



NANOMATERIALLAR ASOSIDA METALL YUZALARNI KORROZIYADAN HIMOYALOVCHI QOPLAMALAR ISHLAB CHIQISHNING ISTIQBOLLARI

Abdulhamidova Hilola Sherzod qizi

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti magistranti

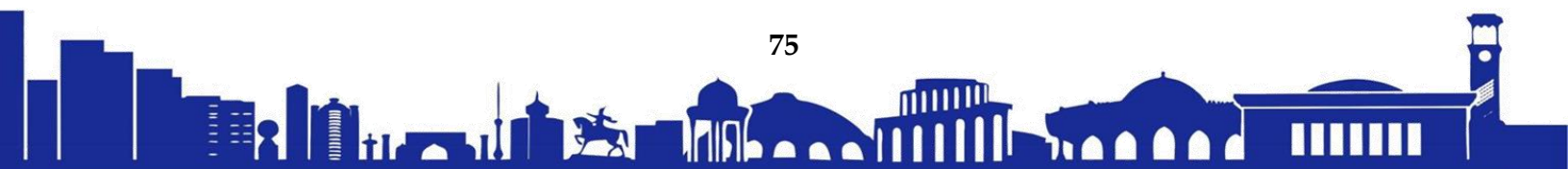
Annotatsiya

Ushbu tezisda metall yuzalarni korroziyadan himoyalashda nanomateriallar asosidagi qoplamalarning ilmiy-amaliy ahamiyati yoritilgan. Korroziya sanoat, qurilish, transport, energetika va kimyo texnologiyasi sohalarida metall konstruksiyalar xizmat muddatini qisqartiruvchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. An'anaviy antikorrozion qoplamalar ko'p hollarda agressiv muhit, namlik, xlorid ionlari va mexanik shikastlanishlar ta'sirida yetarli himoya bera olmaydi. Shu sababli so'nggi yillarda SiO_2 , TiO_2 , ZnO , Al_2O_3 , grafen oksidi va nanogil kabi nano o'lchamli zarrachalar bilan modifikatsiyalangan qoplamalarga qiziqish ortmoqda. Tezisda nanomateriallarning qoplama tarkibidagi vazifasi, ularning korroziyaga qarshi himoya mexanizmi, texnologik afzalliklari va amaliy qo'llanish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Nanokompozit qoplamalar metall yuzada zich himoya qatlami hosil qilib, namlik, kislorod va agressiv ionlarning metallga kirib borishini sekinlashtiradi. Shuningdek, ayrim nanomateriallar qoplamaning mexanik mustahkamligini, adgeziyasini va xizmat muddatini oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Nanomaterial, nanozarrachalar, antikorrozion qoplama, metall yuzasi, korroziya, nanokompozit, grafen oksidi, sink oksidi, titan dioksid, himoya qatlami.

Abstract

This thesis highlights the scientific and practical importance of nanomaterial-based coatings in protecting metal surfaces from corrosion. Corrosion is one of the main factors reducing the service life of metal structures in the fields of industry, construction, transport, energy and chemical technology. Traditional anti-corrosion coatings in many cases do not provide sufficient protection against aggressive environments, moisture, chloride ions and mechanical damage. Therefore, in recent years, interest in coatings modified with nano-sized particles such as SiO_2 , TiO_2 , ZnO , Al_2O_3 , graphene oxide and nanoclay has been growing. The thesis analyzes the role of nanomaterials in the composition of the coating, their mechanism of corrosion protection, technological





advantages and practical application possibilities. Nanocomposite coatings form a dense protective layer on the metal surface, slowing the penetration of moisture, oxygen and aggressive ions into the metal. Also, some nanomaterials serve to increase the mechanical strength, adhesion and service life of the coating.

Keywords: Nanomaterial, nanoparticles, anti-corrosion coating, metal surface, corrosion, nanocomposite, graphene oxide, zinc oxide, titanium dioxide, protective layer.

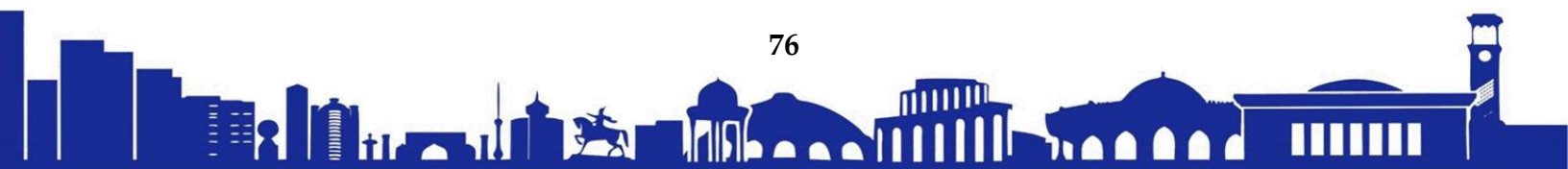
Kirish. Metall materiallar zamonaviy texnika va sanoatning asosiy konstrukcion materiallari hisoblanadi. Ular yuqori mustahkamlik, ishlov berish qulayligi, issiqlik va elektr o'tkazuvchanligi kabi xususiyatlari sababli keng qo'llaniladi. Biroq metallarning tashqi muhit bilan kimyoviy yoki elektrokimyoviy ta'sirlashuvi natijasida korroziya jarayoni yuzaga keladi. Korroziya metallning fizik-mexanik xossalarini yomonlashtiradi, uning xizmat muddatini qisqartiradi va iqtisodiy zarar keltiradi.

Korroziyadan himoyalashning eng keng tarqalgan usullaridan biri metall yuzasiga maxsus qoplamalar surishdir. Bunday qoplamalar metallni namlik, kislorod, tuzlar va boshqa agressiv moddalar ta'siridan himoya qiladi. Ammo oddiy bo'yoq, lak yoki polimer qoplamalar uzoq muddatli ekspluatatsiya sharoitida yorilishi, ko'chishi yoki g'ovaklashishi mumkin. Shu sababli antikorrozion qoplamalarning tarkibini takomillashtirish, ularning himoya samaradorligini oshirish va xizmat muddatini uzaytirish muhim ilmiy muammo hisoblanadi.

Bugungi kunda bu muammoni hal etishda nanomateriallardan foydalanish istiqbolli yo'nalishlardan biri sifatida qaralmoqda. Nano o'lchamli zarrachalar juda kichik o'lchamga va katta solishtirma sirt yuzasiga ega bo'lgani uchun qoplama tarkibida faol komponent sifatida ishtirok etadi. Ular polimer matritsa ichidagi bo'shliqlarni kamaytiradi, qoplamaning zichligini oshiradi va korroziy muhitning metall yuzasiga yetib borishini qiyinlashtiradi.

Asosiy qism. Nanomateriallar asosidagi antikorrozion qoplamalar odatda polimer matritsa va unga qo'shilgan nanozarrachalardan tashkil topadi. Polimer matritsa metall yuzada asosiy himoya qatlamini hosil qiladi, nanozarrachalar esa ushbu qatlamning fizik-kimyoviy va mexanik xususiyatlarini yaxshilaydi. Bunda epoksid smolalar, poliuretan, akril va boshqa polimerlar asosiy bog'lovchi modda sifatida ishlatiladi.

SiO₂ nanozarrachalari qoplamaning zichligini, qattiqligini va ishqalanishga chidamliligini oshiradi. TiO₂ nanozarrachalari kimyoviy barqarorligi, ultrabinafsha





nurlanishga chidamliligi va himoya qatlamining mustahkamligini oshirishi bilan ahamiyatlidir. ZnO nanozarrachalari esa antikorrozion xususiyat bilan birga antibakterial va fotokatalitik xususiyatlarga ham ega. Al₂O₃ nanozarrachalari qoplamaning mexanik mustahkamligini oshirib, yuzaning yeyilishga chidamliligini kuchaytiradi. Grafen oksidi va nanogil kabi qatlamli nanomateriallar esa qoplamada agressiv ionlarning harakat yo'lini uzaytirib, korroziya jarayonini sekinlashtiradi.

Nanokompozit qoplamalarning himoya mexanizmi bir necha omil bilan izohlanadi. Birinchidan, nanozarrachalar qoplama tarkibida mikrog'ovaklarni to'ldiradi va zich struktura hosil qiladi. Ikkinchidan, ular suv, kislorod va xlorid ionlarining metall yuzaga o'tishini sekinlashtiradi. Uchinchidan, ayrim nanozarrachalar metall yuzada passiv himoya qatlamining shakllanishiga yordam beradi. To'rtinchidan, inhibitorlar bilan modifikatsiyalangan nanokonteynerlar korroziya boshlanganda faol modda ajratib, shikastlangan joyda himoya plyonkasi hosil qilishi mumkin.

Nanomateriallar asosidagi qoplamalarni olish texnologiyasi bir necha bosqichdan iborat. Dastlab metall yuzasi zang, yog', chang va boshqa iflosliklardan tozalanadi. Keyin yuzaga mexanik yoki kimyoviy ishlov berilib, qoplamaning yopishuvchanligi oshiriladi. Shundan so'ng nanozarrachalar polimer matritsaga bir tekis aralashtiriladi. Bu jarayonda ultratovushli disperslash, magnitli aralashtirish yoki gomogenlash usullaridan foydalanish mumkin. Tayyor kompozitsion tarkib metall yuzasiga purkash, botirish, cho'tka bilan surish, elektrostatik qoplash yoki sol-gel usuli orqali qo'llanadi.

Ushbu texnologiyada eng muhim masalalardan biri nanozarrachalarning qoplama tarkibida bir tekis taqsimlanishidir. Agar nanozarrachalar aglomeratsiyalansa, ya'ni bir joyga to'planib qolsa, qoplamada nuqsonlar paydo bo'ladi. Bu esa himoya samaradorligini kamaytiradi. Shu sababli nanozarrachalarni oldindan funkcionallashtirish, disperslovchi moddalar qo'shish yoki ultratovush yordamida aralashtirish zarur hisoblanadi.

Nanomateriallar asosidagi antikorrozion qoplamalarning yana bir muhim afzalligi — ularning ko'p funktsiyali bo'lishidir. Bunday qoplamalar nafaqat korroziyadan himoya qiladi, balki yuzaning mexanik mustahkamligini, issiqlikka chidamliligini, gidrofobligini va yeyilishga qarshiligini ham oshirishi mumkin. Ayniqsa, o'z-o'zini tiklovchi qoplamalar kelajakda metall konstruksiyalarni uzoq muddat ekspluatatsiya qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.





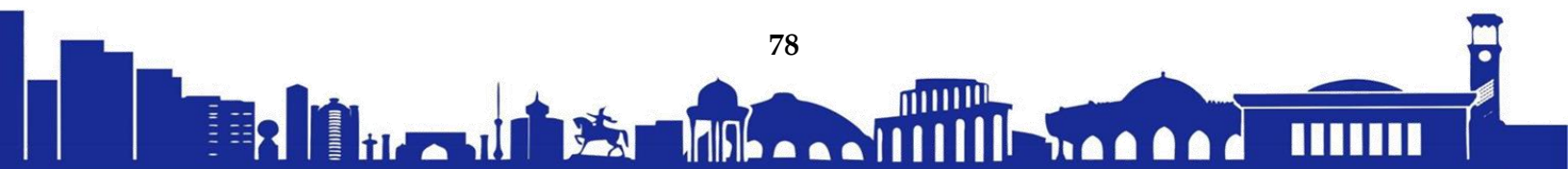
Xulosa. Nanomateriallar asosida metall yuzalarni korroziyadan himoyalovchi qoplamalar ishlab chiqish zamonaviy materialshunoslikning istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Nanozarrachalar qoplama tarkibiga kiritilganda uning zichligi, mexanik mustahkamligi, kimyoviy barqarorligi va korroziyaga chidamliligi ortadi. SiO₂, TiO₂, ZnO, Al₂O₃, grafen oksidi va nanogil asosidagi qoplamalar metall yuzada samarali himoya qatlami hosil qilib, agressiv muhit ta‘sirini kamaytiradi.

Nanokompozit qoplamalarning samaradorligi nanozarrachalarning turi, o‘lchami, miqdori, polimer matritsadagi taqsimlanishi va metall yuzaga yopishish darajasiga bog‘liq. Shuning uchun bunday qoplamalarni ishlab chiqishda yuzani sifatli tayyorlash, nanozarrachalarni yaxshi disperslash va qotirish rejimlarini to‘g‘ri tanlash muhim ahamiyatga ega.

Kelgusida ekologik xavfsiz, arzon, uzoq muddat xizmat qiluvchi va o‘z-o‘zini tiklash xususiyatiga ega nanokompozit antikorrozion qoplamalarni yaratish metall konstruksiyalarni himoyalashda muhim ilmiy-amaliy vazifa bo‘lib qoladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Muresan L. M., Benea L., Iordache V. Nanocomposite Coatings for Anti-Corrosion Properties of Metallic Substrates // *Materials*. — 2023. — Vol. 16, No. 14. — Article 5092.
2. Nazari M. H., Zhang Y., Mahmoodi A., Xu G., Yu J., Wu J., Shi X. Nanocomposite organic coatings for corrosion protection of metals: A review // *Progress in Organic Coatings*. — 2022. — Vol. 162. — Article 106573.
3. Zhou X., Dong Q., Wei D., Zhang Z., Ba Z., Wang Z. Smart corrosion inhibitors for controlled release: A review // *Corrosion Engineering, Science and Technology*. — 2023. — Vol. 58, No. 2. — P. 1–15.
4. Li D., Zhang Z., Sukhbat B., Wang X., Zhang X., Yan J., Zhang J., Zhang Q., Li Y. Smart inhibitor systems towards anti-corrosion: design and applications // *RSC Applied Polymers*. — 2025. — Vol. 3, No. 3. — P. 532–548.
5. Sanyal S., Park S., Chelliah R., Yeon S.-J., Barathikannan K., Vijayalakshmi S., Jeong Y.-J., Rubab M., Oh D. H. Emerging Trends in Smart Self-Healing Coatings: A Focus on Micro/Nanocontainer Technologies for Enhanced Corrosion Protection // *Coatings*. — 2024. — Vol. 14, No. 3. — Article 324.





6. Ding C., Fu J. Smart anticorrosion coatings based on nanocontainers // Smart Nanocontainers. — 2020. — P. 413–429.
7. Zheludkevich M. L., Shchukin D. G., Yasakau K. A., Möhwald H., Ferreira M. G. S. Anticorrosion Coatings with Self-Healing Effect Based on Nanocontainers // Chemistry of Materials. — 2007. — Vol. 19. — P. 402–411.
8. Wang M. D., et al. An intelligent anticorrosion coating based on pH-responsive smart nanocontainers fabricated via a facile method // Journal of Materials Chemistry A. — 2015.
9. Thomas P., et al. Recent advances in emerging integrated anticorrosion and nanomaterial-based coatings // Environmental Science and Pollution Research. — 2024.
10. Răuță D. I., et al. Recent Development of Corrosion Inhibitors: Types, Mechanisms and Applications // Technologies. — 2025. — Vol. 13, No. 3. — Article 103.

