TO'QIMACHILIK VA NANOTENIKALAR

Muallif: Abdujabbarova Nazokat

Ta'lim muassasasi: Toshkent Kimyo alaro Universiteti Namangan filiali

Yo'nalish: Liboslar dizayni

Annotatsiya: Mazkur maqolada tasvirlangan ish shuni ko'rsatadiki, aqlli to'qimachilikda nanotexnologiyalardan foydalanish yo'nalishlarini, asosiy nanomateriallarning xususiyatlarini, ularni matolarga tatbiq etish usullarini hamda ushbu texnologiyalarning imkoniyatlari va muammolarini tahlil qilishdan iborat.

Kalit so'zlar: aqlli to'qimachilik, nanotexnologiya, nanomateriallar, nan tolalar, grafen, kumush nanopartikullari, sensorli matolar, funksional to'qimachilik, elektron to'qimachilik, ekologik xavfsizlik.

Kirish

Zamonaviy to'qimachilik sanoati faqat matolarning tashqi ko'rinishi, mustahkamligi va qulayligini yaxshilash bilan cheklanib qolmay, ularga yangi funksional xususiyatlar berish yo'nalishida ham rivojlanmoqda. Ayniqsa, nanotexnologiyalarning joriy etilishi natijasida an'anaviy matolarni tashqi muhitdagi o'zgarishlarni sezish, ma'lumotlarni uzatish va ayrim holatlarda muayyan ta'sirlarga javob qaytarish imkoniyatiga ega bo'lgan materiallarga aylantirish mumkin [1; 2].

Nanotexnologiyalar moddalarning juda kichik o'lchamdagi tuzilmalari va xususiyatlaridan foydalanishga asoslanadi. Nanomateriallarni to'qimachilik tolalari va matolari tarkibiga kiritish orqali antibakteriallik, ultrabinafsha nurlarga chidamlilik, suvni qaytarish, elektr o'tkazuvchanlik, olovga chidamlilik va o'z-o'zini tozalash kabi xususiyatlarni shakllantirish mumkin [2; 3].

Aqlli to'qimachilikning rivojlanishi kiyim-kechakning vazifalarini ham kengaytirmoqda. Bunday mahsulotlar inson tanasidagi ayrim fiziologik ko'rsatkichlarni kuzatish, tana haroratidagi o'zgarishlarni aniqlash, jismoniy faollikni nazorat qilish va tashqi muhit haqidagi ma'lumotlarni olish uchun

ishlatilishi mumkin. Shu sababli aqlli to‘qimachilik tibbiyot, sport, harbiy kiyimlar, xavfsizlik vositalari va kundalik kiyim ishlab chiqarishda muhim innovatsion yo‘nalish hisoblanadi [2; 4]

Aqlli to‘qimachilik — tashqi muhitdagi o‘zgarishlarni sezish, ularga javob qaytarish yoki elektron qurilmalar bilan o‘zaro aloqada ishlash imkoniyatiga ega bo‘lgan to‘qimachilik materiallari va mahsulotlaridir. Bunday materiallarning funksional imkoniyatlari ularning tarkibi, tolalar tuzilishi, qo‘llanilgan qoplamalar va integratsiyalashgan elektron komponentlarga bog‘liq [1; 2].

Aqlli to‘qimachilikni funksional imkoniyatlariga ko‘ra shartli ravishda uch avlodga ajratish mumkin.

Birinchi avlod — passiv aqlli to‘qimachilik. Bunday materiallar atrof-muhit yoki inson tanasidagi muayyan o‘zgarishlarni sezishi mumkin, biroq ularga faol javob qaytarish imkoniyati cheklangan. Masalan, ultrabinafsha nurlardan himoyalovchi yoki mikroorganizmlarning ko‘payishini kamaytiruvchi nanomateriallar bilan ishlov berilgan matolar ushbu guruhga kiradi.

Ikkinchi avlod — faol aqlli to‘qimachilik. Bu turdagi materiallar tashqi ta’sirni sezish bilan birga, unga ma’lum darajada javob ham qaytaradi. Masalan, harorat o‘zgarishida rangini o‘zgartiradigan termoxrom materiallar, namlik yoki mexanik ta’sirga javob beradigan ayrim maxsus matolar faol to‘qimachilikka misol bo‘la oladi.

Uchinchi avlod — yuqori darajada integratsiyalashgan aqlli to‘qimachilik. Bunda mato tarkibiga sensorlar, yumshoq elektron qurilmalar, optik elementlar, energiya yig‘ish moslamalari va energiya saqlash komponentlari birlashtiriladi. Bunday mahsulotlar inson holatini kuzatish, tashqi muhitdagi xavfli omillarni aniqlash va ma’lumotlarni elektron tizimlarga uzatish imkoniyatiga ega bo‘lishi mumkin [1; 2].

Mazkur tasnif aqlli matolarning sodda himoya vazifalaridan tortib, murakkab elektron tizimlar bilan o‘zaro ishlay oladigan mahsulotlargacha bo‘lgan taraqqiyot bosqichlarini aks ettiradi.

Nanomateriallarning aqlli to‘qimachilikdagi ahamiyati

Nanomateriallar aqlli to‘qimachilikning funksional xususiyatlarini shakllantirishda muhim o‘rin tutadi. Ular tolalar yuzasiga qoplama sifatida qo‘llanilishi, tola tarkibiga kiritilishi yoki nanofiber shaklida maxsus qatlam hosil qilishi mumkin. Materialni tanlashda uning fizik-kimyoviy xususiyatlari, mato bilan mosligi, yuvishga chidamliligi va inson salomatligiga ta’siri hisobga olinishi kerak [2; 3].

Kumush nanopartikullari antibakterial xususiyatlari sababli to‘qimachilik sanoatida keng o‘rganiladigan nanomateriallardan biridir. Ular mikroorganizmlar faoliyatini cheklashga yordam berishi mumkin. Shu sababli kumush asosidagi qoplamalar tibbiy to‘qimachilik, gigiyenik mahsulotlar va ayrim maxsus kiyimlarda qo‘llaniladi. Biroq ularning samaradorligi zarrachalar o‘lchami, qoplama tarkibi, ishlov berish usuli va foydalanish sharoitlariga bog‘liq [3].

Rux oksidi (ZnO) va titan dioksidi (TiO_2) kabi nanomateriallar ultrabinafsha nurlardan himoyalash va ayrim funksional sirt xususiyatlarini shakllantirishda qo‘llaniladi. Titan dioksidining fotokatalitik xususiyatlaridan foydalanish orqali muayyan sharoitlarda mato yuzasidagi organik ifloslantiruvchilarning parchalanishiga yordam beruvchi qoplamalar ishlab chiqish mumkin. Biroq bunday ta’sir yorug‘lik, qoplama tarkibi va ishlov berish texnologiyasiga bog‘liq [2; 3].

Grafen va uglerod nanotubalari elektr o‘tkazuvchanlik xususiyatlari bilan ajralib turadi. Ular to‘qimachilik materiallariga sensorlik va elektr signallarini uzatish imkoniyatlarini berishda istiqbolli hisoblanadi. Ushbu materiallar yordamida egiluvchan, tana harakatlariga moslashadigan va ayrim fizik ko‘rsatkichlarni qayd etishga mo‘ljallangan elektron to‘qimachilik tizimlarini ishlab chiqish mumkin [2; 4].

Nanofiberlar esa katta solishtirma sirt maydoni va o‘ziga xos tuzilishi bilan ahamiyatlidir. Ular filtrlash, himoya qatlamlarini yaratish, funksional qoplamalar hosil qilish va ayrim tibbiy to‘qimachilik mahsulotlarini ishlab chiqishda

qo‘llanilishi mumkin. Nanofiberlarni olishda elektrospinning kabi texnologiyalardan foydalaniladi [2; 4].

Nanotexnologiyalarni to‘qimachilik materiallariga tatbiq etish usullari

Nanomateriallarni mato va tolalarga birlashtirish usuli tayyor mahsulotdan kutiladigan xususiyatlarga bog‘liq. Yuborilgan maqolada ham nanomateriallarni tolalar ishlab chiqarish jarayonida qo‘shish va tayyor matoga ishlov berish kabi yondashuvlar ko‘rib chiqilgan [1].

Birinchi yondashuv — **“bottom-up” usuli**, ya’ni materialni quyi darajadagi tarkibiy qismlardan shakllantirish. Bunda funksional nanomateriallar tola hosil qilish jarayonida tarkibga kiritilishi mumkin. Bu usul nanomateriallarning tola tuzilmasida taqsimlanishiga imkon beradi, ammo natija ishlab chiqarish texnologiyasi va komponentlarning o‘zaro mosligiga bog‘liq.

Ikkinchi yondashuv — **tayyor matoga sirt ishlovi berish**. Bunda nanomateriallar matoga singdirish, purkash, bosma usulda qoplash yoki boshqa pardozlash texnologiyalari yordamida biriktiriladi. Mazkur usul mavjud to‘qimachilik materiallariga qo‘shimcha funksiyalar berishda qulay bo‘lishi mumkin. Biroq qoplamaning matoga mustahkam birikishi, yuvish va ishqalanishga chidamliligi alohida ahamiyatga ega [1; 2].

Uchinchi yondashuv — **elektrospinning orqali nanofiberlar olish**. Bu texnologiyada polimer eritmasi yoki boshqa mos tarkibdan juda ingichka tolalar hosil qilinadi. Olingan nanofiber qatlamlari filtrlash, himoya va boshqa funksional vazifalarni bajaruvchi to‘qimachilik materiallarini ishlab chiqishda foydalanilishi mumkin [2].

Har bir usulning o‘ziga xos ustunliklari va cheklovlari mavjud. Shu bois, texnologiyani tanlash jarayonida ishlab chiqarish xarajatlari, matoning mayinligi, havo almashinuvini ta’minlash xususiyati, elastikligi, funksional qatlamning chidamliligi hamda ekologik jihatdan xavfsizligi kompleks tarzda hisobga olinishi zarur.

Aqlli to‘qimachilikning qo‘llanilish sohalari

Nanotexnologiyalar asosida yaratilgan aqlli to‘qimachilik materiallari turli sohalarda foydalanish imkoniyatiga ega.

Tibbiyot va sog‘liqni saqlash. Sensorlar bilan jihozlangan kiyimlar yurak urishi, tana harorati, nafas olish bilan bog‘liq ayrim ko‘rsatkichlar yoki jismoniy faollikni kuzatishga mo‘ljallanishi mumkin. Bunday tizimlar tibbiy monitoring va reabilitatsiya jarayonlarida qo‘llanish istiqboliga ega. Biroq ularning tibbiy tashxis uchun ishlatilishi aniqlik, klinik tekshiruv va xavfsizlik talablariga javob berishiga bog‘liq [2; 4].

Sport va kundalik kiyimlar. Aqlli sport kiyimlari jismoniy harakatlarni kuzatish, mashg‘ulotlar davomida ayrim fiziologik ko‘rsatkichlarni qayd etish va foydalanuvchiga ma’lumot uzatish uchun ishlab chiqiladi. Nanomateriallar bunday kiyimlarda elektr o‘tkazuvchan qatlamlar yoki egiluvchan sensorlarning funksional elementlari sifatida xizmat qilishi mumkin.

Himoya va maxsus kiyimlar. Ultrabinafsha nurlardan himoyalovchi, suvni qaytaruvchi, antibakterial yoki elektr o‘tkazuvchan xususiyatlarga ega materiallar maxsus kiyimlarni ishlab chiqarishda muhim ahamiyatga ega. Harbiy, sanoat va favqulodda vaziyatlar uchun mo‘ljallangan kiyimlarda bunday xususiyatlar foydalanuvchining xavfsizligi va qulayligini oshirishga xizmat qilishi mumkin [2; 3].

O‘z-o‘zini tozalash va sirtni himoyalash. Ayrim nanostrukturali qoplamalar matoning suvni qaytarish xususiyatini yaxshilashi yoki ma’lum sharoitlarda sirt ifloslanishini kamaytirishi mumkin. Bunday texnologiyalar kiyimlarni parvarish qilish jarayonini yengillashtirishga yordam beradi. Shunga qaramay, barcha qoplamalar ham bir xil samaradorlikka ega emas va ularning ta’siri foydalanish sharoitlariga bog‘liq [2; 3].

Energiya yig‘ish va saqlash. Aqlli to‘qimachilikda harakat yoki boshqa energiya manbalaridan foydalanib energiya hosil qiluvchi nanogeneratorlar, shuningdek, to‘qimachilik bilan birlashtirilgan energiya saqlash qurilmalari ishlab chiqilmoqda. Bunday yechimlar kiyim tarkibidagi sensorlar va elektron qismlarni

quvvatlantirishga yordam berishi mumkin. Biroq energiya ishlab chiqarish samaradorligi, qurilmalarning og‘irligi, egiluvchanligi va xavfsizligi ularni keng joriy etishda muhim omillar bo‘lib qolmoqda [2; 4].

Nanotexnologiyalarning afzalliklari va mavjud muammolar

Nanotexnologiyalardan foydalanish to‘qimachilik mahsulotlarining funksional imkoniyatlarini kengaytiradi. Ularning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

matolarga yangi himoya va funksional xususiyatlar berish;

mikroorganizmlar ta’sirini kamaytirishga yordam beruvchi qoplamalar yaratish;

elektr o‘tkazuvchan va sensorli to‘qimachilik materiallarini ishlab chiqish;

kiyimning tashqi muhit o‘zgarishlariga moslashish imkoniyatlarini kengaytirish;

tibbiyot, sport va maxsus kiyimlar uchun yangi mahsulotlar yaratish.

Shu bilan birga, ushbu texnologiyalarni sanoat miqyosida qo‘llashda bir qator muammolar mavjud. Jumladan, nanomateriallarning matoga mustahkam birikishi, yuvish davomida funksional xususiyatlarini saqlab qolishi, ishlab chiqarish xarajatlari va ommaviy ishlab chiqarishga mosligi muhim masalalardir [4; 6].

Bundan tashqari, nanomateriallarning inson salomatligi va atrof-muhitga ehtimoliy ta’sirini baholash zarur. Masalan, yuvish jarayonida ayrim zarrachalarning matodan ajralib chiqishi mumkinligi sababli ularning tarqalishi va ekologik ta’siri o‘rganilishi kerak. Shu bois xavfsiz materiallarni tanlash, ishlab chiqarish jarayonini nazorat qilish va mahsulotning butun foydalanish davrini baholash muhim hisoblanadi [3; 6].

Aqlli to‘qimachilikni rivojlantirishda yana bir muhim vazifa — texnologik imkoniyatlar va kiyimning kundalik qulayligi o‘rtasidagi muvozanatni saqlashdir. Elektron qismlar matoning egiluvchanligi, yengilligi, havo o‘tkazuvchanligi va estetik ko‘rinishiga salbiy ta’sir ko‘rsatmasligi lozim. Shuning uchun kelgusidagi

tadqiqotlarda qulay, chidamli, xavfsiz va iqtisodiy jihatdan samarali materiallarni ishlab chiqishga e'tibor qaratish zarur [2; 4; 6].

Xulosa

Aqlli to‘qimachilikda nanotexnologiyalardan foydalanish zamonaviy to‘qimachilik sanoatining istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Nanomateriallar yordamida matolarga antibakteriallik, ultrabinafsha nurlardan himoyalash, suvni qaytarish, elektr o‘tkazuvchanlik va boshqa funksional xususiyatlarni berish mumkin. Sensorlar, nanofiberlar va egiluvchan elektron komponentlarni to‘qimachilik materiallariga birlashtirish esa kiyimlarning oddiy himoya vazifasidan tashqari, axborot yig‘ish va uzatish kabi imkoniyatlarini ham kengaytiradi.

Aqlli to‘qimachilik tibbiyot, sport, maxsus kiyimlar va kundalik iste'mol mahsulotlarida foydalanish uchun yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Biroq nanotexnologiyalarni keng joriy etish uchun mahsulotlarning uzoq muddatli chidamliligi, yuvishga bardoshliligi, ishlab chiqarish tannarxi, inson salomatligi va atrof-muhitga ta'siri bilan bog‘liq masalalarni chuqur o‘rganish zarur.

Shunday qilib, nanotexnologiyalarni to‘qimachilik sanoatiga samarali tatbiq etish ilmiy tadqiqotlar, yangi materiallar ishlab chiqish va ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirishni talab qiladi. Kelgusida xavfsiz, qulay, chidamli va iqtisodiy jihatdan maqbul nanomateriallar asosidagi aqlli matolarni yaratish to‘qimachilik mahsulotlarining funksional imkoniyatlarini yanada kengaytirishga xizmat qilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

Yusupov D. S., Maqsudov N. B. **Aqlli to‘qimachilikda nanotexnologiyalarni qo‘llash.** Namangan muhandislik-texnologiya instituti materiallari, 2023-yil 3–4-may, 1-tom, 418–421-betlar.

Yetisen A. K., Qu H., Manbachi A., Butt H., Dokmeci M. R., Hinestroza J. P. et al. Nanotechnology in Textiles. *ACS Nano*, 2016, 10(3), 3042–3068. DOI: 10.1021/acsnano.5b08176.

Andra S. et al. Emerging nanomaterials for antibacterial textile fabrication. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 2021, 394(7), 1355–1382. DOI: 10.1007/s00210-021-02064-8.

Zhu et al. Nanomaterials for smart wearable fibers and textiles: A critical review. *iScience*, 2025, 28(8), 113126. DOI: 10.1016/j.isci.2025.113126.

Shah et al. Applications of nanotechnology in smart textile industry: A critical review. *Journal of Advanced Research*, 2022, 38, 55–75. DOI: 10.1016/j.jare.2022.01.008.

Ali et al. Next-generation functional nanotextiles—Prospects and challenges. *Sustainable Materials and Technologies*, 2023, 36, e00640. DOI: 10.1016/j.susmat.2023.e00640.