

**ZIYAMUHAMEDOVA U.A., NURMURODOV S.D.,
RASULOV A.X.**

435
669.017(075)
3-67

METALLSHUNOSLIK



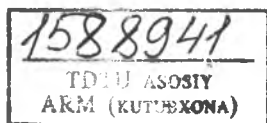
TOSHKENT

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**ZIYAMUHAMEDOVA U.A., NURMURODOV S.D.,
RASULOV A.X.**

METALLSHUNOSLIK

*O'zbekiston Respublikasi Oliy v o'rta maxsus ta'lim vazirligi
tomonidan Oliy ta'lim muassasalari «5310300–Metallurgiya»
ta'lim yo'nalishi talabalari uchun darslik sifatida tavsiya etilgan*



TOSHKENT–2018

UO‘K: 669.017(075)

KBK 34.2ya7

Z 67

Z 67

Ziyamuhamedova U.A., Nurmurodov S.D., Rasulov A.X.
Metallshunoslik. Darslik. –T.: «Fan va texnologiya», 2018. 252 b.

ISBN 978–9943–11–915–4

Mazkur darslikda metallshunoslik fani haqida umumiy tushunchalar, qora va rangli metallar metallurgiyasi, qotishmalar nazariyasi, metallarni mexanik sinash usullari, konstruksion materiallar, metallarga termik va kimyoviy-termik ishlov berish usullari, rangli metallar va ularning qotishmalari, qattiq qotishmalar, metall va qotishmalarning tarkibi, strukturalari, xossalari, aniq o‘lchamli detal tayyorlash usullari, nanotexnologiya, kompozitsion materiallar, yangi materiallar va ularni olish texnologiyalari bo‘yicha ma‘lumot berilgan. Darslik ToshDTUning «5310300–Metallurgiya» yo‘nalishi talabalari uchun mo‘ljallangan. Kitobdan shu yo‘nalishda ilmiy izlanishlar olib borayotgan katta ilmiy xodim-izlanuvchilar, mustaqil tadqiqotchilar, magistrantlar, bakalavrlar, mutaxassislar va shu yo‘nalishdagi kasb-hunar kollejlari o‘quvchilari foydalanishi mumkin.

Учебник под названием «Металловедение» предназначен для студентов высших учебных заведений обучающихся по направлению «5310300 – Metallurgiya».

В этом учебнике приведены материалы о металлах и их сплавах, их содержании, структуре, свойстве, способах их обработки, используемые в отраслях производства. Кроме того, имеется информация о металлокерамических материалах, нанотехнологиях, нанокompозитах, наноматериалах, порошковой металлургии и современных технологиях обработки, формообразующих инструментах работающих в экстремальных условиях, которые широко используются современной индустрией.

This textbook, titled «Metals science» published for bachelor students of higher education institutions «5310300 – Metallurgii».

In the textbook providing metals and their alloys, their content, structure, properties, ways of their processing which used in machine building. Furthermore, there information about metalliceramik materials, nanotechnology, nanocomposites, nanomaterials, powder metallurgy and modern technologies of processing of forming tools, which widely used todays industry.

UO‘K: 669.017(075)

KBK 34.2ya7

Taqrizchilar:

Yusufxodjayev A. – Toshkent Davlat texnika universiteti «Metallurgiya» kafedrası professori, t.f.d.;

Risqulov A.A. – Toshkent avtomobil yo‘llari instituti professori, t.f.d.

ISBN 978–9943–11–915–4

© «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2018;
© Toshkent davlat texnika universiteti, 2018.

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 standartlari dasturiga mos keladigan o'zbek tilida yozilgan darsliklarga ehtiyoj kun sayin ortib bormoqda.

Darslikning asosiy qismi texnika fanlari doktori S.D. Nurmurodovning Toshkent Davlat texnika universitetida metallshunoslik fanidan o'qigan ma'ruzalari, amaliy-tajriba mashg'ulotlari materiallari asosida, turli metallarning asosiy tavsiflari, kompozitsion materiallar haqidagi ma'lumotlar texnika fanlari doktori U.F. Ziyamuhamedova tomonidan, kukun materiallari, metallokeramik materiallar va qattiq qotishmalar haqidagi ma'lumotlar A.X. Rasulov tomonidan tayyorlangan.

Darslikda «Metallshunoslik» 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 dasturlar ko'zda tutilgan juda keng materiallarni qisqa, sodda va tushunarli holda bayon etishga harakat 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 xossalarini, shuningdek ularning tuzilishi bilan xossalari orasidagi bog'lanishlarni hamda ularni puxtalash usullarini o'rganadigan fan *metallshunoslik* deyiladi.

Ushbu kitobda metallar, ularning xalq xo'jaligida, qishloq xo'jaligi va avtotraktor hamda mashinasozlik sanoatida qo'llanilish 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 xossalarini 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.

O'rta Yer dengizi havzasida bronza asridayoq temir keng qo'llanilganligini amerikalik olim Jeyn Ualdbaum ishonchli dalillar bilan isbotlab berdi. Ammo uning tarkibida uglerod miqdori kam bo'lganligidan u sifat jihatidan bronzaga tenglasha olmagan va asosan oshxona anjomlari tayyorlash uchun material bo'lib xizmat qilgan. Qadimgi Tailand aholisi temir bilan eramizdan taxminan 1600 yil avval tanish bo'lgan ekanlar. Qadimgi Yapon metallurglari bundan bir yarim ming yil ilgari ham temir olish usulini bilishgan, ular uchun tarkibida juda ko'p miqdorda temir bo'lgan oddiy qum temir ishlab chiqarishda dastlabki xomashyo bo'lgan (Okayama prefekturasi). Qadimgi greklar esa metallarni ikkilamchi xomashyo sifatida ishlatishga yetarlicha e'tibor berishgan (3000 yil oldin). Afrikadagi Viktoriya ko'lining g'arbiy sohilida bundan 2000 yil muqaddam metall suyuqlantirilgan 13 ta metallurgiya pechlari

topilgan bo'lib, ularda havo puflash yo'li bilan po'lat olishga imkon bergan.

Suv va havoning ishlatilishi metallshunoslik 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 raketasoziylik sanoatlari rivojlanishida muhim asos bo'ldi. Tabiiyki, sanoatning rivojlanishi yangi materiallar yaratish, ularning xossalarni 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 molekullari 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 hissalari bor. «Metallshunoslik» fanini rivojlanishida va o'qitish sifatini ortirishda qator professor-o'qituvchilar katta hissa qo'shganlar. O'zbek olimlaridan A. S. To'raxonov birinchi bo'lib o'zbek tilida «Metallshunoslik va termik ishlash» o'quv

qo'llanmasini. («O'qituvchi», Toshkent 1968 y.) nashrdan chiqargan. Bu o'rinda V.A. Mirboboyevning xizmatlarini alohida aytib o'tish lozim. V.A. Mirboboyev birinchi bo'lib «Konstruksion materiallar texnologiyasi» fanidan o'zbek tilida darslik tayyorlagan va nashrdan chiqargan. («O'qituvchi», Toshkent 1977 y.). Darslik qayta ishlanib, 1991-yilda ikkinchi marta va 2004-yilda uchinchi marta nashrdan chiqdi. Keyinchalik Ilhom Nosir «Materialshunoslik» («O'zbekiston», Toshkent 2001 y.), E.A. Umarov «Materialshunoslik» («Cho'lpon», Toshkent 2014 y.), F.R. Norxudjayev «Materialshunoslik» («Fan va texnologiya», Toshkent 2014 y.), S.D. Nurmurodov, A.X. Rasulov va Q.G'. Bahodirovlarning «Materialshunoslik va konstruksion materiallar texnologiyasi» («Fan va texnologiya», Toshkent 2015 y.) va S.D. Nurmurodov, A.X. Rasulov va Q.G'. Bahodirovlarning «Konstruksion materiallar texnologiyasi» («Fan va texnologiya», Toshkent 2015 y.) kabi kitoblari nashrdan chiqdi.

O'zbek olimlarida ushbu metallshunoslik yo'nalishda ilmiy tadqiqot olib borgan A.A. Muhamedov, S.U. Alimov, S.M. Shomaqsudov va boshqalarni ishlarini aytib o'tish kerak. A.A. Muhamedov va uning shogirdlari konstruksion po'latlardan tayyorlangan, turli sharoitda ishlaydigan buyumlarni ishlash muddatlarini oshirishda, ularni ikki marta qayta kristallash usulida termik ishlash jarayonlarini tadqiq etishgan. Mashina detallarining ishqalanishda yemirilishga bardoshligi po'latning ichki strukturasiga bog'liq. Po'latga termik ishlov berishdan oldin uning ichki strukturasida zarur o'zgarishlarni sodir etish lozim. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida po'latning strukturasidagi dislokatsiyalar zichligi, karbid zarralarining miqdori va o'lchami hamda abraziv zarrachalar ta'sirida metallning yemirilish bardoshligi orasidagi bog'lanishlar aniqlandi.

O'zbek olimlarida ushbu yo'nalishda, V.V. Chekurov, R.U. Kalamazov, F.R. Norxo'jayev, S.D. Nurmurodov, U.A. Ziyamuhamedova va ularning shogirdlari qattiq qotishmali konstruksion materiallar yaratish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borishmoqda. R.U. Kalamazov va ularning shogirdlari metall, birikma va qotishmalarning yuqori dispers kukunlarini olish, ularning morfologiyasi, strukturasida hamda faza tarkiblarini o'rganish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borishgan. V.V. Chekurov turli sharoitlarda ishlashga mo'ljallangan

quyma bimetall kompozitlarni yaratishda tarkib, struktura va xossalarning shakllanishda issiqlik fizikasi bilan bog'liq tomonlarini tadqiq etgan.

F.R. Norxo'jayev, S.D. Nurmurodov, U.A. Ziyamuhamedova va ularning shogirdlari qattiq qotishmali metallkeramik materiallar, nanotexnologiya, nanokompozitlar, nanomateriallar, kompozitsion materiallar, kukun metallurgiyasi usulida, juda og'ir sharoitda ishlaydigan metallarga shakl beruvchi asboblarni olishning zamonaviy texnologiyalarini yaratish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib bormoqdalar.

Ushbu kitobda "Metallshunoslik" 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 asboblarni olishning zamonaviy texnologiyalari haqida ham muhim ma'lumotlar keltirilgan.

Mazkur kitobning qo'lyozmasini diqqat bilan sinchiklab o'qib, uning mazmun-mohiyati, sifatini yaxshilash borasida bergan foydali maslahatlari uchun texnika fanlari doktori, professor A. Yusufxodjayevga, texnika fanlari doktori, professor A.A. Risqulovga va nashrga tayyorlashda katta xizmat ko'rsatgan Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy tadqiqotlar bo'limi barcha texnik xodimlariga, shuningdek, darslikning sifatini boyitishga qaratilgan barcha tanqidiy fikr-mulohazalari uchun kitobxonlarga mualliflar oldindan minnatdorchilik bildiradilar.

I-BOB. METALLARNING ICHKI ATOM KRISTALL TUZILISHI, KRISTALL PANJARANING TURLARI VA XOSSALARI

Metall va qotishmalarning yuqori darajada mustahkamligi, ularning plastiklik va qovushoqlik xossalari mashina, mexanizm va barcha turdagi metall konstruksiyalar detallarining ishonchliligi va uzoq muddat ishlashiga asos bo'ladi.

Metall va qotishmalarning konstruktiv mustahkamligi ularning ishonchliligi va uzoq muddat ishlashi kabi xossalari bilan baholanadi. Konstruktiv mustahkamlik deganda materiallarning qo'llanilish sharoitlariga bog'liq bo'lmagan barcha umumiy xossalari o'z ichiga oluvchi kompleks fizik - mexanik tavsifnomalari tushuniladi. Bunday fizik-mexanik tavsifnomalarga materialning o'zining mustahkamligi, mustahkamlik chegarasi (σ_b), oquvchanlik chegarasi (σ_{oq}), plastikligi (δ %, ψ %), 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 xossasi 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 detallarining to'satdan ishdan chiqishi sodir bo'ladi. Bunday hollarda metallning mo'rt holatga o'tish harorati eng muhim tavsifnomasi hisoblanadi.

Metallning uzoq vaqt chidamliligi, buyumning yeyilish, toliqish va yemirilish sharoitlarida ishlash ishi bilan baholanadi. Bunday sharoitlarda ishlaydigan detallarning materiallaridagi shikastlanishlar ulardan foydalanish davrida sekin-asta nuqsonlar hosil bo'lishiga sabab bo'ladi.

Detallarning sirtini puxtalash samaradorligi, material oquvchanlik chegarasini, mustahkamligini oshirish hamda turli haroratlarda plastik deformatsiyaga qarshilik ko'rsatish va darzlar bo'lgan hollarda ham ularga bardoshli bo'lib, uzoq ishlashni ta'minlash kabilarni o'z ichiga olgan kompleks xossalar bilan aniqlanadi.

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

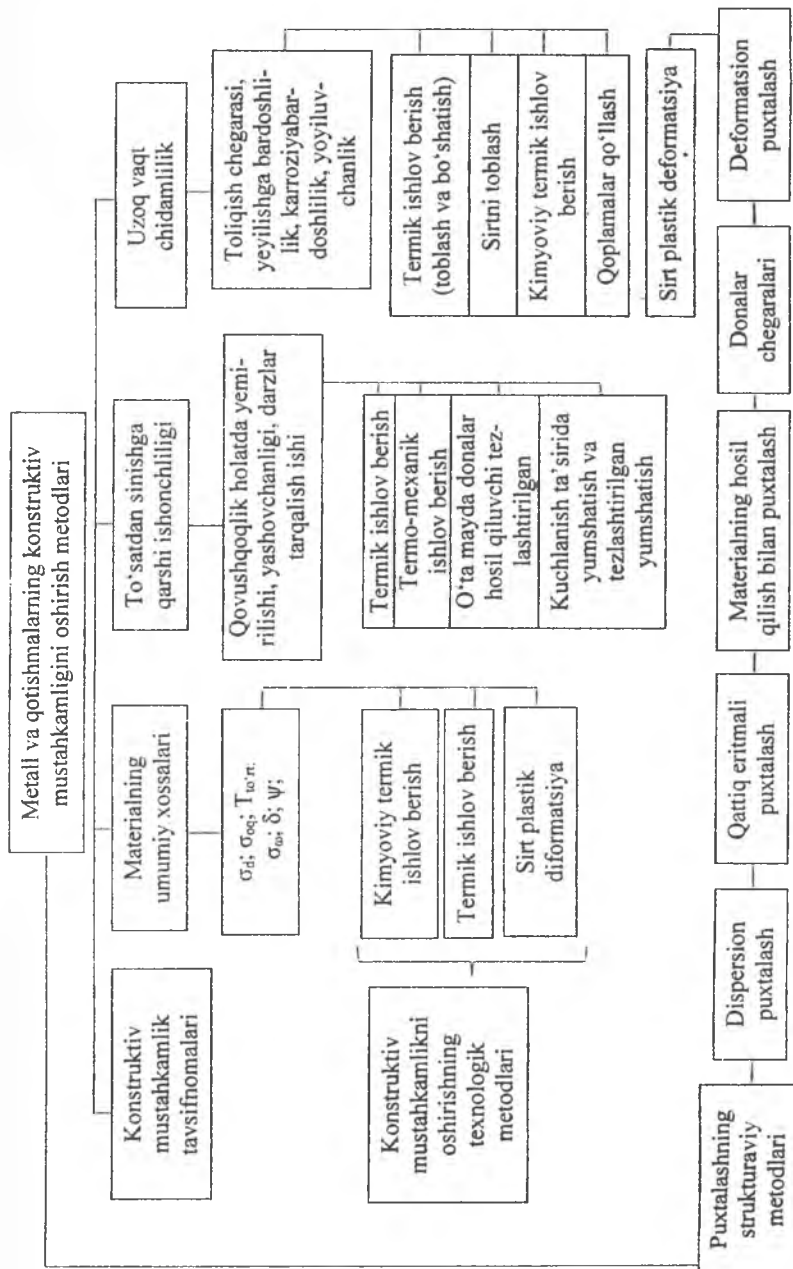
Konstruktiv mustahkamlikni oshirish uchun turli texnologik metodlar: legirlash, termik va kimyoviy-termik ishlov berish, plastik deformatsiya, turli xildagi sirt qoplamalarini qo'llash va boshqa shu kabilar foydalaniladi. Konstruktiv mustahkamlikni oshirish usullarining sxematik tasviri keltirilgan.

Konstruktiv mustahkamlikni oshirishning barcha texnologiyalari asosini strukturaviy mexanizmlar: deormatsion, qattiq eritmali, dispersion va substruktura puxtalash hamda ularning o'zaro kombi-natsiyalari tashkil etadi.

Materiallarning mustahkamlik 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 xossalari-ga ega bo'ladi.

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

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

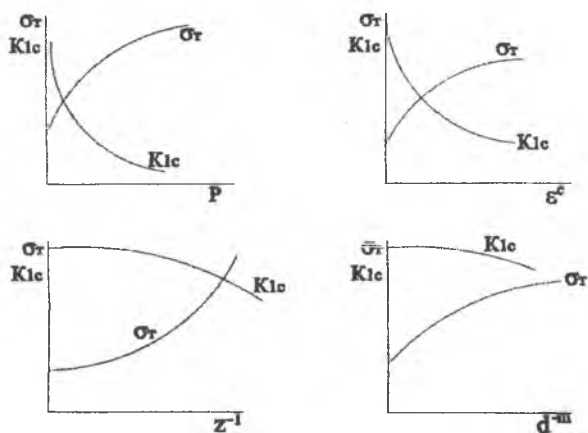


Konstruktiv mustahkamlikni oshirish metodlari sxemasi

Mustahkamlikni oshirish uchun kristall strukturasiidagi dislokatsiyalarning harakatini cheklash zarur. Buning uchun dislokatsiya harakatiga 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 harakatchanligini ham ta'minlash kerak. Bunday hollarda dislokatsiyaning harakatlanishi natijasida to'siqlar atrofida mikroplastik deformatsiyaning to'planishini ta'minlash va bu orqali mo'rt darzlarning hosil bo'lishi ehtimolliklarini oldi olinishi zarur.

Material strukturasiida dislokatsiyalar harakatlanishi uchun «yarim singdiruvchi» to'siqlar hosil qilinishi lozim. Bunday to'siqlar dislokatsiya harakatini 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 nuqtayi nazarga qaratilgandir.

1.1- rasmda qotishmalarning puxtalashning turli xildagi mexanizmlarning oquvchanlik chegarasi (σ_{0q}), va shikastlanish qovushqoqligiga (K_{1s}) ta'siri sxemalari keltirilgan. Bunda (σ_{Bs}) puxtalash kriteriysini va K_{1s} esa mo'rtlashuvda shikastlanishga moyillikli tavsiflaydi.



1.1-rasm. Material oquvchanlik chegarasi (σ_{0q}) va qovushqoqliklari (K_{1s}) ning turli xildagi puxtalash mexanizmlarida o'zgarishi:

a – deformatsion puxtalash; b – qattiq eritmali puxtalash; d – dispersion puxtalash; e – substrukturali puxtalash.

Puxtalash usullarini yoki ularning kombinatsiyalarini tanlash uchun yuqori darajadagi mustahkamlikni olish metodlari: deformatsion qattiq eritmali, donalar chegarasida, dispersion va shu kabi puxtalash usullarining fizik asoslarini bilish zarur bo'ladi.

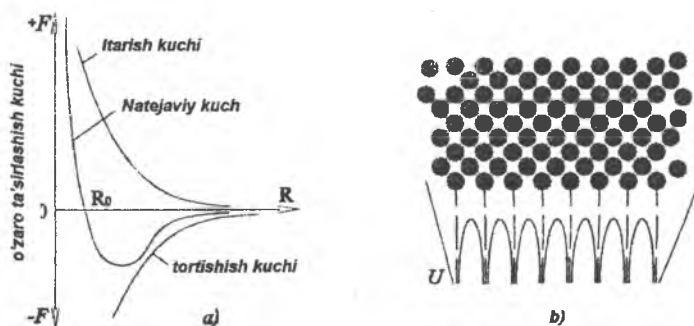
1.1. Metallarning kristall tuzilishi

D.I. Mendeleyev davriy sistemasida mavjud bo'lgan 109 ta elementdan 76 tasi metallar hisoblanadi. Davriy sistemaning o'ng tomonida asosan nometallar joylashgan. Ba'zi bir elementlar: Si, Ge, As, Se, Te kabilar metallar va nometallar o'rtasida oraliq elementlar sifatida qaraladi.

Barcha metallar a metall qoishmalar kristall atomlar (ionlari) kristall panjara hosil qilib aniq qonuniyatda joylashgan bo'ladi.

Metallar turg'unligiga ion-elektron tizimni hosil qilib, musbat zaryadlangan ionlar va to'dalashgan elektronlar o'rtasidagi o'zaro elektrik ta'sir bilan aniqlanadi. Bunday «ionli skelet» va «elektron gaz» o'rtasidagi o'zaro ta'sir metall bog'lanish deb nomlanadi.

Metallarda bog'lanish kuchli ionlar va elektronlar o'rtasidagi itarish va tortishish kuchlarining o'zaro nisbatlari bilan aniqlanadi. Metall atomlari (ionlari) bir-biridan o'zaro ta'sirlashuv energiyasi qiymati minimal bo'lgan masofada joylashadi (1.2- rasm).



1.2-rasm. Ikkita atomlarning o'zaro tortishish kuchlari (a) va kristall panjarada atomlarning potensial energiyasining o'zgarishi (b).

Bu holatgaga turg'un vaziyatdagi masofa R_0 mos keladi (1.2-rasm, a). atomlarning (ionlarning) R_0 masofadan o'zaro yaqinlashuvi (kichik bo'lishi) yoki uzoqlashuvi (katta bo'lishi) mos ravishda itarish yoki tortishish kuchiga qarshi biror aniq ish bajargandagina bo'lishi mumkin. Metallar atomlarning to'g'ri kristall panjara hosil qilib, aniq qonuniyat bilan o'zaro joylashuvi faqat atomlar o'zaro ta'sirining minimal energiyasi holatigagina mos keladi.

Kristall panjarada atomlar potensial energiyasining o'zgarishi tavsifi tasvirlanishi 1.2-rasm, b da keltirilgan. Atomlar (ionlar) minimal potensial energiya holatida bo'lgan holatda joylashadi. Metallar oddiy usullarda olinganda odatda polikristall jismlar bo'lib, juda ko'p miqdordagi bir-biriga nisbatan turlicha joylashgan kristallardan tashkil topadi. Bu paytda kristallarning o'lchamlari 1000-0,1 mkm oraliqlarida bo'ladi. Metallar suyuq holatdan qattiq holatga o'tishi davrida kristallanish sharoiti turlicha bo'lganligi sababli har xil shakllarga ega bo'ladi va bu shakllar kristallitlar, ba'zi hollarda donalar deb ham nomlanadi.

Toza metallar odatdagi struktura holatida past qiymatdagi mustahkamlikka ega bo'lib, ko'p hollarda talab qilingan xossalarni ta'minlab bera olmaydi.

Shuning uchun toza metallar nam hollarda qo'llaniladi. Asosan metallarning qiymatlari, ya'ni ioni yoki undan ortiq metallarni yoki nometallarning aralashmalari ishlatiladi.

Toza metall tushunchasi shartli ravishda bo'lib, tabiatda har qanday toza metall ozmi yoki ko'pmi miqdorda boshqa qo'shimchalarni o'z tarkibiga oladi. Shuning uchun ular qatnashmalar sifatida qaraladi. Fanda toza metall deganda, asosan tarkibida asosiy metall miqdori 99,99 - 99,999 % gacha bo'lgan holat qaraladi. Bunday tarkibdagi qatnashmalar xossalari asosiy metall xossaloriga yaqin bo'ladi. Qatnashmalarni hosil qiluvchi elektronlar komponentlar deyiladi. Qatnashmalar tarkibiy jixatdan ikki yoki undan ortiq komponentlarni o'z ichiga olishi mumkin.

Real kristallar o'zlarining kristall tuzilishida har xil ko'rinishdagi nomukammalliklarga ega bo'lib, ular metall va qotishmalarning xossaloriga 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.

1.2. 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).

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

Geometrik belgilarga ko'ra nuqsonlarning tasniflanishi

1.1-jadval

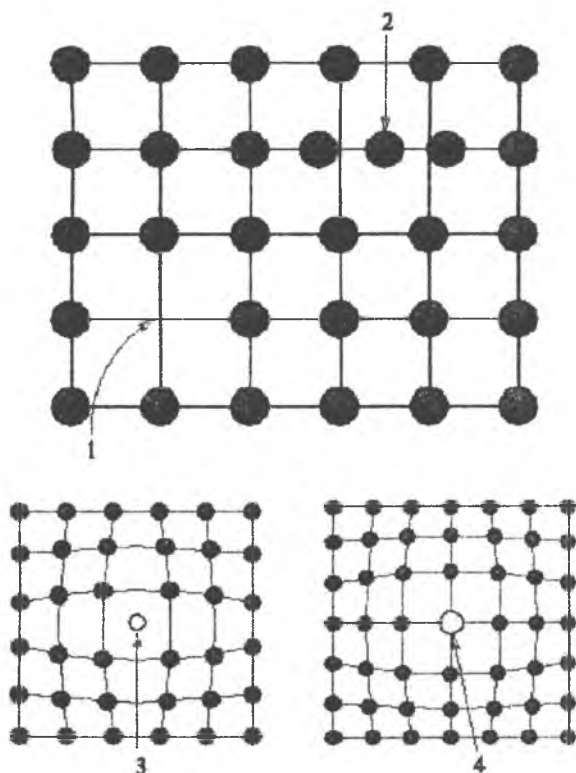
Nuqtaviy (nol o'lchamli)	Chiziqli (bir o'lchamli)	Sirtli (ikki o'lchamli)	Hajmiy (uch o'lchamli)
Mikroskopik			Makroskopik
Uchta yo'nalish bo'yicha ham o'lchamlari atom diametridan bir necha marta kichik: - vakansiya; - tugunlar oralig'i-dagi atomlar; - qo'shimchalar-ning atomlari; -ularning birgalik-da uchrashi.	Atom o'lchamlari ikkita yo'nalish bo'yicha, uchinchi o'lcham kristall uzunligidan kichik: - dislokatsiya; -vakansiya zanjiri; -vakansiya va tugunlar orasi-dagi atomlar-ning 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

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

Nuqtaviy nuqsonlarga vakansiya (Shotki nuqsonlari), tugunlar oraidagi atomlar (Frenkel nuqsonlari), asosiy metall kristall pan-

jarasida boshqa qo'shimcha elementlarning atomlari bo'lishi va yuqorida keltirilganlarning birgalikda bo'lishi 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'shliklarida joylashishi mumkin (1.3-rasm).



1.3-rasm. Nuqtaviy nuqsonlarni kristall panjara bo'shliklarida 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:

$$S = \exp\left(\frac{-E_0}{KT}\right) \quad (1.1)$$

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 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 sirdan tugunlar orasiga ko'chishda bajarilgan ishga teng bo'lib, uning qiymati E_{0v} ga nisbatan sezilarli darajada katta bo'ladi. Chunki metall atomning sirdan panjara ichki qismiga ko'chishi uchun ko'proq energiya zarur bo'ladi. Metallar uchun $E_{0T} = 5$ eV ga teng.

Nuqsonlarning harakatlanuvchanligi ko'chib o'tish energiyalari bilan aniqlanadi. Ko'chib o'tish energiyalari 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.

Kristallni 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 $T_{cr}/20$ ni, ortiqcha vakansiya uchun esa bu qiymat

$T_{er}/5$ ni tashkil etadi. Kristalni qizdirishda nuqsonlarning turg'un konsentratsiyasi (1.1) 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 uchlamchi 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'shimcha 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.

1.3. Dislokatsiya

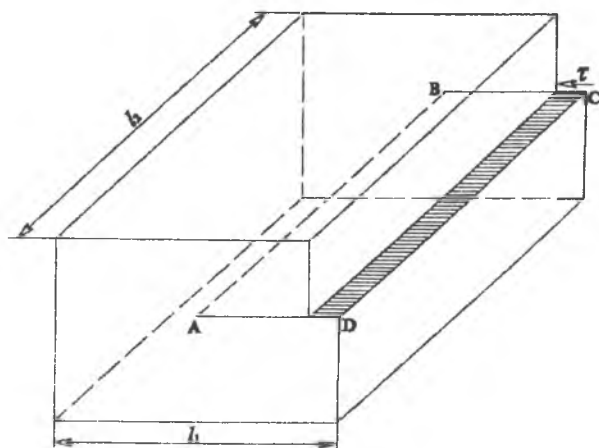
Metallarning mustahkamligi va plastikligi, qattiq holatidagi fazaviy va strukturaviy o'zgarishlari dislokatsiyalar nazariyasidan foydalanilgan holda juda yorqin yoritilishi mumkin.

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

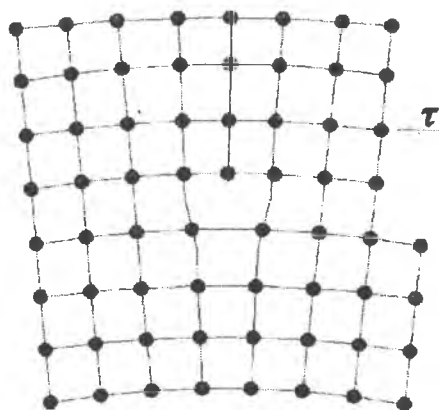
Dislokatsiyaning siljish hodisasini quyida ko'rib chiqaylik. 1.4-rasmda yuqori qismi pastki qismiga nisbatan bir atomlararo masofaga siljigan parallelipiped tasvirlangan.

Parallelipipedda: ABCD – siljish sodir bo'lgan sirpanish tekisligi uchastkasi; AB – siljish sohasi chegarasi. 1.4-rasmda AB ga perpendikular atom tekisligi bo'yicha parallelipiped qirqimi ko'r-

satilgan. Siljish natijasida kristall yuqori qismida ortiqcha yarim tekislik hosil bo'lgan. Bu yarim tekislik ekstrotekislik deb nomlanadi. Ekstrotekislik chekkalari bo'ylab nomukammal panjarali soha tortilgan bo'lib, ekstrotekislik chekkasi yuqorisida atomlararo masofa normal qiymatlaridan kichik (atomlarning quyuqlashgan sohasi), pastki qismida esa katta (atomlarning siyraklashgan sohasi).



1.4-rasm. *AB chekka dislokatsiya hosil qiluvchi siljish, strelka - siljish vaqti.*

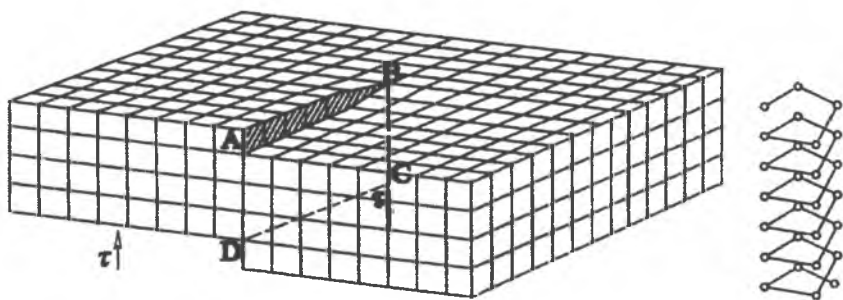


1.5-rasm. *Kub panjarali chekka dislokatsiya: strelka – siljish vektori.*

Ekstrotekislik chekkasi atrofidagi kristalldagi nomukammallik sohasi chekkadagi dislokatsiya deyiladi. Chekkadagi dislokatsiya chizig'i siljish vektoriga perpendikular bo'ladi.

Chekka dislokatsiyani shartli ravishda, agar u ekstratekislik yuqorisida joylashgan bo'lsa, musbat va aksincha pastki qismida bo'lsa manfiy deyiladi (1.5-rasm).

Ikkinchi turdagi dislokatsiya vintsimon dislokatsiya bo'lib, u kristallda tilik qilingan bo'lsa va kristallning 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 (1.6-rasm).



1.6-rasm. Vintsimon disloktsiya kristalli.

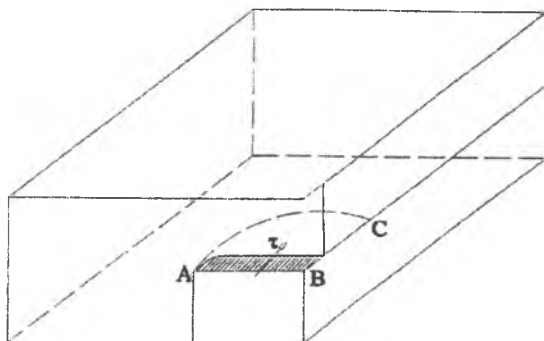
Kristallda bir atom tekislikka siljish natijasida gelikoid ko'rinishidagi buralish (vintsimon narvon) supacha hosil bo'ladi. BC chizig'i atrofidagi kristalldagi nomukammallik sohasi vintsimon dislokatsiya deyiladi.

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 chizig'i bu egri chiziq bo'ylab, uning alohida uchastkalarida chekka orientatsiyalangan dislokatsiya ko'chish vektoriga perpendikular yoki vintsimon orientatsiyalanganani esa siljish vektoriga parallel

bo'ladi. Lekin uning eng ko'p qismi siljish vektoriga perpendikular ham parallel ham emas.

Aralashgan dislokatsiya chizig'i kristall chegarasida ham tugashi mumkin, yoki kristall ichida yopiq tekis halqa hosil qilishi mumkin. Umumiy holda istalgan dislokatsiya chizig'i siljish sohasi chegarasi bo'lib xizmat qiladi (1.7-rasm).

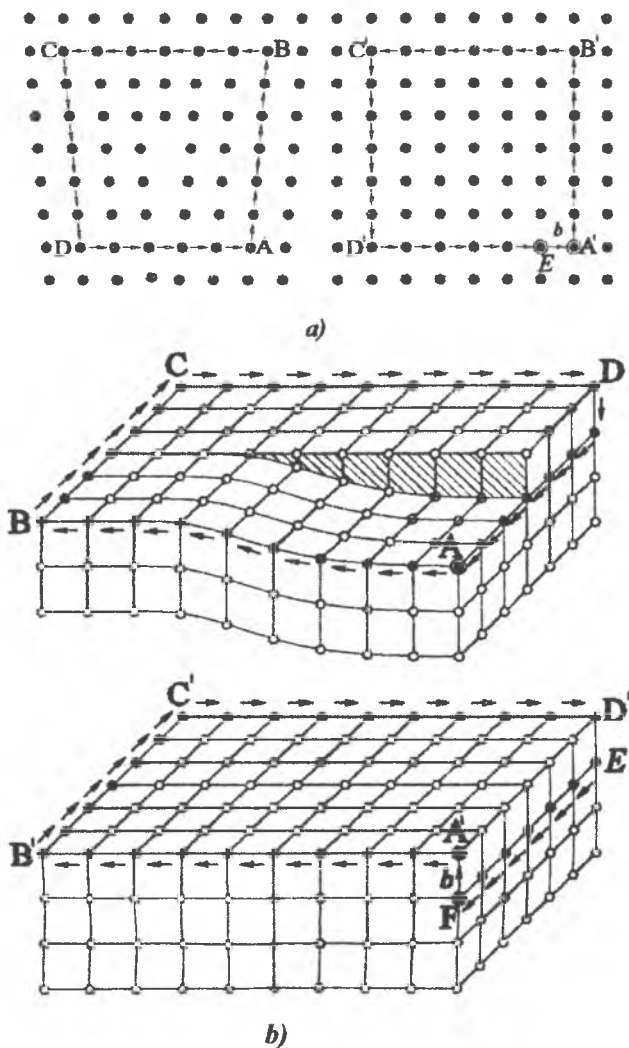


1.7-rasm. *AC aralashgan dislokatsiyani hosil qiluvchi siljish.*

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

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.



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

Hosil qilingan Byurgers konturi dislokatsiya natijasida panja-raning qisilish o'lvchi hisoblanadi. Konturning yopiqqligini ta'min-lovchi vektor Byurgers vektor (v) deb ataladi.

Umumiy holda Byurgers vektori va dislokatsiya chiziği oʻrtasidagi burchak 90^0 dan (chekka tashkil etuvchi uchun) 0^0 gacha (vintsimon tashkil etuvchi uchun) oʻzgaradi. Byurgers vektori dislokatsiyaga invariant hisoblanadi va dislokatsiya bilan birgalikda bir maʼnoda sirpanish tekisligini aniqlaydi.

Dislokatsion strukturalar muhim tavsifnomasi hajm (V) bir-ligiga toʻgʻri keluvchi barcha dislokatsiya chizigʻi uzunliklarining yigʻindisi hisoblanadi. Bu tavsifnoma dislokatsiya zichligi ρ deyiladi va u quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$\rho = \frac{\sum l}{V}, \text{ sm}^{-2} \quad (1.2)$$

Bu yerda, $\sum l$ – dislokatsiya chiziqlari uzunliklari yigʻindisi, sm;
V – hajm, sm^3 .

Dislokatsiya kristallning 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 mustahkam-ligini ifodalovchi siljish moduli (G) larga bogʻliq. Siljish moduli qanchalik katta boʻlsa, atomlarning koʻchishga qarshiligi shunchalik darajada kuchli boʻladi, yaʼni bunda qisilgan panjaraning energiyasi (E) katta boʻladi.

Panjaraning qisilish energiyasi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

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

Bu yerda, $\alpha = 0,5 - 1,0$ oraligʻidagi koeffitsiyent;

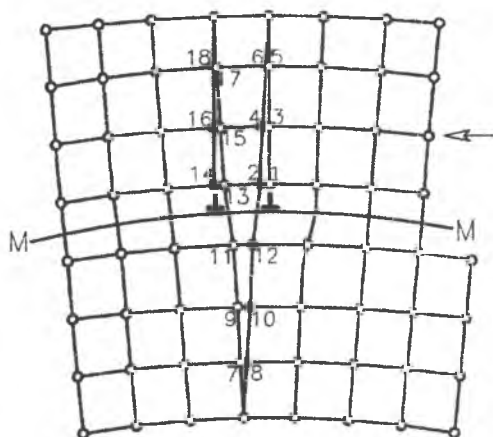
G – siljish moduli;

v – Byurgers vektori.

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

Dislokatsiyaning asosiy xususiyatlaridan biri, uning kuchlanish taʼsirida kristall ichida yengil koʻchigi hisoblanadi. 1.9-rasmda

chekka dislokatsiyaning bir birlik atomlararo masofaga siljishida ko'chishning atom mexanizmi sxemasi keltirilgan. 1.9-rasmda atomlarning dastlabki holati aylanalar ko'rinishida, oxirgi holati esa doira ko'rinishlarida keltirilgan.



1.9-rasm. Chekka dislokatsiyaning o'ngdan chapga bir birlik atomlararo masofaga sirpanishida atomlarning ko'chishi sxemasi. Yangi holatda joylashgan atomlar punktir chiziqli orqali tasvirlangan.

Dislokatsiya sohasida atomlarning unchalik darajada sezilarli bo'lmagan siljishi dislokatsiyaning bitta atomlararo masofaga ko'chishiga olib keladi. (7-17) tekislik ikki qismga ajraladi, uning pastki qismi dastlabki ekstra tekislik bilan (8-6) tekislikka birlashadi, yuqorisi esa yangi (14-18) ekstra tekislikka aylanadi.

Kristalldagi siljish asta-sekin tarqaladi. Vaqtning har lahzasida siljishda sirpanish tekisligining har ikkala tomonidagi hamma atomlar ishtirok etmaydi. Dislokatsiyaning sirpanish tekisliklariga urinma kuchlanishlar ta'sirida ko'chishi atomlarning ko'chishi orqali sodir bo'lib, bu hodisa sirpanish yoki konservativ harakat deb yuritiladi.

1.10-rasmda chekka dislokatsiyaning uning sirpanishida egalaydigan har xil holatlari keltirilgan.

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:

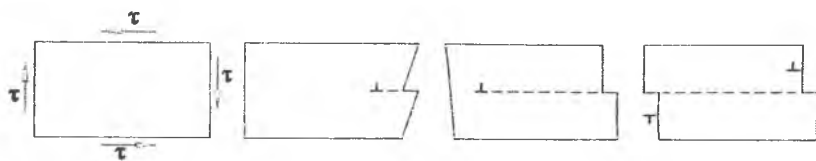
$$V = V_0 \cdot \left(\frac{\tau}{\tau_0} \right)^m \quad (1.4)$$

bu yerda, τ_0 – $v=1$ v/c bo'lganda urinma kuchlanish;

τ – sirpanish vaqti;

m – material konstantasi;

v_0 – boshlang'ich tezlik.



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

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

Dislokatsiyaning o'ta siljuvchanlik xossasi termik ish jihatdan 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'liq bo'ladi.

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

Vintsimon dislokatsiya bir tekislikdan boshqasiga massalari ko'chmasdan (konservativ harakat) 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 atom o'lchamlari asosiy metall atomlaridan katta 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'i atrofida qo'shimcha singan atomlarning tartibli joylashgan sohasi Snuk atmosferasi deyiladi.

Yuqori haroratlarda qo'shimcha atomlari panjara nuqsonlari o'rtasida va panjaralarning o'zida diffuziya yo'li 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.

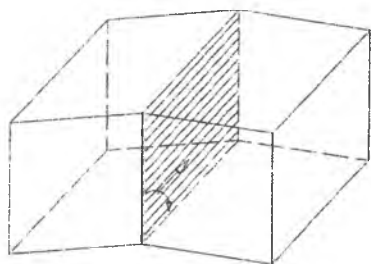
Suzuki bo'yicha kimyoviy o'zaro ta'sir chekka, vintsimon va dislokatsiyalar uchun bir xil va kuchli darajada bo'ladi.

1.4. Ichki ajralish sirtlari

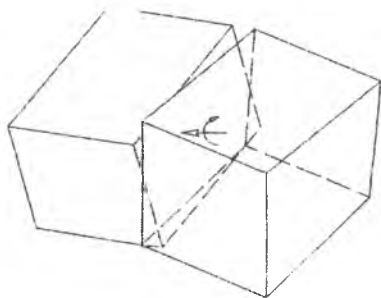
Metallarning ichki tuzilishini tashkil etuvchi donalar va subdonalar chegaralari ichki ajralish sirtlari deb yuritiladi. Ichki ajralish sirtlarining har ikkala tomoni bo'ylab kristall qopqoqlar o'zlarining fazoviy orienterlari bilan farq qiladi.

O'zaro qo'shni bo'lgan panjaralarning orientatsiyasi ularning kristall grafik yo'nalishlari va burilish burchaklari atrofi 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 sirlarni og'ish chegaralari deb aytiladi (1.11-rasm, a). Agar aylanish o'qi chegaralariga perpendikulyar bo'lsa, bu chegara buralish chegarasi deb yuritiladi.



a)



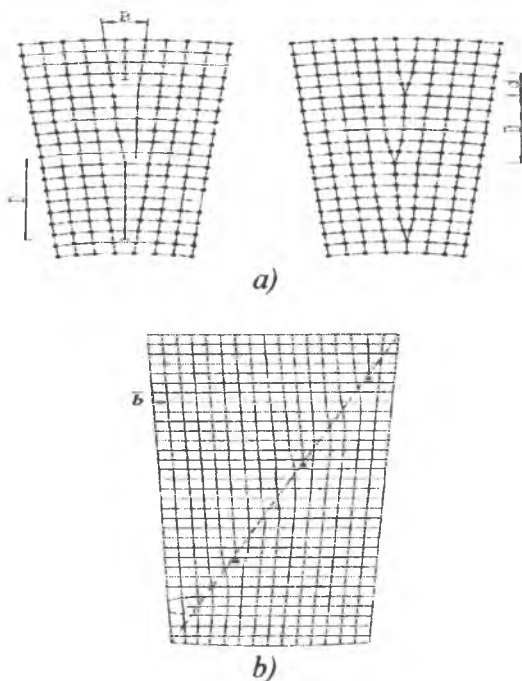
b)

1.11-rasm. Og'ish (a) va buralish (b) chegaralari.

O'zaro qo'shni donalarning chegaralari noorientatsiyasi 10^0 dan kichik burchakli, noorientatsiya undan katta bo'lsa, katta 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 subdona 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 perpendikular bo'lgan vintsimon dislokatsiyalar qatoridan to'rsimon ko'rinishda hosil bo'ladi. 1.12-rasmda chegaralar tuzilishining modellari ko'rsatilgan. Umumiy holda kichik burchakli chegara turli xilda orientatsiyalangan va turli Byurgers vektorlari bo'lgan dislokatsiyalar qatoridan tarkib topadi.



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

Kichik burchakli chegaralar – dislokatsiyalar devori eritmada kristallar o'sishida, 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'sib 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, avtoio va desorbsion mikroskopiya usullari mavjud bo'lib, uning tuzilishi to'g'risida tasavvurlar rivojlanib bormoqda. Uning tuzilishini o'rganishda 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 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. Muhammedov 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 harakat qilinadi.

Dislokatsion nuqtayi 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 harakatiga 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 katta kristallanishining rivojlanishini ta'minlovchi muhim jarayonlardan biri hisoblanadi.

1.5. Diffuziya

Metall va qotishmalarda sodir bo'ladigan ko'plab jarayonlar: kristallanish jarayoni, fazaviy va strukturaviy o'zgarishlar, qayta kristallanish, sirtqi 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 tushuniladi. Agar atomlarning ko'chishi alohida jismlarda konsentratsiya o'zgarishlari bilan bog'liq bo'lmasa, bunday jarayon o'z diffuziya deyiladi.

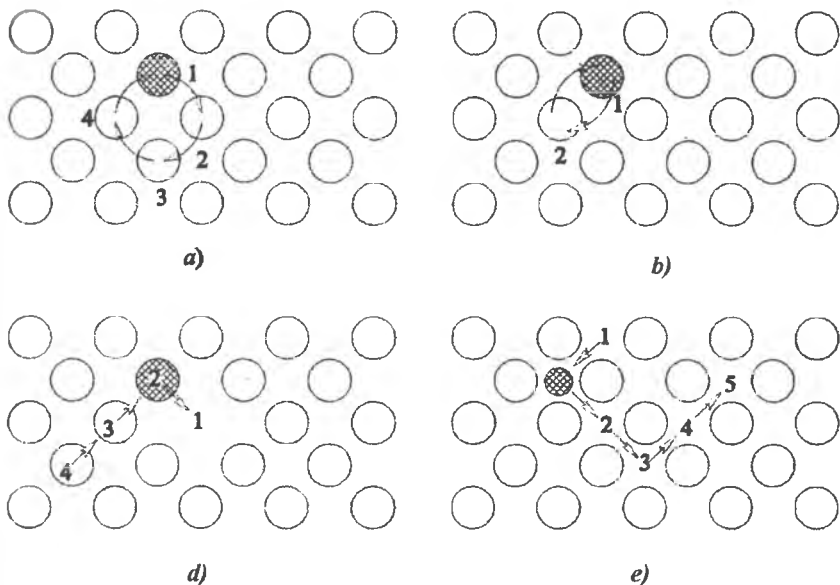
Qotishmalar yoki metallarda yuqori tarkibli qo'shimchalarning konsentratsiyasining o'zgarishi bilan kuzatilsa, diffuziya yoki geterodiffuziya deyiladi.

Kristallarda sodir bo'ladigan diffuzion jarayonlar asoslarida atom mexanizmi yotadi. Bunda har bir atom panjarada turli turg'un holatlari oraliqlarida bir nechta sakrash hosil qiladi, ya'ni atom katta yoki kichik tasodifiy daydi harakatlar yuzaga keladi. 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 (1.13-rasm).

Diffuziyaning siklik mexanizmiga ko'ra atomlar ko'chishi bir guruh atomlarning birgalikdagi harakati (siklik aylanish) natijasida yuzaga keladi. 1.13-rasm, a) da 4 ta atomning o'zaro siklik aylanish

o'rinlari keltirilgan. Bunday aylanish unchalik katta energiya talab qilmaydi, lekin uning sodir bo'lishi ehtimolligi juda kichikdir. Diffuziyaning almashinuv mexanizmiga o'xshash bo'lib, unda faqat ikkita atom qatnashadi, ya'ni ikkita atom bir-birining o'rnini almashinadi.



1.13-rasm. Diffuziya mexanizmlari sxemalari.

a-siklik; b-almashinuv; d-vakansion; e-tugunlararo (raqamlar bilan atomlarning ko'chish ketma-ketligi ko'rsatilgan).

Diffuziyaning vakansion mexanizmida (1.13-rasm) atom vakansiya joyiga ko'chadi, tugunlararo mexanizmida atom eng yaqin tugun oralig'iga turg'un holatiga ko'chib o'tadi (1.13-rasm, g). Metallning metallga diffuziyasi asosan ko'proq vakansion mexanizm bo'yicha sodir bo'ladi. Bunda vakansiya 1 o'rniga yuqori energiya-ga ega bo'lgan atom 2 ko'chib o'tadi. Atom 1 ning ilgarigi o'rnida vakansiya bo'lib qolishi mumkin yoki bu vakansiyani keyingi atom 3 yoki atom 4 kabilar egallashi mumkin.

Metalga atom radiuslari kichik bo'lgan elementlar radiusi, masalan C, H, N kabilar, diffuziyasi tugunlararo mexanizm bo'yicha sodir bo'ladi (1.13-rasm, e).

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 gradiyenti $\frac{dc}{dx}$ ga bog'liq. Diffuziya tezligi diffuziya koeffitsiyentiga to'g'ri proporsional:

$$m = -D \frac{dc}{dx} \quad (1.5)$$

Bu yerda, D – diffuziya koeffitsiyenti;

dc – konsentratsiya;

dx – tanlangan yo'nalish bo'yicha masofa.

Keltirilgan (1.5) bog'lanish Fikning birinchi qonuni deyiladi. Ifodadagi «-» ishora diffuziyaning yuqori konsentratsiyali hajmdan kam konsentratsiyali hajmga qarab sodir bo'lishini bildiradi.

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

$$\frac{dc}{d\tau} = D \frac{dc^2}{dx^2} \quad (1.6)$$

Bu qonunning ifodasini keltirib chiqarishda diffuziya koeffitsiyenti konsentratsiyasiga bog'liq emas deb qabul qilingan va ifoda faqat o'z diffuziya uchun o'rinlidir. Shuning uchun (1.6) tenglama diffuziyaning aniq chegaraviy sharoitlari uchun yechilgan va yechilishi lozim.

Keltirilgan tenglamani Gauss xatoliklar funksiyasi yordamida integrallash mumkin. Bunday hisoblarning natijasida quyidagi ko'rinishda parabolik qonun olinadi:

$$x = a\sqrt{\tau} \quad (1.7)$$

Bu yerda, a – konstanta;

τ – vaqt.

Formula (1.7) diffuziya koeffitsiyentiga aniq fizikaviy ma'no beradi. Agar x diffuziyalanuvchi atomlarning o'rtacha ko'chishi bo'lsa, u holda diffuziya koeffitsiyenti taxminan o'rtacha ko'chishi kvadrati orqali ifodalanishi mumkin:

$$\overline{x^2} = 2D\tau \quad \text{yoki} \quad D = \frac{\overline{x^2}}{2\tau}, \quad \left[\frac{\text{sm}^2}{\text{sek}} \right] \quad (1.8)$$

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

Diffuziya koeffitsiyenti 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 diffuziyalanayotgan modda miqdorining birlik konsentratsiyaga kamayishini ko'rsatadi.

Diffuziya koeffitsiyenti qotishmaning tabiatiga, donalar o'lchamlariga va ayniqsa haroratga kuchli darajada bog'liqdir. Diffuziya koeffitsiyentining haroratga bog'liqligi eksponensial qonunga bo'ysunadi va quyidagicha ifodalanadi:

$$D = D_0 \exp\left[-\frac{Q}{RT}\right], \quad (1.9)$$

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 yengil kechadi, chunki bu joylarda 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.

II-BOB. METALL VA QOTISHMALARNING XOSSALARI

2.1. Metall va qotishmalarning asosiy xossalari

Fizik xossalari. Metallarning fizik xossalariga uning rangi, zichligi, suyuqlanish temperaturasi, issiqlik o'tkazuvchanligi, issiqdan kengayuvchanligi, issiqlik sig'imi, elektr o'tkazuvchanligi, magnit xossalari va boshqalar kiradi.

Metall rangi deb, ma'lum to'lqin uzunligidagi yorug'lik nurini qaytarish xususiyatiga aytiladi. Masalan, mis pushti-qizil rangli, aluminiy esa kumushsimon oq rangli bo'ladi.

Metallning zichligi hajm birligida joylashgan massa bilan xarakterlanadi. Zichligiga ko'ra barcha metallar yengil (4500 kg/m^3 dan kam) va og'ir xillarga bo'linadi. Turli buyumlar yaratishda metall zichligi muhim ro'l o'ynaydi. Masalan, samolyot va raketasozlikda juda yengil metall va qotishmalardan (aluminiyli, magniyli, titanli) foydalanishga harakat qilinadi. Bu buyum massasini kamaytirish imkoniyatini beradi. *Suyuqlanish harorati* deb, metall qattiq holatdan suyuq holatga o'tadigan haroratga aytiladi. Suyuqlanish haroratiga qarab qiyin suyuqlanadigan (volfram 3416°C , tantal 2950°C , titan 1725°C va boshqalar) va oson suyuqlanadigan (qalay 232°C , qo'rg'oshin 372°C , rux 419°C , aluminiy 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, aluminiy kabi metallarning issiqlik o'tkazuvchanligi aluminiyga nisbatan besh marta kichik. Detallar uchun materiallar tanlashda issiqlik o'tkazuvchanlik katta ahamiyatga ega. Masalan, metall issiqlikni yomon o'tkazsa, u qizdirilganda yoki tez sovitilganda (termik ishlov berishda, pay-

vundlashda) unda darzlar paydo bo'ladi. Mashinalarning ayrim detallari (dvigatellarning porshenlari, turbinalarining kurakchalari) issiqlikni yaxshi o'tkazadigan materiallardan tayyorlanishi kerak. SI birliklar sistemasida issiqlik o'tkazuvchanlik $Vt (m \cdot K)$ bilan o'lchanadi.

Metallning *issiqlikdan kengayuvchanligi* deb, qizdirilganda uning o'lchamlarining kattalashish, sovitilganda esa kichrayish chiziqli kengayish koeffitsiyenti xususiyatiga aytiladi. Issiqdan kengayuvchanlik bilan xarakterlanadi, bu yerda jismning haroratlardagi uzunligi. Hajmiy kengayish koeffitsiyenti 3 ga teng. Metallarning issiqdan kengayuvchanligi payvandlashda, bog'lanishda hamda qizdirib hajmiy shtampkovkalashda, quyish qoliplari, shtamplar, prokat jo'valari, kalibrlar tayyorlashda, aniq birikmalar hosil qilishda hamda qurilmalarni yig'ishda, ko'priklarni qurishda, temir yo'l relslarni yotqizishda hisobga olinishi kerak. Metallning *issiqlik sig'imi* deb, qizdirilganda uning ma'lum miqdordagi issiqlikni yutish o'tkazish xususiyatiga aytiladi. Issiqlik sig'imi SI 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 10^0C 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 Cm/m da, shunga o'xshash elektr qarshiligi esa Om/m da o'lchanadi. Tok o'tkazuvchi simlar (mis, aluminii) 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 kimyoviy

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 taalluqlidir.

Texnologik 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 uzel 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 tiralgan 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 yemirilish 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

tasniflaydi. Asosiy quyilish xossalariга suyuq holatda oquvchanlik, kirishuvchanlik va likvatsiya kiradi.

Suyuq holatda oquvchanlik suyultirilgan metallning quyish qolipi bo'shlig'ini yaxshi to'ldirish xususiyatidir. Kristallanishda 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 kristallanishda paydo bo'ladigan kimyoviy tarkibining bir jinслиmasligidadir. Bu qotishmalar toza metallarga qaraganda qat'iy bir haroratda emas, balki harorat oralig'ida kristallanish bilan tushuntiriladi. Qotishmaning kristallanish harorat 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 xossalariни bukiluvchanligini va takror bukiluvchanligini sinash, cho'kuvchanligini sinash, yassilanuvchanlik, o'raluvchanlik, buraluvchanlik va boshqa xossalariни sinash usullari bilan aniqlanadi.

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

Yoyilishga 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 yeyilish kattaligini turli usullar bilan, chunonchi o'lchamlarni o'lchash, namunalarni tortib ko'rish kabi usullar bilan aniqlanadi. Ekspluatatsion xossalariга shuningdek sovuqbardoshlik, issiqbardoshlik, antifikatsion xossalar va hako-zolar ham kiradi.

Mexanik xossalari. Qotishmalarning tashqi kuchlar ta'siriga qarshilik ko'rsata olishi *mexanik xossasini* ifodalaydi. Asosiy mexanik xossalarga qattiqlik, cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi, zarbiy qovushoqlik, nisbiy uzayish va torayish kiradi. Metallarning

tashqi kuchlar ta'siriga qarshilik xususiyati uning mexanik xossalari bilan xarakterlanadi. Shuning uchun ham mashina detallarni tayyorlash uchun material tanlashda avvalo uning mexanik xossalariga, ya'ni mustahkamligi, elastikligi, plastikligi, zarbiy qovushqoqligi, qattiqligi va chidamligiga e'tibor berish kerak. Bu xossalar metalga tashqi kuch (nagruzka) ta'sir ettirib, mexanik sinovlar natijalariga qarab belgilanadi. Tashqi kuchlar statik, dinamik yoki siklik (takror o'zgaruvchan) bo'lishi mumkin.

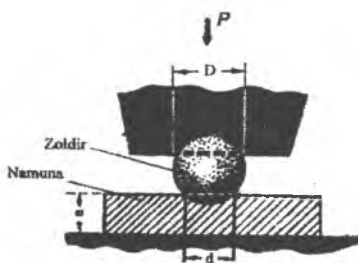
Qotishmaning o'z sirtiga undan qattiqroq jism botishiga qarshilik ko'rsatishi *qattqlik* deyiladi. Qattqlikni aniqlashning bir necha usullari mavjud. Brinell, Rokvell, Vikkers usullari va h.k. Brinell usulida (DS 9012-59) qattqligi 450 birlikkacha bo'lgan qotishmalar qattqligi aniqlanadi. Qotishma xiliga va qalinligiga ko'ra diametri 2,5; 5 va 10 mm li toblangan po'lat zoldir namunaga 187,5; 750 va 3000 kg kuch bilan asta-sekin botiriladi. Zoldirning namuna yuzasida qoldirgan izi diametriga ko'ra qotishmaning qattqligi aniqlanadi (2.1-rasm). Qotishmaning Brinell bo'yicha qattqligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

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

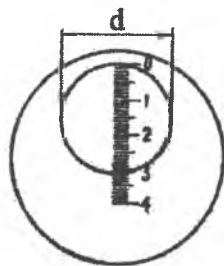
bu yerda, D – zoldirning diametri, mm;

d – zoldirning namunada qoldirgan izi diametri, mm.

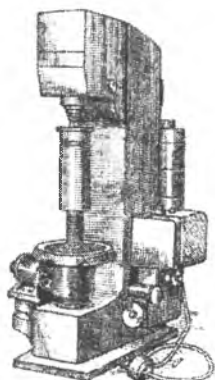
Sharcha izining diametri maxsus lupa (2.2-rasm) yordamida o'lchanadi.



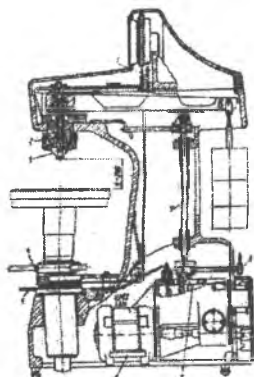
2.1-rasm. Namuna qattqligini Brinell usulida aniqlash.



2.2-rasm. Brinell lupasi.



a)



b)

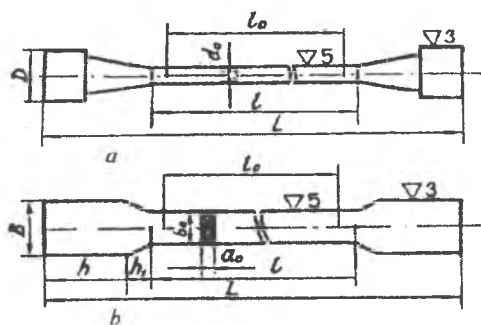
2.3-rasm. *Qattqlikni Rokvell usulida aniqlashning umumiy(a) va sxematik(b) ko'rinishi.*

Qattqligi yuqori bo'lgan (toblangan, sementitlangan) buyumlar qattqligi Rokvell usulida (DS 9013–59) aniqlanadi (2.3-rasm).

Rokvell usulining Brinell usulidan farqi shundaki, bu usulda qattqlik zoldir qoldirgan izning yuzi bilan emas, balki namunaga botirilgan olmos konus yoki toblangan zoldir qoldirgan izning chuqurligi bilan aniqlanadi. Rokvell usulida namunaga ta'sir etuvchi kuch va botiriladigan uchlik material xiliga ko'ra o'zgartiriladi. Rokvell usulida qattqlik sinash jarayonining o'zida indikator (2.3-rasm) shkalasidan o'qiladi. Indikator shkalasi qora va qizil rangda bo'ladi. Olmos konus uchlik qo'yilib, kuch 60 va 150 kG bo'lganda qattqlik C (qora) shkaladan o'qiladi. Ta'sir ettirilgan kuch 60 kG bo'lganda qattqlik HRA bilan 150 kG bo'lganda esa HRC bilan belgilanadi. Botiriladigan uchlik po'lat zoldir, kuch 100 kG bo'lganda qattqlik B (qizil) shkaladan o'qiladi va HRB bilan belgilanadi.

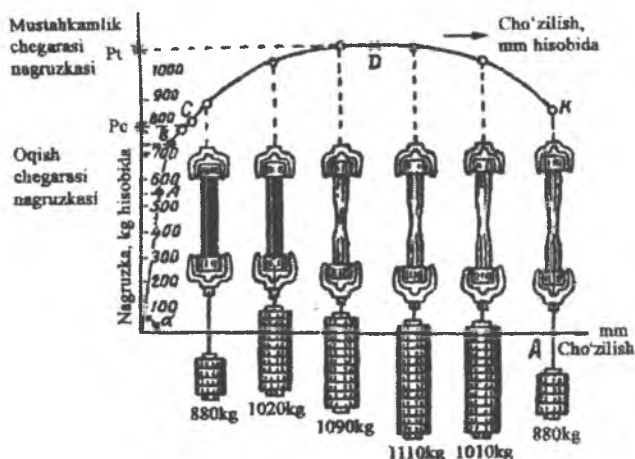
Qotishmalarning *cho'zilishdagi mustahkamligini* sinash amalda keng tarqalgan bo'lib, bunda uning elastik va plastik xossalarini aniqlash mumkin. Buning uchun maxsus namuna (2.4-rasm) tayyorlanib, sinash mashinasi qisqichlariga mahkamlanadi. Mashina yurgizilgach, asta-sekin oshib boruvchi kuch ta'sirida namuna cho'zila boshlaydi. Kuch ma'lum qiymatga yetgach, namunaning

biror qismi ingichkalashib bo'yincha hosil bo'ladi va uziladi (2.5-rasm).



2.4-rasm. Qotishmaning cho'zilishdagi mustahkamligini aniqlashda ishlatiladigan namuna.

Namunani sinashda u uzilmay chidash bergan eng katta (maksimal) kuch (R) ning, shu namuna ko'ndalang kesimi yuzi (F) ga nisbati qotishmaning cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi deyiladi.



2.5-rasm. Kam uglerodli po'lat namunani cho'zilishga sinashdagi deformatsiya egri chizig'i.

Cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi quyidagi matematik ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$$

P_b – sinashdagi eng katta kuch, kg;

F_0 – namunaning sinashdan oldingi ko'ndalang kesimi yuzi, mm^2 .

Qotishmaning cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasini aniqlash orqali plastik xossalarini nisbiy cho'zishi va torayishini ham aniqlash mumkin. Qotishmaning nisbiy uzayishi quyidagicha topiladi:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} 100 \%$$

bu yerda, l_0 – namunaning deformatsiyanishdan oldingi uzunligi, mm;
 l_1 – namunaning deformatsiyanishdan keyingi uzunligi, mm.

Qotishmaning nisbiy torayishi quyidagicha topiladi:

$$\varphi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} 100 \%$$

bu yerda, F_0 – namunaning sinashdan oldingi ko'ndalang kesimi yuzi, mm^2 ; F_1 – namunaning cho'zilgandan keyingi ko'ndalang kesimi yuzi, mm^2 .

Qotishmaning zarbalari ta'siriga sinmay qarshilik ko'rsatishi *zarbiy qovushoqligi* deyiladi. Zarb kuchlari ta'sirida bo'ladigan buyumlar (tirsakli vallar, shatun, porshen, vagon o'qlari) dinamik kuchlar ta'sirida ishlaydi. Zarbiy qovushoqlikka sinaladigan qotishmalardan maxsus namuna (DS 9454 – 78) tayyorlanadi va mayatnikli kopyorda sindiriladi (2.6-rasm). Namunani sindirish uchun sarflanadigan A ishning, namunaning singan joyi ko'ndalang kesimi yuzi F ga nisbati zarbiy qovushoqlikni beradi:

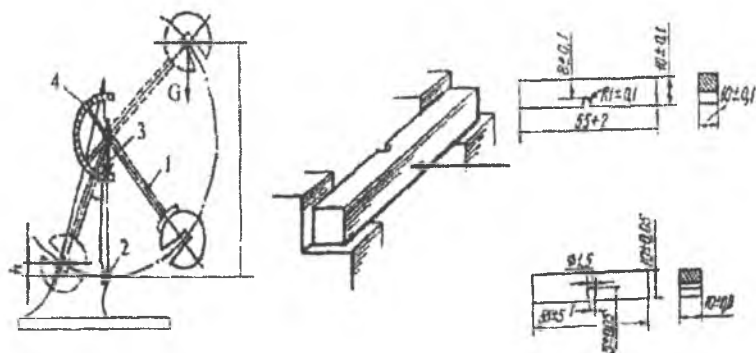
$$\alpha_H = \frac{A}{F} = \frac{Ql (\cos \beta - \cos \alpha)}{F}$$

bu yerda, Q – mayatnik og'irligi, kg;

l – mayatnik radiusi, mm; α – mayatnikning zarbgacha ko'tarilish burchagi;

β – mayatnikning zarbdan keyingi ko'tarilish burchagi.

Qotishmaning tuzilishini oddiy ko'z, lupa hamda mikroskop yordamida tekshirish *makroanaliz* deyiladi. Makronuqsonlarga darzlar, g'ovaklar, qotishmada ba'zi elementlarning notekis taqsimlanishi (likvatsiya) kabi nuqsonlar kiradi.



2.6-rasm. Mayatnikli kopyor va namuna.

Sinish yuzalarini o'rganish ham makroanalizga kiradi. Sinish uch turga bo'linadi. Agar sinish yuzasi g'adir-budur bo'lsa, buyum materiali deformatsiyaga uchramasdan, mo'rt sinadi. Sinish yuzasi yaltiroq bo'lib, yuzada sinish markazi vujudga kelib, shu markazdan sinish tolalarining yo'nalishi ko'rinib tursa, *qovushoq sinish* deyiladi. Bunday sinish juda katta deformatsiya natijasida sodir bo'ladi. *Toliqish natijasida sinish* ham qovushoq sinish kabi sodir bo'ladi va darz paydo bo'lishi, uning kattalashishi buyumning sinishi bilan yakun topadi.

Qotishmalarning ichki tuzilishini o'rganish *mikroanaliz* deyiladi. Mikroanaliz orqali donalar tarkibini, ulardagi nuqsonlarni, dislokatsion tuzilishni, donalar o'lchamlarini aniqlash mumkin. Buning uchun 1500–2000 marta katta qilib ko'rsatadigan optik yoki elektron mikroskoplar ishlatiladi. Elektron mikroskoplar buyumni 100 000 dan 500 000 martagacha kattalashtirib ko'rsatadi. Elementar kristall panjaraning turlari rentgen nurlari ta'sirida o'rganiladi. Kristall panjaradagi atomlar joylashuvi, panjara parametrlari va dislokatsiya zichligi kabi kattaliklar rentgenografiya usulida o'rganiladi.

Texnologik xossalari. Metall va qotishmalarning texnologik xossalari ularning texnologik ishlovchanligi bilan bog'liq xossalari: kirishuvchanligi, quyuluvchanlik, suyuq holatda oquvchanlik, bolg'alanuvchanlik, payvandlanuvchanlik, kesib ishlanuvchanlik va boshqa xossalari kiradi. Bu xossalari haqida alohida to'xtalib o'tamiz.

Qolipning o'lchamlari va shu qolipda quyish yo'li bilan hosil qilingan quymaning o'lchamlari orasidagi farq kirishuvchanlik deyiladi. Kirishuvchanlik % larda ifodalanadi. Qotishmalarning kirishuvchanligi bir-biridan farq qiladi va ma'lum kattalikka ega. Cho'yanlar uchun kirishuvchanlik 1,5-1,75 % ni tashkil etsa, bu kattalik po'latlar uchun 1,4-2,2 %, kulrang cho'yan 0,5-1,25 %, mis qotishmalari 0,8-1,6 %, aluminiy qotishmalari 0,3-1,2 % va magniy qotishlari 0,3-1,2 % ni tashkil etadi.

Suyuq holatda oquvchanlik quymakorlik qotishmalarining muhim texnologik xossalariidan biri hisoblanadi. Metall va qotishmalarning suyuq holatda qolipni to'ldirish xossasiga *suyuq oquvchanlik* deyiladi. Metall va qotishmalarning suyuq holatda oquvchanligi qanchalik yuqori bo'lsa, u suyuqlantirilganda qolipning yupqa va ingichka joylarini shunchalik yaxshi to'ldiradi.

Metall va qotishmalarni bolg'alash, shtamplash, prokatlash va bosim ta'sirida ishlash natijasida o'z shaklini yemirilmasdan o'zgartirish xossasiga *bolg'alanuvchanlik* deyiladi. Metall va qotishmalarni bosim ta'sirida ishlash vaqtida u qanchalik yuqori darajada deformatsiyalanib hamda bu deformatsiya uchun zarur kuch qanchalik kichik bo'lsa, uning bolg'alanuvchanligi shunchalik yuqori bo'ladi.

Metall va qotishmalarni payvandlash vaqtida puxta hamda zich birikma hosil qilish xossasiga *payvandlanuvchanlik* deyiladi. Payvand chokni mexanik xossalari yuqori, strukturasi bir jinsli hamda mayda donali, g'ovak va boshqa nuqsonlardan xoli bo'lsa, payvandlanuvchanlik xossasi shunchalik yuqori bo'ladi.

Vaqt birligi ichida eng ko'p yo'nib tushirilgan qirindi miqdori bilan baholanadigan kattalik miqdoriga *kesib ishlanuvchanlik* deyiladi. Metall va qotishmalarni texnologik xossalariini aniqlash uchun turlicha sinovlar o'tkaziladi. Bu sinovlar murakkab emas va ular standartlashtirilgan. Standartlashtirilgan sinovlar jumlasiga bukiluvchanlikka sinash, sovuq holatda cho'kuvchanlikka sinash, botiluvchanlikka sinash va boshqalar kiradi.

2.2. Plastik va elastik deformatsiya. Naklyop

Metallarni bosim bilan ishlash deb, tashqi kuch ta'siri ostida (masalan, bolg'a bilan urib, press bosimi ostida) xomaki shaklini o'zgartirishni aytiladi.

Zarb yoki bosim ta'sirida oldi deformatsiya paydo bo'lishi bilan metall o'z shaklini kerakli yo'nalishda yemirilmasdan o'zgartiradi. Bunda bir yo'la metallning strukturasida, uning mexanik va fizik xossalarida o'zgarish ro'y beradi. Yuqorida qayd etganimizdek, bosim bilan ishlashda xomakining shakli dastlabki holatiga qaytmaydigan qilib o'zgartiriladi, bu esa xomaki metalida *elastik* holat mavjudligidan darak beradi. Demak, biror tashqi kuch ta'sirida ushbu (qotishma) yemirilmay, o'z shaklini dastlabki holatiga qaytmaydigan tarzda o'zgartira olish xususiyati uning *plastikligi* deb, metallar shaklining elastik tarzda o'zgarishi *elastik deformatsiya* deb ataladi. Shunday qilib, bosim bilan ishlashi metallarning *elastik* deformatsiyalanishiga asoslangandir.

Buning uchun deformatsiyaning o'zi qanday vujudga kelishini aniq tushunish kerak.

Ma'lumki, detalga biror tashqi kuch ta'sir ettirilganda uning diffusion shakli o'zgarishi *deformatsiya* deyiladi. Har qanday normal haroratda diffuziya asosan elastik va plastik deformatsiyalardan iborat bo'ladi. Metallga ta'sir ettirilgan tashqi kuch olingandan keyin diffuziya dastlabki shakliga qaytsa, bunday deformatsiya *elastik deformatsiya* deb ataladi. Masalan, po'lat prujinaga (yoki rezina bo'lagiga) ta'sir ettirilgan kuch olingandan keyin yana u avvalgi holatiga qaytadi.

Plastik deformatsiyada esa kristall panjaralarining shakli o'zgaribgina qolmasdan, balki kristallning bir qismi boshqa qismiga nisbatan siljiydi ham, ta'sir ettirilgan kuch olinganda kristallning siljigan qismi avvalgi joyiga qaytmaydi, ya'ni deformatsiya saqlanib qoladi. Bundan tashqari, diffuziya deformatsiyada diffuziya tarkibidagi donachalar maydalanadi va muayyan tartibda joylashib qoladi, natijada diffuziya tola-tola tuzilishga ega bo'ladi.

Donalarning muayyan tartibda joylashib qolish hodisasi *teksturalanish* deyiladi.

Teksturalanish darajasi deformatsiyalanish darajasiga to'g'ri mutanosibdir.

Metall odatdagi sharoitda deformatsiyalanganda uning puxtaligi va qattiqligi ortib, plastikligi pasayadi. Bu hodisa *naklyop* (parchinlanish) yoki *nagartovka* deyiladi. Plastik deformatsiyalanish natijasida metallda hosil bo'lgan naklyopni yo'qotish zarur bo'lsa, diffuziya ma'lum haroratgacha qizdiriladi. Masalan, naklyoplangan po'lat buyum 200–300°C gacha qizdirilsa, uning qattiqligi va puxtaligi 20–30 % pasayadi, plastikligi esa ortadi. Bu hodisa *qaytish* yoki *xordi* deyiladi. Demak, qaytishida metallning kristall panjalari tiklanadi, ichki tuzilishi esa uncha o'zgarmaydi va shuning uchun metallning mexanik xossalari faqat ma'lum darajadagina tiklanadi. Metallning dastlabki xossalarini batamom tiklash kerak bo'lib qolsa, albatta uni yuqoriroq darajagacha qizdirish zarur.

Naklyoplangan diffuziya yuqoriroq darajagacha qizdirilganda, shu diffuziya xossalarining tiklanishi *rekristallanish* deb ataladi. Rekristallanish vaqtida metallning deformatsiyalanishidan oldingi donalari tiklanmay, balki yangi donalar hosil bo'ladi, ya'ni diffuziya yangidan kristallanadi. Rekristallanish darajasi (eng kichik darajasi) har xil metallar uchun turlicha bo'ladi. Masalan, misning rekristallanish harorati 270°C ga, aluminiy va magniyniki 100°C ga, jezniki 250°C ga, temirniki 450°C ga, nikelniki 600°C ga, molibdenniki 900°C ga, volframniki 1200°C ga teng, qalay, qo'rg'oshin va oson suyuqlanuvchi boshqa metallarning rekristallanish darajasi esa normal darajadan past bo'ladi. Metallning rekristallanish darajasi bilan suyuqlanish darajasi orasida A.A. Bochvar formulasiga asosan quyidagicha yaqinlashtirilgan bog'lanish mavjud:

$$T_{rekt} = T_{er} \times K$$

bunda, T_{rekt} – mutlaq rekristallanish darajasi, gradus, K – metallning tozaligiga bog'liq koeffitsiyent, T_{er} – mutlaq suyuqlanish darajasi, gradusda.

Texnik toza metallar uchun $K=0,2-0,3$, qotishmalar (qiyin suyulanadigan metallar) uchun esa $K=0,6-0,7$. Shuni qayd etish lozimki, deformatsiyalanganlik darajasi rekristallanish haroratiga teskari mutanosib bog'lanishda bo'ladi.

Metall rekristallanish darajasidan yuqori darajada deformatsiyalanganda naklyop hosil bo'lsada, ammo shu darajada o'tadigan rekristallanishi naklyopni yo'qotadi. Metallarni rekristallanish darajasidan yuqori darajada deformatsiyalash qizdirib, *bosim bilan ishlash* deb, rekristallanish darajasidan past darajada deformatsiyalash esa *sovuqlayin bosim bilan ishlash* deb ataladi. Demak, metallarni qizdirib, bosim bilan ishlashda ularda naklyop hosil bo'lmaydi, sovuqlayin bosim bilan ishlashda esa naklyop hosil bo'ladi va aksincha, deformatsiyalashda diffuziya naklyoplanasa, sovuqlayin bosim bilan ishlaganda esa naklyoplanmasa, uni qizdirib, bosim bilan ishlagan ma'qul bo'ladi. Masalan, qalay normal haroratda deformatsiyalanasa, u naklyoplanmaydi, temir esa 300°C gacha qizdirib deformatsiyalanganda naklyoplanadi. Bino-barin, qalayning deformatsiyalanishi qizdirib bosim bilan ishlanadi, chunki sovuqlayin bosim bilan ishlash orqali hosil qilingan buyumlarning sirti toza, o'lchamlari esa aniq chiqadi. Sovuqlayin deformatsiyalash natijasida hosil bo'lgan naklyop, zarur hollarda, rekristallanish yumshatish yo'li bilan yo'qotiladi.

Shuni aytish lozimki, plastik bo'lmagan (mo'rt) metallarni bosim bilan ishlab bo'lmaydi. Masalan, cho'yan sovuq holatda ham, qizdirilgan holatda ham mo'rt bo'ladi, demak, cho'yanni bosim bilan ishlab bo'lmaydi.

Metallarning plastikligi ularning kimyoviy tarkibiga ham bog'liq, ya'ni toza metallarning plastikligi qotishmalarnikidan ancha yuqori bo'ladi. Har xil elementlar metallarning plastikligiga turlicha ta'sir etadi.

Shuning uchun qizdirib bosim bilan ishlashda plastik (qotishma) ni qanday haroratgacha qizdirish va bosim bilan ishlashni qanday haroratda to'xtatish zarurligini bilish nihoyatda muhimdir. Shunday qilib, metallar qizdirib, bosim bilan ishlanganda, ularning kimyoviy tarkibi tekislanadi, donalari maydalashadi, g'ovaklari berkilib ketadi, boshqa ba'zi nuqsonlari yo'qoladi, binobarin, mexanik xossalari yaxshilanadi.

III-BOB. TEMIR VA UNING QOTISHMALARI. QOTISHMALARNING HOLAT DIAGRAMMASI

3.1. Qotishmalar. Qotishmalarning holat diagrammasi

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 o'ralgan bir jinsli qismi *faza* deb ataladi. Komponentlar soniga ko'ra ikki yoki ko'p komponentli, fazalar soniga ko'ra bir yoki ko'p fazali qotishmalar mavjud. Muvozanat holatda turgan fazalar majmuyi *sistema* deyiladi.

Sistemani tashkil etuvchi fazalar soniga xalal yetkazmay o'zgartirilishi mumkin bo'lgan 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 bog'lanish *fazalar* yoki *Gibbs qoidasi* deb ataladi va ushbu ko'rinishda ifodalanadi:

$$C = K - F + 2$$

bu yerda, C – sistemaning erkinlik darajasi;

K – sistemani tashkil etuvchi komponentlar soni;

F – fazalar soni.

O'zgarmas bosimda yuz beruvchi jarayonlar uchun sistemaning erkinlik darajasi quyidagicha ifodalanadi:

$$C = K - F + 1$$

Metall suyuq holatda bo'lganda:

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

Suyuq diffuziya kristallanishi paytida:

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

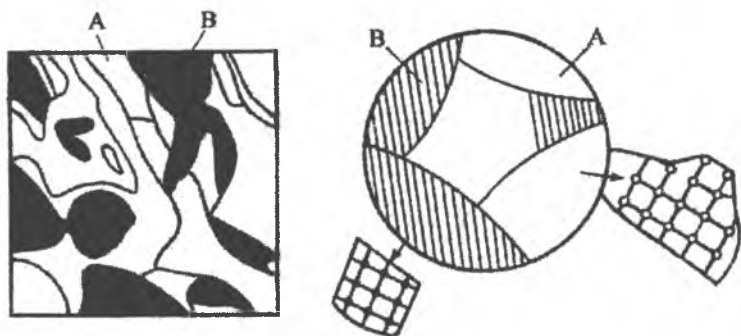
Erkinlik darajasi nolga teng sistemalar *variantsiz*, birga teng sistemalar *monovariantli* va ikkiga teng sistemalar *bivariantli* deyiladi.

Tashqi va ichki omillar o'zgartirilganda variantsiz sistema fazalarining soni o'zgaradi, monovariantli sistemaning fazalari esa o'zgarmaydi.

Qotishma tarkibiga kiruvchi komponentlar o'zaro ta'sirlashganda mexanik aralashma va qattiq eritma yoki kimyoviy birikma hosil qilishi mumkin.

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

Birinchi holatda komponentlar suyuq holda bir-birida cheksiz erisa ham har biri alohida-alohida kristallanadi (3.1-rasm). Odatda, bunday murakkab tuzilishga ega sistema *mexanik aralashma* deyiladi.

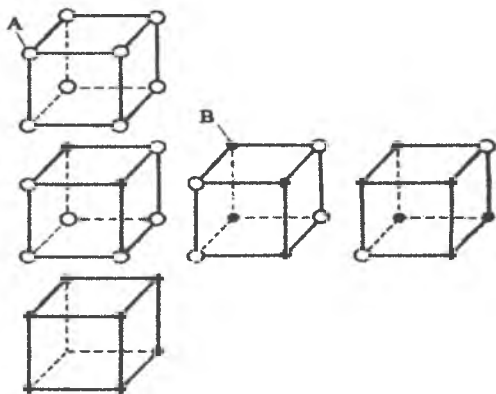


3.1-rasm. Elementlarning alohida-alohida kristallanishi.

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 (3.2-rasm).

Kristall panjara hosil qilgan B diffusion erituvchi vazifasini o'taydi. Kristall panjarada B komponentning ayrim atomlari qatnashayotganligi uchun u *eruvchi modda* deb ataladi. Kristall panjarada eruvchi B komponentning o'rni A erituvchi diffuzion atomlari ham egallashi mumkin (3.2-rasm).



3.2-rasm. *B komponentning A komponentdagi qattiq eritmasi.*

Bu holda *o‘rin olish qattiq eritmasi* hosil bo‘ladi. Agar eruvchi B diffusion A erituvchi diffusion kristall panjarasining atomlari orasiga joylashsa, *singish qattiq eritmasi* deyiladi. Shunday metallar borki, ular bir-birida cheksiz eriydi. A diffusion kristall panjarasidagi atomlar o‘rinlarini B diffusion atomlari diffus sari almashtirib, natijada A diffusion kristall panjarasi o‘rniga B diffusion kristall panjarasi hosil bo‘ladi. Kristall panjaralari yoqlari markazlashgan kub panjaraga ega elementlar: nikel va mis, oltin hamda kumush, molibden va volfram, vannadiy va titan kabi elementlar bir-birida cheksiz eriydigan qattiq eritmalarni 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 xil 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 Mendeleyev davriy sistemasidagi komponentlar yaqin joylashishi zarur.

Kimyoviy birikmalar hosil bo‘lishida, kristall panjaraga bog‘liq maxsus xossalr paydo bo‘ladi. Kimyoviy birikmalarni qattiq eritmalardan farqlaydigan quyidagi holatlar mavjud:

– kimyoviy birikma o‘ziga xos kristall panjara 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 diffusion tuzilishlari bir-biridan keskin farq qiladigan komponentlar (masalan, $MgSn$, Mg_2Rb , Mg_3Bi_2 , Fe_3C , WC , TiC kabi kimyoviy birikmalar) qatnashadi.

Metallar bilan metallar birikkanda kimyoviy bog‘lanishning diffuzion 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 Fe_3C , W_2S , VC , TiC kabi karbidlarni keltirish mumkin.

Qotishmalarni berilgan haroratda qanday fazalardan iborat ekanligini ko‘rsatuvchi diagramma *holat diagrammasi* deyiladi. Bu diagramma muvozanat holatdagi diagramma bo‘lib, muayyan haroratda qotishmani tashkil etuvchi komponentlarning aniq miqdorida qanday fazalar muvozanatda turganligini ko‘rsatadi. Temir-uglerod qotishmalari shartli ravishda ikki komponentli qotishmalar jumlasiga kiradi.

Tuzilishiga qarab qotishmalar turlicha xossalarni namoyon etadi. Shu sababli qotishmalarning tuzilishini, kimyoviy tarkibi bilan haroratga bog‘liq ravishda o‘zgarishini holat diagrammalari yordamida o‘rganish maqsadga muvofiqdir.

Temir-kimyoviy belgisi *Fe*. D.I.Mendeleyev elementlar davriy jadvalining 8-guruhida joylashgan, tartib raqami 26, atom og'irligi 55,85 solishtirma og'irligi 7,86 g/sm³ bo'lgan yumshoq, diffusi, kulrang tusdagi oqish diffu. Temirning erish harorati 1539°C, qaynash harorati esa 2770°C. Texnik toza temir elektrotexnikada elektr motorlari, diffus-mashinalar, elektromagnit o'zaklari sifatida ishlatiladi. Kukun metallurgiyasida temir kukunidan turli detallar olinadi. Temir sanoatda ishlatilishi jihatidan salmoqli o'ringa ega bo'lgan cho'yan va po'latning asosiy tarkibiy qismini tashkil etadi.

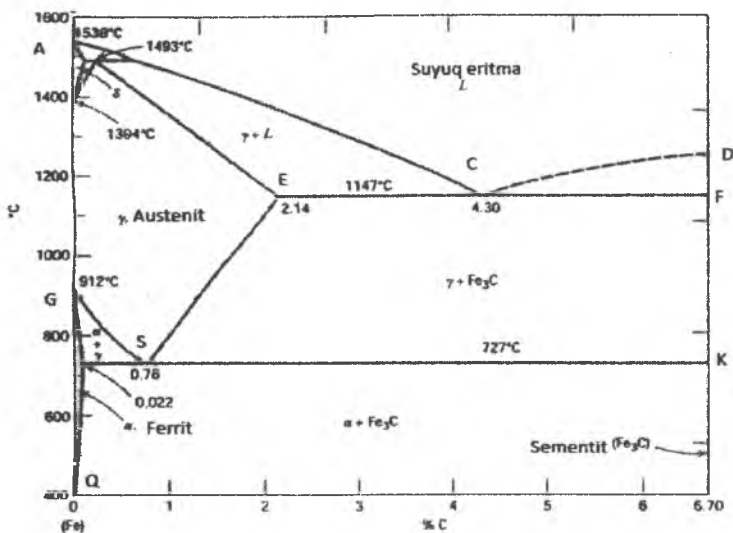
Tarkibida uglerod miqdori 0,025 foizdan kam temir-uglerod qotishmasi *texnik temir* deb ataladi. Toza temir yumshoq bo'lib, magnit xossasiga ega. Toza temirning mexanik xossalari 3.1-jadvalda keltirilgan.

Temir yaxshi magnitlanish xossasiga ega. Uning bu xossasi *ferromagnitlik* deyiladi. Temir qizdirilganda ma'lum haroratga yetgach (768°C), ferromagnitlik xossasi yo'qoladi. Bu haroratga to'g'ri keladigan nuqta *Kyuri nuqtasi* deyiladi. Kyuri nuqtasiga yaqinlashgan sari temirning ferromagnitlik xossasi pasayib boradi va boshqa xossalari birdaniga o'zgarmaydi. Metallning mexanik va ba'zi fizik xossalari o'zgarmaydi, lekin elektr, magnit va issiqlik xossalari o'zgaradi. Temirning ferromagnitlik xossasi o'zgarganda u qayta kristallanmaydi, kristall panjaraning parametrlari o'zgaradi.

Toza temirning mexanik xossalari

3.1-jadval

Toza temirni olish usuli	σ_b , Mpa	σ_{02} , Mpa	δ , %	ψ , %	E, Mpa	HB, Mpa
Vakuum usuli	291,5	176,5	50	93	—	—
Elektrolit usuli	180–250	100–140	40–50	70–80	21×10^4	4500–6000
Karbonil usuli	200–280	90–170	30–40	70–80	$20,7 \times 10^4$	5500–8000
Texnik usul	180–320	90–250	30–40	70–80	$20–21 \times 10^4$	800–2000



3.3-rasm. Temir-sementit holat diagrammasi.

Qotishma tarkibidagi uglerod miqdorini 15 ga ko'paytirilsa, po'lat va cho'yan tarkibidagi sementitning o'rtacha og'irlik miqdori kelib chiqadi, chunki miqdori 1% uglerodga 15% sementit to'g'ri keladi.

Diagrammadagi *ACD* chizig'i *likvidus* deyiladi. Likvidus chizig'idan yuqorida qotishma har doim suyuq holatda bo'ladi. *AECF* chizig'i *solidus* deb ataladi. Bu chiziqdan pastda qotishma qattiq holatda bo'ladi.

Diagrammaning *ECF* chizig'ida evtektik reaksiya boradi. Bu reaksiya natijasida tarkibi *C* nuqtadagi kabi suyuq qotishmadan dif-fusion bilan sementitning evtektik aralashmasi hosil bo'ladi. Bu aralashma *ledeburit* deb ataladi. Diagrammaning *RSK* chizig'ida evtek-toid reaksiya boradi. Bu reaksiya natijasida tarkibi *S* nuqtadagi kabi austenitdan ferrit bilan sementitning evtektoid aralashmasi – *perlit* hosil bo'ladi.

Uglerodning temirda eruvchanligi uning kristall panjara shakliga bog'liq. Uglerod atomining diffusion 1,54 A (Angstrom) ga teng. Hajmi markazlashgan kub panjaraning har bir qirrasining o'rtasida bittadan, hammasi bo'lib 12 ta bo'sh joy bor. Bunday

bo'sh joyning – kristall panjara g'ovagining diffusion 0,62 A ga teng. Bunday joyga uglerod atomi sig'maydi. Gamma temirning yoqlari markazlashgan kub panjarasi o'rtasida diffusion 1,02 A ga teng g'ovak bor. Ana shu g'ovakka uglerod atomi sig'ishi mumkin. Bunda uglerod atomi kristall panjaraning o'lchamlarini o'zgartiradi, o'zi esa eriyotgan valent elektronlarini berish hisobiga kichrayadi.

Uglerodning alfa-temirdagi singish qattiq eritmasi *ferrit* deyiladi. Uglerodning alfa-temirdagi eng ko'p erish miqdori 727°C da bo'lib, 0,02% ga tengdir. Harorat ko'tarilib 911°C ga yetganda temirda eriydigan uglerod miqdori nolga teng bo'ladi. Harorat pasayganda ham uglerodning alfa-temirdagi eriydigan miqdori kamayib boradi va xona haroratida taxminan 0,008% ga teng bo'ladi. Ferrit yumshoq, diffusi fazadir. Uning kristall panjarasi yoqlari markazlashgan kubdir. Ferritning qattiqligi 80 HB, cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi 250 Mpa, nisbiy uzayishi 50%, nisbiy torayishi 80% ga teng. Mikroskop orqali qaralganda ferrit bir jinsli poleedrik donalar tarzida ko'rinadi.

Uglerodning gamma temirdagi singish qattiq eritmasi *diffusion* deyiladi. Uning kristall panjarasi yoqlari markazlashgan kubdan iborat. Kristall panjaraning parametrlari tarkibidagi uglerod miqdoriga ko'ra o'zgaradi va 3,63 dan 3,68 A gacha bo'ladi. Gamma-temirda eriydigan uglerodning eng ko'p miqdori 1147°C ga to'g'ri kelib, 2,14% ni tashkil etadi. Harorat pasayishi bilan uglerodning eruvchanligi kamayib, 727 °C da 0,8% ni tashkil etadi. Austenit yumshoq va plastik fazadir, uning Brinell bo'yichi qattiqligi 220 HB va nisbiy uzayishi 40–80% ni tashkil qiladi.

3.2. Uglerodli po'latlar. Cho'yanlar

Tarkibida uglerod miqdori ko'p bo'lmagan po'latlar sanoatda katta miqdorda ishlab chiqariladi. Po'lat tarkibida uglerod miqdori 1,7 % dan oshganda uning qattiqligi yuqori darajada oshib, oqibatda u mo'rt bo'lib qoladi.

Sanoatda ishlatiladigan po'latlar kimyoviy tarkibi jihatidan murakkab bo'lgan qotishmalardir. Ularning tarkibida temir bilan ugleroddan tashqari, marganes, kremniy, oltingugurt, fosfor, kis-

lorod, azot, vodorod, xrom, nikel, mis va boshqa elementlar ham mavjud bo'ladi.

Uglerodli po'latlar ishlatilishiga ko'ra ikki guruhga: konstrukcion va asbobsozlik po'latlariga bo'linadi. Konstrukcion po'latlar tarkibida 0,02 dan 0,8 % gacha uglerod bo'ladi. Bunday po'latlar mashina va agregat detallari, qurilish konstruksiyalari, temiryo'l transporti vositalari, rels, quvur, sim va boshqa buyumlar ishlab chiqarish uchun asosiy material hisoblanadi. Uglerodli po'latlarga qo'yiladigan umumiy talablar shuki, ular mustahkam plastik hamda texnologik xossalari yaxshi bo'lmog'i lozim. Har bir po'lat markasiga ham ma'lum talablar qo'yiladi. Bu talablar buyum ishlab chiqarish texnologiyasiga va uning ishlash sharoitiga bog'liq bo'ladi. Shunga ko'ra uglerodli po'latlar uchta asosiy guruhga bo'linadi: oddiy sifatli uglerodli po'latlar, sifatli uglerodli po'latlar, maxsus vazifali uglerodli po'latlar (avtomat, qozon po'atlari va boshqalar).

Oddiy sifatli uglerodli po'latlar (ГОСТ 380–71). Bunday po'latlar keng tarqalgan bo'lib, normallashtirilgan holatda prokat ko'rinishida yetkazib beriladi hamda mashinasozlik, qurilish va iqtisodiyotning boshqa sohalarida ishlatiladi.

Oddiy sifatli uglerodli po'latlar St harflari va 0 dan 6 gacha bo'lgan raqamlar bilan belgilanadi. Raqamlar po'lat markasining shartli nomerini bildiradi. Raqam qancha katta bo'lsa, uglerod miqdori shuncha ko'p, po'latning mustahkamligi yuqori, plastikligi esa past bo'ladi.

Oddiy sifatli po'latlar uch guruhga bo'linadi:

- A guruh po'latlarining mexanik xossalari kafolatlanadi. Bu guruh po'atlari kimyoviy tarkibining ahamiyati bo'lmagan, faqat mexanik xossalari ahamiyatga ega bo'lgan, ya'ni qizdirib ishlov berilmaydigan buyumlar tayyorlashda ishlatiladi. Bu guruh po'atlari Ct harfi va 0,1,... 6 kabi raqamlar bilan belgilanadi. Raqam qanchalik katta bo'lsa, po'latning mustahkamligi shunchalik yuqori, plastikligi kichik bo'ladi.

- B guruh po'latlarining kimyoviy tarkibi kafolatlanadi. Bu po'latlarning kimyoviy tarkibi hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lib, ulardan qizdirish yo'li bilan turli buyumlar tayyorlash mumkin. Chunki qizdirib ishlash rejimlari va po'lat buyumning mexanik xossalari po'latning tarkibiga bog'liq bo'ladi. Bu guruh po'atlari

МСТ0, КСТ1кп, МСТ1, МСТ2, МСТ3, КСТ4пс, МСТ4, МСТ6, МСТ7сг kabi markalanadi. Marka boshidagi M harfi po‘lat marten, K harfi konvertor usulida olinganligini bildiradi. Marka oxiridagi «кп» harflari po‘lat qaytarilmaganligi, «пс» harflari—chala qaytarilganligi, «сп» harflari—to‘la qaytarilganligini anglatadi.

• V guruh po‘latlarining mexanik xossalari va kimyoviy tarkibi kafolatlanadi. Bu po‘latlar sifati oshirilgan bo‘lib, ular mexanik xossalari va kimyoviy tarkibi ahamiyatli bo‘lgan buyumlar tayyorlashda ishlatiladi. Bunday po‘latlardan payvandlash yo‘li bilan konstruksiyalar yasaladi. Bu guruh po‘latlari faqat marten usulida olinadi va БМСТ1, БМСТ2 kabi markalanadi. БМСТ markasi po‘latning mexanik xossalari СТ1 po‘latniki kabi, kimyoviy tarkibi esa МСТ po‘latniki kabiligini bildiradi. Oddiy sifatli po‘latlarning kimyoviy tarkibi, mexanik xossalari va ishlatilish sohalari 3.2-jadvalda keltirilgan.

Oddiy sifatli po‘latlar

3.2-jadval

Po‘lat markasi	Kimyoviy tarkibi					Mexanik xossalari		Ishlatilishi
	C	Si	Mn	R	S	σ kG/m ²	δ , %	
СТ0	0,23	0,05	0,25–0,5	<0,07	<0,06	<32	22	Rezervuar, shesternya
СТ1	0,06–0,11	0,05	0,3–0,5	<0,045	<0,05	32–40	33	List va polosa materiallar, shayba, parchin mix
СТ2	0,09–0,14	0,05	0,3–0,5	<0,045	<0,05	34–42	31	Sirtmoq, ilmoq, bolt, gayka
СТ3	0,14–0,22	0,12–0,3	0,4–0,65	<0,045	<0,05	38–47	21–27	Vint, bolt, qurilish konstruksiyalari
СТ4	0,17–0,25	0,12–0,3	0,4–0,70	<0,015	50,05	42–52	21–25	Tishli g‘ildirak, flanes, qurilish konstruksiyalari

Ст 5	0,27-0,35	0,15-0,32	0,5-0,8	<0,045	<0,05	50-62	15-21	Val, o'q, pona va shu kabilar
Ст 6	0,38-0,49	0,15-0,32	0,5-0,8	<0,045	<0,05	60-72	11-16	Rels, kulachok
Ст 7	0,5-0,62	0,15-0,32	0,5-0,8	<0,045	<0,05	2 70	9-12	Shponka, pona, rels
МСт 0	<0,23	0,05	0,25-0,5	<0,07	<0,06	<32	22	Rezervuar va muhim bo'lmagan buyumlar
МСт1кп	0,06-0,11	<0,05	0,3-0,5	<0,045	<0,05	32-40	33	List, parchin mix, qozon
КСт2кп	0,06-0,11	<0,05	0,3-0,5	<0,045	<0,05	32-40	33	Parchin mix. Qozon
МСт2	0,09-0,14	<0,05	0,3-0,5	10,045	<0,05	34-42	31	Vint, bolt, shpilka, parchin mixl va shu kabilar
МСт3	0,14-0,22	0,12-0,3	0,4-0,65	<0,045	<0,05	38-47	21-27	Vint, bolt, shpilka
МСт3кп	0,14-0,22	0,12-0,3	0,4-0,65	<0,045	<0,05	38-47	21-27	Vint, bolt, shpilka
Ст3кп	0,14-0,22	0,12-0,3	0,4-0,65	<0,045	<0,05	38-47	21-27	Vint, bolt, shpilka
	0,17-0,25	0,12-0,3	0,4-0,70	<0,015	<0,05	42-52	21-25	Vint, bolt, parchin mix
КСт4кп	0,17-0,25	0,12-0,3	0,4-0,70	<0,015	<0,05	42-52	21-25	Vint, bolt, parchin mix

MCr3	0,14-0,22	0,12-0,3	0,4-0,65	<0,045	<0,05	38-47	21-27	Vint, bolt, parchin mix
BCr4	0,12-0,2	0,12-0,32	0,35-0,55	<0,08	<0,06	42-52	21-25	Tishli g'ildirak, flanes
MCr5	0,27-0,35	0,15-0,32	0,5-0,8	<0,045	<0,05	50-62	15-21	Val, o'q, pona va shu kabilar
KCr6	0,38-0,49	0,15-0,32	0,5-0,8	<0,045	<0,05	60-72	11-16	Kulachok, shpindel, rels, bandaj
MCr7	0,5-0,62	0,15-0,32	0,5-0,8	<0,045	<0,05	<70	9-12	Rel's, prujina va shu kabilar

Sifatli po'latlarning kimyoviy tarkibi va mexanik xossalari kafolatlanadi. Tarkibidagi marganes miqdoriga ko'ra sifatli po'latlar ikki guruhga bo'linadi.

Birinchi guruh po'latlarida marganes miqdori 0,8% dan oshmaydi. Bu guruh po'latlari raqamlar va tegishli sonlar bilan markalanadi. Masalan, 05, 05кп, 08, 08кп, 20, 30, 40, 85 va h.k.

Ikkinchi guruh po'latlari sonlar va Г harfi bilan 15Г, 20Г, 70Г va hokazo ko'rinishlarda markalanadi. Sonlar yuzga bo'linsa, po'lat tarkibidagi o'rtacha uglerod miqdorini, Г harfi esa po'lat tarkibida marganes miqdori oshirilganini bildiradi. Masalan, 10кп markasi po'lat tarkibida 0,1 % uglerod bo'lib, u qaytarilmagan ekanligini bildiradi. Sifatli po'latlarda oltingugurt va fosfor miqdori 0,04% dan oshmaydi. Shu po'latlardan o'q, gayka, quvur, biriktirish muftasi, tross, prujina, resor, prujina va boshqa buyumlar tayyorlanadi.

Sifatli po'latlar. Kam uglerodli 10, 20, 25 po'latlaridan yengil yuk ta'sirida ishlaydigan vallar, tishli g'ildiraklar kabi buyumlar, o'rtacha uglerodli po'latlardan o'rtacha kuchlanishda ishlaydigan juda muhim mashina detallari, taqsimlovchi vallar, g'ildirak o'qlari, tirsakli vallar, kuchli tishli g'ildiraklar yasaladi.

Sifatli po‘latlarning kimyoviy tarkibi, mexanik xossalari va ishlatilish sohalari 3.3-jadvalda keltirilgan.

Oltinugurt po‘latda bog‘langan holda FeS ko‘rinishda bo‘ladi. Temir iffusi bilan temir birgalikda oson eriydigan (988°C) evtektik mexanik aralashma hosil qiladi. Evtektik aralashma po‘lat donalari chegaralarida joylashib, uning mo‘rtligini oshiradi.

Sifatli po‘latlar

3.3-jadval

Po‘lat mar- kasi	Mexanik xossalari				Ishlatilishi
	σ_b kG/m ²	$\sigma_{0.2}$ kG/m ²	δ , %	HB, kG/m ²	
05	—	—	—	—	Sovuqlayin shtamplash yo‘li bilan tayyorlanadigan detallar
08	34–42	12	35	—	
10	36–45	21	32	—	Qizdirib bolg‘alash va shtamplash yo‘li bilan tayyorlanadigan oddiy detallar: o‘q, valik, shpilka, gayka, vtulka, quvur
15	40–49	24	29	—	
20	44–54	26	26	—	
25	48–58	28	24	—	
30	52–62	30	22	—	O‘rtacha yuklanishda ishlaydigan detallar: valik, shayba, shtift, o‘q, biriktirish muftasi, bolt, gayka va boshqalar.
35	56–66	32	21		
40	60–72	34	19	187	
45	64–76	36	17	197	Puxtaligi yuqori detallar: shatun, turtqi, richag, flanets
50	68–80	38	15	207	
55	71–83	40	13	217	
60	73–85	42	12	229	Prokatlash stanlarining jo‘valari. Shtok, tros, prujina, resor va b.
65	76–88	43	11	229	
70	78–90	44	8	229	

Azot va kislorod elementlari po‘lat tarkibida FeO, CuO, Al₂O₃, Fe₄N ko‘rinishda uchraydi. Ular darz va g‘ovaklarda joylashib, po‘latning sovuq holatdagi mo‘rtligini oshiradi.

Vodorod qattiq eritma tarkibidagi mikrog'ovaklarda joylashib, mikrodarzlar hosil qiladi. Mikrodarzlar shakli sharga yaqin bo'ladi. Uni yemirilish yuzasini oq belgilar shaklida ko'rish mumkin. Po'lat tarkibida vodorod to'planmasligi uchun, issiqlayin deformatsiyalanganidan so'ng sekin sovitish kerak yoki uzoq vaqt 250°C haroratda ushlab turilsa, u tarqab ketadi.

Tarkibida oltingugurt va fosfor miqdori oshirilgan po'latlar *avtomat po'latlar* deyiladi. Bu po'latlar A12, A20, A20, A30, A40 kabi markalanadi. A harfi avtomat po'lat, sonlar yuzga bo'linsa po'lat tarkibidagi o'rtacha uglerod miqdorini bildiradi. Avtomat po'latlardan yengil sharoitda ishlaydigan detallar tayyorlanadi. Bu po'latlar diffuziya kesish dastgohlarining ish unumdorligi yuqori bo'lishini ta'minlaydi.

Po'latning kesuvchi asboblarda bilan ishlanishi to'g'risidagi masala juda murakkabdir. Kesib ishlanuvchanlik mumkin bo'lgan kesish tezligi, kesish kuchi, ishlangan yuzaning tozaligi bo'yicha baholanishi mumkin. Bundan tashqari, bir detalning ishlanuvchanligi yo'nishda, frezalashda, parmalashda, silliqlashda turlicha bo'lishi mumkin.

Materialning mexanik xossalari bilan ishlanuvchanligi o'rtasida muayyan bog'lanish borligi aniqlanmagan. Masalan, qattiqligi bir xil, lekin tuzilishi va tarkibi turlicha materiallarning ishlanuvchanligi orasida ancha farq mavjud. Avtomat po'latlarning kimyoviy tarkibi 3.4-jadvalda keltirilgan.

Asbobsozlik po'latlari tarkibida uglerod miqdori 0,05% dan 1,35% gacha bo'ladi. Ular Y7, Y7A, Y8, Y13A kabi markalanadi. "Y" harf asbobsozlik po'lati ekanligini, raqamlar o'nga bo'linsa, uning tarkibidagi o'rtacha uglerod miqdorini bildiradi. Marka oxiridagi A harfi po'lat tarkibida oltingugurt va fosfor elementlari juda ham oz miqdorda ekanligini bildiradi. Bu po'latlar zarb ta'sirida ishlaydigan zubilo, shtamp, iskana, duradgorlik asboblari, freza, parma, metchik, plashka, egov, o'roq va shu kabi asbob-uskunalar yasashda ishlatiladi. Bazi oltingugurt va fosfor kabi elementlar po'latning mo'rtligini oshiradi va plastikligi, qovushoqligini kamaytiradi.

3.4-jadval

Marka	C	Mn	Si	C	P
A12	0,08–0,16	0,6–0,9	0,15–0,35	0,08–0,2	0,08–0,15
A20	0,15–0,25	0,6–0,9	0,15–0,35	0,08–0,15	0,06
A30	0,25–0,35	0,7–1	0,15–0,35	0,08–0,15	0,06
A40F	0,35–0,45	1,2–1,55	0,15–0,35	0,18–0,3	0,06

Po‘lat donalarining diffuziya – kichikligi uning kesib ishlanuvchanligiga ta’sir ko‘rsatadi. Donalari yirik po‘latning qovushoqligi past va uni kesib ishlash ancha oson bo‘ladi. Po‘lat qovushoqligining pastligi qirindining oson ajralishiga, uvalanuvchi, qisqa qirindi chiqishiga sabab bo‘ladi.

Perlitning shakli ham kesib ishlanuvchanlikka ta’sir ko‘rsatadi. Evtektoiddan oldingi po‘latlarda perlit plastina shaklida bo‘lib, yaxshi kesib ishlanadi. Evtektoid va evtektoiddan iffus po‘latlarning strukturasidagi perlit donador bo‘lganda, ular yaxshi kesib ishlanadi.

Po‘latning kesib ishlanuvchanligini selen va tellur elementlari yaxshilaydi. Bu elementlar zanglamas po‘latlarning kesib ishlanuvchanligini yaxshilashda qo‘llanilmoqda.

3.2.1. Legirlangan po‘latlar

Ishqalanish juftliklari uchun materiallar sifatida kulrang, juda puxta va bolg‘alanuvchan cho‘yanlar ishlatiladi. Bu cho‘yanlardan podshipnik, vtulka va boshqa ishqalanishda ishlovchi detallar tayyorlanadi. Cho‘yanlarning antifriksion xossasi ularning tarkibidagi perlit, ferrit miqdoriga bog‘liq.

Legirlangan po‘latlarning toblanish chuqurligi diff, lekin toblanish tezligi kichik bo‘lganligi sababli ular sovitish tezligi kichik bo‘lgan muhit (havo, moy) larda toblanadi. Bu esa buyumlardagi deformatsiyani kamaytirib, darz paydo bo‘lish xavfning oldini oladi.

Toblanish chuqurligini oshirish maqsadida po'latlar marganes, xrom va bor singari nisbatan arzon hamda nikel, molibden kabi nisbatan qimmatbaho elementlar bilan legirlanadi.

Konstruksion legirlangan po'latlar sonlar va harflar bilan markalanadi. Marka oldidagi ikki xonali son po'lat tarkibidagi uglerod miqdorining yuzdan bir foizini ko'rsatadi. Sonlardan diffuziya harflar legirlovchi elementlarni, harflardan diffuziya sonlar esa to'liq foizdagi legirlovchi elementlar miqdorini bildiradi. Legirlovchi elementlar harflar bilan quyidagicha belgilanadi: A—azot, B—niobiy, B—volfram, Γ—marganes, D—mis, E—selen, K—kobalt, H—nikel, M—molibden, Π—fosfor, P—bor, C—kremniy, T—titan, Φ—vanadiy, X—xrom, IO—aluminium va h.k.

Legirlangan po'latlar sifatli bo'lib, ulardagi fosfor, oltingugurt elementlarining miqdori 0,035 % dan oshmaydi.

Yuqori sifatli legirlangan po'latlar tarkibida bu elementlar miqdori 0,025 % dan oshmaydi va marka oxiriga A harfi qo'yiladi. Juda yuqori sifatli po'latlarning markalari oxiriga A harfi qo'yiladi.

Quyidagi misollar yordamida legirlangan po'latlarning markalarini sharhlamaymiz:

12X2N4A—0,12 % uglerod, 2 % xrom, 4 % nikel va A—yuqori sifatli; 18XΓT—0,18 % uglerod, legirlovchi elementlardan keyin sonlar yo'qligi 0,8—1,2 % ekanligini, 0,03—0,09 % titan borligini bildiradi. Vanadiy, titan, niobiy, volfram, azot kabi elementlar po'lat tarkibida kam miqdorda bo'lib, uning xossalariga kuchli ta'sir ko'rsatadi hamda ular po'latning markasida ko'rsatilmaydi. Masalan, 10Φ2B—0,02—0,05% niobiy, 20XΓM — 0,001—0,005% bor elementlari mavjud.

Tarkibida uglerod miqdori 0,22 % dan kam bo'lgan va oz miqdorda marganes, kremniy, xrom, nikel, mis, vanadiy, titan, azot elementlari bilan legirlangan po'latlar *kam legirlangan po'latlar* deyiladi. Bu po'latlarga 09Φ2, 09Φ2C, 10Φ2C1, 15ΦO markalarni misol qilib keltirish mumkin.

Kam legirlangan po'latlar yaxshi payvandlanadi, payvandlashda darzlar paydo bo'lmaydi. Payvand chokning xossalari asosiy metall xossalariga yaqin bo'ladi. Legirlovchi elementlar ferritda erib, donalar o'lchamlarining va karbid fazalarining mayda

bo'lishini ta'minlaydi. Shu sababli kam legirlangan po'latlar uglerodli po'latlarga nisbatan yuqori texanik xossalarga ega.

Uglerodli po'latlar o'rinda kam legirlangan po'latlar ishlatilganda iffu sarfi 15 % kamayadi.

Temir-beton konstruksiyalarni mustahkamlashda uglerodli va kam legirlangan 35ΦC, 23X2Φ2T, 20X2Φ2C po'latlari ishlatiladi.

Kam legirlangan sementitlanadigan po'latlar tarkibida 0,15–0,25 % uglerod hamda 4,4% gacha legirlovchi elementlar mavjud. Bunday po'latlarning ustki qismi uglerodga to'yintirilib keyin termik ishlanadi. Bunda buyum o'rta qismining qovushoqligi va plastikligi saqlanib qoladi. Yuza qismining qattiqligi 58–62 HRC ga yetadi.

Sementitlanadigan po'latlarda legirlovchi elementlar miqdori yuza va o'zak qismining toblanish chuqurligi yetarli bo'lishini ta'minlash kerak. Karbid hosil qiluvchi elementlar xrom, marganes uglerodning austenitda eruvchanligini kamaytiradi. Bu esa sementitlanadigan qatlamda karbidlar hosil bo'lishi va austenitning legirlovchi elementlar bilan qo'shilishiga olib keladi. Natijada toblanish chuqurligi kamayib, mexanik xossalari yomonlashadi. Sementitlanadigan qatlamning toblanish chuqurligini Mo elementi oshiradi.

Sementitlanadigan qatlam donalarini maydalash maqsadida po'latlar vanadiy, titan, niobiy, sirkoniy, aluminiy va azot bilan mikrolegirlanadi.

Po'latlar tarkibidagi legirlovchi elementlar nomi bilan yuritiladi:

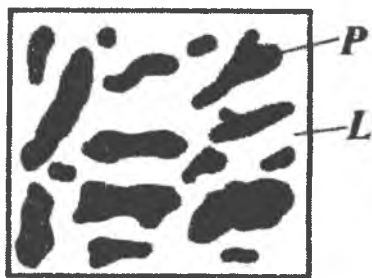
- xromli po'latlar (15X, 20X). Bu po'latlar tarkibida xromning bir qismi ferritda, bir qismi sementitda eriydi yoki maxsus karbidlar hosil qiladi. Xromli po'atlardan o'lchamlari kichik, oddiy shaklli buyumlar tayyorlanadi. Bu po'latlarning toblanish chuqurligi kichik:

- xrom-vanadiyli po'lat (20XΦ) 0,1–0,15 % vanadiy bilan legirlanishi natijasida mexanik xossalari yaxshilanadi. Bundan tashqari, termik ishlanayotganda haroratning ko'tarilishi po'lat donasining o'sishiga kam ta'sir etadi.

3.2.2. Cho‘yanlar

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‘yaning tarkibida uglerod kimyoviy birikma–sementit holatida bo‘ladi. Sementit 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 ko‘p qismi erkin holatda, ya‘ni grafit tarzida bo‘ladi.



3.4-rasm. Evtetik oq cho‘yan strukturası.

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, strukturası perlit, sementit va ledeburitdan iborat;
- evtektik cho‘yan, tarkibida uglerod miqdori 4,3% ni tashkil etib, strukturası ledeburitdan iborat (3.4-rasm);
- evtektikadan keyingi cho‘yan, tarkibida uglerod miqdori 4,3–6,67% bo‘lib, strukturası birlamchi sementit 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 C421, C424, C425, C430, C435 kulrang cho'yanlari kuchli dastgohlarning staninasi, mexanizmlari, porshen, silindr, dvigatel bloklari, metallurgiya jihozlarining detallarini ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

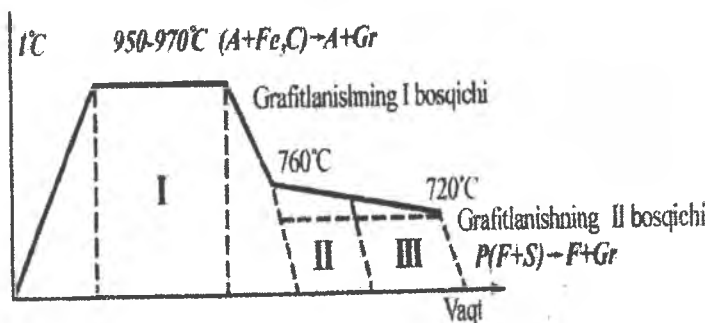
Ferritli C410, C415, C418 kulrang cho'yanlari poydevor plitalari, qurilish ustunlari, qishloq xo'jalik mashinalari, dastgohlar, avtomobil va traktor detallarini ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Markada C4-kulrang cho'yan, birinchi ikkita son cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasini bildiradi.

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'yanning plastik xossalari yuqori bo'lganligi sababli mashinasozlikda keng ishlatiladi. Bolg'alanuvchan cho'yan olish uchun ishlatiladigan oq cho'yanning kimyoviy tarkibi quyidagicha bo'ladi: 2,5–3,0% C, 0,7–1,5% Si, 0,3–1,0% Mn, 0,12% S, 0,18% P.

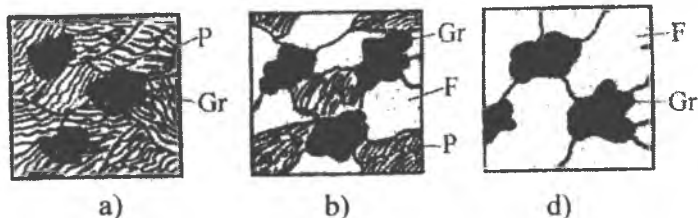
Yumshatish ikki bosqichda olib boriladi (3.5-rasm). Birinchi bosqichda quymalar 950–970°C da ushlab turiladi. Bu davrda ledeburit tarkibiga kiruvchi ($\text{Fe}_3\text{C}+\text{A}$) sementit parchalanadi va muvozanat holatdagi A+S strukturasi hosil bo'ladi.

Sementitning parchalanishi natijasida diffuziya yo'li bilan bodroqsimon grafit hosil bo'ladi. Shundan keyin harorat evtektoid o'zgarishlar yuz beradigan oraliqqacha sovitiladi. Bu vaqtda austenit ferrit-grafitga parchalanadi. Yumshatishning ikkinchi bosqichi tugagandan so'ng cho'yan strukturasi ferrit va grafitdan iborat bo'ladi (3.6-rasm, a).

Agar evtektoid haroratida sovitish tezligi yuqori bo'lsa, perlitli bolg'alanuvchan cho'yan hosil bo'ladi (3.6-rasm, b).



3.5-rasm. Oq cho‘yan quymalarni yumshatish yo‘li bilan bolg‘alanuvchan cho‘yan olish chizmasi.



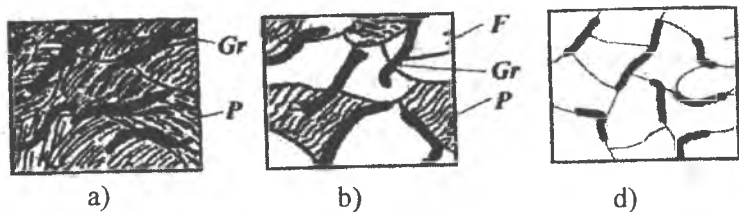
3.6-rasm. Bolg‘alanuvchan cho‘yanning struktura tashkil etuvchilari: a–perlit–grafit; b–perlit–ferrit–grafit; d–ferrit–grafit.

Ferritli KЧ37–12, KЧ35–10 bolg‘alanuvchan cho‘yanlari 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.



3.7-rasm. Kulrang cho‘yaning struktura tashkil etuvchilari:
a –perlit; b – ferrit–perlit; d–ferrit.

Bolg‘alanuvchan cho‘yanlarning kimyoviy tarkibi, mexanik xossalari va faza tashkil etuvchilari

3.5-jadval

Cho‘yan markasi	Mexanik xossalari			Kimyoviy tarkibi, %				
	σ_b kG/m ²	δ , %	HB, 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.

Juda puxta cho'yanlarning mexanik xossalari

3.6-jadval

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 elementlarni qo'shish orqali ishqalanishga chidamli, korroziyabardosh va olovbardosh qotishmalar olish mumkin.

Abraziv muhitda ishlaydigan ishqalanishga chidamli choʻyanlar olish uchun ular nikel (3,5–5%) va xrom (0,8%), titan, mis, vanadiy, molibden kabi elementlar bilan qoʻshimcha ravishda legirlanadi. Bunday materiallar ishqalanish juftliklarida moysiz ishlay oladi. Ulardan tormoz kolodkalari, harakatni uzatish vositalari va silindr gilzasi kabi avtomobil detallari yasalanadi. A4C1, A4C5, A4B1, A4K2 markali tarkibida xrom miqdori koʻp boʻlgan choʻyanlardan qattiq materiallarni maydalaydigan uskunalar, A4C2 choʻyanidan abraziv muhitda diffuziya kuchlanish ostida ishlaydigan tegirmon uskunolari tayyorlanadi.

Legirlangan olovbardosh ЖЧХ2, ЖЧХ3 choʻyanlaridan 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 choʻyanlari 1100°C haroratda ham oʻz xossalarini yoʻqotmasdan ishlay oladi. Bunday choʻyanlar metallurgiya sanoatida pech armaturalari, metallni yupqa joʻvalaydigan uskunalarining detallari, shisha ishlab chiqarish sanoati uskunolari tayyorlashda ishlatiladi.

IV-BOB. DEFORMATSIYALANGAN METALL STRUKTURASI VA XOSSALARIGA ISSIQLIKNING TA'SIRI

Metallar deformatsiyasiga sarflanadigan ishning asosiy qismi (90 – 95 % gacha) issiqlikka aylanadi, ya'ni deformatsiya natijasida metall qiziydi. Sarflanayotgan deformatsiya ishining qolgan qismi (5 – 10 % gacha) metalga singadi va nomukammallik tuzilishlarning (vakansiya va asosan dislokatsiyaning) oshishiga olib keladi. Metall ichki qismida energiyaning to'planishi deformatsiya natijasida qoldiq kuchlanishlarning ham oshishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun puxtalangan metallarning holati doimiy ravishda termodinamik jihatda noturg'un hisoblanadi. Bunday holatdagi metallarni qizdirishda ularning deformatsiyalangunga qadar bo'lgan barcha xossalariga qayta holatiga intilish va qaytish bo'ladi. Bunday jarayonlar qaytarish, poligonlash va rekristallanish jarayonlari ko'rinishlarida sodir bo'ladi. Ularni alohida ko'rib chiqamiz.

4.1. Qaytish va poligonlanish

Puxtalangan metallarni juda past haroratlarga qizdirishda ularda qaytarish jarayoni boshlanadi. Bu harorat odatda metallar tarkibiga bog'liq ravishda ($0,2 - 0,3$) T_{erish} harorat qiymatlaridan pastda bo'ladi. Erish harorati T_{er} haroratlar absolyut shkalasi bo'yicha ifodalanadi. Keltirilgan haroratning T_{erish} ga nisbati, ya'ni ($0,2 - 0,3$) nisbatlardagi past haroratlar gomologik harorat deyiladi. Qaytarish jarayonida puxtalangan detallarning ichki tuzilishidagi nuqsonlarning zichligi kamayishi natijasida ularning strukturaviy mukammalliklari oshishi kuzatiladi. Lekin bu jarayonda metallning deformatsiya holatidagi strukturasi mikroskop darajasida ilg'ab olinadigan strukturaviy o'zgarishlar kuzatilmaydi.

Deformatsiyalangan kristalda rekristallanish boshlangunga qadar undagi nuqsonlarni taqsimlash va zichliklarni o'zgartirishga varatilgan har qanday jarayonlar yig'indisi qaytarish deyiladi.

Qaytarish jarayoni ikki bosqichda sodir bo'lib, uning birinchi bosqichida ($0,2 T_{erish}$ harorat qiymatidan juda past qiymatida) nuqtaviy nuqsonlar (vakansiya) ning kamayishi va yangi subchegaralar hosil bo'lmasdan dislokatsiyalarning qisman qayta guruhlanishi sodir bo'ladi.

Qizdirish davomiyligida dislokatsiyaning qayta guruhlanishida ular tomonidan ortiqcha vakansiyalar tugunlararo atomlar yutiladi. Bundan tashqari, donalar chegarasiga vakansiyalarning to'planishi natijasida asosiy hajmdagi vakansiyalar konsentratsiyasi kamayadi. Vakansiya va tugunlararo atomlarning uchrashuvida o'zaro ta'siri energiya kamayishi bilan boradi.

Umuman olganda, deformatsiyalangan dona ichida qaytarish jarayoni subchegaralar va ularning ko'chishi hosil bo'lmasdan sodir bo'ladi. Bu turdagi qaytarish birinchi turdagi qaytarish yoki bo'shatish deyiladi.

Qaytarishning keyingi ikkinchi bosqichi poligonlanish jarayoni deyiladi. Poligonlanish jarayonida yuqori haroratlarga qizdirishda kristallitlarning kichik burchak chegarali subdona (poligon) larga parchalanishi tushuniladi. Poligonlanish jarayonini tushuntirish uchun quyidagi dislokatsion mexanizm taklif etilgan:

- kristall deformatsiyasida, masalan, egilishda sirpanish tekisliklarida tartibsiz taqsimlangan dislokatsiyalar yuzaga keladi;
- o'zdeffuziya sodir bo'lishi uchun zarur bo'lgan haroratlar-gacha qizdirishda har xil belgili dislokatsiyalar birikib ketadi;
- birikishdan ortib qolgan bir xil belgili dislokatsiyalar dislokatsion devorlar ko'rinishda qatorlashadi.
- devorlar ko'rinishida qatorlashgan dislokatsiyalar monokristalda yoki polikristall chegaralarda subchegaralar hosil qiladi;
- subchegaralar dislokatsiyalarsiz subdonalar (poligonlar) chegaralari hisoblanadi.

Keltirilgan ushbu mexanizmlar bo'yicha sodir bo'ladigan, ya'ni deformatsiyalangan kristallitlarning ichidagi qaytarish kichik burchakli chegaralarning ishqalanish va ko'chishi orqali sodir bo'lsa, ikkinchi turdagi qaytarish yoki poligonlanish deyiladi (Poligon – ko'pburchak).

Poligonlanish jarayoni (0,25 – 0,3) Ter haroratgacha qizdirilgan unchalik katta bo'lmagan deformatsiyalarda ham klassik turda namoyon bo'ladi.

Ba'zi bir metallarda, masalan, aluminiy, titan, molibdin va volfram monokristallarida qaytarish va poligonlanish jarayonlarida mustahkamlikning sezilarli darajada kamayishi va plastiklik xossasining oshishi kuzatiladi. Ammo bunda ularning issiqbardoshlik xossalari oshadi. Mis, nikel va ularning qotishmalarida poligonlanish bosqichning aniq oraliqlarida qattqlik, oquvchanlik chegarasi, elastiklik, chidamlik hamda plastiklik oshadi. Bir vaqtning o'zida noelastiklik ziddiyatlari kamayadi.

Vaqt o'tish yoki haroratning oshishi bilan subdonalar (poligonlar) yiriklashuvi yuzaga keladi va bu yirik subdonalar kamida dislokatsiyalar bo'lmaganligi sababli mustahkamlik kamayadi.

Donalarning bir-biriga birikib yiriklashuvi, ya'ni «quyilishi» koalissensiya deyiladi. Ba'zi xossalarda ikkita dona emas, balki guruhliy koalissensiya ham kuzatiladi.

Subdonalar katta o'lchamlari (~10 Mkm) gacha o'sib borishi mumkin. Poligonlanishning bunday oxirgi bosqichi «joyida rekristallanish» deb nomlanadi.

Aluminiy, molibden va volframda poligonlanish katta tezlik bilan sodir bo'ladi va buning natijasida subdonalar o'lchamlari yirik bo'lib, kuchli darajada puxtasizlanishga olib keladi. Ba'zi bir fizik xossalari (masalan, elektr qarshiligi) qaytarish jarayonida amaliy jihatdan to'liq tiklanadi. Bu hodisa vakansiya konsentratsiyasining kamayishi va dislokatsiyaning qayta tiklanishi bilan bog'liqdir.

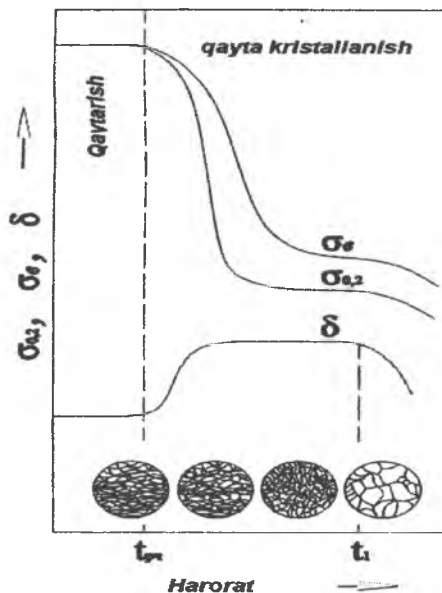
Metallarning muhim tavsifnomasi bo'lgan – nuqsonlarning taxtlanish energiyasi poligonlanishga moyillikka kuchli darajada ta'sir ko'rsatadi. Nuqsonlar taxtlanish energiya qanchalik kichik bo'lsa, cho'zilgan dislokatsiyalarning kengligi shunchalik katta bo'ladi va poligonlanish uchun zarur bo'lgan sirpanish hamda ko'ndalang surilish jarayonlari qiyin kechadi.

Asosiy metall tarkibidagi qo'shimchalar atomlari poligonlanish jarayonini Kottrel muhitini hosil qilganligi uchun sekinlashtiradi. Bir xil haroratda tarkibida qo'shimcha bo'lgan metalga ko'ra toza metall juda qisqa vaqtda poligonlanadi.

4.2. Rekristallanish

Haroratning o'lgonlanish jarayoni haroratidan yanada oshib borishi natijasida atomlar harakatchanligi o'sadi va aniq harorat qiymatlariga erishilganda yangi teng o'qli donalar hosil bo'ladi.

Masalan, sovuqlayin deformatsiyalanib, puxtalangan metallni qizdirishda uning strukturasi o'zgarishi bilan mexanik xossalari ham o'zgaradi (4.1-rasm).



4.1-rasm. Sovuqlayin deformatsiyalanib puxtalangan metall strukturasi va mexanik xossalari qizdirishning ta'siri.

$T_{r.ch.}$ – rekristallanish harorati chegarasi; t_1 – rekristallanishda o'ta qizish kuzatilishi boshlanadigan harorat.

Metall strukturasi $t_{r.ch.}$ haroratgacha deformatsiyalangan dona saqlanib turadi. $T_{r.ch.}$ haroratda deformatsiyalangan metalda qisilmagan panjarali yangi donalar hosil bo'ladi. Yangi donalarning hosil bo'lishi ehtimolligi dislokatsiya zichligi yuqori bo'lgan uchastkalarda katta bo'ladi.

Puxtalangan metalni qizdirishda eski donalar qayta tiklanmasdan umuman yangi donalar hosil bo'ladi. Yangi donalarning o'lchamlari dastlabki donalar o'lchamlaridan tubdan farq qilishi mumkin. Deformatsiyalangan metallning orientatsiyalangan tolasi-mon strukturalari o'rniga yangi teng o'qli donalarning hosil bo'lishi rekristallizatsiya ishlov berish yoki birlamchi rekristallizatsiya deyiladi.

Vaqt yoki haroratning oshishi bilan yangi donalar soni oshib boradi, eski deformatsiyalangan donalar esa asta-sekin yo'qolib boradi. Donalar ichki strukturalari mukammalashib dislokatsiya zichligi keskin kamayadi. Agar kuchli darajada deformatsiyalangan metalda dislokatsiya zichligi $10^4 - 10^{12} \text{ sm}^{-2}$ ni tashkil etsa, rekristallanishdan keyin uning qiymati $10^6 - 10^8 \text{ sm}^{-2}$ gacha kamayadi.

Poligonlanish jarayonidan keyin ham strukturalar mukammallashadi va deformatsiyalangan dona matritsadan kichik burchakli chegaralar bilan ajraladi. Rekristallanish jarayonidan keyin hosil bo'lgan yangi donalar esa yuqori burchakli chegaralar bilan ajraladi. Bu holat prinsipial jihatdan o'ta muhim hisoblanadi. Shuning uchun birlamchi rekristallanish jarayoni bir fazali deformatsiyalangan donalarning yuqori burchakli chegaralar bilan o'ralgan nisbatan yuqori darajada mukammal strukturalarning hosil bo'lishi va o'sishi sifatida ham qaraladi.

Birlamchi rekristallanish kinetikasini tahlil qilishda fazaviy o'zgarishlar kinetikasidagi parametrlar o'zgarishlari kabi qaralib, bunda asosiy parametrlar: rekristallanish markazlarining to'lishi tezligi (M.T.T.) va chiziqli o'sish tezligi (Ch.O.T.) kabilar hisoblanadi.

Rekristallanish markazlarining to'ilishi tezligi deganda, birlik hajmda vaqt birligida hosil bo'ladigan rekristallangan donalar markazlari tushiniladi. Chiziqli o'sish tezligi esa donalar chegaralarining ko'chish tezligini ifodalaydi. Har ikkala parametrlar ham rekristallanish jarayonida haroratning oshishi bilan eksponensial qonuniyat bo'yicha o'sadi.

Rekristallanish davrining boshlang'ich davrida dastlab bir qancha vaqt yangi donalarni ilg'ab bo'lmaydi, bu vaqt oralig'i inkubatsion davr deb ataladi. Deformatsiya darajasining va haroratning oshishi bilan birlamchi rekristallanish inkubatsion davri kamayadi.

Birlamchi rekristallanish kinetikasi qaytarish jarayoni kinetikasidan keskin farq qiladi. Qaytarishda inkubatsion davr bo'lmaydi va boshlang'ich davrda kuchli darajada qaytarish sodir bo'ladi.

Rekristallanishda yangi donalar o'sib yiriklashadi va bir-biriga to'sqinlik qilib chegaralar hosil qilishi bilan so'nadi.

Doimiy haroratda birlamchi rekristallanish kinetikasi quyidagi Avram tenglamasi bilan yetarli darajada ishonchli ifodalanadi:

$$\frac{V}{V_0} = 1 - \exp(-B \cdot \tau^k), \quad (4.1)$$

Bu yerda, $V_\tau/V_0 - \tau$ vaqt ichida rekristallangan hajm ulushi;

$V - m.t.t$ va $ch.o't$, peremetrlarga, ya'ni harorat va deformatsiya darajasiga bog'liq koeffitsiyent;

$k - 1-4$ oralig'idagi koeffitsiyent.

Birlamchi rekristallanishning tugashi vaqtida hosil bo'lgan teng o'qli donalar sirtlari umumiy yig'indisi deformatsiyalangan dastlabki donalar sirtlari umumiy yig'indisidan katta bo'lishi mumkin. Bunga bog'liq bo'lmagan holda Gibbs energiyasi rekristallangan metalda deformatsiyalangan metalga ko'ra kichik bo'ladi. Chunki rekristallangan metalda ichki donalardagi dislokatsiyalar umumiy zichligi kam bo'ladi.

Har qanday materialning istalgan sharoitda rekristallanish donalarining paydo bo'lishi asosiy mexanizmi yuqori darajada mukammal strukturali yuqori burchakli chegaralar bilan qurshalgan uchastkalar (qismlar) ning shakllanishi hisoblanadi.

Rekristallanish markazlari quyidagicha yuzaga kelishi mumkin:

- to'g'ridan-to'g'ri deformatsiyalangan material donalari chegaralarida;

- panjaralar orientatsiyasida kuchli mahalliy o'zgarishlar bo'lgan donalar ichki qismlarida.

O'rtacha va ayniqsa katta deformatsiyalarda rekristallanish markazlarining paydo bo'lishi asosiy joylari ko'chish polosasi hamda sovuqlayin deformatsiyada hosil bo'lgan mikropolosalar joyiga to'g'ri keladi.

Yuqorida keltirilgan markazlar hosil bo'lishi mexanizmlarining barchasida diffuziya jarayonlari yetakchi o'rin tutadi. Xususan diffuziya natijasida subchegaralar ko'chishi va subdonalar kaolitsensiyasi yuzaga keladi.

Rekristallanish markazlarining shakllanishi jarayonida har xil belgili dislokatsiyalarning qayta taqsimlanishi va qisman tartibsizligi natijasida vakansiya konsentratsiyasining vaqtinchalik oshishi kuzatilishi mumkin.

Rekristallanishga olib keluvchi qaytarish jarayoni markazlar hosil bo'lishiga ikki tomonlama ta'sir qiladi.

Birinchidan, vakansiya konsentratsiyasi kamayishi natijasida diffuzion jarayonlar sekinlashadi va rekristallanish markazlari hosil bo'lishi darajasi kamayadi.

Ikkinchidan, poligonlanishning ta'siri bo'lib, u murakkab ko'rinishida bo'ladi. Ayniqsa kam deformatsiyalangan metallarda panjaralar egriligining mahalliy o'zgarishlari kam bo'lganligi uchun butun hajm bo'yicha subdonalar hosil bo'lishi bir xilda kechib, ya'ni bir xil tezlikda sodir bo'lib, yirik o'lchamlarga ega bo'ladi va ularning strukturalari yuqori darajada mukammal bo'ladi. Donalar orasidagi chegara kam burchakli va kam harakatchan bo'ladi. Bunday poligonlanish rekristallanishga termodinamik stimul beruvchi to'plangan energiyani kamaytirib, rekristallanishni qiyinlashtiradi.

Ba'zi hollarda poligonlanish natijasida yirik subdonalarni kichik burchakli chegara turg'un to'rlari bilan qurshab turuvchi o'ta mukammal substrukturalar hosil bo'ladi. Bu esa birlamchi rekristallanishda kuzatilmaydi. Shuning uchun poligonizatsiya jarayonini rekristallanishga raqobatbardosh jarayon sifatida ham qarash mumkin.

Deformatsiyalangan metalda yirik mahalliy egrilikli panjarali uchastkalar bo'lsa, subdonalar o'sishi tezlashadi va yirik subdonalar hosil bo'ladi. Bunday subdonalar o'ziga qo'shni bo'lgan subdonalar hisobiga ham yiriklashadi va o'zining chegarasida tezda burchakli orientirsizlanish hisobiga rekristallanish markazlariga aylanadi. Bunday poligonlanish rekristallanishning boshlang'ich bosqichi deb qarash mumkin.

Rekristallanish markazlari shakllanishiga olib keluvchi poligonlanish rekristallangan donalar hosil bo'lishini sekinlashtiruvchi turg'unlovchi poligonlanishdan farqli ravishda rekristallanishgacha jarayon deyiladi.

Metallarga termik ishlov berish rejimlarini ishlab chiqishda rekristallangan donalarning paydo bo'lishini bilish o'ta muhimdir. Ko'pgina amaliy masalalarni yechishda rekristallanishning shartli boshlanishini yorug'lik mikroskopiya yoki rentgen nurlanishlari usulida aniqlanadi. Rentgen nurlarining qaytarilishiga asoslangan usulda 2-5 mkm o'lchamli rekristallangan donalarni, yorug'lik mikroskopiya esa 10-50 mkm o'lchamli rekristallangan donalarni ilg'ash imkoniyatini beradi.

Deformatsiyalangan metallar uchun rekristallanish donalari paydo bo'lish harorati, ya'ni rekristallanish boshlanish harorati (t_r^b) metallarning erish harorati yoki shunga o'xshash harorat kattaliklariga o'xshamasdan fizik doimiy qiymatga ega emas.

Rekristallanish boshlanish haroratiga dislokatsiya darajasi va zichligi, deformatsiya natijasida to'plangan energiya va shu kabilar ta'sir qiladi va ularga bog'liq ravishda uning qiymatlari o'zgarib turadi. Shuning uchun (t_r^b) ning yuqori qiymatlariga mos keluvchi rekristallanish harorati chegarasi $T_{r.ch}$ kattaligi kiritiladi.

A.A. Botsvar tomonidan metallarda rekristallanish harorati chegarasi $T_{r.ch}$ va ularning erish chegarasi T_{er} o'rtasida quyidagi oddiy bog'lanish o'rnatilgan:

$$T_{r.ch.} = (0.3 - 0.4)T_{er}, \quad (4.2)$$

bu yerda, 0,3-0,4 – yuqori darajada toza bo'lgan (99,99 %) metallar uchun koeffitsiyent;

T_{er} – absalyut shkala bo'yicha erish harorati.

O'ta darajada toza bo'lgan metallar uchun:

$$T_{r.ch.} = (0.2 - 0.3)T_{er}, \quad (4.3)$$

Qotishmalarning rekristallanish haroratiga ularning tarkibi ta'sir qiladi, bu esa asosan atomlararo bog'lanish kuchlarining o'zgarishi bilan tushuntiriladi.

Asosiy metall tarkibiga qo'shimchalarning atomlari kiritilishi bilan ular dislokatsiyalarga joylashib oladi Kotrell muhitini hosil qilib kristallanish boshlanishida haroratini oshiradi. Toza metalga ozgina legirlovchi elementlarning kiritilishi ham (0,01-0,1 % ulushlari) rekristallanish haroratini 100 °C va undan ham yuqori qiymatga oshiradi. Umuman qotishmalarda rekristallanish harorati chegarasini quyidagi ifoda bilan topiladi:

$$T_{r, ch} = (0.6 - 0.8)T_{cr}. \quad (4.4)$$

Deformatsiyalangan matritsaning to'liq yuqolishi harorati rekristallanish tugash harorati (t_r^1) deyiladi. Bu harorat qiymati ham eksperimental usullarda rentgen nurlanish va yorug'lik mikroskopiylari usulida topiladi.

Rekristallanish tugashi haroratiga, rekristallanish boshlanishi haroratiga ta'sir etuvchi omillar ta'sir qiladi. Ko'pgina hollarda (t_r^b) katta bo'lsa, mos ravishda (t_r^1) ham yuqori bo'ladi.

Rekristallangan donalar ularning chegaralari deformatsiyalangan matritsa tomon juda tez ko'chishi orqali sodir bo'ladi. Bunday ko'chishning harakatlantiruvchi kuchi kristallar elastik energiyalarining chegaraning har ikkala tomonida turlicha bo'lishidadir. Chunki dislokatsiya zichligi donalar chegaralarida energiya turli qiymatlarini hosil qiladi.

Birlamchi kristallanishda donalar chegaralarining o'rtacha ko'chish tezligi haroratga bog'liq va quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$V = V_0 \cdot e^{-Q/RT}, \quad (4.5)$$

Bu yerda, Q – ko'chish jarayoni faollashuv energiyasi.

Birlamchi rekristallanish tugashi bilan, ya'ni deformatsiyalangan dona yuqolishi bilan, Gibbs energiyasi keskin kamaysada struktura noturg'un holatda bo'ladi. Shuningdek hosil bo'lgan yangi donalar noto'g'ri shakllarda, turli o'lchamlarda va har xil sonli yon yoqlarga ega bo'ladi.

Ba'zi donalarning o'sishi yonidagi qo'shni rekristallanishli donalar hisobiga sodir bo'ladi va bu jarayon yig'uvchi rekristalizatsiya deyiladi.

Yupqa listlarni yumshatishda o'sayotgan donalar o'lchamlari shu listning qalinligiga teng bo'lganda to'xtaydi val sirt eni bo'ylab o'sib boradi. List qalinligidan 2-3 barobar kattalashgandan keyin donalar o'sishi to'xtaydi. Erkin sirtlarda donalar o'sishining to'xtashi «qalinlik effekti» deyiladi.

Yig'uvchi rekristallanishda hosil bo'lgan teksturani kuchli darajada sekinlashtiradi. Bu hodisa «Teksturani to'xtatish» deyiladi. «Teksturani to'xtatish» mukammal teksturalar uchun xos bo'lib, donalar chegaralari unchalik katta bo'lmagan burchakda orientatsiyasizlanadi va nam sirt energiyasiga ega bo'ladi.

Yig'uvchi rekristallanishning termodinamik omili dona chegaralari energiyasi hisoblanadi. Donalararo egrilik radiuslari qanchalik kichik bo'lsa energiya qiymati ham shunchalik kichik bo'ladi. Agar teng o'qli donalarning chegaralari egrilik radiusi uning diametriga to'g'ri proporsional bo'lsa ($r = p \cdot D$), yig'uvchi rekristallanishda donalar o'sishi tezligi dona diametri D ga teskari proporsional bo'lishi va sirt tortishuvi (dona chegarasi energiyasi) ga to'g'ri proporsional bo'lishi lozim:

$$\frac{dD}{d\tau} = k \cdot \frac{\gamma}{pD}, \quad (4.6)$$

bu yerda, k – haroratga eksponensial bog'liq bo'lgan doimiy ($k = A \cdot e^{-Q/RT}$),

γ – dona chegarasi energiyasi;

p – teskari proporsionallik koeffitsiyenti;

D – dona diametri.

(6) ifodani integrallab quyidagi ifoda olinadi:

$$D^2 = D_0^2 + M \cdot \gamma \cdot \tau \quad (4.7)$$

Bu yerda, D_0 – rekristallangan donaning boshlang'ich diametri;
 τ – yumshatish vaqti.

Agar donaning boshlang'ich diametri uning joriy qiymatidan bir necha barobar kichik va $D_0^2 \ll D^2$ bo'lsa, u holda:

$$D = B \cdot \tau^{1/2} \quad (4.8)$$

Metallarda va bir fazali qotishmalarda donalar o'rtacha diametrining yumshatish vaqtiga bog'liqligi quyidagi ifoda orqali ifodalanadi:

$$D = B \cdot \tau^n \quad (4.9)$$

Bu yerda, $n = 0,1-0,5$;

V – haroratga bog'liq doimiy.

Deformatsiyalangan va rekristallangan metalda kristallografik orientirlanish o'zaro munosabatlari quyidagi uchta variantdagi o'zaro munosabatlar orqali eksperimental jihatdan o'rnatilgan:

1) Deformatsiya teksturasi dastlabki tekstura ko'rinishiga qaytishi mumkin, ya'ni rekristallangan va deformatsiyalangan teksturalar bir xil bo'lishi mumkin;

2) Deformatsiya teksturasi va rekristallanish teksturalari bir-biridan farq qiladi;

3) Dastlabki deformatsiyalangan metall tartibli teksturaga ega bo'lib, rekristallangan tekstura xaotik ko'rinishga ega bo'ladi.

Rekristallanishda eng ko'p uchraydigan va amaliy jihatdan muhim bo'lgan holati o'ta mukammal kubik teksturaning shakllanishidir. Ayniqsa nuqsonlar taxtlanishida o'rtacha va yuqori energiyalarga ega bo'lgan sovuqlayin deformatsiyalangan yon yoqlari markazlashgan kubik strukturali metallardagi strukturalardan hajmiy markazlashgan kubik teksturalar olish ularning strukturalari mukammalligini oshiradi.

Birlamchi rekristallanishda teksturalar shakllanishini tushuntirish uchun ikkita gipoteza ilgari surilgan:

1. Orientatsiyalangan donalarning tuzilishi;
2. Orientatsiyalangan donalar o'sishi.

Bunday qarashlar asosan kristallarning umumiy o'qi atrofida yuqori burchakli chegarali donalar hosil qilishi (300, 400 angstrom) va ularning yuqori harakatchanligi bilan tushuntiriladi.

Asosiy metall tarkibida qo'shimchalarning rekristallanish teksturasiga ta'siri murakkab ko'rinishda bo'lib, ularning ijobiy ta'siri rekristallanish markazlari hosil bo'lishida kichik va yuqori burchakli chegaralarning harakatchanligiga ta'siri orqali tushuntirish mumkin. Shuningdek qo'shimchalar markazlardan donalar o'sib yiriklashuviga ham ijobiy ta'sir qiladi.

Yig'uvchi rekristallizatsiyada donalar yiriklashuvi bir tekisda yiriklashuvi sodir bo'ganligi uchun metalni uning donalarining o'lchamlarini bitta o'rtacha qiymat orqali tavsiflash imkoni mavjud. Donannig bunday o'sishi normal donalar o'sishi kabi qaraladi.

Yumshatilishning ba'zi bir sharoitlarida metallar strukturasida ko'plab, taxminan bir xil o'lchamli mayda donalar to'plami, undan ancha ozroq miqdorda juda yirik donalar va ba'zan gigant donalar (o'lchami bir necha santimetrga yetadi) hosil bo'lishi kuzatiladi. Bunday struktura donalarning notekis o'sishi natijasida hosil bo'ladi. Donalarning notekis o'sishi bilan kuzatiladigan rekristallanish ikkilamchi rekristallanish deyiladi.

Ikkilamchi rekristallanishda asosiy donalar juda sekin yiriklashadi yoki amaliy jihatdan umuman o'smaydi, ba'zi bir donalar hisobiga ularni biriktirib yiriklashtiradi.

Ikkilamchi rekristallizatsiya aniq haroratlarda sodir bo'lib, bu haroratlar qiymatlaridan past haroratlarda yig'uvchi rekristallizatsiya sodir bo'ladi. Ikkilamchi rekristallizatsiya inkubatsion davridan o'tgandan keyin ba'zi bir donalarning o'lchamlari 50 marta-gacha yiriklashib boradi va uning o'lchami 10 mm gacha yetadi.

Asosiy qism qolgan donalari esa o'lchamlari 0,02 mm atrofida bo'ladi. Donalar o'lchamlari uning harorati t_{up} da maksimal qiymatlari erishadi, haroratning oshishi bilan esa rekristallanish markazlari soni keskin oshganligi uchun kamayadi.

T_{up} dan yuqori haroratda matritsada donalar normal o'sishi tezlashadi, yetarli darajada yuqori bo'lgan haroratlarda yig'uvchi va ikkilamchi rekristallanishlar bir-biriga raqobatbardosh jarayonlar sifatida namoyon bo'ladi.

Ikkilamchi rekristallanish teksturasi birlamchi rekristallanishga nisbatan har doim farq qiladi va o'ta uchqurroq (mukammallashgan) ko'rinishda bo'ladi.

Ikkilamchi rekristallanishning rivojlanishi asosiy sharti «matritsaning turg'unlashishi», ya'ni birlamchi rekristallashda hosil bo'lgan ko'pgina donalarning o'sishining keskin to'xtashi hisoblanadi

Ikkilamchi rekristallanish sabablarini tahlil qilishda quyidagi ikkita holatini bilish lozim:

1) Matritsa nima uchun turg'unlashgan;

2) Nima uchun ba'zi bir donalar to'siqsiz yonidagi turg'unlashgan matritsadagi donalarning hisobiga o'sadi.

Rekristallangan matritsaning turg'unlashish sabablari quyidagilar bo'lishi mumkin:

– donalar chegarasidagi qo'shimchalar yoki dispers zarrachalar;

– «tekstura to'xtashi»;

– «qalinlik effekti».

Rekristallangan donalarning turg'un matritsadagi kichik donalar hisobiga yiriklashuvi murakkabroq bo'lib, asosan donaning yiriklashuvi o'lchami bo'yicha yirik bo'lgan donaning «harakatlantiruvchi kuchi» kichik donanikiga qaragandi katta bo'lish bilan tushuntiriladi.

Buni quyidagi ifoda orqali talqin qilinadi:

$$p \approx \frac{(D_u - D_k) \cdot \gamma}{D_u \cdot D_k}, \quad (4.10)$$

bu yerda, p – harakatlantiruvchi kuch;

D_y – yirik dona o'lchami;

D_k – kichik dona o'lchami;

γ – dona chegara energiyasi.

Harakatlantiruvchi kuch tizimda hajm birligida Gibbs energiyasining kamayishini bildiradi. Mayda donalar hisobiga yirik donalarning o'sishida harakatlantiruvchi kuch dona chegara yig'indi energiyasining kamayishi hisoblanadi. Chunki ikkilamchi rekristallanishda D_k o'lchamli dona matritsada o'zgarmasdan qoladi, D_y yirik dona uzluksiz ravishda harakatlantiruvchi kuch ta'sirida o'sib boradi.

Birlamchi rekristallanishdan keyin o'ldhami o'rtacha o'ldhamdan katta bo'lgan donalar oz bo'lsa-da, mavjud bo'ladi va ular ikkilamchi rekristallanish markazlari sifatida strukturalar hosil qila boshlaydi. Ikkilamchi rekristallanish markazi matritsalarini 10^5 - 10^6 ta donadan bittasi bo'lishi mumkin.

Rekristallangan donaning oxirgi o'ldhamga ega bo'lishiga harorat, vaqt, deformatsiya darajasi, qotishmaning kimyoviy va fazaviy tarkibi kabilar ta'sir qiladi. Bunday omillarning ta'sirini yumshatish jarayonini ko'rib chiqishda o'rganamiz.

4.3. Sovuqlayin va issiqalayin deformatsiya

Deformatsiya harorati rekristallanish haroratlari nisbatlariga bog'liq ravishda sovuqlayin va issiqalayin deformatsiya turlari mavjud. Sovuqlayin deformatsiya rekristallanish haroratidan past haroratlarda amalga oshiriladigan deformatsiya hisoblanadi. Shuning uchun sovuqlayin deformatsiya metalni puxtalash orqali kuzatiladi.

To'liq rekristallangan struktura olish uchun rekristallanish haroratidan yuqori haroratlarda amalga oshiriladigan deformatsiya issiqalayin deformatsiya deyiladi.

Deformatsiyaning bunday haroratlarida puxtalanish (issiqalayin puxtalanish) bo'lib, bunda ishlov berish haroratida va sovitishda hosil bo'lgan rekristallanish to'liq yoki qisman yo'qotiladi. Poligonlanishda puxtalanish qisman saqlanib qoladi. Ilgari ko'rib chiqilgan statik poligonlanish va rekristallanishdan farqli ravishda deformatsiya davrida sodir bo'ladigan poligonlanish va rekristallanish dinamik xususiyatga ega.

Bosim ostida issiqalayin ishlov berishda (prokatka, presslash, bolalash, shtamplash va b.) puxtalash natijasida dislokatsiya zichligi oshadi. Deformatsiya jarayonida esa dislokatsiya zichligi oshishi va kamayishi navbatma-navbat sodir bo'ladi. Ana shu jihatidan statik va dinamik poligonlanish va rekristallanish bir-biridan farq qiladi.

Sovuqlayin va issiqalayin deformatsiyalar o'rtasidagi farq shartli ravishda bo'lib, ularni o'tkazish sxemalari, ishlov berish tezligi va harorati, sovutish sharoitlari hamda metallning (qotishmaning) rekristallanish tezliklariga bog'liq.

Issiqlayin deformatsiya odatda qotishmaning tarkibi va deformatsiya tezligiga bog'liq ravishda $(0,7-0,75)T_{erish}$ haroratlarida o'tkaziladi. Bunday haroratlarda dinamik poligonlanish va rekristallanish jarayonlari deformatsiya ostida sodir bo'lib, metallning plastik deformatsiyaga qarshiligini kamaytiradi va plastikligini oshiradi.

Agar metall strukturasida deformatsiyadan keyin qisman kristallangan struktura bo'lsa, bunday ishlov berish sovuqlayin ishlov berish deyiladi.

V-BOB. PO‘LATLARGA TERMİK ISHLOV BERISH NAZARIYASI

5.1. Po‘latlardagi kritik nuqtalar

Po‘latlarga termik ishlov berish ularni qizdirishda va sovu-tishda sodir bo‘ladigan fazaviy (polimorf) o‘zgarishlarga asos-langan. Ma’lumki, temir ikkita: Fe_γ va Fe_α polimorf modifikat-siyalarda bo‘ladi. Temir kristall panjaralarida qayta tuzilishlar sodir bo‘ladigan haroratlar kritik haroratlar deyiladi va ko‘rsatilgan holda A harfi bilan belgilanadi. Po‘latlarga termik ishlov berishda quyidagi kritik haroratlar eng muhim hisoblanadi.

$A_1 - 727^\circ C$, turg‘un harorat bo‘lib, temir uglerod diagram-masida PSK chizig‘iga mos keladi. Bu haroratda bir vaqtning o‘zida sirpanib, ferrit va sementit aralashmasi (perlit) bo‘lishi mumkin. Bu turg‘un haroratdan yuqori qiymatlarga qizdirilgan po‘lat struktura-laridagi perlit (ferrit – sementit aralashmasi) austenitga o‘zgaradi va bu harorat A_{s1} deb belgilanadi va bu harorat har doim $727^\circ C$ dan yuqori bo‘ladi. Austinitning perlitga o‘tishi (sovutish) PSK chizig‘idan past haroratda, ya’ni A_{r1} haroratda sodir bo‘ladi. O‘ta qizdirish va o‘ta sovutish jarayonlari o‘zgarishlar sodir bo‘ladigan haqiqiy harorat qiymatining turg‘un haroratlar o‘rtasidagi farq (ayirma) bilan aniqlanadi.

O‘ta qizdirish harorati qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta T_{o'.q} = A_{s1} - A_1. \quad (5.1)$$

O‘ta sovutish yoki o‘ta sovutish darajasi quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$\Delta T_{o'.s} = A_{s1} - A_{r1}$$

O‘ta qizdirish harorati $\Delta T_{o'.q}$ va o‘ta sovutish harorati $\Delta T_{o'.s}$ asosan mos ravishda qizdirish va sovutish tezliklariga bog‘liq.

Ar₃ kritik nuqtasi po‘latni sovutishda austenitdan ferrit hosil bo‘lishi haroratiga mos keladi va temir - uglerod diagrammasidagi GS chizig‘iga mos keluvchi A₃ nuqtadan turg‘un harorat pastda yotadi.

Austenitning ferritga o‘zgarishi haroratining oxiri A_{s3} ga teng va diagramma DS chizig‘idan yuqorida yotadi. Kritik nuqta A_{cm} SE chizig‘iga mos keladi.

A_{cm(c)} nuqta austenit tarkibidagi ikkilamchi sementitning qizdirishda erishi tugash haroratini bildiradi va SE chizig‘idan yuqorida yotadi.

A_{cm(r)} nuqta austenitning sovushida uning tarkibida ikkilamchi sementit kristallitlarining ajrala boshlash haroratini bildiradi va SE chizig‘idan pastda yotadi.

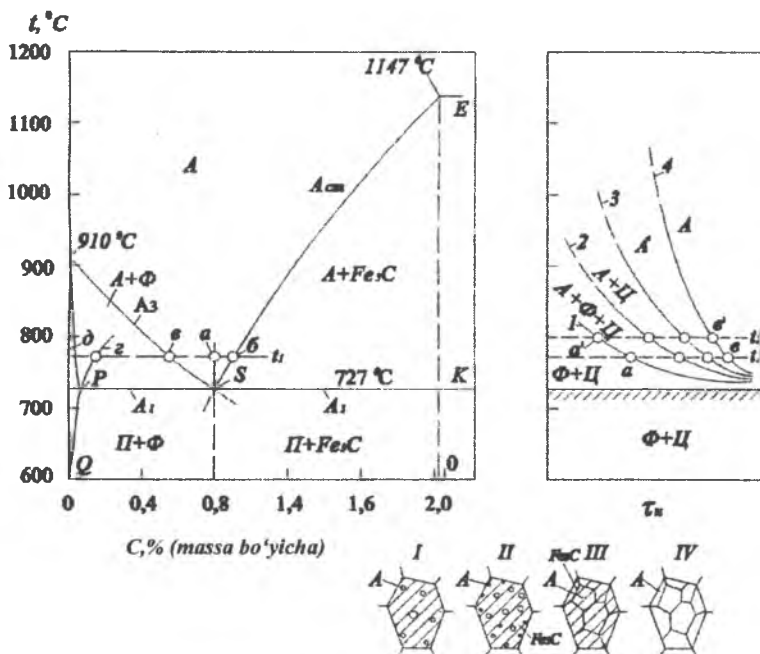
5.2. Qizdirishda fazaviy o‘zgarishlar (perlitning austenitga o‘zgarishi)

Po‘latlarga termik ishlov berishning barcha turlarida ularni austenit hosil bo‘lish haroratiga qadar qizdiriladi va bu jarayon austenitlash jarayoni deyiladi. Po‘latlarni qizdirishda austenit hosil bo‘lishi diffuzion jarayon bo‘lib, kristallanish jarayonining asosiy qonuniyatlariga bo‘ysunadi.

Evtentoid po‘latlar (0,8 % C) misolida ferrit – sementit aralashmasi (perlit) ning o‘zgarishlarini ko‘rib chiqamiz. A_{s1} haroratgacha qizdirishda sementitning bir qancha miqdori chegaraviy erish chizig‘ IPQ ga mos ravishda ferritda erishi sodir bo‘ladi (5.1-rasm).

Ferritning bunday qismlari noturg‘un bo‘lib, bu haroratda turg‘un bo‘lgan atsetenitga o‘zgaradi. 5.1-rasm, a da ko‘rinib turibdiki, austenitda A_{s1} (727 °C) haroratdan salgina yuqorida ~0,8 % C bor. Atomlar joylashuvi fluktatsiyasi hisobiga kristall o‘lchamli yangi fazalarning kristallanish markazlari hosil bo‘ladi. Ferrit hajmining sementit bilan chegarasida austenit panjarali fluktatsion uchastkalar hosil bo‘ladi. Austenit panjarasiga uglerod karbiddan diffuziya mexanizmiga asosan kirib keladi. Ba’zi bir tadqiqotlarda $\alpha \rightarrow \gamma$ qayta tuzilish Kogerent chegaralar bo‘lgan siljish orqali sodir bo‘ladi degan tasavvur ilgari suriladi. Siljish mexanizmi bo‘yicha

hosil bo'lgan γ - fazaning plastinkasimon uchastkalarida Fe_3C dagi S diffuziyalanadi va ular austenit kristallari markazlarining o'sishiga olib keladi. Kristall markazlarning o'sishida α – va γ – panjaralar buziladi, siljish mexanizmi normal o'sish mexanizmi bilan almashadi va atsetenit donasi teng o'qli shaklga ega bo'ladi.



5.1-rasm. Ferrit-sementit strukturali po'ltlarni qizdirishda o'zgarishi.

A – qizdirishda fazaviy tarkibning o'zgarishi; b – austenitning izotermik hosil bo'lishi; 1 – austenitning hosil bo'lishining boshlanishi; 2 – perlitning austenitga o'zgarishi oxiri; 3 – karbidlarning to'liq erishi; 4 – austenitning gomogenlanishi; v – qizdirishda strukturaviy o'zgarishlar sxemasi; I – IV perlitning austenitga o'zgarishi ketma-ketligi; A – gomogen austenit; A' – nogomogen austenit.

Ferrit va sementit chegaralarida hosil bo'lgan atsetenit o'sib boradi va ferrit ham sementit ham yuqoladi. Hosil bo'lgan austenit tarkibidagi uglerod miqdori bo'yicha bir xil jinsli bo'lmasdan, uning sementit qismiga yaqin qismida S miqdori ko'p, ferrit qismidagi uchastkasida esa C miqdori kam bo'ladi. Bunday konsentratsiya

gradiyenti hisobiga austenitning sementitli tomonida bo'lgan chegarasidan ferritli uchastka bo'lgan qismiga uglerod atomlarining diffuziyasi sodir bo'ladi. Austenit uchastkalarining o'sishi polimorf $\alpha \rightarrow \gamma$ - o'zgarishlar va uglerod diffuziyasi natijasida yuzaga keladi. Bu o'zgarishlar natijasida austenit uchastkalarining o'sishi unda sementitning erishiga ko'ra juda tez sodir bo'ladi. Shuning uchun ferritning austenitga o'zgarishidan keyin po'lat strukturasida biroz miqdorda sementit saqlanib turadi. Buning oldini olish uchun austenitda sementitning to'liq erishiga erishish uchun izotermik ushlab turish davomiyligi oshiriladi. Yuqorida keltirilgan o'zgarishlar natijasida hosil bo'lgan austenit tarkibiy jihatdan bir jinsli bo'lmaganligi uchun uning gomogenlanishga qo'shimcha vaqt talab qilinadi.

Ferrit - sementit strukturalarining austenitga o'tishini yoritish uchun har xil haroratlarda o'zgarishlar ro'y berishi to'g'risida tasavvur beruvchi ko'p hollarda austenitning izotermik hosil bo'lish diagrammalaridan foydalaniladi diagrammalarni qurish uchun tekshirilayotgan po'latlardan tayyorlangan unchalik katta bo'lmagan nusxalar A_1 nuqtadan yuqori berilgan haroratgacha juda tez qizdiriladi.

Perlitning austenitga o'zgarishi kristallanish jarayoni bo'lib, bu jarayon kristall panjarali markazlarning hosil bo'lishi va ularning o'sishini o'z ichiga oladi. Yupqa plastinkali perlitda atsetenit hosil bo'lishi qalin plastinkali perlitlardagiga nisbatan tez hosil bo'ladi. O'zgarishlarda diffuzion jarayon tezlashishi bilan bir qatorda austenit yoki perlitning dastlabki strukturalar bir xilmaslik darajasi ham ta'sir qiladi.

Donalar bir xilmasligi qancha ko'p bo'lsa, o'zgarish harorati shunchalik past bo'ladi va jarayon jadallashgan ko'rinishda sodir bo'ladi.

Uglerod austenitlanishni tezlashtiradi. Bu po'lat strukturani tarkibida sementit qo'shimchalarining ortishi va unga mos ravishda austenit kristallari hosil bo'luvchi ferrit va austenit o'rtasidagi ajralish sirtlarining o'sishi bilan tushuntiriladi.

Perlit tarkibida 0, 025 % uglerod bo'lgan sementitlar aralashmasidan tarkib topgan. Shuning uchun uglerodning diffuzion qayta taqsimlanishi sodir bo'ladi. O'zgarishlar boshlanishida osil

bo'lgan austenit donalari (boshlang'ich dona) donalarning bir-biriga «quyilishi» hisobiga harorat ko'tarilishi bilan oshadi.

Harorat qanchalik yuqori bo'lsa, atsetenit donalar shunchalik darajada yirik bo'ladi.

A_{s1} haroratgacha saqlanib turadi. A_{s1} haroratda ferrit – sementit chegarasida austenitning mayda donalari hosil bo'ladi. Shunday qilib, perlitning austenitga o'zgarishi davrida mayda donalar hisobiga austenit donalari yiriklashadi, ya'ni o'sib boradi. Po'lat tarkibiga boshqa elementlarning kiritilishi donalar tavsifnomalarining turli xilda bo'lishiga olib keladi.

Ko'rinib turibdiki, harorat oshishi bilan dona bir tekisda o'sib boradi.

Aluminiy o'zining nitridlarini AlN xossalaniib, ular po'lat donalari chegarali bo'yicha dispers zarrachalar ko'rinishida joylashganligi uchun ularning bir-biriga «quyilishiga» xalaqit beradi. Yuqori haroratlarga qizdirishda ($1000 - 1500^{\circ}C$) nitrid zarralari austenit eriydi va donalar o'sishi jadallashadi. Legirlovchi elementlar (Mn dan boshqa) austenit donalarining o'sishini sekinlashtiradi. Ayniqsa Ti, Zr, V kabi elementlar karbidlari austenitda qiyin eriydi va uning o'sishini juda sekinlashtiradi. Shuningdek Cr, Mn, Mo, V karbid hosil qiluvchi elementlar sementitga nisbatan austenit hosil bo'lish tezligini sekinlashtiradi, uglerodning diffuziyasini ushlab qoladi.

Austenitlarning past harorati yoki qizdirishda yetarli darajada ushlab turmaslik karbid hosil qiluvchi elementlar bilan legirlangan po'latlarda kam legirlangan va kam uglerodli austenitli po'latlar hosil qilish mumkin. Chunki keltirilgan sharoitlarda austenitda erimaydi. Sovutishda bu karbidlar perlitning kristallanish markazi bo'lib xizmat qiladi.

Qizdirishda olingan austenit donalari o'lchami sovutish tezligiga bog'liq bo'lmagan holda sovutishdan keyin ham saqlanib qoladi. Termik ishlov berishdan keyin olingan donalar haqiqiy dona deyiladi. Haqiqiy dona o'lchami qizdirish harorati va qizdirishda donaning o'sishga moyilligi kabilar bilan tavsiflanadi. Bundan tashqari, qizdirish davomiyligi ham dona o'lchamiga ta'si qiladi. Tezda qizdirish va kam ushlab turish bilan mayda donalar, yuqori

haroratlarda qizdirib uzoq vaqt ushlab turish bilan austenitning yirik donalari olinadi.

Yirik haqiqiy donalarning hosil bo'lishi o'ta qizdirish deyiladi. O'ta qizdirilgan po'latlarda sinish yirik donalarning chegaralari bo'ylab sodir bo'ladi. Ferrit evtektoidgacha bo'lgan po'latlarda ignasimon tuzilishga ega. Bunda po'lat past zarbiy qovushqoqlikka, yuqori haroratlarda ham sovuq holatda sinishga, toblashda darzlar va deformatsiyalanish kabilarga moyil bo'ladi.

O'ta qizdirilgan po'lat strukturalarini qayta qizdirish orqali mukammallashtiriladi. Bunda po'lat tarkibidagi uglerod miqdoriga bog'liq ravishda A_{c3} yoki A_{cm} haroratidan salgina yuqori haroratga qizdiriladi.

Agar po'latlarni o'ta qizdirish oksidlovchi muhitlarda olib bo'rilsa, po'latlar kuyishi mumkin. Bunda donalar chegarasi bo'yicha teir oksidlari hosil bo'ladi va uning natijasida toshsimon sinish bo'lib, po'lat mo'rtligi keskin oshib ketadi. Kuyishni qayta tiklab bo'lmaydi, shuning uchun kuygan detallar yaroqsiz hisoblanadi. Dastlab mayda donali po'latlarni o'ta qizdirish mumkin. Bunda $1000 - 1100^{\circ}\text{C}$ gacha qizdirilib po'latlarga ishlov berish texnologik jarayonlari (shtamplash, bolalash, sementitlash) osonlashadi.

Po'latlar donalarining dastlabkiligini turli xil usullarda 930°C gacha qizdirilib aniq vaqt oraliqlarida ushlab turish bilan aniqlanadi. Ko'rsatilgan haroratgacha qizdirilgan po'latda donalar o'lchamlari mikroskopda 100 martagacha kattalashtirib kuzatish orqali aniqlanadi va standartlar bo'yicha keltirilgan donalarning shkalalari bilan solishtirilib ularning shartli o'rnatilgan ballari aniqlanadi. 6 ballgacha bo'lgan po'latlar yirik donali, undan katta ballilari (6 – 15 ball) esa mayda donali po'latlarga kiradi.

5.3. Austenitning ferrit – sementit aralashmasiga o'zgarishi

A_{r1} haroratdan pastki haroratlarda atsetenit noturg'un bo'lib, uning erkin energiyasi perlitnikiga ko'ra yuqori bo'ladi. $A_1 - M_n$ haroratlar oraliqlarida austenit faqat ferrit – sementit aralashmasiga parchalanadi.

M_n nuqtadan past haroratlarda austenit martensitga o'zgarishi mumkin. Chunki bu haroratlarda martensit austenitga ko'ra kam

erkin energiyaga ega. Lekin bu haroratda perlit ham eng kam erkin energiyaga ega va turg'un struktura hisoblanadi.

Austenitning perlitga o'zgarishi ikkita jarayon orqali kechadi:

- γ temir panjaralarining α -temir panjaralariga qayta tizilishi;
- uglerod diffuziyasi.

Shunday qilib, austenitning perlitga o'zgarishi jadalligi erkin energiyalar farqi hamda diffuzion jarayonlar tezliklariga bog'liq. Parchalanishning yuqori haroratlarida, ya'ni A_1 ga yaqin haroratlarida, ya'ni A_1 ga yaqin haroratlarda uglerod diffuziyasi tezligi yuqori darajada bo'ladi, lekin bunda austenit va perlitning erkin energiyalari farqi unchalik katta bo'lmaganligi uchun bunday haroratlarda austenitning turg'unligi katta bo'ladi. Austenitning parchalanishi boshlanishida avval uglerod ajralib chiqib sementit hosil qiladi, keyinchalik uglerodsizlangan qism ferritga o'zgaradi.

Diffuzion jarayonlar juda jadallashgan holatda sodir bo'lganligi uchun ferrit - sementit aralashmasi (perlit) qalinligi katta bo'ladi. Perlit hosil bo'lishi bosqichma-bosqich sodir bo'ladi. Sementit kristalli o'sishi uchun austenit donasi hajmida uglerod diffuziyasi bo'lishi va uning kambag'allashgan qismida ferrit kristall hosil bo'lishi uchun sharoit yaratilishi lozim. Ferrit plastinkasining o'sishida u uglerodni o'zidan siqib chiqaradi va yangi sementit donalari hosil bo'lishiga imkon yaratadi. Bunday jarayon natijasida navbatma-navbat joylashgan ferrit va sementit plastinkalari yuzaga keladi va bu aralashma perlit deb ataladi.

Evtektoid po'latlar uchun harorat $500 - 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha kamayganda uglerodning diffuziya tezligi bir necha barobar sekinlashadi va erkin energiyalar farqi o'sadi. Buning natijasida austenit turg'unligi keskin kamayib ketadi (bir necha sekundgacha). Haroratning yanada pasayishi uglerod diffuziyasining yanada sekinlashuviga olib keladi va buning natijasida qolgan austenitning turg'unligi oshadi. Agar austenitning sovush tezligi yuqori bo'lsa, uglerod diffuziyasi butunlay to'xtaydi va diffuziyasiz $\text{Fe}_{\gamma} \rightarrow \text{Fe}_{\alpha}$ o'zgarish sodir bo'ladi. Bunda uglerod tarkibdan ajralib chiqqa olmaydi va Fe_{α} tarkibida qoladi. Natijada uglerodning α temirdagi o'ta boyigan qattiq eritmasi hosil bo'ladi. Bu uglerod bilan boyigan α – temir martensit deb ataladi.

A₁ nuqtadan pastda austenitning sovushidan sodir bo'ladigan jarayonlar to'g'risida to'liq tasavvurlarni austenitning izotermik parchalanish diagrammasi beradi.

Austenitning izotermik parchalanish diagrammasi vaqt – harorat (ba'zan $\ln \tau$) kordinata bog'lanishlarida quriladi.

Austenitning ferrit - sementit aralashmasiga o'zgarish boshlanishini aniqlaydi va bu haroratlarda austenit o'ta sovutilgan holatda bo'ladi.

Ordinata o'qlari kesmalaridan chizig'igacha vaqtda turli haroratlarda austenit o'ta sovugan yoki inkubatsion davrda bo'ladi. Bu vaqt oralig'ida austenit amaliy jihatdan parchalanmaydi.

Yuqori haroratlarda ($650 - 700^{\circ}\text{C}$) hamda juda past haroratlarda ($200 - 300^{\circ}\text{C}$) austenitning turg'unligi o'sadi, $500 - 550^{\circ}\text{C}$ oralig'ida juda kam bo'ladi.

Shunday qilib, u yoki bu strukturaning hosil bo'lishi austenitning parchalanish haroratiga bog'liq bo'ladi. O'ta sovushning kichik darajalarida ($700 - 650^{\circ}\text{C}$) eng qo'pol ferrit - sementit aralashmasi hosil bo'ladi. Bu struktura perlit deb ataladi. Perlitda ferrit-sementit plastinkalarining umumiy qalinligi $0,6 - 1 \text{ mkm}$ va $\text{HB}=180 - 250$ bo'ladi. Keltirilgan haroratdan pastroq haroratda ($600 - 650^{\circ}\text{C}$) ferrit va sementit plastinkalari nisbatan yupqa bo'lib, u sorbit deyiladi. Ferrit - sementit plastinkalari juftligining qalinligi $0,25 - 0,3 \text{ mkm}$ ni qattiqligi $250 - 350 \text{ HB}$ ni tashkil etadi.

Austenitning yanada o'ta sovushida ($500 - 550^{\circ}\text{C}$) ferrit - sementit plastinkalari juftligining umumiy qalinligi $0,1 - 0,15 \text{ mkm}$ ga teng bo'lgan troostit hosil bo'ladi. Troostitning qattiqligi $45 - 850 \text{ HB}$ ga teng.

Ferrit - sementit aralashmasining dispersligi qancha ko'p bo'lsa, ferrit va sementit o'rtasidagi ajralish sirti yuzasi shunchalik katta bo'ladi va uning qattiqligi hamda mustahkamligi yuqori bo'ladi.

Plastiklik tavsifnomalari hamda nisbiy uzayish va nisbiy qisqarish xossalari sorbitda eng yuqori bo'ladi.

Troostit, sorbit va perlitlar o'rtasidagi farq faqat ferrit - sementit plastinalar qalinligi har xilligida bo'lib, ularning o'rtasida aniq boshqa farqlar bo'lmaydi. Lekin faqat perlit turg'un strukturalar jumlasiga kiradi va uning tarkibida har doim $0,8 \%$ uglerod

bo'ladi. Sorbit va troostit tarkibida uglerod miqdori kam (doevtektoid po'latlarda) bo'ladi. Austenit 500 °C dan past haroratlarda sovutilganda beynit deb nomlanadigan tuzilma hosil bo'ladi.

Beynit ferrit - karbit aralashmasi bo'lib, uning tarkibidagi ferrit uglerod bilan nisbatan to'yingan bo'ladi. Ikki turdagi beynit: yuqori va pastki beynitlar bo'ladi. Yuqori beynit (500 – 850 °C) da karbidlar qisqa zarrachalar ko'rinishida, pastki beynitda esa (350 – 250 °C) ignasimon martensitga o'xshash tuzilishga ega. Pastki beynitda karbid zarrachalari α - fazaning ichida ajralib chiqadi.

Beynitli o'zgarish perlit va martensit o'zgarishlari elementlarini o'z ichiga oladi. Chunki bu o'zgarishda austenit donasining ichida uglerodning va austenitdan parchalangan mahsulotlarning diffuzion qayta taqsimlanishi hamda siljish tavsifidagi martensitli o'zgarish turi sodir bo'ladi.

Beynitli o'zgarish harorati shunchalik pastki bunda temir va legirlovchi elementlarning diffuziyasi amaliy jihatdan sodir bo'lmaydi, bunda faqatgina uglerod diffuziyasi ro'y beradi. Buning natijasida dastlab austenit donasi ichida uglerodning qayta taqsimlanishi sodir bo'lib, uglerod bilan kambag'allashgan va boyigan uchastkalar hosil bo'ladi.

Kam uglerodli austenitda martensitli o'zgarish ro'y beradi, chunki artensitli o'zgarish harorati beynitli jarayon haroratidan yuqorida yotadi. Ammo hosil bo'lgan martensitda birdan bo'shashish jarayoni yuzaga keladi va uning natijasida maxsus shaklli sementitli qo'shimchalar tarkibida bo'lgan ferrit - sementit aralashmasi hosil bo'ladi.

Yuqori uglerodli austenitda sementitning ajralishi ro'y beradi. Chunki martensitning o'zgarish harorati beynitli o'zgarish haroratidan pastda bo'ladi. Bu hollarda karbidli qo'shimchalar plastinkasimon shaklga ega bo'ladi. Shunday qilib, beynitda plastinkasimon karbidli qo'shimchalar va maxsus shakllar bo'ladi, ferrit esa sirtida o'ziga xos relyefli ignasimon tuzilishda bo'ladi. Sementit esa qisqa izolatsiyalangan zarrachalar ko'rinishiga ega bo'ladi.

Beynitli o'zgarish ham martensitli o'zgarishga o'xshab oxirigacha ketmaydi. Strukturada har doim qandaydir miqdorda austenit qoladi. Bu qoldiq austenit sovutishda martensitga aylanishi mumkin yoki austenit ko'rinishida saqlanib qoladi.

Yuqorida beynit «g'ovak» tuzilishga ega va perlitli strukturalarga ko'ra eng past plastik xossalarga ega. Bu holat strukturada qo'pol karbidlarning bo'lishi bilan tushuntiriladi. Pastki beynit yuqori darajada qattiqlikka va mustahkamlikka ega bo'lib, yuqori qovushqoqlik xossasini saqlab qoladi, karbid zarrachalari esa α -fazada joylashadi.

Evtektoidgacha va evtektoiddan keyingi po'latlar uchun austenitning izotermik parchalanish diagrammalarida ortiqcha ferrit yoki sementit ajralishini ko'rsatuvchi qo'shimcha chiziqlar paydo bo'ladi.

Erigan legirlovchi elementlar (Co dan tashqari) atsetenitning turg'unligini oshiradi va atsetenitning izotermik parchalanish diagrammasini o'ng tomonga siljitadi. Karbid hosil qiluvchi elementlar diagrammaning shaklini o'zgartiradi.

Austenitning izotermik parchalanish diagrammasi harorat – vaqt koordinatalarida quriladi, shuning uchun sovutish tezligi turg'un austenit sohasidan o'tuvchi egri chiziq ko'rinishida tasvirlanishi mumkin.

Bunda olinadigan struktura austenitning parchalanish haroratiga bog'liq bo'lganligi uchun zaruriy strukturaga erishishda austenitni qanday tezlik bilan sovtish mumkinligini aniqlash imkoniyatini beradi. Faqat birgina martensit struktura hosil bo'ladigan minimal sovutish tezligi kritik tezlik V_{kr} deyiladi.

Odatda, austenitning izotermik parchalanish diagrammasini doimiy harorat qiymatlarida quriladi. Lekin termik ishlov berish amaliyotida austenit parchalanishning diagrammalarining yanada po'lat ko'rinishlaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Bunday diagramma turlaridan biri austenit parchalanishining uzluksiz sovutish sharoitlarida qurilgan diagrammasi hisoblanadi. Bu diagramma termokinetik diagramma ham deyiladi. Termokinetik diagramma istalgan tezlikda sovutish jarayonida austenitning parchalanishini kuzatish imkoniyatlarini beradi.

Uglerodli po'latlarda uzluksiz sovutish jarayonida yoki ferrit – sementit strukturalar yoki martensit hosil bo'ladi. Legirlangan po'latlarda esa bu vaqtning o'zida oraliq (beynitli) strukturalarni kuzatish mumkin. Austenitning izotermik va termokinetik parcha-

lanish diagrammalarini taqqoslaganda termokinetik diagrammada egri chiziqlar o'ngroq joylashganligini ko'rish mumkin.

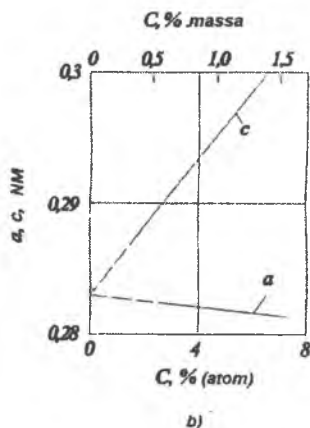
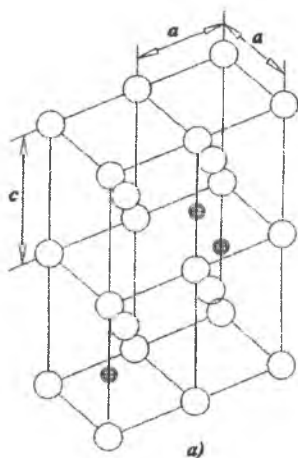
Bu egri chiziqlardan pastroqda izotermik diagrammalarda, ya'ni uzluksiz sovutishda austenitning parchalanishi uchun doimiy haroratda sovutishga ko'ra ko'proq vaqt talab qilinadi. Termokinetik diagrammalar austenitni parchalash uchun bajariladigan termik ishlov berish usullarida sovutish shu parametrlarini to'g'ri o'rnatishga hamda sovutish tezliklariga bog'liq ravishda detallarning kesimlari bo'yicha po'latlarning strukturalari va xossalarini aniqlash imkoniyatlarini beradi.

5.4. Po'latlarda martensitning hosil bo'lishi

Austenitni kritik tezlikdan V_{kr} yuqori tezliklarda sovutganda diffuzion jarayonlar sodir bo'lishga ulgurmaydi va panjarada uglerod atomlari joylashib qoladi. Bunday struktura martensit strukturasideyiladi.

Martensit qisman tartiblangan uglerodning α - temirda singishi natijasida o'ta to'yingan qattiq eritmasi hisoblanadi. Turg'un holatda uglerodning α - temirdagi eruvchanligi 20°C haroratda $0,002\% \text{ C}$ dan oshmaydi. Martensitda esa uglerod miqdori dastlabki austenitning tarkibidagi uglerod miqdorigacha, ya'ni $2,14\% \text{ C}$ gacha bo'ladi. Martensitda uglerod atomlari α - temir panjaralardagi oktaedr g'ovakliklarni egallash bilan bir qatorda panjaralarning o'lchamlarini kuchli darajada qisqartiradi. Martensit tetragonal panjaraga ega (5.2-rasm,a), uning s davri a davriga ko'ra katta bo'ladi. Uglerod miqdori oshishi bilan diffusion prizma balandligi s kattalashadi, asosining o'lchamlari esa kichiklashadi (5.2-rasm,b).

Toblangan po'latlarning strukturasida nuqsonlar (dislokatsiya va b.) zichligi diffuziya bo'lganligi uchun uglerod atomlari oktaedr g'ovakliklarida joylashuv normal holatini o'zgartiradi va dislokatsiyalarda to'planib qoladi. Natijada ikki fazali parchalanish holati yuzaga keladi, ya'ni toblashdan keyin ikki xil martensit kuzatiladi.



5.2-rasm. Martensitning panjaralari o'lchamlari a va c davrlarining uglerod miqdoriga bog'liqligi (b).

Birinci turdagi martensit tarkibidagi uglerod miqdori po'lat tarkibidagi uglerod miqdoriga teng bo'ladi, ikkinchi turdagi martensitda eng kam uglerod (0,2 – 0,25 % C) bo'ladi.

Murakkab legirlangan qotishmalarda past haroratlarda gekso-kanal panjarali ϵ – martensit hamda atomlari rombo edrik taxtlangan ϵ^I – martensitlar hosil bo'ladi. Shuni ta'kidlash lozimki, barcha turdagi martensitlar ham qizdirilganda oddiy martensit hosil bo'ladi.

Martensit tarkibidagi uglerod qancha ko'p bo'lsa s/a nisbat ham shuncha katta bo'ladi, ya'ni panjaraning tetragonalligi yanada oshadi:

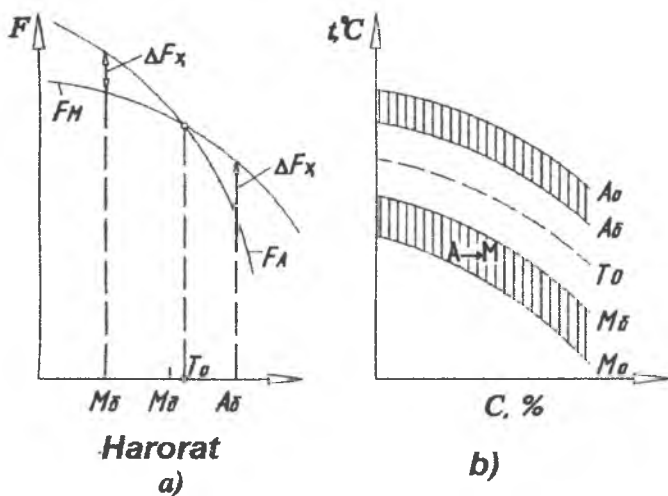
$$\frac{S}{a} = 1 + 0.046 C \quad (5.2)$$

bu yerda, C – uglerodning martensitdagi massa bo'yicha % i.

Martensitli o'zgarish austenitni juda tez sovutganda diffuzion jarayonlar sodir bo'lishiga imkon bermaganda yuzaga keladi. Shuning uchun martensitli o'zgarishda austenit va martensit o'rtasida

komponentlarning qayta taqsimlanishi jarayoni ro'y bermaydi. Bu o'zgarish shu maqsadda bir komponentli tizimdagi fazaviy o'zgarishlar sifatida qarash mumkin.

Martensit hosil bo'lishi uning erkin energiyasi austenit erkin energiyasidan kichik bo'lgan taqdirdagina yuzaga kelishi mumkin. Bu esa austenitni T_0 haroratdan pastgacha o'ta sovutishda muhimdir. Martensitning erkin energiyasi ferrit - sementit strukturalari erkin energiyasiga nisbatan yuqori. Yuqori darajadagi o'ta sovutishda (T_0 dan pastgacha) ferrit - sementit strukturasi hosil bo'lmaydi va austenitning martensitga o'zgarishi natijasida tizimda nisbat minimum erkin energiya o'rnatiladi. Martensitli o'zgarish bo'lishi uchun tizimda austenitni juda tez sovutish zarur bo'ladi (5.3-rasmda M_b nuqta).



5.3-rasm. Austenit erkin energiyasi F_A va martensit erkin energiyasi F_M larning haroratga (a) va T_0 , M_b va M_0 nuqtalarning austenitning tarkibiga (b) bog'liqligi.

Bunday holda austenit va martensit hajmiy erkin energiyasi farqli (ΔF_h) qiymati sirdagi (ΔF_s) va elastik (ΔF_{el}) energiyalardan katta bo'ladi ($\Delta F_h > \Delta F_s + \Delta F_{el}$). Bunday hodisani austenitni

qizdirishda ham kuzatish mumkin. Ab nuqtada martensit diffuziya hodisasiz austenitga aylanishi mumkin. Ba'zi bir qotishmalarda (nikel va boshqa rangli metallar) martensit – diffusion teskari o'zgarishi kuzatilgan. Bu jarayon termoelastik martensit hosil qilish bilan «xotirali» shakllardagi qotishmalar yaratish uchu nasos bo'lib xizmat qiladi.

Oddiy uglerodli po'latlarda $\alpha \rightarrow \gamma$ teskari o'zgarish martensit mexanizmi bo'yicha sodir bo'lmaydi, chunki martensitni qizdirishda tezda ferrit va karbidlarga parchalanadi. Austenitning martensitga va aksincha martensitning austenitga o'tishi M_b-M_0 va A_b-A_0 haroratlar oraliqlarida austenitning tarkiblariga bog'liq ravishda sodir bo'ladi (5.3-rasm, b). Austenitning M_b va M_p (T_0 dan biroz kichik) haroratlarda deformatsiyasi ham martensitli o'zgarishga olib keladi (5.3-rasm, a) va deformatsiyalangan martensitni hosil qiladi.

Martensitli o'zgarishning siljish mexanizmi panjaralarning qayta tuzilishi jarayonida kooperativ yo'qolgan atomlar ko'chishi-ning qonuniyatlaridan farq qiladi. Alohida atomlar atomlararo masofadan diffuziya bo'lmagan masofaga siljiydi, o'zaro qo'shnichiligini saqlab qoladi. Ammo absolyut ko'chish qiymati fazalararo chegaradan uzoqlashuv masofasiga proporsional ravishda o'sadi. Bu makroskopik siljishga olib kelaldi, uning tashqi jihati sirtlarda ignasimon mikrorelyef paydo bo'lishi bilan tushuntiriladi. O'zgarish jarayonida martensit kristallari aniq kristallografik tekisliklar bo'y-lab diffusion bilan tutashgan bo'ladi va o'suvchi martensit kristallari bilan diffusion matritsa o'rtasida kogerent chegara hosil bo'ladi.

Martensit kristallari nuqsonli uchastkalarida, ayniqsa dislokatsiya uzellarida hamda austenitning uglerod bilan to'yinmagan qismlarida paydo bo'ladi.

Martensit va diffusion chegaralarida tutashuv panjaralari (kogerentlik) mavjud bo'lar ekan martensit kristall panjaralarining hosil bo'lishi va o'sishi tezliklari juda yuqori bo'ladi ($\sim 10^3$ m/s). Martensitli o'zgarish qonuniyatli asosda va atomlarning kichik masofalarga kooperativ ko'chishi usullarida amalga oshganligi uchun absolyut nol haroratga yaqin haroratlarda ham juda katta tezlik bilan sodir bo'ladi.

Martensit jarayonining o'sish jarayonidagi austenit va martensit nisbiy hajmlarining farqi oshib boradi hamda ularning

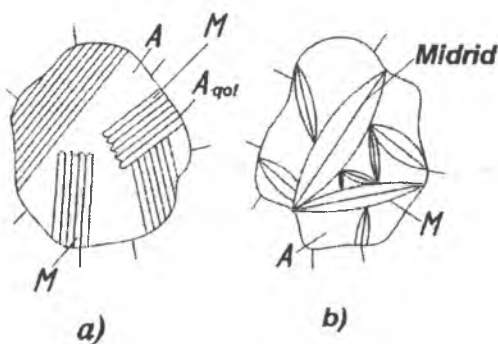
kogerent tutashuv sohalarida elastik deformatsiya yuzaga keladi. Bu elastik deformatsiya o'sishi (ortishi) natijasida plastik deformatsiya paydo bo'lishi va kogerentlikning buzilishi mumkin. Panjaralarning tutashuv sirtlari kristall donalar chegaralarining o'sishi bilan yoki kristallarda nuqsonlarning ko'p to'planib qolishi natijalarida ham buzilishi mumkin. Panjaralarning kogerentligi buzilgandan so'ng atomlarning austenitdan martensitga tartibli o'tishi jarayoni cheklanadi va mos ravishda martensit kristallari o'sishi ham to'xtaydi.

Elastiklik energiyasi (ΔF_{el}) oshib borishi natijasida martensit kristallari o'sishi kogerent buzilmasdan to'xtashi mumkin. Bunday holatda martensit bilan dastlabki faza o'rtasida termoelastik turg'unlik o'rnatiladi ($\Delta F_h=0$). Harorat oshishi bilan ΔF_h va martensit kristali kichrayadi, haroratning kamayishi bilan ΔF_h va martensit kristallari kogerent buzilgunga qadar yoki yangidan termoelastik turg'unlik o'rnatilmagunga qadar o'sib boradi. Termoelastik martensitli o'zgarish «Kurdgonov effekti» ham deb ataladi.

Austenitning martensitga o'zgarishi haroratning uzluksiz ravishda pasayishida sodir bo'ladi. O'zgarishning rivojlanishi martensitning yangi kristallari hosil bo'lishi evaziga sodir bo'ladi. Martensit kristallari diffusion panjarasi bilan orientatsiyalangan bog'lanishda bo'ladi, shuning uchun ularning o'sishi har xil kristollografik yo'nalishlarda bir xil bo'lmaydi. Buning natijasida martensit kristallari plastina shakliga ega bo'ladi va dastlabki diffusion bilan ma'lum qonuniyat bo'yicha orientatsiyalanadi. Martensit kristallari po'latlarning tarkibiga (birinchi navbatda undagi uglerodning miqdoriga) ko'ra va mos ravishda hosil bo'lish haroratlariga ko'ra turli morfologiyaga va turli xildagi substrukturaga ega bo'lishi mumkin. Ikkita asosiy morfologik turdagi martensit kristallari mavjud: paketli (yoki reykasimon) va plastinkasimon (juftlangan) (5.4-rasm).

Paketli martensit martensitli o'zgarish nuqtalari yuqori haroratlar chegarasida yotuvchi uglerodli va legirlangan konstruksion po'latlarda (tarkibida 0,5 % gacha uglerod bo'lgan) hosil bo'ladi. Paketli martensitning kristallari yupqa plastinalar reyka shaklida bo'lib, qalinligi 0,1 – 0,2 mkm oralig'ida bo'ladi. Bir nechta parallel kristallar cho'zilgan paket shaklini hosil qilib, diffusion donasida

martensit paketlari bir nechta odatda 2 – 4 ta bo‘ladi. Paketli martensitning substrukturasi murakkab va dislokatsiya zichligi kattaligi bilan tavsiflanadi ($\sim 10^{12} \text{ sm}^{-2}$).



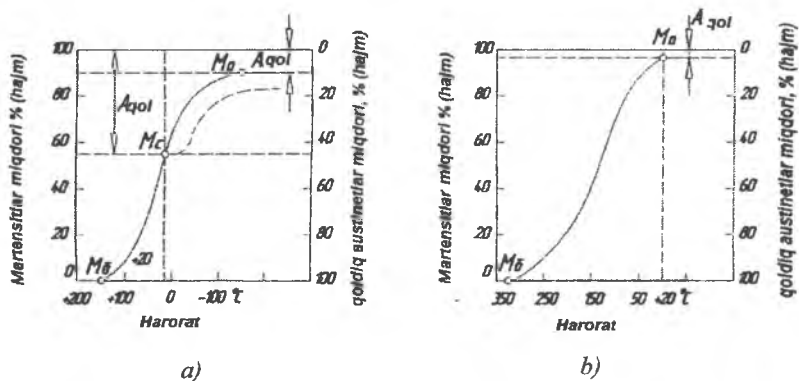
5.4-rasm. Taxlamsimon (a) va plastinkasimon (a) martensit.

Plastinkasimon (juftlangan) martensit, martensit nuqtalari past haroratlarda bo‘lgan yuqori uglerodli po‘latlarda (uglerod miqdori 0,8 % diffuziya) hosil bo‘ladi. Agar po‘latlar tarkibida 0,5 – 0,8 % uglerod bo‘lsa, u holda aralashgan (paketli va juftlangan) morfologiyadagi martensit hosil bo‘ladi.

Past haroratli plastinkasimon martensit kristallari linzasimon shaklda bo‘lib, qo‘shni kristallar o‘zaro parallel emas va murakkab fazoviy guruhlanishni hosil qiladi. Ularning ko‘rinishi ignasimon bo‘lib, bir-biriga nisbatan turli orientatsiyalarda joylashadi. Plastinkasimon martensit kristallari o‘zining o‘rta qismida ko‘plab sondagi mikrojuftliklardan iborat va ularning o‘rtasida iffus deb nomlanadigan soha hosil bo‘ladi (5.4-rasm, b). midrib inglizcha middleribbon so‘zining qisqartmasi bo‘lib, «o‘rta polosa» degan ma‘noni bildiradi. Bu juftliklarning qalinliklari $\sim 10 \text{ nm}$ gacha yetadi. Har qanday morfologiyadagi martensitning kristallari o‘lchamlari asosan dastlabki austenit donasining kattaligi bilan aniqlanadi. Austenit donali qanchalik diffuziya bo‘lgan bo‘lsa, martensit kristallari ham shunchalik yirik bo‘ladi.

Martensitli o'zgarish odatda birdaniga M_b haroratda boshlanadi va izotermik sharoitlarda emas, balki harorat oraliqlarida uzluksiz sovushda sodir bo'ladi. Martensit hosil bo'lishining ikkita asosiy: atermik va izotermik diffuziya turlari bor. Izotermik martensitli o'zgarish ba'zi bir maxsus qotishmalarda (masalan, Fe – Ni – Mn, Fe – Cr – Ni va b.) sodir bo'ladi va izotermik diagrammadagi o'zgarishlarga bo'ysunadi. Quyida faqat atermik o'zgarishlarni keltiramiz. Chunki oddiy sanoat po'latlarida martensitning izotermik o'zgarishlari unchalik ahamiyatga ega emas.

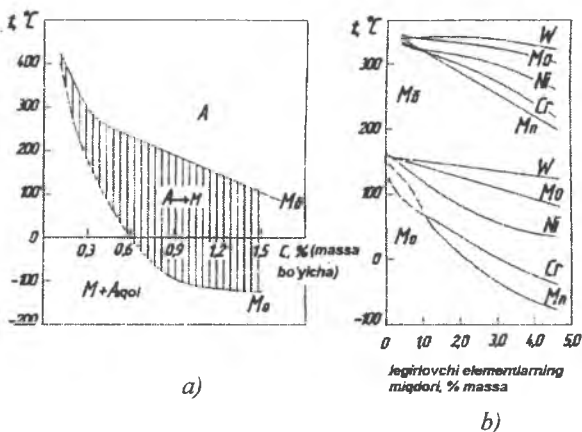
Martensitli o'zgarish rivojlanishi uchun po'latni M_b haroratdan pastki haroratga uzluksiz ravishda sovutish kerak. Agar sovutish to'xtatilsa martensitli o'zgarish ham amaliy jihatdan to'xtaydi. Martensitli o'zgarishning bu xususiyati A_1 haroratdan pastki izotermik sharoitda to'liq sodir bo'ladigan perlitli o'zgarishlardan keskin farq qiladi. Martensitning hosil bo'lishi miqdori haroratga bog'liq ravishda martensit egri chizig'i bilan ifodalanishi mumkin (5.5-rasm).



5.5-rasm. Yuqori uglerodli (a) va o'rtacha uglerodli (b) martensit po'latlar uchun martensit o'zgarish egri chiziqlari. Austenit turg'unlashgandan keyin martensit o'zgarishi egri chizig'i.

M_b – M_0 interval oraliqlarida harorat qanchalik past bo'lsa shunchalik ko'p miqdorda martensit hosil bo'ladi. Bu holda

martensit miqdorining o'sishi yangi va yanada yangi kristallarning hosil bo'lishi natijasida o'sib boradi. Har bir turdagi po'latlar uchun aniq haroratga erishilgandan so'ng austenitning martensitga o'zgarishi to'xtaydi. Martensitli o'zgarishning tugashi haroratini M_0 bilan belgilanadi. M_b va M_0 nuqtalarning holatlari sovutish tezligiga bog'liq emas va austenitning kimyoviy tarkibi bilan belgilanadi (atermik martensitli o'zgarish). Austenitda uglerod miqdori qancha ko'p bo'lsa, M_b va M_0 nuqtalar haroratlari ham shunchalik past bo'ladi (5.6-rasm). Barcha legirlovchi elementlar, kobolt va aluminiydan tashqari, M_b va M_0 nuqtalarni pasaytiradi.



5.6-rasm. Martensit nuqtalari M_b va M_0 haroratlarga uglerod miqdori (a) va legirlovchi elementlar komponentlarining (b) ta'siri.

5.6-rasmdan ko'rinib turibdiki, martensitli o'zgarish oxirigacha sodir bo'lmaydi. Shuning uchun toblangan po'latlarda, ayniqsa M_0 nuqtasi $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan past bo'lgan po'latlarda qoldiq diffusion bo'ladi. Qoldiq austenitning miqdori M_b va M_0 nuqtalar haroratlari qanchalik past bo'lsa shunchalik ko'p bo'ladi. Shuningdek austenitda uglerod va legirlovchi elementlar miqdori ko'p bo'lsa ham qoldiq diffusion miqdori ko'p bo'ladi. Tarkibida 0,6 – 1,0 % uglerod bo'lgan po'latlarda qoldiq diffusion 10 % dan ortiq bo'lmaydi,

po'lat tarkibida uglerod miqdori 1,3 – 1,5 % bo'lganda esa uning qiymati 30 – 50 % gacha yetadi (hajmga nisbatan).

Sovutish jarayonida Mo nuqtadan yuqorida yotuvchi haroratlarda ushlab turilsa, bu haroratgacha sovutish jarayonida o'zgar-masdan saqlanib qolgan diffusion yanada turg'un holatga o'tadi. Austenitning turg'unlashishidagi o'xshash xususiyati haroratning diffusion pasayishlarida martensitga o'zgarishi juda qiyin kechishi bilan tushuntiriladi. $\Gamma \rightarrow \alpha$ o'zgarish juda past haroratlarda ham juda sekin kechadi. Bu turg'unlashish hodisasi ayniqsa $M_b - M_o$ haroratlar oralig'ida kuchli darajada namoyon bo'ladi va haroratga bog'liqdir. Bunday turg'unlashish effekti namoyon bo'ladigan harorat M_s nuqta deb belgilanadi. Austenitning turg'unlashish hodi-sasi ba'zan martensit o'zgarishiga ijobiy ta'sir etuvchi kuchlanish relaksatsiyasi bilan tushuntiriladi.

Martensitning o'ziga xos tavsifli xususiyati uning yuqori darajada qattiqligi va mustahkamligi hisoblanadi. Martensitning qattiqligi uning tarkibidagi uglerod miqdoriga bog'liq bo'lib, tarkibida uglerodning oshishi bilan qattiqlik ham oshadi. Masalan, 0,6 – 0,7 % uglerodli po'latlarda martensit qattiqligi HRC 65 (HB 9600 Mpa) bo'lib, ferrit qattiqligidan 6 marta katta. Lekin martensit tarkibida uglerodning oshishi bilan uning mo'rt sinishga moyilligi oshadi. Masalan, tarkibida uglerod miqdori 0,35 – 0,4 % diffusion bo'lgan martensit past plastiklikka ega va mo'rt hisoblanadi.

Martensit noturg'un sturktura hisoblanib, uning erkin ener-giyasi perlitning erkin energiyasidan yuqoridar. Lekin past harorat-larda atomlarning harakati shunchalik darajada kamki, marten-sitning yanada turg'un strukturaga o'tishi amaliy jihatdan ro'y bermaydi. Martensitni qizdirish atomlarga qo'shimcha energiya uzatadi va martensitning ferrit - sementit aralashmasiga parcha-lanishini yuzaga keltiradi. Bu jarayon bo'shatish deyiladi.

Toblangan po'latlarni A_1 nuqtadan past haroratgacha qizdirish bilan boradigan termik ishlov berish «bo'shatish» deyiladi.

Toblangan po'latlarning tipik strukturasi martensit va qoldiq austenitdan iborat bo'lib, ular noturg'un faza hisoblanganligi va haroratga bog'liq ravishda o'zgrishga moyilliklari natijasida turg'un holatga, ya'ni ferrit va sementit aralashmalariga o'tadi. Martensit va

qoldiq austenitning parchalanish tezligi va tavsifi bo'shatish jarayonida qizdirish harorati bilan bog'liq.

Kam uglerodli po'latlarni past haroratli bo'shatishda yoki toblash jarayonida $M_b - M_o$ haroratlar oralig'ida dislokatsiyalarda uglerod to'planishi (segregatsiya) sodir bo'ladi. $\sim 100^\circ\text{C}$ haroratlarda uglerod atomlarining to'planishidan bir atom qalinlikdagi tekis – klasterlar (tarmoqlar) hosil bo'ladi.

Martensitli o'zgarishning birinchi bosqichida ($100-150^\circ\text{C}$ haroratlar oralig'ida) martensit kristallarida ε - karbid hosil bo'ladi. Karbidlar atrofida uglerod miqdori juda kam bo'ladi. Shunday qilib, po'latlarni past haroratlargacha qizdirganda karbidlar ajralib chiqishi bilan bir qatorda bir vaqtning o'zida ikkita α - qattiq eritma (martensit) yuqori uglerodli dastlabki va kam konsentratsiyali uglerodli fazalar bo'ladi. Martensitning bunday turdagi parchalanishi ikki fazali ajralish deyiladi.

150°C dan past haroratlarda diffuziya tezligi juda kam, shuning uchun karbid zarrachalari yiriklashishi to'xtaydi va martensit kristallari chegaralarida hamda nuqsonlar zichligi yuqori bo'lgan joylarda martensitning parchalanishidan karbidlarning yangi zarrachalari yuzaga keladi.

Karbid zarrachalari qalinligi bir nechta atomlar qatlamiga teng bo'lgan yupqa plastinkalar shaklida bo'ladi. E – karbid plastinkalari – faza panjaralari bilan kogerent bog'langan bo'ladi va buning natijasida ε – karbid va α – fazalar nisbiy hajmlari turlicha bo'ladi. Bu holat har ikkala fazaning kristall panjaralarining kuchli darajada siqilishiga olib keladi.

O'zgarishning ikkinchi bosqichida ($150 - 350^\circ\text{C}$ larda) martensitdan karbidlar ajralib chiqadi va ular mos ravishda ugleroddan ham to'yinmaydi.

Bunday haroratlarda uglerod diffuziyasi o'sadi, karbidlar kristallari yiriklashadi.

Past haroratli bo'shatishda karbidlar zarrachalari kristallografik tuzilishi va tarkibiga ko'ra sementitdan farq qiladi. Legrlangan po'latlarni past haroratli bo'shatishda legirlovchi elementlarning diffuzion qayta taqsimlanish sodir bo'lmaydi.

350°C haroratdan pastki haroratlarda martensitning parchalanishidan hosil bo'ladigan strukturasi bo'shatilgan martensit deyiladi

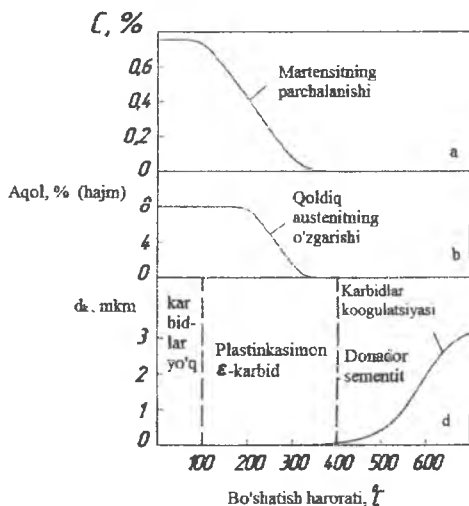
va u toblashda olingan martensitdan o'zining tarkibida uglerod miqdori kamligi bilan farq qiladi. Shuningdek bo'shatilgan martensit tarkibida ε – karbid plastinkali kristallari, ya'ni dispers qo'shimchalar karbidlari, martensit panjarasi bilan kogerent bog'langan. Bo'shatilgan martensit kristallari dastlabki martensit morfologiyasini saqlab qoladi, lekin ularning tetragonalligi va nuqsonlar zichligi kam.

A – eritmaning tarkibida uglerodning kamayishi uning tetragonallik darajasini (s/a) sekin-asta kamaytiradi va 300 – 350 °C haroratlarda amaliy jihatdan kubik panjaranikiga o'xshab 1 ga teng bo'ladi. Bo'shatish jarayonida martensitning parchalanishi uning hajmining kamayishi bilan kuzatiladi.

$T < 150$ °C haroratlarda legirlovchi elementlar martensit parchalanishiga sezilarli darajada ta'sir qilmaydi. Po'lat tarkibiga Cr, Mo, W, V, Ti va Si larning kiritilishi yuqori haroratlarda martensit parchalanishini hosil bo'lishini va karbid zarrachalarining o'sishini kuchli darajada sekinlashtiradi. Bu holat muhim amaliy ahamiyatga ega. Agar uglerodli va kam legirlangan po'lalarda bo'shatilgan martensitning holati, ya'ni uning qattiqligi 300 – 350 °C gacha saqlanadi, yuqori legirlangan po'latlarda esa bunday holat 450 – 500 °C va undan yuqori haroratlarga saqlanib qoladi.

Qoldiq austenitning o'zgarishi bo'shatishdagi ikkinchi turdagi o'zgarish deyiladi. Yuqori uglerodli va legirlangan o'rta uglerodli po'latlar tarkibida yuqori miqdorda qoldiq austenit bo'lib, 200 – 300 °C haroratlarda qoldiq austenitning uglerod bilan to'yinmagan martensit va karbid zarrachalariga parchalanishi yuzaga keladi. Qoldiq austenit parchalanishida hosil bo'lgan mahsulotlar strukturasini martensit o'zgarishida olinadigan strukturalardan farq qiladi (5.7-rasm).

Ichki kuchlanishlarni yo'qotish va karbid o'zgarishlarining sodir bo'lishi bo'shatishdagi uchinchi o'zgarish deyiladi. 350 – 400 °C haroratlarda α – eritmadan (martensitdan) uglerodning ajralib chiqishi jarayoni to'liq tugallanadi, ferrit va karbit o'rtasidagi kogerentlik bir vaqtning o'zida karbidli o'zgarish sodir bo'lishi evaziga buziladi, buning natijasida sementit: $\varepsilon \cdot \text{Fe}_x\text{C}$ Fe_3C hosil bo'ladi. E– karbid Fe_3C sementitga o'tishi oraliq holat – nuqsonli sementit hosil bo'lishi bilan sodir bo'ladi.



5.7-rasm. Uglerodli po'latlarni (0,8% C) bo'shatishda ularning tuzilishi va fazalarining tarkibi o'zgarishi.

Bundan tashqari, karbid zarrachalarining o'lchamlari va shakllari o'zgaradi, sferoidal ko'rinishga yaqinlashadi. Bu vaqtda karbid o'zgarish bilan bir qatorda substruktura o'zgarishi yuzaga keladi, ya'ni α -faza poligonlanadi. Martensitli o'zgarish jarayonida toblashda yuzaga keladigan makro- va mikro kuchlanishlar relaksatsiyasi o'zgaradi. Bo'shatishdagi to'rtinchi o'zgarish karbidlar koagulatsiyasi deyiladi va 600 – 680 °C haroratlar oralig'larida ro'y beradi. Bo'shatish haroratini 400 – 500 °C dan yuqori haroratlarga o'zgartirilganda uglerodli va kam hamda o'rtacha legirlangan po'latlarda fazaviy tarkib o'zgarishi ro'y bermaydi. Lekin harorat oshishi bilan mikrostruktura o'zgaradi; karbidlar koagulatsiyasi va sferoidlanishi sodir bo'ladi, α -faza substrukturasi o'zgaradi (5.7-rasm, a-d).

Bo'shatishda karbidlar koagulatsiyasi sementitning eng kichik zarralarining erishi va eng katta zarralarining o'sishi natijasida hamda bir vaqtning o'zida – qattiq eritmaning ugleroddan to'yinmasligi natijasida sodir bo'ladi. Yuqori haroratdagi bo'shatishdan keyin po'lat strukturalari bo'shatish sorbiti deyiladi.

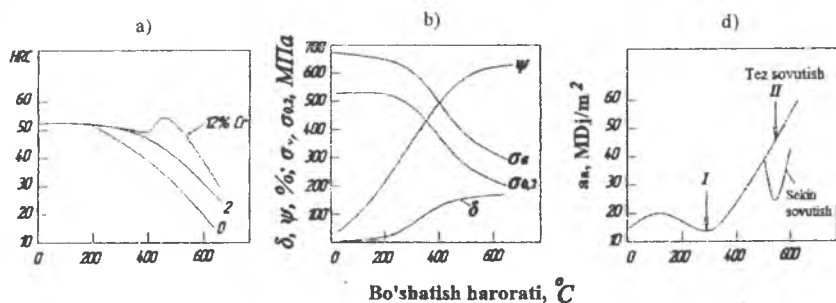
Bo'shatishdagi troostit va sorbit strukturalaridagi karbidlar zarrachalari austenitning o'ta sovutishda parchalanish natijasida hosil bo'lgan troostit va sorbitlardan farq qiladi. Ular plastinka-simon tuzilishga emas, balki donador tuzilishga ega bo'ladi. Donador strukturaning hosil bo'lishi po'latlarning ko'pgina xossalari yaxshilaydi. Ayniqsa, po'latlarning bunday strukturalarga ega bo'lishi ularning plastikligi va qovushqoqligini, eng asosiysi sinishga qarshiligini yaxshilaydi. Shuningdek, donador strukturali po'latlar bir xil qattqlik qiymatlariga ega bo'lsada, ular eng yuqori oquvchanlik chegarasi qiymatlariga hamda yuqori qovushqoqlik parametrlariga ega bo'ladi.

Koagulyatsiya natijasida karbid zarrachalari o'lchamlari ~1 mkm ga teng bo'ladi. 400 – 450 °C dagi bo'shatishdan keyin (troostit bo'shatishdan keyin) ularning zarrachalari o'lchamlari qiymatlari 0,3 mkm ni tashkil etadi. A₁ nuqtaga yaqin haroratlarda yanada qo'polroq ferrit - karbid strukturasida hosil bo'ladi. Bunday karbid zarrachalarining diametri ~3 mkm bo'ladi. Bu strukturalar donador sementitli perlit deyiladi. Bunday haroratlarda ferritning rekristallanishi sodir bo'ladi va uning substrukturasi yaxshilanadi.

Mo, W, V, Cr kabi legirlovchi elementlar karbidlarning koagulyatsiyasini sekinlashtiradi. Bunday turda bo'shatilgan po'latlar yuqorida keltirilgan elementlar bilan legirlangan bo'lsa, karbid zarrachalarining yuqori darajada dispersligini saqlab qoladi va mos ravishda yuqori mustahkamlikka ega bo'ladi. Bunday yuqori haroratlarda legirlovchi elementlarning diffuziyasi imkoniyati tug'iladi va ularning ferrit - sementit o'rtasida qayta taqsimlanishi yuzaga keladi. Karbid hosil qiluvchi elementlar (Mo, W, V, Cr) diffuziya natijasida ferritdan sementitga o'tadi, karbid hosil qilmaydigan elementlar esa (Ni, Co, Si) sementitdan ferritga o'tadi, sementitning legirlovchi elementlar bilan to'yinishi natijasida uning maxsus tuzilishdagi karbidlarga (M₂₃C₆, M₇C₃, M₂C yoki MC) o'zgarishi ro'y beradi. Bunday karbidlar ilgari sementit bo'lgan joylarda hosil bo'ladi («joyida» o'zgarish). Lekin ba'zi hollarda maxsus karbidlarning to'g'ridan-to'g'ri ajralishi sodir bo'ladi. Bu hodisa dispersion effekt (yoki ikkilamchi) qotish deyiladi.

Bo'shatishda martensitning parchalanishi po'latlarning barcha xossalari ta'sir qiladi. Past haroratli bo'shatishda (200 – 250 °C

gacha) po‘latlarning mo‘rt sinishga moyilligi kamayadi. Past haroratli bo‘shatishda toblangan va bo‘shatilgan po‘latlarning qattiqligi uning tarkibidagi legirlovchi elementlarga bog‘liq emas va asosan qattqlik – eritmada uglerod miqdori bilan belgilanadi. Shuning uchun yuqori uglerodli po‘latlar toblangandan keyin yuqori qattqlikka ega bo‘ladi, ya’ni martensit 200 – 250 °C gacha bo‘shatishdan keyin ham uglerod miqdorining yuqoriligini saqlab qoladi. Past haroratli bo‘shatishda po‘latlar mustahkamligini va qovushqoqlik xossalarini saqlab qoladi, bu xossalari makro va mikro kuchlanishlarning kamayishi bilan hamda struktura holatining o‘zgarishi bilan oshadi. Struktura puxtalovchi fazalar – karbidlar ajralib chiqadi. Bo‘shatish harorati 200 – 250 °C harorat oralig‘idan 500 – 680 °C harorat oralig‘lariga oshganda po‘latlarning qattqligi, vaqtinchalik qarshiligi, oquvchanlik chegarasi, nisbiy uzayish va qisqarish kabi xossalari pasayadi (5.8-rasm, b).



5.8-rasm. Po‘latlarning qattqligi, vaqtinchalik qarshiligi, oquvchanlik chegarasi, nisbiy uzayish va qisqarish kabi xossalari.

Bu hodisa quyidagilar bilan tushuntiriladi:

- α - eritmada uglerod miqdori kamayadi;
- karbidlar va faza o‘rtasidagi chegarada kogerentlik buziladi;
- qaytarish jarayoni boshlanishi – rekristallanish rivojlanadi;
- karbidlar koagulatsiyasi yuzaga keladi.

Barcha legirlangan po‘latlar, ayniqsa tarkibida karbid hosil qiluvchi elementlar bo‘lgan po‘latlar, uglerodli po‘latlar bilan bir xil sharoitlarda (haroratlarda) bo‘shatilgandan keyin uglerodli po‘latlarga nisbatan yuqori darajada qattqlikka ega bo‘ladi (5.8-rasm, a).

Bu martensitning parchalanishi sekinlashuvi, karbidlarning hosil bo'lishi va koagulyatsiyasi bilan bog'liqdir. Tarkibida ko'p miqdorda Cr, W, Mo bo'lgan po'latlarni yuqori haroratlarda ($500 - 600^{\circ}\text{C}$) bo'shatish natijasida ularning strukturasi martensitda maxsus karbidlar zarrachalari hosil bo'ladi va mustahkamlik, qattqlik, plastik deformatsiyaga qarshilik ko'rsatish xossalari oshadi (5.8-rasm, a).

Ba'zi bir legirlangan po'latlarni ($200 - 400^{\circ}\text{C}$ va $500 - 550^{\circ}\text{C}$) haroratlarda bo'shatganda ularning zarbiy qovushqoqligi kamayadi. Bu holat bo'shatishdagi mo'rtlilik deb nomlanadi. Legirlangan po'latlarda 2 xildagi bo'shatishdagi mo'rtlilik yuzaga kelishi mumkin (5.8-rasm, d):

- 1) Qayta tiklanmaydigan I turdagi bo'shatishdagi mo'rtlilik;
- 2) Qayta tiklanadigan yoki II turdagi bo'shatishdagi mo'rtlilik.

Qaytmaydigan I turdagi bo'shatishdagi mo'rtlilik $250 - 400^{\circ}\text{C}$ haroratlar oralig'ida bo'shatish natijasida kuzatiladi. I turdagi mo'rtlilikning farqi uning qaytmaslik xususiyatidir. Bu turdagi mo'rtlilik $>400^{\circ}\text{C}$ haroratgacha qizdirish bilan to'planadi. Keyingi bosqichda $250 - 400^{\circ}\text{C}$ haroratga qizdirishda zarbiy qovushqoqlik kamayadi. Qaytmas mo'rtlilik holatidagi po'lat yaltiroq kristallararo sinishi ko'rinishiga ega bo'ladi. Mo'rtlilik holati martensitning har xil jinsli parchalanishida hosil bo'ladigan hajmiy kuchlanish holati bilan bog'liq. Shuning uchun qaytmas mo'rtlilik jadal rivojlanadigan yuqori haroratli sohalarida bo'shatish jarayoni amalga oshiriladi.

II turdagi mo'rtlilik qaytadigan xususiyatga ega bo'lib, ba'zi bir legirlangan po'latlarda sekin sovitilganda (pechda yoki havoda) $500 - 550^{\circ}\text{C}$ harorat oralig'ini sekin o'tganda hamda bu haroratlar oraliqlarida uzoq vaqt ushlab turilganda paydo bo'ladi. Bo'shatishdagi mo'rtlilik rivojlanganda zarbiy qovushqoqlik kuchli darajada kamayadi, bu turdagi bo'shatishdagi mo'rtlilik tezda sovitish (masalan, suvda) orqali oldi olinadi. Agar po'latlarda bu turdagi mo'rtlilik hosil bo'lsa, uni qaytadan $600 - 650^{\circ}\text{C}$ haroratlarda qizdirish va aniq vaqt oraliqlarida $500 - 550^{\circ}\text{C}$ da bo'shatish orqali yo'qotiladi.

II turdagi mo'rtlilik tarkibida yuqori miqdorda fosfor yoki marganes, kremniy, xrom yoki bir vaqtning o'zida po'lat tarkibiga xrom yoki nikelning yoki marganes kiritilganda kuzatiladi. Po'lat tarki-

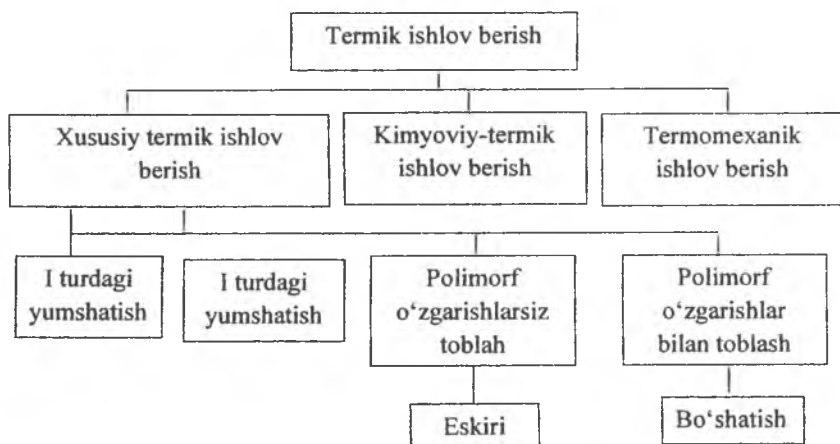
biga molibden yoki volframning kiritilishi (0,2 – 0,3 % Mo yoki 0,5 – 0,7 % W) po‘latlarning bo‘shatishdagi mo‘rtligiga moyilligini keskin kamaytiradi.

II turdagi mo‘rtlikning hosil bo‘lishiga asosiy sabab ba’zi bir elementlar atomlarining (asosan fosfor atomlari) donalar chegarasida to‘planib qolishi va sirtlarida bunday elementlarning mayda dispers holatida boyishi bilan tushuntiriladi. Ayniqsa po‘lat tarkibida fosforning bo‘lishi donalararo darzlar hosil bo‘lishiga olib keladi, bu darzlar esa o‘z navbatida bo‘shatishdagi mo‘rtlikning rivojlanishiga sabab bo‘ladi. Po‘lat tarkibida qo‘shimchalar qancha kam bo‘lsa, uning bo‘shatishdagi mo‘rtlikka moyilligi shunchalik kam bo‘ladi.

VI-BOB. PO‘LATLARGA TERMİK ISHLOV BERISH USULLARI

Materiallarning strukturalari va xossalarini o‘zgartirish maqsadida aniq rejimlar bo‘yicha ularga issiqlik bilan ta’sir qilish jarayonlari termik ishlov berish deyiladi. Termik ishlov berish orqali detalarni puxtalash mashinasozlikda keng ko‘lamda qo‘llanildi.

Termik ishlov berishning quyidagi: xususiy termik ishlov berish, kimyoviy termik ishlov berish va termomexanik ishlov berish turlari mavjud (6.1-rasm).



6.1-rasm. Asosiy termik ishlov berish usullarining tasniflanish sxemasi.

Xususiy termik ishlov berish materialga faqat issiqlik ta’sirida, kimyoviy termik ishlov berish kimyoviy va termik ishlov berishlarning birgalikdagi ta’sirida, termomexanik ishlov berish esa plastik deformatsiya va termik ta’sirlarning birgalikda olib borilishlari bilan farqlanadi.

Xususiy termik ishlov berish yumshatish, toblash va bo‘shatish kabi turlarga bo‘linadi.

Yumshatish keyingi bosqichda termik va mexanik ishlov berish uchun tayyorgarlik operatsiyasi hisoblanadi. Yumshatishda oxirgi struktura va buyumlarning oxirgi ekspluatatsion xossalari shakllanmaydi.

Yumshatish jarayoni materiallarda turg'un struktura olish uchun ularni aniq haroratlargacha qizdirish va keyinchalik asta-sekin sovutish jarayonini o'z ichiga oladi.

I turdagi yumshatish buyumning kesim bo'yicha kimyoviy tarkibini birxillashtirish uchun qo'llaniladi. Bunda gomogen (bir xil) tarkib olinganligi uchun gomogenlovchi yumshatish ham deb yuritiladi. Shuningdek plastik deformatsiyadan keyingi zichlanishlarni yo'qotish uchun (rekristallovchi yumshatish); quymakorlik, payvandlash, kesib ishlash va shu kabi texnologik operatsiyalardan keyin ichki kuchlanishlarni kamaytirish uchun qo'llaniladigan yumshatish turlari mavjud.

I turdagi yumshatishda fazaviy (polimorf) o'zgarishlar sodir bo'lmaydi, agar sodir bo'lsa ham, oxirgi struktura-tuzilishiga unchalik ta'sir qilmaydi.

II turdagi yumshatishda albatta fazaviy (polimorf) o'zgarishlar sodir bo'ladi va qotishmalarda turg'un struktura holatini olish imkonini beradi.

II turdagi yumshatishning to'liq, to'liqsiz, izotermik va normallovchi turlari mavjud. Normallovchi yoki normallashtirish II turdagi yumshatishning xususiy holi bo'lib, bu jarayonda qotishma polimorf o'zgarishlar nuqtasidan yuqori haroratga qizdirilib keyin sokin havoda sovutiladi.

Toblash jarayonida qotishmalar kritik haroratdan yuqorigacha qizdiriladi va noturg'un struktura olish maqsadida kritik tezlikdan katta tezlikda sovutiladi. Toblash natijasida qotishmalarning mustahkamligi va qattiqligi oshadi.

Toblashning polimorf o'zgarishlarsiz va polimorf o'zgarishlar bilan sodir bo'ladigan turlari mavjud.

Polimorf o'zgarishlarsiz toblash struktura o'zgarishlari ro'y beradigan haroratgacha qizdirish va keyinchalik tezda sovutish bilan to'yingan qattiq eritma olish uchun qo'llaniladi. Bunda ortiqcha fazalar qattiq eritmada aralashib struktura-noturg'un holat olinadi. Bu turdagi toblash bir fazaning ikkinchi fazada qisman yoki to'liq

eriydigan barcha qotishmalar uchun qo'llaniladi. Asosan rangli qotishmalarni puxtalash uchun qo'llanilib temir asosidagi qotishmalarda, xususan polimorf o'zgarishlar bo'lmaydigan austenitli po'latlarda karbidlar va intermetallizatsiyalarni aralashtirish uchun qo'llaniladi.

Bunday ishlov berishdan keyin eskirish jarayoni qo'llaniladi. Eskirishda salgina qizdirish yoki xona haroratida uzoq vaqt ushlab turish orqali uning strukturalarining turg'un holati olinadi.

Polimorf o'zgarishlar bilan sodir bo'ladigan toblash jarayoni polimorf o'zgarishlar haroratidan yuqori haroratga qizdirilib keyinchalik yetarlicha tezlikda tezda sovutib noturg'un struktura olish uchun qo'llaniladi. Bu turdagi toblashni sovutish jarayonida kristall panjaralari qayta tiriladigan barcha turdagi po'latlar uchun qo'llash mumkin. Bunda hosil bo'ladigan faza martensit deyiladi. Shuning uchun polimorf o'zgarishli toblashni martensitga toblash ham deb ataladi. Bunday toblashdan keyin bo'shatish – turg'un holat olish uchun toblangan qotishmani qizdirish jarayoni qo'llaniladi.

6.1. I turdagi yumshatish

Po'latlarning dastlabki holati va haroratga bog'liq ravishda I turdagi yumshatish gomogenlash, rekristallash va qoldiq kuchlanishlarni yuqotish kabi jarayonlarni amalga oshirish uchun bajari-ladi. Bu turdagi yumshatishning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, yuqorida keltirilgan jarayonlar qotishmalarda bunday ishlov berishda fazaviy o'zgaishlar ro'y berish yoki bermasligiga bog'liq bo'lmagan holda sodir bo'ladi. Shuning uchun I turdagi yumshatish fazaviy o'zgarishlar haroratlaridan yuqorigi yoki pastki haroratlarda o'tkaziladi.

Bu turdagi ishlov berish uni bajarish haroratlariga va sharoitlariga bog'liq ravishda dastlabki ishlov berish natijasida yuzaga kelgan kimyoviy va fizik nojinsliliklarni qandaydir darajada kamaytiradi.

Polegonlash yoki diffuzion yumshatish quyma legirlangan po'lalar uchun dendrit va ichki kristall likvitsiyalarni kamaytirish maqsadida amalga oshiriladi. Buning natijasida bosim ostida ishlov

berilayotgan po'latlarning mo'rt sinishga, anizotrop xossalari va nuqsonlar hosil bo'lishiga moyilliklari oshadi. Bunda nuqsonlar qatlamli sinish va flokonlar (yupqa ichki darzlar) ko'rinishida bo'lishi mumkin. Diffuzion yumshatish ba'zi bir nometall qo'shimchalarning asosiy metalda qisman singishi va koagulyatsiyasiga juda yaxshi sharoit yaratib beradi.

Dendritli likvatsiya legirlangan po'latlarning plastikligini va qovushqoqligini pasaytiradi. Shuning uchun faqat kichik quyma detallar emas, balki yirik quymalar ham gomogenlash uchun ishlov beriladi. Diffuzion yumshatishda qizdirish harorati yuqori, ya'ni 1100-1200 °C bo'lib, bunda diffuzion jarayonlar to'liq sodir bo'lishi bilan bir qatorda po'latlarning alohida hajmlarida ularning tarkibiy tenglashuvi sodir bo'lishi zarur.

Haroratning oshishi bilan diffuziya tezlashadi. Odatda, gomogenlovchi yumshatish 0,90-0,95 T_{er} (absolyut shkala bo'yicha) haroratlardan yuqorida, lekin qotishamning solidus nuqtasidan pastda o'tkaziladi.

Diffuzion yumshatishning umumiy davomiyligi (qizdirish, ushlab turish va sekin sovutishga ketgan vaqtlar) ko'p hajmdagi metallar uchun 50 ± 100 va undan ko'p vaqtни tashkil etadi. Po'latlarning tarkibi va hajmiga bog'liq ravishda ishlov berish haroratida ushlab turish vaqti 8-20 soatni tashkil etadi. Gomogenlanishning eng jadallashgan davri yumshatishning boshlang'ich bosqichida sodir bo'lib, po'latlarning tarkibi bir xillashuvi evaziga $\frac{dc}{dx}$ konsentratsiya gradiyenti kamayadi. Shuning uchun yumshatishda ko'p vaqt ushlab turish samara bermaydi. Haroratni oshirish bilan yumshatishda ushlab turish vaqtini kamaytirish mumkin.

To'liq gamogenlash vaqti faqatgina yumshatish haroratigagina bog'liq bo'lmay, balki, qattiq eritmada komponentlarning diffuzion harakatini ta'minlovchi qotishmaning tabiatiga ha bog'liq. Gomogenlanish vaqtiga quyma qotishmaning dastlabki strukturasi ham kuchli darajada ta'sir qiladi. Gomogenlanish tezligi ortiqcha faza zarrachalarining qalinligiga va asosiy faza dendrit yacheykalarining o'lchamiga bog'liq.

Ortiqcha fazaning singishi tugashi vaqti τ , ning eriyotgan fazaning zarrachalari o'rtacha qalinligi m ga bog'liqligi quyidagi tenglamaga bo'ysunadi:

$$\tau_r = a \cdot m^b; \quad (6.1)$$

bu yerda, a va b – berilgan qotishma va harorat uchun doimiylar.

Dendrit yacheykalarining o'lchamlari kamayishi bilan uning kesimi bo'yicha o'rtacha kotsentratsiya gradiyenti o'sib boradi va Fik qonuniga mos ravishda diffuziya tezlashadi. Dendrit yacheyka o'lchami gomogenlanish tezligiga ta'sir qiladi, chunki dendrit faza o'lchamlari kamayishi bilan ortiqcha faza o'lchamlari ham kamayadi.

Mikrostrukturani rostlash orqali gomogenlashni tezlashtirishning ikki xil usuli mavjud. Birinchi usulda qotishma kristallanish tezligi oshiriladi, ikkinchi usulda esa bosim ostida ishlov berish bilan struktura maydalanadi.

Ko'p komponentli qotishmalarni gomogenlashdagi yumshatishda qattiq eritmadagi alohida komponentlar diffuzion qayta taqsimlanishi juda murakkab kechadi. Chunki diffuziya to'g'risidagi klassik nazariyalarda eritma tarkibidagi komponentlarning o'zaro ta'sirlari hisobga olinmaydi. Bunday o'zaro ta'sirlarning ko'rinishlaridan biri "ko'tariluvchi" diffuziya, ya'ni konsentratsiya gradiyenti ko'payishi tomon komponentlarning oqimidir.

Ko'tariluvchi diffuziya va komponentlarning murakkab qayta taqsimlanishi to'g'risidagi tushunchalar termodinamikaning qaytamas jarayonlari haqidagi tasavvurlar orqali ilg'ab olinadi. Bunga asosan umumiy holda diffuzion ko'chishni harakatlantiruvchi kuch konsentratsiya gradiyenti emas, balki diffuzion oqimga proporsional bo'lgan kimyoviy potensial gradiyenti μ hisoblanadi:

$$I = -M \frac{d\mu}{dx}; \quad (6.2)$$

Fikning birinchi qonuni faqat ideal eritmalar uchun, ya'ni turli komponentlarning oqimlari bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashmaydigan hol uchun o'rinlidir.

Real eritmada I komponentning kimyoviy potentsiali uning termodinamik faolligiga bog'liq.

Komponentning kimyoviy potentsiali real eritmada uning faolligini belgilaydi. Bu faollikni ideal eritmada uning konsentrat-siyasi belgilaydi. Agar eritmaning qo'shni uchastkalarida i ta komponentlarning faolliklari bir xil bo'lsa, ular qayta taqsimlanmaydi.

Faollik gradiyenti diffuziyaning asosiy harakatlantiruvchi kuchi hisoblanadi.

Yuqorida keltirilgan asosiy strukturalar o'zgarishlari bilan bir vaqtda gomogenlash jarayonida struktura uchun zararli o'zgarishlar ham kuzatilishi mumkin. Bu holatlar albatta, termik ishlov berish rejimlarini tiklashda muhim hisoblanadi.

Diffuzion yumshatish natijasida strukturada yirik donalar olinadi. Bu nuqson keyinchalik bosim ostida ishlov berish orqali tuzatiladi. Mexanik ishlov berish usuli bilan sirtida hosil bo'lgan nuqsonlarni yo'qotish uchun yumshatishdan keyin ba'zida $670 \pm 680^{\circ}\text{C}$ da 1-16 soat davomida bo'shatish jarayoni bajariladi. Fasonli quymalar gamogenlashdan keyin to'liq yumshatish yoki normallash orqali donalari maydalashib ularning xossalari yaxshilanadi.

Agar qotishma turg'un holatida bir fazali bo'lish zarur bo'lmasa, gomogenlanish haroratida to'liq erishga moyil bo'lmagan ortiqcha fazalar koagulyatsiyalanishi mumkin va yumshatish vaqtining ortishi bilan ular dumaloq shaklga ega bo'ladi.

Noturg'un qo'shimcha fazalarni qattiq eritmaga o'tkazish uchun gomogenizatsiyalash yumshatishi uchun shunday harorat tanlanadiki, qo'shimcha faza tarkibiga kiruvchi komponentlarning asosiy metalda eruvchanligi eng yuqori bo'lishi zarur. Ko'p komponentli qotishmalarda bunday haroratlarda komponentlarning past eruvchanligi kuzatilishi mumkin. Ular qo'shimcha noturg'un faza tarkibiga kirmasdan kristallanishdan keyin asosan qattiq eritmada qoladi. U holda gomogenizatsiyalash yumshatishda bir vaqtning o'zida ikkita jarayon ketishi mumkin. Birinchi jarayonda noturg'un qo'shimcha fazaning unga nisbatan to'yinmagan qattiq eritmada erishi, ya'ni qotishmaning gomogenlanishi bo'ladi. Ikkin-

chi jarayonda esa to'yingan qattiq eritmalaridan boshqa fazalarning ajralib chiqishi, ya'ni struktura geterogenizatsiyasi. Bunday geterogenlanish ko'plab aluminiy qotishmalarini gomogenlovchi yumshatishda muhim rol o'ynaydi.

Gomogenlovchi yumshatishda strukturalarning geterogenizatsiyalanishi buyumlarga keyingi bosqichda ishlov berishda qotishmalarning xulqiga va xossalriga kuchli darajada ta'sir qilishi mumkin.

Strukturalar geterogenlanishi faqat izotermik ushlab turish vaqtida emas, balki buyumlarni yumshatish haroratidan sovutish davrida ham rivojlanishi mumkin. Geterogenlanish jarayonini oldini olish uchun asosan qotishmalarni gomogenlovchi yumshatish haroratidan tezlatib sovutish zarur bo'ladi (masalan, havoda).

Legirlangan po'latlarni gomogenlovchi yumshatish haroratidan havoda sovutishda sirt qatlamlarida to'liq yoki qisman martensit toblash bo'lishi mumkin.

Ba'zi bir aluminiy qotishmalarini uzoq vaqt ushlab turishda g'ovaklik rivojlanishi mumkin.

Qotishmani qizdirishda rivojlanadigan g'ovaklikka ikkilamchi g'ovaklik deyiladi. Birlamchi g'ovaklik kristallanish jarayonida hosil bo'ladi. Yumshatish harorati qanchalik yuqori bo'lsa, ikkilamchi g'ovaklik ham shunchalik ko'p bo'ladi.

Ikkilamchi g'ovaklik hosil bo'lishining asosiy sabablaridan biri strukturaning tezda kristallanishidan to'yingan eritmadan vodorodning ajralib chiqishi hisoblanadi. Boshqa sabablaridan biri esa kirkendal effekti, ya'ni har xil komponentlar atomlarining qarama-qarshi diffuzion oqimlari teng emasligi hisoblanadi. Diffuziyaning vakansion mexanizmida qattiq eritmadagi juda tez diffuziyanuvchi elementlar atomlari ketgan uchastkalarda qo'shimcha vakansiyalar paydo bo'ladi va buning natijasida diffuzion g'ovaklik vujudga keladi. Lekin g'ovakliklarning ko'payishi buyumlarning xossalriga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatmaydi.

Rekristallizatsion yumshatish – bu deformatsiyalangan metall va qotishmalarga termik ishlov berish usuli bo'lib, u asosan rekristallanish jarayonini amalga oshirish uchun qo'llaniladi. Bu jarayonda sovuqlayin deformatsiyalangan po'latlarni qizdirish rekristallanish haroratlaridan asosiy maqsad zichlanganliklarni yo'qotish va plastiklikni oshirish. Bu turdagi yumshatish bosim ostida

sovuqlayin ishlov berishdan va deformatsiyalar oraliqlarida zichlanganliklarni olish uchun oraliq operatsiya sifatlarida qo'llaniladi. Ba'zi bir holatlarda rekristallizatsiyalangan yumshatish oxirgi termik ishlov berish sifatida qo'llaniladi.

Rekristallanish yumshatishi po'latlarning tarkibiga bog'liq ravishda $650-760^{\circ}\text{C}$ haroratlar oraliqlarida o'tkaziladi.

Po'latlar tarkibida uglerod va legirlovchi elementlar miqdorining oshishi rekristallanish haroratini oshiradi. Buning hajm bo'yicha rekristallanishga erishish uchun va jarayonning sodir bo'lishi vaqtini kamaytirish uchun haroratni rekristallanish chegarasi haroratidan oshiriladi. Kam uglerodli ($0,08 + 0,20\%$ C) list po'latlar uchun sovuqlayin shtamplash qo'llanilganda rekristallovchi yumshatish harorati $680 - 700^{\circ}\text{C}$, davomiyligi esa 8-12 soatni tashkil etadi.

Po'latlarni yumshatishda ferritning rekristallanishidan tashqari sementitning koagulyatsiyasi va sferiklashuvi sodir bo'ladi. Bu esa uning plastiklik xossalarini oshiradi, bosim ostida sovuqlayin ishlov berishni yengillashtiradi. Ko'p hollarda elektrotexnik, zanglamas va boshqa po'latlar rekristallovchi yumshatish qo'llaniladi.

Qoldiq kuchlanishlarni yo'qotish uchun bajariladigan yumshatish quymalar, chokli buyumlar, detallarni kesib ishlashdan va boshqa shu kabilardan keyin qo'llaniladi.

Asosan bunday operatsiyalardan keyin notekis sovutish, plastik deformatsiyaning nojinsililigi kabilar natijasida qoldiq deformatsiya hosil bo'ladi.

Qoldiq deformatsiya detallarga ishlov berishda ularning o'lchamlari o'zgarishga sabab bo'ladi. Qoldiq deformatsiyani yo'qotish uchun po'lat buyumlarni yumshatish $160-170^{\circ}\text{C}$ haroratlarda o'tkaziladi. Pretsizion dastgohlarning ko'pgina detallari – yurish vinti, yuqori yuklanishli tishli g'ildiraklar, g'ovaklar asosiy mexanik ishlov berishdan keyin $570-600^{\circ}\text{C}$ haroratlar oraliqlarida 2-3 soat davomida yumshatiladi. Jilvirlashda hosil bo'ladigan kuchlanishni yo'qotish uchun yumshatish $160-180^{\circ}\text{C}$ da 2-2,5 soat davomida o'tkaziladi. Payvand choklaridagi kuchlanishlarni yo'qotish uchun yumshatish $650-700^{\circ}\text{C}$ haroratlarda o'tkaziladi.

Qoldiq kuchlanishlar boshqa turdagi yumshatishlar amalga oshirilganda ham kamayadi.

6.2. II tur yumshatish

Yumshatishdan maqsad muvozanatda bo'lmagan strukturani muvozanat holatga keltirishdir. Odatda, *yumshatish* deganda buyumni ma'lum haroratgacha qizdirib, pech bilan birgalikda sovitishga aytiladi.

Yumshatishning quyidagi turlari mavjud:

- rekristallash;
- chala yumshatish;
- to'la yumshatish.

• Rekristallash uchun buyum $650\text{--}700^{\circ}\text{C}$ gacha qizdirilib, shu haroratda ma'lum vaqt ushlab turilgandan keyin pech bilan birga sovitiladi. Bunda ferrit qayta kristallanadi va sementit diffuziya o'sadi va materialning plastikligi ortadi.

• Chala yumshatish uchun buyum GS chizig'idan $10\text{--}30^{\circ}\text{C}$ yuqori haroratgacha qizdiriladi va ma'lum vaqt ushlab turilgandan keyin pech bilan birga sovitiladi. Bunday termik ishlovdan maqsad plastina ko'rinishidagi perlitni yumaloq shaklga keltirishdan iborat. Uning qattiqligi plastinasimon perlitdan diffuziya past bo'lsada, plastikligi yuqoridir.

• To'la yumshatish deb donachalarini nisbatan maydalash va qoldiq ichki zo'riqishlarini kamaytirish maqsadida evtektoiddan oldingi po'latlarni GS chizig'idan, evtektoiddan keyingi po'latlarni RSK chizig'idan $30\text{--}50^{\circ}\text{C}$ yuqori haroratgacha qizdirib, shu haroratda ma'lum vaqt ushlab turilgandan keyin pech bilan birga sovitishga aytiladi. Yuqori haroratda ushlab turish vaqti buyum materialida faza o'zgarishlari yuz berishi uchun yetarli bo'lishi kerak. Natijada hosil bo'lgan mayda donali austenit sovishi hisobiga perlit donachalari ham maydalashadi. Sovitish vaqtini kamaytirish maqsadida austenit eng kam barqarorlikka ega bo'lgan haroratda to'la parchalanguncha ushlab turiladi. Austenit perlitga to'liq parchalangandan so'ng asta-sekin sovitiladi. Bunday termik ishlov berish *izotermik yumshatish* deyiladi. Bunga to'la yumshatishga qaraganda 2–3 marta kam vaqt ketadi.

6.3. Po‘latlarni toblash

Toblashdan maqsad mashinasozlik materiallarining mustahkamligini oshirishdir. Toblashning boshqa sof termik ishlov berishdan asosiy farqi uni diffuzion tezlik bilan sovitilishidir.

Toblash harorati Fe–Fe₃C holat diagrammasiga muvofiq aniqlanadi.

Toblash harorati buyumning butun ko‘ndalang kesimi bo‘yicha bir xil bo‘lishi uchun ko‘p vaqt ketsa, austenitning o‘sib ketish xavfi bor. Buyumni pechda ma‘lum haroratda tutib turish vaqti uning shakliga, pechga joylash usuliga va turiga bog‘liq.

Xomakilarni yuqori haroratli pechda qizdirganda uglerod kuyadi. Natijada buyumning yuzasida uglerod miqdori kamayadi. Buning oldini olish maqsadida mashinasozlikda ish muhiti nazorat qilib turiladigan pechlar qo‘llaniladi. Toblash muhitini to‘g‘ri tanlash muhim ahamiyatga ega. Austenitning izotermik parchalanish diagrammasidan ma‘lumki, toblash uchun kerakli bo‘lgan eng kichik sovitish tezligi egri chiziqqa urinma bo‘lmog‘i kerak. Lekin sovitish tezligini martensitga parchalanish chegarasida sekinlatishi zarur, shunda buyumda yuzaga keladigan ichki termik kuchlanishlar mumkin qadar kamayadi.

Sovitish muhiti sifatida suv, mineral moylar, tuz eritmaları ishlatiladi. Uglerodli po‘latlarni toblashda suv, yuqori legirlangan po‘latlarni toblashda esa mineral moylar ishlatiladi.

Agar xomakining ko‘ndalang kesimi katta va shakli murakkab bo‘lmasa, to‘xtovsiz bir daqiqada sovitish mumkin (6.2-rasm, 1-egri chiziq).

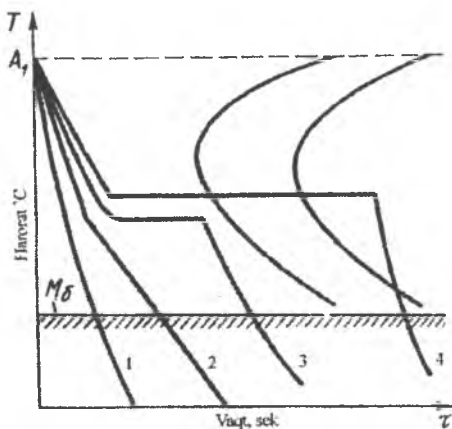
Yuqori uglerodli po‘latlarni toblashda sovitish uchun ikki muhitdan foydalaniladi. Buning uchun po‘lat austenitning barqarorligi eng kichik davrdan o‘tguncha suv bilan sovitiladi, so‘ngra martensitga parchalanish haroratidan 80–100 °C yuqori haroratda moyda sekin sovitiladi (6.2-rasm, 2-egri chiziq).

Agar asbobning tuzilishi murakkab va hajmi katta bo‘lsa pog‘onali toblash qo‘llaniladi (6.2-rasm, 3-egri chiziq).

Bunda asbob suyuq muhitda martensitga parchalanishdan yuqoriroq haroratda ushlab turiladi, so‘ngra havoda sovitiladi. Shun-

day qilinganda martensitga parchalanishdan oldin harorat butun hajm bo'yicha bir xil bo'ladi.

Ko'p hollarda o'rtacha uglerodli po'latlardan tayyorlanadigan mashinalarning murakkab qismlari izotermik haroratda toblanadi. Bunda po'lat beynitgacha tez sovitiladi. Beynit parchalanib bo'lgach, sovitish davom ettiriladi (6.2-rasm, 4-egri chiziq). Natijada po'lat strukturasida parchalanmay qolgan austenit paydo bo'ladi. Bunday toblangan po'latlarda plastiklik va qattqlikning yaxshi mutanosibligi yuzaga keladi.



6.2-rasm. Toblash usullarini tushuntiruvchi chizma.

Mashinasozlik amaliyotida o'z-o'zidan bo'shatish imkonini beradigan toblash usullari mavjud. Buning uchun qizdirilgan buyumning bir qismigina sovitiladi. Sovitilmagan qismning issiqligi hisobiga sovitilgan qism bo'shatish haroratigacha qiziydi. Natijada bo'shatish jarayoni o'z-o'zidan yuz beradi. Bunday toblash usulida turli qismlari har xil qattqlikka ega bo'lgan buyumlar olinadi.

Toblash natijasida erishiladigan eng katta qattqlik po'latning *toblanuvchanligi* deyiladi. U asosan po'latning tarkibidagi uglerod miqdoriga bog'liq bo'ladi. Har xil muhitda sovitilgan po'latning eng katta qattqligi yuza qattqligidir. Yuzadan 50% martensit va 50% trostitdan iborat qatlamgacha bo'lgan oraliq *toblanish chuqurligi*

deyiladi. Toblanish chuqurligini aniqlashda diametri 25, uzunligi 100 mm ga teng namunadan foydalaniladi.

6.4. Po‘latlarni bo‘shatish

Bo‘shatishdan maqsad toblash natijasida buyumda hosil bo‘lgan ichki kuchlanishlarni kamaytirish, plastik xossalarni oshirishdir. Bo‘shatish toblashdan keyin bajarilishi shart bo‘lgan jarayondir. Bo‘shatish uchun buyum PSK kritik nuqtadan past haroratgacha qizdiriladi. Bo‘shatish uch xil bo‘ladi:

- past haroratda bo‘shatish. Buning uchun buyum 160–250°C haroratda qizdiriladi, ma’lum vaqt tutib turilgandan keyin havoda sovutiladi. Hosil bo‘lgan struktura *bo‘shatilgan martensit* deyiladi. Toblash natijasida hosil bo‘lgan qattqlik deyarli o‘zgarmaydi. Mustahkamlik va qovushoqlik sezilarli darajada ortadi. Toblangan po‘latdagi ichki kuchlanishlar kamayadi. Ko‘pincha kam legirlangan, yuzasi toblangan va kimyoviy-termik ishlangan po‘latlar ana shunday bo‘shatiladi;

- o‘rtacha haroratda bo‘shatish. Buning uchun buyum 350–450°C haroratda qizdiriladi, ma’lum vaqt tutib turilgandan keyin havoda sovutiladi. Hosil bo‘lgan struktura *bo‘shatilgan trostit* deyiladi. O‘rtacha haroratda bo‘shatish ko‘p hollarda prujina, resor, shtamp kabi buyumlarni termik ishlash uchun qo‘llaniladi. Toblangan buyumning qattqligi 35 HRC gacha kamayadi. Plastik xossalari ortadi.

Yuqori haroratda bo‘shatish. Buning uchun buyum 550–650°C haroratgacha qizdirilib, ma’lum vaqt tutib turilgandan keyin havoda sovutiladi. Hosil bo‘lgan struktura *bo‘shatilgan sorbit* deyiladi. Bunday termik ishlov, legirlangan uglerodli po‘latlar uchun qo‘llaniladi.

6.5. Termomexanik ishlov berish. Po‘latlarni kimyoviy-termik ishlov berish

Detallarning uzoq vaqt ishlashini ta’minlash uchun sanoatda keng qo‘llaniladigan va eng samarali usullardan biri ularga kimyoviy-termik ishlov berish, ya’ni metall sirtida bir vaqtning o‘zida ham kimyoviy ham termik ta’sir qilishdir.

Kimyoviy-termik ishlov berish orqali quyidagilarga erishiladi:

a) metall va qotishmalarning sirtlari puxatlanish bilan sirt qattiqligi, yeyilishiga chidamlilik, toliqishga mustahkamlik, issiq-bardoshlik va boshqa shu kabi xossalarning oshishi;

b) metall va qotishmalarning normal va yuqori haroratlarda tashqi tajavvuzkor muhitlar ta'siriga qarshi turg'unligining oshishi. Bunda ishlov berilgan detallarning korroziyaga bardoshliligi, gravitatsion erroziya, kislotaga turg'unligi, kuyishga chidamliligi va shu kabi xossalari oshadi.

Metall va qotishmalarga kimyoviy-termik ishlov berish ularni yuqori haroratlarga qizdirib faollashgan gazli, suyuq yoki qattiq muhitlarda ushlab turish va buning natijasida metall hamda qotishmalarning sirt qatlamlari kimyoviy tarkibini, strukturasi va xossalarini yaxshilashdir. Termik ishlov berishdan kimyoviy-termik ishlov berishning farqi shundaki, bu ishlov berish turida metall va qotishmalarning faqat strukturaviy o'zgarishlari ro'y bermasdan, balki sirt qatlamlari kimyoviy tarkibi ham o'zgaradi. Ba'zi bir kimyoviy-termik ishlov berish usullaridan keyin metall va qotishmalarning o'zaklari vaqt qatlamlari xossalarini yaxshilash uchun termik ishlov berish qo'llaniladi. Shuni ta'kidlash lozimki, kimyoviy-termik ishlov berish usullarini tanlash orqali ularning xossalarini eng ko'p oraliqlarda o'zgartirish imkoniyatlari mavjud. Ba'zi hollarda termik ishlov berish va kimyoviy-termik ishlov berish usullari birgalikda olib boriladi.

Ko'p vaqtlar po'latlarga faqat kimyoviy-termik ishlov berish usuli qo'llanilgan. Bunda sanoatda asosan sementatsiyalash, nitro-tsementatsiyalash, sianlash va azotlash jarayonlari keng ko'lamda qo'llanilgan.

Kam hollarda aluminiylash, xromlash, sulfotsianlash kabi ishlov berishlar qo'llanilgan.

Oxirgi yillarda kimyoviy-termik ishlov berish usullari po'latlardan tashqari titan, molibden, niobiy, tantal, sirkoniy, kobalt, mis va bu metallar asosida olingan turli xildagi qotishmalar ham ishlov berish uchun qo'llanilmoqda.

Ishlab chiqarishda qo'llaniladigan kimyoviy-termik ishlov berish usullari metall va qotishmalarning sirt qatlamlarini u yoki bu

element bilan yoki elementlar kompleksi bilan boyitishga asoslangan.

Juda kam hollarda ba'zi bir turdagi qotishmalarning tarkibidagi legirlovchi elementlarni kamaytirishga asoslangan kimyoviy-termik ishlov berish usullari qo'llaniladi. Bunda ham qotishmalar sirtida ba'zi bir elementlar miqdori kamaytirilsa, ularning qattiqligi, korroziya bardoshliligi va boshqa xossalari oshadi. Biz quyida faqat metall va qotishmalarning sirtlarini boshqa elementlar bilan boyitishga asoslangan kimyoviy-termik ishlov berish usullarini ko'rib chiqamiz.

Sirtlarni elementlar bilan boyitishga asoslangan kimyoviy-termik ishlov berish ko'p hollarda quyidagi uchta bir vaqtda ketuvchi elementlar jarayonlarni o'z ichiga oladi:

1) Tashqi muhitda diffuziyalanuvchi atomning faollashgan holatini hosil qilish;

2) Diffuziyalanuvchi element faol atomning metall sirti bilan tutashuvi, atomlar absorbsiyasi va bu atomlar bir qismining metall atomlari bilan kimyoviy bog'lanishda bo'lib yutilishi (absorbsiyasi);

3) Absorbsiyalangan atomlarning metall chuqurligi bo'yicha harakati, ya'ni diffuziya hodisasi.

Kimyoviy-termik ishlov berishdan keyin metall va qotishmalar sirtida hosil bo'ladigan diffuzion qatlam tarkibi, tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalari asosan boyituvchi muhitning tarkibiga hamda harorat va jarayon davomiyligi kabilarga bog'liq.

Boyituvchi muhit sirtida qattiq, suyuq va gazsimon moddalar olinadi.

Qattiq moddalarning metall sirti bilan o'zaro ta'siri ularning o'zaro tutashuv joylarida sodir bo'ladi.

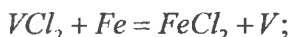
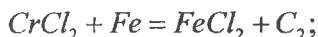
Metall sirtining qolgan uchastkalarida esa diffuziya jarayoni muhit tarkibidagi boyituvchi elementning harorat ta'sirida bog'lanishidan sodir bo'ladi. Qattiq muhitlarning faolligi unchalik yuqori bo'lmaganligi uchun qattiq komponentlar bilan to'yinishni jadallashtirish maqsadida uning tarkibiga tezlashtirgich moddalar (NH_3Cl , NH_4I , NH_4Br , HCl , Cl_2 , BaCO_3) qo'shiladi. Bular ta'sirida faol gazli muhit hosil bo'ladi va qattiq komponentlar bilan to'yinish gazli fazadan to'yinish turiga o'tadi.

Suyuq muhitlarda ishlov berishda to'yinish gaz yoki atom holatidagi elementlarning singishi natijasida yuzaga keladi. Atom holatidagi element eritmaning o'zida sodir bo'ladigan reaksiyalar yoki elektroliz natijasida ajralib chiqadi.

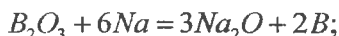
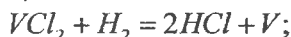
Kimyoviy-termik ishlov berish uchun eng yaxshi muhit gazli muhit hisoblanadi.

Gazli muhitda to'yinish to'g'ridan-to'g'ri oddiy holatlarda quyidagi reaksiyalar ko'rinishlarida sodir bo'ladi:

1) Almashuv ko'rinishida;

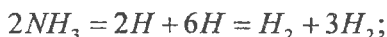


Tiklanish ko'rinishida;

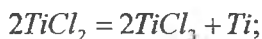
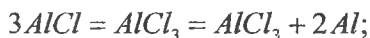
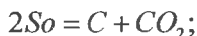


Termik pachalanish ko'rinishida;

a) dissotsiatsiya:



b) disproporsiyalanish:



Kimyoviy-termik ishlov berish vakuumda yoki yuqori haroratlarda vodorod muhitida elementlar bug'lari hosil bo'lishi va bug'ning tarkibidagi elementlar atomlarining asosiy metall sirtiga diffuziyasi orqali ham kuzatiladi.

Ma'lum haroratlarda, bosimda hamda ishlov berilayotgan metall tarkibiga bog'liq ravishda gazli fazadan elementlarning absorbsiyasi boyituvchi muhitda almashinuv reaksiyada, tiklanishda yoki termik parchalanishda ishtirok etuvchi atomlar konsentrasiyasiga to'g'ri proporsionaldir.

Muhitning absorbsion qobiliyatiga jarayon harorati kuchli ta'sir qiladi: harorat qancha yuqori bo'lsa, metalni qurshovchi

muhitdagi atomlar harakatchanligi oshadi va metall sirtiga gazli muhitdan shunchalik ko'p element atomlari absorbsiyalanadi.

Gazli muhitning absobsiya tezligiga ta'siri ham muhitdagi faol elementlar konsentratsiyasi ta'siri kabi bo'lishi lozim edi, chunki bosim oshishi bilan faol gaz tarkibidagi birlik hajmiga to'g'ri keluvchi molekulalar soni oshadi. Lekin bosimning absorbsiyaga ta'siri haqida to'xtalganda bosim o'zgarishi bilan gazli muhitda reaksiya tavsifini hisobga olish zarur. Chunki boyituvchi muhit bosimi oshishi bilan gazli muhitning absorbsion qobiliyati u yoki bu tomonga o'zgarishi mumkin.

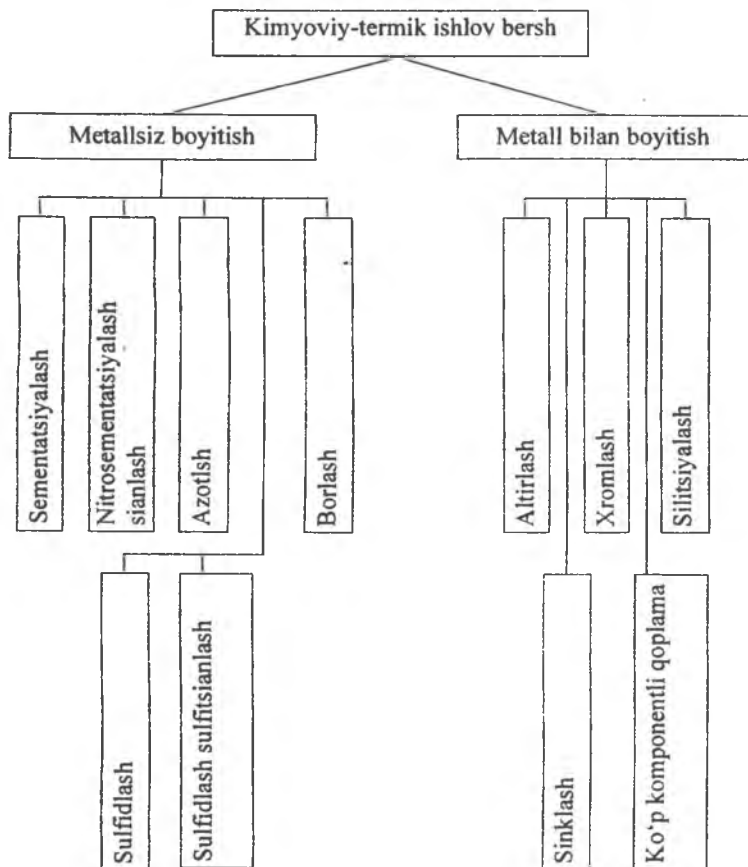
Ishlov berilayotgan metall (qotishma), ishlov berish maqsadi, sirtni boyitish uchun qo'llanilayotgan element tavsiflariga bog'liq ravishda kimyoviy-termik ishlov berish jarayonini harorati va davomiyligi juda keng oralqlarda o'zgaradi. Bu haroratlar oralig'i 350°C dan 1450°C gachani, davomiyligi esa bir necha daqiqadan o'nlab soatgachani tashkil etadi. Ba'zi bir ishlov berishda, masalan, yuqori chastotali tokda ishlov berishda yuqori haroratgacha ushlab turish vaqti bir necha sekundni tashkil etadi.

Ishlov berish haroratiga bog'liq ravishda diffuzion qatlamning chuqurligi, kimyoviy va fazaviy tarkibi o'zgaradi. Yuqori qalinlikdagi diffuzion qatlamlar olishda harorat yuqori darajada berilgan jarayon uchun asosiy metall o'zagida strukturaviy o'zgarishlar sodir bo'lgunga qadar haroratda olib boriladi. Diffuzion qatlam chuqurligi aniq haroratlarda asosan jarayon davomiyligiga ham bog'liq.

Barcha turdagi kimyoviy-termik ishlov berish usullari uchun umumiy bo'lgan bitta kamchilik ularning uzoq davomiyligidir. Bunda vaqtni kamaytirish uchun harorat, bosim, boyituvchi muhitning sarfi va tarkiblarning maqbul parametrlarini tanlash orqali erishish imkoniyatlari mavjud.

Oxirgi yillarda kimyoviy-termik ishlov berishni jadallashtirish uchun induksion qizdirish, tlyuniyat(604) razryad, metall yoki muhitga ultratovush va elektromagnit maydon kabi usullar qo'llanilmoqda.

Boyituvchi elementlar turiga bog'liq ravishda kimyoviy-termik ishlov berish usullarning tasniflanishi 6.3-rasmda keltirilgan.



6.3-rasm. *Kimyoviy-termik ishlov berish jarayonlari.*

6.5.1. Kimyoviy-termik ishlov berishda diffuzion qatlamlarning shakllanishi

Kimyoviy-termik ishlov berishning yuqorida keltirilgan uchta ketma-ket amalga oshadigan bosqichlarini ko'rib chiqamiz.

1. Tashqi boyituvchi muhitda faol atomning atomar holatga o'tishi. Masalan, azotlash jarayonida:



sementat-siyada:



mos ravishda singuvchi N_{at} va S_{at} hosil bo'ladi. Bu atomar holatdagi elementlar asosiy boyituvchi rolini bajaradi. Bu jarayondagi tezlik V_{dis} deb qabul qilamiz.

2. Diffuziyanuvchi elementning atomlarining buyum sirtiga adsorbsiyasi (ilashishi) va metall sirtini qatlami panjaralariga kirib borishi (erishi); adsorbsiya jarayoni tezligi – V_{ad} ;

3. Boyituvchi element atomlarining metall sirti chuqurligi bo'yicha diffuziyasi. Bu jarayondagi tezlik – V_{dif} deb qabul qilamiz.

Kimyoviy-termik ishlov berish jarayonining eng maqbul shart-sharoiti har uchchala jarayonda o'zaro teng bo'lishidir:

$$V_{dis} = V_{ad} = V_{dif}$$

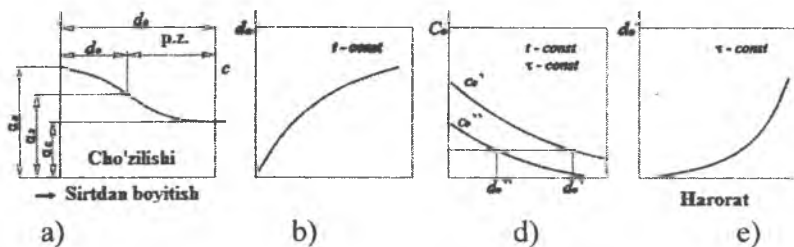
Agar $V_{dis} > V_{ad} = V_{dif}$ bo'lsa, boyituvchi atmosferada ko'p miqdorda boyituvchi element atomlari hosil bo'ladi. Bunday hollarda elementlarning amorf ko'rinishda ishlov berilayotgan buyumning sirtida ajralib chiqishi kuzatiladi. Masalan, sementatsiya davrida metall sirtida uglerod kukunlari (saja) ning hosil bo'lishi.

Agar $V_{dis} < V_{ad} = V_{dif}$ bo'lsa, atmosferaning faolligi kam bo'ladi. Shuning uchun diffuzion qatlamda boyituvchi elementlar miqdori kam bo'ladi.

Agar $V_{dis} = V_{ad} > V_{dif}$ bo'lsa, yuqori konsentratsiyali qalinligi kichik bo'lgan diffuzion qatlam shakllanadi.

Agar $V_{dis} = V_{ad} < V_{dif}$ bo'lsa, qalinligi bo'yicha shakllangan, lekin past konsentratsiyali qatlam olinadi.

Kimyoviy-termik ishlov berishda buyumlarning sirtida boyituvchi elementlar bilan to'yingan diffuzion qatlamlar hosil bo'ladi.



6.4-rasm. Kimyoviy-termik ishlov berishda buyumlarning sirtida boyituvchi elementlar bilan to'yingan diffuzion qatlamlar hosil bo'lishi.

Diffuzion qatlamlarning umumiy qalinligi va samarali qalinliklari bo'ladi. Diffuzion qatlamning umumiy qalinligi metall sirtidan to diffuziyalanuvchi element singib birdan metallning dastlabki tarkibli o'zagigacha bo'lgan masofa tushuniladi.

Diffuzion qatlamning samarali qalinligi o'rnatilgan bazaviy parametrlar nominal qiymatlari chegarasini tavsiflovchi qalinlik tushuniladi. Bazaviy parametr sifatida diffuziyalanuvchi elementlarning konsentratsiyasi qattiqlik yoki struktura kabi chegaralar qabul qilinadi.

Diffuzion qatlam qalinligi metall sirtida diffuziyalanuvchi element konsentratsiyasi oshgan sari, temperatura oshishi bilan (eksponensial qonun bo'yicha) va jarayon davomiyligi bo'yicha (parabolik bog'lanish) o'sib boradi (6.4-rasm).

Diffuzion qatlam tuzilishi asosan "metall-boyituvchi element (Me-E) holat diagrammasi bo'yicha yoritilishi mumkin.

Texnik toza metallarni kimyoviy-termik ishlov berishda diffuzion qatlam tuzilishi ikki komponentlar o'rtasida bir fazali qatlamlarning hosil bo'lishi qoidalariga bo'ysunadi. Bir fazali qatlamlar boyitish haroratida kesuvchi izotermalar ko'rinishidagi ko'p fazali sohalarga mos keladi. Diffuzion qatlamlar holat diagrammasida bir fazali sohalarining aniq ketma-ketligida hosil bo'lishi kabi sodir bo'ladi.

Kimyoviy birikma hosil bo'lgan tizimlar uchun boyitish haroratida qattiq eritmalar olingandan so'ng qatlamda legirlovchi elementlar konsentratsiyasiga mos kimyoviy birikmalar ketma-ket hosil bo'ladi. 6.4-rasm, d da metallarning azotlash paytida ko'p

fazali qatlamlarning hosil bo'lishi keltirilgan. A- va γ - fazalar holatidagi temirni diffuzion boyitishda diffuzion qatlamlarning hosil bo'lishi 6.4-rasm, a, b da keltirilgan.

T_1 haroratda diffuzion – fazada sodir bo'ladi, t_4 da esa γ - fazada fazaviy o'zgarishlarsiz sodir bo'ladi. T_2 va t_3 haroratlarda boyitish fazalarning qayta kristallanishi orqali kuzatiladi (6.4-rasm).

Diffuziya dastlab γ - fazada sodir bo'ladi, bunda diffuziya-lanuvchi element konsentratsiyasi sirtidan bir tekis kamayib boradi. Sirtida boyituvchi elementning γ - fazadagi eruvchanlik chegarasiga erishilganda fazaviy qayta kristallanish $\gamma \rightarrow \alpha$ sodir bo'ladi. Konsentratsiyaning oshishi bilan α - fazaning hosil bo'lishi ikki fazali ($\alpha + \gamma$) sohaning qiymatida supachasimon ko'rinishda bo'ladi. Konsentratsiyaning supachasimon o'zgarishi ikki qonuniyatli tizimda diffuziya jarayonida faqat bir fazali strukturalar hosil bo'lishini bildiradi.

Ikki fazali ($\alpha + \gamma$) qalinlikdagi soha hosil bo'lishi mumkin emas, chunki bu sohalar chegaralarida fazalar tarkibi va konsentratsiya gradiyenti doimiy hisoblanadi va ular diffuziyaning harakatlantiruvchi kuchidir. Diffuziyaning harakatlantiruvchi kuchi ikki xil fazalar o'rtasida nolga teng. Xuddi shuningdek t_3 haroratlarda – sohadan-sohaga o'tishi bilan kuzatiladigan qatlam shakllanishi ro'y beradi.

6.5.2. Sementatsiyalash

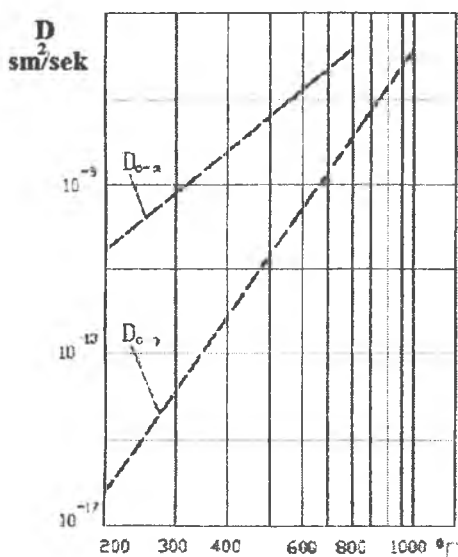
Detallarning sirtida qattqlikni yuqori darajada oshirish hamda ishqalanishda yeyilishga chidamliligini va toliqishga mustahkamliklarini oshirish uchun mashinasozlikda sementitlash usuli keng ko'lamda qo'llaniladi.

Sementatsiyalash (sirtini uglerod bilan boyitish) kimyoviy-termik ishlov berish usuli sifatida asosan po'lat buyumlarga ishlov berish uchun qo'llaniladi. Bunda asosan kam uglerodli, legirlangan va legirlanmagan po'latlar sirtlari uglerodning miqdori evtektoid va evtektoiddan keyingi konsentratsiyagacha to'yintiriladi va keyingi termik ishlov berish usullari yordamida sirt qatlamda martensit strukturasini va ozmi-ko'pmi miqdorda qoldiq austenit olinadi.

Sementatsiyalangan qatlam qalinligi odatda 0,5-2,0 mm ni tashkil etadi. Kichik o'lchamli detallar uchun qalinlik qiymati 0,1-0,3 mm oraliqda yirik po'lat detallar uchun esa 2,0 mm dan yuqori bo'lgan qiymatdagi sementatsiyalangan sirt qatlamlari olinadi.

Po'lat buyumlarni sementatsiyalash qattiq, gazli va suyuq karbyurizatorlarda olib boriladi. Oxirgi yillarda gazli muhitda sementatsiyalash jarayoni sanoatda keng qo'llanilmoqda.

Γ -temirda panjaralar α -temirga nisbatan zich joylashgani uchun α -temirda uglerod diffuziya koeffitsiyenti γ -temirga nisbatan o'n barobar yuqori (6.5-rasm).



6.5-rasm. Po'lat buyumlarni sementatsiyalash jarayoni sxemasi.

α -temir holatida bo'lgan temirga sementatsiya qilinmaydi. Chunki α -temirda uglerodning erishi juda kichik. Po'latlarni sementatsiyalash 920–950 °C va undan yuqori haroratlarda po'latning austenit holatida amalga oshiriladi. Austenitda uglerod miqdorining oshishi bilan diffuziya koeffitsiyenti ham oshib boradi.

Austenitdagi legirlovchi elementlar uglerod diffuziyasiga sezilarli darajada ta'sir qiladi. Bu esa legirlovchi elementlarning austenit kristall panjaralarini siqishi, qattiq eritmada atomlararo bog'lanishlar energiyasining o'zgarishi va uglerodning termodinamik faolliklari oshishi kabilar bilan tushuntiriladi.

Po'latlar tarkibidagi karbidlar hosil qiluvchi elementlar uglerod diffuziyasini sekinlatadi, karbidlar hosil qilmaydigan elementlar esa diffuziya tezligini oshiradi. Bu taqlidlar asosan haroratlar o'zgarishi bilan o'zgaradi.

Masalan, kremniy past haroratlarda (950°C dan pastda) austenitda uglerod diffuziya koeffitsiyentini oshiradi. Bu esa Si ning karbid hosil qilmaydigan guruhga kirishidan dalolat beradi. Lekin yuqori haroratlarda Si uglerodning austenitdagi diffuziyasini sekinlatadi. Kobalt uglerodning austenitdagi diffuziyasiga ta'siri ikki tomonlama, uning konsentratsiyasiga bog'liq ravishda diffuziya koeffitsiyenti oshishi ham kamayishi ham mumkin. Austenitda uglerod diffuziyasini tezlatuvchi elementlar quyidagi ketma-ketlikda joylashgan: Si, Ni, Cu. Karbid hosil qiluvchi elementlar faollik ketma-ketligi esa quyidagicha: Mn, Mo, V, W, Cr. Xrom manganesga nisbatan austenitda uglerod diffuziyasini 20 marta kamaytiradi.

Barcha karbid hosil qiluvchi elementlar sementatsiyalangan qatlam sirt sohasida karbidlar hosil qilishi jadallashishi hisobiga uglerod miqdorini oshiradi. Qatlam sirt sohasida uglerod miqdorini eng oshiruvchi element xrom hisoblanadi. Bunday hollarda uglerod sementitlangan diffuzion qatlamning 0,1-0,2 mm chuqurligida eng ko'p miqdorda konsentratsiyalanadi. Bu yerda uglerodli po'latlar sirtida evtektoiddan keyingi sohada kuzatiladiganligi kabi uglerod sementit turi emas, balki karbidlar globulalarini hosil qiladi.

Karbidlar hosil qilmaydigan elementlar Si, Ni, Co, Cu, S, P sementitlangan qatlamda uglerod miqdorini kamaytiradi. Bu karbid hosil qilmaydigan elementlarning ta'sirida austenitda uglerod eruvchanligining kamayishi bilan tushuntiriladi. Keltirilgan elementlar ichida kremniy uglerod miqdorini eng ko'p miqdorda kamaytiradi.

Xrom, volfram, molibden, vanadiy va titan uglerodning austenitdagi diffuziya koeffitsiyentini kamaytirsada, qatlamning sirt sohasida uglerod konsentratsiyasining oshishiga sabab bo'lib,

sementitlangan qatlamning biroz chuqurlik bo'yicha o'sishiga sabab bo'ladi.

Sementatsiyalangan detallar mos ravishda termik ishlov berishlardan keyin ularning sirt qatlamlari qattiq, mustahkam, yeyilishga turg'unligi bardoshli hamda o'zak qismi mustahkam va qovushqoq bo'lishi kerak. Bunday talablarga javob berishi uchun asosan tarkibida 0,08-0,25% C bo'lgan kam uglerodli po'latlar sementatsiya qilinadi.

Oxirgi yillarda yuqori darajada yuklangan tishli g'ildiraklar uchun va shu turdagi javobgar yirik o'lchamli detallar, ya'ni tarkibida 0,25-0,35% uglerod bo'lgan po'latlar ham sementatsiya qilinib zaruriy xossalariga o'zgarishlar qilinmoqda.

Sementatsiya uchun sifatli kam uglerodli po'latlar (08, 10, 15, 20) va avtomat po'latlar (A12, A15, A15Г, A20), unchalik javobgar bo'lmagan kam uglerodli oddiy yoki yuqori sifatli po'latlar (Ст.2, Ст.3, Ст.4, Ст.5) va boshqa shu kabilar keng foydalanilmoqda. Javobgar buyumlar asosan legirlangan po'atlardan tayyorlanadi.

Sementatsiyalanadigan po'atlarda legirlovchi elementlarning asosiy ahamiyati ularning kuyuvchanligini va o'zagingning mexanik xossalarini oshirish. Ko'pgina legirlovchi elementlar qizdirishda o'sishga moyilligini kamaytiradi, ulardan ba'zilar esa sementatsiyalangan qatlam mexanik xossalarini yaxshilaydi.

Ba'zi bir po'atlarga sementatsiyalanish xususiyatiga, kuyuvchanligini oshirish uchun bor qo'shilgan holda va donalarini maydalash uchun titan qo'shilgan holda tayyorlanadi. Bunday po'atlarga 15X2ГH2TA va 15X2ГH2TPA markali po'atlarni kiritish mumkin.

Turli xildagi javobgar yuqori yuklangan detallar dinamik o'zgaruvchan yuklanishlar sharoitida ishlaganda sementatsiyalanadigan 12XH3A, 13H6A, 21H5A va 18X2H4BA markali po'latlar qo'llaniladi. Bunday po'atlarni sementatsiya qilgandan keyin diffuzion qatlamda juda kam qoldiq austenit saqlanib qoladi va ularni donalarini sezilarli darajada o'stirmasdan 1000 °C gacha haroratlarda sementatsiyalanadi.

Sementatsiyalanadigan po'atlarga kremniyning kiritilishi maqbul hisoblanadi. Kremniy evtektoiddan keyingi soha chuqurligini kamaytiradi, uning karbidlar bilan to'yinishini oshiradi va

bularning natijasida sementatsiyalangan po'latlarning mexanik xossalarini oshiradi. Ayniqsa zarbiy toliqishga chidamlilik xossasi oshadi. Ba'zi hollarda yuqori va o'rtacha kuyuvchanlik xossalarini olish uchun kremniy miqdori 0,9-1,2% , hatto 1,1-1,3% gacha olinadi.

Ba'zi hollarda pribor va apparatlarning detallarini tayyorlash uchun qo'llaniladigan X13, X17, X17H2 va boshqa shu turdagi po'latlarning korrozion muhitda yeyilishga chidamliligini oshirish uchun sementatsiya qilinadi.

Ko'pgina hollarda shtamplarning issiqlikka va yeyilishga bardoshliligini oshirish uchun IIX15 po'latdan tayyorlangan puansonlar, matritsalar va boshqa shtamplash asboblari sementatsiya qilinadi. Bunday po'latlarni sementatsiya qilgandan so'ng sirt qatlamda ko'plab karbidlar globulalari ajralib chiqadi, uglerod miqdori 2,5-3% gacha oshadi. Bunday ishlov berilgan po'latlar toblangandan keyin ularning issiqlikka bardoshliligi va yeyilishga chidamliligi keskin oshadi.

Ba'zi bir hollarda tezkesar po'latlar ham sementatsiya qilinadi va natijada ularning issiqlikka bardoshlilik xossalari keskin oshadi. Austenitli po'latlarni sementatsiyalashda qatlamda uglerod miqdori 2,2-2,6% gacha oshadi, qattiqligi esa HRC20-25 ga oshib toblashdan keyin o'zgarmaydi.

Sementatsiyalanadigan detallar termik sexlarga qo'pol va oxirgi jilvirlash uchun 0,25 mm quymali o'lchamda qoldirilgan holda dastlabki ishlov berilib mexanik sexlardan termik sexlarga keltiriladi.

Tishli g'ildiraklar uchun qatlam qalinligi tishning moduli 1,5-3,0 bo'lganda 0,3-0,5 mm olinadi, modul 3-5 bo'lganda 0,7-0,9 mm olinadi. Bunda o'zak qalinligi HRC 35-45 oraliqlarida bo'ladi.

Sementatsiya qilinmaydigan sirtlarni izolatsiya qilish uchun 0,01-0,05 mm qalinlikda kam g'ovakli misli golvanik qoplamalar qo'llaniladi. Qoplama qalinligi sementatsiyalash davomiyligi va usullariga bog'liq ravishda tanlanadi.

Qattiq muhitlarda sementatsiya asosan qattiq karbyurizatorlarda amalga oshiriladi. Bu jarayonda boyituvchi muhit sifatida yog'och ko'mirlari (dub yoki oq qayin) yoki yarim koks toshko'mir

va torf koks olinadi va unga BaCO_3 , Na_2CO_3 faollashtiruvchilar ko'mir massasiga nisbatan 10-40% massa miqdorida qo'shiladi.

Sanoatda yog'och ko'mir asosida 20-35% BaSO_3 va ~3,5% CaSO_3 tarkibli karbyurizatorlar keng qo'llaniladi. Sementatsiyalash uchun ishchi aralashma 25-35% yangi tayyorlangan va 65-75% ishlatilgan karbyurizatorlardan iborat bo'ladi.

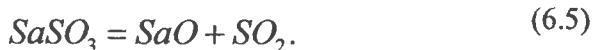
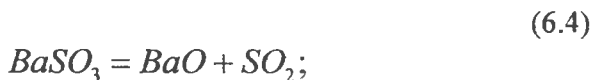
Sementatsiyalanadigan detallar dastlab tozalangandan so'ng po'lat yashiklarga joylashtiriladi. Buyumlarni yashikka taxlashda avval yashik tubiga 20-30 mm qalinlikda K to'shaladi va zichlanadi, ustiga birinchi qator detallar qo'yiladi. Xuddi shunday usulda qolgan qatorlar ham joylashtiriladi. Yuqori qatlam K 35-40 mm qalinlikda to'shalib zichlanadi. Yashik qopqoq bilan yopiladi va chetlari issiqbardosh loy bilan suvalib pechga joylashtiriladi.

Sementatsiyalash haroratida ko'mir yashikdagi havo kislorodi bilan uglerod oksidini hosil qiladi va uning parchalanishidan faol S atomlari hosil bo'ladi va bu uglerod atomlari metall sirtiga diffuziylanadi:



Ajralib chiqqan SO_2 yana ko'mir bilan o'zaro ta'sirlashib SO ni hosil qiladi va jarayon uzluksiz davom etadi.

K tarkibiga qo'shilgan VaSO_3 va SaSO_3 tuzlar jarayonni tezlashtiradi:



(6.2) va (6.3) reaksiyalar natijasida muhitda hosil bo'lgan qo'shimcha SO_2 ko'mir bilan o'zaro ta'sirlashib qo'shimcha ravishda SO hosil qilganligi uchun jarayon tezlashadi. Shuningdek ko'mir tarkibiga boshqa birikmalar $\text{K}_2\text{Sr}_2\text{O}_7$, KmnO_4 , BaO , BaSO_4 , BaS va boshqa shu kabilarning qo'shilishi ham sementatsiya jarayonini tezlashtirishga yordam beradi.

Karbyurizator va ishlov berilayotgan detal o'rtasidagi to'liq tutashuv unchalik shart emas. Chunki yashik ichida hosil bo'ladigan gazli muhit yetarli darajada tutashmagan sirtlarda ham sementatsiyalangan qatlam olish imkonini beradi.

Qattiq karbyurizatorlarda 910-950 °C haroratlarda olib boriladi. Shuningdek, ba'zi hollarda yuqori haroratli sementatsiya 980-1000 °C haroratlarda olib boriladi. Bunday hollarda jarayon 1,5-2 marta tezlashadi. Yuqori haroratlarda yirik donalar rivojlanadi. Buning oldini olish uchun dastlabki mayda donali po'latlar foydalaniladi yoki keyingi ishlov berish rejimlari to'g'ri tanlanadi. Yuqori haroratlarda po'latlarning uglerod bilan o'ta to'yinishini oldini olish uchun zaruriy faollikdagi karbyurizatorlar tarkibini tanlash orqali erishish bilan birgalikda yuqori haroratlarda sementatsiyalash jarayonida qatlamda uglerod miqdori kamayishi kuzatiladi.

Past haroratli sementatsiya bilan ishlov berilgan po'latlarning mexanik xossalari qayta qizdirib toblangandan keyin odatda kamaymaydi. Bu xossalar po'latlar donalari sezilarli darajada o'sganda ham yomonlashmaydi. Bu hodisa qattiq eritmaning bir jinsliliigi oshishi bilan tushuntiriladi.

Yuqori haroratli sementatsiya sanoat miqyosida qo'llanilganda ba'zi hollarda ishlov berilgan detallarning tob tashalashi kuzatiladi va qo'llanilayotgan yashiklar hamda pechlar tezda ishdan chiqadi.

Yuqori xromli zanglamas 1X13, X17, X17H2 va shu kabi po'latlarni sementatsiyalash oddiy mashinasozlik po'latlarni sementitlashga nisbatan sekin kechadi. Shuning uchun bu markadagi po'latlarni sementatsiyalash uchun eng yuqori haroratlar (950-1000 °C) va eng faol K lar tanlanib po'latlar sirtida uglerodning miqdori 2,5-3,5% gacha yetkaziladi. Unchalik faol bo'lmagan K lar foydalanilganda toblashdan keyingi qattiqlik HRC 57-58 dan oshib ketmaydi. Detalning sementatsiyalanmaydigan sirtlarini himoya qilish uchun fosfatlash jarayoni yoki grafit bilan qoplash yoki maxsus pastalar bilan qoplash usullari qo'llaniladi.

Po'lat detallarni qattiq K larda sementatsiyalash jarayoni yu.ch.t. da tezda qizdirish va yuqori haroratlarda olib borish orqali jadallashtirish mumkin. Bunda maxsus moslamalar bilan jihozlangan induksion eritish pechlarida 1050-1100 °C gacha yu.ch.t. da qizdirilib ishlov berilgan po'latlarda zaruriy sementatsiyalangan

qatlamlar olinadi. Bu usulning eng kamchiligi detal har xil o'ldamli bo'lganda undagi haroratlar o'zgarishi turlicha bo'lganligi uchun sirt bo'yicha har xil qalinlikdagi qatlamlar olinadi.

Individual ishlab chiqarish sharoitlarida ba'zi hollarda po'lat detallarni sementlash jarayoni pastalarda olib boriladi. Bunda detallar 3-4 mm qalinlikda pastalar bilan qoplanadi va yashiklarga joylashtiriladi. Yashik chekkalari issiqlikka chidamli loylar bilan suvaladi. Ko'pgina pastalarning tarkibiga gazli qurum, Na_2CO_3 , BaCO_3 , $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CH})_6$, moylar kabilar qo'shiladi.

Yuqori chastotalarda pastalar yordamida sementatsiyalash jarayoni donalab ishlab chiqarish sharoitlarida qo'llanilib, uning natijasida tezda yetarli chuqurlikdagi sementatsiyalangan qatlam olish va detallarning ayrim joylarini sementatsiyalash uchun qo'llaniladi. Masalan, 1200 °C ga yu.ch.t. bilan qizdirib 1 daqiqa davomida 0,46 mm gacha sementatsiyalangan qatlam olingan. Bunday qatlamlarning toblashdan keyingi qalinligi HRC62 ni tashkil etadi. Bunday qatlamlar uglerod bilan o'ta to'yingan bo'ladi.

Sanoat miqyosida po'lat buyumlarni tarkibida uglerod bo'lgan gazli muhitlarda qizdirish bilan sementatsiyalash usuli keng tarqalgan.

Gazli muhitda sementatsiyalashda qatlamda berilgan uglerod konsentratsiyasini olish bilan bir qatorda jarayon davomiyligi qisqaradi, to'liq mexanizatsiyalashtirish va jarayonlarni avtomatlashtirish imkoniyatlari tug'iladi hamda toblash jarayonini sementatsiya olib borilgan pechlarning o'zida to'g'ridan-to'g'ri amalga oshirish mumkin.

Eng sifatli sementatsiyalangan qatlam to'liq maxsus ishlov berib olingan metaldan (CN_4) va propan-butan aralashmali gazni boyituvchi muhit sifatida foydalanilganda olinadi.

Gazli sementatsiyalashda buyum sirtining uglerodlanishini ta'minlovchi asosiy reaksiyalar quyidagicha:



Gazli muhitlarda sementatsiyalash jarayoni 910-930 °C haroratlarda 6-12 soat davomida olib boriladi va bunda 1000-1700 mkm qalinlikdagi sementit qatlam olinadi.

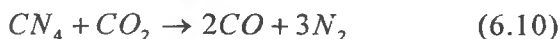
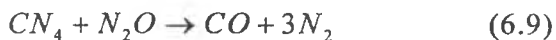
Ishlab chiqarish sharoitlarida gazli muhitdagi sementatsiya odatda shaxtali pechlarda olib boriladi. Gazli sementatsiya uchun zarur bo'lgan muhit pech kamerasiga uglerodga boy bo'lgan kerosin, sintin, spirtlar va boshqa shu kabilarni kiritish orqali amalga oshiriladi. Yuqori haroratlarda uglerodli birikmalar faol uglerod va vodorod hosil qilish bilan parchalanadi. Shaxtali pechlarda sementatsiyalash jarayonida diffuzion qatlamda uglerod konsentratsiyasini rostlash juda qiyin hamda toblashdan oldin sovutish jarayonida sirtida uglerodsizlanish sodir bo'ladi. Buning natijasida toliqish chegarasi 30-35% ga kamayib ketadi.

Yirik va massaviy ishlab chiqarish sharoitlarida gazli sementatsiya mufelsiz pechlarda amalga oshiriladi. Bunday qurilmalarda kimyoviy-termik ishlov berishning barcha sikli (sementatsiya, toblash va past haroratli bo'shatish) to'liq mexanizatsiyalangan va avtomatlashgan bo'ladi. Uzluksiz ta'sirdagi pechlarda sementatsiyalash uchun endotermik atmosferalar qo'llaniladi. Bu muhit tarkibi 92-95% hajm endogaz va 3-5% hajm tabiiy gazdan iborat bo'ladi. Endotermik atmosfera (20%CO, 40%N₂ va 40%N₂) tabiiy gazni qisman yoqish bilan olinadi. Ba'zan ekzo-endotermik atmosfera (20%CO, 20%N₂ va 60%N₂) qo'llaniladi. Maxsus endotermik generatorlarda 1000-1200 °C haroratlarda quyidagi reaksiya sodir bo'ladi:



Endotermik atmosferaning asosiy ustunligi sementitlangan qatlamda aniq konsentratsiyani olish uchun boyituvchi muhitning uglerod potensialini avtomatik rostlash imkoniyatini beradi. Endotermik atmosferaning uglerod potentsiali shudring nuqta yoki muhitda CO₂ ning miqdori bo'yicha o'rnatiladi. Chunki muhitda suv bug'lari va CO₂ ning konsentratsiyalari o'zaro bog'langan.

Endotermik atmosferada CN₄ ning ozgina miqdorda bo'lishi (5,0% hajmgacha) uning detal sirtini uglerod bilan boyitishda ishtirokini ta'minlamaydi, lekin u atmosferada CO miqdorini oshiradi:



Bunday sharoitlarda detal sirtida qurum hosil bo'lmaydi va uglerod potentsiali hamda N_2O va CO_2 larning atmosferadagi bir xillik bog'lanishi saqlanib qoladi.

Sanoatda po'latlarni sementatsiyalashda dastlab uglerod potentsialini endotermik atmosfera hisobiga dastlab yuqori qiymatda ushlab turib sirt qatlamda 1,2-1,3% C miqdori olinadi va keyingi bosqichda uni kamaytirib qatlamdagi uglerod miqdori 0,8% C ga tushiriladigan bosqichli texnologiya keng qo'llaniladi. Bunda sementatsiyalash jarayoni davomiyligi aniq qisqaradi.

Bu usulni qo'llaganda shuni nazarda tutish kerakki, uglerod miqdorining 1,2-1,3% C dan 0,8% C gacha kamayishi faqat austenitda erigan uglerod hisobiga bo'ladi. Austenitda uglerod konsentratsiyasining va legirlovchi elementlarning kamayishi po'latlarning toblanuvchanligini va qizdiruvchanlik xossalarning kamayishiga olib keladi va natijada ishlov berilayotgan buyumlarning mexanik xossalari yomonlashadi.

Austenitda legirlovchi elementlarning kamayishi ularning karbidlari hosil bo'lishi evaziga bo'ladi. Endotermik atmosferada gazli muhitda po'latlarni sementatsiyalashda po'lat sirtlariga kislorod ham diffuziyalanishi mumkin. Bular temirga nisbatan oksidlanishga yuqori darajada moyil bo'lgan ba'zi bir legirlovchi elementlarning po'lat sirtqi qatlamida 20-30 mkm chuqurlikkacha oksidlari hosil bo'lishiga olib keladi. Bunday metallarga Mn, Cr, Ti va boshqa shu kabi elementlar kiradi. Legirlovchi elementlarning oksidlanishi ("ichki oksidlanish") qatlamda austenitning turg'unligini kamaytiradi. Chunki bunday sementatsiyalangan qatlamni keyinchalik toblaganda po'latlarning qattiqligi troostit to'ri va oksidlar hosil bo'lishi natijasida kamayadi. Shuningdek, po'latlarning bunda mustahkamlik chegarasi ham kamayadi. Sementatsiyalovchi atmosferaga jarayon oxirida 5-10% hajmda ammiakning qo'shilishi ichki oksidlanishning zararli ta'sirining oldini oladi.

Azot austenitda erib uning tarkibida kamaygan xrom va marganetsning o'rnini to'ldiradi va austenitning turg'unligini

oshiradi. Ichki oksidlanishning oldini olish uchun nikel va molibden bilan legirlangan po‘latlardan foydalanish tavsiya etiladi.

Gazli sementatsiyalash tezligi 930-950 °C haroratlarda 0,12-0,15 mm/soat ni tashkil etadi va bunda 1500-1700 mkm qalinlikdagi qatlam hosil bo‘ladi.

Sementatsiyalangan detallarning oxirgi mexanik xossalari ularga keyinchalik termik ishlov berilgandan keyingina o‘rnatiladi. Sementatsiyalangan qatlamga termik ishlov berish bilan ularning strukturalarini to‘g‘rilash, o‘zagidagi va sementatsiyalangan qatlamdagi donalarni maydalash orqali sementatsiyalangan qatlam qattiq-ligini oshirish, o‘zakning mexanik xossalarini yaxshilash, sementit qatlamda karbid to‘rlarining hosil qilmaslikka erishish mumkin. Chunki po‘latlarni sementatsiyalashda yuqori haroratlarda uzoq vaqt ushlab turilganda detal o‘zagidagi donalar yiriklashadi hamda uni uglerod bilan boyitishda evtektoiddan keyingi tarkibdagi qatlam hosil bo‘lishi mumkin.

Ko‘p hollarda, ayniqsa, dastlab mayda donali po‘latlarda As_1 nuqtadan yuqori haroratlarda uning o‘zagini toblash 820-850 °C haroratlarda olib boriladi.

Bunday ishlov berish orqali donalarning maydalanishi, sementatsiyalangan qatlamning to‘liq toblanishi hamda detal o‘zagining qisman qayta kristallanishi va donalarning maydalanishi kabilar ta‘minlanadi. Gazli sementatsiyalashda toblash ishlari sementatsiya olib borilgan pechlarning o‘zida qayta qizdirilmasdan olib boriladi. Bunda pechdagi detallar sementatsiyalash haroratidan 840-860 °C haroratgacha sovutiladi. Bunday ishlov berilgan detallarda tob tashlash hodisasi kamayadi. Shuning uchun sementatsiyalashdan keyingi toblashning bunday usulida faqat dastlab mayda donali po‘latlardan tayyorlangan detallargagina ishlov beriladi. Sementatsiyalangan detallarning deformatsiyasini kamaytirish uchun qizdirilgan moylarda (160-180 °C) pog‘onali toblash qo‘llaniladi.

Sementatsiyadan keyingi ishlov berishni ba‘zida ikki marta toblash va bo‘shatish orqali amalga oshiriladi. Birinchi marta toblash yoki normallash 880-900 °C haroratgacha qizdirilib (As_3 nuqtadan yuqorida, o‘zak uchun) o‘zakning strukturalari to‘g‘rilanadi. Bundan tashqari, sirt qatlamda qizdirish jarayonida sementit to‘ri austenitda eriydi va u keyingi sovutish jarayonida qaytadan

hosil bo'lmaydi. Ikkinchi marta toblash 760-780 °C haroratlarda qizdirish bilan sementit qatlamning o'ta qizishi oldi olinadi hamda yuqori qattqlikka ega bo'ladi. Bu ishlov berish usulining asosiy qalinligi texnologik jarayonning murakkabligi, murakkab shakldagi buyumlarda tob tashlashning oshishi hamda oksidlanishi va uglerodsizlanishlarning sodir bo'lishi hisoblanadi.

Termik ishlov berish natijasida sirt qatlamda mayda ignasimon martensit struktura va uchastkalarda alohida ajralib turadigan 15-20% miqdorgacha qoldiq austenitga ega bo'ladi. Bunda sementit qatlamining kuyuvchanligi muhim ahamiyatga ega. Sementit qatlamning kuyuvchanligi deganda, sirtidan aniq masofalarda HRC 59-62 qattqlikka ega bo'lgan martensit strukturasining hosil qilish qobiliyati tushuniladi. Sementit qatlamda karbidlar va ichki oksidlanish austenitda legirlovchi elementlar miqdorini kamaytirganligi uchun sementitli qatlam kuyuvchanligini kamaytiradi.

Karbidlar austenitning parchalanishida tayyor markazlar rolini bajarib uning turg'unligini kamaytiradi. Karbid to'rlari hosil bo'lishiga aslo yo'l qo'yilmaydi, chunki uning hosil bo'lishi bilan qatlamning mo'rtligi keskin oshib ketadi. Izolyatsiyalangan karbidlar sementitlangan po'latlarning qovushqoqligini kamaytirishi mumkin, ayniqsa, bu hodisa detallarning burchakli va yoqlarida ko'p kuzatiladi. Sovutish jadalligini oshirish qatlamning kuyuvchanligini oshiradi.

Sementatsiyalangan detallarning oxirgi operatsiyasi har qanday holatlarda ham past haroratli 160-180 °C da toblash hisoblanadi. Bu toblash natijasida sirtqi qatlamdagi toblangan martensit bo'shatilgan martensitga o'tib, kuchlanishlar olinadi.

Yuqori legirlangan po'latlarni bir marta toblanganda sementitlangan qatlam strukturasida ko'p miqdorda (50-60% gacha) qoldiq austenit saqlanib qoladi va buning natijasida qattqlik kamayadi. Bunday po'latlarni toblashdan keyin sovuqlayin ishlov berish yo'li bilan qoldiq austenitning ko'p qismini martensit strukturaga o'tkaziladi va buning natijasida qattqlik oshiriladi. Masalan, xrom nikelli po'latlarning qattqligi sementatsiya va toblashdan keyin HRC 52 bo'lsa, sovuqlayin ishlov berilgandan keyin esa uning qattqligi HRC 60-62 gacha boradi.

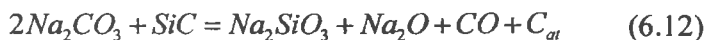
Sementatsiyadan keyin qoldiq austenitni parchalash uchun 630-640 °C haroratda yuqori haroratli bo'shatish qo'llaniladi, undan keyin esa past haroratlarda toblash va past haroratli bo'shatish qo'llaniladi. Bunday ishlov berish usuli bilan sementatsiyalangan qatlam yuqori qattiqligi ta'minlanadi. O'zaklar strukturasi kam uglerodli martensitdan yoki pastki beynitdan tuzilgan bo'lishi kerak. Kam uglerodli martensit o'zakning yuqori darajada mustahkamligini va yetarli darajada qovushqoqligini ta'minlaydi. Bunda kuchsiz uchastkalarining yoki ferrit to'ringining iloji boricha saqlanib qolmasligiga erishishi zarur. Chunki buning natijasida sementatsiyalangan detallarning mustahkamligi, qovushqoqligi va plastikligi kamayadi. Turli xildagi po'latlar uchun o'zakning qattiqligi HRC 20-40 ni tashshkil etadi.

Po'lat buyumlarga sementatsiyadan keyin termik ishlov berish orqali sirt qatlamda sezilarli darajada siquvchi qoldiq kuchlanishlar hosil qilinib, ularning mustahkamlik chegaralari oshiriladi. Qoldiq kuchlanishlar qiymatlari 400-500 MPa gacha yetadi. Shuningdek, sementatsiyalangan detallar yuqori darajada yeyilishga bardoshlilikka va tutashuvdagi mustahkamlikka (2000 MPa gacha) ega bo'ladi.

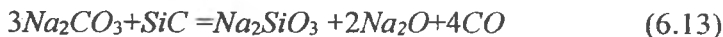
Tishli g'ildirakli sementatsiyalash uchun yu.ch.t. da qizdirib gazli muhitda sementatsiyalash usuli keng qo'llaniladi. Sementatsiyalash jarayonining jadallashuvi tishli g'ildirakni tezda qizdirish va jarayonni yuqori haroratlarda olib borish orqali erishiladi. Shuningdek bunday jarayon amalga oshiriladigan qurilmani avtomatlashtirish ishlari juda oson.

Po'latlarni suyuq muhitlarda sementatsiyalash maxsus tuzli vannalarda va zaruriy konsentratsiyali suyuq muhitlarda olib boriladi. Suyuq muhit sifatida asosan 78-85% Na₂CO₃; 10-15% NaCl va 6-8% SiC (korborund) olinadi.

Tuzli vannada sementitlash jarayonida quyidagi reaksiyalar sodir bo'ladi:



yoki



Vannaga har 3 soatda 0,5% karborsid qo'shib turiladi va bundan tashqari Na_2CO_3 vannaning o'rnatilgan sathigacha to'ldirilib turiladi. 1-1,5 oyda bir marta vannani to'liq almashtirilib turiladi. Bunday vannalarda sementatsiyalash jarayoni 880-900 °C haroratlarda 30 daqiqa davomida olib boriladi. Olingan qatlamning umumiy qalinligi 0,15-0,20 mm va 0,07-0,10 mm chuqurlikda evtektoid qatlam bo'lib, qattqlik HRA 72-78 gacha yetadi.

Tuzli vannalarda sementatsiyalash jarayoni ultratovush ta'sirida olib borilganda 1,5-2,0 martagacha jarayon tezlashadi. Bunda sementatsiyalash Na_2CO_3 , NaCl, SiC lardan iborat suyuq muhit qo'llaniladi. Jarayonning jadallashuvi asosan ultratovush tebratishlari ta'sirda tuzli eritmaning aralashuvi jadallashishi orqali tushuntiriladi.

Shuningdek alohida shakllardagi va markalardagi po'latlarni sementatsiyalash uchun evtektoidli sementatsiyalash, elektrolitda qizdirib sementatsiyalash, yu.ch.t. da qizdirib sementatsiyalash hamda suyultirilgan cho'yanlarda sementatsiyalash usullari mavjud. Bu usullarning qo'llanilish turlariga bog'liq bo'lmagan holda sementatsiyalangan qatlamda uglerod miqdori 0,7-1,1% C atrofida saqlanib qoladi.

Sementatsiyadan keyingi sovutish rejimlari va undan keyingi termik ishlov berish rejimlari po'latlarning o'zagidagi va sementatsiyalangan qatlamdagi austenitning parchalanish kinetikasi bilan aniqlanadi.

Sementatsiyalangan po'latlarni perlit sohasi haroratigacha o'ta sovutganda o'zgarishlar bir vaqtning o'zida sirt qatlamda ferrit-sementit aralashmasi, ya'ni erlit va troostitga, o'zakda esa ortiqcha ferrit hosil bo'lishi bilan parchalanadi. Ushlab turish vaqtining oshishi bilan o'zgarmagan austenit sohasi qisqarib boradi. Past haroratlarda ham (500-450 °C) xuddi shunday o'zgarishlar sodir bo'ladi. Qoldiq austenit sohasi izotermik ushlab turishda qisqarib boradi va parchalangan mahsulotlar o'ta qattiq bo'ladi.

350-200 °C oraliqlarda ushlab turilganda o'zgarishlar asosan bir yo'nalishda o'zakdan sirtga qarab martensit turi bo'yicha sodir bo'ladi. Sementatsiyalangan qatlamda o'zgarishlar o'zakdagi o'zgarishlarga qaraganda juda past haroratlarda ham sodir bo'ladi. Toblash harorati oshgan sari M_b nuqta sezilarli darajada pasayadi, M_{ox} nuqta holati esa sezilarli darajada o'zgarmaydi.

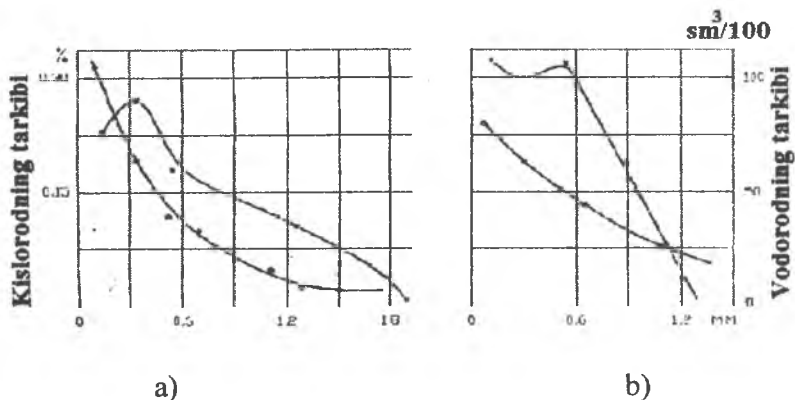
Sementatsiyalangan detallarning yaroqsiz holatga kelishlariga asosiy sabablardan biri, ayniqsa yupqa devorni, nosimmetrik va murakkab shakldagi detallarda hamda notekis yoki bir tomonlama sementatsiyalangan qatlamlarda, ularning tob tashlashi hisoblanadi. Bunda gazli muhitlarda sementatsiyalangan detallarga nisbatan qattiq karbyurizatorlarda sementatsiyalangan detallar kam tob tashlaydi.

Detailarning tob tashlashini kamaytirishning eng samarali usuli yuqori haroratli qizdirishlar sonini kaamytirish, toblashda harorat va sovutish tezliklarini pasaytirish hisoblanadi. Lekin ba'zi hollarda past haroratli toblash maqsadga muvofiq hisoblanmaydi. Chunki bunda detal o'zagining zaruriy xossalari ta'minlanmaydi. Detailarning eng oz tob tashlashi ularni pog'onali toblashda erishiladi.

Tishli g'ildiraklar sementatsiyalangandan keyin yuqori haroratda bo'shatish, toblash va past haroratli toblash orqali ishlov berilib, natijada ortiqcha karbidlar hosil bo'lishiga yo'l qo'yilmaydi. G'ildiraklarni normallashtirishda deformatsiya keyingi bosqichdagi toblashdan keyingi deformatsiyadan oshib ketmaydi. Normalizatsiyadagi deformatsiyani yu.ch.t. da qizdirish bilan 2-3 martagacha kamaytirish mumkin.

Qattiq karbyurizatorli sementatsiyalashda ham, gazli sementatsiyalashda ham ishlov berilayotgan detal sirtiga kislorod diffuziyalanadi, uning konsentratsiyasi qatlamning sirt sohasida 0,25-0,30% gacha yetadi.

Po'latda (6.6-rasm) sementatsiyalangandan keyin qatlamdagi kislorod va vodorod miqdori. A – qattiq karbyurizatorida 930 °C da 15 soat sementatsiyalangandan keyin; b – gazli sementatsiyada 1050 °C da 1,5 soat sementatsiyalangandan keyin.



6.6-rasm. Po 'latda sementatsiyalangandan keyin qatlamdagi kislorod va vodorod miqdori.

Legirlangan po'latlarni, ayniqsa xromnikelmarganesli po'latlarni sementatsiyalaganda sirt sohasi legirlovchi elementlardan kuchli darajada kambag'allashishi mumkin. Bunda "qora dog'lar" ko'rinishida hosil bo'ladigan xrom va marganes oksidlari hosil bo'lib, ular o'ta sovutilgan austenitning turg'unligini kamaytiradi hamda po'latlarning toblanuvchanligini pasaytiradi. Oksidlar "yumshoq dog'lar" qatlamning troostitsimon strukturasi hosil bo'ladi.

Ichki oksidlanish natijasida "yumshoq dog'lar" ning hosil bo'lishi oldini olish uchun austenitning turg'unligini oshirish uchun sementatsiyalangan qatlam sirtini qo'shimcha ravishda azot bilan legirlanadi. Bunda sementatsiyalash jarayonining oxirida sementatsiyalovchi gazga 6-10 daqiqa davomida ammiak qo'shiladi. Buning bilan ichki oksidlanish oldi olinmaydi, lekin uning zararli ta'sirining oldi olinadi.

Ichki oksidlanishning oldini olish uchun asosan sementatsiyalanadigan po'lat tarkibi va boyituvchi muhit tarkibi to'g'ri tanlanadi. Ko'pgina po'latlar tarkibiga ichki oksidlanish oldini olish uchun nikel va molibden kiritiladi. Nikel va molibdenlar ichki oksidlanishda ishtirok etmayda va po'latlarning barcha xossalariга ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Ko'pgina po'latlar uchun sementatsiya qatlami sirt sohasida uglerodning maqbul miqdori 0,8-0,9% ni tashkil etadi. Bunday

konsentratsiyali sementit qatlam yuqori darajada yeyilishga bardoshli bo'ladi. Uglerodning keltirilgan miqdorlardan oshishi po'latlarning statik va dinamik sinovlarda toliqish chegarasi va mustahkamligini kamaytiradi. Ba'zi hollarda uglerod miqdori 1,2% gacha oshganda ham yeyilishga bardoshliligi saqlanib qoladi. Bunday hollarda sementatsiyadan keyingi strukturasi mayda ignasimon yoki mayda globulali karbidli yopiq kristall martensit hamda uncha ko'p bo'lmagan miqdorda qoldiq austenitdan iborat bo'ladi.

Sementatsiya po'latlarning toliqish chegarasini oshiradi. Bu po'latlarning o'zaklari bilan sementatsiya qatlami bo'yicha ularning sementatsiyalash va toblashda har xil o'zgarishlar ro'y berishi natijasida qatlamda qoluvchi kuchlanishlarning hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi. Toliqish chegarasining eng ko'p miqdorda oshishi unchalik chuqur bo'lmagan chuqurlikka sementatsiyalashda yuzaga keladi. Bunda po'latlar toblangandan keyin martensit strukturaga ega bo'ladi va qoldiq austenit miqdori juda kam bo'ladi.

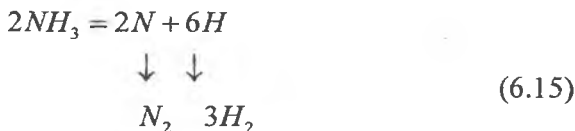
6.5.3. Azotlash

Azotlash jarayoni deb po'latlarni ammiakda 500-650 °C haroratgacha qizdirib ularning sirtqi qatlamida azot bilan boyitish usulida diffuzion azotli qatlamlar olishga aytiladi.

Azotlash jarayoni ham sementatsiyalashga o'xshab yeyilishga va o'zgaruvchan yuklanishlar ta'sirida ishlaydigan detallarda qo'llaniladi.

Azotlash detallarning sirtqi qatlami qattiqligini, ularni yeyilishga bardoshliligini, toliqish chegarasini va turli xildagi atmosferalarda korroziyaga chidamliligi kabi xossalarini oshiradi. Azotlangan po'latlarning sirt qattiqligi sementatsiya qilingan po'latlarnikiga qaraganda yuqori va haroratlarda ham (450-550 °C) bu xossasini saqlab qoladi. Sementatsiyalangan qatlam martensit strukturasi ega bo'lib, uning qattiqligi faqat 200-225 °C haroratgacha saqlanib qoladi.

Azotlash jarayonida boyituvchi muhit sifatida asosan ammiak qo'llaniladi. Ammiak dissotsiatsiyalanib undan faol atomar holatdagi azot ajralib chiqadi va tezda molekular holatga o'tadi:



Shuning uchun azotlash jarayoni ammiak dissotsiatsiyasi azotlanayotgan sirtga yaqin joyda sodir bo'lgan taqdirdagina jadal ravishda sodir bo'ladi. Ammiakning dissotsiatsiyanish darajasi haroratga, bosimga, ammiakning pechdan oqib o'tish tezligiga, azotlanayotgan detallarning yuzasiga va qo'llanilayotgan pech turlariga bog'liq. Ammiak dissotsiatsiyasida ishlov berilayotgan detal katalizator vazifasini bajarishini e'tiborga olsak (6.15), reaksiyaning jadallashuvi va buning natijasida azotlash jarayoni sirtida tezlashishi kuzatilishi mumkin.

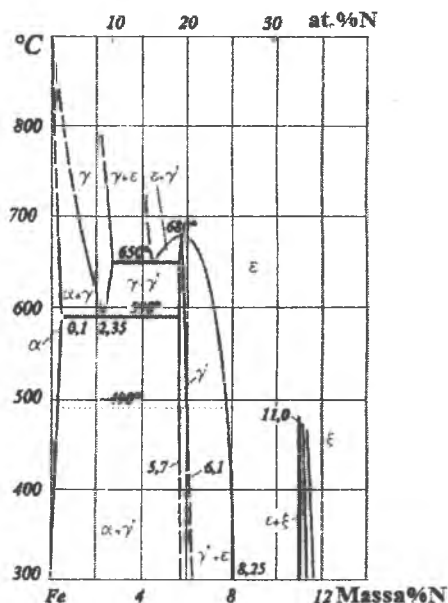
Pechda ammiakning aniq dissotsiatsiyasi haroratga bog'liq ravishda ushlab turishi lozim. Chunki azotning po'lat sirtiga yutilishi miqdori ammiakning dissotsiatsiyasiga bog'liqdir. Dissotsiatsiyanish darajasining kichik qiymatlarida po'lat sirtida azotning yutilishi sekinlashadi. Bunga asosiy sabab metall sirti bilan tutashuvda bo'ladigan atomar azot miqdorining kamayib ketishidir.

Dissotsiatsiya darajasi yuqori bo'lganda gazli muhitda vodorod miqdori oshib ketadi va u metall sirtiga absorbsiyalanib po'lat sirtida azot yutilishini sekinlashtiradi. Shuning uchun azotlash jarayonida haroratga bog'liq ravishda dissotsiatsiyanish darajasining maqbul qiymatlarini ushlab turish lozim bo'ladi.

Ammiakning dissotsiatsiyanishida hosil bo'ladigan vodorod istalgan tarkibdagi po'latlarning uglerodsizlanishiga olib keladi.

Temir va uning qotishmalari bilan azotning o'zaro ta'siri "Fe-N" holat diagrammasiga mos ravishda sodir bo'ladi. Bunda quyidagi fazalar hosil bo'ladi:

- a) α – faza, azotning α – temirdagi qattiq eritmasi;
- b) γ – faza, Fe_4N temir nitridi asosidagi qattiq eritma;
- d) ϵ – faza, $Fe_{2.3}N$ temir nitridi asosidagi qattiq eritma;
- e) ξ – faza, Fe_2N temir nitridi asosidagi qattiq eritma.



6.7-rasm. Azotning o'zaro ta'siri "Fe-N" holat diagrammasi.

α - faza azot atomlarining α - temirdagi, ya'ni asosan martensitdagi qattiq eritmasi bo'lib, uning qatlamdagi qalinligi o'zak qattiqligiga nisbatan o'zgarishiga bog'liq ravishda aniqlanadi. Qatlamning bu qismi ichki azotlash sohasi yoki diffuzion soha deyiladi. Γ '- faza tarkibida azot miqdori 5,7-6,1% ni, ϵ - fazada esa 8-11,2% ni tashkil etadi. 450 °S dan yuqorida ξ - fazaning hosil bo'lishi ehtimolligi mavjud, uning gomogenlik sohasi 11,07-11,18% N ni tashkil etadi.

«Fe-N» diagrammasidi 591 °C evtektoid harorat bo'lib, undan yuqorida γ - faza, ya'ni azotning γ - temirdagi qattiq eritmasi hosil bo'ladi. 591 °C dan pastda γ - faza evtektoid parchalanishga uchraydi, azotli evtektoid 2,35% N va α - hamda γ '- fazalar aralashmalaridan iborat bo'ladi. Juda tez sovutilganda γ - temir martensitli o'zgarishga uchraydi:



Azotli qatlamda bir fazadan ikkinchi bir fazaga o'tishda konsentratsiyalarning keskin o'zgarishi ro'y beradi. Bu holat diffuziya haroratlarida o'rnatiladi va sovutilgandan keyin ham saqlanib qoladi.

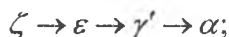
Po'latlarni azotlashda yoki azot va uglerodning bir vaqtda diffuziyasi natijasida ϵ - va γ - fazalar karbonitrid tarkibga: $\text{Fe}_{2-3}(\text{N},\text{C})$, $\text{Fe}_4(\text{N},\text{C})$ ga ega bo'ladi.

Legirlangan po'latlarni azotlashda legirlangan ϵ - va γ - fazalar (Fe, M) $_{2-3}(\text{N},\text{C})$ va (Fe,M) $_4\text{N}$ lar hosil bo'ladi. Legirlovchi elementlar W, Mo, Cr, Ti, V lar, α - faza tarkibida eriganlar, α - fazada azotning eruvchanligini oshiradi va MN hamda M_2N (VN , TiN , Cr_2N) va boshqa shu kabi legirlovchi elementlarning maxsus nitridlarini hosil qiladi.

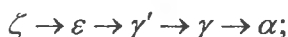
Past haroratli azotlashda (500°C) yupqa plastikasimon nitrid zarrachalari (azot tarkibi bo'yicha bir qatlamli) hosil bo'lishi kuzatiladi. Bu zarrachalar o'ralib turgan α - faza bilan to'liq kogeherentdir. Hosil bo'lgan zarrachalar sohasini Gine-Preston sohasi deyiladi. Undan yuqori haroratlarda (550°C) ko'p qatlamli (2-4 mm qalinlikda) yanada yirikroq plastinkali nitridlar paydo bo'ladi. Haroratning yanada oshishi bilan (550°C dan yuqori) eng yirik nitridlar ($\sim 20\text{ nm}$) hosil bo'lishi kuzatiladi. Yuqori haroratlarda ($550\text{-}650^\circ\text{C}$) azotlash nitridlarda kogeherentlikning buzilishi, koagulatsiya va sferiodallashuvga olib keladi.

Shunday qilib, temirga azotning diffuziyasida diffuziya haroratlarida po'lat sirtidan o'zagiga qarab quyidagi ketma-ketlikda joylashgan fazalar hosil bo'ladi:

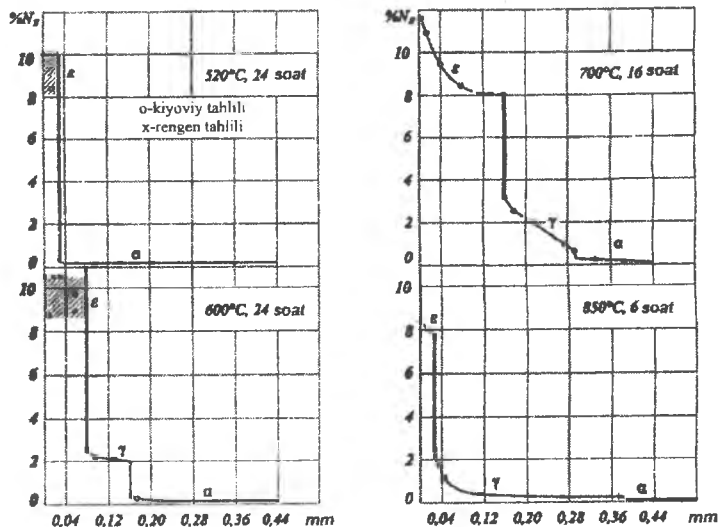
a) evtektoiddan pastki haroratlarda (591°C):



b) evtektoiddan yuqori haroratlarda:



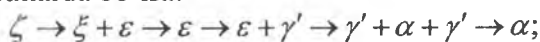
Azotlangan sirtidan sirtga nisbatan chuqurlashib borgan sari azot konsentratsiyasining keskin kamayishi kuzatiladi. Bu holat diffuziya haroratida o'rnatiladi va sovutilgandan keyin ham saqlanib qoladi (6.8-rasm).



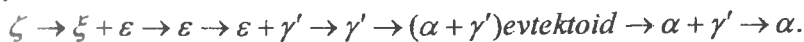
6.8-rasm. Azotli qatlamni juda tez sovutilganda boyitish haroratidagi fazaviy tarkib grafigi.

Azotli qatlamni juda tez sovutilganda boyitish haroratidagi fazaviy tarkib saqlanib qolishi kuzatiladi. Bunda γ -faza qisman, uning qolgan qismlari esa azot bilan kam boyigan martensitli o'zgarishga uchraydi. Diffuziya haroratidan sekin sovutilganda ξ -, ϵ -, γ -, va α -fazalarning parchalanishi sodir bo'lib, azotli qatlam quyidagi ketma-ketliklarda bo'ladi:

a) agar azot bilan boyitish harorati evtektoiddan past haroratlarda bo'lsa:



b) agar azot bilan boyitish harorati evtektoiddan yuqori bo'lsa, unda:



Eng past kengayish koeffitsiyentiga γ -faza ega, $0,79 \cdot 10^{-5}$ ga teng, undan keyin α -faza ($1,33 \cdot 10^{-5}$), eng yuqori kengayish koeffitsiyentiga ϵ -faza ega bo'lib, uning qiymati $2,2 \cdot 10^{-5}$ ga teng.

E- fazaning nisbiy og'irligi $6,88 \text{ g/sm}^2$, γ - fazada $7,11 \text{ g/sm}^2$ va α - fazaning nisbiy og'irligi $7,88 \text{ g/sm}^2$ ga teng.

Temirli azotlash bilan uning qattiqligi sezilarli darajada oshmaydi. Bunda faqat γ - faza yuqori qattiqlikka ega, undan keyin esa azotli martensit α - faza turadi. Legirlovchi elementlar azotli qatlam qalinligini kamaytiradi, lekin sirtning va uning kesim yuzasi bo'yicha qattiqligini keskin kamaytiradi.

Azotli qatlamning eng yuqori qattiqliklari ularni boyitish haroratlariga mos keladi. Bunda azot bo'yicha bir qatlamli nitridlar hosil bo'ladi. Bu hosil bo'lgan qatlam to'liq α - faza bilan kogerent va dislokatsiyalar harakatini qiyinlashtiradi. Boyitish haroratida nitrid zarrachalari yiriklashadi va kogerentligi buziladi. Bu esa qattiqlikning kamayishiga olib keladi. Shuning uchun asosan tarkibida Sr, V, Mo va boshqa shu kabi elementlar bilan legirlangan po'latlar azotlanadi. Ko'p hollarda 38X2MYUA(0,38%C, 1,5%Cr, 0,9%Al va 0,2%Mo) markali po'lat azot qilinadi. Bunda po'lat tarkibidagi aluminiy sirtida juda yuqori darajadagi qattiqlikni HV 1000-2000 (10000-12000 Mpa) ta'minlab beradi.

Ichki azotlangan sohani aluminiy puxtalamaydi. Po'lat tarkibida aluminiy eng yuqori darajada bo'lsa, ϵ - faza qatlami ostida (undan keyin) aluminiy bilan legirlangan va eng yuqori darajada qattiqlikka ega bo'gan (HV1200) γ - faza hosil bo'ladi. Aluminiyli γ - faza ko'p hollarda donalar atrofini qurshab oluvchi to'r hosil qilib azotli qatlamning mo'rtligini oshiradi.

Azotlash uchun Cr-Mo-V li po'latlar eng yaxshi tarkibli po'latlar hisoblanadi. Bu legirlovchi elementlar maqbul rejimlarda eng samarali qalinlikdagi azotli qatlamlarni hosil qiladi. Bunday po'latlardagi azotli qatlamlar mo'rt emas va yuqori darajadagi qattiqlikka ega, ya'ni NV 900-950 (9000-9500 MPa). Azotlash jarayoni ko'pgina konstruksion, zanglamas, issiqbardosh va asbob-sozlik po'latlari hamda cho'yanlar uchun qo'llaniladi.

Azotlangan po'latlarning yeyilishga bardoshlilik sementitlangan va toblangan po'latlarnikiga nisbatan yuqori. Azotli qatlamlarda ichki qisuvchi kuchlanishlar paydo bo'ladi, sirtida uning qiymati 600-800 MPa ni tashkil etadi. Bu esa toliqish chegarasini oshiradi va azotli qatlam ostida toliqishdan yeyilish oldini oladi. Toliqish chegarasi silliq nusxalarda 30-40% gacha oshadi, kuchlanishlar

konsentratsiyasi bo'lganda (uchqur o'yiqlar) uning qiymati 100% dan ham oshib ketadi. Tutashuvning toliqishdagi mustahkamlik azotli qatlamlarda sementatsiyalangan qatlamlarga nisbatan kam. Azotlash po'latlarni kavitatsion eroziyaga qarshiligini oshiradi.

Azotlash texnologik jarayoni quyidagi ketma-ketlikdagi bir necha operatsiyalarni o'z ichiga oladi:

1. Zagatovkani dastlabki termik ishlov berish. Bu operatsiya po'latlarni toblash va yuqori haroratlarda bo'shatishdan iborat. Buning natijasida mustahkamligining va buyumning o'zagidagi qovushqoqlikni oshirishga erishiladi. Bo'shatish yuqori haroratlarda 600-675 °C da, ya'ni keyingi azotlash jarayoni haroratidan yuqori haroratlarda amalga oshirilib, buyumning azotlashdan keyin zaruriy qattiqlik olishga erishiladi, buning natijasida po'latlarga kesib ishlov berish mumkin. Bunday turdagi po'latlarning strukturasi sorbitdan iborat bo'ladi.

2. Detallarning mexanik ishlov berish hamda ularning oxirgi o'lchamlarini olish uchun jilvirlash jarayonini bajarish.

3. Detallarning azotlanmaydigan qismlarini elektrolit usulda qo'rg'oshinli yupqa qatlam (10 – 15 mkm) bilan qoplash yoki suyuq shisha bilan qoplash.

4. Qo'rg'oshin azotlash haroratida po'latlar sirtida yupqagina azotni o'tkazmaydigan plyonka hosil qiladi.

5. Azotlash jarayoni.

6. Oxirgi jilvirlash jarayoni.

Azotlash jarayonining davomiyligi talab etilayotgan azotni qatlamning qalinligiga bog'liq ravishda tanlanadi. Azotlash harorati qancha yuqori bo'lsa, qatlamning qalinligi shunchalik kamayib ketadi va uning qalinligi katta bo'ladi. Odatda, azotlash jarayonidan keyin 300-600 mkm qalinlikdagi qatlam olishga erishish lozim bo'ladi. Buning uchun azotlash jarayonini 500-520°C haroratlarda 24-60 soatgacha davom ettiriladi.

Azotlash jarayonida detallarning o'lchamlari unchalik o'zgar-maydi. O'zgarish faqat sirt diffuzion qatlamning hajm bo'yicha kengayishi natijasida sodir bo'ladi. Azotlash harorati oshishi bilan qatlam diffuziyasi va qatlam qalinligi o'sib boradi.

Azotlash jarayonini tezlashtirish maqsadida ko'p hollarda ikki bosqichli jarayon qo'llaniladi. Bunda dastlab azotlash jarayoni 500-

520°C oraliqlarda, keyin esa 540-560 °C haroratlar oraliqlarida olib boriladi. Ikki bosqichli jarayonda azotlash jarayoni davomiyligi qisqaradi va bunday holda azotli qatlam yuqori darajada qattiqligi saqlanib qoldi. Azotlash jarayonidan keyin sovutish 200 °C gacha pechda ammiak oqimida olib boriladi. Sovitishning bunday olib borilishi azotlangan sirtida oksidlanish bo'lmashligi uchun amalga oshiriladi.

Cr – Mo – V va Cr – Ni – V – Mo tarkibli po'latlari azotlash (masalan, 30X3MΦ1, 25X3H3MΦ va boshqa shu turdagi po'latlar) 570 °C da olib boriladi va buning natijada zaruriy samarali qalinlikdagi qatlam olish uchun jarayon davomiyligi keskin qisqaradi.

Azotlash jarayonining umumiy davomiyligini sezilarli darajada, ya'ni 2-3 martagacha kamaytirish ionli azotlash usuli bilan olib borilganda erishiladi. Ionli azotlash jarayoni zaryadlangan azot tarkibli muhitlarda, ya'ni NH_3 da yoki N_2 muhitlarda olib boriladi. Bu jarayonda ishlov berilayotgan detallar manfiy elektrod – katodga ulanadi, anod vazifasini esa qurilma konteyneri bajaradi. Katod (detal) va anod o'rtasida ionli zaryadlar qo'zg'atiladi va gazning musbat ionlari katod sirtiga urilib uni boyitish haroratigacha qizdiradi. Ionli azotlash jarayoni ikki bosqichda amalga oshiriladi. Birinchi bosqichda boyitiladigan sirt katodli purkash usuli bilan tozalanadi, ikkinchi bosqichda detal sirti azot bilan boyitiladi.

Katodni purkash 50-60 daqiqa davomida 1100-1400 V kuchlanishda va $0,13 \cdot 10^2 - 0,26 \cdot 10^2$ Pa bosimda olib boriladi. Katodli purkash jarayonida detal sirti harorati 250°C dan yuqori bo'lmaydi. Azotlash harorati 470-380°C oraliqlarda $0,13 \cdot 10^2 - 0,13 \cdot 10^2$ Pa bosimda 400-1100 V bosimda, 400-1100 V ishchi kuchlanishda 1 soatdan 24 soatgacha davomiyligida olib boriladi.

Ionli azotlash jarayonini ishlab chiqarish sharoitida detallarni mufeldan talab qilingan masofaga o'rnatib, detallar va anod o'rtasidagi masofani aniq o'rganish zarur. Shuning uchun bu usulni qo'llash mayda ishlab chiqarish sharoitlari uchun samara beradi.

Azotlash jarayonini suyuq muhitlarda ham olib borish mumkin. Bu jarayon "tenifer jarayon" deb nomlanadi. Tenifer (Tinefer – uchta lotin so'zlarning boshlanishidan olingan, tenax – qattiq, nitrogenium – azot va ferrum – temir) jarayon 570°C haroratda 0,5-

3,0 soat vaqt davomida sianli tuzli eritmalarda olib boriladi. Eritmalarning tarkibi taxminan quyidagicha bo'ladi. 85% tuzlar (40% $KCNO$ va 60% $NaCN$ va 15% $NaCO_3$) yoki 55% karbomid NH_2CO va 45% Na_2CO_3 olinadi va suyuq eritma orqali quruq havo o'tkaziladi. Tuzlar titandan tayyorlangan tigellarda eritiladi.

Muhitda past harorat bo'lganligi uchun asosan po'latga azot diffuziyalanadi. Azot sianli tuzlarning parchalanishi natijasida hosil bo'ladi.

Suyuq muhitda ishlov berish natijasida detallar sirtlarida 7-15 mkm qalinlikda $Fe_2(N,C)$ karbonitrid qatlam hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan qatlam yeyilishga yuqori darajada qarshilik ko'rsatish bilan bir qatorda mo'rt yemirilishga moyil bo'lmaydi. Sirtida hosil bo'lgan karbonitrid qatlamdan keyin azotning α -temirdagi qatlam eritmasi va γ -fazaning ortiqcha kristallari hosil bo'ladi. Qatlamning umumiy qalinligi 150-500 mkm ni tashkil etadi. Legirlangan po'latlarda qatlam qalinligi HV 600-1100 (6000-1100 MPa) ni tashkil etadi. Suyuq azotlashda po'latlarning toliqish chegarasi sezilarli darajada oshadi. Jarayonning asosiy ustunliklari detal o'lchamlarning juda kam o'zgarishi va ularning tob tashlashi bo'lmasligida bo'lsa, kamchiliklari esa sianli tuzlarning zararliligi va eng qimmatbaholigi kabilar hisoblanadi.

Oxirgi yillarda sanoat miqyosida azotlash jarayonini gazli muhitlarda olib borish usuli keng qo'llanilmoqda. Bu texnologiya boyituvchi muhitning tarkibi, azotlash rejimlarini o'zgartirish, azotlanadigan materiallarni to'g'ri tanlash kabilar orqali takomillashib bormoqda.

Azotlash jarayonini ammiak tarkibiga uglerod tarkibli gazlar qo'shib olib borish jarayoni $570^{\circ}C$ haroratda 1,5 -3,0 soat mobaynida olib boriladi. Bunda boyituvchi muhit sifatida 50% hajm endogaz (yoki ekzo-endogaz) va 50% hajm ammiak yoki 50% hajm propan (metan) va 50% hajm ammiak olinadi. Bunday ishlov berilgan detallar sirtlarida yupqa karbonitrid $Fe_{2-3}(N,C)$ qatlam olinadi. Bu qatlam oddiy azotlashda olingan ϵ -fazaga ko'ra kam mo'rtlik va eng yuqori yetilishga chidamlilik xossalariga ega. Shuningdek, bu ishlov berish bilan buyumlarning toliqishga

mustahkamligi va tilinishga qarshilik ko'rsatish xossalari ham keskin oshadi.

Hozirgi paytlarda gazli muhitlarda azotlash jarayonining kombinatsiyalashgan usullari keng qo'llanilmoqda. Bu usullari ammiak muhitida havo uglerod, kislorod tarkibli qo'shimchalar qo'shish bilan olinayotgan qatlam strukturalari, xossalari va qalinliklariga ta'sir qilinmoqda.

Nitrid va karbonitrid qatlamlarni qo'shimcha ravishda kislorod bilan boyitib oksinitrid va oksikarbonitrid tavsirdagi diffuzion qatlamlar olish bo'yicha ko'pgina ishlar amalga oshirilgan. Bunda azotlash jarayoni oksidlash jarayoni bilan kombinatsiyalashgan yoki bosqichli usullarda olib boriladi. Bunday texnologiyalarga dastlab kislorod bilan boyitib keyin azotlash, azotlashdan keyin oksidlash va boshqa shunga o'xshash bir qancha kombinatsiyadagi usullarni keltirish mumkin. Bu usullarning qo'llanilishi po'latlar sirtida nuqsonlarsiz nitrid, karbonitrid va oksikarbonitrid diffuzion qatlamlar olish bilan detallarning korroziyabardoshligini, yeyilishga chidamliligini va boshqa bir qancha mexanik xossalarini oshirish imkoniyatlari mavjud.

6.5.4. Nitrotsementatsiyalash

Po'latlar sirtlarini sirtlarini bir vaqtning o'zida uglerod va azot bilan gazli muhitda boyitish nitrotsementatsiya deyiladi. Xuddi shu jarayon sianli eritmali vannalarda olib borilsa sianlash deyiladi.

Nitrosementatsiyalash va sianlash jarayonlari 820-950 °C haroratlarda kam uglerodli po'latlarni, o'rtacha uglerodli po'latlarni (legirlangan va legirlanmagan) hamda zanglamas po'latlarning sirt qattiqligini, yeyilishga chidamliligini va toliqish chegaralarini oshirish uchun qo'llaniladi. Yaxshilangan turdari o'rtacha uglerodli (legirlangan va legirlanmagan) po'latlar 570-600 °C haroratlarda (bu jarayon "yumshoq azotlash" deyiladi) yeyilishga bardoshliligini va toliqish chegarasini oshirish uchun, tezkesar po'latlarni esa 550-560 °C haroratlarda sirt qattiqliklarini, yeyilishga chidamliligini va issiqbardoshligini oshirish uchun qo'llaniladi.

Po'latlarni uglerod va azot bilan birgalikda boyitishda jarayon harorati oshishi bilan diffuzion qatlamda azot miqdori kamayib,

uglerod miqdori esa uzluksiz ravishda oshib boradi yoki qandaydir haroratgacha oshib borib keyin kamayadi. Shunday qilib, muhitning uglerod bilan to'yintirish qobiliyatiga bog'liq ravishda po'latlarning sirt qatlamida uglerod bilan maksimal to'yinish har xil haroratlarda erishiladi.

Po'latlarda azot uglerod bilan birga diffuziyalanishi sirt qatlamning uglerod bilan to'yinish darajasiga hamda uglerodning chuqurlik bo'yicha diffuziyasiga sezilarli darajada ta'sir qiladi.

Azot γ - temirning bo'lishi sohasi haroratini pasaytirib, past haroratlarda ham po'latlarning uglerodlanish jadalligini sementatsiya jarayoniga nisbatan oshiradi. Po'latlar sirtida azot miqdorining haddan tashqari oshib ketishi va sirt qatlamda karbonitrid fazalarning hosil bo'lishi bilan uning tarkibidagi azot uglerodning po'latlar sirtidagi diffuziyasini qiyinlashtiradi.

Nitrotsementatsiyada boyitish jarayoni ikki bosqichda turli kinetik o'zgarishlarda boradi. Birinchi bosqichda (1-3 soatda) po'lat bir vaqtning o'zida ham uglerod bilan ham azot bilan boyib boradi. Ikkinchi bosqichda uglerod bilan boyitishning davomiyligida azot desorbsiyasi sodir bo'ladi, ya'ni absorbsiyalangan azot atomlarining bir qismi metall sirtidan gazli muhitga o'tadi.

Bunda azot desorpsiyasi gazni muhit tarkibining o'zgarishiga umuman bog'liq bo'lmay(u doimiy ushlab turiladi) po'latda o'zaro ta'sirlari natijasida ro'y beradi.

Nitrotsementatsiya haroratining oshishi bilan uglerod miqdori oshib boradi, azot miqdori esa kamayib boradi. Sirt diffuzion qatlamda uglerod va azot o'zgarish nisbatlari to'g'ri chiziqli ko'rinishda bo'ladi.

Umuman olganda, uglerod bilan atomning birgalikdagi diffuziyasida birortasining miqdorini oshishi bilan ikkinchisi boshqa oksimentning keyingi diffuziyasiga ta'sir qilib uni sekinlashtiradi.

Nitrotsementatsiya jarayoni harorati sementatsiya jarayoni haroratga nisbatan taxminan 100°C ga past va uning gazni sementatsiyaga nisbatan quyidagi afzalliklari mavjud:

1) jarayonni olib borish harorati past bo'lsada ($850-870^{\circ}\text{C}$, ya'ni $900-930^{\circ}\text{C}$ o'rniga), jarayon tezligi bir xil yuqori haroratda jarayon tezligi kattaligi;

2) ishlov berilayotgan detallar, sirtlarida pech devorlari va qizdirgichlarda qurum hosil bo'ladi;

3) po'latlarning azot bilan qo'shimcha boyish natijasida detallarning yetilishga chidamligi yuqori;

4) detallarning tob tashlashi juda kamligi.

Nitrotsementatsiyada gazli muhit sifatida tarkibi 2-10% ammiakdan va 90-98% uglerodli gazlardan iborat aralashmalar qo'llaniladi. Uglerodli gazni aralashmalar tarkibi gazni sementatsiyalashda foydalaniladigan gazni muhitlar tarkibi kabidir.

Nitrotsementatsiya jarayonida sementatsiya jarayoni kabi po'lat sirtining boyish darajasini nazorat qilib turish lozim, faqat nitrotsementatsiyalangan qatlamda uglerod va azotning maqbul yig'inda konsentratsiyalaridagina zaruriy mexanik xossalarga erishish mumkin.

Diffuzion qatlamda azot miqdori oshib ketsa, po'lat xossalari kamayib ketadi. Uglerod va azotning qatlamdagi maqbul miqdorlarini jarayonning oxirida uglerodsizlantirish yoki azotsizlantirish bilan eritib bo'lmaydi. Bunday hollarda po'latlarning mustahkamligi salbiy ta'sir ko'rsatish mumkin.

6.5.5. Sianlash

Yuqorida keltirib o'tilganidek sianlash jarayoni sianli eritmali vannalarda bir vaqtning o'zida po'latlarning sirtlarini uglerod va azot bilan boyitish jarayonidir. Sianlash jarayoni 820-960 °C haroratlarda tarkibida sianli (CN) guruhdagi tuzli eritmali sugoq muhitlarda olib boriladi. O'rta haroratlarda sianlash jarayonlari amalga oshiriladi. O'rta haroratlardagi sianlash 820-860 °C haroratlarda 0,5-1,5 soat davomida amalga oshirilib, bunda unchalik qalin bo'lmagan (0,15-0,35 mm) diffuzion qatlam olinadi. Usul mayda detallarni masalan, moy nasosi shestirnyalari, cherviyaklar va shu kabilarni ishlov berish uchun qo'llaniladi.

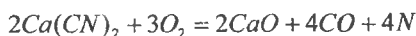
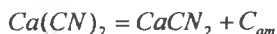
Yuqori haroratli sianlash 930-960 °C haroratlarda 1,5-6 soat davomida 0,5-2,0 mm qalinlikdagi diffuzion qatlamlar olish uchun qo'llaniladi. O'rta haroratli sianlashni quyidagi tarkibdagi sianid – sianatli vannalarda olib boriladi:



Kelitirilgan reaksiyalar natijasida hosil bo'lgan atomlar uglerod va azot po'latga diffuziyalanadi. O'rta haroratli sianlashda diffuzion qatlamdagi uglerodning konsentratsiyasi 0,6 = 0,7% ni, azot esa 0,8-1,2% ni tashkil etadi. Boyitish jarayonidan keyin birdaniga past haroratli bo'shatish amalga oshiriladi. Qatlam strukturasini martenit va qoldiq austenitdan iborat bo'lib, uning qattiqligi HRC 58- 62 ga teng.

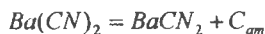
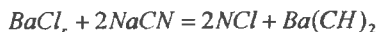
Yuqori haroratli sianlashda qatlamdagi uglerod konsentratsiyasi 0,8-1,2% ni azot esa 0,2 – 0,7 % ni tashkil etadi. Yuqori haroratli sianlardan keyin detallar odatda havoda sovutiladi, keyin donalarni maydalash uchun termik ishlov beriladi va qatlam toblanadi. Qatlam strukturasini marteneydan va qoldiq austenitdan iborat bo'ladi, sirtida ko'p hollarda 20-30 mm hosil bo'ladi.

Sianlash jarayonini quyidagi tarkibdagi sugoq muhitli vannalarda ham amalga oshiriladi.



Bunday usulda sianlangan detallar vannadan chiqarilgandan keyin birdaniga toblanadi va keyin past haroratda bo'shatiladi.

Chuqur sianlash jarayoni qo'yidagi tarkibdagi aroq vannada ham amalga oshiriladi:



Chuqur sianlash bir necha soat davomida yuqori haroratlarda (900-950°C) amalga oshirilib po'lat donalarini maydalash va qoldiq austenit miqdorini kamaytirish maqsadida dastlab havoda sovutishda, keyin tuzni vannada qizdirilib toblanadi va past haroratli

bushatib ishlov beriladi. Sianlashning kamchiligi sianli tuzlarning zaharliligi va ishlab bo'lgan tuzlarni chiqindilarini chiqarishda maxsus xavfsizlikka rioya qilish zarurligi kabilardir.

6.5.6. Aluminiylash

Po'latlar va sirtlarini oksidlanishga va atmosfera sharoitida karroziyaga qarshi aluminiy bilan boyitish ammonitrad deyiladi. Odatda aluminiylash ham uglerodlarni po'latlar va kam hollarda o'rtacha uglerodli po'latlar va ma'lum cho'yanlar uchun qo'llaniladi. Aluminiylangan po'latlar va cho'yanlar 800-900°C ba'zi hollarda 950-1000°C gacha haroratlarda oksidlanishga chidamli bo'lgani uchun yuqori legirlangan oksidlashga bardoshli po'latlar va qotishmalar o'rniga qo'llaniladi. Shunigdek ba'zi bir oksidlanishga chidamli legirlangan po'latlarning qo'shimcha ravishda yanada birdamliligini oshirish uchun aluminlash jarayoni qo'llaniladi.

Aluminlash 700-1100 °C haroratlar oraliqlarida amalga oshirilib, unda chuqurligi 0,02-0,8 mm oraliqlarda bo'lgan aluminiyligi sirt qatlamlari olinadi.

Diffuzion aluminiylashning quyidagi usullari mavjud:

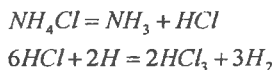
- 1) ko'piksimon aralashmalarda, aluminiylash;
- 2) aluminiyli eritmali vannalarda aluminiylash;
- 3) po'latlar sirtini metalizatsion usulda aluminiylash va keyingi bosqichda;
- 4) aerezol muhitlarda aluminiylash;
- 5) flyuminiyli tuzli eritmalar bilan to'ldirilgan vannalarda elektroliz usulida aluminiylash;
- 6) gazli muhitga aluminiylash.

Yuqorida keltirilgan usullarning dastlabki uchtasi sanoat miqyosida qo'llaniladi, qolgan usullar esa laboratoriya sharoitlarida amalga oshirilgan.

Kukunsimon aralashmalarda aluminiylashda aralashma quyidagi tartibdagi qutilarga solinadi: aluminiy yoki ferroaluminiy, ammoniy xlorid – N_4Cl va aluminiy oksidlari. Aluminiy xlorid jarayonni tezlashtirish bilan bir qatorda N_4Cl ning parchalanish natijasida hosil bo'lgan mahsulotlar qutining ichidagi havoni siqib chiqaradi aluminiy oksidi esa kukun zarrachalarning erib ketishi

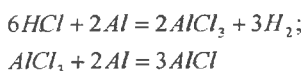
oldini oladi va ferroaluminiumning sirtga qizdirib birikish oldini oladi.

Yuqori haroratlarda qutida reaksiyalar sodir bo'ladi.



Aluminiylashda reaksiyalar sodir bo'lish ehtimolligi quyidagicha bo'lish mumkin: dastlab aluminium subxlorid hosil bo'lish, keyinchalik esa past valentli aluminiumning bir qismi oksidlanish natijasida o'z-o'zidan tiklanish. Bunda quyidagi reaksiyalar sodir bo'ladi.

a) ferroaluminium va aluminium zarrachalari sirtlarda aluminium hosil bo'ladi.



yoki



b) po'lat sirtida aluminium o'z-o'zidan tiklanishi sodir bo'ladi:



Shunisi qiziqarliki yuqorida keltirilgan aluminium subxlorid qatnashishi bilan sodir bo'ladigan aluminiylash reaksiyalari kremniylash, xromlash va boshqa bir qancha metallar sirtini diffuziyasi boyitish jarayonlarida yuzaga kelishi mumkin.

Bunda reaksiyalar mos ravishda sirtni boyituvchi elementlar subxloridlari hosil bo'lishi bilan kuzatilishi mumkin. Kimyoviy ko'chish past valentli birikmalar hosil bo'lishi sharoitlaridagina sodir bo'lishi mumkin. Yuqorida keltirilgan reaksiyalarda hosil bo'lgan yuqori valentli metallar xloridlari o'tish reaksiyalarida qatnashishlari bilan birgalikda o'zi sarf bo'lmaydigan to'liq reaksiya sirasiga qaytadi.

Bu sxemaning ustunlik jihatlari shundaki, ba'zi bir metallar bilan boyitish jarayonini sementatsiyalash jarayoni bilan birgalikda olib borish mumkin. Bunda uglerod parchalanish quyidagicha kechadi:



Masalan, nikel, qo'rg'oshin va boshqa metallar, ya'ni temir bilan qayta tiklanadigan metallar shu metallarning xloridlaridan qayta tiklanishi orqali tushuntirilishi mumkin.

VII-BOB. DIFFUZION JARAYONLARNING UMUMIY QONUNIYATLARI

7.1. Diffuziya mexanizmi

Gazlarda, suyuqliklarda va qattiq jismlarda atom (ion) larning joylashuvi o'zgarishga diffuziya deyiladi. Diffuziya – zarrachalarining issiqlik ta'sirida harakati bilan aniqlanadi va haroratning o'zgarishi bilan diffuziya tezligi oshadi. Ko'p hollarda diffuziya natijasida vaqt o'tishi bilan elementlar konsentratsiyasining tekis taqsimlanishi sodir bo'ladi. Ba'zi hollarda konsentratsiyalar farqi bo'lmagan hollarda ham energetik fluktuatsiya natijasida ham diffuziya jarayoni kechadi. Bu turdagi diffuziya konsentratsiyalar o'zgarishi bilan bog'liq emas va o'z diffuziya deb ataladi.

Diffuziya hodisasi birinchi marta suyuqliklar va gazlarda kuzatilgan. Qattiq jismlarda sodir bo'ladigan diffuziya hodisasi esa ko'plab yillar o'rganilgan va hozirgi kunda metall va qotishmalardagi diffuziya jarayonlari hozirgi kunda metall va qotishmalardagi diffuziya jarayonlari yetarli darajada nazariy jihatdan asoslangan va aniq matematik talqinlarga ega.

Metallarning faol boyituvchi elementlar bilan o'zaro ta'siri natijasida birinchi bosqichda ularning sirtlarida adsorbsiya va absorbsiya jarayonlari sodir bo'ladi. Absorbsiya natijasida metall sirtiga singan atomlar kristall panjara kuch maydoniga tushib qoladi. Absorbsiyalangan atomlar issiqlik harakati ta'sirida sirtqi qatlamda to'planmasdan metall sirti chuqurligi bo'yicha singib (diffuziyalanib) boradi. Jarayonning boshlang'ich davrida sirt qatlamda qattiq eritma hosil bo'ladi va sirt element atomi bilan to'yingandan keyin panjaralarning katta tuzilishi natijasida yangi faza hosil bo'ladi. Ba'zi bir sharoitlarda qattiq eritma hosil bo'lish bosqichi chetlab o'tilib, kimyoviy birikma hosil bo'lishi mumkin.

Sirt qatlamida hosil bo'layotgan diffuziya fazalari tabiatiga ko'ra diffuziya: atomli va reaksiyon turlarda bo'ladi. Atomli diffuziya deganda elementlarning o'zgaruvchan tarkibli qattiq eritmada

yoki kimyoviy birikmada faqat ularning konsentratsiyasi o'zgarishi bilan ro'y berishi tushuniladi. Reaksiyon diffuziya esa sirtlarda yangi fazalar (kimyoviy birikmalar yoki yangi allotropik modifikatsiyalar) hosil bo'lishi bilan kuzatiladi.

Metallarda atomli diffuziya. Metall va qotishmalarda atomli diffuziya turli xildagi mexanizmlar bo'yicha amalga oshadi.

Singish qattiq eritmalarida erigan elementlar atomlari kristall panjaralarning atomlararo oraliqlarida joylashadi va panjarada bir holatdan ikkinchi holatga yengil ko'chadi.

Almashinuvchi qattiq eritmalarida har ikkala komponentlarning atomlari panjaralar tugunlarida taqsimlanadi. Agar panjara tugunlari barchasi atomlar bilan egallangan bo'lsa, diffuziya jarayoni ikkita atomning o'zaro joylarini almashirishi orqali kechadi. Lekin bunday elementlar jarayondagi diffuziyada bir vaqtning o'zida ikkita atom o'rin almashinib ko'chadi. Bu esa energetik nuqtayi nazardan juda kam sodir bo'ladi. Diffuziya jarayonlarining mexanizmlaridan biri tugunlar o'rtasida siqib chiqarish yo'li bilan sodir bo'ladigan diffuziya hisoblanadi. Bunday mexanizmda tugunlar orasidagi atom qo'shni atomni itaradi. Qo'shni atom esa panjarada to'g'ri holatni egallab turgan bo'ladi, o'zi esa bo'shagan joyga ko'chadi.

Xuddi shuningdek diffuziyaning halqali almashinuv sxemadagi mexanizmi ham taklif etilgan. Bunda uchta yoki to'rtta atom bir vaqtning o'zida halqa bo'yicha siklik ko'chish bo'yicha harakat qiladi. Bunday ko'chish zich taxtlangan panjaralarda sodir bo'lmaydi.

Diffuziya mexanizmining sodir bo'lishi mexanizmlarning ehtimolligi eng katta bo'lgan yo'li vakansiya bo'yicha diffuziya hisoblanadi. Bu mexanizmga ko'ra kristall panjara tugunida to'g'ri holatda joylashgan atom yetarli darajada qayta energiyaga ega bo'lganligi uchun kristall panjaraning bo'sh tuguniga ko'chib o'tadi. Bu bo'sh tugun esa atomli «tuyuk» (vakansiya) deyiladi. Vakansiyalar bo'yicha diffuziya mexanizmini almashinuvchi qattiq eritmalarida diffuziya koeffitsiyenti qiymatining juda katta qiymatlarda bo'lishi bilan tushuntiriladi. Panjara tugunlaridan chiqqan atomlar o'rniga (vakansiyaga) qo'shni atomlar ko'chib o'tadi va bu jarayon uzluksiz davom etadi. Vakansiyaning bunday uzluksiz «ko'chishi» element atomlarining diffuziyasini sodir qiladi.

Diffuziyaning vakansion mexanizmi nazariy va amaliy jihatdan asoslangan bo'lib, faqat uning metall va qotishmalarda aniqligi hamda tartibini aniqlash juda muhim hisoblanadi.

Vakansiya konsentratsiyasini haroratga bog'liq ravishda elektr qarshilikning o'zgarishi egri chiziqlari va metallarning chiziqli kengayish koeffitsiyentining chiziqli o'zgarishi qonuniyatlaridan chetga chiqishi kabi tasvirlar bilan o'rganilgan. Metallarning erkin haroratiga yaqin haroratlarda olingan elektr qarshiligi egri chizig'i to'g'ri chiziqli qonuniyatdan keskin farq qiladi. Qo'shimcha hosil bo'lgan elektr qarshilik qiymatlari metallarning vakansiya bilan yanada boyishini tavsiflaydi.

Vakansiya konsentratsiyasining hajm birligidagi kristall panjaraalarda bo'sh tugunlar sonining barcha tugunlar soniga nisbati orqali hisoblab topiladi va protsent atomlar orqali ifodalanadi. Erish haroratiga yaqin haroratlarda aluminiy, mis va kumushlar uchun vakansiyalar konsentratsiyasi o'rtacha 0,1 – 0,2 at. %ga teng.

Diffuziya jarayonining vakansiya mexanizmi hozirgi kunda ham o'z kuchini yo'qotgani yo'q. Bu mexanizmga asoslangan holda metallarga termik va kimyoviy-termik ishlov berish asoslari yaratilgan.

7.2. Diffuziyaning matematik talqini

Qattiq kristall jismlarda diffuziya jarayonlarini ifodalash uchun suyuqlik va gazlarda diffuziyani yoritish uchun foydalaniladigan Fik qonuniyatlaridan foydalaniladi.

Qattiq kristall jismlarda diffuziyani ifodalovchi Fikning birinchi qonuni matematik ifodasi diffuziyani dm moddaning atomlari (ionlari) ning aniq dx qalinlikdagi izotrop qatlam orqali va aniq $d\tau$ vaqt mobaynida dF ko'ndalang kesimi bo'yicha uzluksiz oqimi tushuniladi:

$$dm = -D \frac{dc}{dx} \cdot dF \cdot d\tau \quad (7.1).$$

Keltirilgan (7.1) ifodaga asosan diffuziyalanuvchi modda miqdori ko'ndalang kesim yuzaga, diffuziya yo'nalishi bo'ylab

konsentratsiya gradiyentiga va vaqtga to'g'ri proporsional. Diffuziya koeffitsiyenti D sirta 1 sm^2 yuza orqali konsentratsiya kamayishi $\frac{dc}{dx}=1$, bo'lganda 1 sek vaqtda diffuziyalangan moddalar miqdorini bildiradi. D qiymati birligi sm^2/kun yoki sm^2/sek orqali ifodalanadi. Ifodadagi D ning oldida turgan «-» ishora diffuziyaning modda bilan eng boyigan uchastkadan atomlarning (ionlarning) moddaning kam konsentratsiyali uchastkasiga ko'chishini ifodalaydi.

Fikning birinchi qonuni diffuzion oqimning qo'zg'almas holatini ifodalaydi, ya'ni modda konsentratsiyasi vaqt bo'yicha har qanday nuqtada o'zgarmasdan qoladi. Vaqt bo'yicha istalgan nuqtadagi konsentratsiya o'zgarsa, noturg'un oqim hosil bo'lib, u holda diffuziya koeffitsiyenti D konsentratsiyaga bog'liq bo'lmaydi va diffuziya Fikning ikkinchi qonuni orqali ifodalanadi:

$$\frac{dc}{dt} = D \frac{d^2}{dx^2}; \quad (7.2)$$

Bu tenglama aniq chegaraviy shartlar uchun yechilishi mumkin. Agar sirtida konsentratsiya S_0 doimiy bo'lsa, u holda konsentratsiya $s(x,t)$ x ning istalgan nuqtasida vaqt bo'yicha quyida keltirilgan ifodaga mos ravishda o'zgaradi:

$$c(x,t) = C_0 \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right); \quad (7.3)$$

(7.3) tenglama (7.2) tenglamaning yechimi hisoblanadi va unda:

$$\operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right); \quad (7.4)$$

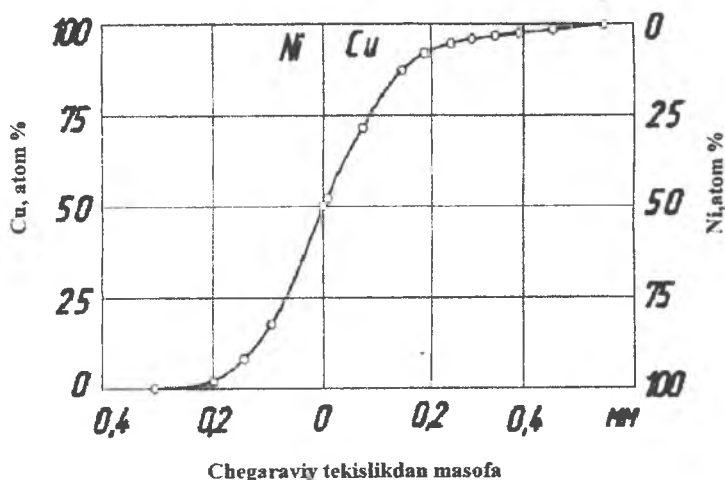
$\operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$ funksiya Gauss integral xatoligi deyiladi.

Agar konsentratsion egri chiziq ekperimental usulda qurilsa, ya'ni S_0 va S larning qiymatlari x ning istalgan qiymatida aniq bo'lsa, $\operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$ funksiyaning qiymatini har bir chuqurlik uchun

aniqlash mumkin. X va t larni bilgan holda diffuziya koeffitsiyenti D ni hisoblab topish mumkin.

Metall sirtlarida elementlar konsentratsiyasi doimiy bo'lsa, diffuziyani o'rganish uchun «yon yoqli» metod qo'llaniladi.

Bu usul bilan mis va nikelning bir-biriga o'zaro diffuziyasini o'rganishda hosil bo'lgan konsentratsion egri chiziqli tahlili shuni ko'rsatadiki, nikelga misdan ko'ra, mis nikelga tezroq diffuziyalanadi (7.1-rasm).



7.1-rasm. Mis va nikelning 1025°C haroratda 40 soat mobaynida yumshatishda o'zaro diffuziyasi konsentratsion egri chizig'i.

Shuningdek bu usul yordamida diffuziya koeffitsiyentini hisoblash ishlari chegaraviy shart sifatida diffuziya yo'nalashiga perpendikular bo'lgan tekislik qabul qilinadi va bu tekislikda har bir elementning konsentratsiyasi 50% miqdorda olinadi. Bu holda diffuziyalanayotgan metallning chegaraviy tekislikdan ch masofadagi konsentratsiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right); \quad (7.5)$$

$\operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$ Gauss integrali xatoligi deyiladi.

Ko'p hollarda sirtidagi elementlar konsentratsiyasi uzluksiz ravishda oshib boradi. Shuning uchun D ni hisoblashda konsentratsiya o'zgarishi qonunlarini inobatga olish zarur.

Yuqorida keltirilgan barcha yechimlar diffuziyaning bir jinsli muhitda sodir bo'lishi uchun o'rinlidir. Kimyoviy termik ishlov berish amaliyotida asosan reaksiyon diffuziya bilan ish yuritiladi.

Kimyoviy termik ishlov berishda metall va qotishmalarning sirtida bir nechta fazalar olinadi. Bu fazalar ketma-ket joylashadi va mos ravishda bu fazalarda diffuziyalangan elementlar konsentratsiyalari ham turlicha, ya'ni kamayish tartibida bo'ladi. Bunday fazalarda diffuziya tezliklari ham turlicha qiymatlarga ega bo'ladi.

Masalan, metallarga elementlarning diffuziyasi natijasida dastlab γ -faza va bu fazaning to'yinganidan keyin α -faza hosil bo'lsa, u holda α -fazadagi diffuziya koeffitsiyenti quyidagi ifoda orqali hisoblanadi:

$$D_{\alpha} = \frac{y_1^2}{4t \ln\left(\frac{M_0}{M_1 - C_1 y_1}\right)}; \quad (7.6)$$

bu yerda, D_{α} – α -fazadagi diffuziya koeffitsiyenti;

u_1 – α -faza qatlami qalinligi, sm;

t – vaqt, sek;

M_0 – diffuziyalanuvchi modda massasi;

M_1 – γ -fazaga mos keluvchi diffuziyalangan modda massasi;

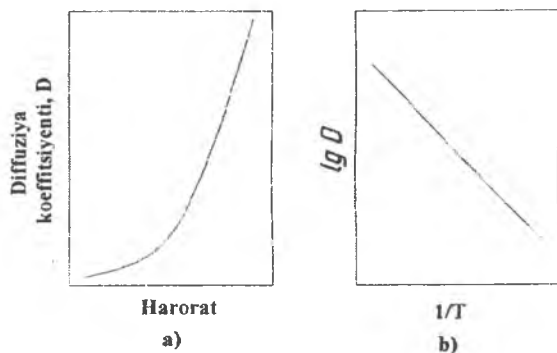
S_1 – α - va γ -fazalar chegarasidagi element konsentratsiyasi.

Diffuziya koeffitsiyentining haroratga bog'liqligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$D = D_0 e^{-\frac{Q}{RT}}; \quad (7.7)$$

bu yerda, D_0 – eksponensial oldi ko‘paytuvchi, sm^2/sek ;
 R – gaz doimiysi, 1,987 kal/g-atom yoki 8,318 Dj/g-atom;
 Q – faollashuv energiyasi, kal/g-atom yoki Dj/g-atom.

(7.7) tenglamani grafik ravishda 7.2-rasmdagidek tasvirlash mumkin. Grafik $\lg D - \frac{1}{T}$ koordinatorda tasvirlanib, to‘g‘ri chiziqlarning absissasi



7.2-rasm. Diffuziya koeffitsiyentining haroratga bog‘liq ravishda o‘zgarishi tavsifi:

a - $D - T$ koordinatalarda;
 b - $\lg D - 1/T$ koordinatalarda.

o‘qiga og‘ishi bo‘yicha faollashuv energiyasi aniqlanadi:

$$Q = \frac{Rtg\alpha}{0.43}; \quad (7.8)$$

Ko‘pgina kimyoviy termik ishlov berish jarayonlarida diffuzion qatlam chuqurligining jarayon davomiyligiga bog‘liqligi parabolik ko‘rinishda quyidagicha ifodalanadi:

$$X^2 = K\tau \quad (7.9)$$

Bu yerda, x – diffuzion qatlam chuqurligi;
 τ – jarayon davomiyligi;

K – diffuziyalanuvchi moddalar turi va boshqa omillarga bog‘liq bo‘lgan doimiy (parabola parametri).

Amaliyotda qatlam chuqurligining jarayon davomiyligiga bog‘liqligi ba’zi bir holatlarda parabolik qonuniyatga bo‘ysunmaydi. Bunga asosiy sabablardan biri diffuzion qatlam tashqi sohasida diffuziyalanuvchi element konsentratsiyasi jarayon davomida uzluksiz ravishda o‘zgaradi. Boyituvchi muhitning faolligi kamayishi bilan konsentratsiya ham kamayishi mumkin. Agar boyituvchi muhit faolligi yuqori darajada bo‘lsa, diffuzion qatlam o‘zgarishi parabolik qonuniyatlari bajariladi. Agar boyituvchi muhit faolligi unchalik katta bo‘lmasa, qatlamning o‘sishi chiziqli yoki chiziqliga yaqin bo‘ladi. Boshqa hollarda vaqt o‘tishi bilan diffuzion qatlam o‘sishi keskin sekinlashadi va amaliy jihatdan umuman to‘xtaydi.

Diffuzion qatlam chuqurli va harorat o‘rtasida quyidagi bog‘lanish o‘rnatilgan:

$$x = Ae^{-\frac{a}{T}} \quad (7.10)$$

Bu yerda, T – absolyut harorat;

A va a – tajriba yo‘li bilan aniqlanadigan koeffitsiyentlar.

(7.10) ifoda orqali yoritiladigan qonuniyat ham ko‘pchilik hollarda buziladi.

Metallarda diffuziya jarayonini harakatlantiruvchi kuch konsentratsiya gradiyenti bilan bir qatorda kimyoviy potensial hisoblanadi. Kimyoviy potensial gradiyenti diffuziya yo‘nalishini belgilab beradi.

7.3. Diffuziya jarayoniga ta’sir etuvchi omillar

Temirning o‘z diffuziyasi hamda ko‘plab elementlarning diffuziyasi (masalan, C, N, Zn, Cr, Mo, W, va b.) α - temirda γ - temirdagiga nisbatan juda tez sodir bo‘ladi. Bu kubik hajmiy markazlashgan panjarali α - fazaning kubik yon yoqlari markazlashgan γ -temir kristall tuzilishiga nisbatan kam zichlanganligida bo‘lishi mumkin.

Temirda kichik diametrli atomlarga ega bo'lgan elementlar (H_2 , N, C) diffuziya koeffitsiyentlar eng yuqori bo'ladi. Ular singish qattiq eritmalarini hosil qiladi. Keltirilgan elementlarning ichida V (bor) α -temir bilan almashinuvchi eritma hosil qiladi.

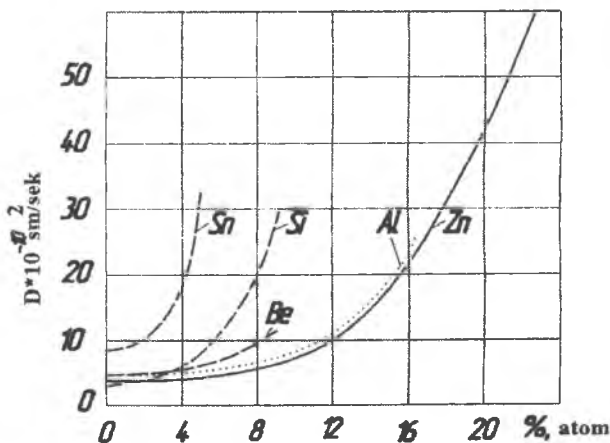
Temir bilan almashinuvchi qattiq eritma hosil qiluvchi elementlar sekin diffuziyanadi.

Diffuziyanuvchi elementning konsentratsiyasiga bog'liq ravishda uning asosiy metalga diffuziya koeffitsiyenti va asosiy metallning o'zdiffuziyasi ham o'zgaradi.

Uglerod temirning o'zdiffuziyasini tezlashtiradi. Austenitda uglerodning diffuziya koeffitsiyenti uning konsentratsiyasiga bog'liq ravishda quyidagicha ifodalanadi:

$$D = (0.07 \pm 0.66\%C)e^{\frac{32000}{RT}}.$$

Diffuziya koeffitsiyentiga konsentratsiyaning ta'siri turlicha. Masalan, misga Ni, Al, Zn, Si, Be, Sn larning diffuziya koeffitsiyentlari bu elementlarning konsentratsiyasi oshishi bilan o'sib boradi (7.3-rasm).

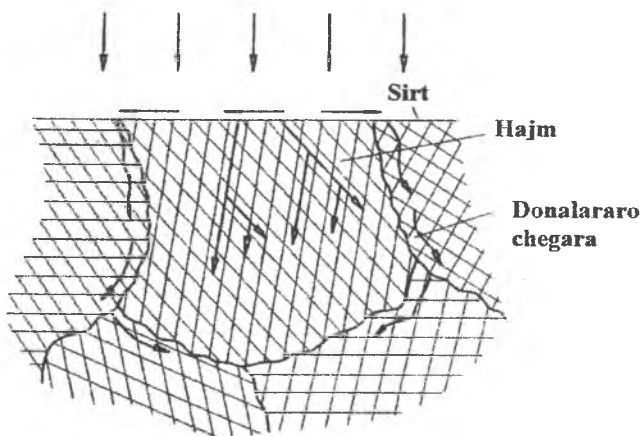


7.3-rasm. Mis asosidagi qotishmalarda 800 °C da turli xil elementlarning diffuziyasi koeffitsiyentlari bog'liqligi.

Aluminiyga kremniy va manganesning diffuziyasi teskari holatda sodir bo‘ladi.

Asosiy metalda erigan qo‘shimchalar diffuziyalanuvchi elementlarning harakatchanligi tezlashadi yoki sekinlashadi. Bu asosiy metalda atomlararo bog‘lanish energiyalarining, qo‘shimcha va diffuziyalanuvchi elementlarning atomlari o‘rtasida atomlararo bog‘lanishning vujudga kelishi hamda diffuziyalanuvchi elementning kimyoviy faolligi o‘zgarishlari orqali tushuntiriladi.

Metallarda diffuziya sirtlar bo‘ylab, donalar hajmi va donalar chegaralari bo‘ylab sodir bo‘ladi (7.4-rasm).



7.4-rasm. Kristall jismda diffuzion oqim yo‘llari.

Diffuziya koeffitsiyenti sirt bo‘yicha diffuziyada eng yuqori bo‘ladi, o‘rtacha tezlikda donalar chegaralari bo‘ylab va donalar hajmi bo‘yicha sekin sodir bo‘ladi.

Sirt bo‘yicha diffuziyaning yuqori bo‘lishi sirtida erkin energiyaning yuqori bo‘lishi bilan, donalar chegaralar bo‘ylab diffuziyada esa kristall panjaralar chegaralarida siqilish mavjud bo‘ladi va bu yerda ko‘p miqdorda vakansiya vujudga keladi. Bu vakansiyalarga diffuziyalanuvchi elementlar atomlarining diffuziyasi yengil kechadi.

Ichki kuchlanishlar ayniqsa kristall panjaralarning qisilishlari diffuziyaga kuchli darajada ta'sir qiladi. Deformatsiya esa yanada kuchli ta'sir qiladi, ya'ni diffuziya tezligini oshiradi.

Qotishmalarning sirtini puxtalash uchun qo'llaniladigan real texnologik jarayonlar odatda diffuziyalangan metallarni qaytarish va rekristallanish haroratlari oraliqlarida amalga oshiriladi. Bu esa deformatsiyaning diffuziya tezligiga ta'sirini kamaytiradi.

Metall strukturasiidagi dislokatsiyalar ham diffuziya jarayoniga ta'sir qiladi. Dislokatsiya zichligi katta bo'lganda diffuziya jarayonlari tezlashadi. Bu esa dislokatsiyalar ko'chishida vakansiyalar hosil bo'lishi ko'payishi va unga element atomlari diffuziyasi oshishi bilan tushuntiriladi. Agar vakansiyalar kamaysa, diffuziya tezligi ham kamayadi.

Ba'zi bir holatlarda metallarga Kyuri nuqtasiga yaqin haroratlarda kimyoviy-termik ishlov berishda diffuziya jarayonlari tezlashishi kuzatiladi.

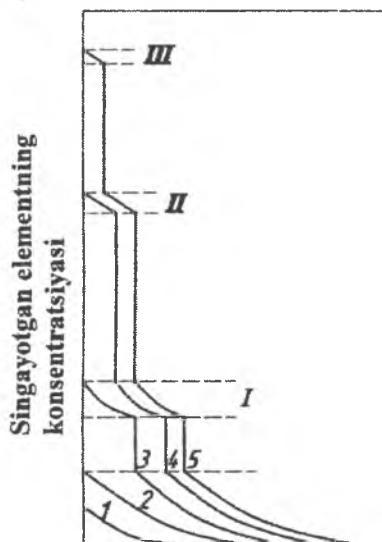
Diffuziya jarayonlari haroratning oshishi bilan tezlashib boradi. Agar ishlov berilayotgan qotishma tezda qizdirilsa (yu.ch.t. bilan), sekin-asta qizdirishga ko'ra diffuziya tezligi katta bo'ladi.

7.4. Diffuzion qatlamlar strukturalari

Metallning sirtida va sirt chuqurligi bo'yicha ketma-ket hosil bo'ladigan diffuzion qatlamlar diffuziyalanuvchi elementning noldan maksimal miqdorgacha konsentratsiyasi chegarasida "metall-element" holat diagrammasining bir fazali diagrammalariga mos keladi. Bunda diagrammada fazalar aralashmasi ko'rinishdagi sohalar bo'lmaydi. Buning natijasida elementlarning qatlam chuqurligi bo'yicha taqsimlanish egri chizig'ida supachalar paydo bo'ladi va bu supachalar qatlamda hosil bo'lmaydigan ikki fazali sohalariga mos keladi (7.5-rasm).

Bunday supachalarning holat diagrammasida aniq fazalarning o'rtasida geterogen aralashmalar bo'lmasligi metall bilan elementning o'zaro ta'siri termodinamik ehtimolligi yo'qligi bilan tushuntiriladi.

Ikkita elementning o'zaro ta'sirida hosil bo'lgan diffuzion qatlamda fazalar aralashmasi qattiq eritma yoki kimyoviy birikmaning parchalanishi natijasida yuzaga keladi. Parchalanish hodisasi esa ishlov berish haroratidan sekin sovutishda va singayotgan elementning dona chegarasi bo'ylab diffuziyasi ustun bo'lgan hollarda sodir bo'ladi. Ba'zi hollarda ko'p komponentli qotishmalarga ishlov berishda ko'p fazali qatlamlarning hosil bo'lishi to'g'ridan-to'g'ri diffuziya haroratida kuzatiladi.

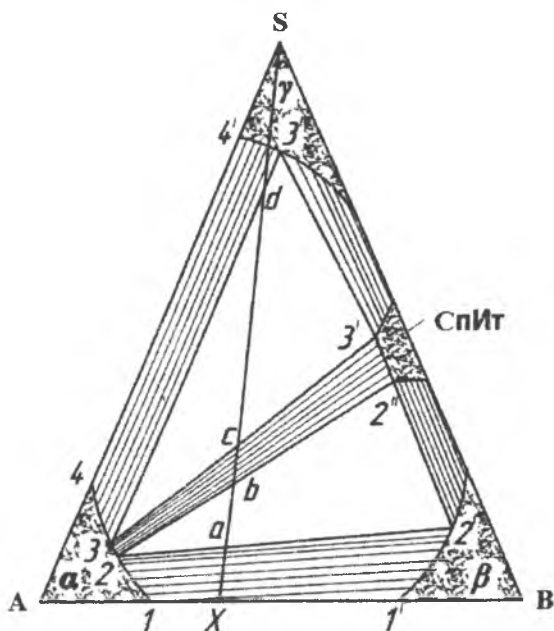


7.5-rasm. Diffuzion qatlam chuqurligi bo'yicha singayotgan elementning konsentratsiyasi o'zgarishi:

1 – qattiq eritmada konsentratsiya chegaraviy qiymatdan kichik; 2 – konsentratsiya boyitish chegarasiga yetgan; 3 – o'zgaruvchan tarkibli dastlabki kimyoviy birikmaning asta-sekin hosil bo'lishi (I); 4 – ikkinchi kimyoviy birikmaning hosil bo'lishi (II); 5 – uchinchi kimyoviy birikmaning yoki qattiq eritmaning hosil bo'lishi (III).

Agar ikki komponentli qotishma bir xil element bilan boyitilsa yoki toza metall bir vaqtning o'zida ikkita komponent bilan boyitilsa, diffuziya haroratidagi uchlamchi diagrammalar qirqimlaridan foydalaniladi.

A-V qotishmani S komponent bilan boyitishda x nuqtaga mos keluvchi bu elementlarning miqdorida S komponent dastlab berilgan α – va β – fazalarda eriydi, ularning tarkibini 1-2 va 1'-2' yo'nalishlarda o'zgartiradi (7.6-rasm).



7.6-rasm. Chegaralangan qattiq eritmalar va ikkilamchi kimyoviy birikmalar hosil qiluvchi A-V-S komponentlardan tashkil topgan uchlamchi tizim.

Qatlamning o'rtacha tarkibi x dan a gacha o'zgaradi. S komponent bilan boyitish davom etganda konsentratsiyaning sakrash-simon o'zgarishi ro'y beradi, bunda β – faza o'rniga S_nV_m faza paydo bo'ladi va qatlam S_nV_m va α – fazalardan (v-s) iborat bo'ladi.

S_nV_m faza S bilan to'yinib chegaraviy konsentratsiya darajasiga erishganda (31) va α - faza 3 nuqtaga mos konsentratsiyaga erishganda sirtida γ - va α (d-41) fazalardan iborat yangi ikki fazali qatlam hosil bo'ladi va nihoyat tarkibida uzluksiz ravishda S komponentning konsentratsiyasi oshib boradigan bir fazali γ - faza hosil bo'ladi. Shuni ta'kidlash lozimki, keltirilgan holatda sod-

dalashtirish uchun asosiy qotishma tarkibi (A-V) qiymatning barcha nuqtalarida o'zgarmaydi deb qabul qilinadi. Odatda, qotishmaning S komponent bilan boyitishda A va V tarkiblar miqdorida ham o'zgarishlar bo'ladi.

Yuqorida keltirilgan ta'kidlar asosida bir xil S tarkibli qotishmani ikki xil A va V komponentlar bilan birgalikda boyitishni ham ko'rib chiqish mumkin. Boyituvchi muhit komponentlari nisbati XS nurga mos keladi deb qaralsa diffuziyaon qatlam quyidagi fazalardan tarkib topadi: $\alpha+\beta$ (qatlamning sirt sohasi), $\alpha+SnBm$, $\alpha+\gamma$, γ (asosiy qotishma o'zagiga tayanadigan soha). A va V komponentlarning diffuzion qobiliyatlari turlicha bo'lsa XS nur u yoki bu tomonga og'adi. Masalan, A komponent diffuzion qobiliyati V ga nisbatan katta bo'lsa XS nur A uchga qarab og'adi.

Ikkilamchi va uchlamchi diagrammalardan foydalanishda diffuzion qatlamlarning fazaviy tarkibini o'rganish uchun bir qator hodisalar inobatga olinsada, bunday diagrammalarning qo'llanilishi juda foydali hisoblanadi.

VIII-BOB. QATTIQ QOTISHMALAR. MINERALOKERAMIK VA METALLOKERAMIK MATERIALLAR

8.1. Qattiq qotishmlar

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

Quyma qattiq qotishmalar maxsus elektrodlar (ГОСТ 10051–75) ko'rinishida, asbob yoki detalga suyultirib yopishtirishga yaroqli holda tayyorlanadi. B2K, B3K qotishmalari (stellitlar), sormayt quyma qotishmalarga kiradi. Stellitlar volfram, xrom va kobalt asosidagi qotishmalardir. Bu qotishmalar shtamplar, metalni qirqish pichoqlari, tokarlik dastgohlarining markazlari kabi yangi yoki yoyilgan detal va asboblarni sirtiga suyultirib qoplanadi. Qotishmalar atsetilen–kislorodli alangada yoki elektr yoyi alangasida suyultiriladi. Suyultirilgan stellit qatlami qattiq eritma va xrom karbididan tashkil topgan evtektika strukturasi ega bo'ladi. Suyultirib qoplangan qatlamning sovitilish tezligi qancha katta bo'lsa, uning mexanik xossalari shuncha yuqori bo'ladi, chunki bunda zarralar maydaroq bo'ladi. Suyultirib qoplangan qatlamga termik ishlov berilmaydi. Qattiq qotishmalar suyultirib yopishtiriladigan detallar yoki asboblarni uglerodli po'latdan tayyorlanadi, bu bilan qimmat turadigan legirlangan po'latlar tejaladi. Yuqorida qayd qilingan qotishmalarni po'lat detallarga ham, cho'yan detallarga ham suyultirib qoplash mumkin.

Quyma qattiq qotishmalarga temir xromli asosdagi yuqori uglerodli xromli qotishmalar, ya'ni sormaytlar ham kiradi. Ular

birlamchi karbid va evtektika strukturali (№1 sormayt) evtektikadan keyingi xromli choʻyandan yoki perlit va karbidli evtektika strukturali (№2 sormayt) evtektikadan oldingi oq choʻyandan iborat boʻlishi mumkin. Sormaytlar 5–7 mm diametrli chiviqqlar koʻrinishida ishlab chiqariladi hamda normal va yuqori haroratlarda ishqalanish sharoitida ishlovchi choʻyan va poʻlat detal hamda asboblarga suyultirib qoplashda ishlatiladi. № 1 sormayt suyultirilib qoplangan qatlam qattiqligi BDC 48– 50 boʻladi. Unga termik ishlov berilmaydi. №2 sormayt suyultirib qoplangan qatlam 850–900°C haroratda yumshatilgach, moyda toblanadi va yuqori haroratda boʻshatiladi. Quyma qattiq qotishmalar bilan qoplangan detal va asboblarning puxtaligi 12 va undan ham koʻp marta ortadi. Zarrador (yoki kukunsimon) qattiq qotishmalar kukun koʻrinishida yoki zarrasining oʻlchami 1–3 mm li zarralar koʻrinishida tayyorlanadi. Zarralar qotishmalarga stalinit kiradi va ular qishloq xoʻjalik mashinalari detallarining, parmalash iskanalarining yeyilishiga chidamliligini oshirish uchun stellitlar oʻrniga ishlatiladi. Stalinit tarkibida 8% S, 13% Mn, 3% Al, 18% Sr va boshqalar boʻladi. Zarrador qotishmalar trubasimon elektrodni toʻldirgich sifatida yoki suyultirib yopishtiriladigan kukun sifatida ishlatiladi. Suyultirib yopishtirish turli usullar bilan, koʻpincha elektr yoyi yordamida payvandlash usuli bilan bajariladi.

Metall-keramik qattiq qotishmalar volfram (WC), titan (TiC), tantal (TaC) karbidlari bilan metall kobalt (Co) ning qattiq eritmasidan iborat. Metall-keramik qotishmalardan yasalgan buyumlar metall qirqish asbobi (keskich, parma, freza, razvertka) ning ish qismiga yopishtirish uchun plastinka koʻrinishida ishlab chiqariladi.

Metall-keramik qattiq qotishmalar (GOST 3882–74) uchta: volframli, titan-volframli, titan-tantal-volframli guruhlariga boʻlinadi.

Volframli qattiq qotishmalar (masalan, BK3, BK3M, BK6, BK8, BK6M va boshqalar), choʻyan, bronza, farfor, oyna kabi moʻrt materiallarga ishlov berishda qoʻllaniladi. Oqartirilgan choʻyan, otashga chidamli poʻlat, plastmassalarga tozalab va qisman tozalab ishlov beruvchi kesuvchi asboblari BK6M qotishmasi bilan qoplanadi. Parmalash, choʻzish, otashga chidamli va zanglamaydigan poʻlatlarni xomaki yoʻnish asboblari BK8M qotishmasi bilan

qoplanadi. Qotishma markasi oxiridagi B harfi u yirik zarrali ekanligini, M harfi esa mayda zarrali ekanligini bildiradi.

Mayda va yirik zarrali volframli yuqori kobaltli BK20, BK25, BK30 kabi qattiq qotishmalar hamda mustahkamligi va zarbiy qovushoqligi yuqori bo'lgan yangi qattiq qotishmalar BK15B, BK20B, BK25B zarbiy nagruzka sharoitida ishlovchi qattiq qotishmali shtamplar tayyorlashda ishlatiladi. Qattiq qotishmali shtamplarning puxtaligi po'lat shtamplarnikiga qaraganda 30–50 marta yuqori bo'ladi, bu esa katta iqtisodiy samara beradi.

Titan-volframli qattiq qotishmalar (T5K10, T15K6, T30K4) va boshqalar po'lat, latun kabi qovushoq materiallarga ishlov berish uchun mo'ljallangan. Masalan, xomaki yo'nuvchi, shuningdek, po'latning sirtini va kuyindi hosil bo'lgan qismini (shu jumladan po'lat pokovkalar, shtamplangan zagotovka va quymalar ham) xomaki va tozalab randalovchi kesuvchi asboblari T5K10 qotishmasi bilan qoplangan.

Titan-tantal volframli qattiq qotishma (TT7K12 va TT10K5B) lar po'lat pokovkalarga xomaki ishlov berishda qo'llaniladi. Bu qotishmalarning qovushoqligi, yeyilishga chidamliligi va mustahkamligi ($\sigma_v=1550\text{Mpa}$) qattiq titan-volframli va volframli qotishmalarnikiga nisbatan yuqori.

Masalan, volframli qotishmaning BK8 markasi uning tarkibida 92% volfram karbidi, 8% kobalt bo'lishini bildiradi. T30K4 titan-volframli qotishmada tantal va titan karbidlarining umumiy miqdori taxminan 7%, kobalt 12%, qolgani (81%) volfram karbididan iborat. Qattiq qotishmalarning qolgan markalari ham shunday markalanadi.

Plastifikatsiyalangan qattiq qotishmalar parma, zenker, razvyortka kabi murakkab shakldagi asboblarni, shuningdek qattiq qotishmalar bilan jihozlash qiyin bo'lgan kichik o'lchamli asboblarni tayyorlashda ishlatiladi. Plastifikatsiyalangan qattiq qotishma deb, 400°C haroratda qaynab turgan parafinga botirilib sovigach, u bilan bir jinsli massa hosil qiluvchi presslangan kukunga aytiladi. Plastifikatsiyalangan qattiq qotishmadan tayyorlangan briketlarga osongina qilib ishlov berish, presslash va shakldor fileralardan siqib chiqarish mumkin. Bu usullardan ba'zi biri bilan tayyorlangan asbob maxsus pechlarda 1300°C haroratda pishiriladi. Pishirilgan zarur qattqlikka erishgan asbobga uzil-kesil ishlov beriladi va

yo'niladi. Plastifikatsiyalangan qattiq qotishmadan tayyorlangan kesuvchi asbob, qattiq qotishma bilan jihozlangan asbobga qaraganda buyumlarning ishlangan sirtlarining sifatli bo'lishini ta'minlaydi.

Mineral-keramika-texnik glinozem (Al_2O_3) asos qilib olingan sintetik materialdir. Hozirgi vaqtda mikrolit deb ataladigan CM-332 markali mineral-keramika keng tarqalgan. Qattiqligi (HRA 91-93), issiqlikka va yeyilishga chidamliligi bo'yicha qattiq qotishmalardan ustun turadi. Mustahkamligining pastligi va juda mo'rtligi mikrolitning kamchiligi hisoblanadi. Mikrolit plastinkalari bilan jihozlangan asboblarda ish jarayonida ularni $1200^{\circ}C$ haroratgacha qizdirilganda ham o'zining qattiqligini yo'qotmaydi. Shuning uchun ham zarbsiz nagruzka sharoitida po'lat va cho'yan detallarga, rangli metallar hamda ularning qotishmalariga, nometall materiallarga, kesish chuqurligi va surishlar diffuziya bo'lmaganda diffuziya tezlikda tozalab va qisman ishlov berishda mineral-keramikadan samarali foydalaniladi.

Mikrolit plastinkalarini tayyorlash texnologiyasi quyidagicha: tayyorlangan kukun qolipga solinadi, presslanadi, so'ngra $1750-1900^{\circ}C$ haroratda pishiriladi. Plastinkalarni bosim ostida quyish usuli bilan ham olish mumkin. Asbob detallariga plastinkalar kavsharlanadi yoki mexanik usulda mahkamlanadi. Kavsharlash uchun plastinkani metallash lozim, ya'ni uning sirtini kavsharlash imkonini beradigan qandaydir diffuziya qatlami bilan qoplash zarur.

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

8.2. Mineralokeramik materiallar

So'nggi yillarda asbobsozlik materiallarining yangi turi mineralokeramik qattiq qotishmalar ishlab chiqarish sanoat miqyosida o'zlashtirildi. Mineralokeramik qattiq qotishmalar turli o'lcham va shakldagi plastinalar tarzida tayyorlanadi va xuddi metallokeramik qattiq qotishmalar kabi, kesuvchi asboblarning tishi uchun ishlatiladi.

Mineralokeramik plastinkalar tarkibida qiyin suyuqlanadigan Al_2O_3 , Cr_2O_3 , SiO_2 , CrO_2 bo'lgan mineral materialni presslash va 1750–1900 °C haroratda qovushtirish yo'li bilan tayyorlanadi. Bunday plastinalarning qattiqligi Rokvell bo'yicha 91–95 ga yetadi ($\text{HRA} = 91–95$). Mineralokeramik plastinalar yeyilishga chidamli bo'ladi, 1200 °C gacha qizdirilganda ham kesish xossalarini yo'qotmaydi va oksidlanmaydi, shuningdek, boshqa qotishmalarga qaraganda ko'p marta arzon turadi, shu sababli ular po'lat va cho'yan tayyorlanmadan kichik kesimli qirindi yo'nib, katta (400–500 m/min) tezlik bilan tozalab kesishda keng ko'lamda ishlatiladi. Ammo ular ancha mo'rt, issiqlik o'tkazuvchanligi past va yegilishdagi mustahkamlik chegarasi metallokeramik qotishmalarnikidan 4–5 baravar, tezkesar po'latlarnikidan esa 10–12 baravar kichik bo'ladi. Mineralokeramik qotishmalarning issiqlik o'tkazuvchanligi past bo'lganligidan, ular tez va notekis qizdirilsa, darz ketishi mumkin. Ana shu kamchiliklari tufayli mineralokeramik plastinalarning ishlatilishi cheklangan. Mineralokeramik qattiq qotishmalarning HXB–13, X~14, ЛЖ –18 markalari mavjud. Hozirgi vaqtda mikrolit deb ataladigan ЖМ–332 markali mineralokeramik plastinalar ayniqsa keng ko'lamda ishlatiladi. Ular ish jarayonida 1200 °C gacha qiziganda ham o'z qattiqligini yo'qotmaydi.

Hozirgi vaqtda ko'p –uch, besh va olti qirrali (yoqli) mineralokeramik plastinalar ishlab chiqarilmoqda. Bunday plastinalarning bir qirradi o'tmaslansa, charxlab o'tirilmay, ikkinchi qirradi bilan kesadigan qilib o'rnatiladi va hokazo.

Mineralokeramik plastinalar ikki variantda: oldingi yuzasi yassi va qirindi chiqaravchi ariqchali qilib tayyorlanadi. Plastinalar keskich kallagiga yo kavsharlash yo'li bilan yoki mexanik usulda mahkamlanadi. Mexanik usulda mahkamlanadigan plastinalarda keskich kallagidagi shtir uchun maxsus teshiklar bo'ladi.

8.3. Metallokeramik qattiq qotishmalar

Metallokeramik qattiq qotishmalar asbobsozlik materiallari jumlasiga kiradi, ulardan metall va qotishmalarni kesib ishlashda, shuningdek, bosim bilan ishlashda (sim kiryalash, shtamplash, kalibr lash va boshqalarda) foydalaniladi. Metallokeramik qattiq qotishmalar xilma-xil keramika materiallarini ishlashda, burg'ulash

ishlarida va texnikaning bir qator boshqa sohalarida ham keng ko'lamda ishlatiladi.

Metallokeramik qattiq qotishmalarning asosiy tarkibiy qismini bir yoki undan ortiq karbid tashkil etadi. Qattiq qotishmalar tayyorlashda ishlatiladigan karbidlar qiyin suyuqlanuvchi metallar—volfram, titan va tantalning uglerod bilan hosil qilgan kimyoviy birikmalari bo'lib, nihoyatda qattiq, normal haroratda kislota va ishqorlar ta'siriga juda chidamli moddalardir.

Volfram karbidi olish uchun volframning mayin kukuni hosil qilinadi, bu kukunga qurum qo'shib aralashtiriladi-da, aralashma elektr pechda H_2 yoki CO muhitida $1350-1400\text{ }^{\circ}C$ gacha qizdiriladi, natijada volfram karbidi yuzaga keladi.

Volframli qattiq qotishma tayyorlash uchun volfram karbidi kukuni bilan kobalt kukuni sharli tegirmonda bir sutka chamasi aralashtiriladi va hosil bo'lgan aralashma sintetik kauchukning benzindagi eritmasida qoriladi. Qorishma qurigandan keyin tegishli shakldagi press qolipda $10-40\text{ kgG/mm}^2$ ($100-400\text{ MN/m}^2$) bosim ostida presslanadi. Presslash natijasida hosil bo'lgan massa $1400\text{ }^{\circ}C$ chamasi haroratda 2 soat davomida qizdirish yo'li bilan qovush-tiriladi (pishiriladi). Qizdirish natijasida qotishma 25 % gacha kirishib, nihoyatda qattiq bo'lib qoladi. Bunday qattiq qotishmaning strukturasi kobalt vositasida mustahkam bo'lgan volfram karbididan iborat bo'ladi, binobarin, kobalt elementi volfram karbidi donalarini bir-biriga bog'lovchi material vazifasini o'taydi.

Titan-volframli qattiq qotishma ham xuddi yuqoridagi kabi tartibda tayyorlanadi, ammo farq faqat shundan iboratki, titan-volframli qotishma presslangandan keyin $1500\text{ }^{\circ}C$ da 1–3 soat davomida qizdirish yo'li bilan qovushtiriladi (pishiriladi). Titan-volframli qattiq qotishma tayyorlashda tantal karbidi ham qo'shilsa, qotishmaning oksidlanmaslik xossasi, puxtaligi, yeyilishga chidamliligi va boshqa xossalari ortadi.

Metallokeramik qattiq qotishmalarni kesuvchi asboblarni ishlab bo'lmaydi, shuning uchun ular har xil o'lchamli va shakilli, shuningdek, ko'p qirrali (ko'p yoqli), old yuzasi yassi va qirindi chiqaruvchi ariqchali plastinalar tarzida tayyorlanib, bu plastinalar kesuvchi asboblarning kallagiga mexanik usulda yoki kavsharlash yo'li bilan mahkamlanadi. Mexanik usulda mahkamlanadigan

plastinalarda maxsus teshiklar bo'ladi. Kallakka mahkamlangan bu plastina asbobning kesuvchi qismi (tig'i) bo'ladi.

Metallokeramik qattiq qotishmalar uch guruhga: bir karbidli (volframli), ikki karbidli (volfram-titanli), uch karbidli (volfram-titan-tantalli) qattiq qotishma guruhlariga bo'linadi. Birinchi guruhni volfram karbidi bilan kobaltdan, ikkinchi guruhni titan karbidi, volfram karbidi bilan kobaltdan, uchinchi guruhni esa titan karbidi, tantal karbidi, volfram karbidi va kobaltdan iborat qotishmalar tashkil etadi. Birinchi guruh metallokeramik qattiq qotishmalari BK bilan, ikkinchi guruh – TK, uchinchi guruh esa TTK bilan belgilanadi.

Metallokeramik qattiq qotishmalarning ishlatilishi:

cho'yan, rangli metallar, metallmas materiallar va boshqalarni tozalab yo'nishda ishlatiladigan keskich va razvyortkalar uchun;

tozalab va xomaki yo'nishda ishlatiladigan keskichlar, cho'yan, rangli metallar va metallmas materiallarni tozaroq va tozalab ishlashda qo'llaniladigan freza, razvyortka va zenkerlar uchun;

cho'yanni, rangli metallar va metallmas materiallarni xomaki yo'nish, randalash, frezalash va parmalashda ishlatiladigan kesuvchi asboblari uchun; yo'nilishi qiyin bo'lgan po'latlarni yo'nishda ishlatiladigan keskichlar uchun;

sim kiryalash, cho'ktirish, teshik ochish asboblari va yengil sharoitda ishlaydigan shtamp asboblari uchun;

po'latdan chiviq va quvurlar kiryalashga mo'ljallangan asboblari uchun;

uglerodli va legirlangan po'latlarni xomaki va tozalab randalashda, xomaki va shakldor qilib yo'nishda ishlatiladigan kesuvchi asboblari uchun;

uglerodli va legirlangan po'latlarni xomaki yo'nish, frezalash, teshikni kengaytirish va xomaki zenkerlashda ishlatiladigan kesuvchi asboblari uchun;

po'latlarni yuqori tezlik bilan xomaki va tozalab yo'nishda ishlatiladigan keskichlar uchun;

po'latlarni surish va kesish chuqurligini kichik olib, katta tezliklar bilan ishlashda qo'llaniladigan kesuvchi asboblari uchun.

Qattiq po'latlarni xomaki yo'nish va randalashda, payvand choklarga ishlov berishda qo'llaniladigan kesuvchi asboblari uchun.

Mayda donali BK6M qotishmasi juda qattiq va zich bo'lganligidan, kesuvchi asbobning chidamliligini 2–3 baravar oshirishga imkon beradi va cho'yanni hamda ba'zi zanglamas po'latlarni yo'nishda ham ishlatiladi. T5K12B qotishmasi qattiq po'latlarni va boshqa qotishmalarni randalash hamda xomaki yo'nishda, payvand choklarga ishlov berishda va, umuman, T5K10, BK8 kabi juda puxta qotishmalarni ishlatib bo'lmaydigan boshqa hollarda qo'llaniladi. Ko'p kobaltli juda puxta va qovushoq BK20, BK25, BK30 qotishmalari va tajribaviy BK15B, BK20B, BK25B qotishmalari ishlab chiqarishning o'zlashtirilganligi katta zarbiy yuklanishlar ostida ishlaydigan shtamplar tayyorlashda qattiq qotishmalardan keng ko'lamda foydalanishga imkon beradi, qattiq qotishmali shtamplar esa odatdagi shtamlarga qaraganda ancha chidamli bo'ladi va katta iqtisodiy samara keltiradi.

8.4. Quyma qattiq qotishmalar

Quyma qotishmalar detal va asbob sirtiga suyultirib yoki kavsharlab yopishtirishga yaroqli holda diametri 5–10 mm, uzunligi 200–300 mm bo'lgan chiviqlar ko'rinishida olinadi.

Metall-keramik qotishmalar volfram, tantal va titan karbidlari kukunlarini kobalt bilan birga pishirib olinadi. Sanoatda bir karbidli volframli (BK), ikki karbidli titan-volframli (TK) va uch karbidli titan-tantal-volframli (TTK) metallokeramik qotishmalar ishlab chiqariladi. Suyultirib yopishtiriladigan qattiq qotishmalarning uch: quyma, zarrador (stalinit) va elektrod bop xillari bo'ladi. Tarkibida volfram elementining yo'qligi ularning o'ziga xos tomoni hisoblanadi.

Sormayt va BK2, BK3 qotishmalari – stellular, xivichlar va kukun ko'rinishida tayyorlanadi. Ular yangi yoki yeyilgan detallarga va shtamp, metall qirqadigan keskichlar, tokarlik dastgohlarining markazlari kabi asboblarga suyultirib yopishtiriladi. Suyultirib yopishtirish asetilen-kislorodli alanga yoki elektr yoyi yordamida amalga oshiriladi. Sirtiga qotishma suyultirib yopishtiriladigan detal yoki asboblarning qimmat turadigan legirlangan po'latlarni tejash maqsadida oddiy uglerodli po'latlardan tayyorlanadi. Yuqorida qayd qilingan qotishmalar po'lat detallarga ham, cho'yan detallarga ham suyultirib yopishtirilaveradi. Quyma qattiq qotishmalar bilan

qoplangan detal va asboblarning puxtaligi 12 va undan ham ko'p marta ortadi.

Zarrador qattiq qotishmalardan bo'lmish stalinit ekskavator detallari, parmalash uskunalarning yeyilishga chidamliligini oshirish uchun stellitlar o'rniga ishlatiladi. Benardos usulida ko'mir yoki grafit elektrodlar bilan hosil qilinadigan elektr yoyi yordamida suyultirib yopishtiriladi. Elektrod bop qattiq qotishmalar zarrador qotishmalarga o'xshash ishlatiladi. Ular diametri 5 – 6 mm bo'lgan, grafit, ferroqotishma, bor karbiddan iborat maxsus suvoqli elektrod ko'rinishida ishlatiladi.

Suyultirib yopishtirish uchun taklif qilingan quyma qotishmalardan biri relitdir. Uning kimyoviy tarkibi quyidagicha (massasi bo'yicha % da): 40 % C; 91,5 % W; 3 % Mo; 1,5 % Fe. Uning qattiqligi 89 HRC ga teng. Volfram kamyob bo'lganligidan hozirgi vaqtda relit ham qo'llaniladi.

IX-BOB. RANGLI METALLAR VA ULARNING QOTISHMALARI

Rangli metallarga mis, aluminiy, 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'pmetalli 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 aluminiy 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.

9.1. Mis va uning qotishmalari

Sof mis qo'ng'ir rangli, cho'ziluvchan, qovushoq metallidir. Uning suyuqlanish harorati 1083°C , zichligi $8,94 \text{ g/sm}^3$ cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi 220–240 MPa, Brinell bo'yicha qattiqligi 330 HB.

Sanoatda 80% ga yaqin mis sulfidli rudalardan (CuFeS_2 , $\text{Su}_3\text{FeSFe}_2\text{S}_3$, CuS) olinadi. Tarkibida 3–5 % mis bo'lgan rudalar boy rudalar hisoblanib, ularni suyuqlantirish yo'li bilan mis olinadi. Tarkibida 3 % dan kam mis bo'lgan rudalar suyuqlantirishdan oldin to'yintiriladi (boyitiladi).

Mis rudalar tarkibida juda oz bo'lganligi sababli ularni to'yintirish ishlari muhim ahamiyatga ega. Mis qaynovchi qatlam ostida va flotatsion usullar yordamida boyitiladi.

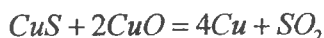
Mis rudalaridagi ortiqcha zarralarni suv yordamida ho'llash yo'li bilan boyitishga asoslangan usul *flotatsion to'yintirish* deb ataladi.

Flotatsion to'yintirish sulfid va polimetall rudalarni to'yintirishda keng qo'llaniladi. Bu usul metall va begona jins zarrachalarining suv bilan turlicha ho'llanishiga asoslangan.

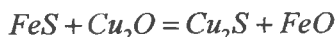
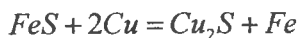
Mis sulfidli minerallar bekorchi jinslarga qaraganda suv bilan yaxshi ho'llanmasdan moy zarralariga o'ralib, ko'pik tarzida yuqoriga o'ralib chiqadi. Ular yig'ib olingach, quritiladi va qayta ishlanadi.

Mis konsentratlari tarkibidagi oltingugurt miqdorini kamaytirib, to'yintirish uchun *qaynovchi qatlam ostida boyitish* usuli qo'llaniladi.

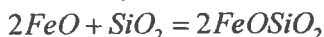
Tarkibida oltingugurt, surma va boshqa zararli elementlar ko'p bo'lgan rudalar vertikal pechlarda ma'lum haroratda qizdirish yo'li bilan to'yintiriladi. Boyitilgan mis rudalari alangali pechlarda suyuqlantiriladi. Pechga kiritilgan shixta tarkibidagi misning oltingugurt va kislorod bilan birikmalari 900°C haroratda reaksiyaga kirishadi:



Hosil bo'lgan toza mis reaksiyaga kirmay qolgan temir ikki sulfidi bilan reaksiyaga kirishadi:



Temir ikki oksidi esa SiO₂ bilan birikib shlak hosil qiladi:



Bu reaksiyalar oqibatida erigan qotishmalar pech tagligiga yig'iladi. Yig'ilgan qotishmaning asosiy tarkibi Cu₂S va FeS birikmalaridan iborat bo'ladi. Odatda, diffuziya *shteyn* deyiladi. Shteyn suyuqlantirilib, havo haydash yo'li bilan mis olinadi. Olingan mis

tarkibida 0,05–1,5 % gacha turli qo‘shimchalar bo‘ladi. Bunday mis texnikada ishlatish uchun tozalanadi.

Xomaki mis termik va elektroliz yo‘li bilan tozalanadi. Elektroliz misning markalari va ishlatilish sohasi 9.1-jadvalda keltirilgan.

Mis ishlab chiqarish jarayonini shartli ravishda uchta jarayonga ajratish mumkin:

- shteyndan xomaki mis olish;
- xomaki misni tozalash (rafinlash);
- misni elektrolitik tozalash (rafinlash).

Shteyndan xomaki mis olish. 1866-yilda muhandis V.A. Semennikov tomonidan xomaki misni maxsus gorizontol konvertorlarda suyuq shteyndan havo haydash yo‘li bilan olish usuli yaratilgan.

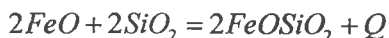
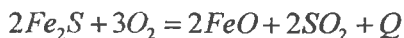
Konvertorda o‘tadigan jarayonni ikki bosqichga ajratish mumkin.

Elektrolit misning markalari va ishlatilishi

9.1-jadval

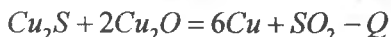
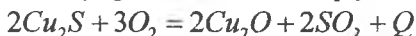
Markasi	Misning miqdori, %	Ishlatilishi
M00	99,99	Tok uzatish simlari va yuqori xossalarga ega qotishmalar olishda
M0	99,95	Tok uzatish simlari, prokat buyumlar tayyorlashda
M1	99,90	Yuqori sifatli prokat va qotishmalar olishda
M2	99,70	Mis qotishmalari olishda
M3	99,50	
M4	99,00	

Birinchi bosqichda konvertorga haydalayotgan havo kislorodi temir va mis sulfidlarini oksidlaydi. Hosil bo‘lgan temir (II)-oksid kvarts bilan birikib shlak paydo qiladi:



Jarayonda ajralayotgan shlak yig'ilishi bilan konvertor og'zidan kovshga chiqariladi. Konvertorga esa yangi shteyn va flyus kiritiladi.

Ikkinchi bosqichda konvertordagi mis sulfid haydalayotgan havo kislorodi bilan reaksiyaga kirishib misni qaytaradi:



Bosqich 2–3 soat davom etadi. Olingan misda oz bo'lsada, boshqa elementlar bo'lganligi uchun uni *xomaki mis* deyiladi.

Xomaki misni tozalash (rafinlash). Agar xomaki misning tarkibida juda oz miqdorda Au, Ag kabi nodir metallar mavjud bo'lsa hamda olinadigan metallardan bekorchi qo'shimchalar miqdoriga u qadar katta talab qo'yilmasa, alangali pechda havo haydash yo'li orqali mis tozalanadi.

Misni elektrolitik tozalash. Bu usulda juda toza mis olish bilan birga uning tarkibidagi nodir metallar ham ajratiladi. Bu jarayon ichki diffuzion maxsus elektrolit quyilgan qo'rg'oshin list yoki viniplast bilan qoplangan yog'och yoxud beton vannalarda olib boriladi.

Mis qotishmalari. Misning rux, qalay, qo'rg'oshin, temir, marganes va boshqa elementlar bilan hosil qilgan birikmalari *mis qotishmalari* deyiladi. Mis qotishmalari yuqori mexanik va texnologik xossalarga ega hamda korroziyabardosh, yeyilishga chidamlidir. Shu bois ulardan sanoatda keng miqyosda foydalaniladi.

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

GOST 15527-70 bo'yicha mis-ruxli latunlarning olti navi (markasi) mavjud—Л96, Л90, Л85, Л80, Л70, Л68, Л62. Bunday markalashning ma'nosi shundaki, Л harfi latunlar va qotishmaning nomini bildirsa, raqamlar qotishma tarkibidagi mis miqdorini bildiradi. Maxsus (murakkab) latunli qotishmalar, ya'ni mis bilan ruxdan boshqa elementlar (legirlovchi sifatida) qo'shilgan bo'lsa, u

holda tegishli elementlarni bildiruvchi harflar va tegishli raqamlar bilan markalanadi. Masalan, ЛС 74-3, ЛО 70-И, ЛАН 59-3-2, ЛМн 58-2 va hokazo. Markalardagi birinchi raqam misning, undan keyingi sonlar esa tegishli elementlarning % hisobidagi o'rtacha miqdorini ko'rsatadi.

Latunlarga qo'shiladigan asosiy legirlovchi elementlar ruscha nomlarining birinchi harflari bo'yicha ifodalanadi; qalay—О, rux—S, qo'rg'oshin—С, temir—Ж, marganes—Mn, nikel—Н, kremniy—К, aluminiiy—А va hokazo. Masalan, maxsus latun qotishmalaridan ЛМн 58-2 navdagi (markadagi) Mn marganesni, 58 raqami mis miqdorini, 2 esa marganes miqdorini bildiradi, qolgani (umumiysi 100% bo'lishi kerak), ya'ni 40 foizi rux bo'ladi.

Latun markasining oxirida Л harfi bo'lsa, uning quymabop latun ekanligini bildiradi, masalan ЛК 80-3Л, ЛАЖ 0-1-1Л va hokazo. Markasining oxirida Л harfi bo'lmagan latunlar deformatsiyabop latunlardir.

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

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

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

Qalayli bronzaning tarkibiga kiruvchi elementlardan qalay misga nisbatan qimmat va kamyob bo'lganligi uchun bunday bronzalarning tarkibi o'zgartirilib, boshqa markadagi bronzalar

ishlab chiqarilmoqda. Bunday bronzalarga aluminiyli bronza BrA5 va juda murakkab aluminiy temir-marganesli bronza BrJDKMn 10–3–1,5 va boshqalar kiradi.

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

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

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

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

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

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

Kremniyli bronza (1 – 4% Si) – legirlangan nikel, marganes va rux o'zlarining mexanik xossalari bo'yicha po'latga yaqinlashadi va qimmatbaho qalayli va berilliyli bronzalarni almashtirish uchun

ishlatiladi. Bunday bronza turlaridan ishqalanuvchi sharoitda 250°C gacha haroratda ishlaydigan detallar ishlab chiqarish uchun foydalaniladi.

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

Bundan tashqari, qimmatliroq bo'lishiga qaramasdan berilliyli bronza (3% gacha Be bo'ladi) ham turli sohalarda keng ishlatiladi. U o'zining juda yuqori mexanik xususiyatlari toblangandan keyin yeyilishga bardoshliligi, korroziyaga chidamliligi, yuqori issiqlik va elektr o'tkazuvchanligi (500°C haroratda ularning mustahkamligi xuddi 20°C dagi aluminiyli bronzaning mustahkamligidek) bilan xarakterlidir. Undan juda yuqori talabga javob beradigan maxsus detallar: aniq priborlarda elastik elementi bo'lgan membranalar, sirpanuvchi kontaktlar, prujinalar, kulachoklar, shesternyalar, chervyakli uzatmalar, yuqori tezlik va haroratda ishlaydigan podshipniklar va hokazolarda ishlatiladi.

Bronzalar Br harflari bilan markalanadi yoki ifodalanadi. Bunday harflardan keyin legirolovchi elementlarning harfiy ifodalari va ularning foiz hisobidagi miqdorlarini ifodalovchi raqamlari berilgan bo'ladi. Masalan, <БрОСС-8-4-3 –(8% Sn, 4% Zn, 3% P6 qolgani mis), БрБ2 (2% Be), БрАЖН 10-4-4 (10%, 4%, Fe 4% Ni qolgani misdir). Bulardan tashqari yana mis-nikelli qotishmalar ham juda keng ishlatiladi. Ular melxiorlar, neytilberlar va boshqalardir.

9.2. Aluminiy va uning qotishmalari

Aluminiy tabiatda keng tarqalgan diffuziya hisoblanib, u yer qobig'ining 7,45 % ini tashkil etadi. Aluminiy tog' jinslarida Al_2O_3 va $Al(ON)_3$ birikmalari holatida bo'ladi.

Asosiy aluminiy rudalariga boksit, kaolin, alunit, nefelin minerallari kiradi. Bu minerallarning kimyoviy tashkil etuvchilari 9.2-jadvalda keltirilgan. Aluminiy birikmalaridan aluminiy olish jarayoni ikki bosqichga ajratiladi:

- aluminiy rudalaridan aluminiy oksidi olish;
- aluminiy oksidlaridan aluminiy olish.

Aluminiy rudalaridan aluminiy oksidi olish. Tabiiyki, rudaning tarkibidagi begona jinslarning o'ldhami va miqdorlari turlicha bo'ladi. Shu bois aluminiy rudalaridan aluminiy oksidi olish usullari ham turlichadir:

- ishqorli usul;
- kislotali usul;
- elektrotermik usul.

Aluminiy rudalarining kimyoviy tashkil etuvchilari

9.2-jadval

Mineral nomi	Kimyoviy tashkil etuvchilari, %							
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	CaO	H ₂ O	Na ₂ O+K ₂ O ₃	SO ₃
Boksit	30–57	16–35	3–13	2–4	3	10–12	–	–
Kaolin	37–40	1,5	36–45	–	–	15–20	–	–
Alunit	20–21	4–5	41–42	–	–	6–7	4,5–5,0	22–23

Ishqorli usulda dastlab boksit maxsus pechda qizdirilib, keyin maxsus tegirmonlarda kukun holiga kelguncha maydalanadi. So'ng-ra unga ma'lum miqdorda soda va ohaktosh kukunlari qo'shilib aralashma hosil qilinadi. Bu aralashma bo'yi 80–150 m, diametri 2,5–5 m li sekin aylanuvchi barabanli pechda 1100°C haroratgacha qizdiriladi.

Olingan massa maxsus bakda 60°C haroratli suv bilan ishlanadi. Natijada natriy aluminat va natriy ferritlar suvda eriydi, kalsiy silikat esa suvda erimay, bak tagiga cho'kadi. Keyin esa bu eritma bakdan chiqarilib, maxsus idishda gidrolizlanadi. Bunda natriy ferrit temir (III) – gidroksid tarzida cho'kib ajraladi. Qolgan eritma suv quyilgan maxsus idishda karbonat angidrid bilan ishlanib, aluminiy gidroksidi olinadi. Aluminiy gidroksidi cho'kma tarzida ajraladi, natriy karbonat esa eritmada qoladi. Aluminiy gidroksid idishdan olinib, filtrlanadi, so'ngra aylanadigan qiya pechda 950–1200 °C

haroratgacha qizdiriladi. Bunda u parchalanib aluminiy oksidi hosil bo'ladi.

Aluminiy oksidlaridan aluminiy olish. Aluminiy oksididan aluminiy elektroliz yo'li bilan olinadi. Jarayonni boshqarish uchun elektrolizyorga 90–94 % kriolit, 6–10 % giltuproq kiritilib, tok zanjiriga ulanadi. Bunda zanjirdan 4–10 V li 7500–15000 A tok o'tadi va elektrolit 950–1000°C haroratgacha qizib suyuqlanadi.

Katodga borib aluminiy kationlari zaryadsizlanadi va vanna tubiga suyuq aluminiy yig'iladi. Yig'ilayotgan aluminiy har 3–4 sutkada chiqarib turiladi.

O'rtacha 1 tn aluminiy olish uchun 2 tn aluminiy oksidi, 0,1 tn kriolit, 0,6 tn anod massasi va 17000–18000 kWt/soat energiya sarflanadi.

Davlat standartlariga ko'ra ishlab chiqarilayotgan aluminiylar uch guruhga ajratiladi:

- I guruhga juda sof aluminiy kiradi, sofliги 99,999 % dan kam bo'lmaydi va A-999 ko'rinishda markalanadi;

- II guruhga sof aluminiy kiradi va A-995, A-99, A-97, A-95 ko'rinishda markalanadi;

- III guruhga texnik sof aluminiy kiradi va A-85, A-8, A-7, A-6, A-5, A-0, A-E va A ko'rinishda markalanadi. A markali aluminiyda qo'shimchalar miqdori 1 % gacha yetadi.

Aluminiy qotishmalari. Aluminiyni Cu, Si, Mg, Mn va boshqa elementlar bilan hosil qilgan birikmalari *aluminiy qotishmalari* deyiladi. Aluminiy qotishmalari puxtalik, texnologik xossalarning yaxshiligi, korroziyabardoshlik, texnik ishlovga moyillik kabi o'ziga xos xossalarga ega. Shu bois ular mashinasozlik, samolyotsozlik, aloqa (radiotexnika, elektrotexnika, kompyuter va ofis jihozlari va shu kabilar) va energetika (kabel ishlab chiqarish) sanoatlarida ko'p ishlatiladi. Kimyoviy tarkibiga qarab aluminiy qotishmalari dur-aluminiy, avial va siluminlarga ajratiladi.

9.3. Magniy va uning qotishmalari

Magniy yengil diffuziya hisoblanib, 650°C haroratda suyuqlanadi, uning solishtirma og'irligi 1,77 g/cm³ ga teng. Asosiy magniy rudalariga quyidagi birikmalar kiradi:

- magnezit;
- dolomit;
- karnallit;
- bishofit.

Magnezit minerali $MgCO_2$ tarkibli qo'sh mineral bo'lib, uning 28,8 % Mg qolgani esa Si, Fe, Al, Ca oksidlari bo'ladi. Magnezitning yirik konlari Ural va boshqa joylarda bor.

Dolomit minerali $MgCO_3$ $CaSO_3$ tarkibli qo'sh karbonat bo'lib, uning tarkibida 13,5% Mg bor. Bundan tashqari, kvarts, kalsit gips va boshqa qo'shimchalar ham uchraydi. Dolomitning yirik konlari Ural, Ukraina va boshqa joylarda mavjud.

Karnallit minerali $MgClKCl6N_2O$ magniy va kaliyning suvli xloridi bo'lib, 8,8 % Mg va boshqa qo'shimchalardan iborat. Karnallitning yirik konlari Ural va boshqa joylarda bor.

Bishofit minerali $MgCl6N_2O$ magniyning suvli xloridi bo'lib, uning tarkibida 12 % Mg bor. Bu birikmalarda ham turli qo'shimchalar mavjud. U dengiz va ko'llarda uchraydi.

Rudalardan magniy olishda elektroliz va termik usullardan foydalaniladi.

Magniyning quyma qotishmalari

9.3-jadval

Markasi	Kimyoviy tarkibi, %				Ishlatilish sohasi
	Al	Zn	Mn	Si	
ML2	0,1	0,05	1-2	0,10	Benzin baki bo'g'zi, armatura
ML4	5,0-7,0	2-3	0,15-0,5	0,25	Dvigatel, samolyot detallari
ML5	7,5-9,0	0,2-0,8	0,15-0,5	0,25	Samolyotsozlikda, kimyo qurilmalarida

Magniy qotishmalari. Magniyning Al, Mn, Zn, Si va boshqa elementlar bilan hosil qilgan birikmalari *magniy qotishmalari* deyiladi. Magniyning ba'zi quyma qotishmalari markalari, kimyoviy tarkibi va ishlatilish sohalari 9.3-jadvalda keltirilgan.

Bu qotishmalarning texnologik xossalari yaxshiligi, korroziyabardoshligi, yaxshi kesib ishlanishi, solishtirma puxtaligi yuqoriligi sababli ulardan samolyotsozlik va asbobsozlikda foydalaniladi.

9.4. Titan va uning qotishmalari

Titan ko'p tarqalgan diffuziya bo'lib, yer qobig'ining 0,61 % ini tashkil etadi. Solishtirma og'irligi $4,5 \text{ g/sm}^3$, suyuqlanish harorati 1800°C . 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 konsentrasiyasini olishda ruda flotatsion 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. Titaning 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 TF00, TF0, TF1, TF2 markalari mavjud. Titan qotishmalari samolyotsozlik, kemasozlik, mashinasozlik, metallurgiyada va raketasozlikda ishlatiladi.

9.5. Nikel va uning qotishmalari

Nikel och kulrangli plastik va kimyoviy ta'sirlarga chidamli metallidir. Uning kristall panjarasi yoqlari markazlashgan kubdan iborat. Uning suyuqlanish harorati 1455°C , zichligi $8,0 \text{ g/sm}^3$ cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi $400\text{--}500 \text{ MPa}$. Sanoatda ishlatiladigan nikellarda 0,01 dan 2,4% gacha turli qo'shimcha elementlar (Fe, Si, Ci va. B.) bo'ladi.

Agar nikel qotishmasi tarkibiga turli qo'shimcha elementlar Co, Fe va Ci va. B. qo'shib qotishmalar hosil qilinsa, ularning mexanik xossalari yaxshilanadi, lekin elektr o'tkazuvchanligi yomonlashadi. Zararli elementlar (S, P, C va b.) nikel qotishmalarini mo'rtlashtiradi, bosim bilan ishlashni qiyinlashtiradi. Nikelning Fe, Mn, Ci bilan qotishmalari bir fazali strukturadan iborat bo'lib, korroziyabardosh, mexanik xossalari yaxshi, plastikligi yuqori. Nikel qotishmalarining 9% li xrom bilan qotishmasi (xromel) dan turli termojuftliklar uchun material sifatida foydalaniladi. *Nixromlar* – nikel qotishmasining 20% li xrom bilan (X20H80) aralashmasi va *ferronixromlar* nikel qotishmasining xrom diffuzion bilan aralashmasi (X15H60) tegishli sohalarida ishlatiladi.

X-BOB. EKSTREMAL SHAROITDA ISHLOVCHI ASBOBLAR UCHUN METALL ASOSLI KOMPOZITLARNI ISHLAB CHIQARISH TADQIQOTLARI HOLATI

10.1. Metall kompozitlar olishning usullari

Zamonaviy mashinasozlikda ishlatiladigan asbobsozlik materiallariga qo'yiladigan talablar ortib bormoqda. Intensiv o'zgaruvchan issiqlik va mexanik yuklanish ta'sirida ishlatilayotgan asboblarning ishonchli ishlashini hamda turg'unligini ta'minlash, shuningdek yuqori mustahkamlikka ega va kamyob materiallarni tejashga bo'lgan talablar shular jumlasidandir.

Hozirgi vaqtda ko'p qatlamli metall kompozitlar yaratish muhim ahamiyatga ega. Ularni har xil konstruksiya, qurilmalarda qo'llash, Cr, Mo, Ti, Cu, Ni kabi kamyob va qimmatbaho rangli metallarni tejash imkonini beradi. Umuman yangi konstruktsiyalarni ishlab chiqishni soddalashtiradi va buyumlarni ishlash muddatini hamda ishonchlilikini oshiradi.

Ko'p qatlamli metall kompozitlar olishning bir necha usullari mavjud bo'lib, ularning har biri o'zining afzallik va kamchiliklariga ega. Shuning uchun ular bir birini inkor qilmaydi, balki to'ldiradi va ko'p qatlamli kompozitlar kerakli miqdorda sanoat miqyosida ishlab chiqarishda bir necha usul yoki kombinatsiyalar bilan o'zlashtirish mumkin. Ularning har birini imkoniyatlarini bilish buyumning yuqori sifatini ta'minlash va uni tayyorlashda yaxshi iqtisodiy ko'rsatkichlarga erishish uchun konkret ko'p qatlamli kompozitni tayyorlashning nisbatan samaraliroq usulni tanlash imkonini beradi.

Ko'p qatlamli metallar olishning hozirgi vaqtda ma'lum bo'lgan hamma usullarini bir qancha umumiy belgilariga qarab sinflash mumkin:

- konstruksiya turini tanlashga ko'ra sinflanadi;
- tayyorlash texnologiyasini tanlashga ko'ra sinflanadi.

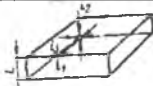
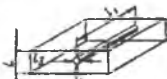
10.2. Kompozitsion materiallarning sinflanishi

Kompozitlarni mustahkamlovchi (armirlovchi) elementlar geometriyasi va komponentlarning joylashishi bo'yicha sinflanadi (10.1, 10.2, 10.3-jadvallar). Kompozitlarni mustahkamlovchi (armirlovchi) elementlar geometriyasi va komponentlarning joylashishi bo'yicha sinflanishi haqida to'liq ma'lumot [1, 2] ishlarda keltirilgan.

Kompozitlarni tashkil etuvchi matritsalar turli materiallardan iborat bo'lishi (10.1-rasm, a) va turli mustahkamlovchi elementlar (10.1-rasm, b) dan ham tashkil topishi mumkin.

Komponentlarning geometriyasi bo'yicha kompozitlar sinflanishi

10.1-jadval

Komponent nomlanishi	Komponent geometriyasi	O'lchamlar munosabati
Nol o'lchovli		$\frac{l_1}{L} \ll 1; \frac{l_2}{L} \ll 1; \frac{l_3}{L} \ll 1;$
Bir o'lchovli		$\frac{l_1}{L} \sim 1; \frac{l_2}{L} \ll 1; \frac{l_3}{L} \ll 1;$
Ikki o'lchovli		$\frac{l_1}{L} \sim 1; \frac{l_2}{L} \sim 1; \frac{l_3}{L} \ll 1;$

Komponentlarning geometriyasi bo'yicha kompozitsion materiallar uchta asosiy gruppalariga bo'linadi [2]:

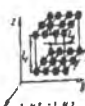
1. Hamma uchta o'lchovi teng bo'lgan, o'lchovsiz komponentli kompozitlar. Bu gruppaga dispersligi (donalari) makrozaradan o'ta dispers zarragacha bo'lgan turli darajadagi zarralar yoki matritsa hajmida teng taqsimlangan granular bilan mustahkamlangan materiallar kiradi.

Dispers-mustahkamlangan materiallarda ko'pgina o'ta dispers zarracha va bir o'zakli n strukturalar yordamida dislokatsiyalarni

hamda erish haroratiga qadar samarali to'xtatishni tashkil qiluvchi element-matritsa hisoblanadi.

Komponentlar joylashuvi bo'yicha kompozitlar sinflanishi

10.2-jadval

Komponent geometriyasi		Komponentlarni joylashuvi					
		Bir o'qli (chiziqli)		Ikki o'qli (tekislikli)		Uch o'qli (hajmiy)	
Nomlanishi	Belgilanishi	Sxemasi	Belgilanishi	Sxemasi	Belgilanishi	Sxemasi	Belgilanishi
O'lchovsiz	0		0:0:0		0:0:0		0:0:0
Bir o'lchovli	1		1:0:0		1:1:0		1:1:1
Ikki o'lchovli	2				2:2:0		

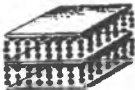
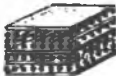
Bu guruh materiallariga misol sifatida zarra yoki granular bilan armirlangan, dispers-mustahkamlangan materiallar, keramika asosli materiallar va boshqa metall hamda qotishmalarni keltirishimiz mumkin.

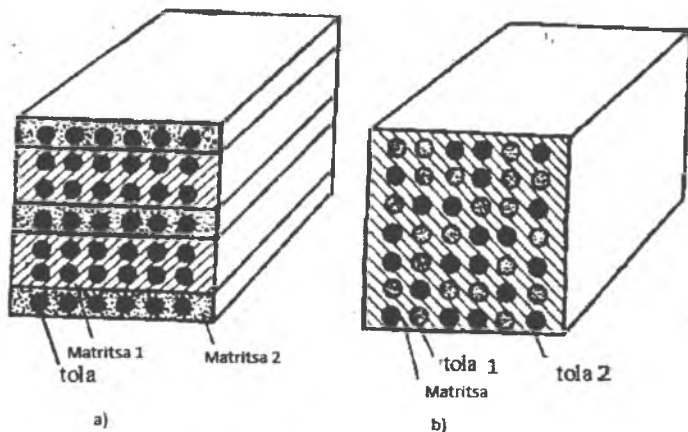
2. O'lchamlaridan biri boshqa ikkitasidan keskin farq qiladigan va elementar hajmning tavsifli o'lchami bilan o'lchanadigan bir o'lchovli komponentli kompozitsion materiallar. Bunday materiallarga sterjen yoki simlar bilan armirlangan, polimerlar, metallar asosidagi, borli va boshqa tolalar bilan armirlangan tolasimon kompozitsion materiallar misol bo'ladi. Matritsa armaturani (tola

yoki boshqa mustahkamlovchi elementlarni) shikastlanishdan saqlash uchun yagona monolitga mahkamlaydi. Matritsa shuningdek kuchlanishlarni armirlovchi tolalarga o'tkazadi, alohida elementlarni buzilish holatlarida esa kuchlanishni kompozitsion materialda taqsimlaydi.

Komponentlari joylashuvi va o'zaro moslashuviga ko'ra kombinatsiyalashgan kompozitlar sinflanishi

10.3-jadval

Komponentlar joylashuvi	Komponentlar kombinatsiyasi			
	$0* + 1$	$0* + 2$	$1 + 2$	$0* + 1 + 2$
Bir o'qli		—	—	—
Ikki o'qli				
Uch o'qli			—	



10.1-rasm. Yarim matritsali kompozit:

a) 1-matritsa, 2-tola shaklidagi sim; b) 1- matritsa, 2-tola shaklidagi diffuziyasi.

3. Ikki o'Ichami uchinchi o'Ichamidan sezilarli katta bo'lgan kompozitsion materialning elementar namunasi tavsifli o'Ichamlari bilan o'Ichadigan ikki o'Ichovli kompozitlar. Bu gruppada materiallariga armirlangan kvazimonolit materiallar (AKM) bimetallar, turli polimetalli kompozitlar, masalan, galma-gal qatlamli titan va aluminiy yoki ularning qotishmalari misol bo'ladi.

Kompozitsion materiallar komponentlarning joylashuvi (armirlash sxemasi)ga ko'ra uchta gruppaga bo'linadi:

1. Tashkil etuvchilari matritsada bir-biriga parallel taqsimlangan armirlovchi elementi bir o'qli joylashgan kompozitlar. Bunday armirlash sxemasi nol o'Ichovli yoki bir o'Ichovli komponentlar yordamida amalga oshirilishi mumkin.

2. Tashkil etuvchilari tola shaklidagi simlar, sterjenlar matritsa tekisliklarida bir-biriga parallel joylashgan armaturasi ikki o'qli joylashgan kompozitsion materiallar. Bunday armirlash sxemasi nol o'Ichovli, bir o'Ichovli yoki ikki o'Ichovli elementlar yordamida amalga oshirilishi mumkin.

3. Materialda bir yoki ikkita afzalroq yo'nalishni ajratish mumkin bo'lmagan holda komponentlari uch o'qli joylashgan kompozitsion materiallar. Bunday armirlash sxemasi bo'shliqda tartibsiz yo'nalishga ega bo'lgan nol o'Ichovli yoki bir o'Ichovli komponentlar yordamida amalga oshirilishi mumkin.

Kompozitsion materiallar olishning hamma usullari qattiq fazali, suyuq fazali va cho'ktirish texnologiyasiga bo'linadi.

Qattiq fazali usullar armirlovchi elementlar va matritsani dastlabki uyg'unlashuvi va ularni keyinchalik buyumda issiq presslash, toblash, prokatlash, diffuzion payvandlash, ekstruziya va boshqa metodlar yordamida kompaktlashdan iborat.

Armirlangan list va lentalarni qattiq fazali uyg'unlashtirish metodi bilan qavatli kompozitsion materiallar olishning birmuncha samaraliroq jarayoni prokatlash yoki diffuzion payvandlashdan foydalanib bevosita kompaktlash texnologiyasi hisoblanadi [3, 4, 5].

Qatlamli kompozitlarni olishda portlatib payvandlash ko'proq qo'llanilmoqda, bunda birikma qattiq fazada hosil bo'ladi. Portlatib payvandlash ko'p qatlamli listlar, yarim o'q, silindrik ashyolar, kompozitsion materialdan tayyorlangan buyumlar, tolalar bilan armirlangan va boshqalar tayyorlashda ishlatiladi. Portlatib plaki-

rovkalashda perimetr bo'yicha payvandsizlikning paydo bo'lishi, shuningdek payvandlangan plitalarni darz ketishi, ayniqsa qalin listli katta o'lchamli ashyolar birikmalari uchun tavsifli, asosiy muammolar bo'lmoqda.

So'nggi yillarda kompozitsion materiallarni sintez uslubi taglikka matritsa va armatura qatlamlarini ketma-ket qo'yish, ya'ni cho'ktirish uslubi rivojlanib bormoqda. Kompozitlarni qoplashning bir necha usullari mavjud: plazma bilan purkash; elektrolitik cho'ktirish; gaz fazasida cho'ktirish; vakuum bilan, emission va boshqa uslublar. Suyuq fazali uslublar qator afzalliklarga ega, asosiylari quyidagilar: murakkab tuzilishdagi kompozitsion buyumlarni minimal mexanik ishlash yoki umuman mexanik ishlovsiz olish imkonini beruvchi; mo'rt kompozitlarga chegaralangan kuch ta'siri; kompozitlarni tuzishda komponentlarning keng nomeklaturasidan foydalanish; soddalashtirilgan apparaturaning ta'minlanganligi; yuqori ishlab chiqaruvchanlik; mexanizatsiyalash, avtomatlashtirish va to'xtovsiz texnologik jarayonlarni amalga oshirish imkoniyati. Qoplamli kompozitlar ishlab chiqarishda quyish texnologiyalaridan istiqbolli yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Bu texnologiyalar mehnat unimdorligini sezilarli oshirish, shuningdek ishlab chiqarishni mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish hisobiga, tayyor mahsulot tannarxini kamaytirish imkonini beradi. Natijada materiallar sarfi qisqaradi, mexanik ishlovda mehnat sarfi kamayadi va buyumlarning ishlash qobiliyati ortadi. Bundan tashqari, quyish texnologiyalari yordamida birday kompozitlar olish mumkinki, boshqa uslublar bilan tayyorlash mumkin emas yoki ratsional emas.

XI-BOB. KUKUN MATERIALLARDAN BUYUM YASASH TEXNOLOGIYASI

11.1. Kukun metallurgiyasi haqida ma'lumotlar

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, qattiqligi katta, belgilangan barqaror (magnit xossali, shuningdek, alohida fizik-kimyoviy, mexanik va texnologik xossali detallar olish imkonini beradi. Bunday detallarni quyish va bosim ostida ishlash yo'li bilan olish mumkin emas.

Kukun materiallardan detal va buyumlar olish prosessi diffuziya 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 turib hosil qilinadi. Mo'rt qattiq materiallarni maydalash uchun sharli, uyurma va vibratsion 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 diffuziya karbidlari va oksidlaridan mayin kukunlar olish uchun vibratsion tegirmonlardan foydalaniladi. Vibrotegirmonlar eng unumli bo'lib, ularning ishi po'lat shar va silindrlarning tegirmon barabanining diffuziya chastotali aylanma tebranma harakati tufayli maydalanadigan materialga govori chastota bilan ta'sir qilishiga asoslangan.

Qalay, qo'rg'oshin, aluminiy, 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 diffuziya 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 diffuziya 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 diffuziya kukuni va uglerod oksidiga parchalanadi. Gidrogenizatsiya usuli asosida kalsiy

gidrati bilan xromni qaytarish yotadi. Bunda hosil bo'lgan ohak suv bilan yuviladi, diffuziya 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 bo'yicha 0,5 mkm gacha o'lchamli ultra mayda, 0,5–10 mkm o'lchamli juda mayda, 10–40 mkm o'lchamli mayda, 40–150 mk o'lchamli o'rtacha mayda va 150–500 mkm o'lchamli yirik xillarga bo'linadi.

To'kilish massasi, oquvchanlik, presslanuvchanlik va pishuvchanlik kukunlarning asosiy texnologik 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. Govakligi 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 oquvchanligi 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 plastikliги, 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 mustahkamligi tushuniladi.

Shixtani tayyorlash. Ma'lum kimyoviy va granulometrik tarkibdagi hamda texnologik xossalarga ega bo'lgan kukunlarning dozalangan porsiyalari barabanlarda, tegirmonlarda va boshqa

qurilmalarda aralashtiriladi. Shixtani bir tekis aralashtirish zarurati tug'ilsa spirt, benzin, gliserin va distillangan suv qo'shiladi. Ba'zan aralashtirish protsessida turli vazifani o'tovchi texnologik qo'shilmalar qo'shiladi: presslanishni yengillashtirish maqsadida plastifikatorlar (diffuzio, stearin, glitserin 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 jara-yonida kukun zarrachalari diffuziyasi va diffuziya deformatsiya-lanadi. Bunda kukun zarrachalari orasidagi jipslashish ortadi, g'ovaklik kamayadi. Bu esa kerakli shakl va mustahkamlikdagi 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) bo'ylab 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 diffuziyasi bilan jihozlanadi. 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. Issiqalayin peresslashni vakuumda, himoya qilish yoki qaytarish atmosferasida, keng harorat oralig'ida (1200-1800°C), sovuqlayin presslashga

nisbatan ancha past bosimda bajarish mumkin. Odatda, kukunlar kerakli haroratgacha qizdirilgach bosim ostida siqiladi. Bu usullardan kiyin deformatsiyalanadigan metallar (boridlar, karbidlar va boshqalar) dan buyumlar tayyorlashda foydalaniladi.

Metall kukunlarini prokatlash sovuqlayin yoki issiqalayin deformatsiyalash usuli bilan tasma, sim, polosa ko'rinishidagi buyumlar olishning uzluksiz protsessidir. Prokatlash diffuziya, qiya va gorizontaal yo'nalishlarda bajariladi. Vertikal holatda prokatlash buyumni shakllantirish uchun eng yaxshi sharoit hisoblanadi. Avvaliga kukun bunkerdan aylanma siquvchi valiklar orasidagi zazorga tushadi, xomaki holiga keltirish uchun qisiladi, so'ngra pishirish uchun pechga yo'naltiriladi, keyinchalik toza valiklarda prokatlanadi. Prokatlashda kukun hajmi bir necha marta kichrayadi. Tasmani prokatlashda valik diametrining tasma qalinligiga nisbati 100:1 dan 300:1 gacha bo'lishi kerak. Kukunlarni prokatlash tezligi quyma metallarni prokatlash tezligiga nisbatan ancha kichik bo'lib, kukunning oquvchanligi bilan cheklanadi. Shuning uchun aylanuvchi valiklar sirtining chiziqli tezligi diffuziya kukunning bunkerdan chiqib, valiklar orasidagi zazorga surilish tezligidan kichik bo'lishi kerak. Prokatlash usuli bilan bir va ko'p qatlamli buyumlar, qalinligi 0,025–3 mm, eni 300 mm gacha bo'lgan tasmalar, diffusion 0,25 mm va undan diffuziya va hokazolar olish mumkin. Protssessning uzluksizligi uni avtomatlashtirishni hamda yuqori unumdorligini ta'minlaydi.

Detal va buyumlarga kerakli mustahkamlik va qattqlik berish uchun ular pishiriladi. Pishirish operatsiyasi buyumni asosiy diffusion suyuqlanadigan haroratning 0,6–0,8 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 muhitida bajariladi. Tob tashlamasligi 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.

Kalibr lash presslangan buyumni press-qolipdagi mos qirqimli teshikdan siqib o'tkazishdan iborat. Kalibr lash natijasida buyumning o'lchamlari aniqlashadi, sirti silliq lanadi, g'ovakligi kamayadi.

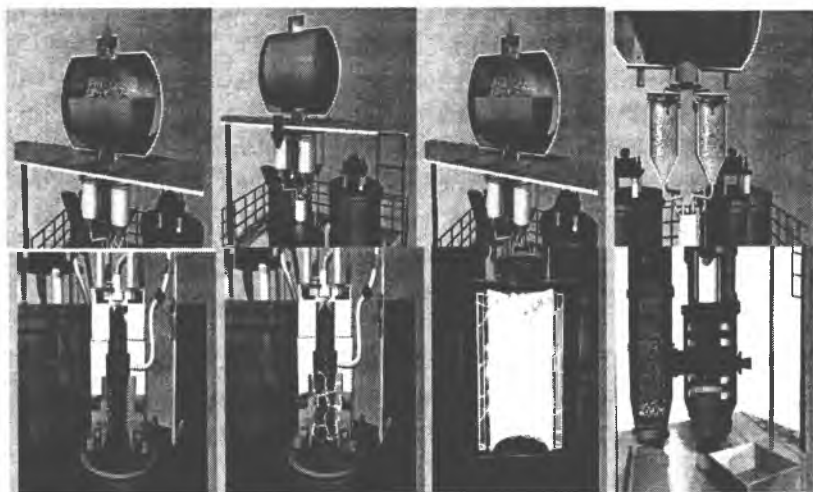
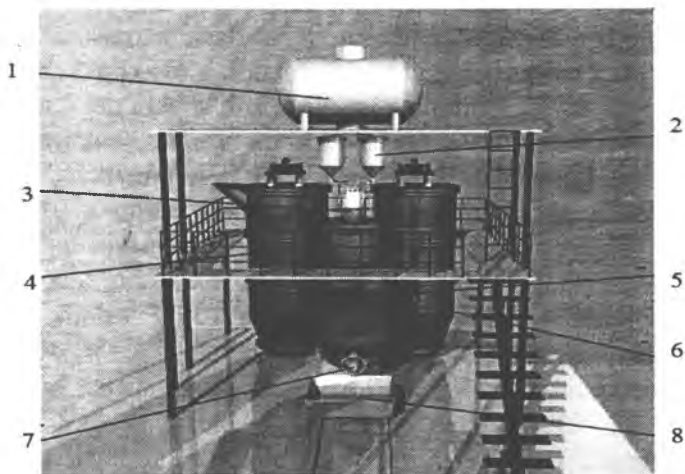
Presslangan tayyorlanmalardan murakkab shaklli detallar (cho'zish uchun jovalar, qattiq qotishmali qistirmalar, shtamlarning matritsalar i va hokazolar) olish; ichki va tashqi rez balar qirqish; diametri kichik, lekin chuqur teshiklar olish uchun ularni kesib ishlanadi. Kimyoviy-termik ishlash (azotlash, xromlash, sianlash va hokazo) metallardagi kabi bajariladi. G'ovaklikning mavjudligi, demak, yoyilgan sirtning mavjudligi kimyoviy termik ishlash protsessini aktiv amalga oshirish imkonini beradi.

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

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

11.2. Nanotexnologiya va nanokompozitlar

PUV-300 plazmaviy tiklash qurilmasi seriyali plazmaviy qurilmalarning bosh namunasi bo'lib "O'zQO'CHMK" Ajda ishlatilmoqda. Qurilmaning umumiy ko'rinishi va ishlash prinsipi 11.1-rasmda keltirilgan.

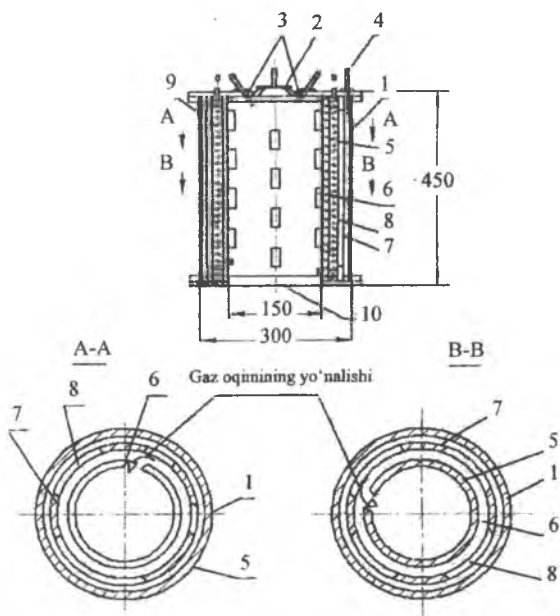


11.1-rasm. PUV-300 plazmakimyoviy qurilmasi va uning ishlash prinsipi:

1 – xomashyo bunkeri; 2 – kukun ta'minlagichlar; 3 – plazmogenerator;
4 – reaktor; 5 – cho'kish kamerasi; 6 – filtr bloklari; 7 – shnek; 8 – idish.

Pnevмотransпорт 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 gazi yordamida kirish uzeli orqali plazmageneratorga (3)

yetib boradi va vodorod gazi hosil qilgan plazma oqimiga aralashadi. Natijada qizish, erish, bug'lanish – plazma holatiga o'tadi. So'ngra plazma holatidagi mahsulot reaktorga (4) o'tadi va tiklanish kimyoviy reaksiyasi hamda kukunning kondensatsiyalanishi jarayonlari sodir bo'ladi. Reaktor bo'ylab harakatlanayotgan kukun zarrachalari bir-biri bilan to'qnashib, ultradisperss zarrachalar bug'gaz oqimi ta'sirida filtrlarga o'tadi. Qurilmada ikkita mahsulotni 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.



11.2-rasm. Yangi tipdagi plazmokimyoviy reaktor:

1-korpus, 2-plazmagenerator, 3-koaksial tirqishlar, 4-soplo,
5,7-silindrlar, 6-teshik, 8-kesik, 9-elektrokalerifer, 10-chiqish teshiklari.

Reaktorda plazma holatidagi mahsulotning tiklanish jarayoni juda qisqa vaqtda sodir bo'ladi. Reaktordagi plazma holatidagi mahsulot haroratining tez tushib ketishi oqibatida ma'lum miqdordagi volfram kukunlari tiklanmay qoladi. Ushbu holatni to'g'rilash

maqsadida quyidagi tuzilishga ega bo'lgan, yangi turdagi reaktor taklif etilmoqda. 11.2-rasmda yangi turdagi plazmakimyoviy reaktorning ko'ndalang kesimi bo'yicha chizmasi keltirilgan; Plazma-generator molibden va zanglamas po'latda tayyorlangan ikkita silindrlardan tashkil topgan. Korpusning markaziy o'qi bo'ylab koksial 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.

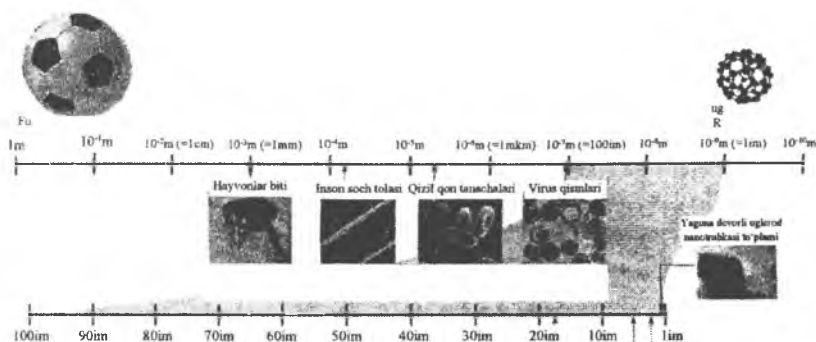
Olingan kukunlarni tadqiq qilish shuni ko'rsatdiki, yangi turdagi reaktor bilan jihozlangan qurilma cho'kish kamerasida deyarli kukun topilmadi, bu volfram uch oksidini qariyb to'liq tiklanganligi va volframning UDKlari filtrlarga tushganligidan dalolat beradi. Shunday qilib, yangi plazmakimyoviy reaktorda 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: mahsulot tarkibidagi kislorod miqdori 0,5 % va Fisher bo'yicha volfram donalarining o'lchami 0,07-0,09 mkm.

Mahsulot ishlab chiqarish jarayonida material yoki yarim tayyor mahsulot, xomashyo shakli, xossalari va holatini o'zgartiradigan usullar majmuyiga texnologiya deyiladi.

Nanotexnologiya termini birinchi marta yapon olimi N. Tanituchi tomonidan 1974-yilda ishlatilgan. "Nano" – so'zini lug'aviy ma'nosiga e'tibor berilsa, "pakana" tushunchasini anglatadi, ikkinchi tomondan esa bu so'z ilmda ko'proq old qo'shimcha sifatida tanilgan bo'lib, uning aynan qiymati 0,000000001 metrga teng. "Nano" so'zi milliarddan bir qism, milliardni bir qismi degani. Taqqoslash uchun quyidagi kattaliklarga e'tiboringizni qaratamiz: 1 angstrom = 10^{-8} sm, 1 millimetr = 10^{-3} m, 1 mikrometr = 10^{-6} m.

Demak, nano bu uzunlik birligi. Buni taqqoslab, his etish uchun shuni aytish kerakki, inson sochining diametri taxminan 50000 nanometrga teng (11.3-rasm). 11.3-rasmdagi uzunlik darajasi nanometrni anglatadi. Keltirilgan qiymatlar 1 metrdan 10^{-10} metr oraliqni tasvirlaydi. Yer shari futbol koptogidan 100 000 000 marta katta, xuddi shuningdek S_{60} molekulasidan futbol koptogi shuncha marta katta. 100 nm dan 1 nm gacha bo'lgan oraliq pastda ifodalangan. Nanotexnologiya uchun kerakli va qiziqarliy oraliq 100–0,2 nm hisoblanadi.



11.3-rasm. Nanotexnologiyani tushuntiruvchi rasm.

Nanotexnologiya asosida nuqsonsiz katta hajmli konstruksion materiallar olish mumkin. Hozirda jahonda nanotexnologiya uchun yiliga 9–10 milliard dollar sarf qilinyapti: AQSH da 4–5 milliard, Yaponiyada 2–3 milliard. Nanotexnologiyadan keladigan foyda bir necha trillion dollar kutilyapti. Nanotexnologiya sanoatda 1994-yildan boshlab qo'llanila boshlagan.

Maxsus biologik, kimyoviy, fizikaviy xossalarga ega materiallar, yangi molekula, nanostruktura, nanoqurilmalar yaratish maqsadida alohida atomlar, molekular va molekular tizimlarni boshqarish va nanoo'lchamdagi makonda yuz berayotgan fizikaviy hamda kimyoviy jarayonlar qonuniyatlari o'rganilgan fanlararo ilmgga nanotexnologiya deyiladi.

Doimiy harakatdagi nanodunyo rivojida yuz bergan quyidagi ikkita voqea muhim ahamiyatga ega bo'ldi:

1. Skanerlovchi tunnelli mikroskopning yaratilishi (G. Bennig, G. Rohrer, 1982 y.) va skanerlovchi kuchli atom mikroskop (G. Bennig, K. Kuatt, K. Gerber, 1986 y. Nobel mukofoti, 1992 y.);

2. Uglerodning tabiatdagi yangi formasining kashf etilishi-fullerenlar (H. Kroto, J. Health, S. O'Brien, R. Curl, R. Smalley, 1985 y., Nobel mukofoti, 1996 y.).

Yangi mikroskoplar nanometrik o'lchamda monokristallar yuzasi atom-molekular tuzilishini o'rganish imkoniyatini yaratdi. Qurilma nanometrning yuzdan bir qismini ko'rsatadi. Skanerlovchi tunel mikroskopi ishlashi, vakuum to'siqlari orqali elektronlar tunellashuviga asoslangan. Atom o'lchami kattaligida to'siq kengligi o'zgarganda tunel toki miqdori 3 baravarga o'zgaradi, bu esa uning yuqori aniqligini ta'minlaydi. Tunellovchi kvant nazariyasiga 1928-yilda G.A. Gamov tomonidan α parchalanish ishida asos solingan.

Hozirgi vaqtda biologik obyektlar, organik molekulalar, baland haroratda ishlaydigan yuqori o'tkazuvchilar, yarimo'tkazgichlar, metallar monokristallari yuzasi atom strukturalari skanerlovchi mikroskoplar yordamida o'rganilmoqda.

Yangi mikroskoplar nafaqat moddalarning atom-molekular tuzilishini o'rganishda foydali bo'lmoqda. Ular yordamida nano-strukturalar hosil qilinmoqda. Mikroskop aniq o'tkir harakatlari natijasida atom strukturalari yaratilmoqda.

Fulleren—oldindan ma'lum bo'lgan olmos va grafit singari uglerodning 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 me'mor R. Filler sharafiga qo'yilgan. Dastlab fulleren kam miqdorda, 1990-yildan esa katta masshtabda ishlab chiqarish texnologiyasi yaratildi.

Fulleritlar. 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 tetroedrik 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 tetroedrik 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 Shtutgartda joylashgan Maks Plank nomidagi institutda o'rganiladi. Materiallarga noyob xossalar 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 nanotrübka. 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. Trübka yuzasidagi to'g'ri oltiburchakning uchlarida uglerod atomlari joylashgan. Trübka oxiri 6 ta to'g'ri beshburchak bilan yopilgan.

Uch o'lchamli fazoda to'g'ri beshburchak, oltiburchak va yettiburchaklarni kombinatsiyalash 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.

Molekular dinamika hisoblari va kvant modellari yordamida uglerod materiallari fizikaviy hamda kimyoviy xossalarini oldindan aytish mumkin.

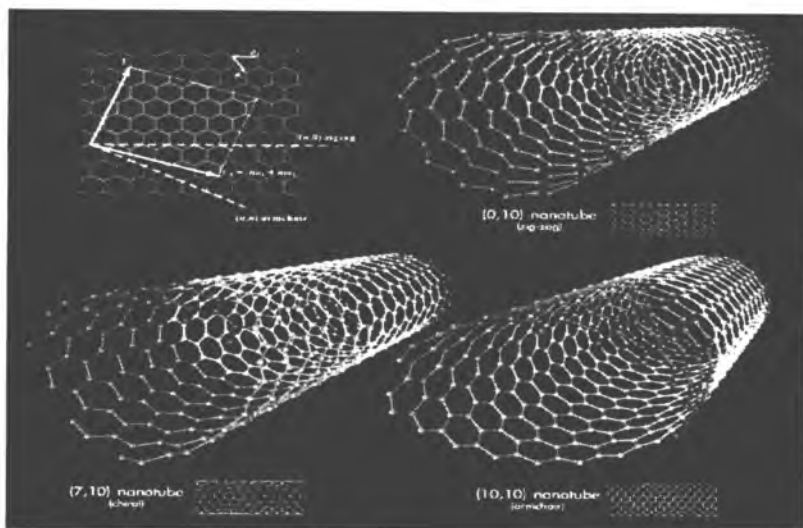
Bir qatlamli trubkalar yaratish bilan bir qatorda ko'p qatlamli trubkalar yaratish imkoni mavjud. Nanotrübkalarni ishlab chiqarishda maxsus katalizatorlardan foydalaniladi.

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

uzunlikka 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 (11.4-rasm).



11.4-rasm. Uglerod nanotrubkasi.

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 nanoobyektlar o'nlab, yuzlab, minglab atomlardan tashkil topgan juda kichik zarralarga kiradi. Klaster

xossalari o'sha turdagi makroskopik hajmdagi material xossalariidan tubdan farq qiladi.

Nanoklasterlardan katta qurilish bloklari kabi aniq maqsadga yo'naltirilgan va oldindan xossalari boshqariladigan yangi turdagi materiallar yaratish mumkin. Misol sifatida gaz aralashmalarini ajratish va saqlashda katalitik reaksiyalardan foydalanamiz: $Zn_4O(BDC)_3(DMF)_8(C_6H_5Cl)$.

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: $Mn_{12}O_{12}(CH_3COO)_{16}(H_2O)_4$. Kvant kompyuterlari protsessorlarini loyihalashda nanomagnitlar katta ahamiyat kasb etadi.

Bundan tashqari, kvant tizimi tadqiqoti bistabillik va gisterezis hodisasi aniqlandi. Agar molekulalar orasidagi masofa 10 nanometr ekanligini hisobga olsak, bu tizimda xotira zichlikni har kvadrat santimetrga 10 gegabaytni tashkil etadi.

11.3. Quyma bimetall kompozitsiyalarni termik ishlash

Metall va qotishmalardan yasalgan turli turdagi asboblarga termik ishlov berishda, ularni ma'lum haroratgacha 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 xossalari 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 xossalari oshiriladi.

Quyma bimetall kompozitsiyalarni termik ishlov berish orqali, ularning ishlash muddatlarini oshirishga qaratilgan ilmiy tadqiqot

ishlari deyarli ko'p emas. Mavjud texnologik rejimlar ham asbob-sozlik 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 erishish 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 nuqtayi 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 (11.5-rasm).

Olmos kristall panjarasining parametri $3,57\text{\AA}$ ga teng va atomlar orasidagi eng qisqa masofa $1,54\text{\AA}$ ni tashkil etadi, bu esa $1,54 \times 10^{-4}\text{ mkm}$ teng. Olmos kristall panjarasining koordinatsion soni 4 ga teng. Bu degani har 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 mustahkam kovalent bog'langan. Moos shkalasi bo'yicha olmos eng yuqori qattqlik 10 ga teng.

Olmos yuqori qattiq bo'lishi bilan birgalik yuqori abraziv material va yeyilishga chidamligi juda yuqori. Toblangan po'latlarga ishlov berishda odatiy abraziv materiallarga nisbatan 100-200 marta, yuqori qattqlik hamda mustahkam keramika nisbatan 250 ming marta yeyilishbardoshligi katta.



11.5-rasm. Olmos kristall panjarasi.

Olmosning elastiklik moduli tabiatda mavjud barcha qattiq moddalar elastiklik modulidan katta. U bor va kremniy karbidlari elastiklik modulidan 2,5-3,0 baravar hamda qattiq qotishma elastiklik modulidan sezilarli darajada katta.

Olmos juda kichik ishqalanish koeffitsiyentiga 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 mustahkam himoyalaniishi bilan tushuntiriladi. Biroq vakuumda oksid va gidrooksidlar yupqa qatlamlari paydo bo'lmisligi sababli ishqalanish koeffitsiyenti sezilarli darajada ortadi.

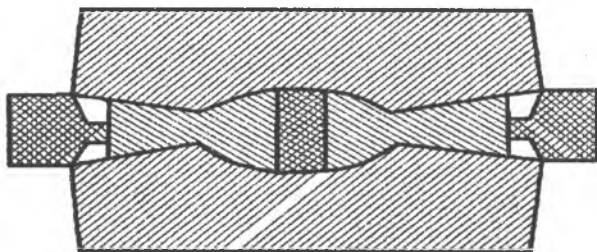
Olmos texnikada asboblarni tayyorlashda, yuqori aniqlikka ega qurilmalar tez yeyiladigan elementlarini (qurilmalar uchliklari, xronometr podshipniklari, qattiqlikni o'lchash identorlari va b) yasashda ishlatiladigan konstruksion material sifatida qo'llaniladi. Hozirgi paytda dunyoda ishlatilayotgan olmoslarning 80% texnika sohasida ishlatiladi.

Sun'iy olmos olishda yuqori bosimli apparat (YuBA) ishlatiladi. Sun'iy olmoslarni olishda turli YuBAlar ishlatiladi:

- turli shaklga ega yassi sandonli;

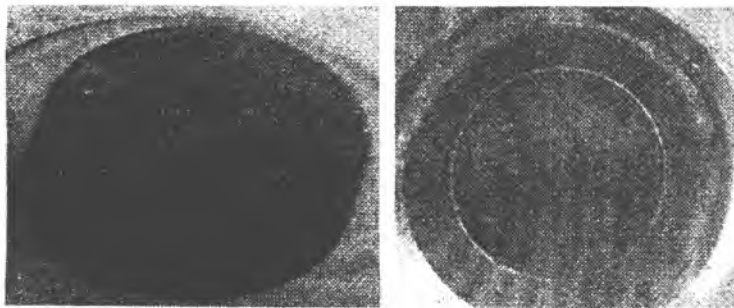
- konussimon puassonli silindrik halqada harakatlanuvchi;
- silindr-porshen turidagi apparatlar;
- ko‘p puansonli apparatlar va b.

Ulardan yassi sandonli YUBAlar yuqori ish unumdorligi va olmos kukunlarini olishda yaxshi sifatga ega bo‘lishini ta’minlaydi. YuBA ikkita matritsadan, reaksiyon tarkibli konteyner, elastik materialdan tayyorlangan muftadan tashkil topadi (11.6-rasm). YuBAlarda ishlatiladigan matritsalar eksterimal sharoitda ishlaydi. Matritsaga ta’sir etayotgan bosim 4-12 Gpa va harorat (1200-2000°C) tashkil etadi. Matritsalar kuchlanishi 5 dan 100 MN gacha bo‘lgan presslar-ga joylashtiriladi.



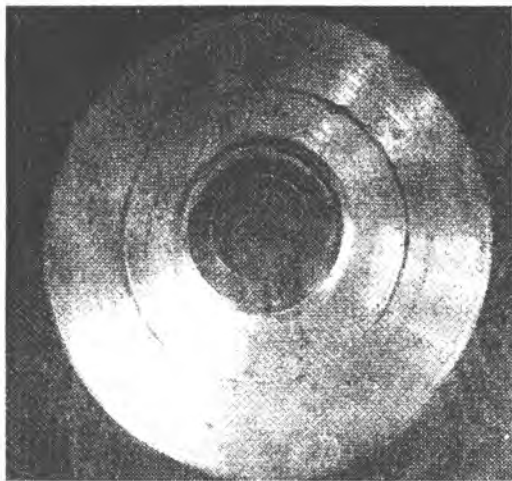
11.6-rasm. Yuqori bosimli apparat chizmasi.

Ishlab chiqilgan matritsalar ikki varianda ishchi qism sifatida BK6 qattiq qotishmasi va tez kesar po‘lat P6M5 (11.7-rasm) ishlatildi.



11.7-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 (11.8-rasm) 184 mm.



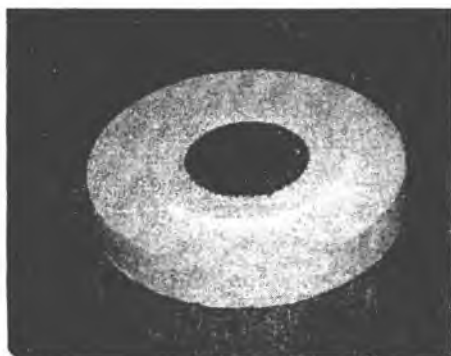
11.8-rasm. *Matritsa diametri 184 mm bo'lgan tezkesar po'lat P6M5-po'lat 40XHMΦ kompozitsiyasi.*

Tezkesar po'latdan tayyorlangan qo'yilma P6M5 laboratoriya sharoitida aseton va kaustik soda bilan tozalanadi, ishlab chiqarish sharoitida ultratovushli vannada 8-10 daqiqa davomida ushlab turildi. Keyin 8-10 daqiqa davomida emulgator qo'shilgan holatda 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. Press-qolip aluminij qotishmasidan tayyorlandi (11.9-rasm). Press-qolip shakli va o'lchamli bo'lajak quyma mos ravishda ishlandi. Press-qolipni loyihalashda quyma kristallanishi va 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.



11.9-rasm. *Penomodel uchun press-qolip.*

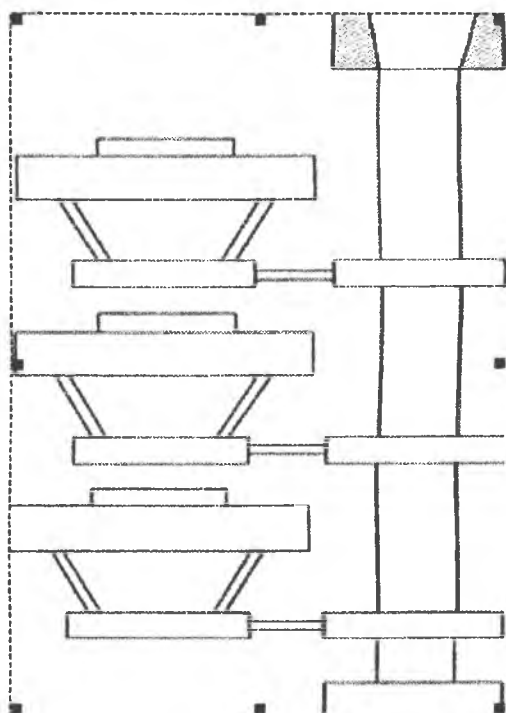
Quyma modeli (11.10-rasm) dastlabki ishlov berilgan granula shaklidagi polistirol ishlatildi. Polistirol markasi ПСБЛ-0,315(0,5) markali polistirol qaynoq suvda yoki bug'li vannada dastlabki ishlov berildi, keyin issiq havo ($30...40^{\circ}\text{C}$) oqimida 4...6 daqiqa quritildi.



11.10-rasm. *Tezkesar po'lat P6M5 bo'lgan matritsa.*

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-bo'yoq bilan qoplandi. Model issiq havo ($30...40^{\circ}\text{C}$) oqimida 1 soat davomida qurildi. Tayyor modellar kollektorga biriktirilib, stoyakka (11.11-rasm) yig'ildi. Stoyakka yig'ilgan modellar quyimakorlik

qolipga o'rnatilib, kvars qumi bilan to'ldirildi va titrash ta'sirida jipslandi.



11.11-rasm. Penomodelning stoyakda yig'ilishi sxemasi.

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 $1600-1650^{\circ}C$ quyish tizimi orqali qolipga quyildi. Po'latni eritish ИСТ-0,16 induksion pechda amalga oshirildi. Qolipdan quymalar to'liq sovigandan keyin ajratib olindi. Quymalarni tozalash drobli kamerada amalga oshirildi. Mexanik ishlov orqali matritsalar talab etilgan o'lcham va yuza tozaligiga keltirildi.

Tayyor asbob termik ishlangandan keyin jilvirlash dastgohlarida oxirgi ishlov berildi.

Tezkesar po‘lat P6M5-po‘lat 40XHMΦ kompozitsiyasini termik ishlash rejimlari. Termik ishlov berishda po‘latni qizdirish diffuziya olish uchun zarurdir. Po‘latni kritik nuqta As_1 gacha qizdirganda uning evtektoidgacha bo‘lgan strukturasi 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 strukturasi austenitdan iborat bo‘ladi. Qizdirilganda evtektoiddan oldingi po‘lat ham shunday o‘zgaradi, faqat oldingisidan farqi shundaki, As_1 nuqtadan As_2 nuqtagacha yanada qizdirilganda irsiy zarra o‘lchami po‘latning texnologiklaydi. As_1 nuqtadan yuqorida (SE chizig‘i) struktura faqat austenitdan iborat bo‘ladi. Yangi hosil bo‘lgan diffuziya hatto bitta zarra chegarasida ham 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 birmuncha 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 marganes 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 aluminiy bilan oksidsizlantirilgan, ayniqsa, titan yoki vanadiy bilan legirlangan po‘latlar 950° - 1000° 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 qovushoqlik 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 haroratgacha qizdirib, shu haroratda uzoq muddat ushlab turish 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 bo‘lishidan xavfsiramasa ham bo‘ladi. Irsiy (austenit) zarra o‘lchamini aniqlash uchun turli usullardan foydalaniladi. Masalan, kam uglerodli sementitlangan po‘latlar uchun uning sirtini sementitlash, ya‘ni uglerodlash usuli qo‘llaniladi. Po‘latni tarkibida uglerod bo‘lgan aralashmada $930^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C}$ gacha qizdirilganda va ushbu harorat 8 soat davomida ushlab turilganda uning sirti evtektoiddan keyingi tarkibgacha uglerod bilan to‘yinadi. Sovitilganda austenitdan ortiqcha sementit ajralib chiqadi, u austenit zarralari chegarasi bo‘ylab tur ko‘rinishida joylashadi. To‘la sovitilgach, ushbu sementit 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 sovitilganda diffuzion beqaror bo‘lib qoladi va u o‘zgara boshlaydi. Evtektoidli uglerodli po‘lat uchun diffusion perlitga, ya‘ni ferrit va sementitning mexanik aralashmasiga aylanadi.

Bunda bir tomondan o‘zgarishlar harorati qancha past bo‘lsa, o‘ta sovish shuncha diffuziya bo‘lib, diffusion perlitga shuncha tez

aylanadi. Ikkinchi tomondan bu o'zgarish uglerodning diffusion 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.

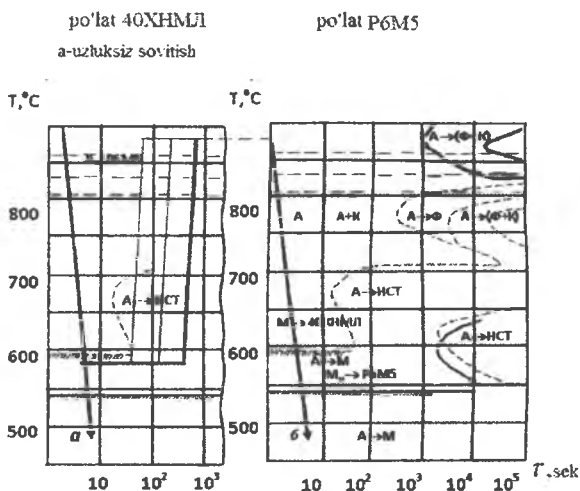
Ma'lumki diametri uzunligiga nisban katta farq qiladiga asboblari (parma, razvertka) ni to'liq bo'lmagan izotermik toblash usulida ishlov berish, termik ishlov berilgandan keyin ularni to'g'rilashga ketadigan vaqtni 2 martaga qisqartiradi.

Katta o'lchamli asboblarni to'liq bo'lmagan izotermik toblash natijasida ularning issiqbardoshligi va mustahkamligi yaxshilanadi.

Tez kesar po'lat P6M5-po'lat 40XHMΦ 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. (11.12-rasm). Taklif etilgan termik ishlov 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.

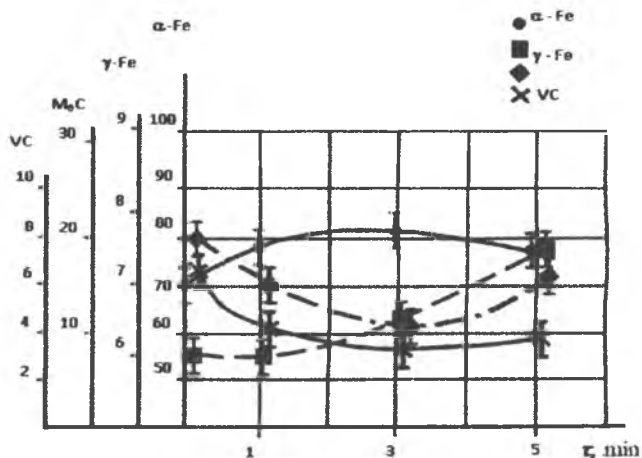
Kompozitsiyada yuz beradigan ichki kuchlanish va xossalarni o'rganish maqsadida oraliq izotermik tutib turish vaqti 1, 3, 5, 10 daqiqa davomida 280°C va 350°C haroratlarda amalga oshirildi (11.12-rasm).

Tezkesar po'lat P6M5-po'lat 40XHMΦ termik ishlangandan keyingi mikrostrukturasi va xossalari. Termik ishlov berilgandan keyin (11.13-rasm), 11.1-jadvalda po'lat P6M5 sodir bo'lgan faza o'zgarishlari keltirilgan.



11.12-rasm. Tezkesar po'lat P6M5-po'lat 40XHM Φ kompozitsiyasini termik ishlash rejimlari:

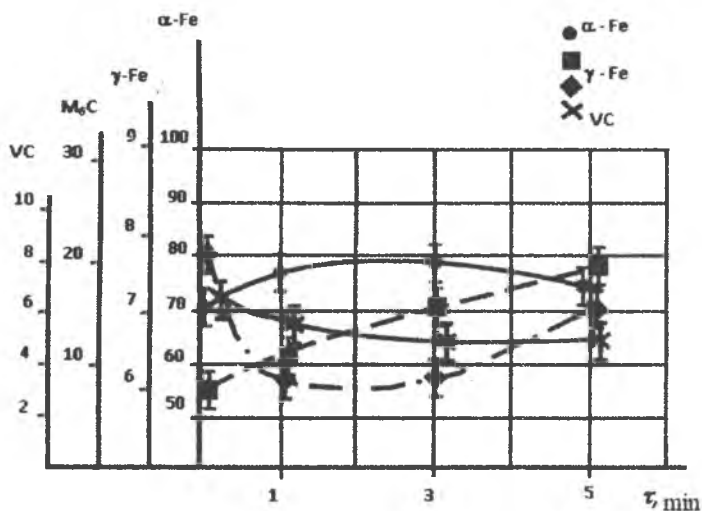
- 1 variant – izotermik tutib turish 1 daq. 280°C;
- 2 variant – izotermik tutib turish 3 daq. 280°C;
- 3 variant – izotermik tutib turish 5 daq. 28°C.



11.13-rasm. Tezkesar po'lat P6M5 faza tarkibining o'zgarish grafigi, izotermik tutish harorati 280°C, tezkesar po'lat P6M5 termik ishlangandan keyingi dislokatsiya zichligi.

Berilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, bunday termik ishlash natijasida standart termik ishlovga qaraganda matritsaning legirlanish darajasi (11.13, 12.14-rasm, 11.1, 11.2-jadval) sezilarli ravishda oshgan.

Bunday holat matritsaning xossalarini yaxshilanishi va ishlash muddatlarining sezilarli ravishda oshishiga olib keladi.



11.14-rasm. Tezkesar po'lat P6M5 faza tarkibining o'zgarish grafigi, izotermik tutish harorati 350 °C.

Tezkesar po'lat P6M5-po'lat 40XHMΦ kompozitsiyasini taklif etilayotgan

11.1-jadval

Termik ishlash rejimlari	Chiziq kengligi β , rad	Dislokatsiya zichligi ρ , sm^{-2}
Bo'shatish	$13,9 \cdot 10^{-3}$	10^8
Standart toblash	$47,6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{11}$
Ikki marta qayta kristallash usulida toblash		

Izotermik tutib turish 280 °C	$\tau = 1 \text{ m}$	$47,6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{11}$
	$\tau = 3 \text{ m}$	$47,6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{11}$
	$\tau = 5 \text{ m}$	$53,4 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{11}$
Izotermik tutib turish 350 °C	$\tau = 1 \text{ m}$	$48,7 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{11}$
	$\tau = 3 \text{ m}$	$48,7 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{11}$
	$\tau = 5 \text{ m}$	$48,7 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{11}$

Rejim (11.14-rasm) bo'yicha ishlov berilgandan so'ng mikrostruktura (11.15-rasm) da jiddiy o'zgarishlar ro'y beradi. Termik ishlovdan keyin tezkesar po'lat strukturasida mayda donali karbidlar bilan birgalikda bo'shatilgan martensit va konstruksion po'latda bo'shatilgan sorbit strukturasida hosil bo'ladi. Kompozitsiya o'tish qatlami karbid qo'shimchalari bilan birgalikda austenit-martensit strukturasidan iborat.

Mikrostrukturada ro'y bergan o'zgarishlar kompozitsiyaning ko'ndalang kesimi bo'yicha mikroqattqlik (11.16-rasm) ning taqsimlanishida yaqqol ko'rinib turibdi. Keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, mikroqattqlik 200 HV dan 600 HV gacha oshdi.

Kompozitsiyaning birikish mustahkamligi sezilarli darajada oshadi (11.17-rasm) va u kompozitsiyani tashkil etuvchi konstruksion po'lat mustahkamligi bilan bir xil kattalikka ega bo'ladi.



a) x600 kattalashtirilgan
b) x600 kattalashtirilgan
d) x600 kattalashtirilgan

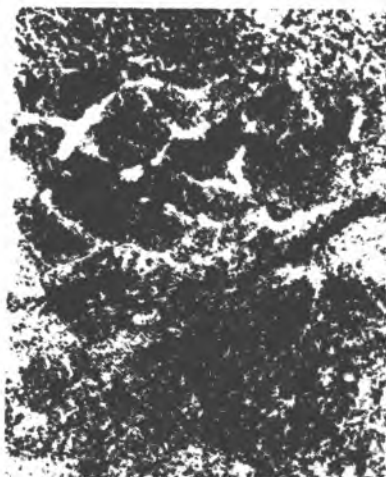
11.15-rasm. Tezkesar po'lat P6M5 mikrostrukturasida:

a) standart rejim; b) 280°C haroratda 5 daqiqa davomida izotermik ushlab.

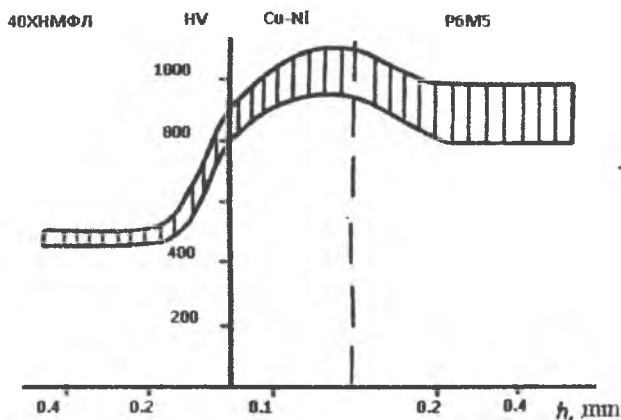
Tezkesar po‘lat P6M5 termik ishlengandan keyingi rentgen struktura tahlili

11.2-jadval

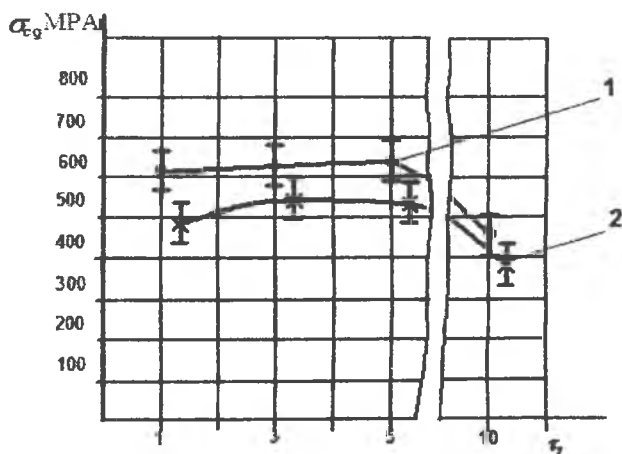
t.r.	Termik ishlash rejimlari		Rentgen chiziqlari nisbiy intensivligi					
			Faza tarkibi. v %					
			$\alpha - Fe$	$\gamma - Fe$	M_6C	MC	$M_{23}C_6$	M_6C_7
1.	Bo‘shatish		67,5	-	17	1,5	9	5
2.	Standart toblash		70	6	16	8	-	-
3.	Ikki marta qayta kristallash							
3.1	Izotermik tutib turish 280°C	$\tau = 1$ m	78	6	10	6	-	-
		$\tau = 3$ m	81,2	6,5	8,1	4,2	-	-
		$\tau = 5$ m	77	7,5	9,3	6,2	-	-
3.2	Izotermik tutib turish 380°C	$\tau = 1$ m	76,9	6,5	13,3	3,3	-	-
		$\tau = 3$ m	78,2	7	11,4	3,4	-	-
		$\tau = 5$ m	74,2	7,5	12,2	6,1	-	-



11.16-rasm. Tezkesar po‘lat P6M5-po‘lat 40XNMF kompozitsiyasini termik
ishlov berilgandan keyingi mikrostrukturasi, x150 kattalashtirilgan.



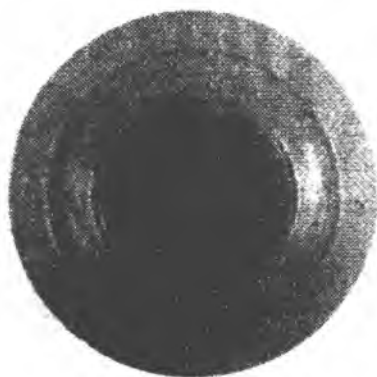
11.17-rasm. Tezkesar po'lat P6M5-po'lat 40XHMΦ kompozitsiyasining ko'ndalang kesimi bo'yicha mikroqattiqligi taqsimlanishi.



11.18-rasm. Tezkesar po'lat P6M5-po'lat 40XHMΦ kompozitsiyasini termik ishlash rejimlariga bog'liq birikish mustahkamligi:

- 1- izotermik tutish harorati 280°C;
- 2- izotermik tutish harorati 350°C.

Qattiq qotishma BK6 – po‘lat40XHMT kompozitsiyasini termik ishlash. Yuqorida aytilgandek, o‘ta qattiq materiallar olishda ishlatiladigan matritsalar ikki varianda ishchi qism sifatida BK6 qattiq qotishmasi (11.19-rasm) ishlatildi.



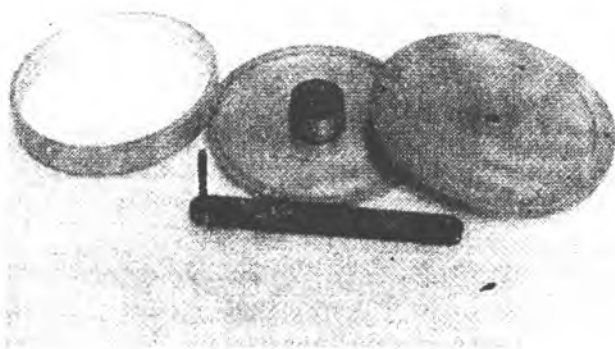
11.19-rasm. *BK6 markali qattiq qotishmali matritsa ishchi qismi.*

Ishchi qism elementlarida siquvchi kuchanish hosil qilish maqsadida belbog‘ sifatida po‘lat tana ishlatiladi. Qattiq qotishmali matritsa diametri (11.20-rasm) 150 mm. Qattiq qotishmadan tayyorlangan qo‘yilma BK6 laboratoriya sharoitida atseton va kaustik soda bilan tozalanadi, ishlab chiqarish sharoitida ultratovushli vannada 8-10 daqiqa davomida ushlab turildi. Keyin 8-10 daqiqa davomida emulgator qo‘shilgan holatda 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.

Press-qolip aluminiy qotishmasidan tayyorlandi (11.21-rasm). Press-qolip shakli va o‘lchamli bo‘lajak quyma mos ravishda ishlandi. Press-qolipni loyihalashda quyma kristallanishi va 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.



11.20-rasm. *Qattiq qotishmaBK6-po 'lat40XHMLI kompozitsiyasi, matritsa diametri 150 mm.*

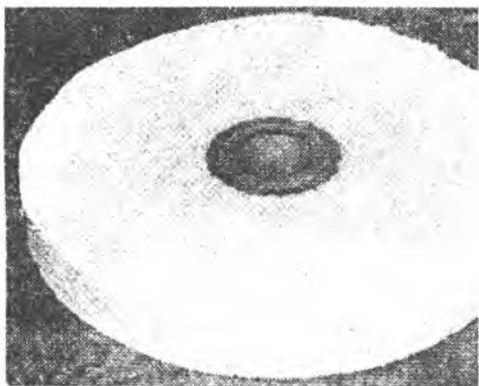


11.21-rasm. *Penomodel uchun press-qolip.*

Quyma modeli (11.22-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-bo'yoq bilan qoplandi. Model issiq havo ($30...40^{\circ}\text{C}$)

oqimida 1 soat davomida qurildi. Tayyor modellar kollektorga biriktirilib, stoyakga yig'ildi. Stoyakka yig'ilgan modellar quymakorlik qolipga o'rnatilib, kvars qumi bilan to'ldirildi va titrash ta'sirida jipslandi.



11.22-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 ICT-0,16 induksion pechda amalga oshirildi. Qolipdan quymalar to'liq sovigandan keyin ajratib olindi. Quymalarni tozalash drobli kamerada amalga oshirildi. Mexanik ishlov orqali matritsalar talab etilgan o'lcham va yuza tozaligiga keltirildi. Tayyor asbob termik ishlangandan keyin jilvirlash dastgohlarida oxirgi ishlov berildi.

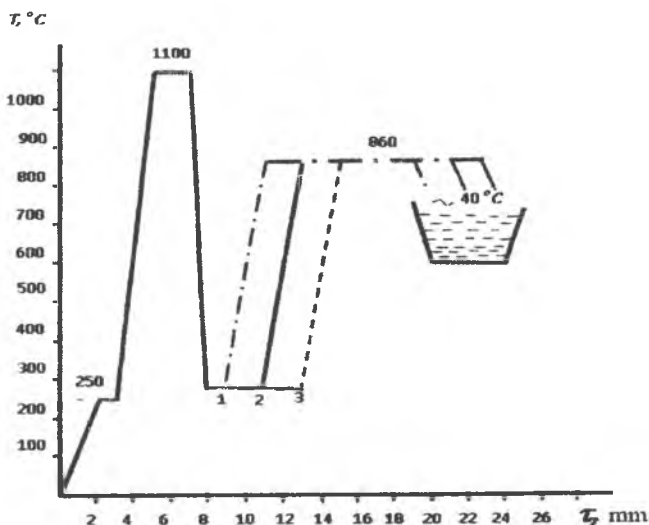
Qattiq qotishmali asboblarni termik ishlov berish orqali mustahkamligini oshirish va ishlash muddatlarini uzaytirish perspektiv texnologiya hisoblanadi.

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 qotish-

madan tayyorlangan asbobning strukturasida o'zgarishlar ro'y berishi natijasida xossalarning o'zgarishiga sabab bo'ladi.

Kompozitsiyalarni termik ishlov rejimlarini ishlab chiqishda bimetall asboblarni ish turg'unligini oshirish maqsadida ularni tashkil etuvchilarni alohida termik ishlash natijasida paydo bo'ladigan ijobiy o'zgarishlarni hisobga olgan holda amalga oshirildi. Shu maqsadda kompozitsiyaning ishchi qismida siquvchi ichki kuchlanishlarni paydo etish muhim hisoblanadi. Qattiq qotishmali bimetall kompozitsiyani termik ishlash rejimlari 11.23-rasmda keltirilgan.

Taklif etilayotgan termik ishlash rejimlariga muvofiq matritsa 3 daqiqa davomida 250°C qizdiriladi, so'ngra 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. Bo'shatish 1 soat davomida 220 °C amalga oshiriladi. Matritsani bunday termik ishlov berish uning ish turg'unligini sezilarli darajada oshirishga olib keladi.



11.23-rasm. Qattiq qotishmaBK6-po'lat40XHM 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.

Kompozitsiya ishchi qismida paydo bo'ladigan siquvchi ichki kuchlanishlar miqdorini tahlil etish uchun termik ishlash rejimlari 12.23-rasmga muvofiq amalga oshirildi. Izotermik tutib turish harorati 40XHM po'lati uchun martensit va beynit faza o'zgarishlari ro'y beradigan chegarada olib borildi.

Qattiq qotishma BK6-po'lat40XHMJI kompozitsiyasini termik ishlangandan keyingi mikrostrukturasi va xossalari. Kompozitsiyani ko'ndalang kesimi bo'yicha rentgen faza tahlili (11.3-jadval) Cu-Ni asosidagi qotishmaning qattiq qotishma bilan aktiv ta'sirda bo'lishini ko'rsatdi.

Qattiq qotishma BK8-po'lat 40XHM kompoziti tahlili

11.3-jadval

Kompozitni tashkil etuvchilari rentgensotrukturaviy faza tahlili	Kompozit tashkil etuvchilari chegaralari, mm *	Rentgen nurlari nisbiy intensivligi					
		Faza tarkibi, %					
		α - Fe	γ -Fe	M ₆ C	Co	M ₃ C	WC
Qattiq qotishma BK6	0,2	-	-	-	6,0	-	94
	0,1	-	-	-	7,8	-	92
O'tish qatlami Cu-Ni	0,1	-	40	3,6	4,5	-	51,9
	0,2	47,1	37	3,1	3	-	9,8
	0,3	79,5	18	1,6	-	0,9	-
Po'lat40XHMJI	0,1	95,2	3,5	-	-	1,3	-
	0,2	98,7	-	-	-	1,3	-

*O'tish qismi chegaralari metallografik tahlil orqali aniqlandi.

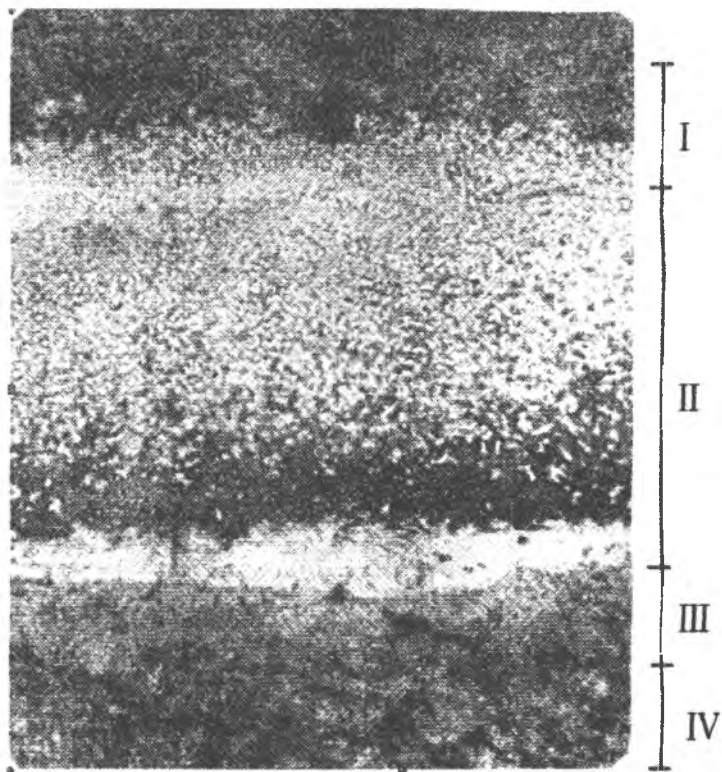
Kompozit mikrostrukturasi quyidagi xarakterli qismlardan iborat (11.24-rasm):

1-qism-qattiq qotishma tomonidan kimyoviy reaktivlar yuqori ta'sirlanuvchanligi va karbid fazalari o'zaro masofalari uzunligi bilan xarakterlanadi;

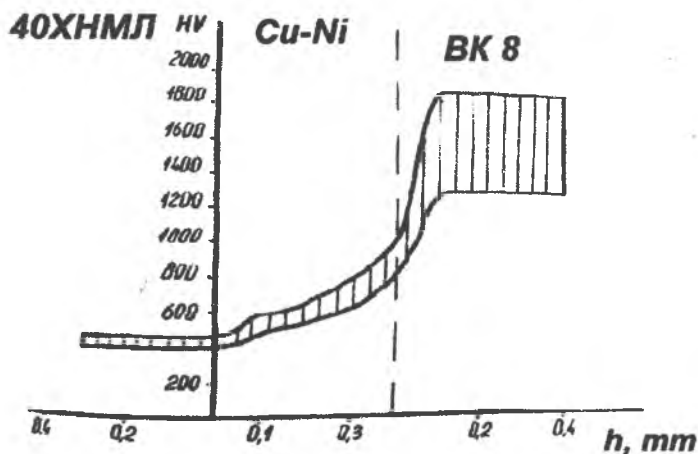
2-qism–birikish qismi materiali asosida tashkil topgan bo‘lib, qobiq va ixtiyoriy shaklga ega austenit-karbid fazalaridan iborat. Birikish qismi qalinligi 0,15-2,0 mm;

3-qism – qalinligi 0,05 mmgacha bo‘lgan qobiq;

4-qism–penopolistirol gazlangani hisobiga hosil bo‘lgan uglerodga to‘yingan perlit-sementit strukturali qatlam evtetoid-gacha bo‘lgan po‘latlar strukturasiga xos ferrit-perlit strukturasiga asta-sekin o‘tib boradi.



11.24-rasm. *Qattiq qotishma BK6-po‘lat 40XHM kompozit mikrostrukturali:*
1-migratsiya qatlami; 2-o‘tish qismi materialidan iborat qatlam; 3-qobiq;
4-uglerodga to‘yingan qatlam, x150 kattalashtirilgan.



11.25-rasm. Qattiq qotishma BK6-po'lat 40XHM kompoziti ko'ndalang kesimi bo'yicha mikroqattqlik taqsimlanishi.

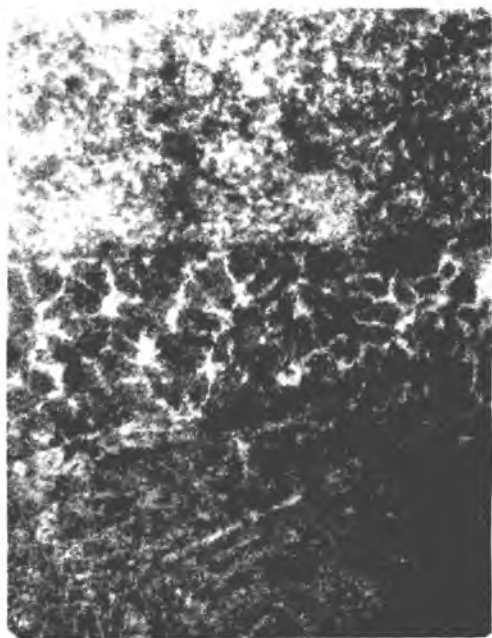
Mikroqattqlikni o'lchash kompozitning qattiq qotishma bilan chegara qismlarida qattiq qotishma mikroqattqligiga nisbatan birmuncha pasayganligi (1600-1800 HB dan 600-1000 HB gacha) ko'rsatdi. O'tish qatlamida qattiq keskin pasayganligi 400 HB va qobiq qismida 300-400 HB gacha pasayganligi va konstruksion po'lat qattqligiga tenglashganligi ko'rinib turibdi 200-240 HB (11.25-rasm).

Molibden asosidagi Mo-TiC-po'lat 40X kompozitsiyasini termik ishlash rejimlari. Molibden asosidagi Mo-TiC-po'lat 40X kompozitsiyasini termik ishlashda molibden asosidagi qotishma strukturasida termik ishlov natijasida faza o'zgarishlari sodir bo'lmaydi. Shu sababli, bu kompozitsiyani termik ishlash rejimlarini ishlab chiqishdan asosiy maqsad kompozitsiyaning tana qismi mustahkamligini oshirish hamda ishchi qismda matritsa turg'unligiga ijobiy ta'sir etadigan siquvchi qoldiq kuchlanishlarni paydo etish masalasini hal etish lozim bo'ldi. Shu maqsadda molibden asosidagi Mo-TiC-po'lat 40X kompozitsiyasini termik ishlov berishning quyidagi rejimlari taklif etildi: shtamp 860°C haroratga 3 daqiqa

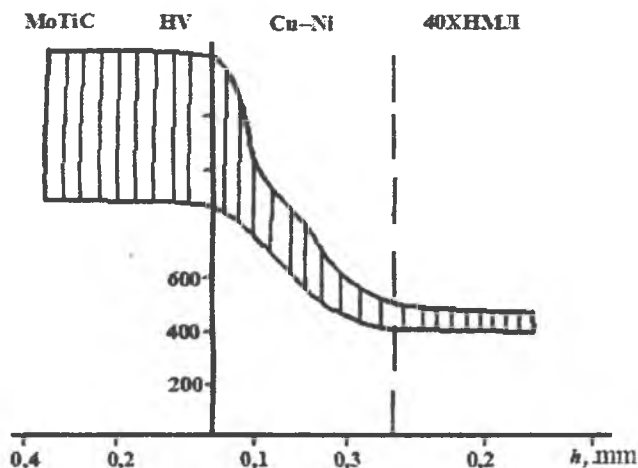
qizdirildi va moyda toblandi. Matritsa 220°C haroratda 1 soat bo'shatildi.

Molibden asosidagi Mo-TiC-po'lat 40X 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 (11.26-rasm).

Kompozitga termik ishlov berilgandan keyin tana qismi mikrostrukturasi bo'shatilgan martensit paydo bo'ladi (11.26-rasm). Kompozitsiya o'tish qismi austenit-karbid qo'shimchalari bilan perlit strukturasi hosil bo'ladi. Bular hammasi kompozitsiyaning ko'ndalang kesimi bo'yicha mikroqattiqligining taqsimlanish garfigida yaqqol ko'rinib turibdi (11.27-rasm).



11.26-rasm. Molibden asosidagi qotishma Mo-TiC-po'lat stal 40X kompozitsiyasi termik ishlov berilgandan keyingi mikrostrukturasi. O'tish qatlami materiali Cu-Ni asosidagi sim. X100 kattalashtirilgan.



11.27-rasm. Molibden asosidagi Mo-TiC-po'lat 40X kompozitsiyasi termik ishlangan keyingi ko'ndalang kesimi bo'yicha mikroqattqlikning taqsimlanishi.

Keltirilgan raqamlardan ma'lum bo'ladiki, molibden qotish-masining mikroqattqliqi o'zgarmaydi. Mikroqattqlik kompozitsiyaning konstruksion po'lat tomonidan 0,1 mm chuqurlikgacha mikroqattqlik 230-700 HB dan 530-800 HB gacha, konstruksion po'lat mikroqattqliqi 180-220 HB dan 420-500 HB gacha oshadi.

Kompozitsiya birikish mustahkamligi va quyilmaning paydo bo'lgan qoldiq ichki kuchlanishlar miqdoriga ta'siri maxsus namunalarda o'rganildi (11.28, 11.29-rasmlar).

Quyina 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 11.4-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 Mo-TiC-po'lat 40X 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 ishlab chiqarish usuli hamda matritsaga termik ishlov berilganga qadar va termik ishlov berilgandan keyin aniqlandi.

Quyilmada hosil bo'lgan qoldiq ichki kuchlanishlar miqdori 11.4-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.

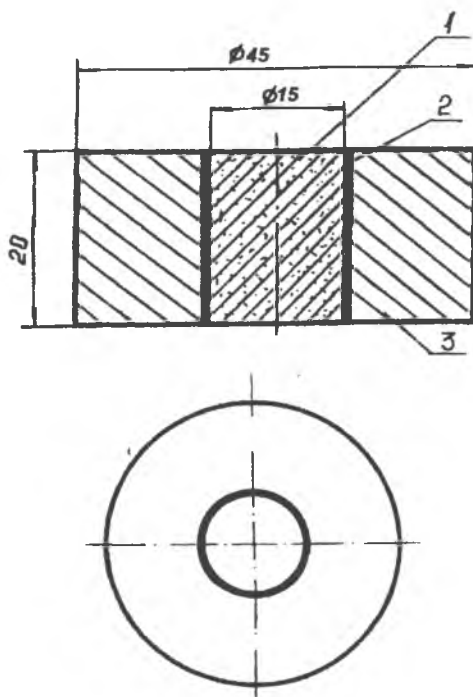
Quyma bimetall kompozitsiya quyilmasida hosil bo'ladigan ichki kuchlanishlar uning tashkil etuvchi molibden qotishmasi va po'lat orasidagi issiqlikdan kengayish orasidagi farq hisobiga yuzaga keladi. Molibden qotishmasi va po'lat orasidagi issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti 3 martaga farq qiladi (11.4-jadval).

Termik ishlashdan oldingi va keyingi hamda ishlab chiqarish usuliga bog'liq ravishda matritsa ishchi qismidagi qoldiq kuchlanishlar miqdori va statik mustahkamligini aniqlash bo'yicha olingan tadqiqot natijalari

11.4-jadval

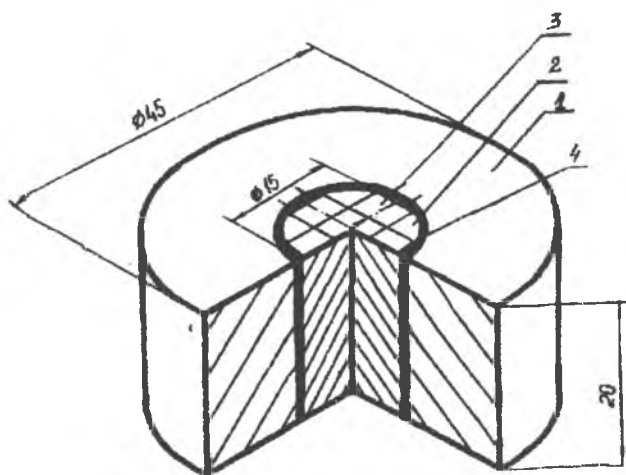
Shtamp turi	Ishlab chiqarish usuli	Termik ishlov rejimlari	Mustahkamlik σ_{st} , MPa	Qoldiq ichki kuchlanish, MPa	Eslatma
O'ta qattiq materiallarni (O'QM) olishda ishlatiladigan matritsa	Presslash usulida	Termik ishlov-siz	100 – 120	80 - 100	N – tanlov soni n=6, ma'noga egalik qiymati

O'QM olishda ishlatiladigan matritsa	Press-lash usulida	Standart. Termik ishlov	160 – 180	110 – 120	$\alpha = 0,05$ teng bo'lganda matematik kutilish o'rta kvadratik qiymati
O'QM olishda ishlatiladigan matritsa	Quyma	Termik ishlov-siz	200 – 240	180–240	
O'QM olishda ishlatiladigan matritsa	Quyma	Standart. Termik ishlov	260 – 280	450 – 500	



11.28-rasm. Namuna shakli va o'lchamlari:
1-quyilma; 2-o'tish qatlami; 3-quyma tana.

40X po'latni standart termik ishlov natijasida quyilmadagi qoldiq ichki kuchlanishlar miqdori 2 martaga oshadi. Buni birin-chidan materiallar orasidagi issiqlikdan kengayish koeffitsiyentlari orasidagi farq bo'lsa, ikkinchidan toblash natijasida po'lat tanada sodir bo'ladigan faza o'zgarishlar, strukturada martensit fazasining paydo bo'lishi bilan tushuntiriladi.



11.29-rasm. *Kompozitsiyada qoldiq ichki kuchlanishlarni aniqlash va tenzodatchiklarni yopishtirish chizmasi:*

1-quyma tana; 2-quyilma; 3-tenzodatchik ПДВ – 10/100,
4-o'tish qatlami.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. Ўзбекистон Республикаси Президентининг лавозимида киришиш тантанали маросимида бағишланган Олий Мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқи. –Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016. – 56 б.

2. Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш – юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. Ўзбекистон Республикаси Конституцияси қабул қилинганининг 24 йиллигига бағишланган тантанали маросимдаги маъруза 2016 йил 7 декабрь. – Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016. – 48 б.

3. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажагимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. – Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2017. – 488 б.

4. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида. – Т.: 2017 йил 7 февраль, ПФ-4947-сонли Фармони.

5. Nurmurodov S.D., Rasulov A.X., Baxadirov K.G. Materialshunoslik va konstruksion materiallar texnologiyasi. –Т.: Fan va texnologiya, 2015. -240 б.

6. Nurmurodov S.D., Rasulov A.X., Baxadirov K.G. Konstruksion materiallar texnologiyasi. –Т.: Fan va texnologiya, 2015. 272 bet.

7. Мирбобоев В.А. Металлар технологияси. Дарслик. –Т.: Ўқитувчи, 2004.

8. Норкулов А. Нурмуродов С. Технология металлов. Учебное пособие. –Ташкент: Молия ва иқтисод, 2010.

9. A.Norqulov, S.D.Nurmurodov, X.I.Turkmenov. Metallar texnologiyasi. nashr, to'ldirilgan va qayta ishlangan, kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. –Toshkent: “VNESHINVESTPROM”, 2013. –188 б.

10. Нурмуродов С.Д., Норкулов А.А. Теплофизические основых структурообразования в литых биметаллических композициях. Монография. –Ташкент: «Фан ва технология», 2010. 160с.

11. Носир И. Материалшунослик. Дарслик. -- Т.: “Ўзбекистон”, 2002.
12. Норхуджаев Ф.Р. Материалшунослик. Дарслик. – Т.: «Fan va texnologiya», 2014.
13. Умаров Э.О. Материалшунослик. Дарслик. – Т.: “Чўлпон”, 2014.
14. Адаскин А.М. Материаловедение. Учебник. –М.: “Машиностроение” 2006.
15. Колесов С.Н., Колесов И.С. Материаловедение и технология металлов. – М.: “Машиностроение”, 2004.
16. Арзамасов Б.Н. Материаловедение. Учебник для ВУЗов. – М.: “Машиностроение”, 2004.
17. Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014
18. T.Fischer., Materials Science for Engineering Students, 1st Edition Elsevier UK, 2008.
19. Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010.

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
I-BOB. METALLARNING ICHKI ATOM KRISTALL TUZILISHI, KRISTALL PANJARANING TURLARI VA XOSSALARI	
1.1. Metallarning kristall tuzilishi.....	13
1.2. Nuqtaviy nuqsonlar.....	15
1.3. Dislokatsiya.....	18
1.4. Ichki ajralish sirlari.....	27
1.5. Diffuziya.....	30
II-BOB. METALL VA QOTISHMALARNING XOSSALARI	
2.1. Metall va qotishmalarning asosiy xossalari.....	34
2.2. Plastik va elastik deformatsiya. Naklyop.....	44
III-BOB. TEMIR VA UNING QOTISHMALARI. QOTISHMALARNING HOLAT DIAGRAMMASI	
3.1. Qotishmalar. Qotishmalarning holat diagrammasi.....	47
3.2. Uglerodli po‘latlar. Cho‘yanlar.....	53
3.2.1. Legirlangan po‘latlar.....	60
3.2.2. Cho‘yanlar.....	63
IV-BOB. DEFORMATSIYALANGAN METALL STRUKTURASI VA XOSSALARIGA ISSIQLIKNING TA’SIRI	
4.1. Qaytish va poligonlanish.....	69
4.2. Rekristallanish.....	72
4.3. Sovuqlayin va issiqalayin deformatsiya.....	82
V-BOB. PO‘LATLARGA TERMİK ISHLOV BERISH NAZARIYASI	
5.1. Po‘latlardagi kritik nuqtalar.....	84
5.2. Qizdirishda fazaviy o‘zgarishlar (perlitning austenitga o‘zgarishi).....	85
5.3. Austenitning ferrit – sementit aralashmasiga o‘zgarishi.....	89
5.4. Po‘latlarda martensitning hosil bo‘lishi.....	94
VI-BOB. PO‘LATLARGA TERMİK ISHLOV BERISH USULLARI	
6.1. I turdagi yumshatish.....	112
6.2. II tur yumshatish.....	118
6.3. Po‘latlarni toblash.....	119
6.4. Po‘latlarni bo‘shatish.....	121
6.5. Termomexanik ishlov berish. Po‘latlarni kimyoviy-termik ishlov berish..	121
6.5.1. Kimyoviy-termik ishlov berishda diffuzion qatlamlarning shakllanishi.	126

6.5.2. Sementitlash.....	129
6.5.3. Azotlash.....	145
6.5.4. Nitrotsementatsiyalash.....	154
6.5.5. Sianlash.....	156
6.5.6. Aluminiylash.....	158

VII-BOB. DIFFUZION JARAYONLARNING UMUMIY QONUNIYATLARI

7.1. Diffuziya mexanizmi.....	161
7.2. Diffuziyaning matematik talqini.....	163
7.3. Diffuziya jarayoniga ta'sir etuvchi omillar.....	168
7.4. Diffuzion qatlamlar strukturalari.....	171

VIII-BOB. QATTIQ QOTISHMALAR. MINERALOKERAMIK VA METALLOKERAMIK MATERIALLAR

8.1. Qattiq qotishmlar.....	175
8.2. Mineralokeramik materiallar.....	178
8.3. Metallokeramik qattiq qotishmalar.....	179
8.4. Quyma qattiq qotishmalar.....	182

IX-BOB. RANGLI METALLAR VA ULARNING QOTISHMALARI

9.1. Mis va uning qotishmalari.....	184
9.2. Alyuminiy va uning qotishmalari.....	190
9.3. Magniy va uning qotishmalari.....	192
9.4. Titan va uning qotishmalari.....	194
9.5. Nikel va uning qotishmalari.....	195

X-BOB. EKSTREMAL SHAROITDA ISHLOVCHI ASBOBLAR UCHUN METALL ASOSLI KOMPOZITLARNI ISHLAB CHIQRISH TADQIQOTLARI HOLATI

10.1. Metall kompozitlar olishning usullari.....	196
10.2. Kompozitsion materiallarning sinflanishi.....	197

XI-BOB. KUKUN MATERIALLARDAN BUYUM YASASH TEXNOLOGIYASI

11.1. Kukun metallurgiyasi haqida ma'lumotlar.....	202
11.2. Nanotexnologiya va nanokompozitlar.....	207
11.3. Quyma bimetall kompozitsiyalarni termik ishlash.....	215
Foydalanilgan adabiyotlar	242

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА I. АТОМНО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕТАЛЛОВ, СВОЙСТВА И ВИДЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЁТОК	
1.1. Кристаллическое строение металлов.....	13
1.2. Точечные дефекты.....	15
1.3. Дислокация.....	18
1.4. Внутренние поверхности разделения.....	27
1.5. Диффузия.....	30
ГЛАВА II. СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ	
2.1. Основные свойства металлов и сплавов.....	34
2.2. Пластическая и эластическая деформация. Наклёп	44
ГЛАВА III. ЖЕЛЕЗО И ЕГО СПЛАВЫ. ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ	
3.1. Сплавы. Диаграмма состояния сплавов.....	47
3.2. Углеродистые стали. Чугуны.....	53
3.2.1. Легированные стали.....	60
3.2.2. Чугуны.....	63
ГЛАВА IV. ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОТЫ НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ ДЕФОРМИРУЕМОГО МЕТАЛЛА	
4.1. Возврат и полигонизация.....	69
4.2. Рекристаллизация.....	72
4.3. Холодная и горячая деформация.....	82
ГЛАВА V. ТЕОРИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЕЙ	
5.1. Критические точки сталей.....	84
5.2. Фазовые превращения при нагреве (превращения перлита на аустенит).....	85
5.3. Превращения аустенита на феррит – цементитовую смесь.....	89
5.4. Образования мартенсита у сталей.....	94
ГЛАВА VI. ВИДЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЕЙ	
6.1. Отжиг I рода.....	112
6.2. Отжиг II рода.....	118
6.3. Закалка сталей.....	119
6.4. Отпуск сталей.....	121
6.5. Термомеханическая обработка. Химико-термическая обработка сталей.....	121
6.5.1. Образования диффузионного слоя при химико-термической обработке.....	126

6.5.2. Цементация.....	129
6.5.3. Азотирование.....	145
6.5.4. Нитроцементация.....	154
6.5.5. Цианирование.....	156
6.5.6. Покритие алюминием.....	158
ГЛАВА VII. ОБЩИЕ ЗАКОНЫ ДИФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ	
7.1. Механизм диффузии.....	161
7.2. Математическое выражение диффузии.....	163
7.3. Факторы влияющие на процессы диффузии.....	168
7.4. Структуры диффузионных слоев.....	171
ГЛАВА VIII. ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ. МИНЕРАЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ И МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	
8.1. Твердые сплавы.....	175
8.2. Минералокерамические материалы.....	178
8.3. Металлокерамические твердые сплавы.....	179
8.4. Литые твердые сплавы.....	182
ГЛАВА IX. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И ЕГО СПЛАВЫ	
9.1. Медь и ее сплавы.....	184
9.2. Алюминий и его сплавы.....	190
9.3. Магний и его сплавы.....	192
9.4. Титан и его сплавы.....	194
9.5. Никель и его сплавы.....	195
ГЛАВА X. СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ИНСТРУМЕНТОВ РАБОТАЮЩИХ В ЭКСТРИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ	
10.1. Способы получения металлических композитов.....	196
10.2. Классификация композиционных материалов.....	197
ГЛАВА XI. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	
11.1. Сведения о порошковой металлургии.....	202
11.2. Нанотехнология и нанокompозиты.....	207
11.3. Термическая обработка литых биметаллических композитов.....	215
Список литературы.....	242

CONTENT

INTRODUCTION	3
CHAPTER I. ATOMIC-CRYSTALLINE STRUCTURE OF METALS, PROPERTIES AND TYPES OF CRYSTALLINE GRIDS	
1.1. Crystalline structure of metals	13
1.2. Point defects	15
1.3. Dislocation	18
1.4. Internal separation surfaces	27
1.5. Diffusion.....	30
CHAPTER II. PROPERTIES OF METALS AND ALLOYS	
2.1. The basic properties of metals and alloys	34
2.2. Plastic and elastic deformation. Wetting	44
CHAPTER III. IRON AND ITS ALLOYS. DIAGRAMS OF THE STATE OF ALLOYS	
3.1. Alloys. Diagram of the state of alloys	47
3.2. Carbon steels. Chuguny	53
3.2.1. Alloyed steels.	60
3.2.2. Cast iron	63
CHAPTER IV. INFLUENCE OF HEAT ON THE PROPERTIES AND STRUCTURE OF A DEFORMABLE METAL	
4.1. Return and polygonization.	69
4.2. Recrystallization	72
4.3. Cold and hot deformation	82
CHAPTER V. THEORY OF THERMAL PROCESSING OF STEELS	
5.1. Critical points of steels	84
5.2. Phase transformations during heating (transformation of perlite to austenite)	85
5.3. The transformation of austenite into a ferrite-cementite mixture	89
5.4. Formation of martensite in steels	94
CHAPTER VI. TYPES OF THERMAL PROCESSING OF STEEL	
6.1. Annealing of the first kind	112
6.2. Annealing of the 2nd kind	118
6.3. Hardening of steels	119
6.4. Release of steels	121
6.5. Thermomechanical treatment. Chemical-thermal treatment of steels	121
6.5.1. Formation of the diffusion layer during chemical-thermal treatment	126
6.5.2. Cementation	129

6.5.3. Nitriding	145
6.5.4. Nitrocarburization.....	154
6.5.5. Cyanidation	156
6.5.6. Aluminum coating	158
CHAPTER VII. GENERAL LAWS OF DIFFUSION PROCESSES	
7.1. Mechanism of diffusion	161
7.2. Mathematical Diffusion Vibration	163
7.3. Factors affecting the diffusion processes	168
7.4. Structures of diffusion layers	171
CHAPTER VIII. SOLID ALLOYS. MINERALCERAMIC AND METAL-CERAMIC MATERIALS	
8.1. Hard alloys	175
8.2. Mineral ceramic materials	178
8.3. Metal-ceramic hard alloys	179
8.4. Cast solid alloys	182
CHAPTER IX. COLORED METALS AND ITS ALLOYS	
9.1. Copper and its alloys	184
9.2. Aluminum and its alloys	190
9.3. Magnesium and its alloys	192
9.4. Titanium and its alloys	194
9.5. Nickel and its alloys	195
CHAPTER X. STATUS OF RESEARCH OF PRODUCTION OF COMPOSITES BASED ON METALS FOR INSTRUMENTS WORKING IN EXTREME CONDITIONS	
10.1. Methods for the production of metallic composites	196
10.2. Classification of composite materials	197
CHAPTER XI. TECHNOLOGY OF MANUFACTURE OF PRODUCTS FROM POWDER MATERIALS	
11.1. Information about powder metallurgy	202
11.2. Nanotechnology and nanocomposites	207
11.3. Thermal treatment of cast bimetallic composites	215
References.....	242

QAYDLAR UCHUN

[illegible]

**ZIYAMUHAMEDOVA U.A., NURMURODOV S.D.,
RASULOV A.X.**

METALLSHUNOSLIK

Toshkent – «Fan va texnologiya» – 2018

Muharrir:	M.Hayitova
Tex. muharrir:	A.Moydinov
Musavvir:	F.Tishabayev
Musahhih:	Sh.Mirqosimova
Kompyuterda sahifalovchi:	N.Rahmatullayeva

**E-mail: tipografiyacent@mail.ru Tel: 71-245-57-63, 71-245-61-61.
Nashr.lits. AI №149, 14.08.09. Bosishga ruxsat etildi 03.10.2018.
Bichimi 60x84 1/16. «Timez Uz» garniturası. Ofset bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog'i 15,25. Nashriyot bosma tabog'i 15,75.
Tiraji 100. Buyurtma № 469.**

**«Fan va texnologiyalar Markazining bosmaxonasi» da chop etildi.
100066, Toshkent sh., Olmazor ko'chasi, 171-uy.**