oshirish orqali, ularning yeyilishbardoshligi, mustahkamligi va boshqa xossalarini oshiriladi.

Quyma bimetall kompozitsiyalarni termik ishlov berish orqali, ularning ishlash muddatlarini oshirish qaratilgan ilmiy tadqiqot ishlari deyarli ko'p emas. Mavjud texnologik rejimlar ham asbobsozlik materiallariga beriladigan standart rejimlardan farq qilmaydi. Quyma bimetall kompozitsiyalarni termik ishlov berish rejimlarini ishlab chiqishda, ularni bir nechta turli materiallardan iborat ekanligiga e'tibor berilishi lozim. Buni hisobga olmaslik turli materiallardan tuzilgan kompozitsiyalarning potensial imkoniyatlarini ochishga hamda termik ishlov natijasida zarur samaraga erish mumkin emas.

Quyma bimetall kompozitsiyalarni termik ishlov berish texnologiyasida, yuqorida aytilgan kamchiliklarni tuzatish maqsadida prof. V.V Chekurov tomonidan bir nechta termik ishlov rejimlari taklif etilgan. Biroq ularni amalga oshirish texnologik nuqtai nazardan murakkab.

Mazkur kitob mualliflari tomonidan ushbu yo'nalishni rivojlantirish maqsadida quyma bimetall kompozitsiyalardan tayyorlangan asboblarga termik ishlov berish bo'yicha bir nechta termik ishlov berish rejimlari ishlab chiqildi.

Tezkesar po'lat P6M5-po'lat40XHMΦ kompozitsiyasini termik ishlash rejimlari. Termik ishlov berishda po'latni qizdirish austenit olish uchun zarurdir. Po'latni kritik nuqta As_1 gacha qizdirganda uning evtetoidgacha bo'lgan strukturasini perlit va ferrit zarralaridan iborat bo'ladi. As_1 nuqtada perlit mayda zarrali austenitga aylanadi. As_1 dan As_3 nuqtagacha qizdirilganda ortiqcha ferrit austenitda eriydi va As_3 nuqtada (GS chizig'i) bu o'zgarish tugaydi. As_3 dan yuqorida po'lat strukturasini austenitdan iborat bo'ladi. Qizdirilganda evtektoiddan oldingi po'lat ham shunday o'zgaradi, faqat oldingisidan farqi shundaki, As , nuqtadan Ast nuqtagacha yanada qizdirilganda irsiy zarra o'lchami po'latning texnologiklaydi. Ast nuqtadan yuqorida (SE chizig'i) struktura faqat austenitdan iborat bo'ladi. yangi hosil bo'lgan austenit hatto bitta zarra chegarasida xam bir

jinsli bo'lmaydi. Oldin sementit plastinkalari bo'lgan joyda ferrit plastinkalari bo'lgan joyga nisbatan uglerod miqdori ancha ko'p bo'ladi.

Kimyoviy tarkibini bir xillashtirish hamda bir xil austenit olish uchun evtektoiddan oldingi po'lat yuqori kritik nuqta As_3 dan keyin ham qizdiriladi hamda diffuzion jarayonlar tugallanishi uchun bu haroratda bir muncha muddat ushlab turiladi. Perlitning austenitga o'zgarish jarayoni tugagach, ko'p miqdorda mayda austenit zarralari hosil bo'ladi. Bu zarralar austenitning boshlang'ich zarralari deb ataladi.

Po'lat yanada qizdirilganda yoki ko'proq tutib turilganda austenit zarralari o'sadi. U yoki bu termik ishlov berish natijasida po'latda hosil bo'lgan zarra o'lchamlari haqiqiy zarralar deb ataladi. Bunday zarraning kattaligi termik ishlov berishgagina emas, po'latni suyuqlantirish usuliga ham bog'liq bo'ladi. Lekin austenit zarralarining o'sishga moyilligi qizdirish harorati ortishiga qarab turlicha bo'ladi. Suyuqlantirish protsessida kremniy va marganets bilan oksidsizlantirilgan po'latlarda austenit zarralarining uzluksiz o'sishga moyilligi harorat ko'tarilishi bilan ortadi. Bunday po'latlar irsiy yirik zarrali po'latlar deb ataladi. Ularga qaynaydigan po'latlar kiradi. Suyultirish jarayonida alyuminiy bilan oksidsizlantirilgan, ayniqsa, titan yoki vanadiy bilan legirlangan po'latlar 950° - $1000^{\circ}C$ gacha qizdirilganda austenit zarralari o'sishga kamroq moyil bo'ladi. Bunday po'latlar irsiy mayda zarrali po'latlar deb ataladi. Ularga qaynamaydigan po'latlar kiradi. Irsiy zarra ulchami po'lat xossalari ta'sir ko'rsatmaydi. Po'latning mexanik xossalari, ayniqsa, zarbiy qovushoqligi asosiy zarra o'lchamiga bog'liq bo'lib, zarra o'lchami orta borishi bilan zarbiy qovushqoqlik kamayadi. Po'latdagi haqiqiy zarra o'lchami austenit zarrasi o'lchamiga bog'liq. Odatda, austenit zarrasi qancha katta bo'lsa, termik ishlov natijasida olingan zarra ham shuncha katta bo'ladi.

Irsiy zarra o'lchami po'latning texnologik xossalari ta'sir qiladi. Agar po'lat irsiy mayda zarrali bo'lsa, uni ancha yuqori temperaturagacha qizdirib, shu temperaturada uzoq muddat ushlab turishi mumkin. Bunda irsiy yirik zarrali po'latga o'xshash zarralar haddan ziyod o'sib ketishidan xavfsiramasa bo'ladi. Irsiy mayda zarrali po'latga issiqalayin bosim ostida ishlov berishda (prokatlash, bolg'alash, hajmiy shtamplash) yuqori haroratda boshlash va tugatish mumkin. Bunda yirik zarrali struktura hosil bulishidan xavfsiramasa ham bo'ladi. Irsiy (austenit) zarra o'lchamini aniqlash uchun turli usullardan foydalaniladi. Masalan, kam uglerodli tsementitlangan po'latlar uchun uning sirtini tsementitlash, ya'ni uglerodlash usuli qo'llaniladi. Po'latni tarkibida uglerod bo'lgan aralashmada $930+10^{\circ}C$ gacha qizdirilganda va ushbu harorat 8 soat davomida ushlab turilganda uning sirti evtektoiddan keyingi tarkibgacha uglerod bilan tuyinadi. Sovitilganda austenitdan ortiqcha sementit ajralib chiqadi, u austenit zarralari chegarasi buylab

tur ko‘rinishida joylashadi. To‘la sovutilgach, ushbu tsementit turi perlit zarrasini o‘rab oladi va qizdirilgandagi dastlabki austenit zarrasi o‘lchamini ko‘rsatadi. Shunday tayyorlangan po‘lat strukturasi 100 marta kattalashtiradigan mikroskop ostida ko‘riladi, mikroskopda ko‘ringan zarralar zarra o‘lchamining standart shkalasida ko‘zda tutilgan etalon zarralar bilan solishtiriladi. Nomeri 1 dan 4 gacha bo‘lgan zarralar yirik №5 dan keyingilari mayda zarrali hisoblanadi.

Austenit 727°C dan yuqori haroratda (Ag_1 nuqta) barqaror bo‘ladi. Austenit holatgacha qizdirilgan (Ag_1 nuqtadan pastroqda) po‘lat sovutilganda austenit beqaror bo‘lib qoladi va u o‘zgara boshlaydi. Evtektoidli uglerodli po‘lat uchun austenit perlitga, ya’ni ferrit va tsementitning mexanik aralashmasiga aylanadi.

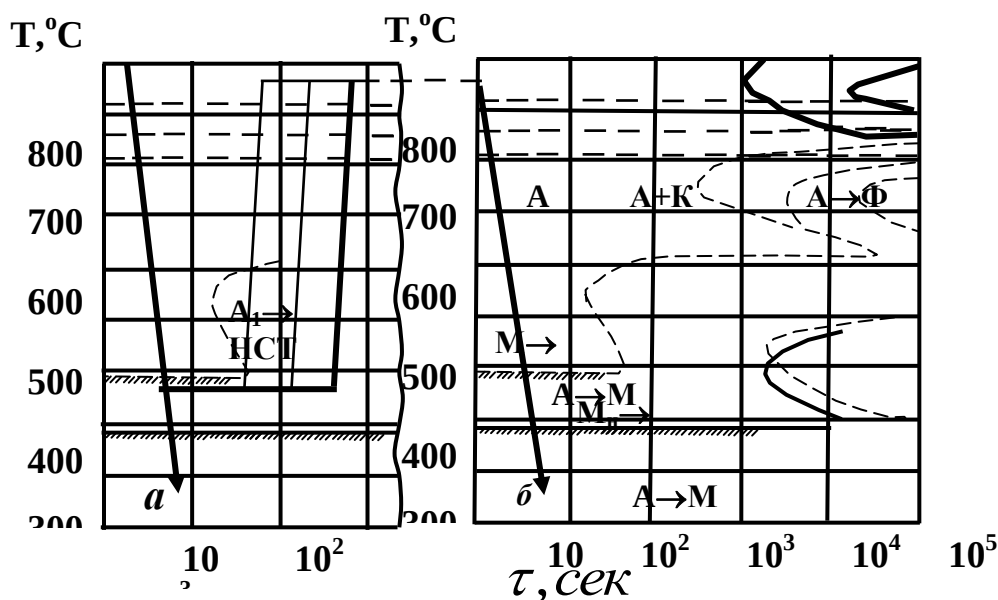
Bunda bir tomondan o‘zgarishlar harorati qancha past bo‘lsa, o‘ta sovish shuncha katta bo‘lib, austenit perlitga shuncha tez aylanadi. Ikkinchi tomondan bu o‘zgarish uglerodning diffuzion qayta taqsimlanishi bilan birga sodir bo‘ladi. O‘ta sovish harorati qancha past bo‘lsa, diffuziya protsessi shuncha sekin kechadi. Bu esa o‘z navbatida austenitning perlitga aylanishini sekinlashtiradi. Yuqorida qayd qilingan ikkita omillarning o‘zaro aks ta’siri (o‘ta sovish va diffuziya) natijasida avvaliga o‘ta sovish ortishi bilan o‘zgarish tezligi ham ortib, maksimumga erishadi, so‘ngra kamayadi.

Metall tizimlarni termik ishlash natijasida mustahkamligini oshirishda struktura o‘zgarishlari bilan birgalikda faza o‘zgarishlari paytida kristall panjara parametrlarining turlicha bo‘lishi oqibatida hajmiy o‘zgarishlar ham ro‘y beradi. Metallardagi hajmiy o‘zgarishlar ichki kuchlanishlarning ortishiga olib keladi.

Keyingi yillarda asbobsozlik materiallarini ikki marta qayta kristallash usulida termik ishlov berish amaliyoti rivojlanmoqda.

Ma’lumki diametri uzunligiga nisban katta farq qiladiga asboblari (parma, razvertka)ni to‘liq bo‘lmagan izotermik toblash usulida ishlov berish, termik ishlov berilgandan keyin ularni to‘g‘rilashga ketadigan vaqtni 2 marta qisqartiradi. Katta o‘lchamli asboblarni to‘liq bo‘lmagan izotermik toblash natijasida ularning issiqbardoshligi va mustahkamligi yaxshilanadi.

Tez kesar po‘lat P6M5-po‘lat40XHMΦ kompozitsiyasini ikki marta qayta kristallash usulida termik ishlov rejimlar ishlab chiqishda bu po‘latlarning harorat va vaqt oralig‘ida faza o‘zgarishlari parametrlari hisobga olindi. (7.8-rasm). Taklif etilgan termik ishlash rejimlari: 3 daqiqa davomida tuzli vannada 1100°C da dastlabki qizdirish, keyin 3 daqiqa 1220°C ga qizdirish, $M_n=280^\circ\text{C}$ da 5 daqiqa davomida izotermik tutib turish, ikkinchi marta 860°C haroratga 10 daqiqa davomida qizdiriladi, moyda toblanadi. 560°C haroratda 1 soat davomida 3 marta bo‘shatiladi. Kompozitsiyada yuz beradigan ichki kuchlanish va xossalarni o‘rganish maqsadida oraliq izotermik tutib turish vaqti 1, 3, 5, 10 daqiqa davomida 280 va 350°S temperaturalarda amalga oshirildi (7.8-rasm).



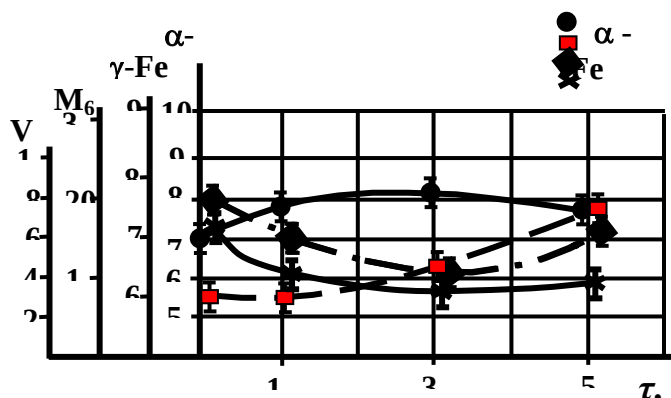
7.8-rasm. Tezkesar po‘lat P6M5-po‘lat40XHMΦ kompozitsiyasini termik ishlash rejimlari

1 variant – izotermik tutib turish 1 daq. 280°C;

2 variant – izotermik tutib turish 3 daq. 280°C;

3 variant – izotermik tutib turish 5 daq. 280°C.

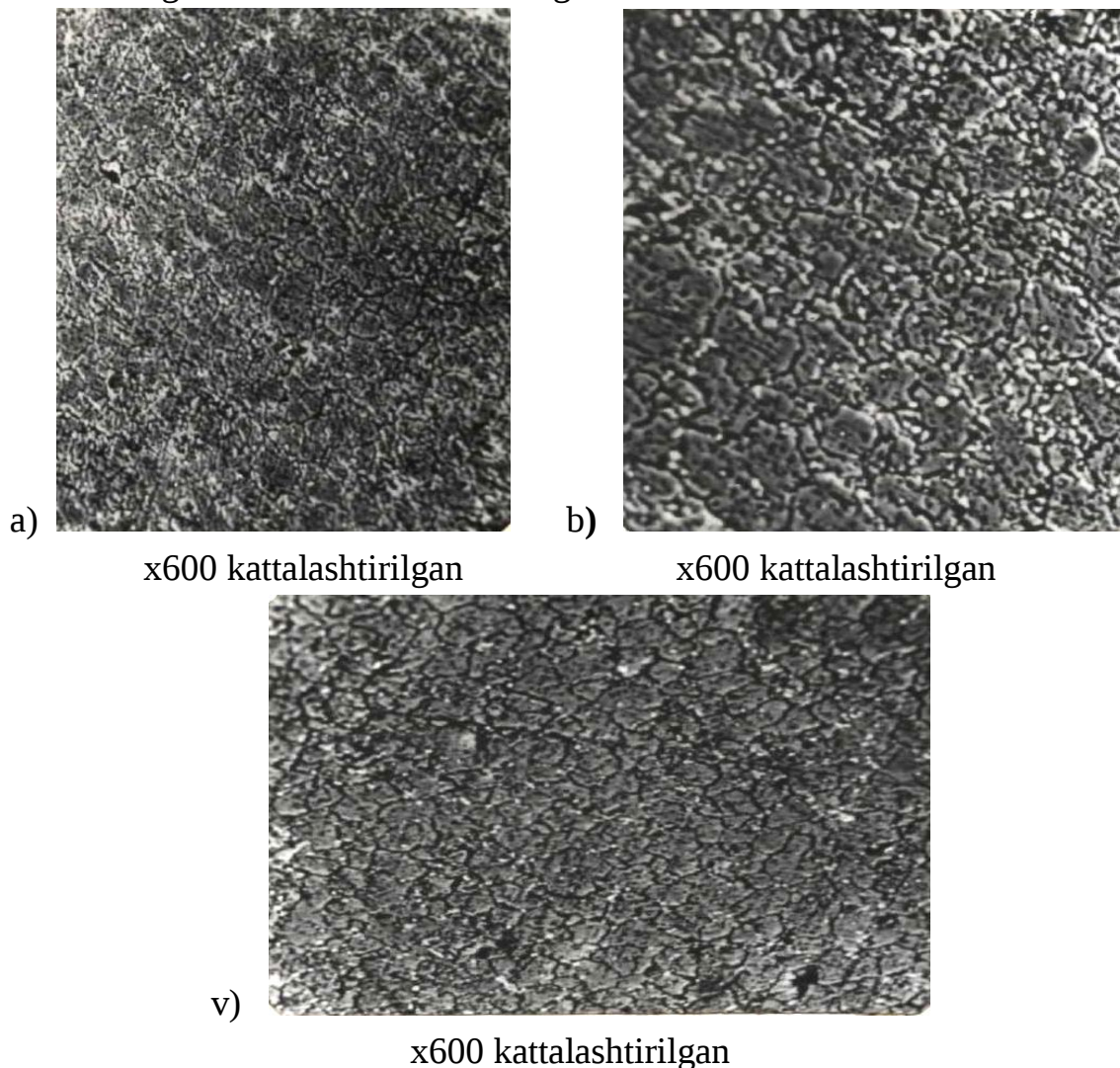
Tezkesar po‘latP6M5-po‘lat40XHMΦ termik ishlangandan keyingi mikrostrukturasi va xossalari. Termik ishlov berilgandan keyin (7.9-rasm), 7.1-jadvalda po‘lat P6M5 sodir bo‘lgan faza o‘zgarishlari keltirilgan.



7.9-rasm. Tezkesar po‘latP6M5 faza tarkibining o‘zgarish grafiqi, izotermik tutish harorati 280°C

Berilgan ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki, bunday termik ishlash natijasida standart termik ishlovga qaraganda matritsaning legirlanish darajasi sezilarli

ravishda oshgan. Bunday xolat matritsaning xossalarini yaxshilanishi va ishlash muddatlarining sezilarli ravishda oshishiga olib keladi



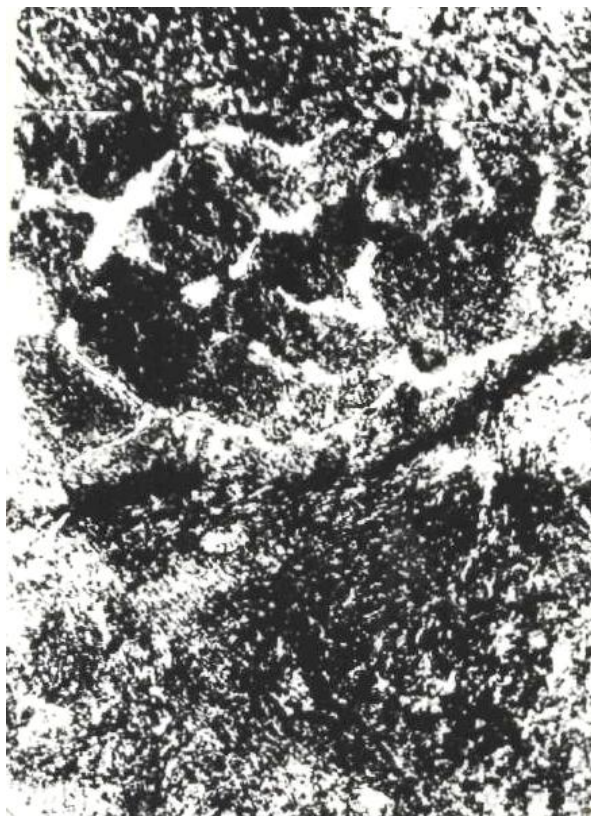
7.10-rasm. Tezkesar po‘lat P6M5 mikrostrukturasini:

a) standart rejim; b) 280°C haroratda 5 daqiqa davomida izotermik ushlab turilgan; v) 350°C haroratda 3 daqiqa davomida izotermik ushlab turilgan

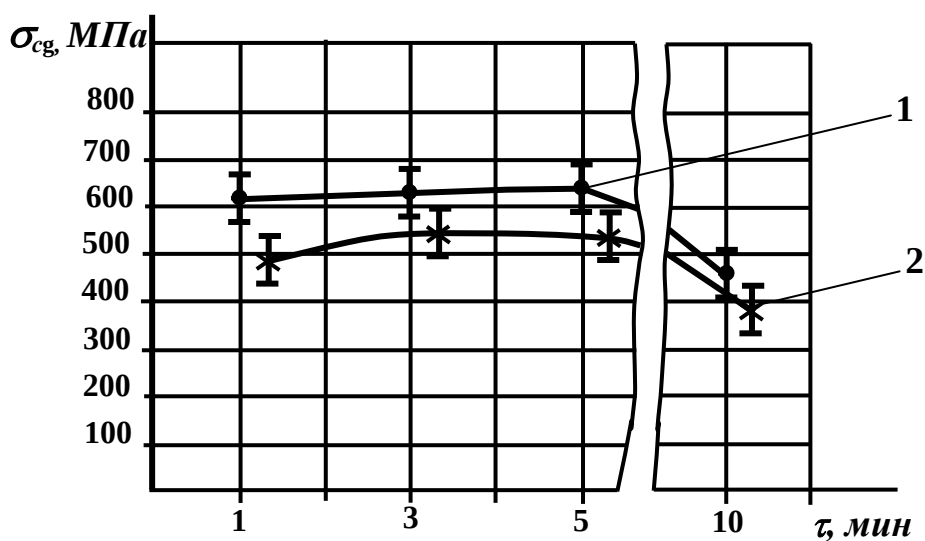
Tezkesar po‘lat P6M5-po‘lat40XNMΦ kompozitsiyasini taklif etilayotgan rejim bo‘yicha ishlov berilgan so‘ng mikrostruktura (7.11-rasm) da jiddiy o‘zgarishlar ruy beradi. Termik ishlovdan keyin tezkesar po‘lat strukturasida mayda donali karbidlar bilan birgalikda bo‘shatilgan martensit va konstruksion po‘latda bo‘shatilgan sorbit strukturasini hosil bo‘ladi. Kompozitsiya o‘tish qatlami karbid qo‘shimchalari bilan birgalikda austenit-martensit strukturasidan iborat.

Mikrostrukturada ruy bergan o‘zgarishlar kompozitsiyaning ko‘ndalang kesimi bo‘yicha mikroqattqlikning taqsimlanishida yaqqol ko‘rinib turibdi. Keltirilgan ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki mikroqattqlik 200 HB dan 600 HB gacha oshdi. Kompozitsiyaning birikish mustahkamligi sezilarli darajada oshadi

(7.12-rasm) va u kompozitsiyani tashkil etuvchi konstrukcion po‘lat mustahkamligi bilan bir xil kattalikga ega bo‘ladi.



7.11-rasm. Tezkesar po‘lat P6M5-po‘lat40XHMΦ kompozitsiyasini termik ishlov berilgandan keyingi mikrostrukturasi x150 kattalashtirilgan



7.12-rasm. Tezkesar po‘lat P6M5–po‘lat40XHMΦ kompozitsiyasini termik ishlash rejimlarigi bog‘liq birikish mustahkamligi:

1– izotermik tutish temperaturasi 280°C;

2– izotermik tutish temperaturasi 350°C

Qattiq qotishmaBK6-po‘lat40XHMI kompozitsiyasini termik ishlash. Yuqorida aytilgandek o‘ta qattiq materiallarab olishda ishlatiladigan matritsalar ikki varianda ishchi qism sifatida BK6 qattiq qotishmasi (7.13-rasm) ishlatildi.



7.13-rasm. Matritsa ishchi qismi qattiq qotishma BK6

Ishchi qism elementlarida siquvchi kuchanish hosil qilish maqsadida belbog‘ sifatida po‘lat tana ishlatiladi. Qattiq qotishmali matritsa diametri (7.14-rasm) 150 mm.

Qattiq qotishmadan tayyorlangan qo‘yilma BK6 laboratoriya sharoitida atseton va kaustik soda bilan tozalandi, ishlab chiqarish sharoitida ultratovushli vannada 8-10 daqiqa davomida ushlab turildi. Keyin 8-10 daqiqa davomida emulgator qo‘shilgan xolatda tutib turildi va quritildi. Matritsani olishda oraliq qatlam sifatida mis va nikel simlari ishlatildi. Mis va nikel simlari diametri (0,1-0,6) mm ni tashkil etdi. Qo‘yilmalar press-qolipga o‘rnatilishdan oldin mis va nikel simlaridan tayyorlangan belbog‘ o‘rnatildi.



7.14-rasm. Qattiq qotishmaBK6-po‘lat40XHMI kompozitsiyasiya, matritsa diametri 150 mm,

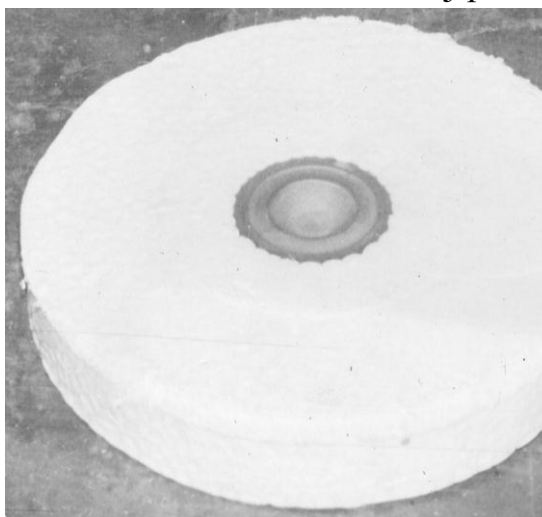
Press-qolip alminiyl qotishmasidan tayyorlandi (7.15-rasm). Press-qolip shakli va o'lchamli bo'lajak quyma mos ravishda ishlandi. Press-qolipni loyihalashda quyma krisstallanishiva sovushi jarayonida kirishishi hamda mexanik ishlov uchun qo'shimcha o'lchamlar hisobga olindi. Press-qolipni loyihalashda qo'yilmani aniq o'rnatish uchun bo'rtiqlar hisobga olindi.



7.15-rasm Penomodel uchun press-qolip

Quyma modeli (7.16-rasm) dastlabki ishlov berilgan granula shaklidagi polistirol ishlatildi. Polistirol marki ПСБЛ-0,315(0,5) markali polistirol qaynoq suvda yoki bug'li vannada dastlabki ishlov berildi, keyin issiq havo ($30...40^{\circ}\text{C}$) oqimida 4...6 daqiqa quritildi.

Ishlov berilgan granula shaklidagi polistirol press-qolipga yuklandi va oxirgi ishlov avtoklavda berilib tayyor model olindi. Tayyor model press-qolipdan chiqarilgandan so'ng issiq havo ($30...40^{\circ}\text{C}$) oqimida 4...6 daqiqa quritildi va kuyishga qarshi maxsus qoplama-buyoq bilan qoplandi. Model issiq havo ($30...40^{\circ}\text{C}$) oqimida 1 soat davomida qurildi. Tayyor modellar kollektorga biriktirilib, stoyakga yig'ildi. Stoyakga yig'ilgan modellar quymakorlik qolipga o'rnatilib kvars qumi bilan to'ldirildi va titrash ta'sirida jipslandi.

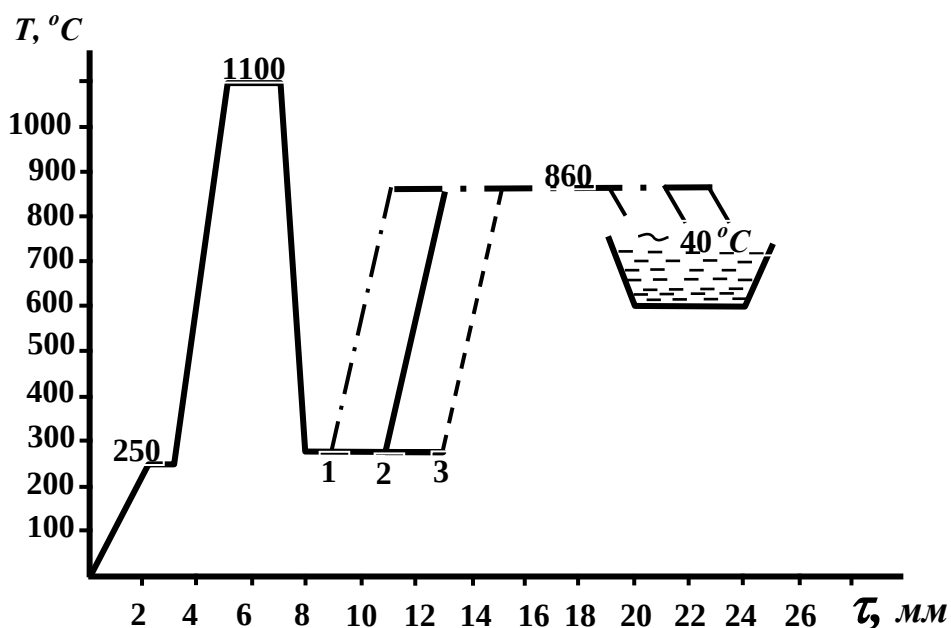


7.16-rasm. Qattiq qotishma BK6 bo'lgan matritsa

Quyish tizimi elementlari (ta'minlagich, shlak tutgich, stoyak kanali diametri qo'yim va b) ko'ndalang kesimi o'lchamlar po'lat quymalar uchun adabiyotlarda o'rnatilgan tartib asosida hisoblandi. Modelga suyuq metall sifon usulida yuborildi. Eritilgan po'lat 1600-1650°C quyish tizimi orqali qolipga quyildi. Po'latni eritish ИСТ-0,16 induksion pechda amalga oshirildi. Qolippdan quymalar to'liq sovigandan keyin ajratib olindi. Quymalarni tozalash drobli kamerada amalga oshirildi. Mexanik ishlov orqali matrilsalar talab etilgan o'lcham va yuza tozaligiga keltirildi. Tayyor asbob termik ishlangandan keyin jilvirlash dastgohlarida oxirgi ishlov berildi. Qattiq qotishmali asboblarni termik ishlov berish orqali mustahkamligini oshirish va ishlash muddatlarini uzaytirish perspektiv texnologiya hisoblanadi.

Qattiq qotishmalarni termik ishlashda asbob 1000-1100°C qizdirilib ma'lum faza o'zgarishlari sodir etilgandan so'ng cheklangan sovitish tezligiga ega muhitda sovutiladi. Bu qattiq qotishmadan tayyorlangan asbobning strukturasi o'zgarishlar roy berishi natijasida xossalarning o'zgarishiga sabab bo'ladi.

Kompozitsiyalarni termik ishlov rejimlarini ishlab chiqishda bimetall asboblarning ishlash turg'unligini oshirish maqsadida ularni tashkil etuvchilarni alohida termik ishlash natijasida paydo bo'ladigan ijobiy o'zgarishlarni hisobga olgan xolda amalga oshirildi. Shu maqsadda kompozitsiyaning ishchi qismida siquvchi ichki kuchlanishlarni paydo etish muhim hisoblanadi. Qattiq qotishmali bimetall kompozitsiyani termik ishlash rejimlari 7.17-rasmda keltirilgan.



7.17-rasm Qattiq qotishma BK6-po'lat 40XHM kompozitsiyasini termik ishlash rejimlari. 220°C da 1 soat davomida bo'shatiladi

- 1 variant – 280°C izotermik tutib turish 1 daqiqa;
- 2 variant – 280°C izotermik tutib turish 3 daqiqa;
- 3 variant – 280°C izotermik tutib turish 5 daqiqa.

Taklif etilayotgan termik ishlash rejimlariga muvofiq matritsa 3 daqiqa davomida 250°C qizdiriladi, soʻngra 1100°C haroratda 5 daqiqa, 280°C da 3,5, 10 daqiqa davomida izotermik ushlanadi, 860°C da 15 daqiqa tutib turilgandan keyin qizdirilgan moyda toblanadi. Boʻshatish 1 soat davomida 220°C amalga oshiriladi. Matritsani bunday termik ishlov berish uning ish turgʻunligini sezilarli darajada oshishiga olib keladi.

Kompozitsiya ishchi qismida paydo boʻladigan siquvchi ichki kuchlanishlar miqdorini tahlil etish uchun termik ishlash rejimlari 7.17-rasmga muvofiq amalga oshirildi. Izotermik tutib turish temperaturasi 40XHM poʻlati uchun martensit va beynit faza oʻzgarishlari roy beradigan chegarada olib borildi.

Qattiq qotishma BK6-poʻlat40XHMJI kompozitsiyasini termik ishlangandan keyingi mikrostrukturasi va xossalari. Kompozitsiyani koʻndalang kesimi boʻyicha rentgen faza tahlili (7.2-jadval) Su-Ni asosidagi qotishmaning qattiq qotishma bilan aktiv taʼsirda boʻlishini koʻrsatdi.

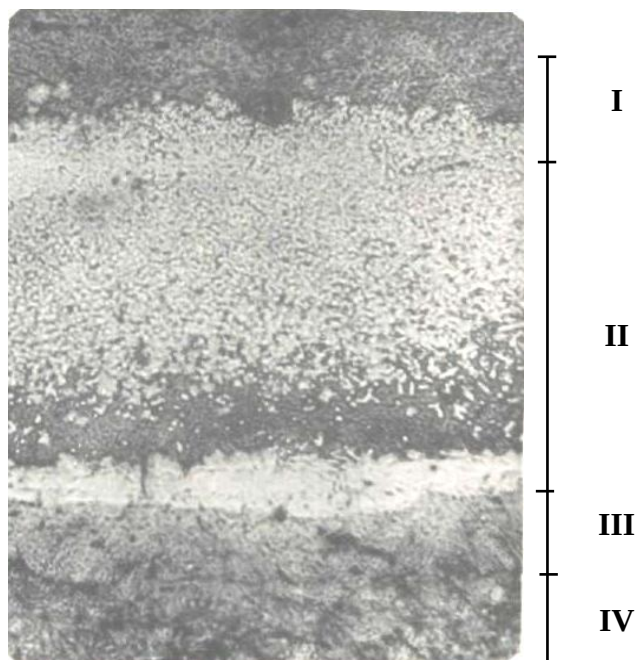
7.2-jadval.

Qattiq qotishma BK8-poʻlat40XHM kompozitini

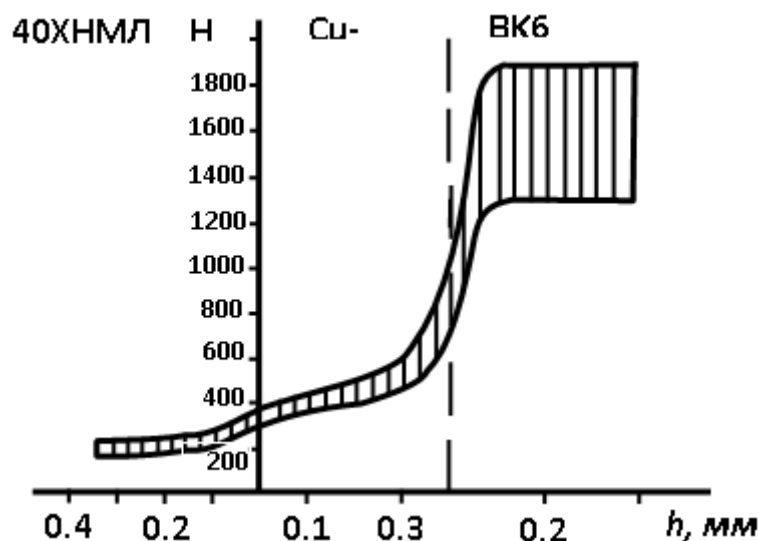
Kompozitni tashkil etuvchilari rentgen strukturaviy fazo tahlili	Kompozit tashkil etuvchilari chegaralar	Rentgen nurlari nisbiy intensivligi					
		Fazo tarkibi, %					
		α - Fe	γ -Fe	M ₆ S	Co	M ₃ C	WC
Qattiq qotishma VK6	0,2	-	-	-	6,0	-	94
	0,1	-	-	-	7,8	-	92
Oʻtish qatlami Su-Ni	0,1	-	40	3,6	4,5	-	51,9
	0,2	47,1	37	3,1	3	-	9,8
Poʻlat40XHMJI	0,1	95,2	3,5	-	-	1,3	-
	0,2	98,7	-	-	-	1,3	-

****Oʻtish qismi chegaralari metallografik tahlil orqali aniqlandi.***

Kompozit mikrostrukturasi quyidagi xarakterli qismlardan iborat (7.18-rasm): 1-qism–qattiq qotishma tomonidan kimyoviy reaktivlar yuqori taʼsirlanuvchanligi va karbid fazalari oʻzaro masofalari uzunligi bilan xarakterlanadi; 2-qism–birikish qismi materiali asosida tashkil topgan boʻlib, qobiq va ixtiyoriy shaklga ega austenit-karbid fazalaridan iborat. Birikish qismi qalinligi 0,15-2,0 mm; 3-qism – qalinligi 0,05 mmgacha boʻlgan qobiq; 4-qism–penopolistirol gazlangani hisobiga hosil boʻlgan uglerodga toʻyingan perlit-sementit strukturali qatlam evtektoidgacha boʻlgan poʻlatlar strukturasi xos ferrit–perlit strukturasi asta-sekin oʻtib boradi.



7.18-rasm. Qattiq qotishmaBK6-po‘lat 40XHM kompozit mikrostrukturasi
1-migratsiya qatlami; 2-o‘tish qismi materialidan iborat qatlam;
3-qobiq; 4-uglerodga to‘yingan qatlam, x150 kattalashtirilgan.



7.19-rasm. Qattiq qotishmaBK6-po‘lat 40XHM kompoziti ko‘ndalang kesimi bo‘yicha mikroqattqlik taqsimlanishi

Mikroqattqlikni o‘lchash kompozitning qattiq qotishma bilan chegara qismlarida qattiq qotishma mikroqattqligiga nisbatan birmuncha pasayganligiv (1600-1800 HB dan 600-1000 HBgacha) ko‘rsatdi. O‘tish qatlamida qattiq keskin pasayganligi 400 HB va qobiq qismida 300-400 HB gacha pasayganligi va konstruksion po‘lat qattqligiga tenglashganligi ko‘rinib turibdi 200-240 HB (7.19-rasm).

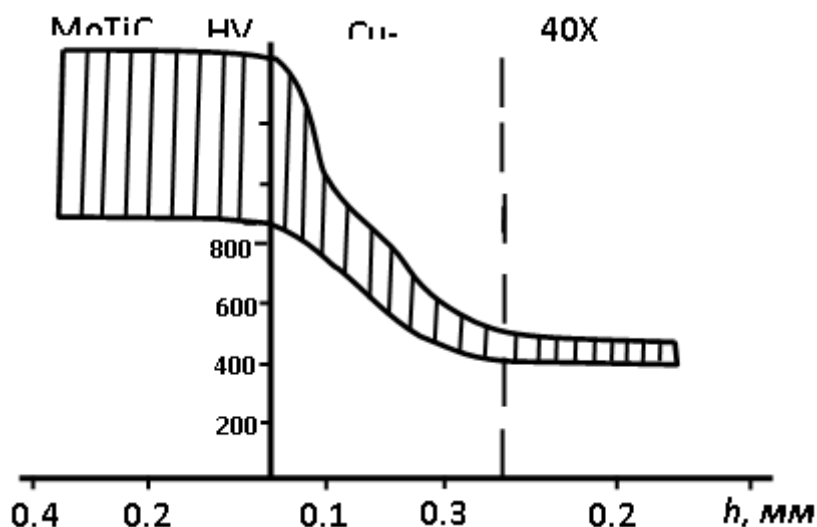
Molibden asosidagi MoTiC-po‘lat40X kompozitsiyasini termik ishlash rejimlari. Molibden asosidagi MoTiC-po‘lat40X kompozitsiyasini termik ishlashda molibden asosidagi qotishma strukturasi termik ishlov natijasida faza o‘zgarishlari sodir bo‘lmaydi. Shu sababli bu kompozitsiyani termik ishlash rejimlarini ishlab chiqishda asosiy maqsad etib kompozitsiyaning tana qismi mustahkamligini oshirish hamda ishchi qismida matritsa turg‘unligiga ijobiy ta’sir etadigan siquvchi qoldiq kuchlanishlarni paydo etish masalasini xal etish lozim bo‘ldi. Shu maqsadda molibden asosidagi MoTiC-po‘lat40X kompozitsiyasini termik ishlov berishning quyidagi rejimlari taklif etildi: shtamp 860°C haroratga 3 daqiqa qizdirildi va moyda toblandi. Matritsa 220°C haroratda 1 soat bo‘shatildi.

Molibden asosidagi MoTiC-po‘lat40X kompozitsiyasini termik ishlov berilgandan keyingi tarkibi, xossalari va strukturasi tahlili. Termik ishlov berilgandan keyin molibden asosidagi qotishma strukturasi o‘zgarishlar sodir bo‘lmadi. Kompozitsiyaning o‘tish qatlami va tana qismida sezilarli o‘zgarishlar yuz berdi (7.20-rasm).



7.20-rasm. Molibden asosidagi qotishma: MoTiC-po‘lat stal 40X kompozitsiyasi termik ishlov berilgandan keyingi mikrostrukturasi. O‘tish qatlami materiali Su–Ni asosida sim. x100 kattalashtirilgan

Kompozitga termik ishlov berilgandan keyin tana qismi mikrostrukturasi bo‘shatilgan martensit paydo bo‘ladi (7.20-rasm). Kompozitsiya o‘tish qismi austenit-karbid qo‘shimchalari bilan perlit strukturasi hosil bo‘ladi. Bular hammasi kompozitsiyaning ko‘ndalang kesimi bo‘yicha mikroqattiqqligining taqsimlanish garfigida yaqqol ko‘rinib turibdi (7.21-rasm).



7.21-rasm. Molibden asosidagi MoTiC-po‘lat40X kompozitsiyasi termik ishlangan keyingi ko‘ndalang kesimi bo‘yicha mikroqattiqqligining taqsimlanishi

Keltirilgan raqamlardan ma‘lum bo‘ladiki molibden qotishmasining mikroqattiqqligi o‘zgarmaydi. Mikroqattiqlik kompozitsiyaning konstruksion po‘lat tomonidan 0,1 mm chuqurlikgacha mikroqattiqlik 230-700 HB dan 530-800 HB gacha, konstruksion po‘lat mikroqattiqqligi 180-220 HB dan 420-500 HB gacha oshadi.

Kompozitsiya birikish mustahkamligi va quyilmaningda paydo bo‘lgan qoldiq ichki kuchlanishlar miqdoriga ta‘siri maxsus namunalarda o‘rganildi (7.22-7.23-rasmlar).

Quyma bimetall kompozitsiyalar ishlash davomida asosiy xavf-bu kompozitsiya tana qismining quyilmaga nisbatan siljishidir. Shu sababli kompozitsiyalar ishlash muddalarini baholashda bosh kriteriy birikish mustahkamligi olindi. Tadqiqot natijalari 7.3-jadvalda keltirilgan. Keltirilgan tadqiqot natijalaridan ko‘rinib turibdiki birikish mustahkamligi presslash usulida olingan matritsalar 100–180 MPa, bimetall kompozitsiyalarda 200-240 MPa ni tashkil etdi. Bimetall kompozitsiyalarni termik ishlov berish orqali birikish mustahkamligini o‘rtacha 40 % oshiradi.

Molibden asosidagi qotishma MoTiC-po‘lat40X kompozitsiyasidan tayyorlangan shtam ishchi qismida qoldiq ichki kuchlanish miqdorini tahlili. Olib borilgan ilmiy tadqiqotlar asosiy e‘tibor quyilmaning matritsa tana qismida qoldiq kuchlanishlarni maksimal hosil etishga qaratildi. Ma‘lumki quyilmada paydo bo‘ladigan qoldiq kuchlanishlar miqdori matritsaning ishlash muddatlarini oshirishga asosiy omil bo‘ladi. Shu maqsadda quyma tanadagi quyilmaning kuchlanganlik darajasini miqdorini aniqlash matritsani ishlash chiqarish usuli hamda matritsaga termik ishlov berilganga qadar va termik ishlov berilgandan keyin aniqlandi.

Quyilmada xosil bo'lgan qoldiq ichki kulanishlar miqdori 6-jadvalda berilgan. Natijalardan ko'rinib turibdiki presslash usulida olinganda uning miqdori 80-90 MPa ni tashkil etdi. Standart termik ishlov natijasida quyilmadagi qoldiq ichki kuchlanishlar miqdori 20 % oshdi

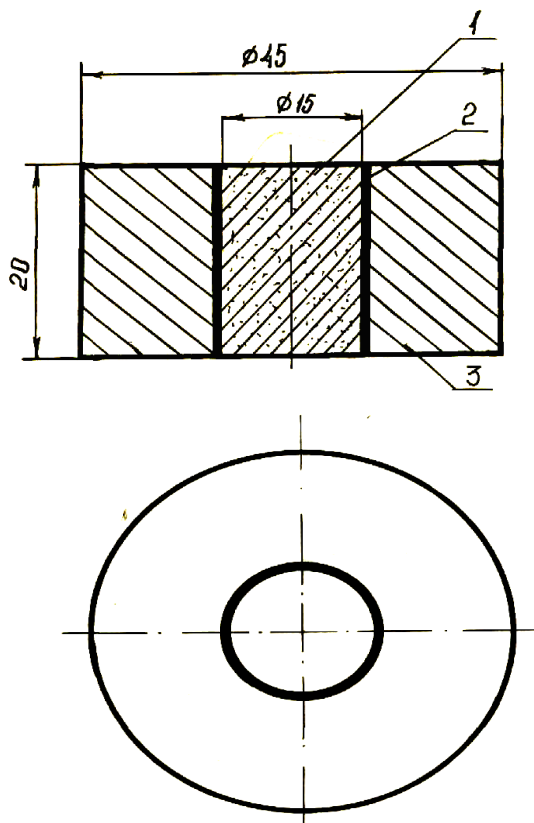
7.3-jadval

Termik ishlashdan oldingi va keyingi hamda ishlab chiqarish usuliga bog'lik ravishda matritsa ishchi qismidagi qoldiq kuchlanishlar miqdori va statik mustahkamligini aniqlash bo'yicha olingan tadqiqot natijalari

Shtamp turi	Ishlab chiqarish usuli	Termik ishlov rejimlari	Mustahkamlik σ_{cg} , MPa	Qoldiq ichki kuchlanish, MPa	Eslatma
O'ta qattiq materiallarni (O'QM) olishda ishlatiladigan matritsa	Presslash usulida	Termik ishlovsiz	100 - 120	80 - 100	N - tanlov soni n=6, ma'nogo egalik qiymati $\alpha = 0,05$ teng bo'lganda matematik kutilish o'rta kvadratik qiymati
O'QM olishda ishlatiladigan matritsa	Presslash usulida	Standart. termik ishlov	160 - 180	110 - 120	
O'QM olishda ishlatiladigan matritsa	Quymay a	Termik ishlovsiz	200 - 240	180.- 240	
O'QM olishda ishlatiladigan matritsa	Quymay a	Standart. termik ishlov	260 - 280	450 - 500	

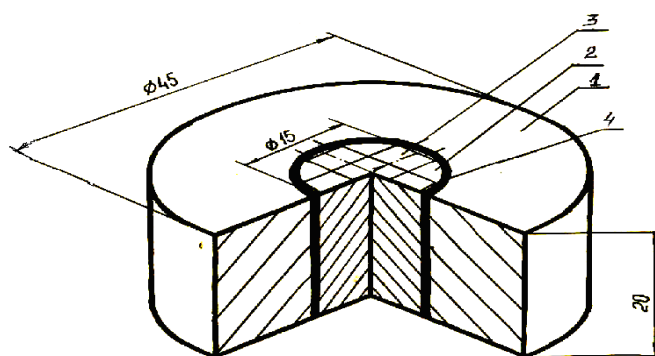
Quyma bimetall kompozitsiya quyilmasida xosil bo'ladigan ichki kuchlanishlar unig tashkil etuvchi molibden qotishmasi va po'lat orasidagi issiqlikdan kengayish orasidagi farq xisobiga yuzaga keladi. Molibden qotishmasi va po'lat orasidagi issiqlikdan kengayish koeffitsienti 3 martaga farq qiladi (7.3-jadval).

40X po'latni standart termik ishlov natijasida quyilmadagi qoldiq ichki kuchlanishlar miqdori 2 martaga oshadi. Buni birinchidan materiallar orasidagi issiqlikdan kengayish koeffitsientlari orasidagi farq bo'lsa, ikkinchidan toblash natijasida po'lat tanad sodir bo'ladigan faza o'zagirishlar, strukturada martensit fazasinng paydo bo'lishi bilan tushuntiriladi.



7.22-rasm. Namuna shakli va o'lchamlari:

1- quyilma; 2-o'tish qatlami; 3-quyma tana



7.23-rasm. Kompozitsiyada qoldiq ichki kuchlanishlarni aniqlash va tenzodatchiklarni yopishtirish chizmasi: 1- quyma tana; 2-quyilma; 3- tenzodatchik ПДБ - 10/100, 4-o'tish qatlami

Termik ishlov berishda yuzaga keladigan nuqsonlar. Yumshatish va normallashtirishdagi nuqsonlar. Yumshatish va normallashtirishda quyidagi nuqsonlar paydo bo'lishi mumkin: oksidlanish, uglerodsizlanish, metallning o'ta qizishi va kuyishi.

Alangali pechlarda qizdirilganda po'lat detallarning sirti pechdagi gazlar bilan reaksiyaga kirishadi. Natijada metall oksidlanadi va detallarda metallning kislorod bilan kimyoviy birikmasidan iborat kuyindi hosil bo'ladi. Harorat ko'tarilishi va tutib turish vaqti ortishi bilan oksidlanish keskin o'zgaradi va ko'payadi. Kuyindi hosil qilish natijasida metallning bir qismi yo'qolishi bilan

birga, detallning sirti shikastlanadi. Kuyindi ostidagi po‘lat sirti yoyilgan va notekis bo‘ladi, metallga kesuvchi asbob bilan ishlov berishni qiyinlashtiradi. Detal sirtidagi kuyindini sulfat kislotaning suvdagi eritmasi bilan yuvib, pitra purkash kurilmalarida yoki barabanlarda ishqalab ketkaziladi.

Uglerodsizlanish, ya’ni buyum sirtidagi uglerodning kuyishi po‘lat oksidlanganda sodir bo‘ladi. Uglerodsizlanish konstruksion po‘latlarning mexanik xossalarini keskin kamaytiradi. Bundan tashqari toblash darzlari paydo bo‘ladi, ya’ni po‘lat buyum tob tashlash mumkin. Detallarni oksidlanishdan saqlash uchun pechlarning ichiga oksidlanishdan ximoya qiluvchi gazlar kiritiladi.

Po‘latlar kerakli temperaturadan yuqori qizdirilganda va uzoq muddat tutib turilganda, unda po‘lat donalari tez o‘sadi, bunda yirik kristalli struktura hosil bo‘ladi. Bu xodisaga o‘ta qizish deyiladi. O‘ta qizdirish natijasida po‘latning plastik xossalari pasayadi. O‘ta qizdirilgan po‘latni toblash vaqtida darzlar paydo bo‘ladi. Metallga yumshatish yoki normallashtirish kabi termik ishlov berish yo‘llari bila buyumda sodir bo‘lgan o‘ta qizishni yo‘qotish mumkin.

Metall suyuqlanish temperaturasiga yaqin temperaturada uzoq muddat pechda qolib ketsa kuyish ruy beradi. Kuyishning fizik mohiyati shundan iboratki, atrof muxitdagi kislorod yuqori temperatura ta’sirida metall ichiga kirib, zarralar chegarasida oksidlar hosil qiladi. Natijada zarralar orasidagi mexanik bog‘lanish kuchsizlanadi, metall plastikligini yo‘qotib, mo‘rt bo‘lib qoladi. Kuyish tuzatib bo‘lmaydigan nukson xisoblanadi.

Toblashda vujudga keladigan nuqsonlar. Toblash uchun qizdirish va toblash jarayonida quyidagi nuqsonlar vujudga kelishi mumkin: darzlar, deformatsiyalanish va tob tashlash, uglerodsizlanish, yumshoq dog‘lar, qattiqligining past bo‘lishi. Toblash darzlari termik ishlov berish jarayonida paydo bo‘ladigan, tuzatib bo‘lmaydigan nuqsonlardir. Ular katta ichki kuchlanishlar tufayli paydo bo‘ladi. Katta o‘lchamli shtamlarda toblash darzlari, xatto moyda toblanganda xam yuzaga kelishi mumkin. Shuning uchun katta o‘lchamdagi shtamlar qizdirilgan muhitlarda toblash tavsiya etiladi.

Konstruksiyasida o‘lchami keskin o‘zgaruvchan sirtlari, mexanik ishlov berishdan keyin qolgan dag‘al tirnalgan joylari, o‘tkir burchaklari, yupqa devorlar va xokazolari bo‘lgan detallarda noto‘g‘ri qizdirish (o‘ta qizdirish) va juda tez sovitish natijasida darzlar paydo bo‘ladi.

Detallarning deformatsiyalanishi va tob tashlashi qizdirish hamda sovitish vaqtida strukturasidagi o‘zgarishlar, strukturasida ruy beradigan xajmiy o‘zgarishlarning notekis bo‘lishi oqibatida paydo bo‘ladigan ichki kuchlanishlar tufayli ro‘y beradi.

Detal sirtining uglerodsizlanishi va oksidlanishi asosan, uni toblash uchun qizdirganda pechdagi gaz yoki suyultirilgan tuzlar bilan reaksiyaga

kirishishi natijasida sodir bo‘ladi. Kesuvchi asboblarda bunday nuqson bo‘lishi juda xavfli, chunki u asbobning puxtaligini bir necha marta kamaytirib yuboradi.

Yumshoq dog‘lar detal yoki asbob sirtidagi qattiqligi past bo‘lgan qismlaridir. Bu nuksonlar sirtida kuyindi yoki ifloslangan, uglerodsizlangan joylar bo‘lgan detallar toblash muxitida sovitilganda, shuningdek, detal toblash muxitida keragicha tez xarakatlantirilmaganda va buyum sirtida bug‘ kuylagi hosil bo‘lganda yuzaga keladi.

Asboblarni toblashda ko‘pincha qattiqligining yetarli emasliga kuzatiladi. Qattiqlikning yetarli bo‘lmasligiga toblash muxitida kerakli darajada tez sovitilmasligi, toblash haroratining pastligi, shuningdek toblash uchun qizdirilganda yetarlicha tutib turmaslik sabab bo‘ladi. Bu nuqsonni yo‘qotish uchun detal yuqori haroratda bo‘shatilib, qaytadan toblanadi. Toblash uchun detal o‘ta qizdirilganda metall zarralari (donlari) yiriklashadi, mexanik xossalari esa yomonlashadi. Metall xaddan ziyod mo‘rt bo‘lib qoladi. Detallarni qaytadan toblashdan oldin donachalarini (zarralarini) kichiklashtirish uchun, ularni yumshatish kerak.

7.4. Po‘latlarni kimyoviy-termik ishlov berish. Po‘latlarni sementatsiyalash, azotlash va sianlash texnologik jarayonlari

Metall va qotishmalarni sirtqi qatlamini kimyoviy tarkibi, strukturasi va xossasini o‘zgartirish maqsadida ularga termik va kimyoviy ta’sirlarni birgalikda amalga oshirish jarayoni bilan bog‘liq bo‘lgan ishlovga kimyoviy-termik (yuzani legirlash) ishlov berish deyiladi.

Kimyoviy-termik ishlov berish (KTIB) deganda po‘latni sirqi qatlamini nometall materiallar (C, N, Si, B va boshqalar) va metallar bilan (Cr, Al va boshqalar) faol suyuqlik yoki gaz muhitida ma’lum bir haroratda ushlab turish jarayonida diffuziya yordamida to‘yintirish jarayoni tushuniladi.

KTIBda bir vaqtning o‘zida bir qancha jarayonlar kechadi:

- 1) tashqi muhitda (yoki alohida reaksiya bo‘limida) diffuziyalanuvchi elementni atomar (ionlashgan holatda) holatda hosil bo‘lishi; ishlov beriladigan metallni (buyumni) sirtida diffuziyalanuvchi elementning yuqori miqdorini ta’minlovchi to‘yintiruvchi atmosferani yuzaga keltirish; to‘yintiruvchi muhitdan metallga o‘tadigan atomlar miqdori, asosan to‘yintiruvchi modda ajratib chiqaradigan kimyoviy reaksiyalar (yoki bug‘lanishlar) tezligi bilan aniqlanadi;

- 2) to'yintiruvchi element ionlari bilan asosiy metall (xemosobsiya) o'rtasida kimyoviy bog'lanish hosil qiladigan metallar sirtida atomlar (ionlar) adsorbsiyasini hosil bo'lishi;
- 3) ishlov beriladigan metall (buyum) yuzasidan ichkarisiga qarab adsorbsiyalangan atomlarning diffuziyasi kuzatiladi.

Diffuziya natijasida diffuziyali qatlam hosil bo'ladi. Diffuziyali qatlam deganda detal materiali qatlamini to'yintirish yuzasi o'zining kimyoviy tarkibi, strukturasi va xossasi bilan o'zgarishi tushuniladi.

Metall yuzasidan ichkarisiga qarab, diffuziyalanuvchi element miqdori kamayadi. Buning natijasida struktura va xossa o'zgaradi. Metallni turli elementlar bilan to'yintirishda, masalan temirni, qatlamni tuzilishi umumiy qoidalarga bo'ysinadi. Bu qonunlarga muvofiq diffuziya Fe-M (M – boshqa xar qanday element) faza muvozanat diagrammasidagi bir fazali sohaga mos kelib, bir fazali qatlam hosil bo'lishiga olib keladi. Diffuziya qatlami bir fazali soha kabi shunday ketma-ketlikda holat diagrammasida berilgan harorat to'yinishida hosil bo'ladi. Bitta fazadan boshqa fazaga o'tishda miqdorni tez o'sishi kuzatiladi. Bu holatni temir-diffuziyalovchi element holat diagrammasida ko'rib chiqamiz.

Po'lat sirtqi qatlamini mos muhitda – karbyurizatorida uglerod bilan qizdirilganda diffuziya yordamida to'yintirish bilan bog'liq bo'lgan kimyoviy-termik ishlov berishning turiga sementatsiyalash (uglerodlash) deyiladi.

Odatda, tsementatsiyalash jarayoni austenit barqaror bo'lgan, erigan uglerod katta miqdorda bo'lgan $A_{s3}(930 - 950\text{ }^{\circ}\text{C})$ nuqtadan yuqori haroratda o'tkaziladi.

Tsementatsiyalagan buyum oxirigi xossasiga, tsementatsiyalangandan so'ng toblanib va past haroratda bo'shatilib, erishadi.

Tsementatsiyalash va undan keyingi termik ishlov berishdan maqsad – sirtqi qatlamga yuqori qattqlik va yeyilishga chidamlilik berish, kontaktdagi chidamlilik chegarasi va egilish, buralishdagi chidamlilik chegarasini oshirishdir.

Odatda tsementatsiyalash uchun kam uglerodli (0,1-0,18% C), ko'proq legirlangan po'latlar ishlatiladi. Katta gabaritli detallarni tsementatsiyalashda ko'proq uglerod miqdoriga (0,2-0,3% C) ega bo'lgan po'latlardan foydalaniladi. Bunday markali po'latlarni tanlash, ularning tsementatsiyalangandan keyin uglerod bilan to'yinmaydigan o'zagi toblashdan so'ng yuqori qovushqoqlikni saqlab qolish qobiliyatiga ega ekanligi asosida amalga oshirildi.

Detallar tsementatsiyalash shlifovkalash qo'yimiga (50-100 mkm) ega bo'lgan mexanik ishlov berishdan keyin amalga oshiriladi. Ko'p hollarda faqat detallarni talab qilingan qismi tsementatsiyalashga jalb qilinib, qolgani, puxtalash talab qilmaydigan qismi esa juda kichik qatlamda (20-40 mkm) mis bilan qoplanadi. Mis bilan qoplash eletroliz usulida olib boriladi yoki o'tga chidamli

glin, qum va asbestdan iborat qorishma, suyuq shishada aralashtirilgan so'ng hosil bo'ladigan maxsus qoplamalar bilan qoplanib, izolyasiya qilinadi.

Sementatsiyalangan qatlamning hosil bo'lish mexanizmi va tuzilishi. Agar uglerodga ega bo'lgan gazlarni (CO_2 , CH_4 va boshqalar) dissotsiatsiyasi tufayli olingan uglerod atomar holatiga o'tsa, u holda po'latlarda uglerodni diffuziyasini amalga oshirish mumkin. Atomar ko'rinishidagi uglerod po'lat sirtqi qatlamida adsorbsiyalanib, metallning ichiga diffuziyalanib, kirib boradi.

Tsmentatsiyalash haroratda (A_{s3} nuqtadan yuqori haroratda) diffuziya qatlami na faqat austenitdan, balki sekin sovutishdan keyin austenitni parchalanishi tufayli hosil bo'ladigan ferrit va tsementitdan ham iborat bo'ladi. Bunda uglerod miqdori ushbu haroratda to'yinish chegarasigacha yetib bormaydi.

Tsmentatsiyalangan qatlam qalinligi bo'yicha o'zgaruvchan miqdorga ega bo'lib, uning miqdori detalning sirtidan boshlab o'zagiga borguncha kamayib boradi. Shu munosabat bilan sekin vovutishdan so'ng tsmentatsiyalangan qatlamda uchta zonani (sirtidan o'zakka qarab) ko'rish mumkin: oldingi austenit donasiga qarab, to'r hosil qiluvchi perlit va ikkilamchi tsementitdan tashkil topgan evtektoiddan keyingi zona (1); faqat bitta plastinkali perlitdan tashkil topgan evtektoidli zona (2); perlit va ferritdan tashkil topgan evtektoidgacha bo'lgan zona (3). Bu zonada ferrit miqdori o'zakka yaqinlashguncha uzluksiz o'sib boradi.

Tsemetatsiyalangan qatlamning samarali qalinligi qilib, ko'pincha evtektoiddan keyingi zona bilan o'tish (evtektoidgacha) zonasi (uglerod miqdori 0,45% gacha) yarimining yig'indisi olinib, uning qattiqligi 50 HRCga mos keladi. Juda ko'p buyumlar uchun samarali qatlam qalinligi toblashdan so'ng qattiqligi 500HBga va ma'suliyatli detallar uchun esa 700HB teng.

Sinovlar 0,17% dan kam miqdorda ugleroddan iborat po'latlar uchun tsmentatsiyalangan qatlamning samarali qalinligi tsemetatsiyalangan kesimning qalinligi yoki diametrini 15%ini tashkil etishini ko'rsatdi. Agar po'latda uglerod miqdori 0,17% dan ko'p bo'lsa, qatlam qalinligi 5-9% gacha kamayadi. Yeyilishga, katta solishtirma yuklanishlarsiz ishlaydigan detallar uchun tsmentatsiyalangan qatlamning samarali qalinligi tsmentatsiyalangan kesimning qalinligi yoki diametrini 3-4 %ini tashkil etishi aniqlangan.

Sirtqi qatlamda uglerod miqdori 0,8-1,0 % ni tashkil etishi kerak. Yuqori kontaktli toliqishga erishish uchun po'latdagi uglerod miqdori 1,1-1,2 % gacha oshirish kerak. Uglerodning yanada yuqori miqdorida tsmentatsiyalangan buyumning mexanik xossalari yomonlashadi.

Agar po'latlar legirlangan karbid hosil qiluvchi elementlar bilan tsmentatsiyalansa, diffuziya haroratida austenit va karbidlardan tashkil topgan ikki fazali qatlam hosil bo'lishi mumkin. Tsmentatsiyalanadigan po'latdagi

legirlovchi elementlar tsementatsiyalangan qatlam qalinligiga amaliy jixatdan ta'sir qilmaydi.

Qattiq karbyurizatorlarda tsementatsiyalash. Bu jarayonda tsementatsiyalashda to'yintiruvchi muhit sifatida donachasi o'lchami 3,5-10 mm bo'lgan pista ko'mir yoki toshko'mirning yarim koksi va torf koksi ishlatiladi. Toshko'mirning yarim koksi va torf koksiga uni faollashtiruvchi qo'shimchalar - ko'mir massasiga nisbatan 10-40 % miqdorda uglerod bariy (BaCO_3) va kalsiyli soda (Na_2CO_3) qo'shiladi.

Keng ko'lamda tsementatsiyalashda ishlatiladigan karbyurizator pista ko'mirdan iborat bo'lib, unga karbyurizatoridagi zarrachalarni qizdirib pishirishda yo'qotish maqsadida 20-35 % BaCO_3 , ~3,5 % Na_2CO_3 lar qo'shiladi. Tsementatsiyalashda asosan 25-35 % yangi karbyurizatoridan va 65-75 % ishlatilib, ishlov berilgan karbyurizatoridan tashkil topgan ishchi qorishmadan foydalaniladi. Bu ishchi qorishmaga 5-7 % BaCO_3 qo'shiladi, u talab etilgan qatlam qalinligini ta'minlaydi va sirtqi qatlamda dag'al sementit to'rini hosil bo'lishini oldini oladi.

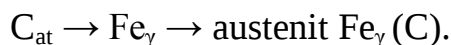
Tsementatsiya qilinadigan detallar dastlabki tozalashdan so'ng payvandlangan po'latdan yoki kamroq, to'g'ri burchakli yoki silindrsimon shaklga ega bo'lgan quyma cho'yandan tayyorlangan qutichalarga solib, taxlanadi. Buyumlarni upakovka qilishda quticha tagiga 20-30 mm qalinlikda karbyurizator solinadi va trambovka qilinadi va uning ustiga birinchi qatorga detallar, ular orasidagi va quticha yon devoridan 10-15 mm masofalarni e'tiborga olib, joylashtiriladi. Shundan keyin 10-15 mm qalinlikda karbyurizator qatlamli detallar ustidan solinib, trambovka qilinadi va uning ustiga boshqa detallar joylashtiriladi. Oxirigi (ustki) detallar qatoriga 35-40 mm qalinlikdagi karbyurizator qatlamli solinadi va bu bilan ro'y beradigan kirishuv oldi olinadi. Quticha qopqog'i yopiladi va uni o'tga chidamli glina yoki linani daryo qumi bilan aralashmasi bilan xar tomonlama qoplanadi. Shundan so'ng quticha pechga joylashtiriladi.

Tsementatsiya haroratigacha ($910-930^\circ\text{C}$) qizdirish vaqti quticha minimal o'lchamining xar bir santimetri uchun 7-9 minutni tashkil qiladi. Tsementatsiyalash haroratida qutichani minimal o'lchami 150 mm bo'lganda 700-900 mkm qalinlikdagi qatlam olishda ushlab turish vaqti 5,5 – 6,5 soatni va 1200-1500 mkm qalinlikdagi qatlam olishda esa 9-11 soatni tashkil qiladi. Katta o'lchamli qutichalarda (minimal o'lcham 250 mm) 700-900 mkm qalinlikdagi qatlam olishda ushlab turish vaqti 7,5-8,5 soatni, 1200-1500 mkm qalinlikdagi qatlam olishda esa 11-14 soatni tashkil etadi.

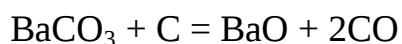
Tsementatsiyalashdan keyin qutichalar xavoda $400-500^\circ\text{C}$ da sovutiladi va so'ngra ochiladi. Po'latni tsementatsiyalash atomar uglerod orqali amalga oshiriladi. Qattiq karbyurizatorida tsementatsiyalashda atomar uglerod quyidagicha hosil bo'ladi. Tsementatsiyalanadigan qutichada havo bo'lib, undagi kislorod

yuqori haroratda karbyurizatoridagi uglerod bilan o‘zaro ta’sirlashadi va uglerod oksidini hosil qiladi. Temirda mavjud uglerod oksidi quyidagi tenglama orqali dissotsialanadi: $2\text{CO} = \text{CO}_2 + \text{C}_{\text{at}}$

Bu reaksiya natijasida ajralib chiqadigan uglerod hosil bo‘lish vaqtida atomlar bo‘lib, austenitda diffuziyalanadi:



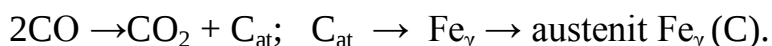
Karbyurizatorga bariy tuzlarini qo‘shish, tsementatsiya qutichadagi uglerod oksidini atmosferasini boyitib, uni faollashtiradi:



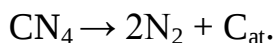
Gaz yordamida tsementatsiyalash. Bu jarayon buyumni uglerodga ega bo‘lgan muhitda qizdirilib, amalga oshiriladi. Gaz yordamida tsementatsiyalash qattiq karbyurizatorida tsementatsiyalashga qaraganda bir qator yutuqlarga ega, shuning uchun katta partiyada detallar tayyorlaydigan zavod va korxonalarda keng ko‘lamda qo‘llaniladi:

Gaz yordamida tsementatsiyalashda qatlamda berilgan miqdordagi uglerodni olish imkoni bor; jarayonni davom etish vaqti anchaga kamayadi; jarayonni to‘liq avtomatlashtirish va mexanizatsiyalashtirish imkoniyati ta’minlanadi; detallarga keyingi termik ishlov berish aytarli darajada soddalashadi, chunki toblashni bevosita tsementatsiya pechida amalga oshirish imkoni tug‘iladi.

Eng sifatli tsementatsiyali qatlamni karbyurizator sifatida tabiiy gaz ishlatilganda olish mumkin. Bu gaz to‘liq maxsus ishlov beriladigan metan (CN_4) va propanbutan, suyuq uglevodorodlar qo‘shilgan qorishmadan tashkil topgan. Gaz yordamida sementatsiyalashda uglerodlashni ta’minlaydigan asosiy reaksiya quyidagicha kechadi:



Atmosferada yuqori darajada metan bo‘lsa, u holda reaksiya quyidagicha kechadi:



Jarayon $910-930^\circ\text{C}$ haroratda 6 – 12 soat mobaynida kechadi (qatlam qalinligi 1000-1700 mkm gacha boradi).

Seriyali ishlab chiqarishda gaz yordamida tsementatsiyalash shaxtali pechda amalga oshiriladi. Gaz yordamida tsementatsiyalash uchun zarur bo‘lgan atmosfera pech kamerasiga uglerodga boy suyuqlikni (kerosin, sintin, spirt va boshqalar) yuborib, erishiladi. Bunda yuqori haroratda uglevodorodli birikmalar parchalanib, tsementatsiya gazini hosil qiladi.

Katta seriyali va massali ishlab chiqarishda gaz yordamida tsementatsiyalash uzluksiz ishlaydigan mufelsiz pechlarda amalga oshiriladi. Bu qurilmalarda kimyoviy-termik ishlov berishning xamma sikli (tsementatsiya, toblash va past haroratli bo‘shatish) to‘liq mexanizatsiyalashtirilgan va avtomatlashtirilgan holatda

bo'ladi. Tsementatsiyalash uchun mo'ljallangan uzluksiz ishlaydigan pechlarda endotermik atmosferadan foydalaniladi. Bu atmosferani asosi tabiiy gaz xisoblanadi.

Endotermik atmosferani asosiy yutug'i – uglerod potensialini avtomatik ravishda boshqarish mumkin, ya'ni uglerodlash qobiliyati tushuniladi. Bunda yuzani tsementatsiyalangan qatlami ma'lum miqdorda uglerod miqdori bilan ta'minlanadi.

Gaz yordamida tsementatsiyalashda 1500-1700 mkm qalinlikda qatlam olish uchun 930 – 950 °C haroratda tsementatsiya tezligi 0,12 - 0,15 mm/soat ni tashkil etadi.

Po'latlarga tsementatsiyalashdan keyingi termik ishlov berish va tsementatsiyalangan detallar xossasi.

Tsementatsiyalangan detallar oxirigi xossaga tsementatsiyalashdan keyin termik ishlov berilgandan so'ng erishadi. Bu ishlov berish bilan struktura to'g'rilaydi va o'zakdagi hamda tsementatsiyalangan qatlamdagi donachalarni maydalaydi, bu bilan tsementatsiyalangan qatlamda yuqori qattqlik va o'zakda yaxshi mexanik xossalar olish imkonini yaratadi, tsementatsiyalangan qatlamdagi karbid to'rlarini olib tashlaydi.

Ko'p hollarda, ayniqsa irsiy kichik donachali po'latlarga ishlov berishda, 820 – 850 °C haroratdagi toblashdan foydalaniladi.

Bu esa donani maydalashni ta'minlaydi va tsementatsiyalangan qatlamni to'liq toblashga olib keladi hamda o'zakdagi donachani qisman qaytadan kristallanishi va maydalanishini amalga oshiradi. Gaz yordamida tsementatsiyalashdan so'ng ko'pincha qaytadan qizdirmasdan tsementatsiya pechini o'zida toblash bajariladi. Bu bilan ishlov beriladigan buyumni qiyshayishi kamaytiriladi. Bunday ishlov berish tsementatsiyalangan qatlamdagi va o'zakdagi strukturani to'g'rilamaydi, shuning uchun toblashni faqat buyum irsiy kichik donachali po'latdan tayyorlangan bo'lsa, qo'llaniladi. Tsementatsiyalangan buyumdagi deformatsiyani kamaytirish uchun issiq moyda (160 – 180 °C) pog'onali toblash o'tkaziladi.

Tsementatsiyalashdan so'ng termik ishlov ba'zi bir hollarda ikkilamchi toblash va bo'shatishdan iborat bo'ladi. birinchi toblash (yoki normallash) 880 – 900 °C haroratda (o'zak uchun A_{s3} nuqtadan yuqori haroratda) o'zakdagi strukturani to'g'rilash uchun amalga oshiriladi. Bundan tashqari, qizdirilganda sirtki qatlamda austenitda tsementit to'ri eriydi, keyinchalik qaytadan tez sovutilganda hosil bo'lmaydi. Ikkinchi toblash 760 – 780 °C haroratda qizdirilganda tsementatsiyalangan qatlamdagi o'ta qizdirish bartaraf etiladi va buyumga yuqori qattqlik beriladi. Bunday termik ishlov berishning kamchiligi

texnologik jarayonning murakkabligi, buyumlarning qiyshayishini oshishi va oksidlanish hamda uglerodsizlanishni ro'y berishidir.

Termik ishlov berilgandan keyin sirtqi qatlamda kichik ignali martensit struktura va qoldiq austenitni izolyasiyalangan uchastkasi (30 – 50 % gacha) hosil bo'ladi. Tsementatsiyalangan qatlamning toblanish chuqurligi juda katta ahamiyatga ega. Tsementatsiyalangan qatlamning toblanish chuqurligi deganda po'latning yuzadan berilgan masofagacha 59 – 62 HRC qattqlikka va martensit strukturasiga ega bo'lishi tushuniladi. Tsementatsiyalangan qatlamda karbidlarni hosil bo'lishi va ichki oksidlanish, austenitda legirlovchi elementlar miqdorini kamaytirib, tsementatsiyalangan qatlamning toblanish chuqurligini kamaytiradi. Karbidlar qo'shimcha toblanish chuqurligini kamaytirib, austenitni parchalanishini tayyor markazlari bo'lib xizmat qiladi hamda austenitni turg'unligini kamaytiradi. Tsementatsiyalangan qatlamda qatlamni mo'rtligini oshiruvchi karbidlar to'rini hosil bo'lishi mumkin emas. Izolyatsiya qilingan karbidlar ham tsementatsiyalangan po'latning qovushqoqligini kamaytiradi, ayniqsa detallarning burchaklarida va toretslarida bu hol ko'proq kuzatiladi. Sovutishning intensivligini oshirish qatlamning toblanish chuqurligini oshiradi.

Tsementatsiyalangan detallarni oxirigi termik ishlov berish operatsiyasi xamma xollarda ham 160 – 180 °C haroratdagi past haroratli bo'shatish bo'lib, bunda sirtki qatlamdagi toblangan martensit strukturasiga bo'shatilgan martensit strukturasiga aylanadi, shu bilan kuchlanishlar olib tashlanadi.

Uglerodli po'latdan tayyorlangan buyum o'zagining strukturasida sorbitdan, legirlangan po'latlarda esa kam uglerodli martensit yoki pastki beynitdan iborat strukturadan tashkil topadi. Kam uglerodli martensit yuqori mustaxkamlik va o'zakda yetarli qovushqoqlikni ta'minlaydi. Qatlamda ferrit to'rlarini saqlanib qolishi mumkin emas, chunki u tsementatsiyalangan detallarni mustaxkamligi, plastikligi va qovushqoqligini kamaytiradi. Turli markali po'latlar uchun o'zakdagi qattqlik 30 – 45 HRC ga teng bo'ladi.

Tsementatsiyalash va keyingi termik ishlov berish po'latdan tayyorlangan buyumlarning chidamlilik chegarasini, sirtqi qatlamda yetarli darajada siquvchi qoldiq kuchlanishlar (400 – 500 Mpa gacha) hosil bo'lishi tufayli oshiradi.

Azotlash jarayoni. Po'lat sirtki qatlamini azot bilan diffuziya yordamida to'yintirish jarayoniga azotlash deb aytiladi. Azotlash juda kuchli ravishda sirtki qatlamning qattqligi, uning yeyilishga chidamliligi, chidamlilik chegarasi va atmosfera, suv va boshqa muhitlarda korroziyaga bardoshligini oshiradi. Azotlangan qatlam qattqligi tsementatsiyalangan qatlam qattqligiga qaraganda yuqori va uning qattqligi yuqori haroratlarda (450-500 °C) ham saqlanadi. Martensit strukturasiga ega bo'lgan tsementatsiyalangan qatlam qattqligi 200 - 225 °C haroratgacha saqlanadi.

Azotlash jarayoni dissotsiatsiyalangan ammiak NH_3 (25-60%) muhitida bajariladi.

Ishlov beriladigan yuzada NH_3 dissotsiatsiyalanib, azot ionlarini hosil qiladi, bu ionlar yuzada adsorbsiyalanib, metallni ichki kismigacha diffuziyalanib, boradi. Agar azotlash jarayoni evtektoidli haroratdan past haroratda amalga oshirilsa, bunda azot dast avval, Fe_4N α -fazaga diffuziyalanib (azotli ferrit), so'ngra esa eruvchanlik chegarasiga yetgandan so'ng, Fe_4N (γ' - faza) va Fe_{2-3}N (ε - faza) nitridlar hosil qiladi. To'yintirish haroratida azotlangan qatlam $\varepsilon \rightarrow \gamma' \rightarrow \alpha$ fazalardan tashkil topadi, sovigandan so'ng, ε va α -fazalarni parchalanish oqibatida $\varepsilon + \gamma' \rightarrow \gamma' \rightarrow \alpha + \gamma'$ fazalardan iborat bo'ladi. Agar azotlashni 591°C dan yuqori haroratda olib borilsa, azotli austenit (γ -faza) hosil bo'ladi, u sovitilganda azotli ferrit (α - faza) va Fe_4N nitrididan (γ' -faza) iborat qorishmaga parchalanadi. Shuning uchun diffuziyalangan qatlamning nitridlar qatlami (ε va γ' - fazalar) tagida γ - faza qatlami hosil bo'ladi va u sovitilganda evtektoidli o'zgarishlarni kechiradi. Bitta fazadan boshqa fazaga o'tish azot miqdorini tezda kamayib ketishi bilan kechadi. Temirda azotlangan qatlamning qattiqligi unchali katta emas $\sim 300\text{-}350$ HB. Shuning uchun azotlashga asosan, xrom, molibden, vanadiy, alyuminiy bilan legirlangan o'rtacha uglerodli po'latlar tavsiya etiladi, chunki ular azotlashdan so'ng yuqori qattqlik va eyilishga chidamlilikka ega bo'ladi. Legirlangan po'latlar yuzasida azotlangandan so'ng legirlangan ε - va γ' - fazalar: $(\text{Fe},\text{M})_{2-3}\text{N}$ va $(\text{Fe}, \text{M})_4\text{N}$ lar hosil bo'ladi. Ferritda erigan xrom, vanadiy va boshqalar α - fazada azot eruvchanligini oshiradi va maxsus nitridlar MN va M_2N hosil qiladi.

Past temperaturada azotlashda α -qattiq eritmada , dastavval Gine- Preston zona turidagi segretatsiya hosil bo'ladi. Yuqoriroq temperaturalarda esa legirlangan elementlarning (Cr, Mo,V va boshqalar) dispersli nitridlari vujudga keladi. Gine- Preston zonasi va maxsus ajralib chiqqan nitridlar dislokatsiyalar harakatlanishiga to'sqinlik qiladi va bu bilan azotlangan qatlamning qattqligini oshiradi. Ayniqsa, po'latdagi Al, Cr, Mo va V lar azotlangan qatlamdagi qattqlik katta miqdorda oshiradi va ikkinchi tomondan qatlamning qalinligini kamaytiradi.

Agar yuzadagi yuqori qattqlik va eyilishga chidamlilik azotlangan qatlamga qo'yilgan bosh va asosiy talab bo'ladigan bo'lsa, u holda 0,35-0,42 % C, 1,35-1,65 % Cr, 0,7-1,10 % Al va 0.15-0,25 % Mo va qolgani Fe bo'lgan 38X2MIOA markali po'lat markasini qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. Bir vaqtning o'zida po'lat tarkibida bo'lgan alyuminiy, xrom va molibden azotlangan qatlam qattqligini 1200 HB gacha oshiradi. Bundan tashqari, molibden azotlanish temperaturasidan sekin sovitilganda hosil bo'lishi mumkin bo'ladigan bo'shatishdagi mo'rtlikni ham bartaraf yetadi.

Biroq alyuminiy, azotlangan qatlamga yuqori mo'rtlik beradi. Shuning uchun ko'proq Cr (1-3 %), Mo(0,2 – 0,4 %), V(1,0-1,2 %gacha) bilan legirlangan po'latlar qo'llanilmoqda. Bu po'latlarning sirtqi yuzasi kamroq qattqlikka 750-950 HB va qolgan boshqa holatlarda esa samarali azotlangan qatlam qalinligiga ega bo'ladi (400-500 HB gacha), bu o'z navbatida jarayonni davom etish vaqtini kamaytiradi. Korroziyagabardoshlikni oshirish uchun uglerodli po'latlarni ham azotlash mumkin.

Azotlangan po'latning yeyilishga chidamliligi tsementatsiyalangan va toblangan po'latnikiga qaraganda ancha yuqori. Azotlangan qatlamda qoldiq siquvchi kuchlanishi hosil bo'ladi va yuzada 600 – 800 MPa ni tashkil etadi. Bu kuchlanish po'latni chidamlilik chegarasini oshiradi va toliqishdan yemirilish o'chog'ini azotlangan qatlam tagiga ko'chiradi. Silliqlik namunalardagi chidamlilik chegarasini 30-40 % gacha, kuchlanishlar konsentratorlari bo'lgan holda esa 100 % dan ortiqqa oshiradi.

Azotlash jarayoni texnologiyasi. Azotlash jarayoni texnologiyasi bir qancha texnologik operatsiyalarni ko'zda tutadi va bu operatsiyalar quyida ko'rsatilgan:

1. Zagotovkaga dastlabki termik ishlov berish. Bu operatsiya buyumning o'zagida yuqori mustahkamlik va qovushqoqlik olish uchun po'latlarni toblash va yuqori haroratda bo'shatishdan iborat. Bo'shatish yuqori haroratda 600 - 675 °C olib boriladi. Bu harorat keyingi azotlashni maksimal haroratidan yuqori bo'lib, po'latni kesib ishlov berish mumkin bo'lgan qattqligini ta'minlaydi;
2. Detallarga mexanik ishlov berish, silliqlash detalga oxirigi o'lchamlarni beradi;
3. Buyumni azotlanishi talab qilinmaydigan joylariga elektrolit usuli bilan juda kichik qatlamda (0,01-0,015 mm) qalaydan yoki suyuq shishadan qoplab, azotlashdan himoya qilinadi. Qalay azotlash haroratida po'latni yuzasida juda kichik o'lchamdagi yupqa qatlam ko'rinishda bo'lib, eriydi;
4. Azotlash jarayoni;
5. Buyumni oxirigi silliqlash yoki tayyor holatga keltirish.

38X2MIOA markali po'latdan tayyorlangan kichik devorli murakkab konfiguratsiyali buyumni azotlashni 500-520 °C haroratda o'tkazish tavsiya etiladi. Jarayonning davomiyligi talab etiladigan azotlangan qatlamning qalinligiga bog'liq. Azotlash harorati qanchalik katta bo'lsa, azotlangan qatlamning qattqligi shunchalik kichik va qatlam qalinligi esa shunchalik kattadir. Azotlangan qatlamdagi qattqlikni kamayishi legirlangan elementlarning nitridlariga bog'liq. Odatda azotlashda qatlam qalinligini 0,3 - 0,6 mm olish maqsadga muvofiqdir.

500–520⁰C haroratda azotlash jarayoni davom etish vaqti uzoq bo‘lib, 24 – 60 soatni tashkil etadi.

Azotlash jarayonini tezlashtirish uchun ikki pog‘onali jarayon qo‘llaniladi: avval azotlash 500–520⁰C haroratda, so‘ngra esa 540–560⁰C haroratda amalga oshiriladi. Ikki pog‘onali azotlash jarayonida jarayon davomiyligi kamayadi, biroq bunda yuqori qattqlik saqlanib qoladi.

Po‘latni yuzasiga azot bilan to‘yintirish jarayonida buyumning o‘lchamlari juda ham kichik miqdorga yuza qatlamning hajmi oshishi hisobiga o‘zgaradi. Azotlash harorati va qatlam qalinligi oshishi hisobiga, deformatsiya ham oshadi.

Alyuminiyga ega bo‘lmagan po‘latlarni (Cr-Mo-V ga ega bo‘lgan po‘latlar) azotlash 570 ⁰C haroratda 6-10 soat mobaynida amalga oshiriladi, bu esa kerakli 0,3-0,4 mm qatlam qalinligini, yuqori qattqlikni (~800HB) va yeyilishga chidamlilikni ta‘minlaydi. Azotlashdan so‘ng sovutish yuzadagi oksidlanishni oldini olish uchun pech bilan birgalikda ammiak oqimida (200 ⁰C gacha) amalga oshiriladi. 570 ⁰C haroratda 5-10 soat mobaynida 50 % endogaz va 50 % ammiak yoki 50 % metan va 50 % ammiak bo‘lgan atmosferada amalga oshiriladigan azotlash jarayoni qo‘llanila boshlandi. Bunday ishlov berish natijasida po‘latni yuzasida juda kichik, mayin karbonitridli qatlam (Fe, M)₂₋₃ (N, C) hosil bo‘ladi. Bu qatlam kichik mo‘rtlikka va nisbatan yuqoriroq yeyilishga chidamlilikka ega bo‘ladi. Legirlangan po‘latlardagi karbonitridli qatlam qattqligi 600-1100 HB ga tengdir. Umuman bunday ishlov berish buyumning chidamlilik chegarasini kuchli ravishda oshiradi.

Ionli azotlash. Oxirigi yillarda kamayib boradigan zaryadsizlanishda (ionli azotlash) azotlash qo‘llanila boshlandi. Bu azotlash turi zaryadsizlanishda azotga ega bo‘lgan atmosferada (NH₂ va N) ishlov beriladigan detalni manfiy elektrodga katodga ulab, amalga oshiriladi. Qurilmadagi konteyner anod bo‘lib, xizmat qiladi. Katod (detal) va anod o‘rtasida kamayib boradigan zaryadsizlanish va gaz ionlari qaytadan tiklanadi, katod yuzasini portlatib, uni to‘yintirish haroratigacha qizdiradi. Ionli azotlash jarayoni ikki bosqichda amalga oshadi: birinchisi yuzani katod sochilishlaridan tozalash; ikkinchisi o‘z tabiati bilan to‘yinish jarayonidir.

Katodni sochilishi 5-60 min davomida 1100-1400 V kuchlanish va kichik bosimda kechadi. Qatodni sochilish jarayonida detal yuzasidagi harorat 250 ⁰C dan oshmaydi. Azotlash jarayoni 470-580 ⁰C haroratda, 400-1100 V ishchi kuchlanishda va 1-24 soat davomida amalga oshiriladi.

Ionli azotlash jarayoning umumiy davom etish vaqtini kamaytiradi, boshqariladigan tarkib va tuzilishda diffuziyali qatlamni olish imkonini tug‘diradi, juda kichik deformatsiya hosil qiladi va yuqori iqtisodiy samaraga ega bo‘ladi.

Suyuq muhitlarda azotlash (tenifer - jarayon). Bunday azotlash jarayoni 570 ⁰C haroratda 0,5-3,0 soat davomida erigan sianli tuzlarda (40 % KCNO ga ega

bo'lgan 85 % tuz va 60% $\text{NaCN} + 15\% \text{NO}_2\text{CO}_3$ va 45% Na_2CO_3 yoki 55% karbamiddan $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ va 45% Na_2CO_3 bu orqali quruq havo o'tkaziladi) amalga oshiriladi. Tuzlar titandan tayyorlangan tigilda eritiladi. Kichik harorat oqibatida, po'latga asosan sianli tuzlar ajralishida hosil bo'ladigan azot diffuziyalantiriladi. Ishlov berish oqibatida po'latni yuzasida juda kichik o'lchamli (7-15 mkml), yuqori yeyilishga chidamli va mo'rtlikdan sinishga moyil bo'lmagan karbonitridli qatlam $(\text{Fe}, \text{M})_{2-3} (\text{N}, \text{C})$ hosil bo'ladi. Karbonitridli qatlamning tagida azotning α -temirdagi qattiq eritmasi va γ' -fazaning ortiqcha kristallaridan tashkil topgan qatlam joylashgan bo'ladi. Qatlamning umumiy qalinligi 0,15-0,5 mmni tashkil etadi. Bunday va gaz yordamida azotlashdan so'ng uglerodli po'latlardagi qatlam qattiqligi 300-350 HB, legirlangan po'latlarda esa 600-1100 HBni tashkil etadi. Suyuq muhitdagi azotlash aytarli darajada po'latni chidamlilik chegarasini oshiradi. Jarayonni yutug'iga o'lchamlarni juda kichik miqdorda o'zgarishi va detallarni qishayishi bo'lmasligi bo'lsa, kamchiligi toksikligi, inson xayoti uchun xavfliligi va sianli tuzlarning qimmatligidir. Bu jarayondan avtomobil detallariga (tirsakli val, tishli g'ildirak va boshqalar), shtamlarga, press-qoliplarga va boshqalarga ishlov berishda keng ko'lamda qo'llaniladi.

Nitrotsementatsiyalash. Po'lat sirtqi qatlamini uglerodlovchi gaz va ammiakdan iborat bo'lgan gaz muhiti bilan 840-860 $^{\circ}\text{C}$ haroratda bir vaqtning o'zida uglerod va azotga diffuziya yordamida to'yintirish jarayoniga nitrotsementatsiyalash deyiladi. Jarayonning davom etish vaqti 4 – 10 soatni tashkil etadi. Nitrotsementatsiyalashdan asosiy maqsad – po'latdan tayyorlangan detallarni qattiqligi, yeyilishga chidamliligi va chidamlilik chegarasini oshirishdir.

Izlanishlar natijasida, bir vaqtning o'zida uglerod bilan azotni diffuziyalanishi jarayonida uglerod diffuziyasi tezlashishi aniqlandi. Nitrotsementatsiyalash harorati tsementatsiyalash haroratidan 100 $^{\circ}\text{C}$ kam bo'lsa ham 500 mkm chuqurlikda nitrotsementatsiyalangan va tsementatsiyalangan qatlamni hosil bo'lish tezligi deyarli bir xil kechadi.

Legirlangan po'latlarni nitrotsementatsiyalashda xajm bo'yicha 1,5 – 5,5 % ishlov berilmagan tabiiy gaz va 1 – 3,5 % NH_3 dan iborat muhitni nazorat qilinadigan endotermik atmosferaga qo'shish yordamida hosil bo'ladigan atmosferani qo'llash tavsiya etiladi.

Nitrotsementatsiyalashdan so'ng pechni o'zida toblashni o'tkazish kerak, kamdan-kam hollarda esa qayta qizdirishdan keyin pog'onali toblash ham qo'llaniladi. Toblashdan so'ng 160-180 $^{\circ}\text{C}$ haroratda bo'shatiladi.

Optimal sharoitlarda nitrotsementatsiyalangan qatlam strukturasi kichik kristallardan iborat martensit, kam miqdorda bir xilda taqsimlangan kichik o'lchamli karbonitrid va 30-50 % qoldiq austenitdan tashkil etish kerak.

Nitrotsementa qiyalangan qatlam qattiqligi toblash va past haroratli bo'shatishdan so'ng 58-60 HRC, 570-690 HB ni tashkil etadi. yuqori miqdordagi qoldiq austenit miqdori, masalan, silliqanmaydigan avtomobil tishli g'ildiragini, yaxshi ishlovchanligini ya'ni shovqinsiz ishlashini ta'minlab beradi. Maksimal darajadagi mustaxkamlik ko'rsatkichlarga ushbu po'lat uchun nitrotsementa qiyalangan qatlam yuzasida optimal bo'lgan uglerod va azot miqdorida erishiladi.

Qatlamda azot miqdori ichki oksidlanishda hosil bo'ladigan zararli oqibatlarini oldini olishi mumkin bo'lgan miqdordan kam bo'lmasligi shart ($\sim 0,1-0,15\%$). Qatlamda azot miqdori yuqori bo'lsa ($0,4-0,5\%$), qora ko'rinishdagi tashkil etuvchi hosil bo'lib, u yuzada qora nuqtali to'r ko'rinishida namoyon bo'ladi. Qora tashkil etuvchilar, yuqori bosim ostida kattiq eritmadan molekulyar azotni ajralib chiqishi natijasida yuzaga keladigan g'ovaklar hisoblanadi. Qora tashkil etuvchilar po'latni chidamlilik chegarasini 30-70 %ga va kontaktli chidamlilik chegarasini esa 5-6 martaga kamaytirib, yuboradi. Uglerod va azotdan tashkil topgan qorishmada optimal uglerod miqdori po'latni markasiga bog'liq va 1,0 – 1,65 % intervalda o'zgaradi. Qatlam strukturasi kam miqdordagi uglerod miqdori martensit donasi cherasida troostitni hosil qiladi. Cr, Mn, Ti, V larga ega bo'lgan po'latlardagi uglerod miqdori yuqori bo'lgan hollarda karbonitrid hosil bo'ladi. Uglerod va legirlovchi elementlarni karbonitridlarga aylanishi austenit turg'unligini kamaytiradi, bu esa troostit qatlamini hosil bo'lishiga ham olib keladi. Karbonitrid va troostit to'rlarini hosil bo'lishi po'latni chidamlilik chegarasi, plastikligi va qovushqoqligini kamaytiradi.

Nitrotsementa qiyalangan qatlam qalinligi odatda 200 – 800 mkmni tashkil etadi. U 1000 mkmdan oshmasligi kerak.

Chunki katta qatlam qalinlikda po'latda qora tashkil etuvchilar va boshqa nuqsonlar hosil bo'lib, po'latni mexanik xossasini kamaytirib yuboradi.

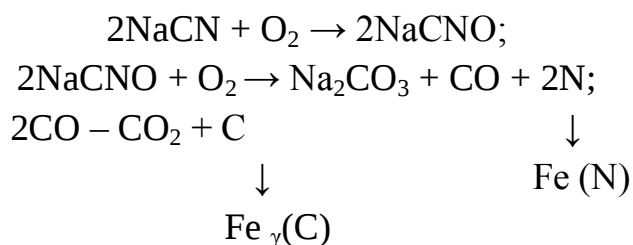
Nitrotsementa qiyalashga asosan, murakkab shaklga, qiyshayishga moyil detallar tavsiya etiladi. Gaz yordamida nitrotsementa qiyalashga qaraganda nitrotsementa qiyalash quyidagi yutuqlarga ega: jarayon nisbatan past haroratda ($910-930^{\circ}\text{C}$ harorat o'rniga $840-860^{\circ}\text{C}$ haroratda kechadi) qatlam qalinligi kichik; detallar deformatsiyasi va qiyshayishi kichik; yeyilish va korroziyaga qarshiligi yuqori.

Nitrotsementa qiyalash jarayoni avtomobilsozlik va traktorsozlikda keng ko'lamda qo'llanilmoqda.

Sianlash. NaCN guruhidagi erigan tuzlar muhitida $820-950^{\circ}\text{C}$ harorat intervalida bir vaqtning o'zida azot va uglerod bilan po'lat sirtki qatlamini duffuziya yordamida to'yintirish jarayoniga sianlash deb ataladi.

O‘rtacha haroratda sianlash. Bu jarayonda buyum 820-860 °C haroratgacha NaCN guruhidagi erigan tuzlar muhitida qizdiriladi. Uncha katta bo‘lmagan qalinlikda qatlam (0,15-0,35mm) olish uchun jarayon 820-860 °C haroratli vannada (20-25% NaCN, 25-50% NaCl va 25-50% Na₂CO₃) olib boriladi. Jarayonni davom etish vaqti talab etiladigan qatlam qalinligiga qarab, 30 - 90 minutni tashkil qiladi.

Sianli natriy sianlash jarayonida havodagi kislorod bilan oksidlanadi va unda quyidagi reaksiyalar kechadi:

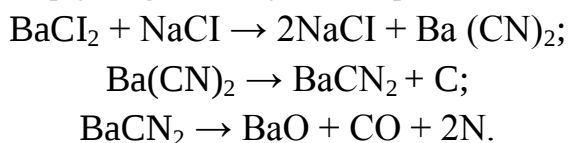


Ajralib chiqadigan atomlar uglerod va azot po‘latni diffuziyalantiradi. 820 – 860 °C haroratda olingan sianlangan qatlam 0,7% C va 0,8 – 1,2% N larga ega bo‘ladi.

Talab etiladigan, nisbatan uncha katta bo‘lmagan haroratlardagi sianlash toblashni bevosita sianli vannada bajarish imkonini yaratadi. Toblashdan so‘ng past haroratli bo‘shatish (180-200 °C) amalga oshiriladi. Termik ishlov berishdan so‘ng sianlangan qatlam qattiqligi HRC58-62 bo‘ladi. Sianlangan qatlam tsementatsiyalangan qatlamga nisbatan yuqoriroq yeyilishga chidamlilikka ega va u chidamlilik chegarasini samarali ravishda oshiradi. Bu sianlash turi yordamida, asosan kichik o‘lchamli detallar puxtalanadi.

Yuqori haroratda sianlash. Katta qalinlikda (0,5 – 2,0 mm) sianlangan qatlam olish uchun 930 – 950 °C haroratli 8% NaCN, 82% BaCl₂ va 10% NaCl (eriguncha vannadagi tarkib) tarkibga ega bo‘lgan vannada yuqori haroratli yoki chuqur sianlash o‘tkaziladi. Vanna oynasi issiqlikni ko‘p yo‘qotmaslik va sianli tuzlarni bug‘lanishini oldini olish uchun grafit qatlami bilan qoplanadi. Talab etiladigan qalinlikdagi qatlamlar olish uchun buyumni vannada ushlab turish vaqti 1,5 – 6 soatni tashkil etadi.

Vannada sianlash, quyidagi reaksiyalar orqali kechadi:



Ajralib chiqadigan atomar uglerod va azot po‘latni diffuziyalantiradi. Talab etiladigan yuqori haroratlarda po‘latni sirtqi yuzasiga ko‘p darajada uglerod (0,8-1,2% gacha) va kamroq azot (0,2 – 0,3 %) bilan to‘yintiriladi. Sianlangan qatlamning tuzilishi tsementatsiyalanganikiga o‘xshashdir. Yuqori haroratli

sianlashdan so'ng detallar havoda sovutiladi, keyin undagi donani maydalash uchun tuzli vanna yoki pechda qizdirilib, toblanadi va past haroratli bo'shatish o'tkaziladi.

Sianlash jarayoni tsementatsiyalash jarayoniga nisbatan berilgan qatlam qalinligini olish uchun kam vaqt talab yetadi, nisbatan kam darajada deformatsiya hosil bo'lishi va murakkab shakldagi detallarni qishayishiga olib kelishi, yeyilishga va korroziyaga yuqori qarshilik ko'rsatish bilan xarakterlanadi.

Sianlashni kamchiligi qimmatligi, sianli tuzlarni zaxarligi va bu bilan bog'liq ravishda mehnatni muhofaza qilish uchun maxsus choralar ko'rilishini talab qilinishidir.

Borlash. Po'lat va temir asosidagi qotishmalarni sirtqi yuzasini bor bilan to'yintirish jarayoniga borlash deyiladi. Borlash jarayonida po'lat va temir qotishmalari sirtqi qalamida boridlar – Fe_2B va F_4B lar hosil bo'ladi. Bu esa qattqlik va yeyilishga chidamlilikni hamda korroziyaga bardoshlikni oshishiga olib keladi.

Po'lat va temir asosidagi qotishmalarni bor bilan to'yintirish jarayoni turli muhitlarda amalga oshiriladi. Bor faol holatda qattiq, suyuq va gazsimon holatlarda olinishi mumkin, hamda borni sirqi qatlamga surib, qoplab ham ishlatish mumkin. Po'lat va temir asosidagi qotishmalarni sirtqi qatlamini bor bilan qattiq muhitda to'yintirishda va qoplashda faol bor olish manbasi sifatida bor karbidi F_4B va amorf bor kukunidan foydalaniladi. Suyuq holatda borlashda (elektroliz va elektrolizsiz usullarda) to'yintiruvchi muhit sifatida bura $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$, bor oksididan B_2O_3 iborat qorishmadan foydalaniladi. Ba'zi hollarda, bu qorishmaga bor karbidi F_4B ham qo'shib, ishlatiladi. Gaz yordamida borlashda to'yintiruvchi muhit sifatida dibor B_2H_8 yoki uchxloridli borni BCl_3 vodorod(azot, ammiak) bilan hosil qilgan qorishmasi qo'llaniladi. Borlash natijasida ko'p qatlamli diffuziya qatlami hosil bo'ladi. Bunda buyumning sirqi yuzasida temir boridi FeB , so'ngra borid Fe_2B qatlam, oxirigi qatlamda esa temirdagi borning qattiq eritmasi hosil bo'ladi. Diffuziya qatlamini hosil bo'lishi Fe-B holat diagrammasi orqali kechadi.

Bor bilan qattiq eritmani to'yintirilgandan keyin boridlardan iborat bo'lgan qatlam shakllanadi. Boridlar stolba ko'rinishda po'lat yoki qotishmani ichkarisiga qarab, o'sadi. Bir qator hollarda (to'yintirish sharoitiga qarab) bir fazali boridlar qatlami FeB , boshqa hollarda esa ikki fazali boridlar FeB va Fe_2B hosil bo'ladi.

Turli muhitlarda borlash shuni ko'rsatadiki, borlash muhitidagi uglerod va legirlovchi elementlar (Co, Ni, Mn lardan tashqari) borlangan qatlam chuqurligini kamaytiradi. Yuqorida qavs ichida ko'rsatilgan 3 ta element amaliy jixatdan borlash chuqurliligiga ta'sir etmaydi.

Borlash chuqurligiga uglerod va legirlovchi elementlarning turlicha ta'sir qilishi sababi bor diffuziyasi jarayoniga faol energiya qo'shimchasini ta'siri etishi

hisoblanadi. Texnik temirdagi diffuziyani faol energiyasi 142 kDj/g-atomga teng. Po‘latga 0,83 % uglerodni qo‘shish faol energiyasini Q 152 kDj/g-atomgacha oshirsa, 4 % W va 2,7 % Mo Qni 159 kDj/g-atomgacha oshiradi. Q kattalik kristall panjaradagi energiya bog‘lanishlarni xarakterlaydi.

O‘z navbatida, Co, Ni, Mn lardan tashqari, uglerod va boshqa xamma legirlovchi elementlarni qo‘shish diffuziya qatlamida bor bog‘lanishlarini kuchaytiradi. Co, Ni, Mn lar qo‘shilganda bor diffuziyasini faol energiyasi amaliy jixatdan o‘zgarmasdan qoladi.

O‘rta va yuqori uglerodli po‘latlarda boridlar qatlamiga ajralib chiqqan tsementit asosidagi karboboridli fazalar $[Fe_3(C,B)]$ qo‘shiladi. Legirlangan po‘latlarda legirlovchi elementlar boridlar qatlamidan siqib chiqariladi (titandan tashqari). Sirtqi qatlamda titan miqdori oshadi. Borid qatlamdan so‘ng, temirdagi borning qattiq eritmasi ko‘rinishidagi o‘tish qatlami joylashgan bo‘ladi. Bor qatlamini chuqurligiga borlash vaqtini ta’siri, boshqa elementlar bilan to‘yintirish ham parabola qonuniyatiga bo‘ysinadi.

Boridlarni hosil bo‘lishi zichlikni kamaytiradi. Boridlar mo‘rt, ajralib ko‘chishga va darz ketishga moyil. Shuning uchun buyumlardagi eng yaxshi toliqishdagi mustahkamlikni 20-50 % ga oshishiga bir fazali borlashni qo‘llaganda erishiladi. Biroq, bunday texnologik jarayon sirtqi qatlamdagi qattiqlikni kamayishiga olib keladi, bu esa yeyilishga chidamlilikka salbiy ta’sir ko‘rsatadi. FeB boridni mikroqattiqligi H_{100} 19500 – 20000 MPa, Fe_2B ni mikroqattiqligi H_{100} esa 13000 – 14000 Mpa ga teng.

Boridlar qattiqligiga po‘latga qo‘shilgan legirlovchi elementlar ta’sir qiladi. Cr, Mn va ayniqsa W va Mo larni qo‘shish bu boridni yetarli darajada qattiqligini oshiradi. Boshqacha aytganda, legirlovchi elementlar Fe_2B ga ta’sir qiladi. Bu boridning qattiqligi amaliy jixatdan Cu, Al, Mn lar ta’sirida o‘zgarmaydi. Ni, Mn kabi qo‘shimchalar, ayniqsa W va Mo lar borid qattiqligini kamaytiradi. Shunday qilib, ba’zi bir legirlovchi elementlar FeB va Fe_2B boridlar qattiqligiga to‘g‘ri qarama-qarshi proporsionaldir.

Borlangan po‘latlarni mo‘rtligi juda katta axamiyatga ega. Deformatsiya 1-2 % bo‘lganda sirtqi qatlamni ko‘chishi boshlanadi. Bu borlangan qatlamni katta mo‘rtlikka ega bshlishi bilan aniqlanadi. Uglerod miqdorini oshishi FeB boridi mo‘rtligi omilini Fe_2B boridinikiga qaraganda 6 martaga katta bo‘lishiga olib keladi. Borid qatlamlarini yuqori mo‘rtligi kontaktli eyilishda buyumning ekspluatatsion tavsifnomasiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu bilan bir qatorda bunda, abraziv yeyilishga chidamlilikka qarshilik oshadi. Bir fazali va ikki fazali borlashda buyumni toblash va past haroratda bo‘shatishga qaraganda yeyilishga chidamliligini oshiradi. Borlangan qatlamning abraziv bardoshligi toblangan va

bo'shatilgan po'latga nisbatan bir necha marta kattaligi va xromlangan qatlamning abraziv yeyilishidan kam farq qilishi ko'rinib turibdi.

Qobalt, bu metallar qotishmalari hamda qiyin eriydigan metallardan (Mo, W, Nb, Ta, Zr, Re) tayyorlangan buyumlarda foydali xossalarni olishda borlashdan foydalaniladi.

7.5. Diffuzion metallash. Metallarni diffuziyali xromlash. Silitsiyalash. Texnologik jarayonlar

Diffuziyali xromlash–materiallarga kimyoviy-termik ishlov berish turlaridan biridir. Diffuziyali xromlash metall va qotishmalar sirtqi qatlamini xrom bilan to'yintirish jarayonidir. Bunda to'yintiriladigan metall (qotishma) tarkibi, strukturasi va xossasi o'zgaradi.

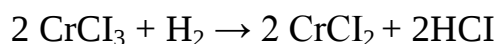
Diffuziyali xromlash, keyinchalik uni oddiy xromlash deb ataymiz, kimyoviy-termik ishlov berish turlaridan biri bo'lib, to'yintiruvchi muhitda atomar xromni faol holatda olish, keyin bu atomlarni buyumni to'yinuvchi yuzasiga adsorbsiyalash va metall yoki qotishma ichkarisiga diffuziya yordamida kiritish jarayonidir. Xromlash jarayoni to'yintiruvchi muhitga bog'liq ravishda to'rtta usulda amalga oshiriladi: 1) qattiq fazada; 2) bug' fazasida; 3) gaz fazasida; 4) suyuqlik fazasida.

Qattiq fazada to'yintirish jarayoni to'yintiruvchi modda qattiq bo'lak va kukunlar bilan buyumni to'yinadigan yuzasini o'zaro kontaktida amalga oshiriladi. Bunda diffuziya jarayoni kontakt joyida kechadi. Xromlashning bunday turi, masalan, galvanik usul yordamida xrom qatлами bilan dastlabki qoplangan temirni yumshatishda qo'llaniladi.

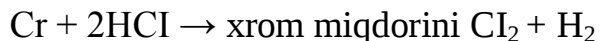
Bug' fazasida to'yintirish jarayoni metallni qizdirishda hosil bo'ladigan diffuziya yordamida to'yinadigan modda bug' fazasi bilan to'yintirishdir.

Gaz fazada to'yintirish jarayonida gaz fazasi sifatida bug'lanuvchi kimyoviy birikmalar ko'rinishidagi elementlardan (CrCl_2 , CrF_2 , CrI_2 va boshqalardan) foydalaniladi. Galogenidlar bilan to'yintiriladigan metall va qotishmalar yuzasini o'zaro ta'sirlashuvida temir galogenidini hosil qiladi, bunda erkin qolgan xrom atomi galogenid hosil qilgan temir o'rniga metallni sirtqi yuzasida qoladi. Erkin xrom xloridni vodorod bilan o'zaro ta'sirlashishida ham hosil bo'ladi.

Diffuziyali xromlashning gaz usuli xrom galogenididan CrCl_3 500-600 °C haroratda quruq vodorodni o'tkazish yo'li bilan amalga oshiriladi:



Boshqa usul bilan gaz yordamida to'yintirish xrom orqali quruq vodorod xloridini o'tkazish orqali olinadi:



Suyuqlik fazasida to'yintirish jarayoni to'yintiriladigan metall (qotishma) yuzasini to'yintiruvchi metall va uning tuzlarining suyuqlik qotishmalari bilan o'zaro kontaktda sodir bo'ladi.

Bug' va gaz fazasida xromlash usuli keng ko'lamda qo'llanilmoqda. Bug' fazasida xromlash asosan xromning o'ziga xosligiga, ya'ni uning oson bug'lag'anishiga moyilligiga asoslanadi. Haroratni 907 °C dan 1090 °C gacha oshishi xromning parsial bosimini $1,2 \times 10^{-7}$ Pa dan $1,14 \times 10^{-5}$ Pa va 10^2 Pa gacha oshiradi. Shunday qilib, xromni qattiq holatida qizdirishda xromning bug'i o'zining elastikligini milliard martaga ortiradi. Bunday operatsiyani vakuumda o'tkazish bug'lanish haroratni kamaytiradi, bu esa to'yintirish jarayonini tezlashtiradi. Bug' fazasida xromlashda harorat va xromlash davomiyligining texnik temirdagi qatlam qalinligiga ta'sir ko'rsatadi. Xromlash harorati va vaqtini boshqa elementlar bilan diffuziya yordamida to'yintirish xuddi shunga o'xshashdir.

Xromlashdagi diffuziya qatlamining strukturasi na faqat xrom diffuziya bilan balki uning to'yinadigan qotishmadagi komponent va fazalar bilan o'zaro ta'sirlashuvi bilan aniqlanadi. Texnik temirni xrom bilan diffuziya yordamida to'yintirishda xrom miqdori diffuziya qatlami chuqurligi bo'yicha o'zgaradi. Po'latning yuzasiga yaqin joyda xrom bilan 1100 °C (1200 °C) haroratda to'yintirish α -Fe da kechadi. Agar xrom miqdori 10 % va undan kam bo'lsa, temir γ -Fe holatida bo'ladi. Xromning diffuziyaga moyillik faolligi temirning kristall strukturasi bog'liq ravishda o'zgaradi. Bunda xromning γ -Fe da va α -Fe dagi diffuziya koeffitsientlari (D_γ), (D_α) larni tenglama orqali tasvirlanadi (V.G. Borisov, V.M. Golikov, G.N. Dubinin):

$$D_\gamma^{\text{Cr}} = 10^{-2} \exp(-150/RT); \quad D_\alpha^{\text{Cr}} = 1,55 \times 10^{-3} \exp(-129/RT).$$

Bu haroratlarni ko'rib chiqib, tahlil qilinganda xromni α -Fedagi xarakatlanuvchanligi γ -Fe dagiga nisbatan oson kechadi. Ferritning diffuziya faollik energiyasi (129 kDj/g-atom) austenitnikiga (150kDj/g-atom) nisbatan kichikdir. Bunda shuni e'tiborga olish kerakki, kimyoviy-termik ishlov berishda to'yinish natijalari yana ikkita omillar bilan aniqlanadi: yuzadagi xar bir qatlamga to'yinadigan elementning miqdori va xar bir qatlamning o'sish tezligi (ushbu holatda xromli ferrit va xromli austenit nazarda tutilmoqda). Shunday qilib, bu holatda diffuziya qatlamini tuzilishi holat diagrammasi orqali aniqlanadi; qatlamning kinetikasi va qalinligi – diffuziya doimiysi va yuzadagi xar bir qatlamning chegarasidagi xrom miqlori bilan aniqlanadi.

Po‘latni xromlashda uchinchi komponentni paydo bo‘lishi diffuziyali to‘yinish xarakteri va qatlam strukturasi o‘zgartiradi. Sirtqi qatlam xromning murakkab karbidlari asosidagi bir qancha fazalardan tashkil topgan. Namunani yuzasida Cr_{23}C_6 murakkab xrom karbidi hosil bo‘ladi. Yuzadagi mayin qatlamda xrom miqdorining yuqoriligi (90 %) e‘tiborga oladigan bo‘lsak, u holda yuzadagi qatlam ko‘p miqdorda xromga ega bo‘lgan karbid yoki toza xromga ega bo‘ladi. Keyin kam miqdorda xromga ega bo‘lgan qatlam bo‘ladi; bu qatlam yuqori uglerod miqdoriga ega bo‘lgan austenit (1 % dan ko‘p) va 10-12 % Cr dan tashkil topadi. Sovutilganda bu austenit parchalanishi bilan evtektoidli qorishmani hosil qiladi. Bu qorishma ferrit va Cr_{23}C_6 tipidagi karbiddan tashkil topgan bo‘ladi.

Diffuziyali xromlash po‘lat va qotishmalardan tayyorlangan buyumlarga yuqori ekspluatatsion tavsifnomalar beradi. Uglerodsiz temir qotishmalarga xromni to‘yintirishda 25 % xromga ega bo‘lgan qatlam hosil bo‘ladi. Bu holatdagi xromlash buyumlarni gaz va atmosferadagi korroziyaga qarshiligini oshishiga olib kelishini ta‘minlaydi. Po‘lat yuzasini xrom bilan to‘yintirishda qatlamdagi xrom miqdori 80 %dan ko‘p bo‘ladi. Bunda hosil bo‘ladigan karbid qatlami yuqori qattiqligi bilan ajralib turadi, bu esa o‘z navbatida yeyilishga chidamlilikni oshiradi. Xromlangan qatlamning muhim texnologik o‘ziga xosligi asosiy metall (qotishma) bilan mustahkam bog‘liqligi va uning plastikligi hisoblanadi. Bu esa xromlangan buyumlarni shlifovka qilish, silliqlash, payvandlash va boshqa operatsiyalar bajarish imkonini beradi. Xromlangan buyumlarni strukturasi va xossasini butun xajm bo‘yicha yaxshilash maqsadida termik ishlov qilinadi. Xromlangan diffuziyali qatlamning qalinligi unchali katta emas, u 0,01 mmdan 0,1 mmgacha o‘zgaradi.

Legirlangan po‘latlar, cho‘yanlar, grafit hamda nikel, molibden, volfram, niobiy va kobalt qotishmalarini xromlashda foydali ekspluatatsion tavsifnomalarga ega bo‘lgan buyumlar olish imkoni tug‘iladi.

Silitsiylash. Po‘latni sirtqi qatlamini kremniy bilan to‘yintirish jarayoniga silitsirlash deyiladi. Silitsirlash po‘latga dengiz suvida, azot, sulfat va tuzli kislotalarda yuqori korroziyaga bardoshlik, yeyilishga qarshi chidamlilikni bir qanchaga oshiradi.

Silitsirlangan qatlam asosan α temirdagi kremniyni qattiq eritmasidan iborat. Diffuziya qatlami ostidan ko‘pincha, perlit qatlami kuzatiladi. Bu asosan diffuziya qatlamidan uglerodni kremniyli ferritda kam miqdordagi eruvchanligi hisobiga siqib chiqarilishi bilan tushuntiriladi.

Silitsirlangan qatlam yuqori g‘ovakliklik bilan ajralib turadi va uning qalinligi 300-1000 mkmni tashkil etadi. Silitsirlangan qatlam kichik qattiqlikka - 200-300 HVga ega bo‘lishiga qaramasdan, 170-200 °C haroratda moy bilan shimdirilgan holatda yuqori yeyilishga chidamlilikka ega bo‘ladi.

Kimyo, qog‘oz va neft sanoatida ishlatiladigan detallar (masalan, nasos valiklari, truba yo‘llari, armaturalar, gayka, boltlar va boshqalar) silitsirlashga tavsiya etiladi. Molibden qotishmalarini yuqori haroratlarda oksidlanishiga qarshiligini oshirish maqsadida keng ko‘lamda silitsirlashdan foydalaniladi.

Po‘latlardan tayyorlangan buyumlarni yuzasini bor nitridi, titan nitridi va boshqa usullar bilan to‘yintirish jarayonlari va ularning ahamiyati. Mashina detal va asboblarni ishga layoqatligini oshirish maqsadida keng ko‘lamda turli xil himoyalovchi qoplamalardan foydalaniladi. Bu qoplamalar qattiqlikni, yeyilishga chidamlilikni, kontaktli chidamlilik chegarasini, korroziyaga va eroziyaga bardoshlikni va boshqa ishchi xossalarini oshirib, buyumlarni ishonchligini va ishga layoqatligini ta‘minlab beradi.

Hozirgi vaqtda buyumlarni yeyilishga chidamliligi va korroziyaga bardoshligini oshirish maqsadida buyumlar yuzasini yuqori qattiqlikka ega bo‘lgan nitridlar (TiN, Ti(NC), ZrN), karbidlar (TiC), oksidlar (Al_2O_3) bilan 2-10 mm qalinlikda plyonkali qoplama bilan qoplab, to‘yintirish jarayonlaridan foydalaniladi.

7-bob bo‘yicha umumiy nazorat savollari:

1. Termik ishlash nima?
2. Yumshatish deb nimaga aytiladi
3. Diffuzion yumshatish qayerda ishlatiladi?
4. Izotermik yumshatish nima?
5. Normallashtirish nima?
6. Toblash deb nimaga aytiladi?
7. Bo‘shatish nima va qanday turlarini bilasiz?
8. Martensit qanday struktura?
9. Bo‘shatishdan maqsad nima?
10. Kimyoviy-termik ishlash nima degani?
11. Sementatsiyalash nima?
12. Azotlash qanday bajariladi?
13. Diffuzion metallash nima?
14. Slitsiylash nima?

GLOSSARIY

(Darslik matnida uchraydigan asosiy tushunchalarning o'zbek va ingliz tillaridagi sharhi)

Termin	O'zbek tilidagi sharhi	Ingliz tilidagi sharhi
1. Mustaxkamlik -	Tashqi kuch ta'sirida buzilmaslik, buzmasdan kuchni ushlab turish.	Evaporated and unburned fuel and other undesirable by-products of combustion that escape from a vehicle into the atmosphere, mainly carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NO _x), sulfur oxides (SO _x) and particulates.
2. Plastiklik -	O'z o'lcham formalarini tashqi kuch ta'sirida o'zgartirishi va uni kuch olib tashlangandan keyin xom saqlab turish	Any chemical compound of nitrogen and oxy-gen. Nitrogen oxides result from high temperature and pressure in the combustion chambers of automobile engines and other power plants during the combustion process. When combined with hydrocarbons in the presence of sunlight, nitrogen oxides form smog. A basic air pollutant.
3. Qovushoqlik -	Metallni buzish uchun sarf qilingan ish	The action of the spark in starting the burning of the compressed air-fuel mixture in the combustion chamber.
4. Qattiqlik -	O'ziga boshka jinsni botirilishi qarshiligi	The amount of external energy that must be applied in order to ignite a combustible fuel mixture.
5. Kimyoviy turg'unlik	Metallarning taki kuch ta'siriga qarshiligi	Chemical compounds added to natural gas in order to impart odor. Aromatics cannot be added to hydrogen for fuel cell use.
6. Zichlik -	Solishtirma og'irlik, g/sm ³	A process of adding a distinctive odor to natural gas so that its presence can be easily detected.

7. Allotropiya, poliformizm -	Xar xil sharoitda (xaroratda) kristallik panjaraning yoki uning ulchamlarini o'zgarishi	A liquid blend of hydrocarbons obtained from crude oil, currently used as fuel in most automobile engines.
8. Izotropiya -	Xossalarning xar xil yunalishda bir xilligi	A gas: any substance in the gaseous state, as distinguished from the liquid or solid state.
9. Anizotropiya -	Xossalarning xar xil yo'nalishda xar xilligi	A change of state from liquid to vapor by evaporation or boiling; a general term including both evaporation and boiling.
10. Lonjeron -	Samalyot konstruksiyasining elementi	A type of petroleum gas that is liquid below 32 °F (0 °C) at atmospheric pressure.
11. Bonjera bazasi -	Krisstal panjaradagi bita elementar katakchani o'ziga tegishli atomlar soni	The simplest and lightest element in the universe, which exists as a gas except at low cryogenic temperatures. Hydrogen gas is color-less, odorless and highly flammable gas when mixed with oxygen over a wide range of concentrations.
12. Xajmi, yoqlari markazlashgan geksoanal -	Krisstal panjara turlari	A vehicle that is powered by both an electric drive system and a second source of power, such as an internal combustion engine, referred to as the alternative power unit (APU).
13. Quymakorlik xossalari -	Suyuq xolda oquvchanligi va kirishuvchanligi	A machine that converts heat energy into mechanical energy.
14. Bolg'alanuvchanlik -	Tashqi kuch ta'sirida buzilmasdan deformatsiyanish	The very rapid burning of vapor resulting in a self-sustaining shock wave, the pressure behind which is several atmospheres. Detonation waves travel at speeds exceeding the speed of sound in air. In an internal combustion

		engine, detonation is commonly referred to as spark knock or ping.
15. Payvandlanuvchanlik	Puxta va zich birikma xosil qilish	Diesel fuel is the most common fuel for heavy-duty engines and is therefore a standard of comparison for other fuels.
16. Metall -	Xarorat pasaygan sari elektr o'tkazuvchanligi ortadigan element	The ability of a gas to diffuse in air.
17. Kimiyoviy birikma -	Komponentlar ximiyaviy reaksiya natijasida birlashadi va formula bilan ifodalanadi.	A substance that releases energy when reacted chemically with oxygen.
18. Qattiq eritma -	Asosiy metall atomi kristall panjarasiga (erituvchi) ikkinchi jins (eruvchi) atomi kirgan birikma	The system (fuel cylinders and lines, gauge, fuel pump, carburetor, and intake manifold) that delivers the combustible mixture of vaporized fuel and air to the engine cylinders.
19. Austenit -	Uglerodning Fe _γ dagi qattiq eritmasi	A device for introducing fuel into a piston engine (replacing the carburetor).
20. Ferrit -	Uglerodning Fe _α dagi qattiq eritmasi	A gauge that indicates the amount of fuel in the fuel tank or cylinder.
21. Tsementit -	Temir va uglerod ximiyaviy birikmasi	A system (replacing the conventional carburetor) that delivers fuel under pressure into the combustion chamber, pre-combustion chamber, turbulence chamber, or into the airflow just as it enters each individual cylinder.
22. Perlit (evtektoid) -	Ferrit va sementit kristallarining mexanikaviy aralashmasi	A type of port injection fuel delivery system that meters the hydrogen fuel to each cylinder, using individual electronic fuel injectors for each cylinder and

		plumbed to a common fuel rail. The system uses variable injection timing and constant fuel rail pressure.
23. Ledeburit (evtektika) -	Austenit va sementit kristallarining mexanikaviy aralashmasi	One or more containers, including their inter-connecting equipment designed for use in the mobile containment of fuel.
24. Po‘lat -	Uglerodning temirdagi eritmasi, miqdori 2,14 % kam	Burning, fire produced by the proper combination of fuel, heat, and oxygen. In the engine, the rapid burning of the air-fuel mixture that occurs in the combustion chamber.
25. Cho‘yan -	Uglerodning temirdagi qattiq eritmasi, uglerod miqdori 2,14 % dan ko‘p.	The space between the top of the piston and the cylinder head, in which the air-fuel mixture is burned.
26. Termik ishlash -	Metallni qizdirib, ushlab turib, sovutib, xossalarini uzgartirish-yaxshilash	Any substance that adds to the contamination or degrading of the environment. In a vehicle, any substance in the exhaust gas from the engine or evaporating from the fuel system.
27. Agregat –	Mashinaning to‘la o‘zaro almashinadigan va texnologik jarayondama’lum vazifani bajaradigan yiriklashgan, unifikatsiyalashgan elementi.	A system that operates on two fuels simultaneously, such as a fumigated diesel engine that runs on diesel and natural gas
28. Agregatlash –	Alohida vazifalarni bajaradigan unifikatsiyalashgan uzellarni bir-biriga birlashtirish usuli.	A system that can operate on two fuels, one at a time and not simultaneously, such as gasoline and CNG.

29. Adgeziya –	Yuzalari tegib turgan turli jismlarning o‘zaro birikib qolishi	The tube or nozzle through which fuel is introduced into the intake airstream or the combustion chamber.
30. Adiabata –	Istalgan termodinamik diagrammada qaytar adiabat jarayonni ifadalovchi chiziq.	The ratio of the useable work that results from a thermodynamic process (such as a chemical reaction) to the total amount of energy released during the process.
31. Adsorbsiya –	Eritmadagi moddalar yoki gazlarning qattiq jism yoki suyuqlik sirtiga yutilishi.	Ratio of the energy output of an engine to the energy in the fuel required to produce that output.
32. Azotlash –	Buyum sirtini azotga to‘yintirish.	Any gas or substance that makes the environment less fit. Types of pollution include: air, ground water, ocean, noise, etc.
33. Aylanma pech –	Bo‘ylama o‘qi atrofida aylanadigan pech.	A thermal dilution and/or NOx control system that recirculates a portion of the exhaust gases back into the intake manifold.
34. Akselerograf –	Qayd qilish qurilmasi.	The device in an engine fuel system that mixes fuel with air and supplies the combustible mixture to the intake manifold for varied speed and load conditions of the engine.
35. Akselerometr –	Mashina yuklanish olishinini o‘lchaydigan asbob.	The actions that take place in the carburetor: converting liquid fuel to vapor and mixing it with air to form a combustible mixture.
36. Yumshatish -	Metallni kritik chizigidan yuqorida qizdirish va pech bilan birga asta sovitish	A substance that can speed or slow a chemical reaction between substances, without itself being consumed by the reaction. Platinum is a typical catalyst.
37. Toblash -	Qattqlikni, mustaxkamlikni	A device in the exhaust system containing a catalyst so that

	oshirish- metallni kritik chizigidan yuqorida qizdirib tez sovutish	reactions can occur that convert undesirable compounds in the exhaust gas into harmless gases.
38. Normallash -	GSE chizigidan GSE yuqorida qizdirib tinch havoda sovutish	A chemical formula describes the chemical composition of a molecular compound or substance according to its constituent atoms. Hydrogen, methanol and ethanol are pure substances with a definite formula. Natural gas, commercial propane, gasoline and diesel fuel have variable compositions.
39. Normallash -	PSK chizigidan (A_1) past haroratda qizdirib, asta sovutish	The accidental explosion of an overly rich mixture in the exhaust manifold of a spark-ignition engine. Backfire conditions can also develop if the premature ignition occurs near the fuel intake valve and the resultant flame travels back into the induction system.
40. Yuqori uglerodli pulat -	Uglerod miqdori $e=0,45-0,75\%$	This system forms the fuel-air mixture during the intake stroke. The injection is at the inlet of the air intake manifold. A carburetor is a central delivery system.
41. O'rta uglerodli -	$e \leq 0,25-0,45\%$	In an engine, the ratio between brake horsepower and indicated horsepower.
42. Kam uglerodli -	$e \leq 0,09-0,25\%$	An alternative to gasoline or diesel fuel that is not produced in a conventional way from crude oil, for example CNG, LPG, LNG, ethanol, methanol and hydrogen.
43. Yuqori legirlangan -	Po'lat tarkibida legirlov elementlar 10% dan ko'p	Combustion in which knock, pre-ignition, run-on or surface ignition occurs; combustion that does not

		proceed in the nor-mal way (where the flame front is initiated by the spark and proceeds throughout the combustion chamber smoothly and without detonation).
44. O'rta legirlangan -	Legirlovchi elementlar 10% gacha	The number used to indicate the octane rating of a gasoline. The octane number describes the anti-knock properties of a fuel when used in an internal combustion engine.
45. Kam legirlangan -	Legirlovchi elementlar 2,5 – 5% orasida	A measure of the antiknock properties of a gasoline. The higher the octane rating, the more resistant the gasoline is to abnormal combustion.
46. Oddiy sifatli po'lat -	Po'lat tarkibidagi zararli elementlar miqdori yetarli: S=0.06%, P=0,07%	Acids that can form in small amounts as the result of a reaction between hot exhaust gas and the catalyst in a catalytic converter.
47. Sifatli po'lat -	P,S kamroq P=S= 0,035% dan ko'p emas	The chemical decomposition brought about by heat.
48. Yuqori sifatli -	Zararli elementlardan P va S larning miqlori 0,025% ko'p	A type of liquid petroleum gas (LPG) that is liquid below –44 °F (–42 °C) at atmospheric pressure. Propane gas is heavier than air.
49. O'ta yuqori sifatli -	P, S larning xar birini miqlori 0,015% dan kam	Compressed hydrogen gas is hydrogen compressed to a high-pressure and stored at ambient temperature.
50. Nuqson -	Kristallik panjaraning buzilishi	Any material that is composed pre-dominantly of any of the following hydrocarbons or mixtures of hydrocarbons: propane, propylene. normal butane, isobutylene and butylene.
51. Brinell usuli -	Metall qattiqligini o'lchash usuli, Brinell	Mixtures of hydrocarbon gases and vapors, consisting principally

	olish nomi	of methane in gaseous form that has been compressed for use as a vehicular fuel.
52. Teksturalanish -	Plastik deformatsiyalash vaqtida metall kristall panjara buzilib, donalar muayan tartibda joylashadi	Reducing the volume of a gas by squeezing it into a smaller space. Increasing the pressure reduces the volume and increases the density and temperature of the gas.
53. Dislokatsiya -	Metallning atomlar siljigan (sirpangan) soxasi bilan siljimagan soxasi orasidagi chegara	The volume of the cylinder when the piston is at BDC, divided by the volume of the cylinder when the piston is at TDC.
54. Puxtalanish (naklep)-	Siljishlarning, dislokatsiyalarning, nuqtaviy nuqsonlarining ortishi natijasida mexanik xossalarning o'zgarishi	An internal combustion engine in which air is admitted to the engine on the intake stroke and the rapid compression of the air raises the temperature to such a point that the fuel ignites. Typified by the diesel engine.
55. Birlamchi kristallanish -	Metallarni quyuq xolatidan qattiq xolatga utishi	Compressed Natural Gas.
56. Ikkilamchi kristallanish -	Qattiq xolatidagi metallar kristall panjaralarini uzgarishi	A chemically perfect reaction of fuel and air in an engine (the only products of combustion are water and carbon dioxide).
57. O'ta sovush darajasi -	Nazariy krisstallanish (suyuqlanish) harorati bilan amaliy kristallnash (suyuqlanish) harorati orasidagi ayirma-farqi	A type of internal combustion engine in which the piston is moved by changes in the pressure of a working gas that is alternately heated and cooled. It has two isothermal processes and two constant-volume processes.
58. Kristallar (poliedrlar) -	Kristallarning to'siq bo'lmagan tomonga o'sishi natijasida xosil bo'lgan	A motor fuel composed of natural gas that has been liquefied. Liquefied natural gas cooled to 111 K (−259 °F; −162 °C) and

		ambient pressure becomes a liquid.
59. Dendrid -	Tartibsiz joylashgan mayda donali kristallar	The ratio of the useable work that results from some series of processes to the total amount of energy used during those processes. System efficiency is only meaningful in relation to a defined series of processes; for example, the system efficiency for an engine at the flywheel is different (and necessarily higher than) the system efficiency at the wheels of a vehicle. The system efficiency for one system is of-ten compared inappropriately to the system efficiency for another system that is defined differently.
60. Tez kesar po'lat -	Tarkibida ko'proq volfram bo'lgan, legirlangan po'lat (P18, P6M5)	An organic compound containing only carbon and hydrogen, usually derived from fossil fuels such as petroleum, natural gas, and coal: an agent in the formation of photochemical smog.
61. Qayta ishlanuvchi cho'yan-	Qayta ishlanib po'lat olinadi	A pollutant from engine exhaust that is a color-less, odorless, tasteless, poisonous gas that results from incomplete combustion of carbon with oxygen.
62. Quyma cho'yan -	To'g'ridan-to'g'ri qolipga quyilib detal olinadi	The minimum temperature required to initiate self-sustained combustion in a combustible fuel mixture in the absence of a source of ignition. (Also known as self-ignition temperature.)
63. Martensid, Trostit, Sorbit,Perlit	Sovutish tizimiga qarab po'lat	In the automobile, the system that furnishes high-voltage sparks to

-	strukturalarining nomlari	the engine cylinders to fire the compressed air-fuel mixture. Consists of the battery, ignition coil, ignition distributor, ignition switch, wiring, and spark plugs.
64. Kritik nuqtalar, chiziqlar -	Po‘lat, cho‘yan strukturalarining qaysi harorat ta’sirida o‘zgarishini ko‘rsatadi	The exact air-fuel ratio required to completely react a fuel into water and carbon dioxide.
65. Kimyoviy-termik ishlash -	Po‘lat sirtini yuqori haroratda u yoki bu elementga to‘yintirish va termik ishlash	The proportions, by weight, of air and fuel supplied for combustion.
66. Disotsiotsiya -	Muhit molekulalari parchalanib to‘yintiruvchi aktiv atomlar hosil qilish	Any contamination of the air that is harmful to humans, animals or plants.
67. Absorbsiya -	Metall yuzasini aktiv atomlarini yutishi (eritishi)	An indicator of the ignition quality of diesel fuel. A high-cetane fuel ignites more easily (at lower temperature) than a low-cetane fuel. Cetane numbers for diesel fuels range from 30 to 70 while 40 to 50 is typical.
68. Diffuziya -	To‘yintiruvchi elementlarni detal sirtidan ichkariga kirishi	A sophisticated system that forms the fuel-air mixture inside the combustion cylinder after the air intake valve has closed.
69. Tsementitlash -	Po‘latdan yasalgan detal yuzalarini uglerod bilan diffuzion to‘yintirish	Pollutants emitted into the atmosphere through any opening downstream of the exhaust ports of an engine.
70. Azotlash -	Po‘lat sirtini azotga to‘yintirish	A device used to circulate gas: new gas enters the ejector where it mixes with and drives the recirculating flow by way of suction.
71. Siyanlash -	Sirtqi qatlamni bir	Zero Emissions Vehicle

	vaqtni o'zida xam uglerod xam azot bilan to'yintirish	
72. Termo-mexanik ishlash -	Po'latni A_1 yuqorida qizdirish, ushlab turish, shu yerda bosim bilan ishlash, toblash, bo'shatish	Any device or modification added onto or designed into a motor vehicle for the purpose of reducing air polluting emissions.
73. Legirlovchi element -	Po'lat tarkibiga atayin kiritiladi, xossalariga ta'sir qiladi	Allowable automobile emission levels, set by local, state and federal legislation.
74. Legirlangan po'lat -	Legirlovchi element kiritilgan po'lat	Amount of energy for a given <i>weight</i> of fuel.
75. Korroziya bardosh po'lat -	Tashqi muhit ta'siriga qarshilik ko'rsata oladigan po'lat, bunda xrom miqdori 12% dan ko'p	Amount of energy for a given <i>volume</i> of fuel.
76. Olov bardosh po'lat -	Yuqori haroratda ham uncha oksidlanmaydigan (zanglamaydigan) po'lat	The ratio between an actual result and the theoretically possible result.

Adabiyotlar

1. William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch. Materials science and engineering /Wiley and Sons. UK, 2014. - 896 r.
2. Donald R. Askeland, Pradeep P. Fulay. Essentials of Materials Science and Engineering. Second Edition.CEN GAGE Learning, 2009.– 604p.
3. Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010
4. Norxudjaev F.R. Materialshunoslik. Darslik. - T.: Fan va texnologiyalar. 2014.
5. Nurmurodov S.D., Rasulov A.X., Baxodirov Q.G‘. Materialshunoslik va konstruksion materiallar texnologiyasi. Darslik. – Toshkent, «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2015. 243 b.
6. Nurmurodov S.D., Rasulov A.X., Baxodirov Q.G‘. Konstruksion materiallar texnologiyasi. Darslik. – Toshkent, «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2015. 270 b.
7. Nurmurodov S.D., Ziyamuxamedova U.A. Metallar texnologiyasi. Darslik-Toshkent, 2017. -233b.
8. Ziyamuxamedova U.A., Nurmurodov S.D., Rasulov A.X. Metallshunoslik. Darslik. – Toshkent, «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2018. 250 bet.
9. Umarov E.O. Materialshunoslik. O‘quv qo‘llanma. -T.: “IQTISOD-MOLIYA”, 2015. -146b.
10. Нурмуродов С.Д., Расулов А.Х. Создание конструкционных материалов с использованием ультрадисперсных порошков вольфрама: Монография - Ташкент, ТашГТУ, 2015. 168 с.
11. Nurmurodov S.D., Rasulov A.X., Ruziev U.N. Ekstremal sharoitlarda ishlatiladigan qattiq qotishmali metall kompozitlar va ularni termik ishlash: Monografiya - Toshkent, ToshDTU, - 170 b.
12. Нурмуродов С.Д. Вольфрамнинг ультрадисперс кукунларидан фойдаланиб конструкцион материаллар яратиш. Докторлик диссертацияси,– Т,: 2016.
13. Расулов А.Х. Кукун металлургияси услуги билан каттик котишмали кириш кутиси роликларини тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқиш.Техники фанлари буйича фалсафа доктори (Phd) диссертацияси,– Т,: 2017.
14. Расулов А.Х., Абдукаримова С.Б., Хабибуллаева И. “Материалшуносликнинг фундаментал асослари” фанидан тажриба ва амалий машғулотлари услубий қўлланма. ТошДТУ. Тошкент, 2019 г. 80 бет.

15. Расулов А.Х., Нурмуродов С.Д. и др. Композиционные материалы. Методическое пособие. –Ташкент, ТашГТУ, 2014. -38 с.
16. Александров В.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Архангельск. ИПЦ САФУ, 2015.

Elektron resurslar

1. www.gov.uz – O‘zbekiston Respublikasi xukumat portal.
2. www.lex.uz – O‘zbekiston Respublikasi Qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi.
3. www.catback.ru – научные статьи и учебные материалы.
4. www.ziyonet.uz;
5. www.lex.uz.

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
1-BOB. MASHINASOZLIK MATERIALLARINING TUZILISHI	6
1.1. “Mashinasozlik materiallari” faniga kirish. O‘quv fanining maqsadi va vazifalari. Mashinasozlik materiallari haqida umumiy ma’lumot.....	6
1.2.Fanning predmeti va uslublari. Metall materiallar va qotishmalarning atom-kristallik tuzilishi.....	9
1.3. Real metallar tuzilishi. Real metallardagi nuqsonlar.....	17
1.4. Metallarning kristallanishi. Metall quymaning tuzilishi.....	30
1.5. Qotishmalar nazariyasi. Holat diagrammalari.....	38
1.6. Qotishmalar turlari.Qotishmalar holat diagrammalari.....	468
1.7. Metall qotishmalarni mustaxkamligini oshirish usullari.....	48
1-bob bo‘yicha umumiy nazorat savollari.....	49
2-BOB. MASHINASOZLIK MATERIALLARI VA QOTISHMALARNI TADQIQ ETISHNING USULLARI.....	50
2.1. Metall materiallar strukturalarini o‘rganish usullari.....	50
2.2. Metall materiallar mexanik xossalari va ularni aniqlash usullari.....	54
2.3. Metall materiallarning fizik va kimyoviy xossalari.....	62
2.4. Metall materiallar va qotishmalarning texnologik va ekspluatasion xossalari.....	64
2-bob bo‘yicha umumiy nazorat savollari.....	71
3-BOB TEMIR-UGLEROD QOTISHMALARI VA ULARNING ISHLATILISHI.....	72
3.1 Uglerodli po‘latlar. Uglerodli va legirlangan po‘latlarning klassifikatsiyasi, markalanishi va ishlatilishi.....	72
3.2. Legirlangan po‘latlar va ularning sinflanishi. Juda puxta po‘latlar. Korroziyagabardosh hamda olovbardosh po‘latlar va qotishmalar. Xromli zanglamas po‘latlar.....	77
3.3. Juda puxta austenit va austenit-martensit sinfidagi po‘latlar. Nikel	

asosidagi zanglamas qotishmalar. Issiqbardoshlik tasnifi. Perlit, martensit va martensit – ferrit sinfidagi po‘latlar, qo‘llanilish joylari.....	81
3.4. Asbobsozlik po‘latlari va qotishmalar. Asbobsozlik po‘latlarning tasnifi va markalanishi. Qattiq qotishmalar.....	87
3.5.Kesuvchi asboblari uchun ishlatiladigan po‘latlar. O‘lchash asboblari uchun po‘latlar. Sovuqlayin va issiq holatda deformatsiyalanadigan shtamp po‘latlari. Bosim ostida quyiladigan va presslanadigan qolip po‘latlari.....	88
3.6. Xotiraga ega bo‘lgan yangi materiallar haqida ma’lumot. Amorf materiallar.....	94
3.7.Cho‘yanlar. Cho‘yanlarning klassifikatsiyasi. Qayta ishlanuvchi, kulrang (quymakorlik), bolg‘alanuvchi, juda puxta cho‘yanlar. Cho‘yanlarning olinishi, strukturalari, xossalari, markalari, ishlatilish sohalari.....	99
3-bob bo‘yicha umumiy nazorat savollari.....	104
4-BOB. RANGLI METALLAR VA ULARNING QOTISHMALARI.....	105
4.1.Rangli metall va qotishmalar. Titan uning qotishmalari. Titan qotishmalari, ularning xossalari va ishlatilishi. Titan va uning qotishmalarini termik ishlash.....	105
4.2.Alyuminiy va uning qotishmalari. Quyma alyuminiy qotishmalari. Deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalari. Alyuminiy qotishmalarini termik ishlash.....	107
4.3. Magniy va uning qotishmalari. Quyma magniy qotishmalari. Deformatsiyalanadigan magniy qotishmalar. Magniy qotishmalarni termik ishlash.....	115
4.4. Mis va uning qotishmalari. Latunlar, ularning markalanishi, xossalari va qo‘llanilishi.....	120
4.5.Bronza. Deformatsiyalanadigan va quyma bronzalar, ularning markalanishi, xossalari va qo‘llanilishi.....	125
4-bob bo‘yicha umumiy nazorat savollari.....	128
5-BOB. KOMPOZITSION MATERIALLAR.....	129
5.1.Yangi metall materiallar. Kompozitsion materiallar. Kompozitsion	

materiallarning turlari. Tolali kompozitsion materiallar.....	129
5.2.Alyuminiy, nikel va boshqa metallar asosida dispersion puxtalanadigan materiallar.....	134
5.3.Ko‘p qatlamli kompozitsion materiallar.....	137
5.4. Disperss puxtalangan kompozitlar va ularni ishlatilishi.....	143
5.5. Tolali mustaxkamlangan kompozitlar va ularning ishlatilishi.....	146
5-bob bo‘yicha umumiy nazorat savollari.....	148
6-BOB. NANOMATERIALLAR VA NANOTEXNOLOGIYA.....	149
6.1.Kukun metallurgiyasi asoslari. Qiyin eriydigan metall materiallar va ularning sinflanishi, tuzilishi, xossalari va ishlatilishi.....	149
6.2. Kukun metallurgiyasi asoslari. Qiyin eriydigan metallarni vodorod muhitida plazmokimyoviy tiklash asoslari.....	153
6.3. O‘ta qattiq materiallar. Sintetik olmos va nitrid bor kompozitlari.....	157
6.4. Nanokukunlar asosida olingan yangi konstruksion materiallar Nanotexnologiya. Nanomateriallar va nanokompozitlar.....	162
6-bob bo‘yicha umumiy nazorat savollari.....	172
7-BOB. MASHINASOZLIK MATERIALLARINI TERMIK VA KIMYOVIY-TERMIK ISHLASH.....	173
7.1.Qotishmalarni termik ishlash. Termik ishlash nazariy asoslari. Termik ishlashning maqsadi, turlari va po‘lat xossalariga ta’siri.....	173
7.2. Po‘latlarni qizdirish va sovitish jarayonlaridagi struktura o‘zgarishlari.....	175
7.3. Yumshatish, normalash, toblash va bo‘shatishlarning texnologik jarayonlari.....	176
7.4. Po‘latlarni kimyoviy-termik ishlash. Po‘latlarni sementitlash, azotlash va sianlash texnologik jarayonlari.....	202
7.5. Diffuzion metallash. Diffuzion xromlash. Silitsiyash. Texnologik jarayonlar.....	217
7-bob bo‘yicha umumiy nazorat savollari.....	220
Glossariy.....	221
Adabiyotlar.....	232

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
ГЛАВА 1. СТРУКТУРА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ...	6
1.1. Введение в предмет "Машиностроительные материалы". Цель и задачи предмета. Общая информация о машиностроительных материалах.....	6
1.2. Предмет и методы предмета. Атомно-кристаллическая структура металлических материалов и сплавов.....	9
1.3. Структура реальных металлов. Дефекты в реальных металлах.....	17
1.4. Кристаллизация металлов. Строение литого образца.....	30
1.5. Теория сплавов. Диаграммы состояния.....	38
1.6. Типы сплавов. Диаграммы состояния сплавов.....	468
1.7. Способы повышения прочности металлических сплавов.....	48
Общие вопросы по первой главе.....	49
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СПЛАВОВ.....	50
2.1. Методы изучения структуры металлических материалов.....	50
2.2. Механические свойства металлических материалов и методы их определения.....	54
2.3. Физико-химические свойства металлических материалов.....	62
2.4. Технологические и эксплуатационные свойства металлических материалов и сплавов.....	64
Общие вопросы по второй главе.....	71
ГЛАВА 3. ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ СПЛАВЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ.....	72
3.1. Углеродистая сталь. Классификация, маркировка и использование углеродистой и легированной стали.....	72
3.2. Легированные стали и их классификация. Высокопрочные стали. Коррозионно-стойкие и огнестойкие стали и сплавы. Хромированная	77

нержавеющая сталь.....	
3.3. Очень прочная аустенитная и аустенитно-мартенситная сталь. Нержавеющие сплавы на основе никеля. Классификация термостойкости. Перлит, мартенсит и мартенсит - ферритная сталь, применение.....	81
3.4. Инструментальные стали и сплавы. Классификация и маркировка инструментальной стали. Твердые сплавы.....	87
3.5. Стали использующие для режущих и измерительных инструментов. Холоднодеформируемые и горячедеформируемые штамповые стали. Стали обрабатываемые под давлением и прессованием.....	88
3.6. Новые материалы с памятью.....	94
3.7. Чугуны. Классификация чугунов. Переловный, серый (литейный), ковкий, высокопрочный чугун. Получения чугунов, структура, свойства, маркировка, области применения.....	99
Общие вопросы по третьей главе.....	104
ГЛАВА 4. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И ИХ СПЛАВЫ.....	105
4.1. Цветные металлы и сплавы. Титан - это его сплавы. Титановые сплавы, их свойства и применение. Термическая обработка титана и его сплавов.....	105
4.2. Алюминий и его сплавы. Литые алюминиевые сплавы. Деформируемые алюминиевые сплавы. Термическая обработка алюминиевых сплавов.....	107
4.3. Магний и его сплавы. Литые магниевые сплавы. Деформируемые магниевые сплавы. Термическая обработка магниевых сплавов.....	115
4.4. Медь и ее сплавы. Латуни, их маркировка, свойства и использование	120
4.5. Бронза. Деформируемые и литые бронзы, их маркировка, свойства и применение.....	125
Общие вопросы по четвертой главе	128
ГЛАВА 5. КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	129
5.1. Новые металлические материалы. Композиционные материалы. Типы композиционных материалов. Волокнистые композиционные	129

материалы.....	
5.2. Дисперсионные покрытия на основе алюминия, никеля и других металлов.....	134
5.3. Многослойные композитные материалы.....	137
5.4. Дисперсные композиты и их использование.....	143
5.5. Волокнистые твердые композиты и их использование.....	146
Общие вопросы по пятой главе.....	148
ГЛАВА 6. НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ.....	149
6.1. Основы порошковой металлургии. Классификация, структура, свойства и использование тугоплавких металлов.....	149
6.2. Основы порошковой металлургии. Основы плазмохимического восстановления тугоплавких металлов в водородной среде.....	153
6.3. Сверхтвердые материалы. Синтетические алмазные и нитридоборные композиты.....	157
6.4. Новые конструкционные материалы полученные на основе нанопорошков. Нанотехнология. Наноматериалы и нанокompозиты.....	162
Общие вопросы по шестой главе.....	172
ГЛАВА 7. ТЕРМИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	173
7.1. Термическая обработка сплавов. Теоретические основы термической обработки. Цель термобработки, типы и влияние на свойств стали.....	173
7.2. Структурные изменения в процессах нагрева и охлаждения.....	175
7.3. Технологические процессы отжига, нормализации, закалки и отпуска	176
7.4. Химико-термическая обработка сталей. Технологические процессы цементации, азотирования и цианирование.....	202
7.5. Диффузионная металлизация. Диффузионная хромирования. Силитцирование. Технологические процессы.....	217
Общие вопросы по седмой главе.....	220
Глоссарий.....	221
Литература.....	232

Contents

INTRODUCTION.....	3
CHAPTER 1. THE STRUCTURE OF ENGINEERING MATERIALS.	6
1.1. Introduction to the subject "Engineering materials". The purpose and objectives of the subject. General information about engineering materials...	6
1.2. Subject and subject methods. Atomic-crystalline structure of metallic materials and alloys	9
1.3. The structure of real metals. Defects in real metals	17
1.4. Crystallization of metals. The structure of the cast sample.....	30
1.5. Theory of Alloys. State diagrams	38
1.6. Types of alloys. Alloy state diagrams.....	46
1.7. Ways to increase the strength of metal alloys.....	48
General questions for the first chapter.....	49
CHAPTER 2. RESEARCH METHODS FOR ENGINEERING MATERIALS AND ALLOYS.....	50
2.1. Methods for studying the structure of metallic materials.	50
2.2. Mechanical properties of metallic materials and methods for their determination.....	54
2.3. Physico-chemical properties of metallic materials.....	62
2.4. Technological and operational properties of metallic materials and alloys..	64
General questions for the second chapter.....	71
CHAPTER 3. IRON-CARBON ALLOYS AND THEIR USE.....	72
3.1. Carbon steel. Classification, labeling and use of carbon and alloy steel...	72
3.2. Alloy steels and their classification. High strength steels. Corrosion-resistant and fire-resistant steels and alloys. Chrome stainless steel.....	77
3.3. Very strong austenitic and austenitic-martensitic steel. Stainless nickel based alloys. Classification of heat resistance. Pearlite, martensite and martensite - ferritic steel, application.....	81
3.4. Tool steels and alloys. Classification and marking of tool steel. Hard	

alloys.....	87
3.5. Steel used for cutting tools. Steel for measuring tools. Cold forming steel. Hot deformable die steels. Steel machined under pressure and extrusion.	88
3.6. New materials with memory.....	94
3.7. Cast iron. Classification of cast irons. Conversion, gray (foundry), malleable, ductile iron. Cast iron production, structure, properties, labeling, applications.....	99
General questions on the third chapter.....	104
CHAPTER 4. NON-FERROUS METALS AND THEIR ALLOYS.....	105
4.1. Non-ferrous metals and alloys. Titanium is its alloys. Titanium alloys, their properties and applications. Heat treatment of titanium and its alloys....	105
4.2. Aluminum and its alloys. Cast aluminum alloys. Deformable aluminum alloys. Heat treatment of aluminum alloys.....	107
4.3. Magnesium and its alloys. Cast magnesium alloys. Deformable magnesium alloys. Heat treatment of magnesium alloys.....	115
4.4. Copper and its alloys. Brass, their marking, properties and use.....	120
4.5. Bronze. Wrought and cast bronzes, their marking, properties and applications.....	125
General questions on the fourth chapter.....	128
CHAPTER 5. COMPOSITE MATERIALS.....	129
5.1. New metal materials. Composite materials. Types of composite materials. Fibrous composite materials.....	129
5.2. Dispersion coatings based on aluminum, nickel and other metals.	134
5.3. Multilayer composite materials.....	137
5.4. Dispersed composites and their use.....	143
5.5. Fibrous solid composites and their use.....	146
General questions on the fifth chapter.....	148
CHAPTER 6. NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGY.....	149
6.1. Fundamentals of powder metallurgy. Classification, structure, properties and use of refractory metals.....	149

6.2. Fundamentals of powder metallurgy. Fundamentals of plasmachemical reduction of refractory metals in a hydrogen medium.....	153
6.3. Superhard materials. Synthetic diamond and nitride-boron composites...	157
6.4. New structural materials obtained on the basis of nanopowders. Nanotechnology Nanomaterials and nanocomposites.....	162
General Questions for Chapter Six.....	172
CHAPTER 7. THERMAL AND CHEMICAL-THERMAL TREATMENT OF ENGINEERING MATERIALS.....	173
7.1. Heat treatment of alloys. The theoretical basis of heat treatment. The purpose of heat treatment, tipi and the effect on the properties of steel.....	173
7.2. Structural changes in the processes of heating and cooling.....	175
7.3. Technological processes of annealing, normalization, hardening and tempering.....	176
7.4. Chemical-thermal treatment of steels. Technological processes of cementation, nitriding and cyanidation.....	202
7.5. Diffusion metallization. Diffusion chromium plating. Silitization. Technological processes.....	217
General Questions for Chapter Seven.....	220
Glossary.....	221
Literature.....	232