RUX OKSIDI NANOZARRACHALARI ASOSIDA KORROZIYA INGIBITORINI ISHLAB CHIQISH.

Allanazarov Ruslan

Annotatsiya. Ushbu tezisda rux oksidi (ZnO) nanozarrachalari asosida metallarning korroziyaga chidamliligini oshiruvchi kompozit ingibitor ishlab chiqishning ilmiy asoslari yoritiladi. ZnO nanozarrachalarini polimer komponent bilan birlashtirish, dispersiya barqarorligini ta’minlash va metall sirtida himoya qatlamini shakllantirish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Taklif etilayotgan tarkibning samaradorligini gravimetrik, elektrokimyoviy va sirt tahlili usullari orqali baholash metodikasi bayon etiladi. Nanozarrachalar konsentratsiyasi, muhitning kislotaliligi va ta’sir davomiyligini optimallashtirish zarurligi asoslanadi. Tezis adabiyotlar tahlili va taklif etilayotgan tadqiqot metodikasiga asoslangan bo‘lib, unda yangi tajriba natijalari keltirilmaydi.

Kalit so‘zlar: rux oksidi, ZnO nanozarrachalari, korroziya ingibitori, nanokompozit, metall sirtini himoyalash, adsorbsiya, elektrokimyoviy impedans, dispersiya barqarorligi.

Metall konstruksiyalar, quvurlar va texnologik uskunalarning korroziyaga uchrashi ularning xizmat muddatini qisqartiradi, ta’mirlash xarajatlarini oshiradi hamda ishlab chiqarish samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli metallning agressiv muhit bilan o‘zaro ta’sirini sekinlashtiruvchi ingibitorlar ishlab chiqish materialshunoslik va kimyoviy texnologiyaning muhim yo‘nalishlaridan biridir.

Nanostrukturali materiallardan foydalanish himoya tarkiblarining xususiyatlarini boshqarish imkonini beradi. Xususan, ZnO nanozarrachalari polimerlar bilan birlashtirilganda korroziyaga qarshi kompozit tizimlar hosil qilishi mumkin. ZnO ning polietilenglikol, polivinilpirrolidon va poliakrilonitril bilan

olingan nanokompozitlari bo‘yicha tadqiqotlarda ularning kislotali muhitdagi po‘lat korroziyasini sekinlashtirish imkoniyati ko‘rsatilgan [1].

Mazkur ishning maqsadi — ZnO nanozarrachalari va polimer komponent asosida korroziya ingibitori ishlab chiqish konsepsiyasini taklif etish hamda uning himoya samaradorligini baholash mezonlarini belgilash.

Asosiy qism. ZnO asosidagi ingibitorni ishlab chiqishda nanozarrachalarning o‘lchami va shakli bilan birga, ularning eritmadagi barqarorligi ham muhim ahamiyatga ega. Nanozarrachalar bir-biri bilan birikib, yirik agregatlar hosil qilsa, tarkibning metall sirtiga bir tekis taqsimlanishi qiyinlashadi. Shuning uchun ishlab chiqilayotgan tizimda dispersiyalash va polimer bilan barqarorlashtirish bosqichlariga alohida e’tibor berish lozim.

Tadqiqot uchun ZnO–polivinilpirrolidon (ZnO–PVP) kompozitini tanlash taklif etiladi. Bunda PVP ning vazifasi nanozarrachalar dispersiyasini barqarorlashtirish va sirt bilan o‘zaro ta’sirga hissa qo‘shish sifatida tekshiriladi. Kompozitning samaradorligini oldindan kafolatlash mumkin emas: u ZnO va polimerning alohida ta’siri bilan qiyosiy tajribalar orqali aniqlanishi kerak.

Ingibitorni ishlab chiqish bosqichlari. Dastlab ZnO nanozarrachalari nazorat qilinadigan cho‘ktirish yoki boshqa mos sintez usuli bilan olinadi. Sintez sharoitlari zarrachalarning kristall tuzilishi, o‘lchami va sirt xususiyatlariga ta’sir qilishi sababli har bir namuna tavsiflanadi. Rentgen difraksiyasi (XRD) orqali fazaviy tarkib, skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) orqali morfologiya, dinamik yorug‘lik sochilishi (DLS) orqali dispersiyadagi gidrodinamik o‘lcham baholanadi. DLS natijasi birlamchi zarracha o‘lchamidan farq qilishi mumkinligi hisobga olinadi.

Keyingi bosqichda nanozarrachalar PVP eritmasiga kiritilib, aralashtirish va ultratovushli dispersiyalash yordamida bir tekis suspenziya tayyorlanadi. ZnO–PVP nisbatining bir nechta variantlari sinovdan o‘tkaziladi. Tarkibning barqarorligi cho‘kma hosil bo‘lishi, zarracha o‘lchamining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi va zarur hollarda zeta-potensial o‘lchovlari orqali baholanadi.

Himoya ta’sirining ehtimoliy mexanizmi. Taklif etilayotgan kompozit metall sirtida adsorbsiyalangan yoki cho‘kkan qatlam hosil qilishi, natijada agressiv muhitning sirtga yetib borishini cheklashi mumkin. Ushbu qatlam metallning anod erishi va katod reaksiyalariga ta’sir ko‘rsatishi ehtimoli mavjud. ZnO–polimer nanokompozitlariga oid tadqiqotlarda ayrim tarkiblarning aralash turdagi ingibitor sifatida ishlashi qayd etilgan [1]. Biroq yangi tarkibning ta’sir mexanizmi polarizatsiya va sirt tahlili natijalari asosida aniqlanishi kerak.

ZnO nanozarrachalari himoya qoplamalarida ham qo‘llanadi. Masalan, ZnO va nanosilika qo‘shilgan epoksid tarkiblar po‘latning tuzli muhitdagi korroziyaga chidamliligini yaxshilashi kuzatilgan [2]. Bu natija ZnO ning kompozit tizimlardagi imkoniyatini ko‘rsatadi, ammo qoplama orqali himoyalash natijalarini eritmaga qo‘shiladigan ingibitor samaradorligi bilan bevosita tenglashtirish mumkin emas.

Muhitning pH qiymati ham alohida nazorat qilinishi lozim. ZnO kislotali muhitda quyidagi reaksiya bo‘yicha erishi mumkin:

$$ZnO + 2H^{+} \longrightarrow Zn^{2+} + H_2O$$

Shu sababli kuzatilayotgan himoya ta’sirini faqat o‘zgarmagan nanozarrachalar bilan izohlash yetarli emas. Eritmadagi rux ionlari, polimer va muhit pH qiymatining o‘zgarishi ham tekshirilishi kerak. ZnO nanozarrachalarining 1 M HCl muhitida po‘latni himoyalash imkoniyati ayrim tajribalarda qayd etilgan [3], ammo bunday natijalar barcha sintez usullari va foydalanish sharoitlari uchun umumlashtirilmaydi.

Taklif etilayotgan tadqiqot metodikasi. Tajribalar bir xil markadagi kam uglerodli po‘lat namunalarida olib boriladi. Namunalarning yuzasi, sirt tayyorlash usuli, eritma hajmi, harorat va ta’sir davomiyligi barcha guruhlarda bir xil saqlanadi. Quyidagi qiyosiy guruhlar tashkil etiladi:

- ingibitorsiz muhit — nazorat guruhi;
- faqat PVP qo‘shilgan muhit;
- faqat ZnO nanozarrachalari qo‘shilgan muhit;

- ZnO–PVP kompoziti qo‘shilgan muhit.

Kislotali muhitda sinov o‘tkazilsa, eruvchan rux tuzi qo‘shilgan qo‘shimcha nazorat guruhi nanozarrachalar va rux ionlarining hissasini ajratishga yordam beradi. Har bir sharoit kamida uchta mustaqil namunada tekshiriladi.

Xulosa.

ZnO nanozarrachalarini polimer komponent bilan birlashtirish korroziyaga qarshi kompozit ingibitor ishlab chiqish uchun istiqbolli tadqiqot yo‘nalishidir. Taklif etilayotgan ZnO–PVP tizimining samaradorligi nanozarrachalar xususiyatlari, dispersiya barqarorligi, komponentlar nisbati va korrozion muhitga bog‘liq. Tarkibni ishlab chiqishda gravimetrik, elektrokimyoviy va sirt tahlili usullarini birgalikda qo‘llash, komponentlarni alohida sinash hamda ZnO ning kislotali muhitdagi erishini hisobga olish zarur. Ushbu yondashuv ingibitorning maqbul tarkibini va qo‘llanish chegaralarini ilmiy asosda belgilash imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. *Zinc Oxide Nanocomposites of Selected Polymers: Synthesis, Characterization, and Corrosion Inhibition Studies on Mild Steel in HCl Solution.* ACS Omega. DOI: 10.1021/acsomega.7b01385.

2. *Effect of Incorporated ZnO Nanoparticles on the Corrosion Performance of SiO_2 Nanoparticle-Based Mechanically Robust Epoxy Coatings.* Materials. 2020. 13(17), 3767. DOI: 10.3390/ma13173767.

3. *Facile fabrication of ZnO nanoparticles via non-thermal plasma technique and their anti-corrosive effects on X60 API 5L steel in 1M HCl solution.* 2024. Maqolaning to‘liq matni.

4. Quadri, T. W., Olasunkanmi, L. O., Fayemi, O. E., Solomon, M. M., & Ebenso, E. E. (2017). Zinc oxide nanocomposites of selected polymers: Synthesis, characterization, and corrosion inhibition studies on mild steel in HCl solution. *ACS Omega,* *2*(11), 8421–8437. https://doi.org/10.1021/acsomega.7b01385. research.nottingham.edu.cn

5. Samad, U. A., Alam, M. A., Anis, A., Sherif, E.-S. M., Al-Mayman, S. I., & Al-Zahrani, S. M. (2020). Effect of incorporated ZnO nanoparticles on the corrosion performance of SiO_2 nanoparticle-based mechanically robust epoxy coatings. *Materials, 13*(17), 3767. https://doi.org/10.3390/ma13173767. PubMed

6. Bounedjar, N., Ferhat, M. F., Ouyang, C., Bououdina, M., Shawish, I., Abumousa, R. A., & Humayun, M. (2024). Facile fabrication of ZnO nanoparticles via non-thermal plasma technique and their anti-corrosive effects on X60 API 5L steel in 1M HCl solution. *Heliyon, 10*(18), e38125. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38125.