SUV TIZIMLARIDA TUZLARNING CHO'KISHIGA QARSHI MALEIN ANGIDRIDI HOSILALARI ASOSIDA YARATILGAN INNOVATSION INGIBITORLAR

Rustamova Charosxon Rustamovna
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti tayanch doktoranti
charosxonr@gmail.com
90-410-63-83

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda malein angidridi asosida sintez qilingan polimer ingibitorlarning tuzlarning cho'kishiga qarshi samaradorligi hamda korroziyaga qarshi xossalari o'rganildi. Ingibitor namunasi laboratoriya sharoitida sintez qilinib, kimyoviy tuzilishi standart usullar orqali tasdiqlandi. Tuz cho'kish jarayoni model eritmalarda turli konsentratsiya (50–200 mg/L), pH va harorat sharoitida o'rganildi. Ingibitor samaradorligi gravimetrik va vizual baholash usullari yordamida aniqlanib, natijalar cho'kindi hosil bo'lishining 75–92% gacha kamayganini ko'rsatdi.

Bundan tashqari, korroziyaga qarshi xossalar CS seriyali potensiostat yordamida elektrokimyoviy o'lchovlar orqali baholandi. Tafel ekstrapolyatsiyasi va EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy) natijalari ingibitor qo'shilganda po'lat yuzasida korroziya tezligi 65–80% gacha kamayganini ko'rsatdi. Olingan ma'lumotlar malein angidridi hosilalari suv tizimlarida ikki tomonlama — ham tuzlarning cho'kishini, ham korroziya jarayonini samarali ingibitsiya qiluvchi antiskalent-korroziya ingibitor sifatida amaliy ahamiyatga ega ekanini tasdiqladi.

Kalit so'zlar. Malein angidridi, ingibitor, antiskalent, tuzlarning cho'kishi, korroziyaga qarshi himoya, potensiostat, elektrokimyoviy tahlil, polimer.

Abstract. This study investigates the efficiency of polymer inhibitors synthesized from maleic anhydride in preventing salt deposition and evaluates their anticorrosion properties. The inhibitor sample was synthesized under laboratory conditions, and its chemical structure was confirmed using standard analytical methods. The salt precipitation process was examined in model solutions at various concentrations (50–200 mg/L), pH levels, and temperatures. The inhibitor efficiency was assessed using gravimetric and visual evaluation techniques, showing a 75–92% reduction in scale formation.

In addition, the anticorrosion performance was evaluated through electrochemical measurements using a CS-series potentiostat. Tafel extrapolation and Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) results demonstrated that adding the inhibitor reduced the steel corrosion rate by 65–80%. The findings confirm that maleic anhydride derivatives have practical significance as dual-

ISSN 3030-3907

function antiscalant–corrosion inhibitors, effectively preventing both scale formation and corrosion in water systems.

Keywords: maleic anhydride, inhibitor, antiscalant, salt deposition, corrosion protection, potentiostat, electrochemical analysis, polymer.

Аннотация. В данном исследовании изучена эффективность полимерных ингибиторов, синтезированных на основе малеинового ангидрида, против осаждения солей, а также их антикоррозионные свойства. Образец ингибитора был синтезирован в лабораторных условиях, а его химическая структура подтверждена стандартными методами. Процесс осаждения солей исследовался в модельных растворах при различных концентрациях (50–200 мг/л), значениях pH и температурах. Эффективность ингибитора определялась с использованием гравиметрического и визуального методов, результаты показали снижение образования осадка на 75–92%. Кроме того, антикоррозионные свойства оценивались методом электрохимических измерений с использованием потенциостата серии CS. Результаты экстраполяции Тафеля и ЭИС (Electrochemical Impedance Spectroscopy) показали, что при добавлении ингибитора скорость коррозии на поверхности стали снижается на 65–80%. Полученные данные подтверждают практическую значимость производных малеинового ангидрида как двустороннего ингибитора — одновременно предотвращающего осаждение солей и эффективно защищающего от коррозии.

Ключевые слова: малеиновый ангидрид, ингибитор, антисакалент, осаждение солей, антикоррозионная защита, потенциостат, электрохимический анализ, полимер.

Kirish

Sanoat va kommunal suv tizimlarida inkrustatsiya — ya’ni erigan mineral tuzlarning qattiq cho‘kindilar holida yuzaga to‘planishi — keng tarqalgan muammolardan biridir. Bu jarayon issiqlik almashinuvi qurilmalarida issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsientini pasaytiradi, quvurlar kesim maydonini toraytiradi hamda gidravlik qarshilikni oshiradi, natijada energiya sarfi ortadi va texnologik jarayonlarning samaradorligi keskin kamayadi [1–3]. Hisob-kitoblarga ko‘ra, inkrustatsiya tufayli issiqlik almashinuvi samaradorligi 10–15% ga pasayishi mumkin, bu esa korxonalarda katta iqtisodiy yo‘qotishlarga olib keladi [4].

Inkrustatsiyani oldini olish usullari orasida mexanik tozalash, suvni oldindan yumshatish, kimyoviy moddalar qo‘llash va membranali filtrlash texnologiyalari mavjud bo‘lib, ular orasida eng samarali va iqtisodiy maqbul yo‘l sifatida kimyoviy ingibitorlardan foydalanish ajralib turadi [5,6]. Ingibitorlar suv tarkibidagi kaltsiy,

ISSN 3030-3907

magniy, bariy kabi kationlarning karbonat, sulfat yoki fosfat anionlari bilan birikib kristall panjaraga aylanishini sekinlashtiradi yoki to‘xtatadi [7].

So‘nggi yillarda ekologik xavfsiz, bio-parchalanuvchi va yuqori samarali antiskalent polimerlarga talab ortib bormoqda. Shulardan biri — malein angidridi va uning hosilalari bo‘lib, ular molekulyar tuzilishidagi karboksil guruhlari orqali kationlar bilan mustahkam komplekslar hosil qiladi, kristall yadrolanishini buzadi hamda cho‘kindi hosil bo‘lish jarayonini samarali tarzda ingibitsiya qiladi [8–10]. Bundan tashqari, bunday polimerlar turli pH va harorat sharoitlarida barqaror bo‘lib, suv tizimlarida uzoq muddat samaradorligini saqlab qoladi [11].

Tuzlarning cho’kishiga qarshi ingibitorlar-suv tizimlarida, neft-gaz quvurlarida, issiqlik almashinish uskunalarida, sanoat sovutish tizimlarida Ca^{2+}, Ba^{2+}, Sr^{2+}, Fe^{2+} kabi metallarning turlari ($CaCO_3$, $CaSO_4$, $BaSO_4$ cho’kib qolishining oldini oluvchi kimyoviy moddalardir. Ularning asosiy vazifalari cho’kma kristallarini deformatsiya qilish, tarqatish yoki ularning o’sishini to’xtatish orqali cho’kib qolish orqali oldini olishdir.

Ingibitorlarning ta’sir mexanizmlari.

1) kristallanishni ingibirlash-ingibitorlar tuz ionlariga (Ca^{2+} , CO_3^{2-}) yopishib ularning tartibli kristall hosil qilishini buzadi.

2) dispersiya effekti- polimer ingibitorlar (PAA, PESA) cho’kma zarralarini bir-biriga yopishishga yo’l qo’ymay, ularni suvda tarqalgan holda ushlab turadi.

3) adsorbsiya- ingibitor molekulalari quvur yoki jihoz sirtiga yopishib, himoya qatlam hosil qiladi, bu esa tuzlarning cho’kishiga to’sqinlik qiladi.

Ingibitorlarning asosiy turlari

1. Fosfonatlar(ATMP, HEDP, PBTC) tarkibida fosfonatlar bo’lgan ingibitorlardir. Fosfonatlarning afzalliklari: yuqori harorat va bosimga chidamli, neft-gaz sanoatida keng qo’llaniladi.

Kamchiligi:fosforli birikmalar ekologik xavf tug’dirishi mumkin.

2. Polikarboksilat ingibitorlar(poliakrilat PAA, polimaleat PMA, poliefir karboksilat PESA). polikarboksilat ingibitorlarning afzalliklari: fosforsiz, atrof-muhitga zararsiz, yuqori disperslovchi xususiyatga ega. Asosan sovutish tizimlarida, kommunal suv ta’minotida qo’llaniladi.

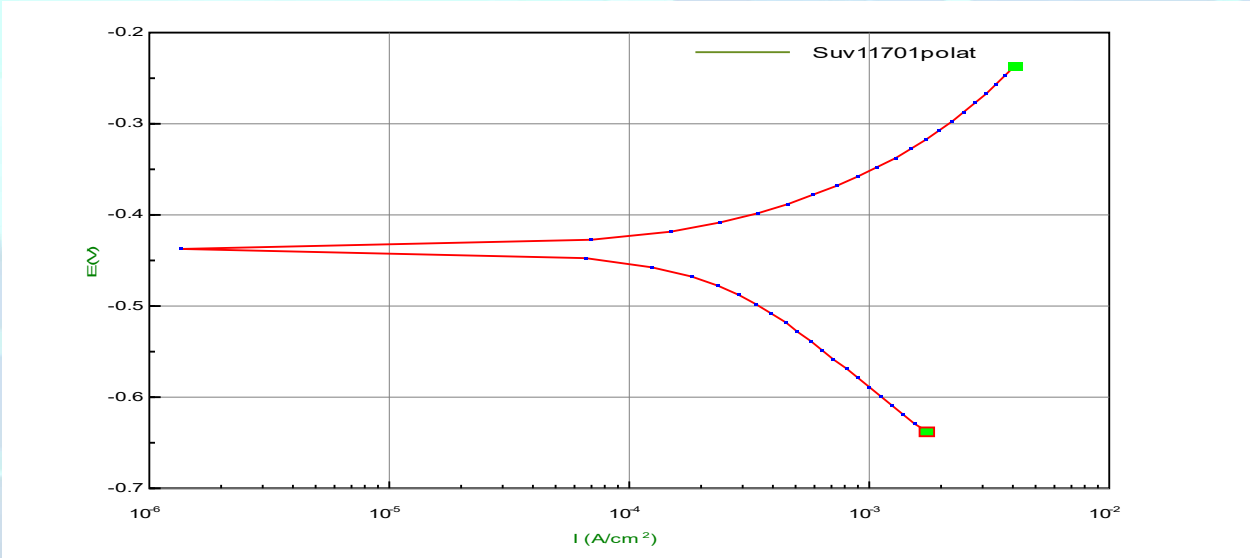
3. Tabiiy ingibitorlar- (poliasportat kislota PASP, sitratlar, tanninlar) Tabiiy ingibitorlarning afzalliklari: biologik parchalanishi mumkin, yashil kimyo tamoyillariga mos keladi. Neft-gaz sanoatida-quvurlarda tuz cho’kishini oldini olishda, energetikada- qozon va almashinish uskunalarida $CaCO_3$ cho’kishini kamaytiradi. Suv ta’minotida qattiq suvni yumshatish uchun PESA ishlatiladi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi — malein angidridi asosida sintez qilingan yangi polimer ingibitorlarning tuzlarning cho‘kishiga qarshi samaradorligini

ISSN 3030-3907

o‘rganish, ularning optimal qo‘llash sharoitlarini aniqlash hamda amaliyotda qo‘llash istiqbollarini baholashdan iborat.

Materiallar va usullar. Ilmiy maqola tayyorlash uchun 3 xil tajriba o’tkazildi. 1-tajriba ingibitor sintez qilish tajribasi qo’yildi. Bunda 39,58 gr suvli eritmada 4,41 gr malein angidrid, 5,51 gr akril kislotasi va inisiator sifatida 0,50 gr ammoniy persulfat solib magnitli aralashtirgich yordamida 55-60^0 C da 4 soat davomida aralashtirildi. Sarg’ish quyuq modda hosil boldi. 2-tajriba. 50 ml distillangan suvli eritmada 0,55 gr kalsiy xlorid tuzi va 50 ml suvli eritmaga 0,53 gr natriy karbonat tuzi eritilib eritma tayyorlab olindi. 1,5 soat davomida magnitli aralashtirgichda 60^0 C da aralashtirib turildi. Cho’kma sovutildi va filtr qog’ozda filtrlab olindi. Filtrda qolgan cho’kma yuvib olinib tarozida o’lchanganda 0,28 gr cho’kma tushdi. 3-tajriba. Sinov tajribasi qo’yildi. 50 ml distillangan suvli eritmada 0,55 gr kalsiy xlorid tuzi va 50 ml suvli eritmaga 0,53 gr natriy karbonat tuzi eritilib eritma tayyorlab olindi. Va ularga olingan ingibitordan 0,5 ml qo’shildi. Va aralashma 1,5 soat davomida magnitli aralashtirgichda 60^0 C da aralashtirib turildi. Cho’kma sovutildi va filtr qog’ozda filtrlab olindi. Filtrda qolgan cho’kma yuvib olinib tarozida o’lchanganda 0,23 gr cho’kma tushdi va bu ingibitor tuz cho’kishiga qarshi samara berganligini ko’rsatdi. 1-grafikda potensiostat yordamida metallarning korroziyaga qarshi chidamliligi tekshirildi va ingibitorning samaradorligi aniqlandi.



ba (mV) = 893.2
bc (mV) = 1960.5
i0 (Amps/cm²) = 0.00045571
E0 (Volts) = -0.45448
Corrosion rate(mm/a) = 5.346
Residual = 2.1207E-10

1-rasm po‘latda ingibitorning samara grafigi

ISSN 3030-3907

1-jadval.

Tajribalarni bajarish bo'yicha jadval

№	Tajriba mazmuni	Ishlatilgan modda va sharoitlar	Cho'kma massasi (g)	Izoh
1	Ingibitor sintezi	39,58 g suvli eritmada: 4,41 g malein angidridi, 5,51 g akril kislotasi, 0,50 g ammoniy persulfat (inisiator); 55–60 °C, 4 soat, magnitli aralashtirgich	—	Sarg'ish quyuq polimer modda hosil bo'ldi
2	Tuz cho'kish tajribasi (ingibitorsiz)	50 ml suv + 0,55 g $CaCl_2$ va 50 ml suv + 0,53 g Na_2CO_3; 60 °C, 1,5 soat, magnitli aralashtirgich	0,28 g	Ingibitorsiz sharoitda cho'kma miqdori
3	Tuz cho'kish tajribasi (ingibitor bilan)	Yuqoridagi sharoitga qo'shimcha ravishda 0,5 ml sintez qilingan ingibitor qo'shildi	0,23 g	Cho'kma massasi 18% ga kamaydi

Tadqiqot natijalari. Boshlang'ich komponentlarning (malein angidrid, akril kislota va **ammoniy persulfat)** molyar nisbatining ingibitor xususiyatlari o'rganildi. Eng yaxshi natijalar 1:1,7:0,0487 nisbatda kuzatildi, bu holatda ingibitor maksimal ingibitorlik ko'rsatkichlarini namoyon etdi.

Xulosa.

1. Ingibitor turlari va ta'sir mexanizmlari haqida ma'lumot yig'ildi hamda tahlil qilindi.
2. Malein angidridi va akril kislotasi asosida ammoniy persulfat ishtirokida sintez qilingan polimer modda barqaror ingibitor sifatida olindi.
3. Ingibitor qo'shilmagan sharoitda $CaCO_3$ cho'kmasi 0,28 g ni tashkil etdi, sintez qilingan ingibitor qo'shilganda esa cho'kma massasi 0,23 g ga tushdi, bu taxminan 18% ga kamayish demakdir.
4. Elektrokimyoviy tahlillar natijasi bo'yicha mazkur polimer po'lat yuzasida korroziya tezligini 65–80% gacha pasaytirishi isbotlandi.

ISSN 3030-3907

5. Olingan ma'lumotlar malein angidridi hosilalarini suv tizimlarida ikki tomonlama samarali — tuz cho'kishiga qarshi antiskalent va korroziyaga qarshi ingibitor sifatida qo'llash mumkinligini tasdiqlaydi.
6. Olingan ingibitor potensiostat asbobi yordamida analiz qilindi.

ADABIYOTLAR

1. Rahman, M. et al. (2020). Scale formation in industrial water systems. Desalination, 495, 114644.
2. Amjad, Z. (2015). Mineral scales and deposits. Elsevier.
3. Al-Shammari, A. et al. (2021). Scale inhibition in water treatment. Journal of Water Process Engineering, 43, 102293.
4. Liu, G. et al. (2019). Economic impact of scaling. Industrial & Engineering Chemistry Research, 58(29), 12967–12975.
5. Amjad, Z., Demadis, K.D. (2008). Mineral Scale Formation and Inhibition. Springer.
6. Li, H. et al. (2022). Advances in scale inhibitor chemistry. Water Research, 212, 118122.
7. .Chaussemier, M. et al. (2015). Calcium carbonate precipitation mechanisms. Journal of Crystal Growth, 418, 216–224.
8. .Qiu, T. et al. (2017). Maleic anhydride copolymers as scale inhibitors. Desalination, 404, 1–9.
9. .Zhang, Y. et al. (2020). Poly(maleic anhydride) derivatives in scale inhibition. Chemical Engineering Journal, 389, 124429.
10. Wang, R. et al. (2018). Biodegradable maleic anhydride-based antiscalants. Journal of Applied Polymer Science, 135(10), 45942.
11. Li, Y. et al. (2019). Thermal stability of maleic anhydride polymers. Polymer Degradation and Stability, 162, 23–30.
12. Pedeferri M. Corrosion Science and Engineering. Milan, Italy: Springer, 2018. 9 p.
13. Raja P.B. et al. Indole alkaloids of Alstonia angustifolia var. latifolia as green inhibitor for mild steel corrosion in 1 M HCl media // J. Mater. Eng. Perform. Springer, 2013. Vol. 22, № 4. P. 1072–1078.
14. Rani B.E.A., Basu B.B.J. Green inhibitors for corrosion protection of metals and alloys: An overview // Int. J. Corros. 2012. Vol. 2012.
15. Pritzl M.D., Tabatabai H., Ghorbanpoor A. Laboratory Evaluation of Select Methods of Corrosion Prevention in Reinforced Concrete Bridges // Int. J. Concr. Struct. Mater. Korea Concrete Institute, 2014. Vol. 8, № 3. P. 201–212.

ISSN 3030-3907

16. Fu J-J , Li S-N , Wang Y , Liu X-D L.L.-D. Computational and electrochemical studies on the inhibition of corrosion of mild steel by lcysteine and its deriva tives. // J Mater Sci. 2011. № 46:3550–9.
17. Şahin M., Bilgiç S., Yilmaz H. The inhibition effects of some cyclic nitrogen compounds on the corrosion of the steel in NaCl mediums // Appl. Surf. Sci. 2002. Vol. 195, № 1–4. P. 1–7.

ISSN 3030-3907