

**TOSHKENT TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.T.08.01  
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI**

**ISKANDAROVA NIGORA KURVANBEKOVNA**

**TOLANI TABIIY XUSUSIYATLARINI SAQLASHDA JIN ARRASINI  
PARDOZLASH TEXNOLOGIYASINING O‘ZIGA XOSLIGI**

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

**texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi  
AVTOREFERATI**

**Toshkent-2024**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi  
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)  
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Iskandarova Nigora Kurvanbekovna**

Tolani tabiiy xususiyatlarini saqlashda jin arrasini pardoqlash texnologiyasining o'ziga xosligi .....3

**Искандарова Нигора Курванбековна**

Технологические особенности отделки джинных пил с целью сохранения природных свойств волокна.....23

**Iskandarova Nigora Kurvanbekovna**

Technological features of finishing gin saws in order to preserve the natural properties of the fiber.....43

**E'lon qilingan ishlar ro'yxati**

Список опубликованных работ

List of published works.....46

**TOSHKENT TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI**  
**HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.T.08.01**  
**RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI**

**ISKANDAROVA NIGORA KURVANBEKOVNA**

**TOLANI TABIIY XUSUSIYATLARINI SAQLASHDA JIN ARRASINI**  
**PARDOZLASH TEXNOLOGIYASINING O‘ZIGA XOSLIGI**

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

**texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi**  
**AVTOREFERATI**

**Toshkent-2024**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (Doctor of Philosophy) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2021.3.PhD/T2388 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti huzuridagi Ilmiy kengash veb-saxifasida (<https://www.ttyesi.uz>) va "Ziyonet" Axborot ta'lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Shin Illarion Georgiyevich**

texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Baxadirov Gayrat Ataxanovich**

texnika fanlari doktori, professor

**Rosulov Ruzimurad Xasanovich**

texnika fanlari doktori, dotsent

**Yetakchi tashkilot:**

**"Paxtasanoat ilmiy markazi" AJ**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc 03/30/12.2019.T.08.01 -raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil "01" fevral soat 14<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil:100100, Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Shohjaxon ko'chasi, 5-uy. Tel.: (+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08, faks: (+99871) 253-36-17; e-mail: ([pochta@ttyesi.uz](mailto:pochta@ttyesi.uz))). Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti ma'muriy binosi, 222-xona).

Dissertatsiya bilan Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (195-raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil:100100, Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Shohjaxon ko'chasi, 5-uy. Tel.:(+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08.

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil "17" yanvar kuni tarqatildi.

(2024 yil "17" yanvar №195 raqamli reestr bayonnomasi).



**X.H.Kamilova**

Ilmiy darajalar beruvchi, Ilmiy kengash  
raisi, t.f.d., professor



**A.Z.Mamatov**

Ilmiy darajalar beruvchi, Ilmiy kengash  
ilmiy kotibi, t.f.d., professor

**Sh.Sh.Xakimov**

Ilmiy darajalar beruvchi, Ilmiy kengash qoshidagi  
ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

## KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda to‘qimachilik sanoatida ishlab chiqariladigan umumiy tolaning 55-60 % ni paxta tolasi tashkil qiladi. Aholining jadal suratda oshib borishiga bog‘liq tabiiy mahsulotlarga, ayniqsa paxta tolasi to‘qimachilik va yengil sanoat mahsulotlariga talab ham oshib boradi. Paxta tolasini ishlab chiqaruvchi mamlakatlar- Xitoy, AQSh, Hindiston, Braziliya, Turkiya, O‘zbekiston, Indoneziya va boshqa davlatlarda tola sifatiga talab oshib bormoqda, to‘qimachilik sanoati mahsulotlarini raqobatbardoshligi shularga bog‘liq<sup>1</sup>. Raqobatbardoshlikni oshirish yuqori sifatli paxta tolasidan foydalanish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi. To‘qimachilik sanoatining ishonchli va sifatli mahsulotlarini ishlab chiqarish uchun paxta tozalash sanoatini yangi texnika va texnologiyalaridan foydalanish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahon tajribasida bu yo‘nalishda paxtani qayta ishlovchi mashinalarning arrali disklariga pardozlab ishlov berishning yangi progressiv usullarini ishlab chiqish, jihozlarni takomillashtirishga yo‘naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda arra diski tishlariga abraziv oqimli ishlov berish orqali tolaning tabiiy xususiyatlarini saqlash ustvor hisoblanmoqda. Bu borada, paxta xomashyosini qayta ishlashda tolaning tabiiy xususiyatlarini saqlashga imkon beradigan mashinalarning ishchi qismlari detallarini uzoq muddatga chidamli texnologiyasini ta‘minlash muhim hisoblanadi va paxta tolasi bilan tutashuvchi arra tishlari o‘tish yuzlarining qoniqarli mikroprofilini shakllantirish hisobiga tolaning ajratish sifatini oshirishga alohida e‘tibor berilmoqda.

Bizning respublikamizda paxta-to‘qimachilik klasterlarini rivojlantirish, paxta xomashyosini qayta ishlash rentabelligini oshirish, texnologik jihozlarni modernizatsiyalash asosida va berilgan sohada fan va texnikaning zamonaviy yutuqlarini ishlab chiqarishga tatbiq qilish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. Yangi O‘zbekistonning 2022-2026 yillarda taraqqiyot Strategiyasida, shuningdek, “Milliy iqtisod barqarorligini ta‘minlashga, yalpi ichki mahsulotda sanoat ulushi va sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmini 1,4 marta oshirishga yo‘naltirilgan sanoat siyosatini amalga oshirishda...” muhim vazifalar belgilab berilgan<sup>2</sup>. Ushbu vazifalarini amalga oshirishda, jumladan, paxtani dastlabki ishlov texnologiyasi va jihozlarini takomillashtirish, paxtani qayta ishlovchi mashinalarning arra disklarini zarbali o‘zaro ta‘sir jarayonida arra tishlarining o‘tish yuzalarini zarur bo‘lgan mikroprofilini shakllantiruvchi xususiyatli yuqori darajada kesish qobiliyatiga ega bo‘lgan zamonaviy abraziv materiallar bilan pardozlab ishlov berish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son “Yangi O‘zbekistonning 2022-2026 yillarda taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risidagi” 2021-yil 16-noyabrdagi PF-16 son “Paxta- to‘qimachilik klasterlar faoliyatini tartibga

<sup>1</sup> International cotton advisory committee. Washington, From the Secretariat of the ICAC. <https://icac.org/>, email: [secretariat@icac.org](mailto:secretariat@icac.org). September

<sup>2</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида” ги Фармони.

solish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi farmonlari va Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 22-iyundagi 397-son “Paxta to‘qimachilik ishlab chiqarishni yanada rivojlantirish tadbirlari to‘g‘risida”gi qarorlari, hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyasining ustuvor yo‘nalishlariga bog‘liqligi.** Mazkur dissertatsiya respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II. “Energetika, energiya va resurstejamkorlik” ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Mexanik ishlov berishning progressiv usullari va rejimlari, texnologik mashinalar ishchi qismlari detallarining yuqori darajada ishga layoqatliligi, yeyilishga chidamliligi, toliqishga mustahkamligi va uzoq muddatga bardoshlilikiga erishish maqsadida ularning yuza qatlamlari sifatini ta‘minlashni asoslash bo‘yicha zamonaviy mashinasozlik ishlab chiqarishining muhim masalalari chet el olimlari va mutaxassislari Ye.M. Trent, X. Opits, I.Dj. Armarego, Dj. Martin, G.Fuks, S.V. Serensen, A.A. Matalin, A.D. Makarov, B.A. Kravchenko, D.D. Papshev, V.K. Starkov, A.M. Sulima, I.V. Kudryavtsev, S.G. Xeyfets, V.F. Bez‘yazichniy, A.G. Suslov, Yu.G. Kabaldin, M.A. Tamarkin va boshqalarning ishlarida o‘z aksini topgan.

Paxtani qayta ishlovchi mashinalar ishchi organlari detallariga yakuniy ishlov berish uchun ularning mustahkamlik va ekspluatatsion xususiyatlarini ta‘minlash bo‘yicha qator texnologik jarayonlar taklif qilingan. Bu ilmiy yo‘nalishni rivojlantirish bo‘yicha olimlar: akademik R.G. Maxkamov, I.G. Shin, M.G. Xamov, V.V. Shiryaev, A.P. Rogov, A.M. Axmedov, M.R. Muminov, Z.A. Shodmonkulov va boshqalar ushbu sohani rivojlantirishga katta hissa qo‘shdilar.

Ammo, paxtani qayta ishlovchi mashinalar ishchi qismlarining muhim detallari mustahkamligi va uzoq muddatga chidamliligini oshirishga erishilgan yutuqlarga qaramay hozirgi kunda arra tishlarining o‘tish yuzalari ma‘qul mikroprofilni shakllantirishga nisbatan muammoli masalalarni yechishga yetarli darajada e‘tibor berilmagan, bu esa tolani tabiiy xususiyatlarini maksimal saqlagan holda tolani ajratishni kafolatlaydi.

**Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog‘liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining davlat ilmiy texnika loyihasi IOT-2013-5-28 “Paxtani dastlabki ishlash mashinalari muhim detallarini ularning yuza qatlamlarini drob bilan dinamik mustahkamlashdan so‘ng kvalimetriya bo‘yicha ishga layoqatliligini oshirish va uzoq muddatga chidamliligini bashoratlash” doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** paxta tolasining tabiiyligini saqlash maqsadida havobraziv muhiti orqali jin arrasi tishlariga pardoqlab ishlov berish, hamda jin arrasi tishlari o‘tish yuzalarining texnologik sifatini ta‘minlashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

havo abraziv muhit oqimini boshqarib, jin arrasi tishlariga pardoqlab ishlov berishni asoslash;

yuqori kesish xususiyatiga ega abraziv zarralar (kupershlak) bilan arra diski tishlariga pardoqlab ishlov berishning nazariy asosini ishlab chiqish;

o'tish yuzalari aylana radiuslarini aniqlash va jin arrasi tishlarining mikrogeometriyasini tajribaviy tadqiq qilish;

taklif etilayotgan texnologiya bilan ishlov berilgan jin arralarining korxonaniki bilan tolani mexanik shikastlanishini qiyosiy solishtirishni tadqiq qilish;

jinlashda tolaning tabiiy xususiyatini saqlash bo'yicha texnologik tavsiyalar ishlab chiqish, havo oqimidagi yangi abraziv zarralar bilan pardozlab ishlov berishni ishlab chiqarishga tadqiq etish va iqtisodiy samaradorligini hisoblash.

**Tadqiqotning ob'yekti** sifatida 7DP jin ishchi kamerasiidagi arra silindrining arrali disklari olindi.

**Tadqiqotning predmeti** jinlashda arrali disk tishlari sirtining fizik-mexanik holati va geometrik majmuasi, yo'naltirilgan siqilgan havo oqimi bilan kupershlak yangi abraziv zarralar orqali pardozlab ishlov berishni shakllantirish, shuningdek, jinlashdan so'ng paxta tolasining sifat xarakteristikalarini tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqotlarda nazariy va amaliy mexanika, qayishqoqlik va plastiklik nazariyasi, kesish nazariyasi, termodinamika va issiqlik fizikasi asoslari, skanerlovchi elektron mikroskop va rentgen strukturali tahlil usullaridan foydalanildi.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

jin arrasi tishlariga pardozlab ishlov berish uchun yangi material-kupershlak abraziv material sifatida tavsiya etilib, qattiqligi va mustahkamligi ortishi birinchi marta aniqlangan;

zarbali o'zaro ta'sir jarayonida birlamchi erkin abraziv mikrokesishda shakllangan abraziv zarrani metall yuzasiga qiya zarbasidagi deformatsiya modeli va hosil bo'ladigan ariqchaning ko'ndalang kesim yuzasi geometriyasi, tezlik, zarracha zichligi, zarba burchagi, ishlov beriladigan materialning oquvchanlik chegarasini nazarga oluvchi ishqalanish koeffitsiyentining ifodasi aniqlangan;

arra tishlarini material bilan tutashmasida shakllangan bo'lib, buning natijasida tolalarni tirnalgan va qirqilgan ko'rinishda mexanik shikastlanishini birdan kamayishi, agar  $r < 0,1 \dots 0,15$  mm bo'lganda tolaning tabiiy xususiyatini saqlashga imkon beradi, jin arrasi tishlarining oldingi va orqa qirralari oraliq o'tish, yon tomon o'tish yuzasining radiusini qiymati  $r = 0,116$  mm ariqchaning kengligini yarmi sifatida iz olish usulida aniqlangan;

zarba kuchini (kesish kuchini) gorizontal tashkil etuvchisi, abraziv zarracha o'lchami qayta ishlanadigan materialning oquvchanlik chegarasi, zarba burchagini hisobga olib, arrali disk tishlariga kupershlak zarrachalari bilan abraziv oqimli ishlov berishda  $h_n$  puxtalash chuqurligini (deformatsiyali mustahkamlash) hisoblash ifodasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

kompleks nazariy-tajribaviy tadqiqotlar asosida jin arrasi tishlariga misni ishlab chiqarishda qoldiq mahsulot hisoblangan yangi abraziv material – kupershlak zarrachani havo-abraziv oqimida qayta ishlash samaradorligi isbotlandi;

abraziv oqimli ishlov berishning tavsiya etilgan rejimlari va shartlarini asoslash va bajarish: siqilgan havo bosimi  $p = 0,4$  MPa, kupershlak abraziv zarrachalar o'lchami  $D = 0,6 \dots 0,8$  mm (asosiy fraksiya 80% gacha), zarba burchagi  $\alpha = 45 \dots 60^\circ$ , abraziv oqimli pistolet soplosidan ishlov beriladigan metall yuzagacha oraliq

120 mm. Ishlov berish seriyali chiqarilgan sanoatning qum oqimli apparatida, shuningdek, korxonada tayyorlangan jihozda amalga oshirilgan;

arra tishlarining qirralarini silliqlash jarayonidan so'ng hosil bo'lgan qilovlar kupershlak zarrachali abraziv oqimli ishlov berishda samarali olib tashlandi. Bunda tishlarning o'tish yuzalaridagi silliqlashni samarali radiusi  $r=0,116$  mm paxta tolasining tabiiy xususiyatini maksimal saqlashni ta'minlangan;

paxta tolasining qiyosiy ishlab chiqarish sinovlari va laboratoriya tadqiqotlari asosida bir qator standart ko'rsatkichlari bo'yicha tavsiya etilayotgan jin arralarini tayyorlash texnologiyasining sezilarli ustunligiga erishilgan hamda tolaning yuqori o'rtacha uzunligi 1,1 mm ga; solishtirma uzilish kuchi 1,55 sN/teks ga ortishi; uzilishdagi uzayish – 5,3% ga o'zgarishi bo'yicha jin arralarining taklif qilingan tayyorlash texnologiyasini yetarlicha afzalligi olingan, shuningdek, boshqa sifat ko'rsatkichlar bo'yicha – kalta tolalar indeksi, o'rtacha uzunlik bo'yicha afzalligi aniqlangan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi** uriluvchi abraziv zarrachaning metall yuzasi bilan o'zaro ta'sirida abraziv oqimli ishlov berishni tavsiflash uchun matematik va fizik modellarni asosli tanlash, nazariy va tajribaviy tadqiqotlar natijalarining mosligi, jin arrasi tishlarining paxta tolalarini sifatli holati bo'yicha tajribada hamda sanoatda tekshirishni ijobiy natijalari va arrali disklarga havo-abraziv oqimda yangi material- kupershlakda ishlov berish texnologiyasini ishlab chiqarishga tatbiq qilinganligi bilan asoslanadi.

#### **Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Jin arrasi tishlarining yon tomon qirralarini silliqlashdan so'ng hosil bo'lgan o'tkir qilovlarni olib tashlash va o'tish yuzalarining ratsional qiymatli radiusda silliqlash maqsadida jin arrasi tishlarini pardozlovchi – mustahkamlovchi ishlov berish uchun yo'naltirilgan siqilgan havo tarkibida yangi abraziv material – kupershlakni yuqori kesuvchanlik xususiyatini asoslash va amalga oshirish hisoblanadi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati paxta tolasini ust kesim, uzilish ko'rinishidagi mexanik shikastlanishini kamayishi oqibatida uning tabiiy xususiyatini maksimal saqlagan shuningdek, nuqson va iflos aralashmalarni kamaytirgan holda, tolani sifatli ajratishga imkon beradigan jin arralariga abraziv oqimli ishlov berish samaradorligini isbotlashdan iborat. Abraziv oqimli ishlov berishda hosil bo'ladigan deformatsion mustahkamlik samarasi ekspluatatsiya sharoitida arralarni uzoq muddatga chidamliligini oshiradi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Jinlarning arrali disklariga abraziv oqimli ishlov berish bo'yicha dissertatsiya ishini bajarishda olingan ilmiy natijalar asosida:

kupershlak zarralari bilan abraziv oqimli ishlov berilgan arra disklar Toshkent viloyatining "Real Agro Cotton" UK tizimidagi Piskent paxta tozalash korxonasida joriy etilgan. ("O'zbekiston paxta-to'qimachilik klasterlari" uyushmasining 2023 yil 31 may №02/22-389 ma'lumotnomasi). Natijada tolaning yuqori o'rtacha uzunligi 1,1 mm ga, solishtirma uzilish kuchi 1,55 sN/teks ga va uzilishdagi uzayish 5,3 % ga ortishiga erishilgan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Tadqiqot natijalari ma'ruza ko'rinishida bayon etilib 18 ta xalqaro va 7 ta respublika konferensiyalarida muhokama qilingan.

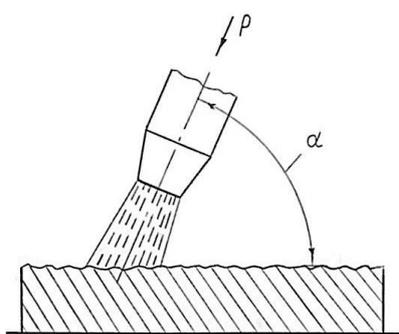
**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha 35 ta ilmiy ishlar chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 11 ta maqola, ular orasida 4 ta respublika va 7 ta xalqaro nashrlarda chop etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 120 betdan tashkil topgan.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** dissertatsiya tuzilishi bo'yicha nashr etilgan ishlar va dissertatsiya ishi mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslandi, tadqiqotning maqsadi va vazifalari shakllantirildi, tadqiqot ob'yekti va predmeti aniqlandi, tadqiqotning respublika fan va texnikasi rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi ko'rsatildi, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari taqdim etildi, olingan natijalarning ishonchliligi asoslandi, natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati tadqiq etildi, tadqiqot natijalarini sinovdan o'tkazish va ishlab chiqarishga joriy etish to'g'risida ma'lumotlar berildi.

Dissertatsiyaning **“Jin arrasi tishlarining ratsional mikrogeometriyasi - mashinalarning unumdorligini oshirish va tola sifatini saqlash zahirasi”** deb nomlangan birinchi bobida tolani ajratuvchi mashinaning arrali disklarini tayyorlash texnologiyasi va tishlarning o'tish yuzalari mikrogeometriyasi tahlili bajarildi. Jin arrasi tishlari o'tish yuzalari aylana radiuslarining paxta tolasini mexanik shikastlanishi va sifatiga muhim ta'siri ta'kidlangan. Hozirda qo'llaniladigan abraziv materiallar



**1-rasm. Siqilgan havo  $p$  bosimida  $\alpha$  zarba burchagida yo'naltirilgan erkin abrazivlar bilan metall yuzalariga ishlov berish sxemasi**

(kvarsli qum, kremniy karbidi) va odatdagi qumli vannada ishlov berish xohlagan natijani bermasligi va tolani ajratish uchun jin arrasi tishlarini texnik tayyorlash muhimligini e'tiborga olsak, pardoqlab ishlov berish uchun yangi sxema va materiallarni qidirish, asoslash va amalga oshirish zarur. Ushbu ishda arrali diskni pardoqlash-mustahkamlash orqali ishlov berishda birinchi marta yangi abraziv material – kupershlak qo'llanildi. Kupershlak mis ishlab chiqarishda qoldiq mahsulot bo'lib, yetarlicha qattqlikka ega, siqilgan havo oqimida ishlov beriladigan yuzaga yo'naltirilgan ko'p kesuvchi qirralidir.

Dissertatsiyaning **“Abraziv oqimli ishlov berishda erkin abrazivni metall yuzasi bilan dinamik tutashishini tahlili”** deb nomlangan ikkinchi bobida siqilgan havo oqimida yo'naltiriladigan erkin abrazivni metall mahsulotlariga abraziv oqimli

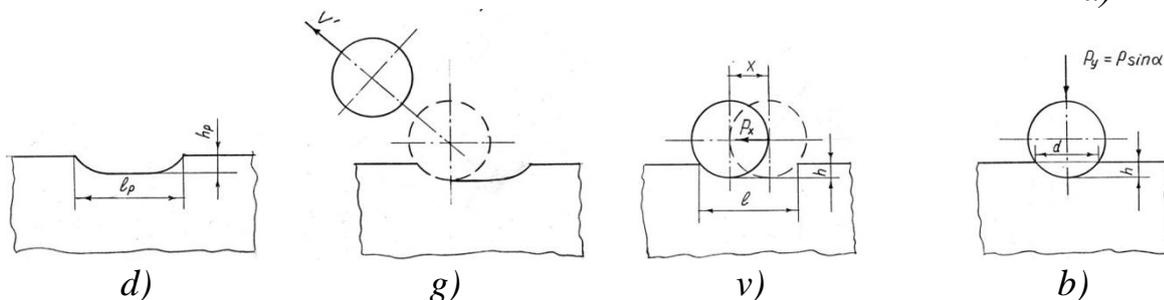
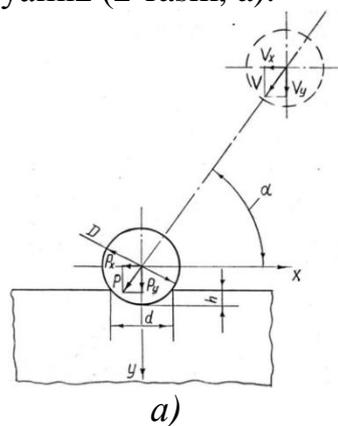
ishlov berish modellashtirildi. Hamda abraziv zarrachani metallga kirishning maksimal chuqurligi dinamik tutashish jarayonida abrazivning metall to'siqqa zarbada ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash masalalari yechildi.

Paxta tolasi va chigitning sifat ko'rsatkichlari bo'yicha afzalligini oshirishning muhim rezervi yuqori kesish xususiyatli zarrachalar bilan (1-rasm) abraziv oqimli ishlov berishda qayta ishlash qiyin bo'lgan joylarini, masalan, jin arrasi disklari tishlarining botiqligi. Arralarni sifatli tayyorlash tishning o'tish yuzalari mikroprofili bilan tutashishini qulay sharoitlari tolalarni ajratishda ularning tabiiy xususiyatlarini maksimal darajada saqlash imkonini beradi.

Abraziv zarrachalarni metall yuzasiga zarbada o'zaro tutashish jarayonini (2-rasm) kuch faktorlari orqali talqin qilish kerak, ya'ni abraziv zarrachani metall yuzasi bilan o'zaro ta'sir kuchini ularning fizik-mexanik xususiyatlarini nazarga olgan holda tahlil qilish kerak. Bunda tutashishdagi o'zaro ta'sir zarba kuchini  $P$  modellashtirish jarayonida doira ko'rinishidagi abraziv zarracha markaziga qo'yamiz (2-rasm, a).

### 2-rasm. Tutashishning o'zaro ta'sir kinetikasi:

$a$  - abraziv zarrachani zarba burchagida  $\alpha$  va tezlikda  $v$  metall yuzaga zarbasi;  $b$  - to'g'ri zarba ( $\alpha=90^\circ$ )  $d$ ,  $h$  o'lchamli plastik iz ( $d$ - diametr,  $h$ - chuqurlik);  $v$  - hosil bo'lgan chuqurcha bo'yicha sirpanish va  $x$  masofaga  $P_x=P\cos\alpha$  kuchi ta'sirida siljish;  $g$ - abraziv zarrachani tutashish yuzasidan  $V'$  tezlikda uzilishi;  $d$ ) - abraziv zarrachani metall to'siqqa tutashishdan keyingi chiziq (tirnalish)



Zarba kuchining vertikal tashkil etuvchisi  $P_y = P \cdot \sin \alpha$  abraziv zarracha metall to'siqqa bosimni keltirib chiqaradi, bunda  $d$ ,  $h$  parametrli chuqurcha (teshik) hosil bo'ladi:  $d$ - diametr,  $h$ - chuqurlik (2-rasm, b). Zarba kuchining gorizontall tashkil qiluvchisi  $P_x = P \cdot \cos \alpha$  ta'sirida abraziv zarracha hosil bo'lgan teshik bo'yicha ba'zi sirpanishga ega bo'lib  $x$  o'qi yo'nalishida harakatlanadi (2-rasm, v). Abrazivda o'tkir kesuvchi qirralarning bo'lishi nisbiy harakat jarayonida kinetik energiya yetarli bo'lganda qirindi hosil qiluvchi mikrokeshish amalga oshiriladi, bunda qirindi kesuvchi qirraning oldingi yuzasidan chiqadi.

Shunday qilib, erkin abraziv bilan metall yuzalariga ishlov berishning muhim xususiyati aniqlandi. Bunda mikrokeshishda kesiladigan qatlam zarbada abrazivni materialga bosishdagi  $h$  - chuqurlik qismi bilan aniqlandi.

Zarbada abraziv zarrachaning metall yuzasi bilan tutashadigan o'zaro ta'sirini yakunlovchi bosqichda sapchish (2-rasm, g) bo'lib, u qayishqoqplastik tutashishidan chiqadi. Bunda zarracha sapchish parametrlariga: tezlik  $V'$  va burchakka  $\alpha'$  ega

bo'lad, bu parametrlar zarba parametrlaridan (tezlik  $V$  va zarba burchagi  $\alpha$ ) ancha kichikdir. Natijada, abraziv zarrachani metall yuzasi bilan tutashishidan so'ng tashqi kuchlar ta'sirida metall yuzada chiziqlar (tiralishlar) qoladi (2-rasm, d), bu esa mikrokesishning o'tgan jarayonlarini va abraziv yeyilish sharoitida plastik deformatsiyani tasdiqlaydi.

Qattiq abraziv zarrachaning deformatsiyalanuvchi yarim fazo bilan tutashish ta'sirini tenglamalar sistemasi bilan tavsiflash mumkin:

$$\begin{cases} m \frac{d^2h}{dt^2} = -P_y, \\ m \frac{d^2x}{dt^2} = -P_x, \end{cases} \quad (1)$$

bu yerda  $P_y$ ,  $P_x$  - tegishli zarba kuchini  $P$  normal va tangensial tashkil qiluvchilari.

Zarba kuchini normal tashkil etuvchisi  $P_y$  to'g'ri zarbada ( $\alpha = 90^\circ$ ) kuchga  $F$  ekvivalent V. Gol'dsmitning bog'lanishiga muvofiq zarba kuchi uchun quyidagicha bo'lad:

$$F = P_y = \pi \sigma_T a^2 \cong 2\pi \sigma_T R h = -m \frac{d^2h}{dt^2}, \quad (2)$$

bu yerda  $m$  va  $R$  – tegishli sharning massasi, kg va radiusi, mm;

$h$  - zarrachaning kirish chuqurligi, mm;  $a$  – plastik iz radiusi, mm;

$\sigma_T$  - oquvchanlik chegarasi, N/mm<sup>2</sup>.

Abraziv zarrachaning  $m$  massasi  $4\pi R^3/3$  hajm va zichlik  $\rho$  orqali, materialning holatini nazarga oluvchi koeffitsiyentni hisobga olgan holda ifodalandi (N.M. Mixinning tadqiqotlariga ko'ra normal holatdagi material uchun koeffitsiyent  $c=1$ ,  $c=10$  deformatsiyaning mustahkamligi mavjud bo'lganda). Yakuniy shaklda differensial tenglama quyidagi shaklni oldi

$$\frac{d^2h}{dt^2} = -\frac{3}{2} \cdot \frac{c \sigma_T h}{\rho R^2} \quad (3)$$

ikkinchi tartibli chiziqli bir turdagi doimiy koeffitsiyentlar bilan bog'liq.

Xarakterli tenglama orqali tenglamaning umumiy yechimini topamiz (3)

$$h = C_1 \cos\left(\frac{1}{R} \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{c \sigma_T}{\rho}} \cdot t\right) + C_2 \sin\left(\frac{1}{R} \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{c \sigma_T}{\rho}} \cdot t\right), \quad (4)$$

bu yerda,  $C_1$  va  $C_2$  ning doimiy integratsiyasini dastlabki shartlardan topamiz:  $t=0$ ,  $h=0$ ;  $t=0$ ,  $dh/dt=V_0 \sin \alpha$

Integrallash doimiyligi  $C_1$  va  $C_2$  hisobga olgan holda yakuniy tenglamani olamiz

$$h = \frac{V_0 \sin \alpha}{\frac{1}{R} \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{c \sigma_T}{\rho}}} \cdot \sin\left(\frac{1}{R} \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{c \sigma_T}{\rho}} \cdot t\right) \quad (5)$$

U holda abraziv zarrachaning maksimal kirish chuqurligi quyidagicha aniqlanadi

$$h = V_0 \sin \alpha \cdot R \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{\rho}{c \sigma_T}} \quad (6)$$

bir vaqtning o'zida

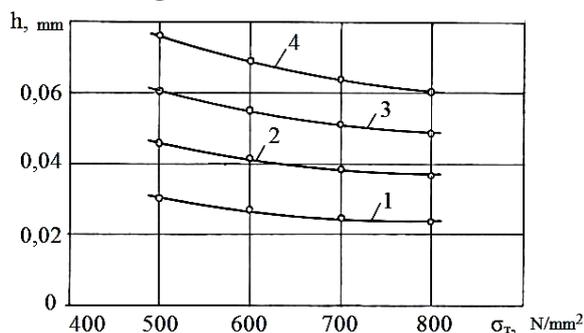
$$\frac{1}{R} \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{c \sigma_T}{\rho}} \cdot t = \frac{\pi}{2}, \quad t = \frac{\pi}{2} R \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{\rho}{c \sigma_T}} \quad (7)$$

(7) ifoda orqali faqat faol zarba fazasida abraziv zarrachaning metall to‘siqqa tutashish davomiyligi aniqlanadi, chunki to‘g‘ri bo‘lmagan zarbada sirpanish jarayonida mikrokesish va metall yuzasidagi zarrachalar olib tashlanadi.

Metall yuzasiga (arrali disk materialiga) urilganda abraziv zarracha kirish maksimal chuqurligini  $h$  aniqlash bo‘yicha sonli tajriba quyidagi sharoitlarda o‘tkazildi: zarracha radiusi  $R=0,4...1,2$  mm; zarba tezligi  $V_0 = 20, 30, 40$  va  $50$  m/s; ishlov beriladigan materialning oquvchanlik chegarasi  $\sigma_T=500...800$  N/mm<sup>2</sup>; abrazivning (kupershlakning) zichligi  $\rho=3,86$  g/sm<sup>3</sup>, zarba burchagi  $\alpha=45^0$ ; ishlov beriladigan material holatini hisobga oluvchi koeffitsiyent  $c=4$ .

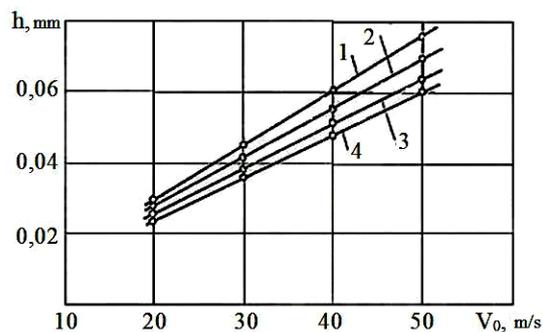
Abraziv zarracha kirish maksimal chuqurligi  $h$  ni oquvchanlik chegarasi  $\sigma_T$ , zarba tezligi  $V_0$  va zarracha radiusi  $R$  ga bog‘liqligining grafik talqini 3-5 rasmlarda keltirilgan. Kirishning maksimal chuqurligi  $h$  ni oquvchanlik chegarasiga  $\sigma_T$  bog‘liq chiziqsiz pasayuvchi bog‘lanish aniqlandi (3-rasm).  $\sigma_T$  500 dan 800 N/mm<sup>2</sup> ga oshganda, masalan,  $R=0,6$  mm va  $V_0=30$  m/s  $h$  chuqurlik 0,457 dan 0,0361 mm ga kamayadi.

(6) formuladan kelib chiqadiki, kirishning maksimal  $h$  chuqurligi  $V_0$  va  $R$  parametrlari oshganda chizikli ravishda ortadi.  $V_0$  tezlik 20 dan 50 m/s oshganda  $\sigma_T=500$  N/mm<sup>2</sup> va  $R=0,6$  mm da zarrachalarni kirish chuqurligi  $h=0,0304$  dan 0,0761 mm ga oshadi (4 rasm).



**3-rasm.  $R=0,6$  mm abraziv zarracha metall to‘siqqa urilganda maksimal kirish chuqurligining  $h$  oquvchanlik chegarasi  $\sigma_T$  ga bog‘liqligi:**

- 1-  $V_0=20$  m/s; 2-  $V_0=30$  m/s;  
3-  $V_0=40$  m/s; 4-  $V_0=50$  m/s.



**4-rasm.  $R=0,6$  mm abraziv zarrachalar metall to‘siqqa urilganda maksimal chuqurlikka kirishining  $h$  tezlikka  $V_0$  bog‘liqligi:**

- 1-  $\sigma_T=500$  N/mm<sup>2</sup>; 2-  $\sigma_T=600$  N/mm<sup>2</sup>;  
3-  $\sigma_T=700$  N/mm<sup>2</sup>; 4-  $\sigma_T=800$  N/mm<sup>2</sup>

2, v-rasmga muvofiq abraziv zarracha zarba kuchi  $P\cos\alpha$  tashkil etuvchisining o‘q bo‘ylab  $V_0\cos\alpha$  tezligida siljishiga kirish chuqurligi  $h$  ga metallni tutashish yuzasida “qayta ishlov berilgan” yuza sodir bo‘ladi. Bu jarayon sferik shakldagi qattiq zarrachaning tutashish yuzasi chegarasida mikrokesish va metallni tutashish yuzasi chegarasida plastik siqib chiqarishdan iborat. Ishqalanish kuchlarini (friksion qarshilikni) va ishqalanish koeffitsiyentini  $f$  hisobga olish issiqlik fizikasi, termodinamika, abraziv yeyilish bo‘yicha ilmiy-amaliy vazifalarni yechish maqsadida tutashishdagi o‘zaro ta’sirini sinchiklab tahlil qilish uchun zarur.

Qattiq sferik zarrachani ko‘proq yumshoq metall to‘siqda sirpanishida oquvchanlik chegarasi  $\sigma_T$  bo‘lgan plastik deformatsiyali metallni izotrop deb taxmin qilib ishqalanish koeffitsiyentini  $f_m$  mexanik tashkil qiluvchisi uchun ifoda olindi:

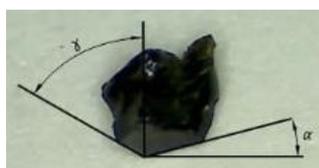
$$f_M = \frac{2\theta - \sin 2\theta}{2V_0 \sin \alpha \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{\rho}{c\sigma_T}}} \quad (8)$$

bu yerda  $2\theta$  – ariqchanning ko‘ndalang qirqimiga mos doiraviy sektorning markaziy burchagi, rad.

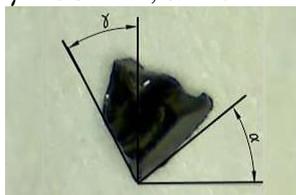
Abraziv zarrachaning metall yuzaga bosilishida ishqalanish koeffitsiyentining  $f_M$  hisoblash parametrlari quyidagi qiymatlarida:  $V_0=20\dots50$  m/s,  $\alpha=45^\circ$ ,  $2\theta=10\dots36^\circ$ ,  $\sigma_T=500\dots800$  N/mm<sup>2</sup> bajarildi.

Shunday qilib,  $V_0$  zarba tezligi 20 dan 50 m/s ga oshganda chiziqli bo‘lmagan bog‘liqlikka ko‘ra ishqalanish koeffitsienti monoton ravishda 0,72 dan 0,288 gacha  $\sigma_T=500$  N/mm<sup>2</sup> va  $2\theta=30^\circ$  da pasayadi. Berilgan qonuniyatni shunday tushuntirish mumkinki, zarrachaning zarba tezligi oshganda tutashish vaqti qisqaradi, shu sababli ishqalanish koeffitsiyenti kamayadi.

Dissertatsiyaning “Arrali disk tishlarining yuzalarini kupershlak zarrachalari bilan abraziv oqimli ishlov berishdagi holatini nazariy – tajribaviy tadqiqoti” deb nomlanuvchi uchinchi bobida



$$\gamma = -58^\circ 22'; \alpha = 15^\circ 41'$$



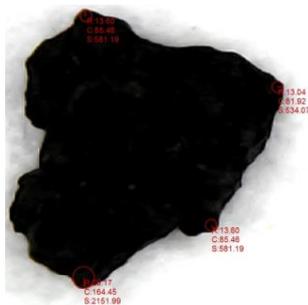
$$\gamma = -30^\circ 49'; \alpha = 35^\circ 40'$$

**5-rasm. Kupershlak kesish qirralarining burchaklari:**

$\gamma$ - oldingi burchak;

$\alpha$ - orqadagi burchak

ko‘p qirrali noto‘g‘ri shakldagi holatidir (5-rasm). Bunda kupershlak zarrachasi ko‘p kesuvchi qirralardan iborat bo‘lib, ular turli geometriyasi: kesish burchaklarini hosil qiluvchi oldingi  $\gamma$  va orqa  $\alpha$  burchaklardan iborat.



**6-rasm. Kupershlak abraziv zarrachasi kesuvchi qirrasining aylana radiusi  $\rho$  o‘lchami**

kupershlak abraziv zarrachani kesuvchi qirrasidagi kesish burchagi va ularning aylana radiuslari, jin arrasi tishlarining o‘tish yuzalari radiuslarini tajribada aniqlash natijalari keltirilgan; qayishqoqlik va metallarni kesish nazariyasi asosida modellashtirish va deformatsiyali mustahkamlashning chuqurligini hisoblash bajarildi. Yetkazib berilgan arrali disk materiallarining qattiqligi va ularning ishga layoqatliligi bo‘yicha ma’lumotlar taqdim qilindi, skanerli elektron mikroskop va rentgen tuzilishli tahlil usullarida arrali disk namunalarning yuza qatlamlari fazali- tuzilish holatini ularning ishga layoqatliligiga bog‘lab tadqiq qilindi.

Kupershlak abraziv zarrachasining geometrik shakli vizualizatsiyasi va tahlili shuni ko‘rsatdiki, ular tekis qirrali va egri chiziqli yuzalarning birgalikdagi

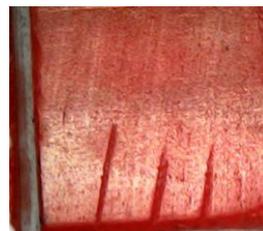
Ma’lumki mikrokesish – tirnash  $a_z \geq \rho$  da  $a_z < \rho$  - abrazivni ishlov beriladigan yuzada sirpanish va plastik siqib chiqarish, bunda  $a_z$  – qirqim qalinligi (kesish chuqurligi) yoki kirish chuqurligi  $h$ , ya’ni  $a_z=h$ . Kupershlak zarrachasi kesuvchi qirralarining cho‘qqilari aylana radiuslarini  $\rho$  o‘lchash uchun kattalashtirish chegarasi x50 dan x1000 gacha bo‘lgan USB elektron mikroskopdan foydalanildi va o‘lchash natijalarini avtomatik o‘qish imkonini beradi (6-rasm).

Shunday qilib, kesuvchi qirralar cho‘qqilarining aylana radiuslari  $\rho$  va kupershlak zarrachalari kirish chuqurligini  $h$  aniqlash natijalarini taqqoslash aniq xulosa qilishga, ya’ni abraziv oqimli ishlov berish intensiv mikrokeshish va jin arrasi tishlaridagi qilovlarni olib tashlash bilan kuzatiladi.

Kupershlak zarrachasining radiusi  $R=0,4-0,6$  mm,  $\sigma_m=500$  N/mm<sup>2</sup>,  $V_0=30$  m/s, kirish chuqurligi  $h=0,030-0,046$  mm yoki  $\sim 30-46$  mkm, bunda  $h/\rho = 38/18 = 2,11$  (o‘rtacha ma’lumotlarga ko‘ra), bu esa olingan nisbat yuqori kesish xususiyatiga ega bo‘lgan kupershlak zarrachali abraziv oqimli ishlov berish samaradorligining ishonchliligini isbotlaydi.

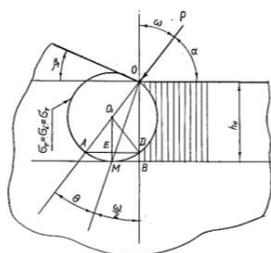
Kupershlak abraziv zarrachalari bilan abraziv oqimli ishlov berishdan so‘ng mikroprofilni va tishlarning oldingi va orqa tomon qirralari aylana radiusini baholash uchun iz olish usuli qo‘llanildi.

Izdagi chiziqni o‘lchash turli metallarning qattiqligini Brinell usuli bo‘yicha aniqlashda qo‘llaniladigan *TIME THR-150/45 DX ROCKWELL* qattiqlikni o‘lchash uchun mo‘ljallangan uskunada o‘lchandi (7-rasm). Ushbu tadqiqotda faqat bitta o‘lchash – ariqchani kengligini  $b$  o‘lchash yetarli. Uchta chiziqni o‘lchash natijalari quyidagicha:  $b=0,272; 0,231; 0,193$ ; o‘rtacha qiymati  $b=0,232$  mm.



**7-rasm. Jin arrasi tishlarining o‘tish yuzalari qirralarini abraziv oqimli ishlov berilgandan keyin ariqcha ko‘rinishida shakllanishi**

Bunda aylana radiusi  $r = b/2 = 0,232/2 = 0,116$  mm ni tashkil qiladi. Arra tishlarining o‘tish yuzalari aylana radiusining olingan  $r = 0,116$  mm qiymati muhim ahamiyatga ega. Bu paxta tolasining tabiiy xususiyatlarini maksimal darajada saqlashni ta’minlaydigan  $r = 0,1...0,15$  mm qiymatlari diapazoni bilan bog‘liq, chunki tolani metall yuzasi bilan o‘zaro ta’siri “sof” ishqalanish zonasi bilan xarakterlanadi (akad. R.G. Maxkamovning ma’lumotlari bo‘yicha).



**8-rasm. Abraziv oqimli ishlov berish jarayonining mikrokeshish paytida deformatsiyali mustahkamlash chuqurligini aniqlash sxemasi**

Abraziv oqimli ishlov berish jarayonida mikrokeshish vaqtida deformatsion mustahkamlash yoki puxtalash chuqurligini  $h_n$  aniqlash uchun shartli yuklanish sxemasi ishlab chiqildi (8-rasm),  $\sigma_r = \sigma_i = \sigma_T$  bu shartga muvofiq teng kuchlanishlarning aylanasi ko‘rsatilgan, bu yerda  $\sigma_r$  va  $\sigma_T$  - tegishlicha radial va oquvchanlikdagi kuchlanishlar.

Puxtalash chuqurligini aniqlash uchun bog‘lanish olindi

$$h_n = \frac{C_1 P \cos^2 \frac{\omega}{2}}{\pi R \sigma_T}, \text{ mm} \quad (9)$$

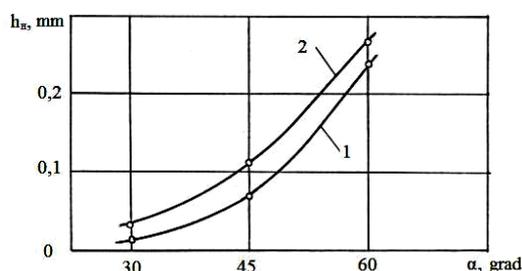
bu yerda  $C_1$  – formuladan aniqlanadigan qo‘shimcha koeffitsiyent

$$C_1 = \frac{4}{2(\pi + \beta_1) - \sin 2\alpha + \sin 2(\alpha + \beta_1)},$$

$\beta_1$  - nisbiy siljish burchagi, rad.

Kupershlak zarrachalari bilan abraziv oqimli ishlov berishda detallar yuzalarining puxtalash chuqurligini  $h_n$  hisoblash algoritmi ishlab chiqildi. U quyidagi bosqichlardan iborat: 1) ariqchanning  $A_2$  ko'ndalang qirgimi yuzasini aniqlash; 2) soddalashtirilgan tenglamada kesish kuchini hisoblash; 3) gorizontalar komponent (kesish kuchi) va hujum burchagi  $\alpha$  orqali zarba kuchini aniqlash; 4) qo'shimcha  $C$  koeffitsiyentni hisoblash; 5) puxtalash chuqurligini  $h_n$  aniqlash.

Sonli tajribali shartlariga mos bo'lgan puxtalash chuqurligi  $h_n$  (ishlov beriladigan material U8G po'lat,  $\sigma_s = 1150 \text{ N/mm}^2$ , qattiqlik HRA 67-70, oquvchanlik



**9-rasm. U8G po'latdan tayyorlangan arrali disk tishlarini kupershlak abraziv zarrachalari bilan abraziv oqimli ishlov berishda puxtalash chuqurligini  $h_n$  bog'lanishlari:**

1- $R=0,2$  mm; 2-  $R=0,4$  mm

chegarasi  $\sigma_T = 563 \text{ N/mm}^2$ , zarba burchagi  $\alpha=30^0, 45^0$  va  $60^0$ ,  $C_1$  ni hisoblashda  $\beta_1=13$ , bu esa  $6...20^0$  diapazonining o'rtacha qiymatiga to'g'ri keladi) abraziv zarracha radiusi  $R$  va zarba burchagi  $\alpha$  da  $h_n=0,0148...0,2676$  mm (9-rasm).

$R=0,4$  mm (kupershlak o'lchami  $D=0,6...0,8$  mm asosiy fraksiyani 80%) va zarba burchagi  $\alpha=45^0$  puxtalash chuqurligi  $h_n=0,1102$  mm. Puxtalash chuqurligining "qiyshiq qirqim" usulida jin arralari fragmenti maxsus majmualarida  $h_n=0,123$  ni tashkil qiladi (nisbiy farq 11,6%), puxtalash darajasi  $15,2...22,6\%$ . Deformatsion mustahkamlashning bunday ko'rsatkichlari

arrali disklarni uzoq muddatga chidamliligi va unumdorligini oshishiga yordam beradi.

Mashina detallarining yuza qatlamining dastlabki holatdagi fizik-mexanik parametri orasida muhim faktor hisoblangan ishga layoqatlilik – yeyilishga chidamlilik qattiqlik hisoblanadi.

Taqqoslash tahlili uchun turli korxonalaridan olingan jin arrasi disklarining mikrotuzilishi va qattiqligini (mikroqattiqligini) tajribada aniqlash uchun maxsus metalografik shlif (10-rasm) arralarning to'rtta



**10-rasm. Qattiqlik va mikrotuzilishni tadqiq qilish uchun arra diski namunalarini metallografik mikroschlifi**

namunalari tayyorlandi:

$N_1$ -nazoratdagi arra;  $N_2$ - OOO "Akbar sentral azia"; 3- OOO "Qidong";  $N_4$ - OOO "Cotton ginning".

Namuna materiallari 65G po'latning kimyoviy tarkibiga mos keladi.

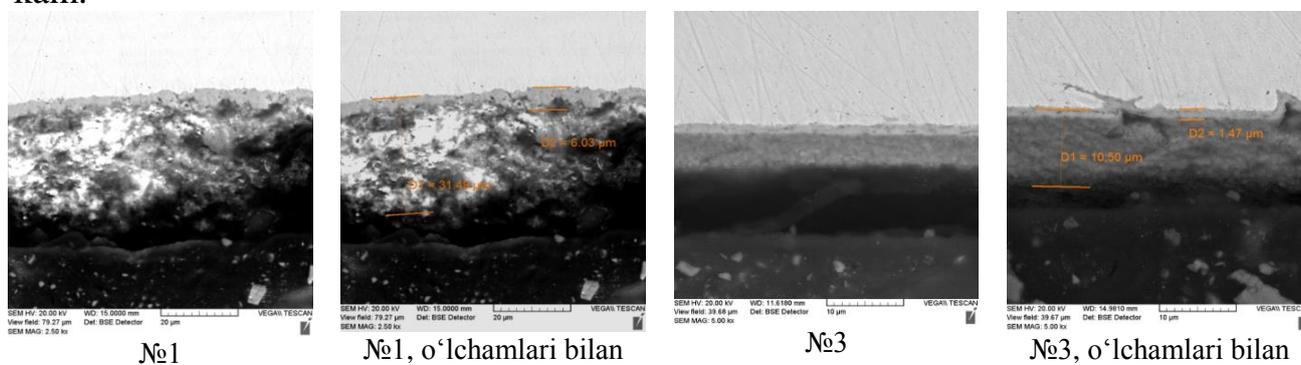
Vickers bo'yicha qattiqlikning o'rtacha qiymati  $HV_{0,5}$ , Rokvell bo'yicha HRC 8 ta o'lchashda topildi. Tajriba natijalari qattiqlikning o'rtacha qiymati Vickers va Rokvell bo'yicha sinaladigan namunalar uchun  $HV_{0,5} 329...476$ , HRC  $32,2...46,2$

ko'rsatdi. Tajribalardan aniqlandiki, qattqlik nisbatan katta bo'lgan arrali disklar (№1 namuna)  $HV_{0,5}$  427,6 va HRC42,2, kichik qattqlikda ( $HV_{0,5}$  329 va HRC32,2) jinda doimiy ravishda to'liga ishlov berilishi sharoitida tishlarning yuqori qismidagi yeyilish sababli ish unumdorligi pasaydi. Demak, konstruksion materiallarni yeyilishga chidamliligiga qo'shimcha faktorlar, xususan, arrali disklarning mikrotuzilishiga ta'sir qilishi mumkin.

Arrali disk materialini termik ishlov berishdan so'ng (dastlabki holatda) fazali - tuzilishli holatini aniqlash uchun va uni ekspluatatsiya sharoitlarida (jinlashda) arrani chidamliligi bilan bog'liqligini aniqlash uchun difraksiyali va mikroskopik usullardan foydalanib tadqiqotlar o'tkazildi. Difraksiyali usul rentgen tuzilishli tahlil uskunasi – umumiy belgilangan difraktometr DRON-3 da misli monoxromatizatsiyalangan rentgenli nurlanishdan foydalanib amalga oshirildi. Fazali tajribaning tahlili maxsus berilganlar baza PDF-2 yordamida bajarildi. Arrali disk namunalari yuzalarining chegaraviy zonasini mikrotuzilishi va elementi tarkibini tadqiqoti energodispersli spektrometr INCAEnergy 350 li skanerlovchi (rastrli) elektron mikroskop VegaILMU dan foydalanib o'tkazildi. Arrali disklarning yuza qatlamini fazali - tuzilishli holati mikroqattqlikni (qattqlikni) aniqlashda foydalanildi.

Sirtidagi oksidlarning eng ko'p miqdori nisbatan qattiq (HRC 42,2) birinchi namuna yuzasida (11-rasm) yig'ilgan bo'lib, kichik qattqlikdagi HRC 32,2 to'rtinchi namuna kabi eng past chidamlilikni ko'rsatdi.

Bu namunada qo'rg'oshin oksidi va sof qo'rg'oshin borligi aniqlandi, ehtimol ular termik ishlovdan so'ng qolgan bo'lishi mumkin. Ma'lumki, uglerodli po'latlarni eritilgan qo'rg'oshinda qizdirish vaqti, pechlarda qizdirish vaqtiga nisbatan 3-4 marta kam.

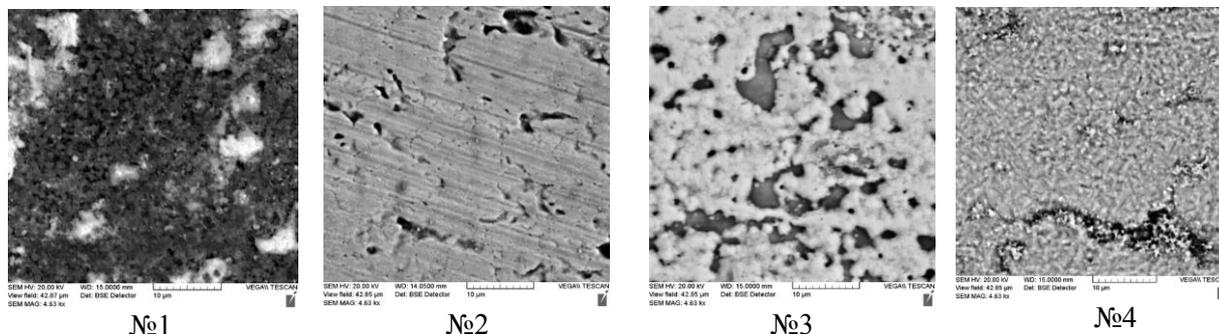


**11-rasm. DRON-3 difraktometrda olingan arrali disk namunalari yuzasidagi oksidli parametrlarning elektrogrammalari**

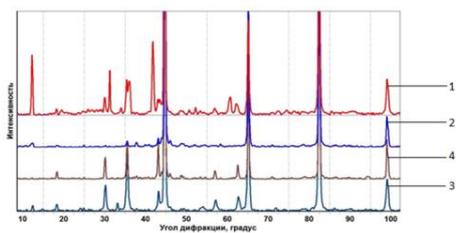
Uchinchi namuna yuzasidagi oksidli parda qalinligi birinchi namunaga nisbatan uch marta kam (tegishlicha 10,5 va 31,4 mkm) va arrali disk chidamliligi eng katta bo'lib chiqdi. Shuning uchun, past mexanik xususiyatli (qattqlik, mustahkamlik) oksid pardani va uning yig'ilishi mahsulotni yeyilishiga chidamliligini sezilarli darajada kamaytirishi mumkin.

Arrali disklarning yon yuzalari qatlamlari mikrostrukturasi (12-rasm) 65G po'latni mustahkamlovchi termik ishlov berishdan so'ng hosil bo'lgan yuza qatlami tuzilishini tashkil qiluvchilar morfologiyasi, uzuluksizligi va yirikligi jihatidan sezilarli farq qiladi.

12-rasmdan ko‘rinib turibdiki, ikkinchi va to‘rtinchi namunalarda submikroskopik yoriqlar va mikrobo‘shliq ko‘rinishidagi nuqsonlar aniqlandi. Mikrotuzilishning yaxlitligini nisbatan yirik nosozliklari (to‘rtinchi namuna) ekspluatatsiya yuklanishida kuchlar ta‘sirida lokal buzilishlar boshlanishini qo‘zg‘atadi, chunki ular kuchlanish konsentratori vazifasini bajaradi.



**12-rasm. INCAEnergy 350 energiya dispersiya spektrometri bilan VegaILMU skanerlash elektron mikroskopida olingan arrali diski namunalarning yuza qatlamining mikro tuzilishi**



**13-rasm. №1...№4 namunalarga to‘g‘ri keluvchi arrali disk yuza qatlamining fazali tarkibining difraktogrammasi**

Arrali disk namunalarning rentgen tuzilishli tahlili (13-rasm) shuni ko‘rsatdiki, maksimal ishga layoqatliligini ko‘rsatgan uchinchi namunaning pastgi spektri soni va stexometriyasi (difraktsiya burchagi diapazoni 10 dan 42<sup>o</sup> gacha va 50 dan 63<sup>o</sup> gacha) bo‘yicha to‘rtinchi namunaning spektriga yaqin.

To‘rtinchi namunaning yuqori spektri difraktsiyani kichik burchaklari sohasida qo‘shimcha chiziqlar bilan xarakterlanadi, ulardan, odatda oksidlar, temir va marganes karbidlari hosil bo‘ladi.

Dissertatsiyaning **“Tajriba-sanoat sinovlari, tadqiqot natijalarini ishlab chiqarishga tatbiq qilish va paxta tozalash korxonalarida sharoitida tolani sifatini baholash”** deb nomlangan to‘rtinchi bobida abraziv oqimli ishlov berishdan so‘ng arrali disklar bilan jinlashda taqqoslovchi tajribali tabiiy sinovlarni o‘tkazish sharoiti va metodikasini o‘tkazish shartlari bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan, tolani ajratish jarayonida paxta tolasining tabiiy xususiyatini saqlovchi jin arrasi tishlari o‘tish yuzalarining mikrogeometriyasi yaxshilangan arrali disklarni ishlab chiqarishga tatbiq qilishning iqtisodiy samaradorligi keltirilgan.

Ishlov berish rejimi va shartlari: siqilgan havo oqimi  $p=3...4$  atm, kupershlak zarrachasi o‘lchami 0,8...1,1 mm, zarba burchagi  $\alpha=45...60^0$ , abraziv oqimli pistolet soplosidan masofa (4.2 rasm)  $l=15...20$  sm. Arrali disklarga qum oqimli apparatda (14-rasm) kupershlak zarrachalari yo‘naltirilgan oqimi bilan arrali disk tishining taxminan ikkita balandligini tashkil qiluvchi uchastka chegarasida ikki tomonidan ishlov berildi (15-rasm).



**14-rasm. Arrali disk tishlariga kupershlak abraziv zarrachalari bilan ishlov berish uchun qum oqimli qurilmaning zavod konstruksiyasi**



**15-rasm. Jinning ishlov berilgan arrali diski**

Arrali jinlarning ishlab chiqarishdagi sinovlari Piskent paxta tozalash korxonasi jin-linter sexida va Toshkent viloyatining “O‘zbekiston” paxta tozalash korxonasida 2019-yil hosilidagi “Sulton” I-navi, qo‘lda terilgan paxta xomashyosida o‘tkazildi (1-jadval).

1-jadval

**7DP jinida qayta ishlash uchun paxta xomashyosining ko‘rsatkichlari**

Paxta xomashyosi ko‘rsatkichlari	bunt	Lotokda (jinlashdan oldin)
Ifloslik, %	2,6	0,9
Namlik, %	9,1	6,2

2-jadval AJ “Paxtasanoat ilmiy markazi” laboratoriyasida yuqori unumdorlikda paxta tolasi sinovini o‘lchash sistemasi Textechno yordamida o‘tkazilgan tola sifat ko‘rsatkichlarining tadqiqot natijalari keltirilgan.

2-jadvalni taqqoslash tahlilidan kelib chiqib, kupershlakni abraziv zarrachalar oqimida ishlov berilgan arrali disklarda jinlashdan so‘ng ishlab chiqilgan ipning yigirish xususiyati va sifatini aniqlovchi tolaning asosiy parametrlari (yuqori o‘rtacha uzunlik, solishtirma uzilish kuchi, uzilishdagi uzayish) korxonalar bilan jinlashdagiga nisbatan afzalliklarga ega. Masalan, tolaning yuqori o‘rtacha uzunligi (UHML) -1,1 mm ga kattaroq, solishtirma uzilish kuchi (Str) -1,55 sN/teks, uzilishagi uzayish (Elg) - 5,3%.

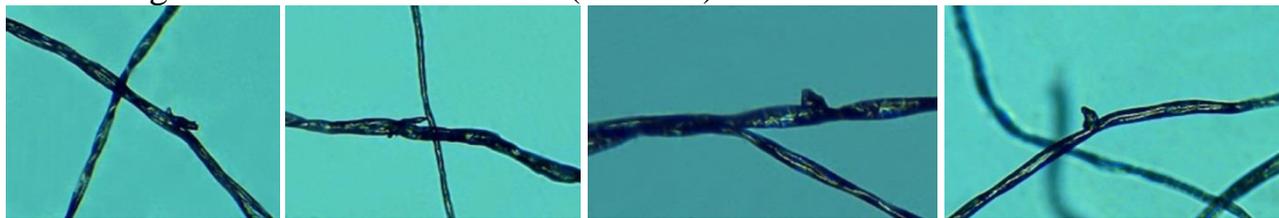
2-jadval

**Jinlashdan so‘ng paxta tolasi sifatining ba’zi standart parametrlari bo‘yicha qiyosiy ma’lumotlari**

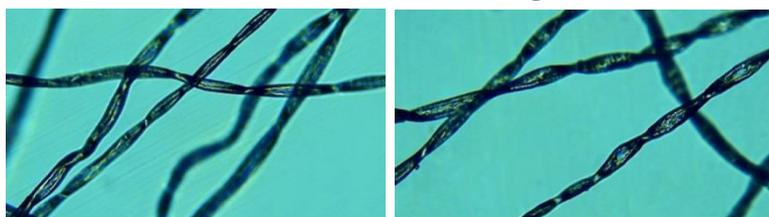
№ n.n.	Jin arrasi tishlarini pardoqlab ishlov berish turlari	O‘z Dst 604:2016 bo‘yicha paxta tolasi parametrlari					
		Yuqori o‘rtacha uzunlik, mm (UHML)	O‘rtacha uzunlik, mm (ML)	Uzunlik bo‘yicha birxillik indeksi, % (Unf)	Kalta tolalar indeksi, % (SFI)	Solishtirma uzilish kuchi, sN/teks (Str)	Uzilishdagi uzayish, % (Elg)
1	Qumli vannada ishlov berilgan (korxonalar)	26,95	22,41	83,15	11,2	26,15	15,05
2	Abraziv oqimli ishlov berilgan (silliqlash orqali faskalar olinmasdan)	28,05	23,07	82,25	10,4	27,7	20,35

Tajribaviy tadqiqotalardan aniqlandiki, korxonalarida jinlashdan so‘ng olingan tolalarda ko‘proq ustkesim shaklidagi mexanik shikastlanishlarga ega (16-rasm). Buday natija komp’yuterga ulangan optik sistema yordamida (mikroskop B-150 OPTIKA, x100, Italya) aniqlandi.

Tishlari abraziv oqimda ishlov berilgan arrali disklar bilan jinlashdan olingan tolalarning sifati ancha baland bo'ldi (17-rasm) va tola kesiklari amalda kuzatilmadi.



**16-rasm. Qumli vannada ishlov berilgan arrali disklar bilan jinlangan tolalarning xarakterli kesiklari, x100**



**17-rasm. Kupershlak abraziv zarrachalari oqimida ishlov berilgan arrali disklar bilan jinlashdan olingan tolalar, x100**

Iqtisodiy samaradorlikni hisoblashda "yaxshi" sinfining V tipdagi I navli paxta tolasi asos qilib olindi. Tolaning yuqori o'rtacha uzunligi 1,1 mm ga oshishi va paxta tolasi tarkibidagi nuqson va aralashmalarning o'rtacha miqdori 3,6% dan 3,4% gacha kamayishi tufayli Piskent paxta tozalash korxonasida olingan yillik iqtisodiy samaradorlik 58106,9 ming so'mni tashkil etdi.

## XULOSA

1. Jin va linter arralarini kesishdan olingan tishlarning ko'ndalang profili tahlili bajarildi. Jin arrasi tishlariga faska ochilgandan keyin ularni qumli vannada qayta ishlash qirralarni  $r=0,1 \dots 0,15$  mm radiusda silliqlash o'tish yuzalarining ratsional shaklini ta'minlamaydi. Kichikroq yaxlitlash radiusi qiymatlari bilan ust kesim yoki uzilish ko'rinishida mexanik shikastlanish oshadi.

2. Jin arrasi tishlarini siqilgan havo oqimida (abraziv oqimli ishlov berish) ishlov berish uchun qattiqligi Mooc shkalasi bo'yicha 6 ga teng, taxminan HB 450 qattiqlikka mos, yangi abraziv material- kupershlakni qo'llash uchun asos yaratildi va arrali disk materialining tarkibiy qattiqligidan yuqori bo'ldi.

3. Abraziv oqimli modeli ishlab chiqilgan va metall to'siq bo'ylab deformatsiyalanadigan sfera ko'rinishida modellashtirilgan abraziv zarrachani qayishqoq zarbasida o'zaro tutashish kinetikasi ba'zasida abrazivning maksimal kirib borish chuqurligi  $h$  uchun bog'lanish olindi. Bunday holda,  $h=0,0457 \dots 0,0361$  mm, masalan,  $V_0=30$  m/s,  $R=0,6$  mm,  $\sigma=500 \dots 800$  N/mm<sup>2</sup>.

4. Aylana radius qiymatlarini abraziv zarrachalarni metal yuzasiga urilishida ularning kirishini maksimal chuqurligi  $h$  solishtirish mikrokesishni  $\rho \leq h$  (80 % gacha kesuvchi qirralar) amalga oshirishni xulosa qiladi. Masalan,  $2R=0,8$  mm,  $\sigma_T=500$  N/mm<sup>2</sup> da zarba tezligi  $V \geq 30$  m/s bo'lganda mikrokesish amalga oshirilishi mumkin. Bunda tezliklarning sathi  $p=0,4$  MPa da ta'minlanadi.

5. Zarba kuchining gorizontaal tashkil etuvchisi  $P \cos \alpha$  ta'sirida ishqalanish kuchlarini (friksion qarshilikni) hisobga olib abraiv zarrachani siljishda tutashishdagi o'zaro ta'sirining tahlili bajariladi.  $f_m$  ishqalanish koeffitsiyentini abraziv zarrachani  $V_0$  zarba tezligida ishlov beriladigan metallni  $\sigma_T$  oquvchanlik

chegaralarining turli qiymatlarida va ariqchanning ko'ndalang kesimi yuzasiga mos aylanaviy sektor  $2\theta$  burchagida o'zgarishini asosiy qonunyatlarini olindi: bunda  $V_0=20\dots 50$  m/s,  $\alpha=45^\circ$ ,  $2\theta=30^\circ$  ligida  $f_m=0,720\dots 0,288$  tashkil qiladi.

6. Abraziv oqimli ishlov berish jarayonida mikrokesishda deformatsiyali mustahkamlash (puxtalash) chuqurligini hisoblash formulasi olindi va puxtalash chuqurligini  $h_n$  hisoblashning algoritmi ishlab chiqildi va uni  $\alpha=30^\circ$ ,  $45^\circ$  va  $60^\circ$  li zarba burchagida U8G po'lat (qattiqligi HB 338, oquvchanlik chegarasi  $\sigma_T=563$  N/mm<sup>2</sup>) kupershlak zarrachali abraziv oqimda ishlov beriladigan sonli tajriba o'tkazildi. Hisoblash amaliyoti uchun puxtalash chuqurligining nazariy va tajribaviy tadqiqotlari natijalari qoniqarli bo'lishiga erishildi, bunda tegishli  $h_n=0,1102$  mm va  $h_n=0,123$  mm (qiymatlarning nisbatan farqi 11,6%).

7. Skanerli elektron mikroskop usulida arrali disk namunalarning yuzalariga chegara zonasi va element tarkibiy mikrotuzilishi tadqiq qilindi. Namunalarning yuza qatlamida fazali tarkibi difraktometrda difraksiya cho'qqilari ko'rinishida arrali disklarining ishlashiga ta'sir qiluvchi oksidlar va temir hamda marganes oksidi va karbidlarni yig'ilishi rentgenstrukturali tahlilda tasdiqlandi.

8. Abraziv oqimli ishlov berilgan jin arralarining paxtani tozalash korxonasida o'tkazilgan ishlab chiqarishdagi sinovi shuni ko'rsatdiki, sifat ko'rsatkichlari bo'yicha yuqori o'rtacha uzunlik (UHML) 1,1 mm ga oshdi, solishtirma uzilish kuchi (Str) 1,55 sN/teks ga ko'tarildi, uzilishdagi uzayish 5,3% ortdi va ularni ishga layoqatlilik (yeyilishga chidamliligi) korxonani qumli vannada ishlov berish texnologiyasi bo'yicha tayyorlangan arrali disklarga nisbatan oshdi. Qum oqimli apparatda jin arrasi tishlariga ishlov berishning optimal sharoiti va rejimi: siqilgan havo oqimi  $p=3\dots 4$  atm, kupershlak zarrachasi o'lchami  $d=0,8\dots 1,1$  mm, zarba burchagi  $\alpha=45\dots 60^\circ$ , abraziv oqimli pistolet soplosidan masofa  $l=15\dots 20$  sm.

9. Tajribaviy tadqiqotlardan aniqlandiki, korxonada arralari bilan jinlash tolalarni ustqir qilishga olib keldi, bu esa uning uzilishga mustahkamligini pasaytiradi va uzilishga sabab bo'ladi hamda kalta tolalar sonini oshiradi. Kupershlak zarrachali siqilgan havo oqimida ishlov berilgan arrali disklarda tolalarning ustqir qilishi bo'lmadi. Ijobiy samara jin arrasi tishlarining o'tish yuzalarini qulay radiusda (0,1...0,15 mm) shakllanishi bilan izohlanadi.

10. Jin arrasi tishlariga abraziv material - kupershlak bilan abraziv oqimli ishlov berishni ishlab chiqarishda qo'llash iqtisodiy samara berdi, bu esa paxta tolasining tabiiy fizik-mexanik xususiyatlarini saqlashga va bir vaqtda nuqsonlarni kamayishga olib keldi, natijada "yaxshi" sinfdan "oliy" sinfga o'tishiga imkon berdi. Paxta tolasini sinfi bo'yicha narxidagi farq hisobiga 194 tonna tolaning yillik iqtisodiy samaradorligi 58 mln so'mdan oshdi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.08.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**ИСКАНДАРОВА НИГОРА КУРВАНБЕКОВНА**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛКИ ДЖИННЫХ ПИЛ С  
ЦЕЛЮ СОХРАНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СВОЙСТВ ВОЛОКНА**

**05.02.03 - Технологические машины. Роботы, мехатроника и робототехнические  
системы**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2024**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2021.3.PhD/T2388.**

Диссертация выполнена в Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен в веб-странице Ташкентского института текстильной и легкой промышленности ([www.ttyesi.uz](http://www.ttyesi.uz)) и Информационно-образовательном портале “Ziyonet” ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Научный руководитель:**

**Шин Илларион Георгиевич**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Бахадиров Гайрат Атаханович**  
доктор технических наук, профессор  
**Росулов Рузимурад Хасанович**  
доктор технических наук, доцент

**Ведущая организация:**

**АО “Paxtasanoat ilmiy markazi”**

Защита диссертации состоится “01” февраля 2024 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.08.01 при Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности по адресу: 100100., г. Ташкент, ул. Шохжохон-5, Административное здание Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, 2 этаж, 222-аудитория, тел. (+99871) 253-06-06, 253-08-08, факс 253-36-17, e-mail: ([pochta@ttyesi.uz](mailto:pochta@ttyesi.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института текстильной и легкой промышленности (зарегистрирована №195). (Адрес: 100100, г. Ташкент, ул. Шохжохон – 5, тел. (+99871) 253-06-06, 253-08-08.

Автореферат диссертации разослан “17” января 2024 года.  
(реестр протокола рассылки №195 от “17” января 2024 года).



**Х.Х.Камилова**

Председатель Научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., профессор



**А.З.Маматов**

Ученый секретарь Научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

**Ш.Ш.Хакимов**

Председатель Научного семинара при Научном совете  
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мировой текстильной промышленности хлопковое волокно составляет 55-60 % от общего количества производимого волокна. В связи с интенсивно растущим населением спрос на натуральные продукты, особенно на текстильные изделия и продукцию легкой промышленности из хлопкового волокна, будет также расти. В основных странах - производителях хлопкового волокна – Китае, США, Индии, Бразилии, Турции, Узбекистане, Индонезии и других странах резко возрастает требование к качеству волокна, от которого зависит конкурентоспособность готовой продукции текстильной промышленности<sup>3</sup>. Повышенная конкурентоспособность на мировом рынке требует обеспечения высокого качества хлопкового волокна. Для производства надежных и качественных изделий текстильной промышленности необходимо решение актуальной проблемы оснащения предприятий хлопкоочистительной промышленности новыми техникой и технологиями.

В мировой практике в этом направлении приоритетным является разработка новых и прогрессивных методов отделочной обработки пильных дисков для хлопкоперерабатывающих машин, исследования по совершенствованию оборудования, технологическое обеспечение долговечности деталей рабочих органов машин, позволяющие максимально сохранить природные свойства волокна при переработке хлопка-сырца и повысить качество волокноотделения за счет формирования благоприятного микропрофиля переходных поверхностей зубьев пил при контакте с хлопковым волокном. В этом направлении приоритетным считается сохранение природных свойств волокна путем абразивоструйной обработки зубьев пильного диска.

В нашей республике проводятся комплексные меры по развитию хлопко-текстильных кластеров, повышению рентабельности переработки хлопка-сырца, обеспечению конкурентоспособности выпускаемой продукции на основе модернизации технологического оборудования и внедрения в производство современных достижений науки и техники в данной отрасли. Важные задачи поставлены в Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы, в том числе “Реализация промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики, увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте и рост объема производства промышленной продукции в 1,4 раза...”<sup>4</sup>. При реализации этих задач важными считаются совершенствование оборудования и технологий первичной обработки хлопка, отделочная обработка пильных дисков хлопкоперерабатывающих машин современными абразивными материалами с

---

<sup>3</sup> International cotton advisory committee. Washington, From the Secretariat of the ICAC. <https://icac.org/>, email: [secretariat@icac.org](mailto:secretariat@icac.org). September

<sup>4</sup> Указ Президента Республики Узбекистан №УП от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

высокими режущими свойствами, способными сформировать в процессе ударного взаимодействия необходимый микропрофиль переходной поверхности на зубьях пил.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе № УП-60 Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года “О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы”, №УП-16 от 16 ноября 2021 года “О мерах по регулированию деятельности хлопково- текстильных кластеров” [2] и в Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан от 22 июня 2020 года №397 “О мерах по дальнейшему развитию хлопкового и текстильного производства”, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям науки и технологии республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II. “Энергетика, энерго- и ресурсосбережение”.

**Степень изученности проблемы.** Актуальные вопросы современного машиностроительного производства по обоснованию прогрессивных методов и режимов механической обработки, обеспечению качества поверхностного слоя деталей рабочих органов технологических машин с целью придания им повышенной работоспособности, износостойкости, усталостной прочности и долговечности нашли отражение в работах зарубежных ученых и специалистов таких, как Е.М. Трент, Х. Опитц, И.Дж. Армарего, Дж. Мартин, Г.Фукс, С.В. Серенсен, А.А. Маталин, А.Д. Макаров, Б.А. Кравченко, Д.Д. Папшев, В.К. Старков, А.М. Сулима, И.В. Кудрявцев, С.Г. Хейфец, В.Ф. Безъязычный, А.Г. Суслов, Ю.Г. Кабалдин, М.А. Тамаркин и др.

Для окончательной обработки деталей рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин предложены ряд технологических процессов по обеспечению их прочностных и эксплуатационных свойств. По развитию этого научного направления существенный вклад внесли ученые: акад. Р.Г. Махкамов, И.Г. Шин, М.Г. Хамов, В.В. Ширяев, А.П. Рогов, А.М. Ахмедов, М.Р. Муминов, Шодмонкулов З.А. и др.

Однако, несмотря на достигнутые успехи в вопросах повышения прочности и долговечности ответственных деталей рабочих органов хлопкоперерабатывающих машин технологическими методами, в настоящее время в недостаточной степени уделено внимание решению проблемных вопросов качественной подготовки пил относительно формирования благоприятного микропрофиля переходных поверхностей на их зубьях, что гарантирует волокноотделение с максимальным сохранением природных свойств волокна.

**Связь темы диссертации с планами научно- исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.**

Диссертационная работа выполнена в рамках планов научно-исследовательских работ Ташкентского института текстильной и легкой промышленности по государственному научно- техническому проекту ИОТ-

2013-5-28 “Повышение работоспособности и прогнозирование долговечности ответственных деталей машин первичной обработки хлопка по квалиметрии их поверхностного слоя после динамического упрочнения дробью”.

**Целью исследования** является технологическое обеспечение качества переходных поверхностей зубьев джиновых пил при отделочной обработке воздушно-абразивной средой и сохранение природных свойств хлопкового волокна.

**Задачи исследования:**

обоснование отделочной обработки зубьев джиновых пил регулируемым потоком воздушно-абразивной среды из нового абразивного материала - купершлака;

разработка теоретических основ отделочной обработки зубьев пыльных дисков абразивными частицами купершлака с высокими режущими свойствами;

экспериментальные исследования микрогеометрии зубьев джиновых пил и определение радиусов округления переходных поверхностей;

сравнительное исследование механической повреждаемости волокон при дженировании пыльными дисками, обработанными по заводской и предлагаемой технологии;

разработка технологических рекомендаций по сохранению природных свойств волокна при дженировании, расчет экономической эффективности и внедрение в производства технологии отделочно- упрочняющей обработки новыми абразивными частицами в потоке сжатого воздуха.

**Объектом исследования** является пыльный диск одноименного цилиндра в рабочей камере джина марки 7ДП.

**Предметом исследования** является комплекс геометрических и физико-механических свойств поверхностного слоя зубьев пыльных дисков для джинов, формируемых при их отделочной обработке новыми абразивными частицами из купершлака, направляемыми в потоке с сжатым воздухом, а также качественные характеристики хлопкового волокна после дженирования.

**Методы исследования.** В исследованиях использованы методы теоретической и прикладной механики, теория упругости и пластичности, теория резания, экспериментальные методы сканирующей электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа.

**Научная новизна** исследования заключается в следующем:

впервые обоснован по твердости и прочности новый материал-купершлак и рекомендован в качестве абразивного материала для отделочной обработки зубьев пыльных дисков для джинов;

создана модель деформации при косом ударе абразивной частицы по плоской металлической поверхности, формируемой в процессе ударного взаимодействия с последующим микрорезанием единичным свободным абразивом и получена зависимость для определения коэффициента трения, учитывающая геометрию площади поперечного сечения образуемой канавки, скорость и плотность частицы, угол атаки, предел текучести обрабатываемого материала;

методом слепков выявлено значение радиуса округления  $r=0,116$  мм переходной поверхности между передней и задней гранями с боковыми поверхностями зубьев джинных пил, которое положительно влияет на сохранности природных свойств хлопкового волокна вследствие резкого уменьшения механического повреждения волокон в виде надрезов и срезов, происходящих при  $r < 0,1 \dots 0,15$  мм;

получена формула для расчета глубины наклепа  $h_n$  (деформационного упрочнения) при абразивоструйной обработке зубьев пильного диска частицами из купершлака, в которой учитывается горизонтальная составляющая силы удара (сила резания), размер абразивной частицы, предел текучести обрабатываемого материала, угол атаки.

**Практические результаты исследования** состоят в следующем:

доказана на основе комплексных теоретико-экспериментальных исследований эффективность обработки зубьев джинных пил воздушно-абразивной струей с частицами из нового абразивного материала – купершлака, являющегося побочным продуктом производства меди;

выполнено обоснование и рекомендованы режимы и условия абразивоструйной обработки: давление сжатого воздуха  $p=0,4$  МПа, размеры абразивных частиц купершлака  $D=0,6 \dots 0,8$  мм (основная фракция до 80%), угол атаки  $\alpha=45 \dots 60^\circ$ , расстояние от сопла абразивоструйного пистолета до обрабатываемой металлической поверхности  $l=15 \dots 20$  см. Обработка возможна как на серийно выпускаемых промышленных пескоструйных аппаратах, так и на оборудовании внутризаводского изготовления.

показано, что при абразивоструйной обработке частицами из купершлака происходит эффективный съем металла с заусенцев на зубьях, образованных после операции шлифовки боковых граней зубьев диска в соответствии с технологией их подготовки для джинирования. При этом достигается благоприятный радиус скругления  $r=0,116$  мм переходных поверхностей зубьев, обеспечивающий максимальное сохранение природных свойств хлопкового волокна;

на базе сравнительных производственных испытаний и лабораторных исследований хлопкового волокна получено заметное преимущество предлагаемой технологии подготовки джинных пил по ряду стандартных параметров: увеличения верхней средней длины волокна на 1,1 мм; удельной разрывной нагрузки – на 1,55 сН/текс; удлинение при разрыве – на 5,3%, а также есть превосходства по другим качественным показателям – индекс коротких волокон, средняя длина.

**Достоверность полученных результатов** исследований подтверждается обоснованным выбором математических и физических моделей для описания абразивоструйной обработки при контактных взаимодействиях ударяющейся абразивной частицы по металлической поверхности, соответствием результатов теоретических и экспериментальных исследований, положительными результатами опытно-промышленных проверок эффективности абразивоструйной обработки зубьев джинных пил по качественному состоянию хлопковых волокон и внедрения в производство технологии подготовки

пильных дисков обработкой воздушно- абразивной струей из нового материала купершлака.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов диссертационной работы состоит в обосновании и реализации высоких режущих свойств нового абразивного материала– купершлака, направляемого в составе сжатого воздуха для отделочно- упрочняющей обработки зубьев джиновых пил с целью устранения на них острых заусенцев после шлифовки боковых граней и формирования благоприятного микропрофиля переходных поверхностей с рациональным значением их радиуса скругления.

Практическая значимость проведенного исследования заключается в доказательстве эффективности абразивоструйной обработки зубьев пильных диска, способствующих качественному волокнуотделению с максимальным сохранением природных свойств хлопкового волокна вследствие снижения механической повреждаемости в виде надреза, среза, а также уменьшения пороков и сорных примесей. Эффект деформационного упрочнения, проявляемый при абразивоструйной обработке, увеличивает долговечность пил в эксплуатационных условиях.

**Внедрение результатов исследования.** На основании научных результатов, полученных при выполнении диссертационной работы по абразивоструйной обработке пильных дисков для джинов:

внедрен метод отделочно- упрочняющей обработки зубьев пильных дисков для джинов в абразивоструйном потоке с новым абразивным материалом- купершлаком в Пискентском хлопкоочистительном заводе системы УП “Real Agro Cotton” Ташкентской области (справка Ассоциации хлопково- текстильных кластеров №02/22-389 от 31 мая 2023 года). В результате внедрения повысилась эффективность джинирования по качественным показателям волокна (увеличение верхней средней длины на 1,1 мм, возрастание разрывной нагрузки на 1,55 сН/текс и удлинения при разрыве на 5,3%) вследствие максимального сохранения природных свойств волокна при контакте с переходной поверхностью зубьев с рациональным радиусом скругления.

**Апробация результатов исследований.** Результаты исследования были представлены в докладах и обсуждены на 18 международных и 7 республиканских конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 35 научных труда, в том числе 11 статей в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, среди которых 4 в республиканском и 7 в международном изданиях.

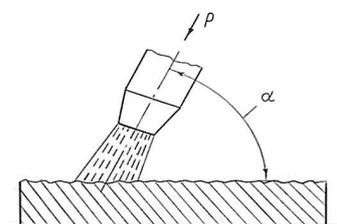
**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 120 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность темы диссертационной работы, формулируются цель и задачи исследований, определены объект и предмет исследований, показано соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обосновывается достоверность полученных результатов, представлены теоретическая и практическая значимость результатов исследований, приводятся сведения по апробации и внедрению в производство результатов исследования, а также по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **“Формирование рациональной микрогеометрии зубьев джинных пил – резерв повышения производительности машины и сохранения качества волокна”** проведен анализ технологии изготовления пильных дисков для волокноотделительных машин и образования дефектов микрогеометрии переходных поверхностей зубьев. Отмечено о существенном влиянии радиусов скругления переходных поверхностей зубьев джинных пил на механическое повреждение и качество хлопкового волокна. Учитывая важность технологической подготовки зубьев джинных пил для волокноотделения, и тот факт, что применяемые в настоящее время абразивные материалы (кварцевой песок, карбид кремния) и традиционный способ обработки в песочной ванне не дают желаемого результата, необходимы изыскание, обоснование и реализация новых схем и материалов для отделочной обработки. В настоящей работе впервые в практике отделочно-упрочняющей обработки пильных дисков применен новый абразивный материал – купершлак, являющийся побочным продуктом производства меди и имеющий достаточную твердость с множеством режущих клинов, направляемый на обрабатываемую поверхность в потоке с сжатым воздухом.

Вторая глава диссертации **“Анализ динамического контакта свободного абразива с металлической поверхностью при абразивоструйной обработке”** посвящена моделированию абразивоструйной обработки металлических изделий со свободным абразивом, направляемым в потоке с сжатым воздухом, рассмотрены и решены вопросы определения максимальной глубины внедрения абразивной частицы и коэффициента трения при ударе абразива по металлической преграде в процессе динамического контакта.



**Рис. 1. Схема обработки металлических поверхностей изделий свободными абразивами, направляемыми под давлением  $p$  сжатого воздуха при угле атаки  $\alpha$**

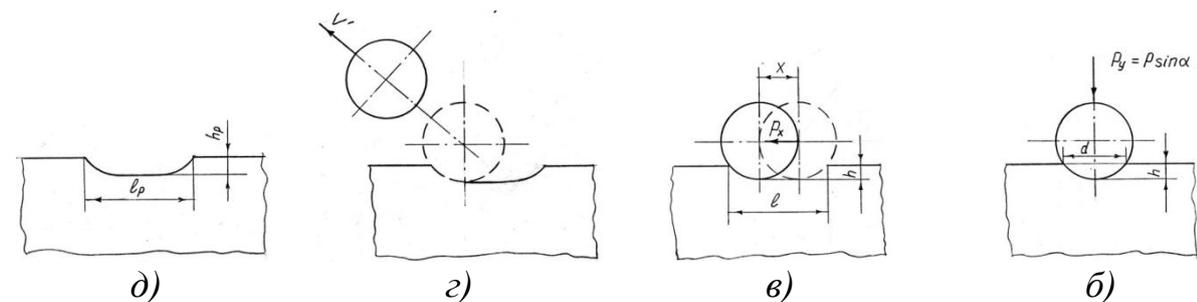
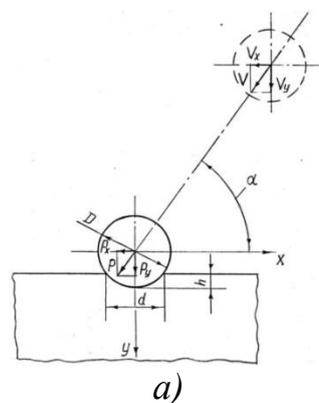
Существенный резерв увеличения преимущества по качественным показателям хлопкового волокна и семян заложен в абразивоструйной обработке (рис. 1)

частицами с высокими режущими свойствами, способными осуществить эффективное микрорезание металла с заусенцев в труднообрабатываемых местах, например, во впадине зубьев пильных дисков для джинов и сглаживание заусенцев на переходных поверхностях зубьев. Вследствие качественной подготовки пил открывается возможность максимального сохранения природных свойств хлопкового волокна при волоконоотделении в связи с благоприятных условием контактирования с микропрофилем переходных поверхностей зубьев пил.

Процессы контактного взаимодействия при ударе абразивной частицы (рис. 2) необходимо интерпретировать через силовые факторы, возникающие как реакция со стороны обрабатываемого материала с учетом его физико-механических свойств на внешнее воздействие абразивной частицы. При анализе контактного взаимодействия силу удара  $P$  приложим в центре абразивной частицы, представляемой в виде круга в процессе моделирования (рис. 2, а). Вертикальная составляющая силы удара  $P_y = P \sin \alpha$  вызывает вдавливание абразивной частицы в металлическую преграду, образуя пластический отпечаток (лунку) с параметрами  $d$  и  $h$  – соответственно диаметр и глубина отпечатка (рис. 2, б). Под действием горизонтальной составляющей силы удара  $P_x = P \cos \alpha$  абразивная частица получает некоторое скольжение  $x$  вдоль образованной лунки, трансформируя ее в направлении движения (рис. 2, в). Из-за наличия острых режущих кромок на абразиве при достаточной кинетической энергии в процессе относительного движения осуществляется микрорезание с образованием стружки, сходящейся по передней поверхности режущего клина.

**Рис. 2. Кинетика контактного взаимодействия:**

а - при ударе абразивной частицы под углом атаки  $\alpha$  и со скоростью  $v$  по металлической поверхности; б – прямой удар ( $\alpha=90^0$ ) с образованием пластического отпечатка с размерами  $d, h$  – соответственно диаметр и глубина; в – скольжение по образованной лунке и перемещение на расстояние  $x$  под действием силы  $P_x = P \cos \alpha$ ; г) отрыв абразивной частицы от контактной поверхности со скоростью  $V'$ ; д) параметры риски (царапины) после контактного взаимодействия абразивной частицы с металлической преградой



Таким образом, существенной особенностью обработки металлических поверхностей свободным абразивом является то, что срезаемый слой при

микрорезании определяется частью глубиной вдавливания  $h$  абразива в материал при ударе.

На завершающем этапе контактного взаимодействия при ударе происходит отскок абразивной частицы (рис. 2, г) и разрыв упругопластического контакта с металлической поверхностью. Абразивная частица приобретает скорость отскока  $V'$ , причем  $V' < V$ . Итогом внешнесилового воздействия абразивных частиц являются риски (царапины) (рис. 2, д), подтверждающие о прошедших процессах микрорезания и пластического деформирования в условиях абразивного изнашивания.

Контактное взаимодействия жесткой абразивной частицы с деформируемым полупространством можно описать системой уравнений

$$\begin{cases} m \frac{d^2 h}{dt^2} = -P_y, \\ m \frac{d^2 x}{dt^2} = -P_x, \end{cases} \quad (1)$$

где  $P_y$ ,  $P_x$  - соответственно нормальная и тангенциальная составляющие силы удара  $P$ .

Нормальная составляющая силы удара  $P_y$  эквивалентна силе  $F$  при прямом ударе ( $\alpha = 90^\circ$ ) и в соответствии с зависимостью В. Гольдсмита для силы удара составит

$$F = P_y = \pi \sigma_T a^2 \cong 2\pi \sigma_T R h = -m \frac{d^2 h}{dt^2}, \quad (2)$$

где  $m$  и  $R$  - соответственно масса, кг и радиус сферы, мм;

$h$  - глубина внедрения частицы, мм;  $a$  - радиус пластического отпечатка, мм;

$\sigma_T$  - предел текучести, Н/мм<sup>2</sup>.

Выразив массу абразивной частицы  $m$  через объем  $4\pi R^3/3$  и плотность  $\rho$ , а также с учетом коэффициента, учитывающего состояние материала (по Н.Н. Михину коэффициент  $c=1 \dots 6$  для материала в нормальном состоянии,  $c=10$  при наличии деформационного упрочнения). В окончательном виде дифференциальное уравнение принимает вид

$$\frac{d^2 h}{dt^2} = -\frac{3}{2} \cdot \frac{c \sigma_T h}{\rho R^2} \quad (3)$$

относящийся к линейным однородным второго порядка с постоянными коэффициентами.

Через характеристическое уравнение находим общее решение уравнения (3)

$$h = C_1 \cos\left(\frac{1}{R} \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{c \sigma_T}{\rho}} \cdot t\right) + C_2 \sin\left(\frac{1}{R} \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{c \sigma_T}{\rho}} \cdot t\right), \quad (4)$$

где постоянные интегрирования  $C_1$  и  $C_2$  определяем из начальных условий:  $t=0$ ,  $h=0$ ;  $t=0$ ,  $dh/dt = V_0 \sin \alpha$ .

С учетом постоянных интегрирования  $C_1$  и  $C_2$  окончательно получим

$$h = \frac{V_0 \sin \alpha}{\frac{1}{R} \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{c \sigma_T}{\rho}}} \cdot \sin\left(\frac{1}{R} \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{c \sigma_T}{\rho}} \cdot t\right) \quad (5)$$

тогда максимальная глубина внедрения абразивной частицы составит

$$h = V_0 \sin \alpha \cdot R \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{\rho}{c \sigma_T}} \quad (6)$$

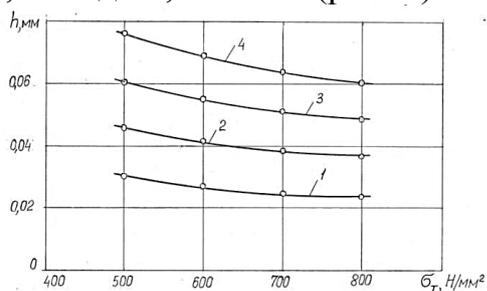
в момент времени

$$\frac{1}{R} \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{c \sigma_T}{\rho}} \cdot t = \frac{\pi}{2}, \quad t = \frac{\pi}{2} R \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{\rho}{c \sigma_T}} \quad (7)$$

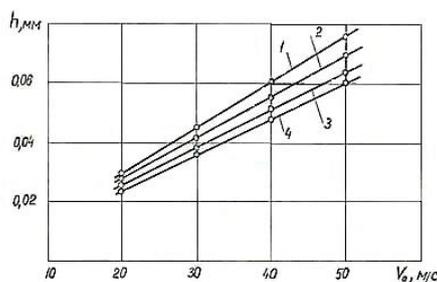
Выражение (7) определяет продолжительность контакта абразивной частицы с металлической преградой только на фазе активного удара, так как при непрямом ударе в процессе скольжения происходит микрорезание и удаление частицы с поверхности металла.

Численный эксперимент по определению максимальной глубины внедрения  $h$  абразивной частицы при ударе по металлической поверхности (материалу пильного диска) проведен при следующих условиях: радиус частицы  $R=0,4...1,2$  мм; скорость удара  $V_0 = 20, 30, 40$  и  $50$  м/с; предел текучести обрабатываемого материала  $\sigma_T=500...800$  Н/мм<sup>2</sup>; плотность абразива (купершлака)  $\rho = 3,86$  г/см<sup>3</sup>; угол атаки  $\alpha = 45^\circ$ ; коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемого материала  $c=4$ .

Графическая интерпретация зависимостей максимальной глубины внедрения  $h$  абразивной частицы от предела текучести  $\sigma_T$ , скорости удара  $V_0$  и радиуса частицы  $R$  соответственно показаны на рис. 3- рис. 5. Нелинейная убывающая зависимость выявлена для максимальной глубины внедрения  $h$  от предела текучести  $\sigma_T$  (рис. 3). С увеличением  $\sigma_T$  от 500 до 800 Н/мм<sup>2</sup>, например, при  $R=0,6$  мм и  $V_0=30$  м/с глубина  $h$  уменьшается от 0,0457 до 0,0361 мм. Как следует из формулы (6), максимальная глубина внедрения  $h$  линейно возрастает с увеличением параметров  $V_0$  и  $R$ . Так, с увеличением скорости  $V_0$  от 20 до 50 м/с при  $\sigma_T=500$  Н/мм<sup>2</sup> и  $R=0,6$  мм глубина внедрения частицы возрастает от  $h=0,0304$  до 0,0761 мм (рис. 4).



**Рис. 3. Зависимость максимальной глубины внедрения  $h$  абразивной частицы  $R=0,6$  мм от предела текучести  $\sigma_T$  при ударе по металлической преграде:**  
 1-  $V_0=20$  м/с; 2-  $V_0=30$  м/с;  
 3-  $V_0=40$  м/с; 4-  $V_0=50$  м/с.



**Рис. 4. Зависимость максимальной глубины внедрения  $h$  абразивной частицы  $R=0,6$  мм от скорости соударения  $V_0$  при ударе по металлической преграде:**  
 1-  $\sigma_T=500$  Н/мм<sup>2</sup>; 2-  $\sigma_T=600$  Н/мм<sup>2</sup>;  
 3-  $\sigma_T=700$  Н/мм<sup>2</sup>; 4-  $\sigma_T=800$  Н/мм<sup>2</sup>

В соответствии с рис. 2, в, при перемещении абразивной частицы под действием составляющей силы удара  $P \cos \alpha$  в направлении оси  $x$  со скоростью  $V_0 \cos \alpha$  происходит “пропахивание” контактной поверхности металла на

глубине внедрения  $h$ . Данный процесс состоит из микрорезания и пластического оттеснения металла в пределах контактной площадки при скольжении твердой частицы сферической формы, т.е. в условиях трения между твердыми телами. Учет силы трения (фрикционного сопротивления) и коэффициента трения  $f$  необходимы для детального анализа контактного взаимодействия с целью решения научно-практических задач по теплофизике, термодинамике, абразивному изнашиванию и др.

При допущении о изотропности пластически деформируемого металла с пределом текучести  $\sigma_T$  при скольжении твердой сферической частицы по более мягкой металлической преграде получено выражение для механической составляющей коэффициента трения  $f_M$ :

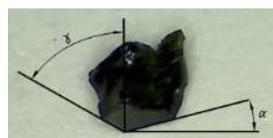
$$f_M = \frac{2\theta - \sin 2\theta}{2V_0 \sin \alpha \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{\rho}{c\sigma_T}}} \quad (8)$$

где  $2\theta$  – центральный угол круговом секторе, соответствующему площади поперечного сечения канавки, рад.

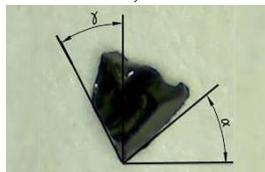
Расчет коэффициента трения  $f_M$  при вдавливании абразивной частицы в металлическую поверхность выполнен при следующих значениях параметров:  $V_0 = 20 \dots 50$  м/с,  $\alpha = 45^\circ$ ,  $2\theta = 10 \dots 36^\circ$ ,  $\sigma_T = 500 \dots 800$  Н/мм<sup>2</sup>.

Так, с увеличением скорости удара  $V_0$  от 20 до 50 м/с коэффициент трения монотонно убывает по нелинейной зависимости: от 0,72 до 0,288 при  $\sigma_T = 500$  Н/мм<sup>2</sup> и  $2\theta = 30^\circ$ . Данную закономерность можно объяснить тем, что с увеличением скорости удара частицы время контакта сокращается и поэтому коэффициент трения также уменьшается.

В третьей главе диссертации **“Теоретико- экспериментальное исследование состояния поверхности зубьев пильных дисков при абразивоструйной обработке частицами из купершлака”** приведены



$\gamma = 58^\circ 22'$ ;  $\alpha = 15^\circ 41'$



$\gamma = 30^\circ 49'$ ;  $\alpha = 35^\circ 40'$

**Рис. 5. Углы режущего клина купершлака:**

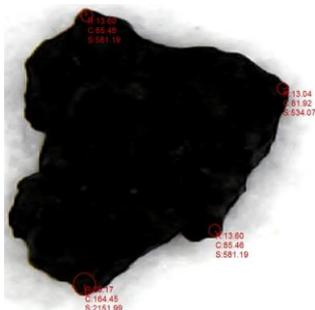
$\gamma$ - передней угол;  
 $\alpha$ -задний угол

результаты экспериментального определения углов резания на режущем клине абразивных частиц купершлака и их радиусов округления, радиусов переходной поверхности зубьев джидных пил; выполнено моделирование и расчет глубины деформационного упрочнения на основе теорий упругости и резания металлов. Представлены сведения по твердости материалов пильных дисков в состоянии поставки и оценки их работоспособности, исследовано структурно-фазовое состояние поверхностного слоя образцов пильных дисков методами сканирующей электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа в связи с их работоспособностью.

Визуализация и анализ геометрических форм абразивных частиц купершлака показали, что они представляют собой многогранники неправильной формы, сочетающие как плоскогранные, так и криволинейные поверхности (рис. 5). При этом частицы

купершлака располагают множеством режущих клинов, отличающихся различной геометрией: переднего  $\gamma$  и заднего углов  $\alpha$ , создающих углы резания.

Как известно, микрорезание- царапание осуществляется при  $a_z \geq \rho$ , при



**Рис. 6. Измерение радиусов округления  $\rho$  на режущей абразивной частице купершлака**

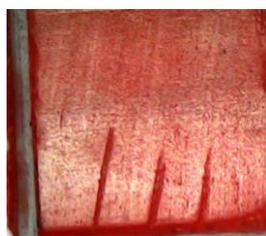
$a_z < \rho$  - скольжение абразива по обрабатываемой поверхности и пластическое оттеснение, где  $a_z$  - толщина среза (глубина врезания) или глубина внедрения  $h$ , т.е.  $a_z=h$ . Для измерения радиусов округления  $\rho$  вершины режущих клинов частиц купершлака (рис. 6) был использован электронный *USB* микроскоп с диапазоном увеличения от  $\times 50$  до  $\times 1000$ , который совместим с компьютером и позволяет в автоматическом режиме считывать результаты измерения.

Таким образом, сопоставление результатов определения глубины внедрения  $h$  частицы

купершлака и радиусов округления  $\rho$  вершины режущих клинов позволяет сделать однозначный вывод о том, что абразивоструйная обработка сопровождается интенсивным микрорезанием и удалением заусенцев с зубьев джидных пил.

При радиусе частиц купершлака  $R=0,4-0,6$  мм,  $\sigma_T=500$  Н/мм<sup>2</sup>,  $V_0=30$  м/с глубина внедрения  $h=0,030-0,046$  мм или  $\sim 30-46$  мкм и, если соотнести к радиусу округления  $\rho = 12-24$  мкм, то получится соотношение  $h/\rho = 38/18 = 2,11$  (по средним данным): полученное соотношение убедительно доказывает ( $h > \rho$ ) эффективность абразивоструйной обработки частицами купершлака, обладающего высокими режущими свойствами.

Для оценки качества микропрофиля и радиуса скругления переходных поверхностей между передней и задней поверхностями зубьев и боковыми гранями после абразивоструйной обработки частицами купершлака был применен метод слепков.



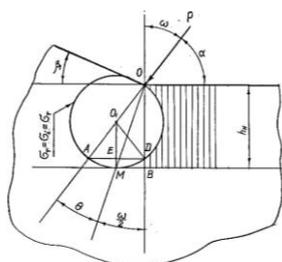
**Рис. 7. Формирование слепков переходной поверхности кромок зубьев джидных пил в виде канавок (рисок) после абразивоструйной обработки**

Измерения ширины риски на слепке (рис. 7) проводили на твердомере *TIME THR-150/45 DX ROCKWELL*, предназначенным для определения твердости образцов различных металлов по методу Бринелля. В настоящем исследовании было достаточно выполнить только одно измерение – определить ширину канавки  $b$ . Результаты измерения трех рисок:  $b=0,272$ ;  $0,231$ ;  $0,193$ , среднее значение  $b=0,232$  мм.

Тогда радиус скругления составит  $r = b/2 = 0,232/2 = 0,116$  мм. Полученное значение радиуса скругления  $r = 0,116$  мм переходных поверхностей зубьев джидных пил имеет важное

значение. Это связано с тем, что именно диапазон значений  $r = 0,1 \dots 0,15$  мм обеспечивает максимальную сохранность природных свойств хлопкового волокна, так как контактное взаимодействие волокна с металлической поверхностью характеризуется зоной “чистого” трения (по данным акад. Р.Г. Махкамова).

Для определения глубины деформационного упрочнения или наклепа  $h_n$  при микрорезании в процессе абразивоструйной обработки разработана условная схема нагружения (рис. 8), на которой показана окружность равных напряжений согласно условию  $\sigma_r = \sigma_i = \sigma_T$  где  $\sigma_r$  и  $\sigma_T$  - соответственно радиальное напряжение и интенсивность напряжений.



**Рис. 8. К определению глубины деформационного упрочнения при микрорезании в процессе абразивоструйной обработки**

Получена зависимость для определения глубины наклепа в виде

$$h_n = \frac{C_1 P \cos^2 \frac{\omega}{2}}{\pi R \sigma_T}, \text{ мм} \quad (9)$$

где  $C_1$  – вспомогательный коэффициент, определяемый по формуле

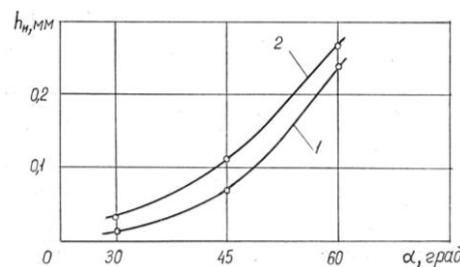
$$C_1 = \frac{4}{2(\pi + \beta_1) - \sin 2\alpha + \sin 2(\alpha + \beta_1)},$$

$\beta_1$  - угол относительного сдвига, рад.

Разработан алгоритм расчета глубины наклепа  $h_n$  поверхностного слоя деталей при абразивоструйной обработке частицами из купершлака, состоящий из следующих этапов: 1) определение площади поперечного сечения (“пропахивания”) канавки  $A_2$ ; 2) расчет силы резания по упрощенному уравнению; 3) определение силы удара через горизонтальную составляющую (силы резания) и угол атаки  $\alpha$ ; 4) вычисление вспомогательного коэффициента  $C_1$ ; 5) определение глубины наклепа  $h_n$ .

Глубина наклепанного  $h_n$ , соответствующая условиям численного эксперимента (обрабатываемый материал сталь У8Г,  $\sigma_s = 1150 \text{ Н/мм}^2$ ; твердость HRA 67-70, предел текучести  $\sigma_T = 563 \text{ Н/мм}^2$ , углы атаки  $\alpha = 30^\circ, 45^\circ$  и  $60^\circ$ , при расчете  $C_1$  принято  $\beta_1 = 13$ , что соответствует среднему значению из диапазона  $6 \dots 20^\circ$ ), составила в зависимости от радиуса абразивной частицы  $R$  и угла атаки  $\alpha$   $h_n = 0,0148 \dots 0,2676$  мм (рис. 9).

При  $R = 0,4$  мм (размер купершлака  $d = 0,6 \dots 0,8$  мм составляют основную фракции до 80%) и угле атаки  $\alpha = 45^\circ$  глубина наклепа  $h_n = 0,1102$  мм. Экспериментально найденное значение глубины наклепа методом “косых



**Рис. 9. Зависимости глубины наклепа  $h_n$  при абразивоструйной обработке зубьев пильного диска из стали У8Г абразивными частицами из купершлака: 1-  $R=0,2$  мм; 2-  $R=0,4$  мм**

срезов” на специальных образцах из фрагмента джиновых пил составила  $h_n=0,123$  (относительная разность 11,6%). Степень наклепа равна 15,2...22,6%. Такие показатели деформационного упрочнения способствуют повышению долговечности пильных дисков и повышению производительности джинов.

Среди физико-механических параметров поверхностного слоя деталей машин в исходном состоянии, влияющих на такой важный критерий работоспособности- износостойкость, является твердость.

Для экспериментального определения твердости (микротвердости) и микроструктуры пильных дисков для джинов, отобранных с различных предприятий для сравнительного анализа, был подготовлен специальный металлографический шлиф (рис. 10) из 4-х образцов пил: №1- контрольная пила; №2- ООО “Akbar sentral azia”; 3- ООО “Qidong”; №4- ООО “Cotton ginning”.



**Рис. 10.**

**Металлографический микрошлиф из образцов пильных дисков для исследования твердости и микроструктуры**

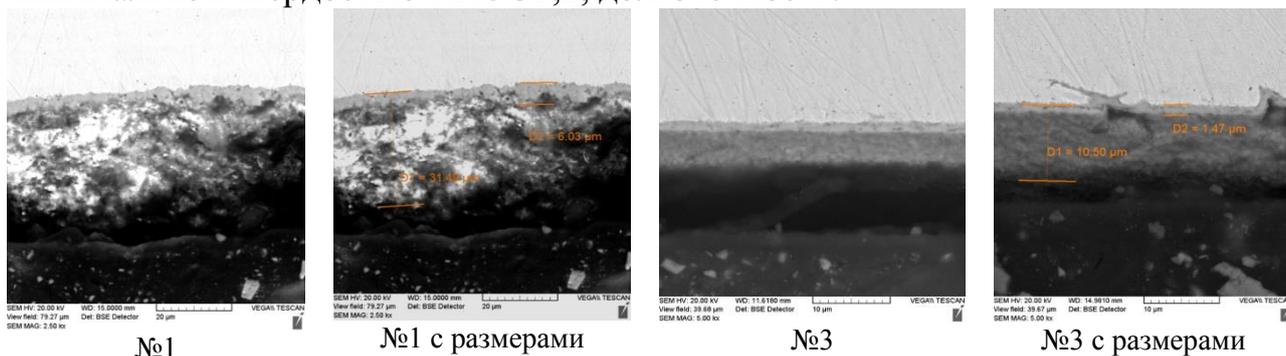
Материал образцов соответствовал по химическому составу стали 65Г. Средние значения твердости по Виккерсу  $HV_{0,5}$  (микротвердости) и твердости по Роквеллу  $HRC$  найдены по 8-ми измерениям. Как показали экспериментальные исследования, средние значение твердости по Виккерсу и Роквеллу испытываемых образцов составили  $HV_{0,5}$  329...476,

$HRC$  32,2...46,2. Опытами установлено, что пильные диски с относительно высокой твердостью (образец №1)  $HV_{0,5}$  427,6 и  $HRC$ 42,2, как и с минимальной твердостью ( $HV_{0,5}$  329 и  $HRC$ 32,2) имели пониженную работоспособность, определяемую износом вершины зубьев в условиях постоянной производительности джина по волокну. Следовательно, кроме твердости конструкционных материалов на износостойкость могут влиять дополнительные факторы, в частности, микроструктура пильных дисков.

Для выявления структурно - фазового состояния материала пильных дисков после термообработки (в исходном состоянии) и его связи со стойкостью пил в эксплуатационных условиях были проведены экспериментальные исследования с использованием дифракционного и микроскопического методов. Дифракционный метод был реализован на установке рентгеноструктурного анализа – дифрактометре общего назначения ДРОН -3 с использованием медного монохроматизированного рентгеновского излучения. Анализ фазового состава проводился с помощью специализированной базы данных PDF-2. Исследование микроструктуры граничной зоны поверхности и элементного состава образцов пильных дисков проведены с использованием сканирующего (растрового) электронного микроскопа VegaИЛМУ с энергодисперсным спектрометром INCAEnergy 350. Структурно – фазовое состояние поверхностного слоя пильных дисков изучали на тех же образцах, что и для определения твердости.

Установлено, что наибольшее количество оксидов на поверхности сконцентрировано в первом образце (рис. 11), имеющим относительно высокую

твердость (HRC 42,2), но показавшим наименьшую, как и четвертый образец с минимальной твердостью HRC 32,2, долговечность.



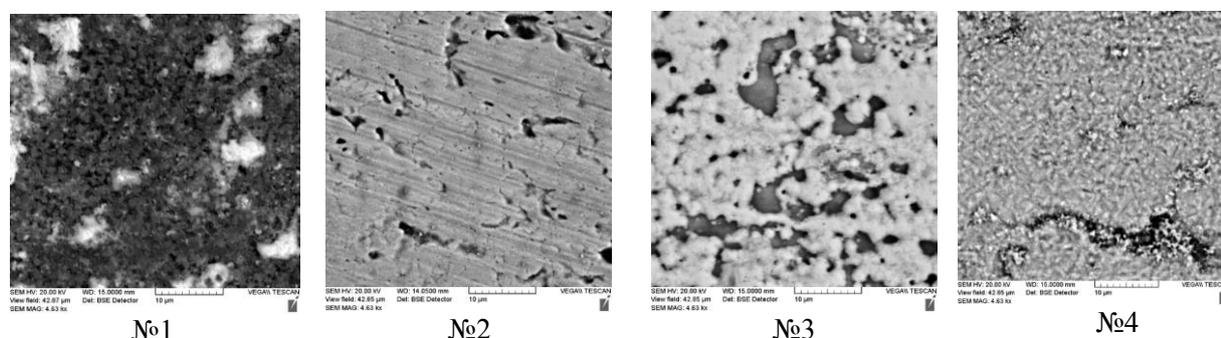
**Рис. 11. Электронограммы оксидных плёнок на поверхности образцов пыльных дисков, полученных на дифрактометре ДРОН-3**

В этом же образце обнаружены оксиды свинца и чистый свинец, которые, вероятно всего осталось после термообработки. Время нагрева углеродистых сталей в расплавленном свинце, как известно, в 3-4 раза меньше, чем нагрев в печах.

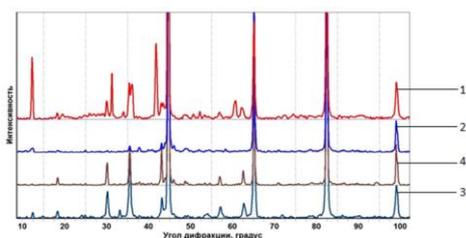
Толщина оксидных пленок на поверхности третьего образца в три раза меньше, чем на первом (соответственно 10,5 и 31,4 мкм) и стойкость пыльных дисков оказалось наибольшей. Поэтому наличие оксидных пленок, имеющих низкие механические свойства (твердость, прочность) и их концентрация может существенно уменьшить износостойкость изделий.

Микроструктура поверхностных слоев боковых поверхностей пыльных дисков (рис. 12) значительно отличается по морфологии, сплошности и крупности структурных составляющих поверхностных слоев, образовавшихся после упрочняющей термообработки стали 65Г.

Как следует из рис. 12, на втором и четвертом образцах обнаружены дефекты структуры в виде субмикроскопических трещин и микропор. Относительно крупные нарушения сплошности микроструктуры (четвертый образец) инициируют начало локальных разрушений под действием усилий при эксплуатационных нагрузках, так как выступают в роли концентраторов напряжений.



**Рис. 12. Микроструктура поверхностных слоёв образцов пыльных дисков, полученных на сканирующем электронном микроскопе VegaИLMU с энергодисперсным спектрометром INCAEnergy 350**



**Рис. 13. Диффрактограммы фазового состава поверхностных слоёв пильных дисков, соответствующих образцам №1...№4**

Результаты рентгеноструктурного анализа (рис. 13) образцов пильных дисков свидетельствуют о том что, что нижний спектр третьего образца, показавшего максимальную работоспособность, имеет содержание оксидов, близкое по количеству и стехиометрии (диапазон углов дифракции от 10 до 42° и от 50 до 63°) со спектром четвертого образца. Верхний спектр четвертого образца отличается дополнительными линиями в области малых углов дифракции, на которых обычно проявляются дифракционные пики оксидов и карбидов железа и марганца.

карбидов железа и марганца.

В четвертой главе диссертации **“Опытно- промышленная проверка, внедрение результатов исследований в производство и оценка качества волокна в условиях хлопкоочистительного завода”** приведены данные по методике и условиям проведения сравнительных экспериментальных натуральных испытаний при джинировании пильными дисками после абразивоструйной обработки, показана экономическая эффективность внедрения в производство пильных дисков с улучшенной микрогеометрией переходных поверхностей на зубьях джинных пил, обеспечивавших максимальное сохранение природных свойств хлопкового волокна в процессе волокноотделения.

Режим и условия обработки: давление сжатого воздуха  $p=3...4$  атм, размер частиц купершлака  $d=0,8...1,1$  мм, угол атаки  $\alpha=45...60^\circ$ , расстояние от сопла абразивоструйного пистолета до обрабатываемой поверхности  $l=15...20$  см. Пильные диски обрабатывались на пескоструйном аппарате (рис. 14) с двух сторон направленным потоком купершлака в пределах участка, составляющих примерно двойную высоту зуба (рис. 15).



**Рис. 14. Заводская конструкция пескоструйного аппарата для обработки зубьев пильных дисков абразивными частицами из купершлака**



**Рис. 15. Обработанный пильный диск для джинов**

Производственные испытания джинных пил проводили в джинно-линтерном цехе Пискентского хлопкозавода и “Узбекистан” Ташкентской области на хлопко- сырце урожая 2019 года селекции “Султон”, I сорта, ручного сбора с показателями (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели хлопка - сырца для переработки на джине 7ДП**

Показатели хлопка - сырца	в бунте	в лотке (перед джинированием)
Засоренность, %	2,6	0,9
Влажность, %	9,1	6,2

В табл. 2 показаны результаты исследований качественных показателей волокна, проведенных в лаборатории АО “Пахтасаноат илмий маркази” с помощью измерительной системы испытаний хлопкового волокна высокой производительности Textechno.

Таблица 2

**Сравнительные данные по некоторым стандартным параметрам качества хлопкового волокна после джинирования**

№ п.п.	Вид отделочной обработки зубьев джинных пил	Параметры хлопкового волокна по O‘z Dst 604:2016					
		Верхняя средняя длина, мм (UHML)	Средняя длина, мм (ML)	Индекс равномерности по длине, % (Unf)	Индекс коротких волокон, % (SFI)	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс (Str)	Удлинение при разрыве, % (Elg)
1	Обработка в песочной ванне (заводские пилы)	26,95	22,41	83,15	11,2	26,15	15,05
2	Абразивоструйная обработка (без снятия фасок шлифовкой)	28,05	23,07	82,25	10,4	27,7	20,35

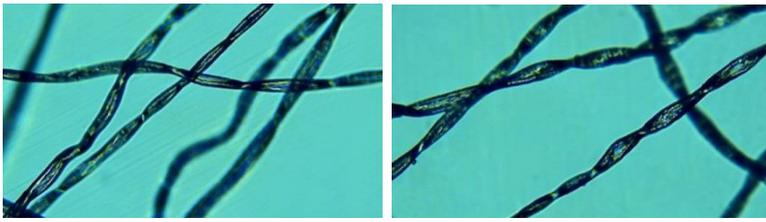
Из сравнительного анализа данных табл. 2, следует, что основные параметры качества волокна (верхняя средняя длина; удельная разрывная нагрузка; удлинение при разрыве), определяющие прядильные свойства и качество вырабатываемой пряжи, оказались выше после джинирования пыльными дисками с обработанными зубьями потоком частиц купершлака. Так, верхняя средняя длина (UHML) волокна больше на 1,1 мм, удельная разрывная нагрузка (Str) - 1,55 сН/текс, а удлинение при разрыве (Elg) – на 5,3 %.

Экспериментальными исследованиями установлено, что волокна, полученные после джинирования заводскими пилами, имеют часто встречающиеся механические повреждения в виде надрезов волокна (рис. 16), выявленные с помощью оптической системы (микроскоп В-150 ОРТИКА, х100, подключенной к компьютеру с наглядной визуализацией на мониторе.

Качество волокон, полученных джинированием пыльными дисками с абразивоструйной обработкой зубьев, значительно выше (рис. 17) и надрезы волокон практически отсутствуют.



**Рис. 16. Характерные надрезы волокон при джинировании пыльными дисками, обработанными в песочной ванне, х100**



**Рис. 17. Волокна, полученные при джинировании пильными дисками, обработанными потоком абразивных частиц из купершлака, x100**

При экономическом расчете за основу было взято хлопковое волокна V типа I сорта класса “яхши”. Вследствие увеличения верхней средней длины волокна на 1,1 мм и снижения среднего содержания пороков и сорных примесей в составе хлопкового волокна с 3,6% до 3,4% годовой экономической эффект на Пискентском хлопкоочистительном заводе составил 58106,9 тыс. сумов.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Выполнен анализ профиля поперечного сечения зубьев, полученных при вырубке джинных и линтерных пил. Установлено, что обработка в песочной ванне джинных пил после снятия фасок на зубьях не обеспечивает рациональную форму переходных поверхностей с требуемым радиусом округления кромок  $r=0,1...0,15$  мм. При меньших значениях радиуса округления возрастает механическое повреждение волокон в виде надреза или даже среза.

2. Выполнено обоснование для применения нового абразивного материала- купершлака для обработки зубьев джинных пил в потоке с сжатым воздухом (абразивоструйная обработка), имеющего твердость по шкале Мооса 6, что соответствует приблизительно твердости НВ 450 и превышает твердость конструкционного материала пильных дисков.

3. Разработана модель абразивоструйной обработки и на базе кинетики контактного взаимодействия при косом ударе абразивной частицы по металлической преграде получена зависимость для максимальной глубины внедрения  $h$  абразива. При этом  $h=0,0457...0,0361$  мм, например, при  $V_0=30$  м/с,  $R=0,6$  мм,  $\sigma_T=500..800$  Н/мм<sup>2</sup>.

4. Сопоставление измеренных значений радиуса округления  $\rho$  с максимальной глубиной внедрения  $h$  абразивной частицы при ударе по металлической поверхности позволяет сделать однозначный вывод об осуществлении микрорезания в условиях, когда  $\rho \leq h$  (до 80% режущих клинов). Например, при  $2R=0,8$  мм,  $\sigma_T=500$  Н/мм<sup>2</sup> микрорезание осуществимо, когда скорость удара  $V \geq 30$  м/с. Уровень таких скоростей обеспечивается при  $p=0,4$  МПа.

5. Выполнен анализ контактного взаимодействия при перемещении абразивной частицы под действием горизонтальной составляющей силы удара  $P \cos \alpha$  с учетом силы трения (фрикционного сопротивления). Получены основные закономерности изменения и численные значения коэффициента трения  $f_m$  в зависимости от скорости удара  $V_0$  абразивной частицы при различных значениях предела текучести  $\sigma_T$  обрабатываемого материала и угла

кругового сектора  $2\theta$ , соответствующего площади поперечного сечения канавки. Так,  $f_m=0,720...0,288$  при  $V_0=20...50$  м/с,  $\alpha=45^0$ ,  $2\theta=30^0$ .

6. Получена формула для расчета глубины деформационного упрочнения (наклепа) при микрорезании в процессе абразивоструйной обработки и разработан алгоритм расчета глубины наклепа  $h_n$  численным экспериментом по ее определению при абразивоструйной обработке стали У8Г (твердость НВ 338, предел текучести  $\sigma_T=563$  Н/мм<sup>2</sup>) частицами из купершлака при углах атаки  $\alpha=30^0$ ,  $45^0$  и  $60^0$ . Получена удовлетворительная для расчетной практики сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований глубины наклепа, которые составили соответственно  $h_n=0,1102$  мм и  $h_n=0,123$  мм (относительная разность значений 11,6%).

7. Методом сканирующей электронной микроскопии исследованы микроструктура граничной зоны поверхности и элементного состава образцов пыльных дисков. Рентгеноструктурным анализом подтверждено скопление оксидов и карбидов железа и марганца в виде дифракционных пик на дифрактометрах фазового состава поверхностных слоев образцов, влияющих на работоспособность пыльных дисков.

8. Производственные испытания джинных пил после абразивоструйной обработки показали их высокую эффективность по качественным показателям волокна (верхняя средняя длина (UHML) увеличилась на 1,1 мм; удельная разрывная нагрузка ( $Str$ ) увеличилась 1,55 сН/текс, удлинение при разрыве ( $Elg$ ) возросло на 5,3 %) и их работоспособности (износостойкости) по сравнению с пыльными дисками, подготовленными по заводской технологии обработкой в песочной ванне. Оптимальными условиями и режимом обработки зубьев джинных пил в пескоструйном аппарате являются: давление сжатого воздуха  $p=3...4$  атм, размер частиц купершлака  $d=0,8...1,1$  мм, угол атаки  $\alpha=45...60^0$ , расстояние от сопла абразивоструйного пистолета  $l=15...20$  см.

9. Экспериментальными исследованиями установлено, что джинирование заводскими пилами вызывает механическое повреждение в виде частых надразов волокон, что снижает прочность на разрыв и инициирует их разрушение, приводящее к увеличению доли коротких волокон. Надраз волокон, полученных джинированием пыльными дисками с обработкой зубьев частицами купершлака в потоке с сжатым воздухом, практически отсутствует. Положительный эффект объясняется формированием благоприятного радиуса скругления (0,1...0,15 мм) переходных поверхностей на зубьях джинных пил.

10. Экономический эффект от внедрения в производство абразивоструйной обработки частицами из нового абразивного материала-купершлака зубьев джинных пил достигнут за счет максимального сохранения природных хлопкового волокна и одновременного снижения пороков и сорных примесей, что позволяет перейти от класса “яхши” к “олий” при оценке качества волокна. За счет разницы в цене хлопкового волокна по классам годовой экономический эффект при переработке 194 т волокна составил более 58 млн. сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.08.01 ON AWARD OF THE  
SCIENTIFIC DEGREES AT TASHKENT INSTITUTE OF TEXTILE  
AND LIGHT INDUSTRY**

---

**TASHKENT INSTITUTE OF TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY**

**ISKANDAROVA NIGORA KURVANBEKOVNA**

**TECHNOLOGICAL FEATURES OF FINISHING GIN SAWS IN ORDER TO  
PRESERVE THE NATURAL PROPERTIES OF THE FIBER**

**05.02.03 - Technological machines. Robots, mechatronics and robotic systems**

**ABSTRACT OF THE DISSERTATION OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)  
IN TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2024**

**The theme of doctor of philosophy (PhD) of technical science dissertation was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2021.3.PhD/T2388.**

The dissertation of completed at Tashkent Institute of Textile and Light Industry.

The abstract of the dissertation is accessible in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available on the website of Tashkent Institute of Textile and Light Industry ([www.ttyesi.uz](http://www.ttyesi.uz)) and “Ziyonet” ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) which provides information and education.

**Scientific advisor:**

**Shin Illarion Georgievich**

doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Bakhadirov Gayrat Atakhanovich**

doctor of technical sciences, professor

**Rosulov Ruzimurad Khasanovich**

doctor of technical sciences, docent

**Leading organization:**

**“Paxtasanoat ilmiy markazi” JSC**

The defense of the dissertation will occur on “01” february 2024 at 14<sup>00</sup> o'clock at a meeting of Scientific council DSc 03.30.12.2019.T.08.01 on award of scientific degrees at Tashkent Institute of Textile and Light Industry (address:100100, Tashkent, st. Shokhzhakhon 5, administrative building of the Tashkent Institute of Textile and Light Industry, 2nd floor, 222 audience, tel.: (+99871) 253-06-06, 253-08-08, fax: (+99871) 253-36-17; e-mail: [pochta@ttyesi.uz](mailto:pochta@ttyesi.uz))

Doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent institute of textile and light industry (registered by №195). Address:100100, Tashkent, st. Shokhzhakhon 5, tel.:(+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08.

Abstract of dissertation sent out on “17” january 2024 year.

(mailing report №195 on “17” january 2024 year).



**Kh.Kh.Kamilova**

The Chairman of the Scientific council for awarding academic degrees, the Doctor of Technical Sciences, Professor



**A.Z.Mamatov**

The Scientific Secretary of the Scientific Council for Awarding Academic Degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

**Sh.Sh.Khakimov**

The Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific Council on awarding of academic degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

**The Purpose of the Research** is the technological quality assurance of the transition surfaces of the teeth of diamond saws during finishing treatment with an air-abrasive medium and the preservation of the natural properties of cotton fiber.

**The Object of the Research** is the saw blade of the cylinder of the same name in the working chamber of the gin brand 7DP.

**The Scientific Novelty of the Research** includes the following:

a new material for polishing the teeth of a gyno saw, Kupershlak, is recommended as an abrasive material, and its hardness and durability have been determined for the first time;

deformation model of an abrasive particle formed in the primary free abrasive microcut on a metal surface in the impact interaction process and the cross-sectional surface geometry of the formed groove, speed, particle density, impact angle, friction taking into account the yield point of the processed material the expression of the coefficient is determined;

When the grinding radius of the passing surfaces is  $r < 0,1 \dots 0,15$  mm, the natural properties of the fiber are preserved, mechanical damage is prevented when separating the fiber from cotton, and the value of the circular radius of the passing surfaces of the saw disc teeth is calculated by the method of finding traces as half the width of the groove, it was found to be  $r = 0,116$  mm;

considering the horizontal component of the impact force (cutting force), the size of the abrasive particle, the yield point of the processed material, the angle of impact, an expression for calculating the depth of grinding (deformation strengthening)  $h_n$  in abrasive flow processing of saw disc teeth with copper slag particles was developed.

**Implementation of the Research Results.** Based on the scientific results obtained during the dissertation work on abrasive blasting of saw blades for gins:

saw discs treated with an abrasive flow with particles containing of copper slag were introduced at the Piskent cotton ginning enterprise of the "Real Agro Cotton" UE system of the Tashkent region. (Reference No. 02/22-389 of May 31, 2023 of the "Cotton-Textile Clusters of Uzbekistan" Association). As a result, it was possible to increase the average length of the fiber by 1,1 mm, the specific breaking strength by 1,55 sN/tex, and the elongation at break by 5,3%.

**The Structure and Scope of the Thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 121 pages.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I-bo'lim (I-раздел; I-part)**

1. Искандарова Н.К., Шин И.Г. Повышение эффективности дженирования по качественным показателям волокна путем отделочной обработки зубьев пил новым абразивным материалом // “Universum” технические науки, научный журнал, издается ежемесячно с декабря 2013 года, является печатной версией сетевого журнала, выпуск: 9(78) Сентябрь 2020 часть 1, Москва, 2020, стр. 49-54. (02.00.00; №1)

2. Shodmonkulov Z.A., Shin I.G., Iskandarova N.K., Akhmedhodjaev X.T. Investigation of the height parameter of roughness by the method of mathematical planning of the experiment during abrasive blasting of saw blades // Scientific-Technical Journal of Namangan institute of Engineering and Technology, Volume 5 Issue 3 2020, P. 92-98. (05.00.00; №33)

3. Shodmonkulov Z.A., Shin I.G., Iskandarova N.K., Akhmedhodjaev X.T. Physical and mechanical phenomena during abrasive blasting of working surfaces of critical machine // Scientific-Technical Journal of Namangan institute of Engineering and Technology, Volume 5 Issue 3 2020, P. 99-104. (05.00.00; №33)

4. Шин И.Г., Шодмонкулов З.А., Искандарова Н.К., Касимов Б.М. Повышение эффективности волокноотделительной машины абразивоструйной обработкой зубьев дисков пыльного цилиндра // Вестник машиностроения. - Москва, 2021, №10. С. 66-69. (05.00.00 №13)

5. Шин И.Г., Муминов М.Р., Назаров С.Р., Искандарова Н.К., Расчетная модель изнашивания и оценка долговечности пыльных дисков для машин первичной обработки хлопка // Вестник машиностроения. Москва, 2021, №07. - С.30-34. (05.00.00 №13)

6. Искандарова Н.К., Шодмонкулов З.А., Шин И.Г. Технологическое обеспечение высокой работоспособности хлопкоперерабатывающих машин абразивоструйной обработкой зубьев пыльных дисков // “Universum” Технические науки, Научный журнал, Издается ежемесячно с декабря 2013 года, является печатной версией сетевого журнала, Выпуск: 6(87) Июнь 2021 Часть 1, Москва, 2021, стр. 45-51. (02.00.00; №1)

7. Shin I.G., Nazarov S.R., Iskandarova N.K., Muminov M.R. Wear and Life of Saw Disks for Preliminary Cotton Processing // ISSN 1068-798X, Russian Engineering Research, 2021, Vol. 41, No. 12, pp. 1115–1118 (05.00.00 №27) (SCOPUS).

8. Искандарова Н.К., Шин И.Г. Анализ режущей способности нового абразивного материала - купершлака для снятия заусенцев пыльного диска в процессе абразиво-струйной обработки // Ўзбекистон Республикаси Олий ва Ўрта Махсус Таълим Вазирлиги Андижон машинасозлик институти, Машинасозлик илмий-техника журнали, 2022 йил №1, Б 28-36. (05.00.00; №10)

9. Шин И.Г., Мадрахимов Д.У., Куронбаев У.К., Искандарова Н.К. Структурно-фазовый состав основы термоупрочненных пыльных дисков из стали 65Г и оценка их работоспособности // “Universum” Технические науки, Научный журнал, Издаётся ежемесячно с декабря 2013 года, является печатной версией сетевого журнала, Выпуск: 4(97) Апрель 2022 Часть 2, Москва, 2022, стр. 45-53. (02.00.00; №1)

10. Шин И.Г., Муминов М.Р., Касимов Б.М., Искандарова Н.К., Топволдиев А.А. Дробеструйная обработка зубьев батана ткацкого станка для повышения их износостойкости и качества тканеформирования // Фарғона политехника институти Илмий-техника журнали, 2023. спец. выпуск №9, 48-53 с. (02.00.00; №20)

11. Муминов М.Р., Назаров С.Р., Искандарова Н.К., Шин И.Г. О взаимосвязи режимных параметров обработки при дробеударном упрочнении деталей машин // Упрочняющие технология и покрытия, №10, 2023 год. (05.00.00; №88)

### **II-bo‘lim (II-раздел; II-part)**

12. Шодмонкулов З.А., Шин И.Г., Искандарова Н.К. О влиянии скрытой энергии деформации при механической обработке на параметры качества обработанной поверхности деталей машин // “Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциялашуви шароитида инновацион технологияларнинг долзарб муаммолари” / Республика илмий - амалий конференцияси 1-қисим илмий мақолалар тўплами (ТТЕСИ, 29-30 ноябрь). Тошкент, 2013, 73-76 бет.

13. Шодмонкулов З.А., Искандарова Н.К., Шин И.Г. Дислокационная модель формирования шероховатости обработанной поверхности при отделочно-упрочняющей обработке деталей машин // “Машинашуносликнинг долзарб муаммолари ва уларнинг ечими” Академик Х.Х.Усмонхўжаев таваллудининг 100 йиллигига бағишланган Республика илмий-амалий конференцияси мақолалар тўплами 2-қисм 2, 3, 4 - шўъбалар (ТТЕСИ 20-21 ноябрь), Тошкент 2019. Б. 28-31.

14. Шодмонкулов З.А., Искандарова Н.К., Шин И.Г. Моделирование контактного взаимодействия при ударе абразивной частицы по поверхности обрабатываемой детали // Фан, таълим, ишлаб чиқариш интеграциялашуви шароитида пахта тозалаш, тўқимачилик, енгил саноат, матбаа ишлаб чиқариш инновацион технологиялари долзарб муаммолари ва уларнинг ечими / Республика илмий – амалий тезислар тўплами 2-қисм, II-III-Шўъбалар 2020 йил (ТТЕСИ, 24-сентябр) – Тошкент, 2020. Б. 105-108.

15. Искандарова Н.К., Муминов М.Р., Шин И.Г. Отделочная обработка зубьев джинных пил направленным потоком абразивных частиц с целью сохранения природных свойств волокна // “Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь” материалы докладов международного научно-практического симпозиума, Витебск, ВГТУ, 3 ноября 2020, Б. 35-38.

16. Искандарова Н.К., Шин И.Г. Формоизменение заусенцев на зубьях пильных дисков, образующихся при вырубке и после снятия фаски шлифовкой их боковых граней // “Пахта тозалаш, тўқимачилик, енгил саноат, матбаа ишлаб чиқариш техника технологияларни модернизациялаш шароитида иқтидорли ёшларнинг инновацион ғоялари ва ишланмалари” Республика илмий – амалий онлайн тезислар тўплами, I – қисм I, III – шўъбалар, 18 ноябрь, 2020, Б. 26-30.

17. Искандарова Н.К., Шин И.Г. Процессы, сопутствующие абразивоструйной обработке металлических поверхностей деталей машин // “54-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов” Материалы докладов, Витебск, ВГТУ, апрель 2021, Б. 285-286.

18. Шодмонкулов З.А., Мадрахимов Д.У., Искандарова Н.К., Технологический метод интенсификации процесса линтования // “54-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов” Материалы докладов, Витебск, ВГТУ, апрель 2021, Б. 277-279.

19. Искандарова Н.К., Шин И.Г. Абразивоструйная обработка зубьев джинных пил как средство сохранения качественных показателей хлопкового волокна // Пахта, то‘қимачилик ва yengil sanoat mahsulotlari sifatini ta‘minlashning zamonaviy konsepsiyalari: halqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi maqolalari to‘plami.1-Том. - Namangan: NamMTI, 2021. В. 263-266.

20. Шодмонкулов З.А., Искандарова Н.К., Шин И.Г. О значении угла атаки абразивных частиц в потоке сжатого воздуха при отделочной обработке зубьев пильных дисков волоконоотделительных машин // Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Н.А.Васильева (26 мая 2021 г.). Часть 2. -М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2021. С 129-133.

21. Shin I.G., Shodmonqulov Z.A., Nazarov S.R., Iskandarova N.K. Processing of teeth of saw blades of cotton processing machines with a stream of compressed air with abrasive particles // E3S Web of Conferences 304, 03033 (2021).

22. Искандарова Н.К. Термодинамические соотношения при микрорезании свободным абразивом в процессе абразивоструйной обработки зубьев пильных дисков // “Пахта тозалаш, то‘қимачилик, yengil sanoat, matbaa ishlab chiqarish texnika-texnologiyalarni modernizatsiyalash sharoitida iqtidorli yoshlarning innovatsion g‘oyalari va ishlanmalari” Respublika ilmiy – amaliy anjumani TTYeSI, 20-21 oktabr Toshkent-2021, Б 9-11.

23. Шин И.Г., Искандарова Н.К. Термодинамические соотношения при динамическом контакте абразивных частиц с обрабатываемым материалом // “Енгил саноатда замонавий инновацион технологиялар: муаммо ва ечимлар” халқаро илмий-амалий анжуман материаллари, Бухоро 19-20 ноябрь 2021 йил, Б 56-59.

24. Искандарова Н.К., Шин И.Г. Влияние структуры и твердости термообработанных зубьев пильных дисков хлопкоперерабатывающих машин на их долговечность // Международная научная конференция, посвященная 135-летию со дня рождения профессора В.Е.Зотикова, (25 мая 2022 г.), Б 114-119 Москва – 2022.

25. Искандарова Н.К., Шин И.Г. Исследование качественных показателей волокна при дженировании пыльными дисками с абразивоструйной обработкой их зубьев // “Fan va ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida to‘qimachilik va yengil sanoatdagi muammolar va ularni bartaraf etish yo‘llari” mavzusida o‘tkazilgan xalqaro ilmiy-amaliy anjumani, Namangan, 2022 yil 5-6 may, B. 143-145.

26. Искандарова Н.К., Шин И.Г. Исследование твердости и структуры термообработанных пыльных дисков для джинов // Фан, таълим, ишлаб чиқариш интеграциялашуви шароитида пахта тозалаш, тўқимачилик, енгил sanoat, матбаа ишлаб чиқариш инновацион технологиялари долзарб муаммолари ва уларнинг ечими / Республика илмий-амалий анжуман материаллари тўплами 1-қисм, I-II-Шўъбалар 2022 йил (ТТЕСИ, 18-19 май) – Тошкент, 2022. Б. 95-98.

27. Искандарова Н.К., Шин И.Г., Ибрагимов Ф. Об оценке режущей способности купершлака при абразивоструйной обработке металлических поверхностей // “Проблемы практические задачи механики и математики” Республиканская научно-практическая конференция, Ташкентский химико-технологический институт, 26-28 мая, 2022 г. С. 249-253.

28. Искандарова Н.К., Шин И.Г. О сохранении качественных показателей хлопкового волокна при пыльном дженировании // Международная научно-техническая конференция “Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности” (Инновации - 2022) Сборник материалов, Часть 2, Москва 16 ноября 2022 г., С. 290-292.

29. Искандарова Н.К., Шин И.Г. Моделирование напряженного состояния в поверхностном слое зубьев пыльных дисков хлопкоперерабатывающих машин при абразивоструйной обработке // Инновации в текстиле, одежде, обуви материалы докладов международной научно-технической конференции 23-24 ноября 2022 года Витебский государственный технологический университет 2022, С. 15-19.

30. Искандарова Н.К., Шин И.Г.б Бабаджанов Ж. Дислокационная модель контактного взаимодействия абразивной частицы с металлической поверхностью при струйной обработке деталей машин // “Soha korxonalari uchun yuqori malakali kadrlar tayyorlashda milliy va xorijiy tajribalar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman to‘plami, 1- qism, TTYeSI, Toshkent 2022 yil, B. 85-88.

31. Бабаджанов Ж., Искандарова Н.К., Шин И.Г. О роли заусенцев на зубьях пыльных дисков при хлопкопереработке // Материалы докладов 56-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, Витебск 2023 года Витебский государственный технологический университет, С. 412-414.

32. Искандарова Н.К., Шин И.Г. Физико - технологические условия для микрорезания при абразивоструйной обработке деталей хлопкоперерабатывающих машин // Технический текстиль – основа научно-технического развития России: Сборник научных трудов Всероссийского круглого стола с междуна-родным участием (23 мая 2023 г.). – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023. – 131-136 с.

33. Искандарова Н.К., Максудов Р.Х., Шин И.Г. Влияние радиуса округления режущего элемента абразивной частицы на деформационное упрочнение металла при абразивоструйной обработке // Технический текстиль – основа научно-технического развития России: Сборник научных трудов Всероссийского круглого стола с международным участием (23 мая 2023 г.). – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023. – 137-142 с.

34. Искандарова Н.К., Шин И.Г. Анализ микрорезания при ударе абразивной частицы по металлической поверхности в процессе при отделочно-упрочняющей обработки джинных пил // “Paxta tozalash, to‘qimachilik, yengil sanoat, matbaa ishlab chiqarish sohasida fan va ta’lim integratsiyalashuvini rivojlantirish tendentsiyalari” mavzusidagi respublika miqyosidagi ilmiy – amaliy anjuman, 166-169 betlar.

35. Шин И.Г., Максудов Р.Х., Муминов М.Р., Искандарова Н.К. Уравнение кривой усталости и разрушение сталей // “Sifatli ta’lim va interdusupinal yondashuv: muammolar, yechimlar va hamkorlik” xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya, 25-26 may, Guliston 2023, 308-313 betlar.

Avtoreferat “O‘zbekiston to‘qimachilik jurnali” ilmiy – texnikaviy jurnali  
uziriyatida tahrirdan o‘tkazildi va o‘zbek, rus, ingliz tillaridagi matnlari mosligi  
tekshirildi (12.12.2023 y.)

Bosishga ruxsat etildi: 17.01.2024 yil.  
Bichimi 60x45 1/8, “Times New Roman”  
Garniturada raqamli bosma usulida bosildi.  
Shartli bosma tabog‘i 3,25. Adadi: 70. Buyurtma №23.  
TTYeSI bosmaxonasida chop etildi.  
Toshkent shahri, Shoxjahon ko‘chasi, 5-uy.