KIYIMBOP MATOLARNING EKSPLUATATSION XUSUSIYATLARINI OSHIRISHDA INNOVATSION PARDOZLASH TEXNOLOGIYALARINING O‘RNI

Odinayeva Nigina
Buxoro davlat texnika universiteti,
Muhandislik fakulteti,
402-24 YESM guruh talabasi
https://doi.org/10.5281/zenodo.24483705

Annotatsiya. Mazkur ilmiy maqolada kiyimbop matolarning ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilashda innovatsion pardozlash texnologiyalarining o‘rni, ularning fizik-kimyoviy asoslari, texnologik imkoniyatlari va amaliy samaradorligi tahlil qilingan. Tadqiqotda paxta, poliester va aralash tolali matolarning ishqalanishga chidamliligi, g‘ijimlanishga qarshiligi, o‘lcham barqarorligi, namlikni boshqarish qobiliyati, rang mustahkamligi hamda funksional xususiyatlarini oshirishga xizmat qiluvchi zamonaviy texnologiyalar ko‘rib chiqilgan. Jumladan, plazmali ishlov berish, fermentativ biopardozlash, sol-gel texnologiyasi, nanostrukturali qoplamalar, mikroinkapsulyatsiya va ultratovush yordamida pardozlash usullarining ishlash mexanizmlari ilmiy jihatdan yoritilgan. Pardozlash jarayonlarining mato sirt morfologiyasi, tola-polimer o‘zaro ta’siri va ekspluatatsion barqarorlikka ta’siri mavjud ilmiy adabiyotlar va xalqaro sinov standartlari asosida baholangan. Shuningdek, innovatsion texnologiyalarning ekologik xavfsizligi, resurs tejamkorligi, sanoat miqyosida joriy etilish imkoniyatlari va texnologik cheklovlari muhokama qilingan. Tahlil natijasida kiyimbop matolarni funksional pardozlashda kompleks texnologik yondashuvdan foydalanish va sifat ko‘rsatkichlarini standartlashtirilgan sinovlar orqali nazorat qilish zarurligi asoslangan.

Kalit so‘zlar: kiyimbop matolar, innovatsion pardozlash, plazmali ishlov berish, fermentativ biopardozlash, nanoteknologiya, sol-gel texnologiyasi, g‘ijimlanishga qarshilik, funksional qoplamalar, ekologik texnologiyalar.

Аннотация. В данной научной статье анализируется роль инновационных технологий отделки в улучшении эксплуатационных свойств тканей для одежды, их физико-химические основы, технологические возможности и практическая эффективность. Рассматриваются современные технологии, улучшающие износостойкость, устойчивость к смятию, размерную стабильность, влагоотведение, стойкость цвета и функциональные свойства хлопчатобумажных, полиэфирных и смешанных волоконных тканей. В частности, научно объясняются механизмы плазменной обработки, ферментативной биоотделки, золь-гель технологии, наноструктурированных покрытий, микрокапсулирования и ультразвуковой отделки. Влияние процессов отделки на морфологию поверхности ткани, взаимодействие волокна с полимером и эксплуатационную стабильность оценивалось на основе существующей научной литературы и международных стандартов испытаний. Также обсуждаются экологическая безопасность, ресурсоэффективность, возможности промышленного внедрения и технологические ограничения инновационных технологий. Анализ

обосновывает необходимость использования комплексного технологического подхода к функциональной отделке тканей для одежды и контроля показателей качества с помощью стандартизированных испытаний.

Ключевые слова: ткани для одежды, инновационная отделка, плазменная обработка, ферментативная биоотделка, нанотехнологии, золь-гель технология, устойчивость к складкам, функциональные покрытия, экологические технологии.

Abstract. This scientific article analyzes the role of innovative finishing technologies in enhancing the performance characteristics of apparel fabrics, examining their physicochemical foundations, technological capabilities, and practical efficacy. The study explores modern technologies designed to improve the abrasion resistance, crease resistance, dimensional stability, moisture management, color fastness, and functional properties of cotton, polyester, and blended-fiber fabrics. Specifically, the operational mechanisms of techniques such as plasma treatment, enzymatic bio-finishing, sol-gel technology, nanostructured coatings, microencapsulation, and ultrasonic-assisted finishing are scientifically elucidated. The impact of these finishing processes on fabric surface morphology, fiber-polymer interactions, and performance durability is evaluated based on existing scientific literature and international testing standards. Furthermore, the study discusses the environmental safety, resource efficiency, industrial implementation potential, and technological limitations of these innovative technologies. The analysis concludes that a comprehensive technological approach is essential for the functional finishing of apparel fabrics, and that quality parameters must be monitored through standardized testing procedures.

Key words: apparel fabrics, innovative finishing, plasma treatment, enzymatic bio-finishing, nanotechnology, sol-gel technology, crease resistance, functional coatings, eco-friendly technologies.

Kirish. Zamonaviy to‘qimachilik sanoatining rivojlanishi kiyimbop matolarga qo‘yiladigan sifat va funksionallik talablarining muntazam ortib borishi bilan tavsiflanadi. Bugungi iste’molchi kiyim mahsulotidan nafaqat estetik ko‘rinish va qulaylikni, balki uzoq muddat xizmat qilish, takroriy yuvish jarayonlarida o‘z shaklini saqlash, mexanik ta’sirlarga bardosh berish, rang barqarorligi va parvarishlash qulayligini ham talab qiladi. Kiyimbop matolarning ekspluatatsion xususiyatlari ularning kundalik foydalanish jarayonidagi funksional yaroqliligini belgilovchi muhim sifat ko‘rsatkichlari majmuasidir. Mazkur xususiyatlarga ishqalanishga chidamlilik, uzilish kuchi, g‘ijimlanishga qarshilik, elastik tiklanish, o‘lcham barqarorligi, pilling hosil bo‘lishiga moyillik, rang mustahkamligi va turli tashqi muhit omillariga chidamlilik kiradi. An’anaviy to‘qimachilik pardozlash texnologiyalarida matolarga kerakli xususiyatlarni berish maqsadida mexanik, termik va kimyoviy ishlov berish usullaridan foydalaniladi. Biroq ayrim an’anaviy jarayonlarda suv, energiya va kimyoviy reagentlarning katta miqdorda sarflanishi, oqava suvlar hosil bo‘lishi, shuningdek, materialning ayrim fizik-mexanik xususiyatlari yomonlashishi mumkin. Ushbu muammolarni kamaytirish va yuqori funksional xususiyatlarga ega materiallar ishlab chiqarish zarurati innovatsion pardozlash texnologiyalarining rivojlanishiga turtki bermoqda.

So‘nggi o‘n yilliklarda plazma texnologiyalari, biotexnologik fermentlar, nanozarrachalar, funksional polimer qoplamalar, sol-gel tizimlari va mikroinkapsulyatsiya kabi usullar

to‘qimachilik materiallariga maqsadli xususiyatlar berishning istiqbolli yo‘nalishlari sifatida tadqiq etilmoqda. Bunday texnologiyalar yordamida mato sirtining kimyoviy faolligini o‘zgartirish, tolalararo ishqalanishni boshqarish, sirt energiyasini tartibga solish, himoya qatlamlarini shakllantirish va materialning muayyan funksional xususiyatlarini yaxshilash imkoniyati mavjud. Shu bilan birga, har qanday innovatsion ishlov berish usuli avtomatik ravishda barcha ekspluatatsion ko‘rsatkichlarni oshirmaydi. Masalan, sirtni kuchli oksidlash yoki fermentativ ishlov berish jarayonining noto‘g‘ri tanlangan rejimi tola mustahkamligining pasayishiga olib kelishi mumkin. Qoplama massasining ortishi esa matoning qattiqlashishi va havo o‘tkazuvchanligining kamayishiga sabab bo‘lishi ehtimoli mavjud. Demak, innovatsion pardozlash texnologiyalarining samaradorligini baholashda bir vaqtning o‘zida matoning funksional ko‘rsatkichlari, gigiyenik qulayligi, ekologik xavfsizligi va texnologik-iqtisodiy maqsadga muvofiqligini hisobga olish zarur.

Tadqiqotning maqsadi kiyimbop matolarning ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilashda zamonaviy innovatsion pardozlash texnologiyalarining fizik-kimyoviy asoslarini, samaradorlik omillarini va sanoatda qo‘llash imkoniyatlarini ilmiy jihatdan tahlil qilish hamda texnologik tanlov mezonlarini ishlab chiqish. Tadqiqotning vazifalari innovatsion pardozlash usullarini tizimlashtirish, ularning mato xususiyatlariga ta’sir mexanizmlarini aniqlash, ekspluatatsion sifatni baholash mezonlarini asoslash, texnologik cheklovlarni aniqlash va to‘qimachilik korxonalari uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili. To‘qimachilik materiallariga innovatsion pardozlash usullarini qo‘llash masalasi xalqaro ilmiy adabiyotlarda keng tadqiq etilgan. Ushbu yo‘nalishdagi ishlar asosan mato sirtini fizik-kimyoviy modifikatsiyalash, funksional qoplamalar hosil qilish, biologik faol reagentlardan foydalanish hamda pardozlash jarayonlarining ekologik ta’sirini kamaytirishga qaratilgan. Morent, De Geyter, Verschuren va hammualliflar [1] past haroratli plazma yordamida tekstil materiallari sirtini modifikatsiyalashning nazariy va amaliy jihatlarini o‘rgangan. Ularning ilmiy sharhida plazmali ishlov berish orqali tolalar sirtining namlanish xususiyatini o‘zgartirish, qoplamalarning yopishishini yaxshilash va sirtga yangi funksional xususiyatlar berish imkoniyatlari yoritilgan. Mahltig, Haufe va Böttcher [2] sol-gel texnologiyasi asosida kremniy oksidli nanosol qoplamalar hosil qilish orqali matolarning fizik-mexanik va funksional xususiyatlarini o‘zgartirish imkoniyatlarini tadqiq etgan. Mualliflar ushbu texnologiya suv va moyni qaytaruvchi, ifloslanishga chidamli hamda boshqa maxsus xususiyatlarga ega matolar yaratishda istiqbolli ekanligini ko‘rsatgan. Periyasamy, Venkataraman, Kremenakova, Militky va Zhou [3] tomonidan 2020-yilda chop etilgan ilmiy sharhda sol-gel qoplamalarining to‘qimachilik mahsulotlariga qo‘llanilishi tizimli o‘rganilgan. Tadqiqotda olovga chidamlilik, ultrabinafsha nurlanishdan himoyalanish, suvni qaytarish, o‘z-o‘zini tozalash va yeyilishga chidamlilik kabi funksiyalarni shakllantirish imkoniyatlari tahlil qilingan. Primc, Zaplotnik, Vesel va Mozetič [4] plazma va tekstil materiallari o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir mexanizmlarini o‘rganib, gaz razryadining turi, plazma zarrachalarining material ichiga kirib borishi va sirt reaksiyalarining pardozlash samaradorligiga ta’sirini ko‘rsatgan. Ularning tadqiqoti plazmali texnologiyalarni sanoat sharoitiga moslashtirishda jarayon parametrlarini to‘g‘ri tanlash zarurligini asoslaydi. Fermentativ biopardozlash bo‘yicha tadqiqotlarda sellyulaza fermentlari yordamida paxta matosi yuzasidagi mayda tukchalarni kamaytirish va sirt sifatini yaxshilash imkoniyatlari ko‘rsatilgan.

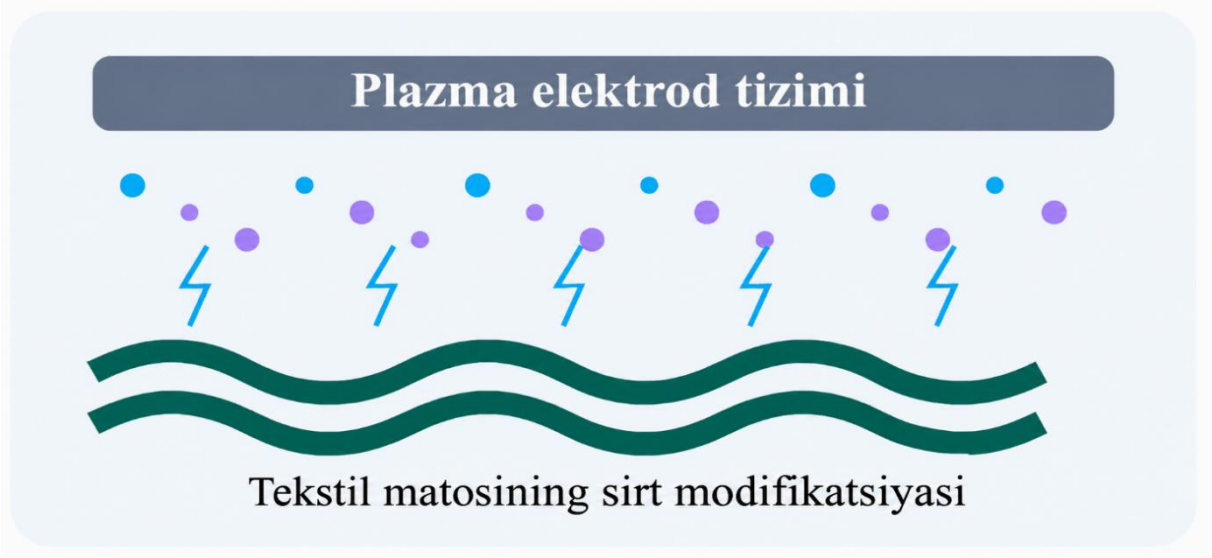
O‘zbekistonlik tadqiqotchi D. O. Abdusamatova tomonidan 2025-yilda e’lon qilingan ishda tekstil chiqindilaridan olingan ikkilamchi sellyulozani fermentativ modifikatsiyalash o‘rganilgan. Mazkur ishda muayyan tajriba sharoitlarida material mustahkamligi 12–15%, ishqalanishga chidamliligi 4–30% va havo o‘tkazuvchanligi 5–8% yaxshilangani qayd etilgan. Ushbu natijalar aynan tadqiq qilingan regeneratsiyalangan ikkilamchi sellyuloza materiali uchun tegishli bo‘lib, barcha paxta yoki boshqa kiyimbop matolarga umumlashtirilmaydi [6]. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, innovatsion pardozlash texnologiyalarining samaradorligi tola turi, kimyoviy reagentlar tarkibi, ishlov berish davomiyligi, harorat, sirt modifikatsiyasi chuqurligi va yakuniy qoplamaning mustahkamligiga bog‘liq. Shu bois texnologik natijalarni baholashda nafaqat dastlabki funksional samarani, balki takroriy yuvish va mexanik ta’sirlardan keyingi barqarorlikni ham hisobga olish zarur.

Tadqiqot natijalari va tahlili

Plazmali pardozlash texnologiyasining ekspluatatsion xususiyatlarga ta’siri. Plazmali ishlov berish tekstil materiallari sirtini modifikatsiyalashning istiqbolli fizik-kimyoviy usullaridan biridir. Plazma ionlar, elektronlar, radikallar, qo‘zg‘algan molekulalar va boshqa faol zarrachalardan tashkil topgan muhit hisoblanadi. Past haroratli plazma tekstil tolalari yuzasida kimyoviy funksional guruhlar hosil qilishi, sirt energiyasini o‘zgartirishi va qoplama materiallari bilan adgeziyani yaxshilashi mumkin.

Plazmali ishlov berishning asosiy mexanizmlari quyidagilardan iborat:

1. Tola sirtidagi ayrim ifloslantiruvchi qatlamlarni yo‘qotish.
2. Sirt molekulalarining oksidlanishi va funksional guruhlar hosil bo‘lishi.
3. Sirtning mikrorelyefini o‘zgartirish.
4. Keyingi funksional qoplamalarning yopishishini yaxshilash.



1-rasm. Plazmali pardozlash jarayonining konseptual sxemasi (muallif tomonidan tuzilgan).

Plazmali texnologiyaning muhim afzalligi shundaki, ayrim jarayonlarda katta hajmdagi suvli eritmalardan foydalanmasdan sirtni modifikatsiyalash mumkin. Shu bilan birga, plazma qurilmasining energiya sarfi, gaz ta’minoti va texnologik samaradorligi alohida hisoblanishi zarur. Plazma bilan ishlov berishdan so‘ng funksional qoplama qo‘llansa, uning tolaga birikishi

yaxshilanishi mumkin. Biroq ishlovning haddan tashqari intensivligi tola sirtida yemirilish yoki mexanik mustahkamlikning pasayishiga olib kelishi ehtimoli mavjud.

Fermentativ biopardozlash texnologiyasi. Fermentativ pardozlash biologik katalizatorlar yordamida mato sirtini maqsadli modifikatsiyalashga asoslanadi. Paxta matolarini biopardozlashda sellyulaza fermentlaridan foydalaniladi. Ushbu fermentlar sellyulozaning β-1,4-glikozid bog‘larini gidrolizlash orqali sirtga chiqib turgan mayda tolachalarni kamaytirishga yordam beradi. Jarayon natijasida matoning sirt tekisligi, yumshoqligi va tashqi ko‘rinishi yaxshilanishi, pilling hosil bo‘lishiga moyillik kamayishi mumkin. Biroq sellyulaza fermentlari faqat sirt tukchalariga emas, balki asosiy tolalarga ham ta’sir qilishi mumkin. Shu sababli ishlov berish davomiyligi, ferment konsentratsiyasi, pH va haroratni nazorat qilish muhim hisoblanadi.

2-jadval. Fermentativ biopardozlashning asosiy texnologik omillari

Texnologik omil	Jarayonga ta’siri
Ferment turi	Sellyulozaga ta’sir mexanizmini belgilaydi
Ferment konsentratsiyasi	Gidroliz intensivligini boshqaradi
Harorat	Ferment faolligi va barqarorligiga ta’sir qiladi
pH muhiti	Fermentning optimal ishlash sharoitini belgilaydi
Ishlov davomiyligi	Tukchalarni kamaytirish va massa yo‘qotilishini boshqaradi
Mexanik ta’sir	Sirt tolachalarining ajralishiga yordam beradi

Fermentativ ishlov berishning asosiy afzalligi shundaki, mos ferment tizimlari nisbatan yumshoq texnologik sharoitlarda ishlashi mumkin. Biroq ferment ishlab chiqarish, suv sarfi va jarayonni yakunlash bosqichlari ham ekologik baholashda hisobga olinishi kerak.

Sol-gel texnologiyasi asosida funksional qoplamalar hosil qilish. Sol-gel texnologiyasi mato sirtida noorganik yoki organik-noorganik gibrid qoplamalar hosil qilishga asoslangan. Ushbu usulda dastlab prekursorlardan kolloid tizim — sol hosil qilinadi. Keyinchalik gidroliz va kondensatsiya reaksiyalari natijasida uch o‘lchamli tarmoqlangan struktura shakllanadi.

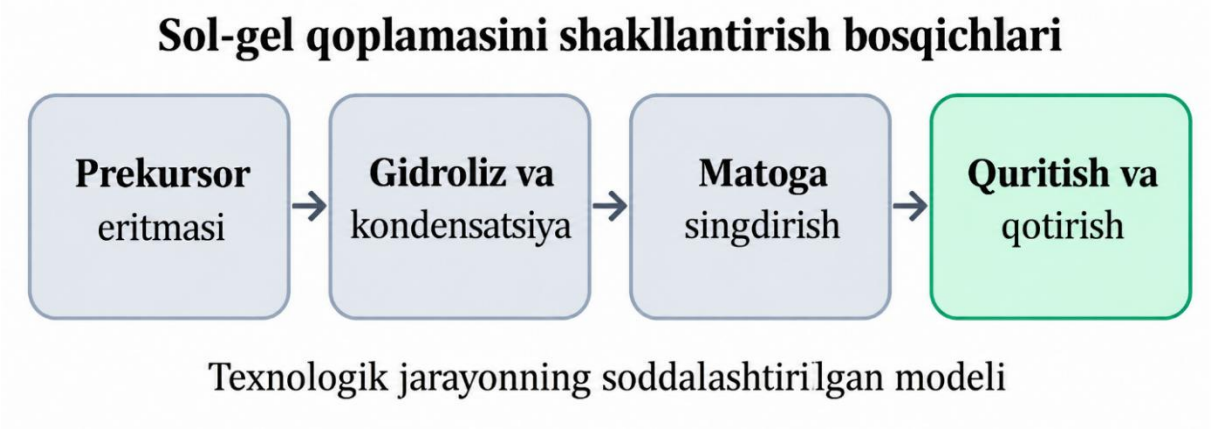
Kremniy alkoksidlarining gidroliz reaksiyasi soddalashtirilgan holda quyidagicha ifodalanadi:

$$\mathrm{Si(OR)_4 + 4H_2O \rightarrow Si(OH)_4 + 4ROH}$$

Keyingi kondensatsiya jarayonida siloksan bog‘lari hosil bo‘ladi:

$$\mathrm{Si - OH + HO - Si \rightarrow Si - O - Si + H_2O}$$

Hosil bo‘lgan qoplama tarkibiga turli funksional komponentlarni kiritish orqali matoga qo‘shimcha xususiyatlar berish mumkin.



2-rasm. Sol-gel texnologiyasi orqali mato sirtida funksional qoplama hosil qilish sxemasi.

Sol-gel texnologiyasi yordamida matolarga suvni qaytarish, ultrabinafsha nurlanishdan himoyalanish, ayrim mikroorganizmlar faolligini cheklash va sirtning yeyilishga chidamliligini oshirish kabi xususiyatlar berish mumkin [2, 3]. Shu bilan birga, qoplama qalinligi va tarkibi noto‘g‘ri tanlansa, matoning egiluvchanligi kamayishi, qattiqligi ortishi yoki havo o‘tkazuvchanligi yomonlashishi mumkin.

Nanostrukturali qoplamalarning ekspluatatsion samaradorligi. Nanostrukturali pardozlashda material sirtiga nanometr o‘lchamdagi zarrachalar yoki nanostrukturali qatlamlar kiritiladi. To‘qimachilik materiallarida kremniy dioksidi (SiO_2), titan dioksidi (TiO_2), rux oksidi (ZnO) va boshqa funksional komponentlar tadqiq qilinadi. SiO_2 asosidagi qoplamalar sirt mikrorelyefini boshqarish va ayrim himoya xususiyatlarini shakllantirishda qo‘llanadi. TiO_2 fotokatalitik faolligi bilan, ZnO esa ultrabinafsha nurlanishni yutish va ayrim antimikrob xususiyatlari bilan qiziqish uyg‘otadi. Biroq nanozarrachalarning samaradorligi ularning o‘lchami, konsentratsiyasi, matoga birikish mustahkamligi va tashqi muhit bilan o‘zaro ta’siriga bog‘liq.

Ultratovush yordamida pardozlash texnologiyasi. Ultratovush yordamida pardozlash suyuq muhitda yuqori chastotali mexanik tebranishlar hosil qilishga asoslanadi. Bunday muhitda kavitatsiya hodisasi yuzaga kelishi mumkin. Kavitatsiya jarayonida hosil bo‘ladigan mikropufakchalarning o‘sishi va yemirilishi suyuqlikda mahalliy intensiv mexanik ta’sirlar hosil qiladi. Bu jarayon to‘qimachilik materiallarining namlanishini, ayrim reagentlarning tarqalishini va sirt ifloslikларini ajratishni jadallashtirishi mumkin. Ultratovush texnologiyasidan pardozlash eritmalarining mato bo‘ylab taqsimlanishini yaxshilash, ayrim kimyoviy jarayonlarning davomiyligini qisqartirish va reagentlar bilan ishlov berish samaradorligini oshirish maqsadida foydalanish mumkin. Biroq ultratovushning intensivligi haddan tashqari yuqori bo‘lsa, tola va mato strukturasiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shuningdek, jarayonning umumiy energiya samaradorligi ultratovush generatori, vanna hajmi, ishlov berish davomiyligi va ishlab chiqarish quvvatiga bog‘liq.

Muhokama. Innovatsion pardozlash texnologiyalarining kiyimbop matolar sifatiga ta’sirini baholashda uchta asosiy jihat muhim hisoblanadi: funksional samaradorlik, ekspluatatsion barqarorlik va ishlab chiqarishning texnologik-iqtisodiy maqsadga muvofiqligi. Birinchidan, matoning dastlabki sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilash bilan birga, ushbu xususiyatlarning foydalanish jarayonida saqlanishini ta’minlash talab etiladi. Masalan, suvni qaytaruvchi qoplama dastlab yuqori samaradorlik ko‘rsatishi mumkin, ammo takroriy yuvish,

ishqalanish va mexanik deformatsiyalar natijasida uning funksional xususiyati pasayishi ehtimoli mavjud. Ikkinchidan, pardozlash texnologiyasining samaradorligi materialning tolaviy tarkibiga bog‘liq. Paxta tolalari tarkibidagi gidroksil guruhlar kimyoviy modifikatsiya jarayonlarida muhim rol o‘ynaydi. Poliester tolalari esa nisbatan past sirt energiyasiga ega bo‘lgani sababli ayrim funksional qoplamalar oldidan sirtni faollashtirishni talab qilishi mumkin. Uchinchidan, bir vaqtning o‘zida bir nechta pardozlash usulini qo‘llash orqali ko‘p funksiyali kiyimbop matolar yaratish imkoniyati mavjud. Masalan, plazmali dastlabki ishlovdan so‘ng sol-gel qoplama hosil qilish uning adgeziyasini yaxshilashi mumkin. Biroq kombinatsiyalangan jarayonlarning samaradorligi alohida tajriba orqali tasdiqlanishi lozim.

O‘zbekiston to‘qimachilik sanoatida qo‘llash istiqbollari. O‘zbekiston to‘qimachilik sanoatida paxta tolasi asosida yuqori qo‘shilgan qiymatga ega mahsulotlar ishlab chiqarishni kengaytirishda innovatsion pardozlash texnologiyalari muhim ahamiyat kasb etishi mumkin. Xususan, paxta matolarini fermentativ biopardozlash orqali sirt sifatini yaxshilash, paxta-poliester aralashmalarini plazmali faollashtirish orqali funksional qoplamalarga tayyorlash, sol-gel texnologiyasi yordamida maxsus himoya xususiyatlarini shakllantirish istiqbolli yo‘nalishlar hisoblanadi. Mahalliy korxonalarda bunday texnologiyalarni bosqichma-bosqich joriy etish uchun dastlab kichik hajmdagi tajriba-sanoat sinovlarini tashkil qilish, mato xususiyatlarini standartlashtirilgan usullarda baholash va iqtisodiy samaradorlikni aniqlash maqsadga muvofiq. Bunda ilmiy-tadqiqot muassasalari, to‘qimachilik korxonalari va sinov laboratoriyalari o‘rtasidagi hamkorlik muhim o‘rin tutadi.

Xulosa. Kiyimbop matolarning ekspluatatsion xususiyatlarini oshirishda innovatsion pardozlash texnologiyalarining o‘rnini o‘rganish asosida quyidagi xulosalarga kelindi. Innovatsion pardozlash texnologiyalari kiyimbop matolarning funksional va ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini maqsadli boshqarish imkonini beradi. Plazmali ishlov berish, fermentativ biopardozlash, sol-gel qoplamalari va nanostrukturali modifikatsiya usullari ushbu yo‘nalishda muhim texnologik imkoniyatlarga ega. Plazmali ishlov berish mato sirtining fizik-kimyoviy xususiyatlarini o‘zgartirish va keyingi funksional qoplamalarning yopishishini yaxshilashda istiqbolli hisoblanadi. Uning samaradorligi gaz muhiti, razryad quvvati va ishlov berish davomiyligiga bog‘liq. Fermentativ biopardozlash paxta va boshqa sellyulozali materiallarning sirt tuklanishini kamaytirish, tashqi ko‘rinishi va taktil xususiyatlarini yaxshilash imkonini beradi. Biroq jarayonni optimallashtirishda mato massasining yo‘qolishi va mustahkamlikning kamayishi xavfi nazorat qilinishi zarur. Sol-gel va nanostrukturali pardozlash texnologiyalari kiyimbop matolarga suvni qaytarish, ultrabinafsha nurlanishdan himoyalanish va boshqa funksional xususiyatlarni berishda qo‘llanishi mumkin. Bunday qoplamalarning samaradorligi ularning mexanik va yuvishga chidamliligi bilan birgalikda baholanishi kerak. Mikroinkapsulyatsiya texnologiyasi kiyimbop matolarning termofiziologik xususiyatlarini boshqarish uchun qo‘shimcha imkoniyatlar yaratadi. Ultratovush texnologiyasi esa ayrim pardozlash jarayonlarini intensivlashtirish vositasi sifatida ahamiyatga ega. Innovatsion texnologiyalarni sanoatga joriy etishda funksional samaradorlik, ekologik xavfsizlik, energiya va suv sarfi, mahsulot tannarxi hamda texnologik uskunalarning iqtisodiy samaradorligi kompleks baholanishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Morent, R., De Geyter, N., Verschuren, J., De Clerck, K., Kiekens, P., & Leys, C. (2008). Non-thermal plasma treatment of textiles. Surface and Coatings Technology, 202(14), 3427–3449. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2007.12.027
2. Mahltig, B., Haufe, H., & Böttcher, H. (2005). Functionalisation of textiles by inorganic sol–gel coatings. Journal of Materials Chemistry, 15, 4385–4398. https://doi.org/10.1039/B505177K
3. Periyasamy, A. P., Venkataraman, M., Kremenakova, D., Militky, J., & Zhou, Y. (2020). Progress in sol-gel technology for the coatings of fabrics. Materials, 13(8), 1838. https://doi.org/10.3390/ma13081838
4. Primc, G., Zaplotnik, R., Vesel, A., & Mozetič, M. (2022). Mechanisms involved in the modification of textiles by non-equilibrium plasma treatment. Molecules, 27(24), 9064. https://doi.org/10.3390/molecules27249064
5. Enzymatic biopolishing of cotton fabric with free/immobilized cellulase. (2018). Carbohydrate Polymers, 191, 95–102. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.02.067
6. Abdusamatova, D. O. (2025). Biomodification of secondary cellulose to restore texture and functional properties. Polymer Engineering & Science. https://doi.org/10.1002/pen.27260
7. Textor, T., & Mahltig, B. (2010). A sol–gel based surface treatment for preparation of water repellent antistatic textiles. Applied Surface Science, 256(6), 1668–1674. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2009.09.091
8. Zille, A. (2020). Plasma technology in fashion and textiles. In Sustainable Technologies for Fashion and Textiles (pp. 117–142). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102867-4.00006-2
9. McCoustra, M. R. S., & Mather, R. R. (2018). Plasma modification of textiles: Understanding the mechanisms involved. Textile Progress, 50(4), 185–229. https://doi.org/10.1080/00405167.2019.1637115
10. ISO 12947-2:2016. Textiles — Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method — Part 2: Determination of specimen breakdown. International Organization for Standardization.