Qabul qilindi: 3-oktabr 2026-yil • Ma’qullandi: 8-oktabr 2026-yil • Nashr qilindi: 14-oktabr 2026-yil

PLAZMA VA SOL-GEL NANOQOPLAMALAR YORDAMIDA IPAK VA SINTETIK MATOLAR SIRT XOSSALARI HAMDA JILODORLIGINI YAXSHILASH

Qurbonazarova Gulyuz Xushboqovna
Termiz davlat pedagogika universiteti o‘qituvchisi
E-mail: guluzturaeva@gmail.com

Tabiiy ipak va sintetik (poliefir, poliamid) matolar hashamatli kiyim va uy to‘qimachiligi segmentida jilodorlik va ko‘rinish sifati bo‘yicha yuqori talablarga javob berishi kerak. Biroq sintetik tolalar sirti gidrofob va kimyoviy jihatdan inert bo‘lgani uchun an’anaviy pardozlash vositalari yaxshi bog‘lanmaydi, ipakda esa qayta ishlov jarayonida sirt oqsil qatlami shikastlanishi mumkin. Suvni va kimyoviy moddalarni kam sarflaydigan, ekologik xavfsiz sirt modifikatsiyasi texnologiyalariga ehtiyoj ortib bormoqda.

Sirt xossalarini tola hajmiga ta’sir qilmasdan o‘zgartirish zamonaviy to‘qimachilik materialshunosligining asosiy yo‘nalishlaridan biridir. Mato jilodorligi, bo‘yoq yuzasidagi yorqinlik, ifloslanishga chidamlilik va ho‘llanish kabi xossalar bevosita tola sirtining kimyoviy tarkibi va nanotopografiyasi bilan belgilanadi. Shu sababli sirt qatlamiga yo‘naltirilgan ishlov usullari – plazma va yupqa qoplamalar – tolaning ichki mustahkamligi va havo o‘tkazuvchanligini saqlagan holda tashqi ko‘rinishni yaxshilash imkonini beradi.

Bundan tashqari, an’anaviy pardozlash (smola, silikon emulsiyalar, yuqori haroratli quritish) ipak kabi issiqlikka sezgir tolalar uchun mos kelmaydi, sintetik tolalarda esa vaqt o‘tishi bilan yuvilib ketadi. Shu bois sirtga kimyoviy bog‘langan, nanometr qalinlikdagi qoplamalarni yaratish dolzarb vazifa hisoblanadi.

Ipak tolasining o‘ziga xos jilosi uning uchburchakka yaqin kesimi va silliq fibroin sirtiga bog‘liq: kesim yorug‘likni prizma kabi qaytaradi va sindiradi. Biroq qaynatish (serisinni olib tashlash), bo‘yash va quritish jarayonlarida sirt shikastlanishi, tolalarning

ajralishi va fibrillanishi kuzatilishi mumkin, bu esa jilodorlikni pasaytiradi.

Poliefir va poliamid tolalar silindrsimon, juda silliq kesimga ega bo‘lgani uchun metall kabi “sovuq” yaltiroqlik beradi, ko‘pincha esa tabiiy ipakka xos yumshoq jilo bo‘lmaydi. Ularning gidrofob va kimyoviy inert sirti elektr zaryadini to‘playdi, kir tortadi va pardozlash vositalarini mustahkam ushlay olmaydi. Natijada an’anaviy pardozlash qoplamalari tez ketadi.

Past haroratli plazma tola yuzasining faqat nanometrlar tartibidagi qatlamiga ta’sir qiladi va matoning ommaviy mexanik xossalarini saqlab qoladi. Kislorod yoki havo plazmasi sirtda gidrofil funksional guruhlar (–OH, –COOH) hosil qilib, sirt energiyasini oshiradi. Biroq kuchli rejimda emirish natijasida g‘adir-budurlik ortib, jilodorlik kamayishi mumkin. Shu sababli plazma jilodorlikni bevosita oshiruvchi usul sifatida emas, balki yumshoq rejimda aktivatsiya bosqichi sifatida qo‘llanishi maqsadga muvofiq.

To‘qimachilikda ikki asosiy turdagi plazma qo‘llaniladi: past bosimli (vakuumli) glow-razryad plazmasi va atmosfera bosimli plazma (dielektrik to‘siqli razryad, korona, plazma oqimi). Atmosfera bosimli tizimlar uzluksiz mato oqimiga moslashuvchan bo‘lgani uchun sanoat nuqtai nazaridan qulay. Jarayon natijasi gaz turi (kislorod, azot, argon, havo), razryad quvvati, ta’sir vaqti va gaz oqimiga bog‘liq.

Plazmaning sirtga ta’siri to‘rt mexanizm bilan tavsiflanadi: tozalash (organik qoldiqlarni olib tashlash), emirish (nanometrik g‘adir-budurlik hosil qilish), aktivatsiya (qutbli guruhlar hosil qilish) va ko‘ndalang bog‘lanish. Poliefirda ester guruhlari ta’sirida karboksil va gidroksil guruhlar hosil bo‘ladi, ipakda esa oqsil sirtidagi guruhlar faollashadi.

Muhim cheklov – plazma ta’sirining vaqt o‘tishi bilan susayishi (gidrofob qayta tiklanish): faollashgan sirt kunlar davomida dastlabki holatiga qayta boshlaydi. Shu sababli qoplama plazma ishlovidan keyin imkon qadar tez qo‘llanishi lozim.

Sol-gel usulida tetraetoksisilan kabi prekursorlardan SiO_2, titan birikmalaridan esa TiO_2 asosida yupqa, shaffof qoplama hosil qilinadi. Qoplama sirtdagi mikro nuqsonlarni to‘ldirib, g‘adir-budurlikni kamaytiradi, bu esa spekulyar qaytarishni oshiradi. TiO_2 ning yuqori sinish ko‘rsatkichi (taxminan 2,4–2,6) sirtning qaytarish koeffitsientini oshiradi, SiO_2

esa asosan sirtni tekislash va mexanik himoya vazifasini bajaradi. Qoplama qalinligi yuzlab nanometrdan oshmasa, matoning havo o‘tkazuvchanligi va qo‘l bilan sezilishi saqlanadi; qalin qoplama esa matoni qotiradi va yorilib, jilodorlikni pasaytiradi.

Sol-gel jarayoni prekursorning (masalan, tetraetoksisilan) suv va katalizator (kislota yoki ammiak) ishtirokida gidrolizlanishi va hosil bo‘lgan gidroksil guruhlarning kondensatsiyalanishi orqali Si–O–Si tarmog‘ini hosil qilishga asoslangan. Sol matoga shimdirish–siqish (padding), cho‘ktirish yoki purkash usullarida surtiladi, so‘ng quritiladi va termik fiksatsiya qilinadi. Fiksatsiya harorati tolaning termik chidamliligidan oshmasligi kerak, ipak uchun bu ayniqsa muhim.

Qoplamaning tolaga bog‘lanishini yaxshilash uchun organik-modifikatsiyalangan silanlar (masalan, glisidoksipropiltrimetoksisilan yoki aminosilanlar) qo‘shiladi: ularning organik guruhlari tola funksional guruhlari bilan, silanol guruhlari esa qoplama tarmog‘i bilan bog‘lanadi.

Optik nuqtai nazardan zarracha o‘lchami hal qiluvchi: zarrachalar agregatlanib yorug‘lik to‘lqin uzunligiga yaqin o‘lchamga yetsa, qoplama yorug‘likni sochib, “xiralik” hosil qiladi va jilodorlikni pasaytiradi. Shu sababli zarrachalarning bir tekis, bir necha o‘n nanometr o‘lchamda taqsimlanishi talab etiladi. TiO_2 qo‘llanganda uning fotokatalitik faolligi organik tola (ayniqsa ipak) degradatsiyasiga olib kelishi mumkinligini hisobga olish zarur.

Plazma va sol-gel bosqichlarini ketma-ket qo‘llashning afzalligi shundaki, aktivatsiyalangan sirt qoplama bilan kuchli kimyoviy bog‘lanish hosil qiladi, bu esa yuvish va ishqalanishga chidamlilikni oshiradi. Shu bilan birga qoplama qo‘shimcha funksiyalar – ultrabinafsha nurlanishdan himoya, kir yuqtirmaslik, antibakterial xossalar – berishi mumkin. Samara ko‘rsatkichlari glossmetr (ISO 2813 / ASTM D523, 60°), sirt topografiyasi (SEM, AFM) va kontakt burchagi o‘lchovlari bilan baholanishi tavsiya etiladi.

Ipak fibroin oqsilidan tuzilgan, tola kesimi uchburchaksimon prizmaga yaqin bo‘lgani uchun yorug‘likni yo‘nalishli qaytaradi va tabiiy yaltiroqlik beradi. Ammo tolaning sirtidagi oqsil qatlami ishqor, yuqori harorat va mexanik ta’sirga sezgir. Poliefir va poliamid

tolalarning sirti silliq, gidrofob va kimyoviy inert; sirt energiyasi past bo‘lgani uchun qoplama va pardoz vositalari kuchsiz yopishadi. Tola kesimi o‘zgartirilgan (masalan, uchburchak) sintetik tolalar yuqori jilodorlik beradi, biroq mato ishlatilganda sirt shikastlanishi va ifloslanishi bu ko‘rinishni tez pasaytiradi.

To‘qimachilikda ikki asosiy turdagi past haroratli plazma qo‘llanadi: past bosimli (vakuum) plazma va atmosfera bosimli plazma (dielektrik to‘siqli razryad, korona). Vakuum tizimlari barqaror va bir xil ishlov beradi, ammo davriy ish tartibi sababli uzluksiz sanoat oqimiga moslashtirish qiyin; atmosfera bosimli tizimlar esa mato bo‘ylab uzluksiz ishlov berish imkonini beradi. Gaz turi sirt kimyosini belgilaydi: kislorod va havo plazmasi gidrofil kislorodli guruhlar hosil qiladi, argon asosan emirish va radikal hosil qilish uchun, ftor saqlovchi gazlar esa gidrofoblashtirish uchun ishlatiladi. Ishlov vaqti va quvvat oshirilganda emirish kuchayadi, shu sababli jilodorlik talab etilgan hollarda ishlov qisqa va yumshoq rejimda olib borilishi lozim.

Plazma ishlovining muhim cheklovi – “qarish” (hydrophobic recovery) hodisasi: ishlovdan so‘ng sirt energiyasi vaqt o‘tishi bilan pasayadi, chunki polimer zanjirlari harakatchanligi hisobiga polyar guruhlar tola ichiga qaytadi. Shu sababli qoplash bosqichi plazma aktivatsiyasidan keyin imkon qadar tez bajarilishi tavsiya etiladi.

Sol-gel jarayoni prekursorlarning (masalan, tetraetoksisilan, titan alkoksidlari) gidrolizi va kondensatsiyasi orqali kolloid zarrachalar (sol) hosil qilish va ularning tola yuzasida uch o‘lchamli tarmoq (gel) hosil qilishiga asoslangan. Jarayon kislotali yoki ishqoriy katalizator ishtirokida kechadi: kislotali sharoitda chiziqsimon, ishqoriy sharoitda esa sferik zarrachalar hosil bo‘ladi, bu esa qoplama tuzilishi va shaffofligiga ta’sir qiladi. Qoplama matoga shimdirish va siqish (padding), purkash yoki botirish usullari bilan beriladi, keyin nisbatan past haroratda quritiladi va qotiriladi. Ipak va boshqa issiqlikka sezgir tolalar uchun qotirish harorati chegaralanishi sababli past haroratda qotuvchi tizimlar yoki qisqa muddatli ishlov tanlanadi.

Siloksan asosidagi qoplamalar plazma bilan aktivlashtirilgan sirtdagi gidroksil guruhlar bilan kondensatsiya reaksiyasiga kirishib, kovalent (Si–O–C yoki Si–O–Si) bog‘lar

hosil qiladi. Bu bog‘lanish oddiy fizik adsorbsiyaga nisbatan yuvishga ancha chidamli bo‘ladi.

Yo‘nalishli qaytish ulushi sirt g‘adir-budurligi σ bilan taxminan quyidagicha bog‘liq:

$$R_{spek} \approx R_0 \cdot \exp\left[-\left(\frac{4\pi \cdot \sigma \cdot cos\theta}{\lambda}\right)^2\right]$$

bu yerda: R_0 – ideal silliq sirtning Fresnel qaytarish koeffitsienti (u sinish ko‘rsatkichiga bog‘liq), σ – sirt g‘adir-budurligi, θ – tushish burchagi, λ – yorug‘lik to‘lqin uzunligi.

Formuladan ko‘rinadiki, sirt g‘adir-budurligi kamaygan sari yo‘nalishli qaytarish keskin oshadi. Qoplama bu ikki yo‘l bilan ta’sir qiladi: (1) mikro nuqsonlarni va tola sirtidagi tirnalishlarni to‘ldirib, σ ni kamaytiradi; (2) sinish ko‘rsatkichi yuqori bo‘lgan qatlam (TiO_2) hisobiga R_0 ni oshiradi. Sintetik polimer tolalarning sinish ko‘rsatkichi taxminan 1,5–1,6 ni tashkil etadi, SiO_2 qoplamaniki esa taxminan 1,45, shu sababli SiO_2 qatlamining asosiy roli sirtni tekislash, TiO_2 ning esa qaytarishni kuchaytirishdir. Qoplama qalinligi tola diametriga nisbatan juda kichik bo‘lishi lozim, aks holda mato qotadi va yorilishlar jilodorlikni pasaytiradi.

Plazma aktivatsiyasi va sol-gel qoplamani birlashtirgan tizimning asosiy afzalligi – qoplamaning tola bilan kimyoviy bog‘lanishi tufayli yuvish va ishqalanishga chidamliligining oshishidir. Buni baholash uchun kamida 5–10 marta standart yuvishdan va Martindale usulida ishqalanishdan so‘ng jilodorlik, kontakt burchagi va sirt morfologiyasi qayta o‘lchanadi. Bundan tashqari, TiO_2 va SiO_2 nanozarrachalar ultrabinafsha nurlanishni yutib, mato bo‘yog‘ining fotoyemirilishini kamaytirishi, kir yuqtirmaslik va antibakterial xossa berishi mumkin. Biroq nanozarrachalarning ajralib chiqishi va inson salomatligiga ta’siri masalasi hali ham alohida baholashni talab qiladi.

Plazma ishlovi suvsiz va kimyoviy reagentlarsiz kechadi, bu suv va chiqindi sarfini keskin kamaytiradi. Sol-gel jarayonida esa erituvchi (spirt) va katalizator ishlatiladi, shu sababli suv asosidagi tizimlar va zararsiz prekursorlarni tanlash ekologik jihatdan afzal. Asosiy muammolar: plazma ta’sirining mato to‘qimasi bo‘ylab bir xil bo‘lmasligi; qoplama

qalinligini boshqarishning murakkabligi; ishlov natijasining qarishi; nanomateriallar xavfsizligi bo‘yicha me’yoriy hujjatlarning cheklanganligi. Kelgusi yo‘nalishlar: atmosfera bosimli plazma va sol-gelni bitta texnologik oqimda birlashtirish, biopolimer (xitozan) bilan gibrid qoplamalar va jilodorlikni goniofotometr asosida bashorat qilish.

Plazma aktivatsiyasi suvsiz va kimyoviy moddasiz bo‘lgani uchun an’anaviy kimyoviy tayyorlov bosqichlarini qisqartiradi. Sol-gel jarayonida erituvchi sarfi va qoplamaning yuvilib ketishi oqava suvga ta’siri hisobga olinishi kerak. Qoplama qatlami juda yupqa bo‘lgani uchun materiallar sarfi kam, lekin jarayonni barqaror

Xulosa. Yumshoq plazma aktivatsiyasi va nanozarrachali sol-gel qoplamani birlashtirish ipak va sintetik matolar sirtini tekislash, jilodorlikni oshirish va natijaning chidamliligini ta’minlash uchun istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi. Usulning ekologik afzalligi (suvsiz aktivatsiya, kam kimyoviy sarf) va ko‘p funksiyaliligi uni sanoatga tadbiq etish imkoniyatini kengaytiradi; plazma rejimi va qoplama qalinligi parametrlari har bir mato turi uchun tajriba yo‘li bilan optimallashtirilishi lozim.

Tadqiqotning asosiy xulosalari:

1) Ipak va sintetik matolarda jilodorlik sirt tekisligi va tola kesimi bilan belgilanadi; ularning sirt kimyoviy inertligi qoplama bog‘lanishini cheklaydi.

2) Plazma yakka holda jilodorlikni oshirishdan ko‘ra, sirtni faollashtirish bosqichi sifatida samaraliroq; kuchli emirish jilodorlikni pasaytirishi mumkin.

3) Sol-gel nanoqoplama sirt nuqsonlarini to‘ldirib, qaytarishni oshiradi, lekin zarracha agregatsiyasi va qalin qatlam jilodorlikka salbiy ta’sir qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Shishoo R. (ed.) Plasma Technologies for Textiles. Woodhead Publishing, 2007.

2. Mahltig B., Haufe H., Böttcher H. Functionalisation of textiles by inorganic sol–gel coatings. Journal of Materials Chemistry, 2005, 15, 4385–4398.

3. Kan C.W. A Novel Green Treatment for Textiles: Plasma Treatment as a Sustainable Technology. CRC Press, 2014.

4. Wei Q. (ed.) Surface Modification of Textiles. Woodhead Publishing, 2009.

5. Brinker C.J., Scherer G.W. Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing. Academic Press, 1990.

6. Schindler W.D., Hauser P.J. Chemical Finishing of Textiles. Woodhead Publishing, 2004.

7. Qurbonazarov Suhrob Erkin o‘g‘li - Tarvuz yetishtirishning bugungi holati va urug‘ tayyorlash sirlari. “Yangi O‘zbekistonda barqaror rivojlanish uchun ilm-fan va innovatsiyalar” mavzusidagi respublika ilmiy konferensiyasi. №1 2026-yil Avgust. 109-112 betlar.

8. Qurbonazarov Suhrob Erkin o‘g‘li, Abzoirov Elbek Akram o‘g‘li - Geyzerlardan foydalanib elektr energiyasi olishning atrof-muhitga ta’siri. Vol. 4 No. 39 (2025): Научный Импульс.

9. Abdulazizov Bozorqul Boboqulovich, Qurbonazarov Suhrob Erkin o‘g‘li - Elektr energiyasi isroflarining kamaytirish muammolari. Vol. 3 No. 28 (2024): Научный Импульс.

10. Qurbonazarov Suhrob Erkin o'g'li, To‘rayeva Gulyuz Xushboqovna - Robototexnika–kelajak texnologiyalari sohasi Journal integrated education and research ISSN 2181-3558. 2022

11. Qurbonazarov Suhrob Erkin o‘g‘li – “Shaffof quyosh panellari” - “Energiya va resurs tejamkor innovatsion texnologiyalarni rivojlantirishning dolzarb muammolari” respublika ilmiy-amaliy anjumani, Qarshi 2022.

12. Qurbonazarov Suhrob Erkin o‘g‘li – Atom batareyalari – kelajak batareyalari Journal integrated education and research ISSN 2181-3558 Volume 1, Issue 4. September 2022.

13. Qurbonazarov Suhrob Erkin o‘g‘li, To‘rayeva Gulyuz Xushboqovna “Pedagogik ijodkorlik modulida kreativ yondashuv asosida o‘qitish masalalari” International Journal of Science and Technology ISSN 3030-3443 Volume 1, Issue 06, February. 2024.