

METALL VA QOTISHMALARNING KORROZIYALANISH JARYONINI O'RGANISHGA OID MULOHAZALAR

Eshkarayev U. Ch. - TISU dotsenti,
Choriyeva D. U. - TDPU o'qituvchisi

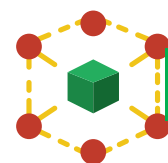
Annotatsiya. Metall va qotishmalar korroziyasi sanoat, transport, neft-gaz, kimyo va energetika tarmoqlarida resurs yo'qotishlari, avariya xavf va mahsulot ishonchliligining pasayishiga sabab bo'ladigan eng dolzarb fizik-kimyoviy muammolardan biridir. Xalqaro baholashlarga ko'ra, korroziyaning jahon iqtisodiyotiga to'g'ridan-to'g'ri qiymati global yalpi ichki mahsulotning taxminan 3,4 foiziga teng bo'lib, amaldagi himoya va boshqaruv choralari to'g'ri qo'llanilganda bu xarajatlarni sezilarli qisqartirish mumkin. Mazkur maqolada metall va qotishmalar korroziyasining nazariy asoslari, uning termodinamik va elektrokimyoviy mexanizmlari, agressiv muhit omillari, shuningdek, O'zbekiston tadqiqotchilari tomonidan olib borilgan ilmiy ishlar asosida korroziyaga qarshi ingibitorlar va qoplamalarning samaradorligi tahlil qilindi. Tadqiqot metodologiyasi sifatida 2019-2025 yillarda e'lon qilingan mahalliy ilmiy ishlar, avtoreferatlar va sohaviy maqolalarning qiyosiy-analitik tahlili qo'llanildi. Tahlil natijasida korroziyaga qarshi yechimlarning universal emasligi, ularning muhit tarkibi, harorat, pH, xloridlar, H₂S va CO₂ mavjudligi, metall yuzasining mikroqurilishi hamda qotishma fazalarining o'zaro nisbatiga bevosita bog'liqligi asoslandi. Mahalliy tadqiqotlarda St-20 po'lati, neft-gaz muhiti, kislota va tuzli eritmalar uchun ishlab chiqilgan ingibitorlar yuqori himoya darajasini ko'rsatgani, polimer va kompozitsion qoplamalar esa uzoq muddatli barqarorlikni kuchaytirishi aniqlandi. Mualliflik mulohazasi sifatida korroziyaga qarshi samarali strategiya faqat bir vositaga emas, balki material tanlovi, muhitni boshqarish, ingibitorlash, qoplash va monitoringni birlashtirgan integral yondashuvga tayanishi lozimligi ilgari surildi.

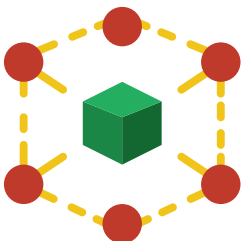
Kalit so'zlar: korroziya, metall, qotishma, elektrokimyoviy korroziya, ingibitor, antikorrozion qoplama, St-20, neft-gaz muhiti, agressiv muhit, mahalliy xomashyo.

KIRISH

Metall va qotishmalar insoniyat tsivilizatsiyasining asosiy tayanchlaridan biri bo'lib, ular sanoat, qurilish, transport va energetika sohasida keng qo'llaniladi. Biroq, bu materiallarning eng katta muammolaridan biri - korroziya, ya'ni atrof-muhit bilan kimyoviy yoki elektrokimyoviy reaksiya natijasida ularning buzilishi va xususiyatlarining yomonlashishi.

Korroziya - bu tabiiy jarayon bo'lib, metallar o'zlarining tabiiy holatiga qaytishga intiladi. Jahon tajribasiga ko'ra, korroziya global muammo bo'lib, uning iqtisodiy zararini baholashda NACE International (milliy korroziya muhandislari assotsiatsiyasi) ma'lumotlari asosiy manba hisoblanadi. 2016-yilgi hisobotga ko'ra, korroziya natijasidagi global zarar yiliga 2,5 trillion AQSh dollarini tashkil etadi, bu esa jahon yalpi ichki mahsulotining 3,4 foiziga teng. Bu ko'rsatkich AQShda





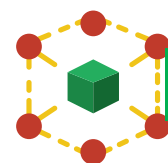
YICHning 2,7 foizini, Yevropa Ittifoqida (Shveysariya va Norvegiya bilan birga) 3,8 foizini, Hindistonda 4,2 foizini, Arab davlatlarida 5 foizini, Xitoyda 4,2 foizini, Rossiyada 4 foizini va Yaponiyada 1 foizini tashkil etadi. Ushbu zararlarning 15-35 foizini (375-875 milliard dollar) mavjud korroziyaga qarshi usullarni qo'llash orqali oldini olish mumkin. Masalan, AQShda korroziya zararining 25 foizi infratuzilma bilan bog'liq bo'lib, bu yiliga 8,3 milliard dollarga baholanadi.

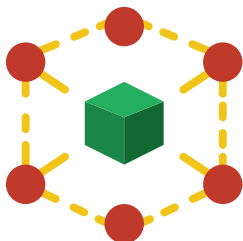
Korroziya o'rganishining nazariy asoslari XIX asrda boshlangan bo'lib, M.Faradeyning elektrokimyoviy tajribalari va Evansning galvanik juftliklar haqidagi ishlariga asoslanadi. Zamonaviy qarashlarda korroziya - bu elektrokimyoviy jarayon bo'lib, unda metall anod bo'lib, elektronlarni yo'qotadi va oksidlanadi, katodda esa kislorod yoki boshqa moddalar qaytariladi. Ushbu maqolada korroziya mexanizmlari, turlari, ta'sir etuvchi omillar, nazariyalar va oldini olish usullari batafsil yoritiladi, jahon tajribasi va statistik ma'lumotlar bilan boyitilgan holda.

Darhaqiqat, metall va qotishmalarning xizmat muddatiga ta'sir etuvchi omillar ichida korroziya alohida o'rin tutadi. Bu jarayon oddiy tashqi yemirilish emas, balki metallning muhit bilan termodinamik nomuvofiq holatda bo'lishi natijasida kechadigan ko'p bosqichli fizik-kimyoviy o'zgarishlar majmuasidir. Korroziya oqibatida faqat massa kamayishi yoki sirtning zanglashi emas, balki konstruksiyaning mustahkamlik zahirasi tushishi, payvand choklarining zaiflashishi, mahalliy nuqtaviy yemirilish, interkristallit shikastlanish va funksional nosozliklar yuzaga keladi. Shu bois korroziyani faqat kimyoviy hodisa sifatida emas, balki ishonchlilik, xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlik muammosi sifatida baholash to'g'ri bo'ladi. Xalqaro ma'lumotlar korroziya xarajatlari global YaIMning taxminan 3,4 foiziga tengligini, to'g'ri boshqaruv va profilaktika esa bu yo'qotishlarni 15-35 foizgacha qisqartirishi mumkinligini ko'rsatadi.

O'zbekiston sharoitida mazkur muammo ayniqsa neft-gaz, kimyo, transport va mashinasozlik tarmoqlari uchun keskin ahamiyatga ega. Chunki mahalliy sanoat amaliyotida metall konstruksiyalar ko'pincha namlik, minerallashgan suv, kislota muhiti, gaz kondensati, H₂S, CO₂ va xlorid ionlari ishtirokida ishlaydi. Keyingi yillarda mahalliy tadqiqotchilar aynan shu muhitlar uchun mahalliy xomashyo asosida ingibitorlar sintezi, St-20 turidagi po'latlar uchun himoya kompozitsiyalari, neft-gaz uskunalari uchun qoplamalar va polimer tizimlarni ishlab chiqishga katta e'tibor qaratgan. Bu yo'nalishda korroziyaning o'zi emas, balki uning tezligi, himoya qatlami hosil bo'lishi, adsorbsiya mexanizmi va ishchi muhitga mosligi ham tadqiq etilgan.

Adabiyotlar tahlilidan ko'rinadiki, mahalliy ishlar asosan uchta yo'nalishga jamlangan. *Birinchi yo'nalish* - mahalliy xomashyo va organik birikmalar asosida ingibitorlar sintezi. *Ikkinchi yo'nalish* - konkret agressiv muhitlarda, xususan HCl, H₂SO₄, tuzli eritmalar va gazokondensat sharoitida ularning muhofaza samaradorligini baholash. *Uchinchi yo'nalish* - antikorrozion qoplamalar yordamida metall yuzasida barer-adezion himoya qatlamini shakllantirish. Shu bilan birga, korroziya jarayonini metall va qotishmaning tuzilishi, fazaviy birjinsligi, mikroelementlar taqsimoti





va ishlash muhiti bilan bog‘lab kompleks talqin qiluvchi umumlashtiruvchi ishlar nisbatan kam. *Maqolaning ilmiy vazifasi* aynan shu bo‘shliqni to‘ldirishdan iborat.

Ushbu maqolaning maqsadi metall va qotishmalar korroziyasining asosiy mexanizmlarini sistemalashtirish, O‘zbekiston tadqiqotchilari ishlarida keltirilgan natijalarni qiyosiy baholash va korroziyaga qarshi kurashishning ilmiy asoslangan integral modelini ishlab chiqishga doir mulohazalarni bayon etishdan iborat.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqot tahliliy-umumlashtiruvchi xarakterga ega bo‘lib, unda 2019-2025 yillarda e‘lon qilingan mahalliy ilmiy maqolalar, sohaviy elektron jurnallar, avtoreferat materiallari va korroziya iqtisodiyoti bo‘yicha avtoritetli manbalar tanlab olindi. Manbalarni tanlashda uchta mezon asosiy deb olindi:

-birinchisi, tadqiqot obyektining metall yoki qotishma korroziyasi bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liqligi;

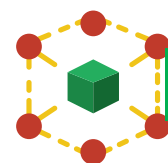
-ikkinchisi, agressiv muhitning aniq ko‘rsatilishi;

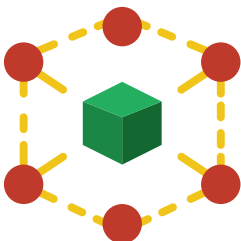
-uchinchisi, himoya samaradorligini baholash uchun o‘lchov yoki amaliy xulosaning mavjudligi. Shu asosda mahalliy tadqiqotchilarning ingibitorlar, kompozitsion reagentlar, epoksiuretan qoplamalar va ko‘p komponentli antikorroziya tizimlar haqidagi ishlari saralandi.

Metodologik jihatdan qiyosiy tahlil, kontent-tahlil, natijalarni sistemalashtirish va manbalar orasidagi umumiy qonuniyatlarni ajratib olish usullaridan foydalanildi. Tahlil birliklari sifatida korroziya tezligi, himoya darajasi, ingibitor konsentratsiyasi, harorat, muhit tarkibi, sirt adsorbsiyasi, qoplama adgeziyasi va ishlatish sohasi qabul qilindi. Bu yondashuvning afzalligi shundaki, turli tadqiqotlardagi ma‘lumotlar bir xil raqamli o‘lchovda bo‘lmasa ham, ulardan amaliy-ilmiy qonuniyatni chiqarish mumkin. Mazkur maqola laborator tajriba protokoli emas, balki e‘lon qilingan natijalarning ilmiy interpretatsiyasi hisoblanadi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Metall va qotishmalar korroziyasining ilmiy mohiyatini tushunish uchun, avvalo, jarayonning tabiatiga aniqlik kiritish lozim. Metall termodinamik nuqtai nazardan ko‘p hollarda o‘zining birikma holatiga nisbatan kamroq barqaror bo‘ladi; shuning uchun namlik, kislorod, kislotalar, tuzlar yoki gaz fazasidagi reaksiya komponentlar ishtirokida u qayta oksidlanishga intiladi. Amalda bu jarayon elektrokimyoviy mexanizm orqali, ya‘ni anod va katod uchastkalari hosil bo‘lishi, elektron almashinuvi va elektrolit ishtirokida kechadi. Biroq korroziya turini muhit belgilab beradi deb o‘ylash yetarli emas; metallning strukturasi, dona chegaralari, qo‘shimcha fazalar, ichki kuchlanishlar va lokal geterogenlik ham hal qiluvchi ahamiyatga ega. Aynan shu sababli bir xil muhitda ikki xil qotishma mutlaqo turlicha zanglashi mumkin. Bu yerda asosiy qonuniyat shundaki, qotishma tarkibini “ko‘proq legirlash - har doim yaxshiroq” degan sodda mantiq bilan emas,





passivlanish qobiliyati, fazaviy barqarorlik va ishchi muhit bilan mosligi nuqtai nazaridan baholash kerak.

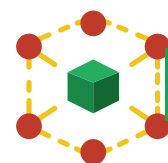
Mahalliy tadqiqotlarda eng ko‘p uchraydigan obyektlardan biri St-20 po‘lati hisoblanadi. Bu tasodif emas. Neft-gaz, apparatsozlik va texnologik uskunalarda qo‘llaniladigan ushbu material nisbatan arzon, texnologik ishlanishi oson, ammo agressiv muhitlarda korroziyaga moyildir. Shuning uchun mahalliy olimlar asosan unga nisbatan ingibitorlar ta‘sirini o‘rganishgan. Masalan, A.X.Narzullayev va hammualliflar fosfor- va azot-tuvchi ingibitor tarkibini tahlil qilib, uning St-20 metalliga ta‘sirini o‘rgangan; keyingi ishlarida esa suv, neft va gaz kondensati muhitida eruvchan ingibirlovchi sistemalarni sintez qilishga o‘tishgan. Bu yo‘nalishdagi ishlardan ko‘rinadiki, mahalliy xomashyoga tayangan ingibitorlar import reagentlariga muqobil sifatida qarala boshlangan.

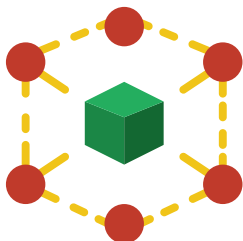
O.R.Maxammadiyev, X.S.Beknazarov, A.T.Djalilov va K.U.Sokiyeva ishlari esa korroziyaga qarshi ingibitor samaradorligini nisbatan aniq raqamlar bilan namoyon etadi. Ular mahalliy xomashyo asosida sintez qilingan EFGT-1 va EFGK-1 ingibitorlarini St-20 po‘latida tekshirib, gazokondensat, HCl va H₂SO₄ qatnashgan agressiv muhitda EFGK-1 uchun 92,42%, EFGT-1 uchun 95,03% darajada himoya ta‘siri kuzatilganini ko‘rsatgan. 5% NaCl muhitida ham ushbu ingibitorlar mos ravishda 84,13% va 92,03% himoya effektini saqlab qolgan. Bu raqamlar ikki muhim xulosaga olib keladi: birinchisi, muhit o‘zgarganda samaradorlik ham o‘zgaradi; ikkinchisi, ingibitor tanlashda bir martalik “yuqori foiz” emas, balki turli muhitlar orasidagi barqarorlik muhim.

Shunga yaqin natijalar mahalliy organik ingibitorlar bo‘yicha boshqa tadqiqotlarda ham kuzatiladi. Polietilenpoliamin va krotonov aldegid asosida olingan PKA-1 ingibitori 1M HCl muhitida pastuglerodli po‘lat uchun konsentratsiya ortishi bilan himoya samaradorligini sezilarli kuchaytirgan; jumladan, 301 K da 50 g/l konsentratsiyada 93,65% ingibirlash darajasi qayd etilgan, harorat ko‘tarilganda ham muhofaza ta‘siri saqlangan. Bu natija organik molekulalarning metall sirtiga adsorbsiyalanishi va himoya plyonkasi hosil qilishi korroziyaga qarshi kurashda hali ham eng ratsional yo‘nalishlardan biri ekanini tasdiqlaydi.

Biroq ingibitorlarning o‘zi yetarli emas. Korroziyaning amaliy muammosi shundaki, laboratoriya sharoitida yaxshi chiqqan reagent ishlab chiqarishda harorat tebranishlari, oqim tezligi, mexanik yuvilish, tuz cho‘kmalari, suv-neft interfeysi yoki gaz fazasi ta‘sirida kutilgan natijani bermasligi mumkin. Shu nuqtai nazardan E.Mashayev va hammualliflarning MEE qator bis-karbamatlarini neftni qayta ishlash uskunalari metalli uchun ingibitor sifatida o‘rgangan ishi diqqatga sazovor. Mualliflar gravimetrik usulda mazkur birikmalarning muhofaza xususiyatini baholab, ularni metall korroziyasi ingibitorlari sifatida taklif qilish mumkinligini ko‘rsatgan. Bu ish metodik jihatdan muhim, chunki unda obyekt sifatida aynan neftni qayta ishlash tarmog‘i uskunalari tanlangan va muhit real ekspluatatsion sharoitga yaqinlashtirilgan.

Korroziyaga qarshi muhofazaning ikkinchi yirik yo‘nalishi - qoplamalar. A.Barkhanadjyan, R.Khakimov, B.Ibragimov, O.Vafayev va D.Ayrapetov ishlarida epoksiuretan asosidagi polimer



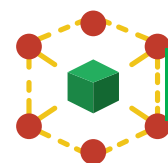


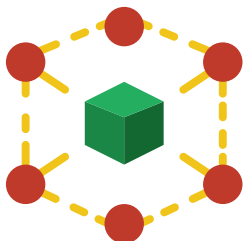
qoplama transport texnikasi detallari uchun sinovdan o'tkazilgan. Maqolada qoplamaning yuqori zarba mustahkamligi, yaxshi adgeziyasi va ekspluatatsiya jarayonida barqarorligi qayd etilgan, kuzatuvlar avtomobil ish rejimlarida, 8 ming km dan ortiq yurishda qoplamada sezilarli o'zgarish kuzatilmaganini ko'rsatadi. Bu yerda muhim jihat shuki, qoplama korroziyani "to'xtatib qo'ymaydi", balki metall-muhit aloqasini chegaralab, namlik va ionlar diffuziyasini sekinlashtiradi. Shu bois qoplamalarni ingibitorlar bilan raqobatlashtirish emas, balki ularni bir-birini to'ldiruvchi vosita sifatida qarash lozim.

Yangi tadqiqotlar esa muammoning faqat laborator-kimyoviy emas, balki tarmoq kesimida ham qo'yilayotganini ko'rsatadi. 2025-yilda I.N.Xasilov va hammualliflar O'zbekiston gaz konlari quvurlari va uskunalarda korroziyaga ta'sir etuvchi asosiy agressiv omillar sifatida H₂S, CO₂ va xloridlarni alohida ko'rsatib, ingibitorlarni tanlashda laborator va polevoy sinovlarni birlashtirish zarurligini ta'kidlagan. Ular mahalliy xomashyo asosidagi ingibitorlarni neft-gaz sohasida qo'llash, dozalashni optimallashtirish va turli turdagi uskunalar - quvurlar, separatorlar, issiqlik almashinuvchilar, kompressorlar - uchun differensial yondashuvni taklif qiladi. Bu allaqachon oddiy "reagent sinovi" emas, balki korroziyani boshqarish tizimiga o'tish belgisidir.

Quyida mahalliy tadqiqotlar asosida shakllangan ayrim muhim xulosalar jamlandi.

Mualliflar	Obyekt va muhit	Yondoshuv	Qayd etilgan natija	Ilmiy-amaliy ahamiyati
Narzullayev, Beknazarov, Djalilov	St-20, fosfor-azotli ingibitor muhiti	Ingibitor tarkibi va ta'sirini o'rganish	St-20 uchun maxsus ingibitorlash konsepsiyasi shakllangan	Mahalliy xomashyo asosida himoya reagenti yaratish yo'nalishi mustahkamlangan
Beknazarov, Narzullayev, Niyozkulov	Suv, neft, gaz kondensati	Eruvchan ingibitor sintezi	Neft-gaz muhitiga mos ingibirlovchi tizim taklif qilingan	Real muhitga yaqin modellardan foydalanish ahamiyati oshgan
Maxammadiyev va boshq.	St-20, gazokondensat + HCl + H ₂ SO ₄ ; 5% NaCl	EFGT-1 va EFGK-1 ingibitorlari	Himoya darajasi 84,13-95,03% oralig'ida	Ingibitor samaradorligi muhitga kuchli bog'liq ekani tasdiqlangan

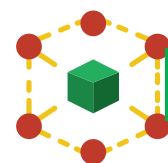


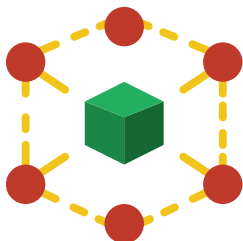


Mashayev va boshq.	Neftni qayta ishlash uskunalari metalli	MEE bis-karbamatlari, gravimetrik baholash	Ingibirlovchi ta'sir ijobiy deb baholangan	Neftni qayta ishlash sohasi uchun yangi organik ingibitorlar perspektiv
Barkhanadjyan va boshq.	Transport texnikasi metall detallari	Epoksiuretan polimer qoplama	Yuqori adgeziya va ekspluatatsion barqarorlik	Qoplama + konstruktiv himoya strategiyasi uchun asos yaratgan
Xasilov va hammualliflar	Gaz konlari quvurlari va uskunalari	Laborator va polevoy baholash, ingibitor tanlash	H ₂ S, CO ₂ , xloridlar asosiy xavf omillari sifatida ajratilgan	Tarmoq kesimida korroziyani boshqarish modeliga o'tish ko'ringan

Ushbu natijalar asosida bir nechta qat'iy mulohaza aytish mumkin. *Birinchi*, korroziyaga qarshi universal ingibitor mavjud emas. Kislotali muhitda yuqori samara bergan modda tuzli yoki gazokondensat muhitida pasayishi mumkin. *Ikkinchi*, metall va qotishmani himoya qilishni faqat reagent yoki qoplama bilan cheklash metodik jihatdan zaif yondashuvdir. *Uchinchi*, qotishmalarda mikroqurilish geterogenligi sababli lokal korroziya xavfi oddiy uglerodli po'latga nisbatan kamayishi ham, aksincha, kuchayishi ham mumkin; demak, legirlash darajasining o'zi yetarli mezon emas. *To'rtinchi*, mahalliy xomashyo asosidagi ingibitorlar iqtisodiy jihatdan jozibador bo'lsa-da, ularni keng joriy qilish uchun termobarqarorlik, toksikologik xavfsizlik, fazaviy moslik va uzoq muddatli ta'sir barqarorligini alohida standartlashtirish kerak. Bu xulosalar mavjud manbalarning sintezidan kelib chiqqan analitik natijadir.

Shu nuqtai nazardan korroziyaga qarshi kurashishning eng oqilona modeli integral modeldir. Unda material tanlovi, muhitni neytrallash yoki barqarorlash, ingibitor dozasi, himoya qoplama, konstruktiv yechimlar va monitoring tizimi bir butun konturda ko'rilishi lozim. Masalan, neft-gaz sohasida korroziya kuponlari, metall ionlari tahlili, pH, harorat, suv miqdori, H₂S va CO₂ konsentratsiyasi kabi ko'rsatkichlarni muntazam kuzatmasdan turib, hatto eng yaxshi ingibitor ham optimal ishlamaydi. Demak, kelajakdagi mahalliy tadqiqotlar faqat ingibirlash foizini emas, balki muhofaza qatlamining mikroqurilishini, SEM/EDS, elektroximik impedans, qutblanish qarshiligi va uzoq muddatli polevoy sinovlar bilan tasdiqlashi maqsadga muvofiq. Amaldagi korroziyani boshqarish choralari jahon miqyosida katta iqtisodiy tejam bera olishi haqidagi baholashlar ham aynan profilaktik, kompleks yondashuvning ustunligini ko'rsatadi.





MUHOKAMA

Fandan ma'lumki, metall va qotishmalar korroziyasi - murakkab jarayon bo'lib, uning o'rganishi nazariy va amaliy ahamiyatga ega. Global zararlarning 3,4% YICH darajasida bo'lishi, ushbu sohani rivojlantirish zarurligini ko'rsatadi. Jahon tajribasi (AQSh, Yevropa) ko'rsatadiki, integratsiyalangan yondashuv (dizayn, material, monitoring) zararlarning 30% ini oldini oladi. Kelajakda nanotexnologiyalar va AI korroziya nazoratini yangi bosqichga olib chiqadi.

Korroziya asosan elektrokimyoviy tabiatga ega bo'lib, unda metall va atrof-muhit o'rtasida redoks-reaksiyalar sodir bo'ladi. Asosiy mexanizm - bu anod va katod jarayonlarining birikmasi. Anodda metall ionlarga aylanishi (oksidlanishi) sodir bo'ladi: $M \rightarrow M^{n+} + n e^-$. Katodda esa, masalan, kislorod qaytarilishi: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$. Bu jarayonlarning umumiy energiyasi Gibbs erkin energiyasi (ΔG) bilan baholanadi: $\Delta G = -nFE$, bu yerda n - elektronlar soni, F - Faradey doimiysi (96 485 K/mol), E - hujayra potentsiali. Agar ΔG manfiy bo'lsa, jarayon o'z-o'zidan sodir bo'ladi.

Metallarning korroziyaga moyilligi elektrod potentsiali bilan bog'liq. Standart elektromotor kuchlar seriyasida temir -0,44 V, sink -0,76 V, alyuminiy -1,66 V ga ega bo'lib, ular kislorod (+1,23 V) bilan juftlikda korroziyaga uchraydi. Masalan, temirning kislotali muhitda korroziyasi uchun hujayra potentsiali $E = 0 - (-0,44) = +0,44$ V bo'lib, bu jarayonni ijobiy qiladi.

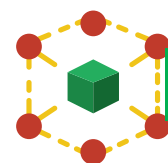
Kimyoviy korroziya esa, masalan, yuqori haroratlarda (oksidlanish) yoki gaz muhitlarda sodir bo'ladi. Wagner nazariyasiga ko'ra, oksid plyonkalarining o'sishi ionlar diffuziyasi orqali sodir bo'ladi, bu yerda korroziya tezligi plyonka qalinligiga teskari proporsional. Jahon tajribasida, masalan, neft quvurlarida (AQShda yiliga 1,4 milliard dollar zarar) korroziya asosan elektrokimyoviy bo'lib, CO_2 va H_2S ta'sirida kuchayadi.

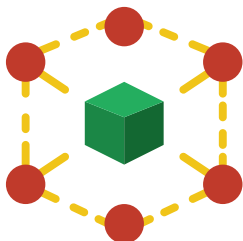
Aralash potentsial nazariyasi (mixed-potential theory) korroziya tezligini bashorat qiladi - korroziya oqimi I_{corr} anod va katod polarizatsiyasi kesishmasida aniqlanadi. Bu nazariya Evans diagrammalarida tasvirlanadi, unda polarizatsiya egri chiziqlari korroziya tezligini ko'rsatadi. Masalan, zanglamaydigan po'latda (Cr-Ni qotishmasi) passiv plyonka tufayli korroziya tezligi 0,01 mm/yil ga tushadi, oddiy po'latda esa 0,1-1 mm/yil.

Korroziya ko'p turlarga bo'linadi, har biri o'ziga xos mexanizmga ega.

Bir xil korroziya - eng oddiy turi bo'lib, metall yuzasi butunlay bir xilda buziladi. Masalan, temirning atmosfera korroziyasi, bu yerda tezlik 0,025-0,1 mm/yil. Jahon statistikasiga ko'ra, bu tur infratuzilmaning 40 foiz zarari uchun javobgar.

Chuqurlik korroziyasi - mahalliy buzilish bo'lib, xlorid ionlari (Cl^-) passiv plyonkani buzadi. Pitting potentsiali (E_{pit}) - bu kritik qiymat, masalan, alyuminiy uchun -0,7 V. Dengiz muhitida bu tur tez-tez uchraydi, tezligi 1-10 mm/yil ga yetadi.





Stress-korroziya yorilishi - kuchlanish va muhit ta'sirida sodir bo'ladi, uch komponent talab qiladi: *sezgir material, korroziv muhit va kuchlanish*. Masalan, 7xxx seriyali alyuminiy qotishmalarida (aerokosmik sanoatda) SCC tezligi 10^{-6} mm/s ga yetadi.

Galvanik korroziya - ikki turli metallning juftligida sodir bo'ladi, masalan, po'lat va mis. Galvanik seriyaga ko'ra, anod katodni himoya qiladi. AQSh dengiz flotida bu tur yiliga 500 million dollar zarar keltiradi.

Intergranular korroziya - donalar chegarasida, masalan, zanglamaydigan po'latda karbidlar cho'kishi tufayli. Bu tur yadro reaktorlarida muhim, tezligi 0,5 mm/yil.

Erozion korroziya - mexanik ta'sir bilan birga, masalan, quvurlarda. Kritik tezlik - 1-3 m/s. Dengiz muhitida bu tur 30 foiz zararga sabab bo'ladi.

Mikrobiologik korroziya - bakteriyalar ta'sirida, neft quvurlarida yiliga 20 foiz zarar.

Dezinkifikatsiya - guruchda sinkning tanlab chiqishi, qizil rangli qatlam hosil qiladi.

Grafitik korroziya - quyma temirda grafit qoladi, metall buziladi.

Korroziya tezligiga muhit, material va sharoitlar ta'sir qiladi. Muhitda pH 4-10 oralig'ida korroziya minimal, lekin xloridlar pittingni kuchaytiradi. Harorat oshishi tezlikni 2 marta oshiradi har 10°C ga.

Material omillari - legirlash (Cr, Ni) passivlikni oshiradi, masalan, 304 po'latda 18% Cr korroziya tezligini 100 marta kamaytiradi. Jahon tajribasida, alyuminiy qotishmalarida T6 issiqlik ishlovi SCC ni kuchaytiradi, T73 esa kamaytiradi.

Ekologik omillar - shahar muhitida SO_2 (0,1-1 ppm) korroziyani 2-3 marta oshiradi. Dengiz muhitida (Yevropa sohillarida) po'lat korroziyasi 0,2 mm/yil.

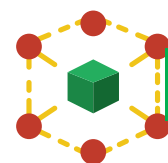
Pourbaix diagrammalari (potensial-pH diagrammalari) korroziya hududlarini ko'rsatadi: *immunitet, korroziya, passivlik*. Masalan, temir uchun pH 9-14 da passiv, lekin Cl^- bilan pitting. Bu diagrammalar Evans va Pourbaix tomonidan ishlab chiqilgan, korroziya bashoratini 80% aniqlikda beradi.

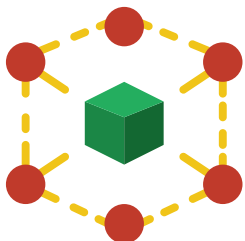
Punkt defekt modeli - passiv plyonka buzilishini vakansiyalar orqali tushuntiradi, Cl^- ionlari plyonkani zaiflashtiradi. Stress-korroziya uchun film yorilish modeli va vodorod embrittlement nazariyasi mavjud: birinchisida anod erishi, ikkinchisida H atomlari materialni zaiflashtiradi.

Jahon qarashlarida, ekologik inhibitorlar 91,7% samaradorlikka ega. AI modellar korroziya tezligini bashorat qiladi, masalan, mashina o'rganishi orqali 95% aniqlik.

XULOSA

Metall va qotishmalar korroziyasi - bir vaqtning o'zida termodinamik, elektrokimyoviy, texnologik va iqtisodiy tabiatga ega bo'lgan murakkab jarayondir. Uning intensivligi faqat tashqi muhitga emas, balki metallning mikroqurilishi, fazaviy tarkibi, yuza holati va ishlash rejimiga ham bog'liq. O'zbekiston tadqiqotchilari ishlari shuni ko'rsatadiki, mahalliy xomashyo asosida sintez qilingan ingibitorlar, organik kompozitsiyalar va polimer qoplamalar St-20 kabi materiallar hamda

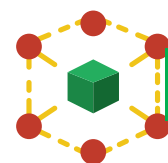


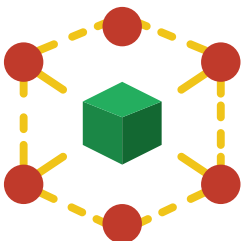


neft-gaz sohasi uskunalari uchun jiddiy amaliy ahamiyatga ega. Ayniqsa, ayrim ingibitorlar uchun 84-95% atrofidagi muhofaza darajasi qayd etilgani bu yo‘nalishning ilmiy salohiyatini tasdiqlaydi. Biroq bu natijalarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri universal yechim sifatida qabul qilish xato bo‘ladi, chunki har bir muhit va har bir material kombinatsiyasi alohida tekshiruvni talab qiladi. Shu sababli korroziyaga qarshi kurashda eng to‘g‘ri strategiya ingibitor, qoplama, konstruktiv chora va monitoringni birlashtirgan tizimli yondashuv hisoblanadi. Ilmiy nuqtai nazardan esa kelgusi tadqiqotlar mahalliy reagentlarning mexanizmlarini chuqurroq ochishi, qotishmalarning lokal korroziyaga moyil zonalarini mikroanaliz usullari bilan baholashi va natijalarni uzoq muddatli sanoat sinovlari bilan mustahkamlashi lozim. Ana shundagina metall va qotishmalar korroziyasini o‘rganish nazariy masala emas, balki texnologik xavfsizlik va iqtisodiy barqarorlikka xizmat qiladigan aniq amaliy fan darajasiga ko‘tariladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Холиқов А. Физико-химические свойства многокомпонентных ингибиторов коррозии металлов и антикоррозионных покрытий. - Каталог авторефератов. - 2023. - № 1.
2. Нарзуллаев А.Х., Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т. Изучение состава фосфор-, азотсодержащего ингибитора коррозии ИК-ДУА-КА-1 и влияние его на металл Ст-20 // *Universum: химия и биология: электрон. научн. журн.* - 2019. - № 11 (68).
3. Бекназаров Х.С., Нарзуллаев А.Х., Ниёзкулов Ш.Ш. Синтез растворимой ингибирующей коррозии в воде, нефти, газовом конденсате, содержащем аминокислоты, и изучение влияния алюминия на металл // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* - 2020. - № 6 (75).
4. Абдукаримов М.М., Ёдгаров Н., Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т. Антикоррозионные свойства модифицированной госсиполовой смолы и его композиционных покрытий // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* - 2020. - № 7 (76).
5. Махаммадиев О.Р., Бекназаров Х.С., Джалилов А.Т., Сокиева К.У. Изучение влияния ингибиторов коррозии ЭФГТ-1 и ЭФГК-1 на металл Ст-20 // *Научный вестник НамГУ.* - 2021. - № 10. - С. 51-56.
6. Barkhanadjyan A., Khakimov R., Ibragimov B., Vafayev O., Ayrapetov D. Anti-corrosion protection of metal parts of transportation equipment with a polymer coating based on epoxyurethane // *Chemistry and Chemical Engineering.* - 2021. - Vol. 2021. - No. 3. - Article 8. - DOI: 10.51348/AMIW3430.
7. Mashayev E., Mukhiddinov B., Kongratbayeva T., Jovliyeva N. Application of BIS-Carbamates of the MEE Series as Corrosion Inhibitors of Metal Equipment of Oil Refineries // *American Journal of Engineering, Mechanics and Architecture.* - 2023. - Vol. 1. - No. 10. - P. 57-59.





8. Рахимов Х.Ю., Абдурахманова С.П., Ганиева Х.Б., Тожимаматов Ш.Ш., Билалова Д.Ж. Исследование антикоррозионных свойств разработанных композиционных химических реагентов для защиты нефтегазового оборудования от кислотной коррозии и агрессивных сред // Композиционные материалы. - 2023. - № 4.
9. Хасилов И.Н., Файзуллаева М.А. Исследование эффективности ингибиторов коррозии для защиты трубопроводов газовых месторождений Узбекистана // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. - 2025. - 2(131).
10. Хасилов И.Н., Маматова Ф.К. Современные ингибиторы коррозии для защиты оборудования газовых промыслов Узбекистана // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. - 2025. - 3(132).
11. Хасилов И.Н., Маматова Ф.К. Повышение долговечности оборудования газовых месторождений Узбекистана с помощью ингибиторов коррозии // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. - 2025. - 3(132).

