

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI  
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSTETI**

*Qo'l yozma huquqida*

**УДК: 669:583.9, 621:74.04, 669:14.016**

**RAXMATOV AKMAL MAXMUD XO'JAYEVICHning**

**““UZMETKOMBINAT” SHAROITIDA MIS VA UNING  
QOTISHMALARIGA ASIMMETRIK PROKATLASHDAN SO'NG TERMİK  
ISHLOV BERISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH”**

**5A320101-Materialshunoslik va yangi materiallar texnologiyasi**

**Magistrlik**

**Akademik darajasini olish uchun yozilgan  
dissertatsiya**

Ilmiy raxbar :

t.f.d prof. Saydaxmedov R.X

Toshkent 2017

## MUNDARIJA:

|       |                                                                                                          |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Kirish.....                                                                                              | 3  |
| 1-BOB | METALL VA UNING QOTISHMALARINI PROKATLASH                                                                |    |
| 1.1   | Metallarni prokatlash.....                                                                               | 11 |
| 1.2   | Prokatlash stanlari.....                                                                                 | 16 |
| 1.3   | Prokat ishlab chiqarish texnologiyasi.....                                                               | 22 |
| 1.4   | Asimmetrik prokatlash.....                                                                               | 24 |
| 1.5   | Prokatlashda metall va qotishmalar strukturasidagi o'zgarishlar.....                                     | 25 |
| 2-BOB | MIS VA UNING QOTISHMALARIGA TERMİK ISHLOV BERISH TEXNOLOGIYASI                                           |    |
| 2.1   | Mis va uning qotishmalari.....                                                                           | 30 |
| 2.2   | Mis va uning qotishmalariga termik ishlov berish texnologiyasi.....                                      | 38 |
| 2.3   | “UzMetkombinat” sharoitida mis va uning qotishmalariga termik ishlov berish texnologiyasi.....           | 46 |
| 3-BOB | OLINGAN NATIJALARNI KOMPLEKS TAHLILI                                                                     |    |
| 3.1   | Asimmetrik prokatlashdan so'ng Л68 markali latunga termik ishlov berish (past haroratli yumshatish)..... | 45 |
| 3.2   | Л68 markali latunni termik ishlashdan keyingi strukturası va xossalarini tahlili.....                    | 56 |
| 4     | Xulosa va takliflar.....                                                                                 | 59 |
| 5     | Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.....                                                                  | 62 |
| 6     | Ilova .....                                                                                              | 67 |

## KIRISH

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyev yangi yil arafasida 2016 yil 30 dekabr kuni mamlakatimizning yetakchi ilm-fan namoyondalari bilan uchrashdi. Birinchi Prezidentimiz Islom Karimov rahnamoligida fan va ishlab chiqarish hamkorligini mustahkamlash, ta'lim tizimini rivojlantirish, innovatsion iqtisodiyot taraqqiyotiga alohida e'tibor qaratilganini ta'kidladi.

“Mamlakatimiz va jamiyatimizning zamon talablari darajasida rivojlanishini ilm-fansiz tasavvur qilish qiyin. Ilm-fan taraqqiyotida fundamental tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etadi. Aynan ular orqali yangi bilimlar o'zlashtiriladi va nazariyalar shakllantiriladi, kelgusi amaliy tadqiqotlar va innovatsion ishlanmalar uchun mustahkam asos yaratiladi” deya takidladi yurtboshimiz.[1]

Bugungi zamon barcha sohalar qatorida ilm-fanni ham yangi bosqichga ko'tarishni talab qilmoqda. Chunki, jamiyat oldida turgan dolzarb masalalarni ilm-fansiz yechish qiyin. Ilm-fanni va olimlarni har tomonlama qo'llab quvvatlash davlatimizning ustuvor vazifalaridan ekanligini takidlab o'tdilar.

Prezidentimiz Shavkat Mirziyoyev iqtisodiyotimizning barcha sohaları taraqqiyotida ilm-fanning o'rni, ahamiyati g'oyat katta ekanligi, bu borada davlatimiz birinchi galda Fanlar akademiyasi va olimlarga suyanishini, fan va ishlab chiqarish hamkorligi bugun nihoyatda dolzarb ekanligini alohida ta'kidladi.

Yurtboshimizning yuqoridagi fikrlariga mos holda bosim ostida ishlov berish ham hozirgi kunda sanoatning muhim tarmoqlaridan biridir. Metallarga bosim bilan ishlash usullari metاللarning plastikligiga asoslangan. Ma'lumki turli metallarning plastikligi har xil bo'lib, u metallning ichki tuzilishiga, kimyoviy tarkibiga, strukturasiga va boshqa ko'rsatkichlariga bog'liq. Deformatsiya tezligi ortganda zarur kuch ham ortishi lozim. Yuqoridagi ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki tayyorlanmaning plastiklik darajasiga ko'ra, metallarni eng maqbul rejimlarda ishlash texnik-iqtisodiy talablarga to'la javob beradi.[2]

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2010 yil 15 dekabrda PQ-1442-son «2011-2015 yillarda O‘zbekiston Respublikasi sanoatini rivojlantirish istiqbollari to‘g‘risida»gi Qarori, 2011 yil 29 iyuldagi PF-1590-son «Tayyor maxsulotlarni, tashkil qiluvchi buyumlarni va materiallarni ishlab chiqarishning lokallashtirilishini 2011-2013 yillarda sanoat kooperatsiyasi asosida chuqurlashtirish chora-tadbirlari» Farmoni hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga va olingan natijalarni amaliyotga keng qo‘llashda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

**Dissertatsiya mavzusining asoslanishi va dolzarbligi.** Hozirda dunyoning ko‘pab mamlakatlarida prokatlash maxsuloti bo‘lgan list materiallarning sifatini yaxshilash ya‘ni ularning umrboqiyli, ishonchliligi va ishlovchanligi kabi xossalarni yaxshilash ustida ilmiy izlanishlar olib bormoqda. Ushbu natijalarga erishishda esa albatta energiya tejankor usullarni rivojlantirishga katta ahamiyat berilmoqda. Shu bilan bir qatorda hozirgi globallashtirish jarayonining chuqurlashuvi, materiallarga qo‘yiladigan talablarni oshishi bilan AQSH, Yaponiya, Germaniya, Koreya, Rossiya va O‘zbekiston kabi mamlakatlarda intensiv plastik deformatsiyalash va shu yo‘l bilan olinadigan listli metallarni ishlab chiqishni yangi texnologiyalarini yaratish muhim vazifalardan biri bo‘lib qolmoqda.

Bugungi kunda mamlakatimizda ham juda ko‘plab sanoat korxonalari faoliyat yuritib kelmoqda va ularning soni borgan sari o‘tib bormoqda. Albatta bu o‘z navbatida xomashyoga bo‘lgan talabni oshishiga sabab bo‘ladi.

Mamlakatimizda mis asosan “Olmaliq” kombinatida ishlab chiqariladi. “UzMetkombinat “ AJ ushbu korxonadan misni qabul qilib olib, misdan mis qotishmalari va mis listlarini ishlab chiqaradi. Hammamizga ma‘lumki hozirgi kunda mis sanoatning juda ko‘plab sohalarida qo‘llaniladi. Bunga asosiy sabablardan biri bu uning yuqori elektr o‘tkazuvchanlik xossasidir. Mis issiqlik o‘tkazuvchanligi va elektr o‘tkazuvchanligi bo‘yicha kumushdan keyin turadi. Atmosferada mis yuqori korroziyabardoshlikka egaligi uchun undan

tayyorlangan buyum va detallar o'z xossalarini yo'qotmasdan uzoq vaqt turadi. Mis texnikada eng ko'p ishlatiladigan metall bo'lib, toza holatda, asosan, elektrotexnikada ishlatiladi. Lekin ishlab chiqarishda faqat elektr o'tkazuvchanlikning o'zi emas, balki, materialning mustahkamligi ham katta ahamiyatga ega. Mis esa yuqori plastiklikka ega. Shuning uchun hozirgi kunda misning asosan qotishmalari keng qo'llaniladi. [3]

Hozirda respublikamizda maishiy texnika ishlab chiqarish juda jadallik bilan rivojlanib bormoqda. Bularga "ARTEL", "ROISON", "SAMSUNG" kabi kompaniyalarning maishiy texnikalarini misol qilishimiz mumkin. Ushbu korxonalarda misning rux bilan hosil qilgan qotishmasi latunlar qo'llaniladi. Texnikada tarkibidagi rux miqdori 5- 45% gacha bo'lgan latunlar ishlatiladi. Hozirda ishlab chiqarish tarkibida 45% gacha rux tutgan latunlardan foydalaniladi. Bundan tashqari misning qalay, alyuminiy, qo'rg'oshin, berilliy va boshqa elementlar bilan qotishmalari, ya'ni bronzalarga ham talab katta.

Bugungi kunda respublikamizda metallarni bosim bilan ishlash sanoatini rivojlantirish muhim amaliy ahamiyatga ega bo'lgan dolzarb ilmiy –texnik muammolarni xal qilish bilan bir qatorda iqtisodiy samarani yanada oshirish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Bularga quyidagi ilmiy izlanishlarni misol keltirishimiz mumkin: yuqori eksplutatsion ko'rsatkichlarga ega va yaxshilangan mexanik xossali listli metallarni yaratish va ularning tuzilishi, yuzasining sifati, o'lchamlarining aniqligini oshirish, maxsus dispers strukturali materiallarni tejamkor texnologiyalar asosida olish, list metallarni prokatlashning zamonaviy yuqori unumdor va tejamkor texnologik jarayonlarini ishlab chiqish. Asimmetrik prokatlash ham mis va uning qotishmalaridan list prokat maxsulotini olishning energiya tejamkor va mustahkam material olish usulidir.[4]

Yuqorida keltirilgan fikrlar va misollar mis va uning qotishmalaridan tayyorlangan list materiallarni mustahkamligini oshiruvchi va energiya tejamkor texnologiya ishlab chiqish mavzusini dolzarbligini izohlaydi.

**Tadqiqod obyekti va predmetini belgilanishi:** Tadqiqod obyekti 1978/07-2014 - (14/14) “Uzmetkombinat “AJ PSM sharoitida misga asimmetrik prokatlash hamda termik ishlov berish texnologiyasini ishlab chiqish”(2014-2016yy.) xo’jalik shartnomasi doirasida bajarilgan loyixada olingan Л68 markali latun hisoblanadi.

**Tadqiqod maqsadi va vazifalari:** Asimetrik prokatlash natijasida olingan Л68 markali latunning ultradispers donachalaridagi nuqsonlarni donalar chegarasida yo’qotish va donachalarni o’stirmagan holatda asimmetrik prokatlashda olingan xossalarni saqlab qolish.

**Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilab olindi:**

- metallarga bosim ostida ishlov berish turi bo’lgan- prokatlash haqida batafsil o’rganib chiqish;
- asimmetrik prokatlash haqida ma’lumotlarni o’rganish;
- simmetrik va asimmetrik prokatlash maxsulotlarining xossalaridagi farqlarni o’rganib chiqish va taxlil qilish;
- Uzmetkombinat” AJ sharoitida mis va uning qotishmalari prokatlash texnologiyasi bilan tanishish;
- TDTU laboratoriyasida Л68 markali latunga vakumli pechda termik ishlov berishni amalga oshirish;
- termik ishlov berish natijalarini taxlil qilib eng maqbul yechimni tanlash va taklif va tavsiyalarni ishlab chiqish.

**Tadqiqot natijalarining aprobasiyasi:** Tadqiqotni bajarish uchun olib borilgan tajribalar va uning natijalari bilan bog’liq 2 ta ilmiy maqola va 2ta tezis yozilgan:

”Асимметричная прокатка один из видов интенсивной пластической деформации для получения мелкозернистой структуры” mavzusi bilan “Materiallarning rivojlanish istiqbollari” Respublika ilmiy-texnikaviy konferensiyasida 2016 yil 11-12noyabr.

-“Asimmetrik prokatlashdan so’ng mis qotishmalariga termik ishlov berish“ mavzusida 2017-yil 18-19 may kunlari bo’lib o’tgan Respublika ilmiy.texnkaviy konferensiya.

-“Asimmetrik prokatlashdan so’ng mis qotishmalariga termik ishlov berish” Texnika yulduzi 2016-yil 4-son.

-“Kukun metallurgiyasida qo’llaniladigan maxsus xossaga ega bo’lgan kukun materiallar xossalarini tahlil qilish va ularni tanlash” Texnika yulduzi jurnali 2015-yil 2-3 son.

**Tadqiqodning asosiy masalalari va farazlari:** J168 markali latun asimmetrik prokatlashdan o’tkazilgandan so’ng undagi mexanik xossalar mustahkamlik , qattqlik oshadi va struktura maydalashadi. Agar shunchaki an’anaviy termik ishlov berish(yumshatish)ni qo’llasak ushbu xossalar yo’qolib asimmetrik prokatlash o’z mohiyatini yo’qotadi. Shuning uchun ushbu xossalarni maksimal darajada saqlab qolgan holda donachalar chegarasida nuqsonlarni yo’qotishimiz kerak.

**Qisqacha adabiyotlar taxlili:** O’zbekiston Respublikasi Prezidenti SH.M. Mirziyoyevning va Respublikamiz birinchi prezidenti I.A.Karimovning sohaga oid ma’ruzalari, qarorlari va farmonlari o’rganilgan. Magistrlik dissertatsiyasi ishida prokatlash, mis va uning qotishmalari ularga termik ishlov berish texnologiyalari bo’yicha keltirilgan darslik, o’quv qo’llanmalar sharhlangan. Bu soxadagi bir qancha ilmiy jurnallar va ilmiy risolalar ham ko’rib chiqilgan

Hozirda rivojlangan mamlakatlarda listli materiallarni bosim bilan ishlash uchun turli xil texnologiyalar yaratilgan. Anchagina mukammal mikrostrukturaga ega listli materiallarni olishda prokatlashning va bosim bilan ishlashning bir qancha turlari ishlab chiqilgan. XXI asrning boshlarida bir qancha davlatlar asimmetrik prokatlash bilan shug’ullana boshladi. Chunki ushbu texnologiya ajoyib xossalarni (yuqori qattqlik, yeyilishbardoshlik, mustaxkamlik va boshqa yuqori qiymatli sifatlarni) o’zida jamlagan list

metallarni olish imkonini beradi. Ushbu xossalarga boshqa usullar bilan erishish umuman ilojisiz yoki bir necha bor qimmatga tushadi.

MDH davlatlari olimlari tomonidan nano va ultra mayda strukturali metallarni ishlab chiqish borasida muhim ilmiy izlanishlar qilingan (V.B. Yudayev, E.A.Popov, V.I.Yershov, M.N.Gorbunov, A.S.Chumadin, E.I.Isachenkov). Ushbu olimlar metallarni prokatlash va prokatlash texnologiyalarini takomillashtirish uchun prokat stanlari konstruksiyasini takomillashtirib va termik ishlov berish rejimlarini turli variantlarda qo'llab,olinayotgan material sifatini yaxshilash uchun metallarning fizik va mexanik xossalarini sezilarli oshirishga muvaffaq bo'lgan. O'zbek olimlaridan R.U.Kalamazov, V.V.Melikov, S.F.Abdullayev, R.G.Maxkamov, A.A.Muxamedov, S.D.Nurmurodov, R.M.Mixridinov, A.A.Risqulov, R.X.Saydaxmedov, V.V.Cechurov va boshqalarning ilmiy ishlari har xil konstruksion materiallar olish,yuza strukturalarini optimallashtirish , qoplamalarni eritish va qoplash, ishchi yuzalarni mustaxkamlash , buyumlarni yeyilishbardoshligini oshirishning ilmiy va texnologik asoslarini tadqiq qilish va ishlab chiqishga bag'ishlangan. F.S.Abdullayev va uning shogirdlari metall strukturasida mayda dispers zarralar olish uchun metallarni bosim bilan ishlashning yangi turlarini yaratish va ularga termik ishlov berish rejimlarini ishlab chiqish, intensiv plastik deformatsiya orqali list metallar olish va ularning morfologiyasi strukturasini, fazalar tarkibini o'rganish bo'yicha ilmiy-tadqiqod ishlarini olib borishgan. Hozirgi vaqtda asimmetrik prokatlashdan foydalanib metall listlar olish va ularni ishlatish dunyoda XXI yuz yillikda ilmiy-texnik rivojlanishni belgilab beradigan yo'nalish deb qaralmoqda. Hozirgi kungacha metallarga bosim ostida ishlov berish orqali hosil qilingan mayda strukturali materiallarga termik ishlov berishda naklyopni saqlab qolishgacha termik ishlov berilgan.

Biroq list materiallarni prokatlashning texnologik xossalari va geometrik parametrlarini tadbqiq qilish bo'yicha tadqiqod natijalarida asimmetrik prokatlashdan foydalanib metall listlar olinmagan. Dunyoda shuning bilan birga

yurtimizda metallarni bosim bilan ishlash aynan prokatlash yo'li bilan, tadqiqodlarni amalga oshirish dolzarb va muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

**Tadqiqotda qo'llanilgan uslublarning qisqacha tasnifi:** Asimmetrik prokatlash natijasida olingan list namunalarni 6ta bo'lakka bo'lib olinib termik ishlov berishdan avval qattiqligi, mikrostrukturasini va mustahkamligini plastikligini tekshirildi. Namunalarga termik ishlov berilgandan so'ng ushbu tekshiruvlar qaytadan o'tkazildi va natijalar taxlil qilindi.

**Tadqiqod natijalarining nazariy va amaliy ahamiyati:** Ishning nazariy ahamiyati shundaki asimmetrik prokatlashda olingan list materiallardagi erishilgan xossalarni saqlab qolish uchun termik ishlov berish (yumshatish)ni optimal parametrlarini tanlash bilan izohlanadi.

Tadqiqodning amaliy ahamiyati esa asimmetrik prokatlash maxsuloti listlarni sifatini oshirish va xossalarini yaxshilashga xizmat qiladi.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

- Asimmetrik prokatlashdan so'ng list materiallarni donachalarini o'stirmasdan donachalar chegarasida nuqsonlarni yo'qotuvchi termik ishlov berish rejimi ishlab chiqilgan.
- Termik ishlov (yumshatishda) list materialning strukturasida kristall panjaralarning buralishlari saqlab qolingani.
- “Uzmetkombinat” AJ sharoitidan farqli ravishda vakuum sharoitida termik ishlov berilgan.

**Dissertatsiya tarkibining qisqacha tasnifi:** Ushbu magistrlik ishi kirish, 3ta bob, xulosa va taklif, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovadan iborat

**Kirish** qismida mavzuning dolzarbligi asoslangan, tadqiqodning maqsadi va vazifalari bayon etilgan, ishning ilmiy jihatdan yangiligi va amaliy jihatdan foydaliligi, qisqacha adabiyotlar taxlili keltirilgan, shuningdek dissertatsiyaning ximoyaga olib chiqilayotgan asosiy mazmuni keltirilgan.

**Birinchi bob** adabiyotdagi manbalar asosida metallarni prokatlash, prokatlash usulining ahamiyati, prokatlash standartlari, prokat ishlab chiqarish

texnologiyasi, asimmetrik prokatlash haqida ma'lumot, prokatlashda metall va qotishmalar strukturasidagi o'zgarishlar haqida ma'lumotlar keltirib o'tilgan.

**Ikkinchi bob.** Mis va uning qotishmalariga termik ishlov berish texnologiyasiga bag'ishlangan. Ushbu bobda mis va uning qotishmalari, mis va uning qotishmalarini asimmetrik prokatlashda struktura o'zgarishlari, mis va uning qotishmalariga termik ishlov berish texnologiyasi, "UzMetkombinat" sharoitida mis va uning qotishmalariga termik ishlov berish texnologiyasi kabi ma'lumotlarni o'z ichiga oladi.

**Uchinchi bob.** Olingan natijalarning kompleks taxliliga bag'ishlangan. Past haroratli yumshatish termik ishlov berish usulini qo'llashda harorat tanlashda tavsiyalar berilgan, hamda xulosalar ishlab chiqilgan.

## **I-BOB. METALL VA UNING QOTISHMALARINI PROKATLASH**

### **1.1 Metallarni prokatlash va uning ahamiyati.**

Prokat ishlab chiqarish - po‘lat va boshqa metallardan prokatlash yo‘li bilan turli buyum va yarimfabrikatlar olish (prokat), shuningdek, sifatini oshirish maqsadida ularga qo‘shimcha (termik) ishlov berish. Prokat ishlab chiqarishning asosiy mahsulotlariga yarim homashyo yoki zagotovka, list prokat, trubalar, mashina detallarining zagotovkalari (g‘ildiraklar, halqalar, o‘qlar, sharlar va boshqalar) kiradi. Prokatlash materialni prokat stani vallari orasidan o‘tkazishga asoslangan. Prokatlashning bo‘ylama, ko‘ndalang va ko‘ndalang-vintli usullari bor. Bo‘ylama usulda buyum qarama-qarshi yo‘nalishda aylanadigan vallar orasidan o‘tkazilib, plastik deformatsiyalanishi natijasida ko‘ndalang kesimi kichrayadi, uzunligi esa ortadi. Prokatlanadigan buyumlarning 90 foizi shu usulda olinadi. Ko‘ndalang usul bilan ko‘ndalang kesimi uzunligi bo‘yicha davriy o‘zgaradigan zagotovkalar, ko‘ndalang-vintli usul bilan trubalar (quvurlar) prokatlanadi.[5]

List metallar ikki bosqichda prokatlanadi. Birinchi bosqichda slyab (bluming-slyabing) vallar orasidan bir-ikki marta o‘tkazilib, 90° buriladi va ko‘ndalang yo‘nalishda prokatlanib, eni zarur o‘lchamga keltiriladi. Ikkinchi bosqichda zagotovka yana 90° burilib, bo‘ylamasiga prokatlanadi. Qalin va yupqa listlar to‘la mexanizasiyalashtirilgan uzluksiz stanlarda prokatlanadi.[6]

Payvand chokli va choksiz trubalar ham prokatlash yo‘li bilan tayyorlanadi. Payvand chokli trubalarni prokatlab tayyorlashda pech payvand, elektr payvand va gaz payvanddan foydalaniladi (payvandlash). Choksiz trubalar quyma yoki dumaloq kesimli zagotovkalardan prokatlanadi. Buning uchun avval ko‘ndalang-vintli prokat stanida qizdirilgan quyma yoki zagotovkada teshik ochiladi, natijada qalin devorli kalta gilza hosil bo‘ladi va undan truba prokatlanadi. Bunda vallarning aylanishi natijasida zagotovka aylanma-ilgarilama harakatlanadi, zagotovka yo‘liga diametri taxminan trubaning ichki diametriga mos keladigan opravka o‘rnatiladi. Truba kerakli qalinlikka

yetkazilgach, kalibrlanadi va sovitilib, kerakli uzunlikda qirqiladi. Kesimi davriy oʻzgaradigan buyumlar ham prokatlash usulida ishlab chiqariladi.[7]

Bunga davriy prokatlash deyiladi. Bunday prokatlashda zagotovka bir tomonga aylanuvchi ikki val orasidan oʻtadi. Rangli metallar — alyuminiy, mis, magniy, rux va ularning qotishmalarini prokatlab, har xil koʻndalang kesimli list, lenta, sim va zar qogʻozlar tayyorlanadi. Alyuminiy qotishmalaridan list prokatlash texnologik jarayoniga quyidagi asosiy operatsiyalar kiradi: uzluksiz quyib olingan quymani xomaki prokatlash, toʻgʻrilash, frezalash, quymaning ikkala tomoniga alyuminiy listlar qoplash, qizdirish, qizdirib prokatlash (4–12 mm qalinlikkacha), rulon qilib oʻrash va sovuqlayin prokatlash. Sovuqlayin prokatlangandan soʻng rulonlar yoyilib, listlarga kesiladi va termik ishlov beriladi. Uzluksiz quyib prokatlash usulida suyuq alyuminiy taqsimlagich novdan oʻtib, valiklar orasidagi boʻshliqqa tushadi, unda alyuminiy vallarga tegib kristallanadi va hosil boʻlgan polosa stan valiklari orasidan uzluksiz chiqadi. Prokat ishlab chiqarish metallurgiya va mashinasozlik zavodlarida tashkil qilinadi.

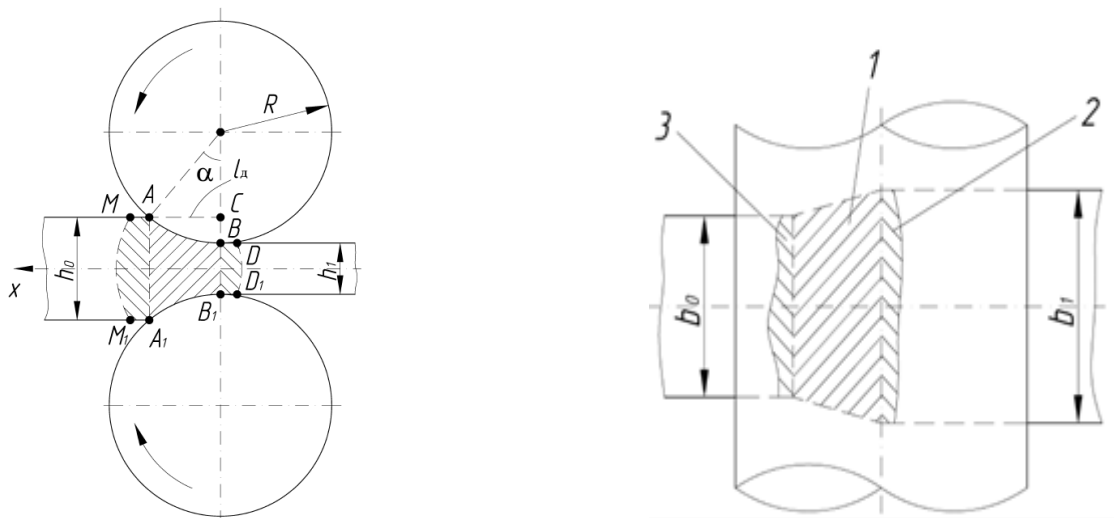
Metallarni yoyish prokatlash bosim ostida ishlashning eng koʻp qoʻllaniladigan usulidir. Metallurgiya zavodlarida ishlab chiqariladigan prokatkani miqdori mamlakatda metallurgiya sanoatining qanchalik rivojlanganligini koʻrsatuvchi eng muxim koʻrsatkichlardan biridir. [8]

Prokatlash - yoyishda metall bir-biriga teskari aylanuvchi juvalar orasidan ezib oʻtkaziladi. Bunda juvalar orasidan tirqish berilgan materialning qalinligidan kichik boʻladi. Juvada materialning ezish natijasida, zagotovkaning qalinligi kichrayadi, uzunligi va qalinligi kengayadi.[9]

Juvalar prokat stanlarning staninasiga oʻrnatilib, profilli kesimi boʻlishi mumkin. Prokat stanlarning juvalarning kesimi juda turli-tuman boʻlib, qurilish balkalari, har xil qalinlikdagi listlar, prokat zagotovkalarini yeyiladi. Sovuq holda faqat yupqa listlar prokatka qilinadi.[10]

Stan juvalarning orasidan zagotovkaning bosilib, ezilib oʻtishi zagotovkalar va juvalar orasida hosil boʻladigan ishqalanish natijasida bajariladi. (1.1-rasm)

Yoyilishda metall ikkita aylanuvchi vallar yordamida ilib olinib bosiladi. Metall vallar orasidagi qirindilardan ishqalanish natijasida uzunlashadi va yoyiladi. Ishqalanish vallar yuzini metallga bosim ostida bosilishi natijasida hosil bo'лади. Bunda metall vallarning kontakt uchastkasida AB va A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> yoyi bo'yicha deformasiyalanadi. AA<sub>1</sub> chizig'i metallni vallar orasiga kirish zonasi, hamda VB<sub>1</sub> chizig'i esa metallni vallar orasidan chiqish zonasi deb yuritiladi. AB A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>-yuza deformasiya yuzasi.



1.1-rasm. Yoyish jarayonlarining sxemasi.

Yoyishda deformasiyalanish metallni uzunligi va kengligi buyicha mavjud bo'лади. Uzunlik bo'yicha deformasiyalanish uzunligi AB yoki A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>yoylarini gorizantal proeksiyasi deb yuritiladi. Deformasiyalanish kengligi esa, metallni yoyguncha va yoygandan keyingi kengliklarni yig'indisini yarmiga teng:

$$\epsilon = \frac{B_1 + B_2}{2}$$

Yoyishda qalinlik N kichrayadi, uzunligi esa L<sub>1</sub>dan L<sub>2</sub> uzunlashadi. Lekin kenglik ham bir qancha V<sub>1</sub>dan V<sub>2</sub> ga kengayadi. Metallning qalinligi kichrayishiga ezilish deb ataladi.[11]

N=N-h mm - absalyut ezilishlik miqdori

$$N=N-h$$

nisbiy ezilishning prosentida ifodalanib

$$H = \frac{H - h}{H} \cdot 100\%$$

Bunda: N metallni yoyguncha qalinligi, mm  
h-yoyilgandan so'ngi qalinlik, mm.[13]

Metallni qalinligini o'zgarishiga ezilish koeffisienti deb ataladi va u,

$$\lambda = \frac{H}{h}$$

metallni uzunligini ortishiga cho'zilish koeffisienti deb yuritiladi va u,

$$\mu = \frac{L_2}{L_1}$$

yoki

$$\mu = \frac{F_0}{F_1}$$

bunda, L1- cho'zguncha metall uzunligi, mm

L2-cho'zilgan metal uzunligi, mm

F0-cho'zguncha metallning kundalang kesimi yuzasi, mm<sup>2</sup>

F1- cho'zilgan metallning kundalang kesimi yuzasi, mm<sup>2</sup> [14]

Metallning absalyut kengayishi

$$V = V_2 - V_1 \text{ mm}$$

Nisbiy kengayishi

$$B = \frac{B_2 - B_1}{B} 100\%$$

Metallni enini oshishiga kengayishi koeffisienti va u,

$$\beta = \frac{B_2}{B}$$

deb yuritiladi.

Bunda, V<sub>1</sub>- metallarni yoyilguncha kengligi, mm

V<sub>2</sub>-yoyilgandan so'nggi kengligi, mm

Yoyish jarayonida metallni vallar yordamida ilib olinib, ular orasidagi qirqimdan o'tishi kerak.

Metallni vallarga bosimi natijasida ikkita R kuch hosil bo'ladi: biri yuqoridagi valni metallga reaksiya kuchi, ikkinchisi esa, pastki valning va ikkita urinma ishqalanish kuchlari bo'lib ularning umumiy R va umumiy T kuchlari deb qabul qilinadi.[15]

Bosim kuchi R ni ishqalanish kuchi T ga perpidikulyar.

Vallar yordamida metallni ilib olishlik shartini bajarilishini aniqlash uchun kuchlarning gorizontal o'qqa proeksiyasini tushiramiz:

$$2R\sin\alpha=2T\cos\alpha$$

$$2R \sin\alpha < 2T\cos\alpha$$

T kuchi metallni vallar orasidan tortsa, R kuchi esa metallni vallar orasiga kirishga to'sqinlik qiladi. Shuning uchun metallning vallar orasidan o'tishi uchun

$$T_x > R_x$$

(I) Tepalikdan

$T/R=\operatorname{tg}\alpha$ , ma'lumki

$T=f R$  ga teng, o'rniga qo'ysak

f- ishqalanish koeffisienti

$\sin\alpha < f\cos\alpha$ , o'rniga qo'ysak

$$f > \operatorname{tg} (2)$$

$$f > \operatorname{tg} \alpha$$

$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg} \beta$  yoki  $\alpha=\beta$ . Lekin, metallni vallar orasidan o'tishi uchun  $\beta>\alpha$  bo'lishi kerak ekan.[16]

Bosilish burchak qancha katta bo'lsa, bosim qimmati shuncha katta bo'ladi. Tekis juvalar bilan po'latni issiq yoygan vaqtda burchakning miqdori  $\alpha=15.24^0$ , agar vallarning yuzi g'adir-budir bo'lsa,  $\alpha=32^0$  gacha bo'lishi mumkin.[17]

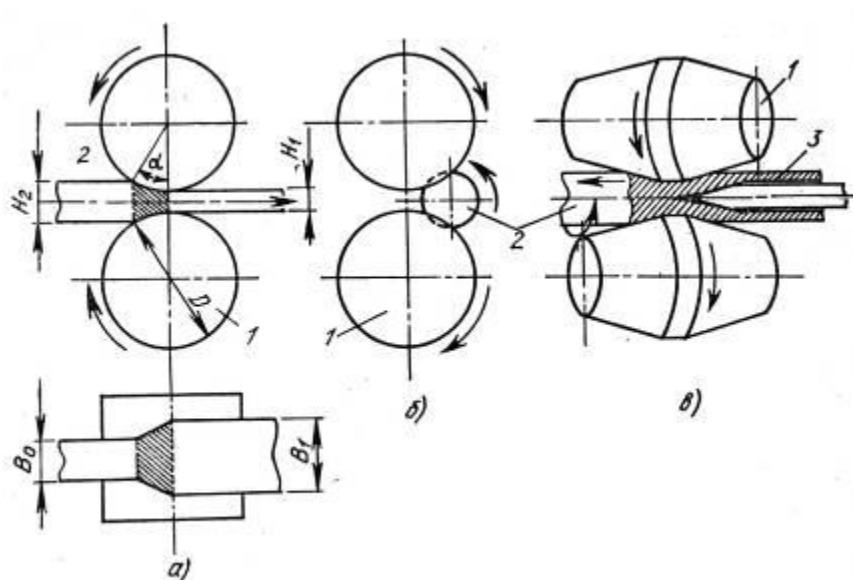
Rangli metallarni yoyishda burchakni miqdori  $\alpha=15-20^0$ , sovuq holda listlarni yoyishda,  $\alpha=3-10^0$

Yoyish uchun boshlang'ich material sifatida po'lat quyish sexlarining maxsuloti bo'lgan og'irligi 25 t va undan og'irroq bo'lgan po'lat va rangli metall qotishmalarini qo'ymalari ishlatiladi.[18]

Metallarni prokatlashning quyidagi usullari mavjud:

a) bo'ylama prokatlash. Bu usulda zagotovka prokat stanining qarama-qarshi tomonga aylanayotgan juvalari orasida ezib o'tqazilib ishlanadi. Natijada uning ko'ndalang kesimi kichrayib, uzunligi ortadi. (1.2-rasm)

b) ko'ndalangiga prokatlash. Bu usulda zagotovka prokat stanining bir tomonga aylanuvchi juvalari orasidan ezib o'tkazilib ishlanadi. Bu zagotovka juvalarning aylanishi tomonga qarama-qarshi aylanib, bo'ylama o'qqa tik yo'nalishga plastik deformasiyalana boradi. Ko'ndalangiga prokatlashga ko'ndalang vint orasiga kiradi. [19]



1.2-rasm. Prokatlash sxemalari

1 - jo'valar; 2 - tayyorlanma; 3 - opravka: a - bo'ylama; b - ko'ndalang; v - qiyshiq.

## 1.2 Prokatlash stanlari

Metallarni yoyadigan mashinalarni- stan deb yuritiladi. Juvalar komplekti stanina bilan birgalikda ishchi qismni tashkil qiladi. Juvalar staninalarning podshipniklarida o'tiradilar.[20]

Prokatlash stanlari bir necha turlarga bo'linadilar.

1. Tayyorlanadigan maxsulot turiga o'lchamlariga va sifatiga qarab GOST bo'yicha:

- a) sortli prokat stanlari
- b) list prokat stanlari
- v) sim prokat stanlari
- g) tuba prokat stanlari
- d) maxsus prokat stanlari

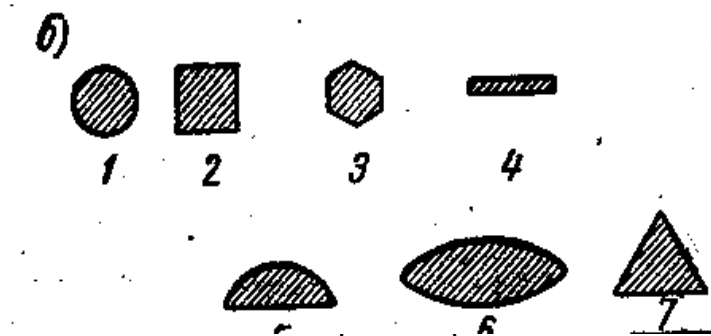
1. Ishchi kletdagi juvalarning soniga qarab:

- a) ikki juvali reversivmas
- b) ikki juvali reversiv
- v) uch juvali trio stanlar
- g) turt juvali kvarto stanlar
- d) ko'p juvali stanlar
- e) universal stanlar

2. Ishchi kletkalarining joylashishi usuliga qarab:

- a) to'g'ri chiziqli prokat stanlari
- b) pog'onasimon prokat stanlar
- v) to'xtovsiz ishlaydigan prokat stanlari

Sortli prokat stanlari ikki xil bo'ladi. Sodda va fason profilli stanlar, sodda profilli prokat stanlarda, profili sodda geometrik kesimi: aylana, kvadrat, olti qirrali, tug'ri burchakli, yarim oval, uch burchak, va hokazo zagotovkalar olinadi.[21]



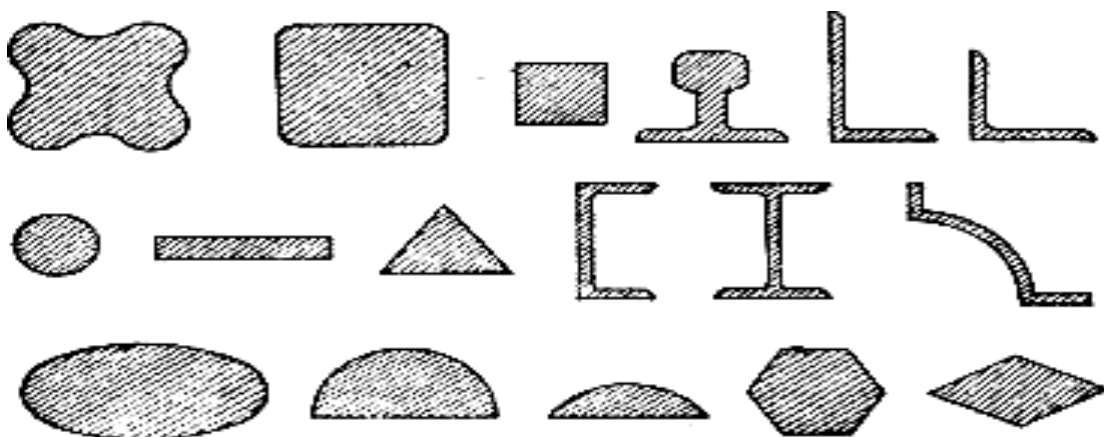
1.3-rasm. Sodda profilli prokat maxsuloti.

Sodda profilli sortli prokat fason profilli sortli prokat olish uchun boshlang'ich xom-ashyo hisoblanadi. (1.3-rasm) Yirik qo'ymalar dastlab yoyib ixchamroq qilib beradigan quvvatli prokat stanlari blyuminglar va slyabinglar deb aytiladi.

Juvalarning diametri 840 dan 1150 mmgacha bo'lgan blyuminglar Katta qo'ymalarni ixchamlab, kesimi 140X140 dan 450X450 mmga bo'lgan zagotovkalar olishga imkon beradi. Bunday kvadrat kesimi zagotovkalar 10-12 tonna va undan ham og'irroq bo'ladi. [22]

Qalinligi 350 mm kengligi 1600 mm va uzunligi 5m bo'lgan list zagotovkalarni tayyorlash uchun mo'ljallangan quvvatli stanlar slyabinglar deb ataladi.

Blyuminglar va slyabinglar ham juda unumli stanlar bo'lib, yiliga 1.5-2 mln tonna qo'ymani ixchamlab beradi. "Magnitogore" metalurgiya kombinati eng yirik listoprokat stani qurilgan bo'lib, u listlarni qizdirgan holatda yoyadi, stan 165000 m<sup>2</sup> maydonni egallaydi. Stanni mexanizmi va mashinasozligi 2500 elektrodvigatel harakatga keltiradi. Fason profili sortli prokatga, teng tomonli va teng tomonsiz burchaklar, tavr balkalari, shvellerlar, releslar va boshqalar kiradi.[23]



1.4-rasm. Fason profilli prokat maxsuloti.

List prokat to'rt guruxga bo'linadi:

1. qalin listli,
2. yupqa listli,

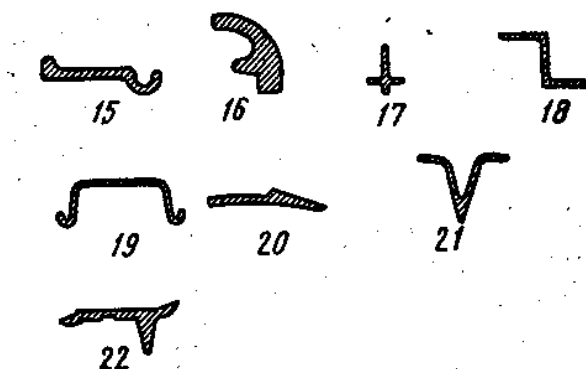
3. keng tasmali,

4. folga.

Qalin listli prokatga 4-60 mm qalinlikdagi, kengligi 600-3000 mm gacha va uzunligi 4-12 mgacha bo'lgan listlar kiradi. [24]

Yupka listli po'latlarga qalinligi 0.1 dan 3.75 mm gacha, kengligi 600-2200 mm, uzunligi o'lchovli. Agar list juda yupqa bo'lsa, u rulonlarda chiqariladi.[25]

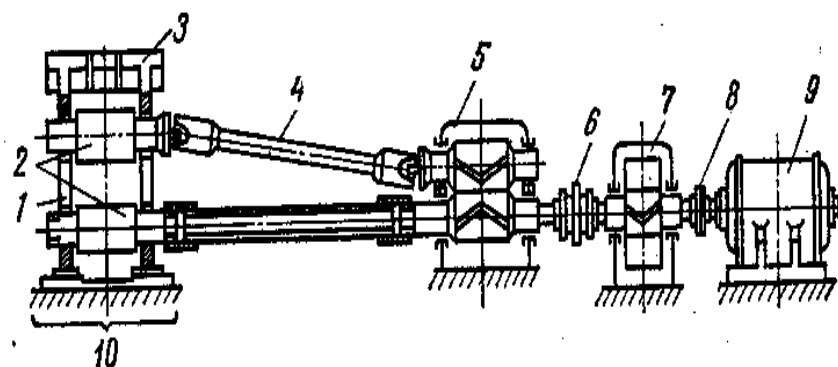
Maxsus profilli prokatlarga: zet shaklidagi, kolona shaklidagi, traktor boshmog'i va xakozolar shaklida bo'ladi.



1.5-rasm. Maxsus prokat maxsuloti.

Prokat stanlari asosiy qismi bitta yoki bir necha ishchi kletdan iborat bo'lib, unda prokat vallari joylashgan. Vallarni elektrodvigatel harakatga keltiradi. 1.6-rasm [26]

Prokat stani ikki, uch, turt va ko'p juvali bo'ladi. Prokat stanlari juvalarini diametri mm hisobida yuritiladi. Misol: stan 250, stan 500.



1.6-rasm. Prokat stannini sxemasi

1. ishchi klet 2. juvalar 3. korauss 4. shpindel 5. tishili klet 6. mufta 7. reduktor

## 8. mufta 9. elektrodvigatel

Yoyish jarayoni quyidagicha bo'ladi. Harakat elektrodvigateldan mufta 6, reduktor 5, mufta 4 tishli gildirakka keladi. Tishli kletdagi harakatni shpindel orqali ishchi kletga o'tadi. Vallar orasiga utilayotgan zagotovka val yuzasini kesimini olib yoyilib chiqadi.[27]

Prokat stanlarining juvalarning profili har xil bo'ladi. Misol: mis olish uchun juvalar yuzi tekis bo'ladi, sort, fason maxsus profil olish uchun juva yuzi har xil kesimli bo'ladi.

Juvalar yuzidagi arikchalarni uyiqchalar deb ataladi. Ikkita juva birgalikda hosil qilgan bo'shlik kalibr deb yuritiladi. Zagotovka kalibrdan o'tib, shakllanib, kalibrni shaklini oladi. Kalibrlar ochiq va yopiq bo'ladi. Ochiq kalibrlarda simmetriya o'qi parallel, yopik kalibrlarda esa simmetrik parallel emas.[28]

Kalibirlovchi vallar vazifalariga ko'ra

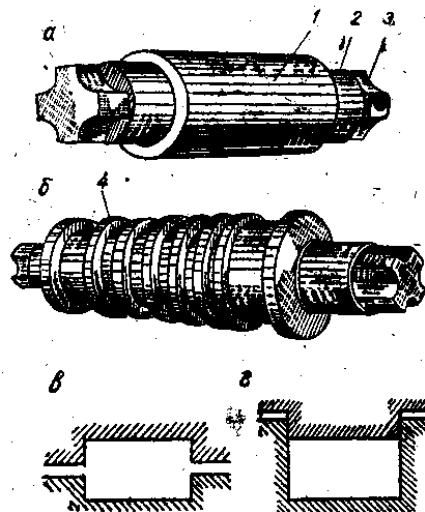
1. ixchamlovchi
2. shaklga, profilga yaqinlashtaruvchi
3. toza yuza olish uchun.

Ikki juvali stanlar o'z navbatida reversiv va reversivmas stanlarga bo'linadi. Reversiv stanlarda zagotovka har ikki tomonga aylanadi. Reversivmas stanlarda zagotovka faqat bir tomonga aylanadi. Prokat tezligi listlarni chiqarayotgan 7-15 m/sek, tunika yoyishda 35 m/sek.

Juvali stanlar asosan metalni issiq holda yoyish uchun ishlatiladi. Uch juvali stanlarda o'rtacha val ishqalanish hisobiga aylanadi.

6,8,12, 20 juvali ko'p juvali stanlarda ikkita ishchi juva bo'lib, list lentalarini sovuq holda yoyish uchun xizmat qiladi.[29]

Universal stanlarda vertikal va gorizantal joylashgan bo'lib, bunda zagotovka ham uzunasiga, ham ko'ndalangiga yoyiladi.[30]



1.7-rasm. Prokat stanining juvalarini profili. 1-bochka ,2-bo'yin, 3-treyf,  
4-ariqcha в) ochiq kalibr, г) yopiq kalibr

### Prokatkani ish unumi

$$A = \frac{3600 \cdot G}{T} \text{ t/soat}$$

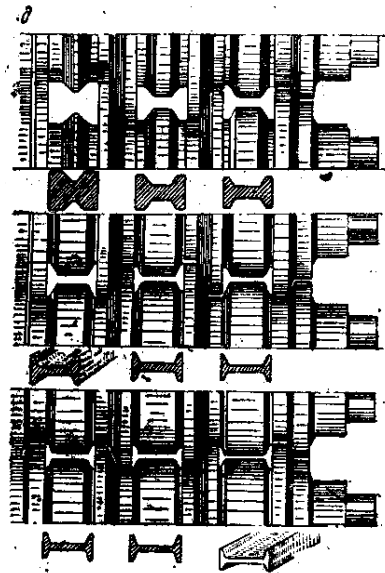
Bunda, A- ish unumi, t/s

G- qo'yma ogirligi

T- prokat ritmi

Sim prokat stanlarda dimetri  $d=5-9$  va katta diametrli simlar olinadi. Kichik diametrdagi simlar cho'zish yo'li bilan olinadi. Sim prokat stanlari to'xtovsiz ishlaydi va tezligi 20-30 m/sek. Simlar 200 kgli buntga o'raladi.

Profil olish jarayoni ancha murakkab operatsiyalar bo'lib, bunda prokatni. Profilni ko'ndalang kesimi yuzini mustahkamligiga qarab zagotovka birin-ketin 7-14 martagacha kalibrlardan o'tadi. Ular shaklga yaqinlashtiruvchi, dag'al va toza kalibridir. Shvellerni kalibrlash jarayoni 1.7-rasmda ko'rsatilgan va bir nechta shaklga yaqinlashtiruvchi kalibrlardan iborat.[31]



1.8-rasm. Qo'shtavr kalibrlash etaplari.

### 1.3 Prokat ishlab chiqarish texnologiyasi.

Po'lat ishlab chikarish sexlarida quymalar temperaturasi  $800-850^{\circ}\text{C}$  da prokat sexining qizdirish bo'lishga tushadi va unda  $1300-1350^{\circ}\text{C}$  li pechlarda qizdiriladi. Qizdirilgan quymalar kranlar yordamida rolganga quyiladi. Rolgan roliklardan iborat bo'lib, quymani yoyish uchun blyumin yoki slyabinga uzatadi. Blyumin va slyabinlar o'z navbatida quymani o'lchamlari  $350 \times 350$  dan to  $150 \times 150$  mmga keltirilganidan so'ng list prokat staniga yoki to'xtovsiz ishlaydigan tayyorlovchi stanga uzatiladi. Bunda o'lchami ( $50 \times 50$ ) keltirilib, berilgan uzunlikda qirqilib sklidlarga topshiriladi.[32]

Shunday qilib hozirgi prokat ishlab chiqarishi ikki sikldan iborat bo'lib, quyma zagotovka va tayyor maxsulotidir.

Listlarni prokatka qilish. Hozirgi listlarga talab tobora o'sib bormoqda, shu talabni qondirish uchun to'xtovsiz va yarim to'xtovsiz ishlaydigan stanlar mavjud bo'lib, bitta stan yiliga 1 mln tonnagacha list chiqarishi mumkin.[33]

Yupqa listlarni chiqarish uchun to'xtovsiz ishlaydigan stanlar bo'lib, kletda juvalar toza va dag'al bo'lib, toza kletdan o'tganda listlar yuzasi toza bo'ladi.

Listlarning yoyishda uni yuzini tozaligi katta rol o'ynaydi. Zagotovka qizdirilganda uni yuzida oksidlar hosil bo'ladi. Shuning uchun uni yuzini

tozalash kerak. Tozalash uchun list yuzalarini 15-20 %li  $H_2SO_4$  bilan kovsharlanib tozalanadi, yuviladi va quritiladi.[34]

Sanoatni o'sishi detal va zagotovka bo'lgan talabni oshirdi. Ayniqsa, metallardan foydalanish koeffisientini oshirish, metalni chiqitga chiqarishni kamaytirish, ish unumini oshirish uchun ko'prok bolg'alab olinadigan zagotovkalarni ixchamlashtirish uchun davriy prokat chiqarilmoqda. Davriy prokatlash yo'li bilan uzunligi bo'yicha ko'ndalang kesimi har xil bo'lgan zagotovkalar, sharlar, shatuni zagotovkasi va boshqalar olinadi.

Ba'zi prokatlarni tayyorlash texnologiyasi haqida. Ma'lumki, prokatlash jarayonida turli prokatlar (buyumlar) ishlab chiqariladi. Ana shunday prokat turlaridan *chokli va choksiz* quvurlar, hamda suyuq metallardan prokatlar olish jarayonlari haqida tanishish maqsadga muvofiqdir.[33]

*Chokli quvurlar* tayyorlash esa uch bosqichdan: tayyorlamani egib, quvur shakliga keltirish, quvurni payvandlash va payvandlangan quvurni kalibrlash bosqichlaridan iborat.

Chokli quvurlarni ishlab chiqarishda tayyorlanma sifatida po'lat polosasi (shtrips) olinadi, uning eni olinadigan quvurning perimetriga, qalinligi esa uning devori qalinligiga teng bo'ladi.

Kichik diametrli (100 mm gacha) quvurlar olishda tayyorlanma maxsus pechlarda 1300—1350°C gacha qizdirilib, so'ngra zanjirli stanning payvandlash voronkasi orqali tortib o'tkaziladi. Bunday tayyorlanma quvur shakliga kelib, qisilayotgan qirralari voronkadagi bosim hisobiga payvandlanadi.

Gaz magistral quvurlari uchun mo'ljallangan katta diametrli quvurlar (630—1420 mm gacha) uchun tayyorlanmalar list qayirish stanlarida truba shakliga keltiriladi. Keyingi yillarda listlarni gidravlik presslar sistemasi vositasida qayirib, quvur shakliga kelgan tayyorlanmani zaruriy temperatura (1300 °C) gacha qizdirib, uni po'lat opravkaga kiygizilgan holda, o'yiqli jo'valardan ezib o'tkazish bilan payvandlanadi. Quvurlarni elektr energiyasi va gaz alangasidan foydalanib payvandlash usullari ham qo'llaniladi.

Choksiz quvurlarni ishlab chiqarish quyidagi ikki jarayonni o'z ichiga oladi:

1. Qizdirilgan quymani qiyshiq prokatlash stanida prokatlash bilan unga teshik ochib, qalin devorli gilza olish.

2. Qizdirilgan gilzani maxsus stanlarda prokatlab, trubalar olish.

Suyuq metallarni prokatlash usulida prokat buyumlar olishning asosiy mohiyati shundaki, bunda suyuq metall kovshdan suv sovitib turiladigan jo'valar orasida hosil bo'lgan voronkaga quyiladi. Suyuq metall voronkaga tushgach, qotadi va qarama-qarshi tomonga aylanayotgan jo'valarga qamralib deformasiyalanadi, natijada prokat hosil bo'ladi. Bu usulda mo'rt metallarni, masalan, cho'yanni ham prokatlab yupqa listlar olish mumkin.[35]

Prokatlashning yana bir necha turlari mavjud. Masalan, po'latlarni issiq va sovuq prokatlash, prokatlashning maxsus turlari, rangli metall va qotishmalarni prokatlash, ultratovush orqali prokatlash hamda quymasiz prokatlash jarayonlari sanoat miqyosida keng ishlatiladi.[36]

#### **1.4 Asimmetrik prokatlash**

Hozirgi kungacha yaratilgan texnologiyalarni o'rganish va adabiyotlar taxlili shuni ko'rsatadiki, hozirgi zamon texnikasining rivojlanishi konstruksion va eksplutatsion xarakteristikalariga talab juda ham yuqori. Metallar sifatini yaxshilash yo'llaridan biri- bu asimmetrik prokatlash usulini keng qo'llashdan iborat. Asimmetrik prokatlash siljish intensiv plastik deformatsiyalarini keltirib chiqaruvchi, ikki valik diametrlarini farq qilishi va kinematik asimmetriya bilan, valiklarning chiziqli tezliklari farqi bilan bog'liq progressiv uslublardan biri hisoblanadi va geometrik asimmetriya bilan harakterlanadi va o'z navbatida list qalinligi bo'yicha siljish deformatsiyasini teksturasi hosil bo'ladi. [37]

Asimmetrik prokatlashda simmetrik prokatlashga nisbatan energiya sarfi kamroq. Prokatlash kuchi kamayadi va shu bilan birga yuqori mustaxkam metallar ishlab chiqarish va teksturani modifsiyalashda katta afzallik beradi. Katta deformatsiyalar donlarni ultramayda strukturalarni ishlab chiqarishda metallarga berilishi mumkin.

Ekspremental tadqiqodlarni natijalari va nazariy hisoblashlar, plastik deformatsiya yordamida anizotropiya koeffisientini ko'tarish mumkinligi list metall qalinligi bo'yicha siljish kuchlari natijalari hisoblanadi. Siljish kuchlarini qo'yib plastik deformatsiya amalga oshirish uchun intensiv plastik deformatsiyaning tekis kanalli burchakli presslash, yuqori bosim ostida burab deformatsiyalash, siklik ekstruziya, har tomonlama bolg'alash, qumli soatlar, majburiy buklab presslash, paketli gidroekstruziyalash, paketli prokatlash kabi turli xil uslublari bor.[38] Bu uslublar intensiv plastik deformatsiya bilan metallarning xossalarini yaxshilash, o'zgartirish uchun yo'naltirilgan. Masalan tekis kanalli burchakli presslash va yuqori bosim ostida burab deformatsiyalash bilan nanoo'lchamli donalar mikrostrukturasi olingan. Ammo bu intensiv plastik deformatsiya uslublari keng ishlab chiqarishlarga tadbiiq etishda ayrim cheklanishlar bilan kechadi. Plastik deformatsiyada kuch olingan so'ng deformatsiyalangan metal o'zining dastlabki shaklini tiklamaydi. Odatda uy haroratida metallarning plastik deformatsiyasi diffusion mexanizm bilan emas, balki siljish sirpanish(yuqori energiya nuqsoli metallarda va ikkilamchi burilish (quyi energiya nuqsolli metallarda) ro'y beradi.[39] Metallarda siljish (sirpanish) deformatsiyalari kata atom zichligiga ega bo'lgan Kristall panjaralarning tekisliklarida ma'lum yo'nalishda dislokatsiyalar harakatining ko'tarilishi bilan bir kristall panjaraning ikkinchisiga nisbatan siljishi siljish kuchlanishining tasiri natijasidir.

### **1.5 Prokatlashda metal va qotishmalar strukturasi o'zgarishlar**

Plastik deformatsiya metallarda struktura o'zgarishlariga olib keladi va o'z navbatida u kristallitlar shakli, fazodagi kristallografik yo'nalishi va har bir kristallitni ichki tuzilishini o'zgarishini o'z ichiga oladi.[40]

Bosim bilan ishlov berishda zagotovka shakli asosiy deformatsiya sxemasiga muvofiq har bir kristallitdagi plastik deformatsiya natijasida yuzaga keladigan tashqi kuchlar ta'sirida o'zgaradi. Kristallitlar shaklini asosiy o'zgarishi kristallitlarni asosiy cho'zilish deformatsiyasi (masalan, prokatlash yoki kiryalash, cho'zilish yo'nalishida) yo'nalishida cho'zilishini o'z ichiga oladi.

Sovuq holdagi deformasiyalash darajasi oshishi bilan dona nisbatan cho'zilib boradi va struktura tolali shaklga kelib qoladi. [41]

Plastik deformasiyalash natijasida donaning kristall panjarasi fazoda ma'lum yo'nalishga ega bo'ladi, ya'ni deformasiya 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 deformasiyalash o'qiga nisbatan buriladi. Masalan, sirpanish yo'nalishiga qarab, monokristallni cho'zish cho'zilish o'qiga yaqinlashtiradi. [42]

Deformasiya tekstrurasi xarakteri bosim bilan ishlov berish (asosan, asosiy deformasiya sxemasiga qarab) turi va sharti, kristall panjaraning turi va nuqsonlar energiyasiga bog'liq.

Rentgen tahlili 10-20 % siqilishda sovuq holda deformasiyalash teksturasi hosil bo'lishini aniqlab berdi.

Sovuq holda deformasiyalashga sarflangan 10 % ish metallar tomonidan yutiladi (qolgan qismi esa issiqlik ko'rinishida sochiladi). Metallda to'plangan energiya plastik deformasiya hosil qilgan kristall panjaradagi nuqsonlar energiyasi ko'rinishida "ushlab qolinadi". [43]

Sovuq holda deformasiyalashda har bir kristallitning ichki tuzilishini muhim o'zgarishiga unda dislokasiya zichligining (dislokasiya uzunligi yig'indisini metall hajmiga nisbati) oshishi hisoblanadi. Yaxshi yumshatilgan yarim kristall metallning dislokasiya zichligi  $106-108 \text{ sm}^2$  ga teng bo'lib, sovuq holda deformasiyalashda u bir qancha foizga ya'ni  $109-101,0 \text{ sm}^2$  gacha oshadi. Agar juda kuchli deformasiya ta'sirida esa dislokasiya zichligi (30-40% va undan yuqori foizgacha oshadi)  $109-101,0 \text{ sm}^2$  ga etadi.[44] O'z navbatida, sovuq holatda bosim ishlov berishda dislokasiya zichligi besh-olti martagacha oshishi mumkin.

Plastik deformasiya natijasida vakansiyalar miqdori ham oshadi. Sovuq holatda deformasiyalangan metallni yumshatilganda strukturasining shakllanish

jarayoniga plastik deformasiya natijasida yuzaga keladigan kristall panjara yo'nalishining mahalliy o'zgarishi va uning turlari muhim rol o'ynaydi. [45]

Juda ko'pchilik metallarda uncha katta bo'lmagan deformasiyada (5-10 %) yacheykali struktura shakllana boshlaydi; donacha hajmida dislokasiya qaytadan taqsimlanadi; ularning o'zaro qo'shilishi yemirilgan devorlar (chegaralarda) yuzga keltiradi, uning o'rab turgan sohasida dislokasiyalar zichligi devorlarga nisbatan yetarli darajada kichik bo'ladi. Bunday yacheykalarning o'rtacha o'lchami taxminan 0,5-2 mkmni tashkil etadi, uning devorlari qalinligi esa ancha kichik o'lchamga ega. O'rtacha va katta deformasiyalar intervalida deformasiya darajasining oshishi bilan yacheyka o'lchami kam o'zgaradi, yemirilgan chegaradagi dislokasiyalar zichligi esa oshadi. Juda ko'p tekshirishlar va ular asosida olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, kristallitlar hajmida dislokasiyalarni qaytadan taqsimlanishining relaksion jarayonlarida dislokasiyaning sirpanishi uning zichligini o'sishiga nisbatan qiyin kechishi oqibatida yacheykali strukturalar hosil bo'ladi. Yacheykali strukturalar hosil bo'lishida dislokatsiya ko'ngdalang sirpanishni majburiy ishtiroki dislokatsiyalarni qaytadan taqsimlaydi.

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 deformasiyalanadi. Bunda har bir donachaning qo'shni uchastkasi majburan turlicha buriladi. Natijada qo'shni uchastkalar har bitta dona ichida o'zaro bir necha o'n graduslarga burilishi mumkin. Masalan, yarim kristall alyuminiyda bitta dona ichida 40 % siqilishda yo'nalish 500 gacha o'zgarishi kuzatiladi. [46]

### **Metallarning puxtalanishi (naklyop)**

Metall yoki qotishmaga bosim ostida ishlov berish yo'li bilan puxtalanishga puxtalash (naklyop) deyiladi. Puxtalashni keng ma'noda plastik deformasiya ta'siri natijasida struktura va u bilan bog'liq bo'lgan xossalarini o'zgarishlarining yig'indisi deb tushuniladi.

Sovuq holda deformasiyalash darajasi oshishi bilan deformasiyalanishga qarshilik ko'rsatuvchi ko'rsatkichlar (vaqtinchali qarshilik, oquvchanlik chegarasi va qattqlik) oshadi, plastiklik bilan bog'liq bo'lgan ko'rsatkichlar (nisbiy uzayish i torayish) kamayadi. Deformasiya darajasi 50-70 % dan ortiq bo'lgan holda vaqtinchali qarshilik va qattqlik, odatda 1,5 -2 martaga, ba'zi hollarda esa metallar tabiati va bosim bilan ishlov berish turiga qarab 3 martagacha oshishi mumkin.[47]

Uncha katta bo'lmagan deformasiyalar (10 % gacha) odatda yetarli darajada kuchli vaqtinchali qarshilikka qaraganda oquvchanlik chegarasiga ta'sir qiladi. Katta darajadagi deformasiyalarda ba'zi bir qotishmalarning oquvchanlik chegarasi 5-8 marta va undan ham ortiq oshishi mumkin. Nisbatan uncha katta bo'lmagan deformasiyalarda nisbiy uzayish tezda kamayib ketadi. Metall yoki qotishmaning vaqtinchali qarshiligi va qattqligini 1,5 – 2 marta oshiruvchi kuchli deformasiya, nisbiy uzayishni 10-20, ba'zi hollarda 30-40 va undan ham ko'p martagacha kamaytiradi.

Dastlabki sovuq holda deformasiyalash darajasini oshishi bilan deformasiyalanishga qarshilik ko'rsatuvchi ko'rsatkichlarni oshishi va plastiklik ko'rsatkichlarini kamayishi dislokasiyalar zichligini oshishi natijasida sodir bo'ladi. Puxtalangan metallarda dislokasiyalar zichligi kattaligidan mavjud bo'lgan sirpanishlar juda qiyin kechadi.[48]

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

Metallarni elektr o'tkazuvchanligi nuqtali nuqson va dislokasiyalar ta'sirida sochilib ketadi. Shuning uchun sovuq holda plastik deformasiyalanganda panjaradagi nuqsonlar soni elektr qarshilikni oshishiga olib keladi. Bir vaqtning o'zida katta deformasiyalar ta'sirida mexanik xossa bir qanchaga yoki o'n martagacha o'zgaradi, toza metallarning elektr qarshiligi esa odatda, 2–6 % gacha oshadi.[49]

Sovuq holda deformasiyalashda qotishmalarning elektr qarshiligini ham qiymati ham yo'nalishi jihatidan o'zgarishlari kuzatiladi. Ikkilamchi qayta kristallanish – donaning o'sishining kam ro'y bermaydigan, o'ziga xos holati bo'lib, bu holat qachonlardir anomal bo'lmagan holatdagi donaning o'sishi deb hisoblangan, bu juda ko'p metall va qotishmalar uchun xos bo'lgan hodisadir. Bu jarayon yoki holat uchun tozalangan Fe, Cu, Ag, Zn, Ni, Pt, Al, W va Ta kabi metall va texnik tozalikka ega bo'lgan metallarga va qotishmalarga xosligi aniqlangan.

Eksperimentlar shuni ko'rsatdiki, turli xil qalinlikka ega bo'lgan listlarni turli xil ishlov berishlarda metall va qotishmalardagi donalarni notekis o'sishiga turli sabablar mavjud. Hamma holatlarda ham ikkilamchi qayta kristallanishning rivojlanishining sharti matrisani stabillizasiya qilish, ya'ni birlamchi qayta kristallanishda yuzaga keladigan juda ko'p donalarni kuchli tarzda tormozlash hisoblanadi. Agar matrisa umuman stabil bo'lsa, alohida donalarning o'sishi qaysidir sabablarga ko'ra tormozlanmagan bo'lsa, u holda bu holat ikkilamchi qayta kristallanishni mohiyatini tashkil etadi. O'z navbatida, har bir aniq bir holat uchun ikkilamchi qayta kristallanishni hosil bo'lish sababini tahlil qilsak, quyidagi fikrlarga kelamiz; birinchidan, nima sababdan faqat matrisa stabillashdi va ikkinchidan nimaga alohida olingan donalar hech qanday to'siqsiz, stabillashgan matrisani “yeb tugatib” o'sadi. [4]

Qayta kristallangan matrisaning stabillashining quyidagi sabablari bor: a) dispers zarrachalarning borligi yoki chegaralarda qo'shimchalarning segrasiyasini sodir bo'lishi; b) “teksturali tormozlanishi” va; v) “qalinlik samarasi”. Bu hamma sabablar yuqoridagi mavzularda ko'rib chiqilgan. Aniq bir holatlar uchun ikkilamchi qayta kristallanishda dispers zarrachalar, “teksturali tormozlanish” va “qalinlik samarasi” kabilar bilan tormozlanishning roli eksperimental yo'llar bilan isbotlangan.[32]

Puxtalangan metallni yumshatishda uning xossasi huddi sovuq holda deformasiyalashga o'xshash, teskarisiga o'zgaradi, aynan deformasiyalanishga qarshilik ko'rsatuvchi ko'rsatkichlar (mustahkamlik va oquvchanlik chegarasi,

qattqlik) kamayadi, plastiklik ko'rsatkichlari (nisbiy uzayish va torayish) oshadi.

## II-BOB MIS VA UNING QOTISHMALARIGA TERMIK ISHLOV BERISH TEXNOLOGIYASI

### 2.1 Mis va uning qotishmalari

Mis. Mis 1083°C da suyuqlanadigan, 2560°C da qaynaydigan, solishtirma og'ir- ligi 8,93 ga teng metall bo'lib, D.I.Mendeleyev elementlar davriy sistemasining I-gruppasida joylashgan (tartib nomeri 29). [51] Misning kristall panjarasi yoqlari markazlashgan kub bo'lib, parametri 3.608 Å ga teng; mis atomining radiusi 1.28 Å ga teng. Yumshatilgan misning mexanik xossalari quyidagicha  $\sigma_b=240 \text{ MN/m}^2$  (24 kg/mm<sup>2</sup>);  $\sigma_{oq}= 70 \text{ MN/m}^2$  (7 kg/mm<sup>2</sup>),  $\delta=50\%$ ;  $\varphi = 75\%$ ; HB = 35;  $E = 11 \cdot 10^4 \text{—} 12 \cdot 10^4 \text{ MN/m}^2$  (11000—12000 kg/mm<sup>2</sup>). Mis plastik deformatsiyalanganda uning puxtaligi ortib, plastiklik xossalari pasayadi; ya'ni naklyoplangan mis uchun HB = 70;  $\sigma_b=400\text{--}500 \text{ MN/m}^2$  (40-50 kg/mm<sup>2</sup>);  $\sigma_{oq}=380 \text{ MN/m}^2$  (38 kg/mm<sup>2</sup>);  $\delta = 6 \%$ ;  $\varphi = 35\%$  bo'lib qoladi. [52]

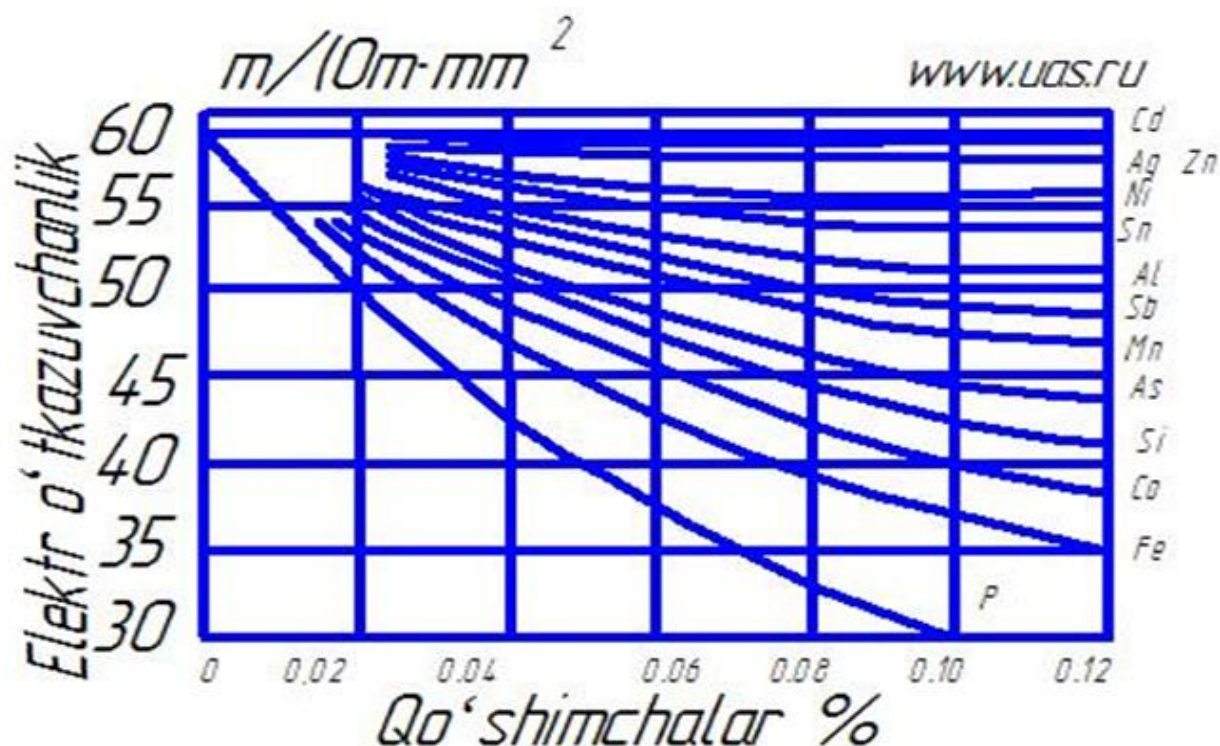
Misning solishtirma elektr qarshiligi.  $\rho=1,69 \cdot 10^{-8} \text{ om}\cdot\text{m}$  (0,01690 m·mm<sup>2</sup>/m), chiziqli kengayish koeffisienti  $\alpha=16,4 \cdot 10^{-6}$ . Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti  $\lambda = 378,43 \text{ vt/m}\cdot\text{grad}$  (0,923 kal/sm·sek·grad). [3]

Mis issiq o'tkazuvchanligi va elektr o'tkazuvchanligi jixatidan kumushdangina qolishadi. Atmosferada mis batamom korroziyabardosh bo'lganligi uchun misdan tayyorlangan buyumlar buzilmasdan juda uzoq vaqt saqlanadi.

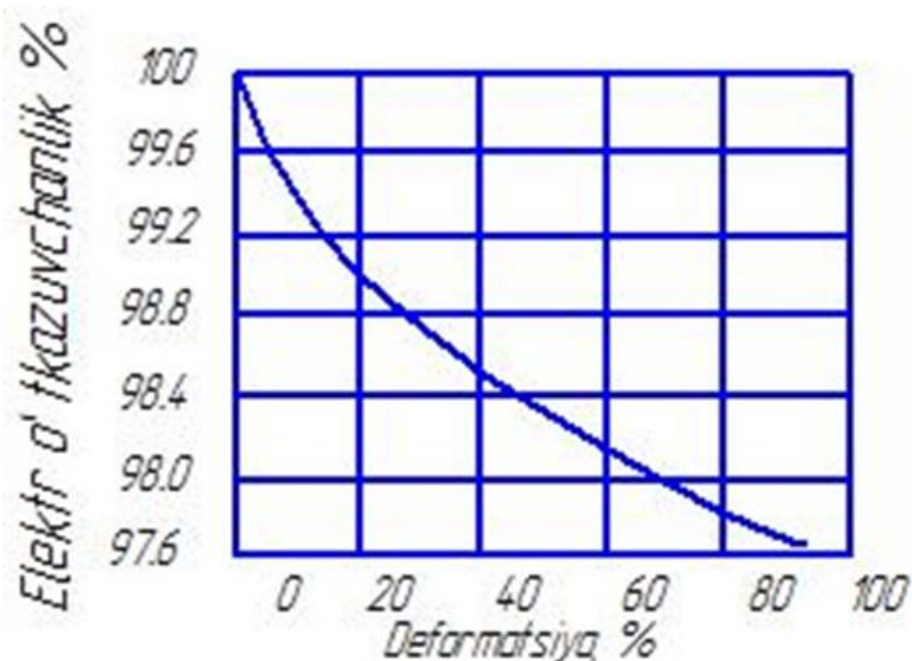
Mis texnikada eng ko'p tarqalgan rangdor metall bo'lib, toza holatda, asosan, elektrotexnikada ishlatiladi. Misning anchagina miqdori mis qotishmalari tayyorlash uchun ketadi. Qo'shimchalarning hammasi misning elektr o'tkazuvchanligini pasaytiradi (2.1-rasm).

Plastik deformasiya (naklyop) ham misning elektr o'tkazuvchanligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi (2.2-rasm)). Shu sababli, yuqori puxtalik talab etilmaydigan elektr simlari yumshatilgan (deformasiyalanmagan) misdan tayyorlanadi. Puxta bo'lishi talab etiladigan osma elektr simlari tayyorlash

uchun nagartovka qilingan yoki puxtalovchi elementlar, masalan, kadmiy oz mikdorda (1%) qo'shilgan mis ishlatiladi.[4]



2.1-rasm.Misning elektr o'tkazuvchanligiga qo'shimchalarning ta'sirini ko'rsatuvchi egri chiziqlar.



2.2-rasm. Misni elektr o'tkazuvchanligiga deformatsiyaning tasirining ko'rsatuvchi egri chiziq

Shuni ham aytib o'tish kerakki, mutlaqo toza (100% li) mis olib bo'lmaydi. Ilmiy tadqiqodlar uchun elektroliz yo'li bilan tozaligi juda yuqori (99,999% li) mis olish mumkin, ammo texnikada ishlatiladigan mis tarkibida 0,1—0,5% qo'shimchalar hamma vaqt bo'ladi. Texnikada ishlatiladigan misda bo'ladigan qo'shimchalar Bi, Pb, Sb, As, Fe, Ni, Sn, P, O elementlari bo'lib, bular ichida eng zararlisi vismutdir, shu sababli mis tarkibida 0,003% dan ortiq miqdorda vismut bo'lishiga ruxsat etilmaydi. Zararliligi jixatidan vismutdan keyingi o'rinda qo'rg'oshin turadi, misda bu elementning miqdori 0,05% dan oshmasligi kerak. Vismut ham, qo'rg'oshin ham misda erimay, oson suyuqlanuvchan evtektikalar hosil qiladi.[53]

Mis-vismut qotishmasining kristallanish protsessi, amaliy jihatdan olganda, vismutning suyuqlanish temperaturasi ( $270^{\circ}\text{C}$ ) da, mis qo'rg'oshin qotishmalarining kristallanish protsessi esa qo'rg'oshinning suyuqlanish temperaturasi ( $327^{\circ}\text{C}$ )da tugallanadi. Mis vismut qotishmasining strukturasi Cu+Bi dan iborat bo'ladi. Bu qotishmada vismut ilgari ajralib chiqqan mis-kristallarini qobiq tarzida o'rab oladi, shuning uchun bu qotishma vismutning suyuqlanish temperaturasidan yuqori temperaturagacha qizdirilganda misning birlamchi kristallari orasidagi bog'lanish buziladi. Binobarin mis-vismut qotishmasini qizdirib turib prokatlab bo'lmaydi. Bu aytilganlarning hammasi mis-qo'rg'oshin qotishmalariga ham oiddir.[54]

Endi, mis xossalariga kislorod va oltingugurtning qanday ta'sir etishini ko'rib chiqaylik. Kislorod misda erimaydi va misning bir qismini oksidlab, mis (1)-oksidga aylantiradi, mis esa bu oksid bilan aralashib, tarkibida 3,4%  $\text{Cu}_2\text{O}$  (0,38% kislorod) bo'lgan evtektika (Cu+ $\text{Cu}_2\text{O}$ ) hosil qiladi. Cu+ $\text{Cu}_2\text{O}$  evtektika misni bosim bilan ishlash uchun qizdirsh temperaturasidan yuqori ( $1065^{\circ}\text{C}$ ) temperaturada suyuqlanadi, shu sababli kislorod, vismut bilan qo'rg'oshinning aksicha, misda cho'g'langan holatda sinuvchanlik xossasi hosil qilmaydi.

L a t u n . Asosan mis bilan ruxdan iborat qotishmalar latun deb ataladi. Texnikada tarkibidagi rux miqdori 5-45% gacha bo'lgan latunlar ishlatiladi. Latun tarkibida rux miqdori 5-20% gacha bo'lsa uning rangi qizil bo'ladi.

20-36%gacha rux tutgan latunlar esa sariq rangda bo'ladi. Hozirda ishlab chiqarishda tarkibida 45%gacha rux tutgan latunlardan foydalaniladi. [55]

Likvidus chizig'i bilan solidus chizig'i orasida suyuq faza bilan qattiq fazalar, solidus chizig'idan pastda esa faqat qattiq fazalar —  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\varepsilon$  va  $\eta$  fazalar bo'ladi. Ana shu qattiq fazalar nimalardan iborat ekanligini birma-bir ko'rib chiqamiz.

$\alpha$ -faza — ruxning misdagi qattiq eritmasi. Normal temperaturada misda 39% rux eriydi, ruxning misda eruvchanligi  $453^{\circ}\text{C}$  gacha deyarli o'zgarmay,  $905^{\circ}\text{C}$  da 32% ga tushadi.  $\alpha$ - qattiq eritmaning kristall panjarasi yoqlari markazlashgan kubdir.

$\beta$  -faza — erituvchisi CuZn bo'lgan qattiq eritma. CuZn birikmasida bog'lanish elektron tipidadir (valent elektronlar sonining atomlar soniga nisbati elektronlar konsentrasiyasi  $3/2$ ).  $\beta$ - qattiq eritmaning kristall panjarasi hajmi markazlashgan kubdir. Kristall panjarada atomlarning tartibli joylashuvi  $453\text{—}470^{\circ}\text{C}$  dan past temperaturadagina saqlanib qoladi. Kristall panjarasida atomlar tartibli joylashgan  $\beta$ - qattiq eritma  $\beta'$  bilan belgilanadi.  $453\text{--}470^{\circ}\text{C}$  dan yuqori temperaturalarda hajmi markazlashgan kub panjaradagi mis va rux atomlari statistik joylashib qoladi.

$\gamma$ - faza — erituvchisi  $\text{Cu}_5\text{Zn}_8$  bo'lgan qattiq eritma.  $\text{Cu}_5\text{Zn}_8$  birikmasidagi bog'lanish ham elektron tipida bo'lib, valent elektronlarning atomlarga nisbati  $21/13$ .  $\gamma$ - qattiq eritmaning kristall panjarasi murakkab kub panjaradir.  $270^{\circ}\text{C}$  dan past temperaturada kristall panjarada atomlar tartibli joylashgan bo'ladi. Kristall panjarasida atomlar tartibli joylashgan qattiq eritma  $\gamma'$  bilan belgilanadi.

$\delta$  -faza xozircha yaxshi o'rganilgan emas.

$\varepsilon$ - faza — erituvchisi  $\text{CuZn}_3$  bo'lgan qattiq eritma.  $\text{CuZn}_3$  birikmasidagi bog'lanish ham elektron tipida (valent elektronlarning atomlarga nisbati  $7/4$ ).  $\varepsilon$  - qattiq eritmaning kristall panjarasi atomlari zich joylashgan (kompakt) geksagonal panjaradir.

$\eta$ -faza — misning ruxdagi qattiq eritmasi.

$\alpha$ -latunlar bilan ( $\alpha+\beta$ )-latunlar Л harfi va bu harfdan keyin keladigan raqamlar bilan markalanadi; masalan, Л62, Л68, Л70, Л80 va hokazo ( $\alpha$ -latunlar uchun), Л59 va boshqalar [ $(\alpha-\beta)$ latunlar uchun]; Л harfidan keyingi raqamlar latun tarkibidagi misning prosent bilan ifodalangan o'rtacha miqdorini bildiradi. Murakkab, ya'ni tarkibida mis bilan ruxdan tashkari, boshka elementlar ham bo'ladigan maxsus latunlar L sarfi va undan keyin qaysi element yoki elementlar qo'shilganligini bildiruvchi harflar, shundan keyin esa tegishli raqamlar bilan markalanadi; masalan, ЛС74-3, ЛО70-1, ЛАН59-3-2 va hokazo. Markadagi birinchi son misning, undan keyingi raqamlar esa tegishli elementlarning prosent bilan ifodalangan o'rtacha miqdorini bildiradi. [56]

Maxsus latunlarga qo'rg'oshin latunning kesib ishlanuvchanligini yaxshilash uchun, qalay dengiz suvida korroziyabardoshligini oshirish uchun alyuminiy va nikel mexanik xossalari ko'tarish uchun qo'shiladi va xokazo.

Tarkibidagi misning miqdori ko'p bo'lgan  $\alpha$ -latunlarning rangi oltin rangda bo'lib, zargarlik va bezak buyumlari tayyorlash uchun ishlatiladi va tompak deb ataladi.

Bronza . Qalayli bronza . Yaqinlargacha faqat mis bilan qalay qotishmalari bronzalar deb atalar edi. Hozirda esa mis bilan qalay alyuminiy, qo'rg'oshin, berilliy va boshqa elementlar qotishmasi bronzalar deb ataladi.

Bronza Бр harflari, legirlovchi elementlarni bildiradigan harflar va shu elementlarning prosent hisobidagi o'rtacha miqdorini ko'rsatuvchi raqamlar bilan markalanadi. Masalan, БрОHC11-4-3 marka qalayli va nikel hamda qo'rg'oshin bilan legirlangan bronzani bildiradi, 11 soni bronza tarkibida o'rta hisob bilan 11% qalay, 4 raqami o'rta hisob bilan 4% nikel, 3 raqami esa o'rta hisob bilan 3% qo'rg'oshin borligini bildiradi.[56]

Alyuminiyli bronza . Alyuminiyli bronza mexanik xossalari, ximiyaviy ta'sirlarga bardosh berish xususiyati, suyuq xolatda okuvchanligi va ba'zi boshka xossalari jixatidan kalayli bronzadan ustun turadi.

Kremniyli bronza. Tarkibida 3—4% kremniy bo'lgan bronzaning

mexanik xossalari qalayli bronzalarnikidan yuqori bo'ladi. [3]

### ***Л68 markali latun haqida umumiy ma'lumot.***

Л68 markali latun bosim ostida ishlanadigan latunlar turiga mansub bo'lib, sovuq holda juda yaxshi deformatsiyalanadi. Undan setka simlari, radiator lentalari, issiqlik o'tkazuvchi trubalar, sovitish qurilmalari (konditsionerlar) tayyorlashadi.

Л68ning kimyoviy tarkibi %

GOST 15527 - 2004

2.1-jadval

| Fe       | P         | Cu            | Pb        | Zn           | Sb         | Bi         | Qo'shimchalar |
|----------|-----------|---------------|-----------|--------------|------------|------------|---------------|
| 0.1gacha | 0.01gacha | 67<br>-<br>70 | 0.03gacha | 29.7<br>- 33 | 0.005gacha | 0.002gacha | hammasi 0.3   |

Л68 markali quyma latunning texnologik xossalari .

2.2-jadval

|                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| Температура erish :                 | 938 °C       |
| Issiq holda ishlash temperaturasi : | 700 - 850 °C |
| Yumshatish temperaturasi:           | 550 - 650 °C |

Л68 markali latunning fizik xossalari .

2.3-jadval

| T    | E 10 <sup>-5</sup> | $\alpha$ 10 <sup>6</sup> | $\lambda$   | $\rho$            | C            | R 10 <sup>9</sup> |
|------|--------------------|--------------------------|-------------|-------------------|--------------|-------------------|
| Grad | MPa                | 1/Grad                   | Vt/(m·Grad) | kg/m <sup>3</sup> | Dj/(kg·grad) | Om·m              |
| 20   | 1.12               |                          | 113         | 8500              |              | 72                |
| 100  |                    | 19                       |             |                   | 376.8        |                   |

| AQSH   | Germaniya        | Yaponiya | Fransiya        | Angliya | Yevroasiyo       | Italiya                | Polsha | Chexiya |
|--------|------------------|----------|-----------------|---------|------------------|------------------------|--------|---------|
| C26800 | 2.0280<br>CuZn33 | C2680    | CuZn33<br>U-Z33 | CZ107   | CuZn33<br>CW506L | P-<br>CuZn33<br>P-OT67 | CuZn33 | 423212  |

**Mexanik xossalar :**

- $\sigma_B$  - Mustahkamlik chegarasi , [MPa]
- $\sigma_T$  - Elastik deformatsiya chegarasi), [MPa]
- $\delta_5$  - Nisbiy cho'zilishi , [ % ]
- $\psi$  - Nisbiy torayishi , [ % ]
- KCU - Zarbiy qovushqoqligi , [ kJ / m<sup>2</sup>]
- HB - Brinel bo'yicha qattiqligi , [MPa]

**Fizik xossalar :**

- T - Harorat , [Grad]
- E -Elastiklik moduli , [MPa]
- $\alpha$  -Issiqlikdan kengayish koeffisienti (20° T ) , [1Grad]
- $\lambda$  - Issiqlik otkazuvchanlik koeffisienti , [Wt/(m·grad)]
- $\rho$  - Material zichligi , [kg/m<sup>3</sup>]
- C - Solishtirma issiqlik o'tkazuvchanligi [J/(kg·grad)]
- R - Solishtirma elektr qarshiligi, [Om·m]

Ko'p komponentli latunlarda alyuminiy, temir, marganes, qo'rg'oshin, kremniy nikel asosiy ligerlovchi elementlar hisoblanadi.Ularning har biri latun xossalariga turlicha tasir ko'rsatadi.

Marganes mustahkamlik va karroziyabardoshligini oshiradi,alyuminiy, qalay vat emir bilan birgalikda yaxshi xossalarini namoyon qiladi.

Qalay mustahkamlik va dendiz suvida karroziyaga kuchli chidamlilikni beradi. Shuning uchun qalayli latunlar dendiz latunlari deb ataladi. Nikel mustahkamlik va turli muhitlarda karroziyabardoshlikni oshiradi

Qo'rg'oshin mexanik xossalarini yomonlashtiradi, ammo kesib ishlanuvchanligini oshiradi.[57]

## **2.2.Mis va uning qotishmalariga termik ishlov berish texnologiyasi.**

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 xossalarini (bosim, kesish va boshqa usullar bilan ishlov beruvchanlikni) yaxshilash uchun oraliq operatsiya, ikkinchi tomondan buyumlarni ekspluatasion tavsifnomalarini talab darajasida ta'minlash uchun metall va qotishmalarni kompleks mexanik, fizik va kimyoviy xossalar berishga mo'ljallangan oxirigi 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 xossalarini o'zgarishiga olib keladi.[4]

Mis va uning qotishmalariga termik ishlov berishda quyidagi asosiy hususiyatlarni etiborga olish kerak: yuqori issiqlik o'tkazuvchanlik va qizdirishda gazlar bilan o'zaro tasirlashuvi. Yupqa va yarim tayyor mahsulotlarga issiqlayin ishlov berishda issiqlik o'tkazuvchanlik ikkinchi darajalidir. O'lchamlari katta bo'lgan mahsulotlarni qizdirishda misning ko'ndalang kesim bo'yicha issiqlik o'tkazuvchanligi boshqa qotishmalar(masalan titan qotishmalari) ga qaraganda tez va bir xildir. Misning bu hususiyati tufayli misni toblashda muammo tug'ilmaydi. Katta o'lchamli detallarda yoki yarim tayyor mahsulotlarda toblanish butun yuza bo'ylab bir xil

va juda yaxshi tarqaladi. Yuqori haroratlarda mis va uning qotishmalari kislorod va suv bug'i bilan aktiv bog'lanisha bo'ladi ya'ni tez ta'sirlashadi. Shunga ko'ra misdan tayyorlangan mahsulot va yarim mahsulotlarni termik ishlashda himoya atmosferasidan foydalaniladi. Bunday himoya atmosferasi alyumin qotishmalarini termik ishlashda kam ishlatiladi. Mis va uning qotishmalarini yumshatishdan maqsad qotish jarayonida strukturani muvozanat holatga keltirishda buzilishlarni yo'qotadi. Gomogen yumshatish quyma mahsulotlarda maksimal haroratda qotishmani tashkil etuvchilari og'ib ketmasligini taminlaydi. Mis va latunda likvatsa nisbatan kam bo'ladi. Shuning uchun issiq holda quyib ishlangan detallarni gomogen yumshatishni o'zi yetarli bo'ladi. Quyma misda evtektika donalar chegarasida joylashadi va nuqtaviy tuzilishga ega bo'ladi. Bunday mis qotishmasi deformasiyalanganda (bosim bilan ishlanganda) evtektika yemirilib, mis (I)-oksid alohida-aloxida qo'shilmalar tarzida bo'lib qoladi.[58]

Tarkibida kislorod bo'lgan mis qaytaruvchi gaz muhitda, ya'ni tarkibida  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  va shu kabi gazlar bo'lgan muhitda qizdirib ishlanganda misda darzlar xosil bo'ladi, chunki yuqori temperaturada vodorod va qaytaruvchi boshqa gazlar misga diffuzilanib, misdagi kislorod bilan birikadi, ya'ni misni qaytaradida, suv bug'i yoki  $CO_2$  xosil qiladi, suv bug'i yoki  $CO_2$  esa yuqori bosimni vujudga keltiradi. Bayon etilgan hodisa vodorod kasalligi deb ataladi.

Misni deformasiyalash uni mustahkamligini oshishi [ $\sigma_b = 40 \div 45 \text{ kgs/mm}^2$  ( $400-450 \text{ MN/m}^2$ )] va plastikligini ( $\delta = 2 \div 4 \%$ ) kamayishi bilan boradi. Misning plastikligini oshirish uchun uni  $500-600^\circ\text{C}$  temperaturada rekristallanuvchi (qayta kristallanuvchi) yumshatishga jalb qilinadi va natijada plastiklik tezda oshadi ( $\delta = 45 \div 50 \%$ ), mustahkamlik kamayadi [ $\sigma_b = 25 \text{ kgs/mm}^2$  ( $250 \text{ MN/m}^2$ )]. Nisbatan yuqori temperaturalardagi rekristallanuvchi (qayta kristallanuvchi) yumshatishda, nafaqat donani o'sishi, balki rekristallanish teksturasi ham hosil bo'ladi, natijada misdan tayyorlangan listlarni cho'zilishini yomonlashtiradi. Bir fazali  $\alpha$  latunda (misning miqdori 61 %dan kam bo'lmagan Л170, ЛН65-5 va boshqa markali latunlarda) faza o'zgarishlari ro'y bermaydi va shuning uchun

ular faqat 600 – 700<sup>0</sup> C temperaturada rekristallanuvchi (qayta kristallanuvchi) yumshatishga jalb qilinadi (puxtalashni (naklyopni) olib tashlash uchun).  $\alpha$  latunni yumshatishda sovitish havoda yoki sovutishni tezlashtirish va undan oksidlarni yaxshi ajralishi uchun suvda ham olib boriladi.[3]

Qayta kristallanuvchi (rekristallizatsion) yumshatish – deforma-siyalangan metall yoki qotishmaga termik ishlov berish bo'lib, unda asosiy jarayon qayta kristallanish hisoblanadi. Rekristallizatsion yumshatish bu –mis va uning qotishmalaridan tayyorlangan yarim tayyor mahsulotlarni termik ishlashning eng ko'p tarqalgan usullaridan biridir. Zr, Cd, Sn va Sb kabi elementlar mis va uning qotishmalarini rekristallizatsion haroratini boshlanishini tezlashtiradi. Ni, Zn, Fe va Co elementlari esa rekristallizatsion haroratni boshlanishini kechiktiradi.[4]

Rekristallizatsion yumshatish sovuq holda prokatlashda, cho'zish yoki shtamplashda metallning plastik deformasiyasi tufayli paydo bo'ladigan qattiqlashgan qismi (naklep) ni yo'qotish uchun qo'llaniladi. Metallning sovuq holda plastik deformasiyasi tufayli mustaxkamlanishiga puxtalash deyiladi. Sovuq holda metallni prokatlash, shtamplash, cho'zishda uning donalari deformasiyalanib, maydalanadi. Bu metallning qattiqligini oshiradi, uning plastikligini kamaytirib, mo'rt qilib qo'yadi. Puxtalanishning mohiyati ham shunda. [59]

Gomogenlovchi yumshatish – bu termik ishlov berish turi bo'lib, metall yoki qotishmalardagi dentritli kimyoviy notekislik (likvasiya) tufayli hosil bo'ladigan ta'sirlarini (kamchiliklarni) yo'qotish uchun xizmat qiladigan eng asosiy jarayon hisoblanadi. Eng harakterli va amaliy jihatdan juda muhim bo'lgan gomogen-lovchi yumshatish buyumning plastikligi, zarbiy qovushqoqligi va toliqishdagi tavsifnomalariga katta ta'sir ko'rsatadi. Ko'pincha gomogenizatsiyalashni bosim bilan ishlov berishdan oldin qizdirish operatsiyasi bilan birlashtirilib, uning pechda ushlab turish vaqti oshiriladi. ( $\alpha+\beta$ )– latunlarni (mis miqdori 55–61 % bo'lgan, ЛЖМц59-1-1 va boshqa markali latunlarni) qizdirishda fazalarni qayta kristallanishi kuzatilib, yumshatishdagi sovutish

tezligi latunning strukturasida va xossasiga ta'sir qiladi. Latunni yumshatishda asta-sekin sovutish uni nisbatan plastik qiladi va o'z navbatida uning strukturasida plastik  $\alpha$  faza ko'proq va kam plastik  $\beta$  faza kamroq bo'ladi. Agar yumshatishda tez sovutadigan bo'lsak, teskarisi bo'lib,  $\beta$  faza ko'roq,  $\alpha$  faza esa kamroq bo'ladi. Chuqur cho'zish uchun ishlaydigan latundan tayyorlangan listlarda mayda donali strukturani olish uchun ularni nisbatan past temperaturalarda ( $450 - 550^{\circ}\text{C}$ ) yumshatiladi. [60]

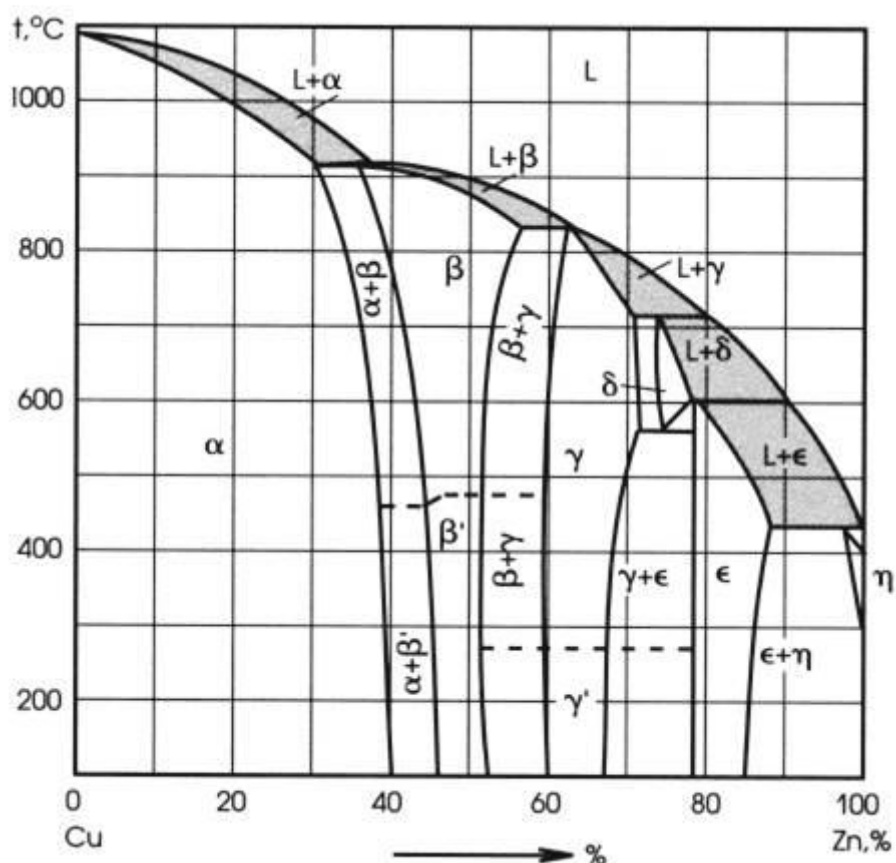
Nam atmosfera sharoitlarida ishlaydigan deformasiyadan keyin qoldiq deformasiyasiga ega bo'lgan latundan tayyorlangan detallar uchun o'z-o'zidan yorilib, darz ketishi harakterli hisoblanadi. Bu holatni oldini olish uchun latundan tayyorlangan bunday detallar past temperaturali yumshatishga (rekristalanish ya'ni qayta kristallanish temperaturasidan past temperatura, ya'ni  $200 - 300^{\circ}\text{C}$ ) jalb qilinadi, natijada qoldiq kuchlanishlar bartaraf qilinadi, puxtalanish (naklyop) saqlanib qoladi.[61] Ayniqsa, alyuminiyli latunlar o'z-o'zidan yorilib ketishga moyil bo'lganligi uchun ko'proq ularni past temperaturali yumshatishga jalb qilish zarur. Bir fazali bronzalarda kimyoviy tarkibni tekislashtirish va  $\delta$ -qattiq fazali qo'shimchaga ega bo'lgan ikki fazali strukturani bir fazali  $\alpha$ -fazaga aylantirish uchun (buning oqibatida plastiklik oshadi) bronzalar  $700 - 750^{\circ}\text{C}$  temperaturagacha qizdirib, ushlab turib keyingi tez sovutish jaryoni hisoblangan gomogenlovchi yumshatishga jalb qilinadi. Ichki kuchlanishlarni yo'qotish uchun bronzadan olingan quymalar  $550^{\circ}\text{C}$  temperaturada yumshatiladi. Deformasiyalanadigan qalayli bronzalar 6 % gacha qalayga ega bo'ladi va ulardagi sovuq bilan ishlov berish operasiyalar orasida ularning plastikligini qayta tiklash uchun  $600-700^{\circ}\text{C}$  temperaturada rekristallanuvchi (qayta tiklanuvchi) yumshatish bajariladi. 9,4 % dan 11,8 % gacha alyuminiyga ega bo'lgan bronza  $565^{\circ}\text{C}$  temperaturadan yuqori temperaturada strukturasida  $\beta$  yoki  $(\alpha+\beta)$ - fazalardan iborat bo'ladi. Bu bronza sekin sovutilganda  $\beta$  faza  $565^{\circ}\text{C}$  temperaturada  $\beta_s \rightarrow \alpha + \gamma_{2b}$  ga evtektoidli parchalanadi va bu qotishmalarning strukturasida  $\alpha$ -qattiq eritma donasi va  $(\alpha + \gamma_2)$  fazadan iborat evtektoiddan iborat bo'ladi. yuqorida aytib o'tilgan fikrlardan,

8 dan 11 % gacha alyuminiyga ega bo'lgan alyuminiyli bronzada qizdirish va sovutishda fazalarni qayta kristallanishi ro'y berishi tufayli termik ishlov berishga (toblashga) jalb qilinadi. Agar, evtektoidgacha bo'lgan alyuminiyli bronzani, masalan 10-11 % alyuminiyga ega bo'lgan bronzani strukturasi  $\beta$  faza hosil bo'lguncha qizdirib, so'ngra tezda sovutsak (suvda), martensit tipidagi strukturadagi  $\beta$  fazaga diffuziyasiz o'tishi kuzatiladi.[62]

Toblash natijasida mustahkamlik va qattqlik oshadi, plastiklik kamayadi. Toblashdan so'ng talab qilingan xossaga qarab, 400–650°C temperaturada bo'shatiladi. Eng samarali natijani БрАЖН-4-4 markali bronzani toblashda kuzatish mumkin.

Issiq holda bosim ostida ishlov berishda qotishma tuzilishining o'zgarishi kuzatilsa ham lekin unda keyingi sovuq holda bosim ostida ishlov berishda texnologikligini ta'minlash uchun quyma strukturasi ta'sirini to'liq bartaraf etish uchun etarli bo'lmaydi. Sovuq holda bosim ostida deformasiyalangan qotishmada plastiklikning kamayishi quyma strukturaning "nasldorligi" bilan bartaraf etilmagan dentritli kimyoviy notekislikni namoyon bo'lishi oqibatida sodir bo'ladi. Bu yana shu bilan tushuntiriladiki, issiq holda bosim ostida ishlov berishda kuchli tarzda qotishmaning strukturasi maydalanishi va "aralashishi"ga qaramasdan, dentritli kimyoviy notekislik tufayli yuzaga kelgan mikrotekis emaslikni to'liq bartaraf etilmaydi.[61] Quymani gomogenizasiyalash sovuq holda bosim ostida deformasiyalangan qotishmada plastiklikni oshiradi, oraliq yumshatishni kamaytiradi va sovuq holda prokatlashda siqilish darajasini oshiradi, chuqur cho'zishda listlarning shtamplanuvchanligini yaxshilaydi.

Mis bilan ruxning amalda ishlatiladigan qotishmalari normal temperaturada yoki  $\alpha$ -qattik eritmadan (tarkibida 39% gacha rux bo'lgan latunlar) yoki  $\alpha$ -qattiq eritma bilan  $\beta'$ - qattiq eritma aralashmasidan (tarkibida 39 dan 45% gacha rux bo'lgan latunlar) iboratdir. Bu qotishmalarning mikroskopik tuzilishi 2.3- rasmda tasvirlangan.



2.3-rasm. Mis va rux holat diagrammasi

Tarkibida 45% dan ortiq rux bo'lgan latunlarning ( $\beta'$  va  $\gamma'$  latunlarning) texnikada ishlatilmasligiga sabab shuki, ular qattiq va mo'rt bo'ladi. Latunning tarkibida rux miqdori kamaygan sari qotishmaning plastikligi ortib boradi binobarin, eng plastik latun  $\alpha$ -latundir. Shunday qilib, latunning mexanik xossalari qotishma tarkibidagi rux miqdoriga bog'liq ekan. Bu bog'lanishni ko'rsatuvchi egri chiziqlar 2.3-rasmda tasvirlangan 2.3-rasmdagi egri chiziqlardan yaqqol ko'rinib turibdiki, tarkibida taxminan-30% rux bo'lgan  $\alpha$ -latunning plastikligi eng yuqori, tarkibida 45% rux bo'lgan  $\beta'$ - latunning mustaxkamlik chegarasi ham eng yuqori.  $\alpha$ -fazali sohadan o'tilganda latunning plastikligi tez pasayadi.



2.4–rasm. Mis va ruxning amalda ishlatiladigan qotishmalarning mikroskopik tuzilishi: chapda-tarkibida 39 % gacha rux bo'lgan latun ( $\alpha$ -latun) (x200); o'ngda-tarkibida 39-45% gacha rux bo'lgan latun ( $\alpha + \beta'$ ) latun (x500).

Qotishmalarning quyilish xossalari likvidus va solidus chiziqlarining bir-biriga yaqin yoki uzoq joylashganligiga bog'lik bo'ladi. Likvidus chizig'i bilan solidus chizig'i bir-biriga qanchalik yaqin bo'lsa, qotishmaning quyilish xossasi shuncha yaxshi bo'ladi.[4]

Mis—rux qotishmalarida  $\alpha$  va  $\beta$ -fazalar uchun likvidus chizig'i bilan solidus chizig'i bir-biriga juda yaqin turadi, shu sababli, bu qotishmalarning likvatsiyaga moyilligi past, suyuq holatda oquvchanligi yuqori, ulardan quyilgan buyumlar kimyoviy tarkibi jihatida bir jinsli bo'ladi va hokazo. Latunning ba'zi markalarida karroziyabardoshlik xossalari, ba'zilarida esa ishqalanishga chidamlilik xossalari yuqori bo'ladi. Shu sababli xilma-xil kimyoviy tarkibli latunlar amalda keng ko'lamda ishlatiladi. Shuni ham aytib o'tish kerakki, latun atmosfera sharoitidagina karroziyabardosh bo'ladi, ammo ammiakli, ba'zi tuz va kislotalar aralashgan muxitda latun tez karrozilanadi. Latun tarkibida rux miqdori oshib, uning strukturasida  $\beta$ -fazaning paydo bo'lishi korroziyani kuchaytiradi.[65] Latun karroziyasining eng ko'p tarkalgan turlari plastik deformasiyalangan latunda karrozion darz ketish va ruxsizlanishdir. Karrozion darz ketish hodisasi agressiv muhit ishtirokida cho'zuvchi kuchlanishlar ta'sirida kelib chiqsa, latun ruxsizlanganda esa, dastlab, latunning yuza qatlami erib, so'ngra bu yerda g'ovak mis pardasi paydo bo'ladi, bu parda latun bilan galvanik juft xosil qiladi, oqibatda latun tez karrozilanadi. Latunni

plastik deformasiyalash oson, shuning uchun latunlardan asosan, listlar, lentalar, har xil profillar va shu kabilar tayyorlanadi.

Ammo turli temperaturalarda xar xil latunlarning o'ziga hos xususiyati bo'ladi; masalan,  $\alpha$ -latunlar normal temperaturada plastik bo'lsa, 300—700°C temperaturalar oraligida ularning plastikliги pasayadi.  $\beta$ -latunlar 500°C dan yuqori temperaturalarda  $\alpha$ -latunlarga qaraganda plastikrok bo'ladi va hokazo. Shu sababli, qizdirib turib prokatlash uchun tarkibida 32% dan ortik rux bo'lgan, ya'ni yuqori temperaturada strukturasi ( $\alpha + \beta$ ) kristallardan yoki  $\beta$  kristallardan iborat bo'ladigan latunlar eng yaroqli latunlardir. Sovuqlayin deformasiyalash, ya'ni yupqa tunukalar va sim tayyorlash uchun tarkibida 30% chamasi rux bilan  $\alpha$ -latun ishlatish ma'qulrokdir.[66] Qizdirib turib bosim bilan ishlanadigan latunga vismut va qo'rg'oshin qo'shimchalari zararli ta'sir etadi, chunki ular latun donalari chegarasida oson suyuqlanuvchan qo'shilmalar xosil qiladi. Ammo qo'rg'oshin tarkibida 32% dan kam rux bo'lgan,  $\alpha$ -faza  $\beta$ -fazaga aylanmaydigan qotishmagagina zararli ta'sir etadi. Tarkibida 32% dan ortiq rux bo'lgan qotishmada qayta kristallanish ( $\alpha$  –fazaning  $\beta$ -fazaga aylanish prosessi) sodir bo'lishi natijasida qo'rg'oshin qotishma donalari ichiga o'tib, qotishmani qizdirilgan holatda bosim bilan ishlashda zararli ta'sir ko'rsatmaydi. Binobarin, tarkibida 32—38% Zn bo'lgan latunlarda qo'rg'oshin qo'shimchasi bo'lishiga yo'l qo'yish mumkin tarkibida 38—40% Zn bo'lgan latunlarga esa 1—2% gacha qo'rg'oshin ataylab qo'shiladi, chunki bunday latunlar qizdirilib,  $\beta$ -fazali holatda deformasiyalanadi, qo'rg'oshin esa latunning plastik deformasiyalanishiga salbiy ta'sir ko'rsatmay, balki kesib ishlanish xossasisini yaxshilaydi qirindining ajralishini osonlashtiradi. Texnikada ishlatiladigan latunlar normal temperaturalardagi strukturasi ko'ra ikki gruppaga — bir fazali latunlar— $\alpha$ -latunlar gruppasi bilan ikki fazali latunlar — ( $\alpha+\beta$ )-latunlarga bo'linadi. [62]

Termik ishlov berishdan maqsad yuqorida aytib o'tganimizdek biz latunga asimmetrik prokatlash usulini qo'lladik. Shuning uchun latun strukturasi donalarning o'lchami juda maydalashadi. Assimmetrik prokatlash natijasida

struktura maydalanishidan tashqari kristal panjaralarining bir-biriga nisbatan burilishiga ham erishamiz. Bizning vazifamiz esa ana shu zarralarni va kristall panjaradagi burilishlarni saqlab qolib dona ichidagi nuqsonlarni yo'qotishdir. Agar biz an'anaviy termik ishlov berishdan foydalansak donalar bir-biriga qo'shilib yirikroq donalarni hosil qiladi va biz assimmetrik prokatlash natijasida erishgan strukturamiz va mustahkamligimiz yo'qoladi. Shuning uchun biz an'anaviy usulda termik ishlov berishda naklyopni saqlab qolish va zarralar o'lchamini saqlab qolish uchun 300-350°C haroratda 3-4 soat termik ishlov berilardi.[3] Men ishlab chiqqan texnologiya bo'yicha haroratni biroz tushirib ya'ni 180-220°C haroratda 4-5soat ushlab turilib, keyin sovitiladi.

### **2.3 “UzMetkombinat” sharoitida mis va uning qotishmalariga termik ishlov berish texnologiyasi**

“UzMetkombinat” sharoitida mis va uning qotishmalariga termik ishlov berish texnologiyasi birmuncha murakkab va u bir nechta operatsiyalardan iborat. Prokatlangan latunlar rulonlarning 4tasiga birdaniga termik ishlov beriladi. Rulonlar maxsus taglikka joylashtilgach uni ustidan qoplama tushiriladi. Qoplama taglikka zich yopiladi va unda gaz chiqishiga yo'l qo'ymaydi. Qoplama ichiga dastlab azot yuboriladi, chunki azot kislorod va vodorod bilan odatdagi sharoitda ta'sirlashmaydi. Azot qoplama ichiga juda katta bosim bilan 150m<sup>3</sup>/soat yuboriladi. Azot qoplama ichidagi kislorodni siqib chiqarib 5-7 daqiqada qoplama hajmini to'ldiradi. So'ngra vodorod azotdan yengil gaz bo'lganligi uchun qoplamaning yuqori qismidan vodorod yuboriladi. Bunda vodorod endi azotni siqib chiqarib qoplama hajmini butunlay egallaydi. Bu yerda azotni vazifasi kislorod bilan vodorodni bir-biriga aralashib reaksiyaga kirishmasligi uchun oraliq gaz vazifasini o'taydi. Vodorod to'ldirilgach qoplama ustidan maxsus qizdirish qurilmasi tushiriladi. EBNER gaz alangasida qizdiruvchi qurilma bo'lib, gaz alangasi qurilma ichiga yoqiladi va qizdirish boshlanadi. EBNER termik ishlov berish qurilmasi asosan 500°C haroratgacha qizdiradi. Ma'lum haroratgacha qizdirilib, ma'lum vaqt shu haroratda ushlab turilib keyin sovitish jarayoni boshlanadi. Bu jarayonda qizdirish qoplamasi

olinib sovitish qoplamasi o'rnatiladi. Sovitish kamerasi ichiga havo haydaladi. Ma'lum haroratgacha havo bilan sovutilgach keyin suv bilan sovutilishga o'tadi. 80°C gacha pech qobig'ida sovutilib keyin sovityuvchi qoplama olinadi va himoyalovchi qoplama ichiga yana azot gazi yuboriladi. Vodorod gazi siqib chiqariladi. Qoplama ichida azot so'rib olinadi va himoya qobig'i olinadi. Rulonlar maxsus kranlar orqali olinadi va yuza qismlarini tozalash uchun maxsus bo'limga yuboriladi.

#### *Qizdirish qurilmasining umumiy ishlash prinsipi.*

“O'z Met”kombinati sharoitida mis va uning qotishmalariga termik ishlov beruvchi qurilma “EBNER” deb nomlanib Italiya ishlab chiqarilgan. Bu qurilmani umumiy korinishi asosan to'rt qismdan iborat:

- 1.Rulonlar joylashtirilishi uchun maxsus taglik.
- 2.Himoya gazlarini qizdirish kamerasidan ajratib turuvchi maxsus qoplama.
- 3.Qizdiruvchi qismi
- 4.Sovityuvchi qismi.

Qizdirish qurilmasining asosiy parametrlari va energiya sarfi.

Qizdiruvchi qurilmaning asosiy parametrlari: qizdirish qurilmasining balandligi 4559mm diametri esa 3644mm, egallash maydoni 3757mm diametrda maydonni egallaydi. Sovityuvchi qurilmaning balandligi 4636mm, diametri 1756mm, egallash maydoni 4016mm diametrda. Ishchi harorati 700°C gacha (max 800°C). Quvvati 470kv/soat, bir vaqtda 5ta rulonga termik ishlov berish mumkin. Qurilmaga sosi ko'pi bilan 27tonna yukka mo'ljallangan. 22tonnagacha termik ishlov berilayotgan rulon yuklash mumkin. Qizdirish, sovitish qurilmalarini va rulonlarni qo'yish almashtirishni maxsus elktrokranlar bajaradi. Rulonlarning tashqi diametri maksimal 1250mm bo'lishi mumkin. Ichki diametric esa 500mm bo'lishi kerak. Rulondagi listlarning maksimal qalinligi 22mm, minimal 0.1mm bo'lishi kerak. Rulonlarning eni 450mm gacha, massasi esa o'rtacha 4tonna bo'lishi maqsadga muvofiq bo'ladi. Bir vaqtning o'zida 5ta rulon yuklash mumkin.

Ichki himoya qoplamasining asosiy harakteristikasi o'rtacha bosim 14 atmosfera bosimiga teng. Foydali ish koeffisienti  $4\text{m}^3/\text{s}$ , quvvati  $4\text{kv/s}$ . Yuqori gaz sarfi  $200\text{m}^3/\text{s}$ . Vodorod sarfi  $5\text{-}24\text{m}^3/\text{s}$ .

“UzMetkombinat” sharoitida mis va uning qotishmalariga termik ishlov berish texnologiyasi quyidagi ketma-ketlikda bajariladi:

1. Rulonlar prokatlashdan chiqqach osma kran yordamida qizdirish qurilmasining maxsus tagligiga joylanadi.
2. Har bir rulon orasiga maxsus tarelkasimon moslama qo'yiladi.
3. Rulonlar taglikka joylangach maxsus rulonlarni qizdirish kamerasidan ajratib turuvchi qoplama tushiriladi.
4. Qoplama ichidan havo chiqariladi.
5. Qoplama ichiga azot haydaladi.
6. Azot chiqarilib vodorod haydaladi.
7. Qizdiruvchi qoplama yopiladi.
8. Qizdirish boshlanadi va  $300\text{-}350^{\circ}\text{C}$  gacha qizdiriladi
9. Shu haroratda 4-5 soat ushlab turiladi.
10. Qizdiruvchi qoplama olinib sovituvchi qoplama tushiriladi.
11. Sovitish boshlanadi va  $150^{\circ}\text{C}$  gacha havoda keyin suvda sovitiladi.
12. Harorat  $80^{\circ}\text{C}$  dan tushgach sovitish kamerasi olinadi.
13. Qizdirish kamerasidan ajratuvchi qoplama olinadi.
14. Rulonlar olinadi.
15. Yuza qismi tozalanadi

### III-BOB.OLINGAN NATIJALARNI KOMPLEKS TAXLILI

#### 3.1 Asimmetrik prokatlashdan so'ng J168 markali latunga termik ishlov berish (past haroratli yumshatish)

Assimetrik prokatlangan list maxsulotlaridagi ichki kuchlanishlarni olib tashlash uchun universitetimiz laboratoriyasida maxsus vakuumli pechda termik ishlov berish rejimini ishlab chiqildi. Asimmetrik prokatlashdan so'ng past haroratda yumshatishni qo'llashimizda kerakli qurilmalar:

1. Maxsus havosi sorib olinishga mo'ljallangan silindirik qism.



3.1-rasm. Maxsus havosi so'rib olinishga mo'ljallangan silindirik qism.

Silindrik qismni ozi bir necha qismlardan iborat:

Vakuum hosil qilinadigan yoki himoya gazi toldiriladigan bo'shliq qism. (14-rasm) Namunaga ham huddi shu qismda termik ishlov beriladi. Ushbu detalni yuqori qismida suv aylanib turishi uchun maxsus bo'shliq mavjud. Suv

detalning yuqori qismida harorat oshib ketib germetik qismni erishidan himoya qiladi.



3.2-rasm. Vakuum hosil qilinadigan yoki himoya gazi toldiriladigan bo'shliq qism.

Namunani joylashtiruvchi va termopara qo'yiladigan qism(15-rasm)



3.3-rasm. Namunani joylashtiruvchi va termopara qo'yiladigan qism

3. Qizdirish qismi (3.4-rasm).

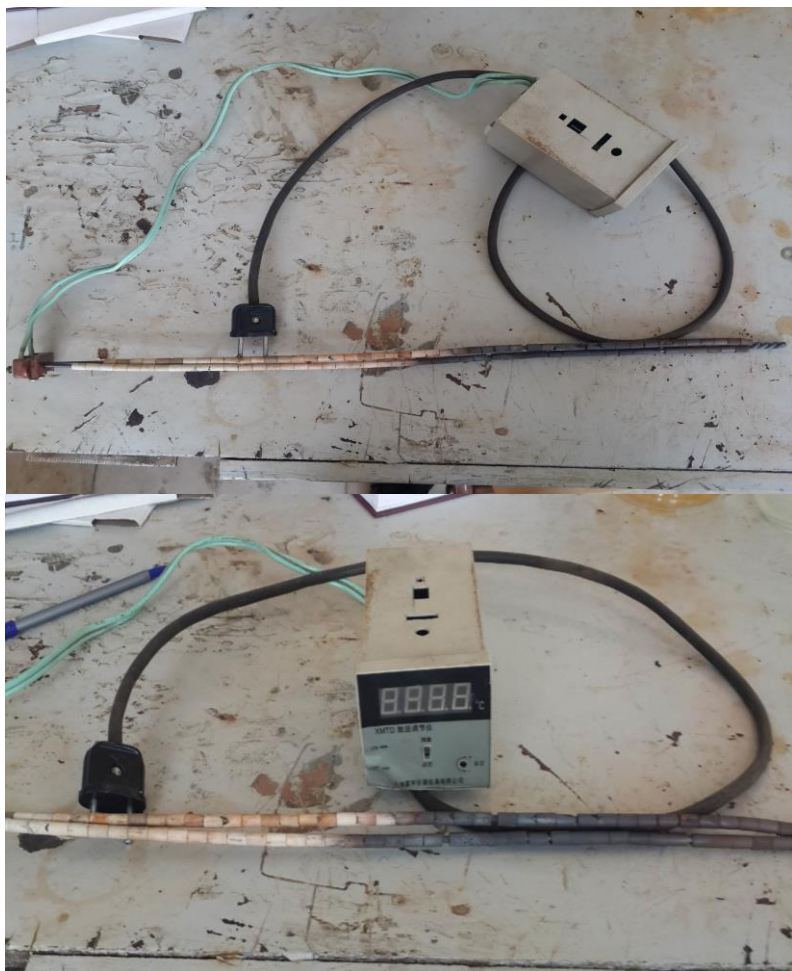
4.



3.4-rasm. Qizdirish qismi

Ushbu qismdagi qizdirgichlar yuqori  $1300^{\circ}\text{C}$  ga harorat hosil qiladi. Qizdirgichlar atrofi maxsus issiqbardosh g'ishtlar bilan o'ralgan. Bu issiqlikni tashqariga chiqmasligini ta'minlaydi.

### 3.Termopara (3.5-rasm)



3.5-rasm.Termopara

### 4.Tok kuchini nazorat qilib haroratni boshqaruvchi qurilma.(3.6-rasm)



3.6-rasm. Tok kuchini nazorat qilib haroratni boshqaruvchi qurilma

## 5. Vakuum hosil qiluvchi nasos (3.7-rasm)



3.7-rasm. Vakuum hosil qiluvchi nasos

## 6. Suv bilan sovutuvchi rezina quvurlari (3.8-rasm)



3.8-rasm. Rezina quvurlari

Universtitet materialshunoslik laboratoriyasida termik ishlov berishda universtit katta o'qituvchisi Shakirov Shuxrat aka va Baxadirov Quدرات aka yaqindan yordam berishdi. Ular texnika havfsizligi qoidalariga rioya etish va qurilmalar hususiyatlari haqida ma'lumotlar berishdi.

Asimmetrik prokatlashdan so'ng termik ishlov berish uchu 6 ta namuna tanlab olindi.



3.9-rasm Namunalar

Namunalarning asimmetrik prokatlashdan avvalgi mexanik xossalari:

3.1-jadval

| Namuna raqami | Qattqlik, HB | Nisbiy uzayish, % | Mustahkamlik, $\sigma_B$ , MPa |
|---------------|--------------|-------------------|--------------------------------|
| 1             | 50           | 65                | 290                            |
| 2             | 50           | 65                | 290                            |
| 3             | 50           | 65                | 290                            |
| 4             | 50           | 65                | 290                            |
| 5             | 50           | 65                | 290                            |
| 6             | 50           | 65                | 290                            |

Namunalarning assimetrik prokatlangandan so'ng , termik ishlov berishdan avvalgi xossalari:

3.2 jadval

| Namuna raqami | Qattqlik, HB | Nisbiy uzayish % | Mustahkamlik, $\sigma_B$ , MPa |
|---------------|--------------|------------------|--------------------------------|
| 1             | 60           | 55               | 320                            |
| 2             | 60           | 55               | 320                            |
| 3             | 60           | 55               | 320                            |
| 4             | 60           | 55               | 320                            |
| 5             | 60           | 55               | 320                            |
| 6             | 60           | 55               | 320                            |

Namunalarga quyidagi rejimlarda past haroratda yumshatish qo'llanildi.

170-200 °C da 4 soat ;

170-200 °C da 6 soat;

200-220 °C da 4 soat;

200-220 °C da 6 soat;

220-250 °C da 4 soat;

220-250 °C da 6 soat.

*Termik ishlov berish jarayoni.* Yuqorida aytib o'tilganidek termik ishlov berish universitemiz laboratoriyasida olib borildi. Bunda dastavval qurilmaning tozaligi, uning devorlari avvalgi termik ishlov berish natijasida vujudga kelgan qoldiqlardan tozalanadi. Termik ishlov berish uchun mo'ljallangan namunalar maxsus qismga joylashtiriladi. So'ngra vakuum hosil qilinuvchi silindrik qismni ichiga kiritilib maxkam berkitiladi. Ya'ni tashqaridan havo kirmasligi uchun. Namuna joylashtirilgan silindrik qism qizdiruvchi pechli qismga joylashtiriladi.

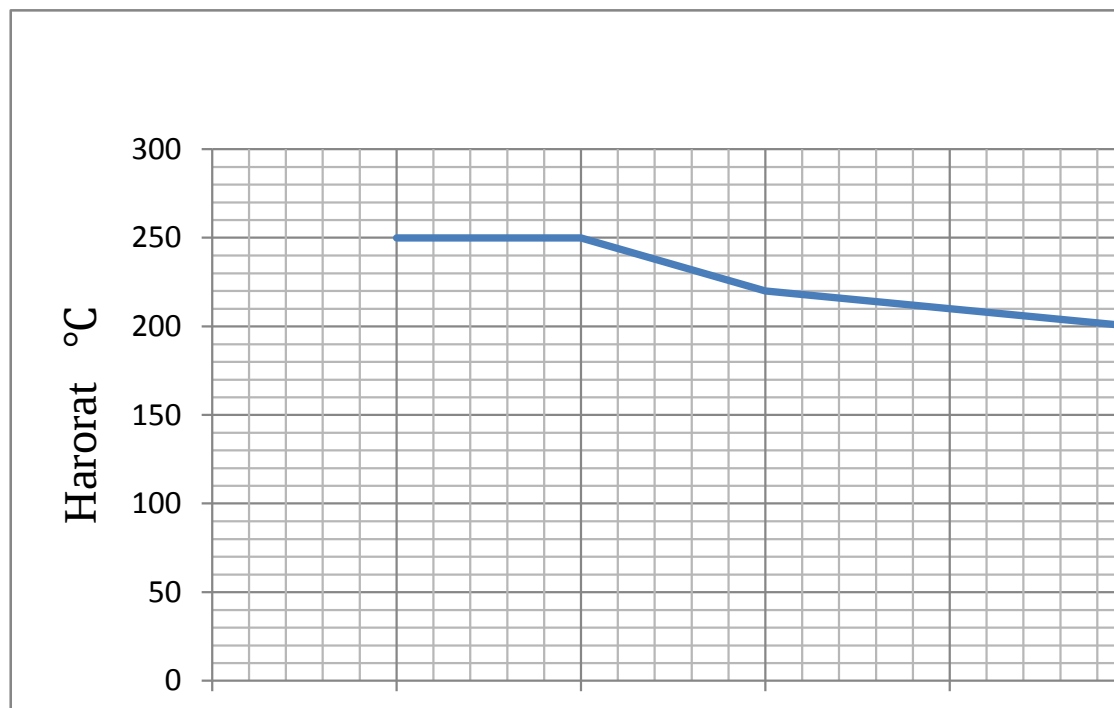
Maxsus sovutuvchi qism rezina quvurlari silindrik qismning yuqori qismiga o'rnatiladi va suv oqimi yuboriladi. Bunda suvni doimiy aylanib turishiga alohida etibor qaratish kerak. Vakuum qurilmasi ulanadi va silindr ichidagi havo so'rib olinadi. Termopara o'rnatiladi. Qizdirgichlar ishga tushiriladi va harorat nazorat qilinib turiladi. Bizga kerakli haroratga erishilgach vaqt hisoblana boshlaydi. Ushbu haroratda kerakli vaqt ushlab turilgach pech o'chiriladi va namuna pech bilan birga sovutishga qoldiriladi. Pech sovigach namunalar olinib, kerakli xossalari o'rganish uchun tajribalar o'tkazildi va quyidagi natijalar olindi.

### **3.2. №68 markali latunni termik ishlashdan keyingi strukturasi va xossalari**

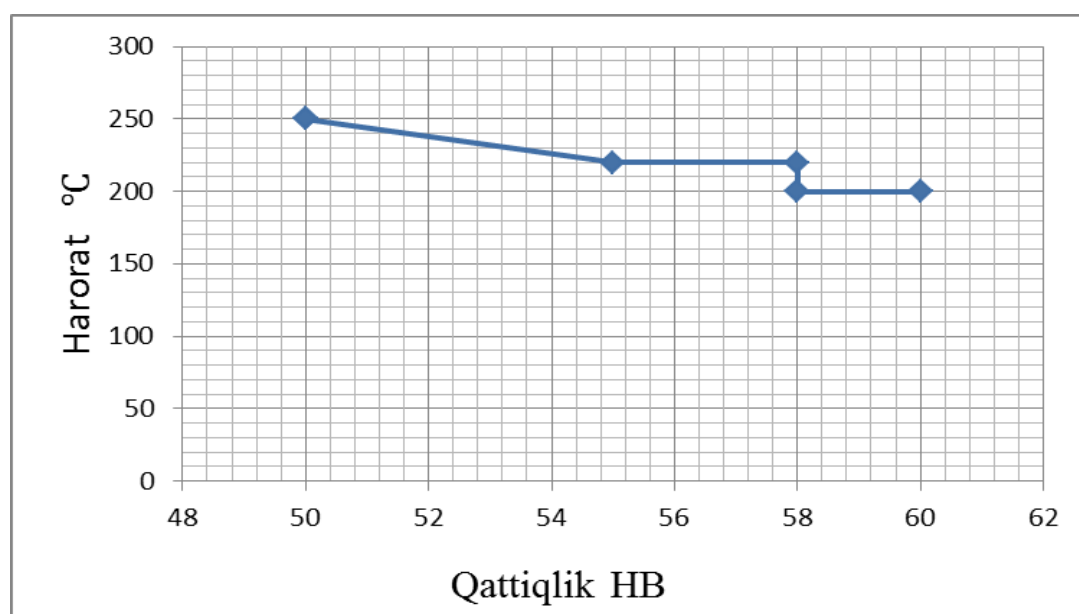
Termik ishlov berishdan keyingi xossalari:

3.3-jadval

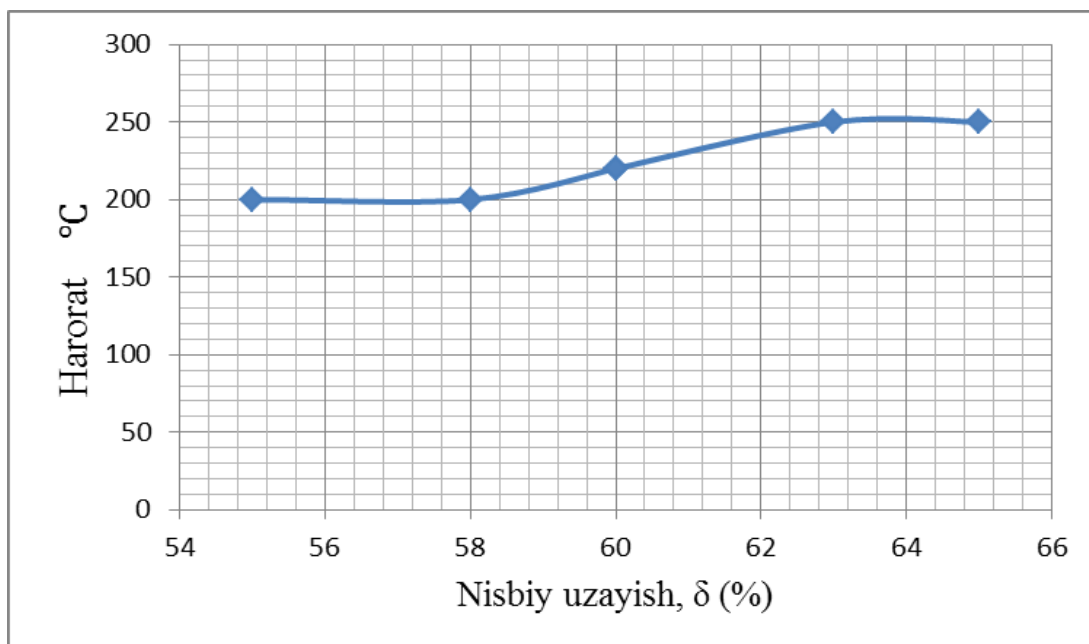
| Namuna<br>raqami | Qattqlik, HB | Nisbiy uzayish, $\delta$ (%) | Mustahkamlik, $\sigma_{B,}$ (MPa) |
|------------------|--------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1                | 60           | 55                           | 320                               |
| 2                | 58           | 58                           | 320                               |
| 3                | 58           | 60                           | 310                               |
| 4                | 55           | 60                           | 310                               |
| 5                | 50           | 63                           | 305                               |
| 6                | 50           | 65                           | 300                               |



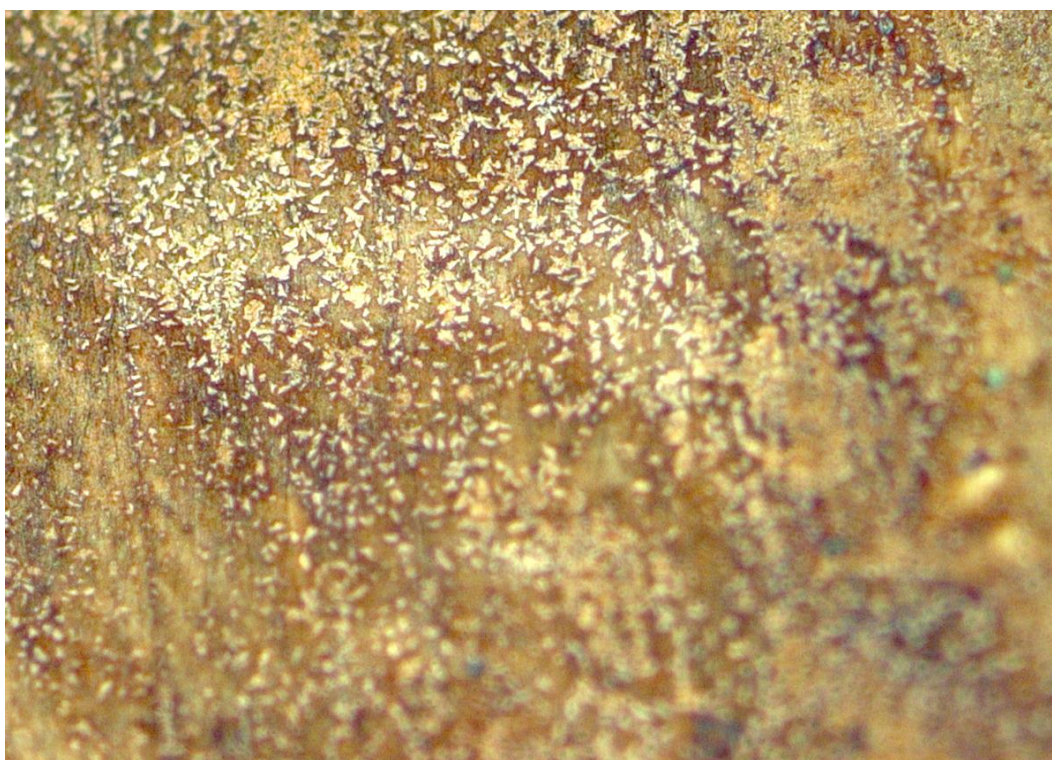
3.1-diagramma. Mustahkamlikning haroratga bog'liqlik diagrammasi



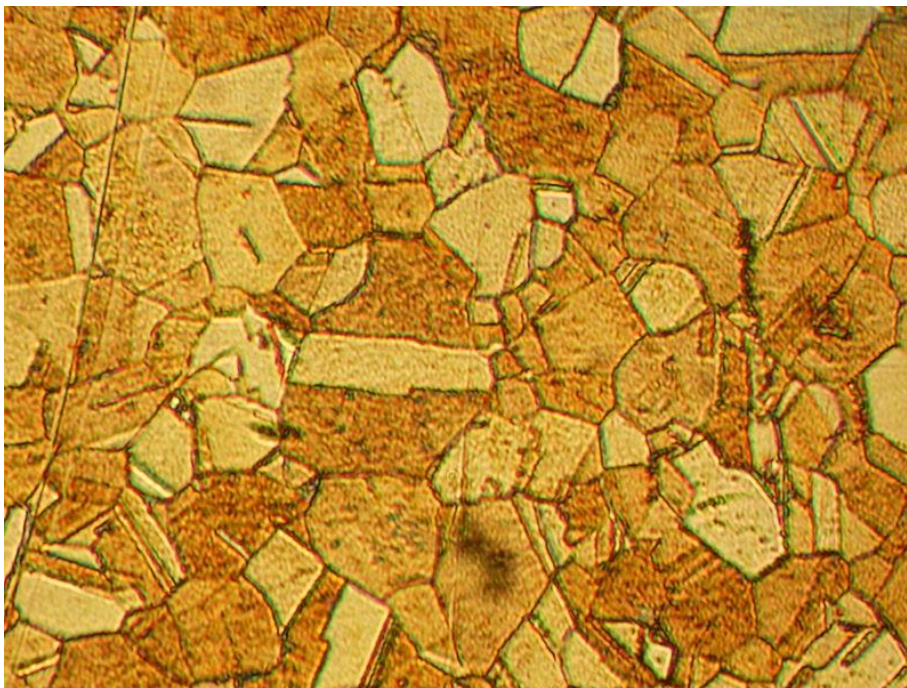
3.2-diagramma. Qattqlikning haroratga bog'liqlik diagrammasi



3.3-diagramma. Plastiklikning haroratga bog'liqligi



3.10-rasm. Asimmetrik prokatlangan Л68 markali latunni termik ishlashdan avvalgi strukturasi (x100).



3.11-rasm. Л68 markali latunni termik ishlashdan keyingi strukturasi(x500).

Yuqoridagi tajribalar natijasiga ko'ra namunaga 170-200 °C haroratda 4 soat va 6 soat yumshatish termik ishlov berish turini qo'llaganimizda uning xossalari deyarli o'zgarmadi. Ya'ni ushbu harorat uning strukturasi ichki kuchlanishlarni olib tashlash uchun kamlik qildi.

Haroratni 200-220 °C ga ko'tarib 4-6 soat ushlab turilganda uning xossalarida o'zgarishlar kuzatildi. Ya'ni uning qattiqligi va mustahkamligi juda kam o'zgargan holda plastikligi ortdi.

Haroratni yana yuqoriroq ko'tarib 250 °C ga ko'tarib 4-6 soat ushlab turilganda uning hamma xossalari o'zgardi. Yani plastiklik ortdi, mustahkamlik va qattqlik esa kamaydi. Bu shundan dalolat beradiki harorat 220 °C dan oshganda namuna strukturasi rekristallanish boshlandi. Bu esa biz maqsad qilgan natijalarni bermaydi.

Shunday qilib namunaga termik ishlov berishda 200-220 °C haroratda ishlov bersak uning plastikligi osha boshladi, ammo qattiqligi va mustahkamligi deyarli o'zgarmadi. Bu esa namunaning donalar chegarasida nuqsonlarni yo'qolganini va strukturada rekristallanish haroratini boshlanmaganidan dalolat beradi.

## **Xulosa va takliflar**

Bugungi kunda metallarga ishlov berishning 80%i bosim ostida ishlov berishga to'g'ri keladi. Bosim ostida ishlov berishning ko'p qo'llaniladigan turlaridan biri bo'lgan prokatlash ham hozirgi kunda sanoatda juda keng jabhalarni qamrab olgan.

Prokatlash materialni prokat stani vallari orasidan o'tkazishga asoslangan. Prokatlashning bo'ylama, ko'ndalang va ko'ndalang-vintli usullari bor. Bo'ylama usulda buyum qarama-qarshi yo'nalishda aylanadigan vallar orasidan o'tkazilib, plastik deformatsiyalanishi natijasida ko'ndalang kesimi kichrayadi, uzunligi esa ortadi. Prokatlanadigan buyumlarning 90 foizi shu usulda olinadi. List metallar ikki bosqichda prokatlanadi. Birinchi bosqichda slyab (q. Bluming-slyabing) vallar orasidan bir-ikki marta o'tkazilib, 90° buriladi va ko'ndalang yo'nalishda prokatlanib, eni zarur o'lchamga keltiriladi. Ikkinchi bosqichda zagotovka yana 90° burilib, bo'ylamasiga prokatlanadi. Qalin va yupqa listlar to'la mexaniza-siyalashtirilgan uzluksiz stanlarda prokatlanadi. Po'lat listlar taxta va rulon tarzida ishlab chiqariladi.

Metallar sifatini yaxshilash yo'llaridan biri- bu asimmetrik prokatlash usulini keng qo'llashdan iborat. Asimmetrik prokatlash siljish intensiv plastik deformatsiyalarini keltirib chiqaruvchi, ikki valik diametrlarini farq qilishi va kinematik asimmetriya bilan, valiklarning chiziqli tezliklari farqi bilan bog'liq progressiv uslublardan biri hisoblanadi va geometrik asimmetriya bilan harakterlanadi va o'z navbatida list qalinligi bo'yicha siljish deformatsiyasini teksturasi hosil bo'ladi.

Asimmetrik prokatlashda simmetrik prokatlashga nisbatan energiya sarfi kamroq. Prokatlash kuchi kamayadi va shu bilan birga yuqori mustaxkam metallar ishlab chiqarish va teksturani modifikatsiyasiyalashda katta afzallik beradi. Katta deformatsiyalar donlarni ultramayda strukturalarni ishlab chiqarishda metallarga berilishi mumkin.

Mis issiq o'tkazuvchanligi va elektr o'tkazuvchanligi jixatidan kumushdangina qolishadi. Atmosferada mis batamom korroziyabardosh bo'lganligi uchun misdan tayyorlangan buyumlar buzilmasdan juda uzoq vaqt saqlanadi.

Termik ishlov berishdan maqsad yuqorida aytib o'tganimizdek biz latunga asimmetrik prokatlash usulini qo'lladik. Shuning uchun latun strukturasida donalarning o'lchami juda maydalashadi. Assimmetrik prokatlash natijasida struktura maydalanishidan tashqari kristal panjaralarining bir-biriga nisbatan burilishiga ham erishamiz. Bizning vazifamiz esa ana shu zarralarni va kristall panjaradagi burilishlarni saqlab qolib dona ichidagi nuqsonlarni yo'qotishdir. Agar biz an'anaviy termik ishlov berishdan foydalansak donalar bir-biriga qo'shilib yirikroq donalarni hosil qiladi va biz asimmetrik prokatlash natijasida erishgan strukturamiz va mustahkamligimiz yo'qoladi. Shuning uchun biz an'anaviy usulda termik ishlov berishda naklyopni saqlab qolish va zarralar o'lchamini saqlab qolish uchun 300-350°C haroratda 3-4 soat termik ishlov berilardi. Men ishlab chiqqan texnologiya bo'yicha haroratni biroz tushirib ya'ni 200-220°C haroratda 4-5soat ushlab turilib, keyin sovitildi. Ushbu haroratda past haroratda namuna strukturasida va uning xossalarida o'zgarishlar bo'lmadi. 200-220°C dan yuqori haroratda termik ishlov berilganda esa namunaning xossalari o'zgarib ketdi. Qattqlik va mustahkamlik kamayib, plastiklik oshdi. Qattqlik va plastiklikning kamayishi shundan dalolat beradiki ushbu haroratda namuna strukturasida rekristallanish boshlandi. Bu esa biz asimmetrik prokatlashda erishgan muhim xossalarimizni yo'qqa chiqaradi va bizning maqsadimizga mos emas. Shuning uchun asimmetrik prokatlashdan so'ng mis va uning qotishmalariga termik ishlov berishda 200-220°C haroratda termik ishlov berish taklif etildi.

Ushbu termik ishlov berish natijasida JI68 markali latundagi asimmetrik prokatlashda erishilgan qattqlik va mustahkamlikni saqlab qolgan holda plastiklikni oshirishga erishildi. Bu esa ushbu maxsulot sifatini yuqori bo'lishi bilan birga sanoatda qo'llanilganda ularga ishlov berishda uchraydigan muammolarni kamaytirib ishlab chiqarish korxonalariga qulaylik tug'diradi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- 1.O'zbekiston Respublikasi prezidenti Sh.M.Mirziyoyevning 2016 yil 31 dekabrda FANLAR Akademiyasi hodimlari bilan yig'ishidagi nutqidan. "Xalq so'zi" gazetasi 2017 yil 1-son 2-3bet.
- 2.Karimov I.A."Mamlakatni modernizatsiya qilish va iqtisodiyotimizni barqaror rivojlantirish yo'lida" T16 O'zbekiston 2008.368-bet
- 3Nurmurodov S.D, Rasulov A.X, Baxadirov K.G "Konstruksion materiallar texnologiyasi". Toshkent 2015. 130-bet
- 4."Termik va kimyoviy termik ishlov berish nazariyasi va amaliyoti" darslik .Norxo'djaev F .R.
5. Umarov E. "Materialshunoslik" "Cho'lpon nomidagi HMII,2014-yil
6. To'raxonov."Termik ishlash va metalshunoslik". Toshkent 1968-yil 402 bet.
7. Kozlov Y.S."Materialshunoslik"
8. Nosirov I. "Materialshunoslik"
9. Laxtin.
10. N.F.O'rinov M.X.Saidova "Materialshunoslik va konstruksion materiallar texnologiyasi" fanidan ma'ruzalar to'plami 2008-yil
11. Mirboboev V.A.va boshqalar. "Metallar texnologiyasi" Toshkent, 1991 yil.
12. U. Qosimov "Konstruksion materiallar texnologiyasi" (Ma'ruzalar kursi).-A. And.MI, 2015y.
13. Turaxonov A. S. « Metallar texnologiyasi » Toshkent, 1981 yil.
14. Cui, Q and K. O'ori; Mater. Sci. Tech., Vol. 16, (2000), p.1095.
15. Inoue T.,TorizukaS. and K. Nagai; Mater. Sci. Tech., Vol. 18, (2002), p.1007.
16. Dieter G.E. (2003). Handbook of Workability and Process Design, IBSN 0-87170-778-0, ASM International.
17. Avitzur, B. (1983). Handbook of Metal-Forming Processes, ISBN 0-471-03474-6, Wiley-Interscience Publication, New York.
18. Dieter, G. E. (1988). Mechanical Metallurgy SI Metric Edition, McGraw-Hill Book Co.

19. Tzou, G.-Y. (1998). "Relationship between frictional coefficient and frictional factor in asymmetrical sheet rolling." *Journal of Materials Processing Technology* 86(1-3): 271-277.
20. Salimi, M. and F. Sassani (2002). "Modified slab analysis of asymmetrical plate rolling." *International Journal of Mechanical Sciences* 44(9): 1999-2023.
21. Gudur, P. P., M. A. Salunkhe, et al. (2008). "A theoretical study on the application of asymmetric rolling for the estimation of friction." *International Journal of Mechanical Sciences* 50(2): 315-327.
22. Kim, K. H. and D. N. Lee (2001). "Analysis of deformation textures of asymmetrically rolled aluminum sheets." *Acta Materialia* 49(13): 2583-2595.
23. Lee, J.-K. and D. N. Lee (2008). "Texture control and grain refinement of AA1050 Al alloy sheets by asymmetric rolling." *International Journal of Mechanical Sciences* 50(5): 869-887.
24. Hwang, Y.-M. and G.-Y. Tzou (1997). "Analytical and experimental study on asymmetrical sheet rolling." *International Journal of Mech. Sciences* 39(3): 289-303.
25. Karaman, I., H. Sehitoglu, et al. (2000). "Modeling the deformation behavior of Hadfield steel single and polycrystals due to twinning and slip." *Acta Materialia* 48(9): 2031-2047.
26. Sestak B., (1979) *Proc. 5th Int. Conf. On the Strength of Metals and Alloys*, Aachen, Germany, p. 1461.
27. Kocks, U. F. and H. Mecking (2003). "Physics and phenomenology of strain hardening: the FCC case." *Progress in Materials Science* 48(3): 171-273.
28. Lopes, A. L. B. (2001). *Análise microestrutural das instabilidades plásticas em materiais metálicos*, Aveiro. PhD: 227.
29. Wang, H., P. D. Wu, et al. (2010). "A finite strain elastic-viscoplastic self-consistent model for polycrystalline materials." *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 58(4): 594-612.

30. Austin, R. A. and D. L. McDowell (2010). "A dislocation-based constitutive model for viscoplastic deformation of FCC metals at very high strain rates." International Journal of Plasticity InPress, CorrectedProof.
31. Kocks U.F., Texture and Anisotropy: Preferred Orientations in Polycrystals and their Effect on Materials Properties, Eds. U.F. Kocks, C.N. Tome and H.R. Wenk, Cambridge University Press, 1998, p. 326
32. Schmid E. (1924), Proc. Int. Congr. Appl. Mech. (Delft) 342.
33. Sachs G., Z. Verein. (1928) Deut. Ing., 72 734.
34. Kocks U.F., Metall. Trans., 1 (1970) 1121.
35. Kröner, E. (1961). "Zur plastischen verformung des vielkristalls." Acta Metallurgica 9(2): 155-161.
36. Berveiller, M. and A. Zaoui (1979). "An extension of the self-consistent scheme to plastically-flowing polycrystals." Journal of the Mechanics and Physics of Solids 26(5-6): 325-344.
37. Lebensohn, R. A. and C. N. Tomé (1993). "A self-consistent anisotropic approach for the simulation of plastic deformation and texture development of polycrystals: Application to zirconium alloys." Acta Metallurgica et Materialia 41(9): 2611-2624.
38. Lebensohn, R. A. and C. N. Tomé (1994). "A self-consistent viscoplastic model: prediction of rolling textures of anisotropic polycrystals." Materials Science and Engineering: A 175(1-2): 71-82.
29. Lebensohn, R. A. and G. R. Canova (1997). "A self-consistent approach for modelling texture development of two-phase polycrystals: Application to titanium alloys." Acta Materialia 45(9): 3687-3694.
40. Havner, K. S. (1992). Finite Plastic Deformation of Crystalline Solids, Cambridge University Press.
41. Gracio, J. J., J. V. Fernandes, et al. (1989). "Effect of grain size on substructural evolution and plastic behaviour of copper." Materials Science and Engineering: A 118: 97-105.

42. Banabic, D., H. J. Bunge, et al. (2000). *Formability of Metallic Materials*, Springer-Verlag Berlin.
43. Engler, O. and J. Hirsch (2007). "Polycrystal-plastikity simulation of six and eight ears in deep-drawn aluminum cups." *Materials Science and Engineering: A* 452-453: 640-651.
44. Ma, A., F. Roters, et al. (2004). "Numerical study of textures and Lankford values for FCC polycrystals by use of a modified Taylor model." *Computational Materials Science* 29(3): 353-361.
45. Schmitt, J. H., E. L. Shen, et al. (1994). "A parameter for measuring the magnitude of a change of strain path: Validation and comparison with experiments on low carbon steel." *International Journal of Plastikity* 10(5)535c.
46. e-learning resources for aluminum science and technology (2010), from <http://aluminium.matter.org.uk/>.
47. Lopes A. B. (2010) Experimental methods of X-Ray diffraction, lecture notes
48. Ahzi, S. and S. M'Guil (2008). "A new intermediate model for polycrystalline viscoplastik deformation and texture evolution." *Acta Materialia* 56(19): 5359-5369.
49. Clausen, B., T. Lorentzen, et al. (1998). "Self-consistent modeling of the plastik deformation of FCC. polycrystals and its implications for diffraction measurements of internal stresses." *Acta Materialia* 46(9): 3087-3098.
50. Lopes, A. B., E. F. Rauch, et al. (1999). "Textural vs structural plastik instabilities in sheet metal forming." *Acta Materialia* 47(3): 859-866.
51. Barlat, F., J. M. Ferreira Duarte, et al. (2003). "Plastik flow for non-monotonic loading conditions of an aluminum alloy sheet sample." *International Journal of Plastikity* 19(8): 1215-1244.
52. Simões, F., R. de Sousa, et al. (2009). "Effect of asymmetrical rolling and annealing the mechanical response of an 1050-o sheet." *International Journal of Material Forming* 2(0): 891-894.

53. Valiev, R. Z. and T. G. Langdon (2006). "Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement." *Progress in Materials Science* 51(7): 881-981.
54. Cao, W. Q., A. Godfrey, et al. (2003). "Annealing behavior of aluminum deformed by equal channel angular pressing." *Materials Letters* 57(24-25): 3767
55. Akamatsu, H., T. Fujinami, et al. (2001). "Influence of rolling on the superplastic behavior of an Al-Mg-Sc alloy after ECAP." *Scripta Materialia* 44(5): 759-764.
56. O'Brien, M. J., H. F. von Bremen, et al. (2007). "A finite element analysis of the superplastic forming of an aluminum alloy processed by ECAP." *Materials Science and Engineering: A* 456(1-2): 236-242.
57. Figueiredo, R. B. and T. G. Langdon (2006). "The development of superplastic ductilities and microstructural homogeneity in a magnesium ZK60 alloy processed by ECAP." *Materials Science and Engineering: A* 430(1-2): 151-156.
58. Zhilyaev, A. P. and T. G. Langdon (2008). "Using high-pressure torsion for metal processing: Fundamentals and applications." *Progress in Materials Science* 53(6): 893-979.
59. Valiev, R. Z. and T. G. Langdon (2006). "Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement." *Progress in Materials Science* 51(7): 881-981.
60. Segal, V. M. (2006). "Metal Processing by Severe Plastic Deformation." *Russian Metallurgy (Metally)* 2006, No. 5, pp. 474–483.
61. El-Danaf, E. A., M. S. Soliman, et al. (2007). "Enhancement of mechanical properties and grain size refinement of commercial purity aluminum 1050 processed by ECAP." *Materials Science and Engineering: A* 458(1-2): 226-234.
62. Iwahashi, Y., Z. Horita, et al. (1997). "An investigation of microstructural evolution during equal-channel angular pressing." *Acta Materialia* 45(11): 4733-4741.

# Ilovalar