

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/30.09.2023.T.66.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI SHAHRISABZ FILIALI**

ELMANOV ABBOS BEGMAT O'G'LI

**LAZER NURI BILAN DETAL ISHCHI YUZASIGA ISHLOV BERISH
ORQALI YEYILISHGA BO'LGAN BARDOSHLILIGINI OSHIRISH**

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

**TEXNIKA FANLARI bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

**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**

Elmanov Abbos Begmat o‘g‘li Lazer nuri bilan detal ishchi yuzasiga ishlov berish orqali yeyilishga bo‘lgan bardoshlilikini oshirish	3
Элманов Аббос Бегмат угли Повышение износостойкости за счет обработки рабочей поверхности детали лазерным лучом	21
Elmanov Abbos Increasing the wear resistance by processing the working surface of the part with laser beam	39
E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati Список опубликованных работ List of published works	43

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/30.09.2023.T.66.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI SHAHRISABZ FILIALI**

ELMANOV ABBOS BEGMAT O‘G‘LINING

**LAZER NURI BILAN DETAL ISHCHI YUZASIGA ISHLOV BERISH
ORQALI YEYILISHGA BO‘LGAN BARDOSHLILIGINI OSHIRISH**

05.02.03 - Texnologik mashinalar. Robotlar, mexatronika va robototexnika tizimlari

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

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta‘lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.1.PhD/T4451 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi Namangan muhandislik-texnologiya instituti va Toshkent kimyo-texnologiya instituti Shahrisabz filialida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.nammti.uz) va “ZiyoNet” axborot-ta‘lim portalida (www.ziynet.uz) manziliga joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Mirzaumidov Asilbek Shuhratjonovich
texnika fanlari doktori, dotsent

Rasmiy opponentlar:

Ergashev Ihom Olimjonovich
texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori, dotsent

Rustamov Raxmatali Murodovich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

**Termiz davlat muhandislik va
agrotexnologiyalar universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Namangan muhandislik-texnologiya instituti huzuridagi PhD.03/30.09.2023.T.66.01 raqamli ilmiy kengashning 2025-yil 18-yanvar soat 10⁰⁰ daqi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: Namangan shahri, Kosonsoy ko‘chasi, 7-uy, Tel.: (69)228-76-68, faks: (69) 228-76-75, e-mail: niei_info@edu.uz. tel. Namangan muhandislik-texnologiya instituti ma‘muriy binosi, 1-qavat, kichik majlislar zali).

Dissertatsiya ishi bilan Namangan muhandislik-texnologiya institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (348-raqam bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: 160115, Namangan sh., Kosonsoy ko‘chasi 7-uy. Tel.: (69)228-76-68).

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil 3-yanvar kuni tarqatildi.
(2024-yil 30-noyabrdagi № 23/4 raqamli reyestr bayonnomasi).

A.M.Maxkamov

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

Sh.A.Mahsudov

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

N.M.Safarov

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

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda to‘qimachilik va yengil sanoatda zamonaviy tikuvchilik mahsulot turlari kengayib, ularga qo‘yilayotgan talab ham jadal sur‘atlar bilan ortib bormoqda. Zamonaviy raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarish uchun energiya-resurstejamkor texnologiyalar va texnika vositalarini qo‘llash yetakchi o‘rinlardan birini egallamoqda. Dunyo miqyosida to‘qimachilik va yengil sanoat bozorida 2020-yilga nisbatan ishlab chiqarish qiymati 2025-yilga qadar 26.2% miqdorni, yillik o‘rtacha o‘sish jadalligi esa 6.2 % ni tashkil etishi prognoz qilinmoqda. Buning uchun esa, mazkur sanoatda ish jarayonini sifatli amalga oshiradigan mashinalar va usullarni amaliyotga joriy etish taqozo etiladi. Shu jihatdan to‘qimachilik va yengil sanoatda turli assortimentdagi kiyimlarni ishlab chiqarish alohida o‘rin tutib, Turkiya, Italiya, Rossiya, Fransiya, Xitoy kabi davlatlar yetakchi hisoblanadi. Shu jihatdan olib qaralsa, sanoat miqyosidagi mahsulot va ish sifati hamda unumdorligi texnik-iqtisodiy jihatdan samarador bo‘lishi uchun energiya-resurstejamkor texnologiya va texnika vositalari va qurilmalaridan foydalanish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda to‘qimachilik va yengil sanoat mahsulotlari ishlab chiqarishda uskunalarning ishlashi unumdorligini ta‘minlash maqsadida resurstejamkor texnologiyalar va texnika vositalarining yangi ilmiy-texnikaviy yechimlarini ishlab chiqishga yo‘naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmmoqda. Bu borada, uskuna va jihozlarning asosiy ichki detallaridan hisoblangan tishli g‘ildiraklar, shu jumladan kichik o‘lchamdagi tishli g‘ildiraklarning ishlash muddati uzaytirilishini ta‘minlash vaqt va sifat jihatdan muhim vazifalardan hisoblanadi. Tishli g‘ildiraklar tishlarining sinib ketishi, tashqi ishqalanish qatlamining yedirilib ketishining oldini olishga qaratilgan energiya-resurstejamkor sharoitlarni ishlab chiqish hamda uning texnologik jarayoni, ish rejimlari va parametrlarini asoslashga alohida e‘tibor berilmoqda.

Respublikamizda to‘qimachilik va tekstil sanoatida mehnat hamda energiya sarfini kamaytirish, resurslarni tejash, jihozlarning ishlash va ta‘mirlash oralig‘i muddatini uzaytirish imkonini beradigan resurstejamkor texnika va texnologiyalarni ishlab chiqish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. Prezidentimizning 2022-yil 28-yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida” PF-60 sonli Farmoni¹, shuningdek, 2022-yil 31-maydagi PQ-266 sonli qarorida ham “Mashinasozlik va elektrotexnika maxsus sanoat xabi” maxsus sanoat zonasini tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risida ta‘kidlab o‘tilgan va bir qator vazifalar belgilab berilgan². Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, jumladan, mashinasozlik, elektrotexnika, to‘qimachilik va tekstil sanoatini zamonaviy standartlar asosida rivojlantirish bo‘yicha amalga oshirilayotgan islohotlarni yanada takomillashtirish,

¹ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi F-60-sonli “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida” Farmoni

² O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori, 31.05.2022 yildagi PQ-266-sonli “O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 27-maydagi “Mashinasozlik va elektrotexnika maxsus sanoat xabi” maxsus sanoat zonasini tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-5128-son qaroriga o‘zgartirishlar kiritish haqida”gi qarori

mahalliy xom-ashyo manbalarini qayta ishlash, importbop, eksportga chiqarish bozorlarida raqobatga chidamli mahsulotlarni yetkazib berish va ishlab chiqarish jarayonlarini to'liq yo'lga qo'yish, samarador investitsiya olib keladigan muhitni yaratish hamda yuqori rivojlangan texnologiyali va zamonaviy investitsiyaviy loyihalarni amalga oshirish, yangi ish o'rinlari yaratish va hududlar aholisi farovonligini oshirish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 21-yanvarda qabul qilingan "To'qimachilik va tikuv-trikotaj korxonalarida chuqur qayta ishlash va yuqori qo'shilgan qiymatli tayyor mahsulotlar ishlab chiqarishni hamda ularning eksportini rag'batlantirish chora-tadbirlari to'g'risida" PF-53-sonli Farmoni, 2021-yil 23-fevraldagi "O'zto'qimachilik sanoat" uyushmasining "To'qimachilik va tikuv-trikotaj sohasini rivojlantirish jamg'armasi mablag'larini shakllantirish va undan foydalanish tartibi to'g'risidagi" nizomni tasdiqlash haqida" 93-sonli O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining Qarori, 2017-yil 28-noyabrdagi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Paxtachilik tarmog'ini boshqarish tizimini tubdan takomillashtirish chora – tadbirlari to'g'risida"gi PQ-3408 sonli qarori, Vazirlar Mahkamasining 2018-yil 31-martdagi "Paxta-to'qimachilik ishlab chiqarishlari va klasterlari faoliyatini tashkil etish bo'yicha qo'shimcha chora tadbirlar to'g'risida"gi 253-sonli qarori, shuningdek mazkur faoliyatga bog'liq boshqa meyoriy-huquqiy hujjatlarda ko'rsatilgan vazifa va masalalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar hamda izlanishlar muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II. "Energetika, energiya va resurstejamkorlik" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi.

Tishli g'ildirakning g'ildirak juftliklarini turli dinamik kuchlanishi, tegishli yuzalar orasidagi yog'lovchi moyning yo'qligi haroratning oshishiga, bir qator xorijlik olimlar N.G.Basov, A.M.Proxorov (Rossiya), Ch.X. Tauns (AQSH) kabi va boshqalar ilmiy tadqiqot ishlarini olib borishgan.

Respublikamizda tishli uzatmalarning ish muddati, puxtaligi kabi masalalarni takomillashtirishning texnika va texnologiyalarini rivojlantirish, tishli g'ildiraklarni hisoblash va loyihalash usullarini ishlab chiqish, ularni maqbullashtirish bo'yicha nazariy-metodologik asosi bo'lgan fundamental va amaliy masalalarni yechishga mamlakatimizda bir qator olimlar: I.Sulaymonov, R.N.Tojiboyev, B.A.Pronin, M.M.Shukurov, A.D.Jo'rayev, N.N.Muxitov, D.X.Miraxmedov, G.I.Miroshnichenko, B.M.Mardonov, P.N.Tyutin, R.G. Mahkamov va boshqalar soha rivojlanishiga o'zlarining salmoqli hissalarini qo'shganlar

Mazkur tadqiqotlar natijasida ishlab chiqilgan texnologiyalar va usullar qishloq xo'jaligi, aviatsiya, mashinasozlik va shu kabi bir qator sanoat soxalarida muayyan darajada ijobiy natijalarga erishilgan holda qo'llanilib kelinayotgan bo'lsada, ammo to'qimachilik va tekstil sanoatida eng ko'p ishqalanish va harakat muddatiga ega bo'lgan hamda jihozlarning asosiy mexanizmlaridan biri hisoblangan kichik o'lchamdagi tishli g'ildiraklar ishchi yuzasiga ishlov berish uchun resurstejamkor

usullarni ishlab chiqish va parametrlarini asoslash bo'yicha yetarlicha tadqiqotlar o'tkazilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilayotgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Namangan muhandislik-texnologiya instituti hamda Toshkent kimyo-texnologiya instituti Shahrisabz filialining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasi doirasidagi "OQSAROY TEXTILE" MCHJ bilan tuzilgan 03/25-2804 sonli shartnomasi asosida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi: tishli g'ildirak tishlarni lazer nuri yordamida puxtalash orqali mustahkamligini oshirish maqsadida qo'llaniladigan uskuna uchun samarador yechimlar ishlab chiqish hamda uning parametrlari va ish rejimlarini asoslashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari.

ishlab chiqarish sharoitlarida tishli g'ildiraklarning ish muddati, ularning ishdan chiqish sabablarini tahlil qilish;

tishli g'ildiraklarni yeyilish mezoni bo'yicha nazariy tadqiqotlar olib borish;

tishli g'ildiraklarni lazer nuri yordamida puxtalash texnologik jarayonlarining matematik modelini ishlab chiqish;

lazer nuri yordamida puxtalash texnologiyasi bo'yicha mustahkamligi oshirilgan tishli g'ildiraklarda ishlab chiqarish sinovlarini o'tkazish;

tishli g'ildirak tishlarini puxtalash texnologik jarayoni natijasida, termik puxtalangan tishli g'ildirakning ish resursini, iqtisodiy tannarxi va samaradorligini aniqlash;

tavsiya etilgan lazer nuri yordamida puxtalangan tishli g'ildirakni ishlab chiqarishga joriy etish.

Tadqiqot obyekti sifatida yengil sanoatda qo'llaniladigan jihozlarning kichik o'lchamli, yupqa devorli tishli g'ildiraklari olingan.

Tadqiqot predmeti yupqa devorli tishli g'ildiraklarga lazer nuri yordamida ishlov berish jarayonini ifodalaydigan analitik bog'lanishlar va matematik modellar, kukunli qoplama kombinatsiyalari, qurilmaning parametrlari, ko'rsatkichlari va ish rejimlari hamda ularning o'zgarish qonuniyatlari hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari: Tadqiqot jarayonida tishli g'ildirakni lazer nuri yordamida puxtalashning nazariy va amaliy usullaridan foydalanilgan bo'lib, texnologik qoldiq kuchlanishlarining modelini ishlab chiqish uchun qaytmas jarayonlarning termodinamik qonunlari, dislokatsiya nazariyasi, qattiq jism fizikasi, qayishqoqlik va plastiklik nazariyasi, qattiq jismlarni mustahkamlik va buzilishi gipotezasi usullaridan foydalanildi. Nazariy tadqiqotlarni bajarishda matematika, fizika va oliy matematika qonunlaridan keng foydalanildi

Tadqiqotning ilmiy yangiligi;

Tishli g'ildirak ishchi yuzasining qattiqligi va yeyilishga bo'lgan bardoshlilikini oshirish maqsadida kompozitsion kukunli qoplama elementlari ulushlarining optimal qiymatlari hamda ushbu qiymatlarga mos ravishda lazer qurilmasi parametrlarini ta'minlashning matematik modeli ishlab chiqilgan;

Tishli g'ildiraklarga lazer nuri yordamida ishlov berishda uning bardoshlilikini oshirish imkonini beruvchi ishlov berilayotgan detalning geometrik va mexanik

parametrlari, issiqlik taqsimoti va texnologik rejimlariga ko‘ra lazer apparatni o‘rnatish texnologiyasi ishlab chiqilgan;

Yupqa devorli tishli g‘ildiraklarning mexanik xususiyatlari va ish resurslarini avtomatik texnologiyasi asosida mexanik chidamliligi, yeyilish va deformatsiyaga qarshi bikrlilik ko‘rsatkichlarini o‘zgarish qonuniyatlari aniqlangan, konstruktiv xususiyatlari va texnologik jarayonlarni inobatga olgan holda asoslangan;

Tishli g‘ildiraklarni lazer nuri bilan sovutish jarayonining optimal parametrlari va lazer nuri asosida yupqa tishli g‘ildiraklarning yeyilishga va yuklanishga bardoshlilikini oshirilishi va tebranish qamrovini texnologik qarshilikka bog‘liqlik qonuniyatlari ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

Lazer nuri yordamida tishli g‘ildirak tishlarining sirt qatlamlariga ishlov berish jarayonida materialning mexanik xususiyatlarini yaxshilash uchun optimal ishlov berish chuqurligi va lazer nurining texnologik parametrlarini belgilash asosida yangi texnologiyalar ishlab chiqildi;

Tishli g‘ildiraklarning yeyilishga bardoshlilikini oshirish maqsadida sirt qattiqligini 50–54 HRC dan 67–69 HRC gacha yetkazish imkonini beruvchi lazer nuri bilan ishlov berish texnologiyasi ishlab chiqildi va amalda muvaffaqiyatli sinovdan o‘tkazildi;

Lazerli ishlov berish jarayonida yuzaga keladigan termal va mexanik o‘zgarishlarni real vaqt rejimida boshqarish imkoniyatiga ega bo‘lgan hamda tishli g‘ildiraklarning ishlash muddatini 2,5 barobarga oshiradigan va texnik xizmat ko‘rsatish oralig‘ini kengaytiradigan energiya tejankor avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi ishlab chiqildi;

Ishlab chiqarish sharoitida foydalanish uchun lazerli ishlov berish jarayonida optimal masofa va nurning intensivligi bo‘yicha texnik tavsiyalar ishlab chiqildi hamda ushbu lazerli ishlov berish texnologiyasi amalitada tadbiiq etilib, yillik iqtisodiy samaradorlik 59 million 364 ming so‘mni tashkil qildi.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Mazkur tadqiqot natijalarining ishonchliligi, nazariy va eksperimental tadqiqotlarning o‘zaro monandligi, izlanishlarning o‘lchash vositalari va zamonaviy usullardan foydalangan holda o‘tkazilganligi, shunngdek bajarilgan tadqiqotlar negizida ishlab chiqilgan lazer nuri yordamida puxtalangan tishli g‘ildirak sinovlarining ijobiy natijalari va amaliyotga joriy etilganligi bilan asoslanadi.

Tadqiqotning ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati lazer nuri yordamida tishli g‘ildirak tishlariga ishlov berish jarayonini matematik modellashtirish va uning texnologik parametrlarini o‘rganish bilan izohlanadi. Ishlab chiqilgan matematik model lazer nurining ishlov berish chuqurligi va sirt qattiqligiga ta’sirini aniqlashda qo‘llanilib, optimal texnologik sharoitlarni belgilash imkonini berdi. Lazer va kukunli qoplama kombinatsiyasi yordamida sirtning mikrostruktura o‘zgarishlari o‘rganilib, materialning yeyilishga bardoshlilik va mexanik chidamliligi oshirilishi isbotlandi. Tadqiqot jarayonida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi joriy etilib, lazer nuri bilan

ishlov berish parametrlarini nazorat qilish va optimallashtirish imkoniyati yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati tishli g'ildirak tishlariga ishlov berish jarayonining sifati va samaradorligini oshirish imkonini beruvchi lazerli ishlov berish texnologiyasining ishlab chiqarishga joriy etilishi bilan izohlanadi. Ushbu texnologiya ishlab chiqarishda, jumladan "OQSAROY TEXTILE" MCHJ korxonasi muvaffaqiyatli sinovdan o'tkazilib, ushbu texnologiya iqtisodiy jihatdan samarador ekanligi isbotlandi. Shuningdek, ishlab chiqarishda avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari lazer nurining ta'sirini aniq nazorat qilish va turli dizayndagi tishli g'ildiraklarga moslashuvchan ishlov berishni ta'minlash imkonini berdi. Ushbu natijalar sanoat korxonalarida keng qo'llanilishi va mahsulot sifatini oshirishda muhim ahamiyatga ega ekanligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.

Tishli g'ildirak tishlari ishchi yuzasiga lazer nuri yordamida ishlov berish jarayoni parametrlari va ish rejimlarini asoslash bo'yicha olingan natijalar asosida:

Lazer nuri yordamida qayta ishlash natijasida tishlari mustahkamlangan tishli g'ildiraklar uchun "Texnik tavsif" ko'rinishidagi meyoriy hujjatlar "OQSAROY TEXTILE" MCHJda joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi "O'zto'qimachilik sanoat" uyushmasining 2024-yil, 21-oktyabrdagi 03/05-2804 sonli ma'lumotnomasi). Natijada, tishli g'ildiraklar ishchi yuzasining yeyilishga bardoshlilikini oshirish uchun ishlash muddati 2,5 baravar ko'proq bo'lgan energiya-resurstejamkor tishli g'ildiraklar ishlab chiqish imkoniyati yaratilgan hamda lazer nuri yordamida ishlov berilgan tishlarning mustahkamligi oshirilganligi sababli ularning sinishini 3,5% gacha kamayishiga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 6 ta ilmiy-texnik konferensiyalarda, jumladan 3 ta xalqaro va 3 ta respublika ilmiy amaliy anjumanlarida muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 17 ta ilmiy ishlar chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 11 ta maqola nashr etilgan, shulardan 8 ta maqola Respublika va 3 ta maqola xorijiy jurnallarida chop etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, umumiy xulosalar, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 115 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya ishi mavzusining dolzarbligi asoslangan, maqsad va vazifalar, tadqiqot ob'ekti va predmeti tuzilgan, O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalarini rivojlantirishning istiqbolli yo'nalishlariga mos kelishi aniqlangan, tadqiqot amaliy natijalari va ilmiy yangiligi berilgan, olingan natijalarning to'g'riligi asoslangan, amaliyotga joriy qilish bo'yicha ma'lumotlar berilgan, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, ishning aprobatsiyasi

natijalari hamda chop qilingan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Lazer nuri yordamida mashina detallariga termik ishlov berish asoslari va uning istiqboli”** nomli birinchi bobida lazer texnikasi tadqiqot usullari, sensorlar, lazer nurini qo'llash bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borgan O'zbekiston olimlari tadqiqotlarining adabiyotlar tahlili, lazerli ishlov berish texnologiyasi haqida qisqacha ma'lumot, lazerlarning tuzilishi va uning ishlash prinsipi, ishlab chiqarish sharoitida tajribalar asosida aniqlangan tishli g'ildirakning ishdan chiqish sabablari va turlari va bob bo'yicha xulosalardan iborat.

Disertatsiyaning **“Tishli g'ildiraklarning tishlariga lazer nuri bilan termik ishlov berishning nazariy asoslari”** nomli ikkinchi bobida, lazerli ishlov berish usulidan foydalanib tishli g'ildirak sirt yuzasi xususiyatlarini yaxshilash, po'latdan tayyorlangan tishli g'ildiraklarni lazer nuri bilan ishlov berishning matematik modeli, tishli g'ildiraklarning tish yuzasini lazerli termik puxtalash, Tishli g'ildiraklarning tish yuzasini lazerli termik puxtalash, tishli g'ildirak ishlash muddatini yeyilish mezoni bo'yicha hisoblash va bob bo'yicha xulosalar keltirilgan.

Lazer texnologiyalari nafaqat yuqori quvvat zichligiga, balki nohiziqli jarayonlar (zaif yutuvchi muhitda nohiziqli yutilish), selektiv texnologiyalarda (kimyoviy, biotibbiy texnologiyalar) uchun muhim bo'lgan yuqori foton zichligiga ham asoslanishi mumkin. Nurning fokus sohasida kuchli va o'ta kuchli elektromagnit maydonlardan foydalanish mumkin. So'nggi paytlarda yorug'lik bosimidan foydalanadigan (mikrozarrachalar bilan manipulyatsiya, atom-molekulyar yig'ilish – laser trapping) texnologiyalar paydo bo'ldi (sirtga parallel nurning normal tushishi bilan bog'liq yorug'lik bosimi $P_{light} = \varepsilon(1 + R)$ ifoda bilan aniqlanadi, bu yerda ε – nurlanish energiyasining hajmli zichligi, R – sirtni qaytarish koeffitsienti).

Lazerli nurlanish nuri tarami material yuzasiga tushganda, nurlanishning bir qismi undan qaytariladi va bir qismi materialga chuqur kirib, unga yutiladi.

Moddada nurlanishning tarqalishi odatda Buger qonuni bilan tavsiflanadi:

$$q(x) = q_0(1 - R) \exp(-\alpha x),$$

bu yerda $q(x)$ – moddaning sirtidan x masofada joylashgan nurlanish kuchining zichligi; q_0 – tushuvchi nurlanish quvvati zichligi; R – sirtni qaytarish koeffitsienti; α – moddadagi yorug'likning susayishi ko'rsatkichi. Nurlanishni yutilishida modda qiziydi. Nurlanishning kuchli (sirtqi) va zaif (hajmli) yutilishiga mos keladigan materialning qizish rejimlari mavjud.

Bunda nurlanishning singish chuqurligi odatda issiqlik o'tkazuvchanligining xarakterli kattaligidan ancha past bo'ladi ($1/\alpha \ll \sqrt{\alpha\tau}$, bu yerda τ – nurlanishning ta'sir qilish vaqti, α – materialning issiqlik o'tkazuvchanligi).

Amaliyotda jarayonning asosiy parametrlarini aniqlashda ko'p hollarda issiqlik almashinish masalalarini aniq hal qilish talab qilinmaydi, aksincha, nurlanish quvvatining chegaraviy zichligini (q_n) (yoki chegara quvvatini (P_n), chegara energiyasini (W_n)) taxmin qilish kifoya. Nurlanish quvvatining chegaraviy zichligi – bu nurlangan materialda belgilangan o'zgarishlar sodir bo'ladigan qiymatdir. Nazariy jihatdan, q_n kattaligi ishlov beriladigan materialning maksimal harorati ushbu

jarayonning boshlanishiga to'g'ri keladigan T_* qiymatga yetadigan tushuvchi nurlanishning (q_0) quvvat zichligi qiymati sifatida aniqlanadi (masalan, materialning bug'lanishi uchun bu uning qaynash nuqtasi). Ta'sir etishning oxirida radiusi r_0 bo'lgan doira shaklida nurlangan maydonning markazida jismning sirtidagi haroratni aniqlaydigan ifodadan dastlabki xarakteristikalarini aniqlanishi mumkin. Kuchli yutilish rejimida nurlanish uchun bu ifodalar:

$$T = \frac{2q_0(1-R)\sqrt{a\tau}}{k} \left(\frac{1}{\sqrt{\pi}} - \operatorname{ierfc} \frac{r_0}{2\sqrt{a\tau}} \right) + T_N, \quad (1)$$

$$T = \frac{2q_0(1-R)r_0}{k} + T_N, \quad (2)$$

Hajmiy yutilish rejimida nurlanish uchun

$$T = \frac{2q_0(1-R)\tau}{\rho c \delta} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{r_0^2}{4a\tau}\right) - \frac{r_0^2}{4a\tau} \operatorname{Ei}\left(-\frac{r_0^2}{4a\tau}\right) \right\} + T_N, \quad (3)$$

bu yerda δ – yorug'likning moddaga singish chuqurligi (Buger bo'yicha yutilishida $\delta = 1/\alpha$ – integral ko'rsatish funksiyasi; T_N – boshlang'ich harorat.

(3) ifoda ikkita maxsus holatga ega: a) $r_0 \gg \sqrt{a\tau}$ da

$$T = \frac{2q_0(1-R)\tau}{\rho c \delta} + T_N$$

b) $r_0 \ll \sqrt{a\tau}$ da

$$T = \frac{2q_0(1-R)r_0^2}{4k\delta} \ln\left(19,4 \frac{a\tau}{r_0^2}\right) + T_N \quad (4)$$

bu yerda k – materialning issiqlik o'tkazuvchanligi.

Lazer bilan ishlov berishning bir qator texnologik jarayonlarida ishlov beriladigan sirtni lazer nurlari bilan skanerlash qo'llaniladi. Bunda issiqlik bilan ishlov berish natijalari skanerlash tezligiga (V_{sk}). bog'liq.

Tez harakatlanuvchi manbada ($\frac{V_{sk}r_0}{a} \gg 1$) materialni kuchli yutuvchi ishlov beriladigan sirtidagi maksimal harorat:

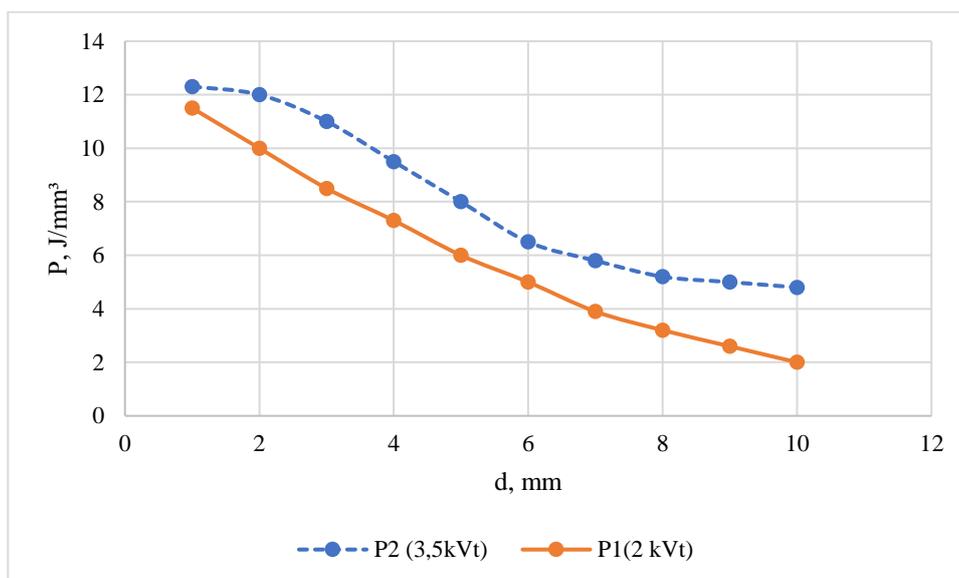
Bu erda ayrim matematik amallarni bajarishdan so'ng bug'lanish sirtining haroratiga teng bo'lgan T haroratdagi to'yingan bug' bosimi Klauzius-Klapeyron tenglamasining xususiy holatiga ko'ra aniqlanadi:

$$P_T = P_0 \frac{T}{T_0} \exp \left[\frac{L_b^m \mu}{R_G T_0} \left(1 - \frac{T_0}{T} \right) \right] \quad (5)$$

bu yerda L_b^m – materialning birlik massasi uchun bug'lanishining yashirin issiqligi; $P_0 - T_0$ haroratdagi to'yingan bug' bosimi (masalan, normal bosimdagi $T = T_0$ qaynash haroratida $P_0 = 10^5$ Pa.

Lazer nurlanishi bilan nurlangan materialning haroratini aniqlash va uning asosida bug'lanish tezligini hisoblash ishlov berish jarayonining integral

xususiyatlarini olish va ishlov berish rejimining zarur parametrlarini aniqlash imkonini beradi.



1-rasm. Turli nurlanish quvvatlarida kerakli energiya sarfining metallning qalinligiga bog‘liqligi

Ba’zi hollarda nurlanish ta’sirining issiqlik modeli lazer texnologiyalari jarayonlarini to‘g‘ri ko‘rib chiqish uchun yetarli bo‘lmaydi.

Tishli g‘ildiraklarning tishlarini lazerli termik mustahkamlash. Lazerli termik mustahkamlash bo‘yicha bir qator tajribalar davomida namunalarning qattiqligini sezilarli darajada oshirishga erishildi (yetkazib berish holatida taxminan 50 HRC), bu kukunli materiallardan tayyorlangan qoplamali ishlov berilgan tishli g‘ildiraklar tishlarida ishlov berilgandan keyin 2800 mkm gacha chuqurlik bilan 55 dan 57 HRC gacha qattiqlikda bo‘ladi. Biroq, ishlash vaqti va yeyilish kabi ishlatish sinovlarini o‘tkazishda o‘z yechimini topishi mumkin bo‘lgan muammolar ochiqlicigacha qolmoqda.

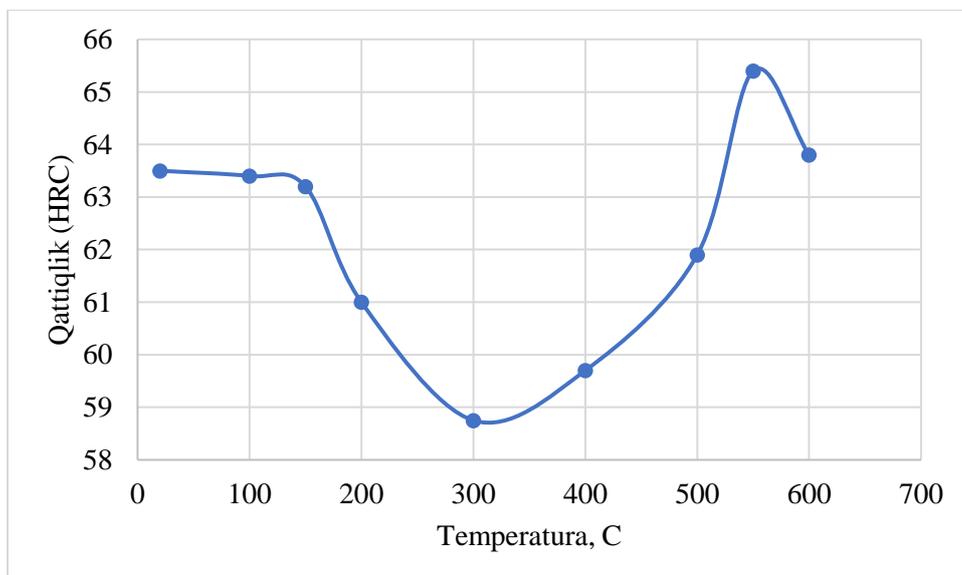
Kuchli yutuvchi material uchun (masalan, metall), agar nurlangan hududning o‘lchami r_0 qizdirilgan qatlam qalinligidan sezilarli darajada oshib ketgan bo‘lsa, ($r_0 \gg \sqrt{a\tau}$, bu yerda a – materialning issiqlik o‘tkazuvchanligi, τ – nurlanish ta’sirining davomiyligi), bu ifoda quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$T(x, t) = \frac{2q_0(1-R)\sqrt{at}}{k} i_{\text{erfc}} \frac{x}{2\sqrt{at}} + T_H \quad (6)$$

bu yerda q_0 – sirtga tushayotgan nurlanishning quvvat zichligi; R – aks ettirish koeffitsienti; T_H – materialning boshlang‘ich harorati; k – uning issiqlik o‘tkazuvchanligi, t – nurlanish boshidan hisoblangan vaqt, o‘q materialga uning yuzasiga perpendikulyar ravishda chuqur yo‘naltirilgan ($x = 0$ sirtga mos keladi).

Ifoda (10) shuningdek, materialdagi qizdirish tezligi va harorat gradientini aniqlash imkonini beradi.

Nurlanish ta’siri tugagandan so‘ng ($t \geq \tau$) harorat taqsimoti quyidagi bog‘liqlik bilan aniqlanadi:



2-rasm. Toblab bo'shatish haroratiga bog'liq ravishda tishli g'ildiraklarning qattqligi (400-600 °C haroratda)

$$T(x, t) = (T_0 - T_H) \sqrt{\frac{\pi}{\tau} \left[\sqrt{t} \operatorname{ierfc} \frac{x}{2\sqrt{at}} - (\sqrt{t - \tau}) \right]}, \quad (7)$$

bu yerda T_0 – nurlanish ta'siri tugagan paytdagi sirt harorati. Ifoda (7) materialning sovutish tezligini aniqlash imkonini beradi (2-rasm).

Ma'lumki, konstruksion yaxshilanadigan po'latlar uchun qattqlik qanchalik yuqori bo'lsa, tutashish toliqishiga qarshiligi shunchalik yuqori bo'ladi va yuklanish sikllari soni $N = 10^7$ bo'lganda tutashish chidamliligi chegarasining (σ_{-1}^k) sirt qattqligiga nisbati o'zgarmas kattalik bo'lib hisoblanadi:

$$\sigma_{-1}^k = k \cdot \text{HRC} \quad (8)$$

bu yerda k – sirtning qattqligi va mustahkamlovchi ishlov berish turiga bog'liq koeffitsient.

Masalan, sirt qattqligi 50–54 HRC ga teng bo'lgan kompozitsion kukunli qoplama (C, Si, B) va termik ishlov berilgan po'latlar uchun DSt 21354-87 bo'yicha tutashish chidamliligi chegarasi 53 HRC darajada o'rnatiladi.

Tajriba paytida detallarning yeyilishini baholash uchun yeyilgan detalning ishlamay qolish ehtimolining uning ishlash vaqtiga funksional bog'liqligidan foydalanish mumkin. Ushbu bog'liqlik A.S.Pronikov tomonidan taklif qilingan asta-sekin inkorni shakllantirish modeli asosida olingan, uning asosiy hisoblash parametri yeyilish tezligidir.

Ushbu uslubga ko'ra, yeyilish jarayoni quyidagi chiziqli bog'liqliklar bilan tavsiflanadi:

$$N = \alpha_0 + vt, \quad (9)$$

bu yerda N – ishqalanish yuzasiga normal yo'nalishda yeyilish kattaligi, m;
 α_0 – detal o'lchamlarining dastlabki og'ishi, m;
 v – yeyilish tezligi, m/s;
 t – tutashmaning ish vaqti, s.

Agar tasodifiy o'zgaruvchilar α_0 va v normal qonun bo'yicha taqsimlangan bo'lsa, u holda t ning har bir qiymati uchun parametr N ham normal qonun bo'yicha taqsimlanadi. Bunday holda, ish vaqti t ga mos keladigan tutashmaning ishlamay qolish ehtimoli quyidagi tenglama bilan aniqlanishi mumkin:

$$P(t) = 0,5 + F\left(\frac{H_{ch} - \alpha_0 - v_0^t}{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_v^2 t^2}}\right), \quad (10)$$

bu yerda H_{ch} – tutashmaning normal ishlashidan kelib chiqqan holda aniqlangan yoki tayinlangan yeyilishning chegara qiymati;

σ_a – ko'rib chiqilayotgan o'lcham uchun joizlik bo'yicha aniqlanadigan, detallar o'lchamlarining o'rtacha kvadratik og'ishi;

σ_v – yeyilish tezligining o'rtacha kvadratik og'ishi;

$$P_m = 0,564 \sqrt{\frac{N_e}{\theta_t r_{kel}}}, \quad (11)$$

bu yerda P_m – Gers bo'yicha maksimal bosim, MPa;

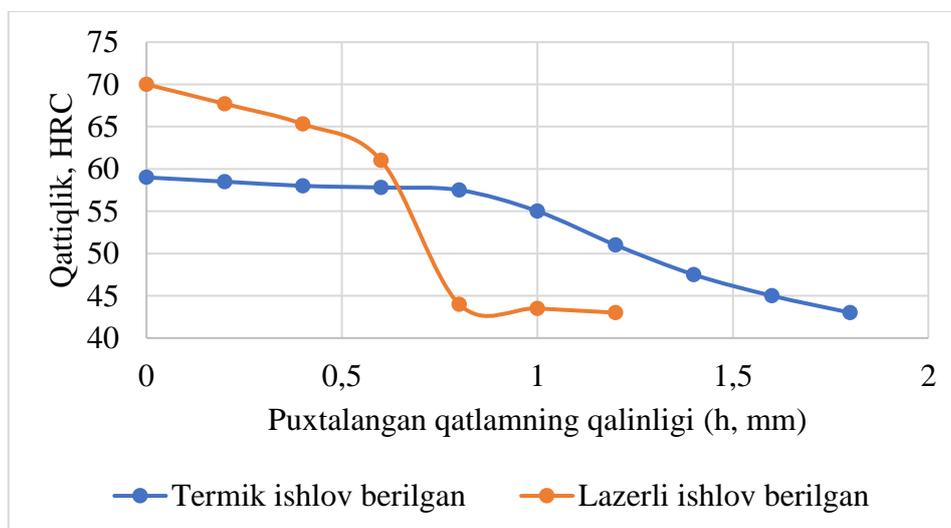
N_e – solishtirma normal yuklama, N/m;

θ_t – tutashish holati uchun elastik doimiysi, m^2/N ;

r_{kel} – keltirilgan egrilik radiusi, m.

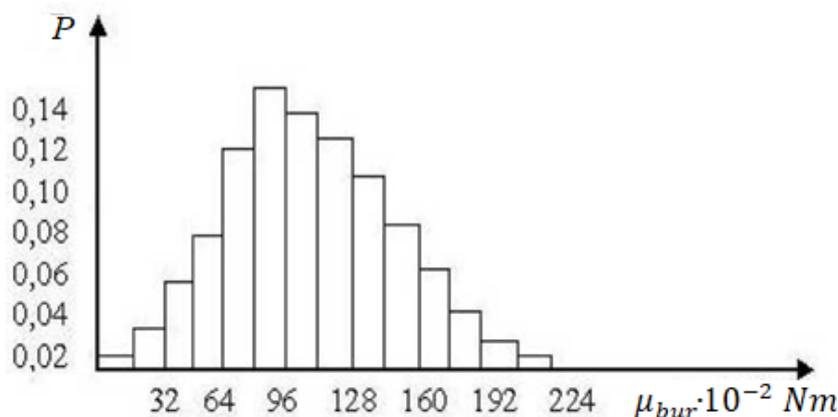
Lazerli ishlov berish yaxshilanish rejimi bo'yicha oldindan kombinatsion kukunli (C, Si, B) qoplama berilgan detallarda amalga oshirildi, bu ham tish o'zagining qattiqligini 50-54 HRC darajasida olish imkonini berdi. Lazerli ishlov berish natijasida diffuziya qatlamining umumiy qalinligi sirtning 65-67 HRC qattiqligida 0,3-0,4 mm ni tashkil etdi.

Hajmiy puxtalaydigan termik ishlov berilgandan so'ng tanlab olingan po'latning mexanik xossalari 20 °C haroratda statik kuchlanish sharoitida namunalarda tadqiq qilindi. Tishli uzatmalar uchun ham, shesternyalar uchun ham vaqtinchalik qarshilikning o'rtacha qiymati $\sigma_b = 925 \pm 10$ MPa, nisbiy cho'zilish esa $\delta = 13 - 15\%$ ni tashkil etdi. Hisoblashlar uchun normal elastiklik moduli $Y = 2 * 10^5$ MPa ga teng, Puasson koeffitsienti esa $\mu = 0,3$ ga teng deb qabul qilindi.



3-rasm. Puxtalanган qatlam qalinligi bo'yicha qattiqlikning taqsimlanishi

Ekspirimental qurilma sifatida stenddan foydalanilgan bo‘lib, uning tarkibiga aylanish tezligi sozlanadigan o‘zgarimas tokli elektr dvigateli va vallari o‘zaro kardan uzatmalar yordamida ulangan ikkita bir xil bir pog‘onali reduktorlar kiradi, uning kinematik sxemasi keltirilgan. Yuklanish xususiyatlari 4-rasmda ko‘rsatilgan.



4-rasm. Shesternyaning 320 ayl/min aylanish tezligida shesternya 1 va shesternya 2 da burovchi moment taqsimlanishining gistogrammasi

Maksimal ruxsat etilgan yeyilish qiymati texnik shartlarga muvofiq qabul qilinadi.

$H_{ch} = 4,7 \cdot 10^4$ m. Detal o‘lchamlarining boshlang‘ich og‘ishining o‘rtacha qiymati a_0 va tishlar profillarini tayyorlash xatoligining o‘rtacha kvadratik og‘ishi a_a qiymatlari ilashish qadamining og‘ishi uchun joizlik bo‘yicha aniqlandi, va $a_0 = 0$ qiymati va $a_a = 4,2 \cdot 10^5$ m qiymati olindi.

Yeyiladigan detalning o‘rtacha resursi quyidagi tenglama bo‘yicha aniqlandi:

$$T_{o/r,r} = \frac{R_{ch} - a_0}{v_{o/r}}, \quad (12)$$

Hisoblashlar shuni ko‘rsatdiki, $P(t) = 0,5$ da shesternya 1 ning o‘rtacha resursi taxminan 3000 soatni, tishli g‘ildirak 1 ning o‘rtacha resursi taxminan 17200 soatni, shesternya 2 ning o‘rtacha resursi taxminan 9000 soatni va g‘ildirak 2 ning o‘rtacha resursi esa taxminan 19400 soatni tashkil etdi.

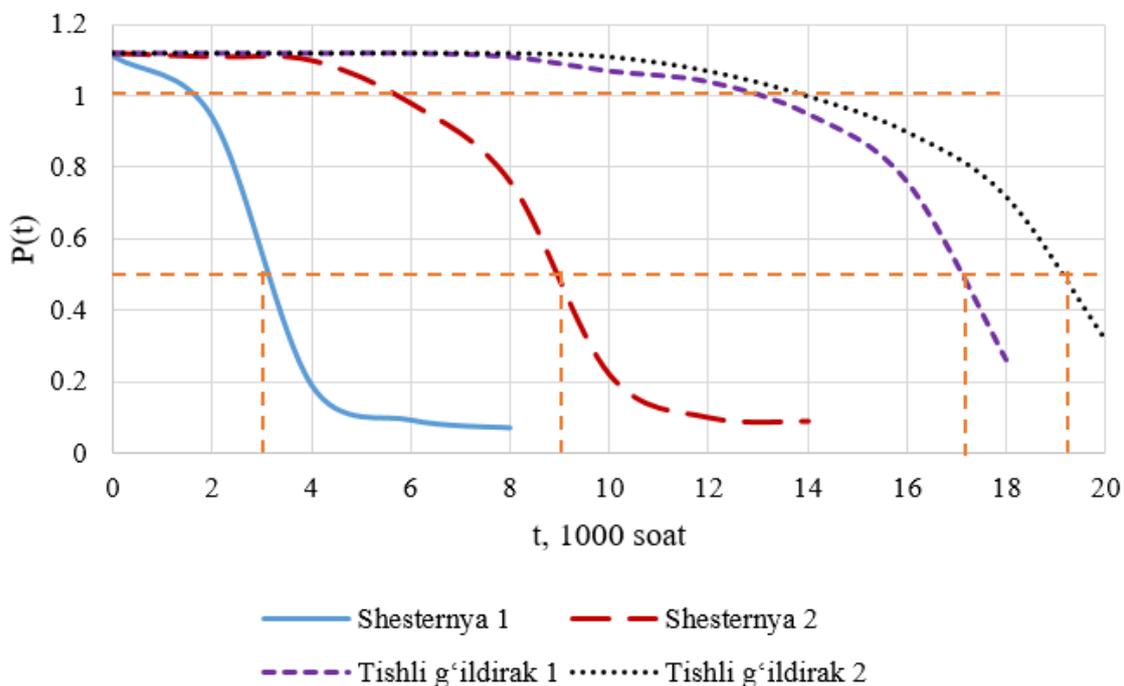
2-jadval

Hisoblangan parametrlarning o‘rtacha qiymatlari

Tishli ilashma	Yeyilish kattaligi, mm	Yeyilish tezligining o‘rtacha qiymati, m/s	Koeffitsient k , 1/MPa	Standart og‘ish
1- shesterna	0,5	$v_{o/r1} = 4,6 \cdot 10^{-11}$	$k_1 = 1,57 \cdot 10^{-12}$	$\sigma_{v1} = 1,2 \cdot 10^{-11}$
1-g‘ildirak	0,8	$v_{o/r2} = 7,4 \cdot 10^{-11}$	$k_2 = 2,54 \cdot 10^{-12}$	$\sigma_{v2} = 1,9 \cdot 10^{-11}$
2-shesterna	0,15	$v_{o/r1} = 1,4 \cdot 10^{-11}$	$k_1 = 0,48 \cdot 10^{-12}$	$\sigma_{v1} = 0,37 \cdot 10^{-11}$
2-g‘ildirak	0,7	$v_{o/r2} = 6,5 \cdot 10^{-11}$	$k_2 = 2,22 \cdot 10^{-12}$	$\sigma_{v2} = 1,7 \cdot 10^{-11}$

O‘tkazilgan tajriba va hisoblashlar natijasida olingan natijalarni umumlashtirib, tishli birikmalar inkorsiz ishlash ehtimolining chegaraviy yeyilishga erishish mezonini

bo'yicha ishlatish vaqtiga funksional bog'liqligini 5-rasmda ko'rsatilgan grafik shaklida taqdim etishimiz mumkin.



5-rasm. Tishli birikmalar inkorsiz ishlash ehtimolining chegaraviy yeyilishga erishish mezonini bo'yicha ishlatish vaqtiga funksional bog'liqligi

Grafikdan ko'rinib turibiki, tarkibida kompozitsion kukunli ishlov berilgan tishli g'ildirak va uning ustidan lazerli ishlov berilgan shesternyaga ega bo'lgan tishli ilashma, faqat termik ishlov berish orqali kompozitsion kukunli qoplamalangan detallardan iborat bo'lgan tishli uzatmaga qaraganda uzoqroq texnik resursga ega. Shuni ta'kidlash kerakki, har ikkala tishli uzatmalarda ham shesternyalar tishli g'ildiraklarga qaraganda tezroq yeyiladi.

Dissertasiyaning "**Tishli g'ildirakning tishlariga lazer nuri bilan termik ishlov berish ustida olib borilgan eksperimental tadqiqotlar**" deb nomlangan uchinchi bobida tishli g'ildirakka lazerli ishlov berishning tasnifi va xususiyatlari, tadqiqot ob'ektlari, tishli g'ildirakni tajriba-sinovi o'tkazish metodikasi, lazer nuri yordamida termik ishlov berish jarayoni uchun tavsiya etilayotgan jihozning asosiy texnologik parametrlari, lazerli ishlov berilgan tishli g'ildirakdagi ishqalanishdagi asosiy parametrlarni o'rganish ustida bajarilgan tadqiqotlar, lazerli termik ishlov berishdan keyin tishli g'ildirakning ishqalanish ko'effitsientini aniqlash, tishli g'ildirak mikrostrukturasi va fazalar tarkibini o'rganish usullari va bob bo'yicha xulosalardan iborat.

Tishli g'ildirak materiali 960-1000 °C dan past bo'lgan erish nuqtasiga ega, bu esa qoplama jarayonida yuzaga issiqlik ta'sirini kamaytirishga yordam beradi, ular sirtni qoplash jarayonida asosni yaxshi namlaydi, uning yuzasida oksid plyonkalarini eritadi. Kukun tarkibida bor va kremniyning qotishmalar elementlari mavjudligi o'z-o'zidan oqimga yordam beradi. Eritma yuzasida shishasimon qoplama hosil bo'ladi, bu eritmani havo bilan o'zaro ta'sir qilishdan himoya qiladi. Binobarin, sirtni qoplash

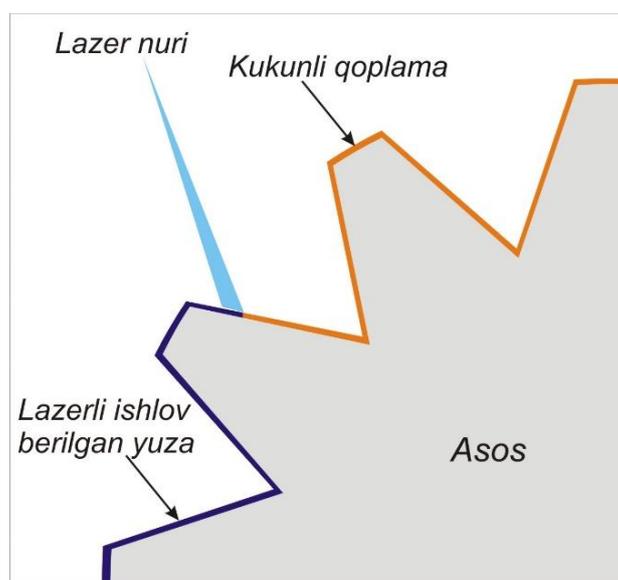
jarayonida eritmalar hovuzini atrof-muhitning salbiy ta'siridan maxsus himoya qilish talab qilinmaydi.

3-jadval

Cho'ktirilgan qoplamaning kimyoviy tarkibi

Element	C	Si	B	Fe	Al	Cr
Massaviy ulushi, %	0,3-0,6	1,2-3,2	1,7-2,5	3,2-5,0	0,8-1,3	3,9-14

Qo'shimcha material sifatida taxminan 0,3% uglerodni o'z ichiga olgan uglerodli konstruksion po'lat 30 (GOST 1050-2013) ishlatilgan. Ishda ikki bosqichli lazerli kukunli qoplama usuli qo'llanilgan. Oldindan qo'llaniladigan materialning sirtini qoplash amalga oshirildi (6-rasm).



6-rasm. Ikki bosqichli lazerli qoplama qoplash sxemasi

Dissertasiyaning “**Tishli g'ildirakni tishlariga lazer nuri bilan termik ishlov berishning to'liq omilli tajribasining statistik tahlili va iqtisodiy samaradorlik hisobi**” deb nomlangan uchinchi bobida tishli g'ildirakni lazer nurida termik puxtalashni to'liq omilli tajribasining statistik tahlili, Tishli g'ildirak tishlarini lazer nuri bilan puxtalash texnologiyasini qo'llashning iqtisodiy samaradorligini xisobi va bob bo'yicha kulosalari keltirilgan.

1.Rejalashtirish matritsasi tuzamiz:

S_u^2 tenglama bo'yicha qiymatlarni hisoblaymiz:

$$S_u^2 = (\bar{y}_{u1} - \bar{y}_u)^2 + (\bar{y}_{u2} - \bar{y}_u)^2, (u = 1,2,3,4,5,6,7,8) \text{ (6-jadval).}$$

5-jadval

Tajriba ma'lumotlari

N _o	x _n	Omilar	x _{max}	x _{min}	$\Delta = x_{min} - x_{max} $	$(x_{min} + x_{max}) / 2$
1	x ₁	W- lazer nuri quvvati (Vt)	2000	500	2500	1200
2	x ₂	h- Lazer kallagidan tishgacha bo'lgan masofa (mm)	100	5	95	52.5
3	x ₃	v – lazer kallagining surilish tezligi (mm/sek)	500	1000	500	1550

Kirish parametrlarining o'zgarishi natijalari

№	Omillar			Tajriba natijalari			
	W, X ₁	h, X ₂	v, X ₃	\bar{y}_{i1}	\bar{y}_{i2}	\bar{y}_u	S_u^2
1	-	-	-	948	978	963	214.9
2	+	-	-	387	417	402	213.3
3	-	+	-	465	409	437	808.9
4	+	+	-	311	373	342	963,6
5	-	-	+	1095	897	996	9864.5
6	+	-	+	413	427	420	45.9
7	-	+	+	440	460	450	99.2
8	+	+	+	373	335	354	344,7

Omillarga bog'liq bo'lgan holda tishli g'ildirak tishlarini lazer nuri yordamida puxtaligini oshirish jarayoni tahlili SOLIDWORKS, MATLAB kabi amaliy dasturiy paketlardan foydalangan holda amalga oshirildi.

Biz g'ildirak tishlarini mustahamlilik ko'rsatkichiga cheklanish berdik va tishlarining mustahamligini muayyan ko'rsatkichiga mos keladigan W- lazer nuri quvvati, h- lazer kallagidan arragacha bo'lgan masofa hamda v- lazer kallagini g'ildirak tishlari bo'ylab surilish tezligi ko'rsatkichlarida ishlov berish samaradorligining maksimal qiymatlarini hisoblash, solishtirish va tahlil qilish yo'li bilan W- lazer nuri quvvati, h- lazer kallagidan tishgacha bo'lgan masofaning quyidagi ratsional qiymatlarini qabul qildik: W = 100 Vt; h = 5 mm; v = 1600 m/s.

Tishli g'ildirak tishlarini lazer nuri bilan puxtalash texnologiyasini qo'llashning iqtisodiy samaradorligini xisoblash.

Lazer uskunasi hozirgi bozor narxi 120 mln.so'mni tashkil etadi. Uning xizmat qilish muddati 10 yilni tashkil etishini inobatga oladigan bo'lsak, unda keltirilgan harajatlardagi me'yorlik koeffitsiyentiga ko'paytirib bir yil uchun keltirilgan harajatni aniqlaymiz.

$$E_y = 713643840 - 120000000 = 59,364384 \text{ so'm}$$

Shunday qilib takomillashtirilgan mehnat vositasida lazer nuri ostida puxtalash yo'li bilan qayta ishlangan mustahkam tishli g'ildirakdan foydalanishning yillik iqtisodiy samardorligi 59,364 mln. so'mni tashkil qiladi.

UMUMIY XULOSA VA TAVSIYALAR

Yengil sanoat korxonalarida jihozlarida qo'llanib kelinayotgan yupqa devorli tishli g'ildiraklar konstruksiyasi, ularning asosiy parametrlari, mustahkamligi, bikirligi kabi parametrlar bo'yicha bajarilgan ilmiy izlanishlar tahlil qilindi.

Hozirgi kunda izlanuvchi va olimlarimiz tomonidan bajarilgan ilmiy-tadqiqot ishlarida tishli g'ildiraklarning o'lchamlari, joylashish, uning samaradorligini oshirish va boshqa ko'rsatkichlarini takomillashtirish maqsadida, tishli g'ildiraklar

konstruksiyalari, ularning afzalliklari va kamchiligi o'rganib chiqilgan va samarali yo'nalishlar tavsiya etilgan.

Tishli g'ildiraklar tishlarining sinishi va ularning egilishi oqibatida texnologik jarayon sifatiga salbiy ta'siri hamda tishli g'ildiraklarning ish muddati juda qisqa bo'lib zamon talabi darajasida emasligini inobatga olib:

1. Ushbu ishda tavsiya etilgan tishli g'ildiraklarni mustahkamlash usuli qo'llanilishi mumkin va muayyan sharoitlarda qo'llanilishi kerak.

2. Lazerli termik mustahkamlash usuli bilan mahalliy toblash tishli g'ildiraklarning mexanik xususiyatlarini yaxshilashi mumkin. Ishda yetkazib berish holatida qattiqligining boshlang'ich qiymatlari 50-54 HRC gacha bo'lgan tishli g'ildiraklarning tutashish sirti qattiqligini 65-67 HRC gacha yetkazishga erishish imkoniyatini ko'rsatdi.

3. Solishtirma nurlanish energiyasi kesilayotgan materialning qalinligi oshishi bilan monoton ravishda kamayadi. Biroq, o'lgangan P qiymat hisoblanganidan kattaroq. Katta qalinlikdagi tayyorlanmalarni kesishda solishtirma nurlanish energiyasining pasayishi kislorod oqimidan samaraliroq foydalanish bilan bog'liq bo'lishi mumkin, deb faraz qilish mumkin.

4. Hisoblashlar shuni ko'rsatdiki, lazer nurida puxtalangan tishli g'ildirak bilan bog'langan tishli g'ildirakning texnik resursi, har ikkala detal ham toblab bo'shatilgan tishli uzatmadagi g'ildirakning resursidan deyarli 12% ga yuqori. Shunday qilib, ishqalanish juftligining yuqori yeyilishga chidamliligi va umrboqiyiligiga erishildi. Sirtni puxtalashning ushbu texnologiyalari ishchi sirtning qattiqligi bo'yicha tishli ilashma detallarining optimal birikmasini olish imkonini berdi va shu bilan butun tishli uzatmaning resursini sezilarli darajada oshirdi.

5. Turli rejimlarda sirt qatlamlarini lazer bilan modifikatsiyalashda lazer kukuni bilan qoplash va keyinchalik yuqori tezlikda qayta kristallanish natijasida olingan Cr-B-Si qoplamalarining tribologik xususiyatlari, mikro tuzilishi, mikroqattiqligi, fazaviy tarkibi bo'yicha tadqiqotlar o'tkazildi. Cr-B-Si qoplamasining mikrostruktura parametrining aşınma qarshilik xususiyatlariga ta'sir qilish sxemasi aniqlandi. Ishqalanishga bardoshli Cr-B-Si qoplami qoplash yaratildi va qoplamaning yeyilishga qarshiligini miqdoriy baholash uchun muhandislik usuli taklif qilindi, mikro tuzilmaning xususiyatlaridan kelib chiqqan holda - uning qiymati (dendritik parametr) aniqlandi.

6. Qoplama qoplangan tishli g'ildirak tishlarida lazerli Cr-B-Si qoplamasiga xos bo'lgan yuqori dispersli dendritik struktura hosil bo'ldi. Qoplamaning fazaviy tarkibi (75%) va evtektikaning bir qismi bo'lgan fazasi (25%) asosidagi o'ta to'yingan g-qattiq eritmadir. Har xil rejimlarda yotqizilgan qoplama yuzasini lazer bilan o'zgartirish, faza tarkibiga sezilarli ta'sir ko'rsatmasdan, strukturaning tarqalishiga va mikroqattqlikka ta'sir qildi. Kristallanish jarayonida qotishmaning sovutish tezligi oshishi bilan dendritik parametrning qiymati pasayadi va qoplamaning mikroqattiqligi oshadi.

7. Tishlarni yuzaki qoplama va keyingi lazerli modifikatsiyadan so'ng, o'rganilayotgan mexanik yuklar oralig'ida ishqalanish koeffitsientining o'xshash qiymatlari 0,49 dan 3,92 mN gacha bo'lgan yuk ortishi bilan ishqalanish koeffitsienti qiymati xuddi shu qonunga muvofiq kamayadi; Ishqalanish koeffitsientining yukga

bog'liqligi tabiati Cr-B-Si qoplamasi - po'latdan yotqizilgan ishqalanish juftining yopishqoq o'zaro ta'sirining ustunligini isbotlaydi.

8. Tish tishli g'ildirakning tish sirtini lazer bilan o'zgartirish tishlarini eyilishga qarshiligiga sezilarli ta'sir ko'rsatdi. Dendritik parametr d qiymati 1,9 marta (8,04 mkm dan 4,25 mkm gacha) kamayganda eskirish tezligi va hajmli eskirish tezligi 3,8-3,9 martaga kamayadi.

9. O'tkazilgan ko'p omilli statistic tahlil natijalariga asosan g'ildirak tishlarini mustahamlilik ko'rsatkichiga cheklanish berdik va tishlarining mustahamligini muayyan ko'rsatkichiga mos keladigan W - lazer nuri quvvati, h - lazer kallagidan arragacha bo'lgan masofa hamda v - lazer kallagini g'ildirak tishlari bo'ylab surilish tezligi ko'rsatkichlarida ishlov berish samaradorligining maksimal qiymatlarini hisoblashda quyidagi ratsional qiymatlarini qabul qildik: $W = 100 \text{ Vt}$; $h = 5 \text{ mm}$; $v = 1600 \text{ m/s}$.

10. Tavsiya etilgan tishli g'ildiraklarni puxtalashni ishlab chiqarishga tadbiq etilganda 1 ta jihozdagi tishli g'ildirakni lazer kurida puxtalashning yillik iqtisodiy samardorlik 59,364 mln so'mni tashkil qiladi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.09.2023.Т.66.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАМАНГАНСКОМ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

**НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ШАХРИСАБЗСКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО ХИМИКО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА**

ЭЛМАНОВ АББОС БЕГМАТ УГЛИ

**ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗА СЧЕТ ОБРАБОТКИ
РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ЛАЗЕРНЫМ ЛУЧОМ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Наманган – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей Аттестационной Комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2024.1.PhD/T4451.

Диссертация выполнена в Наманганском инженерно-технологическом институте и Шахрисабзском филиале в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайте Наманганского инженерно-технологического института (www.nammti.uz) и на информационно-образовательном портале “Ziynet” (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Мирзаумидов Асилбек Шухратжонович
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Эргашев Илхом Олимжонович
доктор философии по техническим наукам (PhD),
доцент

Рустамов Рахматали Муродович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

**Термезский государственный университет
инженерии и агротехнологий**

Защита диссертации состоится «18» января 2025 года в 10:00 часов на заседании Научного совета PhD.03/30.09.2023.Т.66.01 при Наманганском инженерно-технологическом институте. (Адрес: 160115, г. Наманган, ул. Касансайская, 7 дом, Административное здание Наманганского инженерно-технологического института, малый зал конференции. Тел.: (69)228-76-68, факс: (69) 228-76-75; e-mail: niei_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно-технологического института (зарегистрирована под №348). (Адрес: 160115, г.Наманган, ул.Касансайская, дом 7, тел.: (69)228-76-68).

Автореферат диссертации разослан «3» января 2025 года.
(Реестр протокола рассылки №23/4 от «30» ноября 2024 года).

А.М.Махкамов

Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, доцент

Ш. А.Махсудов

Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней доктор философии по техническим наукам, доцент

Н.М.Сафаров

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мировой текстильной и легкой промышленности виды современных швейных изделий расширяются, а также быстро растет спрос на них. Использование энергоресурсоэффективных технологий и оборудования для производства современной конкурентоспособной продукции занимает одну из лидирующих позиций. Объем производства мирового рынка текстильной и легкой промышленности по сравнению с 2020 годом прогнозируется к 2025 году на уровне 26,2%, а среднегодовые темпы роста – 6,2%. Для этого необходимо внедрить на практике машины и методы, реализующие рабочий процесс в данной отрасли. В связи с этим производство различных видов одежды занимает особое место в текстильной и легкой промышленности, а лидерами являются такие страны, как Турция, Италия, Россия, Франция, Китай. С этой точки зрения важно использовать энергоресурсосберегающие технологии и технические средства и устройства, чтобы качество и производительность выпускаемой продукции в промышленных масштабах были технически и экономически эффективными.

В целях обеспечения эффективности оборудования при производстве продукции текстильной и легкой промышленности в мире ведется научно-исследовательская деятельность, направленная на разработку новых научно-технических решений ресурсосберегающих технологий и технических средств. В связи с этим обеспечение продления срока службы зубчатых передач, в том числе малогабаритных, которые являются основными внутренними деталями машин и оборудования, является одной из важнейших задач с точки зрения сроков и качества. Особое внимание уделено разработке энергоресурсосберегающих режимов, направленных на предотвращение разрушения зубьев зубчатых колес, эрозии наружного слоя трения, а также обоснованию его технологического процесса, режимов работы и параметров.

В нашей республике реализуются масштабные меры по разработке ресурсосберегающих техники и технологий, которые позволяют снижать затраты труда и энергии, экономить ресурсы, а также продлевать срок эксплуатации и межремонтный период оборудования в текстильной и легкой промышленности, и достигаются определенные результаты. В Указе Президента от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы»¹, а также в Постановлении от 31 мая 2022 года № ПП-266 отмечены меры по созданию специальной промышленной зоны «Специальный промышленный хаб машиностроения и электротехники»² и обозначен ряд задач.

В рамках реализации этих задач большое значение придается совершенствованию реформ, направленных на развитие машиностроения, электротехники, текстильной и легкой промышленности в соответствии с современными стандартами. Особое внимание уделяется переработке местных

¹ Указ Президента Республики Узбекистан, от 28.01.2022 г. № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы»

² Постановление Президента Республики Узбекистан, от 31.05.2022 г. № ПП-266 “О внесении изменений в постановление Президента Республики Узбекистан от 27 мая 2021 года № ПП-5128 «О мерах по организации особой промышленной зоны «Специальный промышленный хаб машиностроения и электротехники»”

сырьевых ресурсов, организации производства конкурентоспособной продукции для рынков импортозамещения и экспорта, созданию полной цепочки производственных процессов, формированию инвестиционной привлекательности, внедрению высокотехнологичных и современных инвестиционных проектов, созданию новых рабочих мест и повышению благосостояния населения регионов.

Указ Президента Республики Узбекистан от 21 января 2022 года № УП-53 “О мерах по стимулированию глубокой переработки, производства и экспорта готовой продукции с высокой добавленной стоимостью текстильными и швейно-трикотажными предприятиями”, Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 28 ноября 2017 года № 93 “Об утверждении Положения о порядке формирования и использования средств Фонда развития текстильной и швейно-трикотажной сферы Ассоциации «Узтукимачиликсаноат», Постановление Президента Республики Узбекистан от 28 ноября 2017 года № PQ-3408 “О мерах по кардинальному совершенствованию системы управления хлопковой отраслью”, Постановление Кабинета Министров от 31 марта 2018 года № 253 “О дополнительных мерах по организации деятельности хлопково-текстильных производств и кластеров”, а также задачи, указанные в иных нормативных правовых документах, связанных с данной деятельностью, и исследования, проведенные по данной диссертации, служат в определенной степени реализации поставленных задач.

Соответствие исследования приоритетам развития науки и техники республики. Данное исследование выполнено в рамках приоритетного направления развития науки и технологий республики II “Энергетика, энергоресурсоэффективность”.

Степень изученности проблемы. Основной проблемой в работе зубчатого колеса является различное динамическое натяжение колесных пар, недостаток смазочного масла между соответствующими поверхностями, вызывающий повышение температуры, разрушение поверхностных твердых пленок оксидов, образование между контактирующими зубами образуется адгезионная связь. Работа на высоких скоростях при больших нагрузках вызывает различные виды механических повреждений зубьев шестерни.

Среди зарубежных ученых по этой теме Н.Г. Басов, А.М. Прохоров (Россия), Ч.Х. Молекулярный квантовый генератор (мазер) был создан такими учёными, как Таунс (США). Совместное открытие этих ученых принесло им Нобелевскую премию по физике в 1964 году. Их исследования открыли новые перспективы в области квантовой механики и электромагнитного излучения. В частности, квантовые усилители (мазеры) и их последующее преобразование в лазеры ускорили развитие науки и техники. Т.Г. Созданы монохроматические лазеры как по мощности, так и по рабочей области спектра, что свидетельствует о большом развитии этой области науки. Д.Н. Решетова, Д.Мягкова, П.И. Иванов, Б.С. Ряховский, И.Д. Барбаш, С.А. Кудрявцева, Р.З. (Россия) и другие. главный из ученых Теоретические и экспериментальные научные исследования направлены на решение этих проблем.

В нашей республике вопросы совершенствования техники и технологий для повышения срока службы и надежности зубчатых передач, разработки методов расчета и проектирования зубчатых колес, а также их оптимизации нашли отражение в исследованиях ряда ученых, таких как И. Сулейманов, Р.Н. Тожибоев, Б.А. Пронин, М.М. Шукуров, А.Д. Джураев, Н.Н. Мухитов, Д.Х. Мирахмедов, Г.И. Мирошниченко, Б.М. Мардонов, П.Н. Тютин, Р.Г. Махкамов.

В результате проведенных исследований разработанные технологии и методы нашли применение в таких отраслях, как сельское хозяйство, авиация, машиностроение и ряде других промышленных сфер, достигнув определенных положительных результатов. Однако в текстильной и легкой промышленности, где зубчатые колеса малого размера, являющиеся одними из основных механизмов оборудования, подвергаются наибольшему износу и имеют ограниченный срок службы, недостаточно исследований, направленных на разработку ресурсоэкономичных методов обработки рабочих поверхностей и обоснование их параметров.

Связь диссертационного исследования с научными планами вуза, в котором выполняется диссертация. Диссертационное исследование выполнено на основании договора №03/25-2804 (2024 год), заключенного с ООО «OQSAROY TEXTILE» в рамках плана научно-исследовательской работы Наманганского инженерно-технологического института и Шахрисабзского филиала Ташкентского химико-технологического института.

Цель исследования: Целью является разработка эффективных решений применяемого оборудования для повышения долговечности зубьев шестерен путем полировки зубьев с помощью лазерного света, а также обоснование его параметров и режимов работы.

Задачи исследования.

Анализ условий эксплуатации зубчатых колес, срок их службы и причины выхода из строя в производственных условиях;

Проведение теоретических исследований износа зубчатых колес на основе критериев их изнашиваемости;

Разработка математической модели технологических процессов упрочнения зубчатых колес с использованием лазерного излучения;

Проведение производственных испытаний зубчатых колес с повышенной прочностью, упрочненных с использованием технологии лазерного излучения;

Определение рабочего ресурса, экономической себестоимости и эффективности зубчатых колес, упрочненных лазерной обработкой, в результате технологического процесса;

Внедрение предложенных зубчатых колес, упрочненных с использованием лазерного излучения, в производство.

Объектом исследования являются малогабаритные, тонкостенные зубчатые колеса, используемые в оборудовании легкой промышленности.

Предметом исследования являются аналитические зависимости и математические модели, описывающие процесс обработки тонкостенных зубчатых колес лазерным излучением, комбинации порошковых покрытий,

параметры, характеристики и режимы работы оборудования, а также закономерности изменения этих показателей.

Методы исследования: В процессе исследования использовались теоретические и практические методы упрочнения зубчатых колес с использованием лазерного излучения. Для разработки модели технологических остаточных напряжений применялись термодинамические законы необратимых процессов, теория дислокаций, физика твердых тел, теория вязкости и пластичности, а также гипотезы прочности и разрушения твердых тел. При выполнении теоретических исследований широко использовались законы математики, физики и высшей математики.

Научная новизна исследования.

С целью повышения твердости и коррозионной стойкости рабочей поверхности зубчатого колеса определены оптимальные значения пропорций элементов композиционного порошкового покрытия и математическая модель обеспечения параметров лазерного устройства в соответствии с ними. Ценности разработаны;

Разработана технология установки лазерного устройства по геометрическим и механическим параметрам, теплораспределению и технологическим режимам обрабатываемой детали, позволяющая повысить ее допуск при обработке зубчатых колес с помощью лазерного луча;

На основе механических свойств тонкостенных зубчатых колес и автоматической технологии рабочего ресурса определены закономерности изменения показателей механической прочности, износостойкости и деформационной стойкости с учетом конструктивных особенностей и технологических процессов;

Разработаны оптимальные параметры процесса охлаждения зубчатых колес лазерным излучением, закономерности повышения износа и нагрузочной способности тонких зубчатых колес, а также зависимость виброопасности от технологической стойкости на основе лазерного излучения.

Практические результаты исследования:

Разработаны новые технологии обработки поверхностных слоев зубьев зубчатых колес с использованием лазерного излучения, основанные на определении оптимальной глубины обработки и технологических параметров лазерного излучения для улучшения механических свойств материала;

Создана технология лазерной обработки, позволяющая повысить твердость поверхности зубчатых колес с 50–54 HRC до 67–69 HRC, что значительно увеличивает их износостойкость. Технология успешно прошла испытания на практике;

Разработана энергосберегающая автоматизированная система управления, обеспечивающая контроль термических и механических изменений в режиме реального времени в процессе лазерной обработки. Эта система увеличивает срок службы зубчатых колес в 2,5 раза и удлиняет межсервисный интервал;

Для использования в производственных условиях разработаны технические рекомендации по оптимальной дистанции и интенсивности лазерного излучения. Технология лазерной обработки внедрена на практике, обеспечив годовую экономическую эффективность в размере 59 миллионов 364 тысяч сумов.

Достоверность результатов исследований. Достоверность результатов данного исследования, совместимость теоретических и экспериментальных исследований, то, что исследования проводились с использованием измерительных инструментов и современных методов, а также положительные результаты испытаний зубчатого колеса, доработанного с помощью лазерного света. разработан на основе таких исследований и основан на его внедрении на практике.

Научная и практическая значимость исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в математическом моделировании процесса обработки зубьев зубчатых колес лазерным излучением и изучении его технологических параметров. Разработанная математическая модель позволила определить влияние лазерного излучения на глубину обработки и твердость поверхности, что обеспечило возможность определения оптимальных технологических условий. Исследованы микроструктурные изменения поверхности при использовании комбинации лазера и порошкового покрытия, что доказало повышение износостойкости и механической прочности материала. В процессе исследования была внедрена автоматизированная система управления, которая обеспечила контроль и оптимизацию параметров лазерной обработки.

Практическая значимость результатов исследования заключается во внедрении лазерной технологии обработки зубьев зубчатых колес, что позволило повысить качество и эффективность данного процесса. Данная технология успешно прошла испытания на производстве, включая предприятие ООО «OQSAROY TEXTILE», где была доказана ее экономическая эффективность. Кроме того, использование автоматизированных систем управления на производстве позволило точно контролировать воздействие лазерного излучения и обеспечило гибкость обработки зубчатых колес различных конструкций. Эти результаты имеют важное значение для широкого применения в промышленных предприятиях и повышения качества выпускаемой продукции.

Внедрение результатов исследований.

На основе полученных результатов обоснования параметров процесса и режимов работы для обработки рабочих поверхностей зубьев шестерен с использованием лазерного луча:

Нормативные документы в виде «Технических условий» для шестерен с упрочненными зубьями, обработанными лазерным лучом, внедрены на предприятии «OQSAROY TEXTILE» ООО (согласно справке № 03/05-2804 Ассоциации «Узтекстильпром» Республики Узбекистан от 21 октября 2024 года).

В результате создана возможность производства энерго- и ресурсосберегающих шестерен с увеличенным в 2,5 раза сроком службы для повышения износостойкости рабочих поверхностей шестерен. Кроме того, благодаря повышению прочности зубьев, обработанных лазерным лучом, достигнуто снижение вероятности поломки зубьев до 3,5%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 6 научно-технических конференциях, включая 3 международные и 3 республиканских научно-практических конференций.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 17 научных работ, из них 11 статей в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание степени доктора философии. Из них 8 статей опубликовано в республиканских журналах и 3 статьи в зарубежных изданиях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованных источников и приложений. Общий объем диссертации составляет 114 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В **введении** диссертационной работы обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, выявлено соответствие исследования перспективным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Приведены результаты исследования, научная новизна работы, обоснована достоверность полученных данных, а также данные о внедрении результатов в практику. Освещены теоретическая и практическая значимость работы, результаты апробации, опубликованные работы и структура диссертации.

В первом разделе диссертации, под названием **“Основы термической обработки деталей машин лазерным излучением и ее перспективы”**, рассмотрены методы лазерной техники исследования, сенсоры, а также проведен анализ научных работ узбекских ученых, занимавшихся лазерной обработкой. В разделе также представлена краткая информация о технологии лазерной обработки, конструкции лазеров и принципах их работы, а также результаты экспериментов, проведенных в производственных условиях, которые выявили причины и виды отказов зубчатых колес. В конце раздела подведены соответствующие выводы.

Во втором разделе диссертации, под названием **“Теоретические основы лазерной термической обработки зубьев зубчатых колес”**, рассмотрено улучшение свойств поверхности зубьев зубчатых колес с использованием лазерной обработки. Разработана математическая модель лазерной термической обработки зубчатых колес из стали, рассмотрены методы лазерного термического упрочнения поверхности зубьев, расчет срока службы зубчатых колес по критериям износостойкости. В разделе также приводятся выводы по результатам проведенных исследований.

Лазерные технологии могут основываться не только на высокой плотности мощности, но и на нелинейных процессах (неэффективное поглощение в слабопоглощающих средах), а также на высоких фотонных плотностях, что важно для селективных технологий, таких как химические и биомедицинские технологии. В области фокуса луча могут использоваться сильные и сверхсильные электромагнитные поля. В последнее время появились технологии, использующие световое давление (манипуляции с микрочастицами, атомно-молекулярное сцепление — лазерная ловушка). Это давление на поверхности связано с нормальным падением луча, которое можно выразить

через уравнение $P_{light} = \varepsilon(1 + R)$, здесь, ε - объемная плотность энергии излучения, а R - коэффициент отражения поверхности.

Когда лазерное излучение падает на поверхность материала, часть излучения отражается, а другая часть проникает в материал и поглощается.

Распространение излучения в материале обычно описывается законом Бугера:

$$q(x) = q_0(1 - R) \exp(-\alpha x)$$

здесь $q(x)$ - плотность мощности излучения на расстоянии x от поверхности материала; q_0 - плотность мощности падающего излучения; R - коэффициент отражения поверхности; α - коэффициент ослабления света в материале. При поглощении излучения материал нагревается. Существуют режимы нагрева материала, соответствующие сильному (поверхностному) и слабому (объемному) поглощению излучения.

При этом глубина проникновения излучения обычно гораздо меньше характерной величины теплопроводности материала, то есть $1/\alpha \ll \sqrt{a\tau}$, где τ - время воздействия излучения, а a - теплопроводность материала.

На практике, при определении основных параметров процесса часто не требуется точно решать задачи теплопередачи, вместо этого достаточно предположить предельную плотность мощности излучения q_n (или предельную мощность P_n , предельную энергию W_n). Пределом мощности излучения называется величина, при которой в облучаемом материале происходят определенные изменения. Теоретически, величина q_n определяется как плотность мощности падающего излучения q_0 , при которой максимальная температура обрабатываемого материала достигает значения T_* , соответствующего началу процесса (например, температура кипения материала, если это его испарение).

В конце воздействия, в области с радиусом r_0 , можно вычислить температуру на поверхности тела в центре облучаемой области с помощью выражения, которое определяет начальные характеристики. В режиме сильного поглощения излучения для этого выражения можно использовать:

$$T = \frac{2q_0(1-R)\sqrt{a\tau}}{k} \left(\frac{1}{\sqrt{\pi}} - ierfc \frac{r_0}{2\sqrt{a\tau}} \right) + T_N, \quad (1)$$

$$T = \frac{2q_0(1-R)r_0}{k} + T_N, \quad (2)$$

Для излучения в режиме объемного поглощения

$$T = \frac{2q_0(1-R)\tau}{\rho c \delta} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{r_0^2}{4a\tau}\right) - \frac{r_0^2}{4a\tau} Ei\left(-\frac{r_0^2}{4a\tau}\right) \right\} + T_N, \quad (3)$$

здесь δ - это глубина проникновения света в материал (для поглощения по Бугеру $\delta = 1/\alpha$ - интегральная функция поглощения); T_N - начальная температура.

(3) выражение имеет два специальных случая: а) когда $r_0 \gg \sqrt{a\tau}$

$$T = \frac{2q_0(1-R)\tau}{\rho c \delta} + T_N$$

б) когда $r_0 \ll \sqrt{a\tau}$

$$T = \frac{2q_0(1-R)r_0^2}{4k\delta} \ln\left(19,4 \frac{a\tau}{r_0^2}\right) + T_N \quad (4)$$

здесь k - теплопроводность материала.

В ряде технологических процессов лазерной обработки используется сканирование обрабатываемой поверхности лазерным лучом. При этом результаты тепловой обработки зависят от скорости сканирования V_{sk} .

Когда источник лазерного излучения движется с высокой скоростью, то $\frac{V_{sk}r_0}{a} \gg 1$ - радиус облученной области, а a - теплопроводность материала. В этом случае максимальная температура на поверхности материала при интенсивном поглощении излучения может быть выражена следующим образом:

После выполнения некоторых математических операций температура на поверхности, достигающая температуры кипения, определяется через насыщенное давление пара T , которое для этого случая можно найти, используя специфическую форму уравнения Клаузиуса-Клапейрона. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона в этом контексте может быть записано как:

$$P_T = P_0 \frac{T}{T_0} \exp\left[\frac{L_b^m \mu}{R_G T_0} \left(1 - \frac{T_0}{T}\right)\right] \quad (5)$$

где, L_b^m — скрытая теплота испарения для единицы массы материала, а P_0 — насыщенное давление пара при температуре T_0 (например, для температуры кипения $T = T_Q$, при которой $P_0 = 10^5$ Па).

Определение температуры материала, подвергшегося лазерному излучению, и расчет на этой основе скорости испарения позволяют получить интегральные характеристики процесса обработки и определить необходимые параметры режима обработки.

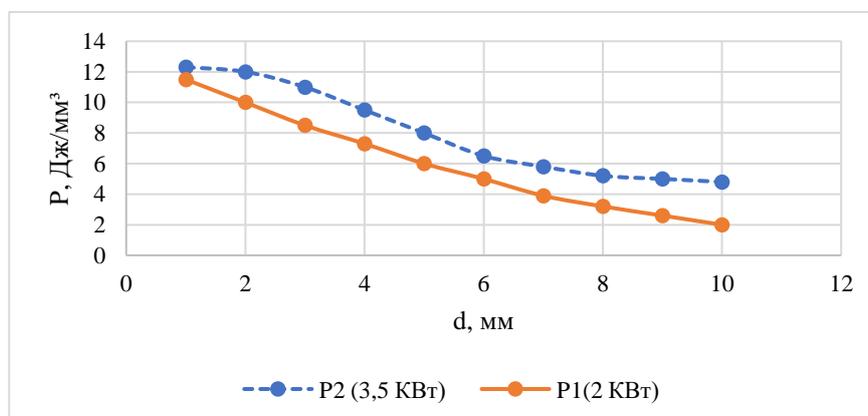


Рис. 1. Зависимость необходимого расхода энергии от толщины металла при различных мощностях излучения

В некоторых случаях тепловая модель воздействия излучения может быть недостаточной для правильного рассмотрения процессов лазерных технологий.

Термальное упрочнение зубьев зубчатых колес с помощью лазерного излучения. В ходе ряда экспериментов по лазерному термическому упрочнению было достигнуто значительное увеличение твердости образцов (в начальном состоянии около 30 HRC). После обработки зубьев зубчатых колес, выполненных с покрытием из порошковых материалов, твердость увеличивается до 55–57 HRC на глубине до 2800 мкм. Однако проблемы, такие как время работы и износ, остаются открытыми и требуют решения в ходе дальнейших испытаний.

Для материалов с сильным поглощением (например, металл) если размер облученной области r_0 значительно больше толщины нагретого слоя ($(r_0 \gg \sqrt{at})$, где a - теплопроводность материала, t - продолжительность воздействия излучения), выражение для температуры материала принимает следующий вид:

$$T(x, t) = \frac{2q_0(1-R)\sqrt{at}}{k} \operatorname{ierfc} \frac{x}{2\sqrt{at}} + T_H \quad (6)$$

где: q_0 - плотность мощности падающего излучения на поверхность материала, R - коэффициент отражения, T_H - начальная температура материала, k - теплопроводность материала, t - время, отсчитываемое с начала воздействия излучения, x - координата вдоль направления нормали к поверхности (где $x = 0$ соответствует поверхности).

Это выражение (10) позволяет определить скорость нагрева и температурный градиент в материале.

После завершения воздействия излучения ($t \geq \tau$) распределение температуры в материале можно описать следующим образом:

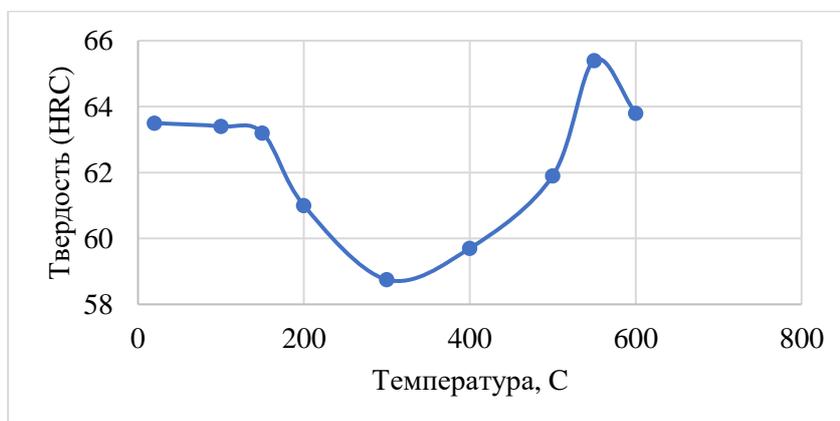


Рис. 2. Твердость шестерен в зависимости от температуры отжига (при температуре 400-600 °C)

$$T(x, t) = (T_0 - T_H) \sqrt{\frac{\pi}{\tau} \left[\sqrt{t} \operatorname{ierfc} \frac{x}{2\sqrt{at}} - (\sqrt{t - \tau}) \right]}, \quad (7)$$

здесь T_0 - температура поверхности материала после завершения воздействия излучения. Выражение (7) позволяет определить скорость охлаждения материала (рис. 2).

Известно, что для конструкционных сталей, чем выше твердость, тем выше сопротивление усталостному разрушению, и при количестве циклов нагрузок

$N = 10^7$ отношение предельной усталостной прочности (σ_{-1}^k) к твердости поверхности (H) остается постоянным и может быть выражено как:

$$\sigma_{-1}^k = k \cdot HRC \quad (8)$$

где k - коэффициент, зависящий от твердости поверхности и вида армирующей обработки.

Например, для композитных порошковых покрытий (С, Si, В) и термически обработанных сталей с твердостью поверхности от 50 до 54 HRC, предел прочности сцепления по ГОСТ 21354-87 установлен на уровне 53 HRC.

Для оценки износа деталей в процессе эксперимента можно использовать функциональную зависимость вероятности выхода из строя детали от ее времени работы. Эта зависимость была получена на основе модели постепенного разрушения, предложенной А.С. Прониковым, основным расчетным параметром которой является скорость износа.

Согласно этой методике, процесс износа описывается следующими линейными зависимостями:

$$N = \alpha_0 + vt, \quad (9)$$

где: N - величина износа по направлению нормали к рабочей поверхности, м;

α_0 - начальное уменьшение размера детали, м;

v - скорость износа, м/с;

t - время работы соединения, с.

Если случайные переменные α_0 и v распределены по нормальному закону, то для каждого значения времени t параметр N также будет распределяться по нормальному закону. В таком случае вероятность отказа соединения, соответствующая времени работы t , может быть определена следующей формулой:

$$P(t) = 0,5 + F\left(\frac{H_{ch} - \alpha_0 - v_0 t}{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_v^2 t^2}}\right), \quad (10)$$

где: H_{ch} - установленное или определенное значение предела износа в случае нормальной эксплуатации соединения;

σ_a - среднеквадратическое отклонение размеров детали по оси нагрузки для рассматриваемого размера;

σ_v - среднеквадратическое отклонение скорости износа.

Для вычисления максимального давления по методу Герса используется формула:

$$P_m = 0,564 \sqrt{\frac{N_e}{\theta_t r_{kel}}}, \quad (11)$$

где: P_m - максимальное давление по Герсу, МПа;

N_e - сравнительное нормальное нагрузочное значение, Н/м;

θ_t - эластическая постоянная для состояния соединения, м²/Н;

r_{kel} - радиус кривизны, м.

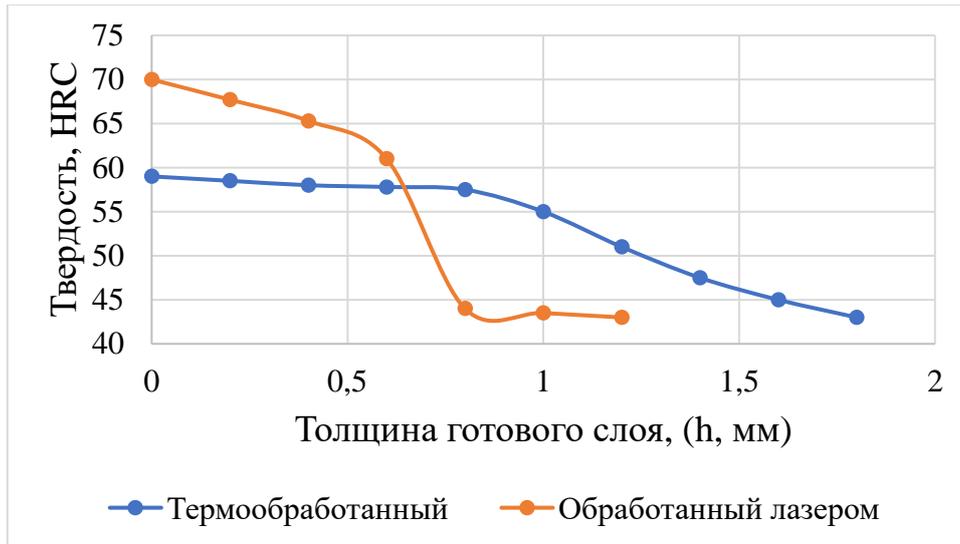


Рис. 3. Распределение твердости по толщине полированного слоя

Лазерная обработка с улучшением режима была проведена на заранее подготовленных деталях с порошковым покрытием (С, Si, В), что позволило получить твердость зубьев на уровне 50-54 HRC. В результате лазерной обработки общая толщина диффузионного слоя составила 0,3-0,4 мм при твердости на поверхности от 65 до 67 HRC.

После объемного термического упрочнения механические свойства выбранной стали были исследованы на образцах при статическом напряжении при температуре 20 °С. Среднее значение временного сопротивления для зубчатых передач и шестерен составило $\sigma_b = 925 \pm 10$, а относительное удлинение $\delta = 13 - 15\%$. Для расчетов был принят нормальный модуль упругости $Y = 2 \cdot 10^5$ МПа и коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$.

В качестве экспериментальной установки использован стенд, состоящий из переменной скорости вращения постоянного тока электродвигателя и валов, соединенных друг с другом через зубчатые передачи, два одинаковых одноступенчатых редуктора. Кинематическая схема установки представлена. Характеристики нагрузки показаны на рисунке 4.

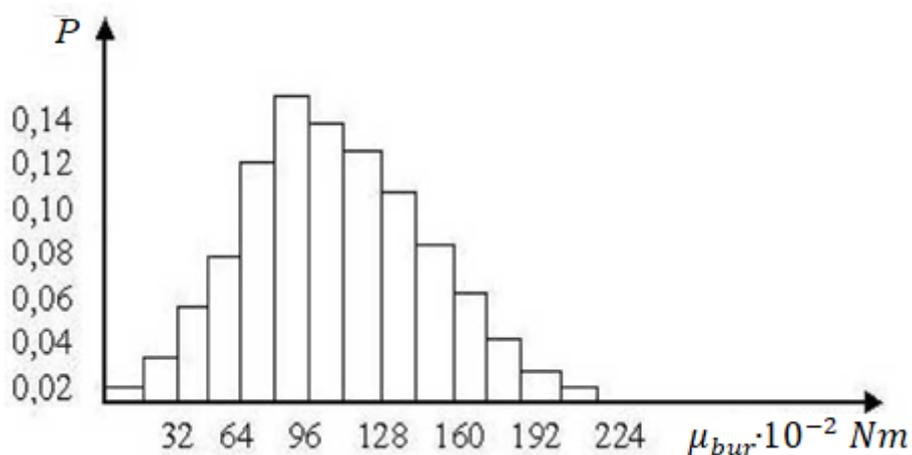


Рис. 4. Гистограмма распределения крутящего момента на шестерне 1 и шестерне 2 при скорости вращения 320 об/мин

Максимально допустимое значение износа принимается в соответствии с техническими условиями:

$$N_{ch} = 4,7 \cdot 10^4 \text{ м.}$$

Среднее значение начального отклонения размеров деталей a_0 и среднеквадратическое отклонение погрешности профилей зубьев a_a для расчета отклонения шага передачи было определено по жёсткости. В результате получены значения $a_0 = 0$ и $a_a = 4,2 \cdot 10^5$ м.

Таблица 2

Средние значения расчетных параметров

Зубчатая муфта	Размер износа, мм	Среднее значение скорости износа, м/с	Коэффициент k , 1/МПа	Стандартное отклонение
1- шестерня	0,5	$v_{o/r1}=4,6 \cdot 10^{-11}$	$k_1=1,57 \cdot 10^{-12}$	$\sigma_{v1}=1,2 \cdot 10^{-11}$
1- колесо	0,8	$v_{o/r2}=7,4 \cdot 10^{-11}$	$k_2=2,54 \cdot 10^{-12}$	$\sigma_{v2}=1,9 \cdot 10^{-11}$
2- шестерня	0,15	$v_{o/r1}=1,4 \cdot 10^{-11}$	$k_1=0,48 \cdot 10^{-12}$	$\sigma_{v1}=0,37 \cdot 10^{-11}$
2- колесо	0,7	$v_{o/r2}=6,5 \cdot 10^{-11}$	$k_2=2,22 \cdot 10^{-12}$	$\sigma_{v2}=1,7 \cdot 10^{-11}$

Средний ресурс изнашиваемой детали был определен по следующей формуле:

$$T_{o/r.r} = \frac{R_{ch} - a_0}{v_{o/r}}, \quad (12)$$

Расчёты показали, что при $P(t) = 0,5$ средний ресурс шестерни 1 составляет примерно 3000 часов, средний ресурс зубчатого колеса 1 - примерно 17200 часов, средний ресурс шестерни 2 - примерно 9000 часов, а средний ресурс зубчатого колеса 2 - примерно 19400 часов. На основе проведённых экспериментов и расчётов, обобщенные результаты представлены в графической форме на рисунке 5, где показана функциональная зависимость времени работы зубчатых соединений от достижения предельного износа с вероятностью безотказной работы.

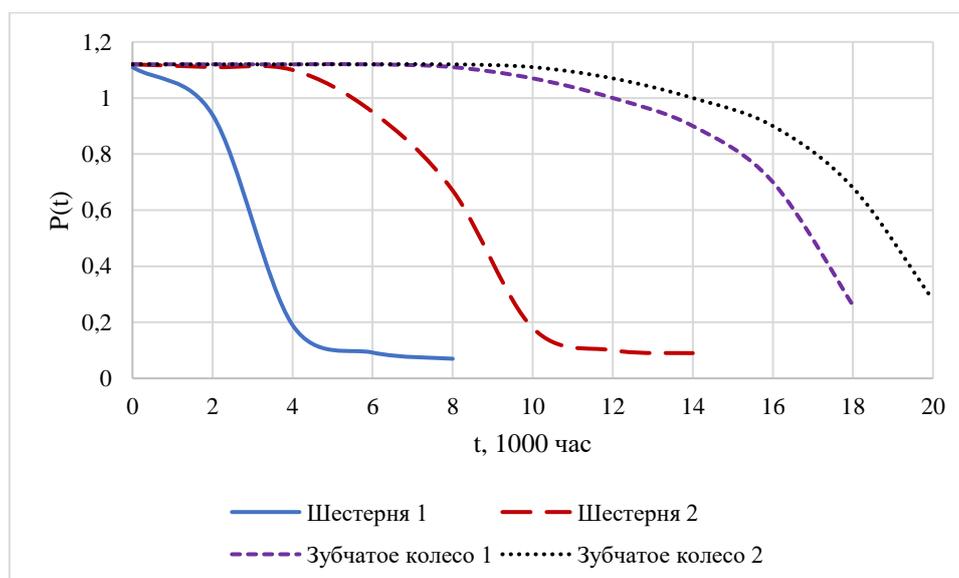


Рис. 5. Функциональная зависимость времени эксплуатации зубчатых соединений от достижения предельного износа с вероятностью безотказной работы

Из графика видно, что зубчатое соединение с композитным порошковым покрытием и лазерной термической обработкой шестерни обладает более длительным техническим ресурсом по сравнению с зубчатым соединением, состоящим только из деталей с порошковым покрытием, обработанных термически. Также стоит отметить, что в обоих зубчатых передачах шестерни изнашиваются быстрее, чем зубчатые колеса.

В третьей главе диссертации, названной **“Экспериментальные исследования термической обработки зубьев зубчатого колеса с помощью лазерного излучения”**, рассматриваются классификация и особенности лазерной обработки зубчатых колес, объекты исследования, методика проведения опытно-испытательных исследований, основные технологические параметры рекомендуемого оборудования для процесса термической обработки с помощью лазерного излучения, исследования основных параметров трения на лазерно-обработанных зубчатых колесах, определение коэффициента трения после лазерной термической обработки зубчатых колес, методы исследования микроструктуры и фазового состава зубчатых колес и выводы по главе.

Таблица 3

Химический состав нанесенного покрытия

Элемент	C	Si	B	Fe	Al	Cr
Массовая доля, %	0,3-0,6	1,2-3,2	1,7-2,5	3,2-5,0	0,8-1,3	3,9-14

В качестве дополнительного материала использована углеродистая конструкционная сталь 30 (по ГОСТ 1050-2013), содержащая примерно 0,3% углерода. В работе использован двухступенчатый метод лазерного порошкового покрытия. На начальном этапе была выполнена обработка поверхности материала (рисунок 6).

Материал зубчатого колеса имеет температуру плавления ниже 960-1000°C, что помогает снизить тепловое воздействие во время процесса покрытия и улучшает смачиваемость основы при покрытии, а также способствует расплавлению оксидных пленок на его поверхности. Наличие кремния и элементов его сплавов в составе порошка способствует лучшему течению. На поверхности расплава образуется стекловидное покрытие, которое защищает расплав от взаимодействия с воздухом. Таким образом, в процессе покрытия не требуется специальной защиты от негативного воздействия окружающей среды на ванну расплава.

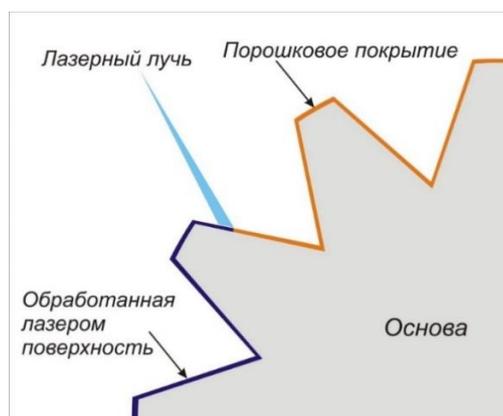


Рис. 6. Схема двухступенчатого лазерного покрытия

Таблица 5

Экспериментальные данные

№	x_n	Факторы	x_{max}	x_{min}	$\Delta = x_{min} - x_{max} $	$(x_{min} + x_{max}) / 2$
1	x_1	W- мощность лазерного света (Вт)	2000	500	2500	1200
2	x_2	h- Расстояние от лазерной головки до зуба (мм)	100	5	95	52.5
3	x_3	v – скорость лазерной головки (мм/с)	500	1000	500	1550

В третьей главе диссертации, названной “Статистический анализ полного эксперимента термической закалки зубьев зубчатого колеса с использованием лазерного излучения и расчет экономической эффективности применения технологии лазерной термической закалки зубьев зубчатых колес”, рассмотрены статистический анализ полного эксперимента по лазерной термической закалке зубьев зубчатых колес, расчет экономической эффективности применения технологии лазерной термической закалки зубьев, а также приведены выводы по главе.

1. Создаем матрицу планирования:

S_u^2 вычисляем значения по уравнению:

$S_u^2 = (\bar{y}_{u1} - \bar{y}_u)^2 + (\bar{y}_{u2} - \bar{y}_u)^2$, ($u = 1,2,3,4,5,6,7,8$). (результаты приведены в таблице

б.)

Таблица 6

Результаты изменения входных параметров

№	Факторы			Результаты эксперимента			
	W, X_1	h, X_2	v , X_3	\bar{y}_{i1}	\bar{y}_{i2}	\bar{y}_u	S_u^2
1	-	-	-	948	978	963	214.9
2	+	-	-	387	417	402	213.3
3	-	+	-	465	409	437	808.9
4	+	+	-	311	373	342	963,6
5	-	-	+	1095	897	996	9864.5
6	+	-	+	413	427	420	45.9
7	-	+	+	440	460	450	99.2
8	+	+	+	373	335	354	344,7

В зависимости от факторов анализ процесса повышения точности зубьев шестерен с помощью лазерного света проводился с использованием пакетов прикладных программ, таких как SOLIDWORKS и MATLAB.

Задаем ограничение на индекс зубьев колеса, и мощность лазерного луча, соответствующую определенному индексу зубьев зубьев, h - расстояние от лазерной головки до пилы, а v - скорость перемещения лазерной головки по зубьям колеса. Путем расчета, сравнения и анализа максимальных значений эффективности обработки в показателях мы приняли следующие рациональные значения W - мощности лазерного света, h - расстояния от точки. лазерная головка до зуба: W = 100 Вт; h = 5 мм; v = 1600 м/с.

Расчет экономической эффективности применения технологии лазерной полировки зубьев шестерен.

Текущая рыночная цена лазерного оборудования составляет 120 миллионов сумов. Если учесть, что срок его службы составляет 10 лет, то стоимость за один год определим, умножив ее на указанный в ней нормативный коэффициент затрат.

$$E_y = 713643840 - 120000000 = 59,364384 \text{ сум}$$

Таким образом, годовая экономическая эффективность использования долговечного зубчатого колеса, обработанного лазерной полировкой, в усовершенствованном орудии труда составляет 59,364 млн. долларов США. составляет сум.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Проанализированы научные исследования, проведенные по конструкции тонкостенных зубчатых колес, применяемых в оборудовании предприятий легкой промышленности, их основные параметры, прочность, однородность и др.

В настоящее время в научно-исследовательской работе, проводимой нашими исследователями и учеными, с целью улучшения размеров, расположения, КПД и других показателей зубчатых колес изучены конструкции зубчатых колес, их преимущества и недостатки и разработаны эффективные методы. разработаны направления.

Негативное влияние на качество технологического процесса из-за поломки зубьев шестерен и их изгиба;

Учитывая, что срок службы шестерен очень мал и не соответствует требованиям времени:

1. Рекомендуемый в данной работе метод усиления зубчатых колес можно и нужно применять при определенных условиях.

2. Локальная сварка методом лазерного термического упрочнения позволяет улучшить механические свойства зубчатых колес. При работе исходные значения твердости 50-54 HRC показали возможность достижения твердости контактной поверхности шестерен до 65-67 HRC.

3. Относительная энергия излучения монотонно уменьшается с увеличением толщины разрезаемого материала. Однако измеренное значение P превышает расчетное значение. Можно предположить, что снижение удельной энергии излучения при резке толстых заготовок может быть связано с более эффективным использованием потока кислорода.

4. Расчеты показали, что технический ресурс шестерни, соединенной с шестерней, отполированной лазером, почти на 12 % превышает ресурс шестерни с полировкой обеих деталей. Таким образом были достигнуты высокая коррозионная стойкость и долговечность пары трения. Данные технологии обработки поверхности позволили получить оптимальное сочетание деталей зубчатой муфты с учетом твердости рабочей поверхности, тем самым существенно увеличив ресурс всей передачи.

5. Изучены трибологические свойства, микроструктура, микротвердость и фазовый состав покрытий Cr-B-Si, полученных в результате лазерного порошкового напыления и последующей высокоскоростной рекристаллизации при лазерной модификации поверхностных слоев в различных режимах. Параметры микроструктуры покрытия Cr-B-Si имеют закономерность влияния на износостойкие свойства. Создано износостойкое покрытие Cr-B-Si и предложен инженерный метод количественной оценки коррозионной стойкости покрытия, основанный на характеристиках микроструктуры - определено ее значение (дендритный параметр).

6. На зубьях шестерен с покрытием образовалась высокодисперсная дендритная структура, характерная для лазерного покрытия Cr-B-Si. Это пересыщенный γ -твердый раствор по фазовому составу покрытия (75 %) и фазе, входящей в состав эвтектики (25 %). Лазерная модификация поверхности покрытия, нанесенного в различных режимах, повлияла на дисперсность структуры и микротвердость, не влияя существенно на фазовый состав. По мере увеличения скорости охлаждения сплава в процессе кристаллизации значение дендритного параметра уменьшается, а микротвердость покрытия увеличивается.

7. После покрытия поверхности зубов и последующей лазерной модификации аналогичные значения коэффициента трения при исследуемой механической нагрузке находятся в пределах от 0,49 до 3,92 мН, с увеличением нагрузки значение коэффициента трения уменьшается по закону. тому же закону; Зависимость коэффициента трения от нагрузки доказывает превосходство адгезионного взаимодействия пары трения покрытие Cr-B-Si – стальной подшипник.

8. Лазерная модификация поверхности зубьев шестерни оказала существенное влияние на износостойкость зубьев. При уменьшении значения дендритного параметра d в 1,9 раза (с 8,04 мкм до 4,25 мкм) скорость изнашивания и объемная скорость изнашивания уменьшаются в 3,8-3,9 раза.

9. По результатам многофакторного статистического анализа заданы пределы показателя долговечности зубьев колеса и W - мощности лазерного излучения, h - расстояния от лазерной головки до пилы и v - при расчете максимальные значения эффективности обработки в показателях скорости лазерной головки по зубьям колеса приняты следующие рациональные значения: $W = 100$ Вт; $h = 5$ мм; $v = 1600$ м/с.

10. Применительно к производству рекомендованного зубчатого шлифования годовая экономическая эффективность шлифования зубчатых колес в 1 аппарате составляет 59,364 млн сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/30.09.2023.T.66.01
ON AWARD OF THE SCIENTIFIC DEGREES AT NAMANGAN INSTITUTE
OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY**

**NAMANGAN INSTITUTE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY
SHAHRISABZ BRANCH OF THE TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL
TECHNOLOGY**

ELMANOV ABBOS

**INCREASING THE WEAR RESISTANCE BY PROCESSING THE
WORKING SURFACE OF THE PART WITH LASER BEAM**

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

**ABSTRACT
of dissertation of the doctor of philosophy (PhD) on TECHNICAL SCIENCES**

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 B2024.1.PhD/T4451.

The dissertation work was carried out at the Namangan Engineering-Technology Institute and the Shahrisabz branch of the Tashkent Institute of Chemical Technology.

The abstract of dissertations is posted three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) on the website of Scientific Council at the address (www.nammti.uz) and an the website of "ZiyoNet" information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific adviser:

Mirzaumidov Asilbek

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Official opponents:

Ergashev Ilhom

Doctor of philosophy in technical sciences, Associate professor

Rustamov Raxmatali

Doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

Termez State University of Engineering and Agrotechnology

The defense of the dissertation will take place on "18" January 2025 year at 10:00 o'clock at a the meeting of scientific council PhD.03/30.09.2023.T.66.01 at Namangan institute of engineering and technology (Address: 160115, city of Namangan, str. Kasansay-7, administrative building of Namangan institute of engineering and technology, 1 st floor, small meeting room, tel. (69)228-76-68, a fax: (69) 228-76-75, e-mail: niei_info@edu.uz).

The dissertation could be reviewed at the Information-resource center (IRC) of Namangan institute of engineering and technology (registration number 348). (Address: 160115, city of Namangan, str. Kasansay 7, tel. (69)228-76-68).

Abstract of the dissertation sent out on January 3, 2025 year.
(mailing report № 23/4 on November 30, 2024 year).

A. Mahkhamov

Chairman of the Scientific Council on award of scientific degrees, Doctor of technical sciences, docent

Sh. Mahsudov

Scientific secretary of the Scientific Council awarding scientific degrees, Doctor of philosophy in technical sciences, associate professor

N. Safarov

Chairman of the academic seminar under the scientific Council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the research: to develop effective solutions for the equipment used to increase the strength of gear teeth by laser beam polishing, and to justify its parameters and operating modes.

Tasks of the research:

Analysis of the service life of gear wheels in production conditions, reasons for their failure;

Conducting theoretical research on the criterion of wear of gears;

Developing a mathematical model of technological processes of gear grinding using laser light;

Conducting industrial experimental tests of high-strength gear wheels using laser processing technology;

As a result of the technological process of grinding gear teeth, determine the working life, economic cost and efficiency of the heat-treated gear;

Mastering the production of the recommended gear wheel with laser polishing.

The scientific novelty of the research is as follows:

In order to increase the hardness and wear resistance of the working surface of the gear, a mathematical model was developed to determine the optimal values of the proportions of the elements of the composite powder coating and the parameters of the laser device in accordance with these values;

A technology for installing a laser device in accordance with the geometric and mechanical parameters of the workpiece, heat distribution and technological modes, which allows increasing the durability of gears when processing them with a laser beam, was developed;

The mechanical properties of thin-walled gears and the laws of changing the mechanical strength, wear and deformation resistance indicators based on the automatic technology of the resource of thin-walled gears were determined, taking into account their design features and technological processes;

The optimal parameters of the laser beam cooling process of gears and the laws of increasing the wear and load resistance of thin-walled gears and the dependence of the vibration range on technological resistance were developed.

Implementation of research results.

Based on the results obtained in the justification of the parameters and operating modes of the laser processing of the working surface of gear teeth:

Regulatory documents in the form of “Technical Description” for gears with teeth strengthened by laser processing were introduced at “OQSAROY TEXTILE” LLC (Reference No. 03/05-2804 of the “O‘zto‘qimachilik sanoat” Association of the Republic of Uzbekistan dated October 21, 2024). As a result, it was possible to develop

energy-saving gears with a 2.5 times longer service life in order to increase the wear resistance of the working surface of gears, and due to the increased strength of the teeth processed using laser light, their breakage was reduced to 3.5%.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 114 pages.

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

I bo'lim (I часть; I part)

1. Elmanov A.B., Tojiyev D.A., Norqobilov A.T. “Lazer yordamida yuzani qattiqlashtirish orqali metall tishli g'ildiraklarning yeyilishga qarshilik xususiyatlarini oshirish,” *Ilm-fan va innovatsion rivojlanish Ilmiy texnikaviy jurnali*. –Tashkent, 2024. –B.11. (05.00.00 2019.02.28 262/9-2 son)
2. Elmanov A.B., Tojiyev D.A., Mirzaumidov A.Sh. “Yuqori quvvatli lazer texnologiyasi yordamida tishli g'ildiraklarning sirt qattiqligi va yeyilishga qarshiligini oshirish”. *Farg'ona Politexnika instituti Ilmiy-texnikaviy jurnali*, Maxsus son, 23, 42-51-betlar, 2024.(02.00.00, 2021.06.04 300/5-son)
3. Elmanov A.B., Tojiyev D.A., Mirzaumidov A.Sh. “Enhancing durability of mini gears: a study on laser processing and wear resistance optimization”. *Farg'ona Politexnika instituti Ilmiy-texnikaviy jurnali*, Maxsus son, 23, 2024. –B. 79-85. (02.00.00 2021.06.04 300/5-son)
4. Elmanov A.B., Kengboyev S.A., Safarov N.M. “Mathematical model of cutting gears from steel with laser beams”. *Universum: Технические науки, International Scientific Journal*, February 2024, vol. 119, no. 2. –P.16824. (02.00.00 2018 y. №1)
5. Bahadirov G.B., Umarov A.A., Ismailov E.G., Elmanov A.B., Ergashev J.E. “Analysis of fluid receding from cloth in contact zone of roller pairs”. *European Science Review*, vol. 5/6, 2016. –P.166-167, Premier Publishing.(European №2)
6. Elmanov A.B., Tojiyev D.A., Kengboyev S.A., Safarov N.M., Norqobilov A.T. “Improvement of wear resistance properties of metal gears using laser surface hardening,” *Great Britain Journals Press, London Journal of Engineering Research*, 2024. –P.9. (European №1)
7. Elmanov A.B., Bakhtiyorov A., Turakulov Z., Kamolov A., Norkobilov A. “Modeling and simulation of hollow fiber modules of hybrid facilitated transport membranes for flue gas CO2 capture”. *Engineering Proceedings*, vol. 37, no. 1, 2024. –P.6. (European №3)
8. Elmanov A.B., Kengboyev S.A. “Lazer nurlari bilan po'latdan yasalgan tishli g'ildiraklarni kesishning matematik modeli ”. *BuxDU ilmiy axborotnomasi*, 2/2024. – B.5. (01.00.00 2018 y. №3)
9. Elmanov A.B., Kengboyev S.A. “Tishli g'ildirak chidamliligini eskirish mezoniga muvofiq hisoblash”. *BuxDU ilmiy axborotnomasi*, 2/2024. –B.7. (01.00.00 2018 y. №3)
10. Elmanov A.B., Kengboyev S.A. “Texnologik tikuv jihozlari detalini kimyoviy ta'sir jarayonidan so'ng uning ichki devorida vujudga keladigan kuchlanishining tadqiqi”. *BuxDU ilmiy axborotnomasi*, 2/2024. –B.5. (01.00.00 2018 y. №3)
11. Elmanov A.B., Tojiyev D.A., Mirzaumidov A.Sh. “Advanced laser cladding techniques for enhancing mini metal gear performance made from r6m5 steel in the textile industry”, *Namangan muhandislik-qurilish instituti mexanika va*

II bo‘lim (II часть; II part)

1. Elmanov A.B., Kengboyev S.A., Safarov N.M. “Material selection for technological sewing machines and solving problems using graph-analytic methods,” in Safety of Food Products and Innovative Technologies, Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi, Shahrizabz, 2024.

2. Elmanov A.B., Tojiyev D.A., Norqobilov A.T. “Laserli ishlov berish usulidan foydalanib material sirt yuzasi xususiyatlarini yaxshilash,” in Safety of Food Products and Innovative Technologies, Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi, Shahrizabz, 2024.

3. Elmanov A.B., Mirzaumidov A.Sh. “Modeling of laser processing of thin-walled steel gears,” in Innovative Methods of Modern Technologies Application in Energy and Resource Efficient Manufacturing Based on International Standards, International Scientific Conference, Namangan, Uzbekistan, 10-11 October 2024.P.3

4. Elmanov A.B., Kengboyev S.A., Safarov N.M., Norqobilov A.T. “Modeling of laser-assisted cutting of thin-walled steel gears,” in 3rd International Conference on Processes—Green and Sustainable Process Engineering and Process Systems Engineering (ECP 2024), May 29-31, 2024.

5. Elmanov A.B., Norqobilov A.T., Turaqulov A.S. “Python va Java haqida umumiy ma’lumot,” Proceedings of International Scientific Conference on Multidisciplinary Studies. –Moscow, Russia, 11 October, 2022. –P.5.

6. Elmanov A.B., Kengboyev S.A., Safarov N.M., Norqobilov A.T. “Optimizing Laser Processing Parameters for Enhancing Wear Resistance of R6M5 Steel Gears in Industrial Applications” in The 5th International Conference on Applied Sciences, December 4-6, 2024.

Avtoreferat «Namangan muhandislik-texnologiya instituti Ilmiy-texnika jurnali»
tahriridan o‘tkazildi va o‘zbek, rus, ingliz tillaridagi matnlari mosligi tekshirildi
(«3» 01.2025 y.).

Bosishga ruxsat etildi: «3» 01.2025 y.
Bichim 60x84 1/16, “Times New Roman”
Garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 3,0 Adadi: 70. Buyurtma № 03/01.
NamMTI bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 160115, Namangan shahri, Kosonsoy ko‘chasi, 7-uy.

