

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PhD 03/30.12.2019.T.66.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**ABROROV AKBAR SAIDOVICH**

**KOMPLEKS ISHLOV BERISH USULI BILAN TOLA AJRATISH  
MASHINALARI ARRALI SILINDR ARRA TISHLARI SIRTINI  
MUSTAHKAMLASH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**05.02.03- Texnologik mashinalar. Robotlar, mexatronika va  
robototexnika tizimlari**

**Dissertatsiya himoyasisiz ixtiro patenti asosida texnika fanlari bo'yicha  
falsafa doktori (PhD) ilmiy darajasini berish bo'yicha  
TAQDIMNOMA**

**Namangan –2023**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy Attestatsiya komissiyasida B2022.2. PhD /T2862 raqami bilan ro'yxatga olingan.**

Ish Buxoro muhandislik-texnologiya institutida bajarilgan.

Taqdimnoma Namangan muxandislik-texnologiya instituti huzuridagi Ilmiy kengash veb-sahifacida [www.nammti.uz](http://www.nammti.uz) va "ZiyoNet" Axborot-ta'lim portalida [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz) manziliga joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Qurbonov Fazliddin Aminovich**

texnika fanlari nomzodi, dotsent

Taqdimnoma himoyasi Namangan muhandislik-texnologiya instituti huzuridagi PhD. 03/29.10.2021.T.101.03 raqamli Ilmiy kengashning 2023 yil "05" avgust soat 09<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: Namangan shahri, Kosonsoy ko'chasi, 7-uy. Tel.: (69) 225-10-07, faks: (69) 228-76-75, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz), Namangan muhandislik-texnologiya instituti ma'muriy binosi, 1-qavat, kichik majlislar zali.

Taqdimnoma bilan Namangan muhandislik-texnologiya instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 541- raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: Namangan shahri, Kosonsoy ko'chasi, 7-uy. Tel.: (69) 228-76-58)

Taqdimnoma 2023 yil "25" iyul kuni tarqatildi.  
(2023 yil "25" iyuldagi № 120-raqamli reyestr bayonnomasi)



**R.M. Muradov**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi,  
texnika fanlari doktori, professor

**X.T. Bobojanov**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy  
kotibi, texnika fanlari doktori, dotsent

## KIRISH (taqdimnoma annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda paxta tolasi to‘qimachilik sanoatining asosiy xomashyosi hisoblanib, uni qayta ishlashda tarmoq korxonalarini uchun yangi texnika va texnologiyalarni takomillashtirish masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. Hozirgi kunda dunyo miqyosida xalqaro konsultativ qo‘mita (ICAC) ma‘lumotlariga ko‘ra «...paxta tolasi eksportyorlari beshtaligiga AQSH, Hindiston, Avstraliya, Braziliya va O‘zbekiston hamda importyorlariga Bangladesh, V’etnam, Xitoy, Turkiya va Indoneziya mamlakatlari kiradi». Bu borada jumladan, sanoatda ishlab chiqarish quvvatlaridan samarali foydalanish darajasini oshirish orqali jahon paxta bozoriga yuqori sifatli, raqobatbardosh mahsulot ishlab chiqaradigan mashinalarni amaliyotga joriy etish, paxta tozalash korxonalarini barqaror rivojlantirish, yangi energiya-resurstejamkor texnika va texnologiyalardan foydalanish masalalariga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Jahonda paxta xomashyosini qabul qilish, saqlash va uni ishlab chiqarishga uzatish jarayonigacha ta‘sir etadigan muhim omillarni aniqlagan holda paxta xomashyosini uzatishning yangi texnika va texnologiyalarini yaratishga yo‘naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, arrali jinlar ishchi organlarining yuqori samarali konstruksiyalarini ishlab chiqish bo‘yicha maqsadga yo‘naltirilgan ilmiy tadqiqotlarni amalga oshirish, chigitli paxtaning yuqori namligida jinlash unumdorligini sezilarli ravishda oshirish imkonini beruvchi harakatlar tartibi va parametrlarini hisoblash paxta sanoati oldida turgan muhim vazifalardan biri bo‘lib hisoblanadi.

Respublikamizda paxta xomashyosini qayta ishlash, mehnat hamda energiya sarfini kamaytirish, resurslarni tejash imkonini beradigan resurstejamkor texnika va texnologiyalarni ishlab chiqish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar ishlab chiqarishga joriy etish bo‘yicha keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan «Milliy iqtisodiyot barqarorligini ta‘minlash va yalpi ichki mahsulotda sanoat ulushini oshirishga qaratilgan sanoat siyosatini davom ettirib, sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmini 1,4 baravarga oshirish...»<sup>1</sup> bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarini amalga oshirishda, jumladan, arra tishlarida eyilishga chidamli qoplama hosil qilish va termik puxtalash zarurligini taqozo etadi hamda texnik va texnologik jihatdan modernizatsiyalashgan mashinalarni yaratish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi «2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida»gi PF-60-son, 2021 yil 16 noyabrdagi «Paxta-to‘qimachilik klasterlari faoliyatini tartibga solish chora-tadbirlari to‘g‘risida» gi PF-14-son va 2022 yil 21 yanvardagi «To‘qimachilik va tikuv-trikotaj korxonalarida chuqur qayta ishlash va yuqori qo‘shilgan qiymatli tayyor mahsulotlar ishlab chiqarishni hamda ularning eksportini rag‘batlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida» gi PF-53-sonli Farmonlari va «Paxtachilik tarmog‘ini boshqarish tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida» gi

<sup>1</sup>O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida»gi Farmoni

2017 yil 28 noyabrda PQ-3408 son qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu tadqiqot ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi.** Ushbu tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II. «Energetika, energiya va resurstejamkorlik» ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

**Muammoni o'rganilganlik darajasi.** Arrali jin ishchi organlarining ishlashidagi asosiy muammo tolalarning sekin chiqishi, paxta tolasi va chigitlarning ko'p shikastlanishi, tuksizlantirilgan chigitlarni kameradan olib chiqishning murakkabligi, yuqori quvvat talab qilinishi, yuqori namlikdagi paxta xomashyosini jinlash kabi masalalarni hal qilishda bir qator taniqli xorijiy olimlar katta hissa qo'shganlar, jumladan L.Gladinewiez, W.Pampel, G.Veit, H.H.Schommer, F.Reiner, C.O.Jonkers, P.Bernard, N.I. Kolchin, A.M. Martinenko, A.R.Korabelnikov va boshqalar.

Tolali materiallarni qayta ishlash texnika va texnologiyalarini takomillashtirish, arrali jinlar ishchi organlarini hisoblash va loyihalash usullarini ishlab chiqish, jinlash ishlarini maqbullashtirish bo'yicha O'zbekistonning taniqli olimlarini ilmiy ishlari bag'ishlangan. Bulardan:

G.I.Miroshnichenko, P.N. Tyutin, R.G.Mahkamov, E.T.Maqsudov, I.K.Hafizov, N.Z.Kamolov, A.D.Djuraev, B.M.Mardonov, X.T.Ahmadxo'jaev, R.M.Murodov, R.Z.Burnashev, P.V.Korabelnikov, A.E.Lugachev, M.M.Shukurov, X.K.Tursunov, I.G.SHin, N.M. Safarov, F.A.Qurbonov, J.S. Ergashevlar olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijasida chigitlardan tola ajratish jarayoni bevosita arra va kolosnik yordamida amalga oshirish, ishchi organlarning ishchi holati paxta xomashyosining ifloslanganlik darajasiga, namlik va tarkibidagi organik abraziv elementlarga bog'liq bo'lishi, arraning ishchi tishlari va kolosnik qirralarining eyilish kattaligi bo'yicha salmoqli natijalarga erishildi.

Shu bilan birga, ko'rsatib o'tilgan olimlarning tadqiqotlarida paxtaning yuklamasidan kelib chiqadigan o'zgarishlar, ularning namligi, arrali silindr, xomashyo kamerasi tezlatgichi va kolosniklarning tebranishlari hamda inersiya momentlarining ta'siri, shuningdek arrali silindrdagi arrali disk tishlarning eyilishga barqarorligini oshirish bo'yicha muammolari etarli darajada o'rganilmagan.

**Tadqiqotning tadqiqot bajarilayotgan oliy ta'lim muassasasi ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Mazkur tadqiqot Buxoro muhandislik-texnologiya institutining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq OT-Atex-2018-373 "Lazer nurlari yordamida chigit va paxta urug'larini ajratish uchun chigit ajratish texnologik mashinalarining arra silindrli moslamasining ishchi qismining arra tishlarini kesish texnologiyasini ishlab chiqish" davlat granti (2018-2020) loyihasi doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi.** Tola ajratish mashinalarida arra tishlarining umrboqiyiligini oshirish imkoniyatini beruvchi ionli azotlash va lazerli puxtalashning yangi texnologiyasini yaratish.

**Tadqiqotning vazifalari:**

uglerodli asbobsozlik po'latidan tayyorlangan arra tishlariga kompleks ishlov berishning maqbul texnologiyasini ishlab chiqish;

U8G markali arrali disk tishlarining yuzasiga kimyoviy-termik ishlov berishning maqbul rejimlarini tanlash;

yuzasi kimyoviy-termik ishlov berilib, elektron nurlar bilan modifikatsiyalangan arrali diskning tola ajratish jarayonidagi xususiyatlariga va tishlar emirilishiga ta'sirini aniqlash;

ionli azotlash jarayonida arraning ortiqcha deformatsiyalanishdan saqlash maqsadida maxsus moslamasini yaratish;

arralarga kompleks ishlov berib puxtalash texnologik jarayonlarining matematik modelini ishlab chiqish;

olib borilgan nazariy va amaliy tadqiqotlar natijalari asosida ko'p omilli eksperimental tadqiqotlar o'tkazish va ularni tahlil qilish;

yuza qatlami modifikatsiyalangan uglerodli asbobsozlik po'latli arrali diskga kompleks ishlov berilganda, uning tishlari barqarorligini, ishga layoqatliligi hamda ularning bardoshlilikini baholash;

kimyoviy-termik ishlov berib puxtalangan arra tishlarining ish resursini, iqtisodiy tannarxi, mashinaning ish unumdorligini aniqlash va ishlab chiqarishga joriy etish.

**Tadqiqot ob'ekti** sifatida paxta xomashyosini jinlash mashinasining arrali silindri olingan.

**Tadqiqot predmetini** arrali silindrlarning xizmat muddatini oshirish uchun azotlash va lazerli puxtalash, termik puxtalash hamda arra tishining sirtqi qatlami tashkil etadi.

**Tadqiqot usullari.** Tadqiqot jarayonida ion-plazmali qoplama hosil qilish va lazerli puxtalashning nazariy va amaliy usullari, mashina va mexanizmlar nazariyasi, oliy matematika va tebranishlar nazariyasi, texnologik mashinalarni ish jarayonlarini matematik modellashtirish, matematik statistika va hisoblash matematikasi usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

paxta xomashyosini jinlash mashinasidagi arrali disk tishlari uchun ilk marotaba ionli azotlash va lazer nuri orqali puxtalash texnologiyasining ketma - ketligi ishlab chiqilgan;

jinlash mashinasining arra tishlari ishchi zonasini ionli azotlash imkoniyatini beruvchi va arraning ortiqcha deformatsiyalanishdan saqlovchi yangi moslamaning konstruktiv va texnologik parametrlari ishlab chiqilgan;

jin mashinasining arra tishlarini ishchi yuzasida kimyoviy-termik ishlov berilgan so'ng hosil bo'ladigan o'zgarishlar ya'ni, egilish, sinish va eyilish imkoniyatini aniqlab beruvchi matematik model ishlab chiqilgan;

ionli azotlash va lazer nuri yordamida paxta xomashyosini jinlash mashinasining arra tishlari mustahkamligini oshiruvchi kimyoviy moddalarning ulushlarining ratsional qiymatlari regression matematik model asosida aniqlangan.

**Tadqiqotning amaliy natijasi** quyidagilardan iborat:

arrali silindr tishlarini ionli azotlash va lazer nuri yordamida puxtalashdan oldin uning qattiqligi 66-69 HRA ni tashkil etgan bo'lib, uning mustahkamligini oshirish natijasida arra tishlari ishchi yuzasining 0,3 mm chuqurlikdagi qattiqligi 81-82 HRA ni tashkil etishiga erishilgan;

tavsiya etilayotgan texnologiya bo'yicha tayyorlangan arrali silindrlar xomashyo valigining zichligi o'zgarmagan holatda ( $420-450 \text{ kg/m}^3$ ) ularning mustahkamligi oshishi munosabati bilan arra diskklarining ishlash muddati 72-96 soatga oshishi isbotlab berilgan;

ishlab chiqarish sharoitida olib borilgan amaliy tadqiqotlar natijasiga ko'ra, arrali silindr tishlarini ionli azotlash va lazer nuri yordamida puxtalab uning mustahkamligi oshirilishi: arra tishlarini sinishini 3,5% dan 2% gacha kamayishi aniqlangan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Tadqiqot natijalarining ishonchliligi izlanishlarning zamonaviy usul va o'lchash vositalaridan foydalangan holda o'tkazilganligi, nazariy va eksperimental tadqiqotlarning o'zaro adekvatligi, bajarilgan tadqiqotlar asosida ishlab chiqilgan ionli azotlangan va lazer nuri yordamida puxtalangan arrali silindrlar jin mashinasi sinovlarining ijobiy natijalari va amaliyotga joriy etilganligi bilan asoslanadi.

#### **Tadqiqotning ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Jin arra tishlarini mustahkamlashning dinamik metodi ilmiy asoslangan va tishlarini ionli azotlash va lazer nuri yordamida puxtalab uning mustahkamligini oshirishning ratsional rejimi (lazer nuri yordamida ishlov berishda nur diametri, tezligi, qayta ishlash vaqti va sarfi) tavsiya etilganligi bilan izohlanadi;

arra tishlarini mazkur usulda puxtaligini oshirish orqali qayta ishlashning tavsiya qilingan rejimlari yuza qatlamining mikroqattiqiligini maksimal darajada oshiradi, bu esa tishlarning xomashyo vali bilan tutashishida eyilishga chidamliligini oshirishga imkon berishi bilan izohlanadi;

tishlarni puxtaligini oshirish natijasida arra tishi yuzalarini mustahkamlangan qatlamning chuqurligi  $0,2...0,28 \text{ mm}$  bo'lib, bunda texnologik yuklanishlar ta'sirida arra tishining qirqimida hosil bo'ladigan uzoq muddatdagi egiluvchi momentlar ta'siridagi qarshilik qiladigan tish qalinligi o'zagining qovushqoqligi saqlab qolingani bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Arrali silindr tishlarini ionli azotlash va lazer nuri yordamida puxtalash orqali samaradorligini rivojlantirish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

arra tishlarini ionli azotlash va lazer nuri yordamida qayta ishlash natijasida tishlari mustahkamlangan arrali silindrlar Buxoro viloyati "Buxoro Agroklaster" MCHJ ga qarashli G'ijduvon paxta tozalash AJ da, Kogon paxta tozalash AJda, Shofirkon paxta tozalash AJda va Romitan tumanidagi "BST Cluster Agrokompleks" MCHJ ga qarashli paxta tozalash korxonalarida ishlab chiqarishga joriy qilingan ("O'zbekiston paxta-to'qimachilik klasterlari" uyushmasining 2023 yil 21 fevraldagi 02/22-92-sonli ma'lumotnomasi). Natijada jin arralarining ishlash muddati 2,0-2,5 barobarga oshgan hamda paxta tozalash korxonasi misolida jami yillik iqtisodiy samaradorlik 4029027,5 ming so'mni tashkil etgan.

#### **Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.**

Tadqiqot natijalari bo'yicha 5 ta xalqaro va 3 ta Respublika ilmiy-amaliy konferensiyalarida ma'ruza qilingan, hamda aprobatsiyadan o'tkazilgan. Namangan viloyat televideniyesi "Guldasta" musiqiy informatsion dasturining "Suhbatdosh" sahifasida intervyu berilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi.** Dissertatsiya ishining asosiy natijalari bo'yicha 28 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 14 ta maqola, "Scopus", va "Web of science" tizimiga kiruvchi xalqaro ilmiy jurnallarda 3 ta maqola chop etilgan. Bundan tashqari Intelektual mulk agentligining 1 ta ixtiro uchun patenti olingan.

## TADQIQOTNING ASOSIY MAZMUNI

**O'zbekiston Respublikasining "Diskli arra tishlariga termik ishlov berish usuli" (25.03.2022 yildagi № IAP 06848) ixtiro patenti.**

**Foydalanish sohasi:** mashinasozlik, tolani qayta ishlash mashinalari arrali silindrlarining diskli arralari tishlariga termik ishlov berish.

**Vazifasi:** tolani qayta ishlash mashinalari arrali silindrlarining diskli arralari tishlarining o'zagi ( $h=100-300$  mkm) yumshoqligicha qolgan holda ustki qatlamning ( $h=25$  mkm) bikrligini oshirish.

**Ixtironing mohiyati.** Usul generator induktorga uzatiladigan yuqori chastotali toklar bilan tishlarni toblash uchun qizdirish va qo'yib yuborishni, bunda toblash uchun qizdirish setkasidagi tok kuchining va anod toki kuchining muayyan qiymatlarida olib boriladi, va sovutishni o'z ichiga oladi. Qizdirish va toblash ion-plazmatik usulda  $620^{\circ}\text{S}$  dan  $690^{\circ}\text{S}$  gacha haroratda 1 soat mobaynida, tarkibida 80%  $\text{N}_2$  va 20% Ar bo'lgan gaz muhitida va 0,3 Ra ga teng bosimda, 80 A ga teng yoy tokida va 75 A ga teng qo'shimcha anod tokida amalga oshiriladi. Arrali disk o'rnatilgan stol 700 V ga teng siljish kuchlanishi beriladi. Azotlash o'tkazilgandan keyin diskli arra kamerada xona haroratigacha sekin-asta sovutiladi. Keyin diskli arra tishlariga aylana bo'ylab quvvati 100 Vt ga teng uzluksiz lazer nuri bilan sakkizta to'liq o'ramlar mobaynida 0,5 ga teng qadam bilan, 1,6 m/daq. ga teng uzatish va ishlov berish tezligiga va lazer kallakhasidan arra yuzasigacha 5 dan 6 gacha mm masofada ishlov beriladi.

### Arra tishlarini ionli azotlash yordamida puxtalashning nazariy asoslari

Tishlar barqarorligini oshirish yo'li bilan tola ajratish mashinasi arrali silindr uzelineing arra ish samaradorligini oshirish vazifasi ion-plazmali azotlashni qo'llash hisobidan hal qilinishi mumkin. Bu texnologiya an'anaviy pechda azotlashga nisbatan tishlar sirtini azot bilan qoplash jarayonini sezilarli ravishda oshirish imkonini beradi. Demak, tola ajratish mashinasi arrali silindr uzelineing U8G markali po'latdan tayyorlangan arrani azotlashda ikki pog'onali vakuum-yoyli zaryadsizlanish plazmasida bir soat davomida 0,3 mm gacha samarali qalinlikka va 11,8 MPa qattqlikka ega bo'lgan qatlam hosil bo'ladi. Bunday ishlov berilgan arra tishlarining chidamliligi azotlanmagan arraga nisbatan 1,5-2,5 barobarga o'sadi.

Taklif etilgan texnologiya arrani puxtalashning boshqa ma'lum bo'lgan usullaridan shunisi bilan farqlanadiki, po'latda azotning yuqori to'planishi bilan nisbatan chuqur diffuzion qatlam hosil bo'ladi. Arrani navbatdagi toblash jarayonini o'tkazish davomida azot mahsulotning ichiga shimiladi hamda po'latning qattqligi va issiqlikbardoshligini 0,7-1,0 mm chuqurlikka oshiradi.

Ikki pog'onali vakuum-yoyli zaryadsizlanish usuli bo'yicha ion-plazmali azotlashda plazmaning yuqori emission qobiliyati hisobidan tozalash, qizdirish va azotning metall ichiga yuqori tezlikda shimilishi ta'minlanadi. Bunday qaror tufayli qisqa vaqt (0,5-2 soat) davomida yupqa (100 mkm gacha) sirtqi qatlamda azotning yuqori darajada to'planishiga erishiladi.

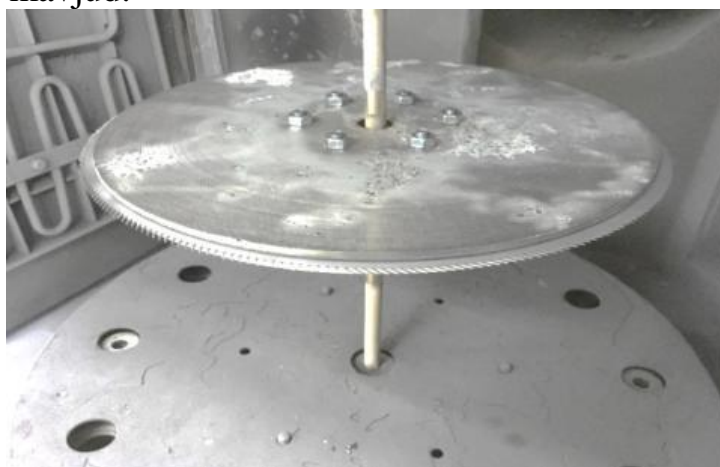
Chuqur ion-plazmali azotlash texnologiyasi "STANKIN-APP-1" qurilmasida (1-rasm) amalga oshirildi. Tadqiqot ob'ekti sifatida U8G markali po'latdan tayyorlangan arra va mikroqattiqligini keyinchalik o'lchash va fazaviy tahlil qilish uchun xuddi shu po'latdan tayyorlangan namunalar tanlandi. Ionli azotlash jarayoni vaqtida yuqori haroratli muhitda arrali silindrning deformatsiyalanishidan saqlash uchun moslama ishlab chiqildi, chunki arrali silindrning qalinligi 0,95 mm ni tashkil qiladi (2-rasm).



**1-rasm. «STANKIN-APP-1» vakuumli qurilmasi**

Yeyilishga chidamli qoplamalarni hosil qilish uchun mo'ljallangan qurilmaning texnik tavsifi:

- hosil qilinadigan qoplamalar – TiN, (TiNbAl)N, (TiCr)N, ionli azotlash;
- yoyli bug'latgichlar soni – 6, rejali bug'latgichlar qurilmasini o'rnatish imkoniyati mavjud.



**2-rasm. "STANKIN-APP-1" qurilmasining vakuumli kamerasida joylashtirilgan arra moslamasi**

Ishchi kameraning o'lchamlari – Ø800x800 mm;  
 Vakuimli tortish tizimi – bug'-moyli nasos yordamida;  
 Mahsulot sirtini boshlang'ich tozalash – nursiz va ikki pog'onali vakuum-yoyli zaryadsizlanishda va metall ionlari yordamida;  
 Quymaning maksimal og'irligi – 100 kg;  
 Quvvati – 50 kVt.

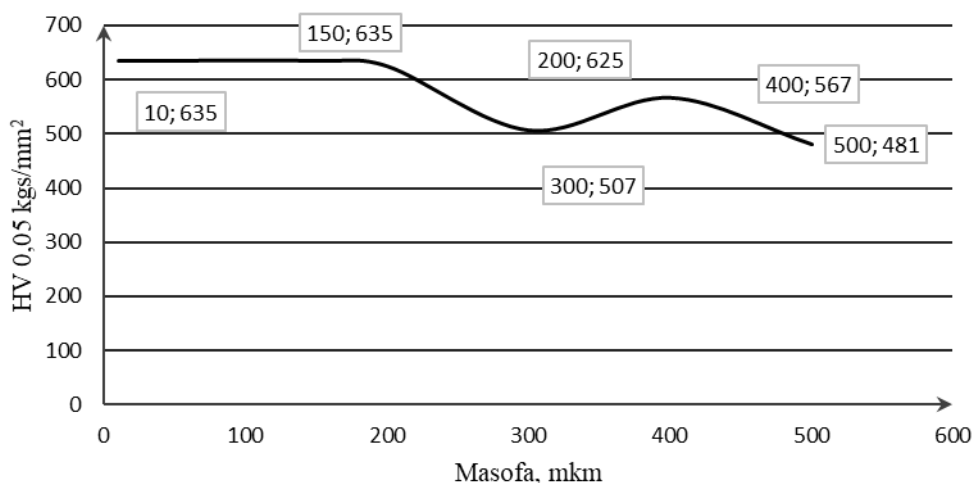
Yumshatilgan po'lat moslamasiga mexanik ishlov berilgandan so'ng arra va namunalar "STANKIN-APP-1" qurilmasining vakuumli kamerada joylashtirildi. So'ngra 0,4 Pa bosimda argon gazi muhitida 650°S ga qizdirildi va bir vaqtning o'zida sirtini ionli tozalash amalga oshirildi. Ion-plazmalı azotlash 650°S haroratda toza azot muhitida  $I_{da} = 80$  A tokda qo'shimcha anodning  $I_{da} = 75$  A tokida 1 soat davomida o'tkazildi, bu paytda detal joylashtirilgan stolga  $U = -700$  B siljitish kuchlanishi uzatildi. Azotlashdan so'ng arra va namunalar kamerada asta-sekin xona haroratigacha sovutildi.

Yupqa sirtqi qatlamda azotning yuqori konsentratsiyasining hosil qilinishi navbatdagi toblash jarayonida azotning po'lat ichiga chuqur shimilishi uchun zarurdir (3-rasm).



3-rasm. Azotlangandan so'ng arra ko'rinishi

O'tkazilgan ishlov berishdan so'ng U8G markali po'latning yuqori qattiqligi va issiqlikbardoshligi, shuningdek puxtalangan qatlam chuqurligining kattaligi arra tishlarining oshirilgan chidamliligini bildiradi (4-rasm).



4-rasm. Mikroqattqlikning U8G markali po'latda chuqurlik bo'yicha ion-plazma azotlashdan so'ng taqsimlanishi

Ionli azotlangan yuza qatlamining mikroqattiqligi yuqori ekanligidan dalolat beradi: 200 mikrometrgacha chuqurlikda mikroqattiqlik 600 dan 700 HV gacha bo'ladi. Yuqori qattiqlik po'lat tarkibida  $Me_4N$  turidagi murakkab temir nitridlari va qotishma komponentlarining mavjudligi bilan bog'liq bo'lib, ular og'irligi bo'yicha 6% gacha azotni saqlaydi, ferrit tarkibidagi azot miqdori esa ancha past (590% da 0,12% dan oshmaydi). Sirt yuzasining yupqa qatlamida azotning yuqori konsentratsiyasi keyinchalik qattiqlashishda azotni chuqur po'latga singdirish uchun zarur hisoblanadi.

### **Arra tishlarini lazer nuri yordamida puxtalashning matematik modelini ishlab chiqish**

Ma'lumki, Respublikamizda etishtirilayotgan o'rta tolali paxtalarning past navlarini, tolasini chigitdan ajratish jarayonida 4DP-130 va 5DP130 arrali jin mashinalaridan foydalaniladi. Arrali jinlarning asosiy ishchi qismi arrali silindr, hamda kolosniklardan yig'ilgan panjaradan tashkil topgan. Paxta tozalash korxonalaridagi jin va linterlarning kolosnik panjarasida tekis o'rnatilgan va oralarida arra kirishi uchun tirqish qoldirilgan SCH15 markali cho'yandan tayyorlangan kolosniklar qo'llanilmoqda. Bu ikki ishchi qismning bir-biri bilan bo'lgan muloqoti natijasida tola chigitdan ajratiladi, ya'ni jinning ishchi kamerasi tushgan chigitli paxta chigit tarog'ining ustida aylanayotgan arra tishlari olib olib arra yoyi bo'ylab sudrab kolosnikning ishchi qismiga olib keladi.

Arra tishlariga ilingan tolali chigitlar boshqa tolali chigitlarni ilashtirib ularni ham tortadi: shu tartibda arraning aylanishi hamda tolali chigitlarning bir-biriga ilashishi natijasida ishchi kamerada paxta aralashmasi aylana boshlaydi. Shunday qilib, arraning aylanishiga qarshi tomonga aylanuvchi xomashyo valigi hosil bo'lib, u arra tishlarini tola bilan uzluksiz ta'minlaydi.

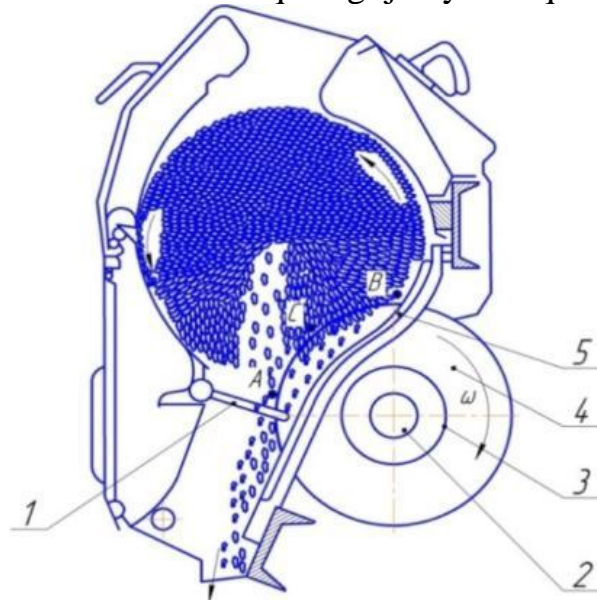
Arra tishlari tolani chigitdan ajratishda va keyingi tolani kolosnikli panjarani tashqarisiga olib chiqishda chigit unda ushlab qolinadi. Bu funksiyadan tashqari kolosnikli panjara zich paxta yoki chigitli valiklarni hosil qilishda ishchi kamerani bir qismini shakllantiradi, hamda tozalangan chigitni o'zi bo'ylab sirpanib, mashinadan chiqishiga yordam beradi. Arra tishlariga ilingan tolalar kolosniklarning oralaridan olib o'tiladi, chigitlar esa kolosnik oralig'iga sig'masdan o'ta olmay qolishadi, shu paytda toladan ajraladi.

Demak, arrali silindr paxtani jinlash jarayonida asosiy ishchi organ hisoblanadi. Ishchi kamerada paxta xomashyosi ham jin arrasi kabi aylanma harakat olib, to'liq tuksizlangan, qisman tuksizlangan chigitlardan iborat bo'lgan massali valik hosil qiladi. Bu massali valikning ishchi kamera markazi tomon zichligi oshib boradi (5-rasm).

Undan tashqari arra tishlari tolani olib olib ketayotganda xomashyo valigining aylanish tezligi o'zgarishi natijasida xomashyo valigining markazidan chigit tarog'i yo'nalishida ochiq (ejeksion) qism hosil bo'ladi. Shu ochiq joydan o'rtada yig'ilgan, chiqishga tayyor turgan tolasiz chigitlar chiqib boshlaydi. Ko'pgina hollarda ishchi kamerada massali valikni zichligi ortishi hisobiga, arrali silindrlarni aylanishi sekinlashadi.

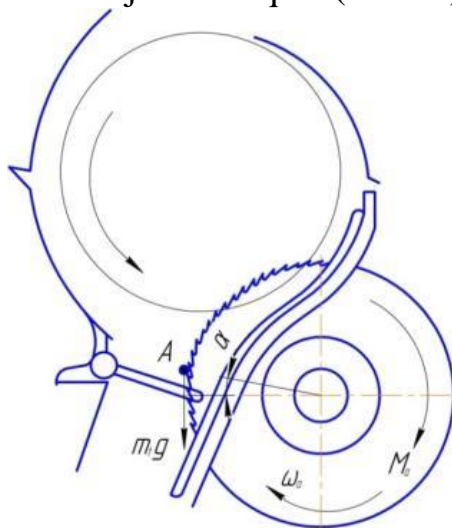
Jin va linterlarning ishlashi shuni ko'rsatadiki, arralarni qiyshayishi hamda kolosnik panjarasini yig'ishdagi noaniqliklari tufayli arralarni kolosniklarga tegishi, kolosniklarni jadal eyilishiga olib keladi.

Shuningdek, kolosnik tirqishlariga chigit va tosh bo'laklari tiqilib qolish hisobiga arra tishlarining egilish va sinish holatlari kuzatiladi. Chigitdan tolni ajratib olish jarayonini qarab chiqamiz. Avvalo A nuqtadagi jarayonni qaraymiz.



1-chigit tarog'i; 2-arra vali; 3-arralar oralig'idagi qistirma; 4-arrali silindr; 5-qobirg'a panjara  
**5 - rasm. Arraning chigitli paxta valigiga ta'siri sxemasi**

A nuqta xomashyo valigi arrali silindr aylanish yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda aylanadi va A nuqtada ishchi kamera hamda kolosniklar o'rtasida yoriq hosil bo'lish hisobiga, tuksizlangan chigitlar o'z og'irligi ta'sirida pastga tomon harakatlanadi va jin mashinasidan ajralib chiqadi (6-rasm).



A-nuqtada tosh xarakati faraz qilingan

**6 - rasm. Arra tishi bilan og'ir aralashma (tosh)ning o'zaro ta'sir sxemasi**

Bu jarayon uchun arrali silindrning harakat differensial tenglamasini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$J_a \frac{d\omega_a}{dt} = M_a - r_a \cdot m_t g \cdot \sin\alpha, \quad (1)$$

bu erda:  $m_t$  – tosh massasi,

$g$  – erkin tushish tezlanishi,

$M_a$  – disk arraga qo'yilgan burovchi moment

(1) ni  $dt$  ga ko'paytirsak,

$$J_a \cdot d\omega_a = (M_a - r_a \cdot m_t g \cdot \sin\alpha) \cdot dt, \quad (2)$$

(2) ni 0 dan  $t_1$  vaqtgacha integrallasak (bunda  $\omega$  ham  $\omega_0$  dan  $\omega_1$  gacha o'zgaradi),

$$\int_{\omega_0}^{\omega_1} J_a \cdot d\omega_a = \int_0^{t_1} [M_a - r_a \cdot m_t g \cdot \sin\alpha] \cdot dt, \quad (3)$$

(1) da (arra diskining inersiya momenti)  $J_a, M_a, r_a, m_t, g, \alpha$  kattaliklar o'zgarmasligini hisobga olsak, (3) ni integrallab, quyidagini olamiz.

$$J_a \cdot (\omega_1 - \omega_a) = [M_a - r_a \cdot m_t g \cdot \sin\alpha] \cdot t_1, \quad (4)$$

bu erda:  $t_1$  – zarba vaqti.

(1) dan zarba kuchi  $F_z$  ni aniqlaymiz:

$$F_z = m_t g \cdot \sin\alpha = \frac{1}{r_a \cdot t} [M_a - J_a \cdot (\omega_1 - \omega_a)]. \quad (5)$$

Agar (5) da arrali silindrning burchak tezligiga urilayotgan iflos aralashma (tosh bo'lagi) ning zarba kuchi deyarli ta'sir qilmasligini, ya'ni:

$$\omega_1 = \omega_a = 730 \text{ ayl/min}$$

ekanligini hisobga olsak,

$$F_z = m_t g \cdot \sin\alpha = \frac{1}{r_a \cdot t} M_a,$$

va bu holda arra tishiga zarba kuchi  $F_z$  tomonidan qo'yiladigan kuchlanish

$$\sigma_a = \frac{F_z}{S_t}, \quad (6)$$

bu erda:  $S_t$ -tosh bo'lagining arra tishiga tegib turgan yuzasi.

Arra tishiga tushayotgan kuchlanish

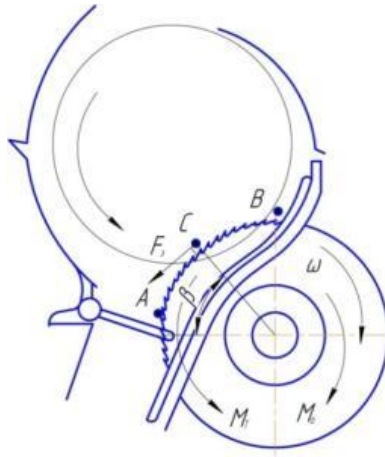
$$\sigma_a < [\sigma_a] \quad (7)$$

shartni qanoatlantiradi.

Bu erda:  $[\sigma_a]$  – arra materiali uchun ruxsat etilgan kuchlanish.

(7) munosabatdan ko'rinib turibdiki, bu holda tosh bo'lagi arra tishini deformatsiyalay olmaydi.

Endi paxta valigidan tolani ajratish jarayonini S nuqtada qaraymiz. S nuqta shu bilan xarakterlanadiki, S nuqtada ishchi kameraga tushayotgan paxtaning zichligi ancha yuqori bo'ladi va paxta xomashyosi tarkibidagi iflosliklar aynan S nuqtada arra tishini deformatsiyalash ehtimoli yuqori bo'ladi (7-rasm).



7-rasm. Arra tishlariga S nuqtadagi tosh xarakatining ta'siri sxemasi

S nuqtada arra harakatining differensiallash tenglamasini tuzamiz (arra tishlarining tolani ilib olish jarayoni).

$$J_a = \frac{d\omega_a}{dt} = M_a - M_T, \quad (8)$$

bu erda:  $M_T$  – xomashyo valigi tomonidan arra tishiga qo'yiladigan qarshilik momenti. (8) ni  $dt$  ga ko'paytirsak,

$$J_a \cdot d\omega_a = (M_a - M_T) \cdot dt, \quad (9)$$

va (9) ni 0 dan  $t_1$  vaqtgacha (bunda  $\omega$  ham  $\omega_0$  dan  $\omega_1$  gacha o'zgaradi) integrallasak,

$$J_a \cdot (\omega_1 - \omega_a) = (M_a - M_p) \cdot t_2,$$

bu erda:  $t_2$  – arra tishining S nuqtadan V nuqtagacha kelgunicha ketgan vaqt (S nuqtada arra tishlari paxtani ilib oladi).

C nuqtada arra tishi xomashyo valigi ichidagi unsur (tosh bo'lagi) bilan birgalikda tolani ilib olish jarayonini qaraymiz. Arra tishi xomashyo valigi ichidagi tosh parchasiga zarb bilan uriladi va bu jarayonning harakat differensial tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$J_a \frac{d\omega_a}{dt} = M_a - M_p - F_z \cdot r_a \quad (10)$$

bu erda:  $F_z$  zarba kuchi.

$$F_z = m_t \frac{\omega_1 - \omega_a}{t_2}$$

(10) ni  $dt$  ga ko'paytirsak,

$$J_a \cdot d\omega_a = (M_a - M_p - F_z \cdot r_a) \cdot dt. \quad (11)$$

(11) ni 0 dan  $t_1$  vaqtgacha integrallasak (bunda  $\omega$  yana  $\omega_0$  dan  $\omega_1$  gacha o'zgaradi),

$$J_a(\omega_1 - \omega_a) = [M_a - M_p - F_z \cdot r_a] \cdot t_2. \quad (12)$$

(12) dan zarba kuchi  $F_z$  ni aniqlaymiz:

$$F_z = \frac{1}{r_a} [M_a - M_p - \frac{1}{t_2} J_a (\omega_g - \omega_0)], \quad (13)$$

( $\omega_g$  burchak tezlik  $\omega_0$  dan kichik).

Zarba kuchi  $F_z$  uchun arra tishiga beriladigan kuchlanish.

$$\sigma_a = \frac{F_z}{r_a},$$

bu holda

$$\sigma_a < [\sigma_a] \quad (14)$$

munosabatning bajarilishini ta'minlash uchun parametrlarni (12) tenglikdan olamiz.

Jarayonni  $V$  nuqtada qaraymiz. Bu nuqtada arra tishlari bilan tolali chigitning ilashishi sodir bo'lmaydi, shuningdek arra tishiga hech qanday kuch va momentlar ta'sir ko'rsatmaydi (8-rasm). Arra harakatining differensial tenglamasi

$$J_a \frac{d\omega_a}{dt} = 0 \quad (13)$$

ko'rinishida bo'ladi.  $J_a = const$  ligini hisobga olsak, (13) tenglikdan

$$\frac{d\omega_a}{dt} = 0$$

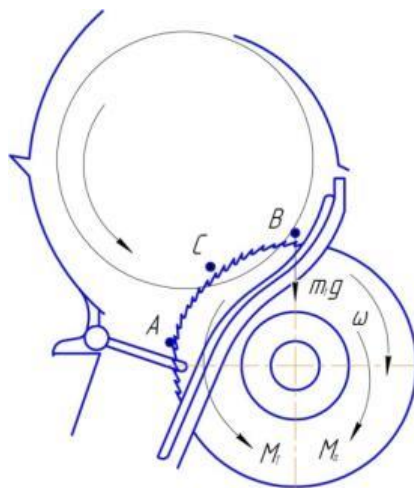
yoki

$$d\omega_a = 0 \quad (14)$$

ni olamiz (14) ni integrallab,

$$\omega_a = \omega_0 = const \quad (15)$$

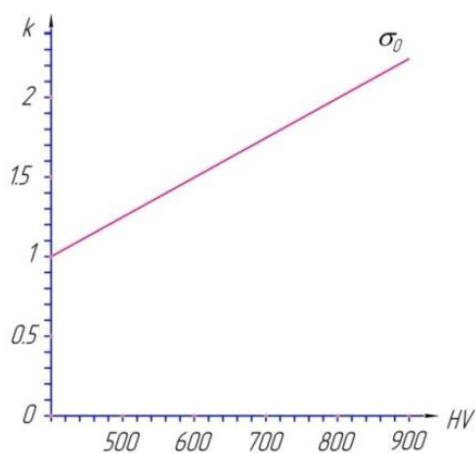
tenglikni olamiz, ya'ni bu nuqtada arra o'zgarmas  $\omega_0$  burchak tezlik bilan harakatlanadi.



8 - rasm. Arra tishlariga  $V$  nuqtada toshning ta'siri sxemasi

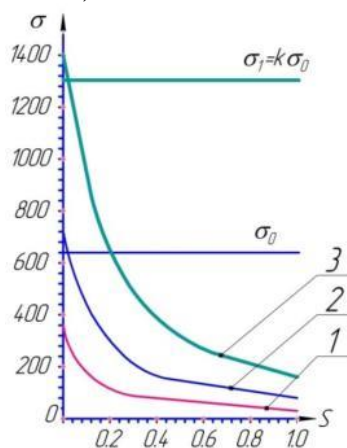
Endi arra materiallarini lazer nuri yordamida puxtalash orqali xususiy parametrlarini o'zgartirish bilan yuklanishlarga chidamliligini oshirilganda mikroqattqlikning o'zgarishiga bog'liqlik grafigini tahlil kilamiz.

Avvalambor arra materialiga lazer nuri yordamida ishlov berilganda arra tishlariga uning 300 mikron gacha qalinlikda qattqlik darajasi Vickers bo'yicha 420 dan 960 gacha ko'tarilgan. Shuni hisobga olib, yuklanishlarga mustahkamlik kattalikni o'zgarish koeffitsienti  $k$  ni hisoblab topamiz (9-rasm).



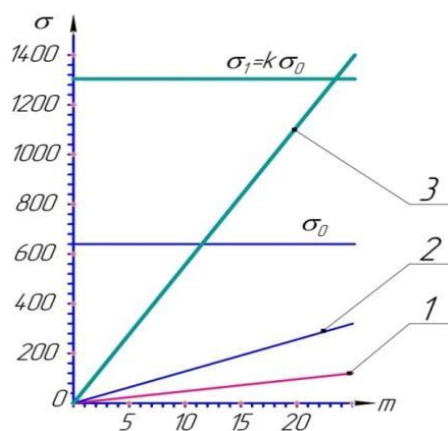
9- rasm. Yuklanishlarga mustahkamlik kattalikni o'zgarishi  $k$  koeffitsientiga bog'lanish grafigi ( $k=HV/HV_0$ ,  $HV_0=420$  Vickers formulasi bo'yicha)

Endi arra tishiga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan yuklanishlarni ta'sir yuzasiga nisatan ko'rib chiqamiz (10,11-rasm).



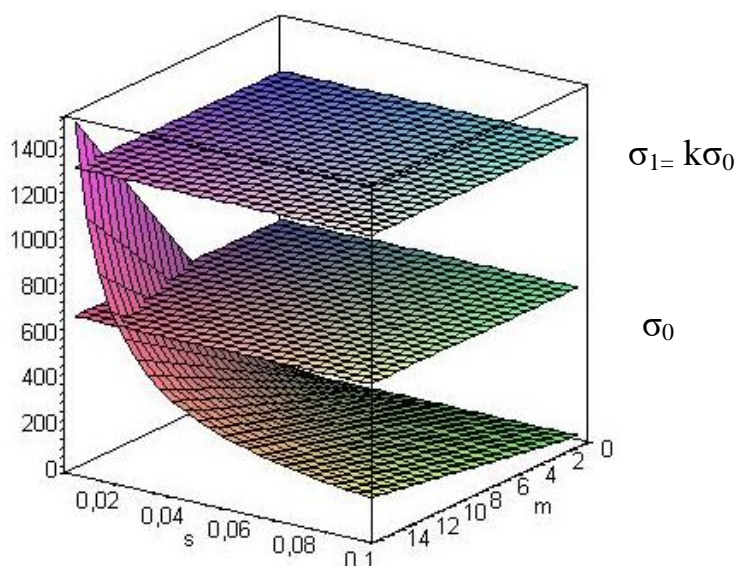
1-tolaning ta'siri, 2-chigitning ta'siri, 3-qattiq unsur (ifloslik) ta'siri;  $\sigma_0$ -standart arra materiali yuklanishi chidamliligi,  $\sigma_1$ -lazer nuri yordamida termik ishlov berilgan arra materiali yuklanishga chidamliligi

10-rasm. Arra materiali yuklanishga chidamliligi unsur ta'sir yuzasiga bog'lanish grafigi



1-tolaning ta'siri, 2-chigitning ta'siri, 3-qattiq unsur (ifloslik) ta'siri;  $\sigma_0$ -standart arra materiali yuklanishga chidamliligi,  $\sigma_1$ -lazer nuri yordamida termik ishlov berilgan arra materiali yuklanishga chidamliligi

11-rasm. Arra materiali yuklanishga chidamliligi va unga ta'sir qiluvchi unsurining massasiga bog'liqligi



**12-rasm. Arra materialini yuklanishga chidamliligi va unga ta'sir qiluvchi unsurining massasi va ta'sir yuzasining 3 o'lchamli bog'lanishi**

12-rasmda yuza kichik bo'lgan zonalarda arra materiallari standart holatdagisi talabga javob bera olmasligi va shu bilan birga ishlov berilgan material etarlicha imkoniyatga ega ekanligi ko'rinib turibdi. 300 mikrongacha chuqurlikda mustahamligni oshirilishi ta'sir yuzasi 0,02 mikrongacha bo'lgan holatda chidamliligi saqlanib qolar ekan. Bu holat 3-rasmda unsur massasiga nisbatan keltirilgan. Bunda ham kichik yuzalarga kattaroq massali unsurlar (zichligi katta bo'lgan iflosliklar)ga chidamli bo'lishi uchun arra materiallariga lazer nuri yordamida termik ishlov berib mustahamligini oshirish katta samara berishi aniqlandi.

12-rasmda 3 o'lchamli tasvir bilan arra materialini yuklanishga chidamliligi, unga ta'sir qiluvchi unsurining massasi va uning ta'sir yuzasini bog'lanishi keltirilgan. Kuchli ta'sirga uchraydigan yuzalar standart material mustahamligi oshirilgan materialga nisbatan 4 barobar (grafik tasvirdagi yuzalar nisbati) kichik, ya'ni qattiq unsurlarga chidamliligi 4 marotaba ortgan.

Shu bilan birga massasi kattaroq bo'lgan unsurlar ish jarayonida massasi ortishi bilan to'qnash kelish ehtimolligi kamayib boradi. Unsur massasi 2 barobarga oshsa, to'qnash kelish ehtimolligi 3 barobar kamayar ekan. Bundan umumiy holda materialga lazer nuri yordamida termik ishlov berish bilan arra tishlariga zarar etkazilish ehtimolligi 1,33 barobarga kamayishi ma'lum bo'ldi, bu esa o'z navbatida arralarning ishlash davri uzayishiga olib keladi.

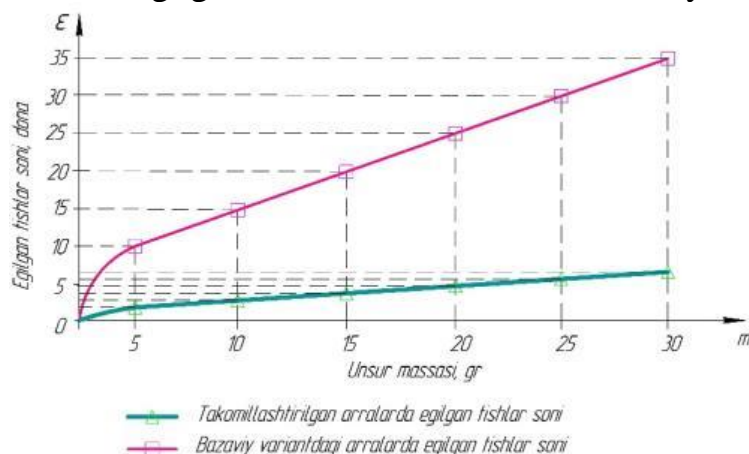
Paxtani dastlabki ishlash korxonalaridagi olib borilgan tadqiqot jarayonida iflos aralashmalar miqdori o'rganildi. Tosh tutkichlarning chigitli paxta bo'yicha ish unumi 12 t/soat bo'lib, samaradorligi 70-80% ni tashkil qiladi. Tosh tutish qobiliyati og'irligi 10 g dan ortiq bo'lgan toshlar uchun 100%; 100g dan engil toshlar uchun 94%. Og'ir unsurlar miqdori I sort paxtada o'rtacha 0,2%, past sortlarida esa 0,3% bo'ladi. Natijalari shuni ko'rsatadiki, tola ajratish jarayonigacha iflos aralashmalarining 0,06% i etib keladi. Ushbu ko'rsatgichlar tola ajratish jarayoniga bevosita bog'liq bo'lib, arra tishlariga salbiy tasiri aniqlandi va arra tishlarining shikastlash darajasi o'rganildi.

Olib borilgan tajriba ishlari hamda ilmiy izlanishlar natijasida iflos aralashmalar tarkibi va miqdori o'rganildi. Umumiy malumotlar 1-jadvalda keltirilgan.

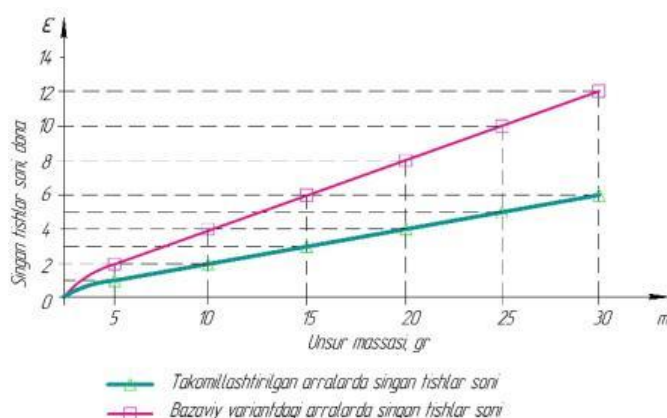
## Iflos aralashmalar tarkibi va miqdori

| №                         | Jinlash jarayonidagi iflos aralashmalar tarkibi |                 |               |  |                                    |
|---------------------------|---|-----------------|---------------|--|------------------------------------|
|                           | Mineral   |                 |               | Organik                                |                                    |
|                           | Tosh  | Po‘lat qotishma | Qum zarralari | Begona aralashmalar va barg bo‘laklari | Paxta shoxasi va ko‘sak chanoqlari |
| O‘lchami, gr              | 8-10  | 15-40           | 3-10          | 0,01-0,03                              | 1-3                                |
| Umumiy ifloslik ulushi, % | 67  | 12              | 7             | 4                                      | 10                                 |

13-rasmda keltirilgan grafikdan ko‘rinib turibdiki, olib borilgan nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijasida qurilgan bazaviy va tavsiya etilgan texnologiya bo‘yicha arra tishlari puxtaligini oshirishning amaliy natijalari, ya‘ni lazer nurlari yordamida ishlov berib, puxtaligi oshirilgan arra tishlari, ishlab turgan bazaviy variantiga nisbatan ularda egilgan tishlar soni 6 marotaba kamayishi kuzatilgan.



13-rasm. Lazer nuri yordamida puxtalangan arra 96 soat ekspluatatsiya jarayonidan so‘ng arra tishlarida egilish natijalarning grafik ko‘rinishi



14-rasm. Lazer nuri yordamida puxtalangan arra 96 soat ekspluatatsiya jarayonidan so‘ng arra tishlarida sinish natijalarining grafik ko‘rinishi.

14-rasmda keltirilgan grafikdan ko‘rinib turibdiki, olib borilgan nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijasida qurilgan bazaviy va tavsiya etilgan texnologiya bo‘yicha arra tishlarini puxtaligini oshirishning amaliy natijalari, ya‘ni lazer nurlari

yordamida ishlov berib, puxtaligi oshirilgan arra tishlari, ishlab turgan, bazaviy variantiga nisbatan ularda singan tishlar soni 2 marotaba kamayishi kuzatilgan.

Arra tishlarini lazer nuri yordamida puxtalashning matematik modeli yaratildi, bu matematik model asosida olib borilgan nazariy tadqiqotlar natijasiga ko'ra, arralar uchun lazer yordamida termik ishlov berish texnologiyasini qo'llash maqsadga muvofiq ekanligi ma'lum bo'ldi. Arralar uchun lazer yordamida termik ishlov berish texnologiyasini qo'llashning nazariy natijasi U8G markali po'latdan tayyorlangan arralarning chidamliligi termik ishlov berilmagan arralarga nisbatan 2 marta yuqori ekanligini ko'rsatdi.

Materiallar ishlab chiqarishni intensiv rivojlantirish texnologiyalarning vaqtini qisqartirishni talab qiladi, bu ekstremal tajribalarni rejalashtirish uchun statistik usullar yordamida muvaffaqiyatli hal qilinadi. Moddiy yoki texnologik rejimni ob'ektiv tasavvurini ta'minlaydigan parametrlarni optimal tanlash – muhim jihatlardan hisoblanadi.

Omillar – bu tadqiqot ob'ektiga ta'sir qiluvchi muhim ko'rsatkichlar bo'lib, shuning uchun optimallashtirish parametrda o'z aksini topadi. Eksperimentning boshqariladigan sharoitida eksperimentatorning o'zi omillar orqali tadqiqot ob'ektlariga ta'sir qiladi, buning uchun u tanlagan omillarni ma'lum darajalarda qo'yadi.

To'liq omilli tajribalarni o'tkazishda quyidagi kiruvchi omillarni tanlab olamiz  $X_1$  – lazer nuri quvvati, (Vt);  $X_2$  - lazer kallagidan arragacha bo'lgan masofa (mm);  $X_3$  – tolaning chiqish unumdorligi, (kg/soat).

Chiquvchi faktorlar  $Y$  – arra tishlarining puxtaligi, (HV); olingan.

Tanlab olingan kiruvchi omillarning qiymatlari 2-jadvalda keltirilgan.

## 2-jadval

### Omillarning o'zgaruvchanlik darajasi va intervallari

| Omil nomi                                      | Kodlashtirilgan belgisi | Omilning xaqiqiy qiymati |      |      | O'zgarish oralig'i |
|--|-------------------------|--------------------------|------|------|--------------------|
|  |                         | -1                       | 0    | +1   |                    |
| Lazer nuri quvvati, (Vt)                       | $X_1$                   | 100                      | 800  | 1500 | 700                |
| Lazer kallagidan arragacha bo'lgan masofa (mm) | $X_2$                   | 5                        | 52,5 | 100  | 47,5               |
| Tolaning chiqish unumdorligi, (kg/soat)        | $X_3$                   | 1200                     | 1300 | 1400 | 100                |

Shunday qilib, tishlar puxtaligiga ta'sir etuvchi uchta omil qabul qilindi.

Tajriba-sinov tadqiqotlari "Texnologik mashina va jihozlar" kafedrasida laboratoriyasida o'tkazildi.

Tajribalar o'tkazish maqsadida tuzilgan tajribalarni rejalashtirish matritsasi asosida sinovlar har bir sharoitda uch marta takroriy o'tkazildi. Bu holda tajribalar soni,

$$N = m^k = 2^3 = 8 \quad (16)$$

bu erda:  $N$  – tajribalar soni;  $m$  – har bir omilning sathlari soni;  $k$  – omillar soni.

Parallel tajribalar soni  $R=3$  ni hisobga olsak, umumiy tajribalar soni

$$N \cdot P = 8 \cdot 3 = 24$$

Tajriba-sinov natijalari takroriy qiymatlarining o'рта arifmetigini hisoblab, 3-jadvalning 8-ustuniga kiritildi. Bunda natijalarning o'рта arifmetigi quyidagicha aniqlanadi,

$$\bar{Y} = \frac{Y_{i1} + Y_{i2} + Y_{i3}}{3} . \quad (17)$$

Chiquvchi omillarning o'рта arifmetigi  $\bar{Y}$  aniqlangandan so'ng natijalarning dispersiyalari hisoblandi. Dispersiya qiymatlari quyidagi ifoda orqali aniqlandi:

$$S_i^2\{Y\} = \frac{\sum_{i=1}^3 (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} . \quad (18)$$

bu erda  $n$  - tajribalarning bir xil sharoitdagi takrorlanishlar soni.

### 3-jadval

Arra tishlari puxtaligi uchun o'tkazilgan tajribaning standart matritsasi

| №.   | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | $\bar{y}_{i1}$ | $\bar{y}_{i2}$ | $\bar{y}_{i3}$ | $\bar{y}_u$ | $S_u^2$ |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------|---------|
| 1    | -              | -              | -              | 572            | 679            | 702            | 651         | 4813    |
| 2    | +              | -              | -              | 456            | 480            | 543            | 493         | 2019    |
| 3    | -              | +              | -              | 860            | 748            | 655            | 754         | 10536   |
| 4    | +              | +              | -              | 1000           | 877            | 930            | 936         | 3806    |
| 5    | -              | -              | +              | 990            | 868            | 998            | 952         | 5308    |
| 6    | +              | -              | +              | 460            | 578            | 495            | 511         | 3673    |
| 7    | -              | +              | +              | 725            | 615            | 660            | 667         | 3058    |
| 8    | +              | +              | +              | 453            | 542            | 494            | 449         | 1984    |
| Jami |                |                |                |                |                |                | 5460        | 35198   |

Arra tishlar puxtaligi uchun chiquvchi omilning dispersiya qiymatlarini hisoblash:

$$S_1^2\{Y\} = \frac{\sum_{i=1}^3 (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} = 4813; \quad S_2^2\{Y\} = \frac{\sum_{i=1}^3 (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} = 2019;$$

$$S_3^2\{Y\} = \frac{\sum_{i=1}^3 (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} = 10536; \quad S_4^2\{Y\} = \frac{\sum_{i=1}^3 (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} = 3806;$$

$$S_5^2\{Y\} = \frac{\sum_{i=1}^3 (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} = 5308;$$

$$S_6^2\{Y\} = \frac{\sum_{i=1}^3 (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} = 3673;$$

$$S_7^2\{Y\} = \frac{\sum_{i=1}^3 (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} = 3058;$$

$$S_8^2\{Y\} = \frac{\sum_{i=1}^3 (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} = 1984.$$

Koxren mezoni yordamida hisoblangan dispersiya qiymatlarini bir jinsliligi tekshirildi.

Koxren mezoni quyidagicha ifodalanadi:

Arra tishining puxtalik diapazoni:

$$G_x = \frac{S_i^2\{Y\}_{\max}}{\sum_{i=1}^N S_i^2\{Y\}} = \frac{10536}{35198} = 0,29$$

bu erda  $G_x$  – Koxren mezonining hisobiy qiymati;  $S_i^2\{Y\}$  - sinov natijalarining eng katta dispersiya qiymati;  $\sum_{i=1}^N S_i^2\{Y\}$  - dispersiya qiymatlarining yig'indisi.

Koxren mezonining hisobiy qiymati jadvaldan tanlab olingan qiymati bilan taqqoslanadi. Bunda  $G_x < G_{jad}$  shart bajarilishi lozim. Koxren mezonining jadvaldan tanlab olingan qiymati 0,5% sath bo'yicha quyidagiga teng:

$$G_{jad} = \{f_1 = N = 8, f_2 = m - 1 = 3 - 1 = 2\} = 0,5157.$$

Demak, tadqiq etilayotgan holatda dispersiyalar bir jinsli ekan. Chunki  $0,29 < 0,5157$ , ya'ni shart bajarildi.

Keyingi bosqichda regressiya tenglamasini tuzamiz va regressiya koefitsientlarini aniqlaymiz.

Regressiya tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3. \quad (19)$$

Regressiya koefitsientlarini aniqlash:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{Y}_i, \quad (20)$$

bu erda  $N$  -tajriba o'tkazishlar soni.

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} x_{ij} \bar{Y}_i, \quad b_{ji} = \frac{1}{N} \sum_{i=j=1}^N x_{ij} \bar{Y}_i, \quad (21)$$

bu erda  $i$  -sinov tartibi;  $j$  - omillar tartibi.

Arra tishining puxtalik uchun regressiya koefitsientlarini hisoblab topamiz, ya'ni:

$$\begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{Y}_i = 682,5; & b_1 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} x_{ij} \bar{Y}_i = 73,5; \\ b_2 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} x_{ij} \bar{Y}_i = -30,75; & b_3 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} x_{ij} \bar{Y}_i = 26; \end{aligned}$$

$$b_{12} = \frac{1}{N} \sum_{i=j=1}^N x_{ij} \bar{Y}_i = 76,25; \quad b_{13} = \frac{1}{N} \sum_{i=j=1}^N x_{ij} \bar{Y}_i = -79,3;$$

$$b_{23} = \frac{1}{N} \sum_{i=j=1}^N x_{ij} \bar{Y}_i = -105,7; \quad b_{123} = \frac{1}{N} \sum_{i=j=1}^N x_{ij} \bar{Y}_i = 8,5.$$

Yuqoridagi hisoblashlardan kelib chiqqan holda mashinaning ish unumdorligi uchun regressiya tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$Y = 682,5 + 73,5X_1 - 30,75X_2 + 26X_3 + 76,25X_1X_2 - 79,3X_1X_3 - 105,7X_2X_3 + 8,5X_1X_2X_3$$

Hisoblashlarning keyingi bosqichida, St'yudent mezonini yordamida regressiya koeffitsientlarining ahamiyatligi tekshirildi:

$$t_R = \frac{|b_i|}{S(b_i)}, \quad S^2(b_i) = \frac{S_Y^2}{N \cdot n}, \quad (22)$$

bunda  $S_Y^2$  - qatoriy dispersiya, u quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$S_Y^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i^2\{Y\}. \quad (23)$$

Qatoriy dispersiyaning son qiymati hisoblandi.

$$S_Y^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i^2\{Y\} = \frac{35198}{8} = 4398.$$

So'ngra, dispersiyaning koeffitsientining son qiymati hisoblandi:

$$S^2(b_i) = \frac{S_Y^2}{N \cdot n} = \frac{4398}{8 \cdot 3} = 183,3$$

$$S(b_i) = \sqrt{183,3} = 13,5.$$

Regressiya koeffitsientlari uchun St'yudent mezonining hisobiy qiymatlari aniqlandi: (arra tishining puxtaligi)

$$t_{Rb_0} = 50,5, \quad t_{Rb_1} = 5,4, \quad t_{Rb_2} = 2,3, \quad t_{Rb_3} = 1,9, \quad t_{Rb_{12}} = 5,6, \quad t_{Rb_{13}} = 5,8,$$

$$t_{Rb_{23}} = 7,8, \quad t_{Rb_{123}} = 0,6.$$

Bunda quyidagi shart bajarilishi zarur:

$$t_x < t_{jad}.$$

Ushbu shart bajarilganda, hisoblab topilgan regressiya koeffitsientlari ahamiyatli, aksincha holda esa, aynan o'sha regressiya koeffitsienti ahamiyatsiz sanalib keyingi hisoblashlardan chiqariladi.

Regressiya tenglamasidagi har bir regressiya koeffitsienti chiquvchi omilni tasvirlab berishda katta ahamiyatga egadir. Regressiya tenglamasida ishtirok etuvchi kiruvchi omil oldidagi regressiya koeffitsientining qiymati katta bo'lsa, shu omilni chiquvchi omilga ta'siri yuqori, aksincha bo'lsa ta'siri kam bo'ladi. Koeffitsientlar oldidagi ishoralar esa ularni, qanday ta'sir etishini bildirib, ya'ni (+) musbat bo'lsa, chiquvchi omilning ta'siri ijobiy, (-) manfiy bo'lsa salbiy bo'ladi.

Jarayonning matematik modeliga faqat muhim koeffitsientlar kiritilgan. Shunday qilib, berilganlarni EXCEL kompyuter dasturi yordamida qayta ishlashda olingan tenglamalar sistemasi quyidagi ko'rinishga ega:

Arra tishlarining puxtaligi uchun regressiya tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$Y = 682,5 + 73,5X_1 - 30,75X_2 + 26X_3 + 76,25X_1X_2 - 79,3X_1X_3 - 105,7X_2X_3 + 8,5X_1X_2X_3$$

Olingan tenglamalarni mos kelishini matematik hisobi modelni tajriba natijalari bilan mos kelishini ko'rsatdi.

Modellarda regressiya koeffitsientlarini mohiyati tegishli faktorni chiquvchi parametrning qiymatiga faktorni asosiy sathdan pastki yoki ustkiga o'tishdagi hissasini xarakterlaydi. Faktorni pastkidan yuqorigi sathga o'tishida chiquvchi parametrning qiymatiga qo'shgan hissasini faktorning samaradorligi deyiladi. Regressiya koeffitsienti qancha katta bo'lsa, shuncha bu faktorning samarasi yuqori, ya'ni faktorning chiquvchi parametriga ta'siri kuchliroq bo'ladi. Shunday qilib, regressiya koeffitsientlarini qiymati bo'yicha modellarda faktorlarni  $Y_1, Y_2, Y_3$  ta'siri sababli saralash bajariladi.

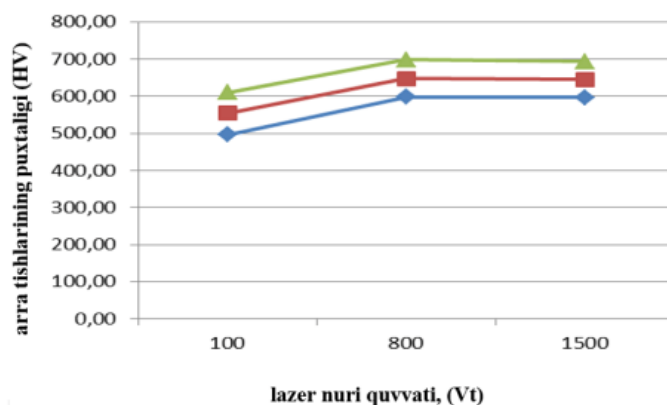
Regressiya koeffitsientining oldidagi belgi faktorni  $Y$  ga ta'sir xarakterini aniqlaydi. Musbat (+) belgili faktorlar chiquvchi parametr kattaligini oshiradi, minus (-) belgisi esa uni pasaytiradi.

Kiruvchi faktorlarning tadqiqot qilinadigan faktorga, ya'ni Arra tishlarining puxtaligiga ta'sirini ko'rib chiqamiz. Regressiya tenglamalarining tahlili  $Y_1$  – arra tishlarining puxtaligi (HV);  $X_1$  – lazer nuri quvvati, (Vt);  $X_2$  – lazer kallagidan arragacha bo'lgan masofa (mm);  $X_3$  – tolaning chiqish unumdorligi, (kg/soat) faktorlarning ( $X_1X_3, X_2X_3, X_1X_2 X_3$ ) o'zaro ta'sirini ko'rsatadi.

Bu bog'lanishlarni tadqiq qilish uchun regressiya tenglamasi bo'yicha asosiy faktorlarning turli qiymatlarida egri chiziqning sonli hisobi amalga oshirildi.

Qayta ishlashdan so'ng, hisob natijalari to'liq faktorli tajribaning kiruvchi faktorlarning  $Y$ – arra tishlarining puxtaligiga bog'liqlik grafiklari ko'rinishida keltirildi.

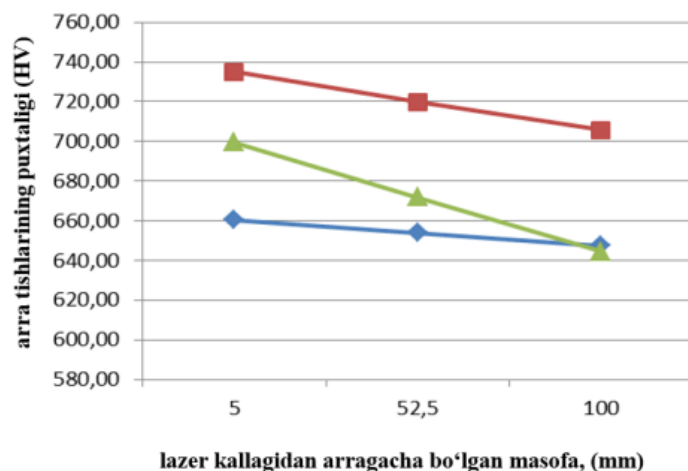
1-rasmda lazer nuri quvvatining arra tishlarining puxtaligiga bog'liqlik grafigi keltirilgan, uchta egri chiziqlar  $y=y(x)$  berilgan. Birinchi egri chiziq minimalga, ikkinchi oraliqdagi, uchinchi  $X_2$  va  $X_3$  faktorlarning maksimal qiymatiga to'g'ri keladi.



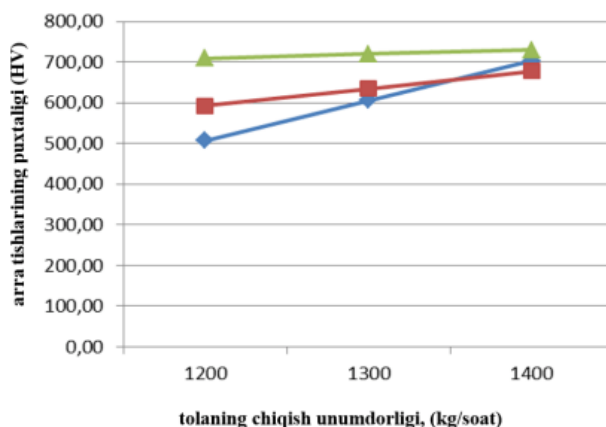
**15-rasm. Lazer nuri quvvatining arra tishlarining puxtaligiga bog'liqlik grafigi**

15-rasmda lazer nuri quvvatining arra tishlarining puxtaligiga ta'sirida birinchi chiziqda mashina ish unumdorligi 609 HV dan 693 HV gacha, ikkinchi oraliq chiziqda 553 HV dan 645 HV gacha, uchinchi chiziqda 496 HV dan 596 HV gacha oshganini ko'rish mumkin.

To'liq faktorli tajribani o'tkazishda kiruvchi faktorlarning chiquvchi faktorga ta'sirini aniqlash asosiy masala hisoblanadi. Yuqorida qayd qilingan barcha parametrlar va ularning nisbati kiyingan mashina ish unumdorligiga ta'sir qiladi.



**16-rasm. Lazer kallagidan arragacha bo'lgan masofaning arra tishlarining puxtaligiga bog'liqlik grafigi**



**17-rasm Tola chiqish unumdorligining arra tishlari puxtaligiga bog'liqlik grafigi**

16-rasmda lazer kallagidan arragacha bo'lgan masofaning arra tishlarining puxtaligiga bog'liqlik grafigi keltirilgan bo'lib, unda birinchi chiziqda 660 HV dan 647 HV gacha kamayganini ko'rish mumkin, ikkinchi chiziqda 734 HV dan 705 HV ga, uchinchi chiziqda 700 HV dan 644 HV ga kamaygan.

17-rasmda tola ning chiqish unumdorligi bilan arra tishlarining puxtaligiga bog'liqlik grafigi keltirilgan bo'lib, unga ko'ra birinchi chiziqda 709 kg/soatdan 730 kg/soatgacha oshganini ko'rish mumkin, ikkinchi chiziqda 592 kg/soatdan 677 kg/soatga, uchinchi chiziqda 507 kg/soatdan 703 kg/soatga oshgan.

Xulosa qilib aytganda, to'liq faktorli tajribada olingan natijalarning tahlili tanlangan asosiy faktorlarning quyidagi qiymatlarini tavsiya qilishga imkon beradi.

Olib borilgan nazariy tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, tanlab olingan uchchala omil, ya'ni  $X_1 - 100$  (Vt);  $X_2 - 5$  (mm);  $X_3 - 1400$  (kg/soat) o'lchov omillarida arra tishlarining puxtaligiga ta'sir ko'rsatar ekan. Puxtalashning yuqorida qayd etilgan usullarini qo'llash jin arralarini, uning qalinligi bo'yicha yuqori qattiqligini saqlagan

holda tishlarining qattiqligini sezilarli ravishda oshirish imkonini berdi, natijada jin arralarining ishlash muddati 2 barobarga oshishi aniqlandi.

Jin arra tishlarini ion plazmali azotlash va lazerli toblash yordamida puxtalangan arrali jinlarda o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijasiga ko'ra tolasidan ajratilgan chigitlarning toladorligi 0.3% ga kamayishi isbotlandi.

Ion-plazmali texnologiya bo'yicha azotlangan va lazerli toblangan jinlar arralari eyilishining ishlab chiqarish sinovlari va umrboqiyiligini oldindan aytib berish, puxtalashning tanlangan usulini maqsadga muvofiqligi va bu usulni kelgusida Buxoro viloyatining paxta tozalash korxonalarida joriy qilish mumkinligi to'g'risida aniq xulosa qilishga imkon beradi. Arralarning xizmat muddatini oshirish, shuningdek jinlash jarayonida tola va chigitlarning sifat ko'rsatkichlarini yaxshilash (tolaning chiqishi, chigitlarning tukdorligi va shikastlanishi) ushbu ish samaradorligining asosiy mezonini bo'lib hisoblanadi.

Ushbu ishda puxtalangan arralarning ishlab chiqarish sinovlari uslubi va natijalari, jin arralari tishlari eyilishining hisoblash modeli, materialning mustahkamlik chegarasi va eyilish jadalligi darajasidan bog'liq ravishda puxtalangan arralarning nisbiy umrboqiyiligini oldindan aytib berish usuli keltirilgan.

Ion-plazmali texnologiya bo'yicha azotlangan va lazerli toblangan jinlar arralari eyilishining ishlab chiqarish sinovlari namligi 0,7% ga teng bo'lgan, Buxoro 102, Buxoro 6 1-3 navli, 1-sinf paxta xomashyosidan foydalanib, "Kogon paxta tozalash", "G'ijduvon paxta tozalash" va "Romitan paxta tozalash" korxonalarining jin-linter sexidagi 4 va 5DP-130 markali jinlarda o'tkazildi. Eyilish beshta markalangan va qator joylashgan tishlarning orqa sirti bo'ylab hisoblash mikroskopi - MPB-2 Brinell lupasi yordamida (shkala bo'linmasi 0,05 va x24 marta kattalashtirgan holda) o'lchandi (18-rasm).



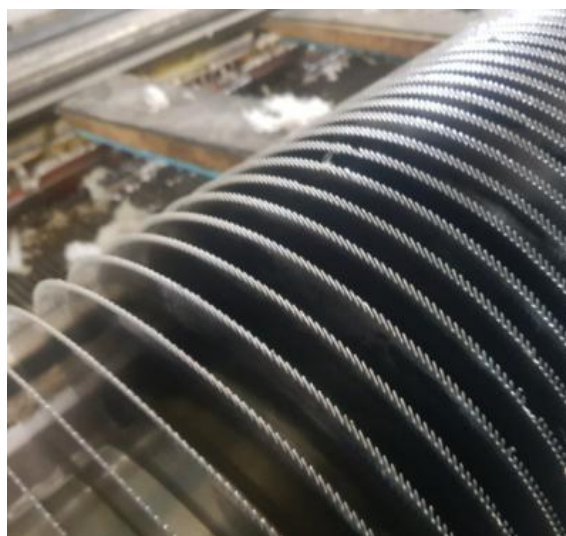
**18-rasm. MPB-2 hisoblash mikroskopi (Brinell lupasi)**

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, ion-plazmali azotlash va lazerli toblash texnologiyasi bo'yicha puxtalangan tishli arralarning ish qobiliyati puxtalanmagan arralarga nisbatan chidamliligi juda yuqori bo'ladi (19, 20-rasmlar).

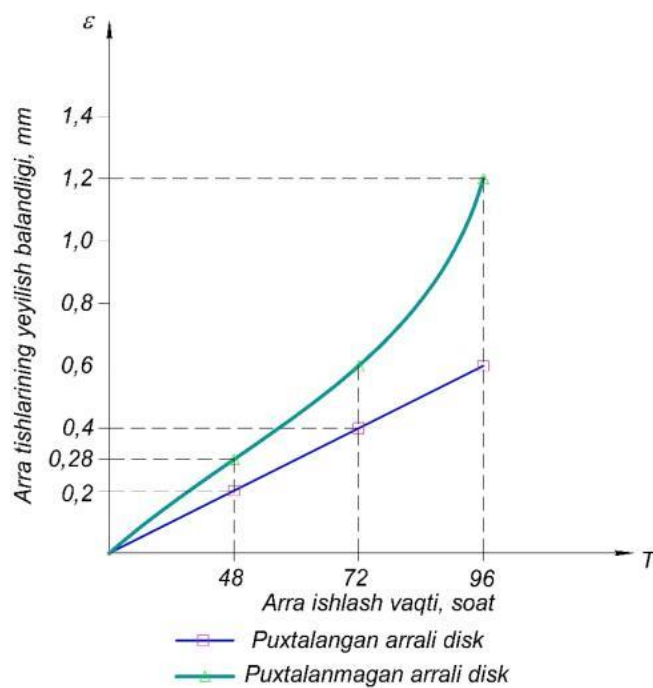
Demak, agar puxtalangan tishli arralarning ishlash muddati  $T=96$  soatni tashkil qilganda tishlarning eyilish kattaligi  $h_3 = 0,6$  mm bo'lganda, puxtalanmagan tishli arralarning ishlash muddati  $T=96$  soat bo'lganda, arra tishlarining eyilishi  $h_3 = 1,2$  mm ni tashkil qildi.



19-rasm. 4DP-130 markali arrali jinlarda puxtalangan tishlari bilan arralarning 72 soat ishlagandan soʻnggi ekspluatatsion holati



20-rasm. 5DP-130 markali arrali jinda oʻrnatilgan arralarning 96 soat ishlagandan soʻnggi ekspluatatsion holatlari



21-rasm. Arralarning ishlash davomiyligida eyilish diagrammasi

Arralarning puxtalangan tishlari 48 soat ishlagandan so‘ng  $h_3=0,2$  mm bo‘lganda boshlang‘ich profilini va yuqori ish qobiliyatini saqlab qoldi. Tishlari puxtalanmagan arralar esa  $h_3=0,28$  mm bo‘lganda sinishlar va eyilish natijasida tishlardagi berilgan profilning xatoliklari tufayli puxtalangan tishli arralarga nisbatan ish qobiliyati past bo‘lishi kuzatildi (21-rasm).

Bitta arrali jinda puxtalangan va puxtalanmagan tishli arrali disklar ishlatilgan paytdagi eyilish jarayonining xususiyatlari aniqlandi (4-jadval). Korxonada ishlab chiqarilgan arralarning ish qobiliyati pastligi, arralarning tishlari ba’zi joylarda to‘liq emirilishi va ish qobiliyatining yo‘qotilishi kuzatildi. Arralarning puxtalangan sirtlari ularning minimal  $h_3=0,3\dots 0,4$  mm eyilishida geometrik parametrlarini saqlab qolgan holda yuqori ish qobiliyatiga ega bo‘ldi.

#### 4-jadval

#### Ishlatish davomiyligidan bog‘liq ravishda tishlar eyilishining oshib borish darajasi

| № | Puxtalangan tishli arralar |            | Puxtalanmagan tishli arralar |            |
|---|----------------------------|------------|------------------------------|------------|
|   | T, soat                    | $h_3$ , mm | T, soat                      | $h_3$ , mm |
| 1 | 48                         | 0,2        | 48                           | 0,28       |
| 2 | 72                         | 0,4        | 72                           | 0,6        |
| 3 | 96                         | 0,6        | 96                           | 1,2        |

Olib borilgan eskperimental tadqiqotlar asosida lazer nuri ostida ishlov berilgan arralarning tola unumdorligiga ta’siri o‘rganildi. 5-jadvalda nazariy tadqiqotlar asosida arra diametri 320, tishlar soni 280 donani tashkil etgan vaqtda va paxta navlari kesimida ma’lum bir vaqt oralig‘ida tola chiqish unumdorligi keltirilgan.

#### 5-jadval

#### Paxta navlari kesimida ma’lum bir vaqt oralig‘ida tola chiqish unumdorligi

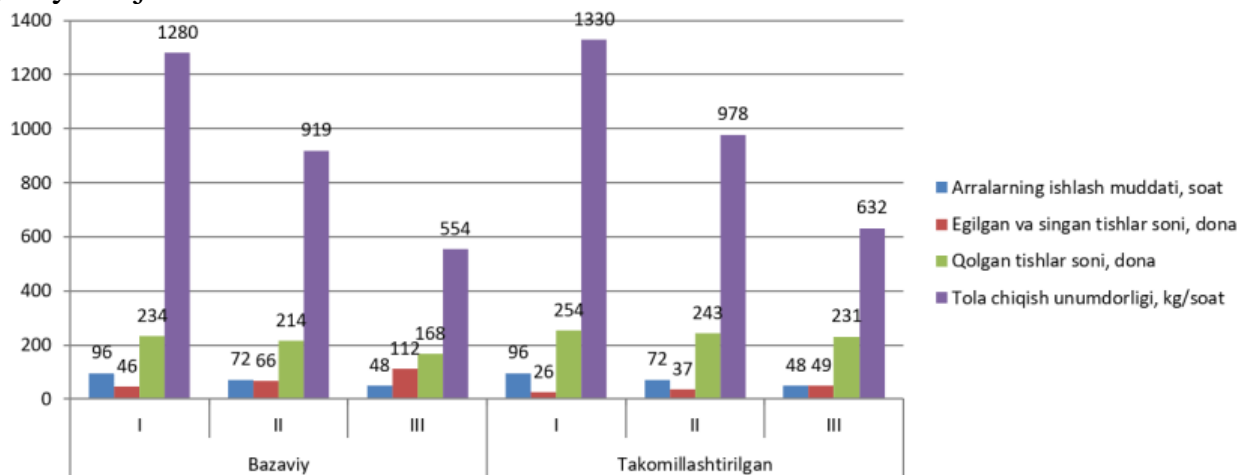
| Omillar nomi                      | Ishlab chikarish sharoitida |      |     |
|-----------------------------------|-----------------------------|------|-----|
| Paxta navi                        | I                           | II   | III |
| Arralarning ishlash muddati, soat | 96                          | 72   | 48  |
| Tishlar soni, dona                | 280                         | 280  | 280 |
| Tola chiqish unumdorligi, kg/soat | 1344                        | 1008 | 672 |

Paxta navlari kesimida bir necha omillar ta’siri ostida tola chiqish unumdorligi o‘rganildi. Tadqiqotlar asosida arra tishlarining kamayishi hisobiga (egilish va sinish) tola chiqish unumdorligiga ta’siri juda yuqoriligi aniqlandi. Bazaviy va takomillashtirilgan arralarda solishtirma qiymatlar topilib ular orasidagi unumdorlik farqi o‘rganildi (6-jadval).

**Bazaviy va takomillashtirilgan arralarda tishlarning kamayishi hisobiga tola chiqish unumdorligining o'zgarishi**

| Omillar nomi                         | Bazaviy |     |     | Takomillashtirilgan |     |     |
|--------------------------------------|---------|-----|-----|---------------------|-----|-----|
|                                      | I       | II  | III | I                   | II  | III |
| Paxta navi                           |         |     |     |                     |     |     |
| Arralarning ishlash muddati, soat    | 96      | 72  | 48  | 96                  | 72  | 48  |
| Egilgan va singan tishlar soni, dona | 46      | 66  | 112 | 26                  | 37  | 49  |
| Qolgan tishlar soni, dona            | 234     | 214 | 168 | 254                 | 243 | 231 |
| Tola chiqish unumdorligi, kg/soat    | 1280    | 919 | 554 | 1330                | 978 | 632 |

22-rasmda keltirilgan diagrammani chuqurroq tahlil qilish natijasida, shuni ko'rish mumkinki, bazaviy va takomillashtirilgan variantlardagi arralarni ishlash muddati va yo'qotilgan tishlar sonining tola unumdorligiga ta'siri juda katta ahamiyat kasb etar ekan, chunki diagrammaning birinchi qismi (96 soat) bilan uning uchinchi qismidagi (48 soat) omillarning bir-biridan farqi takomillashtirilgan arralarda faqat ijobiy natijalar berishini kuzatish mumkin.



**22-Rasm. Arra tishlari kamayishining tola unumdorligiga bog'liqlik diagrammasi**

Bu esa olib borilgan nazariy tadqiqotlar va unga solishtirilgan eksperimental tadqiqotlarning bir-biriga mos kelishidan dalolat beradi.

Tavsiya etilgan arralarni Buxoro 102, Buxoro 6 1-3 navli, 1-sinf paxta xomashyosidan foydalanib, Buxoro viloyat "Buxoro Agroklasteri" MCHJ ga qarashli "Kogon paxta tozalash", "G'ijduvon paxta tozalash" va SHofirkon paxta tozalash AJlar va Romitan tumanidagi "VST Cluster Agrokompleks" MCHJ ga qarashli paxta tozalash korxonasi umumiy yillik iqtisodiy samarasi 4029027,5 ming so'mni tashkil etdi.

## UMUMIY XULOSA VA TAVSIYALAR

Kompleks ishlov berish usuli bilan tola ajratish mashinalari arrali silindr arra tishlari sirtini mustahkamlash texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlarida olingan natijalar asosida quyidagi xulosalar olingan:

1. Jin arralari tishlarining deformatsiyadagi holati va ularning ekspluatatsiyadagi yuklanishi ta'sirida egilishini aniqlashning matematik modelini ishlab chiqildi.

2. Chuqur azotlash texnologiyasi yuqori qattqlik va issiqbardoshlik bilan 0,3 mm dan yuqori chuqurlikdagi diffuzion qatlamni hosil qilish imkonini beradigan nazariy tadqiqotlar asosida azot bilan to'yintirish jarayoni 1 soatdan oshmasligi aniqlandi.

3. Olib borilgan amaliy tadqiqotlarda quyidagi tartibda boshlang'ich ion-plazmali azotlash: 620-690°S 1 soat N<sub>2</sub>80% va Ar 20%, R=0,3 mPa gazli muhitda va lazer kallagining optik yuritmasidan 5-6 mm masofada 1,6 m/min tezlik bilan 100 Vt quvvatda yon sirt bo'ylab uzluksiz lazer nuri yordamida toblash eksperimentlari o'tkazildi.

4. Puxtalashning yuqorida qayd etilgan usullarini qo'llash jin arralarini, uning qalinligi bo'yicha yuqori qattqligini saqlagan holda tishlarining qattqligini sezilarli ravishda oshirish imkonini berdi, natijada jin arralarining ishlash muddati 2 barobarga oshishi aniqlandi.

5. Mikroqattqlik tadqiqotidan olingan oraliq natijalaridan kelib chiqib, arra sirtining puxtaligi kimyoviy-termik ishlov berilganda, lazerli toblangandan so'ng 48 soatdan 96 soatgacha oshdi.

6. Olib borilgan nazariy tadqiqotlar eksperimental tadqiqotlar bilan solishtirildi hamda olingan nazariy va eksperimental tadqiqot natijalarini taqqoslashdagi xatolik 0,3 % ni tashkil etdi.

7. Tavsiya etilgan arralarni Buxoro 102, Buxoro 6 1-3 navli, 1-sinf paxta xomashyosidan foydalanib, Buxoro viloyat "Buxoro Agroklasteri" MCHJ ga qarashli "Kogon paxta tozalash", "G'ijduvon paxta tozalash" va SHofirkon paxta tozalash AJlar va Romitan tumanidagi "VST Cluster Agrokompleks" MCHJ ga qarashli paxta tozalash korxonasi umumiy yillik iqtisodiy samarasi 4029027,5 ming so'mni tashkil etdi.

## E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI

### I bo'lim (I chact; I part)

1. Patent UZ №IAP 06848. Diskli arra tishlariga termik ishlov berish usuli // A.D.Djurev, N.F.Urinov, A.S.Abrorov, M.R.Quvoncheva, // Rasmiy axborotnoma. - 2022. -№ 4(252).
2. N.F. Urinov, M.X.Saidova, A.S.Abrorov, N.O.Kalandarov. Technology of ion-plasma nitriding of the teeth of the saws of the saw cylinder node.// International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. India, Vol. 6, Issue 5, May 2019. p. 9117-9121. (05.00.00; №8)
3. Н.Ф. Уринов, М.Х.Саидова, А.С. Аброров. Н.О.Каландаров. Технология глубокого ионно-плазменного азотирования зубьев дисковой пилы узла пильного цилиндра волоконотделительных машин. //“Фан ва технологиялар тараққиёти” Илмий-техникавий журнал. Бухоро, 2019. № 4. 79-82 б. (05.00.00; №24).
4. А.С. Аброров. Способ термической обработки зубьев дисковых пил волоконотделительных машин. “Фан ва технологиялар тараққиёти” //Илмий-техникавий журнал. 2020. № 3. 30-35 б. (05.00.00; №24).
5. A.S.Abrorov, M.R.Kuvoncheva, O.I. Rajabov, M.A.Muhammadov, Sh.M. Jumaev. Method of thermal treatment of saw disk teeth of fiber-processing machines by laser quenching. //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 862, 032034, 2020. (№3, Scopus)
6. N.F. Urinov, M.X.Saidova, A.S.Abrorov, N.O.Kalandarov. Technology of ionic- plasmic nitriding of teeths of disc saw of the knot of saw cylinder. //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 734(1). 012073. 2020. (№3, Scopus)
7. N.F. Urinov, A.S.Abrorov, M.A.Muhammadov. The process of laser hardening of a circular saw of fiber ginning machines and its physical essence. //Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent: Vol. 10: Issue 1, Article 13, 2020. p.64-67. (05.00.00; №25).
8. A.S.Abrorov, Sh.H. Salimov, I.A. Sohibov, Sh. Nurkulova. Tempering of the circular saw of fiber separation machines using a 5-coordinate laser machine. //International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. India, Vol. 7, Issue 2 , February 2020. p. 12832-12836. (05.00.00; №8)
9. A.S.Abrorov, M.X. Gapparova, A.A. Temirov, N.I. Mirzakulova. Physical essence and process of laser hardening of circular saw of a saw cylinder. //International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. India, Vol. 7, Issue 1, January 2020.p. 12418-12421. (05.00.00; №8)
10. A.S.Abrorov, Sh.H. Salimov, I.A. Sohibov, M.R. Quvoncheva. Vacuum installation of technology of deep ion-plasmic nitriding disc saw of fiber separating machines. //International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. India, Vol. 7, Issue 1, January 2020.p. 12406-12409. (05.00.00; №8)
11. A.S. Abrorov, A.A.Temirov, X.A.Saidov, Ch.A.Nurkulova, S.T.Tolibov. Термическая обработка зубьев дисковых пил волоконперерабатывающих

машин.// Научный журнал «Архивариус» 2021. Том 7 № 1 (55).С.21-25. (Index Copernicus (12), CrossRef(35)).

12. A.S. Abrorov, M. Kuvoncheva, M. Muxammadov. Ионно-плазменное азотирование дисковых пил волоконотделительной машины. //Современные инновации, системы и технологии, 1(3), 2021 год. с. 30–35. (Directory of Open Access Journals (25), CrossRef(35)).

13. A.S.Abrorov, M.R.Kuvoncheva, N.N.Xasanova, M.A.Muxammadov, X.A.Saidov. Производственные испытания дисковых пил после ионно-плазменного азотирования и лазерной закалки волоконотделительной машины марки 5ДП-130. //Современные инновации, системы и технологии, 2(4), 2022 год. с. 0331–0338. (Directory of Open Access Journals (25), CrossRef(35))

14. A.S. Abrorov, F.A. Kurbonov, M.Kh. Teshaeв, M.R. Kuvoncheva Kh.A. Saidov. Mathematical model of hardening the disk-shaped saw teeth with laser beams. // Journal of Physics: Conference Series., 2373(2), 022021, 2022. (№3, Scopus).

## **II bo‘lim (II chakt; II part)**

1. N.F. Urinov, M.X.Gapparova, A.S.Abrorov, J.O.Sharipov. Разработка прибора для измерения размеров семян хлопка сырца и расчетные значения микрорадиуса кромки зубьев дисковых пил. Россия, “Ученый XXI века”, 2018 год. № 4-3, с. 69-71.

2. N.F. Urinov, M.X.Saidova, A.S.Abrorov, M.X.Gapparova, J.O.Sharipov. Selection of saw material and preparation of experimental specimen samples of the couple "golden ring-disk" of the silver cylinder node of fiber-distribution machines International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. India, Vol. 5, Issue 5, May 2018 p.p. 5700-5705.

3. N.F. Urinov, M.X.Saidova, A.S.Abrorov, J.O.Sharipov. Выбор материала пила и подготовки экспериментальных образцов пары «Зубчатое кольцо-диск» узла пильного цилиндра волоконотделительных машин “Fan va texnologiyalar taraqqiyoti”. 2018 yil. № 4. 122-127 b.

4. N.F. Urinov, M.X.Saidova, A.S.Abrorov, N.O.Kalandarov. A device for measuring seed sizes of raw cotton and the calculated values of microradios edges of the teeth of circular saws. //International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. India, Vol. 6, Issue 5, May 2019. p. 9056-9060.

5. A.S. Abrorov, J.O.Sharipov. Kompleks ishlov berish usuli bilan tola ajratish mashinalari arrali silindr tishlari sirtini mustahkamlash texnologiyasini ishlab chiqish. //«Oliy ta’lim innovatsion faoliyati va faol tadbirkorlik integratsiyasi rivojlanishi-ning muammolari» mavzusida Respublika professor-o‘qituvchilar, ilmiy izlanuvchilar, magistrlar va talabalarining ilmiy-amaliy anjumani materiallari. Buxoro-2019. 17-19 aprel, 1 tom. 347-348 b.

6. X.G. Gapparov, A.S. Abrorov, Ch. Nurqulova. Chigit va tola ajratish texnologik mashinalarining arra silindrli moslamasi ishchi qismi arra tishlarini azotlash texnologiyasini ishlab chiqish. //Zamonaviy ishlab chiqarishning muhandislik va texnologik muammolarini innovatsion echimlari” halqaro ilmiy amaliy anjuman Buxoro, 2019. 14-16 noyabr, 3 tom. 580-574 b.

7. N.F. Urinov, A.S. Abrorov, M. Bahodirov. Методика упрочнения рабочей части зубьев дисковой пилы хлопкоотделительной машины из стали У8Г. //“Zamonaviy ishlab chiqarishning muhandislik va texnologik muammolarini innovatsion echimlari” halqaro ilmiy amaliy anjuman Buxoro, 2019. 14-16 noyabr, 1 tom. 572-574 b.

8. N.F. Urinov, A.S. Abrorov, X.M. Istamov. Закалка дисковой пилы волокноотделительных машин с помощью 5-ти координатного лазерного станка. Международный научно и научно-технической конференции. //«Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрном-пищевом секторе» 24-25 апреля, 2020 год Ташкент, с. 1076-177.

9. A.S. Abrorov, SH.M. Jumaev. Физическая сущность и процесс лазерной закалки дисковой пилы волокноотделительных машин. //Студенческий: научный журнал. – № 14(100). Часть 1. Новосибирск: апрель 2020 й. с. 92-95.

10. A.S. Abrorov, M.A. Muxammadov. Вакуумная установка технологии глубокого ионно-плазменного азотирования дисковой пилы. // Студенческий: научный журнал. – № 14(100). Часть 2. Новосибирск: апрель 2020 й. с. 6-9.

11. A.S. Abrorov, X.A. Saidov, M.A. Muxammadov. Азотирования зубьев дисковой пилы узла пильного цилиндра волокноотделительных машин. //СТУДЕНТ ГОДА 2020 Сборник статей Международного учебно-исследовательского конкурса, состоявшегося 17 декабря 2020 г. в г. Петрозаводске Часть 1. с.349-356.

12. A.S. Abrorov, M. Kuvoncheva, X.A. Saidov. Влияние на микроструктуру после лазерной резки дисковой пилы волокноотделительной машины. //“Наука, общество, культура: проблемы и перспективы взаимодействия в современном мире” Сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции, г. Петрозаводск, Россия 27 сентября 2021 год. с.134-140.

13. A.S. Abrorov, O. Ikromov. Jin diskli arra tishlarini puxtalashning lazerli texnologiyasi // “Yengil sanoat tarmoqlari, muammolari, tahlil va yechimlari” mavzusida Respublika ilmiy-amaliy anjumani. Farg‘ona, 2022 yil 29-30 aprel 494-497 b.

14. A.S. Abrorov, M.A. Muxammadov. Tola ajratish mashinalari diskli arralarni ionli azotlash //“Yengil sanoat tarmoqlari, muammolari, tahlil va yechimlari” mavzusida Respublika ilmiy-amaliy anjumani. Farg‘ona, 2022 yil 29-30 aprel 138-140 b.

IXTIROGA  
**PATENT**  
ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI ADLIYA VAZIRLIGI HUZURIDAGI  
INTELLEKTUAL MULK AGENTLIGI  
АГЕНТСТВО ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
ПРИ МИНИСТЕРСТВЕ ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

№ IAP 06848

Ushbu patent O'zbekiston Respublikasining "Ixtirolar, foydali modellar va sanoat namunalari to'g'risida"gi Qonuniga asosan quyidagi ixtiroga berildi:

Настоящий патент выдан на основании Закона Республики Узбекистан «Об изобретениях, полезных моделях и промышленных образцах», на следующее изобретение:

**Diskli arra tishlariga termik ishlov berish usuli**  
Способ термической обработки зубьев дисковых пил

Talabnoma kelib tushgan sana: **05.02.2020**  
Дата поступления заявки:

Talabnoma raqami: **IAP 2020 0056**  
Номер заявки:

Ustuvorlik sanasi: **05.02.2020**  
Дата приоритета:

Patent egasi (egalari): **Buxoro muhandislik-texnologiya instituti, UZ**  
Патентообладатель(и): **Бухарский инженерно-технологический институт, UZ**

Ixtiro muallif(lar)i: **Джураев Анвар Джураевич, Уринов Насилло Файзуллоевич, Аброров Акбар Саидович, Кувончева Матлуба Рашидовна, UZ**  
Автор(ы) изобретения:

Patent O'zbekiston Respublikasining barcha hududida 05.02.2020 yildan patentni kuchda saqlab turish uchun boj o'z vaqtida to'langandagina 20 yil mobaynida amal qiladi.  
O'zbekiston Respublikasi ixtirolar davlat reestrinda 25.03.2022 yilda Toshkent shahrida ro'yxatdan o'tkazilgan.

Патент действует на всей территории Республики Узбекистан в течение 20 лет с 05.02.2020 года при условии своевременной уплаты пошлины за поддержание в действии.  
Зарегистрирован в государственном реестре изобретений Республики Узбекистан, в г. Ташкент 25.03.2022 г.



Direktor  
Директор

Т. Абдусаттаров



(19) O'ZBEKISTON  
RESPUBLIKASIINTELLEKTUAL  
MULK  
AGENTLIGI

(12) Ixtiro patentiga tavsif

(11) UZ IAP 06848

(13) C

(21) IAP 2020 0056

(22) 05.02.2020

(51) XPK<sup>B</sup>

C21D 9/24 (2006.01)

C21D 1/09 (2006.01)

B23K 26/12 (2014.01)

UZ IAP 06848

|                            |  |
|----------------------------|--|
| (46) 29.04.2022. Бюл., № 4 | (72) Джураев Анвар Джураевич, Уринов Насилло Файзуллоевич, Аброров Акбар Саидович, Кувончева Матлуба Рашидовна, UZ |
| (56) 1. RU 2259408 C1      | (71) Вихоро муhandislik-texnologiya instituti, UZ  |
| 2. RU 2106948 C1           | Бухарский инженерно-технологический институт, UZ   |
| 3. RU 2211867 C2           | (73) Вихоро муhandislik-texnologiya instituti, UZ  |
| 4. RU 2119538 C1           | Бухарский инженерно-технологический институт, UZ   |
| 5. AT 392483 B             |  |

(54) DISKLI ARRA TISHLARIGA TERMIK ISHLOV BERISH USULI

СПОСОБ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗУБЬЕВ ДИСКОВЫХ ПИЛ

- (57) *Foydalanish sohasi:* mashinasozlik, tolani qayta ishlash mashinalari silindrlarining diskli arralari tishlariga termik ishlov berish. *Vazifasi:* tolani qayta ishlash mashinalari silindrlarining diskli arralari tishlarining o'zagi ( $h=100-300$  mkm) yumshoqligicha qolgan holda ustki qatlamning ( $h=25$  mkm) bikrligini oshirish. *Ixtiro mohiyati:* usul generatordan induktorga uzatiladigan yuqori chastotali toklar bilan tishlarni toblash uchun qizdirish va qo'yib yuborishni, bunda toblash uchun qizdirish setkadagi tok kuchining va anod toki kuchining muayyan qiymatlarida olib boriladi, va sovitishni o'z ichiga oladi. Qizdirish va toblash ion-plazmatik usulda 620 dan 690°C gacha haroratda 1 soat mobaynida, tarkibida 80% N<sub>2</sub> va 20% Ar bo'lgan gaz muhitida va 0,3 Pa ga teng bosimda, 80 A ga teng yoy tokida va 75 A ga teng qo'shimcha anod tokida amalga oshiriladi. Arrali disk o'rnatilgan stolga 700 B ga teng siljish kuchlanishi beriladi. Azotlash o'tkazilganidan keyin diskli arra kamerada xona xaroratigacha sekin-asta sovitiladi. Keyin diskli arra tishlariga aylana bo'ylab quvvati 100 Vt ga teng uzluksiz lazer nuri bilan sakkizta to'liq o'rnamlar mobaynida 0,5 ga teng qadam bilan, 1,6 m/daq. ga teng uzatish va ishlov berish tezligida va lazer kallakchasidan arra yuzasigacha 5 dan 6 gacha mm masofada ishlov beriladi. 5 ta rasm, 1 ta jadval.

*Ishlovatish:* mashinostroyeniye, sposoby termicheskoy obrabotki zub'ev diskovykh pil silindrov voloknopereobrabatuyushchikh mashin. *Zadacha:* povysheniye tverdsti poverkhnostnogo sloya ( $h=25$  mkm) pri myagkoy serdtsvine ( $h=100-300$  mkm) zub'ev pilynykh diskov silindrov voloknopereobratuyushchikh mashin. *Sущность изобретения:* sposob vkluchayet nagrev zub'ev pod zakalku i otpusk, provodimyy tokami vysokoy chastoty, podavayemymi s generatoya na induktor, pri etom nagrev pod zakalku provodyat pri opredelennykh znacheniyaх силы тока setki i силы тока anoda i oxlazhdayut. Nagrev i zakalku osushchestvlyayut ionno-plazmennym sposobom pri temperature ot 620 do 690°C v tchenii 1 ch v gazovoy srede s soderzhaniiem N<sub>2</sub> 80% i Ar 20% i davlenii ravnem 0,3 Pa, pri toke dugi ravnem 80 A i toke dopolnitel'nogo anoda ravnem 75 A. Na stol s pilynym diskom podayut napryazheniye smesheniya ravnem -700 V. Posle azotirovaniya diskovuyu pilu medlenno oxlazhdayut v kamere do komnatnoy temperature. Dalee zub'ya diskovoy pily obrabatyvayut po okruzhnosti nepreryvnyy laserным лучом мощностью 100 Вт в течении восьми полных витков с шагом равным 0,5 мм, скоростью подачи и обработки равной 1,6 м/мин и расстоянием от 5 до 6 мм от головки лазера до поверхности пилы. 5 ил., 1 табл.

Изобретение относится к машиностроению, а именно к способам термической обработки зубьев дисков пил цилиндров волоконперерабатывающих машин.

Известен ряд способов термообработки листовых изделий, в частности зубьев дисков пил (Л.Д.Соколов, В.М.Гребенник, М.А.Тылкин. Исследование прокатного оборудования. - М.: Металлургия, 1964. - 435 С) [1]. При этом качество режущей поверхности пил (зубьев) зависит как от нагрева поверхности, так и от закалочной жидкости.

Известен ряд способов нагрева металлической поверхности под закалку (Б.И.Гинзбург, В.И.Деревянко, В.Г.Пичугин / Электроконтактная установка для закалики зубьев дисковых пил // Металлург. - 1981. - № 2. - С.37) [2], наиболее экономичным является нагрев токами высокой частоты (Упрочнение дисков пил горячей резки металла с нагрева токами высокой частоты / Спужин А.Ф., Беда Н.И. и др. // Бюллетень ЦНИИ информации черной металлургии. 1974. - № 15. - С.38) [3]. Однако для реализации качественного нагрева для определенных марок стали необходим подбор режимов нагрева (силы тока, напряжения, скорости подачи, способа охлаждения металла и др.). Для термической обработки конструкционных и легированных марок стали широко используются водные растворы (Закалочная среда ПК-2 / Горюшин В.В., Арифметчиков В.Ф. и др. // Металловедение и термическая обработка металлов. 1986. - № 10. - С.9) [4], содержащие триэтанолламин, в которые дополнительно вводили: для уменьшения и исключения образования трещин - поливиниловый спирт (А.с. СССР № 618424, кл. С 21 D 1/60) [5], для повышения коррозионной стойкости - азотнокислый натрий (А.с. СССР № 456869, кл. С 21 D 1/60) [6], для увеличения закалывающей способности и уменьшения склонности к деформации - медный купорос (А.с. СССР № 863671, кл. С 21 D 1/60) [7]. Применяются также закалочные среды, содержащие соли азотной кислоты, углекислый калий, эмульсол (А.с. СССР № 768831, кл. С 21 D 1/60.) [8] и поливинилацетат (А.с. СССР № 827564, кл. С 21 D 1/60) [9]. Однако используемые жидкости не позволяют обеспечить качественную закалку листовых изделий.

Известен также способ закалики зубьев пил в индустриальном масле (СТП 103-21-94. Стандарт предприятия ОАО «НКМК» «Диски пил горячей резки») [10]. Однако использование масла приводит к опасности возгорания, задымленности рабочих мест, загрязнению окружающей среды, возможности образования трещин на поверхности и разноструктурности в обрабатываемом изделии, в связи с чем снижается стойкость пил, а также повышаются (увеличиваются) эксплуатационные затраты при термообработке.

Наиболее близким по сущности к предлагаемому способу является способ термической обработки зубьев дисков пилы, включающий нагрев зубьев под закалку и отпуск, охлаждение, при этом нагрев зубьев пилы под закалку и отпуск ведут токами высокой частоты, подаваемыми с генератора на индуктор, при этом нагрев под закалку проводят при определенных значениях силы тока сетки и силы тока анода соответственно 1,6 А и 7,5 А, напряжении анода и контура соответственно 9,0 В и 0,48 В до 820-850°C и охлаждают в полиакриловой соли железа при температуре 20-40°C, отпуск проводят при значениях силы тока сетки и анода соответственно 0,5 А и 2,5 А, напряжении анода и контура соответственно 3,5 В и 0,18 В при 260-270°C, глубина захода зуба в индуктор составляет 2,0-2,5 мм и окружной скорости вращения диска - 13,75 мм/с (патент RU № 2259408, С1 опубл. 27.08.2005) [11] (прототип).

Изобретение относится к машиностроению, преимущественно к термической и химико-термической обработке зубьев дисковых пил в вакуумной камере импульсными электронными пучками, конкретнее зубьев дисковых пил путём лазерной обработки после ионного азотирования.

Основным недостатком известных способов обработки дисков пилы является не возможность обеспечения требуемой твердости поверхностного слоя при более мягкой сердцевине зубьев дисков цилиндров волоконперерабатывающих машин.

Задачей изобретения является повышение твердости поверхностного слоя ( $h=25$  мкм) при мягкой сердцевине ( $h=100-300$  мкм) зубьев пильных дисков цилиндров волоконперерабатывающих машин.

Поставленная задача упрочнения поверхностного слоя зубьев дисков пил цилиндра волоконперерабатывающих машин решается путем термической и химико-термической обработке зубьев дисковых пил в вакуумной камере импульсными электронными пучками, зубьев дисковых пил путём лазерной обработки после ионного азотирования.

Сущность способа термической обработки зубьев дисковых пил приведено в следующих примерах осуществления:

#### Пример 1

Способ термической обработки зубьев дисков пил, включающий нагрев зубьев под закалку и отпуск ведут токами высокой частоты, подаваемыми с генератора на индуктор, при этом нагрев под закалку проводят при определённых значениях силы тока сетки и силы тока анода и охлаждают, при этом что нагрев и закалку осуществляют ионно-пламенным способом при температуре 620°C в течении 1 ч в газовой среде  $N_2$  80% и  $Ar$  20% давлением равном 0,3 Па, при токе дуги равном 80 А и токе дополнительного анода равном 75 А, на стол с пильным диском подают напряжение смещения равное -700 В, после азотирования дисковую пилу медленно охлаждают в камере до комнатной температуры, далее зубья дисковой пилы обрабатывают по окружности непрерывным лазерным лучом мощностью 100 Вт в течение восьми полных витков с шагом равным 0,5 мм, скоростью подачи и обработки равной 1,6 м/мин и расстоянием 5 мм от головки лазера до поверхности пилы.

#### Пример 2

Способ термической обработки зубьев дисков пил, включающий нагрев зубьев под закалку и отпуск

ведут токами высокой частоты, подаваемыми с генератора на индуктор, при этом нагрев под закалку проводят при определённых значениях силы тока сетки и силы тока анода и охлаждают, при этом что нагрев и закалку осуществляют ионно-пламенным способом при температуре от 650°C в течении 1 ч в газовой среде N<sub>2</sub> 80% и Ar 20% давлении равном 0,3 Па, при токе дуги равном 80 А и токе дополнительного анода равном 75 А, на стол с пильным диском подают напряжение смещения равное -700 В, после азотирования дисковую пилу медленно охлаждают в камере до комнатной температуры, далее зубья дисковой пилы обрабатывают по окружности непрерывным лазерным лучом мощностью 100 Вт в течение восьми полных витков с шагом равным 0,5 мм, скоростью подачи и обработки равной 1,6 м/мин и расстоянием 5,5 мм от головки лазера до поверхности пилы.

### Пример 3

Способ термической обработки зубьев дисков пил, включающий нагрев зубьев под закалку и отпуск проводят токами высокой частоты, подаваемыми с генератора на индуктор, при этом нагрев под закалку проводят при определённых значениях силы тока сетки и силы тока анода и охлаждают, при этом что нагрев и закалку осуществляют ионно-пламенным способом при температуре 690°C в течении 1 ч в газовой среде N<sub>2</sub> 80% и Ar 20% давлении равном 0,3 Па, при токе дуги равном 80 А и токе дополнительного анода равном 75 А, на стол с пильным диском подают напряжение смещения равное -700 В, после азотирования дисковую пилу медленно охлаждают в камере до комнатной температуры, далее зубья дисковой пилы обрабатывают по окружности непрерывным лазерным лучом мощностью 100 Вт в течение восьми полных витков с шагом равным 0,5 мм, скоростью подачи и обработки равной 1,6 м/мин и расстоянием 6 мм от головки лазера до поверхности пилы.

Поставленный технический результат достигается тем, что после ионного азотирования высококонцентрированный источник энергии - лазерный луч как источник локального термического упрочнения (закалки) обладает существенными технологическими и технико-экономическими преимуществами по сравнению с традиционными технологиями объемной или печной термической и химико-термической обработки. Рассматривая этот способ с научной точки зрения, лазерное поверхностное упрочнение, в значительной степени нивелирует недостатки присущие объемной термической закалке, химико-термической обработке, и в тоже время открывает новые потенциальные технологические возможности в упрочнении поверхностных слоев деталей машин и механизмов. Данный способ, помимо упрочнения непосредственно самих зубьев, позволяет получить высокое упрочнение венца диска. В зоне лазерного нагрева после охлаждения образуется высокодисперсный мартенсит с повышенной твердостью. По глубине светлой зоны  $h=25$  мкм твердость меняется незначительно и составляет 925-990 HV 0,05, а на глубине  $h=100-300$  мкм 890-905 HV 0,05 кгс/мм<sup>2</sup>. При этом при минимальной глубине 100 мкм твердость 890 HV, при средней закалке глубина 200 мкм 897,5 HV, а при максимальном 300 мкм 905 HV. Твердость светлой закаленной зоны чуть ниже, чем при лазерной закалке без азотирования. Это, объясняется присутствием азота, который понижает точку мартенситского превращения и увеличивает количество остаточного аустенита. Твердость мартенсита в зоне нагрева на глубине 10 мкм составляла 1015 HV 0,05 кгс/мм<sup>2</sup>, а на глубине 50 и 100 мкм 1009 HV 0,05 кгс/мм<sup>2</sup> и 970 HV 0,05 кгс/мм<sup>2</sup> соответственно. Ниже светлой зоны фиксируется игольчатая структура, по-видимому, троостита.

Результаты реализации рекомендуемого способа термической обработки зубьев дисков пил для конкретного варианта представлены на фотографиях, где:

На фиг. 1-3 приведена азотированная поверхность дисковой пилы волоконноотделительной машины типа 5ДП-130., а именно

фиг. 1- образец с азотированным покрытием и лазерной закалкой;

фиг. 2- образец с азотированным покрытием и последующей лазерной закалкой

фиг. 3- образец с азотированным покрытием без лазерной закалки

на фиг. 4 – Структура венца диска пилы после лазерной закалки.

на фиг. 5 – Игольчатая структура троостита после лазерной закалки.

На фиг. 1-3 показано упрочнение непосредственно самих зубьев, позволяющий получить высокое упрочнение венца диска. В зоне лазерного нагрева после охлаждения (светлые зоны) образуется высокодисперсный мартенсит с повышенной твердостью. По глубине светлой зоны  $h=25$  мкм твердость меняется незначительно и составляет 925-990 HV 0,05, а на глубине  $h=100-300$  мкм 890-905 HV 0,05 кгс/мм<sup>2</sup>. Твердость светлой закаленной зоны чуть ниже, чем при лазерной закалке без азотирования. Это, объясняется присутствием азота, который понижает точку мартенситского превращения и увеличивает количество остаточного аустенита. Твердость темно травящейся зоны находится в пределах 320-350 HV 0,05, это также ниже, чем в случае способа упрочнения лазерной закалкой без азотирования, но на достаточно высоком уровне. Это объясняется присутствием в этой зоне азота и образованием структуры сорбита из-за изменения критической скорости охлаждения стали.

На фиг. 4 показан изображение после лазерной закалки отчетливо выявляется зона нагрева лазерным лучом (светлые участки), глубиной до 200 мкм и длиной 400-450 мкм. При относительно большом увеличении просматривается структура чрезвычайно дисперсного мартенсита, характерного для лазерной закалки. Это свидетельствует о достаточной для образования мартенсита скорости охлаждения зоны нагрева после воздействия лазерного луча. Охлаждение осуществляется путем быстрого отвода тепла в нижележащие зоны диска пилы.

На фиг. 5 показан твердость мартенсита в зоне нагрева на глубине 10 мкм составляла 1015 HV 0,05

кгс/мм<sup>2</sup>, а на глубине 50 и 100 мкм 1009 HV 0,05 кгс/мм<sup>2</sup> и 970 HV 0,05 кгс/мм<sup>2</sup> соответственно. При этом при минимальной глубине 50 мкм твердость 1009 HV, при среднем закалке глубина 75 мкм 989,5 HV, а при максимальном 100 мкм 970 HV. Ниже светлой зоны (тёмно-травящая зона) фиксируется игольчатая структура, по-видимому, троостита. Об этом свидетельствует измерение по толщине диска.

Таблица 1.

**Распределение микротвёрдости дисковой пилы изготовленной по рекомендуемому способу до лазерной закалки.**

| Расстояние от поверхности, мкм | Твёрдость HV 0,05, кгс/мм <sup>2</sup> |
|--------------------------------|--|
| 150                            | 478                                    |
| 200                            | 440                                    |
| 300                            | 440                                    |
| 400                            | 420                                    |
| 500 (середина)                 | 400                                    |

Таким образом, достигается необходимые упрочнение дисковой пилы в поверхностных слоях после лазерного воздействия, без потери упрочнения по толщине диска за счёт образования троостита. Это также свидетельствует о прогреве внутренних слоёв по толщине диска, после лазерного нагрева поверхности.

Способ позволяет получение необходимой прочности поверхностного слоя до требуемой глубины зубьев пильных дисков при достаточной вязкой (менее прочной) сердцевине зубьев пил.

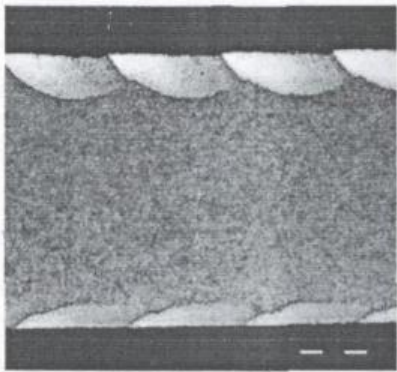
#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ термической обработки зубьев дисков пил, включающий нагрев зубьев под закалку и отпуск ведут токами высокой частоты, подаваемыми с генератора на индуктор, при этом нагрев под закалку проводят при определённых значениях силы тока сетки и силы тока анода и охлаждают, отличающийся тем, что нагрев и закалку осуществляют ионно-пламенным способом при температуре от 620 до 690°C в течении 1 ч в газовой среде с содержанием N<sub>2</sub> 80% и Ar 20% и давлении равном 0,3 Па, при токе дуги равном 80 А и токе дополнительного анода равном 75 А, на стол с пильным диском подают напряжение смещения равное -700 В, после азотирования дисковую пилу медленно охлаждают в камере до комнатной температуры, далее зубья дисковой пилы обрабатывают по окружности непрерывным лазерным лучом мощностью 100 Вт в течении восьми полных витков с шагом равным 0,5 мм, скоростью подачи и обработки равной 1,6 м/мин и расстоянием от 5 до 6 мм от головки лазера до поверхности пилы.

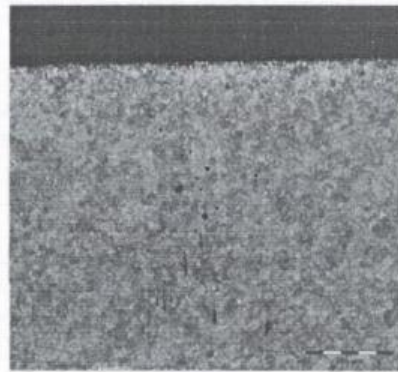
(56)

1. RU 2259408 C1
2. RU 2106948 C1
3. RU 2211867 C2
4. RU 2119538 C1
5. AT 392483 B

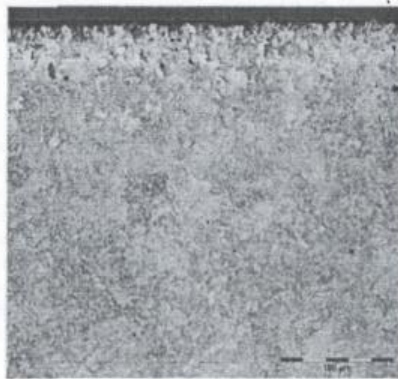
UZ IAP 06848



Фиг. 1



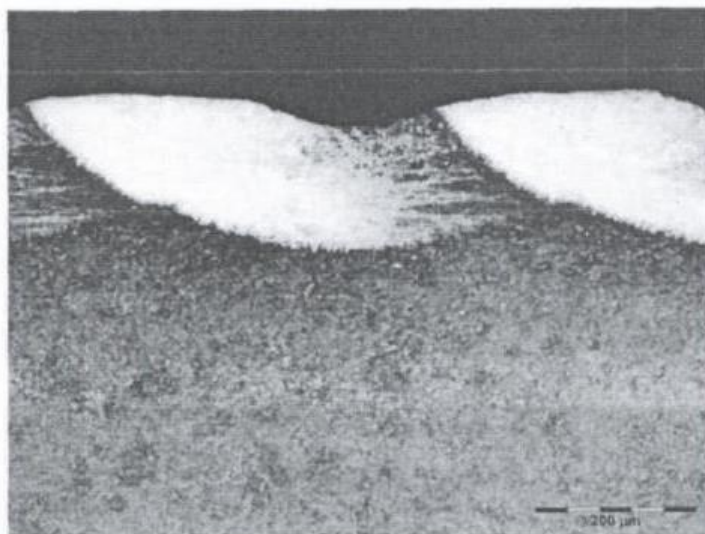
Фиг. 2



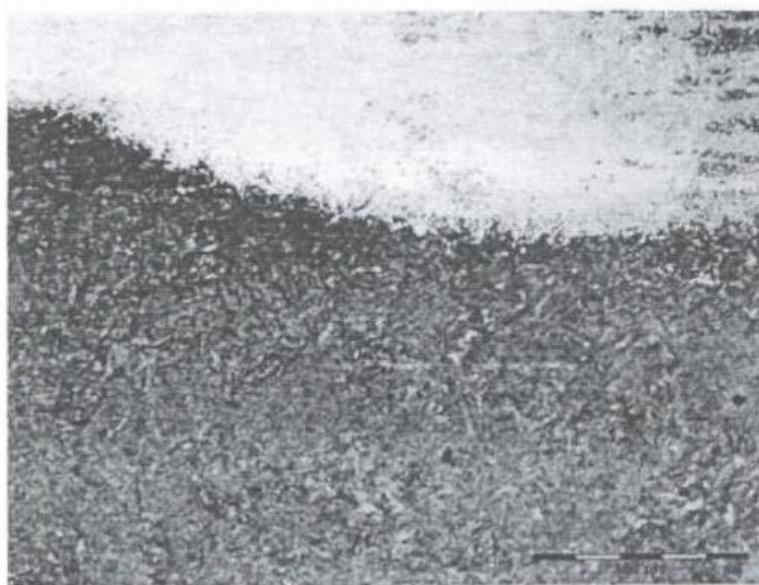
Фиг. 3

UZ IAP 06848

UZ IAP 06848



*Фиг. 4*



*Фиг. 5*

UZ IAP 06848

---

Агентство по интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан  
100011, Ташкент, массив Хадра, 33

---



Taqdimnoma «Namangan muhandislik-texnologiya instituti ilmiy–texnika jurnali»  
tahrirdan o‘tkazildi (24.07.2023y)

Bosishga ruxsat etildi 24.07.2023y.  
Bichimi 60×841/16, “Times New Roman”  
Garniturada raqamli bosma usulida bosildi.  
Shartli bosma tabog‘i 4. Adadi: 80. Buyurtma: № 420  
NamMTI bosmaxonasida chop etildi  
Namangan shahri, Kosonsoy ko‘cha, 7-uy