

24.27.8
N-79

F. R. NORXUDJAYEV

**TERMİK VA KIMYOVIY-TERMİK
ISHLOV BERISH NAZARIYASI
VA TEXNOLOGIYASI**

TOSHKENT

24 40
N-79

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

F.R. NORXUDJAYEV

**TERMIK VA KIMYOVIY-TERMIK
ISHLOV BERISH NAZARIYASI
VA TEXNOLOGIYASI**

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi tomonidan
darslik sifatida tavsiya etilgan*

TOSHKENT-2016

TerDU ARM

№

UO'K: 631.372+629.33 (07)

KBK 24ya7

N-79

N-79 F.R.Norxudjayeov. Termik va kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi va texnologiyasi. (Darslik). –T.: «Fan va texnologiya», 2016, 192 bet.

ISBN 978-9943-11-379-4

Darslik texnika oliy o'quv yurtlari, asosan «Materialshunoslik va yangi materiallar texnologiyasi» va boshqa texnika sohalari yo'nalishlarda tahsil olayotgan bakalavrlar uchun mo'ljallangan bo'lib, undan magistrilar ham foydalanishlari mumkin. Darslikda metall va qotishmalarga, jumladan, po'lat, cho'yan, rangli metallar va uning qotishmalariga termik va kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi va texnologiyasi bilan bog'liq bo'lgan masalalar keng yoritilgan. Shuningdek, metall va qotishmalarni yumshatish, normallashtirish, toblash, bo'shatish, eskirtirish, termomexanik va kimyoviy-termik ishlov berish jarayonlarida, ularning strukturasi va xossalari o'zgarish qonuniyatlari o'rganilib, tahlil qilingan. Darslikda turli metall va qotishmalardan tayyorlangan zagotovka, detal va asbob hamda boshqa obyektlarga termik va kimyoviy-termik ishlov berish texnologiyalari yaxshi yoritilgan.

UO'K: 631.372+629.33 (07)

KBK 24ya7

Taqrizchilar:

A.A.Muxamedov – texnika fanlar nomzodi, dotsent;

N.S.Salidjanova – texnika fanlar doktori.

ISBN 978-9943-11-379-4

© «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2016.

KIRISH

Texnik progressni tezlashtirish, ishlab chiqarish jarayonlarini mexanizatsiyalashtirish va avtomatlashtirishda mashinasozlik sanoati nihoyatda katta rol o'ynaydi. Mashinasozlik – mamlakat xalq xo'jaligining muhim zvenosi va og'ir sanoatning o'zagi hisoblanadi.

Mamlakatimizda ishlab chiqarishni uzluksiz o'sishi mashinalarning sifati, ishonchliligi va uzoqqa chidamliligini oshirishni talab etadi. Mashinalarning sifati, ishonchliligi va uzoqqa chidamliligini oshirishda metall va qotishmalarning samarali va iqtisodiy puxtalash usullari hisoblangan termik va kimyoviy-termik ishlov berish usullari nihoyatda katta ahamiyat kasb etadi.

Termik ishlov berish metall va qotishmalarning issiqlik bilan ishlov berish jarayoni bo'lib, unda ularning strukturasi, o'z navbatida xossasining o'zgarishi kuzatiladi. Termik ishlov berish jarayoni metall va qotishmalarni ma'lum bir temperaturagacha qizdirish, ushbu qizdirilgan temperaturada ushlab turish hamda berilgan tezlikda sovutishdan iborat.

Termik ishlov berish metall va qotishmalarning texnologik xossasini (shtamplanuvchanligi, kesib ishlov beruvchanligi va boshqalarni) yaxshilash maqsadida oraliq operatsiya sifatida hamda metall va qotishmalarga kompleks mexanik, fizik va kimyoviy xossalarini berishda oxirgi operatsiya sifatida qo'llaniladi. Termik ishlov berish metallshunoslikning tarkibiy qismi hisoblanadi.

Metallshunoslik esa metall va qotishmalarning tarkibi, strukturasi va xossalari orasidagi o'zaro bog'liqlikni o'rganadigan fan hisoblanadi.

Buyuk rus olimi, metallurgi P.P. Anosov 1831-yilda birinchi bo'lib, metallarning ichki tuzilishini tadqiq qilishda mikroskopni qo'lladi va natijada u po'latning xossasi faqat kimyoviy tarkibiga bog'liq bo'lmasdan, balki uning strukturasi ham bog'liqligini isbotladi. P.P. Anosov birinchi bo'lib, po'latni uglerodlashning progressiv usullaridan biri hisoblangan gaz yordamida sementatsiyalashni qo'lladi.

1869-yil rus metallurgi – olimi D.K. Chernov birinchi bo'lib, termik ishlov berish jarayonlarining ilmiy mohiyatini yaratdi. U po'latning xossasi ichki tuzilish bilan aniqlanishini va har bir metall (qotishma) kritik temperaturaga (kritik nuqtaga) ega bo'lib, bu temperaturadan

(nuqtadan) o'tganda ularning tuzilishi va xossasi sakrab o'zgarishini isbotladi.

D.K.Chernov tomonidan kritik temperaturalarni ilmiy asoslanishi va D.I.Mendeleev tomonidan 1869-yil elementlarning davriy sistemasini ochilishi metallar haqida fanni va termik ishlov berish usullarini rivojlanishida mustahkam fundament vazifasini bajardi.

Metall va qotishmalarga termik va kimyoviy-termik ishlov berish fanining rivojlanishida va puxtalashni progressiv texnologik jarayonlariga ishlab chiqishda N.S.Kurnakov, A.A.Baykov, N.T.Gudtsov, S.S.Shteynberg, A.A.Bochvar, N.A.Minkevich, G.V.Kurdyumov, V.P. Vologdin va boshqa olimlar katta xissa qo'shganlar.

Oxirigi-yillarda termomexanik ishlov berish, ionli azotlash, impulslı toblash, yuqori chastotalı tok yordamida toblash va boshqa termik va kimyoviy-termik ishlov berish texnologiyalari ishlab chiqildi.

Termik va kimyoviy-termik ishlov berish sohasidagi erishilgan yutuqlar jarayonlarni kompleks mexanizatsiyalashtirish va avtomatlashtirishni keng ko'lamda qo'llash, mehnat unumdorligini uzluksiz oshishi va chiqarilayotgan buyumlarning yuqori sifatini ta'minlaydigan yangi jihoz va priborlarni yaratish bilan xarakterlanadi.

Hozirgi vaqtda «Termik va kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi va texnologiyasi» fanini rivojlanishida respublikamizdagi yirik ishlab chiqarish korxonalarida hamda Toshkent davlat texnika universitetida ko'pgina ilmiy-tadqiqot ishlari bajarilmoqda. Toshkent davlat texnika universitetida ushbu sohada bakalavr, magistr va doktorantlar tayyorlanmoqda. Ayniqsa, hozirgi vaqtda termik va kimyoviy-termik ishlov berishning zamonaviy texnologiyalarini respublikamizning mashinasozlik, avtomobil sanoati, metallurgiya, neft-gaz va korxonalariga qo'llash va u yerdagi muammolarni hal etish o'ta dolzarb hisoblanadi.

I BOB. «TERMİK VA KIMYOVIY-TERMİK ISHLOV BERISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIYASI» FANI TO'G'RSIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

1.1. «Termik va kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi va texnologiyasi» fani to'g'risida umumiy ma'lumotlar

«Termik va kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi va texnologiyasi» fani metallshunos va termistlar tayyorlashda markaziy o'quv fanlaridan biri hisoblanadi.

Termik ishlov berish deb metall va qotishmalardan tayyorlangan buyumlarga, ularning strukturasi va xossasini berilgan yo'nalishda o'zgartirish maqsadida issiqlik bilan ta'sir etish yo'li orqali ishlov berish jarayoniga aytiladi.

Termik ishlov berish – metall va qotishmalarning xossasini o'zgartiruvchi keng tarqalgan zamonaviy texnik usullardan biri hisoblanadi. Metallurgiya va mashinasozlik korxonalarida termik ishlov berish zagotovka, yarim tayyor mahsulot va mashina detallari ishlab chiqarishni texnologik jarayonlarining muhim zvenolaridan biri hisoblanadi. Termik ishlov berish metall va qotishmalarga bir tomondan, texnologik xossalarni (bosim, kesish va boshqa usullar bilan ishlov beruvchanlikni) yaxshilash uchun oraliq operatsiya, ikkinchi tomondan, buyumlarni ekspluatatsion tavsifnomalarini talab darajasida ta'minlash uchun metall va qotishmalarni kompleks mexanik, fizik va kimyoviy xossalar berishga mo'ljallangan oxirgi operatsiyalardan biri hisoblanadi. Termik ishlov berish nazariyasi metallshunoslikning ma'lum bir qismi hisoblanadi. Metallshunoslikda eng asosiy vazifasi, bu metall va qotishmalarni tuzilishi va texnik muhim xossasi orasidagi o'zaro bog'liqlik qonuniyatlarini o'rganishdir. Qizdirish va sovutishda metall materialning strukturasi o'zgaradi, bu esa uning mexanik, fizik va kimyoviy xossalarni o'zgarishiga olib keladi.

Kimyoviy-termik ishlash – po'latning tarkibi, strukturasi va xossalarni o'zgartirish maqsadida uning sirtqi qatlamiga kimyoviy va termik ta'sir etish jarayonidir. Kimyoviy-termik ishlash natijasida po'lat sirtining qattiqligi, eyilishga chidamliligi, korroziyaga bardoshligi, kislotaga bardoshligi kabi xossalari oshadi. Po'latdan tayyorlangan

detallarning uzoq muddat ishlashini oshirish uchun ularni mustahkamlashning eng samarali usullaridan bo'lganligi sababli, kimyoviy-termik ishlash mashinasozlikda keng ko'lamda tarqalgan.

Termik va kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi va texnologiyasi fanini o'qitishdan maqsad – mashinasozlik materiallarga termik va kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi va texnologiyasi bo'yicha yo'nalish va mutaxassislikka mos bilim, ko'nikma va malakani talabalarda shakllantirishdir.

Fanning vazifasi – talabalarda mashinasozlik materiallarga termik va kimyoviy-termik ishlov berishda struktura va xossalarini shakllanish qonuniyatlari, termik va kimyoviy-termik ishlov berish texnologiyalari hamda respublikamiz ishlab chiqarish korxonalarida qo'llanilayotgan termik va kimyoviy-termik ishlov berish usullari bo'yicha jamlangan bilimlarni hosil qilishdir.

Zamonaviy termik, kimyoviy-termik ishlov berishning barcha turlari metall va qotishmalarning tuzilishi va xossasini o'zaro bog'lanlik asosiga tayanadi. Metallarning tuzilishi va xossasini o'zaro bog'liqlik qonuniyati XIX asrning boshlarida rus olimi, metallurgi P.P. Anosov (1797-1851) tomonidan ochilgan.

Insoniyat termik va kimyoviy-termik ishlov berishni qadimdan ishlatib kelgan. Arxeologik topilmalarni tahlili, qadimdan insonlar termik va kimyoviy-termik ishlov berishlarining dastlabki operatsiyalaridan foydalanganliklarini ko'rsatdi. Tosh asridan bronza asriga o'tish davrida birinchi metall buyumlar paydo bo'la boshladi. Bu buyumlar boshlanishida oltin va misdan keyin mis rudalaridan eritilib olingan bo'lsa, undan so'ng toshdan yasalgan bolg'a bolg'alash yo'li bilan olingan. Qadimgi insonlar metallarning puxtalanishi tufayli mayin kesuvchi va o'tkir yuzaga ega bo'lgan buyumlarni tayyorlashga qiynalganlar. Metall va qotishmalarning plastikligini oshirish uchun temirchi misdan sovuq holda bolg'alab olingan buyumni qizdirishni amalga oshirgan. Xuddi shunday, qayta kristallanuvchi yumshatish haqidagi dastlabki ishonchli ma'lumot, bizning eramizga qadar V ming-yillikning oxiriga to'g'ri keladi.

Toblash yumshatishga qaraganda ancha keyinroq paydo bo'lgan. Temirni metallurgiya usulida ishlab chiqarish bizning eramizga qadar II ming-yillikning oxirida boshlangan. Bunda temirni temir rudasidan nam holda puflash orqali olingan. Bunday temirdan tayyorlangan ishva ov qurollarida uglerod miqdorini kamligi tufayli, toblash yordamida puxtalash mumkin bo'lmagan. Dastlabki temirni qo'llanilishi davrda,

uni toblash bir vaqtning o'zida sementatsiyalash jarayoni bilan birga qo'shib, olib borilgan. Temirdan tayyorlangan zagotovka issiq holda bolg'alash uchun pista ko'mirli gomda qizdirilib, uglerodlangandan so'ng, uni suvda sovutish orqali temirchi mehnat qurollarini sifati oshganligini payqagan.

Temirni nam holda puflash usuli yordamida ishlab chiqarish, keyingi sementatsiyalash va toblashning kashf etilishi kishilik jamiyatining tarixining buyuk yutuqlaridan biri hisoblanadi.

Keyinchalik insoniyat tomonidan turli turdagi quyidagi texnologik operatsiya-larni qo'llanila boshlandi: suv yordamida toblash, havo oqimi yordamida toblash, qirquvchi qismni mahalliy toblash, past, o'rtacha va yuqori temperaturali bo'shatish, sementatsiyalash, qizdirishda po'latni uglerodsizlantirishdan himoya qilish, qayta kristallanuvchi yumshatish va boshqalar.

Qadimda termik va kimyoviy-termik ishlash texnologik operatsiya sifatida ishlatilgan bo'lsa, uning fan sifatida rivojlanishiga XIX asming o'rtalarida asos solingan. Bu vaqtgacha insonni termik ishlash haqida bilishi, ko'p asrlardagi mahorat va tajribalarga asoslangan.

XIX asrda texnikaning taraqqiyoti termik va kimyoviy-termik ishlov berishni sa'natdan fanga o'zgartirishni talab qildi.

1866-yilda Rossiyadagi Peterburgda joylashgan Obuxov po'lat quyish zavodini bolg'alash sexiga texnik lavozimiga Dmitriy Konstantinovich Chernov (1839-1921) taklif etildi. 1868-yilda D.K.Chernov rus texnik jamiyatida «Po'lat va po'latdan tayyorlangan qurollar nomli Lavrov va Kalakutskiy-larni maqolasiga tanqidiy sharx va shu predmet bo'yicha D.K.Chernovning shaxsiy tadqiqotlari» nomli dunyoga mashhur qilgan ma'ruzasini qildi. Bu ma'ruzada u, po'latdan yasalgan pokovkalaridagi nuqsonlarni aniqlashga bag'ishlangan natijalarni ham e'lon qildi. Chernov o'zining tadqiqotlari natijasida, po'lat qanchalik mustahkam bo'lsa, uni strukturasi shuncha mayin, kichik bo'lishi kerakligi haqidagi xulosaga kelgan. Shundan so'ng, u «po'latning mayin, kichik strukturaga ega bo'lish sababini topishga xarakat qildi». Uning po'latning bolg'alashdan so'ng turli temperaturalarda qiyosiy tadqiqotlari, «po'lat strukturasi o'zgarishini temperatura ta'siri natijasida ekanligini» ko'rsatdi. Bu bilan Chernov ma'lum miqdordagi uglerodga ega bo'lgan po'lat markasi uchun strukturasi o'zgartiruvchi temperaturalarni topdi. D.K.Chernov po'latlardagi ichki strukturasi o'zgartiruvchi ikkita, ya'ni temperatura va kritik temperaturalar borligi kerakligi haqidagi genial fikrni aytdi. Chernov bu temperaturalarni

aniqlab, ularni a va b nuqtalar bilan belgiladi. «Po‘lat qanchalik qattiq bo‘lmasin, u a nuqtadan past temperaturagacha qizdirilsa va uni qanchali tez sovutmasak ham, toblashni qabul qilmaydi». Kichik donali sinishni olish uchun po‘latni b nuqtadan birmuncha yuqori temperaturagacha qizdirish maqsadga muvofiqligi aniqlandi.

Shunday qilib, 1868-yilda D.K. Chernov po‘latdagi ichki struktura o‘zgarishlarini ochdi va uni bolg‘alashning issiqlik tartibi va termik ishlash texnologiyasi bilan bog‘ladi. Bu bilan ulug‘ nus metallurgi termik ishlov berishning ilmiy asosini yaratdi.

D.K.Chernovning qilgan ma‘ruzasi chet tillarga o‘girilib, u metallshunoslik va termik ishlash bo‘yicha jaxonda tan olindi.

D.K. Chernovning mashhur davomchisi fransuz muhandisi Floris Osmond (1849-1912) 1886-yilda birinchi bo‘lib, Le-Shatele termoparasini termik tahlilda po‘latni kritik nuqtalarini topishga qo‘lladi. D.K. Chernovni xulosalarini tasdiqlovchi va rivojlantiruvchi Osmondning ishlari metallardagi struktura o‘zgarishlari bilan bog‘liq muammolar bilan shug‘ullanuvchi juda ko‘p metallurg va kimyogarlarni o‘ziga jalb qildi va bu sohada keng ko‘lamda eksperimental tadqiqotlar olib borilishiga qo‘shimcha turtki bo‘ldi.

Metallshunoslik tarixida XIX asrning oxiri XX asrning boshida geterogen muvozanat metall tizimlari uchun termodinamikani o‘rganish bo‘yicha keng ko‘lamda izlanishlar olib borildi. Turli mamlakatlarda holat diagrammasini qurish bo‘yicha tizimli ishlar qilina boshladi. Bu diagrammalar qotishmalarda qanday faza o‘zgarishlari bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatdi, o‘z navbatida termik ishlov berishning muhim turlarini tahlil qilish uchun dastlabki ma‘lumotlarni berdi.

Rangli metall va uning qotishmalarini termik ishlov berish sohasida birinchi yirik tadqiqotlar XX asrning boshida amalga oshirildi. 1900-yil A.A.Baykov (1870-1946) faqat po‘latni emas, balki misning surma bilan hosil qilgan qotishmasini toblash ham mumkinligini ko‘rsatdi.

1906-yil nemis muhandisi A.Vilm (1869-1937) duralyuminiy uchun qotishmalarni puxtalashning asosiy usullaridan biri hisoblangan, toblashdan keyingi eskirtirishni ochdi. 1919-yil amerikalik metallshunos P.Merika (1889-1957) duralyuminiyini eskirtirishni o‘ta to‘yingan qattiq eritmada dispers ajraluvchilar hosil bo‘lishi bilan bog‘lab, uni tabiatini kashf etdi. Bu termik ishlov berish nazariyasining eng buyuk yutug‘i hisoblanadi.

O‘tgan asrning 20-yillarining boshlarida termik ishlov berish nazariyasini rivojlantirishda turli xil fizik tadqiqot usullariga, avvalam

bor hamma rentgen tahlillari yordamida qattiq holatda struktura o'zgarishlari tabiati, mexanizmi va kinetikasini alohida o'rganishga alohida e'tibor qaratildi. XIX asrning 50-yillarida elektron mikroskopni kashf etilishi termik ishlov berishda metall va qotishmalarning substrukturasi tahlil qilishga imkon yaratib, uni yanada rivojlanishiga asos bo'ldi.

Hozirgi zamonaviy rivojlanish bosqichida termik ishlov berish nazariyasi uchun keng ko'lamda metallarni kristall panjaralardagi nuqsonlar haqidagi bilimlar qo'llanila boshlandi. Termik va kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi bilan bir qatorda, ularning texnologiyalari taraqqiy etib bormoqda.

O'z-o'zini tekshirish uchun savollar:

1. Termik ishlov berish deb nimaga aytiladi?
2. Mashinasozlik va boshqa sohalarda termik ishlov berishning ahamiyati nimadan iborat?
3. Kimyoviy – termik ishlash deganda nimani tushunasiz?
4. Kimyoviy – termik ishlov berish qaerda qo'llaniladi?
5. «Termik va kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi va texnologiyasi» fanini o'qitishdan maqsad nima?
6. «Termik va kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi va texnologiyasi» fanini o'qitishdagi vazifalar nimadan iborat?
7. Metallarning tuzilishi va xossasini o'zaro bog'liqlik qonuniyatlari birinchi bo'lib qaysi olim tomonidan o'rganilgan?
8. D. K. Chernov «Termik va kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi va texnologiyasi» fanini rivojlanishiga qanday hissa qo'shgan?
9. Qaysi olim birinchi bo'lib, Le-Shatele termoparasini termik tahlilda po'latni kritik nuqtalarini topishga qo'lladi.
10. A.A.Baykov tomonidan termik ishlov berish bo'yicha nima ish qilindi?
11. Eskirtirish jarayoni qaysi olim tomonidan ochildi?
12. 1919-yil amerikalik metallshunos P.Merika termik ishlov berish bo'yicha qanday ish bajardi?

II BOB. I - TUR YUMSHATISH

2.1. Termik ishlov berish turlarining tasnifi

Har qanday termik ishlov berish jarayonini temperaturaning vaqt mobaynida o'zgarishini ko'rsatuvchi grafik yordamida tasvirlash mumkin. Bunday grafik yordamida qizdirish temperaturasi, qizdirish va sovutish vaqti, qizdirish va sovutish tezligining o'rtacha va haqiqiy qiymati, qizdirish temperaturasida ushlab turish vaqti va ishlab chiqarish siklining umumiy davom etish vaqtini aniqlash mumkin. Lekin bu grafik shakli bilan biz qanday termik ishlov berish turi haqida ish olib borilayotgani haqida hech narsa deya olmaymiz. Termik ishlov berish turi temperaturaning vaqt mobaynida o'zgarishi orqali emas, balki metall va qotishmalarda faza va struktura o'zgarishlari orqali aniqlanadi. Termik ishlov berishning oxirigi belgilariga asoslangan holda rus olimi A.A. Bochvar tomonidan qora va rangli metall va qotishmalarni termik ishlov berishning ko'p sonli turlarini o'zida jamlagan tasnifi ishlab chiqildi.

A.A.Bochvar tasnifiga asosan, iqtisodiy o'zaro hamkorlik Kengashining standartlash bo'yicha komissiyasi tomonidan po'lat va rangli metall va qotishmalarni termik ishlov berishni turli turlari tasnifi hamda shunga mos terminologiyalar ishlab chiqildi.

2.1-rasmda metall va qotishmalarni termik ishlov berishning asosiy turlari tasnifining sxemasi tasvirlangan.

Termik ishlov berish – termik ishlov berish, termomexanik ishlov berish va kimyoviy-termik ishlov berish turlariga bo'linadi.

Termik ishlov berish – metall yoki qotishmalarga termik ta'sir ko'rsatish hisoblanadi.

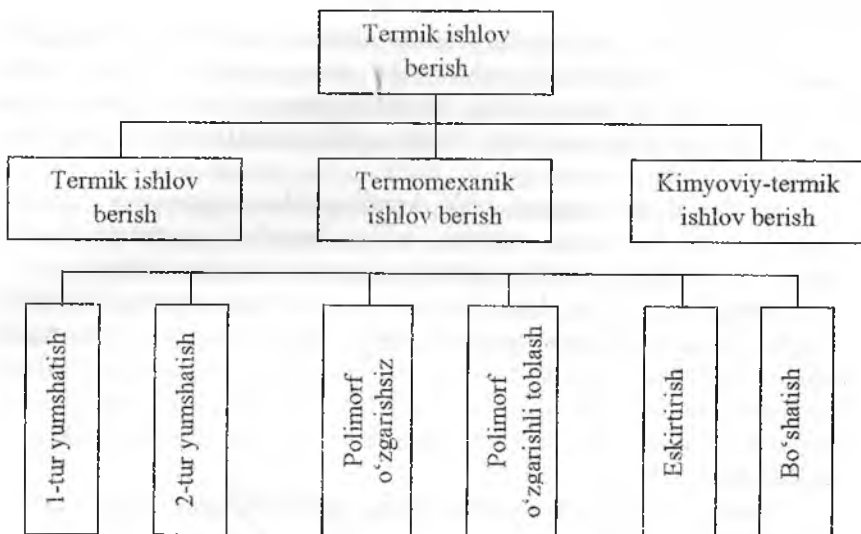
Termomexanik ishlov berish – metall va qotishmalarga termik ta'sir ko'rsatish bilan birgalikda plastik deformatsiyalanishni amalga oshirish.

Kimyoviy – termik ishlov berish – metall va qotishmalarga termik va kimyoviy ta'sir ko'rsatishdir.

Termik ishlov berish quyidagi asosiy termik ishlov berish turlarini o'zida mujassamlantirgan: 1-tur yumshatish, 2-tur yumshatish, polimorf o'zgarishga ega bo'lgan toblash, polimorf o'zgarishga ega bo'lmagan

toblash, metall yoki qotishma sirtini erishi yuzaga keltiradigan toblash, bo'shatish va eskirtirish.

Bunday termik ishlov berish turlari po'lat, rangli metall va qotishmalarga tegishlidir. Termik ishlov berishning har bir turi o'zi alohida turli asosdagi qotishmalarni o'ziga xosligini e'tiborga olgan holda turli turlarga bo'linadi.



2.1-rasm. Metall va qotishmalarga termik ishlov berish turlarining asosiy tasnifi sxemasi

Alohida termik ishlov berish turlari zagotovka va detallar olishning boshlang'ich va asosiy jarayonlarida, masalan, issiq holda bosim bilan ishlov berishda, quymakorlikda, payvandlashda va boshqa turli operatsiyalarda ham uchraydi. Masalan, quymakorlik sohasida qotishmalarni qolipga quyilganda qotishidan so'ng quymani tez sovutish jarayonida to'la toblash kuzatiladi. Detailarni silliqlashda ularning yuzasini qizishi natijasida bo'shatish jarayoni kuzatilishi mumkin. Payvandlashda payvand choklariga termik ta'sirlanish zonasida qayta kristallanuvchi yumshatish va shunga o'xshash termik ishlov berish turlarini uchratishimiz mumkin. Bu qo'shimcha termik ishlov berish turlari ba'zi hollarda foydali ham bo'lishi mumkin, shu bilan birga buyumlarda kutilmagan struktura va xossasini o'zgarishiga olib kelishi ham mumkin.

Quyish, prokatlash, bog'alash va boshqa ishlov berishlardan so'ng zagotovka notekis soviydi. Natijada bir jinsli struktura hosil bo'lmaydi, zagotovkaning turli joylarida xossalari turlicha bo'ladi, ichki kuchlanishlar paydo bo'ladi. Bundan tashqari likvatsiya (kimyoviy notekislik) tufayli quymaning kimyoviy tarkibi ham bir xil bo'lmaydi. Bu nuqsonlarni yo'qotish uchun termik ishlov beriladi, unga yumshatish va normallashtirish kiradi.

Yumshatish – zagotovka yoki buyumni kerakli temperaturagacha qizdirish, shu temperaturada ushlab turib, so'ngra asta-sekin sovitishdan iborat: uglerodli po'latlar soatiga 200°S , legirlangan po'latlar esa soatiga $30-100^{\circ}\text{S}$ tezlik bilan sovitiladi. Bunda qoldiq kuchlanishsiz barqaror struktura olinadi.

Yumshatishdan maqsad ichki kuchlanishlarni yo'qotish, strukturaning bir xil bo'lishiga erishish, ishlov berishni yaxshilash hamda keyingi termik ishlov berish operatsiyasiga tayyorlashdan iborat.

Normallashtirish deb po'latni A_{c3} va A_{cm} kritik nuqtalardan $30-50^{\circ}\text{C}$ ortiqroq temperaturagacha qizdirib, ushbu temperaturada ushlab turish hamda tinch havoda sovitishdan iborat bo'lgan jarayonga aytiladi. Normallashtirishda ichki kuchlanishlar kamayadi, po'lat kayta kristallanadi, payvand choklar, quyma va pokovkalaning yirik zarrali strukturasi maydalanadi.

Po'latning qattiqligi, mustahkamligi va elastikligini oshirish uchun toblashdan foydalaniladi.

Toblash – po'latni faza o'zgarishlardan yuqoriroq temperatura-gacha qizdirish, bu temperaturada ushlab turish, so'ngra tez sovitishdan iborat bo'lgan jarayondir.

Bo'shatish – termik ishlov berishning yakunlovchi operatsiyasi bo'lib, toblangan po'latni kritik nuqtadan (A_{c1}) past temperaturagacha qizdirish, shu temperaturada ushlab turish hamda sekin yoki tez sovitishdan iborat. Bo'shatishdan maqsad po'latdagi kuchlanishni ketkazish yoki yo'qotish, hamda qovushqoqligini oshirib, qattiqligini kamaytirishdan iborat.

Kimyoviy-termik ishlov berish deb metall va qotishmalarni sirtqi qatlamini kimyoviy tarkibi, strukturasi va xossasini o'zgartirish maqsadida ularga termik va kimyoviy ta'sirlarni birgalikda amalga oshirish jarayoni bilan bog'liq bo'lgan ishlovga aytiladi.

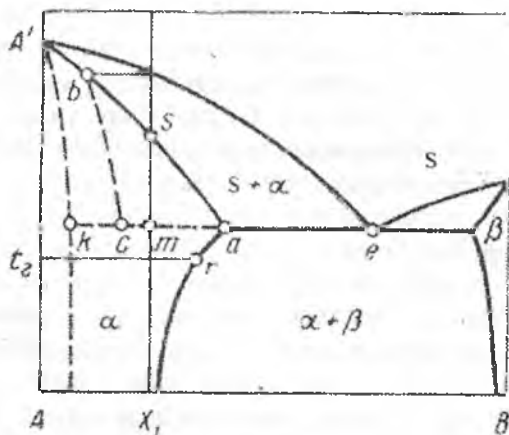
Termomexanik ishlov berish po'latning plastikligini saqlagan xolda, plastik deformatsiyalash bilan mustahkamlovchi termik ishlov berish (toblash, bo'shatish) ni birlashtiruvchi mustahkamlashning yangi

usulidir. Termomexanik ishlov berishda po'lat austenit holatigacha deformatsiyalanadi, keyinchalik tez sovutilib, toblangan po'lat strukturasini (martensit) shakllantiriladi, bunda austenitni puxtalash holati sodir bo'ladi, shu munosabat bilan po'latning mexanik xossalari ortadi.

2.2. I-tur yumshatish

1-tur yumshatish metall va qotishmalarga turli ishlovlar berishda ularda yuzaga keladigan muvozanat bo'lmagan holatni qisman yoki to'liq olib tashlash uchun mo'ljallangan termik ishlov berish turi bo'lib, unda faza o'zgarishlari kuzatilmaydi. 1-tur yumshatish quymakorlik, bosim bilan ishlov berish, payvandlash, termik ishlov berish va boshqa texnologik jarayonlarda yuzaga keladigan muvozanat bo'lmagan holatni olib tashlash uchun xizmat qiladi.

Qanday muvozanat holatidan og'ishlarni bartaraf qilishga bog'liq ravishda 1-tur yumshatishning quyidagi turlari mavjud: gomogenlovchi, kristallanishga qadar, qayta kristallanuvchi (rekristallanuvchi) va kuchlanishini kamaytiruvchi yumshatish.



2.2-rasm. Eitektik turdagi sistemada muvozanat bo'lmagan solidus A' da va X₁ qotishmada dendritli kimyoviy notekislikda bc qattiq eritmaning o'rtacha tarkibini o'zgarish egri chizig'i.

Metall yoki qotishmalarni muvozanat holatidan og'ishlarni kamaytiruvchi jarayonlar o'zicha boradi va 1-tur yumshatishda qizdirish faqat

bu jarayonlarni tezlashtirish uchun xizmat qiladi. 1-tur yumshatishdagi asosiy parametrlarga qizdirish temperaturasi va ushlab turish vaqti kiradi. Qizdirish va sovutish tezligi yordamchi parametrlar hisoblanadi.

Gomogenlovchi yumshatish – bu termik ishlov berish turi bo‘lib, metall yoki qotishmalardagi dendritli kimyoviy notekislik (likvatsiya) tufayli hosil bo‘ladigan ta’sirlarini (kamchiliklarni) yo‘qotish uchun xizmat qiladigan eng asosiy jarayon hisoblanadi.

Dendritli kimyoviy notekislik tufayli qotishmaning asosi hisoblangan, qattiq eritmalardagi ichki kristallarning kimyoviy mikro-notekisligi hosil bo‘ladi. Shu bilan birga ortiqcha muvozanatda bo‘lmagan faza-lar ham vujudga kelishi mumkin.

2.2-rasmda ko‘rsatilgan X_1 qotishmaning muvozanat holatidagi kristallanishida b – eritmani qotishmaning butun hajmi bo‘yicha tarkibi b_s chiziq bo‘yicha o‘zgaradi va kristallanishi evtektika hosil bo‘lmagan muvozanat holdagi solidus nuqtasi hisoblangan s da tugaydi. Muvozanat bo‘lmagan holda kristallanishda b – eritmani B komponentlari bilan to‘yinganligi kechikib hosil bo‘lib, oldindan hosil bo‘ladigan qatlamlar tarkibi bilan bir xil holga kelishga ulgirmaydi va X_1 qotishmadagi birlamchi kristallarning o‘rtacha tarkibi b_c chiziq bo‘ylab o‘zgaradi va uning kristallanishi evtektik temperaturada (m nuqtada) tugaydi. X_1 qotishmaning kristallanishi tugashi bilan dendritli yacheykalarda – dendrit shoxlari kesimlarida – legirlovchi elementlar miqdori qotishmaning o‘rtasida minimal bo‘lsa, sirtqi yuzada esa evtektik temperaturada erish chegarasiga mos keladi (2.2-rasm, a nuqta). Bu qotishma muvozanat bo‘lgan holda bir fazali bo‘lib, dendritli kimyoviy notekislik tufayli muvozanat bo‘lmagan evtektika kristallanadi va uning miqdori cm/ce ga teng bo‘ladi. Juda ko‘p hollarda muvozanat bo‘lmagan evtektika dendrit yacheyklarini chegarasi bo‘ylab joylashgan evtektika kelib chiqishga ega bo‘lgan v -fazani hosil qiladi. 2.2-rasmda ko‘rsatilgan holat diagrammadagi k nuqta berilgan holatda muvozanat bo‘lmagan evtektikaning hosil bo‘lishining miqdoriy chegarasidir. Ishlab chiqarish sharoitlarida yuzaga keladigan qotishmalarning kristallanishini sovutish tezliklarining diapazonida qattiq eritmadagi tekislangan diffuziya kuchli tarzda bosim ostida bo‘ladi va muvozanat bo‘lmagan ortiqcha faza legirlovchi elementning juda ham kam miqdorida kristallanadi. Misol tariqasida, evtektik yoki peritektik temperaturada (a) qotishma erishining chegarasi nuqtasida ikkinchi komponentning miqdori va kokilda (metall qolipda) quyma olish sharoitida

miqdoriy chegarada (k) muvozanat bo'lmagan fazani hosil bo'lishi quyida ko'rsatilgan:

Sistema.....	Al-Cu	Al-Mg	Mg-Al	Cu-Sn
a, %.....	5,7	15,4	12,7	13,5
k, %.....	0,1	0,5	0,1	4,0

Quyma qotishma kristallanish jarayonida muvozanat holatidan og'ishi natijasida quyidagi kamchiliklarga ega bo'ladi:

1. Agar dendritli kimyoviy notekislik natijasida ortiqcha mo'rt faza hosil bo'lsa, qotishmaning plastikligi odatda, kamayadi. Ayniqsa, qotishmaning dendritli yacheykasi chegarasi bo'ylab, mo'rt bitikmalarning (intermetallid, karbidlar va boshqalar) dag'al zarrachalaridan iborat bo'lgan yaxlit qatlamlar hosil bo'lsa, u holda uning plastikli kuchli tarzda kamayib ketadi;

2. Turli kimyoviy tarkibga ega bo'lgan dendritli yacheykalarni markaziy uchastkalari va ularning chegaralari mikrogalvanik juftliklar hosil qiladi. Shuning uchun qattiq eritmaning ichki kristallitlararo kimyoviy notekisligi elektrkimyoviy korroziyaga bardoshlikni kamaytiradi. Qattiq eritmada ortiqcha muvozanat bo'lmagan fazalarni hosil bo'lishi odatda, qotishmaning korroziyaga bardoshligini ham kamaytirib yuboradi;

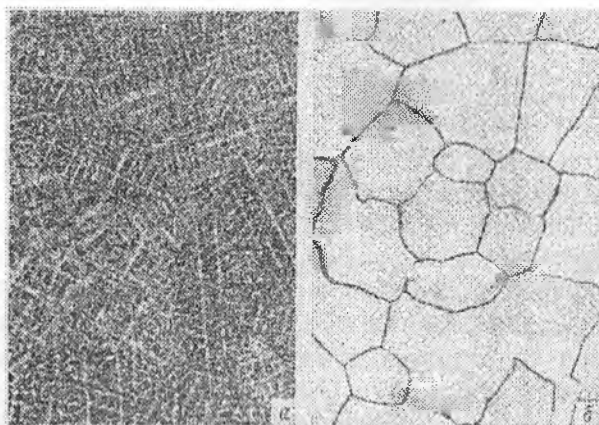
3. Bosim bilan ishlov berishda, masalan, prokatlash va presslashda turli kimyoviy tarkibga ega bo'lgan mikrouchastkalar cho'ziladi va maxsus cho'zilgan struktura hosil qilishi mumkin;

4. Dendritli kimyoviy notekislik qotishmaning solidus temperaturasini kamaytiradi, lekin bunga yo'l qo'ymaslik kerak. Masalan, toblash uchun tez qizdirilganda yoki bosim bilan ishlov berilganda buyumlar qisman erishi mumkin. Muvozanat bo'lmagan holda hosil bo'lgan evtektikaga ega bo'lgan joylarda buyumning qisman erish kuzatiladi;

5. Vaqt bo'yicha quyma qotishmaning strukturasi va xossasi stabil bo'lmaydi. Yuqori temeraturalarda ishlaydigan buyumlarda qattiq eritmalarning tarkibi o'z holicha sekin - asta tekislanib boradi va ortiqcha fazalar so'rilib ketishi kuzatiladi.

Bu yuqoridagi kamchiliklarni yo'qotish uchun metall va qotishmalar yumshatiladi, ya'ni to'g'riroq aytadigan bo'lsak, gomogenlovchi yumshatishga jalb qilinadi.

Bitta fazali qotishmalarda, masalan, mis-nikelli qotishmalarni gomogenlovchi yumshatishda bosh asosiy jarayon qattiq eritma donasini tarkibini bir xillashtirish, ya'ni ichki kristallitlararo kimyoviy notekislikni yo'qotish hisoblanadi (2.3-rasm).



2.3-rasm. Cu- 20 % N ga ega bo'lgan qotishma mikrostrukturasi. X100;
a – quymadan so'ng holati; *b* – 1000° C temperaturada 40 soat
mohaynida.

Muvozanat bo'lmagan ortiqcha fazaga ega bo'lgan qotishmalarda, masalan, 2.2-rasmda tasvirlangan X_1 qotishmani gomogenlovchi yumshatishda ikkita asosiy jarayon kechadi: qattiq eritmaning ichki donachalari miqdorini tekislash va muvozanat bo'lmagan ortiqcha fazani eritish. Bu jarayonlarning asosida diffuziya yotadi, shuning uchun gomogenlovchi yumshatishni diffuzion yoki diffuziyali yumshatish deb ham ataladi.

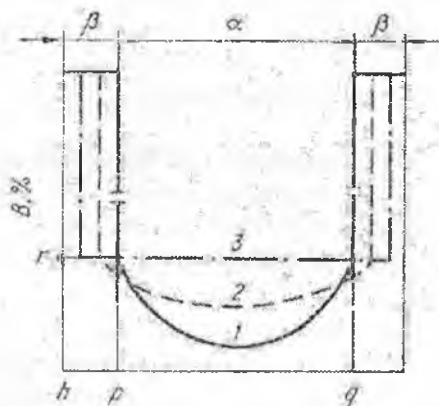
2.4-rasmini I-egri chizig'ida sxematik tarzda dendritli yacheykaning kesimi bo'yicha legirlovchi elementlarni taqsimlanishi tasvirlangan. pq kesma birlamchi b – fazaning dendritli yacheykaning kesimiga mos kelsa, hp – esa dendritli yacheykaning chegarasida qo'shimcha ikkinchi fazaning (v) kesimiga mos keladi. Dendritli yacheykaning chegarasida miqdorning vertikal ko'rinishda sakrashi, oshishi bu erda qo'shimcha ikkinchi fazaning joylashishiga to'g'ri keladi.

Ortiqchav-fazali dendritli yacheyka chegarasida gomogenizatsiyalashgan yumshatishda dastlabki boshlang'ich ushlab turish vaqtida b – eritma miqdorining muvozanati o'rnatiladi va u gomogenlash tempera-

turasida eruvchanlik chegarasiga mos keladi (2.2 – rasmda t_1 temperaturada r nuqtasidir). b -eritmaning chegaraviy qatlamining miqdori ortiqcha b – faza mavjud bo'lguncha doimiy ravishda ushlab turiladi (2.4 -rasm).

Dendritli yacheykaning ichida tarkibni to'g'rilash, tekislash ortiqcha fazani to'liq erishining tezligi va vaqtini aniqlovchi gomogenizatsiyalashning nazorat qiluvchi zvenosi hisoblanadi.

Agar, shartli ravishda b – fazaning ichida tarkibni tekislash va unda ortiqchav – fazani erish jarayonini bir biridan ajratsak, u holda sxematik ko'rinishda quyidagi holatni ko'rsatish mumkin. b – eritmaning ichida tarkibni tekislash uni v – faza bilan chegarasida miqdorini 2.2, 2.4-rasmlarda tasvirlangan r nuqtadan pastki qiymatgacha kamayishiga olib keladi va dendritli yacheykaning chegaraviy qatlami v -fazaga nisbatan to'yinmagan bo'lib qoladi. SHuning uchun v – faza erib, b – eritmaning chegaraviy qatlamini miqdorini muvozanat holatigacha oshiradi va h.k. b/v chegara asta-sekin eruvchi v – faza tomon suriladi, b – fazaning tarkibi esa dendritli yacheyka kesimi bo'ylab tekislanadi (2.4 – rasmda tasvirlangan chiziqcha chiziqcha qilib chizilgan chiziq).



2.4-rasm. v -fazaning chegarasida boshlang'ich (1), oraliq (2) va yakunlovchi (3) gomogenlash momentida b -eritmaning dendritli yacheykasining kesimida legirlovchi elementlarning taqsimlanishining egri chizig'i.

Agar ortiqcha v – faza to'liq eriy olsa, u holda uning to'liq yo'q bo'lishidan keyin ma'lum bir vaqtdan so'ng b – faza ichidagi miq-

dorning tekislanish jarayoni tugallanadi. Agar qotishma tarkibi muvozanat sharoitida bir fazali bo'lmashligi kerak, gomogenlashda esa faqat ortiqcha muvozanat bo'lmagan ikkinchi faza (yoki bir qancha fazalar) eriydi.

2.3. Gomogenlovchi yumshatishda qotishmaning xossasini o'zgarishi

2.3.1. Quymakorlik qotishmalari

Gomogenizatsiyalanuvchi yumshatishda xossani o'zgarishiga quymakorlik qotishmasining plastikligini oshishi kiradi. Quymani yumshatish rejimini to'g'ri tanlashda plastiklikning ko'rsatkichini xona temperaturasida o'lchamay, issiq holda bosim ostida ishlov berishning birinchi operatsiyasida o'lchash lozim. Agar, masalan, D16 qotishmadan tayyorlangan quyma presslanish uchun mo'ljallangan bo'lsa, unda plastiklik ko'rsatkichi 400°C temperaturaga teng presslash temperaturasida aniqlanadi.

Shaklli quymalarning mexanik xossasini detalni ekspluatatsiya qilish temperaturasiga qarab o'lchanadi, masalan, xona temperaturasida.

Mo'rt fazalarni erishiga qarab, plastiklik oshadi va uni eruvchanligi tugagandan keyin plastiklikning qiymati o'zgarib qoladi. Issiq holda deformatsiyalashda alyuminiy qotishmalarining quymalarining nisbiy uzayishi va torayishi gomogenizatsiyalash natijasida 1,5 – 3 martagacha oshadi.

Agar gomogenizatsiyalanuvchi yumshatishdan maqsad plastiklikni oshirish bo'lsa, u holda optimal gomogenlovchi vaqtni muvozanatda bo'lmagan ortiqcha fazani to'liq erish vaqti deb qabul qilsak bo'ladi.

Legirlangan po'latlar, alyuminiy va boshqa qotishmalar quymalarini plastikligini oshirish issiqlik bilan bosim ostida ishlov berishning birinchi operatsiyasida darzlar bo'yicha nuqsonni kamaytiradi. Gomogenlash jarayonini ahamiyati ayniqsa, shaklli quymalar uchun kattadir, chunki ular strukturani maydalaydigan plastik deformatsiyalanishga jalb qilinmaydi.

2.3.2. Deformatsiyalanadigan qotishmalar

Issiqlik bilan bosim bilan ishlov berishda qotishmani tuzilishini nasliy o'zgarishi ro'y bersa ham, lekin u quyma strukturani keyingi sovuq holda bosim bilan ishlov berishda texnologik xossasiga ta'sirini to'liq bartaraf etish uchun etarli bo'lmaydi. Dendritli kimyoviy notekislik bartaraf

etilmagan quyma strukturadagi «nasldorlik» qotishmani sovuq holda deformatsiyalashda plastikligini kamayishida namoyon boʻladi. Bu hol shu bilan tushuntiriladiki, issiq holda bosim bilan ishlov berishda strukturani kuchli tarzda maydalanishi va «surilishi»ga qaramasdan dendritli kimyoviy notekislik natijasida hosil boʻladigan qotishmaning mikro bir xil emasligi bartaraf etilmaydi. Quymani gomogenizatsiyalash sovuq holda deformatsiyalanadigan qotishmani plastikligini oshirib, oraliq yumshatishni qisqartiradi va sovuq holda prokatlashda siqilish darajasini kamaytiradi, listlarni choʻzilishga nisbatan shtamplanuvchanligini yaxshilaydi.

Quyma strukturaning nasldorligi nisbatan oʻta turgʻun boʻladi: va u buyumni ishlashda ekspluatatsion xossasiga taʼsir etadi. Bunga qaramasdan qotishma strukturasi texnologik tsiklida kuchli taʼsirlarga, jumladan bosim bilan ishlov berish, toblash, boʻshatish va boshqa ishlov berishlarga jalb qilinadi. Xrom va volfram bilan legirlangan yuqori uglerodli poʻlatlarda dendritli kimyoviy notekislik tufayli karbidli evtektika yuzaga keladi. Bu hodisani karbidli kimyoviy notekislik deb ataladi. Buyumlarni issiq holda prokatlash va toblashga qaramasdan dagʻal evtetik karbidlarning toʻplanishi saqlanib qoladi. Bu joylarda asbobni lezviyasi va sharikli podshipnikning ishqalanuvchi yuzasi darz ketadi.

Quymani gomogenizatsiyalash tayyor mahsulotni na faqat xossasini yaxshilamasdan, shu bilan birga baʼzi bir xossalarni yomonlashtiradi. Masalan, D16 markali duralyuminiy quymasini 490^o C temperaturada sutka mobaynida gomogenizatsiyalash toblangan va eskirtirilgan listlarni nisbiy uzayishmi bir qancha foizga oshirsa, shu bilan bir vaqtning oʻzida uning mustahkamlik chegarasini 1 – 1,5 kgkuch/mm² ga kamaytiradi. Mustahkamlikning bir qanchaga kamayishiga sabab quymani gomogenizatsiyalashda marganetsni oʻziga xos oʻzini tutishi bilan tushuntiriladi. Yuqorida taʼkidlab oʻtganimizdek, 500^o C temperaturaga yaqin temperaturada marganetsni alyuminiyda eruvchanligi unchalik katta emas va kristallanish jarayonida marganets bilan oʻta toʻyingan eritma parchalanadi. Quymani gomogenizatsiyalashda eritmadan marganetsni chiqishi va ajralib chiqadigan marganetsli intermetallidlar zarrachasini koagulyatsiyasi qayta kristallangan duralyuminiydan tayyorlangan va toʻla termik ishlangan (toblangan va eskirtirilgan) listlarni mustahkamligini bir qanchaga kamaytiradi.

Katta yonilgʻi sarfi va sezilarli darajada metallni oksidlanishga oʻtishi bilan sodir boʻladigan poʻlatlarni gomogenizatsiyalanuvchi yumshatishni faqat maʼsuliyaqli maqsadlarda ishlatiladigan yuqori sifatli legirlangan poʻlatlar uchun qoʻllaniladi (yumshatish temperaturasi 1050 – 1250^o C temperatura intervalida olinadi). Uglerodli poʻlatlardan faqat avtomat

po'latlar gomogenizatsiyalanuvchi yumshatishga jalb qilinadi. Avtomat po'latlar yuqori miqdorda oltingugurt ega bo'lib, po'latga kesib ishlov berishni yaxshilaydi (oltingugurt odatda, 0,04 – 0,06 % o'runga 0,2 -0,3 % gacha bo'ladi). Oltingugurt kristallanishda donani chegarasi bo'ylab kuchli tarzda singib, prokatlashda issiqlikdan sinuvchanlikka olib keladi. 1150° C temperaturadagi gomogenizatsiyalanuvchi yumshatish esa avtomat po'latlarni issiqlikdan sinuvchanligini bartaraf etadi.

Juda ko'p deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalarining quymalari bosim bilan ishlov berishni yaxshilash va undan tayyorlangan yarim tayyor mahsulotlarni mexanik xossasini osbirish uchun gomogenizatsiyalanuvchi yumshatishga jalb qilinadi. Yumshatish temperaturasi odatda, 450–550° C temperatura intervalida bo'lib, uni qotishma markasi va yarim tayyor mahsulot turiga qarab, tanlanadi.

Deformatsiyalanadigan magniy qotishmalaridan tayyorlangan quymalar alyuminiy qotishmalardan tayyorlangan quymalarga qo'yilgan maqsadni echish kabi 390–450° C temperaturada gomogenizatsiyalanadi.

O'z-o'zini tekshirish uchun savollar:

1. Metall va qotishmalarni termik ishlov berishning asosiy turlari tasnifining sxemasi haqida nimani bilasiz?
2. Termik ishlov berishning oxirigi belgilariga asoslangan holda rus olimi A.A. Bochvar tomonidan qanday tasnif ishlab chiqilgan?
3. Yumshatish deganda nimani tushunasiz?
4. Normalash nima va qaerda ishlatiladi?
5. Toblash nima?
6. Bo'shatish deganda nimani tushunasiz?
7. Kimyoviy-termik ishlov berish jarayoni haqida nimani bilasiz?
8. Termomexanik ishlov berish deganda nimani tushunasiz?
9. I-tur yumshatish nima?
10. I-tur yumshatishning qanday turlarini bilasiz?
11. Gomogenlovchi yumshatish haqida nimani bilasiz?
12. Kristallanishga qadar yumshatish nima?
13. Qayta kristallanuvchi (rekristallanuvchi) yumshatishni tushuntirib bering.
14. Kuchlanishini kamaytiruvchi yumshatishga ta'rif bering.
15. Gomogenlovchi yumshatishda qotishmaning xossasini o'zgarishi haqida nimani bilasiz?

16. Gomogenlovchi yumshatishni quyimakorlikdagi ahamiyati nimadan iborat?

17. Deformatsiyalanadigan qotishmalar uchun gomogenlovchi yumshatish qanday hollarda qo'laniladi ?

18. Umuman 1-tur yumshatishni yutug'i va kamchiliklari haqida nimani bilasiz ?

III BOB. QAYTA KRISTALLANUVCHI VA QAYTA KRISTALLANISHGA QADAR YUMSHATISH

Qayta kristallanishdagi (rekristallizatsion) yumshatish – deformatsiyalangan metall yoki qotishmaga termik ishlov berish bo‘lib, bunda bosh jarayon qayta *kristallanish* hisoblanadi.

Kristallanishga qadar yumshatish – deformatsiyalangan metall yoki qotishmaga termik ishlov berish bo‘lib, bunda bosh jarayon *qaytish* hisoblanadi.

Ikkala ham termik ishlov berish ko‘proq sovuq holda bosim bilan ishlov berishdan so‘ng qo‘llaniladi.

3.1. Metallni sovuq holda ishlov berishda struktura va xossasini o‘zgarishi

3.1.1. Strukturani o‘zgarishi

Plastik deformatsiya metallda struktura o‘zgarishlariga olib keladi va uni o‘z navbatida shartli ravishda uch guruhga bo‘lish mumkin: a) kristallitlar shakli va o‘lchamlari o‘zgaradi; b) fazoda kristallografik yo‘nalishlar o‘zgaradi va v) har bir kristallitni ichki tuzilishi o‘zgarishiga.

Metallni bosim bilan ishlov berishda shaklining o‘zgarishi har bir kristallitning plastik deformatsiyalanishi oqibatida ro‘y beradi.

Bosim bilan ishlov berishda zagotovka shakli bosh deformatsiya sxema-siga muvofiq har bir kristallitdagi plastik deformatsiya natijasida yuzaga keladigan tashqi kuchlar ta‘sirida o‘zgaradi. Kristallitlar shaklini asosiy o‘zgarishi kristallitlarni bosh cho‘zilish deformatsiyasi (masalan, prokatlash yoki kiryalash, cho‘zilish yo‘nalishida) yo‘nalishi bo‘ylab cho‘zilishini o‘z ichiga oladi. Sovuq holatda deformatsiya darajasi oshishi bilan dona nisbatan cho‘zilib boradi va struktura tolali shaklga keladi.

Plastik deformatsiyalash natijasida donaning kristall panjarasi fazoda ma‘lum yo‘nalishga ega bo‘ladi, ya‘ni deformatsiya teksturasi hosil bo‘ladi. Bu esa ma‘lum tekislik va fazodagi panjaraning yo‘nalishiga qarab, har bir donada muhim kristallografik yo‘nalishda sirpanishning hosil bo‘lishi bo‘lib, u qonuniyatli tarzda buyumning deformat-

siyalash o'qiga nisbatan buriladi. Masalan, sirpanish yo'nalishiga qarab, monokristallni cho'zish uni cho'zilish o'qiga yaqinlashtiradi.

Deformatsiya tekstrurasi xarakteri bosim bilan ishlov berish (asosan, bosh deformatsiya sxemasiga qarab) turi va sharti, kristall panjarani turi va nuqsonlar energiyasiga bog'liq.

Rentgen tahlili 10-20% siqilishda sovuq holda deformatsiyalash tekstrurasi hosil bo'lishini qayd qiladi.

Sovuq holda deformatsiyalashga sarflangan 10% ish metallar tomonidan yutiladi (qolgan qismi esa issiqlik ko'rinishida sochiladi). Metallda to'plangan energiya plastik deformatsiya hosil qilgan kristall panjaradagi nuqsonlar energiyasi ko'rinishida «ushlab qolinadi».

Sovuq holda deformatsiyalashda har bir kristallitni ichki tuzilishini muhim o'zgarishiga undagi dislokatsiya zichligining (dislokatsiya uzunligi yig'indisini metall hajmiga nisbati) oshishidir. Yaxshi yumshatilgan yarim kristall metallning dislokatsiya zichligi $10^6 - 10^8 \text{ sm}^{-2}$ ga teng bo'lib, sovuq holda deformatsiyalashda u bir qancha foizga ya'ni $10^9 - 10^{10} \text{ sm}^{-2}$ gacha oshadi. Agar juda kuchli deformatsiya ta'sirida esa dislokatsiya zichligi (30-40% va unadan yuqori foizgacha oshadi) $10^9 - 10^{10} \text{ sm}^{-2}$ ga etadi. O'z navbatida, sovuq holatda bosim ishlov berishda dislokatsiya zichligi besh-olti martagacha oshishi mumkin.

Plastik deformatsiya natijasida vakansiyalar miqdori ham oshadi. Sovuq holatda deformatsiyalangan metallni yumshatilganda strukturasining shakllanish jarayoniga plastik deformatsiya natijasida yuzaga keladigan kristall panjara yo'nalishining mahalliy o'zgarishi va uning turlari muhim rol o'ynaydi.

Juda ko'pchilik metallarda uncha katta bo'lmagan deformatsiyada (5-10 %) yacheykali struktura shakllana boshlaydi; donacha hajmida dislokatsiya qaytadan taqsimlanadi; ularning o'zaro qo'shilishi emirilgan devorlar (chegaralarda) yuza keltiradi, uning o'rab turgan sohasida dislokatsiyalar zichligi devorlarga nisbatan etarli darajada kichik bo'ladi (3.1-rasm). Bunday yacheykalaming o'rtacha o'lchami taxminan 0,5-2 mikromni tashkil etadi, uning devorlari qalinligi esa ancha darajada kichik. O'rtacha va katta deformatsiyalar intervalida deformatsiya darajasining oshishi bilan yacheyka o'lchami kam o'zgaradi, emirilgan chegaradagi dislokatsiyalar zichligi oshadi. Juda ko'p tekshirishlar va ular asosida olingan dalillar, kristallitlar hajmida dislokatsiyalarni qaytadan taqsimlanishining relaksatsion jarayonlarida dislokatsiyaning sirpanishi uning zichligini o'sishiga nisbatan qiyin kechishi oqibatida yacheykali strukturalar hosil bo'lishini ko'rsatdi. Yacheykali strukturalar hosil

bo'lishida dislokatsiyaning ko'ngdalang sirpanishining majburiy ishtiroki dislokatsiyalarni qaytadan taqsimlanishini ta'minlaydi.

Yarim kristall materialda har bir dona tashqaridan qo'yilgan yuklanishlar ta'sirida uni o'rab turgan donachalar bilan bir vaqtning o'zida murakkab o'zaro ta'sirlashuvi natijasida deformatsiyalanadi. Bunda har bir donachaning qo'shni uchastkasi majburan turli burchakda buriladi. Natijada qo'shni uchastkalar har bir dona ichida o'zaro bir necha o'n graduslarga burilishi mumkin. Masalan, yarim kristall alyuminiyda bitta dona ichida 40% siqilishda yo'nalish 50° gacha o'zgarishi kuzatilgan.

Upakovkalanagan nuqsonlar energiyasi kam bo'lganda cho'zilgan dislokatsiyalarni ko'ngdalang sirpanishi qiyinlashadi, bu holat yacheykali strukturalar hosil bo'lishiga qarshilik ko'rsatilishiga olib keladi. Shuning uchun upakovkalanagan nuqsonlar energiyasi qiymati bilan farq qiladigan turli metall va ularning qotishmalarida, plastik deformatsiya oqibatida yacheykali struktura hosil bo'lishiga turlicha moyillik kuzatiladi. Sovuq holda deformatsiyalashdan keyin Al, Ni, Cu, Ag, Au, Fe, Mo va uning qotishmalari yacheykali struktura hosil bo'lishi qayd etilgan. Zanglamaydigan austenitli po'latlarda, b-latunda, bir fazali alyuminiyli va kremniyli bronzalarda upakovkalanagan nuqsonlar energiyasi juda kichik bo'lganligidan yacheykali struktura hosil bo'lishi unuman kuzatilmaydi.



3.1-rasm. 5 % ga cho'zilgandan keyin xrom-sirkoniyli bronzani (0,33 % Cr, 0,07 % Zr) yacheykali strukturasi. Elektron mikro rasm. X12 000 (V. M. Rozenberg, A. I. Novikov).

Plastik deformatsiya natijasida nuqtali nuqson hisoblangan vakansiya va uzellararo atomlarning miqdori oshib boradi. Deformatsiya darajasi oshishi bilan bir vaqtda cho'zilgan dislokatsiyalar zichligi ham oshishi natijasida upakovlangan nuqsonlar soni ham oshadi.

Shunday qilib, plastik deformatsiya darajasi oshishi bilan dislokatsiyalar zichligi va ortiqcha bitta ishoraga ega bo'lgan dislokatsiyalar oshadi, natijada yacheykali struktura shakllanishi mumkin, nuqtali nuqsonlar va upakovkalangan nuqsonlar miqdori oshishi mumkin. Kristallitlarni ichki tuzilishini yuqorida qayd etilgan hamma o'zgarishlari – metall va qotishmalarni plastik deformatsiyalanishini muhim natijasi hisoblanadi.

3.2. Puxtalanish (naklyop)

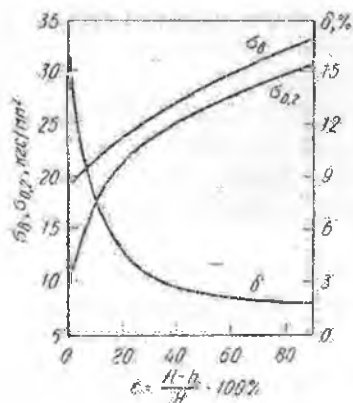
Metall yoki qotishmaga bosim ostida ishlov berish yo'li bilan puxtalanishga naklep (puxtalanish) deyiladi. Puxtalanishni keng ma'noda plastik deformatsiya ta'siri natijasida struktura va u bilan bog'liq bo'lgan xossalarni o'zgarishlarining yig'indisi deb ham tushuniladi.

Sovuq holda deformatsiyalash darajasi oshishi bilan deformatsiyalanishga qarshilik ko'rsatuvchi ko'rsatkichlar (vaqtinchali qarshilik, oquvchanlik chegarasi va qattiqlik) oshadi, plastiklik bilan bog'liq bo'lgan ko'rsatkichlar (nisbiy uzayish i torayish) kamayadi (3.2-rasm). Metallni deformatsiyalash darajasi 50-70 % dan ortiq bo'lgan holda, vaqtinchali qarshilik va qattiqlik, odatda 1,5-2 marta, ba'zi hollarda metallar tabiati va bosim bilan ishlov berish turiga qarab uch martagacha oshadi. Uncha katta bo'lmagan deformatsiyalar (10% gacha) odatda vaqtinchalik qarshilikka qaraganda oquvchanlik chegarasiga sezilarli darajada kuchli ta'sir qiladi.

Katta darajadagi deformatsiyalarda ba'zi bir qotishmalarning oquvchanlik chegarasi 5-8 marta va undan ham ortiq oshishi mumkin. Nisbatan uncha katta bo'lmagan deformatsiyalarda nisbiy uzayish tezda kamayib ketadi (3.2-rasm). Metall yoki qotishmaning vaqtinchali qarshiligi va qattiqligini 1,5 – 2 marta oshiruvchi kuchli deformatsiya, nisbiy uzayish-ni 10-20, ba'zi hollarda 30-40 va undan ham ko'p marta kamaytiradi.

Deformatsiyalanishga qarshilik ko'rsatuvchi ko'rsatkichlarni oshishi va plastiklik ko'rsatkichlarini kamayishi dislokatsiyalar zichligining oshishi natijasida sodir bo'ladi. Puxtalangan metallda dislokatsiyalar

zichligi kattaligidan mavjud bo'lgan sirpanishlar ham juda qiyin kechadi.



3.2-rasm. Sovuq holda prokatlashda D1 markali duralyuminiyni mexanik xossasini siqilish darajasiga bog'liqligi (A. V. Tretyakov, K.M. Radchenko).

Yacheykalar chegarasi va subdonachalar sirpanayotgan dislokatsiyalar uchun to'siq vazifasini o'taydi. Ana shu to'siqlar (yacheykalar o'lchamlarini kamayishi) orasidagi masofani kamayishi siqilish darajasini oshishi bilan puxtalanishga olib keladi.

Metall va ularning qotishmalardagi elektron o'tkazuvchanlik nuqtali nuqsonlar va dislokatsiyalar hisobiga sochilib ketadi. Shuning uchun sovuq holda plastik deformatsiyalanishda panjaradagi nuqsonlarni soni elektr qarshilikni oshiradi. Bir vaqtning o'zida ko'pchilik deformatsiyalarda mexanik xossa bir necha yoki o'n martalab o'zgaradi, toza metallarda esa elektr qarshilik odatda 2 – 6% gacha oshadi.

Qotishmalarni sovuq holda deformatsiyalashda qiymati jihatidan turli xil va hattoki turli xil ishorali elektr qarshilik yuzaga kelishi kuzatiladi.

3.3. Metall va qotishmalarning anizotropik xossasi

Sovuq holda deformatsiyalangan metallarni xossasi turli yo'nalishlarda turlicha bo'ladi. Xossaning anizotropiyasi ikkita sabab bilan hosil bo'ladi: strukturaning tolaliligi va deformatsiya teksturasi.

Sinaladigan namunaning uzunligi bo'yicha ko'ngdalang holda kesib olingan tolada donalararo chegaralar bo'ylama holda kesib olingan toladagiga nisbatan sezilarli darajada katta bo'ladi. Donalararo chegaralarda qo'shimchalar va nometall tashkil etuvchilar yig'iladi, masalan, oksid plyonkalari hosil bo'ladi. O'z navbatida, metallning mexanik xossasi ko'ngdalang va bo'ylama tola bo'yicha turlicha bo'ladi. Shuning uchun bosim ostida ishlov berib olingan yarim tayyor mahsulotlarni nazorat qilishda ularni «qismli» va «ko'ngdalang» namunalariga ajratamiz va ularda mos ravishda «qismli» va «ko'ngdalang» xossalar bo'ladi. Odatda, ko'ndalang kesimli namunalarda plastiklik va zarbiy qovushqoqlik ko'rsatkichlari qismliliga qaraganda kamroqdir.

Har bir kristallit anizotropen bo'lib, uning xossasi kristallografik yo'naliga bog'liqdir. Metallda tartibsiz yo'nalgan kristallar xossasi hamma yo'nalishlarda statik jihatdan o'rtalangan holati olinadi. bunday metalli kvaziizotropen deyiladi.

3.4. Qayta kristallanishga qadar yumshatishda strukturaning o'zgarishi

Metallga sovuq holda bosim bilan ishlov berish uni yuqori erkin energiyaga ega bo'lgan muvozanat bo'lmagan holatga olib keladi.

Metallga bosim bilan ishlov berilganda uni muvozanat bo'lmagan holatida Gibbs energiyasini oshishiga olib keladi. Puxtalangan metall o'z-o'zidan nisbatan muvozanat va kichik Gibbs energiyasiga ega bo'lgan holiga kelishga harakat qiladi. Qayta tiklanuvchi jarayonlar kristall panjaradagi nuqsonlarning umumiy miqdorini kamaytirishga va ularni nisbatan muvozanat bo'lgan konfiguratsiyalarga ega bo'lgan kristallitlarda qaytadan taqsimlashga harakat qilinadi. Bu jarayonlar atomlarini harakatlanishi orqali ro'y beradi, bunda temperatura juda muhim rolni o'ynaydi.

Ishlab chiqarishda ishlatiladigan juda ko'p metall va qotishmalarda, oson eriydiganlardan tashqari, qayta tiklanuvchi jarayonlarni faol olib borilishi va puxtalangan metallidagi Gibbs energiyasini kamaytirish uchun xona temperaturasida atomlarni harakatlanuvchanligi yetarli emas. Puxtalashni qisman yoki to'liq yo'qotish uchun qizdirish – sovuq holda bosim bilan ishlov berishdan so'ng yumshatish jarayoni amalga oshiriladi.

Sovuq holda deformatsiyalangan metallarda temperatura va yumshatish davomiyligiga qarab, turli struktura o'zgarishlari kechadi va ular qaytish jarayoni va qayta kristallanish jarayonlarga bo'linadi.

Puxtalangan metallni nisbatan kichik gomologik temperaturagacha (oddiy tozalikka ega bo'lgan metallar uchun $\sim 0.3 \times T_{cr}$) qizdirilgandan so'ng uni yorug'lik mikroskopi ostida kuzatilganda hech qanday deformatsiyalangan donaning shakli va o'lchamlarini o'zgarishi, yangi qayta kristallangan donalar hosil bo'lishi ro'y bermaydi. Lekin, shunday kristallanishga qadar yumshatish metallni ba'zi bir xossalari yetarli darajada o'zgarishiga olib keladi, rentgenostruktura tahlili, elektron mikroskop va boshqa usullar yordamida tadqiq qilishlar deformatsiyalangan donaning ichki tuzilishida o'zgarishlar borligini isbotladi.

Qayta kristallanish boshlanishiga qadar deformatsiyalangan kristallda zichlikni o'zgarishi va nuqsonlarni taqsimlanishi bilan o'z-o'zidan sodir bo'ladigan har qanday jarayonlar yig'indisi **qaytish** deb ataladi.

Agar qaytish deformatsiyalangan donaning ichida sub chegaralarini hosil qilmasdan va uni ko'chmasdan kechsa, **1-tur qaytishi** yoki **xordiq** deyiladi.

Agar qaytish deformatsiyalangan donaning ichida kichik burchakli chegaralar shakllantirib va ularning ko'chishi orqali kechsa **2-tur qaytishi** yoki **poligonizatsiyalash** deyiladi.

Xordiq – hamma hodisalar ichida eng kichik temperaturada puxtalangan metallni nisbatan muvozanat holatiga o'z-o'zidan o'tishi bilan bog'liq bo'lgan jarayondir. Xordiq bosqichida dislokatsiyalarni hamma harakatlanishi mahalliy xarakterga ega bo'ladi.

Xona temperaturasida alyuminiydan tayyorlangan folgani dislokatsion strukturasi elektron mikroskop yordamida kuzatish xordiq jarayonida dislokatsiyalarni uncha katta bo'lmagan holda qaytadan taqsimlanishi sodir bo'lishi va dislokatsiya zichligini aytarli darajada kamayib ketmasligini ko'rsatdi. Texnik metall va qotishmalarda dislokatsiyalar qo'shimchalar bilan bog'langan bo'ladi, u qo'shimcha ravishda dislokatsiyalarni xordiq temperaturasi intervalida harakatlanishini qiyinlashtiradi.

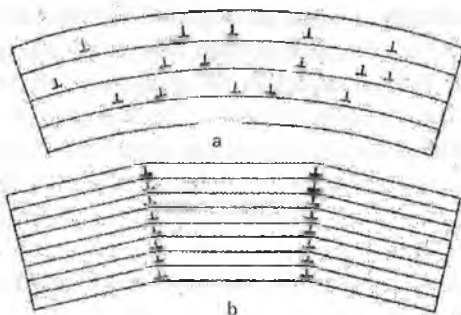
Dislokatsiya nazariyasi poligonizatsiyalash mexanizmini tushuntirib beradi. Kristallning qoldiq egilishi bir xil ishorali ortiqcha chetki dislokatsiyalarga bog'liq (3.3-rasm, a). Kristallning yuqorigi qirrasiga tegishli to'liq bo'lmagan vertikal ko'rinishdagi atom tekisliklari kristallni egilishiga majbur qiluvchi, ya'ni klinli tarzda ta'sir etadi.

Yumshatishda bir xil ishorali dislokatsiya qaytadan taqsimlanadi va devorga biri ikkinchisi ketidan qator bo'lib turadi (3.3.-rasm, b).

Egilgan kristalldagi dislokatsiya devori sirpanishi va dislokatsiyalarni sekin surilishi jarayonlarini o'zaro bog'liqligi tufayli hosil bo'ladi. Bir xil ishorali dislokatsiyadan iborat devor uncha katta bo'lmagan yo'naltirilgan panjaradagi qo'shni subdonalar chegarasini ajratuvchi kam burchakli chegara hisoblanadi. Shunday qilib, poligonalli chegaralarda subdonani qaytishi devorda dislokatsiyalarni ketma-ket joylashishi – kam burchakli chegaralar tufayli sodir bo'ladi. Bu holda qizdirish katta sondagi dislokatsiyalarni sekin surilishini faollashtirish uchun juda zarurdir. Poligonizatsiyalash uchun yumshatish temperaturasi hordiqqa nisbatan yuqori bo'lishi darkor.

3.5. Birlamchi qayta kristallanish jarayoni (qayta kristallanuvchi ishlov berish jarayoni)

Deformatsiyalangan matritsaga nisbatan mukammal hisoblangan poligonizatsiyalashgan strukturadan farqli ravishda qayta kristallangan dona matritsadan subdonaga o'xshab kam burchak bilan emas, balki ko'p burchakli chegara bilan ajratilgan. Bu farq prinsipial ahamiyatga ega bo'lgan holatdir.



3.3 - rasm. Poligonizatsiyalash sxemasi:

- a – egilgan kristallda chetki dislokatsiyalarni xaotik taqsimlanishi;*
b – poligonizatsiyalashdan keyin dislokatsiyalardan iborat devor.

Qayta kristallanuvchi donani katta burchakli chegarasini tez migratsiyasi tufayli deformatsiyalangan matritsani intensiv ravishda «eydi».

Dastlabki deformatsiyalangan donaning fazasi hisobiga ko'p burchakli chegaralar bilan o'ralgan nisbatan mukammal strukturaga ega bo'lgan donaning hosil bo'lishi va uning o'sishi jarayonini birlamchi qayta kristallanish yoki qayta kristallanish uchun ishlov berish deyiladi.

Qayta kristallanish kinetikasi faza o'zgarishlar kinetikasiga o'xshashdir.

Birlamchi qayta kristallanish kinetikasini tahlil qilishda faza o'zgarishlardagi kinetikaga o'xshab, qayta kristallanish markazlarini hosil bo'lish tezligi va chiziqli o'sish tezligi kabi parametrlarga tayaniladi. Qayta kristallanish markazlarini hosil bo'lish tezligi – birlik vaqt ichida birlik hajmda yuzaga keladigan qayta kristallanish donalari markazlarining sonidir. Chiziqli o'sish tezligi donalar chegarasini ko'chish, surilish tezligidir. Temperatura ortishi bilan ikkala parametr ham eksponentsial ko'rinishda oshadi.

Bir qancha vaqt mobaynida yangi donalar hosil bo'lmaydi yoki topilmaydi. Bu vaqtni inkubatsion davr deb ataladi. deformatsiya darajasi va yumshatish temperaturasi hamda metallning tozaligini oshishi bilan birlamchi qayta kristallanishdagi inkubatsion davr kamayadi.

Birlamchi qayta kristallanish kinetikasi qaytish kinetikasida keskin farq qiladi. Agar qaytish inkubatsion davrga ega bo'lmasa, boshlang'ich davrda tezlik maksimal bo'lsa, bu tezlik izotermik ushlab turish vaqtida uzluksiz kamayib boradi. Qayta kristallanishda esa buning aksi bo'lib, inkubatsion davrdan keyin tezlik noldan maksimal qiymatgacha oshadi, so'ngra kamayadi. Qayta kristallanish jarayonini sekinlashishi ko'p sonli yangi donalarni o'sishini to'xtashi ularni o'zaro to'qnashishi bilan tushuntiriladi. Birlamchi qayta kristallanishni termodinamik stimulgiga plastik deformatsiya vaqtida asosan dislokatsiya bilan bog'liq holda energiyani to'planishi kiradi. Birlamchi qayta kristallanishda dislokatsiya zichligini kamayishi to'plangan energiyani asosiy qismini ishlatilish uchun saqlab qoladi. Bu hol kalorimetrik tadqiqotlar natijasida aniqlandi.

Har qanday materiallarda va hamma sharoitlarda qayta kristallangan donani hosil bo'lishining bosh mexanizmi yuqori burchakli chegaralar bilan o'ralgan yuqori struktura mukammalligiga ega bo'lgan uchastkani shakllanishidir. Qayta kristallanish kurtaklari deformatsiyalangan donaning yuqori burchakli chegaralarni hosil bo'lishi uchun qulay bo'lgan joylarda shakllanadi. Ancha oldin, metallografik tahlil yordamida qayta

kristallangan dona deformatsiyalangan donaning chegaralarida hosil bo'lishi isbotlangan.

Termik ishlov berish rejimlarini ishlab chiqishda va boshqa maqsadlarda qayta kristallangan donani hosil bo'lishini boshlanishini nisbatan oddiy usullarda eksperimental yo'l bilan aniqlashni bilish kerak.

Juda ko'p amaliy masalalarni echishda shartli ravishda qayta kristallanishning boshlanishi yorug'lik mikroskopi yordamida birinchi navbatda, odatda nisbatan ochiq rangda bir xil o'qli donani deformatsiyalangan matritsaga kuchli reaktiv ettirilib nisbatan qoraygan joy fonida aniqlash mumkin.

Metallning tozaligi oshishi bilan qayta kristallanish chegarasi kamayadi:

Tozaligi Al, %	99,7	99,9	99,99	99,9992
T _{q.k.ch} °C.....	240	200	100	-45

A.A. Bochvar qayta kristallanish chegarasi va metallarni erish temperaturasi o'rtasida oddiy nisbat borligini isbotladi: hamma metallar uchun absolyut shkala bo'yicha erish temperaturasini ma'lum bir qismidagi temperaturada qayta kristallanish boshlanadi, ya'ni:

$$T_{q.k.ch} = (0,3 - 0,4) \cdot T_{er}$$

Bu formula bo'yicha 0,3 - 0,4 koeffitsient nisbatan yuqori texnik tozalikka (taxminan 99,99%) ega bo'lgan metallarga tegishlidir. O'ta toza metallar uchun $T_{q.k.ch} = (0,25 - 0,3) \cdot T_{er}$

A.A. Bochvar qoidasiga ko'ra, metallarni taxminan aniqlikda qayta kristallanish temperaturasini ularni ma'lum erish temperaturasi orqali baholash mumkin. Bu hol, qachon ma'lumotnomadagi ko'rsatkichlar yo'q bo'lganda zarur bo'ladi. Masalan, qo'rg'oshinni qayta kristallanish temperaturasini baholash mumkin: $(327+273) \cdot 0,4 - 273 = -33^{\circ}$.

3.6. Birlamchi qayta kristallanishda dona o'lchamining o'sishi

Qayta kristallangan donaning o'sishi deformatsiyalangan matritsa tomon chegaralarda juda tez ko'chishi (migratsiya) orqali sodir bo'ladi. Bunday ko'chishda harakatlanuvchi kuch vazifasini turli dislokatsiya zichligiga ega bo'lishi natijasida chegaradan ikki tomonda yuzaga keladigan kristallarning elastik energiyasining farqi o'taydi. Yig'uvchi qayta kristallanishdan farqli ravishda birlamchi qayta kristallanishda dona markazdan chetga qarab, ko'chadi. Harakatlanayotgan yuqori

burchakli chegara o'zining yo'lida panjaraning deformatsiyalangan matritsasiidagi nuqsonlarni «yuviz» ketadi, bunda nisbatan keskin dislokatsiya zichligi kamayishi oqibatida mukammal strukturani hajmini oshiradi.

Birlamchi qayta kristallanishda donalar chegarasini ko'chishini o'rtacha tezligi temperaturaga bog'liq bo'ladi:

$$x = x_0 \cdot e^{-Q/R \cdot T},$$

bu erda Q – ko'chish, migratsiya jarayonining faollashtiruvchi energiyasi.

Qayta kristallanishda yuqori burchakli chegaralarni ko'chishi bu tartiblanmagan yoki guruh atomlarini deformatsiyalangan donadan qayta kristallangan donaga o'tishi natijasi deb qaraladi. Chegaradan ikki tomonga joylashgan atomlar tebranma xarakat natijasida vaqt o'tishi bilan bitta donadan ajralib chiqib, boshqa donaga qo'shiladi. Bunday mexanizm o'zining tabiatiga ko'ra diffuziyali hisoblanadi.

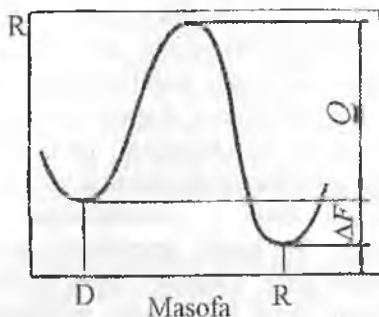
3.4-rasmda donalararo chegaradan atomlarni o'tishida erkin energiyani o'zgarishi tasvirlangan. Ko'rinib turibdiki, donalar chegarasini ikki tomonida dislokatsiya zichligini turlicha bo'lishligiga bog'liq ravishda erkin energiya ΔF ni farqi oqibatida atomlarni qayta kristallangan donadan deformatsiyalangan donaga o'tishi katta potentsial to'siqni bosib o'tishni talab qiladi ($Q + \Delta F$). O'z navbatida atomlarni deformatsiyalangan donadan qayta kristallangan dona yo'nalishiga o'tish chastotasi, teskari yo'nalishdagi holatdan katta bo'ladi va bu esa deformatsiyalangan donani qayta kristallangan dona tomonidan «eyish» deyiladi.

Deformatsiyalangan dona yo'qolgandan keyin ya'ni birlamchi qayta kristallanish tugagandan so'ng, erkin energiya kuchli ravishda kamayib ketadi, biroq qayta kristallangan donaning chegarasining yuzasida erkin energiyani kuchli tarzda ko'payib ketishi va bu chegaralarda muvozanatda bo'lmagan sirt tarangligini hosil bo'lishi natijasida struktura stabil bo'lmagan holatda qoladi.

Yuqori burchakli chegarani ko'chish yo'li bilan bitta qayta kristallangan donani boshqa qo'shni qayta kristallangan dona hisobiga o'sishiga yig'uvchi qayta kristallanish deyiladi.

Yig'uvchi qayta kristallanishning termodinamik stimulgiga donalar chegarasidagi erkin energiya kiradi, uni majburiy oshishi shartiga sirt tarangligini muvozanatda bo'lmaganligi hisoblanadi.

Yig'uvchi qayta kristallanishda dona ozmi yoki ko'pmi bir xilda kattalashadi va metallni donaning bitta o'rtacha o'lchamini qiymati bilan xarakterlash mumkin. Bunday donani o'sishiga normal o'sish deyiladi.



3.4 - rasm. Deformatsiyalashgan va qayta kristallangan donalar chegarasi orqali atomlarni o'tishida erkin energiyaning o'zgarish sxemasi.

Ma'lum bir sharoitlarda yumshatishdan so'ng struktura tahlil qilinganda juda ham ko'p bir xil o'lchamli nisbatan kichik o'lchamli donalar va juda ham kam miqdorda juda katta o'lchamli, ba'zi hollarda o'lchamlari bir necha santimetrgacha boradigan gigant o'lchamli donalar aniqlanadi. Bunday struktura donani bir tekisda o'smasligi oqibatida hosil bo'lib, uni **ikkilamchi qayta kristallanish** deyiladi. Bu jarayonda juda ko'p donalar juda sekin kattalashadi yoki amaliy jihatdan umuman o'smaydi, alohida ba'zi bir donalar katta o'lchamgacha oshib boradi, ular o'zini kichik donali muhitini «yeydi».

Ikkilamchi qayta kristallanish bu juda ko'p metall va qotishmalarga xos, donaning o'sishini kam bo'lmagan, maxsus hodisadir va buni qachonlardir donaning o'lchamini o'sishining anomal holati deb qaralgan.

Turli metallar va qotishmalarga ishlov berishning sharoitlari turlicha bo'lib, hattoki bir xilda qalinlikda bo'lmagan listda bir xilda bo'lmagan donaning o'sishi turli sabablar bilan ro'y berishi mumkin. Lekin, hamma holatlarda ham ikkilamchi qayta kristallanishning rivojlanishining majburiy shartiga matritsani stabillash bo'lib, ya'ni birlamchi qayta kristallanishda ko'p donalarning o'sishini kuchli tarzda tormozlaydigan jarayondir. Agar matritsa yaxlit stabillashgan bo'lsa, bunda alohida

donalarni o'sishi qandaydir sabab bilan tormozlanmaydigan bo'lib, ikkilamchi qayta kristallanish mohiyatini tashkil etadi. O'z navbatida, har bir aniq bir holat uchun ikkilamchi qayta kristallanish jarayonini tahlil qilish natijasida quyidagilar aniqlash lozim: birinchidan, nima uchun matritsa stabillashgan bo'ladi va ikkinchidan, alohida donalar hech qanday to'siqsiz, stabillashgan matritsani eb o'sishi kerak.

Qayta kristallangan matritsani stabillashning sabablari quyidagilar bo'lishi mumkin: a) chegaralardagi dispers zarrachalar yoki qo'shimchalarni segregatsiya qilish; b) «teksturali tormozlanish»; v) «qalinlik samarasi». Yuqoridagi sabablar eksperimental yo'l bilan isbotlangan.

Qayta kristallangan dona – yumshatilgan metallning muhim tavsifnomalardan biridir. Ma'lumki, yumshatish vaqti birlamchi qayta kristallanishning davom etish vaqtidan ortiq bo'ladi. Shuning uchun yumshatilgan metallning dona o'lchamiga birlamchi, yig'uvchi qayta kristallanishdagi omillar ta'sir qiladi.

Birlamchi qayta kristallanishning tugallanish momentida dona o'lchami markazlarni hosil bo'lish tezligi va ularning chiziqli o'sish tezligiga bog'liq bo'ladi. Markazlarni hosil bo'lish tezligi qanchalik katta va chiziqli o'sish tezligi shunchalik kichik bo'lsa, birlamchi qayta kristallanishning tugallanishining oxirida dona shunchalik maydaroq bo'ladi va aksi bo'lishi mumkin. Birlamchi qayta kristallanish jarayoni tugagandan so'ng yig'uvchi qayta kristallanish jarayoni sababli donani o'lchami kattalashadi. Shuning uchun donaning oxirigi o'lchamiga yana yig'uvchi qayta kristallanishda kristallarning chiziqli o'sish tezligi ta'sir qiladi.

Yumshatilgan metall donasining oxirigi o'lchamiga ta'sir qiluvchi omillarga quyidagilar kiradi: yumshatish temperaturasi va vaqti, deformatsiya darajasi, dastlabki dona o'lchami, qizdirish tezligi va kimyoviy tarkib.

Yumshatish temperaturasi oshishi bilan markazlarni hosil bo'lish tezligi va chiziqli o'sish tezligi oshadi. Agar ikkala ham parametr temperaturaga bog'liq ravishda bir xil darajada o'zgarsa, birlamchi qayta kristallanishdagi dona o'lchami yumshatish temperaturasiga bog'liq bo'lishi kerak emas. Agar temperatura oshishi bilan markazlarni hosil bo'lish tezligi chiziqli o'sish tezligiga nisbatan intensivroq bo'lsa, u holda dona o'lchami birlamchi qayta kristallanishning tugallanish momentida yumshatish temperaturasidan yuqoriroq, temperaturada kichiroq bo'ladi. Ikkala holat ham bir necha marta alyuminiy, alyuminiy qotishmalari, latun va boshqa qotishmalarni yumshatishda kuzatilgan. Yumshatish davomiyligini oshishi bilan dona o'lchami oshadi.

3.7. Metallarni qayta kristallanishiga qadar va qayta kristallanishdagi yumshatishda xossasini o'zgarishi

Puxtalangan metallning xossasi yumshatishda sovuq deformatsiyalashga qaraganda teskari yo'nalishda o'zgaradi, ya'ni aynan deformatsiyalashga qarshilikni ko'rsatkichlari (mustahkamlik chegarasi va oquvchanlik, qattqlik) kamayadi, plastiklik ko'rsatkichlari esa (nisbiy uzayish va torayish) oshadi. Metallni yumshatish temperaturasi va uning davom etish vaqtiga bog'liq ravishda turli struktura o'zgarishlari u yoki bu to'liqlikda ro'y beradi va o'z navbatida puxtalaniшни kamayishi ham turlicha kechadi.

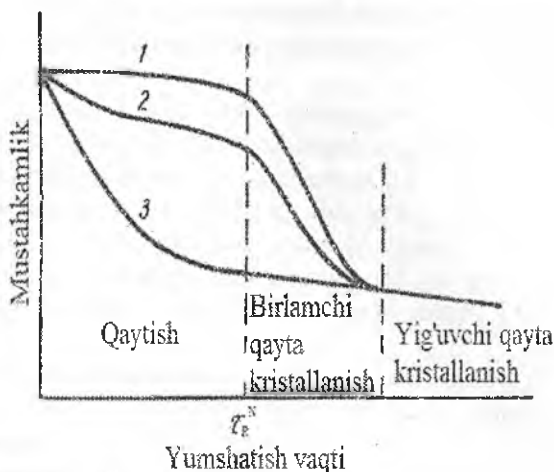
3.5-rasmda puxtalangan metallni mustahkamlik xossasini izotermik yumshatish vaqtiga qarab bog'liqlik sxemasi o'zgarishlarining uchta tipdagi holatlari tasvirlangan. Birlamchi qayta kristallanishni boshlanishiga qadar qachon faqat qaytish jarayoni yuz berayotgan inkubatsion davrda puxtalaniş amaliy jihatdan umuman kamaydi (1-egri chiziq), qisman kamayib boradi (2-egri chiziq) va so'ngra to'liq puxtalaniş olib tashlanadi (3-egri chiziq).

Metallarni qayta kristallanishiga qadar mustahkamlik xossasini o'zgarish xarakteri to'liqligicha qaytish kinetikasiga mos keladi. Qaytish vaqtini oshishi bilan mustahkamlik xossasining tezligi kamayadi. Agar qaytish tugandan so'ng ham mustahkamlik xossasi haligacha tiklanmaydi, va keyingi birlamchi qayta tiklanish to'liq ravishda puxtalanişni olib tashlaydi.

Qaytishda puxtalanişni saqlab qolinishi mis, nikel va kumush uchun xarakterlidir. Metallarni puxtalanişini birlamchi qayta kristallanish boshlangunga qadar qisman olib tashlanishi ba'zi bir hollarda alyuminiy, temir va titan qotishmalarini yumshatishda o'ta sezilarlidir.

Qayta kristallanishga qadar yumshatishda puxtalaniş hodisasi ko'pchilik mis va nikel qotishmalari uchun xarakterli bo'lib, ular nisbatan to'liq o'rganilgan. Puxtalaniş qattaligi qattiq eritmaning tarkibiga bog'liq. Juda ko'p qotishmalarni yumshatishda puxtalaniş samaradorligi qattiq eritmaning legirlash darajasini oshishi bilan oshadi.

Qayta kristallanishga qadar yumshatishda puxtalaniş tabiati turli qotishmalarda turlicha bo'ladi. Puxtalanişning umumiy sababi dastlabki sovuq deformatsiyalangan materialda xarakatlanuvchi dislokatsiyaning mustahkam joylashishi va yumshatish vaqtida poligonizatsiyalashda dislokatsion devorning hosil bo'lishi hisoblanadi.



3.5 – rasm. Doimiy temperaturada puxtalangan metallni mustahkamlik xossalarini yumshatishni kechish vaqti davomiyligini oshishi bilan.

O'z-o'zini tekshirish uchun savollar:

1. Qayta kristallanishdagi (rekristallizatsion) yumshatish nima?
2. Kristallanishga qadar yumshatishni ta'riflab bering.
3. Metallni sovuq holda ishlov berishda struktura va xossasini o'zgarishi haqida nimani bilasiz?
4. Puxtalanish (naklyop) deganda nimani tushunasiz?
5. Metall va qotishmalarning anizotropik xossasi haqida nimani bilasiz?
6. Qayta kristallanishga qadar yumshatishda struktura qanday o'zgaradi?
7. Hordiq nima?
8. Qaytish deganda nimani tushunasiz?
9. Birlamchi qayta kristallanish jarayoni (qayta kristallanuvchi ishlov berish jarayoni) haqida nimani bilasiz?
10. Birlamchi qayta kristallanish deganda nimani tushunasiz?
11. Yig'uvchi qayta kristallanish mohiyatini tushuntirib bering.
12. Ikkilamchi qayta kristallanish haqida nimani bilasiz?
13. Metallarning xossasi qayta kristallanishga qadar va qayta kristallanishdagi yumshatishda qanday o'zgaradi?

14. Qayta kristallanishga qadar yumshatishda rejim qanday tanlanadi?

15. Qayta kristallanishdagi yumshatishda rejim qanday olinadi?

16. Qayta kristallanishga qadar yumshatish qanday turlarga bo'linadi?

17. Qayta kristallanishdagi yumshatishning qanday turlarini bilasiz?

IV BOB. II - TUR YUMSHATISH

II (Ikkinchi) - tur yumshatish metall va qotishmalarni sovutishda diffuzion (normal) faza o'zgarishlarini qo'llanilishiga asoslangan.

Qotishmalarga II-tur yumshatishni prinsipial jihatdan qo'llash imkoniyatini holat diagrammasidan foydalanib belgilash mumkin. Qattiq holatda turli xil faza o'zgarishlari kechadi: polimorfli, evtektoidli, qizdirilganda bitta fazani boshqa fazada erishi va sovutilganda qaytadan bitta fazani boshqa fazadan ajralishi va boshqalar.

II-tur yumshatishni fazalar tarkibini to'la o'zgarishi orqali, ya'ni xona temperaturasida mavjud bo'lgan fazalar qizdirilganda yo'qoladi, yoki yuqori temperaturalarda stabil holatda bo'lgan fazalar sovutilganda yo'qoladi. Masalan, perlitni austenitga aylanishi va austenitni parchalanishi bilan perlit hosil bo'lishi.

Agar fazalar tarkibini o'zgarishi faqat qattiq holatda komponentlarni o'zgaruvchan erishi bilan bog'liq bo'lsa, u holda ortiqcha faza eriydigan asosiy faza past va yuqori temperaturalarda stabil hisoblanadi. Bunday turdagi qotishmalarni qizdirish va sovutishda fazalarni faqat miqdoriy nisbatlari (qizdirilganda ba'zi bir fazani to'liq yo'qolishi hisobga olgan holda) o'zgaradi. Misol tariqasida, $CuAl_2$ ni qizdirilganda alyuminiyli eritmaga o'tishi va uni ya'ni intermetallidni sovutilganda qattiq eritmadan ajralib chiqishini keltirish mumkin.

II-tur yumshatishni amaliy jihatdan maqsadga muvofiqligini, metall yoki qotishmalarning xossasiga struktura o'zgarishlari qanchalik kuchli ta'sir etishi aniqlab beradi. Uning maqsadli ishlatilishi turlicha bo'lib, joyiga qarab ishlatiladi.

II-tur yumshatishning asosiy parametrlariga quyidagilar kiradi: qizdirish temperaturasi, ushbu temperaturada ushlab turish vaqti va sovutish tezligi. Qizdirish temperaturasi va ushlab turish vaqti kerakli struktura o'zgarishlarini ta'minlab berishi kerak, masalan ortiqcha fazani to'la erishini ta'minlashi kerak. Sovutish tezligi etarli darajada kichik bo'lishi kerakki, past temperaturalarda teskari faza o'zgarishlari ro'y berishiga ulgirishi lozim. Bu jarayonlarning asosida diffuziya jarayoni yotadi. Odatda, buyumlarni yumshatishda, ular pech bilan birgalikda pechda yoki havoda sovushi lozim. II-tur yumshatish qattiq holatda faza o'zgarishlarini qo'llashga asoslangan.

4.1. Qattiq holatda faza o'zgarishlarining umumiy qonuniyatlari

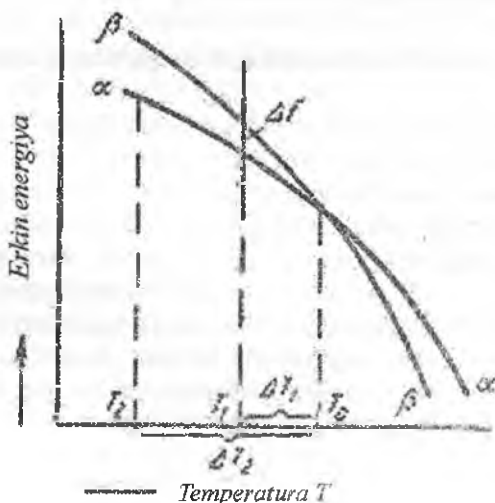
4.1.1. Faza o'zgarishlar termodinamikasi

Ma'lumki, doimiy temperatura va hajmda sistemada o'zi ro'y beradigan hamma jarayonlar erkin energiyani kamayishi tomonga qarab ketadi. Muvozanat holat erkin energiyaning minimal qiymati bilan xarakterlanadi. Erkin energiya (yoki izoxora-izotermik potensial) sistemaning xarakterlaydigan funksiyasi bo'lib, u quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$F = U - T \cdot S,$$

bu yerda U – ichki energiya; S – entropiya; T – absolyut temperatura.

Metall qotishmalarda qattiq holatda faza o'zgarishlari nisbatan uncha katta bo'lmagan hajmni o'zgarishi bilan ro'y beradi. Termodinamikaning birinchi va ikkinchi qonunlarining umumlashtirilgan tenglamalaridan $(\partial F/\partial T)_v = -S$ va $(\partial^2 F/\partial T^2)_v = -(\partial S/\partial T)_v < 0$ ko'rinishidagi, birinchi va ikkinchi hosilalar manfiy qiymatga ega. Bu bilan temperatura oshishi bilan har doim ham ichki energiya kamayishi ko'rsatiladi.



4.1-rasm. Ikki fazaning erkin energiyasini temperaturaga bog'liqligi.

Fazaning ichki energiyasining temperaturaga bog'liqligini ko'rsatuvchi egri chiziq temperatura o'qiga nisbatan egilganlik holatida bo'ladi (4.1-rasm).

Bir komponentli sistemadagi faza o'zgarishlarini, jumladan, metall-dagi polimorf o'zgarishlarni ko'rib chiqamiz.

Agar bir komponentli sistemaning ikki fazasi muvozanat holatida bo'lsa, bu fazalarning erkin energiyalari egri chiziqlari o'zaro kesishadi (4.1-rasm).

4.1-rasmdan ko'rinib turibdiki T_0 temperaturadan past temperaturada α faza β fazaga qaraganda kichik erkin energiyaga ega bo'ladi. Bunda sistema o'zining erkin energiyasini kamaytirishga harakat qiladi, sovutishda β faza T_0 temperaturadan past temperaturada α fazaga aylanadi.

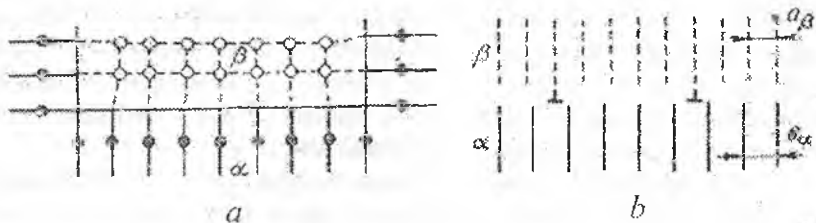
Sovutishdagi temperatura o'zgarishi qizdirishdagi teskari faza o'zgarishlari temperaturasidan pastroqda joylashgan bo'ladi. Bu hodisani **o'zgarishning issiqlik gisterезisi** deyiladi. Masalan, oq qalay kul rang qalayga faqat kuchli sovuqlikda aylanadi, lekin qalayning oq va kul rang modifikatsiyasining muvozanat temperaturasi $+13^{\circ}\text{C}$ ga teng. Ikki fazaning muvozanat turg'unligi temperaturasi (T_0) bilan sovutishdagi haqiqiy o'zgarish temperaturasi orasidagi farqqa **o'ta sovutish darajasi** (ΔF) deyiladi.

O'ta sovutish darajasi sovutish tezligi oshishi bilan oshadi.

4.2. Faza o'zgarishlarda fazalararo chegaralarni tuzilishining roli

Dastlabki fazaning donalar kurtagi chegarasidagi fazalararo energiya bu chegaralar tuzilishiga bog'liq. Fazalararo chegaraning uchta turi mavjud: **kogerent, yarimkogerent va kogerent bo'lmagan**.

Kogerent chegarada bitta fazaning chegarasi sekin-asta boshqa faza panjarasiga o'tadi (4.2-rasm, a), bu chegarada atomlar tekisligi uzilmaydi, faqat bir muncha egiladi. Elastik deformatsiya kogerentlikni ta'minlab, ikkita faza panjarasini asta-sekin yaqinlashtiradi va bularda atomlararo masofa har doim turlicha bo'ladi. Agar yangi faza dastlabki fazadan birk bo'lsa, kogerent deformatsiya asosan dastlabki fazaga moslashadi va buning aksi bo'lishi mumkin.



4.2-rasm. α va β fazalar kristallar orasidagi kogerentli (a) va yarimkogerentli (b) chegaralarini tuzilishi sxemasi.

Agar kristallararo ikkita faza kogerent chegaraga ega bo'lsa, u holda ikkala faza ham kogerent hisoblanadi.

Dona kurtagini o'lchami oshishi bilan ikkita faza panjarasining mos kelmasligining kompensatsiyasi yuzaga kelgan vaziyatda fazalarning hamma bo'linish tekisliklardagi kogerent deformatsiyasi natijasida emas, balki dislokatsiya hisobiga qisman energetik jihatdan qulay holatga keladi (4.2-rasm, b) Bu dislokatsiyani struktura yoki dislokatsiyalar mos kelmasligi deb ataladi. Bu fazalarning oraliqlarida ikki faza panjarasining kogerentligi saqlanadi. Bunday tuzilishga ega bo'lgan fazalararo chegara yarim kogerent deb ataladi. Panjaralarning mos kelmaslik darajasi qanchalik katta bo'lsa, yarim kogerent chegarada dislokatsiyalar zichligi shunchalik katta bo'ladi. Ikki faza panjarasining mos kelmasligi ko'p jihatdan strukturalarning dislokatsiyalari orasidagi masofani shunchalik kamaydiki, bunda har bir faza o'zining individualligini yo'qotishgacha boradi. Bunday fazalararo chegara kogerent bo'lmagan chegara deb ataladi.

Baholash hisoblariga muvofiq, kogerent chegaralardagi fazalararo energiya 200 Dj/m^2 , yarim kogerent chegaralardagi fazalararo energiya $200\text{-}500 \text{ Dj/m}^2$ va kogerent bo'lmagan chegaralardagi fazalararo energiya $500\text{-}1000 \text{ Dj/m}^2$ ni tashkil etadi.

Yo'naltirilgan o'zgarishlar umumiy qonuniyatlarga bo'ysinadi va uning mohiyati keng ma'noda P. D. Dankov qarashlarida ko'rsatilgan bo'lib, uni yo'naltirilgan va o'lchamga mos bo'lgan tamoyil deb qaralgan. U quyidagicha ta'riflanadi: «qattiq jismlar sirtidagi kimyoviy o'zgarishlar shu tariqa rivojlanib ro'y berishi kerakki, bunda dastlabki qattiq faza va yangi qattiq faza atomlarining konfiguratsiyasi saqlanishi lozim. «Ko'rsatilgan jarayonda yangi faza kristall panjarasi dastlabki faza kristall panjarasi bilan parametrlari bir-biridan minimal farq

qiladigan o'xshash kristall tekisliklar yaqinlashadi. Termodinamika nuqtai nazaridan ikki fazani qonuniyatli yo'nalishi sababi anizotrop muhitda «eski va yangi fazalar o'zaro yaqinlashgan, to'qnashgan tomonlarda joylashgan maksimal o'xshash atomlar minimum sirtqi energiyani ta'minlab beradi» (S.T. Konobeevskiy).

Yo'naltirilgan va o'lchamga mos bo'lgan tamoyil yoki qisqacha strukturaga moslik, yana bu Dankov – Konobeev tamoyili deb ham ataladi, kogerent faza hosil bo'lishida aniq ko'rinadi, lekin u yo'nalish va kogerent bo'lmagan dona kurtagini aniqlab beradi. Bu erdagi qonuniyatli yo'nalish kogerent bo'lmagan chegaradagi energiyani kamaytiradi.

Strukturaga moslik tamoyili yangi fazada qonuniyatli yo'nalgan cho'zilgan kristallarni hosil bo'lishini tushuntirib beradi. Shliflarda bular bir ikkinchisiga parallel holda yoki ma'lum burchak ostida joylashgan bo'ladi. Ushbu strukturani vidmanshtetten struktura deb atalib, avstriyalik tadqiqotchi A.Vidmanshtetten sharafiga 1808-yil birinchi bo'lib kuzatganligi uchun qo'yilgan.

4.3. Gomogen va geterogen fazalarning hosil bo'lishi

Dastlabki fazani hajmining turli joylarida tasodifiy ravishda yangi fazalarni hosil bo'lishiga gomogen fazalarni hosil bo'lishi deyiladi.

Gomogen fazalarni hosil bo'lishi mexanizmlaridan biri kritik kurtaklarni fluktuatsion paydo bo'lishi hisoblanadi. Fluktatsiyadagi energiya va miqdor xaotik issiqlik xarakati natijasi bo'lib, uning dastlabki fazaning turli joylarida hosil bo'lishi ehtimollik xarakteriga ega. Shuning uchun bunday fluktatsiyalar bazasida yuzaga keladigan dastlabki fazalar kurtaklari ham hajm bo'yicha taqsimlanishi ham tasodifiydir.

Donalarni gomogen hosil bo'lishning klassik nazariyasi bug' kondensatsiyasi va suyuqlarni kristallanishiga nisbatan rivojlangan. Bu hol avvalam bor ma'lum bo'lganki, yuqorida qayd etilgan jarayonlar idish yoki qolipning asosan devorlarida ro'y beradi.

Suyuq qotishmalarda odatda, har doim juda kichik kimyoviy tahlil yordamida nazorat qilib bo'lmaydigan qo'shimchalar – oksidlar, nitridlar, karbidlar, sulfidlar va boshqalar bo'ladi. Juda ko'p miqdordagi «begona» qo'shimchalar pilik vazifasini o'taydi va shuning uchun odatdagi sharoitlarda toza suyuq qotishmaning ichki hajmida donalarni gomogen o'z holicha paydo bo'lishi jarayonlari bilan emas, balki boshqa fazalar bilan sirt bo'linishiga ega bo'lgan donalarni hosil bo'lish

jarayoni bilan ish ko'ramiz. Shuning uchun donalar, fazalarning bunday hosil bo'lishiga geterogen hosil bo'lish deyiladi.

Fazalarning geterogen hosil bo'lishi donalarning kritik hosil bo'lishining klassik fluktuatsion nazariyasiga zid emas. Qo'shimchalarga ega bo'lgan dona kurtaklarining chegarasidagi sirt energiyasi suyuq eritmani chegarasidagi sirt energiyasidan kichik bo'lsa, u holda donalarni kritik hosil bo'lishiga ketgan ish kichik bo'ladi.

Qattiq holatda donalarni mumkin qadar hosil bo'lishi ma'lum bir joylarda qulay bo'lib, bunda dastlabki fazaning juda ko'p joylarida yuqori erkin energiyaga ega bo'ladi va u o'zgarishlarga imkoniyat yaratadi. Bu joylarga dastlabki fazaning donasi va subdonasi orasidagi chegaralar, boshqa fazalarning dispers qo'shimchalari, dislokatsiyalar va upakovka nuqsonlari kiradi.

4.4. Faza o'zgarishlarining kinetikasi

Qattiq holatda kristallanish jarayonlarini kinetikasi ikkita parametr - o'zgarishlar bo'ladigan markazlarning hosil bo'lish tezligi va bu markazlarning chiziqli o'sish tezligi bilan aniqlanadi. Yuqorida ko'rib o'tganimizdek, kristallanishning ikkala ham parametri o'ta sovutish darajasiga yoki o'ta qizishga bog'liq.

Ma'lum o'ta sovutish yoki o'ta qizishda faza o'zgarishlarining kinikasini kinetik egri chiziq orqali tasvirlash mumkin, bu egri chiziq vaqt bo'yicha yangi struktura tashkil etuvchilar sonini o'sishini ko'rsatadi (4.3-rasm).

Sovutishda ro'y beradigan o'zgarishlarning kinetik egri chizig'i quyidagicha quriladi. Namunani fazalar muvozanati nuqtasidan yuqori temperaturagacha qizdiriladi. Bunday temperaturada namuna uzoq muddat dastlabki faza holatida bo'ladi. So'ngra, namunani zudlik bilan fazalarning muozanat holatidan past temperaturaga ega bo'lgan termostatga o'tkaziladi, ya'ni termostatdagi temperatura ma'lum o'ta sovutish darajasiga mos keladi. Termostat bo'lib, tuzli yoki moyli vanna hamda erigan metallar vannasi ham xizmat qilishi mumkin.

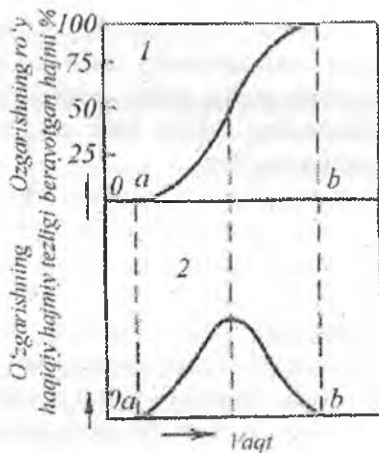
Namuna juda yuqqa, kichik bo'lishi kerak, chunki namuna termostat temperaturasini tezda olishi kerak. Termostatda joylashgan namunaning o'zgarish darajasini uning qandaydir xossasini, masalan magnit yoki elektr xossalarini o'garishi orqali kuzatish lozim. Yana, termostatdagi namunani ma'lum bir vaqt oralig'idan keyin toblash va uning xossasini

o'lchash yoki xona temperaturasida toblangan namunani mikrostrukturini o'rganish mumkin.

Qizdirishda ro'y beradigan o'zgarishlardagi kinetik egri chiziq analogik yo'l bilan quriladi. Bu holatda, dastlabki temperaturaga, ya'ni fazalarning muvozanat nuqtasidan past temperaturaga ega bo'lgan namuna zudlik bilan ma'lum bir o'ta qizish darajasiga mos keladigan temperaturaga ega bo'lgan termostatga joylashtiriladi.

Hamma izotermik kristallanish jarayonlari quyidagi kinetika orqali xarakterlanadi (4.3-rasm).

Dastlab, o'zgarish ro'y berayotgan hajm tezlashgan holda o'sadi, o'zgarishning oxirida esa ushbu hajm zudlik bilan sekinlashadi. Shunday qilib, doimiy temperaturada o'zgarishning haqiqiy hajmiy tezligi o'z holiha o'zgarishlar jarayonida o'zgaradi. Har bir vaqt momenti bo'yicha o'zgarishning haqiqiy hajmiy tezligi grafik yo'l bilan ya'ni tangens burchakni kinetik egri chiziqqa urinma qiyahk burchagi orqali aniqlanadi.



4.3-rasm. Doimiy temperaturada fazalar o'zgarishi kinetikasi: 1-kinetik egri chiziq; 2-haqiqiy hajmiy o'zgarish tezligining izotermik ushlab turish vaqtiga bog'liqligi; oa – inkubatsion davr; ab – to'liq o'zgarish vaqti.

Boshlang'ich davrda kichik hajmiy tezlikka ega bo'lishi uncha katta bo'lmagan o'zgarishlar markazlari sonini hosil bo'lishi va yangi struktura tashkil etuvchilarning kichik yuzaga ega ekanligi bilan tushuntiriladi. So'ngra, asta-sekin markazlar soni oshib boradi, yangi

tashkil etuvchilarning o'lchamlari va kristalla-nishning jamlangan yuza fronti oshadi, shuning uchun o'zgarishning hajmiy tezligi bu sirtning yuzasiga proporsional bo'lib, oshadi.

Lekin, bu tezlik vaqt o'tishi bilan uzluksiz o'sishi mumkin emas, izotermik ushlab turish darkor. Jarayonning sekinlashishi ayniqsa, o'zgarishning oxirida yaqqol ko'rinadi, bu hol o'sayotgan kristallar bir-biri bilan o'zaro to'qnashib, to'qnashgan joyida kristallar o'sishdan to'xtaydi.

Fazalar o'zgarishining kinetikasini A.N.Kolmogorov va I.L.Mirkin tomonidan matematik tahlil natijasida markazlar hosil bo'lish tezligi (n) va qayta kristallanishning chiziqli tezligining (s) doimiy qiymatlarida o'zgargan hajmni o'zgarish vaqtiga τ nisbatan quyidagi bog'lik olingan:

$$V(\tau) = V_0 - [1 - \exp(-1/3 \cdot \pi \cdot n \cdot c^3 \cdot \tau^4)],$$

bu yerda V_0 – dastlabki fazaning boshlang'ich hajmi.

Bu formula 4.3-rasmdagi 1 egri chiziqni xarakteriga mos keladi. Formulaning xulosasi shundan iboratki, yangi faza kristallari biri ikkinchisi bilan to'qnashmaguncha sferik shaklga ega bo'ladi.

Izotermik ushlab turish vaqtining eng boshlang'ich davrida o'zgarishlar kuzatilmaydi (4.3-rasm, oa – kesma).

Bu davmi **inkubatsion davr** deyiladi. Inkubatsion davrda hosil bo'lgan yangi kristallar soni shunchalik kamki, o'zgarishlar odatdagi tadqiqotlar usullari bilan qayd qilib bo'lmaydi. Inkubatsion davrning oxirini (4.3-rasmdagi a nuqta) – tadqiqot qilish usullari bilan qayd qilinishi mumkin bo'lgan holatdir.

4.5. Po'latlarni yumshatish. Legirlovchi elementlarning kritik nuqtalarga ta'siri. Austenitning hosil bo'lish mexanizmi

Po'latni yumshatish (2-tur yumshatish) – termik ishlov bo'lib, bunda bosh jarayon austenitlash va keyingi perlitli o'zgarishlar hisoblanadi.

Austenit hosil bo'lishdan avval dastlabki struktura α faza va karbiddan iborat aralashmadan tashkil topadi. Uglerodli po'latlarda austenit A_1 nuqtadan yuqori temperaturada 0,8% C ga ega bo'ladi, bu vaqtning o'zida ferrit dastlabki strukturada 0,02% C ga ega bo'ladi. Eksperiment natijalari asosida austenitning hosil bo'lish mexanizmi quyidagicha: birinchi bosqich – $\alpha \rightarrow \gamma$ polimorf o'zgarishi siljish mexanizmi orqali metastabil kam uglerodli austenit hosil bo'ladi; ikkinchi bosqichda hosil bo'lgan austenitda uglerod miqdorini oshirish, ya'ni uni karbid

zarrachalarini austenitda etishi tufayli muvozanat holatiga yaqinlash-tirish jarayoni kechadi.

Austenit kurtaklari hosil bo'lishida panjarani $\alpha \rightarrow \gamma$ ga polimorf o'zgarishining yuzaga keltiruvchi siljish mexanizmi quyidagi faktlarni ko'rsatadi: shlifning polirovka qilingan yuzalarida γ fazaning dastlabki uchastkalarida ninasimon shaklga ega bo'lgan austenit relefini hosil bo'lishi va $\alpha \rightarrow \gamma$ polimorf o'zgarishda dislokatsiyaning substrukturasi «nasldorligi» aniqlanadi.

Austenit kurtaklari ferrit donalari chegarasida hosil bo'ladi. Donali perlit strukturasi ega bo'lgan po'latlarda austenit kurtaklari ferrit donalari chegaralarida joylashgan karbid zarrachalari yaqinida hosil bo'ladi.

Evtektoidgacha bo'lgan po'latlarda austenitning dastlabki uchastkaları ortiqcha ferrit donalari va subdonalari va perlit koloniyalari chegaralarida hosil bo'ladi.

20 markali po'latdan tayyorlangan namunani 730°C temperatura-gacha qizdirib, 1 soat ushlab turgandan keyingi holatdagi avtoradio-grafiya natijalari asosida uglerodning to'g'ri chiziq bo'ylab taqsimlanishi ko'rsatilgan. Ushlab turish vaqtini oshishi bilan austenit uchastkalarini tarkibi aniq GS chizig'i bo'yicha muvozanat holatiga yaqinlashib boradi. Austenit donalari kurtaklarini o'sishining ikkita holatini tasavvur qilish mumkin. birinchi holatda austenit kurtaklari ferrit va karbid donalari bilan o'zaro kontaktda bo'lib, u bevosita o'suvchi austenit donalari tomonidan yutilib, singib boradi. Ikkinchi holatda austenit donalari ferrit donalari bilan to'liq o'ralgan bo'lib, γ / α chegarasi karbid zarrachasiga mos kelmaguncha karbid ferritda eriydi. Ikkala ham holatda yuqori voltli elektron mikroskop kolonnasida to'g'ridan-to'g'ri kuzatish perlit-austenitli o'zgarishlarning jadallashishini qayd qiladi.

Austenit hosil bo'lish markazlarining juda ko'p bo'lishi tufayli $\alpha \rightarrow \gamma$ polimorf o'zgarishlarning oxirida kichik austenit donasi shakllanadi. Bu austenit donasi odatda boshlang'ich austenit donasi deb atalib, uning o'lchami 10-20 mkm atrofida bo'ladi.

Temperatura oshishi bilan austenit kurtaklari markazlari hosil bo'lishi tezligi uning chizikli o'sish tezligiga nisbatan ko'proq oshadi va o'z navbatida austenitning boshlang'ich donasi kichikroq bo'ladi. O'z navbatida, yuqori temperaturagacha tez qizdirib va juda qisqa muddatda ushlab turish natijasida kichik donali austenitni olish mumkin, bu esa katta tezlikda qizdirib termik ishlov berishda juda muhimdir.

Austenitlashni tugallanishi bilan austenit donasi o'sishga moyil bo'ladi va uni harakatlanuvchi kuchi donalar chegarasidagi energiyalar hisoblanadi. Temperatura oshishi bilan austenit donasini o'sishi tezlashadi. Austenit donasini bir tekisda va notekis holatda o'sishi mumkin. Bu jarayonlarni aslida ikkilamchi qayta kristallanish deb atashimiz mumkin.

Sovutilganda austenit boshqa fazalarga o'zgaradi, aylanadi va uning o'lchami po'latlarning juda muhim tavsifnomasi hisoblanadi. Bu holat sekin va tez sovutishda po'latlarning struktura tashkil etuvchilari har bir austenit donasi me'yorida shakllanadi. Qanchali austenit donasi kichik bo'lsa, ortiqcha ferritning to'ri uning chegarasi bo'ylab kichik bo'ladi va o'z navbatida perlit koloniyalari o'lchamlari va keyinchalik hosil bo'ladigan martensit kristallari o'lchamlari ham kichik bo'ladi. Shuning uchun austenit yo'q bo'ladigan temperaturalarda austenitning kichik o'lchamli donasi kichik kristalli sinishga, austenitning katta o'lchamli donasi esa katta kristalli sinishga moyil bo'ladi. Austenitning turli o'lchamdagi donasi zarbiy qovushqoqlikka o'ta sezuvchan bo'lib, uning o'lchami kattalashishi bilan u kamayib ketadi. Sovuqlikdan sinish temperaturasi austenit donasi o'lchamini oshishi bilan oshadi.

Uglerodning gamma eritmada miqdori oshishi austenit donasi o'lchamini oshishiga olib kelishi mumkin. Austenitda o'ta katta miqdorda uglerod miqdorini oshishi austenit donasi o'lchamini o'sishiga qarshilik ko'rsatadi va bu sementit zarrachasini tormozlash ta'siriga ega ekanligi bilan tushuntiriladi.

Deyarli hamma legirlovchi elementlar austenit donasi o'lchamini o'sishini tormozlaydi. Faqat bundan marganets mustasno bo'lib, austenit donasi o'lchamini o'sishini tezlashtiradi. Austenit donasi o'lchamini kattalashishiga kuchli ta'sir qiladigan elementlarga quyidagilar kiradi: V, Ti, Al, Zr, W, Mo va Cr. Ni va Si esa yuqoridagi jarayonga kuchsiz ta'sir qiladi.

Legirlovchi elementlarning austenit donasi o'lchamlarining o'sishi ta'sir qilish sabablari austenitda qiyin eriydigan karbidlar, nitridlar va boshqa fazalarning hosil bo'lishi austenit donasining o'sishiga qarshilik ko'rsatuvchi barerlar vazifasini o'tashi bilan tushuntiriladi. Bu fazalarning dispersligi va ularning taqsimlanishi na faqat po'latni eritish va unga issiq holda ishlov berish sharoitiga balki dastlabki termik ishlov berishga (yumshatishga) ham bog'liqdir. O'z navbatida qizdiriganda po'lat donasini o'sishiga moyilligi uning asosiy komponentlarini tarkibi, metallurgik sifati, ishlab chiqarish texnologiyasidan tashqari dastlabki

termik ishlov berish holatiga ham juda katta bog'liq bo'ladi. Ana shundan kelib chiqib, nasldorligi katta donali va nasldorligi kichik donali bo'lgan po'latlar mavjud.

Shunday qilib, austenitni nasldorligiga bog'liq bo'lgan donasi va haqiqiy donasi mavjud. Nasldorligiga bog'liq bo'lgan dona standart sharoitda texnologik probalar yordamida olinadi va u po'lat donasi o'lchamini o'sishiga moyilligi bilan tushuntiriladi. Haqiqiy dona esa termik ishlov berish operatsiyasining u yoki bu turi natijasida hosil bo'ladigan donadir. Bu donaning o'lchami nasldorligi kichik yoki katta bo'lgan donaning o'lchamidan termik ishlov berishda 930⁰ C temperaturadan yuqori yoki past temperaturada qizdirilganda katta yoki kichik bo'lishi mumkin.

4.6. Sovutishdagi o'zgarishlar. Austenitni parchalanishi.

Hamma uglerodli va ko'pchilik legirlangan po'latlarni sovitishda austenit perlitli, martensitli yoki beynitli o'zgarishlar ro'y beradi. Qaytadan po'latlarni qizdirishda yana qayta ma'lum bir o'lchamli, shaklli austenit hosil bo'ladi. Austenit donasining kristallografik yo'nalishi birlamchi perlitli, martensitli yoki beynitli o'zgarishlardan oldingi dastlabki austenit donasiga o'xshash bo'ladi. Bunday austenit donasining o'lchami, shakli va yo'nalishi irsiyati nasldorlikdagi struktura deyiladi. Bu hodisalar chuqur keng ma'noda V.D. Sadovskiyning ishlarida o'rganilgan. Strukturadagi nasldorlikni namoyon bo'lishi po'latning dastlabki strukturasi va uning tarkibiga hamda qizdirish tezligi va austenitlanish temperaturasiga bog'liq. Agar po'lat qayta qizdirish orqali martensit yoki beynit strukturasi ega bo'lsa, u holda uning strukturadagi nasldorlik yanada yorqin namoyon bo'ladi. Ferrit-perlit strukturasi ega bo'lgan po'latda dastlabki austenit donasi odatda nasldorlikka o'rganilmaydi. Agar oldindan ana shunday po'lat o'ta qizdirilgan va austenit katta o'lchamli donaga ega bo'lsa, u po'latni qayta $A_{c3} + (30\div 50)$ temperaturagacha qizdirilsa, austenit ko'p joylarda paydo bo'lib, u mayda donali bo'ladi. Katta donali austenit donasi dastlabki vidmanshtetli strukturaga ega bo'lgan holda u o'rganiladi.

Martensitli, beynitli hamda vidmanshtetli strukturaga ega bo'lgan po'latlarning umumiy tomoni ularning kristallografik tartiblangan holati hisoblanadi. Yo'qolgan austenit donasi hajmida α faza plastinasi ma'lum bir kristallografik yo'nalishga ega bo'ladi. Po'latlarni qizdirishda γ fazaning kurtaklari o'z navbatida α faza plastinasiga

nisbatan qonuniy yo'naltirilgan bo'lib, natijada dastlabki austenit donasi hajmida A_3 nuqtadan unchali katta bo'lmagan tempe-raturada qizdirishda po'latda aniq bir austenit donasi shakllanib, uni qayta tiklangan dona deb ataladi.

Shunday qilib, po'latni qayta qizdirishda austenit donasini qayta tiklash uchun birinchi navbatda, sovitishda nasldorlikni hosil bo'lishi (har bir dastlabki austenit donasi hajmida α kristallarning kristallografik tartiblangan kompleksini hosil bo'lishi) va ikkinchidan, po'latni keyinchalik qizdirishda nasldorligini namoyon bo'lishiga (ko'rsatilgan α kristallar kompleksini bir qayta tiklangan austenit donasiga o'tishi) erishishdan iborat.

Agar po'latni sovitishda austenitda perlitli o'zgarish kechsa va vidman-shtetatti struktura hosil bo'lmasa, hosil bo'lgan ortiqcha ferrit donasi va perlit koloniyasi dastlabki austenit donasi panjarasiga nisbatan ma'lum bir aniq kristallografik yo'nalishga ega bo'lmaydi. Bu holda perlit koloniyasi va ortiqcha ferrit donasi har bir dastlabki austenit donasi hajmida bir butun yaxlit kristallografik tartibli kompleks hosil qilmaydi, keyinchalik po'latni qizdirishda uning ichida juda ko'p bir-biriga nisbatan turli yo'nalgan austenit kurtaklari hosil bo'ladi va uning donasi dastlabkisiga nisbatan mayda bo'ladi.

A_3 nuqtadan yuqori temperaturada po'lat qizdirilganda dastlab austenitning katta donaligi tekshirildi, keyinchalik temperatura va ushlab turish vaqtini oshishi ba'zi hollarda qayta tiklangan austenit donasi kattalashishi o'rniga maydalashadi. Hech qanday faza o'zgarishlari bo'lmaydigan holda temperaturalar oralig'ida bunday donaning maydalashishi har bir qayta tiklangan austenit donasining o'rniga juda ko'p sonda yangi austenit donalarining hosil bo'lishi oqibatida hosil bo'ladi. Strukturaning qayta kristallanish jarayoni tashqi belgilari, fizik mohiyati jihatidan qayta kristallanuvchan hisoblanadi. Faqat, odatdagi birlamchi qayta kristallanishdan farqli ravishda, donalarning kerakli holda shakllanishi uchun yuqori dislokatsiya zichligi metallni tashqi kuchlar ta'sirida deformatsiyalanishi natijasida hosil bo'ladi va ko'rib turilgan holat uchun dislokatsiyaning yuqori zichligi ichki fazalarning puxtalanishi (naklyopi) orqali vujudga keladi.

Fazaning puxtalanishi (naklyopi) – faza o'zgarishlar jarayonida yangi fazalarning dislokatsiya zichligining yuqoriligidir. Dislokatsiya zichligining yuqoriligi u eski va yangi fazalarning solishtirma hajmining farqi natijasida har qanday faza o'zgarishlarda hamda martensit o'zgarishlarda ham hosil bo'ladi.

Shunday qilib, po‘latni strukturadagi nasldorligi namoyon bo‘lgandagi mayda donali strukturasi shakllanishining ikkita bosqichi bor. Birinchi bosqich – dastlabki austenit donasi hajmida α faza kristallarining kristallografik tartiblangan kompleksidan tashkil topgan yuqori dislokatsiya zichligiga ega bo‘lgan γ fazaning qayta tiklangan donasining hosil bo‘lishi bo‘lsa, ikkinchi bosqich - γ faza kristallarining hosil bo‘lishi va nisbatan har tomonlama o‘sishi, ya‘ni strukturadagi nasldorlikni yo‘qotishga olib keladigan qayta kristallanish jarayonini hosil bo‘lishi hisoblanadi.

Faza o‘zgarishlarini tugallanishi va austenitning birlamchi qayta kristallanishi temperaturalar intervallari bo‘yicha o‘nlab va yuzlab graduslar bo‘yicha bo‘linadi. Masalan, 35L uglerodli po‘latdan tayyorlangan quyma katta donali vidmanshtetlatli strukturaga ega bo‘ladi, uni odatdagi 850°C temperaturagacha qizdirilganda dastlabki austenit donasi qayta tiklanadi, agar 900 – 960°C temperaturagacha, ya‘ni A_{c3} dan 100 – 150°C temperaturagacha qizdirilganda dona maydalanadi va dastlabki quyma holatdagi strukturaning nasldorligi yo‘qotiladi. Agar po‘latda ferrit plastinasining vidmanshtetlatli strukturasi qanchalik ko‘p bo‘lsa, strukturali qayta kristallanish temperaturasi shunchalik katta bo‘ladi.

Legirlangan po‘latlarning strukturadagi nasldorligini bartaraf etish uchun uglerodli po‘latlarga nisbatan qizdirish temperaturasi A_{c3} dan aytarli darajada katta bo‘lishi lozim. Masalan, 20X13L markali po‘latdan tayyorlangan quymadagi katta donali strukturani to‘g‘rilash uchun bu po‘lat markasini 1100 – 1150°C temperaturagacha, ya‘ni A_{c3} dan taxminan 300°C temperaturagacha yuqori temperaturada qizdiriladi.

Dastlabki austenit donasi unchali katta bo‘lmagan qizdirish tezligida (gradusni minutga nisbatida) ya‘ni odatdagi pechda qizdirishda o‘rganiladi. Qizdirishni tezlashtirish bilan dastlabki austenit donasini tadqiq qilish bo‘shashadi.

4.7. Austenitning izotermik parchalanish diagrammasi

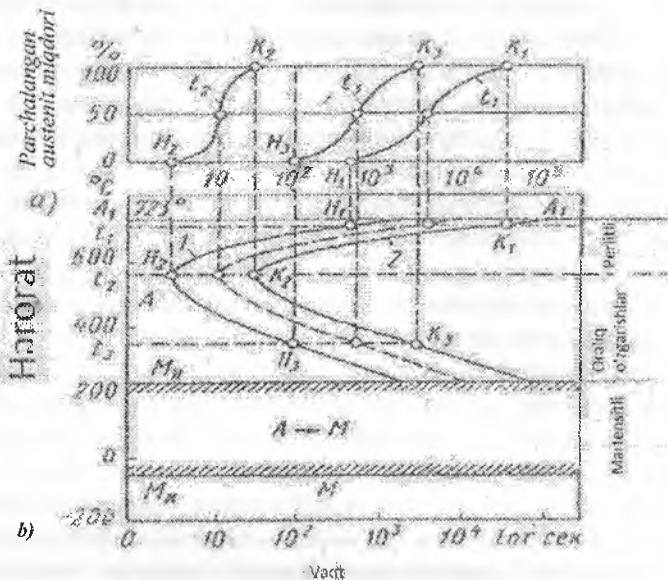
O‘ta sovutilgan austenitni izotermik parchalanish jarayoni va mexanizmi amaliy jihatdan bir qancha usullar yordamida tadqiq qilish mumkin. ularga quyidagilar kiradi: metallografik, magnit, dilatometrik va boshqalar.

Metallografik usulda austenit strukturasi olish uchun po‘latdan tayyorlangan namunalar kritik nuqtadan yuqori temperaturagacha qizdiriladi va so‘ngra ma‘lum bir temperaturagacha qizdirilgan tuzli

yoki qo'rg'oshinli vannada sovutiladi. Berilgan temperaturada namunalari turli vaqtlarda ushlab turiladi va keyin oxiri suvda sovutiladi. Shundan so'ng ulami mikrostrukturasi tadqiq qilinadi va qattiqlikka sinaladi. Tadqiqot natijalari po'latdan tayyorlangan namunalarni vannada turli ushlab turish vaqtlarida austenitning parchalanish darajasini aniqlash imkonini beradi. Vannada sovutilganda parchalanmagan austenit suvda sovutilganda martensitga aylanadi.

Magnit va dilatometrik usullarda izotermik o'zgarishlarni kuzatish namunani magnitlanishini yo'qotish intensivligi yoki uzayishini uzluksiz qayd qilish bilan amalga oshiriladi. Diagrammaning yuqori qismida parchalangan austenit miqdori – vaqt koordinatalarida, diagrammaning pastki qismida esa temperatura – vaqt koordinatalarda austenitning parchalanish miqdori tasvirlangan (4.4-rasm). Diagrammada tasvirlangan chap tomondagi egri chiziq austenitni etarli darajada parchalanishiga qadar vaqtni, o'ng tomondagi esa berilgan temperaturada austenitni to'liq parchalanishi uchun kerak bo'ladigan vaqtni ko'rsatadi (4.4-rasm). M_b gorizontal chiziq diffuziyasiz martensitli o'zgarishlar boshlanishi temperaturasini ko'rsatadi. Austenitni martensitli o'zgarishlar chizig'idan yuqorida parchalanishi birdaniga boshlanmasdan, parchalanishni boshlanish egri chizig'igacha bo'lgan masofaga teng bo'lgan bir qancha vaqt oralig'ida amalga oshadi. Parchalanishga qadar oraliq vaqt **inkubatsion davr** deb ataladi. Inkubatsion davrning qiymati turli temperaturalarda turlicha bo'ladi. Uglerodli po'latlar uchun 550 – 600° C temperaturada inkubatsion davr 1 – 3 s ga teng bo'lsa, nisbatan yuqori yoki past temperaturalarda esa uning qiymati minut yoki soatlarga yetadi. Austenitni izotermik parchalanish diagrammasidagi egri chiziq C harfi shaklida bo'ladi va uni ko'pincha C – shaklli egri chiziq deb ataladi. Austenitni parchalanishining boshlanishi uglerod miqdori eng ko'p bo'lgan donalar chegarasi va sementit kurtaklari hosil bo'lishi mumkin bo'ladigan joylarda yuz beradi.

Perlit alohida koloniyalar ko'rinishida ferrit va sementit plastinalari aralashadigan joylarda hosil bo'ladi. Bu holat birinchi bo'lib N. I. Belyaev tomonidan ko'rsatilgan. Ferrit va sementitning plastikasimon ko'rinishida ajralishi donalar chegarasidan boshlab austenitni ichkarisiga qarab o'sib boradi. Qandaydir omillar (strukturadagi nuqsonlar) ta'sirida sementit plastinalari yo'nalishini (orientatsiyasini) o'zgarishi oqibatida birinчисiga nisbatan burchak ostida yangi perlit koloniyalari hosil bo'lishi mumkin.



4.4-rasm. 0,8 % C ga ega bo'lgan po'latlar uchun o'ta sovutilgan austenitning izotermik o'zgarish diagrammasini qurish: a – kinetik egri chiziqlar; b – austenitning izotermik o'zgarish diagrammasi.

Ferrit va sementit orasida ikki yo'naltirilgan (orientatsiyalangan) nisbatdan bittasi albatta saqlanadi.

Austenitni perlitga aylanishi natijasida hosil bo'ladigan erkin energiya ferrit va sementit orasidagi sirt ajrahdoshini o'sishini hosil bo'lishiga ketgan energiyani o'rinni qoplash uchun etarli bo'lib, S_0 o'ta sovutilgan temperatura ΔT ga teskari proporsional

$$S_0 = \frac{2T_0}{\rho Q \Delta T}$$

bu yerda Q – birlamchi massani o'zgarishida issiqlik samarasi (effekti),

T – eutektoidli o'zgarish temperaturasi;

O – eutektoiddagi sirtni ajaratuvchi solishtirma energiya;

P - zichlik.

Plastinkalar orasidagi masofa S_0 juda ko'p hollarda asosan legirlovchi elementlar miqdoriga bog'liq bo'ladi. Perlit markazlari ko'ngdalang yo'nalishida o'sib borishi mumkin. Bunda ferrit plastinkasi sementitga nisbatan 7-8 marta katta. Agar o'zgarishlar $700 - 650^{\circ} \text{C}$ temperaturalar intervalida ro'y bersa, plastinkalar orasidagi masofa 0,5-1 mm ni tashkil etadi. Bunday strukturani perlit (uning qattiqligi HB180-240) deb ataladi. $650 - 600^{\circ} \text{C}$ temperaturagacha o'ta sovuqlashtirilsa, plastinkalar orasidagi masofa 0,25 mkm ni tashkil etadi. Bunday strukturani shartli ravishda sorbit (uning qattiqligi HB250-350) deb ataladi. O'ta sovuqlashtirish temperaturasi yanada ortsa va plastinkalar orasidagi masofa 0,1 mkm ni tashkil etsa, bunda hosil bo'lgan strukturani troostit (uning qattiqligi HB400-500) deb ataladi. Perlit, sorbit va troostitlar turli disperslik darajasidagi perlit hisoblanadi.

Evtektoidgacha bo'lgan po'latni A_3 nuqtadan past temperaturagacha uncha katta bo'lmagan holda sovuqlashtirganda avallam bor ferrit hosil bo'lsa, evtektoiddan keyingi po'latda sementit hosil bo'ladi. Ferrit va sementit kurtaklarini hosil bo'lishi asosan austenit donalari chegarasida sodir bo'ladi va bu holatda yangi fazalarning kristallanish markazlari kurtaklari hosil bo'lishiga sarflangan ish kamayadi va yuqori energiyaga ega bo'lgan donalar chegarasidagi umumiy yuzani kamaytirish mumkin.

Odatda evtektoiddan keyingi po'latlarda o'zgarishlarning boshlang'ich davrida austenit donasining chegarasida ikkilamchi faza – sementitning yuqqa uzluksiz to'ri paydo bo'ladi. Izotermik ushlab turish vaqti yoki qotishmani sekin sovuqlashtirganda ro'y beradigan jarayonlarda hosil bo'lgan to'ri saqlash yoki bo'limlarga bo'lish keyinchalik sferoidlash matritsa yuzasini bo'linish chegarasidagi solishtirma erkin energiya – ajralgan faza va matritsa – matritsa nisbatlarida aniqlanadi. Turg'un sementit to'riga ega bo'lgan po'latni shartli ravishda sementit shakliga qarab normal deb atashimiz mumkin, donalar chegarasida hosil bo'lgan sferoidlangan sementitni sementit shakliga qarab, abnormal deb ataladi. Izotermik ushlab turish vaqtini oshirish bilan sementit atrofida ferrit ajralib chiqadi. Keyingi austenitni parchalanishi sementit va ferritni alohida (mustaqil) ravishda o'sishi oqibatida sodir bo'ladi. Austenitning to'liq parchalanishi abnormal strukturani hosil bo'lishi bilan tugallanadi.

Evtektoidgacha bo'lgan po'latlarda uncha katta bo'lmagan darajada o'ta sovuqlashtirganda boshlanishida ortiqcha ferrit ajralib chiqadi. Austenit uglerod bilan evtektoidgacha miqdorda boyidi. Austenitdan evtektoidli miqdorda ortiqcha ferrit mavjud bo'lgan joyda, ferritni ajralishi kuzatiladi. Ferrit uchastkalarini o'sishi austenitning chegara

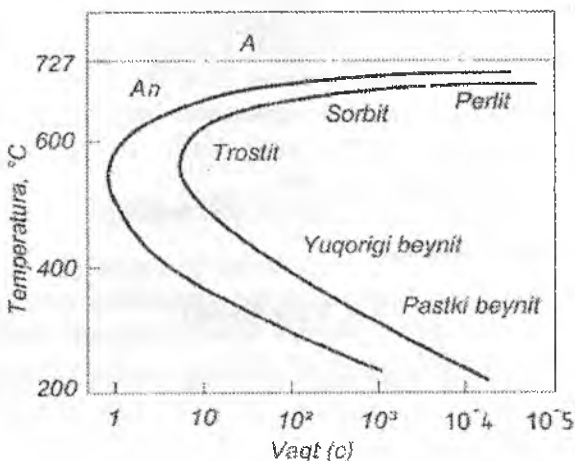
uchastkalarini uglerod bilan mahalliy boyishiga olib keladi. Tsementitni hosil bo'lish imkoniyati tug'iladi. Keyinchalik ushlab turish vaqti ferrit va sementitni asosli o'sishiga olib keladi. Tsementitni o'sishi ferrit atrofida ro'y beradi. Uglerod atomlari austenit chegarasidan ferritga o'tadi. Uglerod atomlarini 720-600⁰ C temperaturada shunday etarli masofaga ko'chishi ferritdagi uglerodning yuqori diffuziya tezligi orqali ro'y beradi. 700⁰ C temperaturada ferritdagi uglerodning diffuziya koeffitsienti 900⁰ C temperaturada austenitdagi uglerodning diffuziya koeffitsientiga nisbatan 19 marta katta. Ferrit va strukturasi erkin bo'lgan sementitdan iborat maxsus fazalar qorishmasi hosil bo'ladi. Ortiqcha ferritni ajralib chiqqandan so'ng o'ta sovutish darajasini oshishi boshlanishida sementit kurtaklarini hosil bo'lishi, keyinchalik perlit koloniyalari kurtaklarini paydo bo'lishiga olib keladi. Perlit koloniyalarining kristallanish tezligi alohida ferrit va sementit kurtaklarini o'sish tezligidan katta bo'ladi. Shuning uchun keyinchalik ushlab turish vaqtlarida austenitning parchalanishi perlitli o'zgarishlar hisobiga ro'y beradi.

4.8. Po'latdagi perlitli o'zgarishlarga legirlovchi elementlarning ta'siri

Po'latlarni yumshatishda sovutilish vaqtida kechadigan asosiy o'zgarishlarga – austenitning ferrit va karbidli qorishmaga austenitni evtektoidli parchalanish jarayoni kiradi. Austenitning izotermik o'zgarish diagrammasida C – shaklli egri chiziq bilan evtektoidli o'zgarishlar kinetikasi tasvirlangan (4.5-rasm).

C – diagramma quyidagi tarzda quriladi. Po'latdan tayyorlangan kichik namunalar to'liq austenitizatsiyalash temperaturasigacha qizdiriladi va so'ngra tezda kritik nuqtadan past bo'lgan temperaturaga ega bo'lgan termostatga (tuzli vannaga) solinadi. Berilgan temperaturada austenitning parchalanishini boshlanish va oxiri temperaturasi bir qancha usullar yordamida aniqlash mumkin. Mikrostrukturali tahlil – eng sodda, shu bilan birga ishonchli, lekin mehnat ko'p talab qiladigan usuldir. Namunalar termostatda turli vaqtlarda ushlab turilgandan so'ng suvda toblanadi. Izotermik parchalanmagan austenit martensitga aylanadi va mikroskop ostida ko'rilganda parchalangan austenit mahsulotdan yaxshigina farqlanadi.

Austenitni evtektoidli o'zgarishida solishtirma hajm oshadi, elektr qarshilik kamayadi va po'lat paramagnit holatidan ferromagnit holatiga o'tadi.



4.5-rasm. Evtetoidli po'latlar uchun austenitning izotermik o'zgarishi diagrammasini qurish:

A – turg'un mypzyu austenit; An – o'ta sovutilgan austenit; F – ferrit; K – karbid.

727°C temperaturada austenit ferrit va sementit qorishmalari bilan birga termodinamik turg'un muvozanat holatida bo'ladi. Austenit parchalanishni boshlashi uchun po'latni 727°C temperaturadan past temperaturada sovutish kerak.

O'ta sovutilgan austenitning turg'unligi inkubatsion davr ya'ni vaqtlar oralig'i bilan xarakterlanadi. Evtetoidli po'latlarda 550°C yaqin temperaturada o'ta sovutilgan austenit nisbatan turg'un hisoblanadi.

Inkubatsion davrda o'ta sovutilgan austenitda uglerodni qaytadan taqsim-lashning tayyorlov jarayonlari kechadi.

Perlit alohida markazlardan koloniyalar ko'rinishida o'sadi. Perlit koloni-yalarini kurtaklari bo'lib, austenit donalari chegarasida oson hosil bo'ladigan yoki sementit, yoki ferrit bo'lishi mumkin. Tsementit plastinkalarini yo'g'onlashishi natijasida unga yaqin turgan austenit uglerod bilan qo'shilib, $\alpha \rightarrow \gamma$ polimorf o'zgarishlar yo'li bilan sementit

plastinkalariga tutashuvchi ferrit plastinkalari hosil bo'lishi sharoiti tug'iladi. Amaliy jihatdan uglerodga ega bo'lmagan ferrit plastinkalari yo'g'onlashganda u austenitga yaqinlashib, uni surib, natijada yangi sementit plastinkalari hosil bo'lishi uchun qulay sharoit yaratadi va hakoza. Bunday ko'p martali o'zgaruvchan ferrit va sementit plastinkalarini paydo bo'lishi - evtektoidli koloniyalarining yon tomonga o'sishining birdan-bir imkoniyati emas. Evtektoidli koloniyalarning yon tomondan o'sishining boshqa eksperimental belgilangan mexanizmiga ikkala faza plastinkalarini shoxlashi kirib, u tekis parallel, veer strukturani shakllanishiga olib keladi.

Ferrit va sementit plastinkalarini yon tomonga o'sishidan tashqari tortsli o'sishi ham kuzatiladi.

4.9. Yumshatish

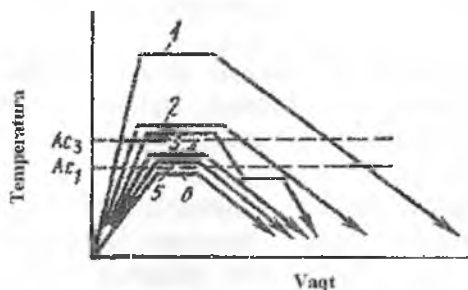
Quyish, prokatlash, bolg'alash va boshqa ishlov berishlardan so'ng zagotovka notekis soviydi. Natijada bir jinsli struktura hosil bo'lmaydi, turli joylarida zagotovkaning xossalari turlicha bo'ladi, ichki kuchlanishlar paydo bo'ladi. Bundan tashqari likvatsiya tufayli quymaning kimyoviy tarkibi ham bir xil bo'lmaydi. Bu nuqsonlarni yo'qotish uchun termik ishlov beriladi, unga yumshatish va normallashtirish kiradi.

Yumshatish zagotovka yoki buyumni kerakli temperaturagacha qizdirish, shu temperaturada ushlab turib, so'ngra asta-sekin sovitishdan iborat: uglerodli po'latlar soatiga 200°C, legirlangan po'latlar esa soatiga 30-100°C tezlik bilan sovutiladi. Bunda qoldiq kuchlanishsiz barqaror struktura olinadi.

Yumshatishdan maqsad ichki kuchlanishlarni yo'qotish, strukturaning bir xil bo'lishiga erishish, ishlov berishni yaxshilash hamda keyingi termik ishlov berish operatsiyasiga tayyorlashdan iborat.

Qanday xossali po'lat olinishiga qarab, turli xil yumshatish usullaridan foydalaniladi (4.6-rasm); 1-diffuzion yumshatish; 2-to'la yumshatish; 3-izotermik yumshatish; 4-chala yumshatish; 5-sferoidlovchi yumshatish; 6-rekristallazitsion yumshatish.

Diffuzion (gomogenlovchi) yumshatishdan po'lat va shakldor quy-malarning kimyoviy ko'p jinsligini kamaytirish uchun foydalaniladi. Ayniqsa legirlangan po'latdan olingan quymalar bir xil tuzilishga ega emas. Tuzilishining bir xil emasligi, karbidli va dendritli likvatsiyalar tufayli bo'ladi, chunki karbidlar hosil bo'ladigan joylarda yoki dendritlarning o'rta qismida legirlovchi elementlar to'planadi.



4.6-rasm. Turli xil yumshatish tartiblari.

Quymalaming kimyoviy tarkibini bir xillashtirish uchun, ular yuqori temperaturagacha qizdiriladi, bunda elementlar atomlarining xarakati juda tezlashadi. Natijada atomlar kimyoviy elementlar ko'p to'plangan joylardan kamroq joylarga suriladi. Bunday diffuziya tufayli quymaning hajmi buyicha kimyoviy tarkibi tekistanadi.

Po'lat 1000-1100°C temperaturagacha qizdiriladi, shu temperaturada 10-20 soat mobaynida tutib turiladi, so'ngra 600-650°C gacha sekin sovitiladi (4.6-rasm, 1-egri chiziq). Diffuzion yumshatimda po'lat donachalari o'sadi, bu nukson mayda donacha hosil bo'lguncha qayta yumshatish (to'la yumshatish) bilan yo'qotiladi. Po'lat yuqori mexanik xossalarga ega bo'ladi.

To'la yumshatishdan (4.6-rasm, 2-egri chiziq) (zarralarni) donachalarni maydalashtirish va ichki kuchlanishlarini yo'qotish maqsadida evtektoidgacha bo'lgan po'latlar uchun, asosan pokovka va quymalarga issik holda bosim ostida ishlov berilgandan keyin foydalaniladi. Bunga po'latni yuqori kritik nuqta A_{c3} dan 30-50°C yuqori temperaturada qizdirib, sekin sovitish bilan erishiladi. To'la yumshatishda po'latning qattiqligi va mustahkamligi kamayadi, strukturasi birmuncha yaxshilanadi va plastinkasimon perlit hosil bo'ladi.

Po'lat A_{c3} temperaturadan yuqori temperaturada qizdirilganda perlit austenitga aylanadi. Bu quyidagicha sodir bo'ladi: boshlang'ich bosqichda austenitning mayda kristallari paydo bo'ladi, ular esa temperatura ko'tarilishi bilan o'sadi. Temperatura A_{c3} dan ozgina (30-50°C) ko'tarilganda austenitning hosil bo'lgan kristallari hali mayda bo'ladi. Keyinchalik A_{c1} dan past temperaturagacha sovitilganda ferrit-perlit turdagi bir jinsli mayda zarrali struktura hosil bo'ladi. Bunda bitta austenit donasi (zarrasi) chegarasida bir necha perlit zarralari hosil

bo'ladi. Ular o'zlari hosil bo'lgan austenit zarralaridan ancha mayda bo'ladi.

Uglerodli po'latlardan tayyorlangan detallarni qizdirish temperaturasi holat diagrammasida (4.7-rasm), legirlangan po'latlar uchun ma'lumotnoma jadvallarida keltirilgan, ularning kritik nuqtalari Ac_3 holatiga qarab aniqlanadi.

Chala yumshatish quyidagidan iborat: po'lat SK chizig'idan $30-40^\circ C$ ga yuqoriroq temperaturagacha, taxminan $750-760^\circ C$ gacha qizdiriladi. Asbobsozlik uglerodli po'latlar uchun yumshatish birdan-bir termik ishlov berish usuli hisoblanadi. Bunda donador (zarrali) perlit hosil bo'ladi, natijada po'latning ishlanuvchanligi yaxshilanadi va kuchlanish kamayadi.

Evtektoid va evtektoiddan keyingi po'latlardan donador (zarrali) perlit olinguncha yumshatiladi. Qizdirilib, belgilangan temperaturada 3-5 soat tutib turilgach, pech bilan birgalikda asta-sekin sovitiladi.

Izotermik yumshatish (4.6-rasmda, 3-egri chizik) da austenit ferrit-ementitli aralashmaga o'zgarma temperaturada parchalanadi. Bu bilan u boshqa yumshatish turlaridan farqqiladi. Yumshatishning boshqa turlarida bunday parchalanish temperatura uzluksizpasayishi sharoitida sovish davrida sodir bo'ladi. Austenit parchalanib bo'lgach, sovish tezligining ahamiyati deyarli qolmaydi, shuning uchun izotermik tutib turishdan keyin sovitish havoda o'tkaziladi. Izotermik yumshatishda konstruksion po'latlar Ac_1 nuqtadan $50-100^\circ C$ yuqori temperaturagacha qizdiriladi.

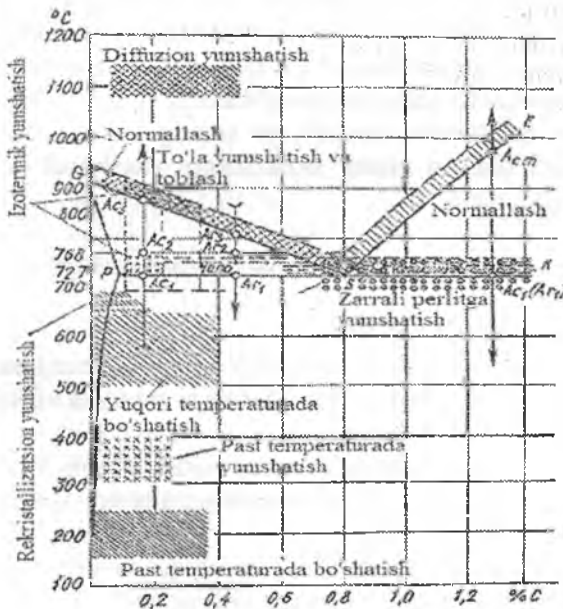
Po'lat tutib turilgach, suyultirilgan tuzda asta-sekin A_{r1} nuqtadan pastroq temperaturagacha ($680-700^\circ C$, 4.6-rasmga qarang) sovitiladi. Bu temperaturada austenit perlitga to'la aylangunga qadar izotermik ushlab turiladi, so'ngra tinch havoda sovitiladi. O'lchamlari uncha katta bo'lmagan legirlangan po'latdan yasalgan buyumlar izotermik yumshatilganda termik ishlov berish muddati to'la yumshatishga qaraganda 2-3 marta tezlashadi. Yirik buyumlarda vaqtdan yutishning iloji yo'q, chunki buyum hajmi bo'yicha temperaturani tekislash uchun ko'p vaqt kerak bo'ladi. Izotermik yumshatish murakkab legirlangan po'latlarning, masalan, 18X2NCHVA po'lat qattiqligini kamaytirish va kesib ishlov berilishini yaxshi usuli hisoblanadi.

Sferoidlovchi yumshatish (4.6-rasm, 5-egri chiziq) natijasida plastinkali perlit zarrali (donador) sferoidlangan perlitga aylantiriladi. Bu po'latlarni kesib ishlov berishini yaxshilaydi. donali perlit olish uchun yumshatish quyidagi tartibda o'tkaziladi: po'lat Ac_1 nuqtadan bir

oz yuqoriroq temperaturagacha qizdiriladi, keyin avval 700°C gacha, so'ngra 550-600° C gacha, keyinchalik havoda sovitiladi. Sferoidlovchi yumshatish tarkibida 0,65% dan ko'proq uglerod bo'lgan SHX15 markali sharikh podshipnikbop po'latlarni yumshatishda qo'llaniladi.

Rekristalizatsion yumshatish (4.6-rasm, 6-egri chiziq) sovuq holda prokatlashd, cho'zish yoki shtamplashda metallning plastik deformatsiyasi tufayli paydo bo'ladigan qattiqlashgan qismi (naklep) ni yo'qotish uchun qo'llaniladi. Metallning sovuq holda plastik deformatsiyasi tufayli mustahkamlanishiga puxtalash deyiladi. Sovuq holda metallni prokatlash, shtamplash, cho'zishda uning donalari deformatsiyalanib, maydalanadi. Bu metallning qattiqligini oshiradi, uning plastikligini kamaytirib, mo'rt qilib qo'yadi. Puxtalanishning mohiyati ham shunda.

Rekristalizatsion yumshatishda po'lat Ac_1 nuqtadan past temperaturagacha (650-700°C) qizdiriladi, so'ngra asta-sekin sovitiladi. Metall 650-700°C gacha qizdirilganda (rekristalizatsion yumshatish) atomlarning diffuzion qo'zg'aluvcchanligini oshiradi va qattiqholatda ikkilamchi kristallizatsion jarayonlar (rekristallanish) sodir bo'ladi.



4.7-rasm. Uglerodli po'latni yumshatish, normallash, toblash va bo'shatish uchun qizdirish intervallari ko'rsatilgan holati diagrammasi.

Deformatsiyalangan zaralar chegaralarida yangi kristallanish markazlari paydo bo'lib, ular atrofida qaytadan panjara hosil bo'ladi. Deformatsiyalangan eski donalar o'rnida yangi teng o'qli donalar o'sib chiqadi va deformatsiyalangan struktura to'la yo'qoladi. Bunda metallning dastlabki strukturasi va xossalari tiklanadi.

Po'latni Ac_3 va Ac_m kritik nuqtalardan $30-50^\circ C$ temperaturagacha ortiqroq qizdirib, ushbu temperaturada ushlab turish hamda tinch xavoda sovitishga **normallash** deyiladi (4.7-rasm). Normallashda ichki kuchlanishlar kamayadi, po'lat kayta kristallanadi, payvand choklar, quyma va pokovkalarning yirik zarrali strukturasi maydalashadi. Po'latni normallash yumshatishga qaraganda ancha qisqa termik ishlov berish jarayoni hisoblanadi, shuning uchun u unumlidir. Shuning uchun uglerodli va kam legirlangan po'latlar ko'pincha yumshatilmay, normallanadi. Po'latdagi uglerod miqdori ortishi bilan yumshatilgan va normallangan po'latlar orasidagi farq ortadi. Tarkibida 0,2% gacha uglerod bo'lgan po'latlarni normallash maqsadga muvofiqdir. Tarkibida 0,3-0,4% uglerod bo'lgan po'latlarni normallanganda yumshatishga qaraganda qattiqlik ortadi, buni e'tiborga olmoq zarur. Shuning uchun yumshatishni har vaqt normallash bilan almashtirib bo'lmaydi. Normallashdan so'ng qotishmalar mayda donali strukturaga ega bo'ladi va yumshatilgandagiga qaraganda birmuncha kattaroq mustahkamlik va qattiqlikka ega bo'ladi. Yirik donali strukturani tuzatish, po'latning kesib ishlanuvchanligini hamda toblash oldidan, uning strukturasi yaxshilash uchun normalashdan foydalaniladi.

O'z-o'zini tekshirish uchun savollar:

1. II – tur yumshatish nima?
2. II– tur yumshatishning maqsadi va vazifasi nimadan iborat?
3. Metallni sovuq holda ishlov berishda struktura va xossasini o'zgarishi haqida nimani bilasiz?
4. II – tur yumshatishining qanday parametrlarini bilasiz?
5. Qattiq holatda faza o'zgarishlarining umumiy qonuniyatlari haqida nimani bilasiz ?
6. O'zgarishning issiqlik gisterезisi deganda nimani tushunasiz?
7. Fazalararo chegaraning necha turi mavjud?
8. Dankov – Konobeev tamoyili haqida nimani bilasiz?
9. Gomogen fazalarning hosil bo'lishi haqida nimani bilasiz?
10. Getrogen fazalarni hosil bo'lishini tushuntirib bering.

11. Faza o'zgarishlar kinetikasini tushuntirib bering.
12. Inkubatsion davr nima?
13. Po'latlarni yumshatish deganda nimani tushunasiz?
14. Legirlovchi elementlar kritik nuqtalarga qanday ta'sir qiladi ?
15. Austenit nima ?
16. Austenitni hosil bo'lish mexanizmini tushuntirib bering.
17. Austenitni hosil bo'lgandan keyin qanday o'zgarishlar ro'y beradi?
18. Austenitning parchalanishi haqida nimani bilasiz?
19. Austenitning izotermik parchalanish diagrammasini tushuntirib bering.
20. Po'latdagi perlitli o'zgarishlar haqida nimani bilasiz ?
21. Po'latdagi perlitli o'zgarishlarga legirlovchi elementlar qanday ta'sir qiladi ?
22. Yumshatish nima?
23. Yumshatishdan maqsad nima va u qanday vazifalarni yechadi?
24. Yumshatishning qanday turlarini bilasiz?
25. To'la va chala yumshatish nima?
26. Izotermik yumshatish qayerda qo'llaniladi?
27. Diffuzion yumshatish haqida nimani bilasiz?

V BOB. TEZ SOVUTISHDAGI (TOBLASHDAGI) O'ZGARISHLAR

Toblash – metall va qotishmalarga termik ishlov berish turlaridan biri bo'lib, unda tez sovutish vaqtida muvozanat bo'lmagan strukturaning shakllanish jarayonining asosiy jarayoni hisoblanadi.

Toblashning bir-biridan keskin farq qiladigan uchta turi mavjud: polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblash; polimorf o'zgarishlarga ega bo'lgan toblash; sirtqiyuzani eritish bilan bog'liq bo'lgan toblash. Bu termik ishlov berish turlari bir-biridan faza o'zgarishlar turi bilan farqlanadi.

Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblash XX asr arafasida ochildi. Uni ishlab chiqarishga qo'llash duralyuminiyavi aviasozlikka qo'llash bilan bir vaqtning o'zida boshlangan. XX asming 20-30-yillarida polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblash eskirtirish bilan birga rangli metall va qotishmalarni puxtalashning asosiy usuliga aylanib qolgan.

Insoniyat polimorf o'zgarishlarga ega bo'lgan toblashni (yoki martensitgacha toblashni) bizning eramizga boshlanishiga qadar ishlatib kelgan. Asrlar davomida bu toblash po'latlarni puxtalashning asosiy usuli bo'lib kelgan. Hozirgi vaqtda bu toblash turi na faqat po'latlar uchun balki shu bilan bir qatorda rangli metall va qotishmalar uchun ham qo'llanib kelinmoqda.

Sirtqi yuzani toblash – termik ishlov berishning yangi turi bo'lib, yuqorida aytib o'tilgan termik ishlov berishning ikki turiga nisbatan aytarli darajada kichik yo'nalishda ishlatilmoqda. Bu termik ishlov berish turi XX asming 70-yillarida ishlab chiqarishda buyumlarni lazer yordamida qizdirish yo'lga qo'yilgandan keyin yuzaga keldi.

Har qanday toblashning asosiy parametrlariga quyidagilar kiradi: **qizdirish temperaturasi, ushlab turish vaqti va sovutish tezligi.**

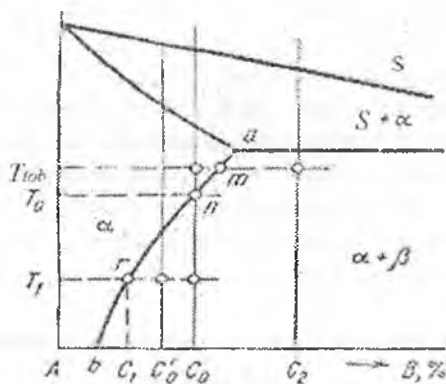
Qizdirish temperaturasi va ushlab turish vaqti shunday bo'lish kerakki, bunda metall yoki qotishmalarda kerakli faza o'zgarishlari sodir bo'lishga ulgirishi lozim. Masalan, bir yoki bir qancha past temperaturali fazalardan yuqori temperaturali fazalarni hosil bo'lishi va boshqalar. Bunday toblash 2-tur yumshatishga o'xshash hisoblanadi.

Toblashdagi sovutish tezligi aytarli darajada katta bo'lish kerakki, bunda temperaturani pasayishi bilan diffuziyali faza o'zgarishlar va metastabil strukturani hosil bo'lishi to'xtashi lozim. Bu bilan toblash 2-tur yumshatishi bilan farqlanishi kerak.

5.1. Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblash

Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblash – metall yoki qotishmalarga termik ishlov berish turi bo'lib, u qotishma holatini xossasi jihatidan yuqoriroq temperaturaga xos bo'lgan nisbatan past temperaturada qayd qilishi jarayonidir.

Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblash bitta fazani boshqa fazada to'liq yoki qisman erishi kuzatiladigan hamma qotishmalar uchun qo'llash tavsiya etiladi. Masalan, 5.1-rasmda ko'rsatilgan C_0 qotishmani T_{tob} temperaturasigacha qizdirishda β faza matritsali α fazada eriydi. Teskari holatda, ya'ni juda sekin sovutishda β faza α fazadan ajralib chiqadi, bunda B komponent miqdori $n\beta^*$ solvus chiziqiga mos ravishda kamayadi.



5.1-rasm. Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblashni tushuntirish sxemasi.

α va β fazalar tarkibi turlicha bo'lib, β fazani ajralib chiqishi komponentlarni diffuzion qaytadan taqsimlanishiga bog'liq. Yetarli darajada tez sovutishda diffuzion qaytadan taqsimlanish β faza kristallarini hosil bo'lishi va o'sishi uchun kerak bo'lib, unda α eritmadan β faza ajralib

chiqishga ulgirmaydi. Bunday terik ishlov berishdan (toblashdan) so'ng qotishma xona temperaturasida α fazadan biriga ega bo'ladi.

C_0 qotishmani T_{10b} toblash temperaturasi-gacha qizdirishda qattiq eritma to'yinmagan holatda bo'ladi. Toblashdan so'ng xona temperaturasidagi α faza toblash temperaturasi-gacha qizdirilgandagi kabi bir xil tarkibga ega bo'ladi, lekin u o'ta to'yingan bo'ladi. Bunda to'yingan eritma tarkibi b nuqtaga mos keladi.

Shunday qilib, polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblashda o'ta to'yingan qattiq eritma hosil bo'ladi. Bunday toblash turini toza metallar uchun qo'llash maqsadga muvofiq emas. Misol tariqasida ko'rib chiqilgan C_0 qotishmani polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan holda toblash jarayoni alyuminiy, magniy, mis va boshqa qotishmalar hamda ba'zi bir legirlangan po'latlar uchun keng ko'lamda qo'llaniladi.

Toblash hamma vaqt ham bir fazali holatni qayd qilmaydi. Masalan, 5.1-rasmda ko'rsatilgan C_2 qotishma har qanday temperaturada, hattoki evtektik temperaturada ham β fazaga ega bo'ladi. T_{10b} toblash temperaturasi-gacha qizdirilganda bu qotishmaning tarkibi m nuqtaga mos kelgan va erimagan ortiqcha β fazaga bo'lgan to'yingan qattiq eritmada n tashkil topadi. Yetarli darajada past temperaturada sovutilganda α eritmada n ajralib chiqqan β faza mb chizig'i bo'yicha o'zgaradi. Qotishma tez sovutilganda toblash yuz beradi: α eritmada n β faza ajralib chiqishga ulgirmaydi va uning tarkibi xona temperaturasi va toblash temperaturasida ham m nuqta orqali aniqlanadi. O'z navbatida, toblangan C_2 qotishma o'ta to'yingan α eritma m nuqtaga mos va toblash temperaturasi-gacha qizdirilganda erimagan ortiqcha β faza tarkibga ega bo'ladi. C_2 qotishmani toblash bilan toblash temperaturasi-gacha qizdirilganda stabil bo'lgan holat qayd etiladi.

5.2. Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblashda xossaning o'zgarishi

Qotishmalarning toblashda ularning strukturasi-ni o'zgarishi fazalar tarkibi va dastlabki hamda toblangan holatdagi qotishma strukturasi-ning o'ziga xosligi, toblash sharoiti, oldingi ishlov berish va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Turli qotishmalarda xossalarning o'zgarish yo'nalishi va kattaligi turlicha bo'ladi. Ba'zi bir hollarda toblash puxtalash deb ham ataladi. Bu noto'g'ri fikr. Ayni vaqtda toblash qotishmani puxtalashi yoki puxtalanishini kamaytirishi mumkin. Ba'zi bir qotishmalarda toblash mustahkamlikni oshirsa, plastiklikni kamaytiradi. Boshqa qotish-

malarda esa buning teskarisi bo'lib, qotishmaning mustahkamlik xossalari kamaytirib, plastiklikligini oshiradi. Uchinchi bir holatda ham mustahkamlikni, ham plastiklikni oshirishi mumkin. Umuman, juda ko'p qotishmalar uchun toblashni qo'llash amaliy jihatdan ularning xossalari o'zgartirmaydi.

Ishlab chiqarishda qo'llanilayotgan qotishmalarni polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblashda kuchli puxtalash bilan birga bir vaqtning o'zida plastiklikni tezda kamayishi jarayoni kuzatilmagan.

Deformatsiyalanadigan qotishmalarni polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan holatda toblashning eng ko'p kuzatiladigan holati yuqori plastiklikni saqlagan holdagi mustahkamlikni oshishi bo'lib, unda plastiklik yumshatilgan qotishmadan juda ham kam farqlanadi. Bunga misol qilib, D16 markali duralyuminiyni ko'rsatish mumkin (5.1-jadval).

Qotishmalarni quyma, yumshatilgan va toblangan holatdagi mexanik xossalari

5.1-jadval

Qotishma	$\bar{\sigma}_v$, kgk/mm ²		δ , %		Qotishma	$\bar{\sigma}_v$, kgk/mm ²		δ , %	
	yumshatish	toblash	yumshatish	toblash		quyma	toblash	quyma	toblash
D16	20	30	25	23	AL8	15	30	1	12
BpB2	55	51	22	46	AL9	16	20	2	6
					ML5	16	25	3	9

5.3. Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblashdagi qizdirish va sovutish

5.3.1 Toblashdagi qizdirish

Toblash temperaturasini tanlashning asosiy dastlabki holatida ortiqcha fazani matritsa fazasida nisbatan to'liq erishiga erishish kerak.

Agar qotishma qizdirilganda to'liq bir fazali holatga o'tish qobiliyatiga ega bo'lgan holda holat diagrammaning shunday joyida joylashishi kerakki, bunda toblash temperaturasi ikki sistemaning solvus chizig'idan yuqori bo'lishi kerak (5.1-rasmda C_0 qotishma). C_0 qotishmani T_0 temperaturadan past temperaturada toblashda erimagan β faza va α -eritmaning matritsasi saqlanib, T_0 temperaturadan yuqori temperaturada toblashga nisbatan kam legirlangan bo'ladi.

Kuyishni oldini olish uchun toblash temperaturasining yuqorigi chegarasi qotishma solidus nuqtasidan past qilib olinadi. Toblash kuchlanishlar ta'sirida donalar orasidagi o'zaro bog'liqlik chegaralarini erishi tufayli kristallitlar orasida darzlar paydo bo'ladi. Kichik darzlarni aniqlash aniqlash imkoni bo'lmasligi mumkin, lekin ular metall yoki qotishmaning plastikligi, zarbiy qovushqoqligi, tsiklik uzoqqa chidamligini kamaytirib yuboradi. Kuyish bu tuzatib bo'lmaydigan va xavfli nuqsondir.

5.3.2. Toblashdagi sovutish

Biz «toblash» deganda ko'proq tez sovutishni tushunamiz. Haqiqatan ham juda ko'pchilik buyumlar suvda toblanadi. Biroq, toblashda tez sovutish shart emas. Faqat sovutishda matrissali eritmani parchalanishi sodir bo'lishiga ulgirmaslik kerak. Bu parchalanishning tezligiga bog'liq ravishda toblashdagi sovutish tezligi har xil bo'lishi mumkin. Ba'zi bir qotishmalar uchun sovuq suvda toblash majburiy hisoblansa, boshqalarida esa eritma sekin parchalangani uchun uni toblashni havoda ham o'tkazish mumkin. Ishlab chiqarish sharoitlarida ishlatiladigan juda ko'p qotishmalarni, jumladan temir, nikel, alyuminiy va magniy asosli qotishmalarni havoda toblash mumkin bo'ladi.

5.3.3 O'ta sovutilgan eritmani parchalanish kinetikasi

Agar T_{lob} temperaturasida qattiq eritma bilan to'yinmagan holatda bo'lgan C_0 qotishmadan tayyorlangan yupqa namunani (5.1-rasm), tezda $T_1 < T_0$ temperaturali termostatga tezda solsak, T_1 temperaturada r nuqtadagi tarkibdagi eritmaga o'ta to'yingan holatga o'xshash, α - eritma ham o'ta to'yingan holatda bo'ladi. To'yinganlik darajasini C_0/C_1 nisbatida xarakterlash mumkin bo'ladi.

T_1 temperaturadagi o'ta to'yingan C_0 tarkibga ega bo'lgan α - eritma bir vaqtning o'zida T_0 temperaturaga nisbatan o'ta to'yingan bo'ladi va undan yuqorida faqat α - faza, pastda esa $\alpha + \beta$ ikki fazali qorishma stabil bo'ladi. O'ta to'yinganlik darajasi $\Delta T = T_0 - T_1$ ga teng. Namuna soladigan termostatning temperaturasi qanchalik kichik bo'lsa, uni T_{lob} temperaturasigacha qizdirsak, shunchalik o'ta sovutish darajasi va qattiq eritmaning o'ta to'yinganlik darajasi shunchalik katta bo'ladi.

5.4 Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lgan toblash

Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lgan toblash – metall yoki qotishmalarga termik ishlov berish bo'lib, unda bosh asosiy jarayon yuqori temperaturali fazalarning martensitli o'zgarish jarayoni hisoblanadi. Shuning uchun bunday termik ishlov berishni martensitgacha toblash deb ataladi. Bunday toblash turi sovuтилganda kristall panjarani qaytadan shakllanishi ro'y beradigan har qanday metall va qotishmalar uchun qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Po'latlarni toblashni o'rganishda martensitli o'zgarishlar kashf etildi.

Perlitli o'zgarishlarga nisbatan ko'rgazmali bo'lishi uchun uglerodli po'latlardagi martensitli o'zgarishlarni o'ziga xos xarakterli tomonlarini qisqacha ko'rib chiqamiz:

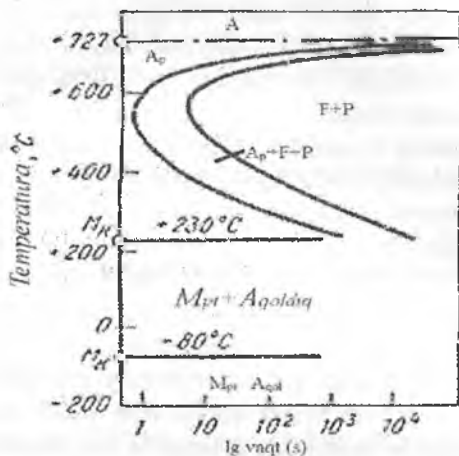
1. Uglerodli po'latlarda martensitli o'zgarishlar, bu po'latlarni A_1 temperaturadan yuqori temperaturagacha tez sovutish natijasida ro'y beradi. Masalan, po'latlar suvda sovutilganda austenitning ikkita faza (ferrit va karbid) qorishmasiga diffuzion jihatdan parchalanishi oqibatida u dastlabki austenitning tarkibidan keskin farq qiladi. Martensidagi uglerod miqdori dastlabki austenitda qanday bo'lsa, shundayligicha qoladi. O'z navbatida, perlitli o'zgarishlardan farqli o'laroq, martensitli o'zgarishlar diffuzionsiz jarayon hisoblanadi.

2. Austenitni martensitga aylanishi har qanday markali po'lat uchun M_b yoki M_s temperaturadan boshlab sovutilganda ro'y beradi. Martensitli o'zgarishlarning boshlanish temperaturasi juda keng diapazonli sovutishda sovutish tezligiga bog'liq emas. Bir vaqtning o'zida perlitli o'zgarishlarning boshlanish temperaturasi sovutish tezligi oshishi bilan kamayadi. Perlitli o'zgarishlardan farqli ravishda martensitli o'zgarishlar ma'lum bir temperaturalar intervalida ya'ni yuqorigi martensit nuqtasi M_b bilan pastki martensit nuqtasi M_o oralig'ida yuz beradi.

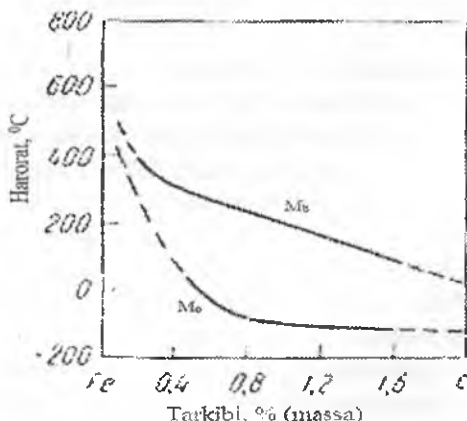
Martensit o'zgarishlarning boshlang'ich va oxirigi M_b va M_o temperaturalarida o'ta sovutilgan austenitni o'zgarishning C-diagrammasida gorizontol holatida bo'ladi (5.2-rasm). Martensitli o'zgarishlarning boshlanish va oxirigi temperaturasining uglerod miqdoriga bog'liqlik grafigi 5.3-rasmda tasvirlangan.

3. Martensit o'zgarishlarning boshlang'ich M_b temperaturasida faqat martensitning boshlang'ich kristallari paydo bo'ladi. Martensitli o'zgarishlar jadallashib turishi uchun uglerodli po'latlarni martensitli o'zgarishlar intervalida $M_b - M_o$ sovutish uzluksiz sovutish kerak. Agar uglerodli po'latni sovutishini to'xtatib va doimiy temperaturada ushlab

turilsa, bu intervalning ichida martensitning hosil bo'lishi darrov to'xtamaydi. Bu o'ziga xos holat martensitli o'zgarishlarni perlitli o'zgarishlar kinetikasidan yorqin farqlab beradi. Martensitli o'zgarishlardan so'ng sovutilganda bir qancha miqdorda qoldiq austenit hosil bo'ladi.



5.2 - rasm. 0,8 % C ga ega bo'lgan po'latlar uchun martensitli nuqtalari bilan S – diagramma: A – turg'un austenit; A_p – o'ta sovutilgan austenit; A_{qoldiq} – qoldiq austenit; M_{pt} – martensit; F – ferrit; K – karbid.



5.3 - rasm. Fe – C sistemasida uglerod miqdoriga bog'liq ravishda martensitli o'zgarishlarning boshlang'ich (M_s) va oxirigi (M_f) temperaturalarining bog'liqlik grafigi.

4. Uglerodli po'latlarda perlitli o'zgarishlardan farqli ravishda martensitli o'zgarishlar inkubatsion davrga ega bo'lmaydi.

5. Martensit plastinka shaklida har qanday temperaturada, jumladan 0 °C dan past temperaturada ham juda katta tezlikda (1 km/s) o'sib, hosil bo'ladi. Martensit plastinkasi «birdaniga» hosil bo'lishidan keyin o'smaydi. M_b dan nuqtadan past temperaturada sovuilganda martensit miqdori «birdaniga» hamma yangi va yangi plastinkalarni hosil bo'lishi hisobiga ortadi. Ana shu jihatdan martensitli o'zgarish perlitli o'zgarishdan keskin faq qiladi.

6. Martensit kristallari va dastlabki austenit panjaralari orasida ma'lum bir orientatsiyalangan, yo'naltirilgan nisbat bo'lib, martensit panjarasini austenit panjarasiga nisbati qonuniy orientatsiyaga egadir.

7. Uglerodli po'latlarni martensitli o'zgarishlarida tekis polirovka qilingan namuna yuzasida xarakterli relef hosil bo'lib, austenit hajmi shaklini o'zgarishini ko'rsatadi. Perlitli o'zgarishlarda buday relef kuzatilmaydi.

Uglerodli va legirlangan po'latlarni toblashni ochiq holda o'rganish martensitli o'zgarishlar kristall panjarani fundamental usulda qayta shakllanishi tufayli bo'lganligini isbotladi va u turli sifdagi quyidagi kristall moddalar uchun xos hisoblanadi: toza metallar, temir asosli uglerodsiz qotishmalar, rangli metallar qotishmalari, yarim o'tkazgichli birikmalar va boshqalar.

Termik ishlov berish nazariyasi uchun Fe – C va Fe – Ni sistemalar uchun martensitli o'zgarishlarni tadqiqot qilish juda muhimdir. Ikkala ham sistema juda katta analiy qiziqishga ega.

5.5. Martensitli o'zgarishlarning boshlanish temperaturasi

Martensitli o'zgarishlar T_0 temperaturaga nisbatan har qanday ham kam o'ta sovutishda boshlanmasligi kerak. Martensit kristallarini hosil bo'lishi na faqat hajmiy erkin energiyaning kamayishi bilan balki undan ham muhim hisoblangan o'zgarishlarga to'siq bo'ladigan elastik deformatsiyaning energiyasiga bog'liq bo'ladi. Elastik deformatsiya energiyasi birinchidan, faza o'zgarishlarida solishtirma hajmni o'zgarishi va ikkinchidan, martensit va dastlabki faza panjarasining kogerentligi tufayli yuzaga keladi.

Sistemadagi yig'indaviy erkin energiyaning kamayishini quyida-gicha ifodalash mumkin:

$$\Delta F = -\Delta F_{haj} + \Delta F_{sirt} + \Delta F_{elast}.$$

Martensitli o'zgarishning boshlanishi uchun austenitni uni martensit bilan birgalikda metastabil muvozanatidan past temperaturada shunchalik sovutish kerakki, bunda o'zgarishning termodinamik stimuli (ΔF_{haj}) zarur bo'lgan qiymatga ega bo'lishi kerak. Shuning uchun martensit o'zgarishning boshlanish temperaturasi (M_b) har doim T_0 temperaturadan pastda bo'ladi. Fe - C sistemasida $T_0 - M_b \approx 200 - 250$ °C ga teng bo'ladi.

M_b temperatura ma'lum tarkibga ega bo'lgan qotishmaning tavsifnomasi bo'lib xizmat qiladi. 5.2-rasmda tasvirlangan M_b temperatura-dagi gorizontaal chiziq berilgan po'latdagi martensit o'zgarish bir xil temperaturada sovutish tezligiga bog'liq bo'lmagan holda boshlanishini ko'rsatadi.

Keyingi kechroq qilingan tadqiqotlar o'ta katta sovutish tezligiga ega bo'lish M_b temperaturani o'zgarishini, lekin bunda kamaymasligini, balki ortishi mumkinligini isbotladi. 0,5 % C ga ega bo'lgan po'lat 6600 °C/s dan kamroq sovutish tezligida M_b temperatura doimiy bo'lib, u 370 °C ga teng. 6600 dan to 16500 °C/s sovutish tezligini oshishi M_b temperaturani 370 dan 460 °C gacha oshiradi va sovutishni tezlatish bilan u o'zgarmaydi. Bunga quyidagicha izoh berish mumkin.

Sovutish tezligi yuz va ming gradus sekundda austenit M_b nuqtadan yuqorida o'ndan bir va bir sekundlar davomida o'ta sovutilgan holatida bo'ladi. Bu vaqt ichida juda ham harakatchan uglerod atomlarning segregatsiyasi austenitning panjara nuqsonida muvozanatdagi miqdorni hosil bo'lishiga ulgiradi va bu bilan uni maksimal puxtalanishiga olib keladi. Bunday austenitda martensitli o'zgarishlarni yuz berishi juda qiyin, M_b temperatura minimal qiymatga ega va u bir necha diapazon tezligida sovutish tezligi va jumladan, odatdagi sovutish tezligiga bog'liq bo'lmaydi. Austenitdagi uglerodning segregatsiyasi bir qancha sovutish tezligida kam miqdorda kechadi va M_b nuqta ko'tariladi. Oxir oqibat, juda katta sovutish tezliklarida M_b nuqtadan yuqori nuqtalarda po'latning austenit holatida bo'lish vaqti juda ham kam bo'lib qoladi.

Qotishma tarkibi odatda, martensitli o'zgarishlar boshlanish temperaturasiga kuchli tarzda ta'sir ko'rsatadi. Po'latda uglerod miqdorini oshishi bilan M_b nuqta keskin pasayadi: 1 % C ga ega bo'lgan po'latlarda M_b nuqta 200 °C dan yuqorida bo'lsa, 2 % gacha uglerodga ega bo'lgan po'latlarda esa M_b nuqta xona temperaturasiga teng bo'ladi (5.3-rasm).

Po'lat va austenitdagi uglerodning miqdori har doim ham bir hil emas, chunki uglerod karbidlar tarkibiga kiradi. Karbidlar esa M_b nuqtaga ta'sir qilmaydi. Toblash temperaturasini oshishi bilan karbidlar austenitda erishi oqibatida undagi uglerodning miqdori oshadi, M_b nuqta pasayadi.

Qotishmadagi tarkibni o'zgarishi martensit o'zgarishlar boshlanishiga ham ta'sir qiladi.

5.6. Martensitli o'zgarishlar mexanizmi

Martensitli o'zgarishlar jarayonini o'rganish sharoitga bog'liq ravishda panjarani qaytadan shakllanishining ikki mexanizmi borligini ko'rsatdi: bular, siljish, ko'chish (martensitli) va «normal» shakllanish mexanizmlaridir.

Normal o'zgarishlar. Normal polimorf o'zgarishlarda yangi fazalarning kristallari chegaralardan atomlarning tartibsiz o'zaro bog'lanmagan o'tishi yo'l bilan o'sadi. Dastlabki fazani termik faollashi natijasida panjaradan ajraladi, masalan, γ – temir atomlari alohida yangi faza panjarasiga qo'shiladi. Yana masalan, α – temir kristall chegaralari natijasida α γ kristall tomonga qarab, ko'chadi: yangi faza onalik fazani «eydi». Shunday atomlarni bir-biridan mustaqil ravishda fazalarni bo'linish chegaralari orqali tartibsiz ko'chishi birlamchi qayta kristallanishdagi kristallarning o'sishi o'z diffuziya jarayoniga o'xshash va faqat kelib chiqishi termodinamik stimul jihatidan farqlanadi. Birlamchi qayta kristallanishda dastlabki va yangi donalarning erkin energiyalar farqi o'sha fazaning dastlabki donasining tuzilishdagi katta nuqsonli tuzilishga ega ekanligi tufayli bo'ladi. Metallning polimorf o'zgarishlardagi termodinamik stimuli bo'lib turli kristall panjarani ikki fazasining erkin «kimyoviy» energiyasi farqi hisoblanadi. Qayta kristallanishda ham panjarani tartibsiz qayta shakllanishi faqat yuqori temperaturalarda kechishi mumkin.

Siljish (martensitli) o'zgarishlar. Martensitli o'zgarishlardagi panjaraning qayta shakllanish mexanizmi G. V. Kurdyumovning klassik ishlarida yozilgan. Faza o'zgarishlarining siljish (martensitli) mexanizmi atomlarning atomlararo masofadan kichik masofada tartibli, kooperativ va o'zaro xarakterga ega bo'lgan siljish yo'li ro'y berishi mumkinligi bilan farqlanadi. Bu jarayonda dastlabki fazaning har qanday atomi o'zaro almashmasdan qolib, yangi, martensit fazasi donasining qo'shnisi bo'lib qoladi. Bu hol panjaraning qayta shakllanishining siljish orqali

ro'yi berishi mumkinligini asosiy o'ziga xos tomoni hisoblanadi. Martensitli o'zgarishlarning juda ko'p xarakterli tomonlariga, birinchi navbatda martensit kristallarni o'sish chegarasidagi kogerentlik kiradi.

Haqiqat ham o'zgarishlarda dastlabki fazaning har qanday atomi yangi fazaning atomi bilan qo'shni bo'ladi, natijada donalar orasidagi chegara ham kogerent bo'lishi kerak.

Tadqiqot va tahlillar shuni ko'rsatdiki, ko'rib o'tilayotgan panjarani qayta shakllanishining siljish mexanizmi martensit o'zgarishlarini ikki muhim o'ziga xos tomonlarini tushuntirib berdi: ya'ni, atomlarning sekin harakatlanish sharoitida martensit kristallarning juda katta tezliklarda o'sishi va tezda martensit kristallarining o'sishini to'xtalishidir.

5.7. Martensitgacha toblangan qotishmalarning mikrostrukturasi va substrukturasi

Toblangan uglerodli po'latlar va temir asosli uglerodsiz qotishmalarni strukturasi tadqiqoti martensitning ikkita bosh morfologik turini aniqlab berdi: plastinkali va paketli.

Bu martensitning ikki turi kristallarning shakli va o'zaro joylashuvi hamda gabitusli tekisligi orqali farqlanadi.

Plastinkali martensit (ninasimon, past temperaturali va ikkilangan deb ataladi) – bu yaxshi mashhur «klassik» turdagi martensit bo'lib, u toblangan yuqori uglerodli po'lat va ikkinchi komponenti yuqori miqdoriga ega bo'lgan uglerodsiz temir qotishmalarida yorqin namoyon bo'ladi, masalan, Fe – Ni qotishmalarda Ni miqdori 28 % dan ko'p bo'ladi (5.5, 5.6-rasmlar). Martensit kristallari yupqa linza shakidagi plastinkalarga ega bo'ladi. Plastinkaning bunday shakli austenit matritsada hosil bo'lishida panjaralarning elastik qiyshayishdagi minimum energiyasiga mos keladi va mexanik ikkilanishlar shakli ham xuddi shunday analogik bo'ladi. Shlif tekisligiga plastinani katta yuzasi bilan tushishi juda ham kamdan-kam holatlarda uchraydigan hodisadir (5.6-rasm). Qo'shni plastinkalar bir-biriga nisbatan parallel emas va ko'proq o'ziga xos shaklli ansamblga ega (5.5-rasm).

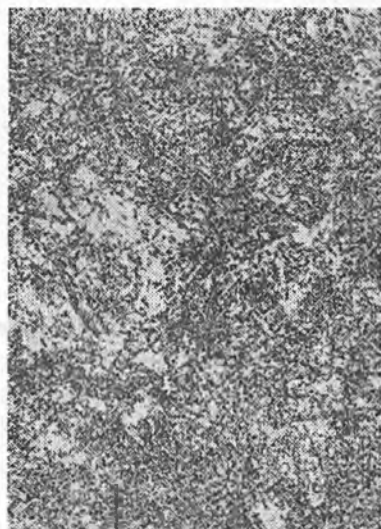
Austenit zonasida temperaturani pasayishi natijasida yangi martensit plastinkalari hosil bo'ladi, ularning o'lchami matritsa zonasini o'lchamlari bilan chegaralangan bo'ladi (5.5-rasm va 5.7-rasmdagi sxema ko'rinishi).

Toblashdan so'ng xona temperaturasida martensit plastinkalari orasida qoldiq austenit saqlanib qolinadi (5.5- rasm).

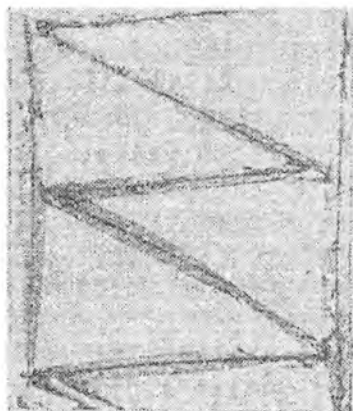
⦿ Paketli martensit (yana uni reykali, massivli, yuqori temperaturali va ikkilanmagan ham deb ataladi) – martensitning keng tarqalgan morfologik turi bo‘lib, uni toblangan kam uglerodli va o‘rtacha uglerodli po‘latlarda, juda ko‘p legirlangan konstruksion po‘latlarda, nisbatan kam legirlangan uglerodsiz temir asosli qotishmalarda, masalan, Ni miqdori 28 % dan ko‘p bo‘lgan Fe – Ni qotishmalarda kuzatish mumkin. Ushbu martensitning kristallari taxminan bir xilda yo‘nalishga ega bo‘lgan yupqa plastinkaga ega bo‘ladi va u nisbatan bir o‘qli paket hosil qiladi.

Reekali martensit plastinkalari kichik yoki yuqori burchakli chegaralar bo‘yicha bo‘linadi.

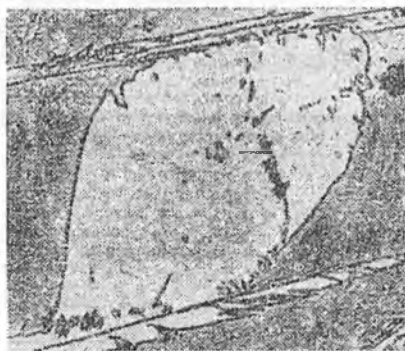
Paket hajmida plastinkalar eni taxminan bir qancha mikrondan o‘ndan bir mikrongacha o‘lchamli diapazonda bo‘ladi. Shuning uchun «reekali» ko‘rinishdagi kristallar yorug‘lik mikroskopi ostida umuman ko‘rinmaydi, yoki paketlarning mayin, yupqa strukturasi namayon bo‘lishi mumkin. Ana shundan kelib chiqib, shlifning asosiy struktura elementi sifatida juda ham mayin alohida kristallar emas, balki plastinkadan iborat paket ko‘rinadi (5.8-rasm). Shuning uchun martensitning bunday strukturasi shaklini ninasimon martensitdan farqlash uchun paketli yoki massivli deb ataladi.



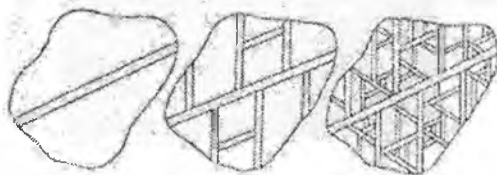
5.4-rasm. Y8 markali toblangan po‘latda martensitning ninasimon strukturasi.



5.5-rasm. 1,86 % C ga ega bo'lgan toblangan po'latda martensit plastinkalari va qoldiq austenitni shaklga o'xshash joylashishi (yorug', oq fon). Plastinkada midrib. kiritilgan. X 550 (Kraus va Mader).



5.6-rasm. Shlif tekisligida kamdan-kam hollarda martensit plastinkalarini joylashuvi. X 750 (A.P. Gulyaev, E. V. Petunina).



5.7-rasm. Bitta austenit donasida turli uzunlikdagi martensit plastinkalarini hosil bo'lish sxemasi.



5.8-rasm. Fe – 1,94 % Mo ega bo‘lgan toblangan qotishmaning strukturasi da paketli martensitning ko‘rinishi. X 200 (Kraus va Mider).

Legirlangan konstruksion po‘latlarda martensit paketlarning ichida martensit kristallari orasida qalinligi 200 – 500 Å bo‘lgan qoldiq austenit qatlamlari joylashgan bo‘ladi. Bitta austenit donasida bir qancha martensitli paketlar hosil bo‘lishi mumkin.

5.8. Substruktura

Juda ko‘p qotishmalarda yorug‘lik elektron mikroskopiya ko‘p miqdorda dislokatsiya va ikkilanganliklarga ega bo‘lgan martensit kristallarining mayin murakkab strukturasi aniqlab berdi. Bunday substruktura ikki prinsipial jihatdan turli bo‘lgan yo‘llar bilan hosil bo‘lishi mumkin: birinchidan, panjarani qayta shakllanishida martensitli mexanizmning ajralmas tarkibiy qismi hisoblangan qo‘shimcha plastik deformatsiya yordamida yuzaga bo‘lsa, ikkinchidan, martensit hosil bo‘lishdan keyin martensit kristalliga atrofdagi elastik muhitni ta’sirlashishi oqibatida plastik deformatsiya orqali hosil bo‘ladi. Birinchi holatda o‘zgarishlardagi birlamchi substruktura haqida gapirsak, ikkinchi holatda esa deformatsiyaning ikkilamchi substrukturasini to‘g‘risida gapiramiz. Mos ravishda o‘zgarishlardagi ikkilanganliklar va deformatsion ikkilanishlar bo‘ladi.

Plastinkali martensitning substrukturasini shu bilan xarakterlanadi, ki, bunda yorug‘lik mikroskopi yordamida martensit plastinkasi kesi-

mida oʻrta chiziqni yoki aniqroq qilib aytsak, yuqori kimyoviy reaktiv taʼsir ettirilgan (travleniya qilingan) oʻrta zonani, yaʼni midribni koʻrish mumkin boʻladi (5.5 - rasm).

Midrib, bu elektron mikroskop yordamida koʻrilganda zich joylashgan parallel yupqa ikkilangan qatlamlardir. Ikkilangan qatlamlarning qalinligi qotishma tarkibiga va martensit hosil boʻlishiga bogʻliq ravishda bir qancha angstromdan yuzdan bir angstromgacha boʻladi. Martensit plastinkasini ikkilangan zonasini eni qotishma tarkibiga bogʻliq boʻladi. Masalan, Fe – Ni sistemasidagi qotishmalarda nikel miqdorini oshishi bilan martensit plastinkasi kesimlarini oʻzgarishlardagi ikkilanganliklar toʻliq egallamaguncha bilan yuqorida qayd etilgan zonaning eni oshadi.

Paketli martensit substrukturasi plastinkali martensit substrukturasiidan mayin, yupqa ikkilangan qatlamlar zonasini yoʻqligi bilan sifat jihatdan keskin farqlanadi. Paketli martensit substrukturasi murakkab dislokatsion tuzilishga ega boʻlib, uning uchun yuqori dislokatsiyalar zichligida dislokatsion qoʻshilish xarakterli hisoblanadi.

Qoldiq austenit substrukturasi dastlabki austenit substrukturasiidan martensit kristallari taʼsirida austenitni mahalliy plastik deformatsiyalanishida yuzaga keladigan yuqori zichlikka ega boʻlgan mukammal emasligi bilan farqlanadi. Austenitda martensit kristallari yaqinida dislokatsiyalarni tekis toʻplanishi, qoʻshilish va upakovkani nuqsoni kuzatiladi.

5.9. Beynitli oʻzgarishlar

Uglerodli poʻlatlarda C-egri chiziqni pastida, 500–250°C temperaturalar intervalida beynitli oʻzgarishlar roʻy beradi. bu oʻzgarishlar yana, oraliq oʻzgarishlar ham ataladi. Yaʼni bu oraliq oʻzgarishlar, bu perlitli va martensitli oʻzgarishlar oraliqidagi oʻzgarishlardir. Bu oʻzgarishlarning kinetikasi va hosil boʻladigan strukturasi diffuziyali perlitli va diffuzionsiz martensitli oʻzgarishlarda kuzatiladigan kinetika va struktura xususiyatiga ega boʻladi.

Beynitli oʻzgarishlar natijasida α faza (ferrit) va karbidning qorishmasi hosil boʻladi va uni beynit deb ataladi. Beynitdagi karbid perlitga xos plastinkali tuzilishga ega emas. Beynitdagi karbid zarralari juda ham dispers boʻlib, ularni faqat elektron mikroskop yordamida aniqlash mumkin.

Yuqorigi va pastki beynitlar bo'ladi. Ular o'z navbatida mos ravishda oraliq temperaturalar intervalining yuqorigi va pastki qismlarida hosil bo'ladi (ular orasidagi shartli chegara 350 °C). Yuqorigi beynit patsimon tuzilishga ega bo'lsa, pastki beynit esa ninasimon, martensitga o'xshash tuzilishga ega bo'ladi. Pastki beynitni mikrostrukturasini ko'rinishiga ko'ra bo'shatilgan martensit strukturasi bilan farqlash juda qiyin.

Elektron-mikroskopik tahlil shuni ko'rsatdiki, uglerodli po'latlarda yuqorigi beynitning α fazasi substrukturasi reekali martensitning substrukturasi o'xshash bo'lsa, pastki beynitning α fazasi substrukturasi esa nisbatan yuqori uglerod miqdoriga ega bo'lgan martensitli po'latning tuzilishiga o'xshashdir. Yuqorigi beynitda α faza eni 5-10 mkm va qalinligi 1 nm dan kam bo'lgan reekadan iborat bo'lsa, karbid zarrachalari esa reyakalar orasida yoki chegaralari bo'yicha va reekaning ichida joylashgan bo'ladi. O'z navbatida, yuqorigi beynitda karbid austenitdan ajralib chiqadi. Pastki beynitda karbid zarrachalari α faza plastinasini ichida bo'ladi, ya'ni karbidlar uni parchalanishidan hosil bo'ladi. Yuqorigi ham pastki beynitning α fazasining ichida dislokatsiya zichligi katta bo'ladi.

Agar beynitli o'zgarishlar va bo'shatish temperaturalari bir xilda bo'lsa, o'zining fizik xossasi, fazaning tarkibi va strukturasi ko'ra o'ta sovutilgan austenitning izotermik o'zgarish mahsulotlari toblangan po'latning bo'shatilgan martensit mahsulotlariga yaqin bo'ladi. Beynitdagi ferrit fazasi α - temirdagi uglerodning o'ta to'yingan qattiq eritmasi hisoblanadi.

Yuqorigi beynitda karbid fazasi sementit bo'lsa, pastki beynitda esa ϵ - karbid bo'lib, ushlab turish vaqtini oshishi bilan sementit bilan almashadi.

Legirlangan po'latdagi maxsus karbidlar perlitli o'zgarishlar intervalida hosil bo'lib, beynitli o'zgarishlarda paydo bo'lmaydi. Legirlovchi elementlar beynitli o'zgarishlarda qaytadan taqsimlanmaydi.

Kremniy bilan legirlangan po'latlarda karbid umuman hosil bo'lmasligi mumkin va beynit α faza va qoldiq austenitdan tashkil topishi mumkin.

Temperaturaning beynitli, shu jumladan, perlitli intervalida o'ta sovutilgan austenit bir qancha inkubatsion davrdan so'ng parchalanishni boshlaydi. Karbid hosil qiluvchi elementlar (Cr, W, Mo va boshqalar) bilan legirlangan po'latlarda perlitli parchalanishning C-egri chizig'ini pastida beynitli o'zgarishlarning boshlanishi va tugallanishidagi C-egri

chiziq yotadi (5.9-rasm). Masalan, 5.9-rasmda 500°C temperaturada 100 sekunddan so'ng beynitli o'zgarishlar boshlanadi va izotermik ushlab turish vaqtidan taxminan 60 minut so'ng perlitli o'zgarish ro'y beradi.

Yuqori legirlangan po'latlarda perlitli va beynitli o'zgarishlarining C-egri chizig'i o'ta sovutilgan austenitning yuqori turg'unligining temperaturalar intervallari bo'yicha bo'lingan bo'lib, unda perlitni parchalanishi juda ko'p soatlar mobaynida kuzatilmaydi, beynitli o'zgarishlar uchun o'ta sovush hali etarli bo'lmaydi (5.9-rasm,b). C-egri chiziqni beynitli o'zgarishining maksimal temperaturasi B_n (yoki B_s) nuqtasi bilan belgilanadi.

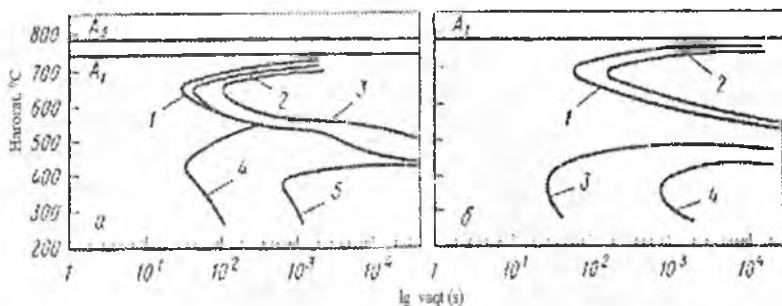
Beynitli o'zgarishlar kinetikasi perlitli o'zgarishlar kinikasiga na faqat inbuksion davrning mavjudligi bilan balki izotermik ushlab turish vaqtida hajmi oshishi bilan ham o'xshash hisoblanadi. Shu bilan birga juda ko'p legirlangan po'latlarda beynitli o'zgarishlar martensitli o'zgarishlarga o'xshash o'ziga xos xarakterga ega bo'lib, u jarayon to'liq austenitni yo'qolishigacha bormaydi. C-egri chiziqni har bir nuqtasi beynitli o'zgarishlar oxirida qoldiq austenitning ma'lum bir miqdoriga mos keladi (masalan, 4 egri chiziq 5.9-rasm, b da).

Juda ko'p po'latlarda beynitli o'zgarishlarda austenitda uglerod miqdorining sezarli darajada oshishi kuzatiladi. Ba'zi bir po'latlarda izotermik ushlab turish vaqtini oshishi bilan austenitdagi uglerod miqdori kamayadi, yuqori uglerodli po'latlarda esa uglerod miqdori beynitli o'zgarishlar boshlanishidan kamayib boradi, bu o'z navbatida austenitdan karbidni ajralib chiqishiga bog'liq.

Beynitli temperaturalar intervalida o'zgarmasdan qolgan austenit po'latni xona temperaturasigacha sovutganimizda qisman martensitga aylanadi, biroq bunda M_n nuqta dastlabki austenitdan hosil bo'lgan martensitdan past bo'ladi. Austenit beynitli o'zgarishlardan so'ng uglerod miqdori bo'yicha bir xilda emas va martensit uglerod bilan to'yingan joylarda hosil bo'ladi.

Austenit donasi o'lchami amaliy jihatdan beynitli o'zgarish kinikasiga ta'sir qilmaydi.

Uglerodli po'latlarda beynitli o'zgarishlar perlitli o'zgarishlardan aalohida hosil bo'lmaydi. Masalan, evtektoidli po'latlarda perlit va beynit $\sim 400 - 600^{\circ}\text{C}$ temperaturalar intervalida hosil bo'ladi. Nisbatan yuqori temperaturalarda ushbu po'latning strukturasi perlitli o'zgarishlar mahsuloti ustun bo'ladi. Nisbatan past temperaturada strukturada beynit ustun bo'ladi.



5.9-rasm. Perlitli va beynitli o'zgarishlardagi C – egri chiziq bilan ajralib turadigan legirlangan po'latlarda austenitning izotermik parchalanish diagrammasi (Roze va Peter)

a – 0,43 % S, 1,22 % Cr, 0,82 % Mn va 0,11 % V ga ega bo'lgan po'lat:
 1 – ferritni paydo bo'lishini boshlanishi; 2 – perlitni hosil bo'lishini boshlanishi; 3 – prelitni hosil bo'lishini tugallanishi; 4 – beynitni hosil bo'lishini boshlanishi; 5 – beynitni hosil bo'lishini tugallanishi; **b** – 0,43 % S va 3,52 % Cr ga ega bo'lgan po'lat: 1 – perlit hosil bo'lishini boshlanishi; 2 – perlit hosil bo'lishini tugallanishi; 3 – beynitni hosil bo'lishini boshlanishi; 4 – beynitni hosil bo'lishini tugallanishi.

Beynitli o'zgarishlar quyidagi asosiy jarayonlarni o'z ichiga oladi: panjarani $\gamma \rightarrow \alpha$ ga qayta o'zgarishi, uglerodning qayta taqsimlanishi, karbidning ajralishi.

Quyidagi muhim savollar beynitli o'zgarishlarda munozarali hisoblanadi: 1) panjarani $\gamma \rightarrow \alpha$ ga qayta o'zgarishi, uglerodni qayta taqsimlanishi va karbidlarni ajralishi jarayonlari qaysi ketma-ketlikda borishi; 2) ferritning hosil bo'lish mexanizmi qandayligi; 3) karbid qaysi fazadan (austenit yoki ferrit) ajralib chiqishi.

Juda ko'p tadqiqotchilar beynitli o'zgarishlar temperaturalar intervalida ferrit austenitdan martensitli mexanizm bo'yicha hosil bo'ladi degan fikrga kelganlar. Tadqiqotchilarni bunday fikrga kelishlariga quyidagi dalillar mavjud: namunaning polirotkalangan (silliqlangan) tekis yuzasida relefning hosil bo'lishi (perlitli o'zgarishlarda bunday relef hosil bo'lmaydi), legirlangan po'latlarda beynitli o'zgarishlar tugagandan so'ng qoldiq austenitning mavjudligi (perlitli o'zgarishlarda har doim austenit to'liq yo'qoladi), pastki beynit va bo'shatilgan martensit mikrostrukturasi o'xshashligi hamda yuqorigi beynit va kam uglerodli martensitning substrukturasi o'xshashligi va boshqalar.

Beynitli o'zgarishlar mexanizmi kinetikasi bo'yicha o'ziga xos bo'lib, perlitli va martensitli o'zgarishlarga yaqin bo'lishini quyidagicha tushuntirib berish mumkin: beynitli o'zgarishlar $500 - 450^{\circ}\text{C}$ temperaturalardan past temperaturalarda, ya'ni temirning qayta kristallanish boshlanishidan pastroqda bo'ladi. Bu degani beynitli o'zgarishlar temperaturalar intervalida analiy jihatdan asosiy komponent (temir) atomlarini diffuzion xarakatlanishini to'liq to'xtatishidir. Shuning uchun ferritni tartiblanmagan $\gamma \rightarrow \alpha$ ga qayta o'zgarishi orqali hosil bo'lishini mumkin emasligi bo'lib, ya'ni perlitli parchalanish to'xtatiladi. Lekin $200 - 250^{\circ}\text{C}$ dan yuqori temperaturalarda uglerodning diffuziyasi etarli darajada kechadi va bu austenit va ferritdan karbidlarni ajralib chiqish uchun etarli hisoblanadi.

Shunday dalillar mavjudki, inkubatsion davrda dastlabki austenitdagi uglerod beynitli o'zgarishlardan oldin qaytadan taqsimlanadi. Kichik miqdordagi uglerodga ega bo'lgan austenit joylari martensitli o'zgarishlarni $\gamma \rightarrow \alpha$ kechiradi.

α faza kristallari oraliq temperaturalar intervalida dastlabki γ fazalar bilan elastik bog'liqlikda kogerent tarzda o'sib boradi, ya'ni M_n martensitli o'zgarishlar boshlanishi nuqtasidan pastdagi o'zgarishlarda martensit plastinalari qanday o'sishiga aniq o'xshash bo'ladi. Lekin, toza martensitli o'zgarishlardan martensit kristallarining «bir zunda» hosil bo'lsa, beynitli o'zgarishlarda esa α faza plastinkalari nisbatan sekin o'sib boradi. Bu asosan, oraliq temperaturalar oralig'ida α faza uglerod bilan bog'langan γ fazadan hosil bo'lishi mumkin. O'z navbatida α faza kristallarining o'sish tezligi uglerod atomlarini diffuzion chiqarish tezligi bilan nazorat qilinadi. Bu uglerod atomlarini chiqarish oqibatida austenitdagi M_n nuqta α faza chegaralarida bevosita oshadi va berilgan po'lat uchun martensitli qayta qurish $\gamma \rightarrow \alpha$ ga M_n nuqtadan yuqorida kechadi.

5.10. Po'latning toblanish chuqurligi

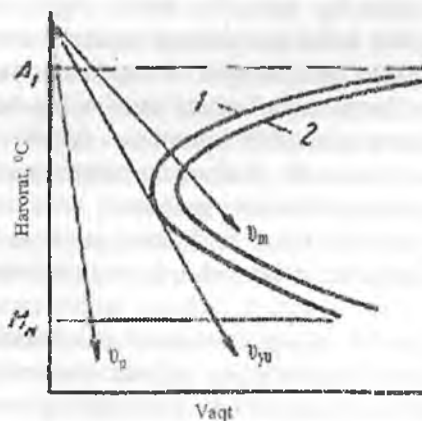
5.10.1. Toblanish chuqurligi va sovutishning kritik tezligi

Po'lat martensitgacha toblanganda toblash temperaturasidan boshlab sovushi kerak, chunki austenit ferrit-karbidli qorishmaga parchalanishiga ulgirmasdan M_n nuqtadan past temperaturada sovushi lozim. Buning uchun buyumni sovutish tezligi kritik nuqtadan yuqori bo'lishi

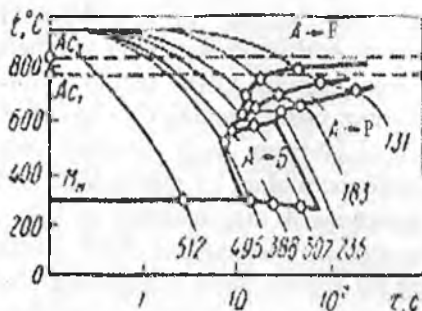
kerak. Sovutishning kritik tezligi – bu minimal sovutish tezligi bo‘lib, bunda austenit hali ferrit-karbid qorishmasiga parchalanmagan bo‘ladi.

Toblashdagi sovutishning kritik tezligi birinchi yaqinlashishda austenitni parchalanishini boshlanishida C – egri chiziqqa urinmani qiya holatida aniqlanadi (5.10-rasm, v_{kr}). Bunday aniqlanishda kattalik, taxminan haqiqiy kritik tezlikdan 1,5 martagacha katta bo‘ladi. Haqiqiy kritik tezlikni v_{kr} temokinetik diagrammani qo‘llab, olishimiz mumkin. 5.11-rasmda xuddi shunday diagramma 35°C po‘lati uchun berilgan. Sovutish egri chizig‘ini termokinetik diagramma chizig‘i bilan kesishi shi mos ravishda o‘zgarishni boshlanishi va tugallanishini, egri chiziqdagi raqamlar esa sovutish tugagandan keyingi qattiqlikni Brinel shkalasi bo‘yicha qiymatini ko‘rsatadi. 35°C po‘latni martensitgacha toblashdagi minimal sovutish tezligi shunday bo‘lish kerakki, bunda beynitli o‘zgarishlar boshlanishiga ulgirmasligi lozim (A→B).

Buyumning yuzasida sovutish tezligi kritik tezlikdan yuqori, markazida esa kam bo‘lishi mumkin. Bunday holatda, austenit buyumning sirtqi yuzasida martensitga aylanishi, uning markazida esa perlitli o‘zgarishlar ro‘y berishi kuzatiladi, ya‘ni detal ochiq holda to‘liq toblanmaydi. Toblanish chuqurligi – po‘latning muhim tavsifnomalaridan biri hisoblanadi.



5.10-rasm. C – diagramma bo‘yicha toblashning kritik tezligini aniqlash.
 v_m va v_{yu} – buyumning markazida va yuzasida sovutish tezligi;
 1 – austenitning parchalanishini boshlanishi; 2 – austenitni
 parchalanishini tugallanishi.



5.11-rasm. 0,34 % S, 1 % Mn, 0,76 % C ga ega bo'lgan 350C markali po'latni termokinetik diagrammasi (K. F. Starodubov, YU. Z. Borkovskiy, V. V. Parusov).

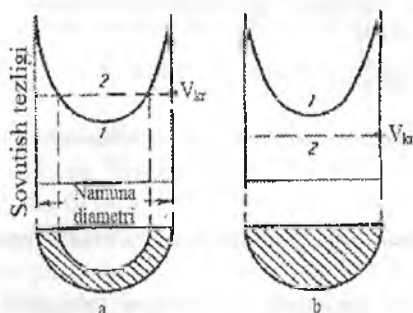
Toblanish chuqurligi deganda buyumdagi toblangan qatlarni uning ichkarisiga kirish chuqurligi tushuniladi. Toblanish chuqurligi, avvalam bor buyumni sovutishning kritik tezligiga bog'liq bo'ladi. 5.12 – rasmda silindrsimon namunani diametri bo'yicha sovush tezligini taqsimlanish egri chizig'i kritik tezlik qiymatiga solishtirish bilan tasvirlangan. Buyumning xalqasimon yuzasi hajmi kritik tezlikdan yuqori tezlik bilan sovutiladi, shuning uchun u martensitgacha toblanadi. Silindrning o'zagi esa kritik tezlikdan pastroq tezlikda sovutiladi va shuning uchun u martensitgacha toblanmaydi. Katta kesim yuzasiga ega bo'lgan gabarit o'lchamli, katta hajmli detallarda toblashdan so'ng hamma gamma strukturalarni kuzatish mumkin: detalni yuzasi yaqinidan martensitdan troostomartensit, troostit va sorbit orqali uning markazida perlitga bir tekis, ohista o'tishi ro'y beradi.

Agar buyum markazi kritik tezlikdan yuqori tezlikkacha sovutilsa, unda detal martensitgacha to'liq, ochiq holatgacha martensitga toblanadi (5.12-rasm, b).

Sovutishning kritik tezligi austenitni parchalanish tezligiga ta'sir qiluvchi hamma omillarga bog'liq bo'ladi. Austenitni parchalanishiga qarshilik ko'rsatuvchi o'ta sovutilgan austenitning bardoshligini oshiruvchi omillar, ya'ni C egri chiziqni o'ng tomonga surish toblanish chuqurligini oshiradi (C egri chiziqni o'ng tomonga surish kichik burchak ostida urinma ko'rinishda bo'ladi).

Po'latlarni toblashdan oldin qizdirish temperaturasi va ushlab turish vaqtini oshirish γ -eritmaning miqdorini bir xil holatga olib keladi va

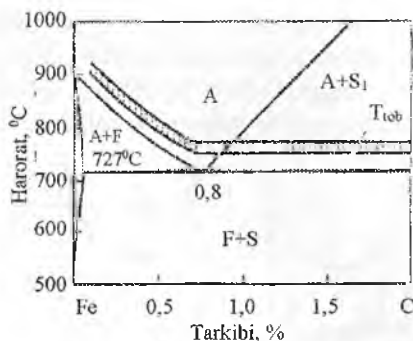
austenit donasi o'lchamini oshiradi, ya'ni o'ta sovutilgan austenitning turg'unligini oshiradi. Shuning uchun toblashdan oldin qizdirish temperaturasi va ushlab turish vaqtini oshishi po'latlarni toblanish chuqurligini oshiradi va bunda birinchi omil nisbatan samarali hisoblanadi.



5.12-rasm. Tsilindrning toblanish chuqurligi:

a – ochiq bo'lmagan toblash; b – ochiq bo'lgan toblash; 1 – silindr diametri bo'yicha sovutish tezligini taqsimlanish egri chizig'i; 2 – kritik sovutish tezligi (shtrix qilingan qatlam martensitgacha toblangan qatlamdir).

Toblanish chuqurligiga austenitning kimyoviy tarkibiga juda ham kuchli tarzda ta'sir qiladi. Austenitda uglerod miqdorini oshishi uni turg'un qiladi va buning natijasida toblashni kritik tezligi kamayadi. Eng yaxshi toblanish chuqurligiga evtektoidli po'latlar tarkibiga yaqin tarkibga ega bo'lgan po'latlarda bo'ladi. Evtektoiddan keyingi po'latlarni nisbatan sovutishning yuqoriroq kritik tezligiga ega bo'lishi, ularni austenit joylashgan zonasida emas, balki A_1 temperaturadan yuqori, lekin A_{cm} temperaturadan past temperaturalar sohasida bo'lishi bilan tushuntiriladi (5.13-rasmga qarang). Evtektoiddan keyingi po'latlarda uglerod miqdorini oshishi uning toblashning normal temperaturasi ($A_1 + 35 \div 60$) K austenitdagi miqdori oshmaydi, sementit miqdori esa oshib boradi. Tsementit zarrachalari perlitli o'zgarishlar uchun moyillik bo'lib, o'ta sovutilgan austenitning turg'unligini kamaytiradi. Shuning uchun evtektoiddan keyingi po'latlarda uglerod miqdorini oshishi toblashning kritik tezligi oshadi. Agar evtektoiddan keyingi po'latlar A_{cm} temperaturadan yuqori temperaturada (austenit zonasida) toblansa, sovutishni kritik tezligi po'latdagi uglerod miqdori oshishi bilan uzluksiz kamayib boradi, bunda austenitdagi uglerodning miqdori oshadi.



5.13-rasm. Uglerodli po‘latlarni toblashda qizdirish temperaturasi intervali.

Uglerodli va kam uglerodli po‘latlarni toblanish chuqurligi unga boni nol butun ming bir foiz miqdorida qo‘shilganda sezilarli darajada oshadi, bu esa amaliy jihatdan qo‘llanilishini namayon qilib kelmoqda. Juda ham kam miqdorda borni qo‘shish po‘latni toblanish chuqurligiga ta’sir etishi uning austenit yuzasida faol ekanligi bilan tushuntiriladi.

Eksperimentlar shuni ko‘rsatdiki, bir xil maikadagi, lekin turli eritishda olingan po‘latlar turli toblanish chuqurligiga ega bo‘ladi, chunki undagi nazorat qilib bo‘lmaydigan erigan va oksid qo‘shimchalari, nitridlar, sulfidlar va boshqalarning ta’siri oqibatida austenit donasi o‘lchamlarini turlicha bo‘lishi bilan tushuntiriladi. Kobaltdan tashqari austenitda erigan hamma legirlovchi elementlar uni parcha-lanishini qiyinlashtiradi, toblashning kritik tezligini kamaytiradi va toblanish chuqurligini yaxshilaydi. Ana shu maqsadda po‘latga keng ko‘lamda marganets, nikel, xrom va molibden qo‘shiladi. Ayniqsa, o‘ta samarali kompleks legirlash va bundagi ba’zi bir alohida elementlarni toblanish chuqurligiga foydali ta’sir etishi natijasida o‘zaro uni kuchaytiradi. Masalan, 0,4 % C va 3,5 % Ni ga ega bo‘lgan po‘latlarda toblashning kritik tezligi 150° C/c ga teng bo‘lsa, unga 0,75 % Mo qo‘shilsa, uning tezligini taxminan 4° C/c ga kamaytiradi.

Po‘latlarni legirlashda uning toblanish chuqurligini oshirish ikki yo‘nalishda qo‘llaniladi. Birinchidan, legirlangan po‘latlarni qo‘llash, agar uglerodli po‘latdan tayyorlangan katta kesimli detallarda ochiq usulda toblash mumkin bo‘lmaydigan hollarda ochiq toblash toblanish chuqurligini ta’minlab bergan holdagina ishlatiladi.

Ikkinchidan, uglerodli po'latdan tayyorlangan uncha katta bo'lmagan kesimga ega bo'lgan buyumlarni legirlangan po'latlarga almash-tirsak, nisbatan sekin tez toblashdan sovushga olib keladi.

5.11. Po'latlarni toblashda qizdirish va sovutish

5.11.1. Toblash uchun qizdirish

Po'latlarni qizdirishda ro'y beradigan o'zgarishlar oldingi parag-raflarda ko'rib o'tilgan. Uglerodli po'latlarni toblash uchun qizdirish temperaturasi holat diagrammasi bo'yicha tanlab olish mumkin (5.13 - rasm). Evtektoidgacha bo'lgan po'latlar A_3 nuqtadan $30 - 50\text{ }^\circ\text{C}$ yuqori temperaturagacha qizdiriladi. Nasldorligi mayda donali bo'lgan po'latlar nisbatan yuqori temperaturada toblashga ruxsat etiladi. Nasldorligi katta donali bo'lgan po'latlar o'ta qizdirilganda toblash katta ignali martensit strukturasi hosil qiladi. Po'latlarni $A_1 - A_3$ temperaturalar intervalida toblashda (to'liq bo'lmagan toblashda) strukturada martensit bilan bir qatorda ortiqcha ferrit ham qoladi, bu esa toblangan po'latni qattiqligini kuchli tarzda kamaytiradi va bo'shatishdan keyin mexanik xossalarini yomonlashtiradi.

Evtektoiddan keyingi po'latlar A_1 nuqtadan $35 - 60\text{ }^\circ\text{C}$ yuqori temperaturagacha toblanadi. $A_1 - A_{cm}$ temperaturalar intervalida toblashda evtektoiddan keyingi po'latlar strukturasi martensit bilan bir qatorda ikkilamchi sementit ham bo'ladi, bu esa asbobni eyilishga chidamliligini oshiradi. Po'latlarni A_{cm} temperaturasidan yuqori temperaturagacha qizdirish xavfli hisoblanadi, chunki bunda qattiqlik oshmaydi, lekin austenit donasi o'lchami kattalashadi, yuzada uglerod-sizlantirish jarayoni kuchayadi va toblash kuchlanishi qiymati oshadi.

Juda ko'p legirlangan konstruksion va asbobsozlik legirlangan po'latlarni toblash uchun qizdirish temperaturasi $800 - 880\text{ }^\circ\text{C}$ atrofida bo'ladi. Yuqori miqdorda karbid hosil qiluvchi elementlarga ega bo'lgan po'latlar (W, V, Cr) nisbatan yuqori temperaturalarda, ba'zi bir hollarda solidus temperaturasiga yaqin temperaturada toblanadi, chunki bu holatda katta miqdordagi qiyin eriydigan karbidlarni austenitga o'tkazish kerak. Masalan, P9 va P18 markali tezkesar po'latlar $1250 - 1300\text{ }^\circ\text{C}$ temperaturalarda toblansa, 3X2B8Φ markali shtampli po'latlar $1050 - 1100\text{ }^\circ\text{C}$ temperaturalarda toblanadi.

Qizdirish temperaturasida ushlab turish vaqti shunday bo'lish kerakki, bunda austenitni gomogenizatsiyalash jarayoni bo'lib o'tish

kerak. Qizdirish tezligi ish unumdorlikni oshirish uchun iloji boricha maksimal bo'lish lozim.

Juda ko'p buyumlar yuqori yuza qattiqligiga, yuza qalamida yuqori mustahkamlikka va qovushqoq o'zakka ega bo'ladi. Buyumni yuzasi va o'zagidagi bunday xossalarning mutanosibligi yuqori chastotali tok yordamida toblanib, erishiladi.

Ma'lumki, o'zgaruvchan tokning chastotasi oshishi bilan uni o'tkazgich kesimi bo'ylab bir tekis bo'lmagan taqsimlanishi oshadi. Amaliy jihatdan tok yuqori chastotada yupqa sirtqi qatlam orqali o'tadi.

5.11.2. Toblashdagi sovutish

Toblashdagi sovutish rejimi avvalambor, talab etilgan toblanish chuqurligini ta'minlab berishi kerak. Boshqa tomondan, sovutish rejimi shunday bo'lish kerakki, bunda buyumni qiyshayishiga olib keluvchi kuchli toblash kuchlanishi va toblanish darzlari yuzaga kelishi kerak emas.

Toblanish kuchlanishlari termik va strukturali kuchlanishlar yig'indisidan hosil bo'ladi. Toblashda har doim buyumning kesimi bo'ylab temperaturani farqi kuzatiladi. Sovutish davrida tashqi va ichki qatlamlarni termik siqilish kattaligini har bo'lishi termik kuchlanishlarni yuzaga kelishi bilan tushuntiriladi.

Martensitli o'zgarishlar hajmni bir qancha foizga oshishiga bog'liq bo'ladi. Buyumning sirtqi qatlami uning o'zagiga nisbatan oldin martensit nuqtaga erishadi. Martensitli o'zgarishlar va u bilan bog'liq bo'lgan hajmni oshishi buyum kesimining turli nuqtalarida bir vaqtda sodir bo'lmaydi, bu esa strukturali kuchlanishlarni paydo bo'lishiga olib keladi.

Yig'indi toblash kuchlanishlar toblash uchun qizdirishda temperatura va sovutish tezligini oshishi bilan oshadi, chunki ikkala holda ham buyum kesimi bo'ylab temperaturalar farqi turlicha bo'ladi. Temperaturalar farqining oshishi termik va strukturali kuchlanishlarni oshishiga olib keladi.

Po'latlar uchun martensit nuqtasidan past temperaturalar intervalida toblash darzlarni hosil bo'lish ehtimoli strukturali kuchlanishlar paydo bo'lishida sodir bo'ladi va mo'rt faza – martensit yuzaga keladi. Martensit nuqtasidan yuqorida faqat termik kuchlanishlar hosil bo'ladi, bu holatda po'lat austenit holatida bo'ladi va biz bilamizki, austenitni o'zi plastik hisoblanadi.

C – digamma shuni ko'rsatadiki, po'latni toblagandan so'ng tez sovutish o'ta sovutilgan austenitning nisbatan turg'un bo'lmagan holatida muhimdir. Juda ko'p po'latlar uchun ushbu holat 650 – 400° C temperaturalar intervaliga to'g'ri keladi. Ushbu temperaturalar intervalidan past yoki yuqori temperaturalarda austenit parchalanishga nisbatan C – egri chizig'i egilishi atrofida o'ta turg'un bo'ladi va bu holda buyumni nisbatan sekinroq sovutish kerak bo'ladi. Sekin sovutishni asosan, 300 – 200° C temperaturalarda boshlash o'ta muhimdir, chunki ushbu temperaturadan pastda juda ko'pchilik po'latlarda martensit hosil bo'ladi. C – egri chizig'i egilishidan yuqorida sekinroq sovutishda faqat termik kuchlanish kamaysa, martensit intervalida esa ham termik ham strukturali kuchlanishlar kamayadi.

Toblash muhitlari sifatida ko'proq suv, NaOH va NaCl larni 10%li suvdagi eritmaları va moylar qo'llaniladi.

Sovuq suv – eng arzon va o'ta faol sovutgich hisoblanadi. Sovuq suv perlitli hamda martensitli temperaturalar intervalida tezda sovutadi. Suvga tuzni yoki ishqorni qo'shilishi perlitli intervalda sovutuvchanlik qobiliyatini oshiradi. Suvning eng katta kamchiligiga, uning martensit intervalida yuqori sovutish tezligiga ega ekanligi hisoblanadi.

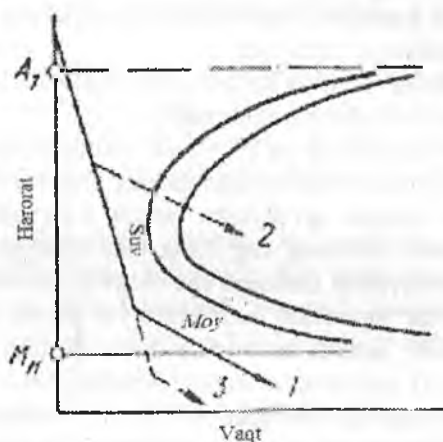
Mineral moylar martensit intervalida (bu uning eng katta yutug'i hisoblanadi) hattoki, perlitli intervalda ham (bu uning eng katta kamchiligi hisoblanadi) sekinroq sovutadi. Shuning uchun moydan yaxshi toblanish chuqurligiga ega bo'lgan po'latlarni sovutishda foydalaniladi. Hozirgacha perlitli temperaturalar intervalida tez sovutishi va martensitli temperaturalar intervalida esa sekin sovutishi lozim bo'lgan toblash muhiti topilmagan.

5.11.3. Toblash usullari

Po'latlarni 650-400° C temperatura intervalida tez sovushini ta'minlovchi toblash muhiti yo'q va undan yuqorida sekin sovushi va undan past intervalda kerakli sovutish tartibini ta'minlovchi turli toblash usullaridan foydalaniladi.

Po'latlarni martensitli intervalida sovutish tezligini kamaytirish uchun ikki muhitdagi toblashdan foydalaniladi (5.14-rasm). Avval detal suvga botiriladi va bu suvda juda ham qisqa vaqt ushlab turgandan keyin moyga olinadi. Shuning uchun bu toblash usulini suv orqali moyda toblash deb ataladi.

Suvda tez sovutish perlitli o'zgarishlarni oldini oladi, keyingi sekin moyda sovutish esa martensitli intervalda toblash kuchlanishini kamaytiradi. Bunda mas'uliyatli moment bo'lib, havoda ushlab turish bo'lib, uni davom etish vaqti har bir aniq buyum uchun belgilanadi. Buyumlarni suvda kam va ko'p ushlab turish nuqsonga olib kelishi mumkin. Suvda kam ushlab turishda austenitni qisman yoki to'liq parchalanishi kuzatiladi va pasaytirilgan qattqlikka ega bo'ladi, agar suvda ko'proq ushlab turilsa, nisbatan kuchli kuchlanishlar hosil bo'ladi va u qiyshayishga va darzlar paydo bo'lishiga olib keladi.

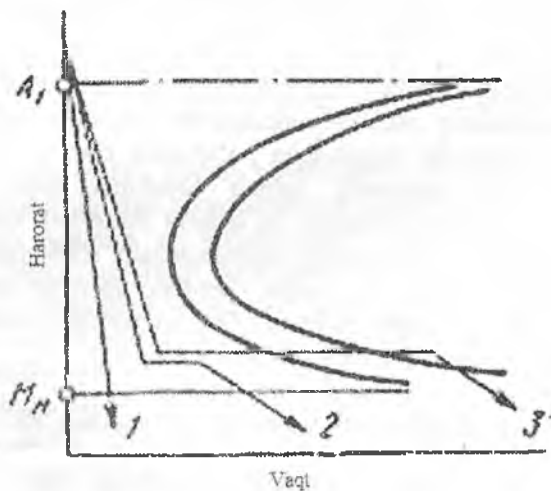


5.14-rasm. Suv orqali moyda toblash (Ikki muhitda toblash):
 1 - normal rejim; 2 - suvda kam vaqt ushlab turilishi; 3 - suvda ko'p vaqt ushlab turilishi holati moyga olinadi.

Lekin, yuqorida ko'rsatilgan kamchiliklarga qaramasdan, suv orqali moyda toblash uglerodli po'latlardan tayyorlangan kesuvchi asboblarni ishlab chiqarishda keng ko'lamda qo'llaniladi (uglerodli po'lat uncha katta bo'lmagan toblanish chuqurligiga ega va undan tayyorlangan kesuvchi asboblarni moyda toblash mumkin emas).

Martensitli intervalda sovutish tezligini kamaytiruvchi boshqa toblash usuliga pog'onali toblash kiradi (5.15-rasm). Toblash temperaturasigacha qizdirilgan buyum issiq muhitga ega bo'lgan vannaga tezda solinadi, so'ngra bir qancha vaqt ushlab turilgandan keyin sovuq havoga olinadi yoki sovuq moyga yuklanadi. Birinchi marta issiq muhitda toblash D.K.Chernov tomonidan ko'rib chiqilgan. Pog'onali toblashning

tartibini tanlashda C-diagrammadan foydalaniladi. Issiqlik muhitining temperaturasi («pog'ona» temperaturasi) martensit nuqtasi yaqinida ($20 - 30^{\circ}\text{C}$ yuqori temperaturada) o'ta sovutilgan austenitning yuqori turg'unligi sohasida tanlanadi. Issiqlik muhitida ushlab turish vaqti mos temperaturalarda inkubatsion davrdan kam bo'lishi kerak. Pog'onali toblash ishlatilishiga qarab suv orqali moyda toblashga qaraganda sodda bo'lib, nisbatan turg'un natijalar beradi. pog'onali toblashning boshqa muhim yutuq'i uning issiqlik muhitida ushlab turish vaqtida buyumning kesimi bo'yicha temperaturasini bir xil holatga keltirish hisoblanadi. Bunday ushlab turishdan keyin ro'y beradigan martensitli o'zgarishlar bir vaqtning o'zida hamma hajm bo'ylab sekin sovutilishda sodir bo'ladi, natijada toblanish kuchlanishi kamayadi. Va oxir oqibat, ushbu toblash usulida po'latning sezilarli darajada katta yutuqqa ega bo'lishi uning «pog'ona» temperaturasida austenit holatida bo'lishidir. Issiqlik muhitidan olingan buyum bir qancha vaqt plastik bo'lib, uni qiyshayishini to'g'rilash mumkin bo'ladi. Bu holat ayniqsa, yupqa va uzun buyumlarni toblashda juda ham bebahodir.



5.15-rasm. Suvda va issiq muhitlarda toblash:
1 – suvda toblash; 2 – pog'onali toblash; 3 – izotermik toblash.

Pog'onali toblashning eng katta kamchiligi, bu uning issiqlik muhitida kichik tezlikdagi sovushidir (5.15-rasmdagi 1 va 2 – egri chiziqlarni solishtirish kerak). Shuning uchun uglerodli po'latlardan tayyorlangan uncha katta bo'lmagan kesim yuzasiga ega bo'lgan

(qalinligi 8-10 mmgacha bo'lgan) buyumlar uchun pog'onali toblash chegaralangan bo'ladi. Katta kesimga ega bo'lgan buyumlar issiqlik muhitida sekin sovutiladi, va austenit evtektoidli parchalanishga ulgiradi. Sovutishning kritik tezligi kichik bo'lgan legirlangan po'latlardan tayyorlangan buyumlarni pog'onali toblashga yo'naltirish oson hisoblanadi. Masalan, xromli po'latlardan (11X15, XBF va 9XC) tayyorlangan asboblarda va mashina detallariga ishlov berishda keng ko'lamda pog'onali toblashdan foydalaniladi.

Pog'onali toblashning turlaridan biri issiqlik muhitida toblash bo'lib, uning temperaturasi martensit nuqtasiga qaraganda bir qancha pastdir. Nisbatan kichik temperaturaga ega bo'lgan «pog'ona» yuqori toblanish chuqurligini ta'minlab beradi, chunki martensit miqdori hali ko'p bo'lmaydi.

Pog'onali toblashda 3 ta issiqlik muhitlari turlari ishlatiladi: mineral moy, selitra critmasi va ishqorlar eritmasi.

Agar «pog'onaning» uzunligi beynitli o'zgarishlar temperaturalar intervalida bo'lsa, austenitning izotermik parchalanishiga ko'p vaqt ketadi, va bu termik ishlov berish operatsiyasi izotermik yoki beynitli toblash deb ataladi (5.15-rasm, 3 egri chiziq).

Toblash kuchlanishlari va qiyshayishni tezda kamaytirish jarayoni izotermik toblashning muhim yutuqlaridan biri hisoblanadi. Beynitli o'zgarishlarda ba'zi bir legirlangan po'latlarda katta miqdorda qoldiq austenit saqlanib, izotermik ushlab turishdan keyin sovutishda martensitga aylanmaydi. Bunday po'latlarni izotermik toblash yuqori zarbiy qovushqoqlikni ta'minlab, martensitgacha toblangan va bo'shatilgan po'latlarga qaraganda kerkik, kesilish hosil bo'lishiga sezuvchanligini tezda kamaytirib yuboradi. O'z navbatida, izotermik toblash po'latning konstruksion mustahkamligini oshiradi.

5.11.4. Sovuq bilan ishlov berish yo'li yordamida toblash

Juda ko'p po'latlarda martensitli interval ($M_b - M_s$) minus temperaturalarigacha tushib ketadi. Bu holda toblangan po'latlar qoldiq austenitga ega bo'ladi, buyumni xona temperaturasidan past temperaturalarda sovutib, qo'shimcha tarzda martensitga aylantirish mumkin. Mohiyat jihatdan bunday sovuq bilan ishlov berish toblashdagi sovutishni davom ettiradi.

M_s nuqta noldan pastda bo'lganda sovuq bilan ishlov berishni hamma vaqt ham davom ettirish mumkin. Sovuq bilan ishlov berishning

samarasi xona temperaturasidagi qoldiq austenit miqdoriga bog'liq. Po'latda uglerod miqdorini oshishi bilan nisbatan past temperaturalar sohasida martensitli interval kamayadi hamda qoldiq austenit miqdori oshadi va u toblangan po'latni martensit nuqtasidan M_0 past temperaturada sovutishda martensitga aylanadi. Po'latni M_0 dan past temperaturada sovutish hech qanday ma'no bermaydi, chunki u qo'shimcha martensitli o'zgarishlarga olib kelmaydi.

Sovuq bilan ishlov berishdan maqsad – buyumning o'lchamlarini turg'un holiga keltirishdir. Katta miqdorda qoldiq austenitga ega bo'lgan toblangan po'lat strukturasi turg'un bo'lmaydi. Xona temperaturasida, hatto uncha katta bo'lmagan temperaturaning klimatik pasayishlarida qoldiq austenit sekin - asta martensitga aylanadi. Bu aylanishlar hajmi oshishi bilan kechadi va buyumning o'lchamlari ham o'zgaradi. Sharikli va rolikli podshipniklar, kalibrilar va boshqa o'lchash asboblari kabi bunday buyumlarning o'lchamlari mikrometr aniqlikgacha saqlanishi kerak. Bu buyumlarni o'lchamlarini turg'unlashtirish, turg'unlashtirish uchun sovuq bilan ishlov beriladi. Juda ko'p hollarda toblangan detalni noldan past temperaturada sovutish talab etilmaydi, hatto $+5$ dan $+10^{\circ}\text{C}$ gacha temperaturaga ega bo'lgan suvda sovutish ham etarli hisoblanadi.

Sovuq bilan ishlov berishning boshqa yutug'iga - kesuvchi asboblari, shtamplar va o'lchash asboblari qattiqligi va eyilishga chidamliligini oshirish kiradi.

Sovuq bilan ishlov berish sementatsiya qilingan legirlangan va konstruksion po'latlardan tayyorlangan detallarni qattiqligi va eyilishga chidamliligini oshiradi va silliqlanganda hosil bo'ladigan darzlarni yo'qotadi. Yuqori uglerodli sementatsiyalangan qatlamda toblashdan keyin etarli darajada austenit miqdoriga ega bo'ladi, bu po'latni qattiqligini kamaytiradi va uning parchalanishi oqibatida silliqlanganda darzlar paydo bo'ladi.

Sovuq bilan ishlov berish yana po'latlarda paramagnit austenitni qo'shimcha tarzda ferromagnit martensitga o'tishi natijasida doimiy magnitlarni magnit xossalari ham oshiradi.

5.11.5. Toblashda yuzaga keladigan nuqsonlar

Toblash uchun qizdirishda va toblash jarayonida quyidagi nuqsonlar vujudga kelishi mumkin: darzlar, deformatsiyalanish va tob tashlash, uglerodsizlanish, yumshoq dog'lar, qattiqligining past bo'lishi. Toblash darzlari termik ishlov berish jarayonida paydo bo'ladigan, tuzatib

bo'lmaydigan nuqsonlardir. Ular katta ichki kuchlanishlar tufayli yuzaga kelaadi. Katta o'lchamli shtamplarda toblash darzlari, hatto moyda toblanganda ham yuzaga kelishi mumkin. Shuning uchun shtamplarni 150-200° C gacha tez bo'shatib sovitish kerak.

Konstruksiyasida o'lchami keskin o'zgaruvchan sirtlari, mexanik ishlov berishdan keyin qolgan dag'al tirnalgan joylari, o'tkir burchaklari, yupqa devorlar va hokazolari bo'lgan detallarda noto'g'ri qizdirish (o'ta qizdirish) va juda tez sovitish natijasida darzlar paydo bo'ladi.

Detallarning deformatsiyalanishi va tob tashlashi qizdirish va sovitish vaqtida strukturasi va shu strukturasi bilan bog'liq bo'lgan hajmiy o'zgarishlarining notekis bo'lishi natijasida, metallda paydo bo'ladigan ichki kuchlanishlar tufayli ro'y beradi.

Detal sirtining uglerodsizlanishi va oksidlanishi asosan, uni toblash uchun qizdirganda pechdagi gaz yoki suyultirilgan tuzlar bilan reaksiyaga kirishishi natijasida sodir bo'ladi. Kesuvchi asboblarda bunday nuqsonlarni bo'lishi juda xavfli, chunki u asbobning puxtaligini bir necha marta kamaytirib yuboradi.

Yumshoq dog'lar - detal yoki asbob sirtidagi qattiqligi past bo'lgan qismlaridir. Bu nuqsonlar sirtida kuyindi yoki ifloslangan, uglerodsizlangan joylar bo'lgan detallar toblash muhitida sovitilganda, shuningdek, detal toblash muhitida keragicha tez harakatlantirilmaganda va detal sirtida bug' kuyilagi hosil bo'lganda yuzaga keladi.

Asboblarni toblashda ko'pincha qattiqligining etarli emasliga kuzaatiladi. Qattqlikning yetarli bo'lmasligiga toblash muhitida kerakli darajada tez sovitilmasligi, toblash temperaturasining pastligi, shuningdek, toblash uchun qizdirilganda yetarlicha ushlab turilmasligi sabab bo'ladi. Bu nuqsonni yo'qotish uchun detal yuqori temperaturada bo'shatilib, qaytadan toblanadi. Toblash uchun detal o'ta qizdirilganda metall zarralari (donlari) yiriklashadi, mexanik xossalari esa yomonlashadi. Metall haddan ziyod mo'rt bo'lib qoladi. Detallarni qaytadan toblashdan oldin donachalarini (zarralarini) kichiklashtirish uchun, ularni yumshatish kerak.

O'z-o'zini tekshirish uchun savollar:

1. Toblash nima?
2. Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblash deganda nimani tushunasiz?

3. Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lgan toblash haqida nimani bilasiz?
4. Sirtqi yuzani eritish bilan bog'liq bo'lgan toblash nima?
5. Har qanday toblashning asosiy parametrlariga nimalar kiradi?
6. Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblashdagi qizdirish va sovutish haqida nimani bilasiz?
7. O'ta sovutilgan eritmani parchalanish kinetikasini tushuntirib bering.
8. Martensit nima?
9. Martensitli o'zgarishlarning boshlanish temperaturasi haqida nimani bilasiz?
10. Martensitli o'zgarishlarning qaytuvchanligini tushuntirib bering.
11. Martensitli o'zgarishlar mexanizmi haqida nimani bilasiz?
12. Martensitgacha toblangan qotishmalarning mikrostrukturasi tushuntirib bering.
13. Martensitgacha toblangan qotishmalarning substrukturasini tushuntirib bering.
14. Beynit nima?
15. Beynitli o'zgarishlar haqida nimani bilasiz?
16. Yuqorigi va pastki beynit nima?
17. Toblanuvchanlik nima?
18. Toblanish chuqurligi deganda nimani tushunasiz?
19. Toblashda sovutishning kritik tezligi haqida nimani bilasiz?
20. Toblashdagi qizdirishlar haqida nimani bilasiz?
21. Toblashdagi sovutishlarni tushuntirib bering.
22. Qanday toblash usullarini bilasiz?
23. Sovuq bilan ishlov berish usulini tushuntirib bering?
24. Toblashda qanday nuqsonlar paydo bo'ladi?
25. Toblashning mashinasozlikdagi ahamiyati nimadan iborat?

VI BOB. ESKIRTIRISH VA BO'SHATISH

6.1. Eskirtirish va bo'shatish haqida umumiy ma'lumotlar

Toblangan po'lat metastabil holatida bo'lib, yuqori erkin energiyaga ega bo'ladi. Polimorfsiz o'zgarishlarsiz toblashda va juda ko'p hollarda polimorf o'zgarishlarga ega bo'lgan toblashda o'ta to'yingan qattiq eritma hosil bo'ladi va toblangan qotishma o'zining erkin energiyasini kamaytirishga harakat qiladi, natijada qattiq eritma parchalanadi. Hat-toki xona temperaturasida o'ta to'yingan qattiq eritmadan ajralib chiqishlar kuzatilishi mumkin, lekin eritmani parchalanishi talab etilgan darajada ma'lum bir vaqtda borishi uchun xona temperaturasida juda ko'p qotishmalarda atomlarning diffuzion harakatlanuvchanligi etarli emas. Shuning uchun toblangan qotishmani struktura va xossasi o'zgarishi uchun uni qizdiriladi, ya'ni u eskirtirish yoki bo'shatishga jalb qilinadi.

Tarixiy jihatdan shunday holatlar borki, ba'zi bir qotishmalar, masalan, alyuminiy qotishmalari uchun «eskirtirish» termini ishlatilgan bo'lsa, boshqa bir qotishmalar, masalan, uglerodli po'latlar uchun «bo'shatish» termini qo'llanilgan. Uchinchi bir qotishmalar uchun esa, masalan, bronza va titan qotishmalari uchun ikkala ham termin bir xilda ishlatilgan.

Oldingi asrning oxirlarida «bo'shatish» termini faqat polimorf o'zgarishlarga ega bo'lgan qotishmalar uchun ishlatilgan bo'lsa, «eskirtirish» termini esa faqat polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan qotishmalar uchun ishlatilgan. Bunday tasnifiy bo'linish adabiyotlarda qo'llanilgan.

Juda ko'p sanoatda ishlatiladigan toblangan qotishmalarni eskirtirish va bo'shatishda eng asosiy bosh jarayon metastabil qattiq eritmani parchalash hisoblanadi. Ushbu holatda qotishma nisbatan stabil, turg'un holatga o'tadi va unda qotishmani absolyut minimum erkin energiyaga ega bo'lishi ta'minlanadi. Toblangan qotishmada o'ta to'yingan eritmani parchalanish jarayoni o'zicha mustaqil ravishda o'zgarish issiqligini ajratib chiqarilishi orqali kechadi.

Eskirtirish va bo'shatishning asosiy parametrlariga temperatura ushlab turish vaqti kiradi. Qizdirish va sovutish tezligi esa odatda, qo'shimcha ikkinchi darajali rolni o'ynaydi.

Eskirtirish – termik ishlov berish bo'lib, bunda toblashga jalb qilingan polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan qotishmada bosh jarayon bo'lib, o'ta to'yingan qattiq eritmani parchalanishi hisoblanadi.

1906-yili nemis muhandisi Alfred Vilm tomonidan tabiiy eskirtirish hodisasi ochilgan bo'lib, u toblangan alyuminiyni mis va magniy bilan hosil qotishmasini (duralyuminiyni) xona temperaturasida uzoq vaqt ushlab turilgandan keyin qattiqligini oshishiga olib kelganini aniqlagan. Vilm duralyuminiyni yaxshilash usuliga patent olgan, ya'ni unda duralyuminiyni toblab keyinchalik tabiiy eskirtirishdan so'ng qotishmani qattiqligi, mustahkamlik chegarasi va oquvchanligi oshishini aniqlagan.

1919-yili amerikalik tadqiqotchilar Merika, Valtenberg va Skottlar tomonidan mashhur maqola chop etilgan bo'lib, bu maqolada tadqiqotchilar birinchi marta duralyuminiyni eskirtirish tabiatini tahlil qilib berishganlar. Merikani duralyuminiyni eskirtirish alyuminiyda $CuAl_2$ birikmani o'zgaruvchan eruvchanligiga bog'liqliq degan gipotezani ilgari surgan. Qotishma qizdirilganda $CuAl_2$ birikma qattiq eritmaga o'tadi va tez sovutilganda (toblashda) qaytadan ajralib chiqishga ulgirmaydi va keyingi xona temperaturasida uzoq vaqt davomida ushlab turish esa sekin-asta o'ta to'yingan eritmadan juda kichik dispersli $CuAl_2$ birikmani ajralib chiqishi ro'y beradi va u qotishmani puxtalaydi. Bu gipotezani o'sha vaqtda mavjud bo'lgan eksperimentlar natijalari tushuntirib bergan. Shundan keyin olimlar bu jarayonni har tomonlama asoslab, mohiyatini ochib berishgan.

Eskirtirish deganda po'latlarni vaqt bo'yicha xossasini hech qanday mikrostruktura o'zgarishiga ta'sir etmasdan o'zgarishidir. Eskirtirish jarayonlari asosan, kam uglerodli po'latlarda ro'y beradi. Eskirtirishda dislokatsiyalarda uglerod (azot) atomlarining yig'ilishi yoki ferritdan ortiqcha fazalarni (karbidlarni, nitridlarni) ajralishi hisobiga mustahkamlik, sovuq holda sinish chegaralari oshadi va mo'rtlikdan emirilishga qarshiligi kamayadi.

Po'latlarni toblangandan so'ng hosil bo'lgan o'ta to'yingan qattiq eritma turg'un bo'lmagan holatda bo'ladi va u stabil fazalarga parchalanish yo'li bilan turg'un holatga erishishga intiladi. Bu haqida oldingi mavzularda ko'rib chiqilgan.

O'ta to'yingan qattiq eritmalarni parchalanishida turli xildagi birikmalar ajralib chiqadi.

- 1) kichik miqdordagi fluktuatsiya;
- 2) Gine – Preston zonasi;
- 3) Metastabil fazalar kristallari;
- 4) Stabil fazalar kristallari .

Fazalarni hosil bo'lish imkoniyati va ketma-ketligi juda ko'p omillarga bog'liq: temperatura, eskirtirish vaqti, plastik defomatsiyada ta'sir qiladigan qattiq eritmaning o'ta to'yinish darajasi va boshqalar. Kichik temperaturalarda qotishma tarkibiga mos ravishda atomlarni kam harakatlanuvchanligi hisobiga faqat Gine – Preston zonasi (G.-P. zonasi) hosil bo'ladi. Bu zonani hosil bo'lishi uchun erigan moddalarning uncha katta bo'lmagan diffuzion harakatlanishi talab etiladi. Kichik faollashuv energiyasi ham talab etiladi. G.-P. zonasi tezda erigan komponentlarning yuqori miqdoriga ega bo'lgan qattiq eritma hajmi bo'lib, unda erituv-chining panjarasi saqlanadi, erigan atomlarning yig'ilishi esa kristall panjarani mahalliy qiyshayishlarga olib kelib, plastik defomatsiyada dislokatsiyalar harakatini qiyinlashtiradi. Komponentlarning atom radiuslari va eskirtirish temperaturasi nisbatlariga bog'liq ravishda G.-P. zonasi bir qancha atomlar diametridan to 50 – 500⁰A gacha diametrgacha qalinlikka ega bo'lgan disklar shakliga ega bo'ladi.

Umuman po'latlarni eskirtirishning ikki turi mavjud: termik va defomatsion (mexanik).

Termik eskirtirish. Termik eskirtirish jarayoni temperaturaga bog'liq ravishda α temirda uglerod va azot atomlarining eruvchanligining o'zgarishi natijasida ro'y beradi.

Kam uglerodli po'latlarni 650 – 700⁰ C temperaturagacha tezlashtirilgan holdagi sovutishda (masalan, payvandlashda, prokatlashdan keyin yupqa listni sovutishda va boshqa holatlarda) uchlamchi sementitni ajralib chiqishi ushlanib qoladi va normal temperaturada esa o'ta to'yingan α eritma (ferrit) qayd etiladi. Po'latlarni normal temperaturada (tabiiy eskirtirish) keyingi ushlab turish vaqtlarida yoki 50-150⁰C yuqori temperaturalarda (su'niy eskirtirish) eskirtirishda Kottrell atmosferasi hosil bo'ladi yoki dispers ko'rinishda uchlamchi sementitni (ϵ -karbidni) ajralib chiqishi bilan qattiq eritmani parchalanishi kuzatiladi. Texnik toza temirni eskirtirish ham qattiq eritmadan Fe₁₆N₂ yoki Fe₄N nitrid zarrachalarini ajralib chiqishiga bog'liq bo'ladi.

Termik eskirtirish asosan kam uglerodli po'latlarda kuzatiladi. Uglerod miqdori nisbatan yuqori bo'lgan po'latlarda perlitli o'zgarish-

larda paydo bo'ladigan katta miqdordagi sementit zarralari, mustaqil ravishda uchlamchi sementitni (e-karbidni) ajralib chiqishi kuzatilmaydi.

Deformatsion (inexanik) eskirtirish. Bu jarayon qayta kristallanish temperaturasidan past temperaturada va ayniqsa, 20°C temperaturada plastik deformatsiyasidan keyin kechadi. Deformatsion eskirtirish 20°C temperaturada 15-16 sutka va 200-350 °C temperaturada bir qancha minutlar ichida amalga oshadi.

Deformatsion eskirtirish asosiy puxtalanishlar to'plangan dislokatsiyalar atrofida uglerod va azot atomlaridan iborat Kottrell atmosferasini hosil bo'lishi bilan bog'liqdir. Deformatsiyalangan po'latlarni qizdirishda karbid zarrachalari va metastabil nitrid fazasi- $Fe_{16}N_2$ va stabil nitrid fazasi- Fe_4N ni hosil bo'lishi lozim.

Po'latlarda termodeformatsion eskirtirishlar, ya'ni bir vaqtning o'zida ham termik va deformatsion eskirtirishlar kuzatilishi mumkin. Juda ko'p po'latlarning ekspluatatsion va texnologik xossalarga eskirtirish salbiy ta'sir etishi mumkin. Bu holat egilishda, montaj va payvandlash bilan bog'liq bo'lgan plastik deformatsiyalangan qurilish va ko'priklar uchun mo'ljallangan po'latlarda ro'y beradi. Ya'ni bu po'latlarda kichik temperaturalarda mo'rtlikni oshishi konstruksiyani emirilishiga olib keladi. Deformatsion eskirtirishni jadallashishi listli po'latlarni shtampla-nuvchanligini tezda kamaytirib yuboradi va shuning uchun juda ko'p uglerodli po'latlarning deformatsion eskirtirishga moyillikka majburiy ravishda sinab ko'riladi.

Po'latlarning eskirtirishga moyilligi ularni alyuminiy, titan yoki vanadiy bilan modifitsirlab kamaytiriladi.

Toblangan po'latlarni Ac_1 nuqtadan past temperaturagacha qizdirish va sovutish bilan bog'liq bo'lgan termik ishlov berish turi bo'shatish deb ataladi.

Toblangan po'latning strukturasi - martensit va qoldiq austenit bo'lib, muvozanat bo'lmagan fazalar hisoblanadi. Po'latlarni nisbatan turg'un holatga o'tishi martensit va qoldiq austenitning parchalanishi bilan ferrit va sementitdan iborat bo'lgan fazalardan tashkil topgan strukturani hosil bo'lishidan iborat. Bu fazalarning parchalanishi diffuziya mexanizmi orqali ro'y beradi va shuning uchun jarayon tezligi asosan qizdirish temperaturasiga bog'liq. Yuqorida ko'rsatilgan fazalardan birinchi navbatda martensit parchalanadi.

Martensitni parchalanishi (bo'shatishdagi birinchi o'zgarishlar). 200°C temperaturadan past temperaturada kechadigan o'zgarishlarning birinchi bosqichida martensit kristallarida karbidlar hosil bo'ladi. Bu

kardid zarrachalarini hosil bo'lishida uglerod faqat martensit uchastkalaridan sarflanadi. Bu uchastkalarda uglerod miqdori tezda kamayib ketadi, uzoqroq uchastkalarda toblangandan so'ng uglerod miqdori saqlanadi. Shunday qilib, po'latlarni to past temperaturagacha qizdirganimizda (150°C dan past temperaturagacha) ajralib chiqqan karbidlar zarrachalari bilan bir qatorda, bir vaqtning o'zida ikkita, ya'ni nisbatan yuqori (dastlabki) va past miqdordagi uglerodga ega bo'lgan α qattiq eritmaga (martensitga) ega bo'ladi.

Shu sababli, bu natijalar orqali martensitning xuddi shunday turdagini parchalanishi ikki fazali deb ataladi.

200°C temperaturadan past temperaturalarda kechadigan diffuziyalar tezligi kichik, shuning hosil bo'ladigan karbidlar zarrachalari kattalashmaydi, va martensitning parchalanishi odatda, martensit kristallari chegarasida va nuqsonlar zichligini ko'p to'plangan joylarda yangi karbid zarrachalari hosil bo'lishi bilan birga boradi.

Ajralib chiqqan karbid zarrachalari qalinligi bir qancha atomlar qatlamlaridan va uzunligi bir necha noldan bir nanometrlarga ega bo'lgan yupqa plastinka shakliga ega bo'ladi. ϵ karbid plastinkalari α eritma panjarasi bilan kogerent bog'langan.

Buning oqibatida, karbid va α eritmaning solishtirma hajmlari turlicha bo'ladi, ular orasida ikkila fazaning kristall panjarasini kuchli mikro qishayishi yuzaga keladi.

Martensit parchalanishining ikkinchi bosqichi $200-350^{\circ}\text{C}$ temperaturada kechadi. Bu bosqichda martensitdan karbidlarning ajralib chiqishi davom etadi va o'z navbatida u uglerod bilan birlashadi.

Bunday temperaturadagi bo'shatishda uglerod diffuziyasi oshadi, yuqori miqdoriga ega bo'lgan qattiq eritmalar (martensit) sohasida uglerodning ko'plab to'planishi natijasida karbidlar kristallari kattalashadi. Shuning uchun oxir oqibatda martensit kristallardagi uglerod miqdori bir xil holatga yaqin bo'ladi.

Past temperaturali bo'shatishda hosil bo'lgan karbidlar zarrachalari kristallografik tuzilishiga va tarkibiga ko'ra sementitdan farqlanadi. Past temperaturali bo'shatishdan so'ng martensitda geksagonal ϵ karbid (Fe_xC - ehtimol Fe_2C) mavjud bo'ladi. Bo'shatishda nisbatan turg'un bo'lgan sementit o'rniga ϵ karbidning hosil bo'lishi α eritma va ϵ karbidlar chegarasida panjaralarini yaxshi bog'langanligi, o'z navbatida sirt energiyasi martensit va sementit chegaralaridagiga qaraganda kichik bo'lishi bilan tushuntiriladi. SHuning uchun bu karbidning kritik kurtaklarini yuzaga kelishi kichik flukuatsiya energiyasini talab qiladi.

Legirlangan po'latlarning past temperaturali bo'shatishda legirlovchi elementlarning diffuzion qayta taqsimlanishi kuzatilmaydi va shuning uchun ajralib chiqqan karbidlar zarrachalari martensitdagiga o'xshash o'rtacha miqdorda legirlovchi elementlarga ega bo'ladi.

350° C temperaturadan past temperaturada martensitni parchalanishi oqibatida yuzaga keladigan struktura bo'shatilgan martensit strukturasi deyiladi va u toblanganda yuzaga keladigan martensitdan undagi uglerod miqdori va martensit panjarasi bilan kogerent bog'langan ϵ karbidning dispers kristall qo'shimchalarining kamligi bilan farqlanadi. Bo'shatilgan martensitda uglerod miqdori qizdirish temperaturasi va uni davom etish vaqti hamda dastlabki martensitning tarkibi bilan aniqlanadi. Bo'shatish temperaturasi qanchalik katta bo'lsa, qattiq eritmada (martensitda) shunchalik uglerod miqdori kam bo'ladi. Ushbu temperaturada qizdirish davomiyligini oshishi bilan dastlab uglerodning intensiv ajralib chiqishi kuzatilsa, keyin jarayon sekinlashadi va uzoq ushlab turish vaqtlarida umuman amaliy jihatdan to'xtab qoladi.

Eritmani uglerod bilan qo'shilishi natijasida martensitning tetragonallik darajasi (c/a) sekin-asta kamayib boradi va 300 – 350° C temperaturada amaliy jihatdan kub panjaragiga o'xshash birga teng bo'lib qoladi. Bu degani, α qattiq eritmada (martensitda) qolgan uglerod miqdori muvozanat holatiga yaqinlashib boradi. Lekin α qattiq eritma panjarasi elastik qiyshaygan, buzilgan holatda qoladi va tuzilishdagi yuqori nuqsonlar zichligi bilan farqlanadi. Bo'shatishda martensitni parchalanishi hajmni kamayishi bilan kechadi.

6.2. Bo'shatish

Bo'shatish termik ishlov berish turlaridan biri bo'lib, oldindan ma'lum bo'lgan. Bo'shatishga martensitgacha toblangan qotishmalar jalb qilingan. Quyida faqat juda ko'p sanoatda qo'llaniladigan martensitgacha toblangan po'latlarni bo'shatishni ko'rib chiqamiz. Bo'shatishni ko'p sonli tadqiqotlar qilinishiga qaramasdan, masalan rentgenostrukturaviy tahlil, elektron mikroskopiya va turli fizik xossalarni aniqlanishiga qaramasdan yana qanchadan qancha tomonlarini tadqiqot qilishni davom ettirishga to'g'ri keladi. Bunga sabab bo'shatishda parallel ravishda ro'y beradigan struktura o'zgarishlarining xilma-xilligi, bo'shatishning dastlabki bosqichida yuqori disperslikni ajralib chiqishi va buajralib chiqqan strukturalarini mohiyatini echishni qiyinligi hisoblanadi.

6.3. Po'latlarni bo'shatishda struktura o'zgarishlari

Toblangan po'latlarning strukturasi metastabildir. Qotishmalarni toblashdan keyin qizdirish natijasida atomlarning harakatlanuvchanligini oshishi oqibatida po'latni strukturasi nisbatan muvozanat holat tomoniga qarab o'zgarishi uchun sharoit tug'iladi. Bu jarayonlarning xarakteri toblangan po'lat tuzilishining uchta muhim tomonlari bilan aniqlanadi: kuchli o'ta to'yingan qattiq eritma – kristall panjarani nuqsoni hisoblangan yuqori zichlikka ega bo'lgan martensit; kam burchakli va yuqori burchakli chegara; ikkilangan qatlam va juda ko'p po'latlarda mavjud bo'lgan sezilarli darajadagi qoldiq austenit miqdori.

Karbidlarni ajralib chiqishi bilan martensitning parchalanishi – po'latlarni bo'shatishdagi bosh jarayonidir. Martensitni parchalanishini qonuniyatlari ko'p jihatdan polimorf o'zgarishsiz toblashga jalb qilingan qotishmalarni eskirtirishda o'ta to'yingan eritmani parchalanish qonuniyatlariga o'xshash bo'ladi. Temperatura va bo'shatish vaqtiga bog'liq ravishda martensitning parchalanishi oraliq metastabil karbidlarni oldindan ajralishi va ajralishi hamda sementitning ajralashi va koagulyatsiyasi orqali ro'y beradi.

Bo'shatishdagi struktura o'zgarishlari qoldiq austenitni parchalanishi bilan murakkablashadi.

Panjarani martensitli shakllanishida, qayta qurishda qo'shimcha deformatsiya hisobiga oshirilgan dislokatsiya zichligi martensit substrukturasi putalangan metall substrukturasi o'xshash qiladi. Natijada bo'shatish jarayonida poligonizatsiyalash va qayta kristallanish jarayonlarini jadallashishiga imkoniyat yaratadi.

Martensitgacha toblashdan keyingi qizdirishda har qanday strukturalar o'zgarishlar yig'indisiga bo'shatish jarayoni deb qaraladi. Faqat o'ta to'yingan eritmani parchalanishi bundan holidir.

6.4. Uglrodli po'latlarni bo'shatish

Uglrodli po'latlarni bo'shatishda struktura o'zgarishlar xarakteri temperatura, bo'shatish davomiyligi va po'latdagi miqdoriga bog'liq. Austenitda uglrod miqdorini oshishi bilan α – eritmani o'ta to'yinganligi oshadi, M_b ni temperaturasi pasayadi, natijada paketli martensit plastinkaliga aylanadi va qoldiq austenit miqdori oshadi. Bularning hammasi bo'shatish jarayoniga ta'sir qiladi.

Uglerodli po'latlarni bo'shatishda martensit kristallaridan uglerodni segregatsiyasi, ya'ni ajralishi birinchi struktura o'zgarishi hisoblanadi. Uglerodni ajralish jarayoni tabiatidan ikki turli xil turi eksperimentlar natijasida aniqlangan: martensit panjarasi nuqsonlarida qo'shimchalar atmosferasini hosil bo'lishi va klasterlarni paydo bo'lishi.

Po'latlarni bo'shatishda martensitdan oraliq karbidlarni ajralishi jarayoni uglerodni segregatsiyasidan keyingi bosqichdagi struktura o'zgarishidir.

Po'latlarni bo'shatishda sementitni hosil bo'lish jarayoni ham po'latlarni ishlatishda muhim rol o'ynaydi.

Sementitni koagulyatsiyasi va sferoidlash po'latlarni bo'shatishda karbid hosil bo'lish jarayonlarida yakunlovchi bosqich hisoblanadi.

Yuqori uglerodli po'latlarni bo'shatish jarayonida qoldiq austenitni sezilarli darajada ko'pligi natijasida qoldiq austenitni parchalash jarayoni juda ham muhim rol o'ynaydi. Austenitni parchalanishi faol tarzda 200 – 300⁰ C temperaturalar intervalida kechadi. Bo'shatishda qoldiq austenit pastki beynitga aylanadi.

Bo'shatishda α eritmada uglerod miqdorini kamayishi hamma temperatura intervalida undan karbid fazalarini ajralishi kuzatiladi.

6.5. Bo'shatish jarayoniga legirlovchi elementlar ta'siri

Legirlovchi elementlar, faqat 200⁰ C temperaturadan past temperaturada martensitning parchalanishiga unchali ham katta ta'sir ko'rsatmaydi. Nisbatan yuqori temperaturalarda esa po'latga Cr, Mo, W, V, Si va Ti larni qo'shish martensit parchalanishi, karbidlar zarrachalarini paydo bo'lishi va ularni o'sishini kuchli tarzda tormozlaydi. Bu esa amaliy jihatdan katta ahamiyatga ega. Agar uglerodli va kam legirlangan po'latlarda yuqori qattqlikka ega bo'lgan bo'shatilgan martensit holati 250 – 350⁰ C temperaturagacha saqlansa, yuqori legirlangan po'latlarda esa 450 – 500⁰ C temperatura va undan yuqorigacha saqlanadi.

200-300⁰ C temperaturada qoldiq austenitning yuqori miqdoriga ega bo'lgan yuqori uglerodli va juda ham ko'p legirlangan o'rtacha uglerodli po'latlarni bo'shatishda, ularni parchalanishi kuzatiladi. Qoldiq austenitning parchalanish mexanizmi bilishimizcha, o'ta sovutilgan austenitni beynitli o'zgarishlar mexanizmiga juda ham yaqin bo'ladi. Natijada qoldiq austenitni o'zgarishlaridan toblangan martensitni ushbu temperaturada bo'shatishdagi kabi uglerod bilan qo'shilgan martensit va karbidlar zarrachalari iborat fazalar hosil bo'ladi, lekin qoldiq auste-

nitning parchalanish mahsulotlari holati martensitli o'zgarishlardan hosil bo'lgan mahsulotlardan farq qiladi.

Juda ko'p legirlovchi elementlar na faqat toblangan po'latlarda M_n temperaturasini kamayishi bilan qoldiq austenit miqdorini, balki bo'shatishdagi parchalanishning temperaturalar intervalini ham oshiradi. Ba'zi bir yuqori legirlangan po'latlarda, masalan, 25-35% qoldiq austenitga ega bo'lgan tezkesar po'latlarda parchalanish bo'shatishdan keyin 500-600° C temperaturada yuz beradi.

Ichki kuchlanishlarni olib tashlash va karbidli o'zgarishlar (bo'shatishdagi uchlamchi o'zgarishlar). 350 – 400° C temperaturada α eritmadan (martensitdan) uglerodni ajralib chiqishi to'liq tugallanadi, kogerentlik buziladi va bir vaqtning o'zida karbidli o'zgarishlar kechishi bilan bog'liq ravishda ferrit va karbid panjaralari ajraladi, natijada sementit hosil $Fe_2C \rightarrow Fe_3C$ bo'ladi.

Bundan tashqari, karbid zarrachalari o'lchami va shakli o'zgaradi. Ushbu bo'shatish temperaturasida karbidli o'zgarishlar bilan bir qatorda strukturani ham o'zgarishi kuzatiladi. 350 – 400° C temperaturada bo'shatishdan keyingi struktura odatda bo'shatilgan troostit deb ataladi.

Karbidlarning koagulyatsiyasi. Uglerodli va juda ko'plab kam va o'rtacha legirlangan po'latlarni bo'shatish temperaturasini 500° C gacha va undan yuqori temperaturagacha oshishi fazalar tarkibini o'zgarishiga olib kelmaydi. Biroq, temperaturalarning oshishi bilan mikrostruktura o'zgaradi, karbidlarni koagulyatsiyasi va sferoidlash jarayoni boradi.

Bo'shatish jarayonlarida karbidlarning koagulyatsiyasi uglerod atomlarini α qattiq eritma orqali ko'chishi oqibatida yuz beradi. po'latlarni yuqori temperaturali bo'shatishdan keyingi strukturasi bo'shatilgan sorbit deyiladi.

Bo'shatilgan troostit yoki sorbit strukturasiidagi karbidlar zarrachalari o'ta so'vutilgan austenitni parchalanishi natijasida olingan troostit yoki sorbit strukturasiidan farqli o'laroq, plastinkali emas, balki donali tuzilishga ega. Donali strukturani hosil bo'lishi po'latlarning juda ko'pchilik xossalarni yaxshilaydi. Bir xilda qattqlik, vaqtinchali qarshilik va plastiklikka ega bo'lgan donali strukturaga ega bo'lgan po'latlar yuqori oquvchanlik chegarasi, nisbiy torayish va zarbiy qovushqoqlikka ega bo'ladi.

Koagulyatsiya natijasida karbidlar zarrachalari o'lchami $\sim 10 \times 10^{-5}$ mm bo'lib, 400 – 450° C temperaturada bo'shatishdan keyin u 3×10^{-5} mmni tashkil etadi (bo'shatilgan troostitda). A_1 nuqtaga yaqin temperaturada ferrit-karbidan iborat yanada dag'al struktura (karbid

zarrachalarini taxminiy diametri $\sim 30 \times 10^{-5}$ mm) hosil bo'lib, uni donali perlit (donali sementit) deb ataladi.

Cr, Mo, W, V kabi legirlovchi elementlar koagulyatsiya jarayonini sekinlashtiradi. shuning uchun bo'shatishdan so'ng bir xilda temperaturoga ega bo'lgan po'latda, yuqoridagi elementlar bilan legirlanganida karbid zarrachalarini yuqori dispersligi, o'z navbatida katta mustahkamlik saqlanadi.

Ko'rsatilgan yuqori temperaturalarda diffuziya jarayoni kechishi mumkin bo'lib qoladi va legirlovchi elementlar ferrit va sementit o'rtasida qaytadan taqsimlanishiga olib keladi. Karbid hosil qiluvchi elementlar (Cr, Mo, W) ferritni sementitga diffuziyalaydi, karbid hosil qilmaydigan elementlar (Co, Ni, Si) sementitni ferritga diffuziyalaydi. To'yinish darajasigacha legirlovchi elementlar bilan sementitni boyitish uni maxsus karbidga ($M_{23}C_6$, M_7C_3) aylanishiga olib keladi, u oldin sementit zarrachalari bo'lgan joylarda yuzaga keladi. MC va M_2C karbid turlari qattiq eritmada karbidlarni hosil bo'lishi va keyinchalik ajralib chiqishi tarzda vujudga keladi. Bunda uglerodni qattiq eritmalar va karbid fazalar orasida qaytadan taqsimlanishi talab etiladi. Qattiq eritmalaridan ajralib chiqqan MC va M_2C karbidlar ko'p hollarda qattqlikni oshishiga – dispersli puxtalanishga olib keladi.

Mexanik xossaga bo'shatishning ta'siri. Bo'shatishda martensitni parchalanishi po'latning hamma xossasiga ta'sir qiladi. Past temperaturali bo'shatishda ($200-250^{\circ}$ C temperaturagacha) po'latlarni mo'rtlikdan sinishiga moyilligi kamayadi. Past temperaturali bo'shatishda toblangan va bo'shatilgan po'latning qattqligi undagi mavjud legirlovchi elementlarga kam bog'liq bo'lib, asosan uglerodni α eritmadagi (martensitdagi) miqdoriga bog'liq. Shu sababli, yuqori qattqlikka ega bo'lgan yuqori uglerodli po'latlar toblashdan so'ng (uglerodni martensitdagi nisbatan yuqori miqdorida) va $200-250^{\circ}$ C temperaturali bo'shatishdan keyin ham qattqlikni saqlaydi. Past temperaturali bo'shatishlarda mustahkamlik va qovushqoqlik makro- va mikro kuchlanishlarni kamayishi va struktura holatini o'zgarishi hisobiga bir qanchaga oshadi. Bo'shatish temperaturasini $200-250^{\circ}$ C dan $500-600^{\circ}$ C gacha oshishi sezilarli darajada qattqlik, vaqtinchali qarshilik va oquvchanlik chegarasini kamaytiradi va nisbiy uzayish, torayishi va darga bardoshlik K_{1c} ni oshiradi.

Ayniqsa, karbid hosil qiluvchi hamma legirlangan po'latlar bo'shatishdan keyin bir xil temperaturada uglerodli po'latlarga nisbatan yuqori qattqlik ega bo'ladi, bu asosan martensit parchalanish jarayonini

sekinlashishi va karbidlar koagulyatsiyasi bilan bog'liq. Ko'p miqdorda xrom, volfram yoki molibdenga ega bo'lgan po'latlarda yuqori temperaturali bo'shatishdan ($500-600^{\circ}\text{C}$) so'ng hatto martensitdan maxsus karbidlarni ajralib chiqishi bilan bog'liq holda qattqlikni oshishi kuzatilib, u po'latni plastik deformatsiyalanishiga qarshiligini oshiradi (dispers puxtalash jarayoni kechadi).

Legirlangan po'latlarni bo'shatishdagi mo'rtlik. Ba'zi bir legirlangan po'latlarni bo'shatishda ($250-400$ va $500 - 550^{\circ}\text{C}$) zarbiy qovushqoqlik kamayadi. Zarbiy qovushqoqlikni bunday kamayishi bo'shatishdagi mo'rtlik degan nom olgan.

Legirlangan po'latlarda ikki xil bo'shatishdagi mo'rtlik kuzatilishi mumkin .

Bo'shatishdagi mo'rtlikning birinchi turi qaytmaydigan **bo'shatishdagi mo'rtlik** yoki **I-tur mo'rtlik** bo'lib, $250-400^{\circ}\text{C}$ temperaturada bo'shatishda kuzatiladi. Mo'rtlikning bu turi u yoki bu ma'noda hamma po'latlarga tegishlidir. I-tur mo'rtlikning ajralib turadigan o'ziga xos tomonlari uning qaytmaslik jarayoniga ega ekanligi va qaytadan xuddi shu temperaturada bo'shatilganda ham qovushqoqligi yaxshilanmasligidir. Bu turdagi mo'rtlikni po'latlarni 400°C temperaturadan yuqori temperaturada qizdirib yo'qotish mumkin, lekin bunda qattqlik kamayib ketadi. Keyingi $250-400^{\circ}\text{C}$ temperaturada bo'shatish zarbiy qovushqoqlikni kamaytirmaydi. Qaytmaydigan bo'shatishdagi mo'rtlikka ega bo'lgan po'lat silliq kristallitlararo sinishga ega bo'ladi. Mo'rtlikdagi holat martensitni bir xilda bo'lmagan holatda parchalanishi oqibatida yuzaga keladigan hajmiy-kuchlanganlik holatini yuzaga kelishi bilan vujudga keladi. Shuning uchun I-tur mo'rtlikni intensiv jadallashishiga olib keladigan temperaturalar intervalida bo'shatish o'tkazilmaydi.

Bo'shatishdagi mo'rtlikning ikkinchi turi, qaytadigan **bo'shatishdagi mo'rtlik** yoki **II-tur mo'rtlik** deb ataladi va u $500-550^{\circ}\text{C}$ temperaturada bo'shatilgandan so'ng sekin sovutilish (pechda yoki hatto havoda) oqibatida ma'lum bir holatda legirlangan ba'zi po'latlarda kuzatiladi. II-tur mo'rtlikni rivojlanishida zarbiy qovushqoqlikni tezda kamayib ketadi va asosiysi sovuqlikdan sinish chegarasi oshib ketadi. Mo'rtlikning bu turi sovutish po'latni bo'shatish temperaturasidan tezda amalga oshirilsa, masalan, suvda sovush amalga oshirilganda hosil bo'lmaydi. Bo'shatish temperaturasi $500-550^{\circ}\text{C}$ dan boshlab po'lat tezda sovutilganda sinish – to'liqsimon bo'lib, qovushqoqlikdan sinishga xarakterli hisoblanadi. Sekin sovutilgandan so'ng mo'rt kristall sinishni olishimiz mumkin.

II-tur mo'rtlikning eng asosiy belgisi qaytariluvchanligidir. 500-550°C temperaturadan sekin sovutilganda hosil bo'ladigan mo'rtlik qaytadan 600-650°C temperaturadagi bo'shatish bartaraf qilinishi mumkin.

II-tur mo'rtlik ko'proq yuqori miqdorda fosfor, marganets, kremniy, xrom kabi elementlarga ega bo'lgan po'latlarda kuzatiladi. Po'latga uncha katta bo'lmagan miqdorda molibden yoki volframni qo'shilishi (0,2-0,4 % Mo yoki 0,5-0,7 % W) bo'shatishdagi mo'rtlikka moyillikni kamaytiradi.

II-tur mo'rtlikni yuzaga kelishi ehtimol ko'proq donalar chegarasida ba'zi bir elementlar atomlarini erishi oqibatidagi diffuziya orqali bog'liqdir. Ayniqsa, sezarli darajada II-tur mo'rtlikni yuzaga kelishiga donalarni chegara zonalarini fosfor bilan boyishi oqibatida bo'lib, donalararo darzlarni hosil bo'lish ishini kamayishi orqali tushuntiriladi va u bo'shatishdagi mo'rtlikka olib keladi. Xrom, marganets, nikel kabi legirlovchi elementlar donalar chegaralari zonalarida fosfor miqdorini oshirsa, molibden va volfram kamaytirib, bo'shatishdagi mo'rtlikka moyillikni kamaytiradi.

6.6. Po'latlarni bo'shatishda mexanik xossalarni o'zgarishi va bo'shatish rejimini tanlash

6.6.1. Uglrodli po'latlar

Toblangan uglrodli po'lat na faqat qattiqligi, balki mo'rtlikdan emirilishga juda yuqori darajada. moyilligi bilan ham xarakterlanadi. Bundan tashqari, toblashda sezilarli darajada qoldiq kuchlanish yuzaga keladi. Shuning uchun uglrodli po'latlarni toblashni yuqori mustahkamlik va qattqlik bersa ham oxirigi operatsiya deb qo'llanilmaydi. Po'latlarni toblashdan keyin qovushqoqlikni oshirish va toblanish kuchlanishini kamaytirish uchun bo'shatiladi.

Bo'shatishda martensitni parchalanishi disperslik qattqlashishga olib kelsa, umumiy holda esa po'latning mustahkamlik xossalarni bo'shatish temperaturasiga bog'liqligi rangli metall qotishmalarini eskirtirish jarayoniga sifat jihatdan juda o'xshashdir. Biroq, taxminan 100° S temperaturagacha bo'shatishda toblangan po'latning qattiqligi yoki amaliy jihatdan o'zgarmaydi, yoki kuchsiz tarzda oshadi (1 – 2 HRC ga). Keyingi bo'shatish temperaturasini oshishi bilan qattqlik sekin-asta kamayadi. Eksperiment va tahlillar shuni ko'rsatdiki, ugle-

rodli po‘latlarni toblashdagi sovtish davrida o‘z-o‘zicha bo‘shatish ro‘y beradi, bunda dispersli qattiqlashish maksimal puxtalanishgacha boradi.

Bo‘shatish temperaturasini oshishi bilan quyida ko‘rsatilgan sabablar bilan puxtalanishsizlik kuchayadi: 1) α eritmada uglerod miqdori kamayishi hisobiga; 2) karbid – matritsa chegarasida kogerentlikni buzilishi va elastik mikro kuchlanishlarni olib tashlash hisobiga; 3) karbidlarni koagulyatsiyasi va zarralararo masofani oshishi hisobiga; 4) qaytish jarayonini jadallashishi va qayta kristallanish hisobiga.

Yetarli darajada qoldiq austenitga ega bo‘lgan yuqori uglerodli po‘latlarda karbidlar ajralishi bilan parchalanishi qattqlikni kamayishini ushlab qoladi va 200 – 250°C temperaturalar intervalida esa bir qanchaga oshiradi.

6.6.2. Legirlangan po‘latlar

Legirlangan po‘latlarni 200 – 300 dan to 450 – 550° C temperatura-gacha bo‘shatishda undagi legirlovchi elementlar martensitni parchalanishini va karbidlarning koagulyatsiyasini qiyinlashtiradi, intensiv puxtalanishsizliklarning boshlanish temperaturalar chegarasini aralash-tirib yuboradi. Toblangan legirlangan po‘latlarning issiqlikka bardosh-ligini oshirish, ya‘ni qizdirilganda yumshashiga qarshilik ko‘rsatish qobiliyati – asboblarni ishlab chiqarishda legirlashning asosiy maq-sadlaridan biridir.

Legirlangan konstruksion po‘latlar uchun yuqori temperaturali bo‘shatishda sementitga qaraganda nisbatan dispers shakliga ega bo‘lgan maxsus karbidlarni ajralib chiqishi juda muhimdir. Bu esa yuqori qovushqoqlikni ta‘minlab beradi, chunki mikro bo‘shliqlar katta donali sementit donasini oldida qaraganda maxsus karbidlar atrofida paydo bo‘lishi qiyinroq hisoblanadi.

Titan, molibden, vanadiy yoki volfram qo‘shilgan po‘latlarda odat-dagi, martensitni parchalanishi va sementit zarralarini koagulyatsiyasi tufayli puxtalanishsizliklardan so‘ng bo‘shatish temperaturasini oshishi natijasida qattqlik oshadi. 500 – 600°C temperaturada bo‘shatishdan ke-yin aniqlangan, ushbu hodisaga ikkilamchi qotish deyiladi.

Ikkilamchi qotishmani hosil bo‘lishiga sabab, nisbatan dag‘al ko‘rinishdagi sementit zarralarini nisbatan ajralib chiqqan dispers maxsus karbidlar bilan almashishi hisoblanadi (TiC, V₄C₃, Mo₂C yoki W₂S).

Molibdenli va volframli po'latlarda karbidlarning ketma-ketlik tarzida o'zgarishlarda $Fe_3C \rightarrow Me_2C + Me_{23}C_6 \rightarrow Me_6C$ ikkilamchi qotish maksimumi Me_2C va $Me_{23}C_6$ dispersli zarrachalarni ajralish bosqichiga mos keladi. Bu zarralarning koagulyatsiyasi qattqlikni kamayishiga olib keladi. Me_6C karbidi zarralari nisbatan dag'al ko'rinishda tezda hosil bo'ladi va u puxtalashga olib kelmaydi.

Po'latga xromni qo'shish, uni yumshashini ushlab qolishi ikkilamchi qattqlashishni kamligi yoki umuman u jarayonni sodir bo'lmasligi bilan tushuntiriladi.

Bo'shatishdagi mo'rtlik hamma po'latlar xosdir. Bo'shatishdagi mo'rtlik muammosi oldingi asrning boshlarida katta kesimli buyumlarni legirlangan po'latlardan ishlab chiqarish kengayganligi tufayli oshib ketgan edi. Natijada legirlangan po'latlarni yuqori temperaturada bo'shatishni sekin sovutish bilan birgalikda olib borilishi natijasida legirlangan po'latlarning zarbiy qovushqoqligi o'sha temperaturada suvda sovutishga qaraganda bir qanchaga past bo'ldi. Bo'shatishdagi mo'rtlik xona temperaturasida boshqa mexanik xossalarga amaliy jihatdan ta'sir qilmaydi.

O'z-o'zini tekshirish uchun savollar:

1. Eskirtirish nima?
2. Eskirtirishni birinchi bo'lib kim va qachon kashf etgan?
3. Eskirtirishning asosiy mohiyati nimadan iborat?
4. Eskirtirish jarayoni qaysi metall va qotishmalar uchun qo'llaniladi?
5. Eskirtirishning necha turi bor?
6. Bo'shatish nima?
7. Po'latlarni bo'shatishda strukturalar qanday o'zgaradi?
8. Uglerodli po'latlarni bo'shatish haqida nimani bilasiz?
9. Bo'shatish jarayonga legirlovchi elementlar qanday ta'sir qiladi?
10. Po'latlarni bo'shatishda mexanik xossalari qanday o'zgaradi?
11. Legirlangan po'latlar qanday bo'shatiladi?
12. Bo'shatishni necha turi bor?
13. Past temperaturali bo'shatish qaerda qo'llaniladi?
14. Prujina va resoralar qaysi bo'shatish turi yordamida bo'shatiladi?
15. Yuqori temperaturali bo'shatish necha gradusni tashkil etadi?

VII BOB. TERMOMEXANIK ISHLOV BERISH

7.1. Bosim ostida issiq holda ishlov berishda metallning strukturasi o'zgarishi

Plastik deformatsiya kristall tuzilishdagi nuqsonlarni – dislokatsiya, vakansiya, upakovkadagi nuqsonlarni, kichik va katta burchakli chegaralarni taqsimlanish xarakterini o'zgartiradi va ularni zichligini oshiradi. Biz bilamizki, kristall panjaradagi nuqsonlar faza o'zgarishlarida qotishmalar strukturasi shakllanishiga kuchli tarzda ta'sir etadi, bundan kelib chiqqan holda, plastik deformatsiyani faza o'zgarishlaridan oldin yoki faza o'zgarishlar davrida termik ishlov berilgan qotishmada optimal strukturani yaratish uchun qo'llash mumkin bo'ladi.

Termomexanik ishlov berish (TMIB) – bu termik ishlov berish turi bo'lib, o'zida plastik deformatsiyani jamlagan bo'lib, buning natijasida nuqsonlarning zichligi oshib, termik ta'sirlanishlar vaqtida faza o'zgarishlarida strukturaning shakllanishiga katta ta'sir etishi ro'y beradi.

O'z navbatida TMIBni har qanday deformatsiyalanish, qizdirish va sovutish operatsiyasiga mos kelishi deb qarash kerak emas. Masalan, agar plastik deforma-tsiyalanish termik ishlov berishning hamma operatsiyasidan keyin bajarilsa, u holda bu jarayonni oddiy termik va undan keyingi bosim bilan ishlov berish deb qarash mumkin. Masalan, sovuq holda prokatlash va undan keyingi eskirtirishdagi plastik deformatsiya zagotovka yuzasida puxtalanishni yuzaga keltirib, mustahkamlik xossasini oshirishi mumkin, lekin ushbu jarayonda u faza o'zgarishlarida strukturaning shakllanishiga ta'sir etmaydi, chunki bu o'zgarishlar deformatsiyagacha ro'y beradi.

Agar, plastik deformatsiyalanish termik ishlov berilguncha qilingan bo'lsa va u faza o'zgarishlarida qotishmaning oxirigi strukturasi shakllanishiga ma'lum tarzda ta'sir qilmasa, u holda ushbu plastik deformatsiya bilan birga keyingi termik ishlov berishni ham TMIBga kiritmaslik kerak bo'ladi. Yana masalan, sovuq holda prokatlash va keyingi toblash uchun qizdirish jarayonida qayta kristallanish ro'y bersa ham u termomexanik ishlov berishni tarkibiy qismi deb hisoblanmaydi,

chunki bu jarayonda qayta kristallangan struktura kristall tuzilishdagi nuqsonlarning kichik zichlikka ega bo'lishi bilan xarakterlanadi.

Termomexanik ishlov berishda plastik deformatsiya va termik ishlov berish jarayonlari bitta texnologik operatsiyaga jamlanishi mumkin, lekin ular turli vaqtlarda, masalan bir qancha sutkadan keyingi farq bilan bajarilishi mumkin. Lekin, ushbu jarayonlarda shu muhimki, ulardagi faza o'zgarishlari plastik deformatsiya ta'minlab beradigan panjaradagi nuqsonlarning yuqori zichlikka ega bo'lgan sharoitlarda sodir bo'lishi lozim.

Hozirgi vaqtda ishlab chiqarishda TMIB ning turli sxemalari ishlatilmoqda. Issiq va sovuq holdagi plastik deformatsiyalar eskirtirishda, perlitli, beynitli va martensitli o'zgarishlarda qotishmaning strukturasini shakllanishiga ma'lum tarzda ta'sir etmoqda.

Avvalombor, metallarga TMIBda struktura va xossalarni o'zgarishini tahlil qilishni issiq holda bosim ostida ishlov berishda strukturani shakllanishini ko'rib chiqishdan boshlaymiz.

7.2. Eskirtiriladigan qotishmalarga termomexanik ishlov berish

7.2.1. Past temperaturali termomexanik ishlov berish (PTTMIB)

Eskirtiriladigan qotishmalarga past temperaturali termomexanik ishlov berish (PTTMIB) – bu oldingi asrning 30-yillarida birinchi marta yuzaga kelgan va ishlab chiqarishda keng ko'lamda qo'llaniladigan termomexanik ishlov berish hisoblanadi.

PTTMIBning asosiy vazifasi – qotishmalarning mustahkamlik xossasini oshirishdir.

PTTMIBda qotishma avval, boshlang'ich bosqichda hajmiy toblanadi, so'ngra eskirtirishdan oldin – sovuq holda deformatsiyalanadi (7.1-rasm).

Deformatsiyasiz kechadigan eskirtirishdan farqli ravishda PTTMIBda na faqat nisbatan yuqori mustahkamlik va oquvchanlik chegarasidan tashqari, shu bilan birga nisbatan kichik plastiklik ko'rsatkichlari ham olinadi.

PTTMIB yordamida puxtalash ikki sabab bilan ajralib turadi. Birinchidan, sovuq holda ishlov berish puxtalashni yuzaga keltiradi va keyingi dispersion qattiqlashish nisbatan dastlabki qotishmaning qattiqligini yuqori darajasidan boshlanadi. Ikkinchidan, sovuq holda ishlov

berish dispersion qattiqlashish samarasini oshirishini juda muhim-lishidir.

7.2-rasmda sovuq holda deformatsiyalash darajasini oshirish bilan eskir-tirishda puxtalanish uzluksiz ravishda oshadi.

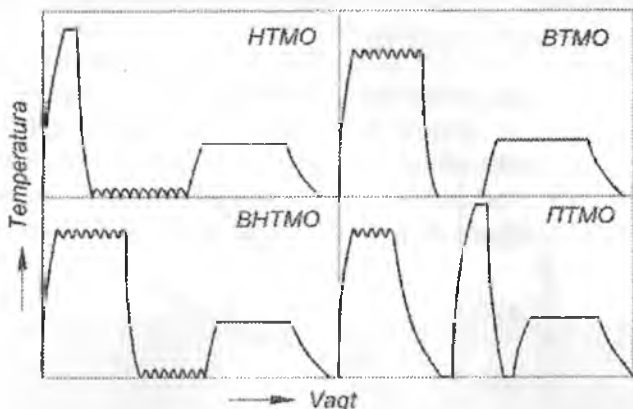
O'ziga fazali eskirtirishni PTTMIB tengsiz, juda katta qiziqishga ega. Dislokatsiya ajralib chiqqan fazani yuzaga kelishini engillashtiradi. Shuning uchun yuqori dislokatsiya zichligiga ega bo'lgan puxtalangan qotishmada eskirtirish tez kechadi, ajralishlarning zichligi va mos ravishdagi puxtalanish puxtalanmagan qotishmani eskirtirishga qaraganda yuqori bo'ladi. Qanchalik sovuq holda deformatsiyalash darajasi katta bo'lsa, shunchalik dislokatsiya zichligi katta bo'ladi va o'z navbatida fazani eskirtirishda ajralishlar zichligi va ularning puxtalanishi ham yuqori bo'ladi (7.2-rasm).

7.2.2. Yuqori temperaturali termomexanik ishlov berish (YUTTMIB)

Yuqori temperaturali termomexanik ishlov berishda (YUTTMIBda) issiq holda deformatsiyalanish, toblash keyingi deformatsion qizdirish va eskirtirish bilan birga olib boriladi (7.1-rasm).

YUTTMIBning mohiyati shundan iboratki, bunda issiq holda deformatsiyalash va toblashdan so'ng qayta kristallanmagan strukturaga ega bo'lgan o'ta to'yingan qattiq eritma, ya'ni panjaradayuqori zichlikka ega bo'lgan nuqsonlar olinadi. Natijada qayta kristallanmagan strukturaga ega bo'lgan qotishmani eskirtirish yuqori mexanik xossani yuzaga keltiradi.

YUTTMIB ni o'tkazish uchun minimum 3 ta shart bajarilishi shart: 1) issiq holda deformatsiyalanish oxirida qayta kristallanmagan strukturani olish; 2) issiq holda deformatsiyalanish tugagandan so'ng yuzaga kelishi mumkin bo'lgan qayta kristallanishni bartaraf qilish; 3) eskirtirish uchun zarur bo'lgan o'ta to'yingan qattiq eritma darajasiga etkazish.



7.1-rasm. Eskirtirilgan qotishmaga termomexanik ishlov berish sxemasi.

Agar yuqoridagi birinchi ikki shart bajarilmasa va toblangan qotishma to'liq qayta kristallangan bo'lsa, YUTTMIB bilan ish ko'rmaymiz, u jarayonni deformatsion qizdirish temperaturasidagi toblash deb bilamiz. Bunday issiq holda deformatsiyalanish operatsiyalarni birlashtirilishi va toblash uchun qizdirish iqtisodiy jihatdan foydalidir, lekin u jarayon bilan oddiy termik ishlov berishdagi kabi xossalarni yaxshilanishi amalga oshmaydi.

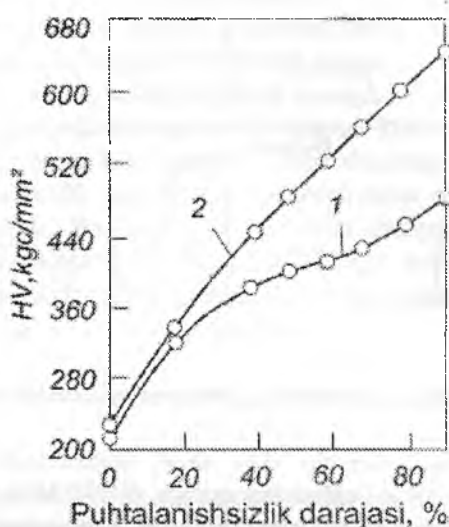
YUTTMIBni qo'llanilishini quyida ko'rib o'tiladigan omillar chegaralab qo'yadi.

Qotishma toblash uchun qizdirishda juda ham kichik intervalga ega bo'lishi bilan ajralib turadi, lekin issiq holda bosim bilan ishlov berishdagi temperaturani juda ham kichik intervalda ushlab turishning o'zi iloji yo'q (masalan, D16 markali duralyuminiy uchun $\pm 5^{\circ} \text{C}$ chegaraga).

YUTTMIB ni qayta kristallanish strukturasi ega bo'lgan qotishmaga nisbatan qayta kristallanmagan strukturaga ega bo'lgan qotishmani mustahkamlik xossalarni oshiradi.

Nisbatan bir tekisdagi eritmani parchalanishi va juda ko'p qotishmalar uchun xarakterli hisoblangan donaning maydalanganligi va uning chegarasidagi qishayishi YUTTMIB dan keyin yuqori plastiklik darajasini ta'minlab beradi (7.3-rasm). Sezilarli darajada plastiklikni kamaytiruvchi PTTMIB farqli ravishda, YUTTMIB bilan qo'shimcha puxtalash amaliy jihatdan o'zgaraydigan plastiklik darajasida amalga

oshiriladi. Alyuminiy qotishmalari uchun YUTTMIB hattoki, plastiklik va zarbiy qovushqoqlikni oshiradi.



7.2-rasm. Nimonik – 90 qotishmasida 1000°C temperaturada sovuq holda cho'zilgan va eskiritilgan qattiqligicha toblangan 4 mm diametrli simni kiryalashda siqilish darajasini ta'siri.

(U. Betteridja ma'lumotiga asosan):

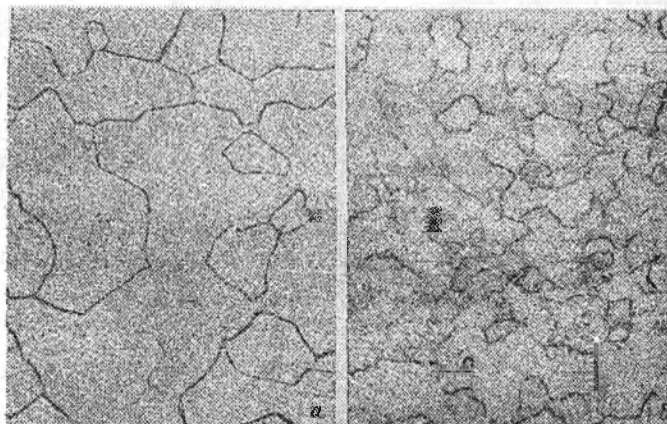
- 1 – sovuq holda cho'zilgan; 2 – deformatsiya + 450°C temperaturada 16 soat mobaynida eskirtish.

YUTTMIBdagi puxtanish PTTMIB ga qaraganda nisbatan yuqori temperaturagacha saqlanib qoladi. YUTTMIBdan keyin qotishmalarni yuqori issiqqa chidamlilikka ega bo'lishi donalar chegarasining tishli shakliga ega ekanligiga bog'liq, chunki ushbu holatda donalararo yemirilish juda ham qiyinlashadi. Al – Mg – Si, Al – Zn – Mg sistemadagi alyuminiy qotishmalari keng ko'lamda YUTTMIBga jalb qilinadi.

Yuqorida ko'rsatib o'tilgan alyuminiy qotishmalari toblashda uchun qizdirishda keng intervalli temperaturaga (Al – Zn – Mg sistemadagi alyuminiy qotishmasi uchun ushbu temperatura intervalli 350°C dan to 500°C gacha) ega bo'lishi va juda ham yuqori toblanish chuqurligiga ega ekanligi bilan xarakterlanadi (7.3-rasm, a). Bularning hammasi YUTTMIB texnologiyasi oddiyligini aniqlab beradi.

Eskiritiriladigan qotishmalarga YUTTMIB sanoatda kamdan – kam hollarda qo'llaniladi, chunki bu holat ushbu ishlov berishda yuqorida

qayd etib o'tilgan texnologik cheklanishlarning mavjudligi va kichik puxtalanish samarasiga ega ekanli bilan tushuntiriladi. Ishlab chiqarishda samaraga erishish uchun YUTTMIB bilan PTTMIB jarayonlari birlashtirilib, ularning kombinatsiyasini yuqori-past temperaturali termomexanik ishlov berish deb ataladi (YUPTTMIB). YUPTTMIBda avval, deformatsion qizdirish bilan toblash o'tkazilsa, keyin sovuq holdagi deformatsiya va eskirtirish jarayonlari o'tkaziladi. YUPTTMIB dan so'ng mustahkamlik yuqori bo'ladi, plastiklik esa YUTTMIBdan so'ng kichik bo'ladi.



7.3-rasm. Titaning β qotishmasini (BT15) odatdagi toblash (a) va EUTTMIBdan keyingi (b) mikrostrukturasi. X300 (S. G. Glazunov, I. S. Pol'kin).

O'z-o'zini tekshirish uchun savollar:

1. Termomexanik ishlov berish deganda nimani tushunasiz?
2. Termomexanik ishlov berishdan maqsad nima?
3. Termomexanik ishlovning asosiy mohiyati nimadan iborat ?
4. Issiq holda bosim bilan ishlov berishda metallning strukturasi qanday o'zgaradi ?
5. Dinamik qaytish nima?
6. Dinamik qaytishni mohiyatini tushuntirib bering.
7. Dinamik qayta kristallanish deganda nimani tushunasiz?
8. Issiq holda deformatsiyalash tugagandan so'ng metallning strukturasi qanday o'zgaradi?

9. Eskirtiriladigan qotishmalarga termomexanik ishlov berish haqida nimani bilasiz?

10. Eskirtiriladigan qotishmalarga past temperaturali termomexanik ishlov berishni mohiyatini tushuntirib bering.

11. Eskirtiriladigan qotishmalarga yuqori temperaturali termomexanik ishlov berishni mohiyatini tushuntirib bering.

12. Eskirtiriladigan qotishmalarga dastlabki temperaturali termomexanik ishlov berishni mohiyatini tushuntirib bering.

13. Martensitgacha toblangan po'latlarga termomexanik ishlov berish haqida nimani bilasiz?

14. Martensitgacha toblangan po'latlarga past temperaturali termomexanik ishlov berishni tushuntirib bering.

15. Martensitgacha toblangan po'latlarga yuqori temperaturali termomexanik ishlov berishni mohiyatini tushuntirib bering.

16. Martensitgacha toblangan po'latlarga dastlabki temperaturali termomexanik ishlov berish haqida nimani bilasiz?

VIII BOB. TERMİK ISHLOV BERISHNING ASOSIY TEXNOLOGIYALARI

8.1. Termik ishlov berishning asosiy texnologiyalari haqida umumiy ma'lumotlar

Temir-uglerodli qotishmalarning ichki strukturasi va xossalarini o'zgartirish uchun ularni qizdirish va sovitish bilan bog'liq bo'lgan jarayonlar **termik ishlov berish** deb ataladi. Termik ishlov berishdan maqsad temir-uglerodli qotishmalarga ishlatish jarayonida talab qilinadigan xossalar berishdan iborat. Termik ishlov berish natijasida mexanik xossalarining yaxshi tomonlari, yaxshi fizik-kimyoviy xossalar bilan qo'shib ketadi; qotishmaning magnitlanish xossasi yaxshilanadi, korroziyagabardoshligi ortadi. Ba'zi bir termik ishlov berish turlari yaxshilovchi, oraliq operatsiya hisoblanadi.

Puxtalanadigan detallar nomenklaturasi juda ham ko'p bo'lib, ularga priborlar, turli xil mashina detallaridan tortib, to metallurgiya, traktor va qishloq xo'jaligi, energetik va neft-gaz sanoatining yirik element, detal va uzellarigacha kiradi.

Termik ishlov berishning asosiy turlariga po'latni struktura va xossasini turlicha o'zgartiradigan va yarim tayyor hamda tayyor mahsulotlarga qo'yilgan talablarga bog'liq ravishda yumshatish, **normallash**, **toblash** va **bo'shatish** kiradi.

Termik ishlov berish texnologiyasida eng asosiy parametrlardan biri **qizdirish temperaturasi va qizdirish vaqti** hisoblanadi.

Umuman, termik ishlov berish detal yoki zagotovkalamni berilgan temperaturagacha qizdirish, ushbu temperaturada ushlab turish va so'ng-ra kerakli tezlik bilan sovutish jarayonidan iborat. Qizdirish temperaturasi va ushlab turish vaqti materialning kimyoviy tarkibi va tanlab olingan termik ishlov berish turi bilan aniqlanadi.

Metallning qizdirish tezligi bir tomondan, ruxsat etilgan qizdirish tezligi, boshqa tomondan esa, termik ishlov o'tkazalidigan agregatdagi mumkin bo'lgan qizdirish tezligi bilan aniqlanadi. Ruxsat etilgan qizdirish tezligi bir tomondan, metallning fizik-kimyoviy xossasi, shakli va o'lchamiga, ikkinchi tomondan, issiqlikni uzatish usuliga bog'liq.

Po'latlami qizdirishda metallning tashqi qatlamlari ichki qatlamlariga qaraganda nisbatan yuqori temperaturaga ega bo'ladi. Metallning tashqi qatlamlarini kengaytirishga ichki, nisbatan kam qizdirilgan qatlamlar qarshilik ko'rsatadi. O'zaro ta'sirlashishlar natijasida tashqi qatlamlar siquvchi kuchlanishlar ta'sirida bo'ladi, bunda maksimal siquvchi kuchlanishlar metallning yuzasida bo'ladi. Metallning ichki qatlami tashqi qatlamlar ta'sirida yuzaga keladigan cho'ziladigan kuchlanishlar ta'sirida bo'ladi. Maksimal cho'zuvchi kuchlanishlar zagotovkaning ichkari qismida bo'ladi. Kritik nuqtalardan o'tgandagi qizdirishlarda struktura o'zgarishlari oqibatida ichki kuchlanishlar xarakteri va kattaligi o'zgarishi mumkin. Bu vaqtda metall plastik holatda bo'ladi va yuzaga keladigan kuchlanish faqat plastik deformatsiyani vujudga keltirishi mumkin. Nisbatan eng xavfli ichki kuchlanishlar hali metall kichik plastiklikka ega bo'lgan 600-700°C temperaturalar intervalida bo'ladi. Agar qizdirish natijasida ichki kuchlanishlar yuzaga kelsa va u metallning haqiqiy emirilishga qarshilik ko'rsatish chegarasidan oshib ketsa, darzlar paydo bo'lishi mumkin. Darzlarni yuzaga kelishi metallning haqiqiy yemirilishga qarshiligi va plastikligiga bog'liq. Metallning haqiqiy emirilishga qarshiligi va plastikligi qanchalik katta bo'lsa, darzlarning hosil bo'lishi nisbatan kam ehtimollikka ega. Uncha katta bo'lmagan vaqtinchali yemirilish qarshiligiga ega bo'lgan plastikligi yuqori bo'lgan metallda darzlar vujudga kelmaydi, bunda paydo bo'ladigan cho'zuvchi kuchlanishlar faqat plastik deformatsiyani yuzaga keltiradi. Mo'rt bo'lgan metallar uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lgan haqiqiy emirilishga qarshilik hisoblanadi.

8.2. Yuzani toblash

Buyumlar yuzasini toblashda ma'lum bir (talab etiladigan) chuqurlikda, faqat yuza qatlam toblanadi, buyumning o'zagi esa toblanmasdan qoladi.

Yuzani toblashdan asosiy maqsad: ishlov beriladigan buyumning qattiqligi, yeyilishga chidamliligi va chidamlilik chegarasini oshirishdir. Buyumning o'zagi esa, qovushqoq holatda qolib, zarb yuklanishlarini qabul qila oladi. Amaliyotda ko'proq, yuqori chastotali tok (YUCHT) yordamida buyum yuzasini induksion qizdirish orqali toblash jarayoni qo'llaniladi.

Elektr tok, detal ya'ni o'tkazgich orqali o'tib, qarshilikka uchraydi, buning natijasida uni qizdiradi. Bunday issiqlik miqdori Q ni ma'lum formula orqali hisoblash mumkin:

$$Q = 0,239 \times 4,184 I^2 R \tau ;$$

Tok kuchi I ni o'zgartirib, turli miqdordagi issiqlik miqdori va o'z navbatida turli temperatura va qizdirish tezligini olish mumkin. Metalldagi qarshilik R metall turiga bog'liq bo'ladi. Tokni ta'sir etish vaqti τ ish unumdorligini oshirish maqsadida kam olinadi.

Elektr termik ishlov berishning xarakterli tomonlaridan biri, buyumning juda katta tezlik bilan qizdirilishidir, bunda buyum pechda tashqi issiqlik manbasiga nisbatan yuz va hatto ming marta yuqori tezlik bilan qiziydi. Metallning, faqat yuza qatlami qizdiriladi, bunda tok chastotasi qanchalik katta bo'lsa, buyumning chuqurligi shunchalik kam qizdiriladi, o'z navbatida buyum toblanadi. Hozirgi vaqtda elektr tok bilan qizdirishda yuqori chastotali tokdan foydalanilmoqda.

Buyumni YUCHT yordamida qizdirishda o'tkazgich (induktor) orqali o'tadigan o'zgaruvchan tok bilan hosil qilinadigan magnit oqimi induktor ichida joylash-tirilgan detalni metallni induksiyalaydi, o'rama tok bilan detal qizdiriladi.

Ma'lumki, shahar elektr tarmog'ida odatdagi o'zgaruvchan tok 50 Gts chastotaga ega bo'lib, past chastotali (ishlab chiqarish chastotali) toklar qatoriga kiradi. 50 Gts chastotadan yuqori chastotaga ega bo'lgan o'zgaruvchan tok esa yuqori chastotali tokka kiradi.

Metallni induksion qizdirishda qo'llaniladigan YUCHT maxsus mashina generatori yordamida olinadi va unda chastota 500 Gtsdan 5000 Gts gacha, hatto 15000 Gts gacha boradi yoki lampali genaratoridan YUCHT olinib, uning chastotasi 10000000 Gts gacha boradi.

O'tkazgich kesimi bo'ylab o'zgaruvchan tokni taqsimlanishi bir tekis emas. O'tkazgich yuzasida tok zichligi o'zagiga nisbatan katta. Amaliy jihatdan tok o'tkazgichning sirtqi qatlami orqali o'tib, uning chuqurligi (δ) chastotaga bog'liq bo'ladi:

$$\delta = 5030 p / (\mu x f)$$

bu yerda f – tok chastotasi, Gts; δ – tok kirish chuqurligi, sm; p – solishtirma elektr qarshilik, Om ; μ – magnit o'tkazuvchanlik, Gs/E.

Yuqorida keltirilgan formuladan ko'rinib turibdiki, qanchalik chastota f katta bo'lsa, tokni kirish chuqurligi δ shunchalik kichik bo'ladi. Shuning uchun kichik o'lchamli detallarni uncha katta bo'lmagan chuqurlikda qizdirishda lampali generatorlardan, katta gabaritli detallar-

ni katta bo'lgan chuqurlikkacha qizdirishda esa (2-3 mmdan yuqori) mashinali generatorlardan foydalaniladi.

Detallarni to'g'ri va imkoniyat darajasida bir tekisda induktsion qizdirishning asosiy sharti – har bir detal uchun uning shakli va o'lchamiga mos induktorni yaratishdir. Induktor, asosan qizil mis trubasidan qopqon yoki vitka ko'rinishida tayyorlanadi. Induktorni ichiga qizdiriladigan detal joylashtiriladi. So'ngra detalni qizdirilgan qismini induktordan suv dushi qurilmasi (spreyeri) tomon surilib, detal toblanadi.

YUCHTni yutug'i quyidagilardan iborat: a) yuqori ish unumdorlikka ega ekanligi; b) uglerod va boshqa elementlarni yonib ketmasligi hamda aytarli darajada oksidlanish va oksidlarni hosil bo'lmasligi; v) detallarni minimal qishayishi; g) toblangan qatlam qalinligini aytarli aniq darajada regulirovka, boshqarish mumkinligidir. Ishlov berishning bunday yutug'i, yuqori ish unumdorligi va avtomatlashtirish mumkinligi detallarni YUCHT bilan induktsion qizdirib, toblashni termik ishlov berishning ratsional usullaridan biri bo'lishiga olib keladi.

Yuzani toblash jarayonida, odatda uglerod miqdori 0,4 % va undan yuqori bo'lgan oddiy uglerodli po'latlar qo'llaniladi. Legirlangan po'latlarni ushbu maqsadda ishlatish mumkin emas, chunki chuqur toblanish chuqurlikka legirlash orqali ham ega bo'lish mumkin. Shu bilan birga, ba'zi hollarda kichik toblanish chuqurligiga ega bo'lgan po'latlarni ishlatish talab qilinadi. Masalan, tishli g'ildirakni hamma konturi bo'yicha bir tekisda qizdirish o'ta qiyindir.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, YUCHT yordamida toblangan 1 mm qatlam olish uchun 50000-60000 Gts, 2 mm qatlam olish uchun 15000 Gts va 4 mm qatlam olish uchun esa hammasi bo'lib, taxminan 4000 Gts chastota zarur bo'ladi.

Toblanish chuqurligi A_{s3} kritik nuqtadan yuqori temperaturagacha qizdirish chuqurligiga taxminan teng bo'lib, detalni ichki chuqurlik qatlami kritik nuqtadan past temperaturada qizdiriladi va sovutilganda esa puxtalanmaydi. Zarur bo'lgan hollarda detal o'zagini mustahkamligini oshirish uchun yuza toblashdan oldin, detal normalizatsiya qilinadi.

Optimal puxtalanган qatlam qalinligini tanlash, detalni ishlash sharoitiga qarab, tanlanadi. Agar buyum, faqat eyilishga yoki tohqish sharoitiga ishlasa, toblangan qatlam qalinligini ko'proq 1,5-3 mm qilib, olinadi. Yuqori kontaktli yuklanishda va qayta shlifovka qilish mumkinligi holatida toblangan qatlam qalinligi 4-5 mm qilib, olinadi. O'ta katta kontaktli yuklanishlarda esa, masalan, sovuq holda prokatlaydigan valik-

lar uchun toblangan qatlam qalinligi 10-15 mm va undan yuqori bo'lishi mumkin.

Odatda, toblangan qatlam qalinligi, detaling hamma kesim yuzasini 20 %dan ko'p bo'lishi kerak emas. Tishli g'ildirak uchun esa bu ko'rsatkich uning modulini 0,2-0,28%ini tashkil qilish kerak.

Induksion qizdirish orqali toblashning quyidagi usullari mavjud:

1) buyumning hamma yuzasi bo'yicha bir vaqtning o'zida qizdirish va sovutish jarayoni bo'lib, u uncha katta bo'lmagan puxtalash yuzasiga ega bo'lgan buyumlar uchun qo'llaniladi. Ularga valik, o'qli asboblari, barmoqlar va boshqalar misol bo'la oladi;

2) buyumning alohida joylarini ketma-ketlik tarzda qizdirish va sovutish bo'lib, bunga tirsakli vallarini sheekasini toblashda (bunda, tirsakli val sheykasini birin ketin ketma-ketlik tarzda qizdirish va sovutish), 6 va undan ortiq modulga ega bo'lgan tishli g'ildirak (tishli g'ildirak tishini ketma-ket toblash), taqsimlanish vallarini kulachoklarni toblash kiradi;

3) uzluksiz-ketma-ket tarzda qizdirish va sovutish bo'lib, bu usul uzun vallarni, o'qlarni va boshqalarni toblashda qo'llaniladi. Bu holda buyum qo'zg'almas induktor va sovutish qurilmasiga nisbatan harakat qiladi.

Buyumni induksion qizdirish yordamida toblashdan keyin, u 160-200°C temperaturada past temperaturada bo'shatiladi.

8.3. Gaz alangasida toblash

Bu usuldagi toblash katta gabaritli buyumlar (prokat valiklari, vallar va boshqalar) uchun qo'llaniladi. Detal yuzasi yuqori temperaturaga (2400-3150°C) ega bo'lgan gaz alangasi yordamida qizdiriladi. Sezilarli darajadagi issiqlik ta'siri natijasida buyumning yuzasi toblash temperaturasigacha tezda qiziydi, detalning o'zagi qizishga ulgurmaydi. Keyingi tezda sovutish detal yuza qatlamining toblanishini ta'minlaydi. Yonilg'i sifatida atsetilen, tabiiy gaz hamda kerosin qo'llaniladi. Toblangan qatlam qalinligi 2-4 mm, uning qattiqligi 0,45-0,5 % C ega bo'lgan po'latlar uchun 50-56HRC dir. Mayin yuza qatlamida martensit, pastki qatlamlarda esa troostomartensit hosil bo'ladi.

8.4. Lazer yordamida qizdirib, yuzani toblash

Lazer bu yorug'lik generatoridir (optik diapazondagi kvant generatorlari). Bu ishning asosida atomlarning (molekulalarning) induksion nurlanishi yordamida elektomagnit tebranishning kuchayishidir. Lazer nurlari monoxromatik bo'lib, juda kichik darchadan (puchokdan) tarqaladi va sezilarli yuqori darajadagi energiya miqdori bilan xarakterlanadi. Ishlab chiqarish maqsadlarida ko'proq SO₂-lazerlardan foydalaniladi.

O'z-o'zini tekshirish uchun savollar:

1. Termik ishlov berish deb nimaga aytiladi?
2. Termik ishlov berish texnologiyasi deganda nimani tushunasiz?
3. Metall va qotishmalar necha xil usulda qizdiriladi?
4. Termik ishlov berishda qizdirish qanday agregatlarda olib boriladi?
5. Yuzani toblash deganda nimani tushunasiz ?
6. Yuqori chastotali tok yordamida termik ishlov berish haqida nimani bilasiz?
7. Yuqori chastotali tok yordamida qizdirish qanday chastotada olib boriladi?
8. Yuqori chastotali tok yordamida toblash nima?
9. Qanday detal va zagotovkalar yuqori chastotali tok yordamida toblanadi?
10. Gaz alangasida toblash haqida nimani bilasiz?
11. Lazer yordamida qizdirib yuzani toblash jarayonini tushuntirib bering.
12. Yuzani toblashning mashinasozlikdagi ahamiyati nimadan iborat?

IX BOB. KIMYOVIY - TERMİK ISHLOV BERISH

9.1. Kimyoviy – termik ishlov berish jarayoni, vazifasi va nazariyasi

Metall va qotishmalarni sirtqi qatlamini kimyoviy tarkibi, strukturu-rasi va xossasini o'zgartirish maqsadida ularga termik va kimyoviy ta'sirlarni birgalikda amalga oshirish jarayoni bilan bog'liq bo'lgan ishlovga kimyoviy-termik (yuzani legirlash) ishlov berish deyiladi.

Kimyoviy-termik ishlov berish (KTIB) deganda po'latni sirqi qatlamini nometall materiallar (C, N, Si, B va boshqalar) va metallar bilan (Cr, Al va boshqalar) faol suyuqlik yoki gaz muhitida ma'lum bir temperaturada ushlab turish jarayonida diffuziya yordamida to'yintirish jarayoni tushuniladi.

KTIBda bir vaqtning o'zida bir qancha jarayonlar kechadi:

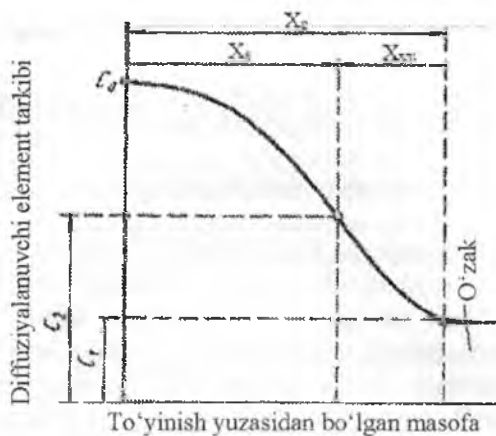
1) tashqi muhitda (yoki alohida reaksiya bo'limida) diffuziyalanuvchi elementni atomar (ionlashgan holatda) holatda hosil bo'lishi; ishlov beriladigan metallni (buyumni) sirtida diffuziyalanuvchi elementning yuqori miqdorini ta'minlovchi to'yintiruvchi atmosferani yuzaga keltirish; to'yintiruvchi muhitdan metallga o'tadigan atomlar miqdori, asosan to'yintiruvchi modda ajratib chiqaradigan kimyoviy reaksiyalar (yoki bug'lanishlar) tezligi bilan aniqlanadi;

2) to'yintiruvchi element ionlari bilan asosiy metall (xemosobsiya) o'rtasida kimyoviy bog'lanish hosil qiladigan metallar sirtida atomlar (ionlar) adsorbsiyasini hosil bo'lishi;

3) ishlov beriladigan metall (buyum) yuzasidan ichkarisiga qarab adsorbsiyalangan atomlarning diffuziyasi kuzatiladi.

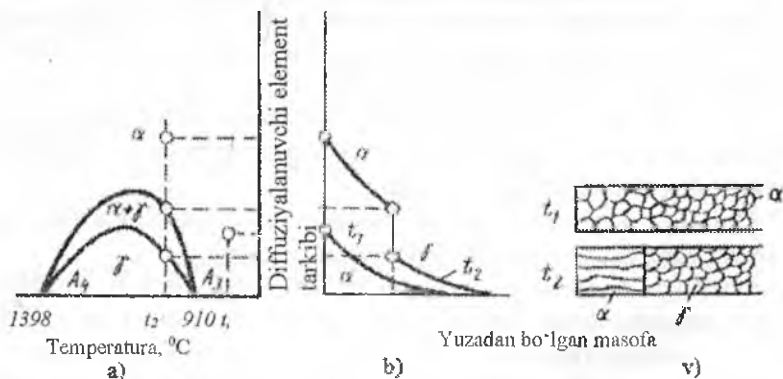
Diffuziya natijasida diffuziyali qatlam hosil bo'ladi. Diffuziyali qatlam deganda detal materiali qatlamini to'yintirish yuzasi o'zining kimyoviy tarkibi, strukturasi va xossasi bilan o'zgarishi tushuniladi.

Metall yuzasidan ichkarisiga qarab, diffuziyalanuvchi element miqdori kamayadi (9.1-rasm). Buning natijasida struktura va xossa o'zgaradi. Metallning turli elementlar bilan to'yintirishda, masalan temirmi, qatlamni tuzilishi umumiy qoidalarga bo'ysinadi. Bu qonunlarga muvofiq diffuziya Fe-M (M – boshqa har qanday element) faza muvozanat diagrammasidagi bir fazali sohaga mos kelib, bir fazali qatlam hosil bo'lishiga olib keladi. Diffuziya qatlami bir fazali soha kabi



9.1-rasm. Diffuzion qatlam sxemasi:

X_0 – diffuziya qatlamining umumiy qalinligi; X_d – diffuzion qatlarning samarali qalinligi; X_z – diffuzion qatlamdagi o'tish zonasini qalinligi; C_0 – yuzadagi diffuziyalanuvchi elementning miqdori; C_1 – dastlabki metalldagi (metallning o'zagidagi) diffuziyalanuvchi element tarkibi; C_2 – X_0 uchun belgilangan diffuziyalanuvchi elementning tarkibi.



9.2-rasm. Temir – diffuziyalanuvchi element holat diagrammasi sxemasi (a), qatlam qalinligi bo'yicha diffuziyalanuvchi element miqdorini o'zgarishi (b) va t_1 va t_2 temperaturadagi diffuziyalanuvchi qatlarning mikrostrukturasi sxemasi (v).

shunday ketma-ketlikda holat diagrammasida berilgan temperatura to'yinishida hosil bo'ladi. Bitta fazadan boshqa fazaga o'tishda miqdorni tez o'sishi kuzatiladi. Bu holatni temir-diffuziyalovchi element holat diagrammasida ko'rib chiqamiz. t_1 temperaturada α panjarada fazali o'zgarishlarsiz diffuziya hodisasi ro'y beradi (9.2-rasm). O'z navbatida, to'ynish temperaturasida, faqat α qattiq eritma mavjud bo'ladi va diffuziyalanuvchi element miqdori esa asta-sekin yuzasidagi maksimal qiymat bir qancha chuqurlikda nolgacha kamayadi.

Mikrostruktura bo'yicha diffusion qatlamni faqat ko'pmi yoki ozmi namuna yuzasiga reaktiv bilan ta'sir etish yordamida aniqlash mumkin. t_2 temperaturada to'ynish diffuziya temperaturasidagi fazali qayta kristallanish orqali ro'y beradi. Dastlab, diffuziya γ fazada sodir bo'ladi va yuzada eruvchanlik chegarasi m yoriga etgandan so'ng $\gamma \rightarrow \alpha$ ga fazali qayta kristallanishi sodir bo'ladi. α faza kurtaklari yuzadan diffuziya yo'nalishi bo'yicha o'sib borib, xarakterli stolbali kristallitlarni hosil qiladi.

Ikki faza (α va γ) chegarasida miqdorlarning o'zgaranuvchanligi yuzaga keladi (9.2-rasm) va mikrostrukturasida esa (sovtilgandan keyin) diffusion chegara chiziqlari aniqlanadi. Diffuziya temperaturasida ikki fazali ($\alpha + \gamma$) qatlam hosil bo'lmaydi, u faqat sovtish jarayonida o'zgarishlar natijasida yuzaga kelishi mumkin. Diffuziya temperaturasida legirlangan po'latlarni to'yintirishda ko'p fazali qatlamlar paydo bo'lishi mumkin.

9.2. Sementatsiyalash jarayoni

Po'lat sirtqi qatlamini mos muhitda – karbyurizatorida uglerod bilan qizdirilganda diffuziya yordamida to'yintirish bilan bog'liq bo'lgan kimyoviy-termik ishlov berishning turiga sementatsiyalash (uglerodlash) deyiladi. Odatda, sementatsiyalash jarayoni austenit barqaror bo'lgan, erigan uglerod katta miqdorda bo'lgan A_{s3} (930 – 950°C) nuqtadan yuqori temperaturada o'tkaziladi.

Sementatsiyalagan buyum oxirigi xossasiga, sementatsiyalanganidan so'ng toblanib va past temperaturada bo'shatilib, erishadi.

Sementatsiyalash va undan keyingi termik ishlov berishdan maqsad – sirtqi qatlamga yuqori qattqlik va eyilishga chidamlilik berish, kontaktdagi chidamlilik chegarasi va egilish, buralishdagi chidamlilik chegarasini oshirishdir.

Odatda sementatsiyalash uchun kam uglerodli (0,1-0,18% C), ko'proq legirlangan po'latlar ishlatiladi. Katta gabaritli detallarni sementatsiyalashda ko'proq uglerod miqdoriga (0,2-0,3% C) ega bo'lgan po'latlardan foydalaniladi. Bunday markali po'latlarni tanlash, ularning sementatsiyalangandan keyin uglerod bilan to'yinmaydigan o'zagi tob-lashdan so'ng yuqori qovushqoqlikni saqlab qolish qobiliyatiga ega ekanligi asosida amalga oshirildi.

Detallar sementatsiyalash shlifovkalash qo'yimiga (50-100mkm) ega bo'lgan mexanik ishlov berishdan keyin amalga oshiriladi. Ko'p hollarda faqat detallarni talab qilingan qismi sementatsiyalashga jalb qilinib, qolgani, puxtalash talab qilmaydigan qismi esa juda kichik qatlamda (20-40 mkm) mis bilan qoplanadi. Mis bilan qoplash eletroliz usulida olib boriladi yoki o'tga chidamli glina, qum va asbestdan iborat qorishma, suyuq shishada aralashirilgan so'ng hosil bo'ladigan maxsus qoplamalar bilan qoplanib, izolyatsiya qilinadi.

Sementatsiyalangan qatlamning hosil bo'lish mexanizmi va tuzilishi. Agar uglerodga ega bo'lgan gazlarni (CO_2 , CH_2 va boshqalar) dis-sotsiatsiyasi tufayli olingan uglerod atomar holatiga o'tsa, u holda po'latlarda uglerodni diffuziyasini amalga oshirish mumkin. Atomar ko'ri-nishidagi uglerod po'lat sirtqi qatlamida adsorbsiyalanib, metallning ichiga diffuziyalanib, kirib boradi.

Sementatsiyalash temperaturasida (A_{c3} nuqtadan yuqori tempera-turada) diffuziya qatlami na faqat austenitdan, balki sekin sovutishdan keyin austenitni parchalanishi tufayli hosil bo'ladigan ferrit va sementitdan ham iborat bo'ladi. Bunda uglerod miqdori ushbu tempe-raturada to'yinish chegarasigacha etib bormaydi.

Sementatsiyalangan qatlam qalinligi bo'yicha o'zgaruvchan miqdorga ega bo'lib, uning miqdori detailning sirtidan boshlab o'zagiga borguncha kamayib boradi. Shu munosabat bilan sekin sovutishdan so'ng sementatsiyalangan qatlamda uchta zonani (sirtidan o'zakka qarab) ko'rish mumkin: oldingi austenit donasiga qarab, to'r hosil qiluvchi perlit va ikkilamchi sementitdan tashkil topgan evtektoiddan keyingi zona; faqat bitta plastinkali perlitdan tashkil topgan evtektoidli zona; perlit va ferritdan tashkil topgan evtektoidgacha bo'lgan zona. Bu zonada ferrit miqdori o'zakka yaqinlashguncha uzluksiz o'sib boradi.

Sementatsiyalangan qatlamning samarali qalinligi qilib, ko'pincha evtektoiddan keyingi zona bilan o'tish (evtektoidgacha) zonasi (uglerod miqdori 0,45% gacha) yarimining yig'indisi olinib, uning qattiqligi 50 HRC ga mos keladi. Juda ko'p buyumlar uchun samarali qatlam

qalinligi toblashdan so'ng qattiqligi 500HVga va mas'uliyatli detallar uchun esa 700HV teng.

Sinovlar 0,17% dan kam miqdorda ugleroddan iborat po'latlar uchun sementatsiyalangan qatlarning samarali qalinligi sementatsiyalangan kesimning qalinligi yoki diametrini 15%ini tashkil etishini ko'rsatdi. Agar po'latda uglerod miqdori 0,17% dan ko'p bo'lsa, qatlam qalinligi 5-9% gacha kamayadi. Yeyilishga, katta solishtirma yuklanishlarsiz ishlaydigan detallar uchun sementatsiyalangan qatlarning samarali qalinligi sementatsiyalangan kesimning qalinligi yoki diametrini 3-4% ini tashkil etishi aniqlangan.

Sirtqi qatlamda uglerod miqdori 0,8-1,0% ni tashkil etishi kerak. Yuqori kontaktli toliqishga erishish uchun po'latdagi uglerod miqdori 1,1-1,2 % gacha oshirish kerak. Uglerodning yanada yuqori miqdorida sementatsiyalangan buyumning mexanik xossalari yomonlashadi.

Agar po'latlar legirlangan karbid hosil qiluvchi elementlar bilan sementatsiyalansa, diffuziya temperaturasida austenit va karbidlardan tashkil topgan ikki fazali qatlam hosil bo'lishi mumkin. Sementatsiyalanadigan po'latdagi legirlovchi elementlar sementatsiyalangan qatlam qalinligiga amaliy jihatdan ta'sir qilmaydi.

Po'latlarga sementatsiyalashdan keyingi termik ishlov berish va sementatsiyalangan detallar xossasi. Sementatsiyalangan detallar oxirigi xossaga sementatsiyalashdan keyin termik ishlov berilgandan so'ng erishadi. Bu ishlov berish bilan struktura to'g'rilaydi va o'zakdagi hamda sementatsiyalangan qatlamdagi donachalami maydalaydi, bu bilan sementatsiyalangan qatlamda yuqori qattiqlik va o'zakda yaxshi mexanik xossalari olish imkonini yaratadi, sementatsiyalangan qatlamdagi karbid to'rlarini olib tashlaydi.

Ko'p hollarda, ayniqsa irsiy kichik donachali po'latlarga ishlov berishda, 820 – 850⁰ C temperaturadagi toblashdan foydalaniladi.

Bu esa donani maydalashni ta'minlaydi va sementatsiyalangan qatlamni to'liq toblashga olib keladi hamda o'zakdagi donachani qisman qaytadan kristallanishi va maydalanishini amalga oshiradi. Gaz yordamida sementatsiyalashdan so'ng ko'pincha qaytadan qizdirmasdan sementatsiya pechini o'zida toblash bajariladi. Bu bilan ishlov beriladigan buyumni qiyshayishi kamaytiriladi. Bunday ishlov berish sementatsiyalangan qatlamdagi va o'zakdagi strukturani to'g'rilamaydi, shuning uchun toblashni faqat buyum irsiy kichik donachali po'latdan tayyorlangan bo'lsa, qo'llaniladi. Sementatsiyalangan buyumdagi

deformatsiyani kamaytirish uchun issiq moyda ($160 - 180^{\circ}\text{C}$) pog'onali toblash o'tkaziladi.

Sementatsiyalashdan so'ng termik ishlov ba'zi bir hollarda ikkilamchi toblash va bo'shatishdan iborat bo'ladi. Birinchi toblash (yoki normallashtirish) $880 - 900^{\circ}\text{C}$ temperaturada (o'zak uchun A_{e3} nuqtadan yuqori temperaturada) o'zaktagi strukturani to'g'rilash uchun amalga oshiriladi. Bundan tashqari, qizdirilganda sirtqi qatlamda austenitda sementit to'ri eriydi, keyinchalik qaytadan tez sovutilganda hosil bo'lmaydi. Ikkinchi toblash $760 - 780^{\circ}\text{C}$ temperaturada qizdirilganda sementatsiyalangan qatlamdagi o'ta qizdirish bartaraf etiladi va buyumga yuqori qattqlik beriladi. Bunday termik ishlov berishning kamchiligi texnologik jarayonning murakkabligi, buyumlarning qiyshayishini oshishi va oksidlanish hamda uglerodsizlanishni ro'y berishidir.

Termik ishlov berilgandan keyin sirtqi qatlamda kichik ignali martensit struktura va qoldiq austenitni izolyatsiyalangan uchastkasi ($30 - 50\%$ gacha) hosil bo'ladi.

9. 3. Azotlash

Po'lat sirtqi qatlamini azot bilan diffuziya yordamida to'yintirish jarayoniga **azotlash** deb aytiladi. Azotlash juda kuchli ravishda sirtqi qatlamning qattqligi, uning eyilishga chidamliligi, chidamlilik chegarasi va atmosfera, suv va boshqa muhitlarda korroziyaga bardoshligini oshiradi. Azotlangan qatlam qattqligi sementatsiyalangan qatlam qattqligiga qaraganda yuqori va uning qattqligi yuqori temperaturalarda ($450-500^{\circ}\text{C}$) ham saqlanadi. Martensit strukturasi ega bo'lgan sementatsiyalangan qatlam qattqligi $200 - 225^{\circ}\text{C}$ temperaturagacha saqlanadi.

Azotlash jarayoni dissotsiatsiyalangan ammiak NH_3 ($25-60\%$) muhitida bajariladi.

Azotlash jarayoni texnologiyasi. Azotlash jarayoni texnologiyasi bir qancha texnologik operatsiyalarni ko'zda tutadi va bu operatsiyalar kuyida ko'rsatilgan:

1. Zagotovkaga dastlabki termik ishlov berish. Bu operatsiya buyumning o'zagida yuqori mustahkamlik va qovushqoqlik olish uchun po'latlarni toblash va yuqori temperaturada bo'shatishdan iborat. Bo'shatish yuqori temperaturada $600 - 675^{\circ}\text{C}$ olib boriladi. Bu temperatura keyingi azotlashni maksimal temperaturasidan yuqori bo'lib, po'latni kesib ishlov berish mumkin bo'lgan qattqligini ta'minlaydi;

2. Detallarga mexanik ishlov berish, silliqlash detalga oxirigi o'Ichamlarni beradi;

3. Buyumni azotlanishi talab qilinmaydigan joylariga elektrolit usuli bilan juda kichik qatlamda (0,01-0,015 mm) qalaydan yoki suyuq shishadan qoplab, azotlashdan himoya qilinadi. Qalay azotlash temperaturasida po'latni yuzasida juda kichik o'Ichamdagi yupqa qatlam ko'rinishda bo'lib, eriydi;

4. Azotlash jarayoni;

5. Buyumni oxirigi silliqlash yoki tayyor holatga keltirish.

38X2MFOA markali po'latdan tayyorlangan kichik devorli murakab konfiguratsiyali buyumni azotlashni 500-520° C temperaturada o'tkazish tavsiya etiladi. Jarayonning davomiyligi talab etiladigan azotlangan qatlamning qalinligiga bog'liq. Azotlash temperaturasi qanchalik katta bo'lsa, azotlangan qatlamning qattiqligi shunchalik kichik va qatlam qalinligi esa shunchalik kattadir. Azotlangan qatlamdagi qattiqlikni kamayishi legirlangan elementlarning nitridlarini koagulyatsiyasiga bog'liq. Odatda azotlashda qatlam qalinligini 0,3 - 0,6 mm olish maqsadga muvofiqdir. 500-520° C temperaturada azotlash jarayoni davom etish vaqti uzoq bo'lib, 24 - 60 soatni tashkil etadi.

Azotlash jarayonini tezlashtirish uchun ikki pog'onali jarayon qo'llaniladi: avval azotlash 500-520° C temperaturada, so'ngra esa 540-560° C temperaturada amalga oshiriladi. Ikki pog'onali azotlash jarayonida jarayon davomiyligi kamayadi, biroq bunda yuqori qattiqlik saqlanib qoladi.

Po'latni yuzasiga azot bilan to'yintirish jarayonida buyumning o'Ichamlari juda ham kichik miqdorga yuza qatlamning hajmi oshishi hisobiga o'zgaradi. Azotlash temperaturasi va qatlam qalinligi oshishi hisobiga, deformatsiya ham oshadi.

Alyuminiyga ega bo'lmagan po'latlarni (Cr-Mo-V ga ega bo'lgan po'latlar) azotlash 570° C temperaturada 6-10 soat mobaynida amalga oshiriladi, bu esa kerakli 0,3-0,4 mm qatlam qalinligini, yuqori qattiqlikni (~800HV) va eyilishga chidamlilikni ta'minlaydi. Azotlashdan so'ng sovutish yuzadagi oksidlanishni oldini olish uchun pech bilan birgalikda ammiak oqimida (200 ° C gacha) amalga oshiriladi.

570° C temperaturada 5-10 soat mobaynida 50 % endogaz va 50 % ammiak yoki 50 % metan va 50 % ammiak bo'lgan atmosferada amalga oshiriladigan azotlash jarayoni qo'llanila boshlandi. Bunday ishlov berish natijasida po'latni yuzasida juda kichik, mayin karbonitridli qatlam (Fe, M)₂₋₃(N, C) hosil bo'ladi. Bu qatlam kichik mo'rtlikka va

nisbatan yuqoriroq eyilishga chidamlilikka ega bo'ladi. Legirlangan po'latlardagi karbonitridli qatlam qattiqligi 600-1100 HV ga tengdir. Umuman bunday ishlov berish buyumning chidamlilik chegarasini kuchli ravishda oshiradi.

Ionli azotlash. Oxirigi-yillarda kamayib boradigan zaryadsizlanishda (ionli azotlash) azotlash qo'llanila boshlandi. Bu azotlash turi zaryadsizlanishda azotga ega bo'lgan atmosferada (NH_2 va N) ishlov beriladigan detalni manfiy elektrodga – katodga ulab, amalga oshiriladi. Qurilmadagi konteyner anod bo'lib, xizmat qiladi. Katod (detal) va anod o'rtasida kamayib boradigan zaryadsizlanish va gaz ionlari qaytadan tiklanadi, katod yuzasini portlatib, uni to'yintirish temperaturasigacha qizdiradi. Ionli azotlash jarayoni ikki bosqichda amalga oshadi: birinchisi – yuzani katod sochilishlaridan tozalash; ikkinchisi – o'z tabiati bilan to'yinish jarayonidir.

Katodni sochilishi 5-60 min davomida 1100-1400 V kuchlanish va kichik bosimda kechadi. Katodni sochilish jarayonida detal yuzasidagi temperatura 250°C dan oshmaydi. Azotlash jarayoni $470-580^\circ\text{C}$ temperaturada, 400-1100 V ishchi kuchlanishda va 1-24 soat davomida amalga oshiriladi.

Ionli azotlash jarayoning umumiy davom etish vaqtini kamaytiradi, boshqariladigan tarkib va tuzilishda diffuziyali qatlamni olish imkonini tug'diradi, juda kichik deformatsiya hosil qiladi va yuqori iqtisodiy samaraga ega bo'ladi.

Suyuq muhitlarda azotlash (tenifer - jarayon). Bunday azotlash jarayoni 570°C temperaturada 0,5-3,0 soat davomida erigan sianli tuzlarda (40 % KCNO ga ega bo'lgan 85 % tuz va 60% $\text{NaCN} + 15\% \text{NO}_2\text{CO}_3$ va 45% Na_2CO_3 yoki 55% karbamiddan (NH_2) $_2\text{CO}$ va 45% Na_2CO_3 bu orqali quruq havo o'tkaziladi) amalga oshiriladi. Tuzlar titandan tayyorlangan tiglda eritiladi. Kichik temperatura oqibatida, po'latga asosan sianli tuzlar ajralishida hosil bo'ladigan azot diffuziyalantiriladi. Ishlov berish oqibatida po'latni yuzasida juda kichik o'lchamli (7-15 mkml), yuqori yeyilishga chidamli va mo'rtlikdan sinishga moyil bo'lmagan karbonitridli qatlam (Fe, M) $_{2-3}$ (N, C) hosil bo'ladi. Karbonitridli qatlamning tagida azotning α -temirdagi qattiq eritmasi va γ -fazaning ortiqcha kristallaridan tashkil topgan qatlam joylashgan bo'ladi. Qatlamning umumiy qalinligi 0,15-0,5 mmni tashkil etadi. Bunday va gaz yordamida azotlashdan so'ng uglerodli po'latlardagi qatlam qattiqligi 300-350 HV, legirlangan po'latlarda esa 600-1100 HVni tashkil etadi. Suyuq muhitdagi azotlash aytarli darajada

po'latni chidamlilik chegarasini oshiradi. Jarayonni yutug'iga o'lchamlarni juda kichik miqdorda o'zgarishi va detallarni qishayishi bo'lmasligi bo'lsa, kamchiligi toksikligi, inson hayoti uchun xavfliligi va sianli tuzlarning qimmatligidir. Bu jarayondan avtomobil detallariga (tirsakli val, tishli g'ildirak va boshqalar), shtamplarga, press-qoliplarga va boshqalarga ishlov berishda keng ko'lamda qo'llaniladi.

9.4. Nitrosegmentatsiyalash va sianlash

Po'lat sirtqi qatlamini uglerodlovchi gaz va ammiakdan iborat bo'lgan gaz muhiti bilan 840-860° C temperaturada bir vaqtning o'zida uglerod va azotga diffuziya yordamida to'yintirish jarayoniga **nitrosegmentatsiyalash** deyiladi. Jarayonning davom etish vaqti 4 – 10 soatni tashkil etadi. Nitrosegmentatsiyalashdan asosiy maqsad – po'latdan tayyorlangan detallarni qattiqligi, eyilishga chidamliligi va chidamlilik chegarasini oshirishdir.

Izlanishlar natijasida, bir vaqtning o'zida uglerod bilan azotni diffuziyalanishi jarayonida uglerod diffuziyasi tezlashishi aniqlandi. Nitrosegmentatsiyalash temperaturasi segmentatsiyalash temperaturasidan 100° C kam bo'lsa ham 500 mkm chuqurlikda nitrosegmentatsiyalangan va segmentatsiyalangan qatlamni hosil bo'lish tezligi deyarli bir xil kechadi.

Legirlangan po'latlarni nitrosegmentatsiyalashda hajm bo'yicha 1,5 – 5,5 % ishlov berilmagan tabiiy gaz va 1 – 3,5 % NH₃ dan iborat muhitni nazorat qilinadigan endotermik atmosferaga qo'shish yordamida hosil bo'ladigan atmosferani qo'llash tavsiya etiladi.

Nitrosegmentatsiyalashdan so'ng pechni o'zida toblashni o'tkazish kerak, kamdan-kam hollarda esa qayta qizdirishdan keyin pog'onali toblash ham qo'llaniladi. Toblashdan so'ng 160-180° C temperaturada bo'shatiladi.

Optimal sharoitlarda nitrosegmentatsiyalangan qatlam strukturasi kichik kristallardan iborat martensit, kam miqdorda bir xilda taqsimlangan kichik o'lchamli karbonitrid va 30-50 % qoldiq austenitdan tashkil etish kerak.

Nitrosegmentatsiyalangan qatlam qattiqligi toblash va past temperaturali bo'shatishdan so'ng 58-60 HRC, 570-690 HV ni tashkil etadi. Yrqori miqdordagi qoldiq austenit miqdori, masalan, silliqanmaydigan avtomobil tishli g'ildiragini, yaxshi ishlovchanligini ya'ni shovqinsiz ishlashini ta'minlab beradi. Maksimal darajadagi mustahkamlik ko'rsat-

kichlarga ushbu po'lat uchun nitrosegmentatsiyalangan qatlam yuzasida optimal bo'lgan uglerod va azot miqdorida erishiladi.

Qatlamda azot miqdori ichki oksidlanishda hosil bo'ladigan zararli oqibatlarini oldini olishi mumkin bo'lgan miqdordan kam bo'lmashligi shart ($\sim 0,1-0,15\%$). Qatlamda azot miqdori yuqori bo'lsa ($0,4-0,5\%$), qora ko'rinishdagi tashkil etuvchi hosil bo'lib, u yuzada qora nuqtali to'r ko'rinishida namoyon bo'ladi. Qora tashkil etuvchilar, yuqori bosim ostida qattiq eritmadan molekulyar azotni ajralib chiqishi natijasida yuzaga keladigan g'ovaklar hisoblanadi. Qora tashkil etuvchilar po'latni chidamlilik chegarasini $30-70\%$ ga va kontaktli chidamlilik chegarasini esa $5-6$ martaga kamaytirib, yuboradi. Uglerod va azotdan tashkil topgan qorishmada optimal uglerod miqdori po'latni markasiga bog'liq va $1,0 - 1,65\%$ intervalda o'zgaradi. Qatlam strukturasiidagi kam miqdoridagi uglerod miqdori martensit donasi chegarasida troostitni hosil qiladi. Cr, Mn, Ti, V larga ega bo'lgan po'latlardagi uglerod miqdori yuqori bo'lgan hollarda karbonitrid hosil bo'ladi. Uglerod va legirlovchi elementlarni karbonitridlarga aylanishi austenit turg'unligini kamaytiradi, bu esa troostit qatlamini hosil bo'lishiga ham olib keladi. Karbonitrid va troostit to'rlarini hosil bo'lishi po'latni chidamlilik chegarasi, plastikli va qovushqoqligini kamaytiradi.

Nitrosegmentatsiyalangan qatlam qalinligi odatda $200 - 800$ mkmni tashkil etadi. U 1000 mkm dan oshmasligi kerak. Chunki katta qatlam qalinlikda po'latda qora tashkil etuvchilar va boshqa nuqsonlar hosil bo'lib, po'latni mexanik xossasini kamaytirib yuboradi.

Nitrosegmentatsiyaga asosan, murakkab shaklga, qiyshayishga moyil detallar tavsiya etiladi. Gaz yordamida nitrosegmentatsiyalashga qaraganda nitrosegmentatsiyalash quyidagi yutuqlarga ega: jarayon nisbatan past temperaturada ($910-930^{\circ}\text{C}$ temperatura o'miga $840-860^{\circ}\text{C}$ temperaturada kechadi) kechadi; qatlam qalinligi kichik; detallar deformatsiyasi va qiyshayishi kichik; yeyilish va korroziyaga qarshiligi yuqori.

Nitrosegmentatsiyalash jarayoni avtomobilsozlik va traktorsozlikda keng ko'lamda qo'llanilmoqda.

NaCN guruhidagi erigan tuzlar muhitida $820-950^{\circ}\text{C}$ temperatura intervalida bir vaqtning o'zida azot va uglerod bilan po'lat sirtqi qatlamini duffuziya yordamida to'yintirish jarayoniga sianlash deb ataladi.

9.5. Borlash

Po'lat va temir asosidagi qotishmalarni sirtqi yuzasini bor bilan to'yintirish jarayoniga borlash deyiladi. Borlash jarayonida po'lat va temir qotishmalari sirtqi qalamida boridlar – Fe_2B va F_4B lar hosil bo'ladi. Bu esa qattiqlik va eyilishga chidamlilikni hamda korroziyaga bardoshlikni oshishiga olib keladi.

Po'lat va temir asosidagi qotishmalarni bor bilan to'yintirish jarayoni turli muhitlarda amalga oshiriladi. Bor faol holatda qattiq, suyuq va gazsimon holatlarda olinishi mumkin, hamda borni sirqi qatlamga surib, qoplab ham ishlatish mumkin. Po'lat va temir asosidagi qotishmalarni sirtqi qatlamini bor bilan qattiq muhitda to'yintirishda va qoplashda faol bor olish manbasi sifatida bor karbidi F_4B va amorf bor kukunidan foydalaniladi. Suyuq holatda borlashda (elektroliz va elektrolizsiz usullarda) to'yintiruvchi muhit sifatida bura $Na_2B_2O_7$, bor oksididan B_2O_3 iborat qorishmadan foydalaniladi. Ba'zi hollarda, bu qorishmaga bor karbidi F_4B ham qo'shib, ishlatiladi. Gaz yordamida borlashda to'yintiruvchi muhit sifatida dibor B_2H_6 yoki uchxloridli borni BCl_3 vodorod (azot, ammiak) bilan hosil qilgan qorishmasi qo'llaniladi. Borlash natijasida ko'p qatlamli diffuziya qatlami hosil bo'ladi. Bunda buyumning sirqi yuzasida temir boridi FeB , so'ngra borid Fe_2B qatlam, oxirigi qatlamda esa temirdagi borning qattiq eritmasi hosil bo'ladi. Diffuziya qatlamini hosil bo'lishi Fe-B holat diagrammasi orqali kechadi.

Bor bilan qattiq eritmani to'yintirilgandan keyin boridlardan iborat bo'lgan qatlam shakllanadi. Boridlar stolba ko'rinishda po'lat yoki qotishmani ichkarisiga qarab, o'sadi.

Turli muhitlarda borlash shuni ko'rsatadiki, borlash muhitidagi uglerod va legirlovchi elementlar (Co, Ni, Mn lardan tashqari) borlangan qatlam chuqurligini kamaytiradi. Yuqorida qavs ichida ko'rsatilgan 3 ta element amaliy jixatdan borlash chuqurliligiga ta'sir etmaydi.

Borlash chuqurligiga uglerod va legirlovchi elementlarning turlicha ta'sir qilishi sababi bor diffuziyasi jarayoniga faol energiya qo'shimchasini ta'siri etishi hisoblanadi. Texnik temirdagi diffuziyani faol energiyasi 142 kDj/g-atomga teng. Po'latga 0,83 % uglerodni qo'shish faol energiyasini Q 152 kDj/g-atomgacha oshirsa, 4 % W va 2,7 % Mo Qni 159 kDj/g-atomgacha oshiradi. Q kattalik kristall panjaradagi energiya bog'lanishlarni xarakterlaydi.

O'z navbatida, Co, Ni, Mn lardan tashqari, uglerod va boshqa hamma legirlovchi elementlarni qo'shish diffuziya qatlamida bor bog'lanishlarini kuchaytiradi. Co, Ni, Mnlar qo'shilganda bor diffuziyasini faol energiyasi amaliy jihatdan o'zgarmasdan qoladi.

9.6. Metallarni diffuziyali xromlash jarayoni

Diffuziyali xromlash – materiallarga kimyoviy-termik ishlov berish turlaridan biridir. Diffuziyali xromlash metall va qotishmalar sirtqi qatlamini xrom bilan to'yintirish jarayonidir. Bunda to'yintiriladigan metall (qotishma) tarkibi, strukturasi va xossasi o'zgaradi.

Diffuziyali xromlash, keyinchalik uni oddiy xromlash deb ataymiz, kimyoviy-termik ishlov berish turlaridan biri bo'lib, to'yintiruvchi muhitda atomar xromni faol holatda olish, keyin bu atomlarni buyumni to'yinuvchi yuzasiga adsorbsiyalash va metall yoki qotishma ichkarisiga diffuziya yordamida kiritish jarayonidir. Xromlash jarayoni to'yintiruvchi muhitga bog'liq ravishda to'rtta usulda amalga oshiriladi: 1) qattiq fazada; 2) bug' fazasida; 3) gaz fazasida; 4) suyuqlik fazasida.

Qattiq fazada to'yintirish jarayoni to'yintiruvchi modda qattiq bo'lak va kukunlar bilan buyumni to'yinadigan yuzasini o'zaro kontaktida amalga oshiriladi. Bunda diffuziya jarayoni kontakt joyida kechadi. Xromlashning bunday turi, masalan, galvanik usul yordamida xrom qatlami bilan dastlabki qoplangan temirni yumshatishda qo'llaniladi.

Bug' fazasida to'yintirish jarayoni metallni qizdirishda hosil bo'ladigan diffuziya yordamida to'yinadigan modda bug' fazasi bilan to'yintirishdir.

Gaz fazada to'yintirish jarayonida gaz fazasi sifatida bug'lanuvchi kimyoviy birikmalar ko'rinishidagi elementlardan (CrCl_2 , CrF_2 , CrI_2 va boshqalardan) foydalaniladi. Galogenidlar bilan to'yintiriladigan metall va qotishmalar yuzasini o'zaro ta'sirlashuvida temir galogenidini hosil qiladi, bunda erkin qolgan xrom atomi galogenid hosil qilgan temir o'miga metallni sirtqi yuzasida qoladi. Erkin xrom xloridni vodorod bilan o'zaro ta'sirlashishida ham hosil bo'ladi.

Diffuziyali xromlash po'lat va qotishmalardan tayyorlangan buyumlarga yuqori ekspluatatsion tavsifnomalar beradi. Uglerodsiz temir qotishmalarga xromni to'yintirishda 25 % xromga ega bo'lgan qatlam hosil bo'ladi. Bu holatdagi xromlash buyumlarni gaz va atmosferadagi korroziyaga qarshiligini oshishiga olib kelishini ta'minlaydi. Po'lat yuzasini xrom bilan to'yintirishda qatlamdagi xrom miqdori 80 %dan ko'p bo'ladi.

Bunda hosil bo'ladigan karbid qatlami yuqori qattiqligi bilan ajralib turadi, bu esa o'z navbatida yeyilishga chidamlilikni oshiradi. Xromlangan qatlamning muhim texnologik o'ziga xosligi asosiy metall (qotishma) bilan mustahkam bog'liqligi va uning plastikligi hisoblanadi. Bu esa xromlangan buyumlarni shlifovka qilish, silliqlash, payvandlash va boshqa operatsiyalar bajarish imkonini beradi. Xromlangan buyumlarni strukturasi va xossasini butun xajm bo'yicha yaxshilash maqsadida termik ishlov qilinadi. Xromlangan diffuziyali qatlamning qalinligi unchalik katta emas, u 0,01 mm dan 0,1 mm gacha o'zgaradi.

Legirlangan po'latlar, cho'yanlar, grafit hamda nikel, molibden, volfram, niobiy va kobalt qotishmalarini xromlashda foydali ekspluatatsion tavsifnomalarga ega bo'lgan buyumlar olish imkonini tug'iladi.

9.7. Silitsirlash

Po'latni sirtqi qatlamini kremniy bilan to'yintirish jarayoniga **silitsirlash** deyiladi. Silitsirlash po'latga dengiz suvida, azot, sulfat va tuzli kislotalarda yuqori korroziyaga bardoshlik, eyilishga qarshi chidamlilikni bir qancha oshiradi.

Silitsirlangan qatlam asosan α temirdagi kremniyni qattiq eritmasidan iborat. Diffuziya qatlami ostidan ko'pincha, perlit qatlami kuzatiladi. Bu asosan diffuziya qatlamidan uglerodni kremniyli ferritda kam miqdordagi eruvchanligi hisobiga siqib chiqarilishi bilan tushuntiriladi.

Silitsirlangan qatlam yuqori g'ovakliklik bilan ajralib turadi va uning qalinligi 300-1000 mkm ni tashkil etadi. Silitsirlangan qatlam kichik qattiqlikka - 200-300 HVga ega bo'lishiga qaramasdan, 170-200^o C temperaturada moy bilan shimdirilgan holatda yuqori eyilishga chidamlilikka ega bo'ladi.

Kimyo, qog'oz va neft sanoatida ishlatiladigan detallar (masalan, nasos valiklari, truba yo'llari, armaturalar, gayka, boltlar va boshqalar) silitsirlashga tavsiya etiladi. Molibden qotishmalarini yuqori temperaturalarda oksidlanishiga qarshiligini oshirish maqsadida keng ko'lamda silitsirlashdan foydalaniladi.

Mashina detal va asboblarni ishga layoqatligini oshirish maqsadida keng ko'lamda turli xil himoyalovchi qoplamalardan foydalaniladi. Bu qoplamalar qattiqlikni, eyilishga chidamlilikni, kontaktli chidamlilik chegarasini, korroziyaga va eroziyaga bardoshlikni va boshqa ishchi

xossalarini oshirib, buyumlarni ishonchligini va ishga layoqatligini ta'minlab beradi.

Hozirgi vaqtda buyumlarni eyilishga chidamliligi va korroziyaga bardoshligini oshirish maqsadida buyumlar yuzasini yuqori qattqlikka ega bo'lgan nitridlar (TiN, Ti(NC), ZrN), karbidlar (TiC), oksidlar (Al_2O_3) bilan 2-10 mm qalinlikda plyonkali qoplama bilan qoplab, to'yintirish jarayonlaridan foydalaniladi.

O'z-o'zini tekshirish uchun savollar:

1. Kimyoviy-termik ishlov berish deb nimaga aytiladi?
2. Kimyoviy-termik ishlov berishdan maqsad nima?
3. Kimyoviy-termik ishlov berish mashinasozlikda qacda qo'llaniladi?
4. Kimyoviy-termik ishlov berishning asosiy mohiyati nimadan iborat?
5. Kimyoviy-termik ishlov berishning qanday turlarini bilasiz?
6. Sementatsiyalash nima?
7. Sementatsiyalashdan maqsad nima?
8. Sementatsiyalash jarayonini mohiyatini tushuntirib bering.
9. Sementatsiyalashda qanday karbyurizatorlardan foydalaniladi?
10. Sementatsiyalash jarayoni qanday po'latlar uchun tavsiya etiladi?
11. Sementatsiyalangan qatlam qalinligi qanchaga borishi tavsiya etiladi?
12. Azotlash nima?
13. Azotlashdan maqsad nima?
14. Azotlash jarayonini mohiyatini tushuntirib bering.
15. Azotlashda qanday muhitdan foydalaniladi?
16. Azotlash uchun qanday po'latlar tavsiya etiladi?
17. Azotlashda qatlam qalinligi haqida nimani bilasiz?
18. Azotlash mashinasozlikda qayerda ishlatiladi?
19. Nitrosegmentatsiyalash nima?
20. Tsianlash nima?
21. Nitrosegmentatsiyalash va tsianlashdan maqsad nima?
22. Nitrosegmentatsiyalash va tsianlash qanday kimyoviy muhitda bajariladi?
23. Nitrosegmentatsiyalash va tsianlash qayerda ishlatiladi?
24. Borlash deganda nimani tushunasiz?

25. Borlash qayerda ishlatiladi?
26. Xromlash jarayonini tushuntirib bering.
27. Xromlashdan maqsad nima?
28. Silitsirlash nima?
29. Silitsirlashdan nima maqsadda foydalaniladi?
30. Diffuzion metallashning mashinasozlikdagi ahamiyati

nimadan iborat?

X BOB. ALOHIDA GURUHDAGI QOTISHMALARGA, DETALLARGA VA ASBOBLARGA TERMİK VA KIMYOVIY- TERMİK ISHLOV BERISH

10.1. Tezkesar po'latlarga termik ishlov berish

Tezkesar po'latlar yuqori temperaturada kesishda, og'ir sharoitlarda ishlatiladigan turli xil kesuvchi asboblarni tayyorlashda qo'llaniladi. Keskich, parma va boshqa asboblarni sifati tezkesar po'latlarning sifatiga, asboblarni to'g'ri tayyorlanishi va ularga to'g'ri termik ishlov berish texnologiyalariga bog'liq bo'ladi. Tezkesar po'latlar yuqori legirlangan po'latlar bo'lib, yuqori issiqliqqa bardoshlikka, ya'ni qizdirilgan holatda ($600 - 650^{\circ}\text{C}$ temperaturagacha) yuqori qattqlikni saqlash qobiliyatiga egadir. Tezkesar po'lat po'latlarning ledeburitli klassiga mansubdir. Quyma holatda tezkesar po'lat strukturasi ledeburitli evtektika va austenitni parchalanish mahsulotlaridan iborat bo'ladi (10.1-rasm, a). Quyma tezkesar po'lat uchta turdagi karbidlarga ega: birlamchi (ledeburitli evtektika), austenitni sovutishda ajralib chiqadigan ikkilamchi karbidlar va perlitli o'zgarishlarda hosil bo'ladigan evtektoidli. Tezkesar po'latlarda karbidlarning qulay bo'lmagan shakldagi karbidlarni (ledeburitli evtektikani) buzish va quyma tezkesar po'latni mo'rtligini yo'qotish uchun unga issiq holda bosim bilan ishlov beriladi (prokatlash, bolg'lash).

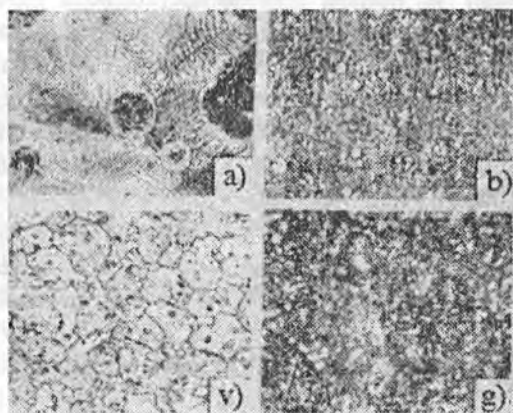
Tezkesar po'latlarni qattqligini kamaytirish, ishlov berish yaxshilash va strukturasini toblashga tayyorlash uchun prokatlashdan (bolg'lashdan) so'ng yumshatish operatsiyasi o'tkaziladi. Izotermik yumshatishda tezkesar po'lat $830 - 850^{\circ}\text{C}$ temperaturagacha qizdiriladi va shu temperaturada ushlab turilgandan keyin ($30-40^{\circ}\text{C}$ /soat tezlik bilan) $720 - 750^{\circ}\text{C}$ temperaturagacha sovutiladi, so'ng shu temperaturada ushlab turilib, pech bilan birgalikda ($40-50^{\circ}\text{C}$ /soat tezlik bilan) $600 - 650^{\circ}\text{C}$ temperaturagacha sovutilib, keyin havoda sovutiladi. Yumshatishdan keyingi qattqlik 207-255HB ga etadi. Bunda hosil bo'ladigan mikrostruktura sorbit ko'rinishdagi perlit va karbiddan iborat bo'ladi (10.1-rasm, b).

Tezkesar po'lat toblashida yuqori temperaturagacha qizdiriladi, masalan, P18 markali po'lat $1270 - 1300^{\circ}\text{C}$ gacha, P12 markali po'lat

1225 – 1245⁰ C gacha, P9 markali po‘lat esa 1220 – 1240⁰ C gacha qizdiriladi. Tezkesar po‘latdan tayyorlangan keskichlarni toblashda nisbatan yuqori temperatura, fasonli asboblarni toblashda esa nisbatan kichik temperatura tayinlanadi. Tezkesar po‘latlarni yuqori temperaturagacha qizdirish imkon darajasida ikkilamchi karbidlarni (birlamchi karbidlar eritmada qolmaydi) nisbatan to‘liq erishi va yuqori legirlangan austenit olish uchun zarur bo‘ladi. Tezkesar po‘latlardan tayyorlangan asboblarda yuqori kuchlanganlik holati hosil bo‘lmasligi va toblash temperaturasigacha qizdirilganda darzlarni yuzaga kelmasligi uchun asboblarda 800-850⁰ C temperaturagacha (erigan tuzlarda), 30 mm dan ortiq diametrga ega bo‘lgan murakkab shaklli asboblarda esa 500-650⁰ C temperaturagacha qizdiriladi.

Yuqori temperaturalarda ushlab turish unchali katta emas, faqat u asbobni qizdirish va sezilarli darajada donasi o‘smasdan eritmaga o‘tgan karbidlar qismini erishi uchun kerak bo‘ladi.

Qizdirilgan asbob quyidagicha sovutiladi: 1) oddiy shaklga, qalinligi (diametri) 20 mmdan ortiq bo‘lgan asboblarda moyda sovutiladi; 2) 400-500⁰ C temperaturaga ega bo‘lgan tuzli vannada pog‘onali toblashda, keyingi ushlab turishdan so‘ng havoda sovutish (juda katta yoki yupqa va uzun asboblardan tashqari); 3) havoda sovutish (5 mmgacha diametrga ega bo‘lgan asboblarda uchun).



10.1-rasm. Tezkesar po‘latlarning mikrostrukturasi.

a – quyma holatdagi; x900; b – yumshatilgan holatdagi; v – toblashdan so‘ng; g – toblash va bo‘shatishdan keyin; x 500.

Tezkesar po'latlar sovutilganda (toblanganda) austenitni parchalanishi natijasida 0,4-0,5 % C ga ega bo'lgan yuqori legirlangan martensit (issiqqa bardoshlikni ta'minlash uchun) hosil bo'ladi (kerakli qattqlikni ta'minlash uchun). Lekin, hamma austenit parchalanmaydi, uning ma'lum bir qismi (25-30 %) qoldiq austenit sifatida qoladi. Shuning uchun tezkesar po'latlarni toblashdan keyingi strukturasi martensit, karbidlar va qoldiq austenitdan tashkil topadi (10.1-rasm, v). Toblashdan keyin qattqlik 62HRC ga teng.

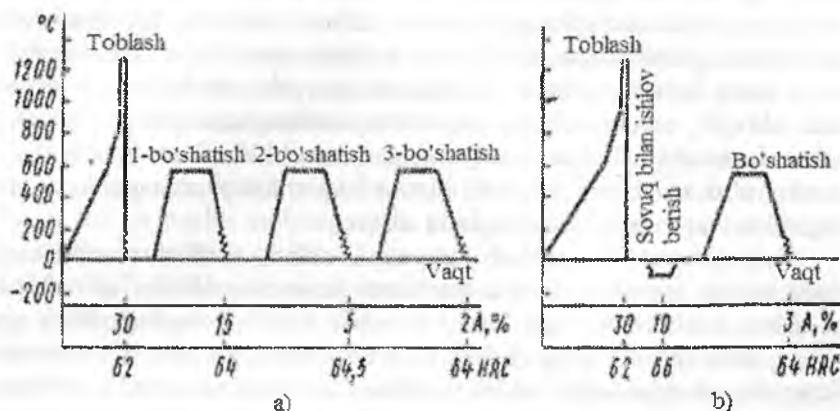
Tezkesar po'lat toblashdan so'ng 550 – 570⁰ C temperaturada bo'shatishga jalb qilinadi. Bo'shatishda martensitdan vanadiy va volframning kichik dispersli karbidlari (martensitni dispers qattqlash) ajralib chiqadi, qoldiq austenitga martensitga aylanadi, buning natijasida po'latning qattqligi nisbatan yuqori bo'ladi (~64HRC). Qoldiq austenit martensitga qizdirishda emas, ushlab turish vaqtida emas, balki sovutish jarayonida aylanadi va bir martali bo'shatishda to'liq aylanib bo'lmaydi. Nisbatan qoldiq austenitni martensitga aylanishi uchun 550 – 570⁰ C temperaturada ko'p martali bo'shatishdan (uch martali bo'shatishdan) foydalaniladi (10.2 – rasm, a) va har bir bo'shatishdan so'ng 45-60 minut ushlab turiladi. Po'latdagi qoldiq austenit stabil holatga kelmasligi uchun u tezda bo'shatilishi kerak.

1100 – 1150⁰ C temperaturadan yuqori temperaturalarda tezkesar po'latlarni toblash M₀ nuqtasi 0⁰ C temperaturadan pastda joylashadi, shuning uchun tezkesar po'latdagi qoldiq austenitni yo'qotish uchun unga (toblashdan keyin) sovuq (-75-80⁰ C temperaturada) ishlov berish kerak bo'ladi. Bu holda uch martali bo'shatishni o'miga bir martali bo'shatishdan foydalaniladi (10.2-rasm, b). Toblangan va bo'shatilgan tezkesar po'latning mikrostrukturasi martensit va karbidlardan tashkil topadi (10.1-rasm, g).

Ba'zi hollarda tezkesar po'latlarni toblashdan keyin sinishi mo'rt dag'al donali, ya'ni naftalinli ko'rinishga ega bo'ladi. Tezkesar po'latlarda naftalinli sinish shaklini hosil bo'lishiga sabab issiqlik bilan ishlov berishda oxirigi siqilishda uncha katta bo'lmagan deformatsiyalanish bilan birga sezilarli darajada yuqori temperatura yoki oraliq yumshatishsiz qayta toblash hisoblanadi. Vujudga kelgan naftalinli sinish shaklini tuzatish qiyin, hattoki ikki va uch martali bo'shatishdan keyin ham katta donalik izi to'liq bartaraf qilinmaydi.

Kesuvchi asboblari asosan, tezkesar po'latlardan tayyorlanadi. Kesuvchi asbobning faqat kesuvchi qismi, ya'ni bevosita ish bajaruvchi qismi yuqori qattqlikka va issiqlikka bardoshlikka, uning dumi, korpusi,

asosi etarli darajada mustahkamlikka ega bo'lishi kerak. Shuning uchun diametri 9-10 mm va undan yuqori bo'lgan asboblarning qimmatbaho va noyob hisoblangan tezkesar po'latni tejash maqsadida qismlilik tayyorlanadi: asbobning kesuvchi qismi tezkesar po'latdan, asbobning dumi esa 40, 45, 6 va yuqori mustahkamlik talab etadigan hollarda 40X markali po'latlardan tayyorlanadi.



10.2-rasm. Tezkesar po'latdan tayovlangan asbobga termik ishlov berish rejimi:

a – sovuq holda ishlov bermasdan; b – sovuq holda ishlov berib sovuq holda ishlov berib.

Tezkesar va uglerodli po'latlarni bir-biriga birlashtirishning eng yaxshi usuli uchma-uch payvandlash usulidir. Payvandlangan zagotovka 650-700° C temperaturagacha qizdirilgan pechga joylashtiriladi, keyin shu pechni o'zida yumshatiladi.

Tuzli vannada payvandlanib olingan asbobning yuqori qattqlik talab etiladigan tezkesar po'latdan tayyorlangan qismi qizdiriladi. Asbobning payvandlash joyidagi qattqligi 50-55 HRC bo'lishi lozim, agar qattqlik qiymati bundan ortiq bo'lsa, asbobni mo'rtlashishiga olib keladi.

10.2. Kesuvchi asboblarga termik ishlov berish texnologiyasi

Kesuvchi asboblarga keskichlar, parmalar, frezalar, protyajkalar va boshqalar kiradi. Kesish jarayonida asbobning kesuvchi (ishchi) qismi ishlov berilgan detalga singadi va metallning qismini (qirindi ko'ri-

nishda) ajratib chiqaradi. Buning uchun kesuvchi asboblarning ishchi qismi ishlov beradigan detalga nisbatan yuqori qattqlikka ega bo'lishi kerak. Yetarli qattqlikka ega bo'lmagan asbob kesa olmaydi: uning shakli va o'lchamlari tezda o'zgaradi. Asbobning ishlash jarayonida uzluksiz ishqalanishi, ya'ni asbobning kesuvchi qirrasini yuzasini yeyilishi kuzatiladi. Shuning uchun kesuvchi asboblar yuqori yeyilishga chidamlilikka ega bo'lishi kerak. Asbob bilan ishlov berish jarayonida mexanik energiya issiqlik energiyasiga aylanadi, asbob, ishlov berilayotgan detal va qirindini qizishi kuzatiladi. Yuqori tezlikda kesish bilan ishlov berishda va katta kesimli qirindini ajralishida kesuvchi asboblar og'ir sharoitida ishlaydi, asbobni qirrasini yuqori temperaturagacha qiziydi. Shuning uchun kesuvchi asboblar yana issiqqa bardoshlikka ham ega bo'lishi kerak, ya'ni asbobning kesuvchi qirrasini yuqori temperaturagacha qizdirilgandan yuqori qattqlikni saqlashi lozim.

Kesuvchi asboblar ishlash jarayonida urilish, turtulish va zarblarga duch kelishi mumkin, bu o'z navbatida kesuvchi asbobni qovushqoq bo'lishini talab etadi. Agar kesuvchi asbob kichik qovushqoqlikka ega bo'lsa, unda darzlar yuzaga keladi va uni sinishigacha ham olib kelinadi. Kesuvchi asboblar uchun po'lat markasini tanlashda yuqorida keltirilgan ekspluatatsion xossalarni hisobga olishdan tashqari po'latni texnologik xossasini, ya'ni asbobni tayyorlash va unga termik ishlov berishda po'latni o'zini tutishini ham albatta e'tiborga olish kerak. Kesuvchi asboblarga termik ishlov berishda eng asosiy texnologik xossaga ulaning toblanuv-chanligi va toblanish chuqurligi kiradi. Toblanuvchanlik – po'latni toblashda yuqori qattqlikka va martensit strukturaga ega bo'lishi qobiliyatidir. Toblanish chuqurligi – po'latni ma'lum bir qalindikkacha toblanish; termik ishlov berishda defomatsiyalanishga moyilligiga, ya'ni termik ishlovda vujudga keladigan issiqlik va strukturali kuchlanishlarning ta'sirida asbob o'lchamlarini o'zgarishiga moyilligiga; toblashda yuzaga keladigan darzlarga qarshilik ko'rsatish bardoshligiga va boshqalarga ega bo'lish qobiliyatidir.

Tayyor asboblarni sifati juda katta miqdorda asboblar tayyorlanadigan po'latning sifatiga bog'liq.

Kesuvchi asboblarni tayyorlashda ishlatiladigan po'latlarning kimyoviy tarkibi o'rnatilgan standart talablariga to'g'ri kelmasa, uni termik ishlov berish juda qiyin bo'ladi, termik ishlov berish tartiblarini o'zgartirishga olib keladi va nuqsonlar foizini oshirib yuboradi, bu bilan ishlov berish tannarxini ham oshirib yuboradi hamda kutilgan natijaga erishib bo'lmaydi.

Po'latni nometall qo'shimchalar bilan ifloslanishi (sulfidlar, oksidlar) asbobni sifatini tushirib yuboradi. Po'latlarda ko'proq sulfidli qo'shimchalar marganets sulfidi (MnS) qo'rinishida uchraydi. Oksidli qo'shimchalar zanjirlar ko'rinishda bo'ladi. Po'latda uchraydigan g'ovakliklar metallarning bir butunligi buzadi va asbobni kesuvchi qirrasini sinishiga olib keladi. Yuqori qattqlik metall kesuvchi stanoklarda yomon ishlov berishga olib keladi; ishlov beriladigan detalning yuzasi toza bo'lmaydi, ishchi element muddatidan oldin ishdan chiqadi. Shuning uchun kesuvchi asboblarni tayyorlashda uni materialiga va olinish hamda ishlov berish texnologiyalariga katta e'tibor qaratish lozim. Ular o'atilgan talablarga javob berishi kerak.

Uncha katta bo'lmagan o'lchamlarga va uncha murakkab bo'lmagan shaklga ega bo'lgan, uncha katta bo'lmagan yuklanishda ishlaydigan, tez va kuchli zarblarga jalb qilinmaydigan kesuvchi asboblarni (razvertka, metchik, plashka, egov) tayyorlashda Y10, Y10A, Y11, Y11A, Y12, Y12A markali uglerodli asbobsozlik po'latlari qo'llaniladi.

Toblashda deformatsiyalanishi kichik bo'lgan katta o'lchamli, murakkab konfiguratsiyaga ega bo'lgan va uzun va yupqa kesuvchi asboblarni tayyorlashda 9XC, XBF, X12M legirlangan asbobsozlik po'latlari ishlatiladi.

Qiyin ish sharoitlarida, yuqori kesish tezligida ishlaydigan, yuqori qattqlikka ega bo'lgan po'latlarga ishlov berishda ishlatiladigan kesuvchi asboblarni (keskichlar, parmalar, razvertkalar, frezalar, metchiklar, plashkalar, protyajkalar) P18, P12, P9 va boshqa markali tezkesar po'latlardan tayyorlanadi.

Uglerodli po'latlar (0,7 dan 1,3 % gacha uglerod miqdoriga ega bo'lgan) uncha katta bo'lmagan toblanish chuqurligiga ega, bu o'z navbatida perlitli va oraliq o'zgarishlar sohalarida austenitning kichik turg'unlikka ega ekanligi bilan tushuntiriladi. Uglerodli asbobsozlik po'latlarda yuqori qattqlik (60-65HRC) olish uchun ulardan tayyorlangan kesuvchi asboblarni suvda toblash zarur. Asbobni (diametri 10-12 mm gacha bo'lgan) tez sovutishga qaramasdan u uncha katta bo'lmagan chuqurlikkacha toblanadi. Diametri 5 mm gacha bo'lgan namunalarni moyda yoki issiq muhitlarda sovutilganda yuqori qattqlik olish mumkin.

Uglerod miqdorini oshishi bilan austenitni barqarorligi va agar uglerod eritmada bo'lgan holda toblanish chuqurligi ham oshadi. Po'lat strukturasiidagi erkin karbidlar austenitni barqarorligini pasaytirib, toblanish chuqurligini ham kamaytiradi. Buning oqibatida uglerodli

asbobsozlik po'latlarining evtektoidgacha bo'lgan tarkibida uglerodning miqdorini oshishi toblanish chuqurligini oshiradi va keyingi uglerod miqdorini oshishi bilan toblanish chuqurligi kamaytiradi. Shuning uchun, masalan, Y8 markali po'latni toblanish chuqurligi Y12 markali po'latni toblanish chuqurligidan katta bo'ladi. Toblash temperaturasi oshishi bilan toblanish chuqurligi oshadi.

Uglerodli po'latlarni kichik toblanish chuqurligiga ega ekanligi tufayli, ular diametri 5 mmdan 25-30 mmgacha bo'lgan asboblardan uchun yumshoq materiallarga ishlov berish uchun qo'llaniladi. Uglerodli po'latlarning asosiy yutug'i – asbobning sirtqi yuzasida yuqori qattqlikka egaligida uning o'zagida qovushqoqligini saqlanishidir.

Uglerodli asbobsozlik po'latlari yana bir qator yutuqlarga ham ega: yumshatishdan so'ng kichik qattqlikka ega bo'lishi (200HB dan kam qattqlikka ega ekanligi); kichik toblash temperaturasi (770-810° C) ega ekanligi bo'lib, u oksidlanish va uglerodsizlantirishni kamaytiradi; toblashdan so'ng uncha katta bo'lmagan miqdorda qoldiq austenitga (5-10 %) ega bo'lishi bo'lib, u asbobning ishchi qirrasini shaklini saqlashga imkon beradi.

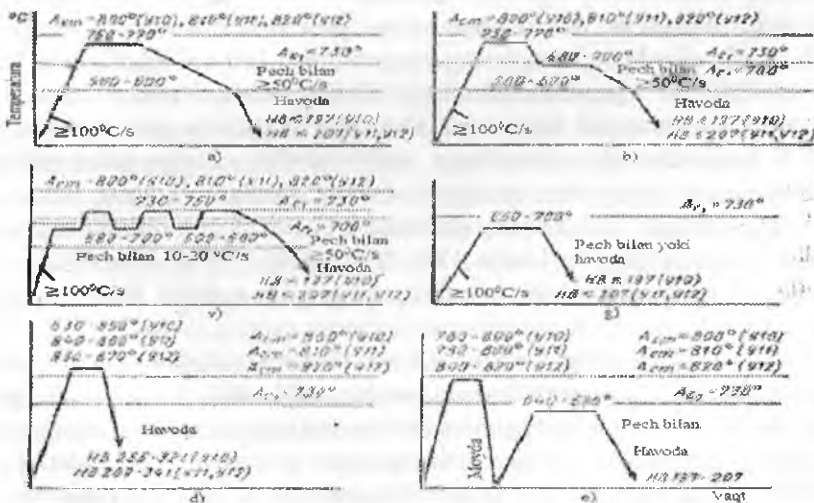
Uglerodli asbobsozlik po'latlarining kamchiligiga quyidagilarni kiritish mumkin: donali perlit strukturasi olish uchun yumshatish qisqa temperaturalar intervaliga ega ekanligi; suvda kerak bo'lgandan keyin sovutishda kuchlanish, deformatsiya va darzlarni hosil bo'lishiga moyilligining yuqoriligi; toblashda yuqori o'ta qizishga yuqori sezgirlik va boshqalar. Hattoki, uncha katta bo'lmagan miqdorda temperaturani oshishi (10-15°C) dona o'sishi kuzatiladi va natijada qoldiq austenit miqdori oshadi, bu esa mustahkamlikni kamayishga olib keladi.

Evtektoidli po'lat o'ta qizishga nisbatan sezgir bo'lib, bu po'latga tarkibiga 0,8-0,9% C bo'lgan uglerodli po'lat yaqin bo'ladi. Evtektoiddan keyingi po'latlarda toblash uchun qizdirishda (A_1 nuqtadan yuqori temperaturada) ikkilamchi sementit saqlanib qoladi va u donani o'sishiga to'sqinlik qiladi. Bu guruhdagi po'latlarning yana bir kamchiligiga ularning kichik issiqqa bardoshlikka (200 °C temperaturagacha) ega ekanligi hisoblanadi. Kesuvchi asbob uchun eng yaxshi qo'llanilgan po'lat Y11 markali uglerodli asbobsozlik po'latidir. Y11 markali po'lat Y10 markali po'latga nisbatan nisbatan kichik donalarga, Y12 po'latga nisbatan esa yuqori toblanish chuqurligiga va nisbatan yuqori mexanik xossalarga ega.

Uglerodli asbobsozlik po'latlari (Y10-Y12) uzluksiz sovutish bilan yumshatiladi (10.3 – rasm,a); izotermik va mayatnik yumshatish 10.3 –

rasm, b va v da tasfirlangan tartiblarda amalga oshiriladi; yumshatish temperaturasi $680-700^{\circ}\text{C}$ temperaturadagi izotermik ushlab turish vaqti 1-2 soat; mayatnikli yumshatishda har bir pog'onada ushlab turish vaqti 0,5-1 soat; yumshatishdan keyingi struktura – donali perlitdir. Qayta toblashdan oldin va kesish bilan ishlov berishda yuzaga keladigan ichki kuchlanishlarni hamda sovuq holda deformatsiyadan keyin puxtalanishni olib tashlash uchun 2-3 soatli ushlab turish vaqtiga ega bo'lgan yuqori temperaturali yumshatishdan foydalaniladi (10.3-rasm, g). Sementit to'rini yo'qotish va donani maydalash uchun normallashtiriladi (10.3-rasm, d). Yuzada uncha katta bo'lmagan g'adir-budirlik olish uchun yaxshilash operatsiyasi qo'llaniladi (10.3-rasm, e).

Y10 - Y12 markali po'latlarni toblashda qizdirish temperaturasi $770-790^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi. Sovutish suvda yoki suvli eritmalarda (NaCl (8-15%), NaOH (10-15%)) amalga oshiriladi. Po'latlarni tuzlar va ishqorlarning suvli eritmalarida sovutish suvga sovutishga nisbatan qoniqarli natijalar beradi: «yumshoq izlar» hosil bo'lish ehtimoli kamayadi; mustahkamlik oshadi; toblangan qatlam qalinligi ham oshadi va natijada nisbatan bir xil struktura va qattqlikka erishilishi ta'minlanadi.



10.3-rasm. Y10, Y11 va Y12 markali po'latlarga tafsiya etiladigan dastlabki termik ishlov berish rejimlari.

Po'latlarni suvda yoki suv eritmalarida tez sovutish oqibatida ichki kuchlanishlar vujudga keladi va u darzlarni yuzaga kelishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun uglerodli po'latlardan tayyorlangan asboblarni suvda yoki suv eritmalarida sovutishni to'liq o'tkazmaslik lozim, ya'ni uni yuzasi qorayguncha ($200-250^{\circ}\text{C}$ gacha) o'tkazish kerak, so'ngra asbobni to'liq sovutish uchun moyga solinadi. Asbobni suvda yoki suv eritmalarida toblagandan keyin ularda korroziya hosil bo'lmashligini oldini olish uchun zudlik bilan issiq suvda ($60-800^{\circ}\text{C}$) yuvish kerak, so'ngra siqilgan havo oqimida quritish kerak. Ichki kuchlanishlar va qiyshayishlarni kamaytirish hamda toblashda yuzaga keladigan darzlarni bartaraf qilish maqsadida pog'onali toblash qo'llaniladi, unda uglerodli po'latdan tayyorlangan asbob $790-810^{\circ}\text{C}$ temperaturagacha qizdiriladi va $150-180^{\circ}\text{C}$ temperaturaga ega bo'lgan tuzli vannada sovutiladi. Asbob ushbu temperaturada qisqa vaqt (3-5 minut) ushlab turilgandan so'ng havoda sovutiladi. Bu toblash usulini diametri (qalinligi) 6-8 mm gacha bo'lgan asboblarni toblashda qo'llash mumkin. 4-6 % suvni qo'shilgan tuz eritmasida diametri (qalinligi) 10-12 mm gacha bo'lgan asboblarni toblash mumkin. Diametri (qalinligi) 6-8 mm gacha bo'lgan mayda asboblar $790-810^{\circ}\text{C}$ temperaturada qizdirilgandan keyin ularni moyda sovutish mumkin (62-64HRC).

Y10-Y12 markali uglerodli asbobsozlik po'latlaridan tayyorlangan kesuvchi asboblarni toblashdan so'ng past temperaturali bo'shatish o'tkaziladi, odatda bo'shatishning temperaturasi $150-160^{\circ}\text{C}$ (62-64HRC) va $180-200^{\circ}\text{C}$ temperaturalarini (60-62HRC) tashkil etadi. Kesuvchi asboblar o'lchamlarini yuqori aniqlikda stabilashtirish uchun ularga -50°C temperaturada sovuq bilan ishlov beriladi. Sovuq bilan ishlov berilgandan so'ng asbobni qattiqligi 1-2 HRC kattalikka oshadi.

Legirlangan asbobsozlik po'latlari. Kesuvchi asboblarni tayyorlashda qo'proq keng ko'lamda 9XC, XBF, XBCF, X12M kabi markali po'latlardan foydalaniladi, ularning kimyoviy tarkibi 10.1-jadvalda keltirilgan.

9XC markali po'lat xrom va kremniy bilan legirlanadi. Bu po'latda austenit yuqori barqarorlikka va yaxshi toblanish chuqurligiga ega. Kesimi 40 mm gacha bo'lgan (issiqlik muhitlarida kesimi 30 mm gacha bo'lgan) namunalar moyda toblangandan keyin ularning qattiqligi 60HRC va undan yuqoriga etadi. 9XC markali po'lat yuqori issiqlikka bardoshlikka, yaxshi kesuvchi xossasiga ega. Bu po'latda karbidlar bir tekisda taqsimlangan va u po'lat $780-800^{\circ}\text{C}$ temperaturada yumshatiladi.

Toblash 850-870⁰ C temperaturagacha moyda va erigan tuzlarda (150-200⁰ C) amalga oshiriladi.

9XC markali po'latda M₀ nuqta 0⁰C dan pastda joylashadi, toblashda martensitli o'zgarishlar to'liq kechmaydi va po'latda 6-8% qoldiq austenit qoladi, qolgan austenit miqdori deformatsiyaga olib keladi va kesuvchi asbob bardoshligini kamaytiradi.

Kesuvchi asboblarda uchun legirlangan po'latlarning kimyoviy tarkibi.

10. 1-jadval

Po'lat markasi	Kimyoviy tarkibi, %				
	C	Mn	Si	Cr	W
9XC	0,85-0,95	0,30-0,60	1,20-1,60	0,95-1,25	-
XBГ	0,90-1,05	0,80-1,10	0,15-0,35	0,90-1,20	1,20-1,60
XBCГ	0,95-1,05	0,60-0,90	0,65-1,0	0,60-1,10	0,70-1,00

Shuning uchun uncha murakkab bo'lmagan shaklga ega bo'lgan asboblarda ichki kuchlanishlar kichik bo'lganligi sababli va 9XC markali po'latda austenitni stabillashirishga o'ta ham sezirgirlikni e'tiborga olib, toblashdan so'ng ularga -55⁰ C temperaturada sovuq bilan ishlov beriladi. 9XC markali po'lat 180-200⁰ C temperaturada bo'shatiladi. Termik ishlov berishdan keyin 9XC markali po'latni strukturasi martensit va karbidlardan iborat bo'lib, uning qattiqligi 61-64HRCga etadi.

9XC markali po'lat yuqori miqdorda kremniyga ega bo'lganligi sababli qizdirilganda uglerodsizlantirishga moyil va yumshatilgan holatda yuqori qattiqlikka 229-241HBga ega, bu o'z navbatida unga ishlov berishni qiyinlashtiradi. Bu po'latlardan parma, razvertka, freza, metchik va plashka kabi turli kesuvchi asboblarda tayyorlanadi.

XBГ markali po'latdan toblashda sezilarli bo'lmagan qiyshayishlar kuzatiladigan katta va uzun protyajkalar, uzun metchik va razvertkalar, kichik parmalar va boshqa asboblarda tayyorlashda foydalaniladi.

XBCГ markali po'lat xrom, volfram va marganets bilan legirlangan bo'ladi. 9XC markali po'latga qaraganda yuqori toblanishga va toblanish chuqurligiga ega. Diametri 45-48 mm bo'lgan silindri namunalarni toblash va undan keyingi sovutishni moyda (diametri 35 mmgacha issiq muhitlarda) o'tkazilganidan so'ng ularning hamma kesimlaridagi qattiqlik 60HRC dan oshadi. XBГ markali po'latda toblashdan so'ng yuqori miqdorda (15-18 % gacha) qoldiq austenit bo'ladi, bu qiyshayishlarni kamaytiradi va uni kichik deformatsiyalanadigan qiladi.

Po'latdagi bunday miqdordagi austenit miqdori kichik plastik deformatsiyalanishga qarshilikni kamaytiradi va silliqlagandagi darzlarga sezirgirlikni oshiradi. XBF markali po'latning kamchiligiga quyidagilar kiradi: karbidlarning yuqori notekisligi; barqaror bo'lmagan toblanish va toblanish chuqurligiga ega ekanligi; kichik qattqlikka ega bo'lishi. XBF markali po'latga -55°C temperaturada sovuq bilan ishlov beriladi. Po'lat $770-790^{\circ}\text{C}$ temperaturada yumshatiladi va $820-850^{\circ}\text{C}$ temperaturagacha moyda yoki issiqlik muhitida toblanadi, bo'shatish $160-190^{\circ}\text{C}$ temperaturada o'tkaziladi. Qattqlik termik ishlov berishdan so'ng 61-64HRCga etadi. 9XC va XBF markali po'latlar o'rniga murakkab legirlangan XBCF markali po'latlar ishlatilmoqda. Bu po'lat yaxshi toblanadi va yuqori toblanish chuqurligiga ega. XBCF markali po'latdan uncha katta bo'lmagan kesimli (20 mmgacha) qilib tayyorlangan namunalari havoda sovutish bilan toblanadi (59-60HRC). 100 mmgacha kesimga ega bo'lgan namunalar moyda, 75 mmgacha kesimga ega bo'lgan namunalar esa issiq muhitda ochiq holda toblanadi. XBCF markali po'latni toblanish chuqurligi kam volfram miqdoriga (0,7-1,0% gacha) ega bo'lganligi sababli XBF markali po'latga qaraganda barqaror hisoblanadi. XBCF markali po'lat o'ta qizishga sezgir va uglerodsizlantirilishga moyil. Bu po'latning issiqqa bardoshligi va unda karbidlarning taqsimlanishi 9XC markali po'latnikiga o'xshash. XBSF markali po'latni toblagandan so'ng qoldiq austenit miqdori 12-14% gacha bo'ladi. Yumshatilgan holatidagi (yumshatish $770-790^{\circ}\text{C}$ temperaturada o'tkaziladi) qattqlik 196-217 HB ni tashkil qiladi. XBCF markali po'latdan tayyorlangan detallar $860-880^{\circ}\text{C}$ temperaturada moyda yoki issiq muhitda toblanadi va $160-180^{\circ}\text{C}$ temperaturada bo'shatiladi (62-64 HRC). XBCF markali po'latlardan dumaloq plashkalar, razvertkalar, katta protyajkalar va boshqa kesuvchi asboblari tayyorlanadi.

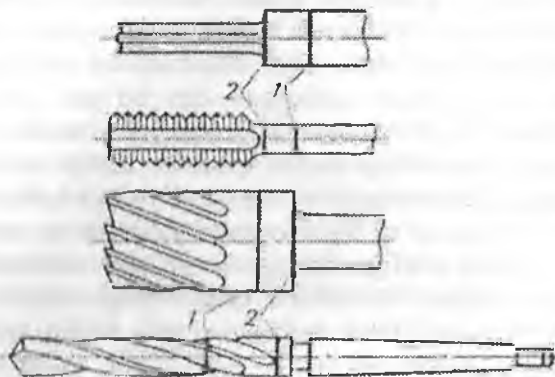
Kesuvchi asbobning ishchi qismidan to payvandlangan joygacha qattqlikni sekin-asta kamayib boradigan zonani olish uchun asbobni tuzli vannaga tezkesar po'latdan tayyorlangan ishchi qismidan (10.4-rasmda ko'rsatilgan) A masofada botirish kerak. Bu masofa asbobni o'lchamiga bog'liq.

Yig'iladigan asbobning kesuvchi va dum qismiga turli rejimlarda ishlövlari beriladi.

Asbob diametri, mm	10	20-30	20-30	30-40
A, mm	22	20	18	16

Kesuvchi asbobga termik ishlov berish uchta bosqichga bo'linadi:

1) dastlabki termik ishlov berish – yumshatish, yuqori temperaturali bo'shatish, yaxshilash – qattqlikni kamaytirish, kesish bilan ishlov berishni yaxshilash, puxtalanishni olib tashlash va keyingi termik ishlov berish operatsiyasiga tayyorlashdan iborat;



10.4-rasm. Payvandlangan kesuvchi asboblarda qattqlikni taqsimlanish diagrammasi.

2) oxirigi termik ishlov berish – asboblarni ekspluatatsion xossasini shakllantirish uchun toblash va bo'shatish operatsiyasini o'tkazish;

3) asboblarni silliqlash va o'tkirlashdan keyin qo'shimcha ishlov berish – tsianlash, bug' bilan ishlov berish, bardoshlik, antikorroziya xossasini oshirish uchun past temperaturali bo'shatish.

Toblash – asbobga termik ishlov berishning asosiy operatsiyasi bo'lib (bo'shatish bilan birgalikda), uning ekspluatatsiya jarayonidagi bardoshlikni aniqlaydi. Toblashdan so'ng qattqlik 62-65 HRCni tashkil etib, strukturasi yopiq kristalli yoki kichik ignali tuzilishga ega bo'lgan martensitdan iborat bo'lib, karbidlar bir tekisda taqsimlangan. Toblash uchun qizdirishda austenit donasining kattaligi 10-11ballga va ba'zi hollarda esa 9 ballga to'g'ri keladi (400 yoki 500 marta kattalash-tirilganda). Martensit tarkibi po'latning kimyoviy tarkibi va toblash sharti bilan bog'liq.

Uglerodli po'latda martensitdagi uglerodning miqdori 0,7-0,8 %, tezkesar po'latda esa 0,3-0,5 %ni tashkil qiladi. Uglerodli va legirlangan po'latlarning issiqqa bardoshligi 200-250° C bo'lsa, tezkesar po'latlar-

niki esa 600-650⁰ C ni tashkil etadi. Asbobning mustahkamligi karbidlarning taqsimlanish xarakteri, qoldiq austenit miqdori va toblashda yuzaga keladigan kuchlanish qiymatiga bog'liq bo'ladi.

Asbobning hamma yuqorida sanab o'tilgan xossalari toblash rejimi va sharoitiga bog'liq. Asboblarni toblash natijalariga quyidagi asosiy omillar kiradi: qizdirishning usuli, temperaturasi va tezligi; qizdirishdagi ushlab turish vaqti va sovutish holati. Asboblarni toblashda qizdirish havo yoki neytral atmosferaga ega bo'lgan elektr pechlarda, neft va gaz bilan qizdiriladigan pechlarda, yuqori chastotali tok yordamida eritilgan tuzlarga va «qaynaydigan qatlama» ega bo'lgan pech-vannalarda amalga oshiriladi. Eng ko'p qizdirish usuliga pech-vannalar kiradi.

Tuzli pech-vannalardagi yuqori qizdirish tezligi sezilarli darajada ichki kuchlanish, deformatsiya va darzlarni yuzaga keltirishi mumkin. Shuning uchun tezkesar va legirlangan po'latlardan tayyorlangan katta o'Ichamli, murakkab konfiguratsiyaga ega bo'lgan asboblarni pog'onali toblash tavsiya etiladi. Asboblarni qizdirishdagi ushlab turish vaqti asbobni bir tomondan ikkinchi tomonga o'tgan (ochiq) usulda berilgan temperaturada qizdirishi va faza o'zgarishlarini to'liq tugallanishini ta'minlashi uchun lozim. Asboblarni eritilgan tuzlarda ushlab turish vaqtini po'latning kimyoviy tarkibi, qizdirish temperaturasi, asbobning shakli va o'Ichamini e'tiborga olgan holda hisoblash yo'li bilan aniqlash mumkin yoki mashinasozlik va asbobsozlik zavodlardagi ma'lumotlar asosida qabul qilinishi mumkin. Sovutish muhitini tanlashda po'latning markasi, asbobning shakli va o'Ichami, talab etilgan struktura va qattqlik e'tiborga olinishi kerak. Sovutishdan so'ng asbob yuzasi toza bo'lishi lozim. Asboblarni toblashda sovutish muhiti sifatida suv va suv eritmaları, moy, erigan tuz va ishqorlar hamda havo qo'llaniladi. Uglerodli po'latlardan tayyorlangan asboblarni toblashda suv va suv eritmalaridan foydalaniladi. Katta gabaritli asboblarni avval suvda, keyin moyda (martensitli o'zgarishlarning boshlanish temperaturasigacha) sovutish tavsiya etiladi. Asboblarni moyda sovutishda sezilarli darajada ichki kuchlanish kamayadi, lekin texnika xavfsizlik qoydalariga qa'tiy rioya qilish kerak.

Pog'onali va izotermik toblashlarda tuz eritmaları va ishqorlardan foydalaniladi. Ularning kamchiligi: ish jarayonida sovutish qobiliyati va oquvchanligini o'zgarishidir.

10.3. Issiq va sovuq holda ishlaydigan shtamlarga termik ishlov berish texnologiyasi

Sovuq holatda metallni deformatsiyalash uchun mo'ljallangan shtamlarning matritsa va puansonlariga termik ishlov berish bir qator qiyinchiliklarga ega. Ayniqsa, bu holat ko'proq metall massasi bir tekisda taqsimlanmagan murakkab shaklga ega bo'lgan shtamlarga tegishlidir. Bunday shtamlarni toblash o'ta e'tiborni talab qiladi, chunki bu shtamlarda darzlar yuzaga kelmasligi va katta qiyshayishlar bo'lmashligi kerak.

Legirlangan po'latlardan tayyorlangan shtamlarni toblash uglerodli po'latlardan tayyorlangan shtamlarga qaraganda kamroq qiyinchilikka ega. Legirlangan po'latlardan tayyorlangan shtamlarda darzlarni paydo bo'lmashligi va sezilarli darajada o'lchamlarini o'zgartirish uchun moyda toblanadi. Uglerodli asbob-sozlik po'latlardan yasalgan shtamlar suvda toblanganda kuchli tarzda deformatsiyalanadi, ko'proq ularda darzlar yuzaga keladi. Shuning uchun uglerodli po'latlardan tayyorlangan shtamlarni toblashda ularni qiyshayishni kamaytiruvchi va darzlar paydo bo'lishini oldini oluvchi sovutish usullaridan foydalaniladi. Odatdagi sovutish usuliga suvda sovutish kirib, undan so'ng qizdirilgan shtamp temperaturasi 180 – 150^o C gacha temperaturagacha tushma-guncha ushlab turiladi, keyin moyga olinib, sovutiladi.

Shtamp sovutilayotganda suvdan moyga olinishi shtamlar o'zining toblanish rangini yo'qotgandan yoki bakda kuchli silkinish va taqillash to'xtagandan keyin bir qancha sekunlardan amalga oshiriladi.

Shtampni moydan shtampni yuzasida qolgan moyni tutun chiqarishi to'xtatilgandan so'ng olinadi. Uglerodli po'latlardan tayyorlangan shtamlardagi toblangan qatlam qalinligini oshirish uchun toblash odatdagi temperaturalaridan farqli ravishda nisbatan yuqori temperaturalarda (820-830^o C) bajariladi.

Sovuq holda deformatsiyalanadigan asboblarga termik ishlov berish murakkab bo'lib va termik ishlov berish rejimi shtampni bajaradigan ishi, shtamp uchun qo'llaniladigan po'latning kimyoviy tarkibi, texnologik talablar va boshqalarga bog'liq ravishda tanlanadi.

1. Odatdagi eyilishga chidamlilikka ega bo'lgan po'latlardan tayyorlangan shtamlar birlamchi qattiqlikkacha termik ishlov qilinadi: toblashdan so'ng yuqori qattiqlik, qichik o'lchamli dona (10 balli) va minimal miqdorda qoldiq austenitni ta'minlab beradigan optimal temperaturada toblanadi. Toblash rejimlari 10.2 - jadvalda ko'rsatilgan.

XBCF po'latidan tayyorlangan bo'lib, kesimi 30 – 40 mmgacha bo'lgan shtamplar deformatsiyalanishi kamaytirish uchun issiqlik muhitlarida (160 – 180° C, 10 – 15 minut) toblanadi. 7XT2BM markali po'latdan tayyorlangan shtamplar uzluksiz va pog'onali toblashga jalb qilinadi.

Shtamlarni bo'shatish temperaturasi talab etilgan qattqlikka qarab, 150 – 225° C tanlanadi. Termik ishlov berilgandan keyin qattqlik 60 – 62 HRC dan to 58 – 59 HRC gacha bo'ladi. Birlamchi qattqlikka Y10A, Y11A markali uglerodli po'latlardan va X (IIX15) legirlangan po'latlardan tayyorlangan sovuq holda boltlarni, vintlarni, shuruplarni, rolklarni, shariklarni oluvchi matritsalariga termik ishlov beriladi.

Sovuq holda cho'ktirib ishlaydigan shtamplar matritsasi uncha katta bo'lmagan diametr (3 – 8 mm) teshikli silindrdan iborat bo'lgan ko'ri-nishda bo'ladi. Matritsani ishlash sharoiti bo'yicha teshik yuzasi va qilindr toretsi etarli darajada qattiq bo'lishi kerak. Tashqi yuzalardagi qattqlik iloji boricha nisbatan kichikroq bo'lishi zarur.

Odatdagi yeyilishga chidamlilikka ega bo'lgan po'latlarga termik ishlov berish rejimlari

10. 2-jadval

Po'lat markasi	Toblash temperaturasi, °C	Sovutish	HRC shkala bo'yicha qattqlik
11X	800-820	NaClni 10 % li suvli eritmasida	61 - 63
XBCF	855-870	moyda	
X	845-855	moyda	
7XT2BM	850-870	havoda, moyda	58 - 60

Yuqori tezliklarda ishlaydigan X12Φ1 va X12M markali po'latlardan tayyorlangan cho'zuvchi shtamplar ikkilamchi qattqlikka erishish uchun odatda, azotlanadi. Bu shtamlarni toblashda ularni optimal temperaturadan yuqori temperaturagacha (X12Φ1 markali po'lat uchun 1120 – 1150° C temperaturagacha) qizdiriladi, keyin moyda, havoda yoki 400 – 450° C temperaturaga ega bo'lgan erigan tuzlarda sovutiladi va natijada 61-63 HRC qattqlikka erishiladi. Shundan so'ng 500 – 520° C da 2 – 3 marta bo'shatish amalga oshiriladi. Ko'p martali bo'shatishni sovuq bilan ishlov berish (-78° C temperaturada) va bir martali bo'shatish bilan almashtirish mumkin. Bunda qoldiq austenitning

parchalanishi va qattqlikni 61-63 HRC gacha oshishi ro'y beradi. Toblashning yuqori temperaturasi donani o'sishiga va qovushqoqlikni kamayishiga olib keladi.

Bunday rejim bilan ishlov berilgan shtamplar yuqori qattqlikka, yuqori eyilishga qarshilikka, siqilishda yuqori oquvchanlik chegarasiga ga bo'ladi (qoldiq austenitning o'zgarishi natijasida) va ularni azotlashga o'zagidagi qattqlikni kamaytirmasdan jalb qilish mumkin.

Yuqori miqdorda austenitni saqlash uchun ishlov berishda toblash temperaturasini ikkilamchi qattqlik uchun tavsiya etilgan toblash temperaturasidan 50°C yuqori qilib, olinadi. Toblashdan keyin po'lat strukturasi 60 – 80 %gacha qoldiq austenit saqlanadi. So'ngra $150 - 180^{\circ}\text{C}$ temperaturada bo'shatish bajariladi va natijada qattqlik 40HRC ga etadi. Shtamlarga bunday termik ishlov berish sezilarli darajada qovushqoqlikni oshiradi, lekin bunda silliqilanishni yomonlashtiradi va shtamplarning o'lchamlari kamayadi.

X6BΦ, X12Φ1 va X12M markali po'latlardan tayyorlangan murakkab shtamlarda minimal deformatsiya hosil qilish uchun ishlov beriladi. Bunda toblash temperaturasi birlamchi qattqlik uchun ishlov berilgan temperaturadan $10 - 15^{\circ}\text{C}$ ga yuqori bo'ladi, natijada shtamplar o'lchamlari talab etilganidan kichikroq bo'ladi. Shtamplarni talab etilgan o'lchamgacha olib chiqish uchun, ular $475 - 500^{\circ}\text{C}$ temperaturalarda bir va ko'p martali bo'shatiladi, natijada o'lchamlar oshadi. Agar shtamplar dastlabki yaxshilansa, deformatsiyalanishi kamayadi (toblash temperaturasi $860 - 870^{\circ}\text{C}$, bo'shatish $585 - 595^{\circ}\text{C}$). Keyin birlamchi qattqlik uchun termik ishlov berish o'tkaziladi. Bu holatlarda shtamplar o'lchamlari kam va bo'ylama hamda ko'ndalan kesim yo'nalishlarda bir xilda o'zgaradi.

3. Yuqori yeyilishga chidamlilikka ega bo'lgan po'latlardan (XΓ2Φ4) tayyorlangan shtamplar birlamchi qattqlikka erishish uchun $860 - 870^{\circ}\text{C}$ temperaturada toblanish uchun qizdiriladi va moyda sovutiladi ($61-63\text{ HRC}$) hamda $150 - 170^{\circ}\text{C}$ temperaturada bo'shatiladi.

4. Yuqori qovushqoqlikka ega bo'lgan po'latlardan (6XC, 6XB2C) tayyorlangan shtamplar ikkita rejim bo'yicha termik ishlov qilinadi: a) uzluksiz sovutishga ega bo'lgan toblash va talab etilgan qattqlikkacha bo'shatish ($57 - 59\text{ HRC}$); b) $50 - 54\text{ HRC}$ qattqlikka erishish uchun izotermik toblash ($275 - 300^{\circ}\text{C}$ temperaturada toblash, 30-40 minut) bo'lib, unda po'latdagi struktura beynit va $8 - 12\%$ qoldiq austenitdan iborat bo'ladi. Agar shtamp $- 40 - 50^{\circ}\text{C}$ temperaturalarda ishlasa, unda

bu shtamlarda austenit stabilashtirish maqsadida 150 – 160° C temperaturada bo'shatiladi.

Shtamlar silliqlangandan keyin undagi kuchlanishlarni olib tashlash uchun qo'shimcha tarzda birinchi bo'shatish temperasidan 10 – 20° C ga pastroq temperaturada bo'shatiladi. Ikkilamchi qattqlikka ishlov beriladigan po'latlarning oksidlanishini oldini olish uchun qo'shicha tarzda 400 – 425° C temperaturada bo'shatiladi. qo'shimcha bo'shatish davomiyligi 30 – 40 minutni tashkil qiladi.

Shtamlar (asosan, cho'zuvchi) ning issiqqa bardoshligini yaxshilash va qattqligini oshirish uchun 510 – 520° C temperaturada (8 – 12 soat) azotlashga jalb qilinadi. Azotlash jarayoni uzoq vaqt talab qilganligi uchun shtamp tayyorlanadigan po'lat yetarli darajada issiqqabardosh bo'lmasa, shtampning o'zagidagi qattqlik kamayib ketishi mumkin. Shuning uchun hamma termik ishlov berish operatsiyalarini o'tkazish tartibini belgilab olish juda muhimdir. Issiqqabardoshlikka ega bo'lmagan po'latlar toblashgacha azotlansa, issiqqabardosh po'latlar esa silliqlash operatsiyasi o'tkazilgandan so'ng azotlanadi. Qatlam qalinligi 0,08 – 0,12 mm gacha, qattqlik esa 12020 – 1050HVgacha etadi.

Bolg'alovchi shtamlar yuqori temperaturagacha qizdirilgan (1000-1150° C) metallni deformatsiyalaydi. Shtamlarni ishlash jarayonida siquvchi, cho'zuvchi, eguvchi kuchlanishlar yuzaga keladi. Ular issiq metallni ishqalanishlari ta'sirida bo'ladi. Plastik deformatsiya natijasida qizdirilgan metall shtamp qolipini bolg'a zarblari bilan to'ldiradi, shtampning ishchi qismi qiziydi. Shuning uchun bolg'alovchi shtamlarni tayyorlashda qo'llaniladigan po'latlar yuqori mexanik xossalarga – mustahkamlik, qovushqoqlik, yeyilishga chidamlilikka ega bo'lishi zarur.

Mustahkamlik (oquvchanlik chegarasi) deformatsiyalanish jarayonida shtamp qolipini saqlash uchun kerak bo'ladi; shtamp yetarli darajada qovushqoqlikka ega bo'lsa, shtampning ishchi yuzasi darz ketmaydi va sinmaydi. Bu xossalalar yuqori temperaturalarda ham saqlanishi kerak, ya'ni shtamlar issiqlikka bardoshlikka ega bo'lishi zarur.

Bolg'alovchi shtamlar ishlash jarayonida davriy ravishda qizdirish va sovutishga jalb qilinadi. Shtamlarning ishchi yuzalarini qizdirish temperaturasi shtamp tayyorlangan po'latning kritik nuqtasidan oshishi mumkin. O'z navbatida, har bir qizdirish va sovutishda hajmiy o'zgarishlar bilan bog'liq ravishda faza o'zgarishlari ro'y berishi mumkin.

Shtampning ishchi yuzasida darzlarni paydo bo'lishi termik toliqish natijasida bo'lib, u po'latning kimyoviy tarkibiga, qattiqlikka, yuzani holatiga va boshqa omillarga bog'liqdir.

Yuqori qattiqlikka ega bo'lgan po'latlar (50 – 58 HRC) termik toliqish oqibatida darzlar paydo bo'lishiga nisbatan moyildir, 42 – 44HRC qattiqlikka ega bo'lgan po'latlarni termik toliqishga qarshiligi tezda ortadi.

Bolg'alovchi shtamplar uchun mo'ljallangan 5XHM, 5XHB va boshqa markali po'latlar bir xil miqdorda uglerodga (0,5-0,6 %) ega bo'ladi. 5XHM, 5XHB, 5XGM, 5XHCB va boshqa po'latlar chegaralangan miqdorda xrom, volfram va molibdenga ega bo'lishi oqibatida bir xilda struktura, yuqori qovushqoqlik va plastiklik saqlanadi. Hamma po'latlarning karbid fazalari sementit bilan legirlangan bo'ladi. Qizdirilgandagi mustahkamlik 350 – 375°C temperaturagacha saqlanadi. Yrqoridagi po'latlarning ko'ngdalang va bo'ylama yo'nalishlardagi xossalari unchali sezilarli bo'lmagan farqqa ega: yuqorida ko'rsatilgan po'latlar yuqori toblanuvchanlikka va toblanish chuqurligiga ega; masalan, 5XHM va 5XGM markali po'latlarning toblanish chuqurligiga 300 mmgacha kesimga ega bo'lsa, 5XHB markali po'latning toblanish chuqurligi esa 150 – 180 mmgacha kesimga ega bo'ladi. Shuning uchun bu po'latlardan yuqori zarb yuklanishlariga ishlaydigan katta gabaritli bolg'alovchi shtamplarni tayyorlash maqsadga muvofiqdir. 5XHB va 5XHCB markali po'latlar mexanik xossalari bo'yicha bir-biriga juda yaqindir (10.7-rasm). 5XGM markali po'lat yuqoridagi po'latlarga qaraganda nisbatan past zarbiy qovushqoqlikka ega bo'ladi. Yumshatishdan keyingi strukturasida plastinkali perlit va ferrit uchastkalaridan tashkil topgan; 5XHCB markali po'latning qattiqligi 217 – 241 HB, qolgan po'latlarning qattiqligi esa 197 – 241 HB. Bolg'alashning boshlang'ich temperaturasi 1150 – 1180° C, oxirigi temperaturasi esa – 850 – 880° C.

5XHCB, 5XHM, 5XHB va 5XGM po'latlardan tayyorlangan shtamplar.

Bolg'alashda yuzaga keladigan ichki kuchlanishlarni yo'qotish, donani maydalash, bir tokisdagi struktura olish va shtamplar zagotovkalarining qattiqligini kamaytirish maqsadida 5XHCB, 5XHM, 5XHB va 5XGM po'latlardan tayyorlangan shtamplar yumshatish yoki normallashga so'ngra berilgan po'latning rejimi bo'yicha yuqori temperaturali bo'shatishga jalb qilinadi.

Shtamplarning sifati va bardoshligiga hamda ularning ishlashiga shtamplarga termik ishlov berish, ya'ni toblash va bo'shatish ta'sir

qiladi. Agar shtamplarga termik ishlov berish qoniqarsiz, rejimga mos ravishda qilingan bo'lsa, u holda shtamplarda darzlar paydo bo'ladi. Shtamplar termik ishlov berishda qizdirish va sovutish natijasida yuzaga keladigan sezilarli darajadagi ichki kuchlanishlar ta'sirida emirilishi mumkin. Ayniqsa, katta gabaritli shtamplarga termik ishlov berishda katta kuchlanishlar yuzaga keladi. Shtamplarni qizdirishda ichki kuchlanishlar shtampning alohida zonalaridagi temperaturalar farqi oqibatida paydo bo'ladi. Shtamplardagi ichki kuchlanishlarni kamaytirish uchun toblash va bo'shatishdagi qizdirishda hosil bo'ladigan shtamp yuzasidagi temperatura bilan uning o'zagidagi temperatura farqi minimal darajada bo'lishini to'g'ri hisoblash kerak.

Shtamplarda ularning notekis qizdirilishi natijasida yuzaga keladigan sezilarli darajadagi ichki kuchlanishlarni bartaraf qilish uchun ularni asta-sekin $500 - 600^{\circ}\text{C}$ temperaturagacha qizdirish kerak. Keyingi qizdirishda temperaturaning oshishi nisbatan tezroq bo'lishi zarur. Odatda, shtamplar toblash uchun qizdirishda 650°C gacha temperaturaga ega bo'lgan pechga yuklanadi. Pechga sovuq holdagi shtamplar yuklansa, pechning temperaturasi pasayadi.

Shtampni oksidlanish va uglerodsizlantirishdan saqlash uchun uni qizdirishda shtampning ishchi yuzasiga ishlov berilgan karbyurizator sepiladi, uning ustidan esa shamotli glina bilan qoplanadi va pechga figurasi yuqoriga qaratib, joylashtiriladi yoki figurasini pastga qaratib, temirli qutiga joylashtirilib, uning yuzasini ustiga ishlov berilgan karbyurizator qatlami solinadi.

Shtamplarning toblash temperaturasi $820 - 880^{\circ}\text{C}$ (nisbatan kichik o'lchamli shtamplar uchun nisbatan past toblash temperaturasi, katta o'lchamli shtamplar uchun esa nisbatan yuqori toblash temperaturasi tanlanadi). 5XHCB markali po'lat uchun toblash temperaturasi $840 - 860^{\circ}\text{C}$, 5XHM, 5XHB, 5XTM markali po'latlar uchun esa $820 - 860^{\circ}\text{C}$ tavsiya etiladi.

Tomonlarini eng kichik qiymatlari (balandligi) $250 - 700$ mm bo'lgan shtamplar elektr pechda qizdirilganda pechga yuklangandan keyin 40 minut o'tgandan so'ng ushlab turish vaqti 2,5 soat tashkil etsa, toblash temperaturasi gacha qizdirish 11 - 23 soat, toblash temperaturasida ushlab turish vaqti esa 2-5,5 soatni tashkil qiladi. Shtamplarni toblash temperaturasida ushlab turilgandan so'ng ularda kuchlanishlarni va deformatsiyani kamaytirish maqsadida $750 - 780^{\circ}\text{C}$ temperaturada havoda 15 - 40 minut davomida podstujivat qilinadi va 70°C dan yuqori bo'lmagan temperaturaga ega bo'lgan moyda yoki havoda sovutiladi.

Nisbatan bir xilda struktura shtamplarni moyda sovutganda hosil bo'ladi. Shtamplar moyga ishchi qismini pastga qaratib, botiriladi. Shtamplar sovutilganda hamma vaqt osilgan holatda bo'ladi. Shtamp moyda uning qizdirilgan yuzasidagi temperatura 200 – 150°C gacha kamaymaguncha ushlab turiladi. Shtamplar o'lchamlariga (250 – 700 mm) qarab, moyda 30 minutdan to 2 soatgacha ushlab turiladi.

Issiqqa bardosh po'latlardan tayyorlangan shtamplar. Issiqqabardosh po'latlardan tayyorlangan zagotovkalamni dastlabki termik ishlov berishga (bolg'alashdan keyin) – yumshatish (850 – 870°C) yoki bo'shatish (750 – 780°C) kiradi. Volframli po'latlar yaxshi bo'shatiladi, volframmolibdenli po'latlar esa yumshatiladi va bo'shatiladi (kichik o'lchamli pokovkalar). Oxirigi termik ishlov berishga – toblash va bo'shatish kiradi. Issiqqabardosh po'latlardan tayyorlangan shtamplarni toblash va bo'shatish temperaturalari 10.3-jadvalda berilgan.

Yuqori toblash temperaturasi va uzoq vaqt ushlab turish vaqti oksidlanish va uglerodsizlanishdan saqlaydi. Toblashda qizdirish ikki qizdirish yo'li bilan amalga oshirilishi kerak: birinchi – 700 – 750°C da; ikkinchisi – 950 – 1000°C da ushlab turish vaqtini kamaytirish maqsadida oxirigi qizdirish yo'lidir. Shtampni bir marta qizdirilganda ushlab turish vaqti eng kichik tomonining har bir 25 mmiga 30-40 minut hisoblashdan kelib chiqadi.

Shtamp qizdirilgandan so'ng havoda 950 – 900°C temperaturagacha podstujivat qilinadi. Moyda yoki suv havoli qorishmada sovutiladi.

10.4. Rangli metall va qotishmalardan tayyorlangan detallarga termik ishlov berish

10.4.1. Mis va uning qotishmalariga termik ishlov berish

Misni deformatsiyalash uni mustahkamligini oshishi [$\sigma_v = 40 \div 45$ kgs/mm² (400 - 450 MN/m²)] va plastikligini ($\delta = 2 \div 4$ %) kamayishi bilan boradi. Misning plastikligini oshirish uchun uni 500 - 600°C temperaturada rekristallanuvchi (qayta kristallanuvchi) yumshatishga jalb qilinadi va natijada plastiklik tezda oshadi ($\delta = 45 \div 50$ %), mustahkamlik kamayadi [$\sigma_v = 25$ kgs/mm² (250 MN/m²)]. Nisbatan yuqori temperaturadagi rekristallanuvchi (qayta kristallanuvchi) yumshatishda, nafaqat donani o'sishi, balki rekristallanish teksturasi

ham hosil bo'ladi, natijada misdan tayyorlangan listlarni cho'zilishini yomonlashtiradi.

Issiqqabardosh po'latlarni toblash va bo'shatish

10.3-jadval

Po'lat markasi	Toblash		HRC shkala bo'yicha qattqlik olish uchun bo'shatish temperaturasi, °C	
	Qizdirish temperaturasi, °C	HRC shkala bo'yicha qattqlik	50	45
4X5B2ΦC	1060 - 1080	52 - 54	580 - 590	610 - 620
4X5MC	1020 - 1050	58 - 60	560 - 570	600 - 610
4X3BMΦC	980 - 1020	53 - 56	400 - 420	430 - 450

Bir fazali α latunda (misning miqdori 61 %dan kam bo'lgan JI70, JH65-5 va boshqa markali latunlarda) faza o'zgarishlari ro'y bermaydi va shuning uchun ular faqat 600 - 700° C temperaturada rekristallanuvchi (qayta kristallanuvchi) yumshatishga jalb qilinadi (puxtalashni (naklyopni) olib tashlash uchun). α latunni yumshatishda sovutish havoda yoki sovutishni tezlashtirish va undan oksidlarni yaxshi ajralishi uchun suvda ham olib boriladi.

($\alpha + \beta$) - latunlarni (mis miqdori 55 - 61 % bo'lgan JIC59-1, JDKM_u59-1-1 va boshqa markali latunlarni) qizdirishda fazalarni qayta kristallanishi kuzatilib, yumshatishdagi sovutish tezligi latunning strukturasi va xossasiga ta'sir qiladi. Latunni yumshatishda asta-sekin sovutish uni nisbatan plastik qiladi va o'z navbatida uning strukturasi plastik α faza ko'proq va kam plastik β faza kamroq bo'ladi. Agar yumshatishda tez sovutadigan bo'lsak, teskarisi bo'lib, β faza ko'roq, α faza esa kamroq bo'ladi. Chuqur cho'zish uchun ishlaydigan latundan tayyorlangan listlarda mayda donali strukturani olish uchun ularni nisbatan past temperaturalarda (450 - 550° C) yumshatiladi.

Nam atmosfera sharoitlarida ishlaydigan deformatsiyadan keyin qoldiq deformatsiyasiga ega bo'lgan latundan tayyorlangan detallar uchun o'z-o'zidan yorilib, darz ketishi xarakterli hisoblanadi. Bu holatni oldini olish uchun latundan tayyorlangan bunday detallar past temperaturali yumshatishga (rekristallanish ya'ni qayta kristallanish temperaturasidan past temperatura, ya'ni 200 - 300° C) jalb qilinadi,

natijada qoldiq kuchlanishlar bartaraf qilinadi, puxtalanish (naklyop) saqlanib qoladi. Ayniqsa, alyuminiyli latunlar o'z-o'zidan yorilib ketishga moyil bo'lganligi uchun ko'proq ularni past temperaturali yumshatishga jalb qilish zarur.

Mikrostrukturasi qalayli bronzalar bir fazali α – bronzaga (bunda qalay miqdori 6 % gacha bo'ladi) va ikki fazali $\alpha + \text{evtektoidli } [\alpha + \delta(\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8)]$ – bronzaga (bunda qalay miqdori 6 % dan yuqori bo'ladi) bo'linadi. Qotishmada qanchalik qalay miqdori ko'p bo'lsa, evtektoid shunchalik katta bo'ladi, o'z navbatida evtektoid mo'rt bo'lganligidan qalayli bronzalarda qalayning maksimal miqdori 11 % gachani tashkil qiladi. Bir fazali bronzalarda kimyoviy tarkibni tekislashtirish va δ -qattiq fazali qo'shimchaga ega bo'lgan ikki fazali strukturani bir fazali α - fazaga aylantirish (buning oqibatida plastiklik oshadi) bronzalar 700 – 750° C temperaturagacha qizdirib, ushlab turib keyingi tez sovutish jaryoni hisoblangan gomogenlovchi yumshatishga jalb qilinadi. Ichki kuchlanishlarni yo'qotish uchun bronzadan olingan quymalar 550° C temperaturada yumshatiladi. Deformatsiyalanadigan qalayli bronzalar 6 % gacha qalayga ega bo'ladi va ulardagi sovuq bilan ishlov berish operatsiyalar orasida ularning plastikligini qayta tiklash uchun 600 – 700° C temperaturada rekristallanuvchi (qayta tiklanuvchi) yumshatish bajariladi.

10.4.2. Alyuminiy qotishmalariga termik ishlov berish

Alyuminiy qotishmalari uchun uchta turdagi termik ishlov berish turlari bajariladi: yumshatish, toblash va eskirtirish. Yumshatishning asosiy turiga quyidagilar kiradi: diffuziyali (gomogenli), rekristallanuvchi (qayta kristallanuvchi) va qotishmalarni termik puxtalash.

Gomogenlovchi yumshatishda alyuminiy qotishmalaridagi qattiq eritma donasini mikro bir xil emasligini diffuziya yo'li tekislanadi, ya'ni quymada dendritli kimyoviy notekislikni (likvatsiyani) kamaytirish amalga oshiriladi. Biz bilamizki, temperatura oshishi bilan diffuziya tezligi oshadi.

Alyuminiy qotishmalarni gomogenizatsiya qilish uchun 450 – 520° C temperaturagacha qizdiriladi va bu temperaturada 4 soatdan to 40 soatgacha ushlab turiladi, ushlab turilgandan so'ng pech bilan birgalikda yoki havoda sovutiladi. Gomogenizatsiyalash natijasida struktura nisbatan bir xil holga keladi (gomogenlashadi), plastiklik oshadi, natijada quymani issiq holda bosim bilan ishlashda deformatsiyalashni

yaxshilaydi. Shuning uchun gomogenzatsiyalashni deformatsiyalana-digan alyuminiy qotishmalari uchun keng ko'lamda qo'llaniladi.

Alyuminiy va uning qotishmalari (hamda boshqa rangli metall va ularning qotishmalari) uchun rekristallanuvchi yumshatish po'latlarga nisbatan kengroq va ko'proq qo'llaniladi. Alyuminiy va misga o'xshagan metallar hamda ular asosidagi juda ko'p qotishmalar toblash usulida puxtalanmaydi va ularning mexanik xossalari faqat sovuq bilan bosim ostida ishlov berilib, talab etilgan qiymatlarga etishi mumkin. Bunday ishlov berishdagi oraliq operatsiyani (plastiklikni tiklashni) rekristallanuvchi yumshatish deb ataladi. Bundan tashqari, ko'proq toblash orqali puxtalanadigan qotishmalarga sovuq bilan bosim ostida ishlov berish bilan birga keyingi talab etilgan xossaga ega bo'lishi uchun rekristallanuvchi yumshatish ham beriladi. Alyuminiy qotishmalarga rekristallanuvchi yumshatish berish temperaturasi $300 - 500^{\circ}\text{C}$ bo'lib, ushlab turish vaqti esa $0,5 - 2$ soatni tashkil qiladi.

Termik puxtalanagan alyuminiy qotishmalarini yumshatish ularda toblash va eskirtirish natijasida olingan puxtalikni to'liq olib tashlash uchun ishlatiladi; bu yumshatish $350 - 450^{\circ}\text{C}$ temperaturada qizdirib, shu temperaturada $1 - 2$ soat ushlab turib, keyingi etarli darajadagi sekin sovutish ($30^{\circ}\text{C}/\text{soat}$ tezlikdan katta bo'lmagan tezlikda) orqali amalga oshiriladi. Sekin sovutishni qattiq eritmalarini diffuziya yordamida parchalanish jarayonini kechishi va parchalanish mahsulotlarini koagulyatsiyasini ta'minlash maqsadida o'tkaziladi.

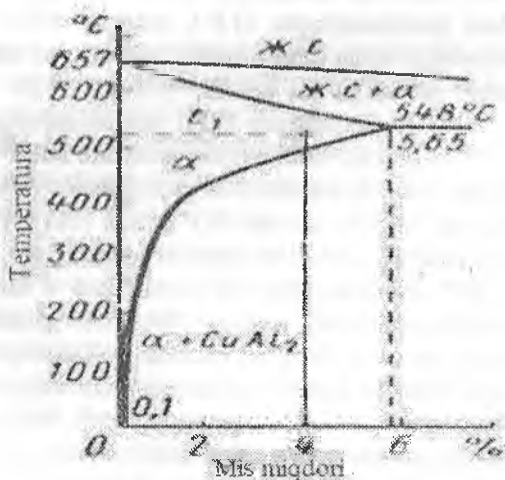
Toblash. Zamonaviy texnikada turli miqdordagi legirolovchi elementlarga ega bo'lgan juda ko'plab alyuminiy qotishmalari qo'llaniladi. Bulardan ba'zilar, masalan, Cu, Si, Mg, Zn va boshqalar alyuminiy va u asosidagi qotishmalarni xossalarni tezda o'zgartirib yuboradi. Boshqa, masalan Mn, Ni, Cr va boshqa elementlar qo'shimcha tarzda xossalarni yaxshilaydi. Na, Be, Ce, Nb kabi elementlar ko'proq, modifikatorlar, qo'shimchalar ko'rinishida qo'shiladi va ular alyuminiy va uning qotishmalariga turlicha ta'sir etadi hamda ularning strukturasi yaxshilaydi. Alyuminiy qotishmalari tarkibiga kirgan ba'zi bir elementlar alyuminiy bilan o'zgaruvchan miqdorga ega bo'lgan cheklangan qattiq eritmalar hosil qiladi va ularda temperaturaning pasayishi bilan elementlarni erishi kamayib boradi. Alyuminiy qotishmalarni toblash yuqorida etilgan fikrlarga asoslanadi.

Misol tariqasida, alyuminiy-mis qotishmaning toblash jarayonini ko'rib chiqamiz. 20°C temperaturada misning alyuminiyda erishi $0,1\%$ bo'lsa, 548°C temperaturada esa $5,65\%$ ni tashkil etadi (10.5-rasm).

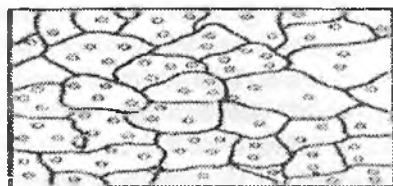
0,1 % dan kam miqdorda misga ega bo'lgan alyuminiy-misli qotishmalar, bir fazali qotishma bo'lgani uchun toblanmasligi ham mumkin. 0,1 % dan to 5,65 % gacha misga ega bo'lgan alyuminiy qotishmalari ikki fazali qotishma bo'lib, dastlabki yumshatilgan holatda strukturasi misning alyuminiydagi qattiq α eritmasi va CuAl_2 kimyoviy birikmasi qo'shimchasidan iborat (10.6-rasm, a). Alyuminiy qotishmalarini cheklangan erish chizig'idan yuqori temperaturagacha qizdirganimizda, masalan, 4 % Cu ga ega bo'lgan alyuminiy qotishmasini t_1 temperaturadan yuqori temperaturagacha qizdirganimizda (10.5-rasmga qarang), qotishmada CuAl_2 qo'shimcha eriydi va bir fazali qattiq α eritma hosil qiladi. Qotishmani tez sovutish (suvda sovutish orqali) orqali misning alyuminiydagi (o'ta to'yingan) qattiq α eritmasini qayd qilish mumkin (10.6-rasm b ga qarang). Toblashdan so'ng alyuminiy qotishmasini mustahkamligi bir qanchaga oshadi, plastiklik o'zgarmaydi.

Eskirtirish. Alyuminiy qotishmalari toblashdan so'ng eskirtirishga jalb qilinadi. Bunda o'ta to'yingan qattiq eritmani parchalanishi ro'y beradi. Al-Cu qotishmalarni eskirtirishda quyidagi jarayonlar kechadi:

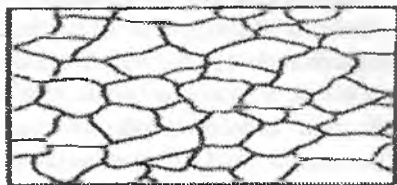
1. 20°C temperaturada (tabiiy eskirtirishda) va 100°C temperaturada (su'niy eskirtirishda) alyuminiy qotishmasidagi o'ta to'yingan qattiq eritmada mis atomlari bilan boyitilgan (yupqa plastinkali, disk ko'rinishli



10.5-rasm. Alyuminiy - mis diagrammasidagi «alyuminiyli» ko'mir.



a)



b)

**10.6-rasm. 4 % misga ega bo'lgan alyuminili qotishmani tuzilishi o'zgarishining sxemasi (toblashdan keyin).
a – dastlabki holat; b – toblashdan so'ng.**

shaklga ega bo'lgan) soha, zona paydo bo'ladi va bu zona Gine – Preston zonasi deb ataladi hamda G.P. va bevosita bu boshlang'ich jarayon uchun G.P.1. deb belgilanadi. Bu zonaning qalinligi 5 – 10 Å va diametri esa 40 – 100 Å ni tashkil qiladi. Uning strukturasi qattiq eritmaga o'xshab, tartiblanmagan. G.P.1. zonasini hosil bo'lishi kristall panjarani qiyshayishi bilan kechadi (10.7-rasm), bu esa qotishmaning mexanik xossasini oshishiga olib keladi;

2. 100 – 150⁰ C temperaturada G.P.1 zonani qalinligi 10 – 40 Å va diametri 200 – 300 Å gacha o'sishi hamda bu zonani stabil θ' fazani (CuAl_2) tarkibiga yaqin tarkibda mis atomlari bilan boyitish. Zonada hosil bo'ladigan struktura tartiblangan. Bunday zonalar G.P.2 zona yoki θ'' faza deb ataladi va u qotishmani maksimal mustahkamligini ko'rsatadi;

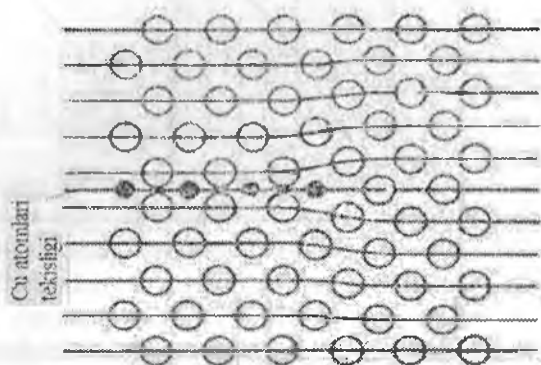
3. 150 – 200⁰ C temperaturada muvozanat θ faza (CuAl_2) kabi tarkibga ega bo'lgan metastabil oraliq θ' faza hosil qiladi. Lekin θ' fazani ajralishi qattiq eritmalar donalari orasida bo'linish chegaralariga ega bo'lmaydi, ya'ni ular alyuminiy panjarasi bilan kogerent bog'langan. Shunday qilib, G.P.1 va G.P.2 zonalarni hosil bo'lishi – bu qattiq eritmaning parchalanishining boshlanishini ko'rsatuvchi tayyorlovchi bosqichdir (ortiqcha fazalarni ajralib chiqishi). θ' fazani hosil bo'lishi esa - bu qattiq eritmaning parchalanishining boshlanishi (ortiqcha fazalarni ajralib chiqishi);

4. 200 – 250⁰ C temperaturada θ' fazaning panjarasi qattiq eritma panjarasidan uzoqlashadi (kogerentlik to'liq buziladi) va panjara mos ravishdagi CuAl_2 (θ faza) birikmasi bilan shakllanadi;

5. Keyingi temperaturaning oshishi ajralib chiqqan θ fazani koagulyatsiyasiga olib keladi, natijada mustahkamlik tezda kamayadi va plastiklik oshadi.

Shunday qilib, qotishmalarning strukturasi eskirtirishda quyidagi ketma-ketlikda o'zgaradi:

G.P.1 zona \rightarrow G.P.2 zona (θ'' faza) \rightarrow θ' faza \rightarrow θ faza (CuAl_2).

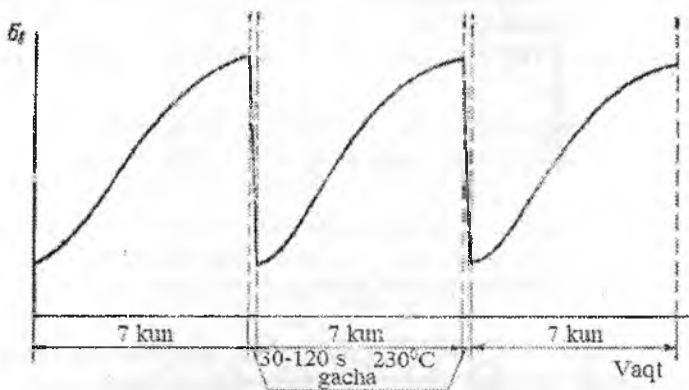


10.7-rasm. Gine--Preston zonasi sxemasi (Gerol'd bo'yicha): oq aylana – alyuminiy atomlari; qora aylana – mis atomlari.

Qaytish. Alyuminiy-misli qotishmalarni tabiiy va su'niy eskirtirish natijasida hosil bo'ladigan holati barqaror bo'lmaydi. Agar bunday qotishmalarni 230 – 250⁰ C gacha qisqa vaqt ushlab turish bilan (30-120 s) qizdirib va so'ngra tezda sovutsak (suvda), puxtalanish yo'qoladi va qotishma o'zining xossasi bo'yicha yangi toblangan holatga qaytadi (10.8-rasm). Biroq, sovutgandan keyin tabiiy eskirtirish yana qaytariladi va qotishma yana puxtalanadi.

Qaytadan eskirtirish natijasida hosil bo'ladigan qotishmaning xossasini yangi toblangan holatdagi xossasiga qaytishi (qisqa muddatli qizdirish yo'li) va uning teskari holati qaytish deb ataladi. Bu hodisa qotishmani qisqa vaqtda qizdirilishida Gine-Preston zonasini yutilishi kuzatiladi va mis atomlari qattiq eritma panjarasida qayta bir tekisda taqsimlanadi. Qaytishni bajarish uchun qa'tiy aniqlangan ushlab turish vaqti τ_1 quyidagi talabga javob berishi kerak: 1) agar ushlab turish vaqt

etarli bo'lmasa (τ_i dan kam bo'lsa), unda to'liq qaytish bo'lmaydi (G.P. zonasini to'liq so'rilishi ro'y bermaydi); 2) agar ushlab turish vaqti ko'p bo'lsa (τ_i dan ko'p bo'lsa), bu vaqtda G.P. zonasini surilishi sodir bo'lib, qotishma yangi toblangan holatga qaytadi va tezda yuqori qattqlikka ega bo'lgan θ' metastabil fazani yuzaga kelishi bilan qattiq eritmaning parchalanishi boshlanadi.



10.8-rasm. Yangi toblangan holatdagi qaytishdan keyin eskirtirish sxemasi.

Al-Cu qotishmalarini tabiiy yoki past temperaturali eskirtirishda faqat G.P. zonasi hosil bo'ladi, su'niy eskirtirishda esa θ'' faza o'zgarish jarayoning keyingi rivojlanishi θ faza (CuAl_2) ga aylanadi.

Deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalari. Deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalaridan eng ko'p tarqalgani duralyuminiy bo'lib, uning kimyoviy tarkibi alyuminiyning mis va magniy hamda qo'shimcha qo'shilgan marganetsda tashkil topgan (10.4 - jadval).

Dyuralyuminiydagi mis, magniy, marganets hamda kremniy va temir qo'shimchalari (noldan o'n foizlarda) qotishma qizdirilganda bir qator erigan fazalar (puxtalovchi) – CuAl_2 , Mg_2Si , Al_2CuMg (S faza deb atadi) va amaliy jihatidan erimaydigan fazalar – $\text{Al}_6(\text{Mn}, \text{Fe})$, AlFeSiMn yuzaga keladi.

Dyuralyuminiyning yumshatilgandan keyingi mikrostrukturasi qattiq α eritmada va turli fazalarning qo'shimchalaridan iborat.

Dyuralyuminiyini taxminan 500°C temperaturagacha qizdirish puxtalaydigan fazalar α eritmada eriydi, suvda tez sovutish esa (toblash) o'ta to'yingan qattiq eritmani qayd qiladi. Toblashdan so'ng duralyu-

miniyning mikrostrukturasi o'ta to'yingan qattiq α eritma donasi va qizdirilganda qattiq eritmada erimagan fazalardan iborat bo'lib, tabiiy eskirtirishdan keyin qotishmani mikrostrukturasi o'zgarmayd. Su'niy eskirtirishdan keyin α qattiq eritma donalari chegaralarida va donaning ichida CuAl_2 va S faza kabilar qo'shimchalar ajralib chiqadi .

Dyuralyuminiy kimyoviy tarkibi (% da)

10.4-jadval

Qotishma tarkibi	Cu	Mg	Mn	Qotishma tarkibi	Cu	Mg	Mn
D1	3,8 - 4,8	0,4 - 0,8	0,4 - 0,8	V65	3,9 - 4,5	0,15-0,3	0,3-0,5
D16	3,8 - 4,9	1,2 - 1,8	0,3 - 0,9	VD17	2,6 - 3,2	2,0 - 2,4	0,45-0,7
D18	2,2 - 3,0	0,2 - 0,5	-				

Toblangan holatda duralyuminiy plastik va yengil deformatsiyalanadi. Toblash va tabiiy yoki su'niy eskirtirishdan keyin duralyuminiyning mustahkamligi tezda oshadi. Mustahkamlikning maksimum qiymati tabiiy eskirtirishdan so'ng olinadi. Qotishmani su'niy eskirtirishda eskirtirish temperaturasi qanchalik yuqori bo'lsa, u shunchalik tez puxtalanadi, lekin bunda maksimum mustahkamlikka nisbatan kichiroq mustahkamlik qiymati olinadi.

Quyimakorlik alyuminiy qotishmalari. Quyimakorlik alyuminiy qotishmalari uchun turli xil termik ishlov berish turlari qotishmaning kimyoviy tarkibi va quyimakorlik detallarini ishlatish joyiga qarab qo'llaniladi. Termik ishlov berish turlari shartli belgilanishlarga ega: T1 – dastlabki toblashsiz su'niy eskirtirish; T2 – yumshatish; T3 – toblash; T4 – toblash va tabiiy eskirtirish; T5 – toblash va qisman (to'liq bo'lmagan) su'niy eskirtirish; T6 – toblash va to'liq su'niy eskirtirish; T7 – toblash va stabil bo'shatish; T8 – toblash va yumshatuvchi bo'shatish.

Quyimakorlik alyuminiy qotishmalariga termik ishlov berish deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalariga termik ishlov berishga qaraganda bir qator o'ziga xos tomonlarga ega bo'lib, u qotishmalarning turli kimyoviy tarkibga ega ekanligi hamda quyimakorlik qotishmalarining strukturasi deformatsiyalanadigan qotishmalar strukturasi qaraganda katta donaga ega ekanligi bilan izohlanadi. Quyimakorlik alyuminiy qotishmalarning toblashda qizdirish temperaturasi deformatsiyalanadiganga qaraganda bir qancha yuqori va ushlab turish vaqti ham ancha kattadir. Uzoq ushlab turish vaqti donalar chegarasi bo'yicha ajralib

chiqadigan va qotishmaning kimyoviy notekisligini kamayishini ta'minlaydigan intermetallid birikmalarni erishi uchun kerak bo'ladi. Quymakorlik alyuminiy qotishmalari toblashda qizdirilganda ushlab turish vaqti 2 soatdan to 20 soatgachani tashkil etadi. Quymakorlik alyuminiy qotishmalari toblashda sovuq va isitilgan suvda ($50-100^{\circ}\text{C}$) da suvda hamda moyda sovutiladi.

Quymakorlik alyuminiy qotishmalarini puxtalashda, ular puxtalaydigan fazalar ajratib chiqadigan o'ta to'yingan qattiq eritma olinadigan toblash va su'niy eskirtirish (T5 va T6 rejimi bo'yicha), hamda toblangan holatda barqaror qattiq eritma oladigan eskirtirishsiz faqat toblashga (deformatsiyalanadigan alyuminiy qotishmalaridan farqli o'laroq) jalb qilinadi.

D16 qotishmaning mexanik xossalari

10.5-jadval

Holat	σ_v		$\sigma_{0.2}$		$\delta, \%$
	kgk/mm ²	MN/m ²	kgk/mm ²	MN/m ²	
Yumshatishdan keyin	20	200	12	120	25
Bevosita toblashdan so'ng	30	300	22	220	23
Toblash va eskirtirishdan keyin	45	450	34	340	18

Juda ko'p qotishmalar uchun undan tayyorlangan detallarning ishlash sharoitiga bog'liq ravishda termik ishlov berishning turli rejimlari tavsiya qilinadi: AJ19 markali alyuminiy qotishmasidan tayyorlangan detallar uchun – T4, T5, T6, T7, T8 termik ishlov berish rejimlari; AJ15 markali alyuminiy qotishmasidan tayyorlangan detallar uchun – T1, T5, T6, T7 termik ishlov berish rejimlari; AJ20 markali alyuminiy qotishmasidan tayyorlangan detallar uchun – T2, T5, T7 termik ishlov berish rejimlari.

AJ15 markali quymakorlik alyuminiy qotishmasidan tayyorlangan detallar uchun tavsiya etilgan termik ishlov berish rejimlarini ko'rib chiqamiz: T1 – o'rtacha yuklangan detallar uchun $180 \pm 5^{\circ}\text{C}$ temperaturada 3 – 5 soat ushlab turiladigan su'niy eskirtirish; T5 – yuqori yuklangan detallar uchun $525 \pm 5^{\circ}\text{C}$ temperaturada 3-5 soat davomida toblash, $20 - 100^{\circ}\text{C}$ temperaturaga ega bo'lgan suvda sovutish va $175 \pm 5^{\circ}\text{C}$ temperaturada 5 – 10 soat davomida su'niy eskirtirish (bunda puxtalovchi fazalar Mg_2Si va CuAl_2); T6 – yuqori temperaturada

ishlaydigan detallar uchun T5 kabi termik ishlov berish rejimi, faqat $200 \pm 5^{\circ} \text{C}$ temperaturada 3 – 5 soat davomida su'niy eskirtirish; T7 – katta gabaritli va yuqori yuklangan hamda yuqori temperaturalarda ishlaydigan va yuqori plastiklik va geometrik o'lchamlarini stabiligini talab etadigan detallar uchun T5 kabi termik ishlov berish rejimi va $230 \pm 5^{\circ} \text{C}$ temperaturada 3 – 5 soat davomida stabillovchi bo'shatish rejimi.

10.4.3. Titan qotishmalariga termik ishlov berish

Yumshatish. Titan va α –titan qotishmalarga sovuq holda bosim ostida ishlov berilgandan keyin undagi puxtalanishni (naklyopni) olib tashlash uchun ularda rekristallanuvchi yumshatish o'tkaziladi. Rekristallanuvchi yumshatishning temperaturasi qotishmaning kimyoviy tarkibiga (legirlovchi elementlar rekristallanish temperaturasini oshiradi) va yarim tayyor mahsulot turiga (listlar uchun nisbatan past temperatura, prutok, pokovkalar hamda shtamplangan detallar uchun nisbatan yuqori temperatura olinadi) qarab, $520 - 850^{\circ} \text{C}$ qilib olinadi.

($\alpha + \beta$) – strukturali titan qotishmalarini qattiqligini kamaytirish, plastikligini oshirish, donasini maydalash, strukturadagi notekislikni bartaraf etish uchun ular fazalari qayta kristallanuvchi yumshatishga jalb qilinadi. Asosan, oddiy, izotermik va ikkilangan yumshatishdan foydalaniladi. Yumshatishda qizdirish temperaturasi (qotishmaga bog'liq ravishda) $750 - 950^{\circ} \text{C}$ ni tashkil qiladi.

($\alpha + \beta$) – strukturali titan qotishmalarini oddiy yumshatishda ularni yumshatish temperaturasigacha qizdiriladi, ushlab turiladi va sekin sovutiladi.

Titan qotishmalarning kimyoviy tarkibi (%), (qolgani titan)

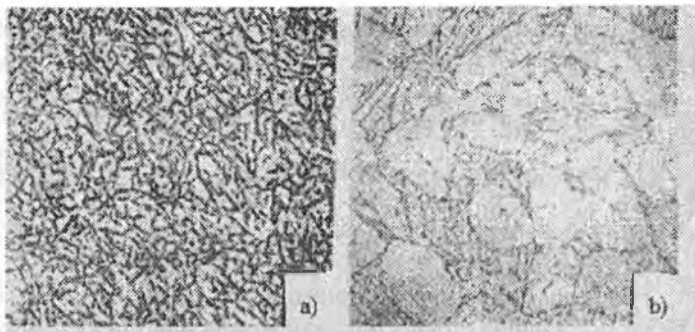
10.6- jadval

Qotishma markasi	Struktura guruhi	Al	V	Mo	Cr	Si	Boshqa elementlar
BT1	Texnik titan						
BT5	α	4,3–6,2	-	-	-	-	-
OT4		3,5–5,0	-	-	-	-	0,8-2,0 Mn
AT5		2,5–3,5	-	-	0,4-0,9	0,25-0,60	0,01 B; 0,25-0,60 Fe

BT6	$\alpha + \beta$	5,5– 7,0	4,2– 6,0	-	-	-	-
BT8		6,0– 7,3	-	2,8– 3,8	-	0,20– 0,40	-
BT14		4,5– 6,3	0,9– 1,9	2,5– 3,8	-	-	-
BT3-1		5,5– 7,0	-	2,0– 3,0	1,0– 2,5	0,15– 0,40	0,2-0,7 Fe
BT22		4,0– 5,7	4,0– 5,5	4,0– 5,5	0,5– 2,0	-	0,5-1,5 Fe
BT15		B	2,3– 3,6	-	6,8– 8,0	9,5– 11	-

Qizdirilganda hosil bo'lgan β - faza sekin sovutish natijasida α -fazani ajratib chiqarish orqali parchalanadi, natijada muvozanat holatga yaqin bo'lgan α - va β - fazalar strukturasi hosil bo'ladi (10.9-rasm,6). Detallarni izotermik yumshatishda ular qizdirish temperaturasida ushlab turilgandan keyin o'sha pechda 500 – 650⁰ C temperaturagacha sovutiladi yoki boshqa pechga olinadi va β - fazani parchalanishiga zarur bo'ladigan ma'lum vaqt ushlab turiladi va havoda sovutiladi. Izotermik yumshatishdan so'ng yumshatish vaqti qisqaradi, plastiklik nisbatan yuqori bo'lishiga erishiladi.

Detallarni ikkilangan yumshatishda ularni yumshatish temperaturasigacha qizdiriladi, shu temperaturada ushlab turiladi va havoda sovutiladi. Keyin qaytadan 500 – 650⁰ C temperaturagacha qizdiriladi, shu temperaturada ushlab turiladi va havoda sovutiladi. Ikkilangan yumshatish izotermik yumshatishga qaraganda mustahkamlik chegarasini uncha katta bo'lmagan miqdorda plastiklikni kamaytirgan holda oshiradi va ishiov berish muddatini kamaytiradi. Ikkilangan yumshatishda β -fazani parchalanishi birinchi yumshatishda havoda sovutilishi natijasida amalga oshadi va ikkinchi yumshatish jarayoni amaliy jihatdan ushbu holatda haqiqatan ham eskirtirish vazifasini bajaradi, bunda kichik dispersli parchalanish mahsulotlari hosil bo'lib, qotishmani puxtalaydi (10.9-rasm,6).



10.9-rasm. BT3 – 1 qotishmaning mikrostrukturasi.
a – yumshatishdan keyin ; x 300; b – ikki martali yumshatishdan keyin; x 2000.

10.5. Traktor va qishloq xo‘jaligida qo‘llaniladigan detallarga termik ishlov berish texnologiyasi

Tishli g‘ildirak. Traktor va qishloq xo‘jaligida eng ko‘p ishlatiladigan detallardan biri tishli g‘ildirakdir. Tishli g‘ildirak po‘lat 2, 15, 20, 20X va 18XIT kabi markali po‘latlaridan tayyorlanadi.

Tishli g‘ildirakka termik ishlov berish sxemasi quyidagicha:

Sementatsiyalash – toblash – bo‘shatish.

Tishli g‘ildirak moduli 2,5 M bo‘lganda sementatsiyalangan qatlam qalinligi 0,6 – 0,9 mmni; 3,5 – 4,0 M bo‘lganda 0,9 – 1,2 mmni ; 4,0 – 5,0 M bo‘lganda 1,2 – 1,5 mmni va 5,0 M bo‘lganda 1,4 – 1,8 mmni tashkil etadi. Tishli g‘ildirakka termik ishlov berilgandan keyin uning tashkil etuvchilar sirtidagi HRC shkala bo‘yicha qattqlik 10.7-jadvalda berilgan.

Vallar va o‘qlar. Vallar va o‘qlar po‘lat 5, 6, 45Г2 va 50Г, 40X, 27C kabi markali po‘latlardan tayyorlanadi.

Vallar va o‘qlarga termik ishlov berish sxemasi quyidagicha:

Toblash - bo‘shatish

Vallar va o‘qlarga termik ishlov berilgandan keyingi qattqlik quyidagicha: yeyilishga ishlamaydigan detallar uchun – 18 – 25 HRC; yeyilish sharoitida ishlaydigan detallar uchun – 30 – 40 HRC va 38 – 45 HRC; yeyilishga chidamlilikni oshirish maqsadida yuqori chastotali tok yordamida yuzani toblash termik ishlov berish jarayoni qo‘llanilganda, qattqlik 52 – 58 HRC ni tashkil etadi.

Uzatmadagi zanjirlar. Quymakorlik zvenodagi ilgakli zanjirlar KЧ35-10 va KЧ 33 – 8 markali cho‘yanlardan tayyorlanadi. Unga termik ishlov berish turiga normallashtiriladi. Normallanganidan keyingi detaldagi qattqlik 156 – 222 HB tashkil etadi.

Vtulka-rolikli zanjirlar detallari quytdagi po‘lat markalaridan tayyorlanadi:

15,875 mm qadamga ega bo‘lgan zanjirlar uchun plastinalar.....50 yoki U7;

boshqa qadamli zanjirlar uchun plastinalar.....45, 40, 50;

15,875 mm qadamga ega bo‘lgan zanjirlar uchun valiklar.15,10, 20;

boshqa qadamli zanjirlar uchun valiklar.....45, 10, 15, 20, 50;

vtulka va rolklar..... 15, 10, 20.

Termik ishlov berish sxemasi quyidagicha:

Toblash – bo‘shatish; sementatsiyalash – toblash – bo‘shatish.

Tishli g‘ildirakka termik ishlov berilgandan keyin uning tashkil etuvchilar sirtidagi HRC shkala bo‘yicha qattqlikni taqsimlanishi

10.7-jadval

Po‘lat Markasi	HRC shkala bo‘yicha qattqlikni taqsimlanishi		
	Tish sirtidagi qattqlik	O‘zakdagi (sterjendagi) qattqlik	Shlitsadagi qattqlik
2, 15, 20	54 - 60	-	< 32
20X	55 - 62	15 - 25	< 32
18XIT	55 - 63	30 - 45	< 32
18XIT	56 - 63	23 - 35	< 32

Sementatsiyalangan qatlam qalinligi, mm da

10.8-jadval

Zanjirdagi qadam, mmda	Vtulka	Rolik	Valik
15,875	0,15 - 0,35	0,2 - 0,4	0,2 - 0,6
19,05	0,2 - 0,5	0,2 - 0,6	0,4 - 1,0
25,4	0,2 - 0,5	0,2 - 0,6	0,5 - 1,2
38,0	0,2 - 0,5	0,2 - 0,6	0,5 - 1,2
41,3	0,2 - 0,6	0,2 - 0,6	0,5 - 1,2

Qattiqlik, HRC:

Valiklar, vtulkalar, rolıklar.....	40 – 50;
Plastinalar.....	40 gacha;
15,875 mm qadamga ega boʻlgan zanjirilar uchun plastinalar	45 gacha.

Zanjirli-plastinkali transportyorning quyma ramkasi KЧ35-10 markali choʻyandan tayyorlanadi; termik ishlov berish – normallash; qattiqlik – 78 – 94 HRB. Shtamplangan rama poʻlat5 (yoki 30Г, 45 va 50) markali poʻlatdan tayyorlanadi. Termik ishlov berish – toblash – boʻshatish; qattiqlik – 38 – 45 HRC. **Zanjirli uzatmadagi yulduzcha.** Zanjirli uzatmadagi yulduzcha uchun SCH markali choʻyandan, hamda 2, 6,20, 45,20X markali poʻlatdan, 15Jl yoki 35Jl markali quymakorlik poʻlat markalaridan tayyorlanadi.

10.6. Konstruksion poʻlatlardan tayyorlangan detallarni termik ishlash texnologiyasi

Konstruksion poʻlatlardan tayyorlangan detallarga termik ishlov berish texnologiyasini oʻziga xos tomonlari mavjud. Buni biz tishli gʻildirak, tirsakli val, oʻq va yarim oʻqlargga, ichki yonuv dvigatellari klapanlariga, podshipnik detallariga va boshqa detallarga termik ishlov berish texnologiyalarida koʻrib chiqamiz.

10.6.1. Tishli gʻildirakka termik ishlov berish

Tishli gʻildiraklar mashinasezlikning turli sohalarida mashina, mexanizm va priborlarda kengkoʻlamda qoʻllaniladi. Tishli gʻildirakning eng yaxshi mikrostrukturasi shtampovkalashda hosil boʻladi, chunki bunda tishli gʻildirakdagi tolalarni joylashishi gʻildirakning konfiguratsiyasiga mos keladi va unda egilishga boʻlgan mustahkamlik oshadi.

Tishli gʻildirakni tayyorlash uchun poʻlat markasini tanlashda tannarxi, ishlov berish holati, termik ishlov berishdagi toblanish chuqurligi va deformatsiyalanishini eʼtiborga olish zarur. Tishli gʻildirakning asosiy elementi tish hisoblanadi va uni tayyorlash uchun ishlatiladigan poʻlatlar va puxtalash usullari yuqori kontkatli va toliqishdagi, egilishdagi hamda zarbdagi mustahkamlikka va tishi esa eyilishga chidamlilikka ega boʻlishi kerak.

T Sementatsiyalanadigan tishli g'ildirak quyidagi markali po'latlardan tayyorlanadi: 20X, 12XH3A, 12X2H4A, 20X2H4A, 25XGM, 20XH2M, 18XIT, 25XIT, 30XIT, 20XTP, 18X2H4BA va boshqalar.

Metall kesuvchi stanoklarda g'ildirakni ishlov berishga strukturasi tayyorlash uchun va metall kesuvchi stanoklarda ishlov berishdan oldin shtamplanib zagotovkadan olingan tayyor tishli g'ildirakning mexanik xossalarini yaxshilash maqsadida unga termik ishlov beriladi. Bu termik ishlov berish turiga yumshatish (to'liq) yoki normallashtirish, yoki yuqori bo'shatishga ega bo'lgan normallashtirish kiradi.

Quyida ko'rsatilgan rejim yordamida tishli g'ildirakni izotermik yumshatishdan keyingi struktura (kamroq g'adir-budirlik sirtiga ega bo'lgan metall) kesish uchun eng yaxshi hisoblanadi: $A_{63} + 50^{\circ} C$ temperaturagacha qizdirish, ushlab turish, $480 - 500^{\circ} S$ temperaturagacha qisqa muddatda o'ta sovutish va $580 - 600^{\circ} C$ temperaturada izotermik ushlab turishdan iborat.

Sementatsiyalangan xrommarganetsli va xromnikelli po'latlardan tayyorlangan shtamplangan zagotovkalarni bolg'alashdan oxirigi temperaturasidan $500 - 600^{\circ} C$ temperaturagacha tezlashgan holda sovu-tib, keyingi qoldiq issiqlik qo'llaniladi. Xrommarganetsli po'latlardan (18XIT, 25XIT, 30XIT) tayyorlangan tishli g'ildiraklar dastlabki $840 - 860^{\circ} C$ temperaturagacha podstujivat qilingandan so'ng sementatsiya qilinadigan pechda gaz yordamida sementatsiya qilingandan so'ng ($920 - 950^{\circ} C$), bevosita toblanadi. Tishli g'ildirak toblangandan keyin $180 - 200^{\circ} C$ temperaturada bo'shatishga jalb qilinadi. Natijada tishli g'ildirakni yuzasida qattqlik $56 - 62 HRC$ bo'lsa, uning o'zagida esa qattqlik $30 - 45 HRC$ ga etadi. Sementatsiyalangan qatlamning mikrostrukturasi - mayda karbid qo'shimchalariga ega bo'lgan mayda ignali martensit va uncha katta bo'lmagan miqdordagi qoldiq austenitdan tashkil topgan bo'ladi. Tishli g'ildirakning o'zagidagi mikrostrukturasi esa sorbit (18XIT po'lat markasi uchun) va troostosorbit (30XIT po'lat markasi uchun) dan iborat.

Tishli g'ildirakni gaz yordamida sementatsiyalashda mufelli va mufelsiz pechlar qo'llaniladi.

Tishli g'ildirakni tishini yuzasidagi qattqlikni $HRC \geq 60$ da olish uchunva tishning boshlang'ich aylanasidan tishning bienasini kamaytirish maqsadida mufelsiz pechda nitrosegmentatsiyalash jarayonini o'tkazishdan foydalaniladi. Masalan, 25XGM markali po'latdan tayyorlangan tishli g'ildirak $870^{\circ} C$ temperaturada nitrosegmentatsiyalanadi, $840^{\circ} C$ temperaturagacha podstujivat qilinadi, $160 - 180^{\circ} C$ temperaturaga ega

bo'lgan issiq moyda sovutiladi va $160 - 180^{\circ} \text{S}$ temperaturada bo'shatiladi. Natijada tishning yuzasidagi qattiqlik $60 - 65 \text{ HRCga}$, o'zagidagisi esa $35 - 45 \text{ HRCga}$ yetadi.

12X2N4A, 20X2N4A va boshqa markali xromnikelli po'latlardan tayyorlangan tishli g'ildiraklar bevosita toblashga jalb qilinmaydi, chunki bu markali po'latlarda tishning yuzasidagi qattiqlikni kamaytiruvchi ko'p miqdorda qoldiq austenit bo'ladi. SHuning uchun yuqorida ko'rsatilgan po'latlardan tayyorlangan tishli g'ildiraklar sementatsiyalashdan so'ng havoda sovutiladi va $600 - 650^{\circ} \text{S}$ yuqori temperaturada bo'shatiladi.

Tishli g'ildiraklar yana 45,40X, 40XN va boshqa markali yaxshilanadigan po'latlardan hamda kichik toblanish chuqurligiga ega bo'lgan

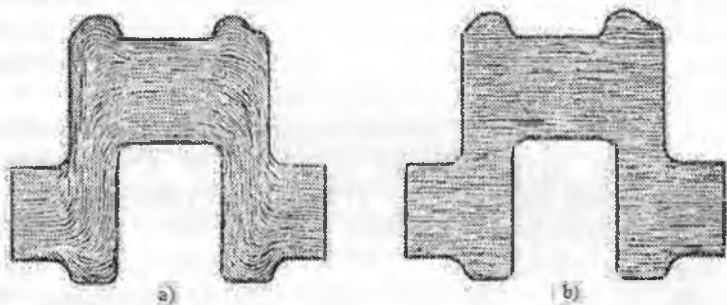
55PP markali po'latdan ham tayyorlanadi. Tishli g'ildiraklar ish sharoitiga bog'liq ravishda turli termik ishlov berishlarga jalb qilinadi: normallashtirish, yaxshilanish, toblash va past temperaturali bo'shatish, tsianlash (nitrosmentatsiyalash) keyingi toblash va bo'shatish.

Kichik tezlikda va kichik bosimda ishlaydigan tishli g'ildiraklar 45 markali po'latdan tayyorlanadi va u $850 - 870^{\circ} \text{C}$ temperaturada normallashtirishga (bunda qattiqlik $170 - 217 \text{ HV}$) yoki yaxshilanishga - $820 - 840^{\circ} \text{C}$ temperaturada suvda toblash va $520 - 550^{\circ} \text{C}$ temperaturada bo'shatishga jalb qilinadi ($220 - 250 \text{ HV}$). Sezilarli darajada eguvchi yuklanishda va uncha katta bo'lmagan tezlikda ishlaydigan tishli g'ildiraklar legirlangan o'rtacha uglerodli po'latlardan yasaladi va ular yaxshilanishga - moyda toblash va $600 - 650^{\circ} \text{C}$ temperaturada bo'shatishga jalb qilinadi ($230 - 260 \text{ HV}$).

10.6.2. Tirsakli valga termik ishlov berish

Tirsakli vallar yuqori yuklanishlar sharoitida ishlaydi, val sheykasi esa intensiv yeyiladi. Tirsakli vallarga termik ishlov berishning ikkita maqsadi bor: uning mustahkamligi va eyilishga chidamliligini oshirishdir. Tirsakli vallar po'latdan va yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan cho'yanlardan tayyorlanadi. Avtomobil va traktor dvigatellarning tirsakli vallari, kompressorlari (issiq holda shtampovkalash usulda olinadi) 45, 50Г, 30ХГ2, 47ГТ, 40ХН va boshqa markali po'latlardan tayyorlanadi. Shtampovkalash natijasida yaxshi makrostruktura hosil bo'ladi, ya'ni metall tolalari kesik holatda bo'lmaydi, val konfiguratsiyasiga to'g'ri keladi (10.10-rasm).

Shtampovkalangan vallar normallashga jalb qilinadi, ya'ni A_{c3} nuqtasidan $40-50^{\circ} C$ yuqori temperaturagacha qizdirish va keyingi bir tekisdagi havodagi sovutishdan iborat. Tisakli vallarning shtamplangan zagotovkalarini normallashda issiq holda shtamplashda keyingi issiqlikdan foydalaniladi. Masalan, 45 markali po'latdan tayyorlangan vallarning shtamplangan zagotovkalarini normallashda osgich konveyerlariga ega bo'lgan tirqishli normallovchi pechlar qo'llaniladi. Bunda shtamplangan vallarning zagotovkalari $850^{\circ} C$ temperaturagacha qizdirilgan pechning ishchi kamerasiga yuklanmasdan, maxsus koridor orqali o'tib, $1050 - 1100^{\circ} C$ temperaturadan $600 - 650^{\circ} C$ temperaturagacha sovutiladi. Shtamplangan zagotovkalar normallangandan so'ng dastlabki sovutish kamerasidan o'tadi va uni sovutish uchun havo beriladi.

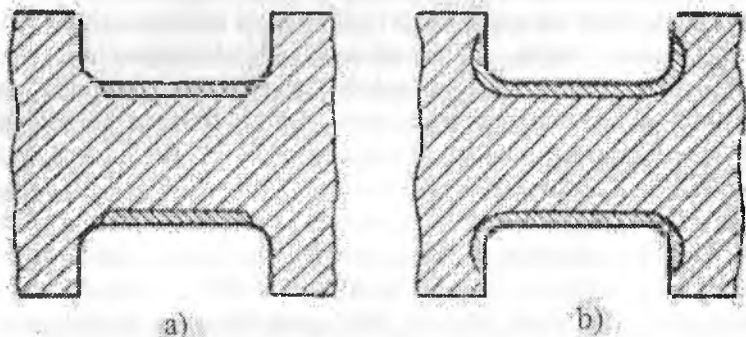


10.10-rasm. Tirsakli val mikrostrukturasi sxemasi:
a – shtamplangan; b – zagotovkadan kesib olingan.

Shtamplangan zagotovkalar normallangandan keyin ishlov berish uchun metall kesuvchi stanoklarga yuboriladi, so'ngra vallarning shatunli va maxsus sheykalari induksion qizdirishda yuzasi toblanadi. Ana shu holatda avtomatlashtirilgan qurilma ishlatiladi. Bu qurilma valning har bir sheykasini ketma-ketlik tarzda qizdiradi va sovutadi. Sheykani qizdirish va va sovutish vaqti vaqt relesi bilan boshqariladi. Toblashda sovutish vaqtini qisqartirish hisobiga sheykani o'zini bo'shatishi kuzatiladi (o'zini bo'shatish temperaturasi $240 - 250^{\circ} C$). Tirsakli vallarni konveyerli qatorlarda toblashda maxsus stanoklar o'rnatiladi. Bu holatda qalinligi $3 - 5$ mm bo'lgan toblangan qatlam olinadi, sheykani yuzasidagi qattqlik $52 - 62$ HRC, qatlamning mikrostrukturasi esa kichik ignali martensitdan iborat bo'ladi. Agar toblangan qatlam to o'tuvchi yuzagacha etib bormasa (10.11-rasm, a), bunda salbiy ta'sir

etuvchi choʻzish kuchlanish oʻtuvchi yuzaga yaqin joyda joylashgan boʻladi (10.11-rasm,6). Val sheykasini oʻtuvchi yuza bilan birgalikda eng katta kuchlanishlar konsentratsiyasiga ega boʻlgan joy boʻlganligidan, uni toblashda, siquvchi kuchlanishlar taʼsirida boʻladi, ushbu holatda valning chidamliligi sezilarli ravishda oshadi (10.11-rasm,6).

Yuqori mustahkam magniyli choʻyandan tayyorlangan quyma tirsakli vallar poʻlatdan tayyorlangan shtamplangan vallarga nisbatan ijobiy yutuqlarga ega, shuning uchun bu tirsakli vallar avtomobil, teplovoz va boshqa transport vositalarining dvigatellarida keng koʻlamda qoʻllanilmoqda. Yuqori mustahkam choʻyaning eng qulay strukturasi grafitga ega boʻlgan donali perlit kiradi.



10.11-rasm. Val sheykasini toblangan qatlarning joylashishi.

Choʻyanda donali perlit strukturasi, faqat maʼlum bir kimyoviy tarkibda va termik ishlov berishda olinishi mumkin.

Avtomobil dvigatellari uchun ishlatiladigan tirsakli vallar uchun qoʻllaniladigan yuqori mustahkam magniyli choʻyanlarning quyidagi kimyoviy tarkibi tavsiya etiladi: 3,4 – 3,6 % C, 2 – 2,2 % Si, 1,15 – 1,3 % Mn, 0,15 – 0,25 % Cr, 0,03 – 0,06 % Mg, 0,005 % dan kam miqdorda S, 0,12 % gacha P. Choʻyanda margenetsning yuqori miqdorda boʻlishi evtetoidli sementitni bardoshligini oshirish uchun kerak boʻladi, chunki bu marganets miqdori termik ishlov berishda sferoidlash jarayoni kechishi uchun juda muhimdir.

Tirsakli vallarga termik ishlov berish quyidagi rejimda olib boriladi: normallashtirish – 950 – 960° C temperaturagacha qizdirish, 8 soat ushlab turish vaqti, 600° C temperaturagacha 30 – 60° C/min. tezlik bilan

sovutish; bo'shatish – 725 – 740° C temperaturagacha qizdirish, 8 soat ushlab turish vaqti, havoda sovutiladi. Olinadigan struktura – donali perlit va sharli grafit, 207-241 HV qattqlikka ega bo'ladi.

Tirsakli vallarni termik ishlov berishni himoyalovchi atmosferaga ega bo'lgan pechlarda amalga oshirish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Shu bilan birga tirsakli vallarni qizdirishda qiyshayishini kamaytirish uchun maxsus poddonlardan foydalaniladi.

10.6.3. Yarim o'qqa termik ishlov berish

Yarim o'qlar og'ir yuklangan detallar hisoblanadi, shuning uchun ularga quyidagi talablar qo'yiladi: yuqori statik va toliqish mustahkamligiga hamda etarli darajada yuqori qattqlik va eyilishga chidamlilikka ega bo'lishidir. Yarim o'qlar asosan bolg'alashshtamlash usulida tayyorlangani uchun to'lani yo'nalishi aniq tarzda detalning tashqi ko'rinishini takrorlaydi va detalga uncha katta bo'lmagan mustahkamlik beradi. Legirlangan po'latdan (masalan, 40XITP po'latidan) tayyorlangan yarim o'qlarning pokovkasi normallashtirishga (880° C da) keyingi 680 – 700° C temperaturada bo'shatishga jalb qilinadi. Yarim o'qlarga metall kesuvchi stanoklarda ishlov berilgandan keyin ularga quyidagi rejimda hajmiy termik ishlov beriladi: 860 – 880° C temperaturagacha qizdirish, moyda toblash, 50 – 52 HRC qattqlikka ega bo'ladigan 220° C temperaturada bo'shatish yoki 42 – 45 HRC qattqlikka ega bo'ladigan 450 – 500° C temperaturada bo'shatib, bo'shatish mo'rtligini oldini olish uchun uni issiq suvda (50° C) sovutishdir. O'rtacha uglerodli po'latlardan tayyorlangan yarim o'qlar hajmiy induksion toblash va past temperaturali bo'shatishga jalb qilinadi.

Toblanish chuqurligi reglamentirlangan 47TT markali po'latdan (0,44 – 0,50 % C, 0,9 – 1,2 % Mn, ≤ 0.17 % Si, 0,06 – 0,12 % Ti) tayyorlangan yarim o'qni chuqurlashgan holda qizdirib, yuzasini toblash texnologiyasi nisbatan progressiv hisoblanadi. Yari o'qlarni chuqurlashgan holda qizdirib, yuzasini toblashda maxsus stanok –avtomatdan foydalaniladi. 1 - yarim o'qni qizdirish induktorda amalga oshiriladi, induktor o'zi esa flantsni o'tuvchi yuzasini qizdirish uchun mo'ljallangan 2 - bitta o'ramli seksiya va o'zakni (sterjenni) (teshigi 13 mm bo'lgan) va shlitsani oxirigi tomonini qizdirish uchun zarur bo'ladigan 3- ko'p o'ramli sektsiyadan tashkil topgan. Qizdirish temperaturasi 890° C, umumiy ushlab turish vaqti 78 sekundni tashkil qiladi.

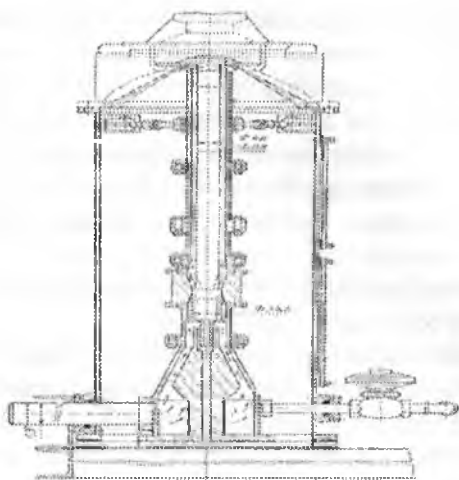
Yarim o'qlarni qizdirganimizdan keyin ularni sovutish uchun tez xarakatlanadigan suv oqimiga ega bo'lgan (10 m/s tezlikdan kam bo'lmagan) maxsus qurilmaga yuklaymiz(10.12-rasm). Yarim o'q toretsiga suv oqimi bilan siqib turadigan xarakatlanuvchi gribok uni tezda sovushidan va darzlar paydo bo'lishidan saqlaydi. Yarim o'qlarni sovutish past temperaturada (170 – 190⁰ C) o'zini bo'shatishni hisobga olgan holda dozalashgan tarzda (32 s) amalga oshiriladi. Stanok-avtomatning ish unumdorligi – soatiga 40 ta yarim o'qdir. Yarim o'qlar toblan-gandan so'ng pechda 250⁰ C temperaturada 1,5 soat mobaynida past temperaturali bo'shatishga jalb qilinadi.

Chuqurlashgan induksion qizdirishda toblangan 47IT markali po'latdan tayyorlangan yarim o'qlar bir xilda statik mustahkamlikka ega bo'lgan holda nisbatan qimmatbaho legirlangan po'latlardan tayyorlangan va hajmiy termik ishlangan yarim o'qlarga nisbatan sezilarli darajada nisbatan yuqori chidamlilik chegarasiga ega bo'ladi. Chuqurlashgan induksion qizdirishda toblanib, puxtalangan 47IT markali po'latdan tayyorlangan yarim o'qlarning mexanik xossalarini oshishini sirtqi yuzada yuzaga keladigan siquvchi kuchlanishlar ta'minlab beradi.

10.6.4. Ichki yonuv dvigatellari klapanlariga termik ishlov berish

Klapanlar zamburug' ko'rinishdagi shaklga ega. Ular asosan shtamplanadi, natijada undagi metall tolalar klapaning konfiguratsiyasiga mos ravishda joylashadi. Dvigatelda ish bajarishiga qarab klapanlar kiritish va chiqarish klapanlariga bo'linadi.

Chiqarish klapanining boshi, kallagi (golovkasi) va o'zagi (sterjeni) ning ish sharoiti turlichadir. Klapan kallagi ishlash jarayonida kuchli tarzda qiziydi (600⁰ C va undan yuqori), o'zak eyiladi, o'zakni oxirigi qismi eyiladi va eziladi. Shuning uchun chiqarish klapanining materiali yuqori temperaturalarda o'zining mexanik xossalarini saqlashi lozim (issiqqa bardosh bo'lishi kerak), sovushda mahalliy toblashga jalb qilinmasligi kerak, qoldiq deformatsiya hosil bo'lmasligi lozim, yuqori temperaturada korroziyaga uchramasligi kerak, eyilish va ezilishga yuqori qarshilikka ega bo'lishi kerak. Yuqorida ko'rsatilgan talablarni asosan, chiqarish klapanlari tayyorlanadigan 40X9S2 va 40X10S2M markali oksidgabardosh va issiqqa chidamli po'latlar qoniqtiradi.



10.12-rasm. Avtomobil yarim o'qini chuqurroq qizdirishda yuzani toblash uchun stanok – avtomatning sovitish qurilmasi.

Bu po'latlar yuqori kritik nuqtalarga ega: 40X9C2 markali po'lat uchun A_{c1} nuqtadagi temperatura 900°C ni, A_{c3} nuqtadagi temperatura esa 970°C ni tashkil etadi. 40X10C2M markali po'lat uchun esa A_{c1} nuqtadagi temperatura 900°C , A_{c3} nuqtadagi temperatura esa 950°C hisoblanadi. Shtampovka qilingandan keyin klapanlar $850 - 900^{\circ}\text{C}$ temperaturada yumshatishga jalb qilinadi ($197 - 241\text{ HV}$). Klapanlarni toblashni ikki marta o'tkaziladi, ya'ni hamma klapani va o'zakni oxirigi qismini toblash o'tkaziladi. Klapani birinchi toblash (hamma klapani) $1050 - 1100^{\circ}\text{C}$ temperaturada moyda sovutilib o'tkaziladi. So'ngra $800 - 850^{\circ}\text{C}$ temperaturada suvda sovutilib, bo'shatiladi (bo'shatish mo'rtligini bartaraf qilish maqsadida). Natijada klapaning qattiqligi $30 - 36\text{ HRC}$ ni tashkil qiladi. Ikkinchi toblash ($4 - 7\text{ mm}$ uzunlikda o'zakning oxirigi qismi) $1050 - 1100^{\circ}\text{C}$ temperaturada suvda sovutilib o'tkaziladi. Keyin $720 - 750^{\circ}\text{C}$ temperaturada bo'shatiladi, natijada qattqlik $\text{HRC} \geq 40$ ga etadi. Klapan o'zagining oxirigi qismini toblashda yuqori chastotali tokdan yoki elektrolitda detalning oxirigi qismini qizdirish qurilmasidan foydalaniladi.

Klapan kallagining issiqqabardoshligini oshirish uchun u alitirlashga jalb qilinadi.

Ichki yonuv dvigatellarining kiritish klapanlari asosan, 40X va 40XH markali po'latlardan tayyorlanadi. 40X markali po'latdan

tayyorlangan klapanlar $850 - 870^{\circ}\text{C}$ moyda toblanadi va $600 - 630^{\circ}\text{C}$ temperaturada bo'shatiladi (30 – 36 HRC). Klapan o'zaginging oxirigi qismi 820°C temperaturada toblash, moyda o'tkaziladi (40 – 45 HRC).

Kiritish klapanlariga termik ishlov berishni shtampovkalashdan keyin qolgan issiqlikni ishlatib, amalga oshirish mumkin. Ushbu usulda quyidagi ishlar bajariladi: 1) shtampovkalashdan so'ng $800 - 850^{\circ}\text{C}$ temperaturada dastlabki uncha katta bo'lmagan sovutish (podstujivat qilingandan keyin) dan keyin bevosita moyda toblash; 2) quyidagi rejimda izotermik toblash amalga oshiriladi: pokovani shtampovkalash, uni $390 - 500^{\circ}\text{C}$ temperaturaga ega bo'lgan izotermik muhitga (ishqor yoki selitrage) olish, 15 minut ushlab turish, suvda sovutish, xrompik eritmasida yuvish va oqadigan suvda oxirigi yuvishni amalga oshirishdan iborat. Birinchi variantdagi termik ishlov berish soddaligi jihatidan qo'llash maqsadga muvofiqdir.

10.6.5. Podshipnik detallariga termik ishlov berish

Dumalash podshipnigi detallarining metallining ishchi yuzasiga yuqori aniqlikda ishlov va sayqal berish bilan bir qatorda, termik ishlov berish ham podshipniklarning ish muddatini aniqlovchi asosiy omil hisoblanadi. Dumalash podshipnigining halqasi, sharigi va rolklari ish-lash jarayonida quyidagi ta'sirlar ro'y beradi: a) o'zgaruvchan xarak-terga ega bo'lgan yuqori solishtirma yuklanishlarning ta'sir qilish oqi-batida metallda toliqish hodisasi ro'y beradi, qisman kontaktli mayda-lanishi, sinishi jadallashishi kuzatiladi; b) ishqalanishdan yeyilish kuzati-ladi; v) qo'shimchalarga ega bo'lgan atmosfera yoki moylovchi muhit bilan kontakt natijasida kimyoviy yeyilishi; g) abraziv yeyilish; d) yemiruvchi yuklanishdan hosil bo'ladigan kuchlanish ta'siri.

Podshipnik detallarini tayyorlashda quyidagi markali po'latlar qo'llaniladi: H1X15 (0,95 – 1,05 % C; 1,30 – 1,65 % Cr, 0,2 – 0,4 % Mn, 0,17 – 0,37 % Si) va SHX15Σ (0,95 – 1,05 % C; 1,30 – 1,65 % Cr, 0,9 – 1,2 % Mn, 0,40 – 0,65 % Si); ikkala ham po'lat 0,02 % S va 0,027 % P ega bo'ladi. Bolg'alashdan keyin po'lat strukturasi – plastinkali perlit va mayin buzilgan karbiddan iborat bo'ladi (10.13-rasm), qattqlik 255 – 340 HV ni tashkil etsa, bunday struktura va qattqlikka ega bo'lgan po'latga ishlov qiyindir.

Qattqlikni 178 – 207 HV gacha kamaytirish va yaxshi ishlanuv-chanlikni ta'minlab beruvchi donali perlit strukturasi olish uchun zagotovka $780 - 800^{\circ}\text{C}$ temperaturada yumshatilib, so'ngra $650 - 760^{\circ}$

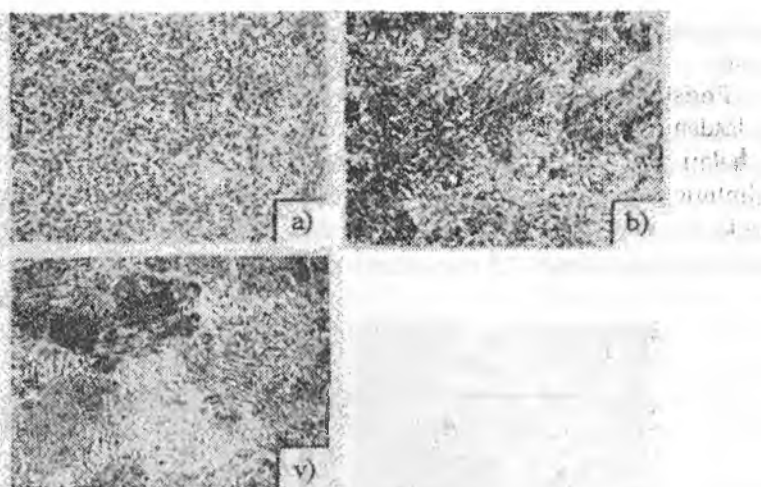
S temperatura intervliida sekin sovutiladi ($15 - 250^{\circ} \text{C/soat}$). Yumshatishda tezlashgan holdagi sovutish ($100 - 300^{\circ} \text{C/soat}$) zagotovkada yuqori qattqlikka ega bo'lgan kichik dispersli strukturani hosil bo'lishiga olib keladi. Juda sekin sovutish ($\sim 5^{\circ} \text{C/soat}$) esa katta donali perlitni yuzaga kelishiga sababchi bo'ladi. Bu struktura kichik qattqlikka ega bo'ladi. zagotovkada yumshatishdan keyin normal struktura bu kichik donali perlit hisoblanadi (10.14-rasm, a). Yumshatishda zagotovkani oxirigacha qizdirmaslik qisman mayin plastinkali perlitni saqlab qoladi (10.14-rasm, b), agar zagotovka o'ta qizdirilsa, katta plastinkali va donali perlit strukturasi shakllanadi (10.14-rasm, v).



10.13- rasm. Bolg'alahda keyin SHX15 markali po'latning mikrostrukturasi; x500.

Podshipnik detallarini toblash jarayoniga xrom ta'sir ko'rsatadi. Xrom po'lat strukturasiidagi ortiqcha karbidlar miqdorini oshiradi va o'ta qizishga moyillikni kamaytiradi. Po'latdagi qo'shimcha xrom miqdori toblashning kritik tezligini kamaytirib, toblanish chuqurligini oshiradi. Po'latlarda uncha katta bo'lmagan toblashning kritik tezligiga ega bo'lishi uni moyda toblash imkoniyatini yuzaga keltiradi. Moyda toblashda martensitni qisman bo'shatilishi kuzatiladi, bu esa kuchlanishni kamaytiradi.

Po'latda xrom miqdorining oshishi bilan toblashning kritik tezligi sezilarli darajada kamayadi. SHX15 (1 % C va 1,5 % Cr) markali po'lat Y10 (1 % C) markali po'latga nisbatan toblashning kritik tezligi 500 dan to $35 - 40^{\circ} \text{C/soat}$ gacha kamayadi. Toblashning kritik tezligi kamayishi natijasida SHX15 markali po'latdan tayyorlangan detallarning toblanish chuqurligi Y10 markali po'latdan tayyorlangan detallarga nisbatan sezilarli darajada katta chuqurlikda bo'ladi.



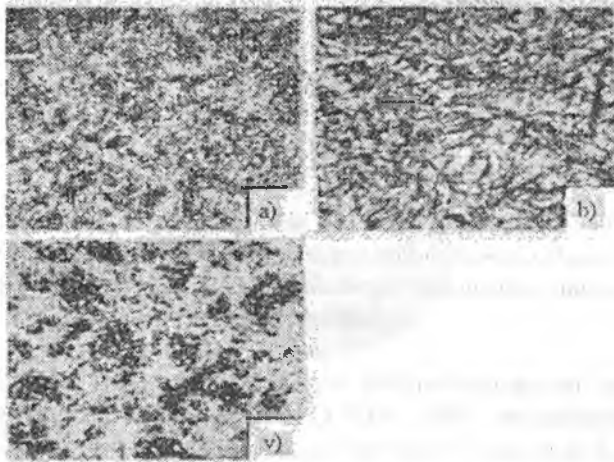
10.14-rasm. SHX15 markali po‘latning mikostrukturasi:
a – normal yumshatishdagi nopmar holatdagi; b – yumshatishda oxirigacha qizdirilmagan holatdagi; v – yumshatishda o‘ta qizish holatdagi x 500.

Detallar massasiga bog‘liq ravishda podshipnikli po‘latlar uchun toblash temperaturasi 790 – 870° C temperaturalar intervalida o‘zgarib turadi: detal qanchalik katta bo‘lsa, toblash temperaturasi shunchalik yuqori bo‘ladi. Toblashdagi sovutish moyda yoki soda eritmasida amalga oshiriladi. Toblash va bo‘shatish so‘ng qattqlik 62 – 65 HRC ni tashkil etadi. Toblangan podshipnikli po‘latlarning optimal strukturasi mayda ortiqcha karbidlari bir tekis taqsimlangan yopiq kristall martensitdan iborat (10.15-rasm,a). Ignah va katta ignali martensit bilan karbidga ega bo‘lgan struktura o‘ta qizishning alomati hisoblanadi (10.15-rasm,b). Podshipnik detallarining toblashdagi oxirigacha qizimasligi ularning kichik mustahkamlikka ega bo‘lishiga olib keladi. Podshipnik detallarini troostit va karbidlar uchastkasiga ega bo‘lgan martensit strukturasi oxirigacha qizimasligini yoki toblashda sekin sovushini xarakterlaydi (10.15-rasm,v). Bunday struktura kichikroq qattqlikka ega bo‘lgani uchun talabga javob bermaydi.

Toblash sifatining eng muhim tavsifnomasiga sinish turi kiradi. Eng yaxshi sinish turi – mayin, ipaksimon tur hisoblanadi. Bilinib turadigan donali sinish po‘latning o‘ta qizishi belgisi hisoblanadi. G‘adir – budir

ko'rinishdagi sinish po'atning to'liq bo'lmagan toblanishini xarakterlaydi.

Podshipnik halqalariga termik ishlov berish. SHX15 markali po'latdan tayyorlangan diametri 200 mm gacha bo'lgan podshipnik halqalari uchun qizdirish temperaturasi halqa devorining o'rtacha qalinligiga bog'liq ravishda 820 – 870° C temperaturalar intervalini tashkil etadi. Ushlab turish vaqti halqa devorining qalinligiga bog'liq ravishda belgilanadi (25 minutdan to 70 minutgacha).



10.15-rasm. SHX15 markali podshipnikli po'latning mikrostrukturasi:
a – normal holatdagi toblashdan so'ng – bu yerda martensit kristallari va karbidlar berkingan holatida; b – toblashdan so'ng o'ta qizdirishdan keyin – kata o'lchamli martensit va karbidlar; v – toblashdan so'ng oxirigacha qizdirilmagan holatda (martensit, troostit va karbid; x500.

Eng kichik podshipnik halqalari himoyalovchi gaz atmosferasiga ega bo'lgan elektr pechlarda qizdiriladi. Kichik va o'rtacha podshipniklarning halqalari konveyerli gazli yoki elektr pechlarda, tagligi aylanadigan pechlarda yoki tuzli vannalarda termik ishlanadi. Turli temperaturaga ega bo'lgan tuzli vannalarni bir-biriga ketma-ket tarzda joylashtirish mumkin.

Toblash temperaturasigacha qizdirilgan halqa И20, И12, ИС20, ИС12 markali industrial moylarda 30 – 60° C temperaturada sovutiladi. Toblangandan keyin halqa 3 – 5 % li sodali eritmada (70 – 90° C)

yuviladi va $150 - 160^{\circ} \text{C}$ temperaturada 1,5 – 2 soat mobaynida bo'shatiladi. Podshipniklarning pretsizion halqalarini «o'sishini» bartaraf etish uchun ularni bo'shatishdan oldin pastda ko'rsatilgan rejimda sovuq bilan ishlov berish maqsadga muvofiqdir: toblash – yuvish – sovuq bilan ishlov berish – bo'shatish.

Podshipniklarning shariklari va roliklariga termik ishlov berish. Sharik va roliklarning qattiqligi va uning sirtidagi bir xilda strukturasiqa yuqori talablar qo'yiladi va toblash jihozlarini sinchiklab, tanlanib olinishi majbur etiladi. Kichik va o'rta o'lchamdagi sharik va roliklarni (diametri 50 mmgacha bo'lgan shariklar va diametri 30 mm gacha bo'lgan roliklarni) toblash uchun qizdirishda eng yaxshi agregat barabanli pechlar (mufeli aylanadigan) hisoblanadi. Bu pechlarda sharik va roliklar ilgaranma harakat qiladi, aylanadi va shuning bilan bir tekisda qizishini ta'minlanadi.

SHX15CF markali po'latdan tayyorlangan katta sharik va roliklar (diametri to 70 – 75 mm gacha bo'lgan) konveyerli pechlarda qizdiriladi. Katta sharlar (diametri 75 – 200 mm bo'lgan) ikkita tuzli vannalarda qizdiriladi: ulardan biri dastlabki qizdirish uchun ($780 - 800^{\circ} \text{C}$) xizmat qilsa, ikkinchisi esa oxirigi qizdirish ($840 - 890^{\circ} \text{C}$) uchun xizmat qiladi.

Sharik va roliklarni toblashda sovutish muhitlari sifatida moy, sodaning suvdagi eritmali (Na_2CO_3 va NaCl) dan foydalaniladi.

Diametri 12 mmgacha bo'lgan sharik va roliklar moyda ($30 - 60^{\circ} \text{C}$ temperaturaga ega bo'lgan) sovutiladi. Diametri 12 mmdan katta bo'lgan shariklar 3 – 5 %li sodali eritmalarda ($25 - 40^{\circ} \text{C}$ temperaturaga ega bo'lgan) sovutiladi. Katta sharlar esa NaCl ning 10 % li suv eritmasida sovutiladi. Diametri 12 mmdan katta bo'lgan roliklar moyda, yoki ular SHX15 markali po'latdan tayyorlangan bo'lsa, 5 – 7 %li sodali eritmalarda sovutiladi. 50 mmdan katta diametrga ega bo'lgan shariklar va roliklar maxsus tebranadigan moslamalarda sovutiladi.

Sharik va roliklar toblangandan keyin $150 - 160^{\circ} \text{C}$ temperaturada 2 – 6 soat mobaynida (diametrga bog'liq ravishda) bo'shatiladi. Toblash va bo'shatishdan keyin qattiqlik 62 – 65 HRC ni tashkil etadi. Mikrostruktura – yopiq kristalli martensit va karbidlardan tashkil topadi.

O'z-o'zini tekshirish uchun savollar:

1. Tezkesar po'latlarga termik ishlov berishning qanday o'ziga xos tomonlari bor?

2. Kesuvchi asboblarga termik ishlov berishni tushuntirib bering.
3. Issiq holda shtamplarga qanday termik ishlov beriladi?
4. Sovuq holda shtamplarga qanday termik ishlov beriladi?
5. Rangli metall va qotishmalarga termik ishlov berishning qanday o'ziga xos tomonlari nimadan iborat?
6. Mis va uning qotishmalariga qanday termik ishlov beriladi?
7. Alyuminiy va uning qotishmalariga qanday termik ishlov beriladi?
8. Titan va uning qotishmalariga qanday termik ishlov beriladi?
9. Traktor va qishloq xo'jaligida ishlatiladigan detallarga termik ishlov berishning o'ziga xos tomonlari nimadan iborat?
10. Tishli g'ildirakka qanday termik ishlov beriladi?
11. Tirsakli valga termik ishlov berishni o'ziga xos tomoni nimadan iborat?
12. Yarim o'qqa termik ishlov berish texnologisi nimadan iborat?
13. Ichki yonuv dvigatellari klapanlari qanday termik ishlanadi?
14. Podshipnik detallariga qanday termik ishlov beriladi?

XI BOB. TERMIK ISHLOV BERISHNING TEXNOLOGIK JARAYONLARINI LOYIHALASH

11.1. Termik ishlovning texnologik jarayonlarini loyihalash asoslari

Ishlab chiqariladigan buyumlarning tayyorlash yoki ta'mirlash uchun inson va ishlab chiqarish qurollarini hamma harakatlari yig'indisiga **ishlab chiqarish jarayonlari** deb ataladi. Ishlab chiqarish jarayonlariga na faqat asosiy, ya'ni bevosita detallarni tayyorlash va buyumlarni yig'ish bilan bog'liq bo'lgan jarayonlargina kirmay, balki buyumlarning tayyorlashni ta'minlaydigan hamma qo'shimcha jarayonlar (masalan, mashina detallarini tayyorlash, ishlov berishning turli tur-lari, sifatni nazorat qilish, transportirovka qilish va omborxonada saqlash va boshqalar) ham kiradi.

Texnologik jarayon – bu ishlab chiqarish jarayonining ma'lum qismi bo'lib, mehnat predmetini o'zgartirish va (yoki) holatini aniqlash bo'yicha maqsadga yo'naltirilgan harakatlarni o'zida jamlaydi.

Texnologik operatsiya – bitta ishchi o'mida bajariladigan texnologik jarayonlarining tamomlangan qismidir.

Texnologik o'tish – doimiy texnologik rejim va qurilmada ma'lum bir doimiy vositalar bilan texnologik ta'minlanishini bajaradigan tamomlangan texnologik operatsiyadir.

Qo'shimcha o'tish – texnologik operatsiyaning tamomlangan qismi bo'lib, insonni harakati va (yoki) jihozlardan iborat hamda mehnat predmetlarini xossasini o'zgartirmaydi, lekin texnologik o'tish uchun zarur bo'ladi.

Texnologik rejim – ma'lum bir aniqlangan vaqt intervalida texnologik jarayonlar parametrlari qiymatlarini yig'indisidir.

Detallarga termik ishlov berishning texnologik jarayoni o'zida tayyorlovchi, asosiy, sayqal beradigan va nazorat qiladigan operatsiyalarini jamlagan bo'ladi.

Tayyorlovchi operatsiya o'zida buyumlarda darzlar va boshqa nuqsonlar paydo bo'lishidan saqlaydigan, masalan, azotlashdan oldin yog' va moylardan tozalash, ularni poddonlarga joylashtirish, sayqal beradigan joyni himoyalash va izolyatsiya qilish va boshqalarga yo'naltirilgan kompleks tadbirlarni jamlaydi.

Asosiy operatsiya buyumlarni toblash, normallashtirish, yumshatish, bo'shatish, kimyoviy-termik ishlov berishda qizdirishni o'zida jamlaydi.

Sayqal berish operatsiya detallar yuzasini tozalash, rixtovka qilish va qiyshaygandan keyin to'g'rilash kabilarni o'z ichiga oladi.

Nazorat qiladigan operatsiya texnologik jarayonlarda yakunlovchi operatsiya hisoblanadi. Unga qattqlikni, kimyoviy-termik ishlov berish va yuqori chastotali tok yordamida toblashdan keyin qatlam qalinligini va boshqalarni nazorat qilish kabilarni kiradi.

Termik ishlov berishning texnologik jarayonini ishlab chiqish buyumga qo'yilgan texnik shartni bajarish bilan boshlanadi. Odatda texnik shartda buyumning yuzasidagi qattqlik, kimyoviy – termik ishlov berishdan keyingi qatlam qalinligi, ruxsat etilgan deformatsiya qiymati va boshqa ko'rsatkichlar ko'rsatilgan bo'ladi. Texnik shart o'rganilgandan so'ng termik ishlov berishning asosiy operatsiyasi, jihoz, moslama va boshqalarning turlari tanlanadi. Termik ishlov berishni maksimal miqdorda olib boradigan yuqori unumdor jihozlarni tanlash kerak bo'ladi.

Termik ishlov berishning texnologik jarayonini ishlab chiqish umumiy holda quyidagi ishlarini o'zida mujassam etadi: bir tipdagi texnologik jarayonlarni tanlash; texnologik operatsiyaning ketma-ketligi va mazmunini aniqlash; ishlov berish rejimi maqsadi va uni hisoblash; jihozlarni tanlash; texnologik ta'minlash uchun yangi vositalarni aniqlash, tanlash; jarayonni normirlash; bajaruvchilarni kasbi va kvalifikatsiyasini aniqlash; ishlab chiqarish uchastkalarini tashkil etish; texnologik jarayonlarni elementlarini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish vositasini va sex ichidagi transportirovka qilish hamda tashish vositalarini tanlash; ishlab chiqarish uchastkalarini loyihalashni tuzish va buyumlarni bir joydan boshqa joyga harakatlanish operatsiyalarini ishlab chiqish; ichki tsex ichida taralarni tanlash; texnologik jarayon uchun ishchi hujjatlarni rasmiylashtirish.

Texnologik jarayonlarni tipiklashtirish deganda quyida ko'rsatilgan ishlar tushuniladi: detal zagotovkalari va yig'iladigan birlikning tasnifi; har bir tasniflangan bo'linmaning (klass, guruh, turi) obyektlarini termik ishlov berishda texnologik yechimlarni mumkin bo'lganini tizimlashtirish va tahlil qilish; tasniflangan bo'linmaning tipik termik ishlov berish jarayonini berilgan ishlab chiqarishning optimal shartlanga qarab, loyihalash.

Zamonaviy ishlab chiqarish sharoitida tipik va guruhli texnologik jarayonlarni samarali loyihalash faqat konstruktorlik – texnologik

tasniflash bazasida amalga oshirilishi mumkin. Detalning texnologik klassifikatoriga asosan uni ishlab chiqarishga tayyorlashda hisoblash texnikasining progressiv vositalarini qo'llash mumkin. Texnologik klassifikator va tipik texnologik jarayonlarni qo'llash orqali mehnat hajmi va ishlab chiqarishga texnologik tayyorlashning muddatlarini kamaytirishga erishish mumkin.

Termik ishlov berishning texnologik jarayonlarini asosiy tipiklashtirishning tasnifi quyidagicha: asosiy va qo'shimcha ishlab chiqarish obyektlari; texnologik operatsiyalar; texnologik ta'minlashning vositalari (jihazlar, uskunalar, nazorat priborlari); ishchilar kasbi.

Tipiklashtirilgan texnologik jarayonlar buyumlarining tipiklashtirilgan guruhlarining juda ko'p mavjud va amalga oshirish mumkin bo'ladigan texnologik jarayonlarini tahlili asosida ishlab chiqiladi.

Termik ishlov berishning tipik texnologik jarayonlarini hujjatlarini rasmiylashtirish ESTD (texnologik hujjatlarning yagona standarti) ga asosan amalga oshiriladi.

Termik ishlov berishning tipik jarayonlarini ishlab chiqishda ishlov berishga jalb qilingan detal nomlarining soni emas, balki ishlov berish turi va texnologik parametrlarni aniqlovchi tavsifnomalar (nazorat qilinadigan atmosfera, qatlam qalinligi, ishlov berish temperaturasi, po'lat markasi) muhim ahamiyatga ega bo'ladi.

Bu parametrlarning o'zaro mos kelishida etarli darajada detallarga bir xil rejimda ishlov berish mumkin bo'ladi. Hozirgi vaqtda juda ko'p zavodlarda tipik jarayonlar qo'llanilmoqda. Masalan, avtomobil zavodlarida juda ko'p detallarning massasi 0,015 dan to 10 kg gacha o'zgarib turadi, lekin bunda asosiy detallar guruhidagi detallarning massasi 0,015 dan to 3,5 kg gachani tashkil etadi. Bu detallarni tayyorlashda nisbatan uncha katta bo'lmagan miqdorda quyida ko'rsatiladigan legirlangan po'latlar qo'llaniladi: ya'ni 18X1T, 25X1T, 30X1T, 20X1P, 25X1P, 12X2H4, 12XH3A, 20X2H4A va boshqalar. Yuqorida qayd etilgan po'latlardan juda ko'pchiligi bir-biriga yaqin texnologik parametrlarga ega bo'ladi, shuning uchun juda ko'p avtomobil detallariga kimyoviy – termik ishlov berishda tipiklashtirilgan texnologik rejimlarda ishlov beriladi (11.1 - jadval).

**Sementatsiyalash va nitrosementatsiyalashga jalb qilingan
detallarnin tipiklashtirilgan jarayonlari va ularning umumiy
hajdagi solishtirma og'irligi**

11.1-jadval

Kimyoviy-termik ishlov berish turi	Qatlam qalinligi,mm	Massaga nisbatan jarayonning solishtirma og'irligi, %
Nitrosementatsiyalash: keyingi moyda toblash va bo'shatish bilan nazorat qiladigan atmosferada keyingi sovutish bilan	0,15 – 0,3	6,3
	0,5 – 0,7	23,2
	0,8 – 1,1	16,1
	0,3 – 0,5	3,8
TSementatsiyalash: keyingi moyda toblash keyingi sekin sovutish	1,0 – 1,4	23,9
	1,2 – 1,4	1,3
	1,0 – 1,4	12,2
	1,2 – 1,6	6,1
Pressda keyingi toblash bilan	1,2 – 1,6	7,1

Bir vaqtning o'zida detallarga qo'yilgan texnik shartlar bilan qatlam turli qalinlikda olinadi. Tanlab olish yo'li bilan detallar guruhi ajratilib, bu ajratilgan detallarda bir vaqtning o'zida kimyoviy-termik ishlov berish yo'li bilan bir xilda qatlamlar yoki texnik shartlarga muvofiq turli chuqurlikdagi qatlamlar olish mumkin bo'ladi. Shuning uchun turli nomli ko'p sonli detallarga bir xil jihozda bir vaqtning o'zida ishlov berish mumkin.

11.2. Termik ishlov berishning texnologik jarayonlarini hujjatlari

Muhim ilmiy-texnik va halq-xo'jaligining vazifalarini, jumladan, buyumning sifatini ta'minlash muammolarining echimi sezilarli darajada mamlakatdagi o'lchovlarning birligi va ishonchligiga bog'liq.

Yagona o'lchovlar deganda, o'lchanadigan jismining shunday holati tushuniladiki, bunda mamlakatda o'tkaziladigan hamma o'lchov natijalari qonun bilan tasdiqlangan bir xilda o'lchovlar birligida ifodalanadi va uning baholashning aniqligi ehtimollik darajasida kafolatlanishi ta'minlanadi.

Yagona o'lchovlarga erishish uchun yagona o'lchash vositalari ta'minlanishi kerak.

Yagona o'ldiruvchilarni ta'minlaydigan davlat tizimining asosiy normativ-texnik hujjatlari davlat standartlari hisoblanadi.

Buyumning sifatini ta'minlash bo'yicha vazifalarni yechishda asosiy rol standartlashga qaratilgan bo'ladi.

Standartlashning asosiy maqsadlariga quyida ko'rsatilganlar kiradi:

- texnik progressni tezlashtirish, ijtimoiy mehnat, jumladan, muhandislik va boshqarish samaradorligini oshirish;

- buyumning sifatini oshirish va uning optimal darajasini ta'minlash;

- jahon bozori talablariga javob beradigan yuqori sifatli buyumlarining keng ko'lamda eksport qilish sharoitini ta'minlash;

- buyumlarni loyihalash va ishlab chiqarish sohalarida spetsializatsiyani rivojlantirish;

- ishlab chiqarish fondlari va material resurslarni (jihazlar, xomashyo, materiallar, yonilg'ich, energiyani) samarali ishlatilishini ta'minlash;

- xalqni sog'lig'ini saqlash va ishchilarni mehnat xavfsizligini ta'minlashga erishish;

- xalqaro iqtisodiy, texnik va madaniy hamkorliklarni rivojlantirish.

Yuqorida keltirilgan standartlashning asosiy vazifalarning juda ko'pchiligi bevosita ishlab chiqarish buyumlarini sifatini ta'minlash masalalariga bag'ishlangan.

Termik ishlov berishning texnologik jarayonini ishlab chiqishda buyum tayyorlash texnologiyasining marshruti belgilanadi va buyumning marshrutda sexlarda va bajariladigan operatsiyalar bo'yicha harakatlanishi ko'rsatiladi.

Termik ishlov berishning texnologik jarayonini ishlab chiqish buyumning texnik shartini ishlab chiqishni o'rganish bilan boshlanadi. Texnik shartlar o'rganilgandan so'ng operatsiyalar va termik ishlov berish rejimlari, jihoz va moslamalarning turi, sayqal berish va nazorat qilish operatsiyalari tanlanadi.

Texnologik jarayonlar texnologik moslama va uskunalarni konstruksiyalash bo'yicha texnik topshiriqni tuzish bilan ishlab chiqiladi.

Ishlab chiqilgan texnologik jarayon aniq bir ishlab chiqarish hajmida iqtisodiy jihatdan asoslangan bo'lishi kerak, stabil natijalarni va buyumning yuqori sifatini, minimal mehnat hajmini va termik ishlov berishning eng kichik tannarxini ta'minlashi lozim.

Termik ishlov berish hujjatlarini rasmiylashtirish GOST tomonidan belgilanadi. Ko'rsatilgan standart termik ishlov berish jarayonlarining texnologik hujjatlarini to'g'ri rasmiylashtirishni belgilab beradi.

Termik ishlov berishning texnologik jarayonlarini hujjatlariga quyidagilar kiradi:

- termik ishlov berish texnologik jarayonlari kartasi;
- yuqori chastotali tok yordamida qizdirishning termik ishlov berishning jarayonlari kartasi;
- yuqori chastotali tok yordamida qizdirishning operatsion kartasi;
- termik ishlov berishning tipiklashtirilgan texnologik jarayonlarini kartasi;
- termik ishlov berish tipiklashtirilgan texnologik jarayonlari uchun detallar vedomosti;
- yuqori chastotali tok yordamida qizdirishning termik ishlov berishning jarayonlari uchun detallar vedomosti.

Texnologik jarayonlarning kartasi buyumlarning termik ishlov berishning hamma turlarda asosiy hujjat hisoblanadi. Kartaga hamma texnologik jarayonlar detal nomi, po'lat markasi, detal eskizi, detal massasi, qattiqligi, qizdirish va sovutish rejimi, sovutish vositasi va boshqalar bilan bog'liq operatsiyalar bilan birga yoziladi.

O'z-o'zini tekshirish uchun savollar:

1. Ishlab chiqarish jarayoni deganda nimani tushunasiz?
2. Texnologik jarayon nima?
3. Texnologik operatsiya deganda nimani tushunasiz?
4. Texnologik o'tish nima?
5. Texnologik rejim nimaligini tushuntirib bering.
6. Termik ishlov berishning texnologik kartasi nim?
7. Termik ishlov berishning texnologik jarayonlarini qanday hujjatlarini bilasiz?
8. Texnologik jarayon kartasini tushuntirib bering.
9. Yagona o'lchovlar deganda nimani tushunasiz?

GLOSSARIY

Termik ishlov berish - metall va qotishmalardan tayyorlangan buyumlarga, ularning strukturasi va xossasini berilgan yo'nalishda o'zgartirish maqsadida issiqlik bilan ta'sir etish yo'li orqali ishlov berish jarayoniga aytiladi.

Kimyoviy-termik ishlash - po'latning tarkibi, strukturasi va xossalarini o'zgartirish maqsadida uning sirtqi qatlamiga kimyoviy va termik ta'sir etish jarayonidir.

Yumshatish - zagotovka yoki buyumni kerakli temperaturagacha qizdirish, shu temperaturada ushlab turib, so'ngra asta-sekin sovitishdan iborat bo'lgan jarayondir.

Normallash - po'latni Ac_3 va Ac_m kritik nuqtalardan 30-50°C temperaturagacha ortiqroq qizdirib, ushbu temperaturada ushlab turish hamda tinch havoda sovitishdan iborat bo'lgan jarayonga aytiladi.

Toblash - po'latni faza o'zgarishlardan yuqoriroq temperaturagacha qizdirish, bu temperaturada ushlab turish, so'ngra tez sovitishdan iborat bo'lgan jarayondir.

Bo'shatish - termik ishlov berishning yakunlovchi operatsiyasi bo'lib, toblangan po'latni kritik nuqtadan (Ac_1) past temperaturagacha qizdirish, shu temperaturada ushlab turish hamda sekin yoki tez sovitishdan iborat.

Termomexanik ishlov berish- po'latning plastikligini saqlagan holda, plastik deformatsiyalash bilan mustahkamlovchi termik ishlov berish (toblash, bo'shatish)ni birlashtiruvchi mustahkamlashning yangi usulidir.

1-tur yumshatish - metall va qotishmalarga turli ishlovlar berishda ularda yuzaga keladigan muvozanat bo'lmagan holatni qisman yoki to'liq olib tashlash uchun mo'ljallangan termik ishlov berish turi bo'lib, unda faza o'zgarishlari kuzatilmaydi.

Rekristallizatsion (qayta kristallanuvchi) yumshatish - deformatsiyalangan metall yoki qotishmaga termik ishlov berish bo'lib, unda bosh jarayon qayta kristallanish hisoblanadi.

Kristallanishga qadar yumshatish - deformatsiyalangan metall yoki qotishmaga termik ishlov berish bo'lib, unda bosh jarayon qaytish hisoblanadi.

Puxtalash - metall yoki qotishmaga bosim ostida ishlov berish yo'li bilan puxtalanishdir.

Xordiq - hamma hodisalar ichida eng kichik temperaturada puxtalanagan metallni nisbatan muvozanat holatiga o'z-o'zidan o'tish bilan bog'liq bo'lgan jarayondir.

Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblash -- metall yoki qotishmalarga termik ishlov berish turi bo'lib, u qotishma holatini xossasi jihatidan yuqoriroq temperaturaga xos bo'lgan nisbatan past temperaturada qayd qilishi jarayonidir.

Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lgan toblash – metall yoki qotishmaga termik ishlov berish bo'lib, unda bosh asosiy jarayon yuqori temperaturali fazalarning martensit o'zgarishlar jarayonidir.

Ferriit – uglerodning α - temirga singdirilgan qattiq eritmasi.

Austenit - uglerodning γ – temirga singdirilgan qattiq eritmasi.

Perlit – tarkibida 0,8 % uglerod mavjud bo'lgan ferriit va sementitning mexanik aralashmasi.

Martensit - uglerodning α - temirdagi o'ta to'yingan singdirilgan qattiq eritmasi.

Beynit – austenit strukturali po'latlarni kritik sovutish temperaturasiga yaqin tezlikda sovitishda olinuvchi uglerodga o'ta to'yingan ferrit va temir karbidli struktura.

Sorbit – austenit strukturali po'latlarni tez sovitishda (600 -700° C temperaturada chegarasida) austenitning parchalanishida hosil bo'lgan ferrit va sementit fazalarning mexanik aralashmasi bo'lib, u perlitga nisbatan maydaroq donali puxta va kam eyiladigan struktura.

Troostit – juda mayda ferrit va sementit faza donalarning mexanik aralashmasidan iborat bo'lgan magnit xossali struktura.

Sementatsiyalash – kam uglerodli po'lat detallarni kam yeyiladigan qilish uchun ularni 900 – 950° C temperaturali uglerodga boy muhitda ma'lum vaqt saqlash yo'li bilan sirt qatlamini uglerodga to'yintirishdir.

Azotlash – po'latlardan tayyorlanayotgan detallarning yeyilishga va korroziyaga bardoshligini oshirish maqsadida sirt yuzalarini 0,2 – 0,8 mm qalinlikda azot bilan to'yintirishdir.

Nitrosementatsiyalash – po'lat va cho'yan tayyorlangan detallarni kam eyiladigan qilish maqsadida sirtlarini 500 – 880° C temperaturali azot va uglerod bilan 0,25 – 1,5 mm qalinlikda diffuzion to'yintirish.

Tsianlash – po'lat buyumlarni kam eyiladigan va kam toliqadigan qilish maqsadida sirtini bir vaqtda uglerod va azotga to'yintirishdir.

Borlash – po'lat va boshqa qotishmalardan tayyorlanadigan detallar sirtining qattiqligini ancha oshirib, korroziyaga va issiqqa chidamli qilish, kam yeyiladigan qilish maqsadida bor to'yintirish jarayonidir.

Diffuzion metallash – po'lat sirtqi qatlamini alyuminiy, xrom, kremniy va boshqa metallar to'yintirish jarayonidir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. F.R.Norxudjaev Materialshunoslik, Darslik. –T.: «Fan va texnologiya», 2014.
2. E.A.Umarov Materialshunoslik, Darslik. – T.: «Cho‘lpon» nomidagi NMII, 2014.
3. I.Nosir Materialshunoslik. Darslik. – T.: «O‘zbekiston», 2002.
4. Ю.М.Лахтин, Леонтьева. Материаловедение. Учебник. – М.: Машиностроение, 1984.
5. И.И.Новиков Теория термической обработки металлов. Учебник. – М.: Металлургия, 1978.
6. Ю.М.Лахтин, Б.Н.Арзамасов. Химико – термическая обработка металлов. – М.: Металлургия, 1995.
7. Ю.А.Башнин, Б.К.Ушаков, А.Г.Секит. Теория термическая обработки. – М.: Металлургия. 1986.
8. S.D.Normuradov Termik va kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi va texnologiyasi. Ma’ruza matni. –T.: ToshDTU, 2000.
9. Барташевич А.А. Материаловедение. Ростов – на – Дону, – М.: Изд-во «Феникс», 2004 -352с.
10. А.А.Черепяхин Материаловедение. –М.: Изд-во «Лотос», 2004. -256с.

MUNDARIJA

Kirish.....	3
-------------	---

I BOB. «TERMİK VA KIMYOVIY-TERMİK ISHLOV BERISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIYASI» FANI TO‘G‘RISIDA UMUMIY MA‘LUMOTLAR

1.1. «Termik va kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi va texnologiyasi» fani to‘g‘risida umumiy ma‘lumotlar.....	5
---	---

II BOB. I –TUR YUMSHATISH

2.1. Termik ishlov berish turlarining tasnifi.....	10
2.2. I –tur yumshatish.....	13
2.3. Gomogenlovchi yumshatishda qotishmaning xossasini o‘zgarishi.....	18
2.3.1. Quymakorlik qotishmalari.....	18
2.3.2. Deformatsiyalanadigan qotishmalar.....	18

III BOB. QAYTA KRISTALLANUVCHI VA QAYTA KRISTALLANISHGA QADAR YUMSHATISH

3.1. Metallni sovuq holda ishlov berishda struktura va xossasini o‘zgarishi.....	22
3.1.1. Strukturani o‘zgarishi.....	22
3.2. Puxtalanish (naklyop).....	25
3.3. Metall va qotishmalarning anizotropik xossasi.....	26
3.4. Qayta kristallanishga qadar yumshatishda strukturaning o‘zgarishi.....	27
3.5. Birlamchi qayta kristallanish jarayoni (qayta kristallanuvchi ishlov berish jarayoni).....	29
3.6. Birlamchi qayta kristallanishda dona o‘lchamining o‘sishi.....	31
3.7. Metallarni qayta kristallanishiga qadar va qayta kristallanishdagi yumshatishda xossasini o‘zgarishi.....	35

IV BOB. II - TUR YUMSHATISH

4.1. Qattiq holatda faza o‘zgarishlarining umumiy qonuniyatlari.....	39
4.1.1. Faza o‘zgarishlar termodinamikasi.....	39
4.2. Faza o‘zgarishlarda fazalararo chegaralarni tuzilishining roli.....	40
4.3. Gomogen va geterogen fazalarning hosil bo‘lishi.....	42
4.4. Faza o‘zgarishlarining kinetikasi.....	43

4.5. Po'latlarni yumshatish. Legirlovchi elementlarning kritik nuqtalarga ta'siri. Austenitning hosil bo'lish mexanizmi.....	45
4.6. Sovutishdagi o'zgarishlar. Austenitni parchalanishi.....	48
4.7. Austenitning izotermik parchalanish diagrammasi.....	50
4.8. Po'latdagi perlitli o'zgarishlarga legirlovchi elementlarning ta'siri.....	54
4.9. Yumshatish.....	56

V BOB. TEZ SOVUTISHDAGI (TOBLASHDAGI) O'ZGARISHLAR

5.1. Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblash.....	63
5.2. Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblashda xossaning o'zgarishi.....	64
5.3. Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lmagan toblashda qizdirish va sovutish.....	65
5.3.1. Toblashdagi qizdirish.....	65
5.3.2. Toblashdagi sovutish.....	66
5.3.3. O'ta sovutilgan eritmani parchalanish kinetikasi.....	66
5.4. Polimorf o'zgarishlarga ega bo'lgan toblash.....	67
5.5. Martensitli o'zgarishlarning boshlanish temperaturasi.....	69
5.6. Martensitli o'zgarishlar mexanizmi.....	71
5.7. Martensitgacha toblangan qotishmaning mikrostrukturasi va substrukturasi.....	72
5.8. Substruktura.....	75
5.9. Beynitli o'zgarishlar.....	76
5.10. Po'latning toblanish chuqurligi.....	80
5.10.1. Toblanish chuqurligi va sovutishning kritik tezligi.....	80
5.11. Po'latlarni toblashda qizdirish va sovutish.....	85
5.11.1. Toblash uchun qizdirish.....	85
5.11.2. Toblashdagi sovutish.....	86
5.11.3. Toblash usullari.....	87
5.11.4. Sovuq bilan ishlav berish yo'li yordamida toblash.....	90
5.11.5. Toblashda yuzaga keladigan nuqsonlar.....	91

VI BOB. ESKIRTIRISH VA BO'SHATISH

6.1. Eskirtirish va bo'shatish haqida umumiy ma'lumotlar.....	94
6.2. Bo'shatish.....	99
6.3. Po'latlarni bo'shatishda struktura o'zgarishlari.....	100
6.4. Uglerodli po'latlarni bo'shatish.....	101

6.5. Bo'shatish jarayoniga legirolovchi elementlar ta'siri.....	105
6.6. Po'latlarni bo'shatishda mexanik xossalarning o'zgarishi va bo'shatish rejimini tanlash.....	105
6.6.1. Uglerodli po'latlar.....	105
6.6.2. Legirlangan po'latlar.....	106

VII BOB. TERMOMEXANIK ISHLOV BERISH

7.1. Bosim ostida issiq holda ishlov berishda metallning strukturasi o'zgarishi.....	108
7.2. Eskirtiriladigan qotishmalarga termomexanik ishlov berish.....	109
7.2.1. Past temperaturali termomexanik ishlov berish (PTTMIB).....	109
7.2.2. Yuqori temperaturali termomexanik ishlov berish (YUTTMIB).....	110

VIII BOB. TERMIK ISHLOV BERISHNING ASOSIY TEXNOLOGIYALARI

8.1. Termik ishlov berishning asosiy texnologiyalari haqida umumiy ma'lumotlar.....	115
8.2. Yuzani toblash.....	116
8.3. Gaz alangasida toblash.....	119
8.4. Lazer yordamida qizdirib yuzani toblash.....	120

IX BOB. KIMYOVIY - TERMIK ISHLOV BERISH

9.1. Kimyoviy-termik ishlov berish jarayoni, vazifasi va nazariyasi.....	121
9.2. Sementatsiyalash jarayoni.....	123
9.3. Azotlash.....	126
9.4. Nitrosegmentatsiyalash va siqilash.....	129
9.5. Borlash.....	131
9.6. Metallarni diffuzion xromlash jarayoni.....	132
9.7. Silitsirlash.....	133

X BOB. ALOHIDA GURUHDAGI QOTISHMALARGA, DETALLARGA VA ASBOBLARGA TERMIK VA KIMYOVIY- TERMIK ISHLOV BERISH

10.1. Tezkesar po'latlarga termik ishlov berish.....	136
10.2. Kesuvchi asboblarga termik ishlov berish texnologiyasi.....	139
10.3. Issiq va sovuq holda ishlaydigan shtamplarga termik ishlov berish texnologiyasi.....	149
10.4. Rangli metall va qotishmalardan tayyorlangan detallarga termik ishlov berish.....	155

10.4.1. Mis va uning qotishmalariga termik ishlov berish.....	155
10.4.2. Alyuminiy qotishmalariga termik ishlov berish.....	157
10.4.3. Titan qotishmalariga termik ishlov berish.....	165
10.5. Traktor va qishloq xo'jaligida qo'llaniladigan detallarga termik ishlov berish texnologiyasi.....	169
10.6. Konstruksiya po'latlardan tayyorlangan detallarni termik ishlash texnologiyasi.....	169
10.6.1. Tishli g'ildirakka termik ishlov berish.....	169
10.6.2. Tirsakli valga termik ishlov berish.....	171
10.6.3. Yarim o'qqa termik ishlov berish.....	174
10.6.4. Ichki yonuv dvigatellari klapanlariga termik ishlov berish.....	175
10.6.5. Podshipnik detallariga termik ishlov berish.....	177

XI BOB. TERMİK İSHLOV BERİSHNING TEXNOLOGİK JARAYONLARINI LOYİHALASH

11.1. Termik ishlov berishning texnologik jarayonlarini loyihalash asoslari.....	183
11.2. Termik ishlov berishning texnologik jarayonlarini hujjatlari.....	186
Glossariy.....	189
Foydalanilgan adabiyotlar.....	191

F. R. NORXUDJAYEV

**TERMIK VA KIMYOVIY-TERMIK ISHLOV
BERICH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIYASI**

Toshkent – «Fan va texnologiya» – 2016

Muharrir:	Sh.Kusherbayeva
Tex. muharrir:	M.Holmuhamedov
Musavvir:	D.Azizov
Musahhih:	N.Hasanova
Kompyuterda sahifalovchi:	Sh.Mirqosimova

**E-mail: tipografiyacent@mail.ru Tel: 245-57-63, 245-61-61.
Nashr.lits. AIN^o149,14.08.09. Bosishga ruxsat etildi: 30.12.2016.**

Bichimi 60x84 ¹/₁₆. «Time Uz» garniturası.

**Ofset bosma usulida bosildi. Shartli bosma tabog'i 12,5.
Nashriyot bosma tabog'i 12,25. Tiraji 200. Buyurtma №270.**

**«Fan va texnologiyalar Markazining
bosmaxonasi»da chop etildi.
100066, Toshkent sh., Olmazor ko'chasi, 171-uy.**

FAN VA 
TEKNOLOGIYALAR

ISBN 978-9943-11-379-4



9 789943 113794