

620
299

DO`STOV H.B.

KORROZIYADAN HIMOYA QILISH



**OO'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
BUXORO MUXANDISLIK-TEXNOLOGIYA
INSTITUTI**

Do'stov H.B.

**KORROZIYADAN HIMOYA
QILISH**

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan
oliy o'quv yurtlarining 5321400 – Neft-gazkimyo sanoati texnologiyasi
yo'nalishi talabalari uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan

**BUXORO – 2020
«DURDONA» NASHRIYOTI**

Do'stov H.B.

34.66ya73

620.197(075.8)

R 99

Do'stov, H.B.

Korroziyadan himoya qilish. [Matn]: o'quv qo'llanma / Do'stov H.B. - Buxoro: "Sadriiddin Salim Buxoriy" Durdona nashriyoti, 2020. - ? 6.

KBK 34.66ya73

UO'K 620.197(075.8)

TAQRIZCHILAR:

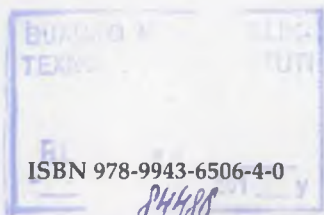
Fozilov S.F.

– Buxoro muhandislik-texnologiya instituti,
"Neft-gazkimyo saoati texnologiyasi"
kafedrası, t.f.d., professor.

Xudayberdiev A.J

– "Buxoro neftni qayta ishlash zavodi"
MChJ bosh texnologı

O'quv qo'llanma 5321400 – "Neft-gazkimyo sanoati texnologiyasi" ta'lim yo'nalishi fan dasturlari asosida yozilgan. Qo'llanmada metallar korroziyasining nazariy asoslari, korroziya ko'rinishlari, mashina va jihozlarning korrozion yemirilishiga konstruktiv faktorlarning ta'siri, metallar va qotishmalarning korrozion tavsiflari, nometall materiallar va himoya qoplamalari, kimyoviy hamda neft-gaz sohasi ishlab chiqarish mashina va jihozlarini korroziyadan himoya qilish usullari to'g'risida ma'lumotlar bayon etilgan. O'quv qo'llanma oliy va o'rta maxsus o'quv yurtlarining neft-gaz sanoati texnologiyalari, kimyoviy texnologiyalar, mashinasozlik yo'nalishlari bo'yicha tahsil olayotgan talabalar, shuningdek muhandis-texnik xodimlar uchun mo'ljallangan.



ISBN 978-9943-6506-4-0

© Do'stov H.B.

So'z boshi

Ishlab chiqarish hamda texnika va texnologiyalarning hozirgi zamon rivojlanish sur'ati konstruksion materiallarning chidamliligi, mustahkamligi va korroziyabardoshliligiga yuksak talablarni qo'yadi. Shu bois, muhandis-texnologlar, mexaniklar hamda sanoat sohalari bo'yicha yetuk mutaxassislar tayyorlashda korroziya fanining roli ortib bormoqda. Shu bilan bir qatorda, hozirgi vaqtda korroziya fani bo'yicha o'zbek tilida yozilgan o'quv adabiyotlarining taqchilligi yaqqol sezilmoqda. Mavjud o'quv adabiyotlari esa 20-25 yil oldin yozilgan bo'lib, ilm-fanning, texnika va texnologiyalarning oxirgi yutuqlaridan sezilarli darajada orqada qolgan. Yuqoridagi mulohazalarni inobatga olgan holda muallif ushbu o'quv qo'llanmani yaratishga jazm etdi.

O'quv qo'llanma muallifning ko'p yillik ilmiy va pedagogik tajribalari asosida to'plangan materiallar, Respublikamizdagi va xorijiy olimlar tomonidan yaratilayotgan zamonaviy konstruksion materiallar va ularning korrozion bardoshligi borasida olib borilgan izlanishlarning natijalari asosida yozildi.

Elektrokimyoviy va korrozion fanlarining hozirgi zamon rivojida katta hissa qo'shgan Rossiyalik olimlar: akademiklar – A.N.Furumkin, V.Ye.Kazarinov, Ya.M.Kolotyrkin, professorlar – G.A.Tedoradze, N.T.Kudryavsevlarning ilmiy ishlari ham qo'llanmada o'z aksini topgan. Shuningdek, professorlar – I.V.Semenova, G.M.Florianovich hamda k.f.n. A.V.Xoroshilovlar tomonidan to'plangan materiallar ham o'quv qo'llanma uchun asos qilib olingan.

Qo'llanma oxirgi yillarda kimyo-texnologiya va mashinasozlik yo'nalishlari talabalari uchun o'zbek tilida yozilgan dastlabki adabiyotlardan biri sanalib, davlat ta'lim standartlarining komponenti hisoblangan korroziya kursi dasturiga to'la mos keladi.

Korroziya kursi mustaqil fan sifatida neft-gaz, kimyo-texnologiya, metallurgiya, materialshunoslik kabi ko'pgina yo'nalishlarning o'quv rejasiga kiritilgan. Bu kurslarning o'quv dasturlari bir-biriga yaqin bo'lib, ko'pgina umumiy mavzularni o'z ichiga oladi. Shu sababli yagona o'quv qo'llanmasini yaratishni muallif o'z oldiga maqsad qilib qo'ydi.

O'quv qo'llanmasi to'rt qismdan tashkil topgan. Birinchi qism gaz va suyuqlik muhitida kechadigan korroziya jarayonlarining nazariyasiga bag'ishlangan. Materiallarni bayon etishda fizikaviy kimyo, elektrokimyo va termodinamikani o'rganishda olingan bilimlar asos qilib olingan. Metallarning gaz korroziyasi va uning fizik-kimyoviy qonuniyatlari, kinetikasi, korroziyaning bu turiga ichki va tashqi faktorlarning ta'siri, shuningdek metallarning elektrokimyoviy korroziyasiga bag'ishlangan ma'lumotlar o'rin olgan.

Ko'p hollarda korrozion yemirilish xarakteri va tezligiga metallar va qotishmalarning fazaviy hamda kristall strukturasi hal qiluvchi rol o'ynaydi. Ikkinchi qismda o'quvchilar tabiiy va texnologik muhitlarda kechadigan korroziyaning asosiy ko'rinishlari, metallar korrozion bardoshligini sinash usullari, mashina va jihozlarning korrozion yemirilish sur'atiga konstruktiv faktorlarning ta'siri bilan tanishadilar.

O'quv qo'llanmaning uchinchi qismi bir qator metallar va qotishmalar, shuningdek nometall materiallarning korrozion tavsiflariga bag'ishlangan. Organik birikmalar asosidagi korroziyabardosh polimer materiallar, oddiy polimerizatsion va murakkab polikondensatsion plastik massalar to'g'risidagi materiallar ham ushbu qismda berilgan.

Neft-gaz va kimyo sanoati mashina va jihozlarini yupqa sirt qoplamalari yordamida, elektrokimyoviy hamda korrozion muhit agressivligini pasaytirish orqali korroziyadan himoya qilish usullari to'rtinchi qismda yoritilgan.

Mazkur o'quv qo'llanma kimyo-texnologiya, neft-gaz, mashinasozlik, asbobsozlik, energetika, metallurgiya, gidrotexnika sohalari oliy o'quv yurtlari va texnika universitetlarining talabalari uchun mo'ljallangan. Shuningdek qo'llanma sanoat korxonalarining muhandis-texnik xizmatchilari, loyihalash institutlarining mutaxassislari, ilmiy tadqiqotchilari va ilmiy xodimlarning o'z malakalarini oshirishi uchun ham yaxshi manba sifatida foydali bo'lishi mumkin.

Muallif qo'lyozmani batafsil o'qib chiqib, uning mazmuni va mohiyatini hamda yaratilishida qilingan mehnatlarni ijobiy baholagan, qo'llanmaning mukammal bo'lishida o'zlarining qimmatli maslahatlarini bergan Buxoro davlat universiteti, "Kimyo" kafedrası professori, k.f.d. B.B.Umarovga, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti, "Neft-gazkimyo saoti texnologiyasi" kafedrası professori, t.f.d. S.F. Fozilovga, "Buxoro neftni qayta ishlash zavodi" MChJ bosh texnologisi A.J. Xudayberdievga chuqur minnatdorchilik bildiradi.

Korroziya va uning ta'sir ko'lami juda kengligi, yangi kompozitsion va konstruksion materiallarning yaratilishi, korroziya turlari hamda fan, texnika va texnologiyalarning rivojlanib borayotganligi tufayli korroziyadan himoya qilish usullarining doimiy yangilanib borayotganligi sababli bu sohadagi barcha ma'lumotlarni mazkur kitobga kiritishning imkoniyati cheklangan. Shu sababli kitobxonlar tomonidan qo'llanmadagi kamchiliklarni bartaraf qilishga qaratilgan barcha fikr va mulohazalarni muallif samimiyat bilan qabul qiladi o'z minnatdorchiligini izhor qiladi.

I QISM. METALLAR KORROZIYASI NAZARIYASINING ASOSLARI.

I BOB. FANGA KIRISH.

1.1. "Korroziyadan himoya qilish" fanining maqsad va vazifalari

Ushbu fan oliy o'quv yurtlarining 5321400 – "Neft-gazkimyo sanoati texnologiyasi" ta'lim yo'nalishi Davlat ta'lim standartida kiritilgan «Korroziyadan himoya qilish» fanini o'rganuvchi talabalar uchun mo'ljallangan.

Fanning asosiy maqsadi — talabalarda tabiiy va ishlab chiqarishning barcha sohalarida konstruksion materiallarni tanlash va ularni korroziyadan himoya qilish bo'yicha resurs tejamkor yechimlarni asoslash va tadbiq etish bo'yicha bilimlar tizimini shakllantirishdan iborat.

Tabiiy va ishlab chiqarish sharoitlarining, tashkiliy-boshqaruv strukturalari xarakterining, mehnat jarayonlari o'ziga xosligining farqlanishi diferensiallansada, korroziyadan muhandislik himoyalashni ta'minlovchi, asos bo'lib xizmat qiladigan quyidagi yo'nalishlarining yagona ilmiy metodologiyasini ishlab chiqish zarur:

- materiallarni turli sharoitlarda ishlatish paytida yuz beradigan qaytar va qaytmas degradatsiya jarayonlarini tahlil qilish;
- umumiy va lokal zararlarni miqdoriy baholash;
- ob'ektlarning holati to'g'risidagi ma'lumotlarni olish usullari, vositalari va mezonlarini me'yorlash;
- korroziyaga chidamli materiallarni yaratish va tanlash;
- metallarni korroziyadan himoya qilish bo'yicha kompleks tadbirlarni ishlab chiqish;

“Korroziyadan himoya qilish” kursi kompleks fan bo'lib, fundamental tabiiy va umumkasbiy fanlarni o'zlashtirishdan olingan bilimlarga tayanadi.

“Korroziyadan himoya qilish” fanini o'rganish natijasida talaba quyidagilarni bilishi zarur:

- elektr o'tkazuvchi gaz va suyuq muhitlarda korroziya jarayonlari nazariyasining asoslari;

- texnogen i antropogen faktorlar ta'siri ostida bo'lgan konstruksion materiallar xossalari holati va o'zgarishi to'g'risida umumiy ma'lumot;

- qurish va ishlab chiqarish faoliyatida konstruksion materiallarga korrozion ta'sir etuvchi asosiy manbalar, ularning sifat va miqdoriy xarakteristikalar, jihozlar ishonchligini tashxislash yo'llari va usullari, korroziya ta'sirining oqibatlari;

- materiallarni korroziyadan kompleks himoyalashni ta'minlash konsepsiyasi;

Ushbu bilimlarni qo'llagan holda talaba:

- korroziya jarayonlarining borish qonuniyatlariga tashqi va ishlab chiqarish muhitlarining ta'sir qilish xarakterini baholay olishi;

- konstruksion materiallarni tanlay olishi;

- qurilmalar konstruksiyasi hamda jihozlar va transport kommunikatsiyalarini atrof muhitning korrozion ta'siridan himoyalash tadbirlarini asoslab bera olishi lozim.

1.2. Metallar korroziyasiga qarshi kurash muammolarining ijtimoiy, iqtisodiy va ekologik jihatlar.

Hozirgi paytda Yer sharidagi aholi soni vaqt o'tishi bilan ortib bormoqda. 1850 yilda u 1,2 mlrd. kishini, 1950 yilda esa 2,5 mlrd. kishini tashkil etgan bo'lsa, 2000 yilga kelib bu ko'rsatkich 5 mlrd kishidan ortdi. O'z navbatida insoniyatning ehtiyojlari ham

mutanosib ravishda emas, balki juda yuqori templar bilan ortib bormoqda.

Uzluksiz ortib borayotgan bunday ehtiyojni faqatgina ishlab chiqarishni jadal rivojlantirish hisobiga qondirish mumkin. Oxirgi yarim asr mobaynida planetamizdagi aholi soni 1,6 martaga ortgan bo'lsa, asosiy ishlab chiqarish hajmi 2,5 marta ortgan. Ishlab chiqarishni tashkil qilish, yo'lga qo'yish va amalga oshirish uchun esa qurilmalar, jihozlar, kommunikatsilar va zamonaviy mashinalar zarur bo'ladi. Bularning barchasini metall, qotishma va kompozitsiyalarsiz tasavvur qilish qiyin. Ular qora va rangli metall qotishmalaridan, tabiiy va sun'iy kiyoviy bardoshli materiallardan hamda kompozitsiyalardan tayyorlanadi. Vaqt o'tishi bilan korroziya tufayli ular eskiradi, yemiriladi va yaroqsiz holga keladi. Bu esa nafaqat iqtisodiy zarar, balki global ekologik katastrofalarga olib keladi.

Metall byumlar, jihozlar, konstruksiyalar va qurilmalarning korroziyasidan planetamiz bo'yicha ko'riladigan zarar misli ko'rilmagan raqamlarni tashkil qiladi. Masilan birgina Amerika Qo'shma Shtatlarida korroziya tufayli ko'riladigan zarar yiliga 300 mlrd dollarni tashkil qiladi, bu esa mamlakat milliy daromadining 6% ni tashkil qiladi.

Rossiya Federatsiyasida korroziya tufayli har yili metall fondi umumiy massasining 12% yo'qoladi, bu esa yillik ishlab chiqariladigan metallning 30% demakdir. *Bunday ulkan bevosita zarardan tashqari yana juda katta bilvosita zararlar ham muqarrardir.* Ularga metall jihozlar quvvatining yo'qolishi, avariylar tufayli ularning majburiy to'xtatishdan ko'riladigan zararlar, shuningdek ko'pincha ekologik katastrofalarga olib keluvchi avariya oqibatlarini bartarafish uchun ketadigan xarajatlar va boshqalar kiradi.

Korroziya muammolarining dolzarbligi quyidagi uch asosiy jihatlari bilan aniqlanadi:

1) inson halokatiga va atrof muhitning ifloslanishiga olib keluvchi katastrofa va avariylarning oldini olish maqsadida turli ob'ektlar (AES ob'ektlari, samolyotlar, kemalar, binolar, kommunikatsiya va uzatish tizimlari va b.) ishonchligini oshirish;

2) zaxiralari cheklanganligini hisobga olgan holda dunyo miqyosida metall resurslarini (metall fondini) tejash va saqlab qolish;

3) barcha turdagi mashinalar, rezervuarlar, quvur o'tkazgichlar, ko'priklar, temir yo'llar va h.k. korroziyasi tufayli ko'riladigan moddiy va iqtisodiy zararlarni kamaytirish;

1.3. Asosiy tushuncha va atamalar

Metallar va qotishmalardan tayyorlanadigan barcha mashina va jihozlar tabiiy yoki texnologik muhitlarda ekspluatatsiya jarayonida korroziyaga mahkumdur.

Korroziya lotincha so'zdan olingan bo'lib «corrodere» — yemirilish degan ma'noni anglatadi. *Metall va qotishmalarning tashqi muhit bilan o'zaro ta'sirlashishi natijasida o'z-o'zidan yemirilish hodisasi metallarning korroziyalanishi deyiladi.*

Bunday o'zaro ta'sir asosida tashqi muhit bilan kimyoviy va elektrokimyoviy reaksiya, ba'zida esa mexanik ta'sir yotadi. *Metallarning bunday muhit ta'siriga qarshilik ko'rsata olish qobiliyati materiallarning bardoshlilik yoki kimyoviy qarshiligi deyiladi. Korroziyaga uchrayotgan metall — korroziyalanuvchi metall, korroziya jarayoni kechayotgan muhit esa — korrozion muhit deyiladi.*

Korroziya natijasida metallning xossalari o'zgarib, ko'pincha uning funksional xarakteristikalari yomonlashadi. Metall korroziyaga uchraganda qisman yoki to'la yemiriladi. *Metall bilan korroziyalovchi muhitning o'zaro ta'sirlashuvi natijasida hosil bo'ladigan kimyoviy birikmalar korroziya mahsulotlari deyiladi. Korroziya mahsulotlari oksid plyonkalari, metall to'poni yoki zang ko'rinishida metall sirtida qolishi mumkin. Ularning metall*

sirti bilan adgeziya darajasiga bog'liq holda turli hollar bo'lishi mumkin. Masalan, temir qotishmalari sirtida zang yumshoq uqalanib ketadigan po'k qavat hosil qiladi, korroziya jarayoni esa metall ichiga chuqur tarqalib, teshib o'tuvchi yara (yazva) va teshik hosil qilishi mumkin. Aksincha, aluminiy oksidlanganda uning sirtida yaxlit, zich oksid plyonka hosil bo'lib, uni yemirilishdan saqlaydi. *Korroziya – fizik kimyoviy jarayon bo'lib, uning kechish qonuniyatlari geterojen sistemalarning umumiy termodinamik va kinetik qonunlari asosida aniqlanadi.* Korroziyaning ichki va tashqi faktorlari mavjud. Korroziyaning ichki faktorlari metallning tabiati, tuzilishi (tarkibi, strukturasi va b.) va korroziya tezligiga ta'sirini xarakterlaydi. Tashqi faktorlar esa tashqi korrozion muhit tarkibining ta'sirini va korroziyaning borish sharoitini (harorat, bosim, potensial va b.) aniqlaydi.

Korroziyadan himoya qilish deb, metall korroziyasini kamaytirish yoki to'xtatish uchun amalga oshiriladigan jarayon yoki qo'llaniladigan vositalarga aytiladi.

1.4. Korroziya jarayonlarining sinflanishi

Korroziya jarayonlarini quyidagi alomatlar bo'yicha sinflanadi:

- metallarning tashqi muhit bilan ta'sirlashish mexanizmi bo'yicha;
- korrozion muhit turlari va jarayonning kechish sharoitlari bo'yicha;
- korrozion yemirilish xarakteriga ko'ra;
- korrozion muhit bilan birgalikda metallga ta'sir etuvchi boshqa qo'shimcha ta'sir turlari bo'yicha;

Korroziya jarayonining borish mexanizmi bo'yicha tabiatda metallarning **kimyoviy** va **elektrokimyoviy** korroziyasi mavjud.

Kimyoviy korroziya — metallarning oksidlanishi va muhit oksidlovchi komponentining qaytarilishi bir vaqtda va bir aktda

boradigan metallning tashqi muhit bilan o'zaro ta'sir jarayonidir. O'zaro ta'sirlashish mahsulotlari fazoviy ajralmasdir.

Elektrokimyoviy korroziya — metallning korrozion muhit (elektrolit eritmasi) bilan o'zaro ta'sir jarayoni bo'lib, bunda metall atomlarining ionlashuvi va korrozion muhit oksidlovchi komponentining qaytarilishi turli aktda kechadi va ularning tezligi elektrod potentsialiga bog'liq bo'ladi.

Korrozion muhit turiga va kechish jarayonining sharoitiga ko'ra korroziya bir necha turlarga bo'linadi. Quyida ularning asosiylarini sanab o'tamiz.

Gaz korroziyasi — metallarning namlik minimal (odatda 0,1 % dan ko'p bo'lmagan) yoki yuqori haroratda bo'lgan gaz muhitidagi kimyoviy korroziyasidir. Korroziyaning bu turi kimyo va neftkimyo sanoatida eng ko'p uchraydi. Gaz korroziyasi sulfat kislotasini olishdagi oltingugurt dioksidining oksidlanish bosqichida, ammiakni sintez qilish paytida, azot kislotasi va vodorod xloridini olishda, organik spirtlar olish va neftni krekinglash hamda boshqa jarayonlarida uchraydi.

Atmosfera korroziyasi — metallarning havo atmosferasida yoki istalgan namli gaz muhitda yuz beradigan korroziyasidir.

Yer osti korroziyasi — metallarning yer osti va tuproq muhitidagi korroziyasi.

Biokorroziya — turli mikroorganizmlar faoliyati ta'sirida boradigan korroziya.

Kontakt korroziyasi — berilgan elektrolitda turlicha statsionar potentsialga ega bo'lgan metallar kontakti tufayli yuz beradigan korroziya turi.

Radiatsion korroziya — radioaktiv nurlanish oqibatida ro'y beradigan korroziya.

Tashqi tok ta'siridagi korroziya — tashqi tok manbai tufayli kechadigan korroziya.

Daydi toklar korroziyasi — daydi toklar tufayli yuz beradigan korroziya.

Kuchlanish ostidagi korroziya — korrozion muhit va mexanik kuchlanishlarning bir vaqdagi ta'siri oqibatida yuz beradigan korroziya. Agar kuchlanish cho'zuvchi bo'lsa, u metallning yorilishiga (chatnashiga) olib kelishi mumkin. Korroziyaning bu turi ayniqsa, mexanik kuchlanishlar ta'siri ostida bo'lgan metall konstruksiyalari (o'qlar, resoralar, avtoklavlar, bug' qozonlari, turbinalar va b) uchun juda xavfli hisoblanadi.

Agar metall buyumlar davriy ravishda takrorlanuvchi siklik cho'zuvchi kuchlanish ta'siri ostida bo'lsa, ular *korrozion charchashga* duchor bo'ladilar. Bunda metall charchashi chegarasining pasayishi yuz beradi. Bunday korroziyaga ko'pincha avtomobil resorolari, kanatlar, prokatlovchi stanoklarning vallari, krivoship-shatun mexanizmlari, tebranma dastgohlar va boshqalar uchraydi.

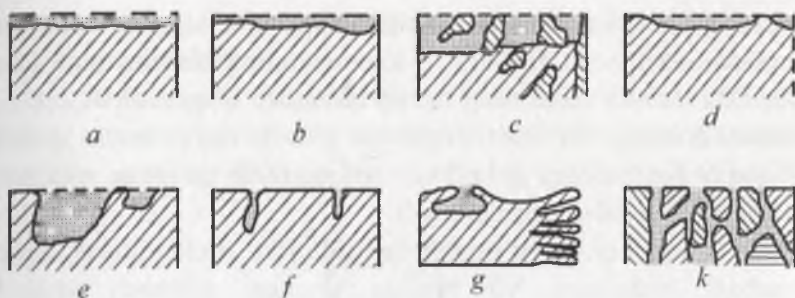
Kavitatsion korroziya — tashqi muhitning bir vaqtdagi korrozion va zarbli ta'siri tufayli metallning yemirilishi.

Fretting-korroziya — tashqi muhitning bir vaqtdagi korrozion va titratish ta'siri tufayli metallning korroziyalanishi.

Ishqalanish yoki titrash tufayli yuz beradigan korroziyani konstruksion materiallarni to'g'ri tanlash, ishqalanish koeffitsientini kamaytirish, qoplamalarni qo'llash va h.k. orqali bartaraflash mumkin.

Metallar va qotishmalar sirtida yuz beradigan o'zgarishlarning xarakteriga ko'ra ham korrozion yemirilishlar bir necha turlarga bo'linadi (1.1-rasm).

Korroziya yaxlit deyiladi agarda u metallning butun sirtini egallagan bo'lsa (1.1-rasm, *a* va *b*). Yaxlit korroziya *tekis* deyiladi agarda jarayon metallning butun sirti bo'ylab bir xil tezlikda borsa (1.1-rasm, *a*) va *notekis* deyiladi agarda jarayonning tezligi metall sirtining turli nuqtalarida turlicha bo'lsa (1.1-rasm, *b*). Tekis korroziyani havoda uzoq vaqt ishlatilgan temir quvurlar sirtida kuzatish mumkin.



1.1-rasm. Metallar va qotishmalar sirtida yuz beradigan korroziya ko'rinishlari.

a – yaxlit tekis; b – yaxlit notekis; c – saylangan-strukturaviy; d – dog'li; e – yarali; f – nuqtali (pitting); g– sirt osti; k – kristallararo;

Saylangan korroziyada (1.1-rasm, c) qotishmaning bir strukturaviy tashkil etuvchisi yoki bir komponenti yemiriladi. Bunday korroziyaga cho'yaning grafitlashuvini yoki jez (latun)ning ruxsizlanishini misol qilib ko'rsatish mumkin.

Mahalliy (lokal) korroziya metall sirtining alohida joylarini qamrab oladi (1.1-rasm – d, e, f). Mahalliy korroziya metall ichiga uncha chuqur ketmagan alohida dog'lar (1.1-rasm, d), metall ichiga ancha botgan chig'anoq ko'rinishidagi yemirilish – yaralar (1.1-rasm, e) yoki metall ichiga chuqur ketgan nuqtalar (pittinglar) (1.1-rasm, f) ko'rinishida bo'lishi mumkin. Birinchi ko'rinish masalan, dengiz suvida qolgan jezda hosil bo'ladi. Yaralar shaklidagi korroziya tuproqda joylashgan po'latda, pittinglar esa degiz suvidagi xromnikelli austenit po'latlarida kuzatiladi.

Sirt osti korroziyasi (1.1-rasm, g) metall sirtida boshlanib, keyinchalik uning ichiga chuqurroq kirib tarqaladi. Korroziya mahsuloti metallning bo'shliqlarida yig'ilib qoladi. Korroziyaning bu turi metall buyumlarning bo'rtishiga va katlamlarga ajralishiga olib keladi.

Kristallararo korroziya metall donalarining chegarasi bo'ylab yemirilishi (1.1-rasm, k) bilan xarakterlanadi. Bunda metall

donalari orasida uvalanib ketadigan (po'k) chidamsiz korroziya mahsulotlari hosil bo'ladi. Korroziyaning bu turi shu bilan xavfliki, bunda metallning tashqi ko'rinishi o'zgarmaydi, lekin u mustahkamligi va elastikligini yo'qotadi, mo'rt bo'lib qoladi. Bunday korroziyaga xromli va xromonikelli po'latlar, nikelli va aluminiyli qotishmalar uchraydi.

Yoriqli korroziya metall tirqishlarida, prokladkalar ostida, rezkali birikmalar va boshqa shunga o'xshash joylarda buyumlarni yemiradi.

1.5. Korroziya ko'rsatkichlari.

Korroziya tezligi jarayonning ma'lum bir ko'rsatkichi (y) bilan vaqt orasidagi bog'lanishni o'rganish orqali aniqlanishi mumkin. Korroziyaning τ vaqt momentidagi haqiqiy yoki oniy differensial tezligi ko'rsatkichdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilasiga $\frac{\partial y}{\partial \tau}$ teng. Ko'pincha amalda jarayonning τ vaqt momentidagi o'rtacha integral tezligi, ya'ni $\frac{\Delta y}{\Delta \tau}$ aniqlanadi.

Korroziya jarayonining eng ko'p ishlatiladigan ko'rsatkichlari: chuqurlik, massa o'zgarishi, hajm o'zgarishi, mexanik ko'rsatkichlari bo'lib hisoblanadi.

Chuqurlik ko'rsatkichi (K_h) metallning vaqt birligi ichida korrozion yemirilish chuqurligini xarakterlaydigan kattalikdir (masalan, mm/yil). Shuningdek bu kattalik metall sirtida hosil bo'ladigan korroziya mahsuloti (plyonkasi) qalinligining vaqt birligi ichidagi o'zgarishini ham ifodalashi mumkin (mm/yil).

Massaviy ko'rsatkich ($K_m^\pm$) korroziya tufayli metall massasi o'zgarishining metall sirti va vaqtga bo'lgan nisbati bilan o'lchanadigan kattalikdir ($g/(m^2 \cdot soat)$):

$$K_m^\pm = \frac{m}{S \cdot \tau}$$

Bu ko'rsatkich manfiy bo'ladi agarda metallning massasi τ vaqtdan so'ng o'lchangandan so'ng kamaysa va aksincha τ

vaqtdan so'ng o'lchanganda uning massasi ortgan bo'lsa bu kattalik musbat bo'ladi.

Agarda metall korroziyasi mahsulotining tarkibi ma'lum bo'lsa, massa o'zgarishining musbat ko'rsatkichini uning manfiy shakliga quyidagi formula bilan qayta hisoblash orqali o'tkazish mumkin:

$$K_m^- = K_m^+ \frac{n_{OK} \cdot A_{Me}}{n_{Me} \cdot A_{OK}},$$

Bu yerda K_m^- va K_m^+ — mos ravishda korroziya ko'rsatkichining manfiy va musbat ko'rsatkichlari; A_{Me} — metallning atom massasi; A_{OK} — oksidlovchining atom massasi; n_{Me} — metallning valentligi; n_{OK} — oksidlovchining valentligi;

Metallarning tekis korroziyasida manfiy massa ko'rsatkichidan korroziyaning cho'qurlik ko'rsatkichiga o'tish mumkin:

$$K_{\Pi} = \frac{K_m^- \cdot 8,76}{\rho_{Me}},$$

bunda ρ_{Me} — metallning zichligi (g/sm^3).

Korroziyaning hajmiy ko'rsatkichi K_V korroziya jarayonida metallga yutilgan yoki undan ajralgan va normal sharoitga keltirilgan ΔV gaz hajmining metallning birlik sirtiga va birlik vaqtga bo'lgan nisbati bilan o'lchanadigan kattalikdir ($sm^3/(sm^2 \cdot soat)$):

$$K_V = \frac{\Delta V}{S \tau}.$$

Korroziyaning mexanik ko'rsatkichi korroziya jarayoni vaqtida metall ma'lum bir mexanik ko'rsatkichining %larda ifodalangan o'zgarishini ko'rsatadi. Masalan *mustahkamlik ko'rsatkichi* (K_{σ}) uchun:

$$K_{\sigma} = \frac{\Delta \sigma_{\tau}}{\Delta \sigma_{\tau_0}},$$

σ_{τ} — τ korroziya vaqtida cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasining o'zgarishi;

Do'stov H.B.

σ_{TO} – korroziyagacha bo'lgan cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasining qiymati.

Elektr qarshiligi o'zgarishining ko'rsatkichi yupqa metall listlarini o'rganishda *o'choq ko'rsatkichi* tushunchasidan foydalaniladi. O'choq ko'rsatkichi K_N – metall sirtidagi korroziya o'chog'lari sonining sirt birligi va vaqt birligiga bo'lgan nisbati bilan o'lchanadigan kattalikdir ($1/(m^2 \cdot \text{soat})$):

$$K_N = \frac{N}{S \cdot \tau}$$

Nazorat savollari

1. Fanning asosiy maqsad va vazifalari nimalardan iborat?
2. "Korroziyadan himoya qilish" fanini o'rganish natijasida talaba nimalarni bilishi va amalda qo'llay olishi zarur?
3. Korroziyadan ko'riladigan zararlarning asosiy ko'rinishlarini ayting.
4. Korroziya tufayli qanday yo'qotishlar bo'ladi?
5. Qurilmalar, jihozlar va transport kommunikatsiyalarining ishdan chiqishiga nimalar sabab bo'ladi?
6. "Korroziya" so'zining ma'nosini ayting va unga ta'rif bering.
7. Korroziya jarayonlari qaysi alomatlari bo'yicha sinflanadi?
8. Korroziya gomogen yoki geterogen jarayonlarning qaysi biriga kiradi?
9. Kimyoviy va elektrokimyoviy korroziyalarga ta'rif bering.
10. Korrozion muhit turiga va kechish jarayonining sharoitiga ko'ra korroziya qanday turlarga bo'linadi?
11. Metallar va qotishmalar sirtida yuz beradigan o'zgarishlarning xarakteriga ko'ra korrozion yemirilishlar qanday turlarga bo'linadi?
12. Korroziya jarayonining asosiy ko'rsatkichlarini sanab bering?

II BOB. METALLARNING GAZ KORROZIYASI

2.1. Gaz korroziyasi jarayonlarining umumiy tavsifi

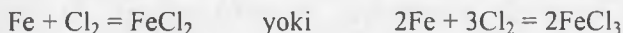
Elektr o'tkazuvchi eritmalar bo'lmaganda gazlarning metall bilan kontaktida gaz korroziyasi kechadi. Tabiiy sharoitlarda gaz korroziyasi kam uchrasada, texnologik jarayonlarda, ayniqsa metallurgiya va kimyo sanoati ishlab chiqarishida yetarlicha ko'p uchraydi.

Odatda gaz korroziyasi kimyoviy mexanizm bo'yicha kechadi.

Metallarning gaz korroziyasi deb agressiv muhit komponentlari bilan metallning ta'sirlashuv nuqtasida bir aktda va bir vaqtda, geterogen kimyoviy reaksiya qonuniyatlariga bo'ysinuvchi o'z-o'zidan boradigan oksidlanish-qaytarilish jarayoniga aytiladi.

Kimyoviy korroziya jarayonida metall qaytariluvchi sifatida qatnashib, elektron beradi va oksidlanadi. Agressiv muhit komponenti oksidlovchi, elektronlar donori rolini bajaradi. Reaksiya jarayonida u qaytariladi. Oksidlovchilar sifatida O_2 , Cl_2 , HCl , SO_2 , CO_2 va b. bo'lishi mumkin.

Misol. Sanoat miqyosida xlor va vodoroddan vodorod xloridini sintez qilish jarayoni 1000-1200 °S haroratda amalga oshiriladi. Bu jarayon metall pechlarida amalga oshirilganligi sababli pechlarning ichki yuzasi gaz korroziyasiga uchraydi. Xlor va vodorod miqdoriga bog'liq holda gaz aralashmasida quyidagi reaksiyalar boradi:



Bu jarayonlarda temir qaytariluvchi sifatida, xlor esa oksidlovchi ishtirok etib, metall sirtida oksidli plyonka hosil bo'ladi.

Kimyoviy mexanizm ko'pincha gaz korroziyasi jarayonlarida va suyuq noelektrolit muhitlarda amalga oshadi.

Ko'pgina jarayonlar uchun kimyoviy korroziya borishining asosiy sharti metall sirtida suv pardasining bo'lmashligi

hisoblanadi. Bu talabni quyidagi shartlardan biriga rioya qilingandagina bajarish mumkin:

- reaksiyaga kirishuvchi gazlarning namligi minimal (odatda 0,01 % dan oshmagan) bo'lishi kerak;
- metall va gaz kontakti metall sirtida kondensatsiya amalga oshmaydi-gan, "shudring nuqtasi" dan yuqori haroratlarda bo'lishi kerak;

- metall qutbsiz organik birikmalar muhitida bo'lishi kerak.

Texnologik jarayonlarda gazlarning korrozion faolligini kamaytirish maqsadida ko'pincha ularni quritish bosqichi kiritiladi.

Yuqori haroratli gaz korroziyasining vujudga kelishi harorat intervali bilan aniqlanadi. Pastki chegara metall sirtida bug'ning kondensatsiyalanish haroratiga mos keladi. "Shudring nuqtasi" deb ataluvchi bu holat suv bug'larining parsial bosimiga bog'liq. Atmosfera bosimida havo uchun bu harorat 240-250 °S ni, issiqlik elektrostatsiyalaridan chiqayotgan gazlar uchun 90-100 °S ni tashkil qiladi.

"Shudring nuqtasi" dan yuqori haroratlarda kimyoviy gaz korroziya sohasi boshlanadi.

Yuqori harorat chegarasi metallning *issiqlikka chidamliligi* va *issiqlikka mustahkamligi* kabi xossalari bilan aniqlanadi.

Issiqlikka chidamlilik metallning yuqori haroratda gazlar korrozion ta'siriga qarshilik qila olishini xarakterlaydi.

Issiqlikka mustahkamligi yuqori haroratli gazlar ta'sirida tegishli mexanik xossalari, mustahkamligini va sirpanishga qarshiligini saqlab qolish qobiliyatini aniqlaydi.

Metall issiqlikka chidamli, lekin mustahkam bo'lmasligi va aksincha issiqlikka mustahkam ammo issiqlikka chidamlili bo'lmasligi mumkin.

Masalan, issiqlikka mustahkam po'latlarni 700° S, aluminiy va mis qotishmalarini — 400-450 °S, qo'rg'oshin qotishmalarini — 150 °S haroratgacha ekspluatatsiya qilish mumkin. Samarali

mujassam, 1000° S gacha issiqlikka ham chidamlili, ham mustahkam bo'lgan kompozitsiyalarga nikel – xrom qotishmalar tizimi orqali erishish mumkin.

Metallarning oksidlovchi muhit bilan yuqori haroratlardag o'zaro ta'siri juda ko'p kimyoviy jarayonlarda uchraydi.

Misol. Sulfat kislotasini ishlab chiqarish uchun oltingugurtli xom ashyoni kuydirish, azotli birikmalarni olishda SN_4 metanni konversiyalash, azot kislotasi olishda ammiakni oksidlash jarayonlari 700-800° S harotatlarda olib boriladi. Vodorod xloridi HCl ni sintez qilish jarayoni esa 1000-1200°S haroratda kechadi. Bunday misollarni juda ko'plakeltirish mumkin.

Keltirilgan misollarning barchasida qurilmalarning ishchi sirti agressiv gaz muhiti bilan ta'sirlashib, metal sirtida oksidli yoki tuzli birikmalarning hosil bo'lishiga olib keladi.

2.2. Metallar strukturasi va uning korroziya jarayonlariga ta'siri

Sirt birikmalarining hosil bo'lishi, ularning metallga adgeziyasi va xossalari korroziya jarayoniga ta'sir qiladi. O'z navbvtida bu ko'rsatkichlar metallning strukturasi va tarkibiga bog'liq.

Metallar asosan kristall tuzilishga ega. Kristall panjara tugunlarida musbat zaryadlangan ionlarjoylashgan bo'lib, elektronlar metallda erkin harakatlanadi.

Kristall panjara atomlari qat'iy davriy joylashgan ideal kristallardan farqli holda, real kristallarda doimo defektlar deb ataluvchi struktura muntazamligining buzilishi kuzatiladi. Real metall konstruksion materiallarda ideal kristall holatning buzilishiga metallning kristallanishidagi nomuvozanat sharoitlar, uning tarkibida legirlovchi va qo'shimcha elementlarning bo'lishi, kristall panjara deformatsiyasi, buyumlarni tayyorlash jarayonidagi mexanik, termik, radiatsion va boshqa faktorlarning ta'siri asosiy sabab bo'ladi.

Hozirgi vaqtda metall konstrksion materiallarning defektlarini sinflashning bir necha usullari mavjud:

- morfologik alomatlari bo'yicha — tashqi, ichki, joriy qilingan, birlashtirilgan va b.;
- kelib chiqishiga (genetik alomatlariga) ko'ra — quyilgan, payvandlangan, termik, deformatsion, korrozion va b.;
- strukturaviy alomatlari bo'yicha — yoriqlar, kovakchalar, ortiqcha fazalar, metallmas aralashmalar, donadorlik chegaralari va b.;
- geometrik o'lchamlari bo'yicha — makro- (> 1 mm), mikro- (~ 200 - 1000 mkm) va submikro- ($\sim 0,1$ - 200 mkm) defektlari;
- geometrik tuzilish alomatlari bo'yicha — nuqtaviy, chiziqli, ikki o'lchamli va b.;

Kristall panjara defektlari metallning belgilangan muhim xossalari o'zgartiradi, uning kimyoviy va elektrokimyoviy xarakteristikalariga ta'sir qiladi. Metall sirtiga chiqqan strukturaviy defektlar yuqori reaksiya qobiliyatiga ega bo'lib, korroziyaning eng birinchi o'chog'i hisoblana-di. Birjinslilikdan chetlashishning istalgan ko'rinishi ham kimyoviy, ham elektrokimyoviy korroziyani kuchaytiradi.

Nuqtaviy defektning to'rt asosiy ko'rinishi mavjud:

- vakansiyalar;
- egallagan va singigan qo'shimcha atomlar;
- dislokatsiyalangan atomlar;
- Frenkelya defektlari.

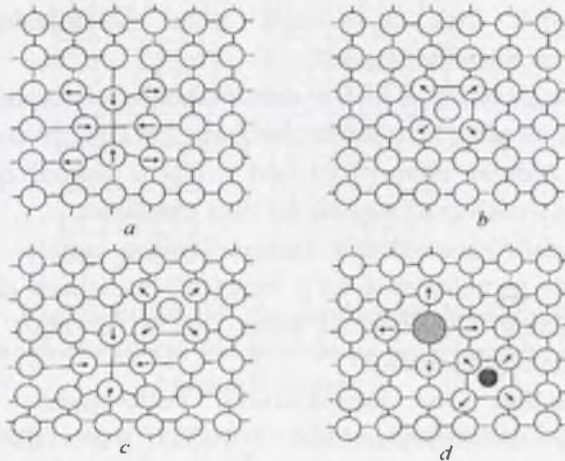
Vakansiyalar (2.1, a-rasm) eng ko'p uchraydigan nuqtaviy defektlardan hisoblanib, kristall panjaradagi bo'sh tugunlar hisoblanadi. Bunday defektlarni *dislokatsiyalangan* (2.1, b-rasm) — o'zining asosiy muvozanat holatidan tugunlar orasidagi bo'sh joyga siljigan metall atomlari ham hosil qiladi. Dislokatsiyalangan atomlar asosan hajmi katta bo'lgan

bo'shliqlarda joylashadi, chunki bu holda kristall panjara minimal deformatsiyalanadi.

Vakansiyalarning hosil bo'lishi atomlar dislokatsiyasi bilan bir vaqtda amalga oshishi mumkin. Bunday hollarda Frenkel defektlari deyiladigan juft defektlar hosil bo'ladi (2.1, *c*-rasm).

Konstruksion materiallar turiga kiradigan texnik jihatdan toza metallar strukturasida doimo *egallagan* va *kiritilgan* qo'shimcha atomlar mavjud bo'lib (2.1, *d*-rasm), nafaqat fizikaviy balki kimyoviy tabiatga ega bo'lgan defektlar uchraydi.

Qo'shimcha *egallagan* atomlar kristall panjradagi asosiy metall atomlarini siljitgan holda kristall panjara tugunlarida joylashib oladi. Qo'shimcha *kiritilgan* atomlar kristal panjara tugunlari bilan chegaralangan bo'shliqda joylashadi (2.1, *d*-rasm). Qotishmalarining hosil bo'lishida erigan va asosiy metall atomlarining diametrlari nisbati 0,59 oshmagan holda kiritilgan atomlar paydo bo'ladi.



2.1-rasm. Kristallardagi nuqtaviy defektlarning ko'rinishlari.

a – vakansiya; *b* – dislokatsiya; *c* – Frenkel defekti; *d* – qo'shimcha kiritilgan atomlar;

Strelkalar bilan atomlarning kristall panjaradagi siljish yo'nalishlari ko'rsatilgan.

Legirlash jarayonida legirlovchi komponent ionlari qattiq egallangan va siljituvchi eritmalar hosil qilib, asosiy metall atomlari kristall panjarasiga kirishi mumkin.

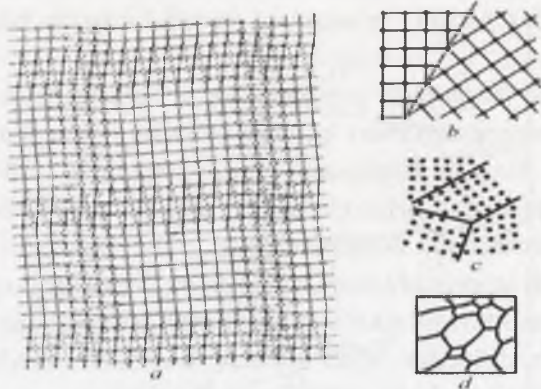
Dislokatsiyalar tufayli kristall panjarada chiziqli Bir o'lchamli defektlarni hosil qiladi. Dislokatsiyalar sovitilayotgan metallning qotish jarayonida va metallga mexanik yoki boshqa tashqi ta'sirlar tufayli vujudga keladi. Konstruksiyon materiallarda dislokatsiyalar yaxlit to'rlar hosil qiladi. Metall buyumlarni tayyorlash sharoitiga qarab ulardagi dislokatsiya-lar zichligi $10^3 - 10^4 \text{ sm}^{-2}$ dan (yaxshi qizdirilgan materiallarda) $10^9 - 10^{10} \text{ sm}^{-2}$ gacha (plastik deformatsiyalangan materiallarda) bo'lishi mumkin. Polikristall materiallarda dislokatsiyalarning o'rtacha zichligi $10^6 - 10^8 \text{ sm}^{-2}$ ni tashkil qiladi.

Kristall panjaradagi tekislik va sirt defektlariga (2.2 va 2.3-rasmlar) turlicha orientirlashgan sohalar — donalar (2.2 *a*, *c*, *d*-rasm), bloklar (2.2 *b*-rasm), qo'shaloq kristallarni (2.2 *b*-rasm), shuningdek turli upakovkali atom qatlamlarini ajratuvchi chegaralar misol bo'la oladi.

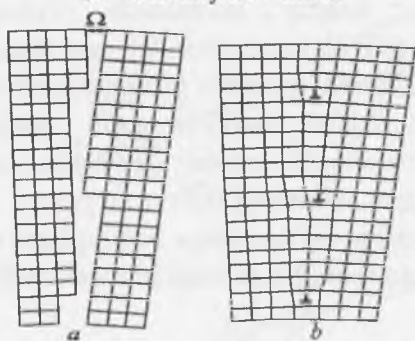
Chegaralarning turlari orientirlanish yo'nalishi orasidagi Ω burchak orqali (2.3 *a*-rasm) farqlanadi. Ω burchakning qiymati odatda bloklar uchun 0,01 rad ($\sim 1^\circ$) ni tashkil qilsa, donalar uchun u o'nlab gradusgacha bo'lishi mumkin.

Metall konstruksiyon materiallarning asosiy qismi ishlab chiqarish texnologiyasi ko'p bosqichli va ishlab chiqariladigan materialning xususiyatlari bilan bog'liq bo'lgan eritib-quyish orqali amalga oshiriladi.

Metallar va qotishmalarni eritib-quyish jarayonining umumiy tomonlaridan biri — rudali materiallarni va xom ashyolarni qiyin eriydigan komponent erish temperaturasidan ham yuqori haroratgacha qizdirish, keyinchalik qotish temperaturasigacha, so'ngra esa uy haroratigacha sovutishdir.



2.2-rasm. Oddiy kub panjarada chegaralarning ko'rinishi.
 a – buralish chegarasi; b – kogerent qo'shloq chegara; c, d – katta burchak ostida joylashgan orientirlashgan donalar chegaralari
 (d – umumiy ko'rinish).



2.3-rasm. Kichik burchakli chegaralarning hosil bo'lishi.
 a – turlicha orientirlashgan ikki kristallning joylashishi; b – kichik burchakli chegara;

Mendeleev davriy sistemasidagi elementlarning erish temperaturasi bilan tartib raqami orasidagi bog'lanish grafiği 2.4-rasmda keltirilgan.

Qotish jarayonida metallning agregat holati o'zgarib, u suyuq holatdan qattiq holatga o'ta boshlaydi. Bunda atomlar kristall panjara tugunlarida qattiq jismlarga xos bo'lgan

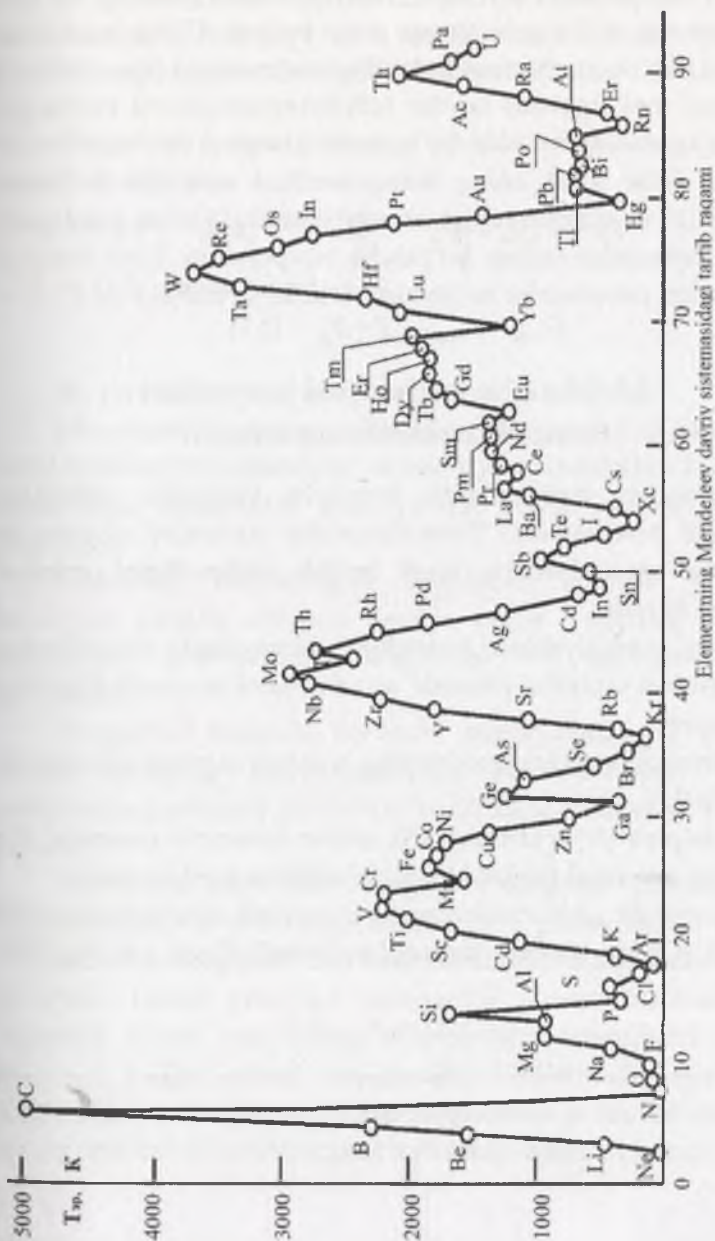
qonuniyatlar asosida muntazam ravishda tartib bilan joylasha boshlaydi.

Qotish jarayonida jismning hajmi 2-6% ga kamayadi, ya'ni kristall panjara tugunlari bo'ylab joylashuvi jarayonida atomlar orasidagi masofa kamayishi tufayli bunday hol kuzatiladi. Qotayotgan metall uchun kompakt panjara qanchalik xos bo'lsa, bu effekt shunchalik kuchli bo'ladi.

Qotish jarayonida metall hajmining kamayishi oqibatida real quyma strukturasida ko'pcha yoriqlar, g'ovakliklar, bo'shliqlar kabi makrodefektlar hosil bo'ladi. Marrodefektlardan tashqari qotgan metallda ko'p sonli mikrodefektlar — vakansiyalar, dislokatsiyalar, upakovka defektlari, bo'linish chegaralari ham majud bo'ladi.

Konstruksion materiallarda uchraydigan mikro- va makrodefektlar, qolgiq kuchlanish o'chog'lari, alohida qismlarning elektr o'tkazuvchanligi va boshqalar ularning ekspluatatsion davrida korroziya tezligining ortishiga olib keladi. Bunday kamchiliklarni bartaraf etish maqsadida toblash, kuydirish kabi texnologik operatsiyalar amalga oshiriladi.

Qotishmalarni tavsiflash uchun ko'pincha fazaviy tuzilishi va kimyoviy tarkibining haroratga bog'liqligini ifodalovchi holat diagrammasi yoki muvozanat diagrammasidan foydalaniladi.



2.4-rasm. Elementlar erish temperaturasi ularning Mendeleev davriy sistemasidagi tartib raqamiga bog'liqligi

Tarkibida ikki kimyoviy element (komponent) bo'lgan qotishma eng oddiy qotishmaga misol bo'ladi. Gibbsning fazalar qoidasiga ko'ra, muvozanat holatidagi sistemaning (G_{muv}) erkinlik darajalari soni (mavjud fazalar tarkibi va miqdorini buzmaganda holda o'zgartirish mumkin bo'lgan sistemaga ta'sir etuvchi erkin o'zgaruvchilar soni) uning komponentlari soni (K_{kom}), fazalar miqdori (F) va o'zgaruvchi parametrlar soni (P) bilan aniqlanadi. Metall materiallar uchun ko'pincha temperatura T va bosim P tashqi erkin parametrlar bo'lib hisoblanadi, ya'ni $P_{\text{par}} = 2$.

$$G_{\text{muv}} = K_{\text{kom}} - F + P \quad (2.1)$$

2.3. Metallar korroziyasi jarayonlari termodinamikasining asoslari

Korroziya jarayonlarida boruvchi ko'pgina reaksiyalar qaytuvchi hisoblanadi. Termodinamika qonunlari u yoki bu sharoitda qaysi birikma hosil bo'lish ehtimolligini aniqlash imkonini beradi.

Gaz korroziyasidan metallarni himoyalash metodlaridan biri – himoya muhitini yaratish muvozanatni maqsadli siljitishga asoslangan.

Termodinamikada moddaning holatini aniqlash uchun ichki energiya (U),

entalpiya (N), entropiya (S), izobar-izotermik potensial (G), kimyoviy potensial (μ) kabi tushunchalardan foydalaniladi.

Jarayonda ichki energiyaning o'zgarishi ajraladigan issiqlik miqdori (Q) va sistema tomonidan bajariladigan ish (A) bilan bog'liq:

$$\Delta U = Q - A. \quad (2.2)$$

O'zgarmas hajmli sistemada kechayotgan kimyoviy reaksiya holida ichki energiyaning o'zgarishi teskari ishora bilan olingan reaksiya issiqlik effektiga teng.

O'zgarmas bosimdagi modda energiyasi entalpiya (N) bilan xarakterlanadi. Entalpiya ichki energiyadan sistema o'zgarmas bosimda bajaradigan ish miqdorida katta bo'ladi:

$$H = U + PV \quad (2.3)$$

O'zgarmas bosimda, jarayon borishida faqat kengayish ishi bajariladi desak,

$$A = P \Delta V \quad (2.4) \quad \text{yoki} \quad \Delta H = \Delta U + P \Delta V \quad (2.5)$$

(2.2) va (2.3) tenglamalardan:

$$\Delta H_R = -Q, \quad (2.6)$$

Bu yerda ΔH_R — o'zgarmas bosimdagi entalpiya.

Muvozanat nafaqat molekulalar energiyasidagi farq bilan, balki boshlang'ich moddalar va reaksiya mahsulotlari holatining ehtimolligi, shuningdek reaksiyaning borish imkoniyati bilan bog'liqdir.

Holatning ehtimolligini miqdoran aniqlash imkonini beradigan kattalik *entalpiya* deyilib, uning o'zgarishi ΔS bilan belgilanadi. Entropiyaning o'zgarishi — $J/(\text{mol} \cdot \text{grad.})$ larda o'lchanadi.

O'zgarmas bosimda boruvchi reaksiyalarda bir vaqtning o'zida entalpiya ham, entropiya ham o'zgarib, jarayon reaksiyaning umumiy yurituvchi kuchi kamayadigan yo'nalishda boradi.

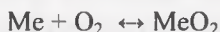
Yurituvchi kuch *erkin energiya* yoki *izobar potentsial* (ΔG) deyiladi. Xalqaro kelishuvga asosan 1961 yildan izobar potesial "erkin Gibbs energiyasi" deb ham yuritiladi. Uning o'lchov birligi — J/mol . Izobar potentsial moddaning xossasi hisoblanib, bir vaqtning o'zida ham uning entalpiyasini (energiyasini), ham unga xos bo'lgan entropiyaning (tartibsizlik darajasini) ifodalaydi. Yuqoridagi kattaliklarni o'zaro bog'lovchi termodinamikaning asosiy tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S \quad (2.7)$$

Izobar potensial muvozanat doimiysi bilan quyidagi tenglama orqali bog'langan:

$$\Delta G = -RT \ln K \quad (2.8)$$

Misol tariqasida metallning oksidlanish reaksiyasini ko'ramiz:



Kislorodli gaz atmosferasi uchun izobar-izotermik potensial tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\Delta G = -RT \ln K - RT \ln a_{\text{O}_2} \quad (2.9)$$

Gibbs energiyasini muvozanat holati kattaliklari P'_{O_2} va kislorodning parsial bosimi P_{O_2} orqali ifodalab quyidagi tenglamani olamiz:

$$\Delta G = -RT \ln \frac{1}{P'_{\text{O}_2}} - RT \ln \frac{P_{\text{O}_2}}{P'_{\text{O}_2}} \quad (2.10)$$

(2.10) tenglama orqali oksidlanish jarayoninig borish imkoniyatini baholash mumkin. Agarda $P_{\text{O}_2} > P'_{\text{O}_2}$ bo'lsa, oksidlanish jarayoni amalga oshadi, chunki $\Delta G < 0$. Agarda $P_{\text{O}_2} < P'_{\text{O}_2}$ bo'lsa, oksidlanish jarayoni amalga oshmaydi chunki bu holatda $\Delta G > 0$.

Bu prinsipdan metallurgiya sohasida gaz korroziyasining oldini olish maqsadlarida foydalaniladi. Masalan, gaz muhitining P_{O_2} parsial bosimi-ni kamaytirish orqali yuqori haroratlarda metall oksidlanishining oldini olishda bu tamoyil qo'l keladi.

2.4. Noelektrolitlarda metallar korroziyasi

Noelektrolit muhitlarda metallar korroziyasi — elektr tokini o'tkazmaydigan suyuqliklar tufayli kechadigan korroziya jarayonidir. Noelektrolitlarga brom, erigan oltingugurt, ko'plaborganik moddalar (benzol, xloroform, fenol va.b.), suyuq yoqilg'ilar (neft, kerosin, benzin) va moylash materiallari kiradi.

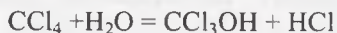
Suvsiz noelektrolit eritmalarda metallar va qotishmalar korroziyasi elektrolit eritmalarda ancha kichik tezlik bilan ko'proq kimyoviy mexanizm bo'yicha boradi. Shunday bo'lsada, bunday muhitlarda korroziya buyumlarning sezilarli darajada yemirilishiga va ishdan chiqishiga sabab bo'ladi.

Eritilgan oltingugurt kimyoviy faol modda bo'lib, deyarli barcha metallar bilan reaksiyaga kirishadi. Oltingugurt mavjud bo'lgan muhit ayniqsa mis, qalay, qo'rg'oshin kabi metallarga kuchli, uglerodli pulat va titanga nisbatan ancha sust va aluminiyga nisbatan kuchsiz korrozion ta'sir ko'rsatadi.

Namli xlor jihozlarning kuchli korroziyasiga olib keladi. Bunday muhitda ishlatiladigan jihozlar asosan po'latdan tayyorlanadi, boshqa hollarda ko'pincha metallning sirti korroziyaga bardoshli bo'lgan nikel bilan qoplanadi. Qalinligi 30 mkm bo'lgan nikel qoplamali detallar o'zining korrozion bardoshlilikini namligi 0,3 % bo'lgan xlorli muhitda ham saqlay oladi. Holbuki po'latdan tayyorlangan jihozlardan xlorli namlik 0,04 % dan kam bo'lgan muhitdagina ishlatishga tavsiya etiladi.

Suyuq brom ham xona haroratida juda ko'p metallar: mis, kumush, aluminiy, qalay, titan, xrom, temir, uglerodli po'latlar va b. bilan kuchli ta'sirlashadi.

Xlorli va bromli namlikning juda juda oz miqdori ham korrozion agressiv muhitni vujudga keltiradi, bunda kimyoviy korroziya elektrokimyoviy korroziyaga o'tadi metallning oksidlanish jarayoni tezlashadi. Masalan, namlik tufayli tetraxlorid (SCL_4) gidrolizlanadi, natijada agressiv elektr o'rkazuvchi muhit paydo bo'lib, po'latning kuchli yemirilishiga sabab bo'ladi:



Neft va neftni qayta ishlashdan olingan mahsulotlarning korrozion faolligi ularning tarkibidagi oltingugurt va uning birikmalari — oltingugurtli vodorod (H_2S) va merkaptanlarning

(umumiy formulasi $(R-SH)$ bo'lgan tiospirtlar) miqdori bilan belgilanadi.

Bunday birikmalar kobalt, nikel, qo'rg'oshin, qalay, mis va boshqa metallarning sirtida sulfidlar va $RS-Me-SR$ turdagi metall merkaptid-lari hosil bo'lishi tufayli ularning korroziyalanishiga sabab bo'ladi.

Suyuq mahsulotlar tarkibidagi oltingugurt miqdori qancha ko'p bo'lsa, korroziya jarayoni shuncha kuchli kechadi. Masalan tarkibida 3,7 % oltingu-gurt bo'lgan mazutda po'latning korroziyalanish tezligi tarkibida 0,5 % oltingugurt bo'lgan mazutdagiga qaraganda 6 marta yuqori bo'ladi.

Noelektrolit eritmalar bilan kontaktda bo'ladigan metall buyumlar bunday muhitga bardoshli materiallardan tayyorlanadi. Masalan, neftni qayta ishlashda qo'llaniladigan jihozlar yuqori xromli po'latlardan tayyorlanadi. Po'lat buyumlarni korroziyadan saqlashda ularning sirtiga himoya qoplamalarini surtish usullari ham hozirgi vaqtda keng qo'llaniladi.

Ikkinchi bobga tegishli uslubiy tavsiyalar

Nazorat savollari

1. Gaz korroziyasi kechadigan sharoitlarni tushuntiring.
2. Metallarning issiqlikka bardoshliligi va chidamliligini tushuntiring.
3. Korroziyaning kimyoviy mexanizmini tushuntiring.
4. Kristall panjaraning qanday turlarini bilasiz?
5. Kristall panjara defektlarining qanday ko'rinishlarini bilasiz?
6. Metallning qotish jarayonida uning strukturasida qanday o'zgarishlar yuz beradi?
7. Korroziya jarayonlari uchun termodinamika asosiy qonunlarining ifodalarini keltiring.

8. Kislorod parsial bosimining (P_{O_2}) metall oksidlanishiga ta'siri qanday?

Ikkinchi bobga tegishli mustaqil ta'lim mavzulari

1. Qattiq jismlarning tuzilishi. Kristall panjara va uning turlari.

2. Kristall pajara defektlari va va ularning metallar korrozion tabiatiga ta'siri.

3. Mendeleev davriy sistemasidagi metallarni korrozion xususiyatlari bo'yicha izohlang.

4. Termodinamika qonunlarining korroziya jarayonlariga qo'llanilishi

5. Noelektriklarda metallarning o'zini tutishi.

III BOB. METALLAR GAZ KORROZIYASINING FIZIK-KIMYOVIY QONUNIYATLARI

3.1. Metall sirtida oksidlanish mahsulotlari hosil bo'lishining termodinamik ehtimolligi.

Tabiiy sharoitlarda ko'pgina metallar oksidlar va tuzlar ko'rinishida-gi bog'langan holatda bo'ladi. Demak, ular uchun bu holat termodinamik jihatdan eng barqaror hisoblanadi. Tabiiy birikmalardan konstruksion materiallar sifatida foydalaniladigan metall va qotishmalarni hosil qilish uchun energiya sarflash zarur. Shunday qilib, ishlab chiqarish sharoitlarida foydalaniladigan ko'pgina metall va qotishmalar termodinamik jihatdan beqaror holatda bo'ladi.

Metallarning metall holatdan ion holatiga o'tishga moyilligi erkin energiyaning kamayish kattaligi (ΔG^0) bilan xarakterlanadi va kimyoviy korroziya jarayonlarining mohiyatini tashkil qiladi.

3.1-jadvalda metallarning kislorod bilan ta'sirlashishi oqibatida ion holatiga o'tish reaksiyalari uchun Gibbs energiyaning o'zgarishi haqidagi ma'lumotlar keltirilgan. Jadvalning boshlanishida korroziyaga unchalik chidamli bo'lmagan (K, Sa, Na, Mg) metallar joylashgan. Bu reaksiyalarning ionizatsiya energiyasi erkin energiyaning kamayishi bilan kechadi va ΔG^0 ning kamayishi qancha sezilarli bo'lsa, ularning oksidlangan holatga o'tish ehtimolligi shuncha katta bo'ladi. Bu metallar tabiatda rudalar va tuzlar ko'rinishida bo'ladi.

3.1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar anchagina umumiy xarakteris-tikalar bo'lib hisoblanadi. Ishlatilish sharoitlariga qarab metallarning korroziyaga bardoshlilikgi sezilarli darajada o'zgarishi mumkin. Masalan, aluminiy va xrom azot kislotasi eritmalarida misga qaraganda bardoshli bo'ladi. Shuningdek, ishqorli eritmalarda magniyning aluminiy va ruxga nisbatan

chidamlir oq bo'lishi metall sirtida himoya parda (plyonka)larining hosil bo'lishi bilan izohlanadi.

3.1-jadval

Atmosfera sharoitida (25°S; 0,1 MPa) metallarning oksidlanish reaksiyalari uchun erkin energiyaning o'zgarishi

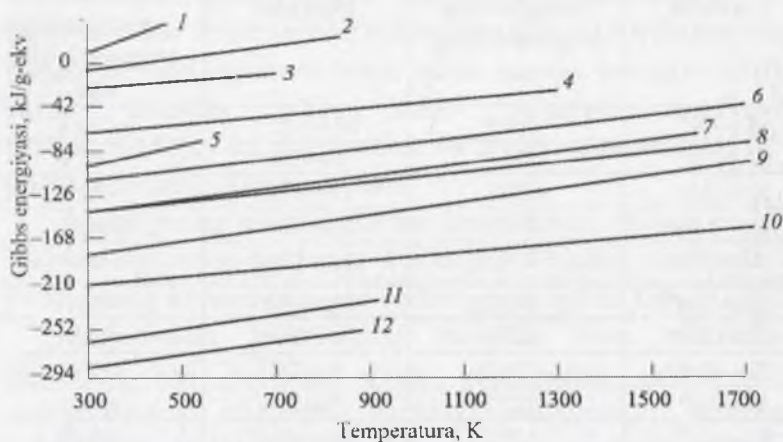
Reaksiya	Oksid hosil bo'lishida erkin energiyaning o'zgarishi, kJ/g-ekv.	Reaksiya	Oksid hosil bo'lishida erkin energiyaning o'zgarishi, kJ/g-ekv.
$K \leftrightarrow K^+$	-360,9	$Ni \leftrightarrow Ni^{2+}$	-102,6
$Ca \leftrightarrow Ca^{2+}$	-356,3	$Sn \leftrightarrow Sn^{2+}$	-91,8
$Na \leftrightarrow Na^+$	-340,3	$Pb \leftrightarrow Pb^{2+}$	-90,9
$Mg \leftrightarrow Mg^{2+}$	-307,3	$Cu \leftrightarrow Cu^{2+}$	-46,14
$Al \leftrightarrow Al^{3+}$	-239,5	$Hg \leftrightarrow \frac{1}{2}Hg_2^{2+}$	-9,42
$Mn \leftrightarrow Mn^{2+}$	-192,2	$Ag \leftrightarrow Ag^+$	-8,51
$Zn \leftrightarrow Zn^{2+}$	-153,6	$Pd \leftrightarrow Pd^{2+}$	+16,54
$Cr \leftrightarrow Cr^{3+}$	-150,3	$Ir \leftrightarrow Ir^{3+}$	+17,84
$Fe \leftrightarrow Fe^{2+}$	-127,3	$Pt \leftrightarrow Pt^{2+}$	+36,0
$Cd \leftrightarrow Cd^{2+}$	-117,2	$Au \leftrightarrow Au^{2+}$	+65,73
$Co \leftrightarrow Co^{2+}$	-105,5		

Jadval oxirida korroziyaga yanada bardoshliroq metallar (Pd, Ir, Pt, Au) joylashgan. Sistema erkin energiyasi o'zgarishining musbat qiymati ionizatsiya reaksiyalarining o'z-o'zidan bormasligini bildiradi. Tabiiy sharoitlarda oltin, platina, iridiy va palladiylar termodinamik barqaror hisoblanadi. Tabiatda ular odatda sof holda uchraydi.

Ionizatsiya reaksiyalarining muvozanatiga muhit harorati va bosimi ta'sir ko'rsatadi. Tashqi parametrlar o'zgarganda korroziya jarayonining borish-bormasligi to'g'risida xulosa qilish uchun izobar potentsiali ishorasining o'zgarishini aniqlash lozim.

Bosimning ta'sirini o'rganishda kislorod parsial bosimi R_{O_2} ni texnik qo'llay olishning taxminiy chegaralari (10^{-5} dan 10^9 Pa gacha) inobatga olinadi.

Ma'lumotnomalardan olingan qiymatlar shuni ko'rsatadiki (3.1-rasm), ko'pgina metallar uchun harorat ortishi bilan metall oksidlanishi jarayoni-ning termodinamik ehtimolligi kamayadi. Bu qonuniyat tuzlarning hosil bo'lishiga ham tegishlidir.



3.1-rasm. Ba'zi metall oksidlarining hosil bo'lishiga ΔG^0 haroratning ta'siri:

1 — Au_2O_3 ; 2 — Ag_2O ; 3 — PtO ; 4 — SiO ; 5 — RO ; 6 — MO ; 7 — FeO ;
8 — Fe_2O_3 ; 9 — Cr_2O_3 ; 10 — TiO_2 ; 11 — Al_2O_3 ; 12 — MgO .

3.2. Metallar gaz korroziyasining asosiy bosqichlari

Korroziya mahsulotlarining hosil bo'lishi bir qator ketma-ket va parallel boruvchi reaksiyalarning borishi natijasida amalga oshadi. 3.2-rasmda metallning gaz fazasidagi kislorod bilan oksidlanganida yaxlit oksid pardasining hosil bo'lish sxemasi ifodalangan.

Metallning oksidlanish jarayoni bir necha bosqichda amalga oshadi:

1) metallning ionlashuvi, uning ionlar shakliga va elektronlarning oksid qatlamiga o'tishi;

2) Me^{n+} metall ionlari va elektronlarning oksid qatlamiga siljishi;

3) kislorodning gaz muhitidan oksid sirtiga o'tishi ;

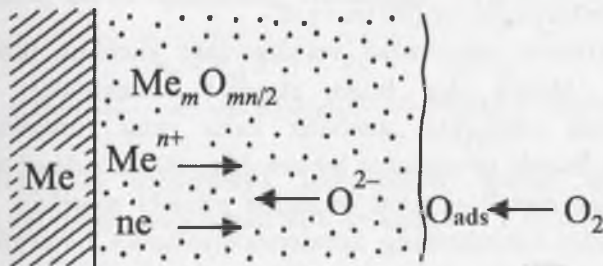
4) kislorodning sirtida adsorbsiyalanishi;

5) adsorbsiyalangan kislorodning O^{2-} ionga aylanishi;

6) O^{2-} kislorod ionining oksid qatlamiga ko'chishi;

7) oksid hosil bo'lish reaksiyasining borishi;

Ba'zi hollarda jarayon ayrim bosqichlarsiz amalga oshishi yoki transformatsiyalanishi mumkin. Biroq umuman olganda barcha bosqichlar bir-biriga bog'liq va ketma-ket amalga oshadi. Jarayon tezligining yig'indisi eng sekin boradigan reaksiya tezligi bilan aniqlanadi. Masalan, agarda 3- bosqich sekin kechsa, unda jarayon tashqi diffuziya bilan limitlanadi. Agarda 1-, 2- yoki 6- jarayonlar sekin borsa u holda ichki diffuzion nazorat o'rinni bo'ladi.



3.2-rasm. Metallda oksid pardasi hosil bo'lish jarayonining sxemasi.

Metallar gaz korroziyasining ajralib turadigan xususiyatlaridan biri jarayonning ba'zi hollarda vaqt bo'yicha so'nishi bo'lib hisoblanadi. Bu hol metall sirtida himoya plyonkasi hosil bo'lgandagina kuzatiladi. Agar plyonka yaxlit, butun va sirt bilan yaxshi adgeziyaga ega bo'lsa, u metallni agressiv muhitdan ajratadi, natijada

korroziya to'xtaydi yoki juda sekinlashadi. Bunday jarayonning birinchi bosqichi oksidlovchining metall sirtiga adsorbsiyalanishi bo'lishi lozim.

3.3. Metallar sirtida gazlarning adsorbsiyalanishi

Fazalarning bo'linish chegarasida modda konsentratsiyasining o'zgarishiga adsorbsiya deyiladi. Adsorbsion muvozanat, ya'ni chegaraviy qatlam bilan chegaralovchi fazalar orasida moddaning muvozanatlashgan taqsimlanishi dinamik holat bo'lib, tez amalga oshadi.

Qattiq jism sirtida joylashgan zarrachalar ortiqcha energiyaga ega bo'ladi. Shu sababli atrof muhit molekulari metallga tortiladi va uning sirtida to'plana boshlaydi (kornsentrlnanadi). Bu jarayon musbat issiqlik effekti bilan doimo o'z-o'zidan boradi.

Adsorbsiyaning ikki — fizikaviy va kimyoviy (xemosorbsiya) ko'rinishi mavjud.

Fizikaviy adsorbsiya vander-vaals kuchlari bilan o'zaro bog'liq. Metall sirti bilan atsoibat molekulari orasidagi bog'lanish energiyasi unchalik katta emas (taxminan 40-50 kJ/mol). Bunda muvozanat tez amalga oshadi. Adsorbsiyalangan moddalar metall sirtidan osongina olinishi mumkin. Fizikaviy adsorbsiya adsorbatning kondensatsiyalanish haroratiga yaqin bo'lgan past haroratlarda yanada yaqqol kechadi.

Xemosorbsiya deb adsorbsiyalanadigan modda va metall molekulari ishtirokida boradigan kimyoviy reaksiya jarayoniga aytiladi. Bunday jarayolarda atomlar orasidagi bog'lanish energiyasi 150-160 kJ/mol qiymat atrofida baholanadi. Metall va oksidlovchi molekulari orasidagi bog'lanish ion xarakteriga ega. Bunda metall adsorbsiyalanuvchi modda atomlariga elektronlarni beradi. Xemosorbsiya jarayoni juda tez (sekundning ulushlaricha vaqtda) amalga oshadi. Bu jarayonda

adsorbsiyalangan plyonkaning tashqi sirti manfiy, ichki sirti esa — musbat zaryadlanadi.

Harorat $T = \text{const}$ bo'lganda qattiq jism sirtidagi barqarorlashgan adsorbat miqdori bilan konsentratsiya yoki R bosim (agar adsorbat gaz bo'lsa) orasidagi funksional bog'lanish adsorbsiya izotermasi deyiladi.

Adsorbsiya izotermasi birinchi marta Lengmyur tomonidan nazariy izohlab berilgan. Uning tomonidan jarayon modelini soddalashtiruvchi bir necha ta'kidlar qilingan, ular quyidagilardan iborat:

- adsorbent sirti energetik jihatdan birjinsli;
- adsorbat zarrachalari sirtida bir-biri bilan qat'iy o'zaro ta'sirlashmaydi;
- sirtidagi birta faol markazga adsorbsiyalangan moddaning birta zarrachasi to'g'ri keladi;
- faqatgina monomolekular adsorbsion qatlam hosil bo'ladi.

Adsorbsiya jarayonining tezligi v_{ad} gazning bosimi R ga va metall sirti bo'sh qismining kattaligiga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$v_{ad} = K_{ad} R (1 - \Theta) \quad (3.1)$$

bu yerda K_{ad} — adsorbsiya jarayoni tezligini xarakterlovchi kattalik;

Teskari — desorbsiya jarayonning tezligi sezuvchan molekulalar bilan qoplangan sirt yuzasiga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$v_{des} = K_{des} \Theta \quad (3.2)$$

bu yerda K_{des} — desorbsiya jarayoni tezligini xarakterlovchi kattalik; Θ — adsorbat zarrachalari bilan qoplangan metall sirtining ulushi;

Muvozanat holati yuzaga kelganda adsorbsiya tezligi desorbsiya tezligiga teng bo'ladi:

$$v_{ad} = v_{des} \quad (3.3)$$

(3.1) va (3.2) tenglamalarga asosan

$$K_{ad} R (1 - \Theta) = K_{des} \Theta \quad (3.4)$$

Bu tenglamani Θ ga nisbatan yechib quyidagini olamiz:

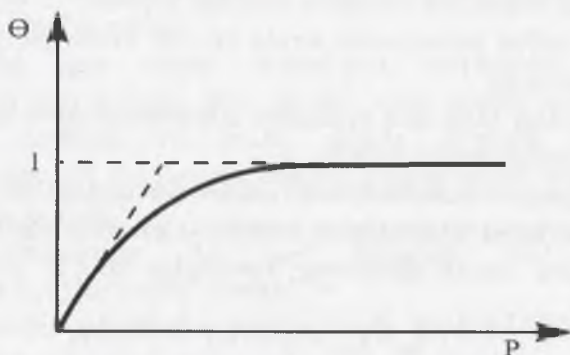
$$\Theta = \frac{K_{des}R}{K_{des} + P K_{ad}} \quad (3.5)$$

Surat va maxrajni K_{des} ga bo'lib, $K_{ad}/K_{des} = b$ deb qabul qilib quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\Theta = \frac{bP}{1+bP} \quad (3.6)$$

bunda b — adsorbsiya koeffitsienti.

(3.6) ifoda Lengmyur formulasi deyilib, izotermalar ifodasi hisoblanadi. Uning grafik ko'rinishi 3.3-ramda ifodalangan.



3.3-rasm. Lengmyur izotermasi

$\Theta = 1$ bo'lganda grafikning gorizontaal qismi hosil bo'lib, bu soha to'lgan monoqatlam hosil bo'lganini ifodalaydi.

Adsorbsiya jarayoni kuchsiz (Θ kichik) yoki bosim R juda kichik bo'lganda ($1+bP \cong 1$) metall sirtining qoplqnish darajasi kam va u bosimga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$\Theta = bP \quad (3.7)$$

(3.3) ifoda taqsimot qonunini ifodalaydi va u Genrining izotermalar ifodasi hisoblanadi.

Yuqori bosimlarda $1+bP \cong bP$ deb olish mumkinligidan, (3.3) ifodadan quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\Theta = 1$$

Bunday holat 3.3-rasmdagi grafikning gorizontal qismiga to'g'ri keladi, ya'ni bosimning keyingi proporsional ortishi qattiq metall sirtida adsorbsiyalangan modda miqdoriga ta'sir qilmaydi.

Agar metall sirtiga gazlar aralashmasi adsorbsiyalanayotgan bo'lsa, sirtning i -koponent bilan koplanish darajasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\Theta = \frac{b_i P_i}{1 + \sum b_i P_i} \quad (3.8)$$

Bunda summa gaz aralashmasining barcha « p » komponentlari bo'yicha olinadi.

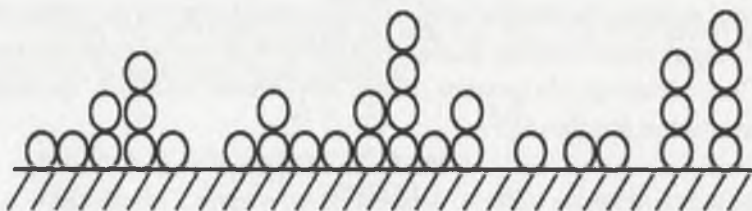
Ko'p hollarda qattiq metallning sirti energetik nuqtai nazardan birjinsli bo'lmaydi. Metall sirti turlicha adsorbsiya issiqligiga ega bo'lgan juda ko'p elementar yuzachalardan iborat bo'ladi. Shuning uchun Θ ni hisoblashda quyidagi ifodadan foydalanilsa natijalar eksperimental qiymatlarga yanada yaqin keladi:

$$\Theta = \frac{1}{f} \ln a_o P \quad (3.9)$$

Bu yerda f — taqsimot funksiyasini ifodalovchi koeffitsient, a_o — adsorbsiya issiqligi eng katta bo'lgandagi adsorbsion koeffitsient. (3.9) ifoda *adsorbsiyaning logarifmik izotermasini* ifodalaydi. Bu ifodani nazariy chiqargan olim M.I. Temkin hisoblanadi. Uni birinchi marta eksperimental tasdiqlash A.N. Frumkin va A.I. Shlyginga nasib etgan.

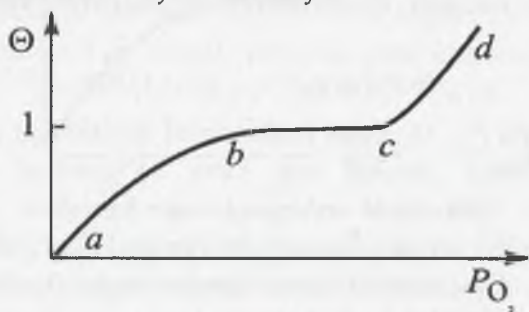
Adsorbsiya monomolekular yoki polimolekular bo'lishi mumkin. Polimolekular holda adsorbent sirtida bir necha qatlam hosil bo'ladi. Birinchi monomolekular qatlam qattiq jism sirti bilan adsorbat molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchi tufayli vujudga keladi. Ikkinchi va undan keyingi qavatlar van-der-vaals kuchlari yordamida tutib turiladi. Adsorbat qatlamlari sirt bo'yicha tekis taqsimlanmaydi. Ba'zi joylarda ular ikki yoki uch qavat bo'lishi mumkin. Shuningdek, ba'zi uchastkalar monoqatlam bilan qoplanib (3.4-rasm), ba'zi joylar adsorbatdan umuman xoli bo'lishi mumkin. 3.4-rasmda Brunauer

nazariyasiga asosan metall sirtining adsorbsiyalangan modda molekulari bilan qoplanish sxemasi tasvirlangan.



3.4-rasm. Ko'p qavatli adsorbsiya jarayonida adsorbent sirtining qoplanish sxemasi

3.5-rasmda kislorod uchun adsorbsiya izotermasi keltirilgan. Bu grafikdagi *ab* va *bs* qismlar monomolekular, *cd* esa polimolekular adsorbsiyani ifodalaydi.



3.5-rasm. Kislorod uchun adsorbsiya izotermasi.

3.4. Metall sirtida kislorodning adsorbsiyalanishi va oksid qatlamining hosil bo'lishi.

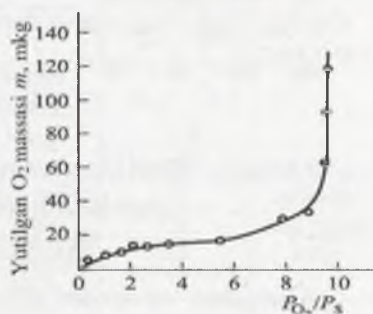
Kislorod O_2 molekulari metall sirtida qaytuvchan adsorbsiyalanadi. Yuza birligiga to'g'ri keladigan adsorbat miqdori $\frac{R_O}{R_S}$ nisbat ortishi bilan ortadi, bu erda R_O – adsorbat sirtidagi kislorod bosimi, R_S – qaralayotgan haroratda kislorodning to'yingan bug' bosimi. Eksperimental yo'l bilan

olingan natijalarning grafigi (3.6-rasm) 3.5-rasmda keltirilgan izotermaga mos keladi.

Dastlab monomolekular adsorbsiya, so'ngra esa $\frac{R_0}{R_s}$ nisbatning ma'lum bir qiymatidan boshlab ko'p qavatli fizikaviy adsorbsiya jarayoni boradi.

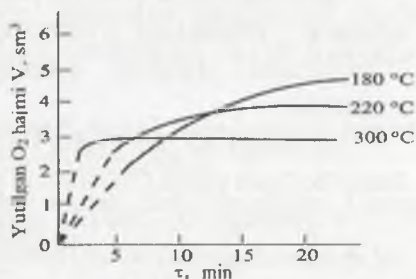
Adsorbsiya tezigi vaqt o'tishi bilan ortib boradi va harorat ortishi bilan yanada tezlashadi. 3.7-rasmda kislorodning kumushda adsorbsiyalari-shidagi kinetik egriliklar keltirilgan.

**3.6-rasm. 77 K haroratda
aluminiydagi kislorod
adsorbsiyasining izotermasi
(Skorchelletti ma'lumotlari
bo'yicha).**



Metall bilan adsorbsiyalangan kislorod molekularlari orasidagi kimyoviy bog'lanish ion xarakteriga ega. Metall ionlari kislorod atomlariga tortiladi. Bunda kislorod atomlari manfiy O_2^- zarrachaga aylanadi. Metall sirtida kislorod monoqatlami bor ekan, yangi faza sifatida oksid hosil bo'lishi amalga oshmaydi. Metall kationlari va O^{2-} anionlarning o'zaro joylashuvi oksid kristall strukturasiga mos keladigan holdagina oksid shakllanadi.

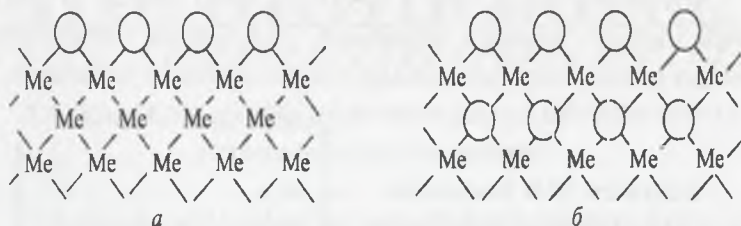
**3.7-rasm. Kislorodning turli
haroratlarda kumushda
adsorbsiyalanish kinetikasi
($P_{O_2} = 200$ mm sm ust).**



Adsorbsiyalangan O^{2-} ionlar metall sirti ostiga kirib, ichkarida oksid hosil qilishi

mumkin. Metallda xemosorblangan qatlam va metall oksidining tuzilish sxemasi 3.8-rasmda keltirilgan.

Xemosorbsiyalangan kislorod qatlaminig hosil bo'lishi juda tez amalga oshadi. Kislorod ionlarining metall ichiga kirishi va oksidning hosil bo'lish jarayoni odatda 10^4 – 10^5 marta sekinroq kechadi.



3.8-rasm. Metallda xemosorblangan qatlam (a) va metall oksidining (b) tuzilish sxemasi.

Me – metall; O – kislorod;

Atmosfera va sanoat ishlab chiqarish sharoitlarida ko'pgina metallar korroziya mahsulotlari pardasi bilan qoplangan bo'ladi. Metallarning issiqlikka chidamliligi ko'pincha ana shu plyonkalarining xossalriga bog'liq bo'ladi.

3.5. Metallar sirtida pardalar (plyonka)ning hosil bo'lishi

Metallar sirtida hosil bo'ladigan pardalar (plyonkalar) uning agressiv muhitdagi korrozion chidamliligini aniqlaydi. Plyonkalarni ularning qalinligiga ko'ra quyidagi turlarga ajratadilar:

- qalinligi 40 nm gacha bo'lgan monomolekular qatlamdan iborat bo'lgan *yupqa* (ko'rinmas) plyonkalar;
- qalinligi 40 – 500 nm gacha bo'lgan (interferensiya tufayli ilg'ab olinadigan) *o'rtacha* plyonkalar;
- qalinligi 500 nm dan katta (ko'rinadigan) *qalin* plyonkalar;

Hosil bo'ladigan plyonkalarining qalinligi ko'p jihatdan oksidlanish sharoitlariga bog'liq. 3.2-jadvalda temir uchun plyonkalarining va oksid pardalarning qalinligi to'g'risidagi ma'lumotlar ularning hosil bo'lish sharoitlariga bog'liq holda keltirilgan.

3.2-jadval

Temir sirtida hosil bo'ladigan plyonkalar qalinligi.

Metall	Hosil bo'lish sharoiti		Plyonka qalinligi, nm	Sinfi
Temir (0,04%)	Xona haroratidagi quruq havoda bir necha kun saqlash		1,5 – 2,0	Yupqa plyonkalar
Temir	Havoda 400°S haroratda qizdirish			O'rtacha qalinlikdagi plyonkalar
	Qizdirish vaqti, min.	Plyonka rangi		
	1	sariq	46	
	1,5	to'q sariq	52	
	2,0	qizil	58	
	2,5	binafsha	68	
	3,0	ko'k	72	
	Havoda 900°S haroratda 7 sutka davomida qizdirish		≈ 600 mk	Qalin plyonkalar

Metall sirtida hosil bo'lgan korroziya mahsulotlari korroziyalanish-ning keyingi jarayonini to'xtatishi mumkin.

Bunday qobiliyatni xarakterlovchi asosiy shartlardan biri hosil bo'layotgan plyonkaning butunligi, yaxlitligi hisoblanadi.

Yaxlitlikning mezoni birinchi marta Pilling va Bedvors tomonidan ta'riflab berilgan. Unga ko'ra, sirt kimyoviy birikmasining molekular hajmi (masalan oksidning), oksid molekularlarini hosil qilish uchun sarflangan metall hajmidan katta bo'lishi kerak.

Hosil bo'lgan oksid va dastlabki metall hajmlarining nisbati quyidagicha osongina hisoblab topilishi mumkin.

Faraz qilaylik 1 gramm-atom metall oksidlanmoqda. Uning hajmini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$V_{Me} = \frac{A_{Me}}{\rho_{Me}} \quad (3.10)$$

Hosil bo'lgan oksidning hajmi

$$V_{ok} = \frac{M_{ok}}{n \rho_{ok}} \quad (3.11)$$

Oksid hajmi va metall hajmining nisbati

$$\frac{V_{ok}}{V_{Me}} = \frac{M_{ok} \cdot \rho_{Me}}{n \cdot A_{Me} \cdot \rho_{ok}} \quad (3.12)$$

Bu tenglamalardagi A_{Me} , A_{ok} – mos ravishda metall va oksidning atom massalari; ρ_{Me} , ρ_{ok} – mos ravishda metall va oksidning zichliklarilari; n – oksid molekulasidagi metall atomlari soni;

(3.12) ifodada $\frac{V_{ok}}{V_{Me}} > 1$ bo'lsa plyonka yaxlit va aksincha $\frac{V_{ok}}{V_{Me}} < 1$ bo'lsa plyonka yaxlit bo'lmaydi.

Ba'zi metall oksidlari uchun $\frac{V_{ok}}{V_{Me}}$ nisbat 3.3-jadvalda keltirilgan. Bu jadvaldagi ma'lumotlarga asosan oksidi yaxlit plyonka hosil qilmaydigan

metallarni osongina oldindan aniqlash mumkin.

3.3-jadval

Ba'zi metallar uchun oksid va boshlang'ich metall hajmlarining nisbatlari.

Metall	Oksid	$\frac{V_{ok}}{V_{Me}}$	Metall	Oksid	$\frac{V_{ok}}{V_{Me}}$
K	K ₂ O	0,45	Al	Al ₂ O ₃	1,28
Na	Na ₂ O	0,55	Zn	ZnO	1,55
Li	Li ₂ O	0,59	Ag	Ag ₂ O	1,58
Ca	CaO	0,63	Ni	NiO	1,65
Sr	SrO	0,66	Cu	CuO	1,74
Mg	MgO	0,79	Cr	Cr ₂ O ₃	2,07
Ba	BaO	0,73	Fe	Fe ₂ O ₃	2,14
Cd	CdO	1,21	W	WO ₃	3,35

Jadvaldan ko'rinadiki, ishqoriy va ishqoriy-yer metallari vakillari — K, Na, Li, Ca, Sr, Mg, Ba uchun $\frac{V_{ok}}{V_{Me}} < 1$. Pilling va Bedvorsning yaxlitlik shartiga asosan bu metallar uqalanib ketadigan, g'ovak plyonka hosil qiladi. Himoyaviy xossa

namoyon bo'lishi uchun plyonkaning yaxlitligi zarur, biroq yetarli bo'lmagan shartdir. Real holatda, $\frac{V_{ok}}{V_{Me}} \gg 1$ bo'lganda ichki kuchlanish shunday ortadiki, plyonkaning bo'rtishiga va qatlamlanishiga sabab bo'ladi, bu esa o'z navbatida uning himoya xususiyatlarini kamaytiradi.

Taxminan aytish mumkinki, $2,5 > \frac{V_{ok}}{V_{Me}} > 1$ shartni qanoatlantiruvchi metallardagina plyonkalar yetarlicha yaxshi himoyaviy xossalarga ega bo'ladi.

Plyonkaning himoyaviy xossalarini ta'minlovchi qo'shimcha shart – ularning metalldagi kuchli adgeziyasi va fizik-kimyoviy xossalari bo'lib hisoblanadi. Masalan, 500°S haroratda misning oksidlanishida metalldan oson ajraladigan plyonka hosil bo'ladi. Shuning uchun mis issiqlikka chidamli metall sifatida ishlatilmaydi.

Sirt plyokasi mustahkam, elastik bo'lib, asosiy metallnikiga yaqin termik kengayish koeffitsientiga ega bo'lishi lozim.

3.6. Metallar gaz korroziyasining kinetikasi

Korrozion jarayonlar qaysidir ko'rsatkichlarining vaqt bo'yicha o'zgarishini o'rganish orqali korroziya tezligini miqdoran aniqlash mumkin.

Korroziya jarayonlarini o'rganishda quyidagi ko'rsatkichlar eng ko'p foydalaniladi:

- korroziya mahsulotlaridan hosil bo'lgan plyonka qalinligining o'zgarishi (chuqurlik ko'rsatkichi K_p , mm/yil);
- namuna metall massasining o'zgarishi (massa ko'rsatkichi $K_m^\pm$, g/(m²·soat);
- metallning korroziyalanish jarayonida yutilgan yoki ajralgan gaz hajmi (K_v , sm³/(sm²·soat);

Kinetika jarayonini o'rganishda jarayonning tanlangan ko'rsatkichi bilan vaqt orasidagi funksional bog'lanish topiladi:

$$KO'RSATKICH = f(\tau)$$

Hosil qilingan ifoda kinetik tenglama deyiladi. Gaz korroziyasi tezligi ko'pincha oksid plyonkaning o'sish tezligi orqali ifodalanadi:

$$v = \frac{dh}{d\tau}$$

bu yerda v jarayon tezligi; h — oksid plyonka qalinligi; τ — jarayonning davomiyligi.

Plyonka qalinligining vaqt bo'yicha o'sish tezligi uchun (4.1) bog'lanish-ning bir necha ko'rinishlari mavjud. Ulardan eng asosiylarini qisqacha ko'rib o'tamiz.

3.6.1. Plyoka o'sishining chiziqli qonuni.

Plyoka zich va yaxlit bo'lmagan ($\frac{V_{ok}}{V_{Me}} < 1$), himoyalovchi qatlam hosil qilmagan hamda oksidlovchi gaz undan bemalol metall sirtiga o'tib, u bilan kimyoviy reaksiyaga kirishadigan holni ko'ramiz. Bunday jarayonni sxematik tarzda 3.9-rasmda ko'rsatilgandek tasvirlash mumkin.

Bunday holda reaksiya tezligi plyonkaning qalinligiga bog'liq emas va u quyidagi ifodadan aniqlanishi mumkin:

$$v = \frac{dh}{d\tau} = k_c C_o \quad (3.13)$$

bu yerda h — metalldagi plyonkaning qalinligi; τ — metallning korroziyalanish vaqti; k_c — kimyoviy reaksiya tezligining doimiysi; C_o — metall sirtidagi oksidlovchining konsentratsiyasi. Bu differensial tenglamani h ga nisbatan integrallab, quyidagi tenglamani olamiz:

$$h = K_1 \tau + A_h \quad (3.14)$$

bunda $K_1 = k_c C_o$ — oksidlovchining berilgan konsentratsiyasi uchun doimiy bo'lgan kattalik; A_h — son qiymat jihatdan tajribadan oldingi plyonkaning qalinligiga teng bo'lgan kattalik.

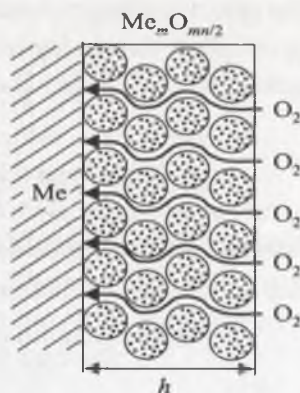
3.9-rasm. Metallda g'ovak oksid plyonkaning hosil bo'lish sxemasi

Ko'plab tajribalar shuni ko'rsatadiki, A_h ning qiymati nolga juda yaqin. Shu sababli (4.3) tenglamani quyidagi soddaga ko'rinishda yozish mumkin:

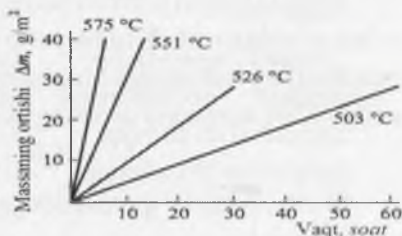
$$h = K_I \tau \quad (3.15)$$

Shunday qilib, g'ovak (himoya vazifasini o'tamaydigan) plyonkaning o'sishi kimyoviy oksidlanish reaksiyasining tezligi bilan boshqarilib (kinetik boshqaruv), vaqt bo'yicha chiziqli qonuniyat asosida kechadi.

Chiziqli qonun ishqoriy va ishqoriy-yer metallarining havoda yuqori haroratli oksidlanishida kuzatiladi. Shuningdek, bu holat osidlari yuqori haroratda avjiydigan metallar (masalan volfram, molibden) da ham kuzatiladi. Misol tariqasida magniy oksidlanishining eksperimental chiziqlari 3.10-rasmda keltirilgan.



3.10-rasm. Turli haroratlarda magniyning kislorodda oksidlanishi



Plyonka o'sishining parabolik qonuni.

Metallar oksidlanishining parabolik qonuni birinchi marta G.Tamman tomonidan kumushning yod bug'lari bilan ta'sirlashgan holatida aniqlangan.

Agarda metall sirtida yaxlit himoya plyonkasi hosil bo'lsa ($\frac{v_{ok}}{v_{Me}} > 1$), u holda korroziya jarayoni vaqt bo'yicha sekinlashadi.

Do'stov H.B.

Korroziya tezligiga plyonka qatlami orqali komponent diffuziyasi ta'sir qiladi va bunday hol uchun Fik qonuni o'rinli bo'ladi:

$$\frac{dh}{d\tau} = K_d \frac{dC}{dh} \quad (3.16)$$

bu yerda K_d — diffuziya koeffitsienti.

Agar oksidlanish jarayonida diffuziyaning statsionar rejimi qaror topadi, ya'ni plyonkaning qaysidir kesimida diffuziyanuvchi moddaning molekullari to'planib qolmaydi deb qabul qilsak, u holda $\frac{dC}{dh}$ hosilani

quyidagi nisbat bilan almashtirish mumkin:

$$\frac{dC}{dh} = \frac{S_0 - S_1}{h} \quad (3.17)$$

bu yerda S_0 — plyonkaning havo bilan chegaradosh bo'lgan tashqi sirtidagi kislorodning konsentratsiyasi; S_1 — plyonkaning metall bilan chegaradosh bo'lgan ichki sirtidagi kislorodning konsentratsiyasi;

U holda kesimning birlik yuzasiga to'g'ri keluvchi korroziya tezligi

$$\frac{dh}{d\tau} = K_d \frac{S_0 - S_1}{h} \quad (3.18)$$

Agarda butun jarayon tezligini ichki diffuziya limitlaydigan bo'lsa, u holda metallgacha yetib borgan barcha kislorod molekullari reaksiyaga kirishishga ulguradi va $S_1 = 0$ bo'ladi. U holda (3.18) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\frac{dh}{d\tau} = K_d \frac{S_0}{h} \quad (3.19)$$

(3.19) ifodani h ga nisbatan integrallab, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$h^2 = K_2 \tau \quad (3.20)$$

bu yerda quyidagicha belgilash kiritilgan:

$$K_2 = 2K_d S_0 \quad (3.21)$$

h ga nisbatan ikkinchi darajali hisoblangan (3.20) formula plyoka o'sishining parabolik qonunini ifodalaydi.

Misol tariqasida turli haroratli havoda temir oksidlanish tezligining eksperimental egriliklari 3.11-rasmda keltirilgan.

Oksid plyoka o'sishining parabolik qonuni boshlang'ich qismlarni hisobga olmaganda volfram, mis, temir, nikelning oksidlanishida va shuningdek kumushda galogenid plyonkaning hosil bo'lishida kuzatiladi.

3.6.2. Plyonka o'sishining murakkab qonunlari

Korroziya jarayoni kinetikasining diffuzion-kinetik nazorati o'rinli bo'ladi agarda oksidlanishda diffuziya va kimyoviy reaksiya tezliklari sezilarli darajada bo'lsa. Bunday jarayonni ifodalaydigan tenglama Evans tenglamasi deyiladi:

$$\frac{h^2}{2K_d} + \frac{h}{k_c} = C_0 \tau \quad (3.22)$$

Bu tenglamaga quyidagicha $K_1 = k_c S_0$ va $K_2 = 2K_d S_0$ belgilashlar kiritib uni soddalashtiramiz:

$$K_1 h^2 + K_2 h = K_1 K_2 \tau. \quad (3.23)$$

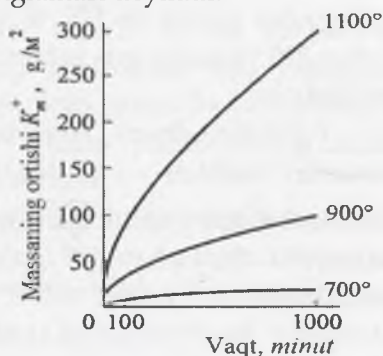
Bu tenglama plyoka o'sishining murakkab-parabolik qonunini ifodalaydi.

Agar plyonka juda yupqa bo'lsa, tenglamaning chap tomonidagi birichi had ikkinchisiga nisbatan juda kichik bo'ladi. U holda teglamaning

birinchi hadini hisobga olmasak, biz (3.15) tenglamani, ya'ni plyoka o'sishining chiziqli qonunini hosil qilamiz:

$$h = K_1 \tau$$

Agarda plyonkaning qalinligi yetarlicha katta bo'lsa, (3.22) tenglamaning chap tomonidagi ikkinchi had birinchisiga nisbatan juda kichik bo'ladi. U holda teglamaning ikkinchi hadini hisobga olmaslik mumkin va biz (3.20) tenglamani, ya'ni plyoka o'sishining parabolik qonunini hosil qilamiz:



3.11-rasm. Yuqori haroratlarda temirning havoda oksidlanish parabolik egriliklari.

$$h^2 = K_2 \tau$$

Shunday qilib, (3.22) tenglama plyoka o'sishining umumiy qonunlarini ifodalaydi.

Bir qator metallar uchun oksidlanish tezligining vaqtga bog'lanishi logarifmik qonuniyat bilan quyidagi tenglamaga asosan o'zgarishi aniqlangan.

$$h = \ln(k\tau) \quad (3.24)$$

bu yerda k — konstanta.

Havoda oksidlanish jarayonida plyonka o'sishining logarifmik qonuni eksperimental yo'l bilan aluminiy va qo'rg'oshin uchun 25-225 °S, nikel uchun 650 °S gacha, temir uchun 375 °S gacha, mis uchun 100 °S gacha bo'lgan intervallarda aniqlangan.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, ishqoriy va ishqoriy-yer metallari vakillari — K, Na, Va, Ca, Mg uchun ($\frac{V_{ok}}{V_{Me}} < 1$) oksidlanishning chiziqli qonuni o'rinlidir. Oksidlanish tezligining kamayishi bo'yicha bu metallar quyidagi qator bo'yicha joylashadi:

$$K > Na > Va > Sa > Mg.$$

Shuningdek, plyoka o'sishining chiziqli qonuni yuqori haroratlarda oksidlari uchuvchan bo'lgan quyidagi Mo, Os, Ru, Ir, V, W metallari uchun ham o'rinlidir.

Bir qator texnik muhim metallar uchun oksidlanish tezligining vaqt bo'yicha o'zgarishi parabolik qonuniyat bo'yicha boradi. Atmosfera havosida gaz korroziyasiga chidamliligining ortishiga qarab metallarni taxminan quyidagi qator bo'yicha joylashtirish mumkin:

$$W < Fe < Co < Cu < Ni.$$

Bu guruhdagi metallarga Mn, Be, Zn, Ti ham kiradi.

Yanada yuqori himoya xususiyatiga ega bo'lgan plyonka hosil qiluvchi va logarifmik qonuniyat bo'yicha oksidlanuvchi metallar guruhiga Si, Al, Cr larni kiritish mumkin (ular chidamliligining ortishiga qarab joylashgan).

Aytish joizki, ba'zi metallarning (Fe, Ni, Cu, Al, Zn, Ti, Ta) oksidlanishi tashqi sharoitning o'zgarishi bilan boshqa-boshqa qonuniyat asosida kechishi mumkin.

3.7. Temir sirtidagi oksid plyonkalari

Yuqori haroratlarda temir sirtida quyidagi birikmalar hosil bo'lishi mumkin:

- temir chalaoksidi FeO ;
- temir chalaoksid-oksid Fe_3O_4 ;
- temir oksidi $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$;

Bu birikmalarning barchasi metall zakida (to'ponida) topilgan. Metallga bevosita temir chalaoksidi FeO yopishgan bo'ladi. Undan keyin temir chalaoksid-oksid Fe_3O_4 joylashadi, so'ngra esa temir oksidi $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$. Oksidlar qalinliklarining nisbati $\text{FeO} : \text{Fe}_3\text{O}_4 : \text{Fe}_2\text{O}_3 = 100 : 10 : 1$ kabi bo'ladi.

Temir chalaoksidi FeO vyustit nomi bilan yuritiladi va kub panjaraga ega. Kristall panjara to'rtta Fe^{2+} ion va to'rtta O^{2-} iondan tashkil topgan. Vyustit 570- 575 °S dan yuqori haroratlarda ham barqarordir. Metall zakida vyustit o'ta sovitilgan metastabil holatda bo'ladi. Bu oksidda kislorodning miqdori stexiometrik normadan ham ortadigan darajada bo'ladi. Oksidda eriydigan kislorod ikki valentli Fe^{2+} temir ionlaridan elektronlar olib ionlashadi. Bunda elektron bergan temir ionlari uch valentli Fe^{3+} ionlarga aylanadi. Rentgenografik tadqiqotlarning ko'rsatishicha bunday jarayonlarda kristall panjarada katta miqdorda vakansiyalar hosil bo'ladi. Bu esa Fe^{2+} ionlarining diffuziyasi uchun hamda elektronlarning $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+} + e$ o'tish orqali harakatlanishiga qulay imkoniyat yaratadi.

Tadqiqotlar ko'rsatadiki, vyustit himoya xususiyatlariga ega emas.

Temir chalaoksid-oksid Fe_3O_4 fanda magnetit nomi bilan ma'lum. Uning kristall panjarasi shpinel ko'rinishida bo'lib, panjaradagi har bir Fe^{2+} ionga ikkita Fe^{3+} ion to'g'ri keladi. Fe_3O_4

elektron o'tkazuvchanlikka ega. Buni shunday tushuntirish mumkin: oksid strukturasida temir ionlarining qat'iy Fe^{2+} – Fe^{3+} – Fe^{2+} ketma-ketlikda joylashishi elektronning bir kation tugunidan ikkinchisiga osongina o'tishiga imkon beradi.

Magnetit uy temperaturasidan boshlab temirning erish haroratigacha (1538°S) bo'lgan intervalda barqaror hisoblanadi. Himoya xususiyatlari vyustitga nisbatan ancha yuqori. Oksidlovchi muhitda magnetitni 220°S gacha qizdirilganda u kristall strukturasini o'zgartirmagan holda γ – Fe_2O_3 temir oksidiga o'tadi. Bunday muhitda uni qizdirish davom ettirilsa, u $400\text{-}500^{\circ}\text{S}$ haroratda α – Fe_2O_3 temir oksidiga aylanadi.

Temir (III) oksidi α – Fe_2O_3 gematit nomi bilan yuritiladi va u romboedrik pajarali strukturaga ega. Gematit temperaturaning keng diapazonida barqaror bo'lsada, 1100°S dan yuqori haroratlarda qisman dissotsiatsiyalanadi.

3.8. Kimyoviy korroziya mexanizmi.

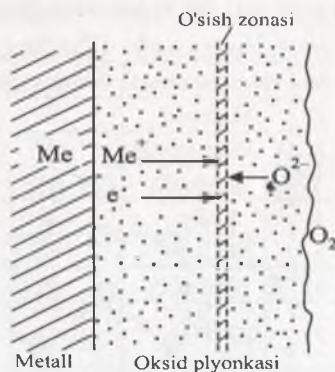
Himoya plyonkalarini hosil qilish jarayonida Me^{n+} , O^{2-} va elektron zarrachalari qatnashadi. Elektr zaryadlangan zarrachalar va elektronlar korroziya mahsulotlarining kristall panjarasida harakatlanadi. Agarda ionlar yoki metall atomlarining diffuziya tezligi katta bo'lsa, oksid plyonkaning tashqi sirtida hosil bo'la boshlaydi. Aksincha, plyonka orqali asosan kislorod diffuziyalanadigan bo'lsa, metall bilan plyonka chegarasi plyonkaning o'sish zonasi bo'ladi. Ko'pgina hollarda diffuziyalanadigan zarrachalarning tezliklari bir-biriga yaqin bo'ladi, bunday hollarda o'sish zonasi plyonkaning ichida bo'ladi. Bunday holatning sxematik ko'rinishi 3.12-rasmda ko'rsatilgan.

Ko'p hollarda diffuziyaning asosiy yo'nashi sifatida atomlarning yoki metall ionlarining plyonka orqali tashqariga tomon harakat yo'nalishi qabul qilinadi. Ba'zi hollarda

kislorodning bu yo'nalishga nisbatan teskari harakat yo'nalishi olinadi.

**3.12-rasm. Vagner nazariyasi
bo'yicha metallning oksidlanish
sxemasi.**

Metalllardagi oksid va tuzli plyonkalar ion kristall panjara tuzilishiga ega. Odatda ular ion, ba'zi hollarda esa elektron o'tkazuvchanlikka ega.



Zarrachalarning ikki xil harakat yo'nalishini farqlash lozim:

- 1) ionlarning ularning konsentratsiyasi kichik bo'lgan tomonga harakatlanishi, ya'ni diffuziya jarayoni;
- 2) elektr maydoni ta'sirida ionlarning harakatlanishi, ya'ni migratsiya.

3.4-jadvalda bazi metallarning atom va ion raduslari keltirilgan. Bu jadvaldan ko'rinadiki, metall ionlarining radiusi ularga mos keluvchi atomlarning radusidan kichik. Demak, metallardan oksid plyonka orqali asosan metall ionlari va elektronlar harakat qiladi (3.12-rasm). Kislorod ionlarining diffuziyasi bu yo'nalishga qarma-qarshi yo'nalishda amalga oshadi. Bunda kislorod atomlarining ionizatsiyasi plyonkaning tashqi sirtida amalga oshadi.

Ba'zi bir atomlarning va ionlarning radiuslari
(Pauling nazariyasi bo'yicha)

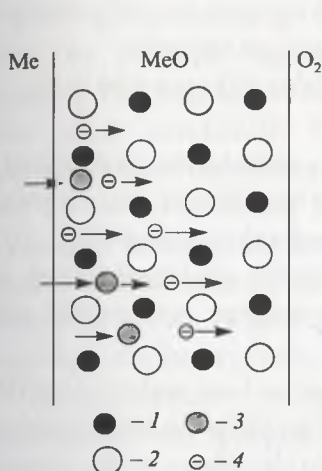
№	Element nomi	Atom ramzi	Atom radiusi, Å	Ion	Ion radiusi, Å
1.	Vodorod	H	–	H ⁺	1,27
2.	Aluminiy	Al	1,43	Al ³⁺	0,50
3.	Magniy	Mg	1,62	Mg ²⁺	0,65
4.	Kaliy	K	2,23	K ⁺	1,33
5.	Kalsiy	Ca	1,97	Ca ²⁺	0,99
6.	Titan	Ti	1,49	Ti ³⁺	0,69
7.	Xrom	Cr	1,25	Cr ³⁺	0,65
				Cr ⁶⁺	0,52
8.	Temir	Fe	1,26	Fe ²⁺	0,75
				Fe ³⁺	0,67
9.	Kobalt	Co	1,25	Co ²⁺	0,82
10.	Nikel	Ni	1,25	Ni ²⁺	0,78
11.	Mis	Cu	1,28	Cu ⁺	0,96
12.	Rux	Zn	1,31	Zn ²⁺	0,74
13.	Molibden	Mo	1,39	Mo ⁶⁺	0,62
14.	Kumush	Ag	1,44	Ag ⁺	1,26
15.	Qo'rg'oshin	Pb	1,74	Pb ²⁺	1,21
16.	Kislorod	O	0,6	O ²⁻	1,40
17.	Oltingugurt	S	1,04	S ²⁻	1,84
18.	Xlor	Cl	1,07	Cl ⁻	1,81

Jadvaldan ko'rinadiki, metall ionlarining radiusi kislorod ionining radiusidan kichik. Shuning uchun diffuziya jarayonida metall ionlarining harakatchanligi katta va plyonkaning o'sish zonasi tashqi chegara tomon siljigan bo'ladi. Kristallarning erish temperaturasidan kichik temperaturalarda qattiq jismlarda diffuziya (3.13- va 3.14-rasmlar) quyidagi ikki mexanizmning biri bo'yicha boradi:

1) kristall panjara tugunlari oralig'i bo'ylab atom yoki ionlarning harakati bilan;

2) panjaradagi bo'sh tugunlar orqali yoki dislokatsiyalar va donalar chegarasi bo'ylab atom yoki ionlarning harakati bilan;

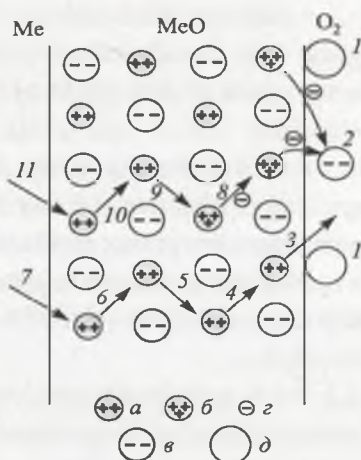
Birinchi mexanizm panjara o'lchamlariga nisbatan uncha katta bo'lmagan o'lchamlarga ega bo'lgan metall ionlari hosil qiladigan oksidlarda amalga oshadi. Bunday mexanizm bilan AgCl , ZnO , Al_2O_3 plyonkalari hosil bo'ladi.



3.13-rasm. ZnO turdagi plyonkaning o'sishidagi diffuziya sxemasi.

Ortiqcha Zn kationlari va ularga ekvivalent bo'lgan elektronlar tugunlararo bo'shliqda joylashgan bo'lib, unda harakatlanishi mumkin.

1- panjara tugunidagi metall kationlari; 2-kislorod anionlari; 3- tugunlar oralig'i bo'shlig'idagi metall kationlari; 4 - elektron.



3.14-rasm. Cu_2O turdagi plyonkaning o'sishidagi diffuziya sxemasi.

1- adsorbsiyalangan kislorod atomi; 2-kislorod atomi, qo'shni metall ionlaridan ikkita elektron olib, ionga aylanadi; 3, 4, 5, 6, 7-bo'sh joylar bo'ylab siljiydigan metall kationlari; 8, 9, 10, 11-kichik valentli kationdan katta valentli kationga o'tuvchi elektron; a, b - ikki va uch valentli metall kationlari; v - kislorod anionlari; g - elektron; d - kislorod atomi;

Kristall panjarada bo'sh tugunlari mavjud bo'lgan oksidlarning hosil bo'lishi ikkinchi mexanizm bo'yicha amalga

Do'stov H.B.

oshadi. Bunda metall kationlari va elektronlarning plyonka orasidan taqariga tomon diffuziyasi ustun keladi.

Keltirilgan mexanizmlarga asosan oksidlarning quyidagi ikki turini farqlash mumkin:

- stexiometrik tarkibiga nisbatan ortiqcha metall ionlariga ega bo'lgan oksidlar; bunday oksidlar qayta tiklovchi atmosferada qizdirilganda o'zining elektr o'tkazuvchanligini oshiradi.

- stexiometrik tarkibiga nisbatan ortiqcha kislorod ionlariga ega bo'lgan oksidlar; bunday oksidlar oksidlovchi atmosferada qizdirilganda o'zining elektr o'tkazuvchanligini oshiradi.

Hozirgi paytda tan olingan metallar oksidlanishining ion-elektron nazariyasi birinchi marta Vagner tomonidan ishlab chiqilgan.

Ba'zi metallarda gaz korroziyasi uchun reaksiya tezliklari konstantalarining Vagner nazariyasi bo'yicha hisoblash natijalari va eksperimental olingan qiymatlar bir-biriga juda yaqindir. Masalan, 1000°S haroratda Cu ning Cu_2O gacha oksidlanishida bu konstantalarning qiymatlari $K_{\text{his}} = 6,6 \cdot 10^{-9}$ va $K_{\text{eks}} = 6,2 \cdot 10^{-9}$. Shuningdek, kumushning gazsimon Br bilan o'zaro ta'sirlashib AgBr hosil bo'lish reaksiyasining doimiylari mos ravishda $K_{\text{his}} = 2,7 \cdot 10^{-11}$ va $K_{\text{eks}} = 3,8 \cdot 10^{-11}$.

Boshqa sharoitlar bir xil bo'lganda erkin energiyaning o'zgarishi qancha katta bo'lsa va plyonka materialining solishtirma elektr o'tkazuvchanligi qancha yuqori bo'lsa, oksidlanish tezligining konstantasi shuncha katta bo'ladi. Agar oksid plyonkasi elektr izolyatsiyalovchi xossalariga ega bo'lsa, u holda keyingi oksidlanish jarayoni to'xtaydi. Buni masalan, alyuminining oksidlanish jarayoniga chidamli ekanligi bilan ham tushuntirish mumkin.

3.9. Gaz korroziyasi tezligiga ichki va tashqi faktorlarning ta'siri.

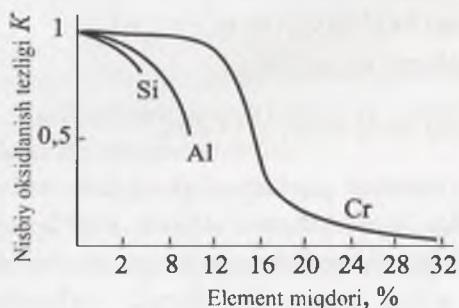
3.9.1. Plyonka tarkibining ta'siri.

Sirt plyonkalarining himoya xususiyatlari qotishmaning tabiati va tarkibiga bog'liq. Yuqori haraoratlarda (800°S dan yuqori) po'latning tarkibidagi uglerodning miqdorining ortishi bilan uning oksidlanish tezligi kamayadi. Bunda po'latning uglerodsizlanishi ham kamayadi. Bu holat uglerod(II) oksidi – SO hosil bo'lish jarayonining jadallashuvi bilan bog'liq. Qotishma tarkibidagi oltingugurt, fosfor, nikel va marganes temirning yuqori haroratli oksidlanish jarayoniga deyarli ta'sir qilmaydi. Titan, mis, kobalt va berilliy gaz korroziyasining tezligini juda kam miqdorda kamaytiradi.

Xrom, aluminiy va kremniy mustahkam himoya oksid plyonkalarini hosil qilishi sababli temirning oksidlanishini keskin kamaytiradi. Bu elementlar po'latning issiqlikka chidamliligini oshirish maqsadida uni legirlashda keng qo'llaniladi (3.15-rasm). Po'latga 30% gacha qo'shilgan xrom uning issiqlikka chidamliligini sezilarli darajada oshiradi.

Po'latga odatda 10 % gacha qo'shiladigan aluminiy uning issiqlikka chidamliligini yanada oshiradi. Po'latgan 5% gacha qo'shilgan kremniy ham xuddi shunday xossaga ega. Biroq, aluminiy va kremniyning ko'p miqdorda po'latga qo'shilishi uning qattiq va mo'rt bo'lishiga olib keladi va unga ishlov berishni qiyinlashtiradi. Shuning uchun issiqlikka chidamlilik uchun legirlashning asosini Fe – Cr tashkil etadi va qo'shimcha 4-5% aluminiy va kremniy kiritiladi.

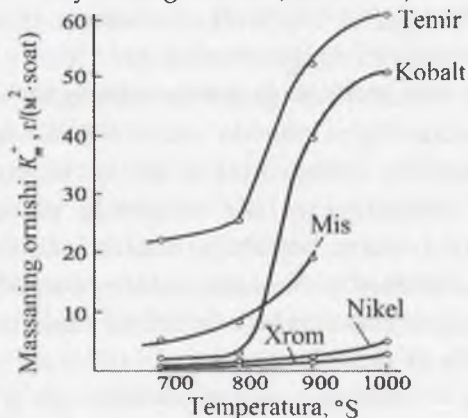
Vanadiy, volfram va molibden po'latning yuqori haraoratlarda oksidlanishini keskin tezlashtiradi. Bu hol bunday elementlar bilan o'osil bo'ladigan oksidlarning uchuvchanligi va tez eruvchanligi bilan izohlanadi.



3.15-rasm. Po'latdagi gaz korroziyasining nisbiy tezligiga legirlovchi elementlarning ta'siri.

3.9.2. Haroratning ta'siri

Gaz korroziyasi jarayoniga harorat sezilarli ta'sir qiladi. Oldin aytilganidek, harorat ortishi bilan ko'pgina himoya plyonkalarini hosil qiluvchi reaksiyalar amalga oshirishining termodinamik ehtimolligi kamayadi. Shu bilan bir vaqtda, haroratning ortishi reaksiya tezligining ortishiga olib keladi. Shuning uchun termodinamik ehtimollik chegarasida (Gibbs energiyasining qiymati ΔG^0 noldan kichik bo'lganda) haroratning ortishi bilan korroziya tezligi ortadi (3.16-rasm).



3.16-rasm. Kislorod atmosferasida ba'zi metallarning oksidlanish tezligi

Harorat kimyoviy reaksiya tezligi doimiysiga va diffuziya jarayonidagi massa uzatish koeffitsientiga ham ta'sir qiladi. Har ikkala holda ham eksponensial bog'lanish o'rinli bo'ladi:

$$k = A \cdot e^{-E/RT} \quad (3.25)$$

bu yerda k – kimyoviy reaksiya tezligining doimiysi yoki diffuziya koeffitsienti; A – rasman $1/T = 0$ ekstrapolyatsiyalashda k ga teng bo'lgan doimiy; E – kimyoviy reaksiya yoki diffuziya jarayonining aktivatsiya energiyasi; $R=8,32$ kJ/mol universal gaz doimiysi; T – absolyut temperatura.

(3.25) tenglamani logarifmlab quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\lg k = \lg A - \frac{E}{2,3RT} \quad (3.26)$$

Shunday qilib, $1/T - \lg k$ koordinatalar sistemasida bu bog'lanish to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi, undagi $E/2,3RT$ esa chiziq qiyaligi burchagining tangensiga teng bo'ladi.

Misol tariqasida 3.17-rasmda eksperimental yo'l bilan olingan havoda temir oksidlanishining haroratga bog'liqligi K_m^+ —harorat (a) va $\lg K_m^+ - 1/T$ (b) koordinatalarida keltirilgan.

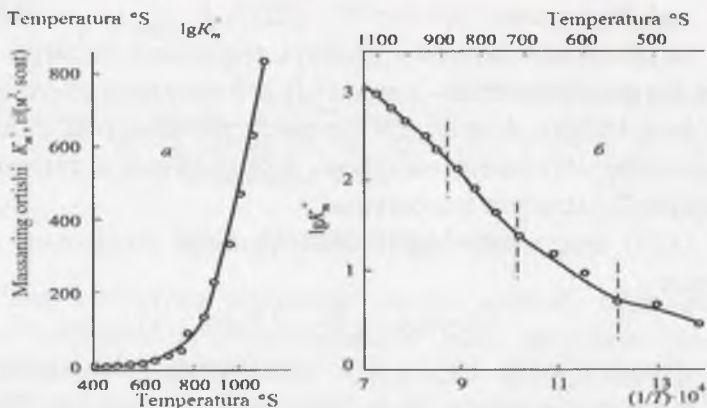
Harorat hosil bo'ladigan plyonkaning tarkibiga ham ta'sir qilishi mumkin. Haroratga bog'liq holda hosil bo'ladigan plyonkalarining tarkibi 3.5-jadvalda keltirilgan.

Eksperimental olingan natijalar shuni ko'rsatadiki (3.17-rasm, b) $\lg K_m^+ - 1/T$ koordinata sistemasida bog'lanish to'rt qismdan (vertikal shtrix chiziqlar bilan ajratilgan) iborat bo'lib, uning qiyaligi o'zgaradi. Patski uchta qism oksid plyonkasi tarkibining o'zgarishiga va o'sishning kinetik qonuniga mos keladi. Grafikning 800 °S haroratdan baland yuqorigi qismi jarayon limitlovchi bosqichining o'zgarishi bilan tushuntirilishi mumkin.

Metallni qizdirishdagi temperatura tebranishi hamda ketma-ket isitish va sovitish bilan boradigan haroratning o'zgarishi uning oksidlanish tezligini oshiradi. Bunda oksid plyonkasida

Do'stov H.B.

termik kuchlanish hosil bo'lib, yorilishlar paydo bo'ladi va u metall sirtidan ajrala boshlaydi.



3.17-rasm. Temir oksidlanishining K_m^+ — harorat (a) va $\lg K_m^+$ — $1/T$ (b) koordinatalaridagi haroratga bog'liqligi

3.5-jadval

Temperaturaga bog'liq holda temirdagi oksid plyonkalarining tarkibi

Harorat, $^{\circ}\text{S}$	Plyonkaning tarkibi	Plyonkaning o'sish qonuniyati
< 400	Fe_2O_3	Logarifmik
400–575	Fe_3O_4 ; Fe_2O_3	Parabolik
575–730	FeO ; Fe_3O_4 ; Fe_2O_3	Parabolik

3.9.3. Gaz bosimi va tarkibining ta'siri.

Oldin aytib o'tilganidek, agar oksidlovchining parsial bosimi hosil bo'ladigan birikma dissotsiatsiya bosimidan kichik bo'lsa, termodinamik nuqtai nazardan metallning oksidlanishi to'xtaydi.

Agar metallning oksidlanishi kimyoviy reaksiya bilan limitlansa, u holda korroziya tezligi kislorod bosimi qiymatidan chiqarilgan kvadrat ildizga proporsional ravishda ortadi.

Agar reaksiya tezligi himoya plyonkasi hosil bo'lishidagi diffuziya jarayoni bilan aniqlanadigan bo'lsa, unda gaz bosimiga bog'liqlik aniq, ravshan kuzatilmaydi.

Gaz muhitidagi kislorodning miqdori va konsentratsiyasi ortishi bilan metall oksidlanish tezligining keskin ortishi faqatgina qandaydir neytrall atmosferadagi kislorod konsentratsiyasining uncha katta bo'lmagan qiymatlaridagina kuzatilishi mumkin. Gaz aralashmasida kislorod parsial bosimining keyingi ortishida gaz korroziyasi tezligining mutanosib ravishda ortishi kuzatilmaydi.

Yuqoridagi hollarda metall oksidlanishining tezligi himoya qavatidagi kationlarning diffuziyasi bilan nazorat qilinadi.

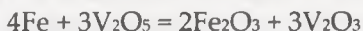
Atmosfera tarkibidagi turli aralashmalar metallardagi gaz korroziyasiga katta ta'sir qiladi. Havoning CO₂, SO₂, suv bug'lari va boshqa elementlar bilan ifloslanishi kam uglerodli po'latlardagi gaz korroziyasining 1,3 – 2,0 marta ortishiga sabab bo'ladi. Biroq uglerod(II) oksidi – CO hamda uglevodorodlar muhitida ular konsentratsiyasining ortishi bilan po'latning oksidlanish tezligining kamayishi kuzatiladi. Bu hodisa CO miqdorining ortishi bilan po'lat-gaz chegarasida quyidagidek muvozanatning yuzaga kelishi bilan izohlanadi:



Shunga o'xshash holat uglevodorodlar, masalan matan muhitida ham kuzatiladi:



Yoqilg'ilarning yonish jarayonida hosil bo'ladigan besh valentli vanadiy oksidi (V₂O₅) ham po'latning osidlanish tezligini oshiradi. Bu hodisa fanda vanadiyli korroziya nomi bilan ma'lumdir. Vanadiy oksidi V₂O₅ ning oson eruvchanligi hamda vanadiy birikmalarini hosil qilgan holda temirni va temir oksid plyonkalarini erita olish qobiliyati vanadiyli korroziyaning mohiyatini tashkil qiladi. Bu jarayon quyidagi reaksiyalar orqali amalga oshadi:

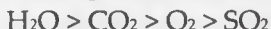


Hosil bo'lgan V_2O_5 va FeVO_4 keyingi reaksiyalarda ishtirok etadi:



Xuddi shunday tarzda besh valentli vanadiy oksidi V_2O_5 nikel va xrom oksidlari bilan ham reaksiyalarga kirishadi. Bunda himoya plyonkalari buzilib, unda kovakliklar paydo bo'ladi va metallning korroziyalanish tezligi ortadi.

Texnikada po'lat va cho'yandan tayyorlangan jihozlar harorat va CO_2 , SO_2 , hamda suv bug'lari ta'sirida eng ko'p korroziyaga uchraydi. Olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, 900°S va undan yuqori haroratlarda temirning oksidlanish tezligi quyidagi qatorga mos holda o'zgaradi:



Ba'zi metallarning korroziyalanishiga O_2 , H_2O , CO_2 , SO_2 misolida gaz muhiti tarkibi va haroratning korroziyaga ta'siri 3.18-rasmda tasvirlangan.

Temir barcha tadqiqot o'tkazilgan muhitlarda yetarlicha kuchli korroziyaga uchraydi, bu hol $700 - 900^\circ\text{S}$ harorat intervalida ayniqsa kuchayadi.

Xrom ko'rsatilgan muhitlarning barchasida yuqori issiqlikka chidamlilikni namoyon qiladi.

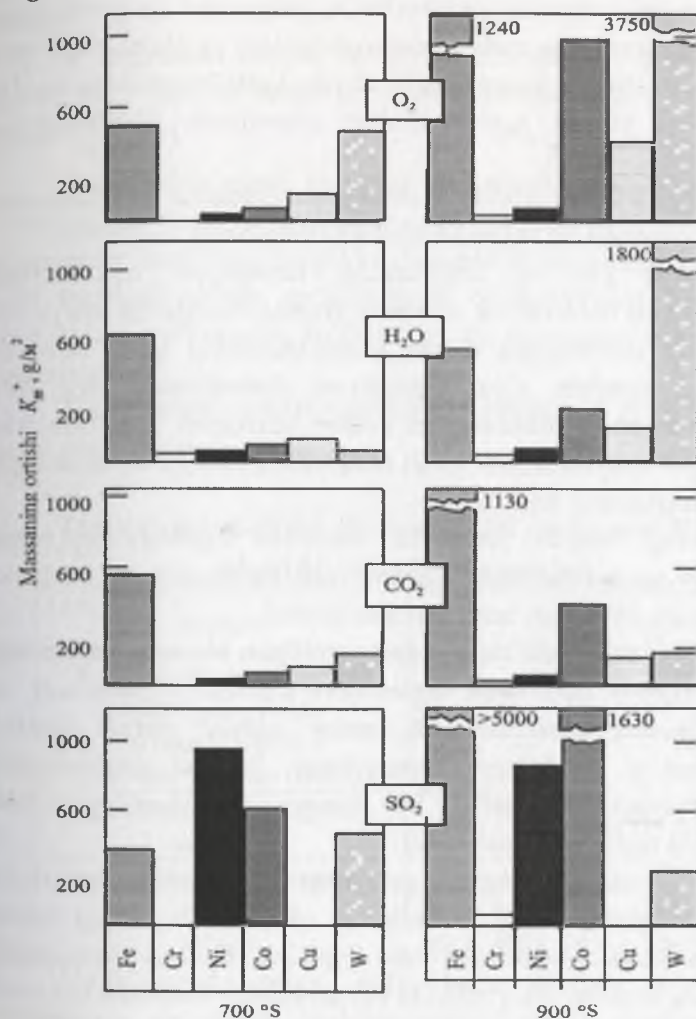
Nikel O_2 , H_2O va CO_2 muhitlarida nisbatan chidamli bo'lsada, SO_2 muhitida kuchli korroziyalanadi.

Kobalt SO_2 muhitida eng yuqori korroziya tezligiga erishadi, harorat 700°S dan 900°S gacha ko'tarilganda bu tezlik sezilarli darajada ortadi.

Mis kislorod atmosferasida yetarlicha tez korroziyalanadi, biroq u SO_2 muhitida chidamlidir.

Shuni aytish lozimki, metallar korroziyasi tezligining turli muhitlarda turlicha bo'lishi asosan himoya plyonkalarida hosil

bo'ladigan korroziya mahsulotlarining himoyaviy xususiyatlariga bog'liqdir.



3.18-rasm. Ba'zi metallar gaz korroziyasi tezligining O_2 , N_2O , SO_2 va SO_2 muhitida 24 soat davomida 700°S va 900°S haroratdagi ko'rinishlari

3.10. Issiqlikka chidamli legirlash nazariyasi.

Ko'pgina kimyoviy jarayonlarda, aniqsa neft va gazni qayta ishlash jarayonlarida metall konstruksiyalari va jihozlar qat'ian keskin sharoitlarda, yuqori haroratlarda, katta bosimlarda va shu bilan birga yuqori agressivlikdagi muhitlarda ekspluatatsiya qilinadi.

Toza metallar odatda korroziyaga chidamli hisoblansada, ularning barchasi qo'shimcha himoya choralariga muhtojdir.

Hozirgi fan va texnikaning taraqqiyoti metallarning chidamliligini oshirish va ularning xizmat muddatini uzaytirish maqsadida korroziyaga qarshi himoyalashning qator samarali usullariga egadir. Gaz korroziyasi sharoitlarida eng ko'p qo'llaniladigan usullardan biri yuqori korrozion bardoshlilikka ega bo'lgan qotishmalarni olish maqsadida amalga oshiriladigan issiqlikka chidamli legirlashdir.

Hozirgi vaqtda issiqlikka chidamli legirlashning uchta yetarlicha asoslangan nazariyasi mavjud. Bu nazariyalar bir-birini inkor etmay, balki biri boshqasini to'ldiradi.

Vagner va Xauffe tomonidan yaratilgan **birinchi nazariyaga** asosan *ozgina qo'shilgan legirlovchi element oksidlanadi va asosiy metall oksidida erib, uning asosiy metall kristall panjarasidagi defektlarni kamaytiradi*. Bu esa strukturaning tartiblashuviga olib keladi va himoya plyonkasidagi ionlar diffuziyasi tezligini kamaytiradi.

Bu nazariyaning qo'llanish sohasi yetarlicha chegaralangandir. Agar metallning oksidlanish tezligi ionlar diffuziya bilan aniqlanmasa yoki legirlashda oksid plyonkasida yangi faza hosil bo'lsa, yuqorida bayon etilgan issiqlikka chidamli legirlash usulini qo'llab bo'lmaydi.

A.A. Smirnov, N. D. Tomashov va boshqalar tomonidan ishlab chiqilgan **ikkinchi nazariyaga** asosan *metall sirtida asosiy metallning oksidlanishiga to'sqinlik qiluvchi legirlovchi elementning himoyalovchi oksidi hosil bo'ladi*.

Bu nazariyaga muvofiq qo'llaniladigan legirlovchi komponent quyida keltiriladigan asosiy xossalarga ega bo'lishi kerak:

1. Legirlovchi element oksidi yaxlitlik shartini qanoatlantirishi lozim, ya'ni oksid va metall hajmlarining nisbati birdan katta bo'lishi lozim ($\frac{V_{Ok}}{V_{Me}} > 1$).

3.6-jadvalda xrom, aluminiy va kremniy oksidlarining ba'zi xossalari bo'yicha umumlashtiruvchi ma'lumotlar keltirilgan. Bu elementlar temirning issiqlikka chidamliligini oshirish maqsadida uni legirlash uchun qo'shiladigan qo'shimchalar hisoblanadi. Jadvaldagi ma'lumotlar ko'rsatadiki, bu elementlar uchun 1-shart bajariladi.

2. Legirlovchi element yuqori elektr qarshiligiga ega bo'lgan oksid hosil qilishi lozim.

3.6-jadval

Temirning issiqlikka chidamliligini oshiruvchi elementlar oksid-larining ba'zi xossalari

Xossalar	Oksid				
	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	SiO ₂
V_{Ok}/V_{Me} nisbatning qiymati	—	2,14	1,28	2,07	1,9
1000° S dagi elektr o'tkazuvchanlik, $Om^{-1} \cdot sm^{-1}$ (qiymat tartibi)	10 ²	—	10 ⁻⁷	10 ⁻¹	10 ⁻⁶
Oksiddagi metallning ion radiusi, Å	0,75	—	0,54	0,6	0,41
Hosil bo'lish issiqligi:					
kJ/mol	269,2	801,8	1674,7	1122,0	818,2
kJ/atom	269,2	400,9	837,4	561,0	818,2

Omik qarshilikning juda katta bo'lishi plyonkaning himoyaviy xossalarini shakllantiruvchi asosiy shartlardan biri bo'lib hisoblanadi, chunki bunda ionlarning oksid qatlamida harakatlanishi qiyinlashadi.

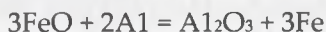
3. Legirlovchi element oksidining hosil bo'lish energiyasi asosiy metall oksidining hosil bo'lish energiyasidan katta bo'lishi kerak, ya'ni

$(\Delta G_T^0)_{aMe} > (\Delta G_T^0)_{lMe}$; bunda aMe – asosiy metall, lMe – legirlovchi elementga tegishli.

Bu shart asosiy metall bo'lganda legirlovchi komponent oksidi plyonkasining turg'unligini ta'minlaydi. Qo'shiladigan komponent oksidi asosiy metall oksidiga nisbatan turg'unroq bo'lar ekan. Agar bu shart bajarilmasa, legirlovchi element oksidi asosiy metall tomonidan tiklanadi. Temir, Al_2O_3 , Cr_2O_3 va SiO_2 oksidlarning hosil bo'lish issiqliklari bo'yicha 3.6-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar bu qoidaning to'g'riligini tasdiqlaydi. Bundan tashqari, agarda dastlab aralash oksid hosil bo'lsa, u holda keyinchalik termodinamik muvozanat shartlariga binoan u legirlovchi komponentning sof oksidiga aylanadi.

Masalan, aluminiy bilan legirlangan temirning oksidlanishida FeO

temir oksidi hosil bo'ladi. Biroq keyinchalik quyidagi jarayon ham kechishi mumkin:



4. *Legirlovchi element ionining o'lchamlari asosiy metall ionining o'lchamlaridan kichik bo'lishi kerak.*

Bu holat legirlovchi element ionlarining himoya plyonkasi hasil bo'layotgan qotishma sirtida diffuziyalanishini osonlashtiradi.

5. *Legirlovchi elementlarning oksidlari yuqori erish va haydash temperaturasi ega bo'lishlari hamda oson eriydigan eutetiklar hosil qilmasligi kerak.*

Bu talab kattiq fazadagi oksidning yuqori haroratlarda ham turg'un bo'lishini ta'minlaydi.

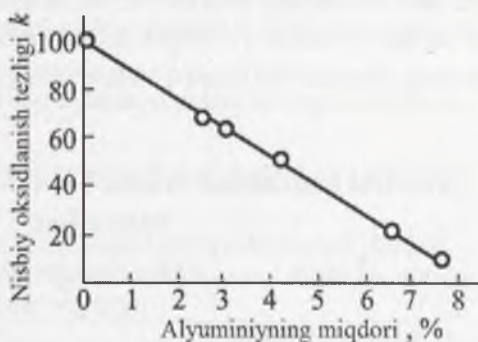
6. *Legirlovchi element va asosiy metall qotishmaning berilgan tarkibida qattiq eritma hosil qilishi lozim.*

Shu holdagina qotishmaning butun sirti bo'ylab legirlovchi elementning yaxlit plyonkasini hosil qilish mumkin.

Issiqlikka chidamli legirlashning bayon qilingan nazariyasi ko'pgina eksperimentlarda olingan natijalarda o'z tasdig'ini topgan.

Qotishmaning asosan legirlovchi komponenti (xrom yoki aluminiiy) tomonidan hosil qilingan oksidli himoya plyonkasining hosil bo'lishi qator issiqlikka chidamli qotishmalarda eksperimental aniqlangan. Temir oksidlanish tezligining legirlovchi qo'shimcha — aluminiiy konsentratsiyasi tufayli sezilarli darajada kamayishi 3.19-rasmda ko'rsatilgan.

3.19-rasm.
Temirni aluminiiy
bilan 900°S
haroratda
legirlashning
oksidlanish
nisbiy tezligiga
bog'liqligi



Issiqlikka chidamli legirlashning uchinchi nazariyasi *yuqori himoyalovchi xossalarga ega bo'lgan qo'shaloq oksidlar hosil bo'lishi haqidagi postulatlariga asoslangan.*

Bu nazariya temir qotishmalariga muvofiqlashtirilgan holda yanada to'laroq V.I.Arxaarov tomonidan ta'riflab berilgan. Temir qotishmalari-ning issiqlikka chidamlilik xossalari oshirishga quyidagi ikki shart bajarilgandagina erishish mumkin:

- temirning oksidlanishida uning sirtida vyustit strukturali birikmalarning hosil bo'lishini bartaraf etish;
- qotishmalar sirtida imkoni boricha kichik kristall panjara parametrlari shpinel turidagi oksidlarni hosil qilish.

Agar temir tarkibiga FeCr_2O_4 , FeAl_2O_4 , NiFe_2O_4 , NiCr_2O_4 va b. turdagi qo'shaloq oksidlar hosil qiladigan legirlovchi elementlar qo'shilsa, vyustit fazasining hosil bo'lishi qiyinlashadi.

Do'stov H.B.

Eksperimental jihatdan bu rentgenografik usullarda qayd qilingan vyustit hosil bo'lish haroratining ko'tarilishi bilan tasdiqlanadi.

3.7-jadvaldan ko'rinadiki, juda kichik protsent miqdorida legirlaganda ham, temir qotishmalarining asosiy legirlovchi komponentlari vyustit fazasi hosil bo'lish haroratini sezilarli darajada ko'taradi.

Ancha kuchli himoyaviy xossalar shpinel strukturali Fe_3O_4 va $\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$ oksidlarda kuzatiladi. Bu strukturalar alohida tugunlari orasidagi masofa kichik, ancha zich kristall panjaraga ega bo'lib, defektlar yo'qligi bilan xarakterlanadi. Shuning uchun ularning shpinel strukturasi ionlar diffuziyasiga to'sqinlik qiladi.

3.7-jadval

Temirni legirlashda vyustit hosil bo'lishining minimal haroratlari

Tarkib	FeO ni rentgenografik yo'l bilan oksidda ilg'angan dastlabki harorat, °S
Toza Fe (Armko)	575
Fe +1,03% Cr	600
Fe +1,5% Cr	650
Fe +1,0% Co	650
Fe +10% Co	700
Fe +1,14% Si	750
Fe +0,4% Si +1,1%Al	800
Fe +0,4% Si +1,1%Al	850

Yanada kuchli himoyaviy xossalarga $\text{FeO} \cdot \text{Me}_2\text{O}_3$ va $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{MeO}$ kabi murakkab sirt oksidlari ega bo'ladi, agarda legirlovchi komponent temirga nisbatan kichik ion radiusiga ega bo'lsa (3.6 – jadval).

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, kristall panjara parametrlarining kamayishi bilan issiqlikka chidamlilikning ortishi orasida qonuniyatli bog'lanish mavjud.

Uchinchi bobga tegishli uslubiy tavsiyalar

Nazorat savollari.

1. Metallarning ion holatga o'tish ehtimolligi qaysi termodinamik funktsiya bilan xarakterlanadi?
2. Korroziyaga bardoshliligi juda yuqori va juda past bo'lgan metallarga misollar keltiring.
3. Gaz korroziyasining asosiy bosqichlarini sanab bering.
4. Qanday jarayonga adsorbsiya deyiladi?
5. Adsorbsiya izotermasi nimani ifodalaydi?
6. Adsorbsiya izotermasini ifodalovchi tenglamani yozing.
7. Metall sirtida oksid plyonkasining hosil bo'lish mexanizmini tushuntiring.
8. Metall sirtida hosil bo'ladigan plyonkalarining xossalarini tushuntiring.
9. Plyonkalarining himoyaviy xossalarini qaysi ko'rsatkichlar aniqlaydi?
10. Plyonkalar o'sishining kinetik qonunlarini aytib bering.
11. Temirda hosil bo'ladigan oksid plyonkalarining tarkibi va xossalarini aytib bering.
12. Sirt plyonkasida ionlarning diffuziya jarayonini tushuntiring.
13. Gaz korroziyasi qonuniyatlariga ta'sir etuvchi ichki va tashqi omillarni (qotishma tarkibi, harorat, bosim, gaz muhiti tarkibi) tavsiflarini keltiring.
14. SO_2 , CO_2 , H_2O (suv bug'lari) va O_2 muhitlarida bardoshli bo'lgan metallarni sanab bering.

Uchinchi bobga tegishli mustaqil ta'lim mavzulari

1. Oksid plyonkalari va ularning hosil bo'lish mexanizmi.
2. Temirdagi oksid plyonkalari va ularning turlari.
3. Temirdagi oksid plyonkalarining strukturasi.
4. Oksid plyonkalarining himoyaviy xususiyatlari.
5. Metallar sirtida oksid birikmalar hosil bo'lishining termodinamik ehtimolligiga harorat va bosimning ta'siri.
6. Issiqlikka chidamli materiallar olish usullari.
7. Metallarning korrozion bardoshliligiga texnologik parametrlarning (harorat, bosim, atmosfera tarkibi va b.) ta'siri

IV BOB. METALLARNING ELEKTROKIMYOVIY KORROZIYASI.

4.1. Metall–elektrolit fazalar bo‘linish chegarasida yuz beradigan hodisalar.

Elektrokimyoviy korroziya yuz berishining asosiy sharti elektr o‘tkazuvchi muhit – kislotalar, ishqorlar yoki tuzlar eritmasining mavjud bo‘lishidir.

Tabiiy sharoitda elektrokimyoviy korroziyani deyarli har doim, hamma joyda kuzatish mumkin. Masalan, atmosfera, sho‘r suv, yer osti, nurlanish va h. k. korroziyasi. Bunday yemirilishlar neft va gaz mahsulotlarini tashish magistral quvurlarida, saqlash inshootlarida kuzatiladi.

Sanoatda korroziyaning elektrokimyoviy ko‘rinishi suvli, nam texnologik muhitlarda kechadigan jarayonlarda yuz beradi. Bularga noorganik (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl) kislotalarini, mineral o‘g‘itlar, xlor, ishqorlar va shu kabilarni ishlab chiqarish jarayonlari kiradi.

Elektrokimyoviy korroziya jarayonlari suvli eritmalarda ham amalga oshadi. Metall sirti elektrolit eritmasiga tekkanda metall elektrolit zarrachalari bilan o‘zaro ta’sirlashib, metall ionlarining eritmaga o‘tishi kuzatiladi. A.N.Frumkinning nazariyasiga asosan, bunda o‘zaro bir-biriga bog‘langan ikki jarayon kechadi:

1. Solvatlangan (suvli eritmalarda gidratlangan) ionlar hosil bo‘lishi bilan boradigan metall ionlarining eritmaga o‘tishi (oksidlanish yoki anod jarayoni):



2. Bu ionlarning eritmadan ajralgan holda metall kristall pajarasi tarkibiga kiruvchi neytral atomlar ko‘rinishida metall sirtiga o‘tishi (qaytarilish yoki katod jarayoni).

To‘g‘ri va teskari o‘tish jarayonlardagi reaksiyalarning tezliklari umuman olganda teng emas. Agar metallning erishi

unga o'tirishga nisbatan tezroq boradigan bo'lsa, bu holda metall elektrolitga nisbatan manfiy zaryadlanadi. Natijada metallning erish tezligi kamayib, unga o'tirish tezligi ortib boradi. Potensialning manfiy tomonga siljishi potensialning muvozanat qiymatiga (E_p) erishilgunga qadar davom etadi. Muvozanat holatida metallning erish tezligi bilan metall ionlarining metall sitiga o'tirish tezliklari o'rtasida dinamik muvozanat yuzaga keladi. Ya'ni anod tokining zichligi (i_a) katod tokining zichligiga (i_k) teng bo'ladi:

$$i_a = i_k = i_o \quad (4.1)$$

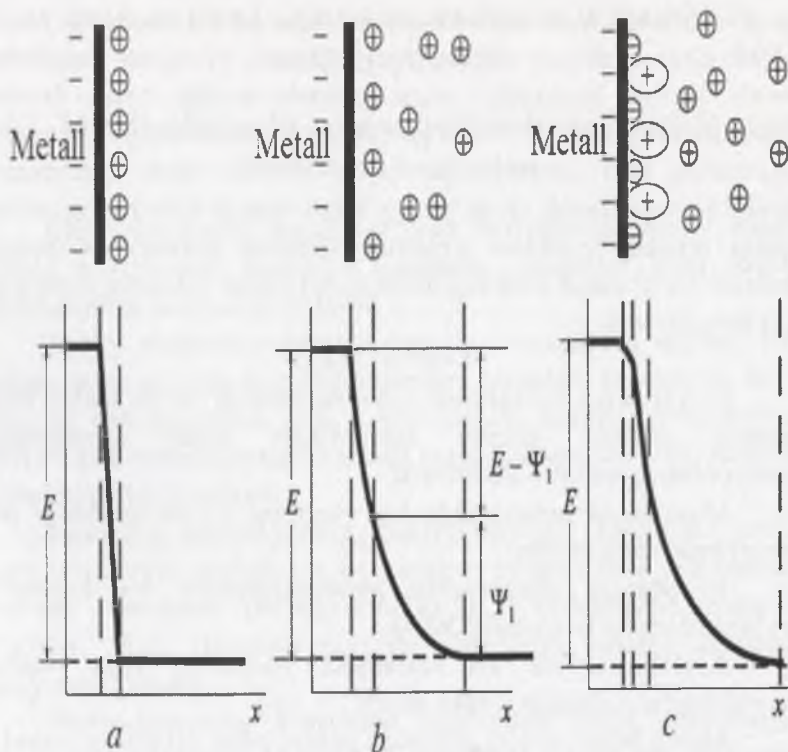
bu yerda i_o – almashinuv tokining zichligi bo'lib, metall bilan eritma orasida doimiy kechadigan ionlar almashinuvi jarayonining tezligini ifodalaydi.

Muvozanat potensialida bir vaqtning o'zida quyidagi ikki shart bajarilishi lozim:

1. Fazalar chegarasida elektrokimyoviy va kimyoviy aylanishlar yuz bermasligi kerak.

2. Potensial bir xil kattalikka yuqoriroq yoki pastroq qiymatiga o'z-o'zidan o'tishi lozim.

Metall bilan eritma o'rtasida potentsiallar farqining vujudga kelishi fazalarning bo'linish chegarasida bir-biridan ma'lum masofada musbat va manfiy zaryadlangan qatlamlar hosil bo'lishini bildiradi. Ya'ni, qo'sh (juft) elektr qavat (QEQ) hosil bo'ladi (4.1-rasm).



4.1-rasm. Qo'sh qavatda zaryadlar taqsimoti va potensialning o'zgarishi.

a – Gelmgols bo'yicha (QEQ ning zichlashgan sohasi); *b* – Gui va Chapmen bo'yicha (diffuziya sohasi); *c* – Shtern bo'yicha (ionlarning adsorbsiyalanishi).

Metall kationlarining eritmaga o'tishi tufayli metallning sirti manfiy zaryadlanib qoladi. Unga musbat zaryadlangan anionlar toriladi. Natijada yassi kondensator strukturasi o'xshash qo'sh elektr qavati (QEQ) hosil bo'ladi (4.1-rasm). QEQ to'g'risidagi tushunchalar nemis olimi Gelmgols tomonidan ilgari surilgan.

QEQ ning qalinligi sifatida gidratlangan ionlarning radiusi σ_r ga teng bo'lgan masofa qabul qilinadi. Potensialning butun o'zgarishi (sakrash) shu sohaga to'g'ri keladi (4.1-rasm, a).

Gui qavatlarni zich emas, balki tarqoq deb hisoblab, QEQ ning strukturasi to'g'risidagi Gelmgols nazariyasini yanada rivojlantirdi. Uning fikricha zich QEQ ionlarning doimiy ravishdagi issiqlik harakati tufayli buziladi (4.1-rasm, b). Bunday holda QEQ zich va difuziya qismlaridan tashkil topgan bo'ladi.

O'z navbatida potensialning sakrashini ham ikki qismdan iborat deb qarash mumkin: ψ_1 – QEQning difuziyali qismidagi potensialning o'zgarishi va $E - \psi_1$ – QEQ ning zich qismidagi potensialning o'zgarishi. O'rtacha konsentratsiyali difuziya qatlamining qalinligi $10^{-7} - 10^{-6}$ sm tartibida baholanadi.

Shtern QEQ ning strukturasi to'g'risidagi manzaraga yana bir qo'shimcha kiritdi. Uning tasavvuri bo'yicha elektrod sirtiga ionlarning maksimal yaqinlashuvi tufayli qavat zich qismining hosil bo'lishi bilan bir qatorda dipol molekullari va ionlarning o'ziga xos adsorbsiyasini ham inobatga olish zarur (4.1-rasm, v).

4.2. Elektrokimyoviy korroziya termodinamikasi.

Elektrolit muhitida metallarning barqaror bo'lmasligi elektrokimyoviy korroziyaga sabab bo'ladi. Muvozanat potensiali reaksiyaga kirishadigan moddalarning harorati va faolligiga bog'liq bo'lib, Nernst tenglamasi yordamida hisoblanishi mumkin:

$$E_m = E_o + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{Men+}}{a_{Me}} \quad (4.2)$$

Bu yerda E_m – metallning standart potensiali; R – gaz doimiysi; T – absolyut harorat; a_{Men+} – metall ionlarining aktivligi, g-ion/l; a_{Me} – metallning aktivligi, 1 ga teng deb olinadi; n – reaksiyada qatnashayotgan elektronlar soni.

Agar barcha doimiylarni 298 K da ifoda etsak va bog'lanishni o'nli logarifmda ifodalasak, uholda (4.2) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$E_m = E_o + \frac{0,059}{n} \ln a_{Men+} \quad (4.3)$$

Agar eritmada metall ionlarining aktivligi 1 ga teng bo'lsa, unda Nernst tenglamasidagi ikkinchi had nolga teng bo'ladi. U holda elektrod potensialining qiymati standart potensialga teng bo'lib qoladi ($E_m = E_o$).

Shunday qilib, standart elektrod potentsiali (SEP) muvozanat potensialining xususiy holi bo'lib hisoblanadi. Ba'zi metallar uchun standart potensialining qiymati 4.1-jadvalda keltirilgan.

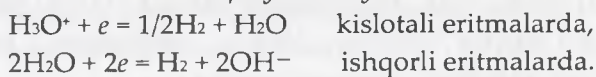
Mazkur o'quv qo'llanmadagi jadval va grafiklarda potentsiallar *standart vodorod elektrod (s.v.e.) potentsialiga* nisbatan keltirilgan.

Elektrokimyoviy korroziya jarayoni bir-biriga bog'liq holda boradigan ikki reaksiya majmuidir. *Bu reaksiyalarda metall elektronlarni beruvchi donor vazifasini o'taydi va uning sirtida quyidagi anod reaksiyasi boradi:*



Katodli depolyarizatsiyalovchi reaksiya deb ataladigan katod reaksiyasi elektr o'tkazuvchi muhit komponentlari ishtirokida boradi. Elektr o'tkazuvchi muhit — kislotalar, ishqorlar yoki tuzlarning suvli eritmasi bo'lishi mumkin.

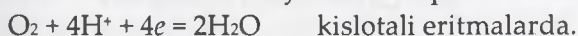
Elektronlarning akseptorlari — H_2 ionlari yoki H_2O molekullari bo'lishi mumkin (vodorodli depolyarizatsiya):



Metallarning standart potentsiali

Reaksiya	Potensial, V	Reaksiya	Potensial, V
$K^+ + e \rightleftharpoons K$	-2,925	$Pb^{2+} + 2e \rightleftharpoons Pb$	-0,126
$Ba^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ba$	-2,900	$Fe^{3+} + 3e \rightleftharpoons Fe$	-0,037
$Mg^{2+} + 2e \rightleftharpoons Mg$	-2,370	$H^+ + e \rightleftharpoons 1/2H_2$	0,000
$Al^{3+} + 3e \rightleftharpoons Al$	-1,660	$Sn^{4+} + 4e \rightleftharpoons Sn$	+0,007
$Ti^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ti$	-1,630	$Bi^{3+} + 3e \rightleftharpoons Bi$	+0,215
$Ti^{3+} + 3e \rightleftharpoons Ti$	-1,210	$Sb^{3+} + 3e \rightleftharpoons Sb$	+0,240
$Mn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Mn$	-1,180	$Cu^{2+} + 2e \rightleftharpoons Cu$	+0,337
$Cr^{2+} + 2e \rightleftharpoons Cr$	-0,913	$Co^{3+} + 3e \rightleftharpoons Co$	+0,418
$Zn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Zn$	-0,762	$Cu^+ + e \rightleftharpoons Cu$	+0,521
$Cr^{3+} + 3e \rightleftharpoons Cr$	-0,740	$Ag^+ + e \rightleftharpoons Ag$	+0,799
$Fe^{2+} + 2e \rightleftharpoons Fe$	-0,440	$Hg^{2+} + 2e \rightleftharpoons Hg$	+0,854
$Cd^{2+} + 2e \rightleftharpoons Cd$	-0,402	$Pd^{2+} + 2e \rightleftharpoons Pd$	+0,987
$Mn^{3+} + 3e \rightleftharpoons Mn$	-0,283	$Ir^{3+} + 3e \rightleftharpoons Ir$	+1,150
$Co^{2+} + 2e \rightleftharpoons Co$	-0,277	$Pt^{2+} + 2e \rightleftharpoons Pt$	+1,190
$Ni^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ni$	-0,250	$Au^{3+} + 3e \rightleftharpoons Au$	+1,500
$Mo^{3+} + 3e \rightleftharpoons Mo$	-0,200	$Au^+ + e \rightleftharpoons Au$	+1,690
$Sn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Sn$	-0,136		

yoki kislorod O_2 (kislorodli depolyarizatsiya):



Muhitning pH miqdori muvozanat potentsiali qiymatiga ta'sir qiladi.

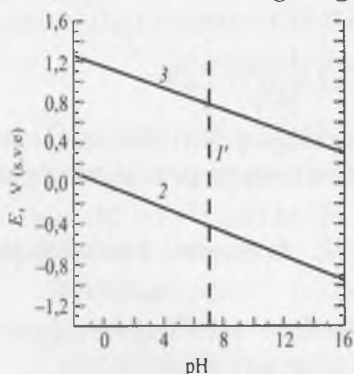
Vodorod depolyarizatsiyasi uchun Nernst tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$E_p(N^+/N_2) = E_o(N^+/N_2) + 0,059 \lg a_H \quad (4.4)$$

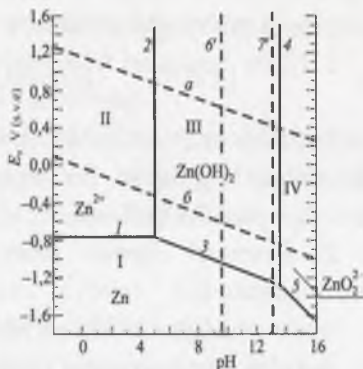
Agarda vodorod elektrodining standart potentsialining nolga, vodorod ionlari aktivligining o'qli logarifmi esa teskari ishora bilan olingan pH ga tengligini inobatga oladigan bo'lsak

$$E_p(N^+/N_2) = -0,059 \lg pH \quad (4.5)$$

1' chiziq bir-biri bilan muvozanatda bo'lgan H^+ va OH^- ionlarining aktivligi teng bo'lgan holatga mos keladi. 4.2-jadvalda bu H^+/OH^- sifatida belgilangan.



4.2-rasm. 25°S haroratda suv uchun E—pH diagrammasi



4.3-rasm. Zn—H₂O sistemasi uchun E—pH diagrammasi.

Ko'pincha 2 chiziqni "b" harfi bilan, 3 chiziqni esa "a" harfi bilan belgilaydilar. Element-suv sistemasi uchun Purbe diagrammasida suvning turg'unlik sohasini ajratish maqsadida ularni punktir chiziqlar orqali chiziladi.

4.2-jadval

25°S harorat va 0,1MPa bosimda suvdagi muvozanatlar to'g'risida ma'lumot

4.2-rasm bo'yicha belgilashlar	Reaksiya	Tenglama
1 (Rasmda keltirilmagan)	$H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$	$\lg[OH] = -14 + pH$
1'	H^+/OH^-	$pH = 7$
2	$H_2 \leftrightarrow 2H^+ + 2e$	$E = 1,228 - 0,059pH - 0,0295\lg PH_2$
3	$2H_2O \leftrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e$	$E = 0,00 - 0,059pH - 0,147\lg PO_2$

4.3-rasmda ancha murakkab bo'lgan metall-suv, ya'ni Zn—H₂O sistemasi uchun E—pH diagrammasi keltirilgan bo'lib,

bunda bir necha har xil turdagi ionlar hosil bo'lishi mumkin (4.3-jadval).

Diagramma to'rtta sohadan tashkil topgan (4.3-rasm):

I – Zn ning termodinamik barqarorlik sohasi (katod himoyasi sohasi);

II va IV – Zn ning erish sohasi (korroziyalanish sohasi);

III – passivlanish sohasi.

1 chiziq ruxning ionizatsiya jarayonidagi muvozanat shartiga mos keladi. Bu chiziqdan pastda metallning termodinamik barqaror sohasi yotadi, undan yuqorida ruxning erishi kuzatiladi.

4.3-jadval

25°S haroratda Zn–H₂O sistemasidagi muvozanatlar to'g'risida ma'lumot

4.3-rasm bo'yicha	Reaksiya	Muvozanat tenglamasi
1	$\text{Zn} \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e$	$E = 0,763 + 0,0295$
2	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+$	$\lg[\text{Zn}^{2+}] = 12,26 - 2\text{pH}$
3	$\text{Zn} + 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2e$	$E = -0,400 - 0,059\text{pH}$
4	$\text{Zn}(\text{OH})_2 \leftrightarrow \text{HZnO}_2^- + \text{H}^+$	$\lg[\text{HZnO}_2^-] = -15,37 + \text{pH}$
5	$\text{Zn} + 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{ZnO}_2^{2-} + 4\text{H} + 2e$	$E = 0,441 - 0,1182\text{pH} + 0,0295\lg[\text{ZnO}_2^{2-}]$
6	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HZnO}_2^- + 3\text{H}^+$	$\lg \frac{[\text{HZnO}_2^-]}{[\text{Zn}^{2+}]} = -27,63 + 3\text{pH}$
6'	$\text{Zn}^{2+}/\text{HZnO}_2^-$	$\text{pH} = 9,21$
7	$\text{HZnO}_2^- \leftrightarrow \text{ZnO}_2^{2-} + \text{H}^+$	$\lg \frac{[\text{ZnO}_2^{2-}]}{[\text{HZnO}_2^-]} = -13,11 + \text{pH}$
7'	$\text{HZnO}_2^-/\text{ZnO}_2^{2-}$	$\text{pH} = 13,11$

Bu shuni anglatadiki, pH bir birlikka o'zgarganda vodorod elektrodining potentsiali 59 mV ga kamayadi.

Kislorod elektrodining potentsiali vodorod elektrodining potentsialiga nisbatan 1,23 V ga musbatliroq hisoblanadi, ya'ni

$$E_p(N^+/N_2) = 1,23 - 0,059 \text{ pH} \quad (4.6)$$

Kislotali muhit uchun $\text{pH} = 0$ va $a_{N^+} = 1 \text{ mol/l}$ bo'lganda $E_p(N^+/N_2) = 0$ va $E_p(O_2/ON^-) = +1,23 \text{ V}$. Neytral muhitda $\text{pH} = 7$ va $a_{N^+} = 10^{-7} \text{ mol/l}$ bo'lib, $E_p(N^+/N_2) = -0,415 \text{ V}$ va $E_p(O_2/ON^-) = +0,815 \text{ V}$.

Elektrokimyoviy reaksiyalar uchun Gibbsning erkin energiyasi quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanishi mumkin:

$$\Delta G^0 = -n \cdot F \cdot \Delta E \quad (4.7)$$

bu yerda F – Faradey soni, n – reaksiyada ishtirok etuvchi elektronlar soni, ΔE – katod va anod reaksiyalari muvozanat potentsiallarining farqi bo'lib,

$$\Delta E = E_{nk} - E_{ma}$$

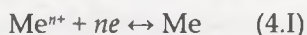
4.3. Purbe diagrammalari

Belgiyalik olim Purbe element–suv sistemasida muvozanatni o'rganish usulini taklif qildi. Usulning mohiyati shundan iboratki, unda: sistemadagi mumkin bo'lgan barcha muvozanat holatlari o'rganiladi; natijalar jadval ko'rinishidagi ma'lumotlardan iborat bo'ladi; tahlil uchun bog'lanishlar *potensial-pH* koordinatalarida grafik ko'rinishda ifodalanadi. Grafik ko'rinishda ifodalangan bunday bog'lanishlar Purbe diagrammalari deyiladi.

Diagrammalar birikmalar termodinamik barqarorligining chegarasini aniqlash va reaksiyalarning borishi mumkinligi to'g'risida xulosa qilish uchun foydalaniladi. Oxirgi vaqtlarda korrozion jarayonlarning alohida modellarini ishlab chiqish

maqsadida kompleks tadqiqotlar o'tkazish, jumladan Purbe diagrammalaridan foydalanish keng tarqalgandir. Diagrammalarni tuzishda metall-suv sistemasida uch turdagi muvozanat inobatga olinadi:

1. *Elektr zaryadlari bilan muvozanatli almashinuv:*



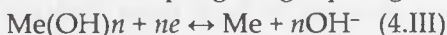
Bunday muvozanatlar pH ga bog'liq bo'lmasdan faqat potensialga bog'liqdir. Bu jarayonlarni xarakterlovchi chiziqlar pH o'qiga parallel bo'ladi.

2. *Potensial qiymati bilan bog'liq bo'lmagan ion-molekular muvozanat:*



Bunday muvozanatlar faqat pH ning qiymatiga bog'liq. Purbe diagrammasida ularga potentsiallar o'qiga parallel chiziqlar to'g'ri keladi.

3. *Ham potensial, ham pH ga bog'liq bo'lgan muvozanatlar:*



Bunday elektrodning potentsiali Nernst tenglamasiga asosan aniqlanadi:

$$E_p(\text{ON}/\text{Me}) = E_o(\text{ON}^-/\text{Me}) - 0,059 \text{ pH} \quad (4.9)$$

Muvzanat chizig'i ikkita o'qqa nisbatan ham qiyalikka ega.

Misol tariqasida suv uchun E—pH diagrammasi (4.2-rasm) keltirilgan. Asosiy reaksiyalar va ularga mos tenglamalar (4.2-jadvalda keltirilgan). Diagrammadagi 2 va 3 chiziqlar suvning elektrokimyoviy muvozanatiga to'g'ri keladi. Bunda vodorod bilan qaytarilish jarayoni (2 chiziq) va kislorod bilan oksidlanish jarayoni (3 chiziq) ifodalangan. 3 chiziqdan yuqorida joylashgan potensialning qiymatlarida suv oksidlanadi, 2 chiziqdan pastda joylashgan potensialning qiymatlarida esa qaytariladi.

2 va 3 chiziqlar ionlarning aktivligi birga teng bo'lgan holat uchun keltirilgan.

Diagrammaning chap qismiga to'g'ri keluvchi pH ning qiymatlarida (II soha) Zn^{2+} kationlari, IV sohada esa HZnO_2^- anionlari hosil bo'ladi. Ularning orasida III soha yotadi (passivlanish sohasi), bu sohada erimaydigan Zn(OH)_2 gidroksidi hosil bo'ladi.

6' va 7' chiziqlar xususiy holda $\text{pH} = 9,21$ (6' chiziq) bo'lganda $\text{Zn}^{2+}/\text{HZnO}_2^-$; $\text{pH} = 13,11$ (7' chiziq) bo'lganda $\text{HZnO}_2^-/\text{ZnO}_2^{2-}$ ionlar aktivligi teng bo'lgan hol uchun Zn^{2+} , HZnO_2^- va ZnO_2^{2-} ionlar orasidagi muvozanatga mos keladigan pH ning qiymatlarini aniqlaydi. 6' chiziqdan chap tomonda Zn^{2+} ionlarining ustunlik sohasi, o'ng tomonda esa HZnO_2^- ionlarining ustunlik sohasi yotadi.

Xuddi shunga o'xshash 7' chiziqdan chap tomonda HZnO_2^- ionlarining va o'ng tomonda ZnO_2^{2-} ionlarining ustunlik sohasi yotadi.

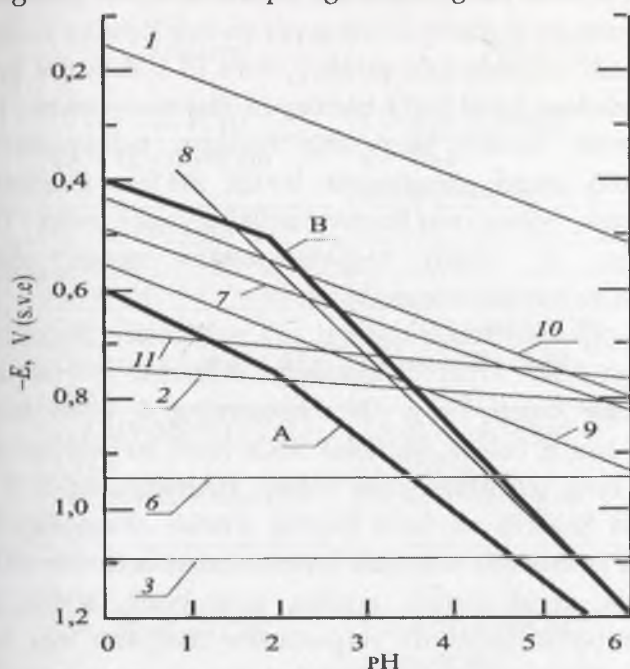
2 va 4 chiziqlar kimyoviy reaksiyalarning muvozanatiga mos keladi va shuning uchun ular potentsialga bog'liq emas.

3 va 5 chiziqlar Zn ning Zn(OH)_2 va ZnO_2^{2-} gacha elektrokimyoviy erish reaksiyalari muvozanatiga mos kelib, potentsial va pH ga bog'liq.

Kislotali eritmalarda xrom passiv holatining termodinamik modeli-ni ishlab chiqishda tadqiqotlarning kompleks usulidan foydalaniladi. Bu tadqiqotlar termodinamik hisoblashlar va Purbe diagrammasini qurish, eksperimental elektrokimyoviy tadqiqotlar va sirt plyonkalarining xossalari in siti (tegishli joyda) hamda perse (o'z-o'zidan), ya'ni plyonka metall sirtidan ajralgandan so'ng usullari asosida aniqlashni o'z ichiga oladi.

4.4-rasmda $\text{Sr} - \text{H}_2\text{O}$ sistemasining $\text{pH} < 6$ va $E < 0$ bo'lgan hol uchun $E - \text{pH}$ diagrammasi ifodalangan. Rasmda raqamlar bilan belgilangan chiziqlar muvozanat holatini ifodalaydi, ular 4.4-jadvalda keltirilgan reaksiyalar uchun hisoblab topilgan. A va

V egriliklar eksperimental rezistometrik polarizatsion izlanishlar asosida qurilgan. Ya'ni korroziyaning joylardagi tezligini, H_2 ajralish katod tokining qo'shilishi oqibatida metall anod erishining tezligi o'lchanadigan anod toki zichligiga ekvivalent bo'lmagan holat uchun aniqlashga asoslangan.



4.4-rasm. Sr — N_2O sistemasining $pH < 6$ va $E < 0$ bo'lgan hol uchun Ye—pH diagrammasi.

Chizmadagi 1 chiziqli xrom gidridi SrH hosil bo'lish reaksiyasining muvozanatiga mos keladi. Bu chiziqdan yuqorida xrom metall holda, pastda esa SrN plyonkasi bilan qoplangan holda bo'ladi. Elektron-spektral usul bilan metall haldagi xrom sirtida SrH plyonkasining hosil bo'lishi o'z tasdig'ini topdi.

Chimadagi A chiziqli potensial o'zgarishi E_A — ya'ni xromning faol erishi boshlanadigan soha bilan pH orasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Xromning faol erishi 2 va 11 reaksiyalar (4.4-jadval) bo'yicha SrH gidrid plyonkasining oksidlanish

kinetikasi orqali xarakterlanadi. A chiziq 2 chiziqni $\text{pH} = 1,8$ qiymatida kesib o'tib, undan keyin pH ning ortishi bilan keskin pastga yo'naladi. $\text{pH} > 5,2$ bo'lganda xromning Sr^{2+} ko'rinishda erishi to'xtaydi va gidrat hosil bo'lish reaksiyasi boshlanadi. Ev potensial xromda passivlanishning boshlanishiga to'g'ri keladi.

4.4-rasmda B chiziq Ev ning pH ga bog'liqligini ifodalaydi. Passivlanish sohasida SrN sirtida 7, 9 va 10 reaksiyalar bo'yicha oksid plyonkasi hosil bo'la boshlaydi. Elektron-spektral hamda ellipsometrik usullar bilan olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, oksid gidratlangan bo'lib, ma'lum miqdorda N^+ qatnashgan holda n-o'tkazuvchanlikka ega qalin fazoviy qatlamdan ($\approx 23\text{nm}$) tashkil topgan qo'sh plyonkali $\text{Cr}|\text{CrH}|\text{Cr}_2\text{O}_3$ strukturadan iborat.

Ev— pH egrilikning qiyaligi $\text{pH} = 2,25$ dan boshlab $0,059 \text{ V/pH}$ dan $0,177 \text{ V/pH}$ qiymatgacha o'zgaradi (4.4-jadval). Bu burilishning holati 7 va 10 chiziqlarning 8 bilan kesishish sohasiga to'g'ri keladi. Bu holat Sr_2O_3 hosil bo'lishidan oldingi $\text{Sr}(\text{OH})_3$ ning o'tirishiga mos keladi. Potensialning $E \geq 0,1 \text{ V}$ qiymatida $\text{Sr}(\text{OH})_3$ va Sr_2O_3 larning o'tirish ehtimolligi bir xil bo'ladi. Passivlanish sohasida potensialning ortib borishi bilan plyonkada degidratlanish amalga osha borib, u bir qavatli $\text{Cr}|\text{Cr}_2\text{O}_3$ bo'la boshlaydi, u p-o'tkazuvchanlikka ega bo'ladi. $\text{Cr}|\text{Cr}_2\text{O}_3$ chegarasida ventil ta'siriga ega va anod jarayonining kechishiga to'sqinlik qiluvchi n-p-kontakt amalga oshadi. Potensial ortishi bilan plyonkada uning himoyaviy xususiyatlarini yaxshilaydigan $\text{Cr}(\text{VI})$ aralashma paydo bo'la boshlaydi, plyonkaning gidratlanish darajasi kamayadi. Potensialning undan keyingi ortishi yuqori xrom oksidlarining hosil bo'lishiga olib keladi. Bu oksidlar anod yoki kimyoviy jarayonlar orqali eritmaga o'tib ketadigan xromatlarni hosil qiladi.

4.4-jadval

Cr va uning birikmalari ishtirokida boradigan kimyoviy va elektrokimyoviy reaksiyalar to'g'risida ma'lumot
($E < 0,0 \text{ V}$, $\text{pH} < 6$)

4.4-rasm bo'yicha chiziqlarni	Reaksiya	Tenglama
1	$\text{Cr} + \text{H}^+ + e \leftrightarrow \text{CrH}$	$E = -0,09 - 0,059\text{pH}$
2	$\text{Cr}^{2+} + \text{H}^+ + 3e \leftrightarrow \text{CrH}$	$E = -0,64 - 0,019\text{pH} + 0,019\lg[\text{Cr}^{2+}]$
3	$\text{Cr}^{2+} + 0,5\text{H}_2 + 2e \leftrightarrow \text{CrH}$	$E = 0,95 + 0,031 \cdot \lg[\text{Cr}^{2+}]$
4	$\text{CrH} + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Cr}^{2+} + 1,5\text{H}_2$	
5	$\text{CrH} + 3\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Cr}^{3+} + 2\text{H}_2$	
6	$\text{Cr}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Cr}$	$E = -0,91 + 0,03 \cdot \lg[\text{Cr}^{2+}]$
7	$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 8\text{H}^+ + 8e \leftrightarrow \text{CrH} + 3\text{H}_2\text{O}$	$E = -0,45 - 0,059\text{pH}$
8	$\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ + e \leftrightarrow \text{Cr}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	$E = -0,14 - 0,177\text{pH} - 0,059\lg[\text{Cr}^{2+}]$
9	$\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ + 3e \leftrightarrow \text{Cr} + 3\text{H}_2\text{O}$	$E = -0,51 - 0,059\text{pH}$
10	$\text{Cr}(\text{OH})_3 + 4\text{H}^+ + 4e \leftrightarrow \text{CrH} + 3\text{H}_2\text{O}$	$E = -0,40 - 0,059\text{pH}$
11	$\text{Cr}^{3+} + \text{H}^+ + 4e \leftrightarrow \text{CrH}$	$E = -0,58 - 0,015\text{pH} - 0,059\lg[\text{Cr}^{3+}]$
Eslatma: $[\text{Cr}^{2+}]$ va $[\text{Cr}^{3+}]$ – ionlarning aktivligi		

4.4. Elektrod reaksiyalari kinetikasining qonuniyatlari

Agar elektrod E_m muvozanat potentsiali ostida bo'lsa elektr zanjirida tokning nolga teng bo'lishi bizga ma'lum. Agar elektrodning potentsiali muvozanat qiymatiga nisbatan siljitilsa, masalan $E_m + \Delta E$ ga teng bo'lsa u holda elektronlar yoki ionlarning fazalar chegarasi orqali yo'nalgan o'tishi yuzaga kelib, zanjirda noldan farqli tok oqa boshlaydi. Bundan boshqa variant ham bo'lishi mumkin: masalan elektrod orqali tashqi maba

yordamida tok o'tkazilsa elektrodning potentsiali muvozanat potentsialidan ΔE ga chetga chiqadi. Elektroddan tok o'tganda potentsialning $\Delta E = E - E_m$ ga sijishi elektrodning qutblanishi deyiladi.

Elektrod jarayonlarining kinetikasini o'rganish elektrodning qutblanishi ΔE bilan elektrokimyoviy reaksiya tezligi i orasidagi bog'liqlikni topishdan iboratdir.

Tok zichligi bilan potentsial orasidagi bog'lanish grafigi qutblanish egriligi deyiladi va u korroziya jarayonlarini o'rganishda muhim ahamiyat kasb etadi.

E—lgi bog'lanishni eksperimental aniqlash uchun *asosiy* (o'rganilayotgan), *yordamchi* (odatda platinadan tayyorlangan) va *taqqoslanadigan elektrod*lardan iborat uch elektrodli yacheykalardan foydalaniladi. Asosiy va yordamchi elektrodlar orqali ularni tashqi kuchlanish manbaga ulab tok o'tkaziladi (uni tegishli asboblarda yordamida o'lchash orqali). Bunda asosiy elektrodning taqqoslanadigan elektrodga nisbatan potentsiali o'lchanadi. Bunday o'lchashlar tok zichligining turli qiymatlari uchun amalga oshiriladi va natijada olingan ko'psonli nuqtalar asosida E—lgi bog'lanishning grafigi chiziladi. Galvanostatik usul deb ataladigan bu usuldan farqli holda potensiostatik usul ham mavjud. Bunda asosiy elektrodga taqqoslanadigan elektrodga nisbatan qiymati vaqt o'tishi bilan doimiy bo'lgan (maxsus potensiostat asboblari yordamida) potentsial beriladi. Eksperiment davomida asosiy-yordamchi elektrodlar orqali o'tayotgan tok muntazam o'lchab boriladi.

Elektrokimyoviy reaksiyaning muhim belgilaridan biri reaksiya tezligining i tok zichligiga ekvivalent ekanligidir. Bunday ekvivalentlik Faradey qonunidan kelib chiqadi. Metallning erishi jarayonida ma'lum vaqt ichida metall massasining yo'qotilishini bilgan holda uning erish tezligini hisoblash mumkin. Bu esa anod toki zichligini aniqlash imkonini beradi:

$$i_a = \frac{nF\Delta m}{SA_m\tau} \quad (4.10)$$

bu yerda A_m – metallning atom massasi, Δm – τ vaqtda metal massasining kamayishi, S – elektrod yuzasi, n – elektronlar soni, F – Faradey soni, τ – vaqt.

Amalda qo'llash qulay bo'lishi uchun elektrokimyoviy reaksiya tezligi tenglamasida bu tezlikni ko'pincha tok zichligi orqali ifodalash maqsadga muvofiqdir (masalan, A/sm^2 larda).

Har qanday elektrod jarayonlari bir necha bosqichlardan iborat bo'ladi. Ularning asosiylari quyidagilardir:

- Eritma hajmidan elektrod sirtiga sezgir moddalarni kiritilishi;

- Fazalar bo'linish chegarasi orqali zaryadlangan zarrachalarning (elektronlar va ionlar) ko'chib o'tishi;

- Reaksiya mahsulotlarining eritma hajmiga qaytarilishi;

Elektrod jarayonining tezligi, limitlovchi tezlik deb ataladigan eng kichik tezlikka ega bo'lgan bosqich tezligi orqali aniqlanadi.

Elektrokimyoviy reaksiya tezligi massaning ko'chish bosqichi bilan aniqlanadigan bo'lsa, konsentratsion polyarizatsiya amalga oshadi. Bunday holda jarayonning kinetikasi qonuniyatlari keyingi mavzularda ko'riladigan diffuziya bilan limitlanadi.

4.4.1. Diffuzion kinetika. Konsentratsion qutblanish.

Elektrod jarayonlarida modda ko'chishi bir necha yo'llar bilan amalga oshishi mumkin. Tok o'tganda elektrod yaqinida moddaning konsentratsiyasi o'zgaradi, bunda eritmaning bir komponentlari elektrod reaksiyasiga kirishsa, boshqalari reaksiya natijasida vujudga keladi. Natijada elektrodga yaqin qatlamlar bilan eritmaning hajmi orasida konsentratsiya farqi yuzaga keladi. Bu o'z navbatida esa molekular diffuziyaga olib keladi.

Massa ko'chishining ikkinchi ko'rinishi zarralarning elektr maydon ta'siridagi harakati tufayli amalga oshadi. Elektrostatik

kuchlar orqali ionlar qarama-qarshi ishorali zaryadlangan elektrodga tortiladi. Bu ham o'z navbatida ionlarning migratsiyasiga sabab bo'ladi.

Harakatlanayotgan suyuqlik oqimi bilan moddaning ko'chishi konveksiya deyiladi. Bunday ko'chishni sun'iy ravishda ham suyuqlikni aralashtirish orqali hosil qilish mumkin. Tabiiy sharoitlarda reaksiya zonasida elektrolitni joylarda qizdirilishi, gaz hosil bo'lishi va gaz pufakchalarining elektrodan uzilib chiqishi va b. ham konveksiyaga olib kelishi mumkin.

Ko'pincha diffuziya jarayolari quyidagi ikki variantda o'rganiladi: Statsionar sharoitlardagi aralashtirilmaydigan yoki nazorat qilinadigan konvektiv rejimdagi elektrolitlarda.

Agarda reaksiyaga kirishayotgan modda konsentratsiyasining ($C_0 - C$) o'zgarishi δ qalinlikdagi diffuzion qatlamda yuz berayotgan bo'lsa, u holda Fikning birinchi qonuniga asosan:

$$\frac{dm}{d\tau} = K_D \frac{C_0 - C}{\delta} \quad (4.11)$$

bunda -1 sm^2 yuza orqali birlik vaqt ichida diffuziya orqali o'tadigan gramm-ionlar soni; K_D – diffuziya koeffitsienti; C va C_0 – mos ravishda elektrod sirtidagi potentsiali aniqlanadigan va eritma hajmidagi ionlar konsentratsiyasi.

Agarda elektrodga yetib keladigan barcha ionlar shu zahotiy oq razryadlansa, Faradey qonuniga asosan tok zichligi uchun quyidagi tanglama o'rinli bo'ladi:

$$i = \frac{dm}{d\tau} nF \quad (4.12)$$

bunda n – zaryadlangan zarralar soni; F – Faradey soni. (4.11) tenglamani inobatga olsak bu tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$i = K_D \frac{C_0 - C}{\delta} nF \quad (4.13)$$

Chegaraviy diffuziya toki deb ataladigan eng katta tok $S \approx 0$ bo'lganda kuzatiladi, ya'ni elektrodga yaqinlashgan har bir ion shu zahotiy oq

elektrokimyoviy reaksiyaga kirishadi. Buni inobatga oladigan bo'lsak diffuziya tokining qiymati

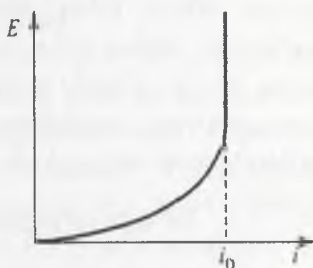
$$i_D = K_D \frac{C_0}{\delta} nF \quad (4.14)$$

Shunday qilib, chegaraviy diffuziya toki potensialga bog'liq emas (4.5-rasm).

Elektrokimyoviy jarayon diffuziya bosqichining sekinlashuvi konsen-tratsion qutblanishning yuz berishiga olib keladi. Uning qiymati quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\Delta E = 2,3 \frac{RT}{nF} \lg \frac{C_0}{C} \quad (4.15)$$

4.5-rasm. Konsentratsion qutblanishning tok zichligiga bog'liqligi



(4.13) va (4.14) tenglamalardan quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{i}{i_D} = 1 - \frac{C_0}{C} \quad (4.16)$$

Bu tenglamani hisobga olgan holda

$$\Delta E = 2,3 \frac{RT}{nF} \lg \left(1 - \frac{i}{i_0}\right)$$

Bu ifodaning grafik ko'rinishi 4.5-rasmida ifodalangan.

Metallar erishining anod bosqichi uchun korroziya jarayonlarida konsen-tratsion qutblanishning yuz berishi kamdan-kam hollarda kuzatiladi. Birgalikda boradigan katod reaksiyalarida diffuzion cheklanish tez-tez uchrab turadi.

4.4.2. Sekinlashgan razryad bosqichi – ionizatsiya.

Agar elektrokimyoviy jarayonning eng sekin boradigan bosqichi zaryadlangan zarralarning fazalar bo'linish chegarasi orqali o'tish bo'lsa, u holda razryadning sekinlashgan bosqichi, ya'ni ionizatsiya o'rinli bo'ladi.

Zaryadning fazalar bo'linish chegarasi orqali ko'chishining kinetik qonuniyatlarini ifodalovchi nazariya *sekinlashgan razryad nazariyasi* deyiladi. Sifat jihatidan bu nazariya birinchi marta M. Folmer va A.N. Frumkin tomonidan ta'riflab berilgan.

Elektrokimyoviy reaksiya tezligiga potensial sakrashi ta'sirining asosiy sababi shundan iboratki, bunday reaksiyalarning tezliklari aktivatsiya energiyasi metall-eritma chegarasida potensialning funksiyasi bo'lgan zaryad ko'chish bosqichi bilan limitlanadi. Bunday hollarda elektrokimyoviy jarayon tezligi bilan elektrod potentsiali orasidagi miqdoriy bog'lanish Folmer-Frumkin tenglamasi orqali ifodalanadi. Eng sodda, bir yo'nalishda boruvchi jarayon, ya'ni bir vaqtning o'zida n ta elektron ajraladigan hol uchun (4.1) ifodaga nisbatan qo'llanilganda bu tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$i_a = k a_m \exp[\beta n F (E - E_m) / RT] \quad (4.18)$$

bu yerda i_a – tok zichligi birliklarida ifodalangan anod reaksiyasi tezligi; a – reagent aktivligi (mazkur holda – metall); β – anod reaksiyasi uchun ko'chish koeffitsienti; F – metallning qaralayotgan sharoitdagi elektrod potentsiali; E_m – (4.1) reaksiyaning muvozanat elektrod potentsiali; " a " indeks anod jarayoni kechayotganligini bildiradi, " m " esa gap metall haqda ketayotganini bildiradi.

Shunday qilib, elektrokimyoviy reaksiya tezligi potensialga bog'liq bo'lib, u eksponensial qonun bo'yicha o'zgarar ekan. Bu istalgan elektrokimyoviy jarayon, jumladan metallning erish jarayonning o'ziga xos tomonlaridan hisoblanadi.

Oxirgi hol uchun shuni inobatga olish lozimki, metallning aktivligi (a_m) odatda doimiy kattalik, shu sababli (4.18) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish o'rinli bo'ladi:

$$i_a = k \exp[\beta n F (E - E_m) / RT] \quad (4.19)$$

Amalda qo'llash qulay bo'lishi uchun (4.19) ifodani quyidagicha logarifmlash maqsadga muvofiqdir:

$\ln i_a = \ln k + \beta n F (E - E_m) / RT$ yoki natural logarifmlarni o'nlisiga o'tkazilsa

$$\lg i_a = k' + \beta n F (E - E_m) / 2,3 RT \quad (\text{bunda } k' = \frac{\ln k}{2,3}) \quad (4.20)$$

Agarda bu tenglamaga $2,3 RT / \beta n F = b$ (4.21) deb o'zgartirish kiritsak, u holda

$$E = a' + b \lg i_a, \quad (4.22)$$

$$\text{bunda } a' - \text{doimiy kattalik, } b = d \lg i_a / dE \quad (4.23)$$

metall erish tezligining xarakteristikasi.

(4.22) tenglama bilan ifodalanuvchi i_a ning E ga bog'liqligi asosida yotuvchi qonunga birinchi marta Tafel tomonidan ta'rif berilganligi sababli u Tafel tenglamasi deb yuritiladi. Shuningdek, bu ifodaga kiruvchi b kattalik Tafel qiyaligi (metallar elektrokimyoviy erishini o'rganish bilan bog'liq bo'lgan ilmiy va amaliy masalalarni yechishda keng qo'llaniladigan $E - \lg i_a$ koordinatalar sistemasidagi egriliklarning qiyaligini nazarda tutib) deb yuritiladi.

"Qiyalik" tushunchasi shuni anglatadiki, tok zichligi logarifmining o'zgarishiga ekvivalent bo'lgan, tok zichligi 10 martaga o'zgarganda, mV larda ifodalangan elektrod potentsiali b kattalikka o'zgaradi.

Qiyalik kattaligi b muhim xarakteristka hisoblanib, elektrokimyoviy reaksiyalar kinetikasi to'g'risidagi xulosalar qilishda asosiy argument bo'lib xizmat qiladi.

Masalan, $E - \lg i_a$ koordinatalarida qutblanish egriliklarining qiyaligi reaksiyada qatnashuvchi elektronlarning soni to'g'risida xulosa qilish imkonini beradi. Misol tariqasida metallning erish jarayoni bir bosqichda boradigan holni ko'rib chiqamiz.



Faraz qilaylik, metall eritmaga bir valentli Me^+ kationlar shaklida ham, shuningdek ikki valentli Me^{2+} kationlar shaklida ham o'ta oladi. Istalgan holda ham reaksiya tezligini ifodalash

uchun (4.22) tenglama o'rinli bo'ladi, bunda qiyalik $b = 2,3RT / \beta nF$. Odatda, 20°C harorat uchun $\beta \approx 0,5$ bo'lganligi sababli R va F kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib quyidagilarga ega bo'lamiz:

$p = 1$ bo'lgan hol uchun $b = 118 \text{ mV}$;

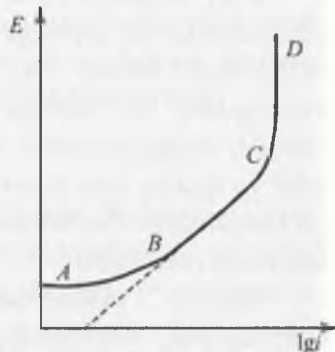
$p = 2$ bo'lgan hol uchun $b = 59 \text{ mV}$.

(4.18) tenglamani tahlil qilishda ta'kidlangan ediki, qutblanishning kichik qiymatlarida $\Delta E = E - E_m \ll \frac{RT}{F}$ bo'lgan hollar uchun (ΔE ko'pincha 25 mV dan oshmaydi) eksponentani qatorga yoyib, quyidagini olish mumkin:

$$\Delta E = \frac{RT}{nF} \frac{i}{i_0} \quad (4.24)$$

bunda i_0 – almashinish tokining zichligi.

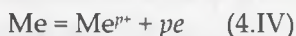
Shunday qilib, muvozanat potentsiali yaqinida E va i orasida chiziqli bog'lanish kuzatilishi kerak. U holda qutblanish egriligi $E - \lg i_0$ koordinata sistemasida umumiy holda 4.6-rasmda ko'rsatilgan ko'rinishda bo'ladi. AB qism qutblanishning kichik qiymatlariga va E hamda i orasida bog'lanishning chiziqli sohasiga mos keladi. BC qismda E va $\lg i$ lar orasida tafel bog'lanishi kuzatiladi va nihoyat CD qism chegaraviy diffuzion tok sohasiga to'g'ri keladi. Bu bobda ishlab chiqilgan qonuniyatlar elektrokimyoviy korroziya jarayonlarining asosida yotuvchi reaksiyalarning tahlili uchun muhim ahamiyat kasb etadi.



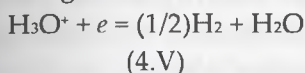
4.6-rasm. Qutblanish egriligining umumiy ko'rinishi

4.5. Elektrokimyoviy korroziya jarayonining umumiy tavsifi

Eriydigan mahsulotlari (ya'ni Me^{n+} ionlari) hosil bo'lishi bilan boradigan metall korroziyasini oddiy holda *metallarning erish jarayoni* deb aytiladi. Metall atomlaridan metall ionlarining hosil bo'lishini kislotali elektrolit eritmasi misolida quyidagi reaksiya orqali ifodalash mumkin:

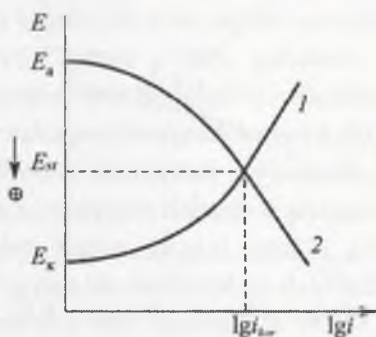


Bu reaksiyada elektronlar ajralib chiqadi, va ular quyidagi reaksiyaga ko'ra vodorod ionlariga birikadi:



Natijada bir vaqtning o'zida metallda ikkita reaksiya — anod (4.IV) va katod (4.V) reaksiyalari boradi.

Elektronlarning ko'chishi metall sirti orqali amalga oshsa, ionlarning harakati elektrolitda yuz beradi. Bunda yuz beradigan hodisa 4.7-



4.7-rasm. Depolyarizator razryadi (1) va metall ionizatsiyasi (2) reaksiyalari tezliklarining potensialga bog'liqligi.

rasmida ifodalangan. Elektrokim-yoviy jarayonning kechishida anod E_a va katod E_k potentsiallari ma'lum bir nuqtada kesishadi. Potensialning bu qiymati E_{st} statsionar yoki siljigan (kompromiss) potensial deyiladi. Potensialning E_{st} qiymatida katod va anod toklarining qiymati teng bo'ladi, ya'ni

$$i_a = i_k = i_{kor} \quad (4.25)$$

i_{kor} — korroziya tezligi yoki metallning o'z-o'zdan erish tezligi deyiladi.

Agarda bunda elektrod jarayonlari kechmaganda edi elektrodning potentsiallari tenglashardi va to'la qutblanish amalga oshar edi.

Aslida esa anod va katod jarayonlari davom etadi. Eritmada depolyarizatorlarning bo'lishi reaksiyalarning kechishini ta'minlaydi, natijada H_2 yoki OH^- hosil bo'ladi. Shunday qilib, tashqi tok bo'lmaganda agarda metallda ikki qarama-qarshi yo'nalishda bir vaqtning o'zida kechadigan reaksiyalardan biri erish reaksiyasi, ikkinchisi eritmaning qandaydir oksidlanuvchi komponentining, masalan vodorod ionlarining qaytarilish reaksiyasi bo'lsa, ana shuning o'zi korroziya jarayonidir.

Shunday qilib, metall eritmaga tushirilgan va tashqi manbadan keladigan tok u orqali o'tmayotgan sharoitda o'z-o'zidan boradigan jarayonga korroziya deyiladi.

Korroziya jarayonini metall orqali tashqi tok oqayotgan holdagina o'rganish mumkin. Korroziya tezligi haqida ma'lumot olish uchun metall orqali tok o'tkazish (uni qutblash) va qutblanish egriliklarini chizish prinsipidan foydalanish lozim.

Agar elektrodni tok manbaining manfiy qutibiga ulansa, uning potentsiali manfiy tomonga siljiydi. Elektrodni tok manbaining musbat qutibiga ulash orqali uning potentsialini musbat tomonga siljitish mumkin. Bunda bir vaqtning o'zida tok va potentsialning qiymatlari o'lhansa, katod va anod qutblanish egriliklarini olish mumkin.

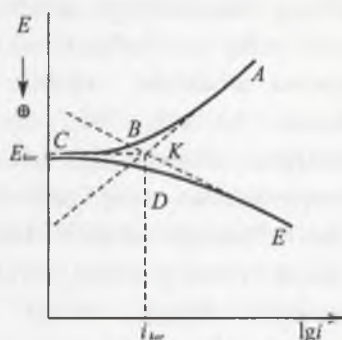
Hozirgacha ko'rilgan korroziya jarayonlaridagi qoidalarga binoan anod reaksiyalarining yo'nalishi to'g'ri va anod toki musbat, katod tokining yo'nalishi esa manfiy deb qabul qilinadi. Toklarning yig'indisi elektrod orqali oqayotgan va o'lchash asboblari tomonidan qayd qilinadigan tashqi tok kattaligini hosil qiladi. Elektrodda bir vaqtning o'zida tezliklari mos ravishda i_k va i_a bo'lgan birta katod va birta anod jarayonlari kechayotgan bo'lsa, tashqi tokning ishorasi absolyut qiymati katta bo'lgan tok

ishorasi bilan aniqlanadi. Masalan $|i_k| > |i_a|$ bo'lsa tashqi tok i_{tash} manfiy va uning absolyut qiymati $|i_k| - |i_a|$ ga teng bo'ladi.

Agarda turli yo'nalishdagi toklarning qiymatlari bir-biridan katta farq qiladigan bo'lsa, tashqi tokning yo'nalishi eng katta tokning yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi.

Masalan $i_k \gg i_a$ bo'lsa tashqi tok $i_{tash} = |i_k| - |i_a|$ ni i_k ga teng deb olish mumkin, chunki mazkur holda i_a ni hisobga olmasa ham bo'ladi.

4.8-rasmda metallning erishi va N_2 ajralishi jarayonida katod (CBA) va anod (CDE) qutblanish egriliklari keltirilgan. Korroziya tokini aniqlash uchun (CBA) va (CDE) egriliklarining to'g'ri chiziqli qismlarini davom ettirib (ekstrapolyatsiyalab), ularning kesishgan K nuqtasini topish lozim. Bu nuqtaga tegishli potensial E_{kor} – korroziya potentsiali, i_{kor} tok zichligi esa korroziya tezligini ifodalaydi.



4.8-rasm. Vodorod ajralishi va metallning erish reaksiyalari boradigan metallda o'lchangan katod (SVA) va anod (SDE) qutblanish

E_{kor} potentsial ko'pincha statsionar yoki korroziya potentsiali deyiladi. Uni ba'zan erkin korroziya potentsiali deb ham aytiladi. AK va KE to'g'ri chiziqlar vodorod ajralishi va metall erishi jarayonlarining alohida-alohida olingan haqiqiy tezliklarining potentsialga bog'liqligini ifodalaydi.

Katod qutblanishida vodorodning ajralish tezligi ortadi, metallning erish tezligi esa kamayadi. Demak, katod qutblanishi orqali metallni korroziyadan himoyalash mumkin. Bu hodisa protekt-effekt deyiladi va metall konstruksiyalarini korroziyadan

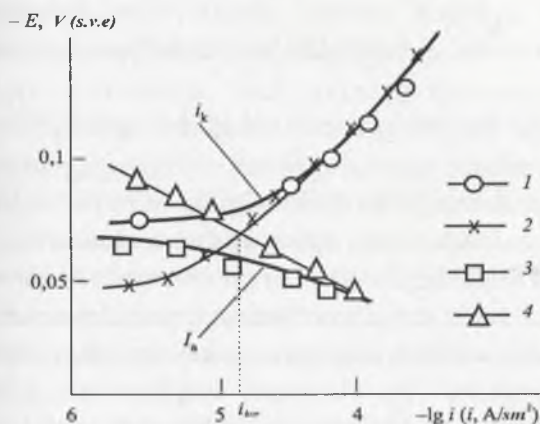
himoyalashda keng foydalaniladi. Himoyalalanadigan metallni muvozanat potensialining qiymati yanada manfiyroq bo'lgan boshqa metallga ulash yoki tashqi katod qutblanishi orqali buni amalga oshirish mumkin.

Korroziya jarayonlarining bayon etilgan tavsifi metall sirtining ham anod ham katod reaksiyalari uchun bir xil imkoniyatli bo'lgan holdagina o'rinli bo'ladi. Ideal birjinsli sirtga egabo'lgan metall uchun (masalan, suyuq metall uchun) bunday shartning bajarilishiga shubha yo'q. Odatdagi qattiq metall (hattoki juda toza bo'lsa ham) uchun ular sirtidagi birjinslilikning muqarrar buzilishi sababli yuqoridagi shartning bajarilishi shubhali bo'ladi. Bu esa metallarning elektrokimyoviy korroziyasi to'g'risidagi ta'limotning dastlabki bosqichlarida mikroelementlar nazariyasi deb nom olgan tushunchalarning paydo bo'lishiga sabab bo'ldi. Bu nazariyaning ta'kidlashicha, oksidlanuvchining katod qaytarilishi (maslan, vodorod ajralishi) korroziyalanadigan metall sirtining faqatgina ba'zi bir qismlaridagina amalga oshadi. Metallning erishi esa boshqa qismlarda ham yuz berishi mumkin. Shu sababli katod va anod reaksiyalarining fazoviy ajratilishi mavjud bo'lib, u korroziya jarayonlarini ko'p sonli "qisqa tutashgan galvanik elementlar" ning faoliyati sifatida qarash imkonini beradi.

Mikroelementlar nazariyasi korroziya to'g'risidagi fanning rivojiga ijobiy ta'sir ko'rsatgan bo'lsada, umumiy korroziya jarayonlariga miqdoriy baho bera olmadi. Akademik Ya.M. Kolotyrkin tomonidan elektrolit eritmalarida qattiq metallarning korrozion tabiatini lokal elementlar haqidagi tasavvurlarga murojaat qilmasdan ham tushuntirish mumkinligini ko'rsatib berdi. Aksincha, korroziya jarayonini tashkil qiluvchi ham anod ham katod reaksiyalari uchun metall sirtini bir xil imkoniyatli deb qabul qilish kerak. Bu xususiy holda quyidagi tajriba bilan eksperimental tasdiqlandi.

Nikelning H_2SO_4 da erishi misolida ko'rsatildiki, N_3O^+ ionlarining razryadlanish reaksiyasi metallning erish tezligiga ta'sir qilmaydi (4.9-rasm). Bu rasmdagi 3 anod qutblanish egriligi korroziya potensialiga yaqin motensiallarda uncha katta bo'lmagan tezlikda kechadigan vodorod ajralishi bilan boradigan katod reaksiyasi (4.9-rasmda 2 chiziq) natijasida anod tokining pasayishi tufayli tafel to'g'ri chizig'idan chetlashadi. Tashqi anod toki va vodorodning ajralish tezligini algebraik yo'l bilan qo'shish orqali bu reaksiyaga tuzatmalar kiritilishi qutblanish egriligida anod qutblanish

egriligi nuqtasidan o'tuvchi, yetarlicha musbat potensiallarda yotuvchi to'g'ri chiziqli kesma (4.9-rasmda 4 chiziq) hosil bo'lishiga olib keladi. Keltirilgan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, parallel ravishda kechadigan vodorod ajaralishi jarayoni bo'lganda ham, bo'lmaganda ham metall anod erishining kinetikasi o'zgarmay qolaveradi.



4.9-rasm. 1 n. H_2SO_4 dagi nikelda o'lchangan katod (1) va anod (3) qutblanish egriliklari.

2 – gazometrik olingan vodorod ajralishining parsial egriligi; 4 – (3) va (2) egriliklarni algebraik qo'shish orqali topilgan nikel erishining parsial egriligi

Bayon etilgan ishlar zamonaviy metallar erishi nazariyasining asosini tashkil qiladi. Bulardan qattiq metallarda kechadigan korroziya jarayonlariga tegishli ilovalarning haqqoniyligi, elektrokimyoviy kinetikaning miqdoriy qonunlari kelib chiqadi.

Shunday qilib aytish mumkinki, bir jinsli bo'lmagan metallarda korroziya jarayonini bir butun tashkil etuvchi katod va anod reaksiyalari fazoviy alohida bo'lmagan, korroziyada bu ikki jarayon vaqt va makon jihatidan statik taqsimlangan hodisa hisoblanadi.

Shuning uchun elektrokimyoviy korroziya jarayonlarini tahlil qilish alohida katod va anod reaksiyalarining fizik-kimyoviy qonuniyatlarini va ularning birgalikda amalga oshish sharoitlarini o'rganishdan iboratdir.

4.6. Vodorod qutbsizlanishi bilan boradigan korroziya jarayonlari.

Katod reaksiyasi vodorod ajralishi bilan boradigan metallar korroziyasi vodorod qutbsizlanishi bilan boradigan metallar korroziyasi deyiladi.

Metallar korroziyasi vodorod qutbsizlanishi bilan quyidagi hollada boradi:

- N^+ ionlarining yuqori aktivligida, ya'ni kislotalar eritmasida, masalan temir, rux va boshqa metallarning kislotalarda erishida;

- metall ionizatsiya potensialining yetarlicha manfiy qiymatlarida, masalan, magniyning suvdagi yoki tuzlarning eritmasida;

Amalda bu hodisalarni kislotalarni saqlash va tashishda, metallar sirtiga kislotali ishlov berishda, kislota olishdagi adsorbsiya bosqichida kuzatish mumkin.

Termodinamik nuqtai nazardan vodorod qutbsizlanishi bilan boradigan metallar korroziyasi $E_a < E_k$ shart bajarilgandagina amalga oshadi.

Vodorodning parsial bosimi $P_{H_2}=0,1$ MPa va $P_{H_2}=5 \cdot 10^{-8}$ MPa bo'lganda (ikkinchisi H_2 ning atmosferadagi parsial bosimi) vodorod elektrodi muvozanat potensialining qiymatlari pH ga bog'liq holda 4.5-jadvalda keltirilgan.

4.5-jadval

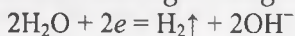
Vodorod elektrodi muvozanat potensialining 25°S haroratdagi muhitning pH ga bog'liqlik qiymatlari

Vodorodning bosimi P_{H_2} , MPa	pH ning quyidagi qiymatlarida E_p , V		
	0	7	14
$5 \cdot 10^{-8}$	+0,186	-0,228	-0,641
0,1	0	-0,415	-0,828

Vodorod ajralishining katod jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat bo'ladi:

- gidratlangan vodorod ionlarining metall sirtiga o'tirishi tufayli massaning ko'chishi;
- H_3O^+ razryadlanishining elektrokimyoviy bosqichi va H_2 ning hosil bo'lishi;
- H_2 ning metall sirtidan ajralishi;

Ishqorli eritmalarda H_3O^+ ionining konsentratsiyasi juda kichik bo'lganligi sababli vodorodning ajralishi suv molekulasining qaytarilishi hisobiga amalga oshadi:



Ko'p hollarda metallarning korroziyasi yuqori H_3O^+ konsentratsiyali eritmalarda yuz berganligi sababli H_3O^+ bo'yicha konsentratsion qutblanish kuzatilmaydi.

Katod qutblanishining asosiy sababi elektrokimyoviy razryadning sekinlashgan bosqichi yoki gazsimon mahsulot ajralishi bilan boradigan molekular vodorod bo'yicha konsentratsion qutblanish hisoblanadi.

N_2 ning kinetikasi va ajralish mexanizmi katta va alohida masala bo'lib, uni o'rganish va rivojlantirishda akademik A.N. Frumkin ilmiy maktabining olimlari munosib hissa qo'shdilar. Bu

ishlar elektrokimyo fani bo'yicha darsliklarda keng yoritilgan. Mazkur kitobda esa qisqa va asosiy ma'lumotlar keltirgan.

Tok zichligining keng intervalida H_2 ajralish reaksiyasining tezligi Tafel tenglamasi orqali ifodalanadi. Tok zichligining kichik 10^{-4} – 10^{-5} A/sm² qiymatlarida potensial o'zgarishining tok zichligiga bog'liqligi chiziqli bo'lib hisoblanadi. Ko'pgina metallar uchun E—Igi koordinatalarida b qiyalik 118 mV ga teng bo'lib, bitta elektron o'tishi mexanizmi orqali razryadning sekinlashgan bosqichi bilan boradigan holga to'g'ri keladi.

Biroq bunda boshqa mexanizmlar ham bo'lishi mumkin.

Tafel tenglamasidagi (4.22) a' konstanta katodning materialiga yoki qotishma tarkibiga kiruvchi boshqa katod qo'shshimcha materiallarga bog'liq bo'lib, uning qiymati tok zichligi 1 A/sm² bo'lgandagi kuchlanish zo'riqishining kattaligi sifatida aniqlanadi. Kuchlanish zo'riqishining eng katta qiymati qo'rg'oshin, simob, kadmiiy va ruxda kuzatiladi.

Molekular vodorodning sekinlashgan diffuziyasi oqibatida yuz beradigan qutblanish gazning konsentratsion qutblanishi deb nomlanadi. Katod tokining eng kichik qiymatlaridan boshlab, u vodorod depolyarizatsiyasi jarayoni bilan birga amalga oshadi.

Ko'p hollarda N_2 ajralishining qutblanish egriligi 4.6-rasmda tasvirlangan ko'rinishda (AB va BC qismlar) bo'ladi. Ba'zi metallar uchun H_2 ning ajralishi vodorodlanish jarayoni bilan birga kechadi. Vodorodning hosil bo'lishida adsorbsiyalangan H_{ads} vodorod atomi metallda yutilib, uning hajmi bo'ylab diffuziyalanadi. H_{ads} atomlari kristall panjara tekisliklari va vokansiyalarida to'planib, u yerda rekombinatsiya jarayoni orqali N_2 molekulalariga aylanadi. Bunda metall hajmi bo'ylab bosim ortadi va darz ketish tufayli metallning yaxlitligi buzilishi mumkin.

Shunday qilib, vodorod qutbsizlanishi bilan boradigan metallar korroziyasi quyidagilar bilan xarakterlanadi:

- metall korroziyasi tezligining eritma pH iga kuchli bog'liqligi;
- qotishmalar korroziyaga chidamliligining ularning tabiatiga va ulardagi katod qo'shimchalariga kuchli bog'liqligi;
- metallning erishi davomida uning sirtida begona aralashmalarning ko'payishi tufayli vaqt o'tishi bilan korroziya tezligining ortishi;
- metallarda vodorodli mo'rtlashuvning paydo bo'lishi;

4.7. Kislorod qutbsizlanishi bilan boradigan korroziya jarayonlari

Katod reaksiyasi elektrolitda erigan kislorod ishtirokida boradigan metallardagi korroziya jarayonlari kislorod qutbsizlanishi bilan boradigan korroziya deyiladi.

Kislorod qutbsizlanishi bilan boradigan korroziya eng ko'p tarqalgan korroziya jarayoni hisoblanadi. Kislorod qutbsizlanishi bilan boradigan korroziyalanish atmosferada joylashgan, suv va tuzli eritmalar bilan kontaktida bo'lgan metallarda yuz beradi. Daryo yoki dengizda suzuvchi kemalarning sirt qoplamalari, kimyoviy zavodlardagi sovutish tizimining jihozlari, magistral kuvur o'tkazgichlar, neft va neft mahsulotlari saqlanadigani rezervuarlar va b. shular jumlasidandir. Kislorod depolyarizatsiyasi bilan kechadigan metallar korroziyasi eng ko'p tarqalgan korroziya jarayonidir.

4.6-jadvalda kislorod elektrodi muvozanat potensialining muhit pH ga bog'liqlik qiymatlari keltirilgan. Bu bog'lanish kislorod bosimining 0,1 MPa va 0,021 MPa (O_2 ning atmosferadagi parsial bosimi) qiymatlari uchun keltirilgan. $E_{p(O_2/OH^-)}$ ning qiymati juda musbat bo'lganligi sababli bu jarayon ko'p hollarda kuzatiladi.

O_2 ning qaytarilishidagi katod jarayoni quyidagi ketma-ket bosqichlarni o'z ichiga oladi:

- havodagi kislorodning elektrolitda erishi;

- elektrolit hajmida erigan kislorodning metall sirtiga o'tishi;
- kislorodning ionlashuvi;
- ON^- ionlarining elektrolit ichkarisiga massa olib o'tishi;

4.6-jadval

Kislorod elektrodi muvozanat potensialining 25°S haroratdagi muhitning pH ga bog'liqlik qiymatlari

Kislorodning bosimi P_{O_2} , MPa	pH ning quyidagi qiymatlarida $E_{\text{p}(\text{O}_2/\text{OH}^-)}$, V		
	0	7	14
0,021	+1,218	+0,809	+0,381
0,1	+1,229	+0,815	+0,400

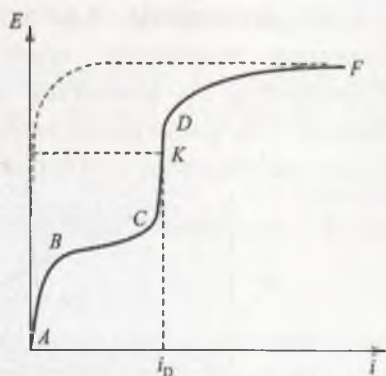
Ko'p hollarda katod jarayonining eng sekin bosqichi tinch turgan elektrolitlarda kislorod diffuziyasi, aralashtiriladigan eritmalarida esa — kislorod ionizatsiyasi hisoblanadi.

Aralashuvchi elektrolitda muvozanat potensialidan uncha katta bo'lmagan chetlashishlarda kislorodning kuchlanish zo'riqishi tok zichligiga chiziqli bog'lanish ko'rinishida bo'ladi. Qutblanishning yanada yuqori qiymatlarida E bilan lgi orasida tafet bog'lanishi kuzatiladi.

a kattalik katod materialiga bog'liq. Bir qator metallar (Fe, Cu, Au, Pt) uchun b ning qiymati 0,10 – 0,13 intervalda bo'ladi. Bu esa kislorodning kuchlanish zo'riqishiga birinchi ($n = 1$) elektron assimilyatsiya bosqichining sekinligi sabab bo'lishidan dalolat beradi.

Biroq kislorodning razryadlanish jarayoni konsentratsion qutblanish tufayli murakkablashadi. Bu kislorodning katodga yetib kelishi qiyinligidan vujudga keladi. Buning sababi oldin aytib o'tilganidek (4.4.1. ga qaralsin) potensialga bog'liq bo'lmagan chegaraviy diffuzion tokning paydo bo'lishidir.

Aslida esa potensialning o'sishi chegaralangandir. Potensialni manfiy tomongan yetarlicha siljirilganda vodorodning ajralishi boshlanib, u kislorod depolyarizatsiyasiga qo'shiladi. Shundayo qilib, umumiy qutblanish egriligining $E-i$ koordinatalari-dagi ko'rinishi 4.10-rasmda keltirilgan.



4.10-rasm. Kislorod-vodorod depolyarizatsiya jarayoni uchun umumiy qutblanish egriligi

Grafikning ABC qismi O_2 ning qaytarilish jarayoniga to'g'ri keladi. Bog'lanishning $CKD = i_0$ qismi chegaraviy diffuzion tokning qiymatiga mos keladi.

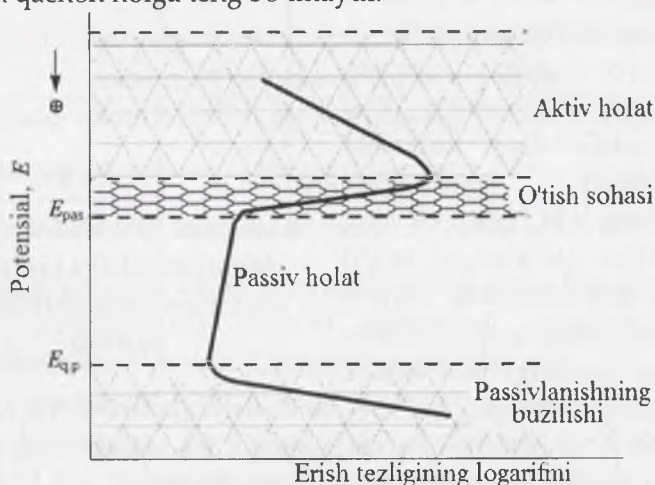
Birgalikda boradigan O_2 ning ionizatsiya jarayoni va N_2 ning ajralishi KDF qism orqali ifodalangan. N_2 ajralishining parsial egriligi rasmda punktir chiziq bilan belgilangan.

4.8. Metallar erishining anod reaksiyasi

4.11-rasmda metallar anod erishi qutblanish egriligining umumiy ko'rinishi ifodalangan. Bu jarayonni bir necha bosqichlardan iborat deb qarash mumkin — faol erish, passivlanish va passivlanishning buzilishi.

Faol erish sharoitida E potensialning musbat yo'nalishda siljishi bilan jarayonning tezligi qonuniyatli ortadi. Potensial ma'lum bir qiymatga erishganda erish tezligi keskin pasayadi. Bu holat kuzatiladigan potensialning qiymati passivlanish potentsiali (E_{pas}) deyiladi. Bu sohada elektrokimyoviy kinetika tenglamasiga qaramay, potensialning musbat yo'nalishda siljishi bilan metallning erish tezligi pasayadi. Bunday holat oksid yoki gidroksid plyonkalarining hosil bo'lishi bilan izohlanishi mumkin.

E potensialning E_{pas} dan musbat yo'nalishda siljishida ko'pincha metallning erish tezligi deyarli o'zgarmaydi. Potensialning bu intervalida metall passiv bo'ladi. Ta'kidlash lozimki, to'la passivlanish tokining qiymati juda kichik bo'lsada, u hech qachon nolga teng bo'lmaydi.



4.11-rasm. Metall erish tezligining potensialga bog'liqligi.

O'tish sohasi metallning turg'un bo'lmagan passiv holatiga to'g'ri keladi.

Potensialning ma'lum bir qiymatidan boshlab (4.11-rasmda E_{qp}), potensialning musbat yo'nalishda siljishi bilan metallning erish tezligi yana ortadi. Bunda metall passiv holatining buzilishi yuz beradi, bunday holat uning aktiv yoki qayta passivlanish holati deyiladi. Potensial musbat qiymatining ortishi bilan metallning erish tezligi yana orta boshlaydi. Bunda aktiv holatdan farqli holda, metallning erishi yuqori darajadagi oksidlanish ionlarining hosil bo'lishi bilan kechadi. Masalan temir aktiv holatda eritmaga ikki zaryadli ionlar shaklida o'tsa, qayta passivlangan sohada u eritmaga uch zaryadli ionlar shaklida o'ta boshlaydi.

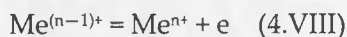
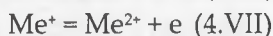
4.9. Aktiv holatda metallarning erish qonuniyatlari

Aktiv holat sohasida metallarning erishi E potensial bilan tok zichligi logarifmi orasidagi chiziqli bog'lanish bilan xarakterlanadi.

Metallar erishining anod reaksiyasi mexanizmini o'rganishda shunday savol tug'iladi: metallning kristall panjaradan eritmaga o'tishi

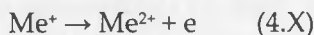
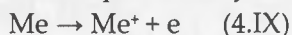


reaksiyada qatnashadigan barcha n valentli elektronlarning bir vaqtning o'zida (bir aktda) ajralishi bilan bog'liqmi yoki bunday ajralish qator ketma-ket, masalan bir elektronli quyidagi bosqichlar bilan amalga oshadimi:



Aniq aytish mumkinki, hozirgi vaqtda metallarning erish jarayoni deyarli barcha holatlarda ko'p bosqichli ekanligi aniq qayd etilgan.

Biroq yana bir savol tug'iladi: bosqichlarning qay biri yig'indi reaksiya tezligini ifodalaydi? Bu savolga javobni Me^{2+} (ya'ni, $n=2$) ionlarining hosil bo'lishi bilan kechadigan Me metallning ikki bosqichli erishida ko'rsatish mumkin. Bu jarayonni quyidagi sxema orqali ifodalaymiz:



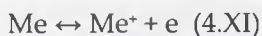
Bunda ikki hol bo'lishi mumkin:

1. (4.IX) bosqich undan keyingi (4.X) bosqichga nisbatan sekinroq kechadi va u jarayonning yig'indi tezligini limitlaydi. Birinchi bosqich uchun Tafel tenglamasiga asosan anod tokining zichligi:

$$i_a = k \cdot \exp[\beta F (E - E_m) / RT] \quad (4.26)$$

b koeffitsient $b = 2,3RT/\beta F$ tenglamadan aniqlanadi (bunda $\beta = 0,5$) va hisoblashlar ko'rsatadiki $b = 118 \text{ mV}$ (4.4.2 bo'limga qarang).

2. Ikkinchi holda limitlovchi bisqich (4.X) hisoblanadi. Bu holda (4.IX) bosqichda hosil bo'lgan Me^+ ionlari, metall sirtida teskari (Me^+ ning metallgacha qaytarilishi) jarayon borish imkoniyatini yaratuvchi konsentratsiya miqdoriga yetguncha yig'ila boradi. Bunda metallda muvozanat holati vujudga keladi:



Bu muvozanat holatiga mos keladigan potensial quyidagi tenglamaga asosan aniqlanadi:

$$E = E_m + (2,3RT/F) \lg a_{\text{Me}^+}, \quad (4.27)$$

bu yerda E_m – (4.XI) reaksiyaning muvozanat potentsiali. Agar (4.27) tenglamadan E ning ifodasini (4.20) tenglamaga qo'yib, ba'zi shakl almashtirishlarni bajarsak quyidagi tenglamani olamiz:

$$E = K' + \frac{2}{3} \frac{RT}{nF} \lg i_a \quad (4.28)$$

$n = 1$ bo'lganda doimiy R , T , F kattaliklarning qiymatlarini qo'yib

$$b = \frac{2}{3} \frac{RT}{nF} = \frac{2}{3} 0,059 \approx 0,04 \text{ V} \quad (4.29)$$

bu yerda K' – konstanta.

E bilan $\lg i_a$ ning to'g'ri chiziqli bog'lanishidagi bunday "nostandart" qiyalik ikkinchi elektronning ohista ajralishi orqali qo'sh zaryadli Me^{2+} ionlarigacha ikki bosqichli mexanizm bilan boradigan metall erishi elektrokimyoviy reaksiyasining belgisi sifatida xizmat qilishi mumkin.

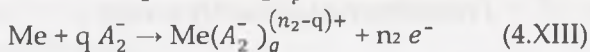
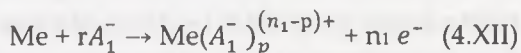
4.10. Eritma komponentlari ishtirokida boradigan metallarning anodli erishi

Oldingi bo'limlarda bayon etilgan korroziya jarayonlarining mexanizmiga tegishli masalalar metallar erishidagi anod reaksiyalarining tezligi eritma tarkibiga bog'liq bo'lmagan hollarga tegishli edi. Aslida esa

elektrokimyoviy bosqichlar bilan limitlanadigan erish jarayonlarining tezligiga nafaqat potensial, balki (potensial o'zgarmas bo'lganda) eritma komponentlarining konsentratsiyasi, ko'p hollarda elektrolit anionlari ham ta'sir qiladi. Bu effektlarning sabablari Ya.M.Kolotyrkin tomonidan rivojlantirilgan ta'limotlar asosida tushuntirib berildi. Bu nazariyasiga asosan, metall atomlarining ionizatsiyalanish reaksiyalari odatda, metall sirtidagi atomlarning muhit komponentlari bilan kimyoviy yoki adsorbsion-kimyoviy ta'sirlashish bosqichlarini ham o'z ichiga oladi. Bunday o'zaro ta'sirlashish elektrokimyoviy bosqichda eritma komponentlari bilan bevosita barqaror yoki oraliq metall komplekslarining hosil bo'lishiga olib keladi. Metallning erish reaksiyasida qatnashuvchi komponentning xemosorbsiyasida adsorbsiyalanadigan zarrachalar bilan elektrod orasida ma'lum mustahkamlikdagi bog'lar hosil bo'ladi. Bunda potensialni musbat yo'nalishda siljita borgan sari ortib boruvchi hamda metallning erish tezligini belgilab beruvchi ma'lum darajadagi sirtning qoplanib borishi amalga oshadi.

Metallarning erish jarayonida turli xildagi anionlar, shuningdek erituvchining molekularlari ham reaksiyada ishtirok etishi mumkin. Bir vaqtning o'zida bir necha, turli tabiatli komponentlar bo'lganda ular parallel yoki ketma-ket bosqichlarda qatnashishi mumkin.

A_1^- va A_2^- anionlar ishtirokida parallel ravishda kechayotgan metall erishining quyidagi ikki reaksiyasida



Har bir reaksiya elektrodning butun sirti bo'ylab kechishi uchun bu anionlar yoki bir-biriga ($\ominus$ to'ldirishning kichik darajalarida) xalaqit bermasligi lozim, yoki bu anionlarning raqobatli adsorbsiyasi amalga oshib, bunda elektroddagi joy hamda elektrod reaksiyasida qatnashish uchun ular orasida "kurash" ketishi lozim. Birinchi holda metallning erish tezligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$i_a = k_1 a_{A_1}^r \cdot \exp(\beta_1 n_1 \text{ FE } / RT) + k_2 a_{A_2}^q \cdot \exp(\beta_2 n_2 \text{ FE } / RT) \quad (4.30)$$

bu yerda a – anionlarning aktivligi, β_1 va β_2 – ko'chish koeffitsientlari.

(4.30) tenglamadan kelib chiqadiki, A_1^- va A_2^- anionlar aktivligining ma'lum bir nisbatida i_a ning ifodasidagi hadlarning birini hisobga olmasa ham bo'ladi. Bunday sharoitlarda jarayonning natijaviy tezligi amalda (4.XII) yoki (4.XIII) reaksiyalardan birining tezligi orqali aniqlanadi. A_1^- va A_2^- anionlar aktivligi va potensialning "oraliq" qiymatlarida (4.30) tenglama hadlari inobatga olinadigan darajada bo'lganda i_a ning a_{A_1} , a_{A_2} va Y_e bog'liqligi bir xil turdagi ionlar bo'lgan eritmalarnikidan yetarlicha farq qiladi.

Bir-biriga bog'liq bo'lmagan, parallel kechadigan ikki reaksiyalarning yuqorida bayon etilgan mexanizm bilan borishi amalda juda kamdan-kam uchraydi. Ko'p hollarda anionlardan birining adsorbsiyasi boshqa anion adsorbsiyasining shartlari va qonuniyatlarining o'zgarishiga olib keladi. Masalan, quyidagi tenglamaning bajarilishi o'rinli bo'lishi mumkin:

$$i_a = k_1 \Theta_1 \cdot \exp(\beta_1 n_1 \text{ FE } / RT) + k_2 \Theta_2 \cdot \exp(\beta_2 n_2 \text{ FE } / RT) \quad (4.30)$$

bu yerda Θ_1 va Θ_2 – mos ravishda elektrod sirtining A_1^- va A_2^- anionlar bilan to'lib borish darajasi.

Metallning erish jarayonida adsorbsiyalanadigan zarrachalarning o'zaro ta'siri boshqacha xarakterga ega bo'lishi ham mumkin. Ya'ni komponentlardan birining adsorbsiyasi o'zida adsorbsiyalangan zarrachalar bo'lgan kompleks hosil bo'lishi bilan boradigan boshqa komponentga imkoniyat yaratishi mumkin.

Metallning erish reaksiyasida qatnashuvchi ikki turdagi zarrachalarning raqobatli adsorbsiyasi natijasida ulardan biri sekinlashgan erishga olib kelishi mumkin. Bunday holat metallning sekin erish jarayonida qatnashuvchi A_1 zarracha A_2 zarrachaga nisbatan katta adsorbsion qobilyatga ega bo'lgan hollarda kuzatiladi. Ya'ni sirtidan yanada kinetik aktivroq bo'lgan A_2 komponentni siqib chiqargan holda A_1 zarracha metallning erishiga to'sqinlik qiladi. Masalan, xlor ionlarini qo'shish ta'sirida temirning sulfat kislotasida erish tezligi ana shu mexanizm asosida sekinlashadi.

Metallda adsorbsiyalangan zarrachalar eritmada ikkinchi turdagi adsorbsiyalanuvchi zarrachalar bo'lmaganda ham metallning erishini sekinlatishi mumkin. Kolotyrkin nazariyasiga asosan adsorbsiyalanuvchi komponentning funksiyasi (erishni kuchaytiruvchi yoki sekinlatuvchi) adsorbsiyalangan komponentning metall va uning solvatlovchi molekulalari bilan hosil qilgan bog'larning mustahkamlik nisbati orqali aniqlanadi. Zarracha tomonidan metallning erishiga tezlashtiruvchi ta'sir ko'rsatishi uchun u metall bilan ham, eritma bilan ham yetarlicha mustahkam bog'langan bo'lishi kerak. Agarda solvat qobig'i bilan bog'lar nisbatan zaif, va metall bilan juda mustahkam bo'lsa, unda zarracha eritma bilan bog'lanishni yo'qotadi, metall sirtida qolgan holda uning erishini sekinlashtiradi.

Metallning erish jarayonida muhit komponentlari rolini baholashda metall sirtining energetik birjinsli emasligini, ya'ni bir

xil zarrachaning adsorbsiyasi sirtning ba'zi qismlarida kuchaytiruvchi, boshqa qismlari uchun esa ingibirlovchi bo'lishi mumkinligini e'tiborga olish lozim. Bu holat turli tabiatga ega bo'lgan, eritmada birgalikda mavjud bo'lgan zarrachalar uchun ham o'rinlidir. Bunda adsorbsiyalangan zarrachalarning metall bilan hosil qilgan bog'larining mustahkamligi va ular tomonidan amalga oshadigan effekt potensialga jiddiy ravishda bog'liq. Bu esa xususiy holda metallning elektrokimyoviy tabiatini xarakterlovchi E-*lgi* egrilikning chetlashuviga olib kelishi mumkin. Masalan bunday holat temirning xlorid kislotasi eritmalarida erish jarayonida kuzatiladi. Tezlashtiruvchi adsorbsiya ingibirlovchi adsorbsiyaga nisbatan juda tez boradigan jarayondir.

4.11. Korroziya diagrammalari

Alohida olingan anod va katod qutblanish egriliklari hali korroziya jarayonlarining tezligini ifodalab bera olmaydi. Korroziya jarayonining tezligi eng sekin, limitlovchi bosqichning tezligi bilan aniqlanadi. Bu bochqichni nazoratlovchi faktor deyiladi. Uni aniqlash uchun ingliz olimi Evans tomonidan tavsiya etilgan va eng ko'p tarqalgan, anod va katod reaksiyalari kinetikasini o'zida aks ettiruvchi grafik usul – diagrammalar metodidan foydalaniladi.

Bunda o'qi ordinata bo'yicha potensialning manfiy qiymatlari qo'yilib, E_a va E_k larning statsionar qiymatlari belgilanadi hamda anod va katod qutblanish egriliklari chiziladi. Bu egriliklarning kesishish nuqtasi korroziya tokining maksimal qiymati i_{max} ni ko'rsatadi. Shuningdek unga mos keladigan korroziyaning umumiy potentsiali E_{kor} belgilab olinadi.

Korroziya diagrammalari korroziya jarayonlarining to'xtatuvchi (nazoratlovchi) faktorini aniqlash imkonini beradi. Bu esa korroziyadan himoyalash usullarini tanlashda juda

muhim ahamiyatga egadir. Chunki korroziyaning limitlovchi bosqichida uni bartaraf flash eng yuqori samara beradi.

Tegishli qutblanish egriligidagi qiyalikning yuqori qiymatlaridan jarayonning sezilarli ko'rinib turadi. Qiyalagan egrlik reaksiya qiyinchiligining kichikligini ko'rsatadi. Masalan, sezilarli anod qutblanishi va kichik katod qutblanishida korroziya potentsiali E_{kor} tok o'tgunga qadar E_k katod potentsialiga yaqin bo'ladi.

Agarda $\Delta E_a \gg \Delta E_k$ bo'lsa, korroziya anod tormozlanishi bilan kechadi, agarda $\Delta E_k \gg \Delta E_a$ bo'lsa, u holda korroziya katod nazorati bilan kechadi. Agar $\Delta E_k \approx \Delta E_a$ bo'lsa, aralash nazorat o'rinli bo'ladi.

Amalda uchraydigan korroziyani nazoratlashning oltita asosiy holati N.D.Tomashov tomonidan aniqlangan bo'lib, ular 4.12-rasmda keltirilgan.

Katod nazorati ($\Delta E_k \gg \Delta E_a$):

A. *Tormozlovchi faktor* — O_2 molekullari qaytarilish reaksiyasining qiyinligi. Yaxshi aralashtiriladigan neytral eritmalarda uchraydi.

B. *Tormozlovchi faktor* — kislorod diffuziyasi. Bu diagramma aralashtirilmaydigan neytral eritmalar uchun xarakterli. Temir, rux va ba'zi boshqa metallar shunday korroziyalanadi.

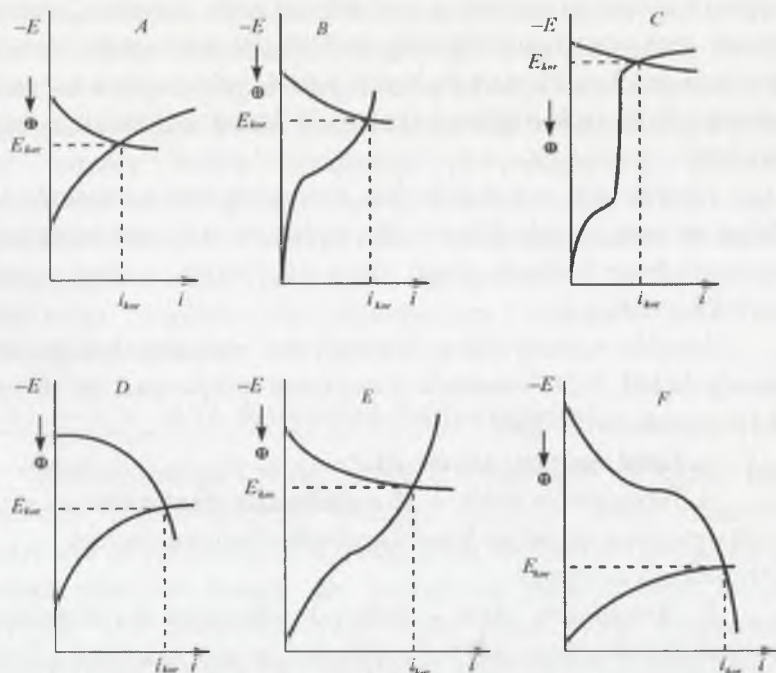
C. *Limitlovchi faktor* — vodorod ionlari razryadi reaksiyasining qiyinligi. Temir va ruxning kislotali eritmalaridagi korroziya jarayonlari uchun xarakterli.

D. *Aralash katod-anod nazorati* ($\Delta E_k \approx \Delta E_a$) — bu diagramma passiv holatdagi temir, po'latlar, aluminiy va boshqa metallarning korroziyasiga xosdir.

E. *Aralash katod — qarshilik nazorati* ($\Delta E_k \gg \Delta E_a$, $R \neq 0$) — bunday korroziya past elektr o'tkazuvchanlikka egabo'lgan muhitlarda, masalan yer osti quvur o'tkazgichlarda kechadi.

F. *Aralash katod-anod-qarshilik nazorati* ($\Delta E_k \approx \Delta E_a$, $R \neq 0$) — korroziyaning bu turi elektrolitning katta omik qarshiliklarida

passivlanishga moyil bo'lgan metallarda, masalan amosferadagi po'latda ro'y berishi kuzatiladi.



4.12-rasm. Korroziya jarayoni nazoratining ko'rinishlari.

4.12. Korroziya tezligining eritma tarkibiga bog'liqligi

Korroziya jarayonini tashkil etuvchi ikki reaksiya parsial tezliklarining potensialga va eritma tarkibiga bog'liqligi ma'lum bo'lsa, u holda korroziya potentsiali va korroziya tezligining eritma tarkibiga bog'liqlik ifodasini olish mumkin. Quyida misol tariqasida metallning vodorod depolyarizatsiyasi bilan boradigan hol ko'rib chiqilgan. Bunda korroziya jarayoni quyidagicha kechadi deb qabul qilinadi:



Yig'indi korroziya jarayonidagi anod va katod parsial reaksiyalarining

tezliklari quyidagi tenglamalar orqali aniqlanadi:

$$i_a = k_a \cdot \exp[2\beta F (E - E_m) / RT] \quad (4.32) \quad \text{va}$$

$$i_k = k_k a_{N^+} \cdot \exp[\alpha F (E - E_m) / RT] \quad (4.33)$$

bunda $a_{N^+} - N^+$ ionlarining aktivligi; β va α anod va katod reaksiyalari uchun ko'chish koeffitsientlari.

Tashqi tok bo'lmaganda korroziya jarayonining borish sharti bo'lib $i_a = i_k$

tenglik hisoblanadi. (4.32) va (4.33) tenglamalarga asosan

$$k_a \cdot \exp[2\beta F (E_{kor} - E_m) / RT] = k_k a_{N^+} \cdot \exp[\alpha F (E_{kor} - E_m) / RT] \quad (4.34)$$

(4.34) tenglik faqat korroziya potensialidagina amalga oshishi mumkinligi sababli butenglamadagi Y_e o'rniga $Y_{E_{kor}}$ qo'yildi. Bu tenglamani $Y_{E_{kor}}$ ga nisbatan yechib (uning har ikkala tomonini logarifmlagandan so'ng) quyidagi tenglamani olamiz:

$$E_{kor} = K'' - \frac{2,3RT}{(2\beta + \alpha)F} \lg a_{H^+} \quad (4.35) \quad \text{yoki}$$

$$E_{kor} = K'' - \frac{2,3RT}{(2\beta + \alpha)F} \text{pH} \quad (4.36)$$

bu yerda α va β – mos ravishda anod va katod reaksiyalari uchun ko'chish koeffitsientlari; K'' – konstanta.

Bu tenglamadan ko'rinadiki, eritmada pH ning ortishi bilan korroziya potentsiali chiziqli ravishda manfiy yo'nalishda siljiydi, bunda $E_{kor} - \text{pH}$ chiziqning qiyaligi:

$$\frac{d(E_{kor})}{d(\text{pH})} = 2,3 RT / (2\beta + \alpha) F \quad (4.37)$$

Agarda $\beta = \alpha = 0,5$ deb qabul qilinsa, u holda $dE_{kor}/d\text{pH} \approx 40$ mV bo'ladi.

Korroziya potentsiali uchun olingan (4.37) tenglamadan korroziya tezligi bilan eritmaning pH orasidagi bog'lanishni topish mumkin. Buning uchun (4.19) tenglamadagi E o'rniga

(4.36) tenglamadagi E_{kor} ni qo'yib, i_a ni i_{kor} bilan almashtiramiz. Natijada E_m doimiy kattaliklar qatoriga kirganligini inobatga olgan holda korroziya tezligi uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$i_{kor} = k \cdot \exp \left[\left(K'' - \frac{2,3RT}{(2\beta + \alpha)F} pH \right) 2\beta F / 2,3RT \right] \quad (4.38)$$

Bu tenglamaning logarifmik shakli quyidagi ko'rinishda bshladi:

$$\lg i_{kor} = K + \left(K'' - \frac{2,3RT}{(2\beta + \alpha)F} pH \right) 2\beta F / 2,3RT \quad (4.39)$$

Ifodadagi doimiy kattaliklarni umumlashtirib, korroziya tezligining eritma tarkibiga (pH) bog'liqligi uchun quyidagi oxirgi tenglamani olamiz:

$$\lg i_{kor} = K''' - \frac{2}{2\beta + \alpha} pH \quad (4.40)$$

(4.40) tenglama ko'rsatadiki, agarda korroziya jarayoni (4.VI) va (4.VII) tenglamalar bo'yicha borib, metall Me^{2+} gacha erisa, eritmaning pH ortishi bilan korroziya tezligining logarifmi chiziqli ravishda kamayadi. (4.40) ko'rinishda ifodagangan bog'lanish egriligining qiyaligi $\beta = \alpha = 0,5$ deb qabul qilinsa, u holda $dlg i_{kor} / dpH = -1,33$ mV bo'ladi.

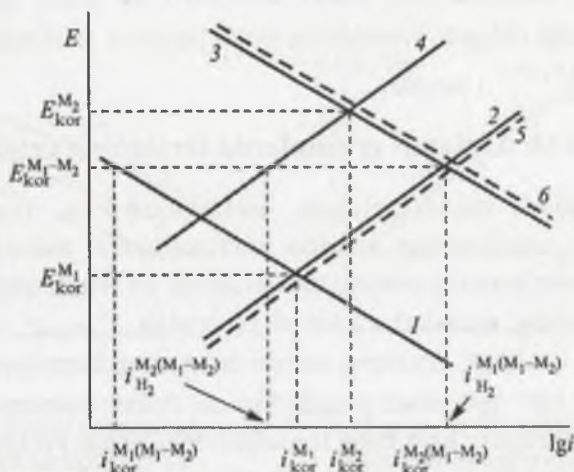
Yuqoridagi mulohazalar shuni ko'rsatadiki, eritma tarkibining (xususiy holda pH ning) korroziya jarayonini tashkil qiluvchi parsial reaksiyalar tezligiga bog'liqligini bilgan holda, eritma tarkibining o'zgarishi bilan korroziya tezligi qanday o'zgarayotganligini aniqlash mumkin.

Ikkinchi tomondan, bunday bog'liqlik to'g'risidagi ma'lumotlar metallarda kechadigan korroziya jarayonlarining oldini olish, ularning kinetikasini o'rganish uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

4.13. O'zaro kontaktda bo'lgan ikki metallning erishi

Agarda o'zaro kontaktda bo'lgan ikki (M_1 va M_2) metall namunasi eritmaga joylashtirilsa, ulardan har birining

korroziyalanishini tavsiflash uchun bitta metall korroziyasi uchun qo'llangan yondoshuvlardan foydalanish mumkin. Chunonchi, har ikkala metall uchun ham (har bir metallning birlik yuzasiga to'g'ri keluvchi) $E - \lg i_k$ va $E - \lg i_a$ bog'lanishlar grafigi chiziladi va ular tahlil qilinadi. Quyida vodorod qutbsizlanishi bilan boradigan korroziya jarayoni ko'rib chiqilgan. Soddashtirish uchun har ikkala metall sirtlari bir xil deb olinadi. Yuqoridagi bog'lanishlarning grafiklari 4.13-rasmda keltirilgan.



4.13-rasm. $M_1(1,2)$ va $M_2(3,4)$ metallar uchun $E - \lg i_a$ (1,3) va $E - \lg i_k$ (2,4) bog'lanish-larning grafiklari. Shuningdek M_1 (1, 2) va M_2 (3, 4) kontaktlashuvchi metallar tizimi uchun katod (5) va anod (6) yig'indi tok zichliklarining potensialga bog'liqligi.

Rasmdan ko'rinadiki, M_1 va M_2 metalla o'zaro kontaktida bo'lmaganda mos ravishda $i_{kor}^{M_1}$ va $i_{kor}^{M_2}$ tezliklar bilan ($E_{kor}^{M_1}$ va $E_{kor}^{M_2}$ potenciallarda) korroziyalanadi. M_1 va M_2 metallar kontaktida bo'lganda sistema uchun katod va anod jarayonlari yig'indi tezliklarining potensialga bog'lanishi 5 va 6 shtrixlangan chiziqlar

ko'rinishida bo'ladi. Bu tezliklar $E = E_{kor}^{M_1-M_2}$ shart bajarilganda bir-biriga teng bo'ladi (4.13-rasmga q.). Shunday qilib, tashqi tok bo'lmaganda kontakt hosil qiluvchi har ikkala metallda $E = E_{kor}^{M_1-M_2}$ potensial qaror topadi. Bu potensialda M_1 metallda katta tezlik bilan vodorod ajralishi ro'y beradi (bu tezlik $i_{H_2}^{M_1(M_1-M_2)}$ ga teng). Shu bilan bir vaqtda bu metall $i_{kor}^{M_1(M_1-M_2)}$ ga teng bo'lgan juda kichik tezlik bilan eriy boshlaydi. Ikkinchi metallda esa aksincha, vodorod juda kichik tezlikda (bu tezlik $i_{H_2}^{M_2(M_1-M_2)}$ ga teng) ajralib chiqadi, metallning erish jarayoni anchagina tez (bu tezlik $i_{kor}^{M_2(M_1-M_2)}$) boradi.

4.14. Kislotali eritmalarda temirning erishi

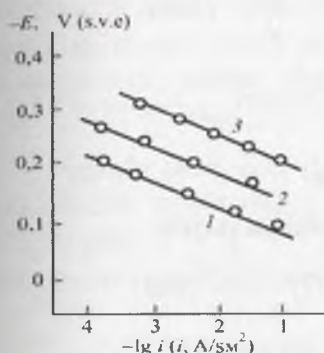
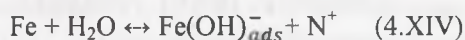
Yuqorida bayon etilgan elektrokimyoviy reaksiyalarni o'rganish usullarining amalda qo'llanilishini namoyish etish uchun temir korroziyasining mexanizmini ko'rib chiqamiz.

Temirning standart elektrod potentsiali $E_{Fe^{2+}/Fe}^0 = -0,44$ V va $E_{Fe^{3+}/Fe}^0 = -0,037$ V. Shuning uchun temirning korroziyalanishida eritmaga Fe^{2+} kationlari o'tadi. Bunda Bokris tomonidan taklif etilgan va hozirda juda keng tarqalgan mexanizm ko'rib chiqiladi. Bu mexanizm erish jarayonida eritma anionlarining qatnashishini hisobga olmaydi va shuning uchun kinetika qonunlariga salmoqli o'zgartirishlar kiritilishini talab qiladi

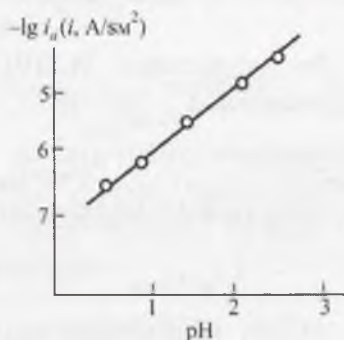
Kislotali eritmalarda temirning erishini ko'rib chiqamiz. Eritmadagi pH ning ortishi bilan temirning anod erishi tezlashadi. Sulfatning konsentratsiyasi doimiy, ammo kislotaliligi o'zgaruvchan bo'lgan eritmalarda pH ortishi bilan Tafel to'g'ri chiziqlari potensialning manfiy tomon yo'nalishi bo'yicha ma'lum qonuniyat asosida siljiydi. Tafel chiziqlarining qiyaligi pH ga bog'liqsiz holda 40 mV qiymatga ega bo'lib (4.14-rasm), erish jadalligi effekti pH ning bir birlikka ortishida i_a ning o'n karra kattalashuvi ($E = \text{const}$ bo'lganda) bilan xarakterlanadi

(4.15-rasm). Boshqacha aytganda, temir erishidagi anod reaksiyasining tartibi vodorod ionlari bo'yicha -1 ga teng. Bu esa topilgan Tafel qiyaligini inobatga olgan holda jarayonning quyidagi sxemasini tuzish imkonini beradi.

Temir sirtida H_2O molekulari dissotsiatsiyaga uchragan holda adsorbsiyalanadi. Bunday dissotsiatsiyalangan adsorbsiya $Fe(OH)_{ads}^-$ kompleksning hosil bo'lishiga olib keladi:



4.14-rasm. Sulfat konsentratsiyasi 1 n va turlicha pH da $H_2SO_4 + Na_2SO_4$ eritma-larida temir uchun anod qutblanish chiziqlari. pH: 1-0,2; 2-1,2; 3-2,3



4.15-rasm. $H_2SO_4 + Na_2SO_4$ eritmalarida temir erishi tezligining pH ga bog'la-nish chiziqlari. $E = -0,2$ B; $S_{SO_4} = 1$ n.

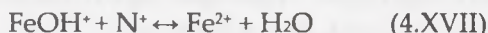
Adsorbsiya bosqichidan so'ng birinchi elektronning ON zarrasi bilan bog'langan temir atomidan ajralish elektrokimyoviy reaksiyasi boradi:



Shuni aytish lozimki, (4.XV) bosqich ikkinchi elektronning sekinlashgan uzilishidan oldin yuz beradi va u muvozanatli hisoblanadi. Butun jarayon tezligini limitlovchi bosqich quyidagicha bo'ladi:



va FeOH^+ kompleksining eritmada dissotsiatsiyanishi bilan birga kechadi:



(4.XVI) bosqich sekinlashgan jarayon bo'lganligi uchun bunda temirning erish tezligi quyidagi tenglama o'rinli bo'ladi:

$$i_a = k a_{(\text{FeOH})_{\text{ads}}} \exp(\beta \text{FE}/RT) \quad (4.41)$$

$a_{(\text{FeOH})_{\text{ads}}}$ kattalikni (4.XV) bosqich uchun Nernst tenglamasidan foydalanib topish mumkin:

$$E = E_m + \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{(\text{FeOH})_{\text{ads}}}}{a_{(\text{FeOH})_{\text{ads}}^-}} \quad (4.42)$$

Bu tenglamaga (4.XIV) bosqich uchun dissotsiatsiya tenglamasidan $a_{(\text{FeOH})_{\text{ads}}^-}$ ni

$$\text{qo'yib: } a_{(\text{FeOH})_{\text{ads}}^-} = K/a_{\text{H}^+} \quad (4.43)$$

(4.42) va (4.43) tenglamalarni birgalikda yechib:

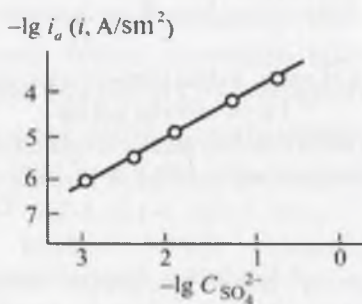
$$a_{(\text{FeOH})_{\text{ads}}} = k' a_{\text{H}^+}^{-1} \exp(\text{FE}/RT) \quad (4.44)$$

(4.44) tenglamani (4.41) qo'yib, temirning erish tezligi ifodasini olamiz:

$$i_a = k' a_{\text{H}^+}^{-1} \exp[(1+\beta) \text{FE}/RT] \quad (4.45)$$

Bu tenglama bilan topilgan qiymatlar eksperiment natijalari bilan mos keladi (4.16-rasm).

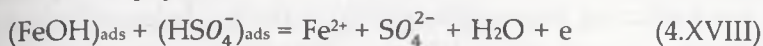
Temirning erishi nafaqat rN ning ortishi, balki eritma anionlarining konsentratsiyasi, masalan sulfatning ortishi bilan ham tezlashadi. Bunda anionlar bo'yicha reaksiyaning tartib raqami 1 ga yaqin. Bu natijalar yuqorida ko'rib chiqilgan (4.XIV)



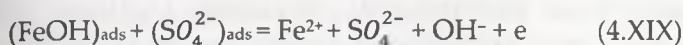
4.16-rasm.

$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ eritmalarida temir erishi tezligining konsentratsiyaga bog'lanish chiziqlari. $E = -0,2 \text{ B}$; $\text{pH} = 3,0$

va (4.XV) bosqichlardan keyin quyidagi bosqichlar amalga oshirishini tasdiqlaydi:



yoki



Bu tenglamalar butur jarayon tezligini limitlaydi. Bunda ketma-ket boruvchi (4.XIV), (4.XV), (4.XVIII) reaksiyalar majmui, shuningdek (4.XIV), (4.XV), (4.XIX) reaksiyalar parallel ravishda kechadi. Shunday qilib, temir erishining natijaviy tezligi uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$i_d = k'a_{(\text{FeOH})_{\text{ads}}} a_{\text{HSO}_4^-} \exp(\beta \text{FE}/RT) + k''a_{(\text{FeOH})_{\text{ads}}} a_{\text{SO}_4^{2-}} \exp(\beta \text{FE}/RT) \quad (4.46)$$

Agarda har ikki turdagi ionlar ishtirokida boradigan reaksiyalar tezliklarining doimiylari qiymati byicha bir-biriga yaqinligini ($k = k' \approx k''$) inobatga oladigan bo'lsak (4.46) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$i_a = ka_{(\text{FeOH})_{\text{ads}}} (a_{\text{HSO}_4^-} + a_{\text{SO}_4^{2-}}) \exp(\beta \text{FE}/RT) \quad (4.47)$$

bu tenglamadagi ($a_{\text{HSO}_4^-} + a_{\text{SO}_4^{2-}}$) yig'indini a_s bilan belgilab, tenglamani logarifmlab:

$$\lg i_a = k''' + \text{pH} + \lg a_s + (1 + \beta)\text{FE}/2,3RT \quad (4.48)$$

Tajribalarda topilgan temir erish tezligining sulfat kislotasi eritmalarining tarkibiga bog'liqligi (4.48) tenglama bilan juda yaxshi mos keladi. Ya'ni $E = \text{const}$ bo'lganda $\lg i_a$ bilan $\lg a_s + \text{pH}$ (a_s — sulfatning yig'indi analitik konsentratsiyasi).

4.15. Qotishmalar anod erishining mexanizmi

Oldingi bo'limlarda individual metallarning erish qonunlari ko'rib chiqdik. Ulardan shu narsa ayon bo'ldiki, bu qonunlarni eritmada bir-biri bilan kontaktda bo'lgan turli xildagi ikki

metallardan iborat sistemaning tabiatini ifodalash uchun qo'llash mumkin. Qattiq eritmadan iborat qotishmalar uchun bu yondoshuvlar boshqacha bo'lishi lozimligi tadqiqotlardan ayon bo'lib bormoqda. Ularga individual metallar uchun rivojlantirilgan tasavvurlarni oddiygina qo'llash yetarli bo'lmaydi. Qattiq eritmalardan tashkil topgan qotishmalarning korroziya elektrokimyoviy o'ziga xosligi ulardagi erish jarayonlarini o'rganish uchun ba'zi bir alohida yondoshuvlarni talab qiladi.

Haqiqatan ham, qotishma tarkibidagi turli metallarning tabiati turlicha bo'lganligi sababli ularning erish tezligi ham, kinetik xarakteristikalari ham bir-biridan farq qiladi. Shu bilan bir qatorda, ko'p hollarda statsionar sharoitlarda qotishmalar bir tekis eriydi, ya'ni ularning komponentlari bir-biriga yaqin tezliklarda eritmaga o'tadi.

Qotishmalarning erish jarayonini tavsiflashda turlicha qarashlar mavjud. Ulardan ba'zilarini ko'rib chiqamiz.

Faraz qilaylik, qotishma turli metallardan (ancha faol A komponent va asl metallardan iborat B komponent) tashkil topgan bo'lsin. V.Myuller, shuningdek N.D.Tomashov tomonidan taklif etilgan erish mexanizmi hozircha faqat soni unchalik ko'p bo'lmagan qotishmalar uchun o'z tasdig'ini topgan. Uning mohiyati quyidagicha. Dastlab, qotishmaning bevosita eritmaga tegishi bilan komponentlarning har biri individual holtda qanday tezlik bilan erisa, qotishmada ham shunday tezlik bilan eriy boshlaydi deb olamiz, ya'ni A – juda tez, B esa – sekin. Qotishma sirtining B komponent bilan boyishi o'z navbatida undan A komponentning eritmaga o'tish tezligining pasayishiga (elektrodning birlik faol yuzasiga nisbatan) va B ning qotishmadan chiqish tezligini ortishiga sabab bo'ladi (chunki, endi A kichik, B esa kattaroq yuza ulushidan eriy boshlaydi). Elektrodning A va B komponentlar bilan qoplanish darajasi Θ , toki Θ_A va Θ_B larning qiymati qotishmaning ravon va statsionar

erish sharti bajarilguncha o'zarishda davom etadi. Bu holatda eritmadagi ikki metall ionlari konsentratsiyalarining nisbati qotishmadagi ular massalarining nisbati kabi bo'ladi.

Qotishma komponentlari erishining "bir xil emaslik" darajasi tanlash koeffitsienti yoki selektivlik koeffitsienti deb ataladigan kattalik bilan xarakterlanadi. Eritmadagi A va B larning nisbati qotishmadagi bu metallar miqdorlarining nisbatidan necha marta farq qilishini ko'rsatuvchi kattalik *tanlash koeffitsienti yoki selektivlik koeffitsienti* deyiladi:

$$Z_A = \frac{i_A^{(q)} N_A C_B}{i_B^{(q)} N_B S_A} \quad (A \text{ komponent uchun}); \quad Z_B = \frac{i_B^{(q)} N_B C_A}{i_A^{(q)} N_A S_B} \quad (B \text{ komponent uchun}) \quad (4.49)$$

bu yerda $i_A^{(q)}$ va $i_B^{(q)}$ — qotishmaning ko'rinuvchi birlik yuzasiga to'g'ri keladigan erish tezliklari; S_A va S_B — mos ravishda A va B komponentlarning qotishmadagi konsentratsiyalari.

Statsionar holatlarda $Z_A = Z_B = 1$ bo'lib, nostatsionar holatlar uchun $Z_A > 1$ (eritmadagi A komponentning miqdori qotishmadagiga nisbatan ko'proq) yoki $Z_B > 1$ (eritmadagi B komponentning miqdori qotishmadagiga nisbatan ko'proq) bo'lishi mumkin. Shuni e'tiborga olish lozimki, ko'rib o'tilgan mexanizmlardan oxirgisi qotishmaning erishida (berilgan komponent tomonidan egallangan birlik sirt hisobiga) i_A va i_B larning ular individual metall holida eriganda qanday bo'lsa, shundayligicha saqlanishini taqozo qiladi.

Bundan farqli holda qotishmalar — erishining mexanizmlaridan yana biri — faolroq komponentning qotishma hajmidagi sekinlashgan diffuziyasi nazariyasidir.

Bu mexanizmga asosan, A komponent ustunlik bilan eritmaga o'ta boshlaydi, qotishma sirti esa B komponent bilan boyib boradi. Biroq bu nazariyaga asosan, qotishma tarkibining o'zgarishi qattiq fazaning ichiga tomon kirib boradi. Nostatsionar vaqt davomida tarkibi o'zgarayotgan sirt qatlamining δ qalinligi ortib boradi. Aytish lozimki, bu qatlamda A va B konsentratsiyalarining gradienti mavjud bo'ladi. A ning miqdori

qotishma-eritma chegarasidagi nol qiymatdan sirtidan δ chuqurlikdagi S_A hajmiy konsentratsiyagacha o'zgaradi; B ning miqdori bu ko'rsatilgan chegaralarda taxminan 100 % dan S_B gacha o'zgaradi. Bunga mos ravishda qarama-qarshi yo'nalishda A komponentning qotishma hajmidan uning sirtiga tomon va B komponentning sirtidan qotishma ichiga tomon diffuziyasi sodir bo'ladi. A ning eritmaga o'tish tezligi δ orqali anqlanib, qalinlik ortishi bilan tezlik kamayib boradi. Bu tezlik yana A komponentning δ katlamdagi D diffuziya koeffitsientiga ham bog'liq bo'ladi.

A ning qotishmadagi diffuziya va B ning qotishma sirtidan erish tezliklarining nisbati qotishmaning bir tekisda erishini ta'minlaydigan bo'lgandagina qotishma erishining statsionar rejimiga erishiladi. Bu shart tarkibi o'zgargan qatlam qalinligining ma'lum bir $\delta = \delta_{st}$ qiymatida (odatda u 10^{-6} – 10^{-5} sm ni tashkil qiladi) bajariladi. Shunday qilib, statsionar rejimda qotishmaning erish tezligi A komponentning diffuziyasi bilan limitlanadi.

Qotishmalarning A komponentning sekinlashgan diffuziyasi mexanizmi bo'yicha erish nazariyasi V.V. Losev va boshqa olimlar tomonidan o'rganilgan bo'lib latun, qotishmalardan qalay-jez, indiy-jez va boshqalar uchun o'z isbotini topgan.

Jarayonning tezligi yetarlicha katta bo'lib, tarkibi o'zgargan yakuniy sirt qatlami hosil bo'la olmaydigan sharoitlarda qotishmalarning erishi Kolotyrkin mexanizmi bo'yicha amalga oshadi. Bu mexanizmga ko'ra, qotishma komponentlaridan biri individual holatiga xos kinetika bo'yicha eriydi. Ikkinchi komponentning eritmaga o'tishi, birinchisining o'zini tutishiga bog'liq bo'lganligi sababli o'sha kinetika bilan tavsiflanadi. Buni quyidagicha izohlash mumkin.

Farez qilaylik, $C_A \gg C_B$ bo'lsin. Sof A va B komponentlar uchun $i_A^{(M)} \gg i_B^{(M)}$ bo'lganligi sababli erishning dastlabki bosqichida sirtida B atomlarni qoldirgan holda A katta tezlik bilan

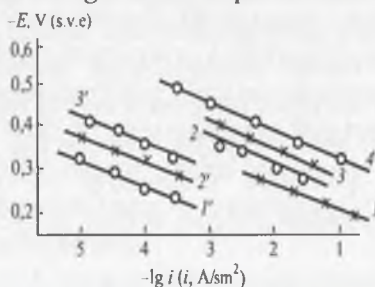
eritmaga o'ta boshlaydi. Qo'shni atomlar bilan bog'larini yo'qotgan B atomlar individual holatdagi erish tezligidan katta bo'lgan tezlik bilan eritmaga o'tish imkoniyatiga ega bo'ladi. Bunday sharoitda sirt konsentratsiyasining kamayishi sababli, A ning erish tezligi aksincha sof metall fazaligidagiga nisbatan pasayadi. B ning eritmaga o'tish tezligi A ning erish tezligi bilan aniqlanadi. Chunki A ning erish tezligi qancha katta bo'lsa, B tomonidan qo'shni atomlarni yo'qotish ehtimolligi va o'z navbatida ularning kristall panjaradan chiqish tezligi shuncha katta bo'ladi.

Agarda $i_A^{(M)} \gg i_B^{(M)}$ holatda $C_A \ll C_B$ bo'lsa, sirt jarayonning dastlabki bosqichlarida B komponent bilan kuchli boyiydi. Qotishmaning erish tezligi yaxlit holda aynan shu komponentning erish kinetikasi bilan aniqlanib, A komponent uning sirtga o'tirishidan keyin eriy boshlaydi (bu faqat B ning erishidan keyin amalga oshadi va shunday qilib u A ning erish tezligini limitlaydi). Bunday sharoitda B komponent aniqlovchi rol o'ynaydi, buning ustiga uning erish tezligi ancha sust bo'lsada, sof metall holdagi metallning erish tezligiga nisbatan yuqori bo'ladi. A komponent esa, sof metall holdagi metallning erish tezligiga nisbatan ancha sekin, biroq B komponent uchun o'rinli bo'lgan kinetika bo'yicha eriydi.

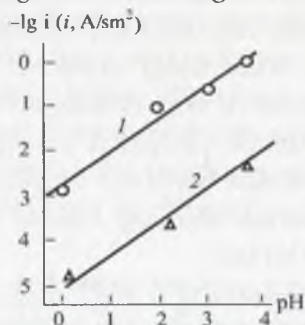
Kolotyrkin mexanizmiga asosan, erish kinetikasi komponentlarning biri orqali aniqlanadigan qotishmadan ikkinchi komponentga xos erish kinetikasiga o'tishni xarakterlovchi qotishmalarning chegaraviy tarkibi mavjud.

Bayon etilgan tasvurlarni temir-xrom qotishmasining korrozion-elektrokimyoviy tabiati misolida oydinlashtirish mumkin. Bunday qotishmalarni tashkil qiluvchilarning erish mexanizmlari bir-biridan sezilarli farq qiladi. Yuqorida bayon etilganidek, eritmaning rN ortishi bilan temirning erishi tezlashadi. Shu jarayonning tezligi xrom uchun kislotalilikka bog'liq bo'lmaydi.

4.17 – 4.20-rasmlarda sulfat kislota eritmalaridagi kislotalilikning turli tarkibli qotishmalardagi temir va xrom aktiv erishining statsionar parsial tezliklariga ta'siri keltirilgan.



4.17-rasm. Parsial erish tezliklarining potentsialga bog'liqligi. Fe-0,85% Cr qotishmadagi temir (1—4) va xrom (1'—3') uchun, rNning turli qiymatlarida: 1, 1'—0,03; 2, 2'—1,84; 3, 3'—3,01; 4, 4'—3,91;

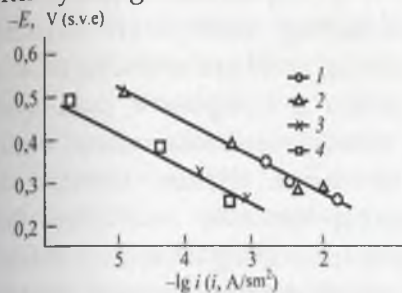


4.18-rasm. Eritma pH ning parsial erish tezligiga ta'siri. E = -0,34 V bo'lganda $\text{N}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ eritmalaridagi Fe-0,85% Cr qotishmasidagi temir (1) va xrom (2) uchun.

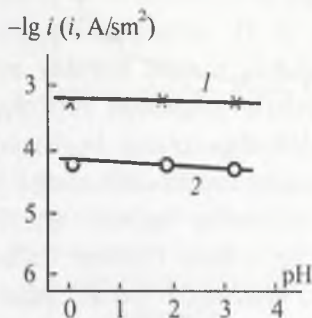
4.17-rasmda kislotalilikning turli qiymatlarida Fe-0,85% Cr qotishmadagi temir va xrom parsial erish tezliklarining potentsialga bog'liqligi ko'rsatilgan. Temir va xrom parsial egriliklardagi toklarni solishtirish natijasida kelib chiqadigan xulosaga asosan, eritmaga o'tadigan temir va xrom miqdorlarining nisbatining, bu elementlarning dastlabki qotishmadagi nisbati bilan muvofiq kelishi qotishmalarning tekis erishidan dalolat beradi.

Eritmadagi pH ning ortishi bilan istalgan potentsiallarda qotishma tarkibidagi temirning erish tezligi ortadi. Qotishmadagi xromning erishida ham xuddi shunday holat kuzatiladi. 4.17-rasmda keltirilgan natijalar 4.18-rasmda summalangan. 4.18-rasmdan kelib chiqadiki, 0,85 % xromli qotishmalardagi temir va xromning aktiv erish kinetikasiga pH ning ta'sir etish qonuniyatlari sof temirning tegishli erish qonuniyatlariga

o'xshashdir (ya'ni $\partial(\lg i_a^{Fe,Cr})/\partial(pH) = 1$). 13 % xromli qotishmalar uchun esa boshqacha manzara kuzatiladi. 4.18- va 4.19-rasmlarda keltirilgan ma'lumotlar asosida shuni aytish mumkinki, ko'rsatilgan qonuniyatlar xlor uchun ma'lum bo'lgan qonuniyatlarga mos keladi.



4.19-rasm. Fe-13% Cr qotishmadagi temir (1,2) va xrom (3,4) ning $H_2SO_4 + Na_2SO_4$ eritmasida parsial erish tezliklarining potensialga bog'liqligi. Bunda pH: 1, 3 – 0,0; 2, 4 – 1,78



4.20-rasm. $E = -0,4$ V bo'lganda $H_2SO_4 + Na_2SO_4$ eritmasidagi pH ning Fe-13% Cr qotishmadagi temir (1) va xrom (2) ning parsial erish tezliklariga ta'siri.

4.17- – 4.20-rasmlar ko'rsatadiki, Fe-Cr qotishmalarini quyidagi ikki guruhga ajratish mumkin:

- temirga xos kinetika bo'yicha eriydigan qotishmalar;
- kinetik xarakteristikalari xromga xos bo'lgan qotishmalar.

Bu ikki guruhga to'g'ri keladigan qotishmaning chegaraviy tarkibi Fe-12%Cr.

Yuqorida ko'rib chiqilgan qotishmalar erishining barcha mexanizmlari statsionar sharoitlarda erish jarayonlarining tekis karakterda ekanligini tushintirib beradi. Ba'zi hollarda qotishmalar erishning statsionar rejimida ham notekis, ya'ni tanlanib eriydi. Bunda aktivroq komponentning eritmaga ko'proq o'tishi (masalan, latunning dengiz suvida erishida, latunning ruxsizlanish effekti) kuzatiladi.

Odatda bunday hollarda eritmada dastlab A komponentning ortib ketishi, keyin esa eritmadagi A va B komponentlarning nisbiy miqdori xuddi qotishmadagidek ($Z = 1$ shartga mos keladi) bo'lib qoladi. Nihoyat jarayonning oxirida yana A komponent ko'proq bo'lib qoladi, bunda ortiqcha A (ya'ni $Z_A > 1$) qotishmaning butun keyingi erish davri davomida saqlanib turadi. Bunday hodisaning mohiyati shundan iboratki, sezilarli miqdorda eritmaga o'tgan B komponent yana qaytib elektrodga o'tira boshlaydi. O'tirish elektrokimyoviy amalga oshadi, balki shuning bo'lsa kerak uchun elektrod sirt qatlamining tarkibi qotishmaning dastlabki tarkibidan farqli bo'lib qoladi. Bunday hollarda qotishmaning sirtida sof B metall cho'kmasidan iborat qalin g'ovakli qatlamning o'sib borishini kuzatish mumkin.

Sofroq komponentning bunday qaytadan o'tirish mexanizmi bo'yicha boradigan qotishmalarning erishi *pseudotanolash* deyiladi.

4.16. Metallarning erishida kuzatiladigan anomal hodisalar

Metallar erishining elektrokimyoviy mexanizmini tasdiqlovchi ma'lumotlar bilan bir qatorda ba'zan bu tasavvurlarga mos kelmaydigan natijalar ham qayd qilingan.

Ba'zi bir metallarda ularning ptensialini E_{kor} dan musbat tomonga siljirilganda vodorod ajralishining tezlashuvi bunga misol bo'ladi. Elektrokimyoviy qonuniyatlarga ko'ra bunday sharoitlarda ajraladigan vodorod hajmi kamayishi lozim. Haqiqatda esa N_2 toki bo'yicha chiqish ortadi. Masalan, aluminiy uchun ba'zi eritmalarda bu reaksiyaning toki bo'yicha chiqish 100 % 10 martagacha ortadi.

Ko'p sonli anomal hodisalarning ichida aktiv sohada bo'lgan metall erish tezligining E potensialga bog'liq bo'lmaslik effekti deyarli birinchi o'rinda turadi. Bu ayniqsa ishqorli metallar qotishmalari, temir, nikel, xrom, jez, aluminiy va uning qotishmalari, kobalt, marganes, titan, germaniy, mis va temir asosidagi qotishmalarning erishida kuzatiladi. Bu metallarning erish reaksiyalarida tok bo'yicha chiqish ma'lum bir sharoitlarda 100% dan ortadi.

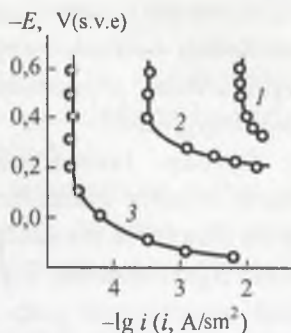
4.21-rasmda temir, xrom va nikellarning aktiv soha potensialini manfiy tomonga siljatilgandagi erish egriliklari keltirilgan.

Keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinadiki, potensialning manfiy qiymatlarida metallning erish tezligi bilan potensial o'rtasidagi elektrokimyoviy reaksiyalarga xos bo'lgan Tafel bog'lanishlari amalga oshmaydi.

Metallarning tabiatidagi elektrokimyoviy kinetika qonunlaridan bayon etilgan chetlashish effekti xilma-xil sharoitlarda uchraydi va sistematik xarakterga ega. Bunday effektlar uchun metallarning erishidagi «anomal hodisalar» termini qo'llaniladi.

Eritmaga oksidlovchilarning masalan, H_2O_2 , $Cr_2O_7^{2-}$ larning kiritilishi bilan katod qutblanishida temirning anomal erishi kuchayadi. Kislotali muhitlarda sof temirdan uning asosidagi qotishmalarga o'tish bilan bu jarayonning kuchayishi kuzatiladi.

Anod qutblanishidan katod qutblanishiga o'tishda o'zida Sa^{2+} va Mg^{2+} ionlarini saqlovchi platinalangan titan uchun ham



4.21-rasm. Erish tezligining potensialga bog'lanishi:

1-xrom; 2-temir; 3-nikel uchun
1 n sulfat kislotasida, 50°S
haroratda

dengiz suvida metall erish tezligining ortishi qayd etilgan. Passivlanish potensialining qiymatiga erishilganda anomal erish jarayonlarining tormozlanishi shubhasiz soha mutaxassislarida qiziqish uyg'otadi.

Bunday hodisalarni izohlashda olimlar metallarning elektrokimyoviy mexanizm asosida erishi bilan bir qatorda bu jarayon kimyoviy mexanizm bo'yicha ham amalga oshadi degan g'oyani ilgari surdilar. Bu fikr birinchi marta kristall panjaradan metall atomlarini uzib chiqarishdagi aktivlash energiyasini vodorod ionlarining razryadlanishida ajraladigan energiya hisobiga kamaytirish mumkinligini ko'rsatgan A.N. Frumkin tomonidan shakllantirildi.

Kimyoviy erishni tushuntirib berish uchun jarayonning borish reaksiyasida metallning eritma komponenti bilan kompleks hosil qilish bosqichi inobatga olinishi lozim. Bunday kompleks hosil qiluvchilar sifatida oksidlovchilik xossasiga ega bo'lgan komponentlar qatnashishi mumkinligidan erishni — bevosita elektronni metalldan adsorbsiyalangan metall-oksidlovchi oraliq kompleks ligandiga berish jarayoni deb qarash mumkin.

Bunday fizikaviy hodisa manzarasi eksperimental qayd qilingan metallar kimyoviy erish tezligining potensialga bog'liq bo'lmaslik tamoyiliga zid emas.

Aytilganlarning haqiqatga yaqinligi elektr tindirishdagi spektrosko-piya usulini qo'llab olingan natijalar bilan isbotlangan. Bu natijalarning tahliliga ko'ra, metallning anomal erishiga mos keladigan potensialda uning sirtidagi suv molekullari adsorbsiyasi sirt kompleksida zaryadning o'tishi bilan kechishi mumkin. Bu jarayon potensialning musbat tomonga siljishi bilan kuchayadi. Shu sababli, ko'rsatib o'tilgan sharoitlarda elektrokimyoviy erishning jadallashuvi bunday kompleks reaksiya qobilyatining susayishi bilan kompensatsiyalanishi mumkin.

4.17. Passivlik

Agressiv muhitda bo'lgan metallar va qotishmalarning potentsiallarning ma'lum sohasida vujudga keladigan korroziyaga eng yuqori chidamli holati *passivlik* deyiladi.

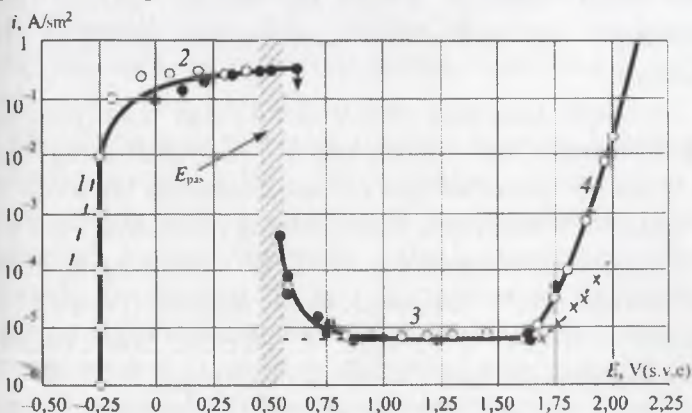
Passivlik sohasida metall erish jarayonining tezligi aktiv erish sohasidagiga nisbatan bir necha tartibda (ba'zan 10 martagacha) kichik bo'ladi va istalgancha uzoq vaqt davomida u shunday saqlanishi mumkin.

Passivlanish hodisasining ochilishi 150 yildan ortiqroq vaqt ichida M.Faradey nomi bilan bog'liq bo'lsada, bu hodisa dastlab M.V.Lomonosov-ning ilmiy ishlarida (1738 y.) o'z aksini topgan.

Sulfat kislotasi eritmasida temir elektrodi uchun qutblanish egriliklari 4.22-rasmda ifodalangan.

Termodinamik nuqtai nazardan elektrod potentsialini musbat tomonga siljirilishi metallning erishi jarayonida elektrokimyoviy reaksiya borish ehtimolligining ortishiga olib kelishi kerak. Aslida esa bunday bo'lmaydi.

Passivlanish hodisasi, amalda termodinamik imkoniyatlarni amalga oshirish qanchalik qiyin ekanligini yaqqol ko'rsatadi.



4.22-rasm. Deaeratsiyalangan 0,5 M H_2SO_4 eritmasida 25°C uchun temirning statsionar anod qutblanish egriliklari.

1 – Frank; 2 – Frank va Vayl; 3 – Xerbsleb va Engel ma'lumotlari bo'yicha

Rasmdan ko'rinadiki, anod qutblanishi bilan boradigan metallning aktiv erish sohasini ifodalovchi qismida (1 soha) dastlab tok zichligining ortishi kuzatiladi. Tok zichligining potensialga bog'liqligi Tafel egriliklari orqali yaxshi ifodalanadi. Yanada musbatroq potenciallarda (2 soha) to'g'ri chiziqli bog'lanishdan chetlashish kuzatilib, tokning qiymati potensialga deyarli bog'liq bo'lmaydigan soha (2 soha) paydo bo'ladi. Bu hodisa metall sirtida FeSO_4 dan iborat tuzli plyonkaning hosil bo'lishi bilan bog'liqdir. Eriyotgan metall ionlarining metall sirtidan ajralib, eritmaga o'tish tezligi yetarli darajada bo'lmaganligi sababli plyonka hosil bo'ladi.

Elektrod yaqinida Fe^{2+} ionlarining yuqori konsentratsiyasi hosil bo'lib, Fe^{2+} va SO_4^{2-} ionlari aktivligining ko'paytmasi tuzlar erishining ko'paytmasidan ortib ketadi va quyqa hosil bo'ladi. Tokning qiymati eritmani aralashtirish intensivligiga, ya'ni hosil bo'ladigan Fe^{2+} ionlarning metall sirtidan olib chiqib ketish tezligiga bog'liq bo'ladi.

Flade-potensial deb ataladigan E_{pas} orqali o'tishda keskin, tok zichligining bir necha tartibda kamayishi kuzatiladi va metall passiv holat sohasiga o'tadi. Bu sohada tokning kattaligi potensialga va elektrolitni aralashtirish tezligiga bog'liq bo'lmaydi.

Potensial taxminan +0,5 V (s.v.e.) dan manfiyroq sohada temir Fe^{2+} ionlar ko'rinishida eriydi. Potensiallarning +0,5 dan +0,8 V (s.v.e.) gacha bo'lgan sohasida eritmaga bir yo'la Fe^{2+} va Fe^{3+} ionlari o'ta boshlaydi. Potensialning musbatroq +0,8 V (0,8 – 1,7 V) qiymatlarida temirning erishi Fe^{3+} ionlarining hosil bo'lishi bilan boradi. 25 °S haroratda temir oksidlari (vyustit – FeO , magnetit – Fe_3O_4 va gematit – $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) hosil bo'lishining muvozanat potenciallari 4.7-jadvalda keltirilgan.

25 °S haroratda temir oksidlari hosil bo'lishining muvozanat
potensiallari

Reaksiya	Muvozanat potensialining qiymati, E
$\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{FeO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}$	$E_{\text{Fe/FeO}} = -0,04 - 0,059\text{pH}$
$3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{H}^+ + 8\text{e}$	$E_{\text{Fe/Fe}_3\text{O}_4} = -0,09 - 0,059\text{pH}$
$2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}$	$E_{\text{Fe}/\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3} = 0,05 - 0,059\text{pH}$
$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow 3\text{Fe} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}$	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ning m.p. aniqlanmagan

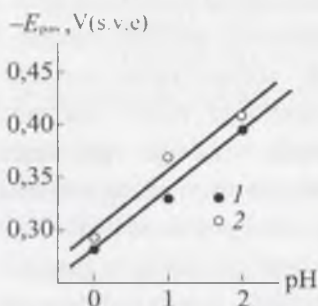
$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ oksid eng yuqori himoyalash xossasiga ega. Biroq temir sirtidagi plyonkalar komponentlarining nisbati turlicha bo'lgan Fe_3O_4 va $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ oksidlarining aralashmasidan tashkil topgan bo'lib, plyonkaning qalinligiga bog'liq holda o'zgaradi. Buning natijasida yuqorida ta'kidlanganidek, passivlashtiruvchi plyonkalarining himoyaviy qobilyati temir sirtida unchalik yuqori emas. Temir sirtida hosil bo'ladigan plyonkalarining qalinligi metall potentsiali va eritmaning kislorodliligiga bog'liq.

Elektrod potentsialini musbat tomonga yanada surilsa passivlanish sohasi qayta passivlanish deb ataluvchi sohaga o'tadi va bu sohada tokning qiymati yana ortadi (4.22-rasm, 4 soha). Potensial bilan tok zichligi orasidagi bog'lanishdagi bunday manzara nafaqat temir uchun, balki boshqa ko'pgina metallar uchun ham kuzatiladi.

Metallning passiv holatga o'tishini ko'pgina tadqiqotchilar hozirgacha metall sirtida himoyalovchi gidratlangan oksid plyonkalarining hosil bo'lishi bilan bog'lamoqdalar. Ularning barqarorligi katta ehtimollik bilan eritmaning pH bilan aniqlanadi. Bunga mos holda ko'pgina tadqiqotlarda agressiv muhitning kislotaliligi ortishi bilan metallarning passivlanish potentsiali musbat yo'nalishda siljiganligi qayd etilgan. Xususiyl holda 4.23-rasmda keltirilgan ma'lumotlar ham buni tasdiqlaydi. Unda sulfat kislotali va xlorid kislotali eritmalarda xrom passivlanish potentsialining pH ga bog'liqligi keltirilgan.

Do'stov H.B.

Rasmdan ko'rinadiki, pH ortishi bilan bu metallning passivlanish potentsiali E_{pas} manfiy yo'nalish tomonga (mazkur holda pH bir birlikka o'zgarganda u 58 mV ga) siljiydi. Bunday effektini masalan H_2O_2 , $K_2Sr_2O_7$, $KMnO_4$, $Fe_3(SO_4)_2$ muhitlarining oksidlovchi komponentlari ham hosil qilishi mumkin.



4.23-rasm. Xrom passivlanish potentsia-lining (E_{pas}) muhit pH ga bog'liqligi.

Eritma $HCl+KCl$ (1) va $H_2SO_4+Na_2SO_4$ (2), anionlarning konsentratsiyasi doimiy (1 n.).

Hozirgi paytda elektrolitlarining suvli eritmalarida passivlashtiruvchi zarrachalar sifatida suv molekularining ham xizmat qilishiga hech kimda shubha yo'qdir. Ularda H_2O ning kislorod molekulari ta'sirni boshlab beruvchilar bo'lib hisoblanadi. Bu holatni inobatga olgan holda kislorod saqlovchi oksidlovchilarni (passivatorlar sifatida) metallga nisbatan kislorod donorli qobiliyatga ega bo'lgan zarrachalar sifatida qarash mumkin. Biroq, passivlashgan holatning

shakllanishida asosiy rol potentsialga tegishlidir. Nikelning 0,5M H_2SO_4 eritmasida turli oksidlovchilar ishtirokidagi korroziyasini o'rganish bo'yicha Ya.M. Kolotyarkin va N.Ya. Bunelarning olib borgan ishlarida aniqlanishicha, elektrodlar potentsialining o'zgarishida qo'shimchalarning hissasi mavjud bo'lib, bu o'zgarish metallning elektrokimyoviy va korroziya xususiyatlarini, shuningdek, metallning passiv sohaga o'tish ehtimolligini aniqlab beradi.

Passiv holatdagi metallning tabiatiga tegishli qonuniyatlar asosan passivlash-tiruvchi plyonkalarining xossalari orqali aniqlanadi. Agar plyonka elektrolit bilan sekin ta'sirlashsa, yarimo'tkazgichli o'tkazuvchanlik o'rinli bo'lib, amalda qo'yilgan potentsiallar farqining hammasi plyonka ichida tushadi. Natijada

passivlanish sohasi potensialning juda yuqori qiymatlarigacha kuzatilishi mumkin. Bunda sistema orqali oqayotgan tokning deyarli barchasi oksid plenkasi qalinligining ortishiga sarf bo'ladi. Bog'lanishning bunday ko'rinishi titan, tantal va niobiyda kuzatiladi.

Agarda sirt plyonkalari yuqori elektron o'tkazuvchanlikka ega bo'lsa, plyonka-eritma chegarasidagi anod qutblanishida kislorod hosil bo'lishi bilan boradigan suv molekularining parchalanish jarayoni uchun yetarli bo'lgan potentsiallar farqi vujudga kelishi mumkin yoki qayta passivlanish jarayoni amalga oshadi. Istalgan holda ham bunday hodisalarga tokning ortishi sabab bo'ladi (4.22-rasmda 4 soha).

Qayta passivlanish passivlashtiruvchi plyonka xossalarining o'zgarishi bilan bog'liq bo'lib, natijada lokal yemirilishlar va pittinglar hosil bo'ladi. Ko'rib o'tilgan sulfat kislotasi eritmasidagi temir korroziyasi misolida tok zichligining ortishi bir vaqtning o'zida ikki – pitting hosil bo'lishi va kislorod ajralishi jarayonlarining borishidan dalolat beradi.

Eksperimental o'z tasdig'ini topgan va tan olingan nazariyalardan biri

80-yillarda Makdonald va uning shogirtlari tomonidan yaratilgan. Bu nazariya passivlanish sohasida metallar va plyonkalarining tabiatini tushuntirib bera oladi va eksperiment natijalariga yetarlicha yaxshi mos keladi.

Model metallidagi kislorod va kation vakansiyali juda ko'p sonli nuqtaviy defektlarga ega bo'lgan kristall strukturasimon oksid plyonka haqidagi tasavvurlarga asoslangan.

Kislorod vakansiyalari metall-plyonka chegarasida hosil bo'lib, plyonka-eritma chegarasida yutiladi. Aynan ularning plyonkada, metall bilan bo'lgan chegaradan eritma bilan bo'lgan chegara tomon harakati oksid plyonkasi qalinligining ortishiga sabab bo'ladi. Bu jarayonni gaz korroziyasidagi oksid plyonkasining hosil bo'lish mexanizmiga o'xshatish mumkin.

Yana bir o'zaro bog'liqligi majud jarayon – kation vakansiyalarining plyonkada eritma-plyonka chegarasidan plyonka-metall chegarasi tomon harakati bilan izohlanadigan metallning erishidir.

Umuman olganda, oksid qatlamining shakllanish jarayoni metallning erishi bilan parallel boradigan jarayondir. Plyonka qalinligiga bog'liq holda uning o'sish qonuniyatlari ham o'zgaradi. Plyonka qalinligining kamayishi bilan o'sishning logarifmik qonuni parabolik bog'lanishga o'ta boshlaydi.

To'rtinchi bobga tegishli uslubiy tavsiyalar

Bu bobda keltirilgan ma'lumotlarni o'rganish natijasida talaba quyidagilarni bilishi shart:

- metall-elektrolit chegarasida yuz beradigan fizik-kimyoviy hodisalar-ning mohiyati va ularning elektrod reaksiyalari qonuniyatlariga ta'siri;
- elektrokimyoviy korroziya jarayonlarining asosiy xarakteristikallari;
- korroziya jarayonlarining asosini tashkil etuvchi katod va anod reaksiyalarining termodinamik i kinetik qonuniyatlari;
- aktiv va passiv holatdagi metallar elektrokimyoviy tabiatining o'ziga xos tomonlari.

Nazorat savollari

1. Texnologik amaliyotdan sizga ma'lum bo'lgan, jihozlar va qurilmalarning elektrokimyoviy korroziyasi bilan bog'liq jarayonlarga misollar keltiring.
2. Qo'sh elektr qavatini qanday hosil bo'ladi?
3. Qo'sh elektr qavatining sxematik ko'rinishini chizib, uning mexanizmini tushintiring.
4. Qanday termodinamik kattaliklar asosida korroziya kechishi mumkinligi to'g'risida xulosa qilish mumkin?
5. Purbe diagrammasi nimani ifodalaydi?

6.Konsentratsion qutblanish deb nimaga aytiladi?

7.Konsentratsion qutblanishning asosiy tenglamalarini yozib, ularni izohlab bering.

8.Sekinlashgan razryad – ionizatsiya bosqichli elektrokimyoviy reaksiya kinetikasining asosiy tenglamasini yozing.

9.Tafel tenglamasini yozing va uni izohlab bering.

10.Qaysi koordinatalar sistemasida tok zichligi bilan potensial orasidagi bog'lanish to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi?

11.Vodorod depolyarizatsiyasi bilan boradigan korroziya jarayonni tavsiflab bering.

12.Kislород depolyarizatsiyasi bilan boradigan korroziya jarayonni tavsiflab bering.

13.Metall erishining qutblanish egriligini tasvirlab bering.

14.Metall erishining qutblanish egriligida qanday asosiy sohalar mavjud?

15.Aktiv holatdagi metallning ionizatsiyasida qanday qonuniyatlar bor?

16.Aktiv holatdagi metallning erishida eritma komponentlarining ta'siri qanday?

17. Korroziya diagrammasi deganda nimani tushunasiz?

18. Korroziya diagrammasi qanday quriladi u nimani izohlaydi?

19. Korroziya jarayonlarining qanday nazoratlarini bilasiz? Ularni sanab bering.

20.Metallarning erishida qanday anomal hodisalar kuzatiladi?

21.Metallarning passivlanishi nima?

22.Passivlanish potentsiali nima?

22.Passiv holatdagi metall tabiatining qanday qonuniyatlari mavjud?

To'rtinchi bobga tegishli mustaqil ta'lim mavzulari

1. Qo'sh elektr qavatining mohiyati va uning korroziya jarayonlariga ta'sirini izohlang.
2. Qo'sh elektr qavatining metall-eritma chegarasidagi potentsialning sakrashidagi roli va uning elektrod jarayonlari kinetikasiga ta'siri.
3. Elektrod jarayonlari termodinamikasining qonuniyatlari.
4. Korroziya jarayonlari amalga oshishining termodinamik sharti.
5. Elektrokimyoviy kinetikaning asosiy qonuniyatlari.
6. Konsentratsion qutblanish va diffuziyaning chegaraviy toki.
7. Sekinlashgan razryad – ionizatsiya bosqichli elektrod reaksiyalarining asosiy tenglamasini tahlil qiling.
8. Tafel tenglamasi va unda qatnashuvchi «a» va «b» doimiylarning fizikaviy ma'nolarini ochib bering.
9. Korroziya jarayonlarining asosiy xarakteristikalari. Birgalikda boruvchi reaksiyalar.
10. Vodorod va kislorod depolyarizatsiyasi bilan boradigan korroziya jarayonlari.
11. Metallar ionizatsiyasining anod reaksiyasi.
12. Korroziya jarayonlari reaksiyalarining asosiy bosqichlari.
13. Aktiv holatdagi metallning erishidagi qonuniyatlar.
14. Korroziya jarayonlaridagi nazorat turlari.
15. Korroziya diagrammasini qurishdagi asosiy tamoyillar.
16. Passiv sohada metallning o'zini tutishi.
17. Metallni passivlashtirish tamoyillari.
18. Metallni passiv holatga o'tkazish usullari.

II QISM. KORROZIYA KO'RINISHLARI

KONSTRUKTIV FAKTORLARNING MASHINA VA JIHOZLARDAGI KORROZION YEMIRILISHNING RIVOJLANISHIGA TA'SIRI

«Materiallarning kimyoviy qarshiligi» tushunchasi materiallarning tashqi muhit bilan ta'sirlashishi natijasida boradigan keng doiradagi hodisalarni qamrab oladi. Korroziyaning eng oddiy ko'rinishi — metall sirtining tekis yemirilishi. Biroq, odatda turli qismlardagi korroziya ozmi yoki ko'pmi baribir notekis bo'lib chiqadi. Masalan, nuqtaviy korroziya holida

deyarli shikastlanmagan sirt fonida ko'zga ko'rinmaydigan, devorlarni teshib o'tuvchi va apparatlarni ishdan chiqaruvchi chuqur nuqtaviy nuqsonlar — pittinglar katta tezlik bilan rivojlana boshlaydi. Ba'zan metallar korroziyasi «pichoqli» yoki «ariqchali» xarakterga ega bo'ladi: payvandlangan choklar bo'ylab uzun, chuqur ariqchalar hosil bo'ladi.

Ko'p hollarda eng avval metall donalarining chegarasi yemirila boshlaydi, donalar o'rtasidagi bog'lanish zaiflashadi va bular o'z navbatida metall mexanik xossalarining keskin yomonlashuviga hamda jihozlarning yorilishiga olib kelishi mumkin. Korroziyaning bu ko'rinishi kristallararo korroziya (KAK) deyiladi. Agarda jihoz dinamik va mexanik yuklama ostida turgan bo'lsa yorilish yoki sinib ketish xavfi yanada yuqori yuo'ladi. Ba'zi hollarda muhitning ta'siri material tarkibi va xossalarining chuqur o'zgarishiga olib keladi. Masalan, vodorod miqdorining ortib ketishi (gidrogenatsiya), uglerodsizlanish, azotlanish — bunday hodisalar gaz korroziyasida tez-tez uchrab turadi.

Korrozi jarayonlari va hodisalarining xilma-xilligi ularni o'rganish jarayonida sinflarga ajratish va tizimlashtirishni taqozo qiladi.

V BOB. KORROZIYANING LOKAL KO'RINISHLARI. MATERIALLARNING KORROZIYAGA QARSHI CHIDAMLILIGINI SINASH USULLARI

5.1. Korroziyaning lokal ko'rinishlari

Metall materiallarda korroziya jarayonlari paydo bo'lishining xilma-xilligiga qaramasdan amalda kuzatiladigan korrozion nuqsonlarni u yoki bu darajadagi aniqlik bilan ma'lum bir sinfga taalluqli deb olishga imkon beradigan sinflash mavjud. Bir sinfga lokal korroziya jarayonlari deb ataladigan, barchasi metall sirtining nisbatan kichik yuza qismlarida boradigan va nihoyatda katta tezlikda rivojlanadigan umumiy tomonlarga ega bo'lgan metall yemirilishining ko'rinishlari ajratilgan. Bu jarayonlarda metall konstruksiyasidagi nisbatan kichkina joylaridagi yemirilishlar sababli ularning ekspluatatsion xossalari yo'qoladi. Sirtidagi yemirilgan joylar o'lchamlarining juda kichikligi hamda bu joylarda metall erish tezligining kattaligi sababli yemirilish o'chog'ining mavjudligi aksariyat hollarda qurilmaning ishdan chiqish momentidagina m'lum bo'ladi. Shuning uchun korroziyaning lokal ko'rinishi o'ta xavfli hisoblanadi. Metall qurilmalarni ishlatish sharoitlarining doimiy ravishda qat'iylashib borishi va sanoat sohasiga yangidan-yangi konstruksion materiallarning kirib kelishi korroziyaning lokal ko'rinishlari hissasining vaqt o'tishi bilan so'zsiz ortib borishiga olib kelmoqda.

Lokal korroziyaning asosiy ko'rinishlariga pitting, yarali, tirqishli, kristallararo, selektiv buzilish va kontakt korroziyalari kiradi.

Lokal korroziya jarayonlarining ajralib turadigan tomonlaridan biri shuki, ular tomonidan metall konstruksiyalar sirtining kichik qismi yemiriladi. Bo' joylarda metallning erish tezligi asosiy sirt ulishidagiga nisbatan yetarli darajada katta bo'ladi. Lokal korroziya o'chog'ining metall ichiga kirib borish

tezligi yiliga o'nlab santimetrgacha yetishi mumkin. Ko'pgina lokal korroziya jarayonlari (selektiv erish va kontakt korroziyasidan tashqari) ehtimolli xarakterga ega. Bayon etilgan qirralar umumiy bo'lsada, ular lokal korroziya jarayonlari mexanizmining o'ziga xos tomonlarini to'la ochib bera olmaydi. Lokal korroziya jarayonlari mexanizmini o'rganishda kuzatiladigan o'xshashliklar metallar korroziyasi nazariyasi uchun juda muhimdir.

Barcha lokal korroziya jarayonlari ko'pincha ketma-ket, bir-biridan keyin keladigan bir necha bosqichlardan iborat bo'lib, har birining o'z limitlovchi jarayoni bo'ladi.

Bu bosqichlarning eng asosiylari quyidagilardir:

- korroziya tekis borishining buzilishi boshlanadigan va lokal korroziya o'chog'larining statsionar rivojlanish jarayoniga o'tishiga mos keladigan *boshlanish (yuzaga kelish) bosqichi*; bosqich yetarlicha uzoq davomiylikka ega bo'lib, u induksion davr τ_{ind} deyiladi.

- metalldagi lokal faollashgan qismlarning katastrofik tezlikda yemirilishi amalga oshadigan, *lokal korroziya o'chog'ining barqaror faoliyat ko'rsatish bosqichi*;

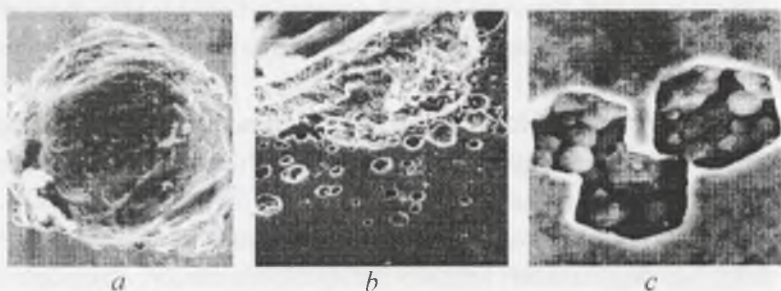
- faollikning (rivojlanishning) yakunlanish—lokal korroziya o'chog'-larining tuzalish (repassivatsiya) bosqichi.

Lokal korroziya jarayonlarining rivojlanishida ko'pincha bir ko'ri-nishdan boshqasiga o'tish hollari kuzatiladi. Masalan, yarali, tirqishli, kristallararo va yana bir qator korroziya-charchash jarayonlari yoki kuchlanish ostidagi statik, korroziya-mexanik buzilishlarning rivojlanishi ko'pincha pitting korroziyasidan boshlanadi. Pitting korroziyasiga o'xshash yemirilishlar metall sirti yassiligining buzilish va turli xildagi qoplamalarning qo'porilish joylarida paydo bo'ladi va rivojlanadi.

5.1.1. Pitting korroziyasi

Pitting korroziyasi (PK) lokal korroziyalar orasidagi eng xavfli hisoblanadi. Passivlashadigan ko'pgina metallar (Fe, Ni, Co, Mn, Cr, Ti, Al, Mg, Zr, Nb, Ta, Cu, Zn va b.) va ular asosidagi qotishmalar hamda konstruksion materiallar bunday korroziyaga moyildirlar.

Pitting korroziyasi dengiz suvlari, tuzli eritmalar, sovutgichlarning sovitish tizimlari va kimyoviy sanoat korxonalari jihozlarida uchraydi. "Pitting" iborasi nafaqat nuqtaviy korroziyani, balki o'ziga xos ko'pgina korroziyon jarohatlarni (5.1-rasm) tavsiflash uchun ham qo'llaniladi. Pitting atamasi odatda chuqur nuqtaviy jarohatlarni izohlash uchun ishlatiladi.



5.1-rasm. 03X18N11markali zanglamaydigan po'lat sirtidagi yirik pitting.

Kattalashtirish: $a - \times 300$; $b - \times 1000$; $c - \times 8000$;

Hosil bo'lish va rivojlanish sharoitlariga ko'ra (harorat, kislotalilik, eritmaning kimyoviy tarkibi) pittinglar shakli va ko'rinishi jihatidan xilma-xildir. Ular yarimsferik, silindrsimon, poliedrik, ochiq, yopiq, qirrali va h.k. bo'lishi mumkin. Pittinglarning ichki sirtida passiv holat va faol erish sohalari bo'ladi. Maslan, kislotali eritmalaridagi temir va nikel uchun pitting tubi va namunaning passiv sirti orasidagi potentsiallar farqi 1V gacha yetishi mumkin.

Silliqlangan deb ataluvchi pittinglar yarimsferik shaklda bo'ladi. Ularning ichki sirti yaltiroq bo'lib, strukturaga, erishga bog'liq bo'lmagan izotrop va mexanizmi bo'yicha elektr silliqlashga yaqin ekanligidan dalolat beradi. Bunday pittinglar temir, zanglamaydigan po'lat, aluminiy, tantalda va nikel, titan, kobalt asosidagi qotishmalarda kuzatilgan.

Qirrali (kristallografik) va noto'g'ri shaklli (turli orientirdagi metallning donalarida anizotrop o'sadigan) pittinglar ko'p hollarda o'yiqsimon bo'ladi. Ular temirda, uglerodli, past legirlangan va zanglamaydigan po'latlarda shuningdek nikel, aluminiy, rux, xromda kuzatilgan.

Ko'pincha yirik (yarimsferik) pittinglar juda ko'p mayda kristallo-grafik pittinglarning qo'shilishidan hosil bo'ladi (5.1-rasm).

Pitting korroziyasi odatda quyidagi shartlar bajarilganda amalga oshadi:

- pittinglar passiv holatda bo'lgan metallar sirtida hosil bo'ladi;
- passivlashtiruvchi plyonkadagi defektlar pittingning rivojlanishiga olib keladi (strukturaviy bir jinsli bo'lmaslik, begona aralashmalar va g'ovakliklarning bo'lishi);
- ayniqsa ularning kuchayishiga qirralar, darzlar, lak-bo'yoq qoplamalarning chegaralari kabi zaif joylar sabab bo'ladi;
- eritmada bir vaqtning o'zida pitting korrozisi aktivatorlari va metall passivatorlari bo'lishi lozim;

Suvli muhitlarda Cl^- , Br^- , I^- , CN^- , SO_4^{2-} ionlari metallar pitting korroziyasining stimulyatorlari hisoblanadi. Metall jihozlar va konstruksiyalar ishlatiladigan ko'pchilik tabiiy va texnologik muhitlarda u yoki bu miqdordagi anion-aktivatorlar mavjud bo'ladi.

Anion-aktivatorlar ta'sirining nisbiy samaradorligi quyidagi qator bo'yicha joylashadi $\text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{I}^-$. Biroq muayyan sharoitlarga bog'liq holda (muhit harorati, anion-aktivatorlar

Do'stov H.B.

konsentratsiyasi, metall tabiati) bu ketma-ketlik o'zgarishi mumkin.

Anion-aktivatorlarga qo'yiladigan asosiy talab – ularning metall sirtida yuqori darajada adsorbsiyalanishi va metall komponentlari bilan eriydigan komplekslar hosil qilishi lozim.

Metall passivatorlari sifatida turli, ko'pincha kislorodli (OH^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , ClO_4^-) anionlar xizmat qiladi, shuningdek ko'p hollarda suv universal passivator hisoblanadi. Pittinglarning hosil bo'lishi elektrokimyoviy mexanizm bo'yicha boradi.

Metallar pittingga chidamliligining elektrokimyoviy mezonini bo'lib, pitting korroziyasining chegaraviy potentsiallari – pitting hosil bo'lish E_{ph} , repassivlanish E_{rp} va kritik potentsial E_{kr} hisoblanadi.

Pitting hosil bo'lish potentsiali E_{ph} passiv holatning buzilishini xarakterlaydi. U pitting hosil bo'lishida stabil jarayon boshlanadigan eng kichik potentsial hisoblanadi.

Repassivlanish potentsiali E_{rp} pitting hosil bo'lish sohasidan passiv holatga o'tishni xarakterlaydi.

Har bir konkret metall-eritma sistemasi uchun ma'lum E_{kr} kritik potentsial mavjud bo'lib, u barqaror passiv holatni (E_{kr} dan manfiyroq) va pitting korroziya sohasini (E_{kr} dan musbatroq) chegaralab turadi. Kritik potentsial E_{kr} dan manfiyroq potentsial sohalarida metall o'zining pitting korroziyasiga uchramaydigan passiv holatini istalgancha uzoq vaqt saqlab turishi mumkin. E_{kr} dan musbatroq potentsiallarda pitting korroziyasi boshlanishi mumkin. E_{kr} dan musbatroq potentsiallarda metallning kvazipassiv holatda bo'lish davomiyligi metallning haqiqiy potentsiali bilan E_{kr} qiymatining farqi orqali aniqlanadi. Bu farq qanchalik katta bo'lsa passivlik shuncha tez buziladi va metall sirtida pitting chuqurchalari paydo bo'ladi.

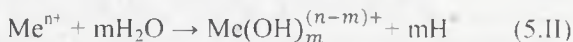
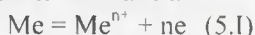
E_{rp} va E_{kr} potentsiallari metall sirtining dastlabki holatiga deyarli bog'liq emas (oksidlanganlik darajasi, g'adir-budurlik, notekislik va h.k.). Ularni har ikkala – metall-eritma korrozion

sistemasining fizik- kimyoviy parametrlarini aniqlovchi ob'ektiv xarakteristikasi sifatida qarash mumkin. E_{ph} potentsiali esa aksincha metall sirtining holatiga, aeratsiya sharoitiga, haroratning kichik tebranishlariga va eritma tarkibiga nisbatan sezuvchan, ya'ni u metallning pittingbardoshligining ob'ektiv xarakteristikasi hisoblanmaydi. Biroq E_{ph} ba'zan sirdagi korrozion buzilish kattaligining bilvosita xarakteristikasi sifatida xizmat qilishi mumkin.

Metall materiallar pittingbardoshligining asosiy amaliy mezonini bo'lib, pitting korroziyasining chegaraviy potentsiallari (ΔE_{pk} , ΔE_{ph} va ΔE_{rp}) bilan metall erkin korroziya potentsiali E_{kor} ning ayirmasi orqali aniqlanadigan pittingbardoshlik bazislari ΔE_{pk} , ΔE_{ph} va ΔE_{rp} lar hisoblanadi.

Pittingbardoshlik bazislari hisoblangan ΔE_{pk} va ΔE_{rp} lar metallarning pitting korroziyasiga bo'lgan moyilligining ishonchli xarakteristikasi hisoblanadi. Ular qancha katta bo'lsa, stabil pittinglarning hosil bo'lish ehtimolligi shuncha kichik bo'ladi. Pittingbardoshlikning ΔE_{ph} bazisi qo'shimcha hisoblanadi.

Pitting hajmida metallning erish sharti metall sirtida kuzatiladigan jarayondan keskin farq qiladi. Pitting ichidagi eritma anion-aktivator bilan boyigan bo'lib, hajmiyga nisbatan kamroq kislotalilikka ega va ba'zan suvsizlangan bo'ladi. Bu anion-aktivatorlarning migratsion yetkazilishi, pitting hajmidan erish mahsulotlarining qiyinlashgan diffuzion chiqib ketishi va quyidagi reaksiya bo'yicha kechuvchi eriydigan metallar tuzlarining gidrolizi orqali ta'minlanadi:



(5.II) reaksiyaning muvozanat konstantasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$K = \frac{[Me(ON)_m^{(n-m)+}] \cdot [H^+]^m}{[Me^{n+}] \cdot [H_2O]^m} \quad (5.1)$$

Ikkinchi tomondan K konstantani Gibbsning standart energiyasidan foydalanib ham aniqlash mumkin:

$$\Delta G^0 = -RT \ln K \quad (5.2)$$

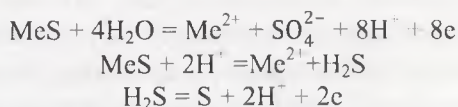
(5.2) tenglamadan K ning ifodasini (5.1) tenglamaga qo'yib, pittingda hosil bo'lgan eritmaning $[N^+]$ kislotaliligini aniqlash mumkin. Pitting ichidagi eritmada tuzlarning konsentratsiyasi yuqori bo'lganligi sababli aktivlik koeffitsientlaridan faqat ma'lum bir aniqlik darasida foydalanish mumkinligidan bu kabi hisoblashlar baholash xarakteriga ega.

Pitting ichidagi eritmaning pH pitting korroziyasiga uchrayotgan buyumning materialiga bog'liq. Po'lat uchun pitting ichidagi eritmaning kislotaliligi hisoblangan va o'lchangan natijalarga asosan $\sim 3,5$ dan 0 gacha bo'lgan oraliqda yotadi. Bunday farq zanglamaydigan po'latdagi pittingda metalning erishida eritmaga Fe^{2+} ionlari bilan bir qatorda temirga nisbatan gidroliz darajasi yuqori bo'lgan legirlovchi elementlar ionlarining $-Ni^{2+}, Cr^{3+}, Mo^{3+}$ ham o'tishi orqali izohlanadi.

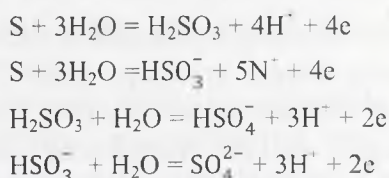
Real metall materiallar strukturasidagi defektlarning mavjudligi (birjinsli bo'lmaslik) pittinglar hosil bo'lishining asosiy sababi hisoblanadi. Metall strukturasidagi defektlarning pitting korroziyasi stimulyatori sifatida ta'sir etish effektivligi turlicha bo'lib, quyidagi qator bo'yicha kamayadi: ikkilamchi faza > aralashmalarning segregatsiyasi > dislokatsiyalar > nuqtaviy defektlar.

Ko'pgina metall konstruksion materiallar uchun ikkilamchi fazalar ichida pitting korroziyasini chaqiruvchi eng xavfli nometall sulfidli (sulfid oksidli) aralashmalar hisoblanadi. Passivlashtiruvchi plyonkaning metall sirtiga chiqqan joyida vujudga keladigan himoya xususiyatlarining yomonlashuvi va metall/sulfidli aralashma chegarasida mikrotirqishlarning hosil bo'lishi sulfidli aralashmalar tufayli pittinglarning rivojlanishiga sabab bo'ladi.

Lokal korroziya o'chog'ida repassivatsiyaning qiyinlashuvi va metall erish tezligining ortishi unda va uning atrofida quyida keltirilgan reaksiyalar bo'yicha vujudga keluvchi yuqori effektli korroziya stimulyatorlari – H_2S va HS^- larning to'planishi bilan izohlanadi:



Undan tashqari, sulfid aralashmalarining erishida pittingdagi eritma quyidagi reaksiyalar bo'yicha yanada ko'proq kislotali bo'lib boradi:



Metallarga termik ishlov berilishi va sovuq holdagi deformatsiyanishi tufayli struktura defektliligining o'zgarishi ularning pitting korroziyasiga bo'lgan moyilligiga ta'sir qilishi mumkin. Bunda ta'sir darajasi va yo'nalishi turlicha bo'lib, u metallning xossalari hamda unga aniq qanday turdagi ishlov berilanligiga bog'liqdir. Masalan, kuchsiz deformatsiyalar dislokatsiyalar zichligining ortishi, siljish chiziqlarining paydo bo'lishi va b. tufayli metallarning pitting korroziyasiga bo'lgan moyilligini kuchaytirishi mumkin. Kuchli deformatsiyalar esa metallar strukturasida birjinslilikni kuchaytirishi sababli, aksincha ularning pittigbardoshlilikini oshirishi mumkin.

Ko'p hollarda pitting korroziyasining tezlashishiga haroratning ortishi sabab bo'ladi, biroq uning kuchli ta'sir qilish intervali turli tabiatdagi metallar uchun turlichadir.

Doimiy haroratda aniona-aktivator (mazkur hol uchun Cl^- va Br^-) konsentratsiyasi C_{ak} ning ortishi ham qaralayotgan potensialning manfiy yo'nalishda siljishiga olib keladi. Bunday holat zanglamaydigan va uglerodli po'latlarda kuzatilgan.

C_{ak} ning doimiy qiymatida eritma pH ning o'zgarishi E_{rp} ning kattaligiga deyarli ta'sir qilmaydi. pH ning ma'lum bir kritik qiymatida metall elektrokimyoviy holatining o'zgarishi amalga oshadi – metallning o'z-o'zidan passivlanishi kuzatiladi. Bunday holatda (zaif kislotalidan zaif ishqorli muhitgacha) po'latlar uchun E_{kor} eritmaning pH ga zaif bog'langan, ya'ni ularning ΔE_{rp} va ΔE_{pk} bazislari, va o'z navbatida pittigbardoshligi ham muhitning pH ga deyarli bog'liq emas.

5.1.2. Yarali korroziya

Yarali korroziya o'zining rivojlanish xarakteri bo'yicha PK ga juda yaqin biroq, bunda korrozion jarayon lokalizatsiyasi unchalik o'tkir emas va yarali korroziya o'chog'ining diametri PK nisbatan ancha katta bo'ladi. Yaralarning diametri odatda ularning chuqurligiga nisbatan yetarlicha kattadir. Yarali korroziya passiv metallarda ham, aktiv eriydigan metallarda ham kechadi. Korroziyaning bunday ko'rinishi uglerodli va past legirlangan po'latlarda ko'proq uchraydi.

Uglerodli va past legirlangan po'latlarning yarali korroziyaga chidamliligi ularning strukturali va struktura-fazali tashkil etuvchilariga sezilarli darajada bog'liqdir. Yarali korroziyaga po'latlar chidamliligining keskin pasayishi ularning strukturasida kalsiy asosidagi metallmas sulfidlarning qo'shilib qolishi sababli yuzaga keladi.

Ancha kamroq va faqat uglerodli po'latlar uchun amaliy ahamiyatga ega bo'lgan yemirilish xavfi marganes sulfidining aralashuvi tufayli vujudga keladi. Nozik dispers perlit ajralmalarining uzluksiz to'ri hosil bo'lishi bilan ferrit-perlit strukturali po'latlar uchun yarali korroziyaga moyillik ortadi.

Kalsiy asosidagi sulfidlarning ta'sir mexanizmi zanglamaydigan po'latlar uchun pitting korroziyasi mexanizmiga juda o'xshashdir. Marganes sulfidiga nisbatan ularning korroziyon xavfliligi elektrolitlardagi erish tezligining yuqoriligi bilan izohlanadi.

Perlit fazalarining ta'sir mexanizmi quyidagicha. Perlit — ferrit va sementit plastinkali fazalar nisbati (7–8):1 bo'lgan plastinkasimon qatlamli strukturaga ega. Termik qayta ishlash sharoitiga qarab, plastinkalarning qalinligi taxminan 10 martagacha o'zgarishi mumkin, masalan ferrit uchun 0,1 dan 1,0 mkm gacha o'zgarib, plastinka qancha yupqa bo'lsa, u shunchalik ko'proq egrilanadi. Neytral muhitlarda ferrit 1–2 tartib kattalikda sementitdan tezroq eriydi. Eritmaning kislotaliligi kuchayishi bilan ferritning erish tezligi yana bir necha tartibda ortadi. Sementitning erish tezligi esa agar o'zgaradigan bo'lsa, u 10 martadan oshmaydi.

Neytral eritmada korroziya kechganda ferrit plastinkasi tomonidan qoldirilgan mikroazordagi lokal muhit oksidlanib, unda ferritning erish tezligi yanada ortadi. Perlit koloniyasidagi plastinka qancha yupqa bo'lsa, dastlab hosil bo'lgan zazorlardagi muhit shuncha tez oksidlanadi va ferrit plastinkalarining keyingi erish tezligi yanada ortadi. Bunda metall matritsa ferritining erish tezligi o'zgarmay qoladi. Metall bilan bog'lanishni yo'qotgan sementit plastinkalari korroziyon yaralar hosil qilib boshqacha tusga kiradi. Eritmaning lokal oksidlanishi korroziya jarayonining stimuli bo'lganligi sababli, ko'rib o'tilgan mexanizm pitting va tirqish korroziyalari bilan umumiy jihatlariga egadir.

5.1.3. Tirqish korroziyasi va konstruktiv faktorlarning bu turdagi korroziyaga ta'siri

Konstruksiyalarda ingichka tirqishlar, zazorlar, juda kichik o'lchamli oraliqlar bo'lganda yoki metall material mikrotirqishlar

va mikroyopiqqlar ko'rinishidagi texnologik deffektlarga ega bo'lgan hollarda tirqish korroziyasi kuzatiladi (5.2-rasm). Ko'p hollarda ko'rsatilgan defektlarda korrozion pittinglarning rivojlanishi oqibatida tirqish korroziyasi boshlanadi.

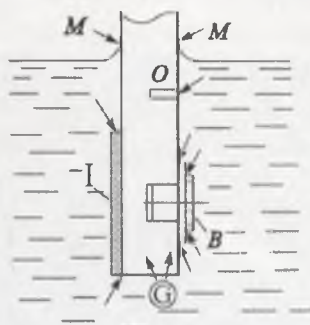
Tirqish korroziyasining jadallashuvi tirqish va zazorlardagi eritma xossalarining o'zgarishiga olib keladi — vaqt o'tishi bilan u oksidlanadi, agressiv anionlarga yanada boyiydi. Bunday korroziyaga ko'pgina metallar va metall buyumlar mahkumdirlar.

Agar buyumning asosiy yuzasida kislorod depolyarizatsiyasi orqali kechadigan bo'lsa, tirqish va zazorlar joylariga kislorod yetib borishining diffuzion qiyinchiligi sababli u yerdagi eritmada kislorod tanqisligi vujudga keladi. Bu passiv holatda bo'lgan jihozlar korroziyasini, ayniqsa zanglamaydigan po'latdan tayyorlangan kimyo sanoati jihozlari korroziyasini o'rganishda juda muhimdir. Eritmadagi kislorod konsentratsiyasini kamaytirish orqali katod reaksiyasining tezligini kamaytirish — metallning faol holatga o'tishiga, ya'ni metall erish tezligining keskin ortishiga (bir necha tartibga) sabab bo'lishi mumkin.

Po'latlarning legirlanganlik darajasi ortishi bilan ularning tirqish korroziyasiga moyilligi kamayadi biroq, pitting korroziyasi holidagidek, tarkibi bir rusumli po'latlar lokal korroziyaning ko'rilyotgan turiga nisbatan keskin farq qiladigan turlicha chidamlilikni namoyon qilishi mumkin. Eng chidamli materiallar qatoriga tarkibida ko'p miqdordagi xrom, nikel va molibden bo'lgan superqotishmalar, shuningdek nikel asosidagi qotishmalar kiradi.

5.2-rasm. Tirqishli korroziya avj oladigan (strelkalar bilan ko'rsatilgan) joylarning sxematik ko'rinishi.

I – izolyatsiyalovchi qoplama;
 G – gaz pufagi; O – ingichka teshik;
 B – shayba, flans, prokladkali rezkali
 birikma; M – metall buyum bilan
 eritmaning tutash chegarasi;



5.1.4. Kristallararo korroziya

Kristallararo korroziya (KK) polikristall materiallarda, ko'proq temir, aluminiy va mis qotishmalarida uchraydi. Bu korroziya donalar chegarasida va donalar tarkibi bilan dona chegarasidagi kimyoviy xilma-xillik oqibatida vujudga keladi.

Donalar chegarasi ikki makroskopik o'lchovli (mikronlar tartibida) qo'sh o'lchamli defekt hisoblanadi. Metallning donalar chegarasi qatlamida qo'shni donalarning bir-biri bilan yomon bog'lanishi oqibatida vujudga keladigan metallning yuqori defektiligi tufayli qotishma komponent-lari diffuziyasining tezligi donalar chegarasi sohasidagi hajmiy diffuziya tezligidan bir necha tartibda yuqori bo'ladi. Bu esa donalar chegarasi sohasida aralashma elementlarning segregatsiya jarayonini, shuningdek yangi fazalarning hosil bo'lishi va o'sishini osonlashtiradi.

Kristallararo korroziyaga oson passivlashadigan metall materiallar, masalan zanglamaydigan po'latlar hamda nikel, aluminiy asosidagi qotishmalar uchraydilar. Donalar chegarasida metallning jadallashgan erishi KK ga sabab bo'ladi (5.3-rasm). Chegaraga yaqin zonalar erish tezligining asosiy metall erish tezligida bir necha tartibda katta bo'lish hol muhim amaliy ahamiyatga ega. Bunda metallning alohida donalari orasidagi

Do'stov H.B.

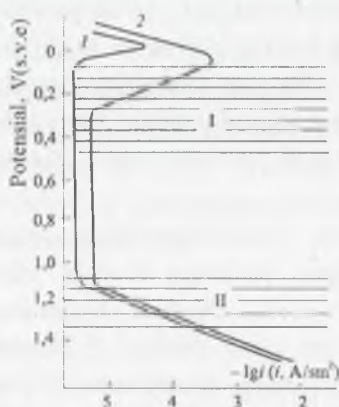
bog'lanishlar buziladi va metallning tusi o'zgarib, u o'zining ekspluatatsion xossalarini yo'qotadi.



5.3-rasm. Po'latning kristallararo korroziyadan yemirilish xarakteri.

Surat 0,75 % Si li 09X18N14 rusumli 650°C haroratdan chiqqan po'latga ta'luqli

KK ning rivojlanish tezligi metallning potensialiga bog'liqdir. Rivojlanishning yuqori jadallashuvi aktiv-passiv o'tish potensialida $\sim +0,35$ V (5.4-rasm, I-soha) va transpassiv soha boshlanadigan potensialda 1,15–1,25 V (5.4-rasm, II-soha) kuzatiladi. Birinchi soha zanglamaydigan po'latlarning sust oksidlovchi muhitlar, ikkinchisi esa – kuchli oksidlovchi muhitlar bilan kontakti amalga oshganda hosil bo'ladigan potesiallarga mos keladi. Ko'rsatilgan sohalarida KK ning rivojlanish mexanizmlari prinsipial farq qilishi mumkin.



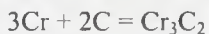
5.4-rasm. X18N10T rusumli po'latning toblangan, KK ga moyil bo'lmagan (1) va toblanmagan, KK ga moyil (2) holatlar-dagi sxematik anod qutblanish egriliklari.

I – KK ga moyillikning birinchi sohasi (sust oksidlovchi muhitlar);
II – KK ga moyillikning ikkinchi sohasi (kuchli oksidlovchi muhitlar);

Zanglamaydigan po'latlardagi donalar chegarasida metallning jadal-lashgan erishi ikki faktor tufayli yuzaga kelishi mumkin: chegaraviy zonalarining xrom bilan kuchsizlantirilishi va ko'rsatilgan sohalarda metal korroziyasi tezligini keskin oshiruvchi aralashmalar segregatsiyasining vujudga kelishi.

Aralashma elementlarining segregatsiyasi bir necha atomlararo masofagacha tarqalib, muvozanatli (ancha qisqa) va muvozanatsiz bo'lishi mumkin. Segregatsiya turidan qat'iy nazar, ulardagi aralashma elementlarining konsentratsiyasi dona ichidagiga nisbatan o'nlab va hatto yuzlab marta katta bo'ladi. Bu esa metall tarkibining aniq ifodalangan geterogenligiga va natijada donalar bilan chagaralangan sohalarda erish tezligining keskin lokal ortishiga olib keladi. Fosfora, kremniy va modifikatsiyalovchi bor elementi aralashmalarining segregatsiyasi KK ning eng kuchli promotorlari bo'lib hisoblanadi. Zanglamaydigan po'latlar strukturasidagi donalar bilan chagaralangan sohalarning xromga tanqisligi xrom karbidining ajralishi oqibatida vujudga keladi.

Karbid hosil bo'lish jarayoni quyidagicha amalga oshadi. Metallni qizdirilganda va unga termik ishlov berish uchun yuqori haroratda ushlab turilganda metallidagi diffuziya tezligi xromga nisbatan katta bo'lgan uglerod donalar chegarasi yaqiniga nafaqat donalar chegarasidan, balki metallning ichki hajmidan ham yetib keladi. Bunga o'xshash effektlar termik ishlov berish va payvandlash jarayonlarida ham kuzatiladi.



Diffuziya tezligining kichikligi sababli xrom faqat chegaraviy sohalardangina yetkaziladi va uning miqdori metall hajmidan diffuziya tufayli keladigan xrom hisobiga to'ldirila olmaydi. Termik ishlov berish xavfi – harorat bilan metallni bu haroratda ushlab turish vaqtining nisbati orqali aniqlanadi. Shunday qilib, karbid fazasi ajraladigan soha atrofida xrom tanqisligi zonasi paydo bo'ladi. Xrom karbidlari donalar

Do'stov H.B.

chegarasi bo'ylab uzluksiz zanjir hosil qilishi bois, chegaraviy sohalaridagi yaxlit metall zonasida xrom tanqisligi kuzatiladi. Xrom yetishmaydigan sohalarining agressiv muhit bilan kontaktida ustunlik bilan erish amalga oshadi. Donalardagi va uning chegaraviy sohalaridagi xrom konsentratsiyasi-ning farqi qacha katta bo'lsa, kristallararo korroziya tezligi shuncha katta bo'ladi.

Karbid hosil bo'lish moyilligiga po'latlarni legirlovchi elementlar ham ta'sir qiladi. Ni, Si, Co uglerod aktivligining ortishi oqibatida karbidlar hosil bo'lishini osonlashtiradi. Aksincha, Mo, W, V, Nb, Mn uglerodning aktivligini pasaytiradi. Yuqori oksidlovchi muhitlarda KK ning rivojlanishi (potensiallarning ikkinchi sohasi) ko'p hollarda bir necha omillarning birgalikdagi ta'siri natijasida amalga oshadi, ularning asosiylari sifatida quyidagilarni e'tirof etish mumkin:

- yuqori oksidlovchi muhitlarda beqaror bo'lgan ortiqcha fazalarning selektiv erishi;
- xrom tanqisligidagi chegaraviy sohalarining tanlanib erishi;
- po'latning erishidan hosil bo'lgan xromat-ionlarning o'ziga xos ta'siri;
- aralashmalarning segregatsiya joylari bo'lgan chegaraviy sohalarining tanlanib erishi;

Bir qator holatlarda KK ning rivojlanishi donalar chegarasida pittiglar hosil bo'lishidan boshlanadi. KK ning rivojlanishiga chegaraviy sohalarining dastlabki erishida hosil bo'lgan ariqchalarni to'ldiruvchi elektrolit xossalari-ning o'zgarishi ham ta'sir qiladi. Pitting korroziya holida bo'lgani kabi vaqt o'tishi bilan elektrolitning qislotaliligi ortib boradi va hajmiyga nisbatan yanada konsentrlangan bo'ladi.

Kristallararo korroziyaning yana bir ko'rinishlaridan biri «pichoqli» korroziya bo'lib, unda korroziya jarayoni metallning chegaraviy sohalaridagi juda tor qismida pichoq shaklida amalga oshadi. Pichoqli korroziya payvandlangan ko'p qavatli choklarda

kuzatiladi. Korroziyaning bu ko'rinishi azot kislotasi muhitidagi titan bilan barqarorlashtirilgan po'latlarda, tarkibida molibden miqdori yuqori bo'lgan po'latlarda uchraydi. Kam uglerodli va niobiy bilan barqarorlashtirilgan po'latlar bunday korroziyaga chidamlidir.

5.1.5. Selektiv erish

Selektiv erish (selektiv-tanlanib erish) struktura komponentlarining elektrokimyoviy tabiati bo'yicha keskin farq qiladigan ko'p fazali konstruksion materiallarga xosdir. Sirtlarning ekvipotensial holatida konstruksion materiallardagi turli fazaviy tashkil etuvchilarning erish tezligi (potensialning bir xil qiymatlarida) bir necha martadan (bir xil erish xarakterida masalan, aktiv erish) bir necha kattalik tartibigacha farq qilishi mumkin (agarda tashkil etuvchilardan biri aktiv, ikkinchisi — passiv holatda bo'lsa).

Selektiv erishda material fazaviy tashkil etuvchilaridan birining kuchli erishi oqibatida turli shaklda va turli chuqurlikda hosil bo'ladigan bo'shliqlar tufayli konstruksiya o'zining funksional xossalarini yo'qotadi.

Selektiv erish mis asosidagi qotishmalarda uchraydi, bu jarayon — jezni "ruxsizlantirish" hodisasi nomi bilan ma'lum. Fe₃Al qotishmasi-ning selektiv erishida uning sirtida korrozion yaralarga o'xshash yemirilishlarni yaqqol kuzatish mumkin. Zanglamaydigan po'lat uchun kuchli oksidlovchi muhitlardagi KKning rivojlanishi strukturaviy-tanlab erishning xususiy holi hisoblanadi. Bunda quyidagi hollar kuzatilishi mumkin:

- donalar chegarasida ajraladigan karbid fazalarning ustunlik bilan erishi;
- marganes sulfidi aralashmasining ustunlik bilan erishi tufayli pittinglarning hosil bo'lishi;

- strukturasidagi kalsiy sulfidi ajralishi bilan bog'liq bo'lgan uglerodli va kam legirlangan po'latlarning sirtida yarali korroziyaning rivojlanishi;

5.1.6. Kontakt korroziyasi

Kontakt korroziyasi ikki va undan ortiq turli metallarning o'zaro birikkan (kontaktda bo'lgan) joylarida vujudga keladi. Korroziyaning bu turi turli elektrokimyoviy tabiatga ega bo'lgan metallar (masalan uglerodli po'lat – zanglamaydigan po'lat, uglerodli po'lat – aluminiy yoki uning qotishmasi va b. sistemalar) kontaktda elektrolit eritmalari muhitida rivojlanadi. Kontakt korroziyasi bir xil metallardan tayyorlangan konstruksiyalarning kovsharlangan yoki payvandlangan joylarida ham paydo bo'ladi. Bunday korroziya bir xil rusumli metallardan tayyorlangan, biroq shu metall doirasida xossalari keskin farq qiladigan detallarning kontaktda ham kuzatiladi. Metall elektrokimyoviy xarakteristikalarining o'zgarishiga olib keladigan mexanik kuchlanishlar ham bir xil metallardan tayyorlanib, turlicha mexanik ishlov berilgan detallarning birikishida kontakt korroziyasiga olib kelishi mumkin. Shunday qilib, murakkab metall ob'ektlarga konstruksion nuqtai nazardan noto'g'ri jilo berilganda ham kontakt korroziyasi tufayli ular muddatidan oldin ishdan chiqishi mumkin.

Kontakt korroziyasida sistemaning ikkala tashkil etuvchilari sirtida ham yig'indi anod va katod qutblanish egriliklarining kesishish nuqtasi bilan aniqlanadigan murosa potentsiali vujudga keladi. Bu potentsialda sistemadagi ikkala tashkil etuvchining erish tezligi, har bir tashkil etuvchining aynan bir eritmadagi alohida erish tezliklaridan farq qiladi.

Agarda elektrolit eritmasi cheksiz elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lganda edi, sirtning ekvipotentsialligi istalgancha uzoq masofaga tarqalar edi. Eksploatatsion muhit chekli elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan real sharoitlarda esa

ekvipotensiallik bimetall sistema sirtning bevosita kontakt joylari yaqinidagi ma'lum bir qismidagina kuzatiladi. Kontakt joyidan uzoqlashgan sari sistemani tashkil etuvchi har bir metallning potensiali kompromiss potensialdan shuncha ko'proq farq qilib, o'zining xususiy qiymatiga yaqinlasha boradi. Muhitning elektr o'tkazuvchanligi qanchalik yuqori bo'lsa ekvipotensiallik zonasi shunchalik cho'zilgan bo'ladi. Bunday holat zaif elektr o'tkazuvchanlikkaega bo'lgan muhitda omik qarshilikning yo'qolishi – IR chetlashishlar mavjudligi bilan izohlanadi.

Elektrokimyoviy tabiati turlicha bo'lgan metallar kontaktida potensiali manfiyroq bo'lgan metall anod va potensiali yanada musbatroq bo'lgani — katod vazifasini bajaradi. Sistema egallagan potensialga bog'liq holda katodning erish tezligi aynan shu eritmadagi uning xususiy tezligidan katta, kichik yoki unga teng bo'lishi mumkin.

Anodning erish tezligi birinchi navbatda anod va katod orasidagi potensiallar farqiga bog'liq, biroq kislorodning ionizatsiya jarayoni, anod erishi mahsulotlarining ikkilamchi o'tirishi va b. ham unga sezilarli ta'sir qilishi mumkin. Bir xil metallning elektrod potensiali uning tarkibi, temperaturasi, aeratsiya sharoiti va muhitning boshqa xarakteristikalariga bog'liq bo'lganligidan kompromiss potensialining qiymati ham nafaqat tashkil etuvchi metallarning tabiati, balki muhitning xarakteristikolari orqali ham aniqlanadi.

Kontakt korroziyasining amaldagi hodisalaridan biri *differensial aeratsiya juftligining* hosil bo'lishidir. Bir xil metallardan tayyorlangan metall konstruksiyaning turli qismlarida katod jarayoni tezligining turlicha bo'lishi oqibatida erkin korroziyaning har xil potensiali hosil bo'lganda differensial aeratsiya juftligi yuzaga keladi. Bu turdagi korroziya katod reaksiyalari asosiy depolyarizator – kislorod yetib kelishi diffuzion cheklangan sharoitlarda kechadigan, ya'ni yer osti inshootlarida kuzatiladi. Kislorod konsentratsiyasidagi farq

odatda inshootlarning turlicha xossalarga ega bo'lgan tuproqlarda yotishi bilan bog'liqdir.

Kontakt korroziyasining yana bir holi bir xildagi katod reaksiyalarida metall konstruksiyasining turli qismlarida turlicha erkin korroziya potensialining, anod reaksiyasi qonuniyatlarining o'zgarishi tufayli amalga oshganida kuzatiladi. Bu o'zgarish metallning turli tarkibli muhit bilan kontaktda bo'lganligi oqibatidir. Bunday holat ko'pincha tarkibi va kislotaliligi turlicha bo'lgan tuproqlarda uzoq masofalarga cho'zilib yotuvchi kuvurlarning yer osti korroziyasida kuzatiladi.

O'xshash holat issiqlik uzatish tizimi quvurlarini ishlatishda ham juda ko'p uchraydi. Bunda korroziya issiqlik uzatish va o'tkazish sharoitlarida kechadi, potensialning o'zgarishi haroratning ta'siri tufayli bo'ladi. Ko'p hollarda ta'sir shu qadar kuchli bo'ladiki, metall konstruksiyasi sirtining ba'zi qismlarida potensialning passiv, boshqa kismilarida – aktiv sohasi to'g'ri kelishi mumkin. Korroziyaning ko'rib chiqigan bu turi ishlab chiqarishning juda ko'p sohalarida foydalaniladigan issiqlik almashinish qurilmalari uchun xarakterlidir.

5.2. Metallarning korrozion-mexanik yemirilishi

Bir vaqtning o'zida agressiv muhit bilan bir qatorda mexanik kuchlanish ta'sirlariga ham uchraydigan sharoitlarda ishlatiladigan metall konstruksiyalari yanada kuchliroq korroziyaga uchraydilar.

Kimyo sanoatidan bu ikki faktorning birgalikdagi ta'siriga juda ko'p misollar keltirish mumkin, masalan:

- ammiak, mochevina, metil spirti va shu kabilarning sintezi jarayonlari agressiv muhit bilan bir qatorda yuqori harorat va 35-40 MPa bosim ostidagi gaz oqimi sharoitida amalga oshiriladi;
- korrozion aktiv va mexanik yuklama ta'sirida ishlovchi tebranma dastgohlar, g'alvir mashinalar, filtrlar, shtangali nasoslar va b;

- bug' va yuqori bosim ostida ishlovchi jihozlar, quvur o'tkazgichlar, avtoklavlar va shu kabi jihozlar korrozion yorilishga uchraydilar;
- o'zgaruvchan yuklama va agressiv muhitning birgalikdagi ta'siri ham xavfli korroziga olib kelishi mumkin. Bunday ta'sirga nasos va kompressorlar, rotorlar, disklar, turbinalarning kuraklari, krivoship-shatun mexanizmlari va b. uchraydi.

Mexanik kuchlanishlarning ikki – ichki va tashqi ko'rinishlari majud. Ichki kuchlanish detallarga mexanik va termik ishlov berishda, ularni payvandlashda vujudga keladi. Tashqi, ya'ni tashqaridan qo'yiladigan kuchlanish statik va o'zgaruvchan bo'lishi mumkin.

Mexanik kuchlanish ta'sirida metall sirtki qatlamining strukturasi o'zgaradi, bu esa ba'zi qismlardagi potensialning o'zgarishiga, himoya plyonkasining buzilishiga va natijada metalldagi korroziya tezligining o'zgarishiga olib keladi.

Mexanik yuklamalar ta'sirida metall korrozion yemirilishining quyidagi ko'rinishlari vujudga kelishi mumkin:

- korrozion yorilish;
- korrozion charchash;
- korrozion kavitatsiya;
- korrozion eroziya yoki fretting-korroziya.

Mexanik kuchlanish ta'siridagi korrozion yemirilish lokal korroziya jarayoniga kirmasada u bilan juda ko'p umumiy jihatlarga ega. Korrozion charchash jarayonlari yoki statik kuchlanish ostidagi korroziya jarayonlarida yoriqlar, fretting-korroziyada esa pittinglar hosil bo'lishi bilan kechadi.

Mexanik kuchlanish ta'siridagi korrozion jarayonlar quyidagi uch ketma-ket bosqichda amalga oshadi:

- o'rinadigan buzilishlar ko'zga tashlanmaydigan inkubatsion davr;
- korroziya o'chog'lari vujudga keladigan bosqich;
- masshtabli tez yemirilish boshlanadigan davr;

Elastik yoki deformatsiya bilan bog'liq holatda bo'lgan metallda mexanik kuchlanishlarning mavjudligi himoya plyonkalari yaxlitligining buzilishiga olib keladi. Odatda cho'zuvchi yoki siquvchi kuchlanishlar tekis korroziyaning tezligiga kamroq ta'sir qiladi. Korrozion muhit ta'sirida mexanik faktorlarning lokalizatsiyasi metall konstruksiyasining tez buzilishiga olib keladi.

Kuchlanish ostida korrozion yorilishning kechishi korrozion muhit va mexanik ta'sirlarning birgalikdagi tazyiqi tufayli amalga oshadi. Dastlabki davrda yoriqlar korrozion muhit aktiv ionlarining xemosorbsiyasi ta'siridagi darzlar tufayli hosil bo'ladi. Yoriqlarning paydo bo'lishi metallning defektlari bo'lgan (masalan donalar chegarasida, qo'shimchalarda, dislokatsiyalar to'plamida) ba'zi qismlarida tunellarning (0,05 mkm tartibdagi o'lchamli) va pittinglarning vujudga kelishi bilan bog'liq. Mexanik faktorning juda katta ustunligi tufayli yoriqlarning rivojlanishi va konstruksiyaning uzilishiga olib kelishi mumkin.

5.2.1. Metallarning korrozion yorilishi

Korrozion yorilish (KYo) – cho'zuvchi kuchlanish va korrozion muhitning birgalikdagi tasiri oqibatida darzlarning hosil bo'lishi va rivojlanishi sababli metall yaxlitligining buzilishidir. KYo metallda plastik deformatsiyaning umuman yo'qligi bilan xarakterlanadi.

Korrozion yorilish – metall buzilishining xavfli ko'rinishlaridan biridir. Termik yoki mexanik ishlov berishdan keyin, jihozlarni yig'ish va montaj qilishda, payvandlashda, yuqori bosim va haroratda ishlatish oqibatida yuzaga keladigan qoldiq kuchlanish hosil bo'lgan kimyo sanoatidagi konstruksiyalarda KYo eng ko'p uchraydi.

Agressiv muhitning tabiati, uning konsentratsiyasi va tarkibi KYo ning vujudga kelishi va rivojlanishiga katta ta'sir ko'rsatadi. Kuchlanish ostida yuz beradigan KYo ga deyarli

barcha metallar va qotishmalar duchor bo'ladilar. Kimyo, neft-gaz va issiqlik energetikasi sohalarida ro'y beradigan korroziyon yemirilishlarning 20 dan 40 % gachasi korroziyon yorilish ulushiga to'g'ri keladi.

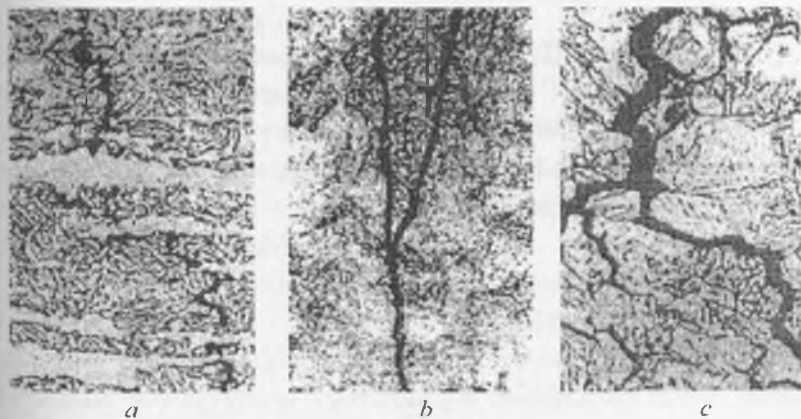
Korroziyon yorilish uchun quyidagi o'ziga xosliklar xarakterlidir:

- metall mo'rtligini yuzaga keltiruvchi darzlarning hosil bo'lishi;

- kristallararo va transkristall darzlarning hosil bo'lishi va tarmoqlanishi;

- qo'yilgan cho'zuvchi kuchlarning qiymatiga ko'ra darzlar hosil bo'lguncha induksiya davr davomiyligi.

Korroziyon yorilish tarkibida H_2S , NH_3 , CO_2 , nitratlar, xloridlar, kislotalar va ishqorlar bo'lgan eritmalarda yuz beradi (5.5-rasm). Tarkibida 0,2 % uglerod bo'lgan, ferrit-perlit yoki perlit strukturali uglerodli po'latlar KYo ga kamroq moyildirlar.



5.5-rasm. 200 mg/l Sl^- konsentratsiyali, 320°S haroratli suvdagi po'latlarning tipik korroziyon yorilishi ($\times 900$):

- a* – 03X16N4S2 po'lat, kristallararo buzilish, zaif tarmoqlangan yoriq, δ -ferritning aylanib o'tishi; *b* – 03X12K12N2 po'lat, transkristall buzilish; *c* – 03X12K12D2 po'lat, kristallararo buzilish, tarmoqlangan yoriq;

Martensit strukturali po'latlar bunday korroziyaga ancha sezgir hisoblanadi. Martensit hosil bo'lishiga olib keladigan termik qayta ishlashning barcha rejimlari po'latni KYo ga moyil qiladi.

Yarimferritli va ferritli xromlangan po'latlar korroziyon yorilishga austenit xromnikelli po'latlarga nisbatan kamroq moyildirlar.

Austenit xromnikelli po'latlardagi KYo qator kimyoviy ishlab chiqarish sanoatlarida kuzatilgan. Bu hodisa zanglamaydigan po'latlardagi austenit-ning noturg'unligi bilan izohlanadi.

Uglerodli po'latlarni legirlash, turg'unlashtiruvchi qo'shimchalarni kiritish, nikel miqdorini oshirish austenitli po'latlarning korroziyon yorilishga bo'lgan moyilligini sezilarli o'zgartirmaydi.

Rangli metallar va ular asosidagi qotishmalar shuningdek, alyumin-magniy va mis-jez qotishmalari ham KYo ga uchraydilar.

Kuchlanish ostida bo'lgan magniyli qotishmalar – xloridlar, sulfatlar, karbonatlar va xromatlarning eritmalarida korroziyon yorilishga uchraydilar. Misning rux, qalay va aluminii bilan qotishmalari ammiak bug'lari majud bo'lgan muhitda bu turdagi korroziyaga uchraydilar.

5.2.2. Metallarning korrozion charchashi

Metallning charchashi – mustahkamlik chegarasidan ancha kichik bo'lgan kuchlanishlardagi davriy dinamik yuklama ta'sirida uning yemirilishidir. Kimyo sanoatidagi mashina va uskuna detallarining bunday korroziyaga uchraganini tez-tez ko'rish mumkin. Charchash tufayli yemirilish odatda cho'zuvchi kuchlanish qo'yilgan davrda rivojlanadigan kristallararo va transkristall yoriqlar hosil bo'lishi bilan birga kechadi (5.6-rasm). Metallning charchashdagi yemirilishga moyilligi uning chidamlilik chegarasi bilan xarakterlanadi.



5.6-rasm. L63 latundan tayyorlangan kondensator trubkasidagi charchash yorig'i

Chidamlilik chegarasi deganda 10^7 va undan ko'proq siklda ham metallarning charchashdagi yemirilishi boshlanmaydigan maksimal kuchlanishning qiymati

tushiniladi. Metallga o'zgaruvchan kuchlanish va agressiv muhit bir vaqtning hzida ta'sir qilganida bu sikllar soni kamayadi, ya'ni charchashga chidamlilik chegarasi pasayadi.

Korrozion charchash holatiga muhitning ta'siri ham kuchlidir. Masalan, X13 markali po'latning vakuumdagi charchashga chidamliligi havodagiga nisbatan ancha yuqori. Chuchuk suvda uning charchashga chidamliligi 1,5–3 marta kamaysa, chuchuk suvdan dengiz suviga o'tganda bu ko'rsatkich yana 2 marta pasayadi.

Qotishmalarga termik ishlov berish ham ularning korrozion charchash chegarasiga ta'sir qiladi. Toblash va undan keyingi bo'shatish natijasida ularning charchashga chidamliligi

yumshatilgan yoki normallashtirilgan holatiga nisbatan sezilarli darajada ortadi.

5.2.3. Fretting-korroziya

Ishqalanish tufayli vujudga keladigan korroziya fretting-korroziya deyiladi. Korroziyaning bu turi davriy ravishda uncha katta bo'lmagan nisbiy siljishlar tufayli bir-biriga tegib turgan sirtlardagi shikastlar va yemirilishlar bilan xarakterlanadi. Bu jarayon odatda turli xildagi boltli, shlitsali, qulfakli, parchinli, sharnirli va shu kabi detallarda ko'p uchraydi. Ish jarayonida bu detallar takrorlanuvchi nisbiy siljishlar tarzida harakat qilishi sababli sirt plyonkalarida mexanik buzilishlar kelib chiqadi. Tegib turgan sirtlar fretting korroziya jarayonida bir-biridan ajralmaganligi sababli yemirilish mahsulotlari kontakt zonasidan chiqib keta olmaydi. Bu esa metallar yeyilishini va o'z navbatida korroziyani kuchaytiradi.

Fretting korroziyaning tezligi metallning tabiati, muhit tarkibi, harorat, solishtirma yuklama, sirtlarning holatiga bog'liq.

Tegib turuvchi sirt materiallarini ratsional tanlash, qoplamalar hosil qilish, moylash materiallarini qo'llash orqali fretting korroziyadan himoyalaniş mumkin.

5.2.4. Kavitatsion eroziya

Kavitatsion eroziya gidroturbinalar, eshkaksimon vintlar, nasoslar, berkituvchi qurilmalar va quvur o'tkazgichlarni ishlatish jarayonlarida kuzatiladi. Korroziyaning bu turi qattiq jismni suyrib o'tadigan suyuqlik oqimining nostatsionarlighi bilan bog'liq.

Kavitatsiya – suyuqlikda pufakchalarning hosil bo'lish va yo'qolish jarayonidir. Pufakchalarning gidravlik zarba bilan yo'qolishi kavitatsion eroziyaga sabab bo'ladi. Pufakchalarning hosil bo'lishi past bosimli sohada, yo'qolishi esa yuqori bosimli sohada yuz beradi. Shuning uchun ko'pincha kavitatsion yemirilish

sohasi pufakchalarning hosil bo'lish sohasdan ancha uzoqda bo'ladi.

Dastlab ko'psonli mikrodarzlarni vujudga keltiruvchi materialning progressiv yumshalish jarayoni boradi. Shundan so'ng kichik zarrachalarning boshqa tusga kirishi boshlanadi. Ma'lum sharoitlarda kavitatsion eroziya o'sha muhitdagi korrozion yemirilishdan ming, hattoki o'n ming marta kuchli bo'lishi mumkin. Suyuq korrozion muhitlardagi kavitatsion ta'sir tufayli detallarning buzilishiga qotishmaning tarkibi va strukturasi hamda oqimning tezligi muhim rol o'ynaydi.

5.3. Materiallarni korroziyaning turli ko'rinishlariga qarshi chidamlilikka sinash usullari

5.3.1. Materiallarni sinashning asosiy usullari

Korroziyaning turli ko'rinishlariga qarshi metall materiallarning chidamliligini sinash konstruksiyalar va jihozlarning uzoq vaqt va xavfsiz ishlashiga qo'yiladigan talablardan kelib chiqadi. Materiallar korrozion chidamliligining sifat va miqdoriy mezonlari bo'lishi mumkin. Korrozion sinash davomida sinaladigan namuna tashqi ko'rinishi bilan korrozion muhitda bo'ladigan o'zgarishlarni baholash *sifat mezoniga* kiradi.

Namuna tashqi ko'rinishida bo'ladigan o'zgarishlarni baholash vizual yoki mikroskoplarni qo'llash orqali amalga oshiriladi. Bunda metall sirti morfologiyasining hamda rangining o'zgarishi tahlil qilinadi. Korrozion muhitda bo'ladigan o'zgarishlarni unda erimaydigan korroziya mahsulotlarining paydo bo'lishi va shaffofligining buzilishiga qarab baholash mumkin. Sifat metodlariga indikatorli metodlar misol bo'ladi. Bunday usullar sinalayotgan materialning erish mahsulotlari ta'sirida korrozion muhitga maxsus qo'shiladigan reaktivlar rangining o'zgarishini kuzatishga asoslangan. Po'latlarni sinash

amaliyotida bunday reaktivlar sifatida kaliy ferrotsianidi va ferritsianidlarining aralashmasi olinadi. Ularning ikki valentli temir ionlari bilan ta'sirlashuvi natijasida temir sirtida ko'k rang bilan bo'yalgan sohalar paydo bo'ladi. Alyuminiy va uning qotishmalarini sinashda sifat indikatorlari bo'lib, kuchli erish sohalarini qizil rangga bo'yaydigan alizarin xizmat qiladi.

Materiallar korrozion chidamliligining *miqdoriy mezonlari* qo'llaniladigan sinov usullarining o'ziga xosligi bilan belgilanadi. Bunday usullar odatda turlicha fizik va fizik-kimyoviy kattaliklar masalan, tok va potensialning qiymati, metallning yo'qotgan massasi (massaning o'zgarishi), korroziyaning ketgan chuqurligi, metalldagi lokal jarohat o'chog'larining joyi va soni, korrozion yoriqlarning borligi va chuqurligi va b. baholashga asoslanadi. Eng ko'p ishlatiladigan metallar korrozion chidamliligining miqdoriy mezoni – metall qalinligining tekis yupqalanish tezligi (mm/yil) hisoblanadi. Po'lat uchun korrozion chidamlilikning o'n balli shkalasi ishlab chiqilgan bo'lib, unga ko'ra har xil chidamlilik ballariga metallning ma'lum bir yupqalashish tezligi to'g'ri keladi (5.1-jadval).

Bu shkalaga asosan har qanday metall yoki qotishmaning bardoshligigi 0,1mm/yildan katta bo'lmasa, u texnologik jarayonlarda ishlatiladigan qurilma yoki jihozlar tayyorlashga yaroqli hisoblanadi.

Hozirgi vaqtgacha mavjud bo'lgan barcha sinov usullarini quyidagi uch guruhga bo'lish mumkin:

- 1)dala sinov usullari;
- 2)tabiiy sharoitdagi (natur) sinov usullari;
- 3)laboratoriya sharoitidagi sinov usullari;

**Metallar karroziyaga bardoshliligining o'n balli tizim buyicha
baholanishi (Gost 13819-68 bo'yicha)**

№	Bardoshlilik guruhi	Korroziya tezligi (mm/yil)	Ball
1.	Mutlaqo bardoshli	0,001 dan kam	1
2.	Ancha bardoshli	0,001 dan 0,005 gacha	2
		0,005 dan 0,01 gacha	3
3.	Bardoshli	0,01 dan 0,05 gacha	4
		0,05 dan 0,1 gacha	5
4.	Bardoshliligi past	0,1 dan 0,5 gacha	6
		0,5 dan 1,0 gacha	7
5.	Kam bardoshli	1,0 dan 5,0 gacha	8
		5,0 dan 10,0 gacha	9
6	Bardoshsiz	10,0 dan yukori	10

Dastlabki ikki turdagi sinovlar tabiiy sharoitda o'tkazilib, ular uzoq vaqt (oylab) talab qiladi. Birinchisida ishlatiladigan jihozning kerakli joyga o'rnatilgan namuna – guvohning o'zini tutishiga qarab materialning korrozion bardoshliligi to'g'risida xulosa qilinadi. Ikkinchi holda jihozlar (yoki konstruksiyalar) ning tajriba namunalari sinovlardan o'tkaziladi. Shuni aytish lozimki, bayon etilgan sinov usullarining ikkalasi ham yuqori ishonchlilikka ega emas. Bunga sabab, dala sharoitida agressiv muhitning namuna-guvoh bilan metall konstruksiyasidagi elementga ta'siri hamma vaqt ham bir xil bo'lavermaydi. Namuna-guvohlarni harakatlanayotgan suyuqlik oqimida korrozion sinovlar o'tkazishda oqimning sirt yaqinidagi sharoitlari jihozlar elementlarining real sirt sharoitlaridan sezilarli farq qilishi mumkin (oqimning lokal turbulizatsiyasi, turib qolish zonalari, kavitatsion effektlar va b. hosil bo'lishi mumkin).

Laboratoriya sinovlarining ishonchliligi ekspluatatsiya sharoitlarini real modellashtirishning adekvatligi va korrozion bardoshlilik mezonlarining to'g'ri tanlanishi bilan belgilanadi.

Do'stov H.B.

Sinov vaqtining juda qisqaligi (soat, ekspress usullar uchun – minutlar), ehtimolli baholash uchun sinovlarni ko'p marta takrorlash, sinash sharoitlarini qat'iy nazorat qilish mumkinligi tezkor laboratoriya sinovlari usulining ustunligi hisoblanadi.

Korroziya jarayonlarini modellashtirishda quyida keltiriladigan tamoyillarga amal qilish lozim:

- korroziya jarayonlarining jadallashuvi uning mexanizmini o'zgartirish hisobiga bo'lmasligi kerak;
- sinov o'tkaziladigan sharoitlarni modellashtirishda real korrozion muhit takibining o'ziga xos tomonlarini hisobga olish zarur;
- korroziya jarayonini yanada samarali tezlashtirish uchun asosiy nazorat qiluvchi faktorni aniqlab, so'ngra aynan unga ta'sir qilish lozim;
- sinov usullari sinaladigan material kimyoviy tarkibining o'ziga xos tomonlarini hisobga olib ishlab chiqilishi lozim;
- korroziyaga bardoshlilik mezonlari to'g'ri tanlanishi kerak;

5.3.2. Materiallarni korroziyaning lokal ko'rinishlariga qarshi chidamlilikka sinash

Materiallarni korroziyaning lokal ko'rinishlariga sinash uchun ikki asosiy tadqiqot usullar guruhi mavjud – *kimyoviy va elektrokimyoviy*. Metall sirtini o'rganishda odatda kimyoviy va elektrokimyoviy usullar bilan birgalikda qo'llaniladigan fizikaviy tadqiqot usullarini alohida qo'shimcha guruhga ajratish mumkin. Bu usullarga optik va elektron mikroskopiya, rentgenospektral mikroanaliz, Oje-elektron va rentgen fotoelektron-spektroskopiya va b. kiradi.

Kimyoviy tadqiqot usullari anion aktivatorlari va oksidlanish-qaytarilish potentsialiga ega bo'lgan muhit bilan sinaladigan material o'rtasidagi kontakti hosil qilish va ma'lum vaqt davomida ushlab turish maqsadida qo'llaniladi. Bunday usullar

oddiy, o'tkazish uchun maxsus jihozlarni talab qilmaydi va juda ko'p metallarning bardoshlilikini aniqlash imkonini beradi. Maslan, pitting korroziyaga chidamlilikni aniqlash uchun asosiy kattalik hisoblangan pitting korroziyasining shartli tezligini gravimetrik usul bilan quyidagi formula orqali aniqlash yetarlidir:

$$V_{pk} = \frac{\Delta m}{S t} \quad (8.1)$$

Bu yerda V_{pk} – pitting korroziyasining shartli tezligi, g/m²-soat; Δm – metall massasining umumiy yo'qolishi; S – parallel sinaladigan namunalarning yig'indi yuzasi. Hozirgi vaqtda zanglamaydigan po'latlarni pitting korroziyasiga qarshi chidamliligini kimyoviy sinashlar AQSh va Rossiyada standartlashtirilgan. Har ikkala standartlar ham po'latlarni 10% li FeCl₃·6H₂O eritmasida saqlashga asoslangan (Cl⁻ ionining bu eritmadagi aktivligi uning dengiz suvidagi aktivligiga teng).

Kimyoviy sinashlarning yana bir ko'rinishi turli maqsadlarda keng qo'llaniladigan rangli indikatorlar usulidir. Uning mohiyati shundan iboratki, turli nisbatdagi K₃[Fe(CN)₆] va K₄[Fe(CN)₆] anion-aktivatorlari va oksidlovchilari bo'lgan hamda sinovchi suv eritmasi shimdirilgan g'ovak gigroskopik material metall sirtiga ma'lum vaqt yopib qo'yiladi.

Kimyoviy sinashlarning navbatdagisi zanglamaydigaan po'lat sirtida hosil bo'lgan pitting korroziyasi o'chog'larini sirtga NaCl eritmasining tomchisi tomizilgandan so'ng ularni sanashga (optik mikroskop yordamida) asoslangan.

Ishlab chiqariladigan korroziyaga chidamli po'latlarning barchasi uchun kristallararo korroziyaga qarshi bardoshlilikka sinov majburiy hisoblanadi. Bunday sinovlar metall namunalarini agressiv muhitda uzoq vaqt qaynatishga asoslangan kimyoviy usullar yordamida o'tkaziladi. Shtraus va Gyui usullari ana shunday usullardan hisoblanadi.

Tadqiqotlar va sinovlarning elektrokimyoviy usullari. Elektrokimyoviy usullarning afzalligi birinchidan, ular

metallarning korroziyaga bardoshlilikini real ishlatish sharoitlarida aniqlash imkonini beradi. Ikkinchidan, bu usullar yuqori ekspress usullar hisoblanadi. Ularning asosiy kamchiligi – jihozlash taminotining murak-kabligi va xodimlar malakasiga qo'yiladigan talablarning yuqoriligi. Shunday bo'lsada, elektrokimyoviy usullarning ommaviyligi borgan sari ortib bormoqda.

Elektrokimyoviy tadqiqotlarning ikki asosiy turi – *potensiodynamik va galvanostatik* mavjud. Har ikkala usul ham pitting korroziyaning chegaraviy potensiallarini aniqlashga asoslangan. Ko'rsatilgan potentsiallardan muhimi metallning fizik-kimyoviy holatini ifodalovchi va sirtning dastlabki holatiga bog'liq bo'lmagan E_{pk} hisoblanadi.

Sinashlarning elektrokimyoviy usuli birinchi marta Rossiyada standartlashtirilgan va neytral suv muhitlarida oson passivlanuvchi zanglamaydigan po'latlarning pitting korroziyasiga bardoshlilikini aniqlash uchun tavsiya qilingan.

Potensiodynamik qutblanish E_{kor} ning barqarorlashgan qiymatidan boshlanib, dastlab bir yo'nalishda, so'ngra E yoyilish yo'nalishini o'zgartirib teskari tomonga amalga oshiriladi. Qutblanish egriligidan foydalanib, tokning keskin oshishiga mos keluvchi potensial E_{po} aniqlanadi. E_{rp} potensial to'g'ri va teskari yo'nalish egriliklarining kesishgan nuqtadagi potentsiali sifatida topiladi.

Galvanostatik qutblanish kamida 30 daqiqa davomida potentsialni qayd qilib borish orqali $i_{min} = 0,3 \text{ A}\cdot\text{m}^{-2}$ tok bilan o'tkaziladi. E_{pk} ning kattaligi uchun oxirgi 25–30 daqiqa davomida o'lchangan E ning o'rtacha qiymati olinadi. Bunda uning tebranish amplitudasi 30 mV dan oshmasligi lozim.

Materiallarning kristallararo korroziyaga qarshi bardoshlilikini sinashning elektrokimyoviy usullaridan biri potensiostatik yumshatish-dir. Bunda sinaladigan po'lat metallografik shliflarini 1M HCl + 0,4M NaCl ($T = 25 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{S}$)

eritmasida yumshatishga asoslangan. Elektrokimyoviy yacheykada bir vaqtning o'zida bir necha namuna sinovdan o'tkazilishi mumkin. Bu usul X18N10T turdagi po'latlarni sinash uchun mo'ljallangan AM va AMU usullarning elektrokimyoviy analogi hisoblanadi.

5.3.3. Materiallarning korroziyon-mexanik ta'sirlarga chidamliligini sinash

Materiallarning korroziyon yorilishga (KYo) moyilligini baholash uchun namunalarni o'rganilayotgan korroziyon muhitda, doimiy cho'zuvchi kuchlanish ostida yoki deformatsiyaning doimiy kattaligi va tezligi bilan sinovlar o'tkaziladi.

Birinchi holda buzilishgacha bo'lgan vaqtning kuchlanish kattaligiga bog'liqligi aniqlanadi. Boshlang'ich mexanik kuchlanish σ_b da metall buzilgucha ketgan vaqt KYo ga nisbatan metall chidamliligining mezoni hisoblanadi. σ_b dan kichik qiymatlarda sinov qanchalik uzoq davom etmasin, KYo vujudga kelmaydi.

Ikkinchi guruh usullarining asosida namunalarni chiziqli buzish mexanikasi tamoyillaridan foydalanib, oldindan hosil qilingan darzlari bilan sinash usuli yotadi. Bu holda keyinchalik yorilishga sabab bo'ladigan darzlarning stabil o'sishiga olib keluvchi, darzlar yuqorisidagi kuchlanish intensivligining koeffitsienti KYo ga chidamlilik mezoni bo'lib hisoblanadi. Bu mezon «kuchlanish intensivligi K_1 — darzlarning o'sish tezligi $da/d\tau$ » diagrammasini tuzib aniqlanadi, bunda a — darzning chuqurligi.

Materiallarning korroziyon-charchashga mustahkamligini aniqlash uchun buzilishning chiziqli mexanikasi usullari qo'llaniladi. Ta'sir etganda sinov bazasi deb ataladigan ma'lum sikllar sonidan so'ng buzilish sodir bo'ladigan kuchlanish (charchashning shartli chegarasi) material chidamliligi-ning mezoni sifatida qabul qilinadi.

Materialning tozaligi, sirtidagi dag'alliklarning kamligi, buyum diametrining kattaligi uning umrboqiyligini uzaytiradi. Shu sababli sinash uchun mo'ljallangan namunalarning shakli, o'lchami va sifati reglamentlangan (GOST 25.502-79 va GOST 2189-73).

5.3.4. Korrozion monitoring

Istalgan apparat yoki konstruksiyaning «Hayot sikli» to'rtta – loyihalash, tayyorlash, ishlatish va renovatsiya (rekonstruksiya, ta'mirlash) bosqichlaridan iborat.

Jihozlar korrozion holatini (ularni loyihalash, ishlatish, renovatsiya bosqichlarida) baholashning samarali usuli korrozion monitoring hisoblanadi. Bu jarayon mumkin bo'lgan korrozion noxushliklar haqida zamona-viy ma'lumot olish maqsadida olib boriladigan ob'ektlar korrozion hola-ting tashxislari va barcha turdagi kuzatishlar majmuini qamrab oladi.

Monitoring reglamenti tashxislanadigan tizimning ishlatilish sharoitlaridan kelib chiqqan holda belgilanadi.

Ishlatish bosqichida jihazning korrozion monitoringi uning holatini uzluksiz (yoki davriy) nazorat qilishdagi quyidagi usullardan tashkil topadi: vizual ko'zdan kechirish; jihazning noqulay qismlarini telemetrik tizimlar yordamida ko'zdan kechirish; korrozion muhitning texnologik xossalarini (oksidlanish-qaytarilish potentsiali, metall konstruksiyasi elementlarining erish mahsulotlari borligi, korrozion-aktiv agentlar konsentratsiyasining o'zgarishi va b.) aniqlash; metall potentsialini aniqlash; namuna-guvohlarning korroziya tezligini aniqlash; namuna-guvohlarning elektr qarshiligini aniqlash; ultratovush, magnitometrik va akustik defektoskopiya.

Renovatsiya bosqichidagi monitoring konstruksion va qayta tiklash bo'yicha texnik yechimlarning nazoratini hamda bu ishlarni hisobga olgan holda uning keyingi faoliyatini tashxislashni o'z ichiga oladi.

Beshinchi bobga tegishli uslubiy tavsiyalar

Bu bobda keltirilgan ma'lumotlarni o'rganish natijasida talaba quyidagilarni bilishi shart:

- korroziyaning lokal ko'rinishlari;
- metallarning korroziyon-mexanik yemirilishi;
- Materiallarni korroziyaning turli ko'rinishlariga qarshi chidamlilikka sinash usullari;

Nazorat savollari

1. Korroziyaning lokal turiga qanday ko'rinishdagi korroziyalar kiradi?
2. Lokal korroziya ko'rinishlarining xarakterli belgilari qanday?
3. Pitting nima?
4. Pitting korroziyasining xarakterli belgilari nimalardan iborat?
5. Tirqish korroziyasini tushuntirib bering.
6. Qurilmalar konstruksiyasining tirqish korroziyasiga ta'siri qanday?
7. Kristallararo korroziyaning vujudga kelishi va uning o'ziga xoslik tomonlarini tushuntiring.
8. Metallarning selektiv erishi qanday jarayon?
9. Kontakt korroziyasining mexanizmini tushuntiring.
10. Korroziyon-mexanik yemirilishlarning qanday turlarini bilasiz?
11. Korroziyon yorilish yorilish nima? Unga misollar keltiring.
12. Korroziyon charchash nima? Unga misollar keltiring.
13. Fretting korroziya nima? U qanday sharoitlarda vujudga keladi?
14. Kavitatsion eroziya hodisasini tushuntiring. U qanday sharoitlarda kuzatiladi?
15. Materiallarning korroziya bardoshlilikini sinashda qanday asosiy usullar mavjud?
16. Metallar korroziyaga bardoshlilikining o'n balli tizimini tushuntirib bering.
17. Materiallarni korroziyaning lokal ko'rinishlariga qarshi chidamlilikka qaysi usullar bilan sinaladi?
18. Materiallarning korroziyon-mexanik ta'sirlarga chidamliligini sinash qanday amalga oshiriladi?

Do'stov H.B.

19. Korrozion monitoring nima va u nima maqsadda o'tkaziladi?
20. Jihozlar korrozion holatini aniqlashning qanday bosqichlari mavjud?

Beshinchi bobga tegishli mustaqil ta'lim mavzulari

1. Pitting korroziyasi amalga oshadigan shartlar.
2. Metall materiallar pittingbardoshligining asosiy amaliy mezon
3. Yarali korroziyaga olib keluvchi shart-sharoitlar.
4. Tirqish korroziyasi va konstruktiv faktorlarning bu turdagi koorroziyaga ta'siri.
5. Kristallararo korroziyaning vujudga kelishining asosiy sabablari
6. Metallarning korrozion-mexanik yemirilishi va uning texnikada ahamiyati.
7. Metallarning korrozion yorilishiga sabab bo'luvchi asosiy omillar.
8. Metallarning korrozion charchashi sabablari.
9. Materiallarni sinashning asosiy usullari
10. Materiallarni korroziyaning lokal ko'rinishlariga qarshi chidamlilikka sinash.
11. Materiallarning korrozion-mexanik ta'sirlarga chidamliligini sinash.

VI BOB. TABIIY VA TEXNOLOGIK MUHITLARDA METALLAR KORROZIYASI

6.1. Tabiiy muhitlarda metallar korroziyasi

Mashinalar, apparatlar va metallkonstruksiyalar o'zining vazifasiga ko'ra tabiiy yoki sanoat muhitlarda ishlaydi. Texnologik muhitlarning xarakteri korrozion jarayonlarning qonuniyatlariga sezilarli ta'sir qiladi va metallarni korroziyadan himoya qilishdek asosiy muhandislik masalasini hal qilishda turli qarorlar qabul qilishni taqozo qiladi.

Ushbu bobda qabul qilingan sinflashga mos holda tabiiy sharoitlarda kechadigan korroziya jarayonlarining asosiy qonuniyatlari ko'rib chiqiladi. Bular atmosfera, tuproq va dengiz korroziyasi jarayonlaridir.

Kimyoviy ishlab chiqarishdagi texnologik muhitlar ko'p qirraliligi, korrozion-aktiv komponentlarning xilma-xilligi bilan ajralib turadi va har bir hol uchun alohida yondoshuvni talab qiladi. Shuning uchun kitobning bu qismida mashina va jihozlar konstruktiv faktorlarining korrozion yemirilish rivojlanishiga ta'siri, metall va qotishmalarning o'ziga xos destruktiv o'zgarishlariga sabab bo'luvchi gaz korroziyasining ba'zi ko'rinishlari kabi umumiy masalalar ko'rib chiqiladi.

Ko'pgina metallokonstruksiyalar tabiiy muhitlarda, juda ko'p po'lat inshootlar atmosfera sharoitlarida ekspluatatsiya qilinadi. Magistral va kon quvur o'tkazgichlari, suv quvurlari, neft va gaz konlari quduqlarining kolonnalari yer ostida ishlatiladi. Yer ostida ishlatiladigan po'latning umumiy massasi 200 mln tonnadan ortadi. Tuproq korroziyasiga mahkum bo'lgan po'lat inshootlarining umumiy sirt yuzasi 1,5 milliard m² dan ziyotdir.

Portlar, prichallar, kemalar va shu kabilarning metall konstruksiya-lari dengiz suvi bilan doimiy kontaktda bo'lib, sho'r suv korroziyasiga uchraydilar.

Tabiiy sharoitdagi korroziya jarayonlarining barchasi elektrokimyoviy mexanizm bo'yicha kechadi. Biroq, har bir tabiiy muhit o'ziga xos xususiyatga ega.

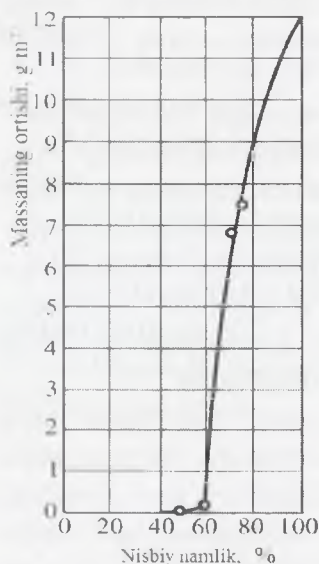
6.1.1. Metallarning atmosfera korroziyasi

Normal Yer atmosferasida ishlatiladigan inshootlar va jihozlarning korroziyasi atmosfera korroziyasi deyiladi.

Korroziyaning tezligi va korrozion yemirilishning ko'rinishi metallning tabiati, atmosferaning ifloslanganlik darajasi (GOST 16350-80) va namligiga bog'liq bo'ladi. O'rtacha olganda metallar korroziyasining atmosferadagi tezligi tuproqdagi va dengiz suvidagi tezligidan birmuncha pastdir.

Atmosfera korroziyasining asosiy omili suv bo'lib hisoblanadi. Havoning nisbiy namligi 60% gacha bo'lganda metall sirtida namlik alomatlari sezilmaydi. Bunday holda korroziya kimyoviy mexanizm bo'yicha boradi. Metall sirtida hosil bo'lgan oksid plyonkasi himoyaviy xususiyatga ega bo'lib, korrozion yemirilishlarning rivojlanishini sekinlatadi (6.1-rasm).

Havoning nisbiy namligi 60-70% ga teng bo'lganda, namlikning kondensatsiyalanishi boshlanadi va metall sirtida suvning adsorbsion plyonkasi paydo bo'la boshlaydi. Metall sirtida namlikning kondensatsiyala-nishi boshlanadigan nisbiy namlik kritik namlik deyiladi. U metallning holati va havo



6.1-rasm. Temirning tarkibi-da 0,01% (hajm) SO₂ bo'lgan havodagi korroziozitalanishi. Saqlanish muddati 55 kun.

atmosfera-sining ifloslanganlik darajasiga bog'liq.

Havoning nisbiy namligi 100% ga yaqinlashganda yoki metall bevosita ho'l bo'lganda (tuman, yomg'ir sababli) sirtida ko'rinadigan fazaviy suv qatlamining hosil bo'lishi kuzatiladi.

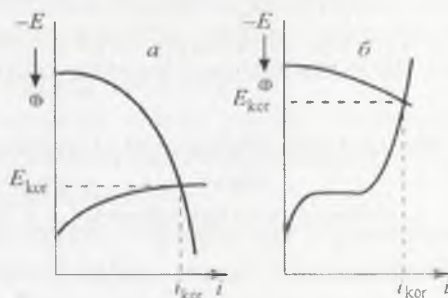
Ko'rsatilgan uch turdagi holat korroziya jarayonining kechish mexanizmi bilan bir-biridan farq qiladi. Yuqorida aytilganidek, quruq korroziya sohasida jarayon kimyoviy mexanizm bilan boradi va metallning yemirilish tezligi uncha yuqori emas. Oksid plyonkasining o'sishi dastlabki sekundlar va minutlarda amalga oshadi. Ikki-uch soatdan so'ng plyonkaning qalinlashuvi to'xtaydi. Bunda plyonka qalinligining eng yuqori qiymati temir uchun 30–40 Å ni, zanglamaydigan po'latlar uchun esa 10–20 Å ni tashkil qiladi.

Namlikning adsorbsion qavati yuzaga kelganda metall sirtida elektrolit poydo bo'ladi. Bunday sharoitda jarayon elektrokimyoviy mexanizm bilan amalga oshadi va korroziya tezligi sezilarli ortadi. Namlik plyonkasi yupqa bo'lganligi sababli undan kislorod bemalol o'tadi va katod jarayoni oson kechadi. Anod jarayonining qiyin kechishiga sabab korroziya mahsulotlaridan hosil bo'lgan ekran metall sirtini himoyalaydi. Namlik plyonkasi juda yupqa bo'lganligi sababli uning qarshiligi kichik bo'lib, jarayon anod tormozlanishi bilan nazorat qilinadi (6.2-rasm, a).

Nam	korroziya
sohasida	fazaviy
plyonkalar	hosil
bo'lganda	kislorod
yetkazilishi	qiyinlashib,
jarayonning	katod
tormozlanishi	kuzatiladi

(6.2-rasm, a).

Temir	va	po'lat
odatdagi		sharoitda



6.2-rasm. Korroziya diagrammalari.

a – namli korroziya ($\Delta E_a > \Delta E_k$);

b – ho'l korroziya ($\Delta E_a < \Delta E_k$)

umumiy tekis korroziyaga uchraydi. Atmosfera korroziyasining kechish xarakteri buyumning konstruktiv xususiyatlariga juda ham bog'liq. Buyumda kapillyar kondensatsiya va namlik to'planib qoladigan kichik tirqishlar, darzlar va yoriqlarning bo'lishi atmosfera korroziyasini kuchaytiradi hamda korroziyon yaralarning hosil bo'lishiga olib keladi (6.3-rasm).

Atmosferaning gazlar, agressiv moddalar va chang bilan ifloslanishi ham korroziyani keskin tezlashtiradi. Bunday hodisalar sanoat markazlarida, ayniqsa havo tarkibida SO_2 , NH_3 , H_2S , Cl_2 , HCl birikmalar bo'lganda yaqqol kuzatiladi. Kichik konsentatsiyadagi SO_2 ning bo'lishi ham korroziyaning kuchayishiga sabab bo'ladi. Atmosfera tarkibida $15\text{--}35\text{mkg/m}^3$ miqdorda SO_2 ning bo'lishi korroziya tezligini o'nlab, hatto yuzlab marotaba kuchaytiradi.

Yu.N. Mixaylovskiyning ishlarida korroziyon yemirilish intensivligi bilan atrof muhit parametrlarini o'zaro bog'lovchi atmosfera korroziyasining fizikaviy-mexanikaviy modeli taklif qilingan. Uning yordamida metallarning korroziyon tabiatini oldindan aytib berish (prognozlash) va ularni korroziyadan himoyalash usullarini ishlab chiqish mumkin.

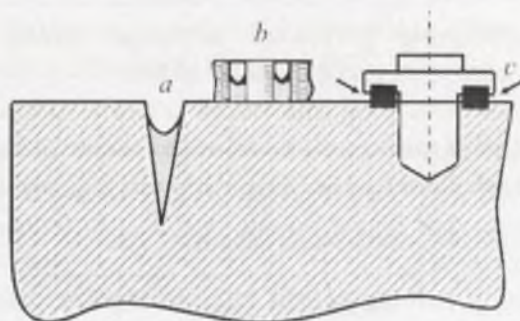
Metallarning atmosfera korroziyasiga chidamliligi ularning kimyoviy tabiatiga va sirtining holatiga bog'liq. 6.1-jadvalda ba'zi metallarning shahar atmosferasidagi korroziyon chidamliligi to'g'risida taxminiy ma'lumotlar keltirilgan.

6.1-jadval

Metallarning shahar atmosferasidagi korroziyon chidamliligi

Metall	Pb	Al	Sn	Cu	Ni	Zn	Fe
Korroziya tezligi, mkm/yil	4	8	12	12	32	50	200

Atmosfera korroziyasidan himoyalash uchun turli xildagi organik, noorganik va metall qoplamalardan foydalaniladi. Kam miqdordagi mis, nikel, fosfor va xrom bilan po'latlar va konstruksion materiallarni legirlash ham ularni korroziyadan himoyalashning samarali usuli hisoblanadi.



6.3-rasm. Buyum konstruktiv xususiyatlari ning kapllyar kondensatsiya markazlariga markaz-lariga ta'siri va atmosfera korro-ziyasining kuchayishi.

a – detal konstruksiyasidagi yoriq va tirqishlar; *b* – himoya qoplamasidagi yoki oksid plyonkasidagi kovakliklar; *c* – rezbali va vintli birikma-lardagi kichik bo'shliqlar;

6.1.2. Metallarning tuproq sharoitidagi korroziyasi

Turli xildagi quvur o'tkazgichlar, elektr va aloqa kabellari, tayanchlar, yer osti sig'im va rezervuarlar hamda shunga o'xshash metall konstruksiyalari yer ostiga joylashtiriladi. Ularni ishlatish jarayonida korroziya tufayli juda katta bevosita va bilvosita zararlar ko'riladi. Masalan, birgina AQSh da quvurlarni joriy ta'mirlash va ishdan chiqqanlarini almashtirish uchun yiliga bir necha yuz million dollar mablag' sarflanadi.

Tuproq va qum murakkab tabiiy muhit hisoblanib, kechadigan korroziya jarayonlarini o'rganishda ularning o'ziga xos tomonlarini albatta inobatga olish zarur.

Tuproqdagi suv *bog'langan*, *kapillyar* va *gravitatsion* ko'rinishlarda bo'ladi. Gidratlangan kimyoviy birikmalar tarkibiga kiruvchi *bog'langan suv* korroziyaga ta'sir etmaydi.

Kapillyar namlikning ko'tarilish balandligi tuproq g'ovakligining effektiv radiusiga bog'liq. Tuproq suvlarining

sathi va tuproqning g'ovakligi korroziya uning namligini belgilaydi va korroziya tezligiga ta'sir qiladi.

Gravitatsion namlik og'irlik kuchi ta'sirida tuproqda siljiydi va u ham tuproqning namlik rejimiga ta'sir qiladi. Turli xil tuproqlar o'zida namlikni turlicha saqlaydi. Og'ir gilli tuproqlar namlikni uzoq vaqt saqlay oladi, kumli tuproqlar esa ancha o'tkazuvchan bo'ladi.

Tuproqning namligi ortishi bilan uning korrozion aktivligi ma'lum bir kritik qiymatga yetguncha ortadi. Undan keyingi namlikning ortishi bilan uning aktivligi kamayadi. Buni katod reaksiyasining borishi uchun zarur bo'lgan kislorod yetib kelishining qiyinlashganligi bilan izohlanadi.

Har bir turdagi tuproq uchun korrozion yo'qotishlar eng katta (maksimum) bo'ladigan namlikning kritik qiymati mavjuddir. Gilli tuproqlar uchun bu qiymat 12 va 25 % oralig'ida bo'lsa, qumli tuproqlar uchun – 10 va 20 % intervalda yotadi.

Kam namlangan tuproqda omik qarshilik katta bo'lganligi sababli elektrokimyoviy jarayonlarning kechishi qiyin bo'ladi. pH ning qiymati ko'pgina tuproqlar uchun $\text{pH} = 6,0 - 7,5$ chegarasida bo'ladi. Biroq, ishqorli qumoq tuproqlar va sho'rxok yerlar ham uchraydiki ularda $\text{pH} = 7,5 - 9,5$ oralig'ida, shuningdek kislotali, chirindiga boy qora tuproq va balchiqlar uchun $\text{pH} = 3,0 - 6,0$ intervalda ham bo'ladi. Bunday tuproqlar o'zining yuqori agressivligi bilan ajralib turadi.

Tuproqlarning minerallashganligi keng diapazonda – 10 mg/l dan 300 mg/l bo'lib, u ham korroziya tezligiga ta'sir qiladi.

Tuproqlarning mineralogik va granulometrik tarkibi ham xuddi namlikka o'xshab uning omik qarshiligiga ta'sir qiladi. Tuproqning solishtirma qarshiligi quruq qumli-gilli tuproqlar uchun 240000 Om-sm, nam qumli-gilli tuproqlar uchun 900 Om-sm ni tashkil qiladi. Demak, bu ko'rsatkich ham tuproqning agressivligiga ta'sir qiladi. Quyida (6.2-jadval) tuproqning elektr

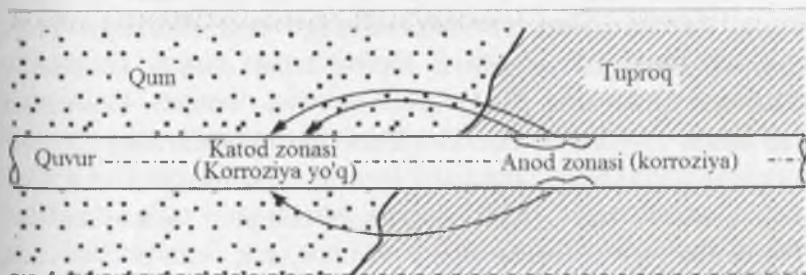
qarshiligi bilan uning agressivligi o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni xarakterlovchi ma'lumotlar keltirilgan.

6.2-iadval

Tuproq korrozion agressivligining uning solishtirma elektr qarshiligiga bog'liqligi haqidagi ma'lumotlar

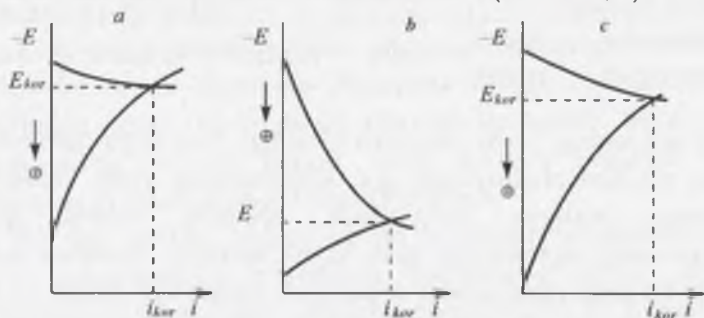
Solishtirma qarshilik, Om·sm	< 500	500–1000	1000–2000	2000–10 000	> 10 000
Tuproqning agressivligi	Juda yuqori	Yuqori	Sezilarli	O'rtacha	Past

Tuproqning havo singdiruvchanligi korroziya jarayonlari uchun muhim ahamiyatga ega. Kislorodning yetib kelmasligi korroziya tezligini pasaytiradi. Shuning uchun qumli tuproqlarning agressivligi gilli tuproqlarnikiga nisbatan ancha yuqori bo'ladi. Agar quvur o'tkazgich ketma-ket qumli va gilli tuproqlarda, ya'ni notekis aeratsiya sharoitida yotqizilgan bo'lsa, u holda mikrogalvanik zonalar vujudga keladi: gilli qismda – anod, qumli qismda – katod (6.4-rasm). Bunda asosan metallning kislorod yetib kelmaydigan qismlari yemirila boshlaydi. Anod va katod qismlari bir-biridan ancha uzoqda joylashgan bo'lishi ham mumkin. Ular orasidagi masofa ba'zan bir necha yuz metrga yetadi.



6.4-rasm. Turli aeratsiyali tuproq sharoitida yotqizilgan quvur o'tkazgichning korroziyalanish sxemasi.

Kislorodning yetib kelishi qiyin bo'lganligi sababli ko'pgina tuproqlarda korroziya jarayoni katod tormozlanishi bilan kechadi (6.5-rasm, *a*). Yumshoq, bo'sh va yaxshi aeratsiyalanuvchi tuproqlarda korroziya jarayoni anod tormozlanishi orqali kechadi (6.5-rasm, *b*). Anod va katod qismlari bir-biridan yetarlicha uzoqda bo'lgan korrozion juftliklar hosil bo'lganda korroziya jarayoni omik tormozlanish ta'sirida boradi (6.5-rasm, *c*).



6.5-rasm. Tuproq korroziyasi sharoiti turlicha bo'lgan holatlar uchun korroziya jarayonining nazorat turlari.

a – ko'pgina tuproqlarda kuzatiladigan katod nazorati bilan boradigan korroziya; *b* – quruq yumshoq va bo'sh tuproqlardagi korroziya (anod nazorati); *c* – uzoq masofaga cho'zilgan korroziya (omik nazorat).

Yer osti metall inshootlari tekis korroziyadan tashqari pitting va korrozion yorilish turidagi yemirilishlarga ham uchraydi. Pittinglar ko'pincha tuproq bilan doimiy kontaktda bo'ladigan quvurning pastki qismida paydo bo'ladi. Korrozion darz ketish va yorilish katodli qutblangan quvurlarning himoya qatlamlari buzilgan joylarida hosil bo'ladi. Inshoot va qurilmalarni yer osti korroziyasidan himoyalashda elektrokimyoviy usullardan, shuningdek ko'p qavatli izolyatsiyalovchi (bitum, polimer) qoplamalarni qoplashdan foydalaniladi.

Daydi toklar yer osti ommunikatsiyalari va sanoat zonalaridagi inshootlarning korrozion yemirilishiga jiddiy sabab

bo'ladi. Ular yer osti va yer usti transport vositalarining (metro, tramvay, elektrlashtirilgan temir yo'llar) tok manbalaridan, yer osti elektr kabellaridan o'tayotgan tok ta'sirida, shuningdek ularning atrofida hosil bo'ladigan maydon tufayli paydo bo'ladi. Daydi toklarning yerdan metall konstruksiyalarga kirish joylari katod, metallardan tuproqqa o'tadigan qismlar anod bo'lib hisoblanadi. Agar anod sohasi metall sirtining katta qismida tekis taqsimlangan bo'lsa, korroziya yo'qotishlar avariya holatiga olib kelmasada, metallmas himoya qoplamalarning buzilgan joylarida korroziya yemirilish juda tez kechadi.

Korroziya buzilishlarning intensivligi bevosita daydi toklar kattaligiga bog'liq bo'lib, Faradey qonuniga bo'ysunadi. Bir yil davomida 1A tok o'tishi 9 kg temirning erishiga mos keladi. Ba'zi noxush holatlarda daydi toklarning qiymati 200–500 A gacha borishi qayd qilingan. Bundan daydi toklar tufayli yemirilish intensivligining ko'lamiga naqadar katta ekanligini ko'rish mumkin.

Quvur o'tkazgichlarni daydi toklarning ta'siridan muhofaza qilish uchun drenajlardan foydalaniladi. Bunda daydi toklarning manbai hisoblangan rels bilan daydi toklarni qabul qiluvchi masalan, quvur o'tkazgich metall shina orqali tutashtiriladi. Agarda drenaj o'rnatish imkoni mavjud bo'lmasa, u holda cho'yandan tayyorlangan maxsus anod rels yo'nalishi bo'ylab chuqur ko'milib, u quvur o'tkazgichning anod sohasi bilan mis o'tkazgich orqali birlashtiriladi. Natijada daydi toklar faqat ko'milgan maxsus anodga ta'sir etib, quvur o'tkazgichni korroziyadan himoya qiladi. Qo'shimcha anodning ta'siri ham yetarli bo'lmagan hollarda anod bilan quvur o'tkazgich orasidagi zanjir oralig'iga teskari yo'nalishdagi doimiy tok manbai ulanadi.

Inshootlarni yer osti korroziyasidan himoyalash uchun elektrokimyoviy usullardan ham foydalaniladi shuningdek, ularning sirti izolyatsiya qoplamalari (bitum, polimer, lak-bo'yoq va b.) bilan qoplanadi.

Yer osti metall inshootlarining korroziyasi Yumshoq, bo'sh va yaxshi ta'sirida ham kuchayishi mumkin. Tuproqda mikroorganizmlarning ikki turi mavjud: faqat kislorod bo'lgan joylarda faoliyat ko'rsatuvchi aerob va kislorod bo'lmaganda rivojlanuvchi anaerob mikroorganizmlar. *Mikroorganizmlar (aerob va anaerob bakteriyalar) ta'siri tufayli vujudga keladigan yoki kuchayadigan metallar korroziyasi biologik yoki bioximik korroziya deyiladi.*

Aerobik bakteriyalar ikki xil ko'rinishda bo'ladi: oltingugurtni oksidlovchi; temirni qayta ishlovchi.

Birinci turdagi bakteriyalar kislotali muhitlarda ($\text{pH} = 3-6$) yaxshi rivojlanadi. Ular oltingugurtni sulfat kislotasigacha oksidlaydi. Bunda ba'zi joylardagi sulfat kislotasining konsentratsiyasi 10% gacha yetishi mumkin. Bunday muhit korroziya tezligining keskin oshishiga olib keladi.

Temirni qayta ishlovchi *aerob bakteriyalar* $\text{pH} = 3-6$ intervalda rivojlanadi. Bunday bakteriyalar ion holdagi temirni yutib, erimaydigan holatdagi birikmalarni hosil qilib chiqaradi. Bunday birikmalarning notekis yotishi sirt geterogenligini oshiradi va o'z navbatida korroziya tezligini kuchaytiradi.

Anaerob bakteriyalar asosan tuproq tarkibida bo'lgan sulfatlardan oltingugurtni qaytaradi. Bu turdagi bakteriyalar $\text{pH}=5,5-8,0$ bo'lgan muhitlarda yaxshi rivojlanadi. Ularning faoliyati natijasida SO_4^{2-} ionlari O_2 ning aralishi bilan S^{2-} gacha qaytariladi. Korrozion muhitda sul-fidlar va H_2S ning bo'lishi buyum sirtida g'adir-budir temir sulfidi qat-laming hosil bo'lishiga olib keladi. Korroziya pitting xarakteriga ega.

6.1.3. Metallarning dengiz korroziyasi

Port inshootlari, prichallar, dengiz kemalari, dengiz orqali o'tuvchi neft quvurlari, dengiz ostidan neft qazib olish qurilma va jihozlari dengiz korroziyasiga uchraydilar.

Dengiz suvi turli xildagi tuzlarning eritmasidan, asosan natriy, magniy, kaliy, kalsiy va boshqalarning xloridlari, sulfatlari va karbonatlaridan tashkil topgan suyuqlikdir. Dengiz suvi elektrolit hisoblanib, uning elektr o'tkazuvchanligi yetarlicha yuqori va $(2,5-3,0) \cdot 10^{-2} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ ni tashkil qiladi, neytral yoki kuchsiz ishqorlilik ($\text{pH}=7,2-8,6$) reaksiyasiga ega. Dengiz suvida xlor ionlari, ya'ni ion-aktivatorlarning bo'lishi bu muhitning yuqori korrozion aktiv bo'lishiga olib keladi.

Dengiz suvining sho'rligi promillarda (‰)(‰) o'lchanadi. Grammlarda olingan, 1000 g dengiz suvida erigan qattiq moddalarning miqdori promill deyiladi. Bunda barcha galogenlar ekvivalent miqdordagi xlor bilan almashtirilgan, barcha karbonatlar oksidlarga keltirilgan, organik moddalar kuydirilgan sharoit nazarda tutiladi. U holda $1\text{‰} = 0,1\text{mas.‰}$. Okeanlar suvining o'rtacha sho'rligi 3–3,5 promillni tashkil qiladi (daryo suvida bu ko'rsatkich 0,03). Biroq turli suv havzalarida bu ko'rsatkich sezilarli darajada chetlashishi mumkin.

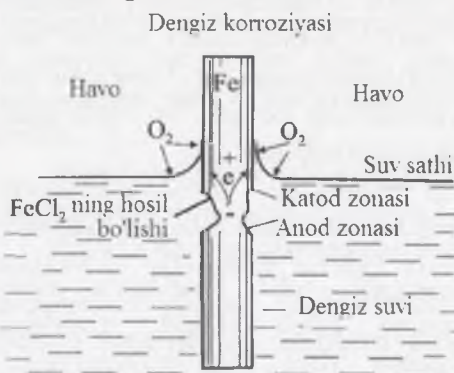
Masalan, tuzlarning % miqdori: Kara-Bogaz qo'ltig'ida – 16; Qizil dengizda – 4,1; O'rtaer dengizida – 3,9; Atlantika okeanida – 3,5; Qora dengizda – 1,7; Fin qo'ltig'ida 0,4; daryo suvida – 0,03.

Dengiz suvda korroziyani tezlashtiruvchi va suv bilan kontaktda bo'lgan metall konstruksiyalar sirtining qoplanishiga olib keluvchi juda ko'p mikroorganizmlar mavjud.

Dengiz suvida korroziya qat'iyon katod nazoratli elektrokimyoviy mexanizm bo'yicha boradi. Ion-aktivatorlarning (Cl^-) bo'lishi metall sirtida plyonka hosil bo'lishiga to'sqinlik qiladi. Yuqori elektr o'tkazuvchanlik qarshilikli tormozlanishning amalga oshishiga yo'l qo'ymaydi.

Aeratsiyali suv eritmasida temir korroziyalanish tezligining NaCl konsentratsiyasiga bog'liqligi $\text{NaCl} \approx 3\%$ bo'lganda maksimumga erishadi. Korroziya tezligining kamayishi NaCl ning konsentratsiyasi ortishi bilan kislorod erishining pasayishi bilan izohlanadi.

Oqim tezligining ortishi metall sirti aeratsiyasining yaxshilanishi sababli korroziyaning kuchayishiga olib keladi. Undan tashqari, oqimning yuqori tezligi metall sirtining erozion yemirilishiga olib keladi.



6.6-rasm. Dengiz suviga botgan temirning korroziyalanish sxemasi.

Suvning sirt qatlamlaridagi kislorod miqdorining yuqoriligi kemalar vaterchizig'i sohasida, gidroinshootlar-ning suv sathiga yaqin yoki davriy ravishda yuviladigan sohalarida korroziyaning kuchayishiga sabab bo'ladi (6.6-rasm).

Dengiz suvida joylash-gan konstruksiyalarga juda ko'p tirik mikroorganizmlar va o'simliklar yopishib qoladi va rivojlanadi. Bu hodisa *bioqoplanish* deyiladi. Mikroorganizmlar korroziyaga qarshi qoplamalar-ning xizmat muddatini kamaytiradi. Metall sirtidagi ochilgan joylarda korroziyaning lokal o'chog'lari paydo bo'lib, uning intensiv yemirilishiga olib keladi.

Dengiz korroziyasiga qarshi himoyaning asosiy turlari: korroziyaga va bioqoplamalarga qarshi lok-byoq surkamalari; maxsus metall qoplamalari; elektrokimyoviy himoya.

Lok-byoq qoplamalari ichida eng samaralisi tarkibi cheklangan erituvchili yoki umuman erituvchisiz epoksid asosidagi qalin qavatli qoplamalardir. Himoya kompozitsiyalariga bioqoplanishga qarshi ta'sir qiluvchi moddalar qo'shiladi. Ular *biotsidlar* deb nomlanadi.

Juda ko'p hollarda qo'shimcha sifatida mis(I) va mis(II) oksidlari qo'llaniladi. Biroq ular qoplamadan yuvilgach, dengiz suvida qiyin eriydigan komplekslar hosil qiladi. Bundan tashqari

mis birikmalarida dengiz organizmlari uchun kumulyativ effekt mavjud emas.

Kemasozlik konstruksiyalarini himoyalash uchun ko'pincha legirlovchi qo'shimchalari, masalan rux yoki latun bo'lgan aluminiydan foydalaniladi. Aluminiy qoplamalari lok-bo'yoq qoplamalari bilan birga qo'shib ishlatilganda dengiz suviga yuqori bardoshlilik va eroziyaga qarshi kuchli chidamlilik namoyon qiladi.

Dengiz korroziyasiga qarshi kurashda elektrokimyoviy himoya usullari (GOST 26301-85 va GOST 26251-84) ham keng qo'llaniladi. Yirik kemalar va paromlarning suv osti qismlari katod himosining avtomatlashtirilgan tizimlari orqali dengiz suvidan himoya qilinadi.

6.2. Mashina va jihozlarning korrozion yemirilishiga konstruktiv faktorlarning ta'siri

Kimyoviy ishlab chiqarish ob'ektlarini loyihalashda agressiv muhit xarakterining tahliliga va jarayonning borish sharoitlariga asosiy e'tibor qaratiladi. Bu ma'lumotlarga tayangan holda yetarlicha kimyoviy qarshilikka ega bo'lgan materiallar tanlanadi.

Alohida uzellar va apparatlarni ratsional loyihalashga ham xuddi shunday e'tibor qaratiladi. Noto'g'ri loyihalash ko'p hollarda korroziyaning kelib chiqishi va rivojlanishiga olib keluvchi zazor, kuchlanish konsentratsiyasi, zo'riqish, yig'ilib qolish zonalarining hosil bo'lishi va boshqa noxush hodisalarga sabab bo'lishi mumkin.

Shu bilan bir qatorda, apparatlarning alohida uzellarini loyihalash bosqichida korroziya jarayonlarining oldini oluvchi yoki sekinlashtiruvchi konstruktiv yechimlarni qo'llash lozim.

Asbob-uskunalarni loyihalashda metall sirtiga ishlov berish xarakteriga, tuli xil materiallardan tayyorlangan tutashtirvchi elementlarning kontaktiga, issiqlik tashuvchining taqsimot

rejimiga, tirqish va zazorlarning bor-yo'qligiga, yig'ilib qolish zonalarining hosil bo'lishiga alohida e'tibor qaratish kerak.

Yaxshi silliqlangan metall sirti tekis bo'lib, turli xildagi defektlardan xoli bo'ladi. Chunki qirilgan, notekis, g'adir-budir sirtlarda chang, ifloslanish, modda to'planishi kabi noxush hollar ko'p kuzatiladi. Ayniqsa bu mineral o'g'itlar va turli xildagi tuzlar ishlab chiqarishda xarakterlidir. Bu sohada ishlatiladigan metall jihozlar va konstruksiyalarning g'adir-budir sirtlari ko'pincha turli xildagi qoplamalar bilan qoplanadi. Biroq qoplama gigroskopik va namlikni osonlikcha yutuvchi modda bo'lsa, ular metall sirtiga yopishib, kuchli korroziyaga olib keluvchi yuqori konsentratsiyali elektrolitdan iborat mahalliy o'chog'larni hosil qilishi mumkin. Bularning oldi olinmasa, metall sirtida lokal korroziya o'chog'lari hosil bo'ladi.

Loyihalanadigan kurilmada turli xil metallardan tayyorlangan detallar mavjud bo'lsa, ularda kontakt korroziyasining yuz berish xavfi tug'iladi. Bunday hollarda loyihalash bosqichida albatta bu hodisalarning lodini olish chora-tadbirlari belgilanishi lozim.

Har xil metallardan yaratilgan kontaktlashuvchi detallar turli kattalikdagi sirtlar bilan tayyorlanadi. Bunda kichik sirtli detal asl metallardan tayyorlanadi (ventillarning vtulkalari, porshenli nasoslarning halqalari va b). Agar buning iloji bo'lmasa, u holda begona metallar bir-biridan izolyatsiyalanadi. Elektrokimyoviy kontakt korroziyasining oldini oladigan bunday usullar ko'pincha qurilish konstruksiyalaridagi quvur o'tkazgichlarni loyihalashda qo'llaniladi. Bunda prokladka materialiga alohida e'tibor berilishi lozim. U haroratga va mexanik yuklamalarga chidamli, yeyilishga nisbatan yuqori bardoshli, ishchi muhitga nisbatan inert bo'lishi kerak. Ayniqsa kontakt uzellarini montaj qilishda alohida e'tibor qaratish kerak. Montaj jarayonida yo'l qo'yilgan arziyas xatolik yig'ilib qolish zonalarining, tirqish va korroziyaning kuchli rivojlanishiga sabab bo'ladigan boshqa o'chog'larning hosil bo'lishiga olib kelishi mumkin.

Ko'pgina kimyoviy va neftkimyoviy jarayonlar yuqori haroratlarda amalga oshiriladi. Bunday sharoitlarda kechadigan korroziya jarayonlari o'ziga xos xususiyatlarga ega. Harorat qancha yuqori bo'lsa, metallning buzilish intensivligi shuncha yuqori bo'ladi. Issiqlik o'tkazuvchanlik sharoitida korroziya tezligi ikki marotabagacha o'zgarishi mumkin.

Issiqlik tashuvchilar va xladagendlarga tegib turgan metall sirti yana qo'shimcha korrozion ta'sirga uchraydi. Masalan, issiqlik almashtirgichlar eng chidamsiz qurilmalardan hisoblanadi. Issiqlik almashtirgichlar ishdan chiqishining 92 % da issiqlik beruvchi sirtning korroziyasi sabab bo'ladi.

Metall bilan texnologik muhit harorati bir xil bo'lgan izotermik sharoitlarda temperaturaning ma'lum bir intervalida, passivlashadigan metall korroziya tezligining keskin ortish va erkin korroziya potentsiali-ning pasayish effekti kuzatiladi. Metall passiv holatdan aktiv holatga o'tadi. Ya.M.Kolotyrkin ta'rifi bo'yicha bu harorat *o'z-o'zidan passivlanish-ning chegaraviy temperaturasi* deyiladi. Demak, real sharoitlarda metallning mustaqil ravishda passiv holatga o'tadigan imkoniyatini saqlab qoladigan haroratlarda ishlashga harakat qilish zarur.

Qurilmalarni loyihalash paytida issiqlik oqimining rekis taqsimlanishini hisobga olish lozim, lokal qizib ketish hollarining oldini olish zarur. Yuqori haroratli jarayonlar kechadigan ko'pgina sanoat qurilmalarida bu narsa hisobga olingan.

Masalan, ammiak ishlab chiqarishda 350–420 °S haroratda reaksiya boradigan katalizator qutisi bilan apparat korpusi orasida sovuq gaz sirkulyatsiyasi uchun maxsus kanal loyihalashtirilgan. Bunday loyihalash usuli bilan apparat devorlari qizib ketishining oldi olinadi. Agarda kimyoviy jarayonda ko'ylakli reaktorlar qo'llaniladigan bo'lsa, u holda issiqlik uzatuvchi sirt bo'ylab suyuqlikning tekis siljishi uchun aralashtirgichlar o'rnatiladi. Ushbu tamoyillarga asoslanib,

texnologik muhitlarni qizdiruvchi zeeviklar, qaynatgichlar va kondensatorlar sovituvchi suyuqlik ichiga joylashtiriladi.

Issiqlik almashinish qurilmalarida korroziyaning pitting, tirqish va kristallararo kabi lokal ko'rinishlari eng ko'p tarqalgandir.

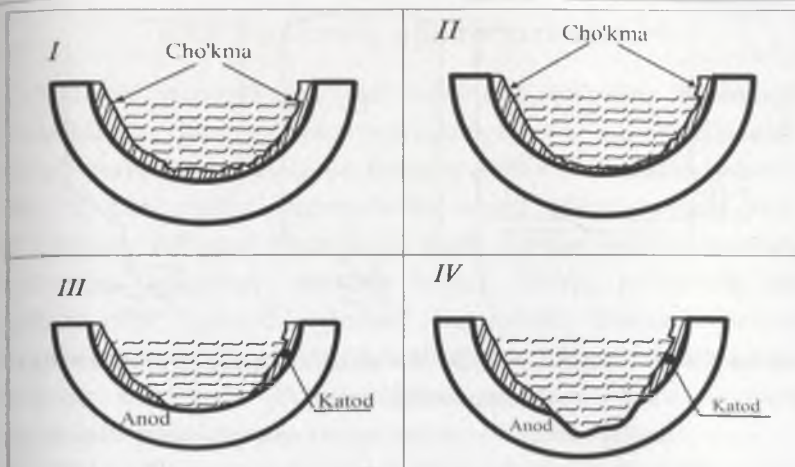
Konstruksiyalarni loyihalashda metallarning payvandlanishi, ba'zi nuqtalarda kritik temperaturadan ham yuqori haroratning, choklarning hosil bo'lishi kabi hollarning yuzaga kelishiga alohida e'tiborni qaratish zarur. Qurilmada zazor va tirqishlarning qolishi korrozion nuqtai nazardan eng xavfli kamchilik hisoblanadi, chunki ular tirqish korroziyasiga sabab bo'ladi.

Apparat va quvur o'tkazgichlarda to'planib, yig'ilib qolish zonalarining vujudga kelishi sababli, notekis aeratsiya mikroparalarining hosil bo'lishi hisobiga korroziyaning kelib chiqish imkoniyatlarini keskin oshiradi. Bu zonalarda turli xildagi cho'kindilar va birikmalar hosil bo'ladi (6.7-rasm).

Quvur o'tkazgichlar ichki yuzasining eng xavfli korrozion yemirilish turlaridan biri ariqchali korroziya bo'lib, uning o'chog'i kengligi 5 sm gacha, uzunligi 10 – 12 sm gacha boradigan to'g'ri burchakli ariqchalardan iborat. Bunday korroziya o'chog'lari asoasan quvurning ichki-ostki tomonlarida rivojlanadi.

Ariqchali korroziyaning yemirish tezligi juda yuqoridir (4–8 mm/yil, ba'zi hollarda 18 mm/yilgacha). Korroziyaning bu turidan ko'pgina neft quvur o'tkazgichlari tez-tez ishdan chiqadi va katta ekologik zararlarga sabab bo'ladi.

Korroziyaning bu turidan neft va neft mahsulotlarini va boshqa suyuqliklarni saqlash uchun mo'ljallangan sesternyalar, rezervuarlarning suyuqlik va cho'kindilar to'planib qoladigan joylari ham zarar ko'radi. Bularning oldini olishning eng samarali usuli to'planishlarga yo'l qo'ymaydigan, cho'kmalarni to'kishga imkon beradigan jihozlarni ratsional loyihalashdir.

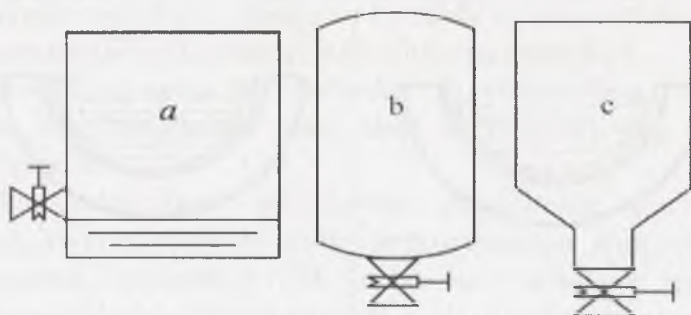


6.7-rasm. Ariqchali korroziya hosil bo'lishning asosiy bosqichlari:

I – Fe_3O_4 , FeCO_3 , FeS cho'kmalarining hosil bo'lishi; II– quvur pastidagi erozion o'yilish; III–galvanojuftliklarning hosil bo'lishi ($\Delta E \approx 200 \text{ mV}$); IV–quvur pastida ariqchalarning hosil bo'lishi.

6.8-rasmda suyuqligi pastdan bo'shatiladigan apparatlarning variant-lari keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, ulardan «a» variant eng muvaffa-qiyatsiz, suyuqlikni qiyinchiliksiz va tez bo'shatadigan – «v» esa qulay variant hisoblanadi.

Xom neftni saqlashga mo'ljallangan xom ashyo rezervuarlari uglerodli va past legirlangan po'atlardan tayyorlangan bo'lib, tashqi atmosfera sharoitida va ichki agressiv muhit ta'sirida korroziyaga uchraydi. Xom neft saqlanayotgan rezervuarlarda neft tarkbida bo'lgan gazlar (H_2S va CO_2) hamda qalam suvining ajralishi yuz beradi. Natijada rezervuarlarning tubida va yuqori poyasida intensiv ravishda korroziya jarayonlari kechadi. Natijada agressiv H_2S va CO_2 gazlari hamda kondensatsiyalangan suv ta'sirida korroziya tezligi dastlabki 1–2 yil davomida yiliga 2 mm gacha, 5–6 yildan keyin esa 4–5 mm gacha yetishi mumkin. Neft bilan kontaktda bo'lgan o'rta qismida korroziya tezligi ancha past bo'ladi.



6.8-rasm. Suyuqligi pastdan bo'shatiladigan apparatlarning konstruksiyalari.

a – noqulay variant; *b* – yaxshilangan variant; *c* – qulay variant;

Yuqori haroratlarda (130°S) va $0,9 - 1,6$ MPa bosim ostida ekspluatatsiya qilinadigan elektrodegidratordlarda ham shunday jarayonlar kechib, ulardagi pitting va yarali korroziyaning tezligi $0,5-4$ mm/yil gacha yetishi mumkin.

6.3. Texnologik muhitlardagi metallar gaz korroziyasining ba'zi hollari

Kimyo sanoatida ko'pgina texnologik jarayonlar yoki ularning ma'lum bosqichlari gaz muhitida yuqori harorat va yuqori bosim ostidagi sharoitlarda kechadi.

100 dan $200-300^{\circ}\text{S}$ gacha bo'lgan haroratlarda ko'pgina gazlar unchalik xavfli emas. Gazlarning kimyoviy faolligi va metallar gaz korroziyasining tezligi $200-300^{\circ}\text{S}$ dan yuqori haroratlarda keskin ortadi. Masalan, xlor 200°S dan yuqori vodorod xloridi – 300°S dan yuqori, oltingugurt dioksidi, azot dioksidi, oltingugurt bug'lari esa – 500°S dan yuqori haroratlarda temir qotishmalariga ta'sir qila boshlaydi.

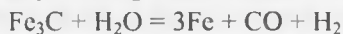
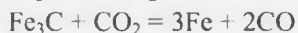
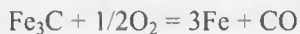
Texnologik gaz muhitlarining bunday o'ziga xosligi va ularning sanoatda keng ishlatilishi metallarning real sharoitlarda o'zini tutishini batafsil ko'rib chiqishni taqozo etadi.

6.3.1. Po'latning uglerodsizlanishi

Yuqori haroratlarda gaz fazasidagi ko'pgina texnologik jarayonlar po'latning dekarbyurizatsiyasi va uglerodsizlanishi tufayli murakkablasha-di. Bu holning mohiyati shundan iboratki, 650 °S dan yuqori haroratlarda oksid plyonkasining hosil bo'lishidan tashqari plyonkaga tegib turgan metall sirtining uglerodga tanqisligi vujudga keladi. Ya'ni, po'latning sirt qatlamlarida uglerod miqdori kamayadi. Bunday jarayon tarkibida O₂, H₂O yoki CO bo'lgan oksidlovchi atmosferada ko'proq kuzatiladi. Bunday holat vodorod muhitida ham kuzatilishi mumkin.

Dekarbyurizatsiya ko'pgina kimyoviy jarayonlar bilan birga amalga oshishi mumkin. Masalan, oltingugurt xom ashyosini o'tda toblab pishirish 750–850°S, turli oksidlovchi muhitlarda (O₂, H₂O, CO) metanning konver-siyasi 700–1000°S haroratlarda amalga oshiriladi. Bunday jarayonlar qatoriga ko'p turdagi yonish jarayonlarini, oksidlovchi krekingni va bshqalarni kiritish mumkin. Dekarbyurizatsiya po'latning qattiqligini va mustahkamligini pasaytiradi, undan tayyorlangan buyumlarning xizmat muddatini kamaytiradi.

Uglerodsizlanish hodisasining asosida sementit – Fe₃C ning qaytarilish jarayoni yotadi:



650°S dan yuqori haroratda uglerodning diffuziya koeffitsienti metall atomlarining diffuziya koeffitsientidan katta bo'ladi. Natijada harakatchan metall atomlari reaksiya zonasiga diffuziyalanadi va oksidlov-chi bilan ta'sirlashadi. Uglerodning po'latdagi diffuziya tezligi metallning oksidlanish tezligidan katta bo'ladi. Himoya plyonkasi hali hosil bo'lmagan dastlabki vaqtlarda dekarbyurizatsiya kuzatilmaydi. Metall zakining hosil

bo'lishi sekinlashganda uglerodsizlanayotgan po'lat qatlamining qalinlashuvi kuzatiladi. Qo'shimcha qizdirish davomida bu qatlamning chuqurligi bir necha millimetrgacha borishi mumkin.

Gaz muhitidagi H_2O , CO_2 va O_2 ning miqdori ortishi bilan dekarbyuri-zatsiyalanish darajasi ortadi. Aksincha, gaz muhitidagi CO va CN_4 miqdorining ortishi uglerodsizlanish darajasini pasaytiradi.

Po'latga aluminiy va volframning qo'shilishi dekarbyurizatsiyaga moyillikni pasaytiradi. Xrom, marganes va kobalt jarayonga kam ta'sir ko'rsatadi, kremniy, nikel, vanadiy esa deyarli ta'sir qilmaydi.

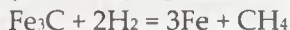
6.3.2. Vodorod korroziyasi

Vodorod korroziyasi harorat $200^\circ S$ dan, va bosim 300 MPa yuqori bo'lgan vodorodli muhitlarda kechadigan ko'pgina texnologik jarayonlarga yo'ldosh hisoblanadi. Ko'mimi va neftni gidrirlash, ammiak va metanolni sintez qilish jarayonlari shular jumlasidandir. Metallning vodorod bilan jarohatlanishi ikki xil ko'rinishda kuzatiladi: vodorodli mo'rtlashuv va vodorodli korroziya. Ko'pincha bu hodisalarning ikkalasi bir yo'la kuzatiladi. Agar gaz tarkibida ammiak bo'lsa, metallning azotlanish hodisasi ham kuzatilishi mumkin.

Metallning azot-vodorod aralashmasi bilan yuqori harorat va bosim sharoitidagi kontaktida molekular vodorod metall sirtida dissotsiyalanadi. Hosil bo'lgan atom holidagi vodorod metall kristall panjarasida diffuziyalanadi va unda eriydi. Temperatura pasayganda eruvchanlikning kamayishi tufayli vodorod metall ichida gaz holatga o'tishga intiladi. Bunday holatda metallda katta kuchlanish vujudga keladi va unda qaytmaydigan mo'rtlik kelib chiqadi.

Vodorod korroziyasi po'latning karbid tashkil etuvchisi bilan vodorodning o'zaro kimyoviy ta'sirlashuvi natijasidir. Tashqaridan vodorod korroziyasining ko'rinib qolishi po'lat sirtiga ziyon yetmagan holda mustahkamligining keskin pasayishini bildiradi. Vodorod korroziyasining hosil bo'lishini quyidagi bir necha hodisalar bilan bog'laydilar:

- metallning tashkil etuvchisi bo'lgan sementit Fe_3S ning qaytarilishi oqibatida po'latning uglerodsizlanishi:

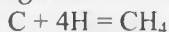


- vodorodning po'lat ichiga kirishi orqali va temirda qattiq mo'rt vodorod eritmasining hasil bo'lishi;

- g'ovakliklarda to'planadigan CH_4 tufayli hosil bo'lgan ichki bosim sababli donalar chegarasida darzlarning paydo bo'lishi.

Eksperimental tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, vodorod korroziyasi tashqi belgilarining paydo bo'lishigacha inkubatsion davr mavjud bo'lib, sharoitga bog'liq holda u 1000 soatgacha davom etishi mumkin.

Harorat 300°S dan yuqori bo'lganda metall sirtida uglerodsizlanish reaksiyasi bilan bir qatorda vodorodning xemosorbsiya jarayoni kechadi va uning atomlarga ajralishi kuzatiladi. Vodorod atomining diametri 0,1 nm bo'lib, u yuqori harakatchanlikka ega. Metallning ichiga kirib, vodorod atomlari temirda qattiq eritma hosil qiladi, shuningdek qisman erkin uglerod atomlari bilan reaksiyaga kirishadi:



Uglerodsizlanish reaksiyasidan farqli holda SN_4 hosil bo'lishi metall sirtida emas balki uning ichida yuz beradi. Yuqori ichki bosim hosil bo'ladi. Natijada metall sirtida qabariqlar va yoriqlar paydo bo'ladi.

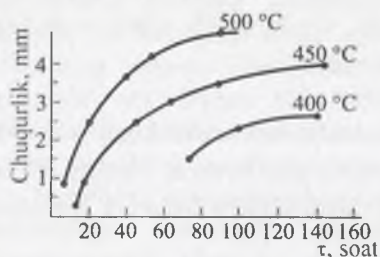
Termodinamik hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, $300-600^\circ\text{S}$ harorat va vodorodning yuqori bosimida sementitning to'la parchalanishi kuzatiladi.

CH_4 ning hosil bo'lish reaksiyasi qaytuvchan bo'lib, hajmning kamayishi bilan boradi. Shuning uchun bosimni oshirish bu reaksiyaning muvozanatini o'ng tomonga siljitib, reaksiya borish temperaturasining chegarasini pasaytiradi. Qaytaruvchan atmosferada 50MPa bosimgacha ishlaydigan neft-kimyo ishlab chiqarishida ishchi temperaturani 200°S gacha etib chegaralab qo'yiladi.

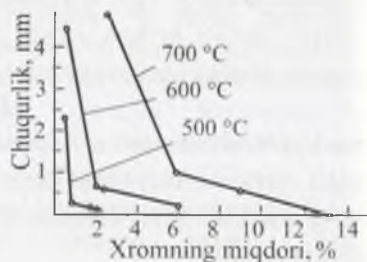
Vodorod korroziyasining tezligi po'latning uglerodsizlanish chuqurligiga sezilarli darajada bog'liqdir. Bu jarayonga vodorodning bosimi, temperaturasi va boshqa kattaliklar ham ta'sir ko'rsatadi (6.9-rasm).

Tiklash muhitlaridagi oddiy konstruksion materiallarga 20 va 30XMA po'latlari kiradi. Ular 300 °S haroratgacha ishlatilishi mumkin. Yanada yuqori haroratlarda ishlatiladigan po'latlarga legirlovchi qo'shimchalar kiritiladi. Po'latning uglerodsizlanishga qarshiligini oshirish uchun unga qo'shimchalar sifatida xrom, molibden, vanadiy kabi elementlardan foydalaniladi. Xrom vodorodning metallga kirishiga qo'shimcha qarshilik ko'rsatadi.

6.10-rasmdan ko'rinadiki, xromli po'latga vodorodning kirishiga gaz harorati va metalldagi xrom miqdoriga bog'liq bo'ladi. Temir qotishmalarda 6 % xromning mavjud bo'lishi 600°S harorat va 30 MPa bosimda qotishmaning yetarlicha yuqori kiyoviy bardoshliligini ta'minlaydi.



6.9-rasm. Vodorodning bosimi 20 MPa bo'lganda 35 markali po'lat uglerodsizlanish chuqurligining (mm larda) turli temperaturalarda vaqtga bog'liqligi.



6.10-rasm. Vodorod po'latga kirish chuqurligining undagi xrom miqdoriga bog'liqligi. (N₂-ning bosimi 30 MPa, sinash vaqti 300 soat)

Mis va uning qotishmalari ham vodorod korroziyasiga uchraydi. Bu holat ko'pgina mis qotishmalarining tarkibida

qo'shimcha sifatida majud bo'lgan Cu_2O mis oksidining qaytarilishi bilan izohlanadi:

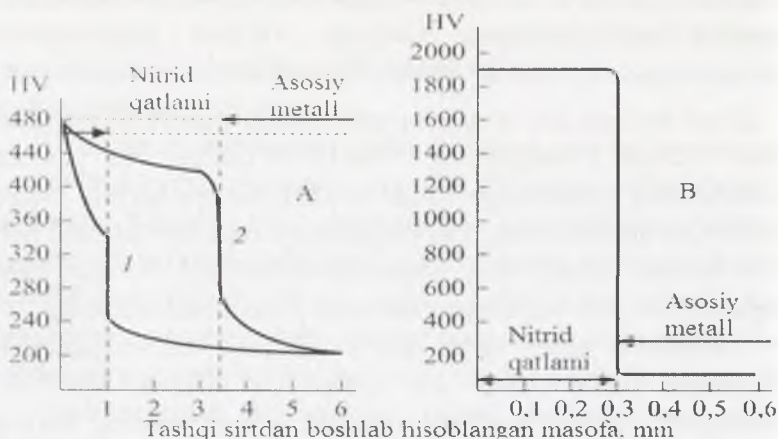


Hosil bo'lgan suv bug'lari metall ichida yuqori bosim hosil qilishi tufayli yoriqlarning hosil bo'lishiga va metall plastikligining yo'qolishiga sabab bo'ladi. Bu hodisaning oldini olish uchun qotishmadagi mis oksidining miqdorini kamaytirish kerak bo'ladi. Cu_2O ning konsentratsiyasi 0,01 % dan kam bo'lganda vodorod korroziyasi hodisasi deyarli kuzatilmaydi.

Ammiakni sintez qilish jarayonida azot-vodorod-ammiak aralashmasi po'lat uchun sof vodorodga nisbatan xavfliroq hisoblanadi. Bunday hollarda vodorod korroziyasining barcha turlaridan tashqari po'latning azotlanishi ham amalga oshadi. Ammiak sintezi kolonnasining ish sharoitida nafaqat ammiakning hosil bo'lishi, balki metall sirtida atom holdagi azotning hosil bo'lishi bilan boradigan ammiakning dissotsiatsiyalanishi yuz beradi. Bunda azot atomlari temir yoki legirlovchi element atomlari bilan o'zaro ta'sirlashib nitritlar hosil qiladi. Natijada po'latning sirti azotga to'yinib, mo'rt bo'lib qoladi.

Po'latlar tarkibidagi xrom miqdorining ortishi bilan vodorod va ammiakning ta'sir darajasi kamayadi. Po'lat sirtida 11 % ortiq xromning bo'lishi qattiq va zich joylashgan nitrit qatlamining hosil bo'lishiga olib keladi va metall ichkarisiga azotning diffuziylanishiga to'sqinlik qiladi. Buning tasdig'ini 6.10- va 6.11-rasmlarda keltirilgan ma'lumotlardan ko'rish mumkin.

18X3MV rusumli po'latda nitrit qatlamining chuqurligi 3–4 mm ni tashkil qilib, uning zichligi asosiy metallnikiga nisbatan 2 marta katta. X18N10T po'latdan tayyorlangan detallarda esa nitrit qatlamining chuqurligi 0,3 mm bo'lib, uning zichligi asosiy metallnikiga nisbatan 10 marta katta.

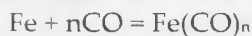


6.11-rasm. HV qattiqligining qalinlik bo'yicha o'zgarishi. A – ammiak sintezi kolannasidagi 18XZMB po'latdan tayyorlangan termopara cho'ntagi devori, 1 – 500–550 °S da 14000 soat ishlaganda; 2 – 51840 soat ishlaganda. B – ammiak sintezi kolannasidagi X18N10T po'latdan tayyorlangan Fild trubkasi devori, ≈ 500 °S da 30800 soat ishlaganda.

6.3.3. Karbonil korroziyasi

Karbonil korroziyasi yuqori harorat va yuqori bosim ostida uglerod (II) ishtirokida boruvchi texnologik jarayonlarda kuzatiladi. Bunday jarayon-larga metil va butil spirtlarini olish, metan va uglerod oksidi konversiyasi misol bo'ladi.

Normal sharoitlarda CO metallarga nisbatan inert hisoblanadi. Yuqori harorat va yuqori bosimlarda esa uglerod oksidi ko'pgina metallar bilan reaksiyaga kirishib, karbonillar hosil qiladi. Maslan, temir bilan:



Temir CO bilan uchta birikma hosil qilishi mumkin: *tetrakarbonil* – $\text{Fe}(\text{CO})_4$, *pentakarbonil* – $\text{Fe}(\text{CO})_5$ va *nonakarbonil* – $\text{Fe}(\text{CO})_9$. Bu uchala birikma ham barqaror emas va ular harorat ortishi bilan parchalanadi. Bular ichida barqarorlisi – $\text{Fe}(\text{CO})_5$

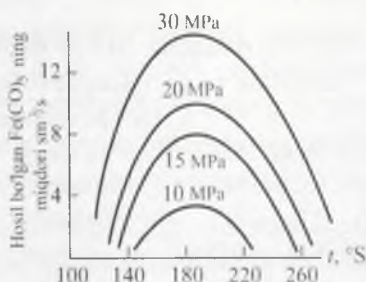
bo'lib, 140°S dan yuqori haroratda deyarli to'liq Fe va CO ga dissotsiyalanadi (6.12-rasm).

Uglerod (II) oksidi bilan yuqoridagilarga o'xshash birikmalarni ko'pgina metallar bilan hosil qilishi mumkin. 6.12-rasmda turli sharoitlarda temir pentakarbonili – $\text{Fe}(\text{CO})_5$ ning hosil bo'lish tezligi ifodalangan. Barcha egriliklar o'zining maksimumiga ega.

Egriliklarning chap tomoni-dagi o'suvchi qismi harorat ko'tari-lishi bilan jarayon tezligining ortishini ko'rsatadi. O'ng tomonidagi pasayish egriliklari pentakarbonil $\text{Fe}(\text{CO})_5$ ning parchalanish bosqichini ifodalaydi.

Karbonil korroziyasi 5 mm chuqurlikkacha metall sirt qatlamining yumshashiga va buzilishiga sabab bo'ladi. Sirdan ko'p uzoq bo'lmagan chuqurliklarda metall strukturasining o'zgarishlari kuzatilmaydi.

6.12-rasm. Turli bosimlarda temir pentakarbonili hosil bo'lish tezligi-ning haroratga bog'liqlik grafigi



700°S gacha bo'lgan harorat va 35 MPa gacha bo'lgan bosimlarda karbonil korroziyasidan himoyalaniish maqsadida tarkibida 30 % Sr bo'lgan xromli po'lat, 23 % Sr va 20 % Ni bo'lgan xromnikelli po'lat va marganes qo'shilgan bronzadan foydalaniladi. Pastroq parametrli jarayonlarda kamroq legirlangan X18N9 turdagi po'latlardan ham foydalanish mumkin.

Mochevina $\text{CO}(\text{NH}_2)$ ni sintez qilishda xomashyo sifatida NH_3 va SO_2 xizmat qiladi. Jarayon $175\text{--}190^{\circ}\text{S}$ harorat va 20 MPa bosim ostida amalga oshiriladi. Asosiy apparatlarni tayyorlashda

turli markadagi xromli po'latlar yaramaydi. Bunday sharoitlarda molibden bilan legirlangan va xromnikelmolibdenmisli po'latlar eng yuqori chidamlilikka egadir. Gazlarni vodorod sulfididan sinchiklab tozalash va tizimga mavjud CO_2 ga nisbatan 0,5 – 1,0 % hajmda kislorod kiritish korroziyon bardoshlilikni oshirishning muhim omillaridan hisoblanadi.

6.3-jadvalda $\text{CO}(\text{NH}_2)$ ni sintez qilish sharoitida materiallarda kechadigan korroziya tezligi haqidagi ma'lumotlar keltirilgan.

6.3-jadval

100 % li ortiqcha NH_3 sharoitida $\text{CO}(\text{NH}_2)$ sintez qilishda metallar va qotishmalarning korroziyalanish tezliklari

No	Metall yoki qotishma	SO_2 ga nisbatan O_2 ning miqdori, % hajm	Temperatura, °S	Korroziya tezligi, mm/yil
1.	OOOX16N15MZ	0,5 – 0,6	190	0,06
2.	X17N13M2T	0,5 – 0,6	190	0,08
3.	X17N13M2T	0,5 – 0,6	190	0,05
4.	OX11N16M2T	0,5 – 0,6	190	0,04
5.	St.Z	0,5 – 0,6	150	>20
6.	OX13	0,5 – 0,6	190	>15
7.	Tantal	0,5 – 0,6	165	0,0
8.	Molibden	0,5 – 0,6	190	1,8

6.3.4. Oltingugurt korroziyasi

Oltingugurt va uning birikmalari – oltingugurt angidri (SO_2), vodorod sulfidi (H_2S), merkaptanlar, tiospirtlar va boshqalar yetarlicha agressiv, korroziyon faol moddalar hisoblanadi. Yuqori haroratli gaz korroziyasida vodorod oltingugurti eng faol komponentdir. U hattoki oltingugurt dioksididan ham xavfli moddadir.

Oltingugurt gazi (SO_2) sulfat kislotasi ishlab chiqarishda dastlabki mahsulot hisoblanadi. Uni oltingugurt kolchedanini pishitish, oltingugurti yoqish, metallurgiya ishlab chiqarish

korxonalari chiqindi gazlarini utilizatsiyalash jarayonlarida olish mumkin. Eritish sexlarining cho'yan jihozlari, kolchedan pechlarining kuraklari, qozon-utilizatorlar, quruq elektrofiltirlar, sulfat kislotasi ishlab chiqarishida kuyindi gaz mo'rilari oltingugurtli gaz korroziyasidan tez-tez ishdan chiqadi.

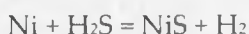
Qora metallarning 300°S dan yuqori haroratlardagi oltingugurtli gaz korroziyasi natijasida FeS , FeO va Fe_3O_4 dan iborat metall zaki qatlami hosil bo'ladi.

Muhit harorati 400°S dan oshganda cho'yandan tayyorlangan buyumlar hajmining dastlabki hajmiga nisbatan 10 % gacha ortishi kuzatiladi. Bunda buyum materialining mustahkamligi keskin pasayadi. Bu hodisa cho'yanning "o'sishi" deyiladi va u metallning ichki oksidlanishi bilan tushuntiriladi. Cho'yanning maksimal o'sishi 700°S haroratda kuzatiladi. Yuqori legirlangan xromli cho'yanlar, "piroferal", "chugal" deb nomlanadigan karbidli cho'yanlar o'sishga chidamli hisoblanadi.

Oltingugurtli gaz yuqori haroratlarda nikelni oksidlaydi. Bunda toblangan zak qatlami hosil bo'lib, uning tarkibiga NiS va NiO kiradi:



Plyonkaning o'sishi parabolik qonuniyat bo'yicha boradi. Oltingugurtli nikel vodorod sulfidining metall bilan ta'sirlashishi tufayli hosil bo'ladi



Nikel sulfidi metall holdagi nikel bilan erish temperaturasi 625°S bo'lgan, oson eriydigan evtetika hosil qiladi. Tarkibida nikel bo'lgan bo'lgan po'latlarda bunday evtetikaning hosil bo'lishi asosan metallning yemirilishiga sabab bo'luvchi donalar chegarasida amalga oshadi.

Tarkibida 15% dan ortiq nikel bo'lgan po'latlar oltingugurtli gazlar ta'sirini juda sezuvchan bo'ladi. Oksidlanish jarayonida ular mexanik mustahkamligini yo'qotadi. Shuning uchun oltingugurt dioksidi bo'lgan gaz muhitlarida 400°S gacha bo'lgan

haroratlarda uglerodli po'latlar, yanada yuqori haroratlarda – xromli po'latlar ishlatiladi.

Issqlikka bardoshli eng ko'p ishlatiladigan po'latlar – 4X9SA, X6SYu, XI7, OX17T, X18SYu, X25T hisoblanadi. 800-1000 °S dan yuqori haroratlarda intensiv ravishda metall zakining (okalina) hosil bo'lish jarayoni ketadi. Bunday muhitlarda ko'pincha issiqlikka bardoshli X5M, X6SM, X18N12T, X23N18 po'latlar ishlatiladi. Bunday qotishmalar uchun ishchi harorat 550-600 °S (X23N18 uchun – 1000 °S) ni tashkil qiladi.

Quruq oltingugurtli gaz aluminiy bilan juda sekin ta'sirlashadi. Shuning uchun issiqlik almashtirgichlar va kontakt apparatlarining detallari va qismlarini tayyorlashda aluminiy ishlatiladi.

Xona haroratidagi quruq vodorod sulfidi odatdagi uglerodli po'latlar uchun xavf tug'dirmaydi. Haroratning ko'tarilishi bilan uglerodli po'latlar uchun vodorod sulfidi korroziyasining xavfi sezilarli ortadi. 300°S dan yuqori haroratli oltingugurt saqllovchi gaz muhitlarida temir kuchli korroziyaga uchraydi.

Po'latlarni >12 % miqdorda xrom bilan legirlash ularning 700-800 °S haroratgacha korroziyaga qarshi bardoshlilikini oshiradi. Xromli po'latlarning korroziyalanishida metall zaki hosil bo'lib, uning sirtqi yuzasi oltingugurtli temirdan iborat bo'ladi. Bu qatlamda xrom deyarli majud bo'lmaydi. Oksidlangan xromning hammasi ichki qatlamda yig'ilgan bo'lib, u himoyaviy xususiyatga ega bo'ladi. Tarkibida 25-30 % miqdorda xrom bo'lgan ferritli qotishmalar vodorod sulfidi muhitida yaxshi kimyoviy chidamlilikka ega bo'ladi.

Oltingugurtli birikmalarning boshqa korrozion aktiv komponentlar bilan bir vaqtda bo'lishi jihoz va qurilmalar uchun juda katta xavf tug'diradi. Oltingugurtli neftlarni termik qayta ishlashda vodorod sulfidi (H_2S) va vodorod aralashmasining ayniqsa katta bosimlarda bo'lishi neft sanoatida juda xavfli hol hisoblanadi. 6.13-rasmdan ko'rinadiki, neft bug'larida vodorod

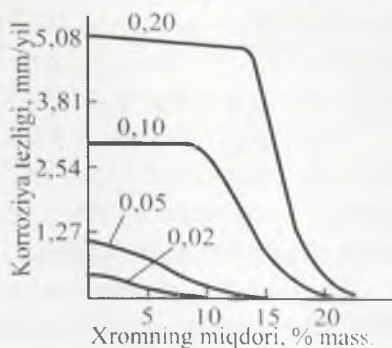
oltingugurti konsentratsiyasining ortishi bilan xromli po'latlarning korroziyalanish tezligi ortadi. Bunda H_2S konsentratsiyasining 10 martaga oshishi korroziya tezligining 12–15 martaga ortishiga olib keladi.

Tarkibida 4–6 % Cr bo'lgan xromlangan po'latlar yarim issiqlikka chidamli sanaladi. Bunday sinfdagi po'latlar ancha arzon, yuqori korroziyon chidamliligi va mustahkamligi sababli neft sanoatida kreking qurilmalarni tayyorlashda keng qo'llaniladi.

Yoqlg'i yonganda tarkibida O_2 va turli xildagi oksidlar, shuningdek

oltingugurt qo'shimchalari bo'lgan murakkab gaz aralashmalari hosil bo'ladi. Bunday hollarda sulfid-oksidi korroziya kuzatiladi. Metalldagi himoya plyonkasi odatda bir necha qatlamdan iborat bo'ladi. Tashqi qavat kislorod bilan boyigan metall oksididan, metall sirtiga yopishgan ichki qavat esa yuqori miqdorli oltingugurt va sulfidlardan iborat bo'ladi. Agar yoqlg'i yonganda tarkibida vanadiy oksidi V_2O_5 bo'lgan kul hosil bo'lsa, u holda korroziya tezligi juda tez ortadi. Vanadiyli korroziya hodisasi va uning sabablari oldin ko'rib chiqilgan edi.

Tarkibida 4–6 % Sr bo'lgan xromli po'latlar yarim issiqlikka chidamli hisoblanadi. Bu sinfdagi po'latlar ishlatishda qulayligi, yuqori korroziyon bardoshliligi va mustahkamligi bilan neft sanoatida kreking qurilmalari tayyorlashda keng qo'llaniladi. Havoda va sezilarli miqdordagi oltingugurtli birikmalari bo'lgan va yonishdan hosil bo'lgan 500–600 °S haroratli gazlarda bunday



6.13-rasm. Neft bug'larida (650°C) xromli po'latlar korroziya tezligining xrom miqdoriga bog'liqligi.

Egriliklardagi raqamlar H_2S ning miqdorini (%) bildiradi.

po'latlarning issiqlikka chidamliligi legirlanmagan po'latlarnikiga nisbatan deyal 3 marta yuqoridir.

Molibden qo'ndirmalari (1 – 1,5 %) po'latlarning issiqlikka chidamli-ligini va olovbardoshligini oshiradi. Kremniy ham po'latlarning oltin-gugurtli muhitlardagi korrozion bardoshliligiga ijobiy ta'sir qiladi.

Aluminiy oltingugurt birikmalari bo'lgan gaz muhitlarida chidamli hisoblanadi. Uni 4% dan kam bo'lmagan miqdorda temirga qo'shilganda 800°S haroratgacha H₂S korroziyasiga chidamli qotishma hosil qiladi.

Qo'shimcha ravishda aluminiy va kremniy, shuningdek seriy (Se), talliy, kalsiy bilan legirlangan xromli po'latlar oltingugurtli birikmalari bo'lgan yuqori haroratli (700 °S dan yuqori) muhitlarda ham gaz korroziyasiga eng yuqori bardoshlilik namoyish etadi.

6.3.5. Xlor va xlorli vodorod muhitidagi korroziya

Gaz holatidagi xlor va vodorod xloridi muhitida metallarning o'zini tutishi boshqa agressiv muhitlarning ta'siridan keskin farq qiladi. Gap shundaki, metall sirtida hosil bo'ladigan xlorli tuzlar past erish temperaturasiga ega, ba'zi hollada esa temperatura ortganda bevosita bug'lanish (vozgonka) xossasiga ega. Bunday reaksiyalar ko'pincha musbat issiqlik effektiga ega. Bu esa mahalliy haroratning sezilarli ortishiga, natijada hosil bo'lgan xloridlarning erib, parchalanishiga sabab bo'ladi.

Xlorid plyonkalarining himoyaviy xossalari kuchsiz, ba'zi hollarda metallar xlor tokida birdan alanganadi. 6.4-jadvalda bir qator metallardagi xloridli tuzlarning erish temperaturalari keltirilgan. Taqqoslash uchun oksidlar va sulfidlarning erish temperaturalari ham keltirilgan.

Ba'zi metallar tuzlari va oksidlarining erish harorati

№	Xloridlar		Oksidlar		Sulfidlar	
	Formulasi	erish, °S	Formulasi	erish, °S	Formulasi	erish, °S
1	AlCl ₃	192, bug'l.	Al ₂ O ₃	2015	Al ₂ S ₃	1100
2	FeCl ₂	672	FeO	1360	FeS	1193
3	FeCl ₃	304	Fe ₂ O ₃	1540	Fe ₂ S ₃	—
4	CuCl ₂	630	Cu ₂ O	1230	Cu ₂ S	110
5	NiCl ₂	973, bug'l	NiO	1950	NiS	793
6	PbCl ₂	501	PbO	1290, parch.	PbS	—
7	TiCl ₄	bug'lanadi	TiO ₂	1560		
8	CrCl ₃	1152	Cr ₂ O ₃	1550	Cr ₂ S ₃	parchal

Past haroratli quruq xlor muhitida ko'pgina metallar chidamli hisoblanadi. Harorat ortishi bilan metallarda ekzotermik reaksiyalar amalga oshishi sababli alangalanish boshlanadi. Alangalanish temperaturasi issiqlik effekti kattaligiga bog'liq bo'lib, metallning tabiati orqali aniqlanadi. 6.5-jadvalda ba'zi metallar va qotishmalarining xlorli muhitdagi alangalanish temperaturasi keltirilgan.

Ba'zi metallar va qotishmalarining quruq xlor-gazli muhitdagi alangalanish temperaturasi keltirilgan.

№	Material	Alangalanish temperaturasi, °S
1.	Temir va po'lat	~ 150
2.	Nikel	> 500
3.	Qo'rg'oshin	90 – 100
4.	Mis	200
5.	Titan	< 20

Xona haroratidagi quruq vodorod xloridida bir qator metallar va qotishmalar yetarlicha chidamlidir. Harorat ortishi bilan metall materiallarning chidamliligi har bir metall uchun aniq bo'lgan ma'lum bir temperaturagacha asta sekin pasayadi. Quruq xlor va vodorod xloridli muhitlarda uzoq vaqt ishlatish

mumkin bo'lgan, ruxsat etilgan maksimal temperaturalarning qiymatlari 6.6-jadvalda berilgan. Nodir metallardan tashqari nikel va uning qotishmalari quruq xlorda eng chidamli materiallar bo'lib hisoblanadi.

6.6-jadval

Quruq xlor va vodorod xloridli muhitlarda metallar va qotishmalarni ishlatishda ruxsat etilgan yuqori temperaturalarning qiymatlari

№	Material	Temperatura, °S	
		Xlor	vodorod xloridli
1.	Platina	1200	1200
2.	Oltin	–	870
3.	Volfram	–	600
4.	Nikel	550	510–600
5.	Inkonel (80% Ni, 14% Sr, 6% Fe)	–	480
6.	Mis	100	100–120
7.	Uglerodli po'lat, St.3	150	260–350
8.	Zanglamaydigan po'lat 12X18N9T	300	450–500
9.	Kumush	–	230

Nikel va xromnikelli po'latlarda hosil bo'ladigan sirt plyonkalari kam uchuvchanlik xossalariga va qoniqarli himoyaviy xususiyatlarga ega.

Oltinchi bobga tegishli uslubiy tavsiyalar

Bu bobda keltirilgan ma'lumotlarni o'rganish natijasida talaba quyidagilarni bilishi shart:

- korrozion jarayonlarning turli ko'rinishlari;
- tabiiy va sanoat ishlab chiqarish sharoitlarida korroziya jarayonlarining kechishi;
- tabiiy va texnologik sharoitlarida korroziya jarayonlarining kechish qonuniyatlari;
- Metallar va qotishmalarning tabiiy va texnologik muhitlarda korrozion bardoshliligi;

Ushbu bobda keltirilgan ma'lumotlarni *o'zlashtirish natijasida talaba:*

- metallar va qotishmalarga tashqi muhitlarning ta'sir etish xarakterini baholay olishi;
- korroziyabardosh qurilma va jihozlarning optimal konstruksiyasini asoslay olishi va tegishli tavsiyalar bera olishi;
- korrozion yemirilishlarning oldini olish bo'yicha chora-tadbirlar yuzasidan mustaqil fikrga ega bo'lishi lozim.

Nazorat savollari

- 1.Tabiiy va texnologik muhitlar deganda nimani tushunasiz?
- 2.Tabiiy muhitlarda kechadigan korroziyaning qanday turlarini biasiz?
- 3.Atmosfera korroziyasining mexanizmi havo namligiga bog'liq holda qanday o'zgaradi?
- 4.Metall jihozlarning konstruktiv tuzilishi atmosfera korroziyasiga qanday ta'sir qiladi?
- 5.Tuproq korroziyasini qanday qonuniyatlar xarakterlaydi?
- 6.Tuproq korroziyasining mexanizmini tushuntirib bering.
- 7.Daydi toklarning tuproq korroziyasiga ta'siri qanday?
- 8.Bakteriyalar tufayli tuproq korroziyaning vujudga kelishi va uning o'ziga xoslik tomonlarini tushuntiring.
- 9.Dengiz korroziyasining asosiy qonuniyatlarini tushuntiring.
- 10.Korrozion jarayonlarning rivojlanishiga konstruktiv faktorlar ta'sir qiladimi? Misollar keltiring.
- 11.Metallar destruksiyasiga olib keluvchi gaz korroziyasining holatlarini aytib bering.
- 12.Po'latning uglerodsizlanish hodisasini tushuntiring. Unga misollar keltiring.
- 13.Vodorod korroziyasi nima? U qanday sharoitlarda vujudga keladi?
- 14.Karbonil korroziyasini tushuntiring. Unda qanday jarayonlar kuzatiladi?
15. Oltingugurtli muhitlarda kechadigan korroziya jarayonlarining o'ziga xos tomonlari nimalardan iborat?

17. Materiallarning oltingugurtli muhitlardagi korroziyasiga qarshi qanday usullar qo'llaniladi?

Oltinchi bobga tegishli mustaqil ta'lim mavzulari

1. Tabiiy sharoitlarda kechadigan korroziya turlari.
2. Texnologik muhitlar va ularda kechadigan korroziya turlari.
3. Tabiiy faktorlarning korroziya jarayonlari tezligiga ta'siri.
4. Metallar va qotishmalarni tabiiy va texnologik muhitlardagi korroziyadan himoyalash usullari.
5. Tabiiy va texnologik muhitlardagi korroziyaning oldini olishda konstruktiv faktorlarni tanlash prinsipi.
6. Po'latlarning uglerodsizlanishi uning texnikadagi ahamiyati.
7. Vodorod korroziyasiga sabab bo'luvchi asosiy omillar.
8. Karbonil korroziyasi, uning oqibatlari, oldini olish choralari.
9. Oltingugurtli muhitlarda metallar va qotishmalarning korroziyasi.
10. Metallar va qotishmalarni oltingugurtli muhitlardagi korroziyadan himoyalash usullari.

VII BOB. METALLAR VA QOTISHMALARNING KORROZION TAVSIFLARI

7.1. Temir asosidagi konstruksion materiallar

Temir asosidagi konstruksion materiallar – cho'yanlar va po'latlar ishlab chiqarish hajmi va ulardan foydalanish darajasi bo'yicha eng ko'p tarqalgan konstruksion materiallar hisoblanadi.

Temirning ikki xil – α va γ allotropik ko'rinishlari mavjud. α -temir *ferrit* deyiladi, u magnitlanuvchan va hajmiy markazlashgan kristall panjara (HMKP) tuzilishga ega, $T < 910^{\circ}\text{S}$ va $T > 1401^{\circ}\text{S}$ haroratlarda barqaror hisoblanadi. Temirning yuqori haroratlarda barqaror hisoblangan shakli δ – *ferrit* deyiladi.

γ – temir qirrali markazlashgan kristall panjara (QMKP) tuzilishiga ega, magnit xossalariga ega emas va u *austenit* deyiladi. Suvda chegaraviy ruxsat etilgan konsentratsiya qiymati – 0,1 mg/l. Temir ham xrom va marganes kabi qora metallar sinfiga kiradi. Tabiatda temir doimo oksidlangan, tarkibida C, O, S, Mn, Cr, Ni va boshqa elementlar bo'lgan ruda ko'rinishda bo'ladi.

$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e} \leftrightarrow \text{Fe}$ reaksiyaning standart potentsiali – 0,44 V,

$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e} \leftrightarrow \text{Fe}$ reaksiyaning standart potentsiali esa – 0,036 V.

Biroq, real sharoitlarda amalda o'lchanadigan potensial muvozanat potensialidan sezilarli darajada farq qilishi mumkin.

Kislorod yoki boshqa oksidlovchilar mavjud bo'lgan muhitda temir passivlashib, uning statsionar potentsiali +0,1 V ga yaqinlashib qoladi. Agar eritmada vodorod ioni yoki boshqa galoid ionlar mavjud bo'lsa, temirning potentsiali manfiy tomonga siljib, uning qiymati –0,6 V gacha yetishi mumkin.

Mineral kislotalardan tashqari ko'pgina muhitlarda temir korroziyalanganda erimaydigan korroziya mahsuloti – zang hosil bo'ladi.

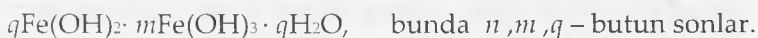
Do'stov H.B.

Dastlabki anod jarayonida ikki valentli Fe^{2+} temir ionlari hosil bo'ladi. Neytral eritmalarda eruvchanligi $1,64 \cdot 10^{-3}$ g/l bo'lgan Fe(II) gidroksidi – Fe(OH)_2 hosil bo'ladi. Eritmada O_2 bo'lganda navbatdagi – uch valentli temir gidroksidi Fe(OH)_3 ning xosil bo'lish reaksiyasi amalga oshadi:



Hosil bo'lgan bu reaksiya mahsulotining eruvchanligi $\approx 4,8 \cdot 10^{-8}$ g/l bo'lib, Fe(OH)_2 ning eruvchanligiga nisbatan ancha kichik.

Zang eritmada bevosita korroziyalanayotgan sirt bilan kontakt yuzasida hosil bo'ladi. Zang metall sirtini g'adir-budir qatlam sifatida qoplaydi. Bu qatlam metall sirtiga yomon yopishganligi sababli uni korroziyadan yaxshi himoya qila olmaydi. Zang tarkibi o'zgaruvchan bo'lib, uni quyidagi umumiy formula bilan ifodalash mumkin:



Temir korroziyaga bardoshli metall hisoblanmaydi. Atmosfera sharoitida u jez, nikel va misning korroziya tezligiga nisbatan 10–15 marta kuchliroq korroziyalanadi.

Temir asosidagi konstruksion materiallarning deyarli barchasida u yoki bu miqdorda uglerod bo'ladi. Buni ko'rish uchun Fe-C fazaviy muvozanat diagrammasini ko'ramiz. D.K.Chernov birinchi bo'lib bunday diagrammani (7.1-rasm) o'rganib chiqqan va quyidagi «Kritik nuqtalar» (temperaturalar) ni kuzatgan:

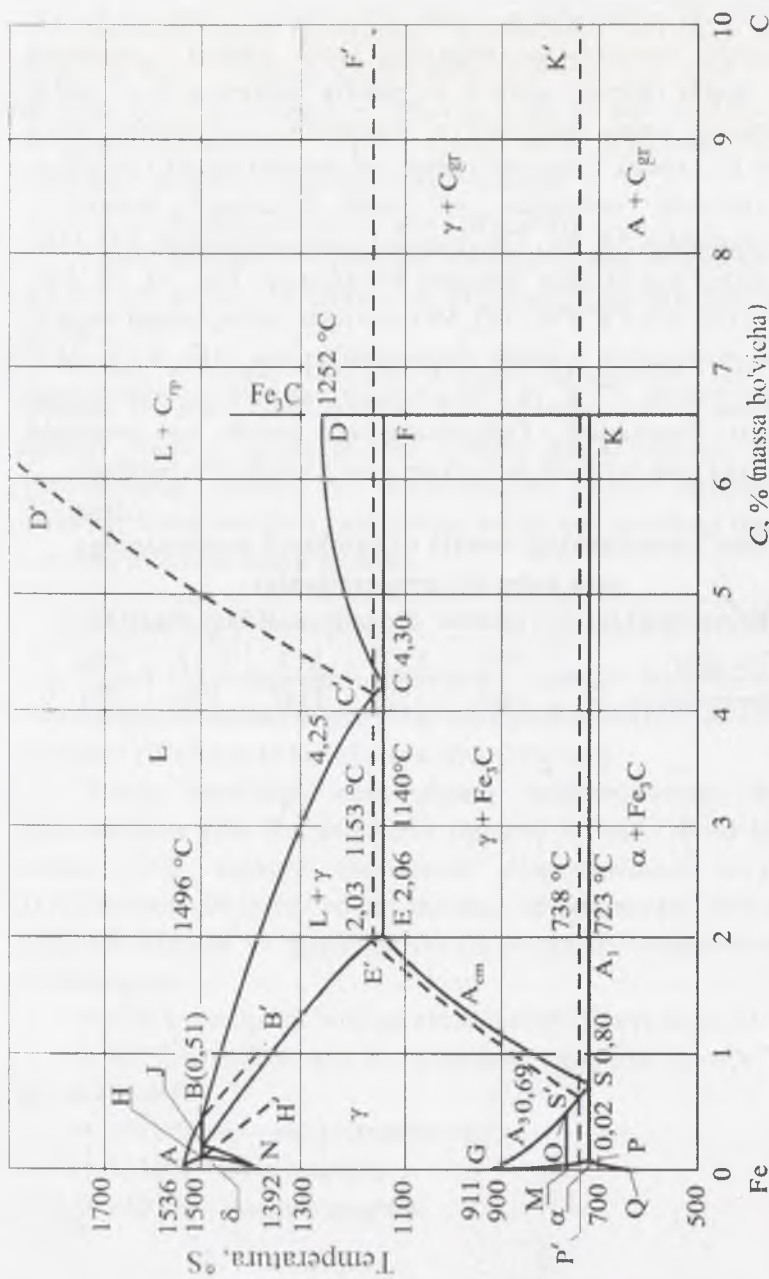
- 770°S – magnitli holatga almashinish (Kyuri nuqtasi);
- 910°S – α allotropik ko'rinishdan γ ga o'tish ($\alpha \rightarrow \gamma$ almashinish);
- 1401°S – $\gamma \rightarrow \alpha(\delta)$ almashinish;
- 1534°S – erish nuqtasi;
- 3200°S – qaynash nuqtasi

Temirda uglerodning o'zini eruvchanligi past va uning eruvchanlik chegarasidan o'tganida temir karbidi – sementit (Fe_3S) ajralib chiqishi sababli ko'pincha holatning Fe-C stabil diagrammasi emas, balki Fe- Fe_3C metastabil diagrammasi tahlil qilinadi (7.1-rasm). Diagrammadagi uzluksiz va punktir chiziqlar mos ravishda metastabil va stabil holatlarni ifodalaydi. Diagrammadagi AB, BC, CD chiziqlar *solidus* chiziqlari, AH, HN, JE chiziqlari esa *likvidus* chiziqlari hisoblanadi. NH, NJ, ES, E'S', GO, GS, GP, OS, PK, P'K', PQ, MO chiziqlar qattiq fazaga tegishli bo'lgan muvozanat holatini chegaralab turadi. HJB, E'C'F, ECF chiziqlar evtetik, P'S'K' va PSK chiziqlar esa evtetoid muvozanat chiziqlari hisoblanadi. Diagrammadagi evtetik va evtektoid chiziqlarga mos keluvchi temperaturalar 7.1-jadvalda berilgan.

7.1-jadval

Fe- Fe_3C sistemasidagi evtetik va evtektoid mumozanatga mos keluvchi temperaturalar

Ko'rsatkichlar	Fe- Fe_3C diagrammasidagi chiziqlar				
Chiziqlar	HJB	E'C'F	ECF	P'S'K'	PSK
Temperatura, °S	1493	1153	1147	738	723



7.1-rasm. Fe - C sistemasining to'liq holat diagrammasi

Fe-Fe₃C diagrammasidagi asosiy, xarakterli nuqtalarga to'g'ri keladigan uglerod miqdori 7.2-jadvalda berilgan.

7.2-jadval

Fe-Fe₃C diagrammasidagi xarakterli nuqtalarga to'g'ri keladigan uglerod miqdori

Ko'rsatkichlar	Fe-Fe ₃ C diagrammasi daginuqtalar					
Nuqtalar	B	C	C'	H	F	E
Konsentratsiya, mass %	0,53	4,30	4,25	0,10	0,16	2,06
Nuqtalar	E'	S	S'	P	Q	O
Konsentratsiya, mass %	2,03	0,80	0,69	0,025	0,006	0,50

7.1.1. Po'latlar va cho'yanlar

Fe-Fe₃C tizimidagi qotishmalar ularning tarkibidagi uglerodning miqdoriga qarab *po'latlar* va *cho'yanlarga* bo'linadi.

Po'latlarga tarkibidagi uglerod miqdori 2,03 % dan oshmaydigan qotishmalar kiradi. Po'latlarning strukturasi ular tarkibidagi uglerodning miqdori bilan aniqlanadi. Tarkibida 0,1% uglerod bo'lgan po'latlarning to'la qotgan momentdagi strukturasi sof ferrit (δ -ferrit) ko'rinishda bo'ladi. Tarkibida 0,1 – 0,16 % uglerod bo'lgan po'latlar to'la qotganda ferrit-austenit strukturani hosil qiladi va ularning tarkibidagi δ -ferritning miqdori 0 dan (J nuqta) 100 % gacha (N nuqta) o'zgaradi (7.1-rasm). Tarkibidagi uglerod miqdori 0,16-0,51 % bo'lgan po'latlar sovish jarayonida dastlab hosil bo'lgan δ -ferritning sarflanishi bilan bog'liq bo'lgan ferrit-austenit strukturasi ega. Tarkibida 0,51-2,03 % uglerod bo'lgan po'latlar, suyuq metall qotishining dastlabki daqiqalaridanoq sof austenit strukturani hosil qila boshlaydi.

Ko'pgina zanglamaydigan po'latlarda austenit barqaror bo'lmaydi va u osongina martensitga aylanadi. Martensitning tarkibi ham dastlabki austenit tarkibi bilan bir xil bo'lsada, u boshqa xildagi «ignasimon» strukturaga ega. Bunda po'latning

mustahkamligi va qattiqligi ortadi, korrozion xossalarning o'zgarishi deyarli sezilmaydi.

Cho'yanlarning tarkibida 2,03% dan ko'proq uglerod bo'lib, ular evtektikgacha ($0,03 \% < C < 4,25 \%$) va evtektikdan tashqarigi ($C > 4,25 \%$) cho'yanlarga bo'linadi. Evtektikgacha bo'lgan cho'yan strukturalariga austenit (asosiy tashkil etuvchisi) va perlit (Fe va FeC lardan iborat evtektik aralashma) kiradi. Real metallurgiyada cho'yan ishlab chiqarish paytida amalga oshiriladigan o'ta sovitish jarayonlari qotishmalar strukturasida sementit emas, balki «karboko'rinishli» deb ataladigan shakldagi grafit ajralishiga sabab bo'ladi.

Austenit-grafit evtektikali kulrang cho'yan bo'laklari ularga «kulrang» nomi berilishiga sabab bo'lgan. Kulrang cho'yanlardan farqli holda oqlari oq-kulrang sifata siniqlarga ega bo'lib, ularning tarkibiga austenit-sementit evtektika kiradi. Evtektikdan tashqarigi cho'yanlarning asosiy fazaviy-strukturaviy tashkil etuvchisi – grafit (yoki sementit) hisoblanadi.

Po'latlar tarkibiga metallga alohida xususiyatlarni qaror toptirish uchun doimo ugleroddan tashqari yana legirlovchi elementlar deb ataladigan ko'pgina kimyoviy elementlar qo'shiladi. Bulardan tashqari ularning tarkibiga ruda mahsulotlaridan o'tib qolgan boshqa aralashmalar ham mavjud bo'ladi. Bunday elementlar aralashmalar deyiladi.

Aralashma elementlari temir bilan almashinuvchi (agarda ularning atom diametri Fe ning atom diametridan 15% dan ko'p farq qilmasa) yoki joriy qilinuvchi (agarda ularning atom diametri Fe atom diametrining 0,59 % dan ko'p bo'lmagan qismini tashkil qilsa) qattiq eritmalar hosil qilishi mumkin. Aralashma elementlari bir-biri bilan o'zaro yoki temir atomi bilan ta'sirlashib, po'latlar strukturasida miqdori, kimyoviy tarkibi va tuzilishi metallarni eritish texnologiyasi orqali aniqlanadigan nometall qo'shimchalar – oksidlar, sulfidlar yoki oksosulfidlar hosil qiladi.

Oddiy sifatli po'latlarga Po'lat-1, Po'lat-2, Po'lat-3 va boshqa tarkibidagi uglerodning miqdori (0,15–0,45 %) va mexanik xossalari bilan farq qiladigan po'latlar kiradi.

Sifatli po'latlarning markalanishi – Po'lat-10, 15, 20 va h.k. ulardagi o'rtacha po'latning miqdoriga (yuzdan bir ulushlarda) mos keladi. Legirlovchi komponentlar miqdori 3–5% dan oshmagan po'latlar uglerodli yoki past legirlangan guruhga birlashtirilgan. Ularning qo'llanilish sohasi: jihozlarning asosiy qismi va metall konstruksiyalari.

Xlorid kislotasida HCl ning konsentratsiyasi ortishi bilan uglerodli po'latlarning erish tezligi eksponensial ravishda ortadi.

Sulfat kislotasida ham H_2SO_4 ning konsentratsiyasi 47-50% ga yetguncha korroziya tezligi xuddi shunday qonuniyat bilan ortadi. Konsentratsiya yuqori bo'lgan eritmalarida jarayonning tezligi kamayadi. Bu po'latlarning sirtida passiv oksid va sulfat plyonkalarining hosil bo'lishi bilan izohlanadi.

Azot kislotasida kislotaning konsentratsiyasi 50% ga yaqinlashganda temirning passivlashuvi boshlanadi. Azot kislotasi konsentratsiyasining 94–100 % qiymatida temir-uglerodli qotishmalar qayta passivlanish hodisasi oqibatida yana qaytib kuchli yemirila boshlaydi.

Konsentratsiyasi 50% dan oshmasa, erituvchi kislotada past legirlangan po'latlar juda tez yemiriladi. Yanada konsentrlangan eritmalarida temir chidamli bo'ladi. Konsentratsiyasi 60% dan past bo'lmagan erituvchi kislotalarni po'lat ballonlarda tashishga ruxsat etiladi.

Konsentratsiyasi 30% gacha bo'lgan ishqorlarda temir ancha chidamli bo'ladi. NaOH ning yanada yuqoriroq konsentratsiyalarida temir sirtidagi himoyaviy plyonkalar ferratlar – Na_2FeO_4 hosil qilib eriydi. Konsentrlangan ishqorlarda, ayniqsa yuqori haroratlarda temir asosidagi qotishmalar «kaustik mo'rtlik» deb ataladigan korrozion yorilishga uchraydilar.

Uglerodli po'latlar organik kislotalar muhitida kuchli korroziyalana-di, kislorod kirishi va haroratning ortishi bilan korroziya tezligi yanada ortadi.

Spirtlarda, benzolda va organik erituvchilarda temir-uglerodli po'latlar korrozion bardoshlidir.

7.1.2. Korrozion bardoshlilikni oshirish maqsadida po'latlarni legirlash

Po'latlarga kerakli mexanik xossalarni berish, ularning korrozion bardoshlilikini oshirish maqsadida ularning tarkibiga legirlovchi elementlar kiritiladi. Legirlovchi element temir bilan qattiq eritma hosil qiladi, bir-biri bilan yoki qo'shimcha elementlar bilan ta'sirlashib, metallmas birikmalar yoki qo'shimcha fazalar hosil qiladi.

Po'latlarning kimyoviy tarkibi ularni ishlab chiqaruvchi turli mamlakatlardagi quyidagi standartlarga mos belgilanadi: GOST – Rossiya Federatsiyasi (yoki oldingi SSSR); AISI – AQSh; B.S. – Buyuk Britaniya; A.F.N.O.R. – Fransiya; DIN – Germaniya (FRG); SIS – Shvesiya, MSZ – Vengriya; CSN – Chexiya (Chexoslovakiya).

Po'latlarning kimyoviy (markali) tarkibini belgilashda mamlakatning klassifikatsiyasiga binoan raqamli va harfli belgilashlardan foydalaniladi. Har bir legirlovchi elementga ma'lum bir harf taqdim etilgan: X – Cr; N – Ni; M – Mo; G – Mn; Yu – Al; F – W; S – Si; T – Ti; D – Su; B – Nb; A – N. Kimyoviy elementni anglatuvchi harfdan keyin bir yoki ikki raqamli butun son massaviy % larda ifodalangan legirlovchi elementning konsentratsiyasini bildiradi. Po'latning markasini ifodalovchi abbreviaturaning birinchi raqami uglerod konsentratsiyasining yuzdan bir ulushdagi massaviy % ni bildiradi.

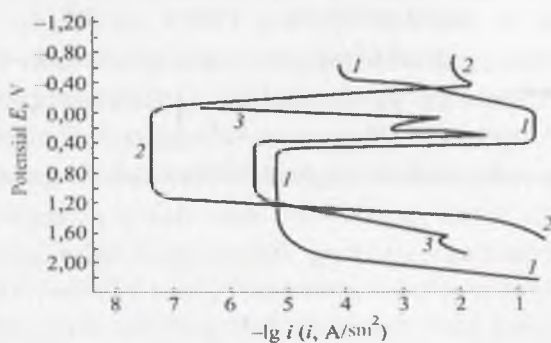
Standartlarga asosan, har bir markali po'lat tarkibidagi legirlovchi va qo'shimcha elementlarning miqdori ma'lum bir ruxsat etilgan chegara doirasida bo'ladi.

Past legirlangan po'latlarning tarkibida asosan, ularga ma'lum mexanik yoki texnologik xususiyatlar hosil qilish maqsadida kiritilgan bir necha protsentgacha legirlovchi element bo'ladi.

Alohida guruh sifatida tarkibiga 12 % va undan yuqori (massaning 30 % gacha) miqdorda muqarrar xrom qo'shiladigan korroziyaga bardoshli po'latlarni ajratib ko'rsatish mumkin. Bu guruhdagi po'latlar uglerodli va past legirlangan po'latlar bardosh bera olmaydigan, kimyo sanoatiga xos bo'lgan o'ta agressiv muhitlarda ishlatish uchun maxsus ishlab chiqariladi.

Korroziyaga bardoshli po'latlarning klassifikatsiyasi, nomenklaturasi va kimyoviy tarkibi GOST 5632-72 bilan me'yorlangan.

Xrom turlicha kislotalili va anion tarkibli muhitlarda passivlanishga yuqori moyillikni namoyon qiladi. Shuningdek u pitting korroziyasiga chidamlidir. Xromning sulfat kislotasida erishining qutblanish egriligi 7.2-rasmda keltirilgan (2 egrilik). Passivlanish sohasi temirga nisbatan yanada manfiyroq potentsialda boshlanadi, passivlanishning kritik toki esa ikki marotaba kichik. Bu xromning passivlanishga temirga nisbatan yanada yuqori moyillikka ega ekanligidan dalolat beradi.



7.2-rasm. Turli metallar uchun erish tezligining potentsialga bog'liqligi

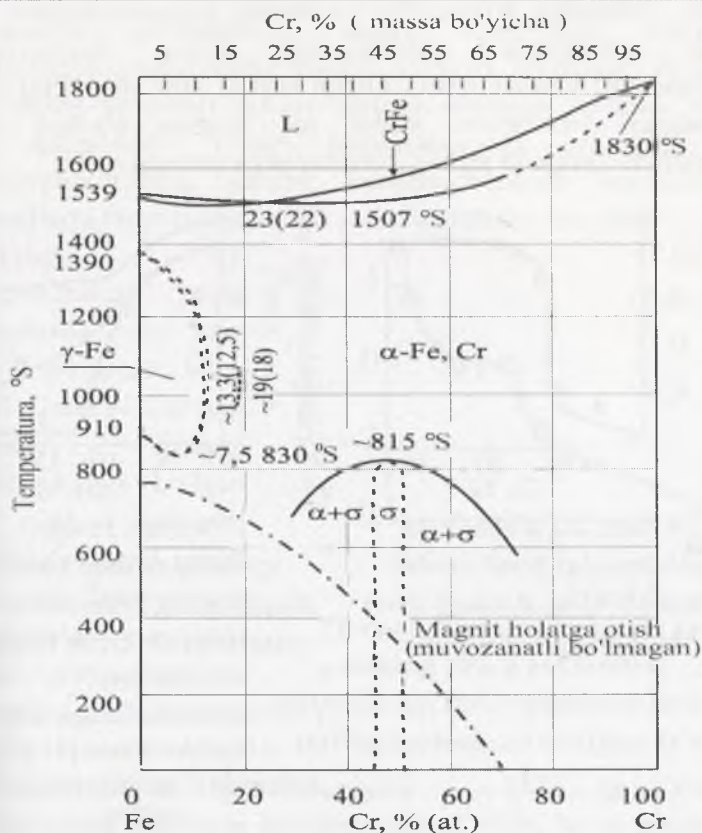
1-temir; 2-xrom; 3-nikel. Eritma 1 n. H_2SO_4 , xona haroratida.

Xromning passivligi uning sirtida hosil bo'ladigan Cr_2O_3 oksid qatlami bilan ta'minlanadi.

Temir va xrom hajmiy markazlashgan bir xil kristall panjara tuzilishiga ega bo'lib, panjara parametrlari ham bir-biriga juda yaqinligi sababli ular uzluksiz qator qattiq eritmalar hosil qiladi. Qattiq fazalar ko'pincha α -faza (ferrit) ko'rinishida bo'ladi. Xromning miqdori 11,5 – 12 % bo'lgan 865-1400 °S dan yuqori bo'lmagan haroratli muhitlarda γ -faza (austenit) hosil bo'ladi. Xromning konsentratsiyasi 20–75 % bo'lganda 800-850 °S dan yuqori bo'lmagan haroratlarda Fe-Cr intermetall birikma hisoblangan σ -faza hosil bo'lishini kuzatish mumkin (7.3-rasm).

Fe-Cr sistemasida Tamman qoidasi o'rinli bo'ladi. Bu qoidaga ko'ra, nodir yoki korroziyaga chidamli atomlarning qotishmadagi hissasi $n/8$ ga teng bo'lganda (bunda $n = 1, 2, 3, 4, 6$ – butun sonlar) qotishma chidamliligining sakrab ortishi kuzatiladi.

Tarkibida 11,8 mass.% Sr bo'lgan temir-xrom qotishmalarining qattiq eritmasi panjarasida $1/8$ hissa Sr atomlari bo'ladi. Bunda sovuq HNO_3 qo'shilgan eritmada qotishmaning mustahkamligini xarakterlovchi birinchi chidamlilik chegarasi hosil bo'ladi. Qotishmadagi xromning atom hissasi $2/8$ ga mos keladigan 23,7 mass. % Sr li tarkibda qaynoq HNO_3 qo'shilgan eritmada qotishmaning mustahkamligini xarakterlovchi ikkinchi chidamlilik chegarasi paydo bo'ladi. Qotishmadagi xromning atom hissasi taxminan $3/8$ ga mos keladigan 35,8 mass. % Sr li tarkibda esa aktiv muhitlarda ham chidamlilik chegarasi yuzaga keladi.

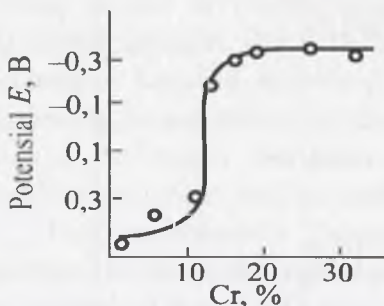


7.3-rasm. Fe-Cr sistemasining holat diagrammasi

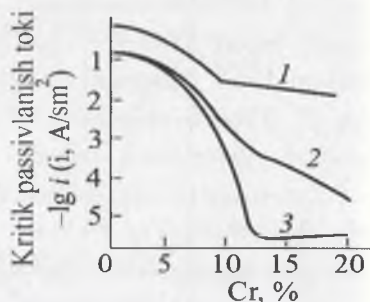
Temirga xromning qo'shilishi Fe-Cr qotishmalarining passivlanish xossasini yaxshilaydi, uning korrozion bardoshliligini oshiradi. Qo'shiladigan xromning konsentratsiyasi 12 % ga yetganda qotishmalar passivlanish kritik potensialining sof xromning kritik E_k potentsiali qiymatigacha manfiy tomonga siljishi kuzatiladi (7.4-rasm). Xromning bunday miqdorda bo'lishi passivlanish kritik tokining keskin sakrash bilan pasayishiga olib keladi, ya'ni metallning erish tezligi kamayadi (7.5-rasm).

Temirga 12 % xromning qo'shilishi Fe-Cr qotishmalarining pitting korroziyasiga bardoshliligini yetarlicha oshiradi (7.6-

rasm). Grafikdan ko'rinadiki, xromning konsentratsiyani 17% gacha oshirganda qotishmaning pitting korroziyasiga bardoshliligi ikkinchi marta keskin ortadi. 40% dan ortiq xrom qo'shilgan qotishmalar xuddi sof xromga o'xshab suvli muhitlarda umuman pitting korroziyasiga uchramaydi.



7.4-rasm. 0,1 n H_2SO_4 da qotishma-lar passivlanish potentsiali-ning ulardagi xrom miqdoriga bog'liqligi



7.5-rasm. Fe-Cr qotishmasidagi xrom miqdorining eritmalar-dagi passivlanish kritik tokiga ta'siri:

1 – 10% li H_2SO_4 eritmasi; 2, 3 – 3% li Na_2SO_4 eritmasi pH = 3 bo'lganda (2 egrilik) va pH = 7 (3 egrilik)

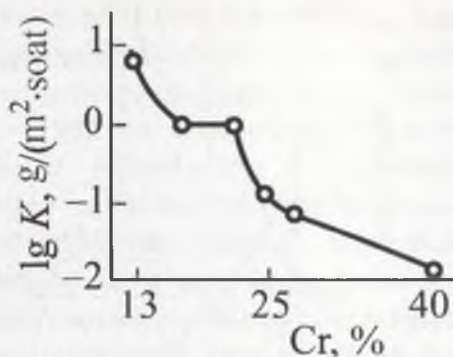
Fe-Cr qotishmalarida xromning miqdori 12 % ga yetishi bilan ular korroziyabardoshliligining sakrab ortishi bunday konsentratsiyada passiv-lashtiruvchi plyonka tarkibi va xossalari-ning o'zgarishi orqali izohlanadi.

Ya'ni, xrom miqdori kam bo'lgan po'latlarning passivlashtiruvchi qatlami temir oksidlaridan iborat bo'ladi. Ular tarkibi bo'yicha sof temir sirtida hosil bo'ladigan plyonkaga juda yaqin bo'ladi. Tarkibida 12 % dan yuqori miqdorda xrom bo'lgan qotishmalarda passivlashtiruvchi plyonkaning tashqi (eritma bilan kontaktda bo'ladigan) qatlami Cr_2O_3 oksidi takibiga kiruvchi xrom bilan boyigan bo'ladi.

Xromli po'latlarning asosiy kamchiligi ularning mo'rtlashuvli yemiri-lishga yuqori darajada moyillidir. Bunday kamchilikni yo'qotish uchun korroziyabardosh po'latlar nikel bilan legirlanadi. Yuqori mustahkam-ligi, plastikligi va korroziyabardoshligi sababli korroziyabardosh konstruksion materiallarni tayyorlashda nikel asos sifatida foydalaniladi.

Erish

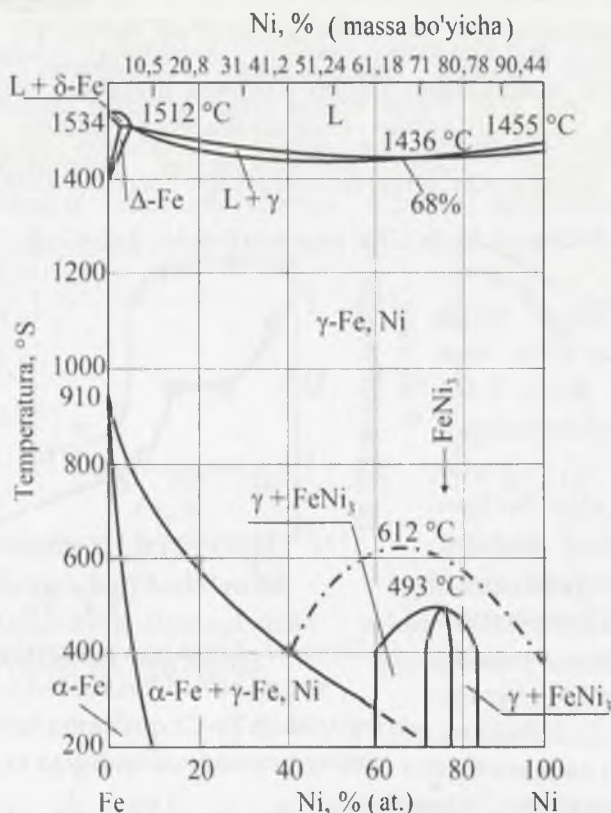
temperaturasiga yaqin haroratlarda nikel ham xrom kabi temir bilan qirrali markazlashgan kristall panjara tuzilishiga ega bo'lgan bir qator chidamli qotishmalar hosil qiladi (7.7-rasm). Temperatura pasayganda γ -qattiq eritma $\alpha + \gamma$ eritmaga aylanadi. Nikelning α -qattiq eritmadagi



7.6-rasm. Xrom konsentratsiya-sining 10% li $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{N}_2\text{O}$ eritmasidagi Fe-Cr qotishma-larining pitting korroziyasi tezligiga ta'siri

muvozanatlashgan konsentratsiyasi $\sim 7,5\%$ ga yetadi. Qotishmadagi nikelning konsentratsiyasi $\sim 74\%$ ga yetganda FeNi_3 intermetallining hosil bo'lishi amalga oshadi. Temir asosidagi qotishmaning kristall panjarasida karbit fazasining ajralishiga to'sqinlik qilgan holda nikel uglerodning diffuziya tezligini pasaytiradi.

Aktiv holatda nikelning elektrokimyoviy jihatdan o'zini tutishi ko'p jihatdan oldin ko'rilgan temirnikiga juda yaqindir. Biroq, sulfat kislotasida nikelning faol erishida alohida o'ziga xoslik mavjud, ya'ni anod qutblanish egriligida burilish nuqtasi mavjud bo'lib, ikkita Tafel sohalariga ega (7.2-rasm, 3 egrilik).



7.7-rasm. Fe-Ni sistemasining holat diagrammasi

Taxmin qilinishicha, ikkinchi Tafel sohasining bo'lishi shu narsa bilan bog'liqki, sulfat kislotali muhitlarda nikelning erishi ikki parallel yo'l bilan amalga oshadi: sulfat-ionlar ishtirokida va N_2O molekulari ishtirokida. Umumiy tokning qiymatiga har ikkalasining ham hissasi mavjud bo'lib, har ikkalasi ham pH ning tegishli sohaslarida ustunlikka erishishi mumkin. Nikel passiv sohasining kengligi nordon suvli muhitlarda (+0,43 dan +1,35 V gacha) xromnikiga nisbatan ancha kichik (0,0 dan +1,1 V gacha) bo'lsada, nikelning passiv holatda erish tezligi taxminan ikki

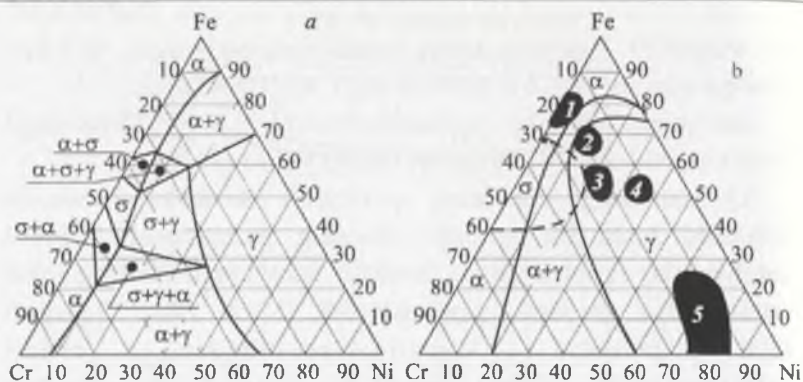
karra yuqoridir. Passivlik uning sirtida hosil bo'ladigan NiO dan (metallga yopishgan $\sim 4 \text{ \AA}$ qalinlikdagi) va Ni(OH)_2

dan (elektrolit bilan kontaktlashuvchi $\sim 6 \text{ \AA}$ qalinlikdagi) tashkil topgan himoya qatlamlari tufayli vujudga keladi.

Qotishmalarga nikelning qo'shilishi mexanik xossalarini yaxshilashi bilan bir qatorda ularning passivlanish holatini mustahkamlaydi, pittingli va tirqishli kabi korroziyaning lokal ko'rinishlariga chidamliligini oshiradi. Nikel bilan legirlash tufayli po'latlar korroziyabardoshligining ortishi passivlashtiruvchi plyonka tarkibi va xossalarining o'zgarishi bilan bog'liq emas. Chunki tajribalarning ko'rsatishicha, passivlashtiruvchi plyonkalar tarkibida nikel uchramaydi. Korrozion yorilishga chidamliligining pastligi xromnikelli austenit po'latlarning kamchiligi hisoblanib, uning minimumi eng ko'p tarqalgan $18\text{Cr}-8\text{Ni}$ rusumli po'latlarga to'g'ri keladi. Ishlab chiqariladigan po'latlarning 70 % dan ortig'i austenit sinfiga mansub bo'lib, ularning tarkibi $\geq 17\%$ xromdan va 10 % dan ortiqroq nikeldan iboratdir.

Yuqoridagi sistemalar uchun uchlamchi diagrammalarni tuzish ancha murakkab jarayon bo'lganligi sababli, ko'pincha ularning izotermik qirqimlaridan foydalaniladi. Bunday qirqim misol tariqasida $\text{Fe}-\text{Cr}-\text{Ni}$ sistemasi 7.8-rasmda keltirilgan. 7.8, b-rasmda sanoat miqyosida ishlab chiqariladigan po'latlarning tarkibi belgilangan.

Korroziyaga bardoshlilikni yanada oshirish maqsadida xromnikelli zanglamaydigan po'latlar tarkibiga molibden ham kiritiladi. Molibden po'latlarning passivlanishini yaxshilaydi, qotishmaning pitting va tirqish korroziyasiga bardoshlilikini oshiradi, repassivatsiya jarayonini osonlash-tiradi, lokal korroziya o'chog'larida metallning erish tezligini pasaytiradi va induksion davrni uzaytiradi.



7.8-rasm. Fe-Ni-Cr sistemasi uchun 400 °S (a) va xona (b) haroratida fazaviy muvozanat qirgimi.

α – ferrit; γ – austenit (martensit); σ – sigma-faza. Qotishmalarning amaliy tarkib sohalari: 1 – ferrit Cr-po'latlar; 2 – 18-8 tipidagi po'latlar; 3, 4 – yuqori korroziyabardosh po'latlar; 5 – issiqlikka chidamli Ni-qotishmalar. Uchburchakning tomonlari bo'ylab % larda (massa bo'yicha) elementlarning konsentratsiyasi qo'yib chiqilgan.

Molibden va volfram hajmiy markazlashgan kristall panjaraga ega bo'lib, temirda cheklangan eruvchanlikka ega. Xrom-nikel-molibden po'lat-lari passivlangan holatlari turg'unligining ortishi passivlashtiruvchi qatlamlarga molibdenning kirib borishi bilan izohlanadi. Xromnikelmolibdenli po'latlar passiv holati barqarorligining ortishi molibdenning passivlashtiruvchi qatlamga kirib borishi bilan izohlanadi. Molibdenni qayta passivlanish, ya'ni molibdat-ionlar hosil qilib eriydigan holatiga olib keluvchi po'latlar passiv sohasining potentsiallarida xrom oksidiga nisbatan yanada kuchliroq himoyaviy xususiyatga ega bo'lgan xrom va molibden aralash oksidlarining hosil bo'lishi amalga oshadi.

Oksidlovchi muhitlarda chidamsiz bo'lishi xromnikelmolibdenli po'latlarning asosiy kamchiligi hisoblanadi. Xromli va xromnikelli po'latlarga mustahkamlik xarakteristikalarini mujassamlashtirish uchun ularni qo'shimcha

ravishda *volfram* bilan legirlanadi. Bunda xuddi molibden singari volfram ham po'latlarning mustahkamligini oshiradi, korrozion chidamliligini yaxshilaydi.

Martensit sinfiga mansub po'latlar (30X13, 40X13, 95X18 va shunga o'xshash) uchun **uglerod** zaruriy legirlovchi elementlardan hisoblanib, ularning yuqori mustahkamlik xarakteristikalarini ta'minlaydi. Biroq, boshqa strukturali po'latlar uchun esa u zararli aralashma hisoblanadi. Chunki, uglerod xrom karbidlarini (Cr_{23}C_6 ko'rinishida) hosil qilishi sababli qotishmalardagi xrom miqdorini kamaytiradi.

6-9 % konsentratsiyali **marganesning** nikel bilan kombinatsiyasi austenitlar uchun xromnikelli qotishmalarga nisbatan uglerod va azot erishining yanada yuqoriroq chegarasini hamda austenitlarning yuqori barqarorligini ta'minlaydi.

Azot kuchli austenit hosil qiluvchi element hisoblanadi. U austenit va austenit-ferrit po'latlar uchun mexanik va korrozion xossalarni yaxshilovchi qo'shimcha hisoblanadi. Azot uglerodga nisbatan qotishmalarning mustahkamligini ancha yaxshilaydi, qotishmaning pitting korroziyasiga bardoshliligini oshiradi, karbidli va intermetalli fazalar ajralishini sekinlatadi. Biroq, ferrit sinfiga mansub po'latlarning tarkibida azotning bo'lisha maqsadga muvofiq emas, chunki u bunday po'latlarning mexanik xususiyatlariga salbiy ta'sir qiladi.

Mis po'latlarga qo'shilganda ularning mineral kislotali muhitlardagi bardoshliligini oshiradi.

Titan va niobiy TiC va Nb karbidlarini hosil qilish orqali qattiq eritmadan uglerodni siqib chiqaradi. Ularning kiritilishi po'latlarning lokal korroziya ko'rinishlariga bo'lgan chidamliligini oshiradi.

S, Pb, Se elementlari qotishmalarga mexanik ishlov berishni yaxshilash maqsadida kiritiladi. **Al** va **Si** lar qotishmalarning issiqlikka chidamliligini oshirish maqsadida, noyob metallarning

(*bor* va *sirkoniy*) mikroqo'shimchalari qotishmalarning mexanik xossalarini yaxshilaydi.

Shunday qilib, konstruksion materiallarning korroziyon bardoshlili-gini oshirishning eng muhim va samarali yo'nalishi korroziyaga qarshi legirlash hisoblanadi.

Po'latlarning fazaviy tarkibini muvofiqlashtirish. Real po'latlar qattiq eritmasida "metall matritsada – begona fazalar" (ortiqcha faza va metallmas qo'shimchalar deb ataladigan) saqlaydigan geterogen sistemalar hisoblanadi. Ortiqcha fazalar (bularga karbidlar, nitridlar, silitsidlar, boridlad kiradi) va metallmas qo'shimchalar (oksidlar va sulfidlar) po'latni tashkil etuvchi aralashma va legirlovchi elementlarining o'zaro ta'siri tufayli hosil bo'lib, metall matritsasidan kimyoviy tarkibi, kristall strukturasi hamda elektrokimyoviy xarakteristikolari bilan farq qiladi. Nisbatan uncha ko'p bo'lmagan (massaning 0,01–0,001 % ulushlarida) miqdoriga qaramasdan begona fazalar anod va katod jarayonlarining integral tezligi va metallning erish xarakteriga o'zining ta'sirini ko'rsatadi. Po'latlarning korroziyon bardoshliligiga fazalarning ta'siri po'latning Y_{kor} erkin korroziya potensialida fazalar bilan metall matritsasining elektrokimyoviy xarakteristikolari bir-biridan qanchaga va qanday qilib farq qilishi orqali aniqlanadi. Agarda Y_{kor} da qaysidir fazaning erish tezligi qattiq eritmanikiga nisbatan kichik bo'lsa, po'latning sirtida uning asta-sekin to'planishi eriyotgan sirt ulushining kamayishi hamda elektrokimyoviy reaksiya ishtirokchilari kirish va chiqish diffuzion jarayonining qiyinlashivi hisobiga umumiy erish tezligining pasayishiga olib keladi. Agarda Y_{kor} da qaysidir fazaning erish tezligi metall matritsaning erish tezligiga nisbatan katta bo'lsa, u holda fazaning selektiv erishi amalga oshib, lokal korroziya jarayonlarining rivojlanishiga olib keladi.

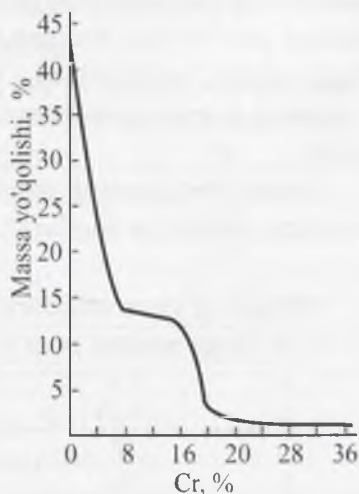
Shunday qilib, ko'p miqdordagi qimmatbaho va defitsit hisoblangan legirlovchi elementlar orqali zanglamaydigan po'latlarning erishilgan korroziyon bardoshligi bilan tenglasha

oladigan chidamlilikni ularning fazaviy tarkibini muvofiqlashtirish orqali ham hosil qilish mumkin. Bunga zanglamaydigan po'latlar uchun ularning strukturasi turli usullar yordamida karbidlar va marganesli sulfidlar hosil bo'lishining oldini olish orqali metallni eritish yoki qayta eritish bosqichlarida amalga oshirish natijasida erishish mumkin.

7.1.3. Temir asosidagi issiqlikka chidamli qotishmalar

Temir asosidagi qotishmalar yuqori haroratlarda keng qo'llaniladi. Issiqlikka chidamli qotishmalar gaz korroziyasiga ham bardoshlidir. Biroq hozirgi zamonaviy texnologiyalardan orqada qolmasligi uchun ularga yana qo'shimcha talablar qo'yilishi tabiiydir. Ya'ni, ular yaxshi korrozion ko'rsatkichlar bilan bir qatorda muhim mexanik, texnologik, fizik va kimyoviy xossalarga ham ega bo'lishi talab qilinadi.

Xrom temir qotishmalarining gaz korroziyasiga bo'lgan kimyoviy qarshiligini oshiradi. Xromli po'latlarning issiqlikka chidamliligini o'rganishda ularning tarkibidagi xromning miqdoriga bog'liq holda barqarorlikning keskin ortishi aniqlangan (7.9-rasm). Barqaror holatga



7.9-rasm. Qotishmadagi xromning miqdoriga qarab havoda (48 soat, 1000° S) qotishmalar oksidlanishi nisbiy tezligining o'zgarishi

o'tish chegaralari sljishi mumkin. Xromli po'latlarning korrozion bardoshliligiga undagi xromning miqdori va termik ishlov berilganlik kuchli ta'sir qiladi.

Toblangandaan keyin xrom va uglerod qattiq eritma tarkibida bo'ladi va po'lat yuqori korrozion bardoshlilikka erishadi. Toblashdan chiqqach qotishmadan xrom karbidlari to'kiladi. Bunda 1% uglerod 10 – 12% xromni biriktirib olishi mumkin. Uglerod xrom bilan hech bo'lmaganda uchta ancha mustahkam karbidlarni – kub Cr_{23}C_6 , trigonal Cr_7C_3 va ortorombik Cr_3C_2 kristal strukturali birikmalarni hosil qiladi. Karbidlarning soni va ularning tarkibi qotishmadagi uglerodning miqdoriga bog'liq bo'ladi. Karbidlarning hosil bo'lishi tufayli qattiq eritmadagi xromning miqdori kamayganligi bois, po'latning korrozion bardoshligi pasayadi. Toblanishdan chiqish harorati qanch ayuqori bo'lsa, to'kilayotgan xrom karbidlari shuncha ko'p bo'lib, po'latning korrozion bardoshligi shuncha past bo'ladi. Shuning uchun uglerod miqdorining ortishi bilan xromli po'latlarning yuqori korrozion bardoshligini ta'minlash uchun qotishmaga qo'shimcha xrom kiritish kerak bo'ladi.

Xromli po'latlarning olovbardoshligi ham ular tarkibidagi xromning miqdoriga bog'liq (7.3-jadval).

7.3-jadval

Po'latdagi xrom miqdorining olovbardoshlikka ta'siri

№	Xrom miqdori, mass %	Ishonchli ishlash harorati, °S
1.	5–6	600–650
2.	14–15	800
3.	17	1000
4.	25	1100
5.	30	1200

Tarkibidagi xrom miqdori 4–6% bo'lgan xromli po'latlar yarimissiq-bardoshli hisoblanadi. Nisbatan arzonligi va uglerodli po'latlarga nisbatan korrozion bardoshligi sababli bunday po'latlar kreking qurilmalarini, bug' qozonlarini, ammiak sintez qilish jihozlarini tayyorlashda keng qo'llaniladi. Tarkibida Mo va V qo'ndirmalari bo'lgan bu turdagi ba'zi qotishmalar vodorod

korroziyasiga nibatan yuqori bardoshlilikka ega bo'ib, ammiak sintezi qurilmalarida qo'llaniladi. Tarkibida oltingugurtli birikmalari bo'lgan gazlarning muhitida ham bunday qotishmalar 500 – 600 °S haroratda uzoq muddat ishlay oladi.

Xromli po'latlarga molibden (1–1,5 %) shuningdek, nikel va titanlarning qo'shilishi olovbardoshlikni oshiradi va ular yuqori haroratlarda ishlatilishi mumkin. Bu juda muhim faktorlardan biri hisoblanadi, chunki xromli oddiy po'latlar issiqlikka chidamli bo'lib, ular olovbardosh bo'lmasligi mumkin (7.4-jadval). B'zi po'latlarning issiqlikka chidamliligi va olovbardoshligi 7.4-jadvalda keltirilgan.

7.4-jadval

Xromli po'latlarning issiqlikka chidamliligi va olovbardoshligi

№	Po'lat markasi	Olovbardoshlilik. Zak hosil bo'lish temperaturasi, °S	Issiqlikka chidamlilik. Ishlatish temperaturasi, °S
1.	1X13	750	500
2.	12X17	870	525
3.	15X25	1100	550
4.	12X13	800	550 – 600
5.	40X9S2	850	600 – 650
6.	20X23N18	1050	1000

Sanoatda eng ko'p ishlatiladigan b'zi issiqlikka chidamli va olovbardosh po'latlarni ko'rib chiqamiz.

Silxromlar – xrom va kremniy bilan legirlangan temir qotishmalari-dir. Xromli po'latlarga Si ning qo'shilishi ularning issiqlikka chidamliligi va olovbardoshligini sezilarli oshiradi. Bunday po'latlar rekuperatorlar, issiqlik almashtirgichlar, bug'ni o'ta qizdiruvchi qozonlarni loyihalashda ishlatiladi.

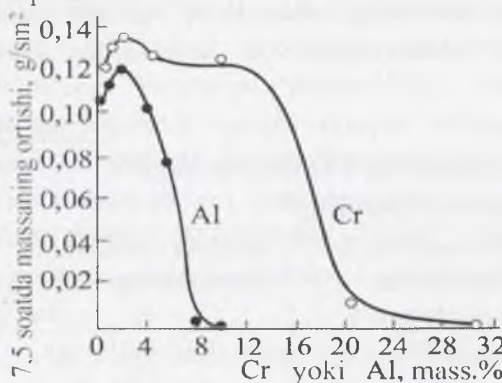
Xromali va fexrali – aluminiy bilan qo'shimcha legirlangan xromli po'latlar hisoblanadi. Ularning tarkibi quyidagicha:

Xromali – (15–30%) Cr; (1–7%) Al; 1 % gacha Si; 0,25 % gacha C.

Do'stov H.B.

Fexrali – (4–14%) Cr; (1–7%) Al; 1 % gacha Si; 0,25 % gacha C.

Demak, xromali tarkibidagi xromning ko'pligi bilan xarakterlanadi. Aluminiyning qo'shilishi temir qotishmasi olovbardoshlilikini xrom qo'shimchasiga nisbatan samaraliroq oshirar ekan (7.10-rasm). 7–10% Al qo'shilgan (xromsiz) temir qotishmasi 1100–1200°S haroratdagi oksidlanishga chidamli bo'lib, olovbardoshligi bo'yicha nixromga (80% Ni va 20% Cr) yaqinlashadi.



7.10-rasm. Havoda, 1200°S haroratda Fe–Cr va Fe–Al Qotishmalari oksidlanish tezligining qotishmadagi legirlovchi komponentlar miqdoriga bog'liqligi

Rasmdan ko'rinadiki, havoda 1200°S haroratda Fe–Cr sistemasi uchun gaz korroziyasining keskin pasayishi 30% xrom bo'lganda kuzatilsa, Fe–Al siste-masi uchun 8 % Al bo'lganda kuzatiladi. Biroq temir-aluminiyli qotish-malar mo'rt bo'lganligi sababli ular texnologiyalarda kam ishlatiladi.

Kimyoviy sanoatda *temir-xrom-aluminiy* asosidagi qotishmalar nixromni almashtiruvchi, keng tarqalgan va eng olovbardosh materiallardan hisoblanadi. Xromal 1200°S haroratgacha chidamli bo'lsa, undan ancha arzon bo'lgan fexral 1000°S gacha chidaydi. Har ikkala qotishma ham oksidlovchi atmosfera ta'siriga chidamli bo'lib, qaytaruvchi atmosferada (H_2 , CO, H_2O) hamda xlorli gaz muhitida chidamsiz hisoblanadi.

Qotishmaga 1–3 % gacha volframning qo'shilishi uning olovbardoshli-gini oshiradi, issiqlikka chidamliligi 900°S gacha saqlanadi. Kobalt bilan qo'shimcha legirlanganda issiqlikka

chidamliligi saqlangan holda qotishmaning olovbardoshligi ortadi.

Kantal qotishmasi (tarkibi: 30% Cr, 5% Al, 3% Co, 0,2–0,8% C, qolgani temir) uzoq muddat maksimal – 1250 °S haroratda ishlatilganda ham bardoshlilikini saqlab qoladi.

Xromnikelli po'latlar yuqori plastiklik va yetarlicha mustahkamlik hamda yuqori haroratlarda korrozion bardoshlilikka ega bo'lib, yaxshi payvandlanadi. Xromli va xrom-nikelli qotishmalarni bir konstruksiyada yaxlitlash mumkin. Tarkibida 18 % xrom va 8–9 % nikel bo'lgan xrom-nikelli qotishmalar sanoatda eng ko'p tarqalgan bo'lib, ular gaz korroziyasiga 800 – 900 °S gacha bardoshli hisoblanadi. Ulardan pechlarning armaturalari, quvurlar, issiqlik almashtirgilar, elektr isitgichlarining rotorlarini (08X18N10, 12X18N9, 08X18N10T va boshqa markalar) tayyorlashda ishlatiladi.

Zarbli yuklamalarga chidamli bo'lishi uchun mo'rtlik nuqtai nazaridan qotishmalardagi uglerodning miqdori 0,1 % dan, Cr va Ni bilan ko'proq legirlangan qotishmalarda esa 0,15 % dan oshmasligi kerak. Faqat oksidlanishga qarshi yuqori korrozion bardoshlilikni ta'minlash zarur bo'lgan hollarda uglerodning miqdori 0,5 % gacha bo'lishi mumkin. Oltingugurtli gaz muhitlarida xrom-nikelli qotishmalar chidamsiz bo'lib, 400 °S haroratda ham sezilarli oksidlanadi.

Tarkibida 23 % xrom va 13–18 % nikel bo'lgan temir qotishmalari 1100 °S haroratda ham olovbardosh hisoblanadi. Bu sinfdagi po'latlarga 20X23N13 (22–25 % Sr va 12–15 % Ni) hamda 20X23N18 (22–25% Sr va 17–20% Ni) qotishmalarini misol qilib ko'rsatish mumkin, ulardagi uglerodning miqdori 0,20–0,25 % ni tashkil qiladi. Bunday po'latlarning yuqori korrozion bardoshlilikini ta'minlash uchun xromga nisbatan uglerodning protsent miqdori 0,01 dan yuqori bo'lmasligi kerak. Yuqorida keltirilgan har ikkala markadagi austenit po'latlar issiqlikka

Do'stov H.B.

chidamli va olovbardosh hisoblanib, muhim va mas'uliyatli sohalarda ishlatiladi.

Qotishmalarga qo'shimcha 2–3 % kremniy qo'shilganda ularning yuqori temperaturalarda oksidlanishga bo'lgan qarshiligini yanada oshiradi. Bunday qotishmalarga quyidagi tarkibli po'lat markalari misol bo'la oladi:

- 20X20N14C2 — (19–22)% Cr; (12–15)% Ni; 2,3% Si; C≤0,2%; Mn≤1,5%
- 20X25N20C2 — (23–27)% Cr; (18–21)% Ni; 2,3% Si; C≤0,2%; Mn≤1,5%

20X20N14C2 matkali po'latlar qozonlar, neftni tozalash qurilmalari va pechlar tayyorlashda ishlatiladi. 20X25N20C2 markali po'latlar kimyoviy mashinasozlikda agressiv muhitlarda va yuqori haroratlarda yuklama bilan ishlovchi (pech konveyerlari, mahkamlovchi birikmalar, sementatsiya yashiklari va b.) detallarni tayyorlashda qo'llaniladi.

Qotishmalarga qo'shimcha volframning kiritilishi sirpanishdagi qarshilikni oshiradi (45X14N14V2M markali).

Po'latlar tarkibiga marganes kiritilganda ularning oltingugurtli muhitlarda yuqori haroratlardagi oksidlanishiga qarshi chidamliligi 900°S gacha ortadi.

Olovbardosh cho'yanlarga xromli, nikelli, aluminiyli va kremniyli cho'yanlar kiradi.

Xromli cho'yanlar qattiq eritmadagi xromning miqdori Tamman qoidasi bo'yicha barqarorlikni ta'minlash uchun yetarli bo'lgan shartdagina korrozion bardoshlilikka erishadi. Barqarorlikning datlabki boshlanishi xrom miqdorining massaga nisbatan 11,7 % bo'lganda amalga oshadi. Dastlab xrom cho'yandagi uglerod bilan reaksiyaga kirishadi va Sr₇S₃ ko'rinishdagi karbidlar hosil qiladi. Bunda 1 % uglerod 10 % ga yaqin xrom bilan bog'langanligi sababli qattiq eritmada kuchli xrom tanqisligi vujudga keladi. Xromli cho'yanlarning asosiy markalari bo'lgan X28 va X34 larda xromning miqdori mos

ravishda 26–30 % va 32–36 % ni tashkil qiladi. Xromli cho'yanlar mexanik yeyilishga yaxshi qarshilik ko'rsatadi, egilmaydi va cho'zilmaydi, qoniqarli quyilish xossalariga ega. Ular 1100°S haroratgacha gaz korroziyasiga bardoshli, 600°S haroratgacha olovbardosh hisoblanadi. Ulardan pech armaturalari, barabanli quritgichlarning qismlari, eritish idishlari, reaktorlar, avtoklavlar va boshqalar tayyorlanadi.

Nikelli cho'yanlarning SChSh-1 va SChSh-2 markalari ishqorli muhit ta'siriga bardoshli. Cho'yanlarda nikel miqdori qancha ko'p bo'lsa, ular shuncha mustahkam bo'ladi. Ularning olovbardoshligi va issiqlikka chidamliligi yuqori.

Nikel-xrom-kremniyli cho'yanlar — nixrosilal quyidagi tarkibga ega:

1,8-3,0% Cr, 13-20% Ni, 5-7% Si, 1,7-2,0% C va 0,6-0,8% Mn.

Ular yuqori olovbardoshlik va issiqlikka chidamlilikka ega.

Nikel-mis-kremniyli cho'yan — nirezist ning tarkibi quyidagicha: 2-4 % Cr, 11-16 % Ni, 1,5-2,5 % Si, 2,8 % C, 6-7 % Cu va 2 % Mn. U 600 °S gacha haroratgacha issiqlikka chidamli va 550 °S gacha olovbardosh. Asosan katta yuklamalar beriladigan joylarda ishlatiladi.

Aluminiyli cho'yanlar issiqlikka chidamli. «Chugol» markali cho'yanning tarkibi: 5,5-7,0% Al, 1,0-2,3% Si, 2,5-3,2% C va 0,6-0,8% Mn. U 900°S haroratgacha issiqlikka chidamliligini saqlaydi, biroq uning olovbardoshligi ancha past – 400°S. Bunday cho'yanlar yuqori haroratda, ammo kichik mexanik yuklama beriladigan joylarda ishlatiladi. Ulardan tuzlarni eritish uchun tigllar, sementatsion yashiklar tayyorlanadi.

Kremniyli qotishmalar — ferrosilidlarning tarkibida 14-18% gacha kremniy va 0,4-0,8 % gacha uglerod mavjud, yuqori qattqlikka ega, mo'rt, temperatura o'zgarishiga sezgir. Bunday qotishmalardan jihozlar quyish yo'li bilan tayyorlanadi.

Kremniyli cho'yan — silal (S-21-40) quyidagi tarkibga ega: 5-10% Si, 2,4-2,5 % S, 0,5-0,6 % Mn. Silal – arzon, issiqlikka

chidamli (850°S gacha) va yetarlicha olovbardosh material hisoblanadi. Undan o'txonalarning panjarasi (kolosnik) va pech apparaturalarining detallari tayyorlanadi.

7.1.4. Korroziyaga chidamli zamonaviy qotishmalar va po'latlar

Korroziyaga chidamli po'latlar strukturasi ko'ra quyidagi guruhlarga bo'linadi:

- ***martensit va martensit-ferrit po'latlar***, ularga konstruksion (08X13, 12X13, 20X13), yuqori uglerodli instrumental (30X13, 40X13, 95X18), xromonikel martensit-ferritli (14X17N2, 12X17) po'latlar kiradi;

- ***ferritli*** (08X17T, 08X17T1); ularga yana tarkibida oz miqdorda C, N va O bo'lgan superferritlar, (masalan 015X18M2B);

- ***austenitli***, ularga xromonikelli XI8H10T, tarkibida 2-4% Mo bo'lgan xromonikelmolibdenli (masalan, 03X17N14M2, 10X17N13 MZT, 08X17N13M2T), xromonikelmarganesli va xromomarganesli (masalan 20X13N4G9, 10X14AG15, 07X21G7AN5), temir asosidagi yuqori legirlangan korroziyabardosh po'latlar (masalan 03XN28MDT);

- ***austenit-ferritli*** (mas., 08X22N6T, 03X25N5AM2, 6X225N7M2B);

- ***austenit-martensitli*** (tarkibida 12-17 % Cr) va ***martensitli-charchaydigan*** (masalan, 08X15N5D2T, 09X15N8Yu, 0X13N8D2TM).

Oxirgi yillarda yuqori tarkibli Sr (22-28 %), Ni (24-28 %), Mo (4-8 %), N (do 1 %) va boshqa komponentlar bilan boyitilgan superpo'latlarni yaratish ustida katta ishlar amalga oshirilmoqda.

Qo'llanilish sohasiga ko'ra korroziyabardosh po'latlar turli xildagi – kristallararo, pitting va korroziyon mexanik yeyilish kabi korroziyaning lokal ko'rinishlariga chidamli turlarga bo'linadi.

Austenit sinfiga mansub po'latlar. Bu sinfga kiruvchi po'latlar qirrali markazlashgan kristall panjara (γ) tuzilishiga ega. Ular magnitlanmagan, 196 – 800°S harorat chegarasida yuqori plastiklikka ega. Elektrolit eritmalaridagi yuqori issiqbardoshligi va korrozion qarshiligi bilan ajralib turadi.

Tarkibidagi uglerod miqdoriga ko'ra ularni uch guruhga bo'ladilar:

- $S \leq (0,08-0,12)\%$ — X18N10, X18N10T(B), X17N13M2(3)T markali;

- $S \leq (0,02-0,03)\%$ — X18N11, X17N14M2C) markali;

- $S \leq (0,02-0,03)\%$ ($S < 0,015-0,020\%$, $R \leq 0,02-0,030\%$) — X20N25 va

X25N21 2-6 % Mo bilan bo'lgan po'latlar.

Oldingi paytlarda korroziyaga chidamli po'latlar ishlab chiqarish hajmining 70% dan ortig'ini uglerod miqdori yuqori bo'lgan birinchi po'latlar guruhi tashkil qilgan. GOST 5632-72 va AQSh standarti AISI bo'yicha bu guruhga quyidagi markadagi po'latlar kiritilgan: 12X18N9T, 12X18N10T, 08X18N10 (AISI 321), 12X18N9 (AISI 302), 08X18N10 (AISI 304), 08X18N12B (AISI 347), 08X17N13M2T va boshqalar.

70-yillardan boshlab, 06X18N10, 02-03X18N11 (AISI 304 L), 02-03X17H14M2-3 kabi kam uglerodli ikkinchi guruh po'latlarni ishlab chiqarish hajmini oshirish tendensiyasi amalga osha boshladi. Shuningdek, 03X18N17 va 03X17N14MZ kabi po'latlar ko'plab ishlab chiqarila boshlandi.

03X18N11 markali po'latlar azot kislotasi va ammiak selitrasi ishlab chiqarish korxonalari uchun qurilmalar va quvurlar tayyorlash uchun qo'llaniladi. Bu korxonalar uchun payvandlanadigan qurilmalar tayyorlashda hozirgi vaqtda 03X18N11 po'latlarning o'rniga 03X19AGZN10 markali po'latlar ishlatilib, qurilmalar metall sarfining 20 % ga kamayishiga erishildi.

03X17N14MZ markali po'lat karbamid va kapralaktam, fosfor kislotasi va mineral o'g'itlar ishlab chiqarish sanoati qurilma va apparatlarini ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Hozirgi paytda yangi 03X18N16-MZ-VD va 02X25N22AM2-PT markali po'latlar yaratilib, ularning birinchisi tibbiy anjomlar va implantantlar ishlab chiqarishda qo'llanilmoqda. U xalqaro ISO 5832/1-87 standart talablariga to'la javob beradi. Ikkinchisi esa chetdan keltiriladigan 2RE69 va 25USFEP markali po'latlarning o'rnini qoplagan holda, yuqori talablar qo'yiladigan karbamid sintezi amalga oshiriladigan, shuningdek sulfat va azot kislotali, vodorod sulfidli agressiv muhitlarda ishlatiladigan qurilmalar tayyorlashda qo'llaniladi.

Kuchli oksidlovchi muhitlarda xromnikelli po'latlarning korroziyon bardoshlilikini oshirishning samarali usullaridan biri ularni kremniy bilan legirlash hisoblanadi.

03X8N22S6 va 02X14N19S6B markadagi po'latlar 110^oS gacha bo'lgan haroratda konsentrlangan HNO₃ muhitida ishlatiladigan payvandli qurilmalar tayyorlashda qo'llaniladi.

Oxirgi yillarda yaratilgan azotli 03X20N16AC6 po'latlar bosim ostida, harorat 20 °S dan -269 °S gacha keskin o'zgaradigan sharoitlarda ishlatiladigan kriogen mashinasozlikda katta gabaritli payvandlanadigan qurilmalarni tayyorlashda qo'llaniladi.

Ferrit sinfiga mansub po'latlar. Mazkur sinfga hajmiy markazlashgan kristall panjarali tuzilishga ega bo'lgan xromli (Cr miqdori 11 % dan 30% gacha) temir qotishmalari kiradi. Bular qator muhitlarda korroziyon chidamliligi bo'yicha austenit po'latlardan qolishmaydi, lekin mexanik xarakteristikalari ancha past. Ular ferromagnit va kristallararo korroziyaga moyil. Bunday moyillikka ularning tarkibidagi uglerod va azot ta'sir qiladi.

Tarkibidagi uglerodning miqdoriga ko'ra ferritli po'latlar uch guruhga bo'linadi:

- yuqori uglerodli C (0,08-0,15 %);

- uglerodli C (0,02-0,04 %) va Ni (0,02-0,04 %);
- kam uglerodli C ($\leq 0,01-0,02$ %) va Ni ($\leq 0,01-0,02$ %).

Oxirgi yillarda o'zining kompleks mexanik va korrozion xususiyatlari bilan austenit turdagi xrom nikelli po'latlardan qolishmaydigan kam uglerodli 04X15ST, 04X17T, 04X19MAFT markali po'latlar yaratildi.

Vakuum-induksion eritish metodlarini qo'llash, uglerod va azot miqdorini kamaytirish, xrom va molibden miqdorini optimallashtirish, kam xarajatlar hisobiga unikal korroziyabardosh ferritli po'latlar yaratish imkoniyatlarini berdi. Bularga misol qilib lokal korroziyaning barcha turlariga nihoyatda chidamli bo'lgan 25Cr-2Mo (E-Brite), 25Cr-4Mo-4Ni (MONIT), 28-30Cr-3Mo (A129-X) va 28-30Cr-4Mo-2Ni (A129-4-2) superferrit markali po'latlarni ko'rsatish mumkin. Ulardan konsentrlangan xloridli eritmalar va dengiz suvi bilan ishlashga mo'ljallangan issiqlik almashtirgichlarni tayyorlashda foydalaniladi.

Tarkibida eng kam uglerod (04X15 ST, 04X19MAFT markali) va azot (01X18M2T, 01X25M2T markali) bo'lgan ferrit po'latlar korroziyabardosh istiqbolli po'latlar hisoblanadi.

Austenit-ferrit sinfiga oid po'latlar (GOST 5632-72) austenitli po'latlarga nisbatan yanada yuqoriroq mustahkamligi (1,5–2 marta), kristal-lararo kkorroziyaga va xloridli hamda ishqorli muhitlarda yorilishga qarshi chidamliligi bilan ajralib turadi.

Austenit-ferrit po'latlarning uch xil turi mavjud bo'lib, ularning tarkibi quyidagicha:

• C $\leq 0,12$ %, titan bilan barqarorlashtirilgan (08X22N6 (EP53) va

08X21N6M2T (EP54) markalar);

• C $\leq 0,03$ % (03X23N6 va 03X22N6M2 markalar);

• C $\leq 0,03$ %, qo'shimcha azot bilan legirlangan.

Uchinchi avlod kam uglerodli po'latlar eng yaxshi kompleks xossalarni o'zida mujassamlashtirgan. Ular orasida 03X24N6AMZ (ZI130) markali po'lat eng istiqbolli hisoblanadi. 1070–1120°S

haroratda toblangandan so'ng po'latda austenit va ferritning nisbati 40–50% chegarada bo'lgan ikki fazali austenit-ferrit strukturasi shakllanadi. Bunday po'lat yuqori samarali, texnologik va korroziyabardosh qotishma hisoblanadi. Yuqori chidamliligi sababli u ko'pincha erozion yemirilish hosil qiladigan agressiv muhitlarda ishlatiladi. Undan karbamid va kapralaktam, ekstraksion fosfor kislotasi va mineral o'g'itlar ishlab chiqarish sanoati qurilma va apparatlarini ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Zamonaviy austenit-ferrit po'latlar o'zlarining alohida korrozion va mexanik xususiyatlari bilan ko'pgina kimyo, neftkimyo, neft-gaz qazib olish sanoatlari sohalarida, dengiz qurilishi tarmoqlarida, shuningdek dengiz suvini chuchitish inshootlarida foydalanish uchun keng istiqbolli hisoblanadi.

Fe-Cr-Ni asosidagi yuqori legirlangan qotishmalarning sanoat miqyosida qo'llanilishi ularning alohida fizik-mexanik xossalari, kuchli agressiv muhitlardagi chidamliligi, metall zaki hosil qilmasligi va yuqori mustahkamligi bilan izohlanadi.

06XN28MDT va 03XN28MDT markali qotishmalar ham 80°S gacha bo'lgan haroratlarda turli konsentrsiyali H_2SO_4 , ekstraksion fosfor kislotasi va murakkab mineral o'g'itlar ishlab chiqarish sharoitlarida ishlatish uchun mo'ljallangan. XN30MDT (EK 77) qotishma 120°S gacha bo'lgan haroratlarda ftor miqdori 1,8 % gacha bo'lgan fosfor kislotali muhitlar uchun mo'ljallangan. Chet el amaliyotida bunday maqsadlar uchun Cromfer 2328 va Sanikro-28 (Shvesiya) qotishmalari ishlatiladi.

Bir vaqtning o'zida agressiv muhit va mexanik kuchlanishlar ta'sirida bo'ladigan turli xildagi kimyoviy apparaturalarni tayyorlashda yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan dispers-qattiqланuvchi XN40MDTYu (EP543) qotishma ko'p ishlatilmoqda.

7.2. Rangli metallar asosidagi konstruksion materiallar

7.2.1. Aluminiy (Al) va uning qotishmalari

Sanoatda legirlangan po'latlar va cho'yanlar bilan bir qatorda boshqa metallar va ular asosidagi qotishmalar ham keng qo'llaniladi.

Aluminiy va uning qotishmalari ishlab chiqarish ko'lami va ularning sanoatda qo'llanilishi bo'yicha birinchilar qatorida turadi.

Aluminiyning zichligi $\rho = 2,7 \text{ g/sm}^3$, $t_{\text{erish}} = 658^\circ\text{S}$, prokatlash, yoyish va payvandlashda hamda boshqa mexanik operatsiyalarda o'zini yaxshi tutadi. Aluminiyning mexanik xossalari juda yuqori emas va uni termik ishlov berish xarakteriga bog'liq. Suvdagi ruxsat etilgan chegaraviy konsentratsiya miqdori 0,04 mg/l.

Aluminiyning $\text{Al}^{3+} + 3\text{e} \leftrightarrow \text{Al}$ reaksiya uchun standart elektrod potentsiali $-1,66 \text{ V}$ bo'lib, u yetarlicha aktiv metall hisoblanadi. Passivlanishga moyilligi sababli ko'pgina agressiv muhitlarda yuqori korroziyon bardoshlilik namoyon qiladi. Metallarning tekis yemirilish holati uchun korroziya tezligi korroziya mahsulotlaridan tozalangan metall massasining kamayishiga qarab aniqlanadi (GOST 13819-68). 10 balli shkala bo'yicha aluminiyning korroziyon bardoshliliqi 7.5-jadvalda keltirilgan.

7.5-jadval

Aluminiy va uning qotishmalari uchun korroziyon bardoshlilik shkalasi

Ball	1	2	3	4	5
Massaning kamayishi, $\text{g/m}^2 \cdot \text{soat}$	$\leq 0,0003$	0,0003– 0,0015	0,0015– 0,003	0,003– 0,015	0,0015– 0,0031
Ball	6	7	8	9	10
Massaning kamayishi, $\text{g/m}^2 \cdot \text{soat}$	0,031– 0,154	0,154– 0,31	0,31– 1,54	1,54– 3,1	$> 3,0$

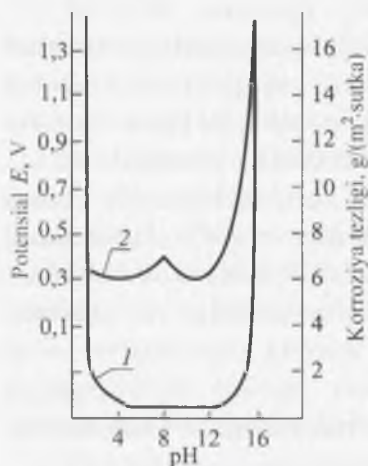
Passiv holatda alumiiniyning sirti ishlatilish sharoitiga qarab 5 dan 100 nm gacha qalinlikdagi Al_2O_3 yoki $Al_2O_3 \cdot H_2O$ dan tashkil topgan plyonka bilan qoplangan bo'ladi. Alumiiniydagi plyonka metallga yaxshi yopishgan va yaxlitlik talablariga javob beradi. Shuning uchun alumiiniyning korroziyon bardoshliligi ko'pincha eritmaning pH miqdori bilan aniqlanadi (7.11-rasm). Alumiiniyda plyonka pH = 3–9 intervalida bo'lganda hosil bo'ladi.

Alumiiniy atmosfera sharoitida, H_2S , SO_2 , NH_3 mavjud bo'lgan muhitlarda shuningdek, suvni qizdirish paytida yaxshi bardoshli hisoblanadi. Tuzlarning neytral eritmalarida alumiiniyning korroziyasi anionlarning tabiatiga bog'liq bo'ladi. Galoid ionlar oksid plyonkasini parchalaydi. Bunda F^- va C^- ionlari Br^- va J^- ionlariga nisbatan ko'proq plyonkani buzish ta'siriga egadir. Xrom kislotasi va azot kislotasi kabi oksidlash

xossalariga ega bo'lgan tuzlarning eritmasida alumiiniyning bardoshliligi yuqori. Shuning uchun ammiak selitrasi va kapralaktam ishlab chiqarish sohasida alumiiniydan keng foydalaniladi.

Yuqori oksidlash xossasiga ega bo'lgan, konsentrlangan azot va sulfat kislotalarida alumiiniyning korroziyon bardoshliligi yuqori.

Alumiiniy va uning qotishmalari uksus kislotasi va formaldegid ishlab chiqarish sanoatida keng qo'llaniladi. Harorat $65^\circ S$ dan yuqori bo'lmaganda alumiiniy usus kislotasining 1 dan 99 mass.%



7.11-rasm. Alumiiniy uchun 24 soatda korroziya tezligining – (1) va elektrod potensialining xloridli eritma pH ga bog'liqligi

gacha bo'lgan intervaldagi istalgan konsentratsiyasida yetarlicha bardoshli hisoblanadi. CH_3COOH ning 98-99,8 % li konsentratsiya-laridan tashqari kislotaning qaynayotgan eritmasida aluminiy chidamsizdir (7.6-jadval).

7.6-jadval

Uksus kislotasida aluminiyning korroziyalanishi (mm/yil)

Aluminiy, 99,7 %	Kislota konsentratsiyasi, mass. %	Harorat, °S	Korroziya tezligi, mm/yil
	3 – 30	20	0,011
	–	qaynash t.	9,1
	40	20 – 50	0,08
	–	qaynash t.	6,4
	98 – 98,8	20	0,001
	–	50	0,007
	–	qaynash t.	0,17

Tomchisimon va bug' holdagi simob aluminiy va uning qotishmalari yemirilishiga kuchli ta'sir qiladi. Suyuq muhitlarda, ba'zan esa nam atmosferada ham aluminiyning simob bilan qisqa vaqtdagi kontakti uning yemirila boshlashiga sabab bo'ladi. Amerikalik mutaxassislar olib borgan tadqiqotlarning natijalariga ko'ra uksus kislotasidagi 0,000004 mass.%. simob konsentratsiyasi ham aluminiyning korroziyalanishiga olib keladi.

Formaldegid ishlab chiqarishda aluminiydan (sofligi $\geq 99,5$ %) reaktorlar, distillyatsion kolonnalar issiqlik almashtirgichlar va boshqa jihozlar tayyorlanadi. Formaldegid eritmalarini ajratish uchun aluminiydan tayyorlangan kolonnalar 0,01 dan 0,05 MPa gacha bo'lgan bosim intervalida ishlaydi. Katta bosim ostida ishlaydigan apparatlar uchun legirlangan qotishmalar (tarkibi % larda) 3,5 Mg; 0,25 Sr; 0,1 Cu; 0,1 Mn; 0,2 Zn; 0,45 Fe + Si qo'llaniladi. Bunday qotishmalarning xizmat qilish muddati sof aluminiyniki kabi 10 yil sifatida baholanadi.

Gaz muhitlaridagi oltingugurtli birikmalar aluminiyga ta'sir qilmaydi. Shu sababli aluminiy kauchuk vulkanizatsiyalash va oltingugurtli neftlarni qayta ishlash apparatlarini yasashda

Do'stov H.B.

ishlatiladi. Quruq vodorod xloridi va gaz holdagi NH_3 ham aluminiyga ta'sir qilmaydi.

Aluminiy sirtidagi himoya plyonkasi ishqorli muhitlarda eriganligi bois bunday sharoitlarda korroziya vodorod depolyarizatsiyasi orqali amalga oshadi.

Aluminiyning korrozion bardoshlilikgi ko'p hollarda uning tarkibi-dagi aralashmalarga bog'liq. Kimyo sanoatida ishlatiladigan qurilma va jihozlar, plakirlangan materiallar tayyorlashda maksimal korrozion bardoshlilikka ega bo'lgan yuqori darajadagi sof aluminiydan foydalanish zarur. Masalan tarkibidagi aluminiyning miqdori 99,90 % va 99,85 % bo'lgan AB1 AB2 markali yoki juda yuqori talablar qo'yilmagan hollarda aluminiyning miqdori 99,7 % va 99,6 % bo'lgan AOO va AO markalaridan foydalanish tavsiya etiladi.

Aluminiy qotishmalari – dyuralyuminlar quyidagi tarkibga ega:

(2,0-7,0)% Cu; (0,4-1,8)% Mg; (0,3-0,9)% Mn (markalar D1, D6, D8, D16, D20).

Dyuraluminiy yuqori mexanik mustahkamlikka va past korrozion bardoshlilikka ega. Uni sof aluminiy bilan plakirlash orqali kimyoviy sanoatda ishlatish mumkin.

Aluminiy qotishmalari – siluminlar quyidagi tarkibga ega:

(0,8-13,0)% Si; (0,2-4,5)% Cu; (0,5-13)% Mg (markalar AL1, AL13, AL20, AL25). Siluminlar yaxshi quyish xossalariga va oksidlovchi muhitlarda yetarlicha korrozion bardoshlilikka ega. Ularning sirt himoya qatlamlari Al_2O_3 va SiO_2 lardan tashkil topgan. Biroq bu himoya plyonkalari ishqorli muhit va o'yuvchi kislotada parchalanadi:



Aluminiy-mis qotishmasiga marganes yoki magniyning qo'shilishi uning mexanik mustahkamligi va korrozion bardoshlilikini yaxshilaydi. Bu metallarning qotishma tarkibidagi miqdori 4 dan 12% gacha Mg, va 1% gacha Mn, ba'zan 0,1 % Ti

(AMs va AMr markalar) bo'lib, o'zida yuqori mexanik va korroziyabardoshlik xossalari mujassamlashtiradi.

Aluminiy asosidagi qotishmalar ko'pgina metall va qotishmalar bilan kontaktda bo'lganda turg'un emas. Ayniqsa mis va uning qotishmalari, temir va uning qotishmalari bilan kontakti xavfli hisoblanadi.

7.2.2. Magniy (Mg) va uning qotishmalari

Magniyning zichligi $\rho = 1,74 \text{ g/sm}^3$, erish harorati $t_{\text{erish}} = 1246^\circ\text{S}$, suvdagi ruxsat etilgan chegaraviy konsentratsiya miqdori $0,04 \text{ mg/l}$. Konstruktion material sifatida aviasozlikda va protektorlar tayyorlashda ishlatiladi.

Standart reaksiya potentsiali $\text{Mg}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Mg}$ reaksiyasi uchun $-2,37 \text{ V}$. Passivlanish qobiliyati yuqori bo'lsada, aluminiyga nisbatan pastroq.

Magniy kislotalarda barqaror emas, ayniqsa yuqori konsentratsiyali-larida. Xromli va o'yuvchi kislotalar bundan mustasno. Oksidlovchilar bor joyda magniy passivlashadi, HF muhitida esa uning sirtida erimaydigan MgF_2 plyonka hosil bo'ladi.

Magniy organik kislotalarda, neytral tuzli eritmalarida va hatto toza suvda ham barqaror emas.

Magniyning korroziyasi vodorod depolyarizatsiyasi orqali kechadi. Shuning uchun past vodorodli qayta kuchllanishga ega bo'lgan metallarning (Fe, Ni, Co, Cu kabi) magniyga juda oz miqdordagi yuqishi ham uning korrozion bardoshligini keskin pasaytiradi.

Yuqori haroratlarda magniy havoda osongina oksidlanadi. Suyuq magniyning oksidlanishi tezlanish bilan amalga oshib, o'z-o'zidan spontan yonib ketishi ham mumkin. Magniyga $0,001-0,01\%$ berilliyning qo'shilishi uning issiqbardoshligini oshiradi va qotishmaning ishchi haroratini 680°S dan 800°S gacha ko'taradi.

Do'stov H.B.

Magniy asosidagi qotishmalardan eng ko'p tarqalganlari – aluminiiyli (10 % gacha Al) ruxli (3 % gacha Zn) va marganesli (do 2,5% gacha Mn) qotishmalardir.

Magniiyli qotishmalar (ML-4 va ML-5) po'lat konstruksiyalarini tuproq va dengiz suvi muhitlarida korroziyadan himoyalash uchun protektorlar sifatida keng qo'llaniladi.

7.2.3. Mis (Cu) va misli qotishmalar

Mis – och pushtirang, cho'ziluvchan metall bo'lib, osongina yupqa listlar-gacha yoyiladi, issiqlikni va elektr tokini juda yaxshi o'tkazadi.

Misning zichligi $\rho = 8,92 \text{ g/sm}^3$, erish harorati $t_{\text{erish}} = 1083,4^\circ\text{S}$, suvdagi ruxsat etilgan chegaraviy konsentratsiya miqdori 0,001 mg/l. Yer qobig'idagi misning umumiy miqdori 0,01% ni tashkil qiladi.

Misning standart elektrod potentsiali $\text{Cu}^+ + e \rightarrow \text{Cu}$ reaksiya uchun +0,52 V ga, $\text{Cu}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Cu}$ jarayon uchun +0,337 V ga teng. Shunday qilib, ikki valentli mis ionlari hosil bo'lish jarayonining termodinamik ehtimolligi yuqoridir. Odatda misning korroziyalanishida u eritmaga Cu^{2+} ionlarini hosil qilib o'tadi. Misning 3 % li NaCl eritmasidagi statsio-nar potentsiali +0,05 V bo'lib, 1N HCl eritmasida esa +0,15 V ni tashkil qiladi. Shuning uchun oddiy sharoitlarda mis eritmadan vodorodni siqib chiqarmaydi, ya'ni u vodorod depolyarizatsiyasi bilan korroziyalanmaydi.

Kompleks hosil qiluvchilarning (KCN , NH_3) yoki oksidlovchilarning (HNO_3 , H_2O_2) eritmalarida, hatto eritma orqali kislorod yoki havo o'tkazil-ganda ham misning oksidlanish tezligi keskin ortadi (7.7-jadval).

**Vodorod va kislorod aeratsiyasining kislotalardagi misning
korroziya tezligiga ta'siri**

Kislota	Konsentratsiya, %	Korroziya tezligi, mg/(sm ² -sut)	
		Vodorod o'tkazilganda	Kislorod o'tkazilganda
Vodorod xlorid	4	105	8600
Sulfat	6	22	920
Limon	50	29	170
Uksus	6	8	143

Azotli va xromli kabi oksidlovchi kislotalar hattoki eritilgan holda ham mis va mis qotishmalarining korroziyalanishiga olib keladi. Misning passivlanish qobiliyati juda sust ekanligi aniqlangan. Atmosfera sharoitida mis barqaror bo'lib, uning sirtida $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ turdagi himoya qatlamlari hosil bo'ladi.

Ishlab chiqariladigan misning 50% dan ortiqrog'i elektrotexnika sanoatida, 30-40% qotishmalar tayyorlashda, qolgan qismi esa issiqlik almashtirgichlar, sovutkichlar, vakuum apparatlarini tayyorlashda ishlatiladi.

Mis ko'pgina metallar bilan qattiq eritmalar hosil qiladi. Shuning uchun misli qotishmalarning strukturasi asosan birjinslidir. Mis qotishmalarda termodinamik barqarorlik hosil qiladi.

Mis qotishmalarida ham korroziya jarayonlarining kechish sharoitlari sof misnikiga o'xshaydi: ular tuzli eritmalarda va eritilgan oksidlovchi bo'lmagan kislotalarda yetarlicha barqaror hisoblanadi. Agar formalinli aralashmalarda chumoli kislotasi bo'lmasa va qurilmaga havo kirmasa mis formalin ishlab chiqarish sanoatining distillyatsiyalash kolonnalarida qo'llanilishi mumkin. Formaldegid, suv va metil spirtining qaynab turgan aralashmasida misning korroziya tezligi yiliga 0,05 mm dan oshmaydi.

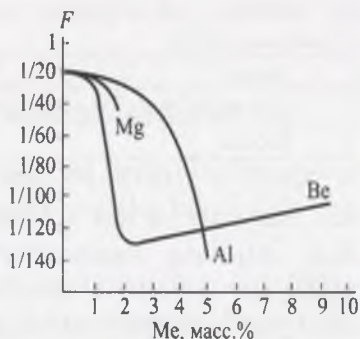
Misning erish temperaturasi 1083°S bo'lib, u olovbardosh material hisoblanmaydi. Biroq u ba'zan yuqori haroratli konstruksiyalarda ham ishlatiladi.

Misni boshqa metall komponentlari bilan legirlash qotishmaning gaz korroziyasini keskin o'zgartirishi mumkin. Misni berilliy (2,5% gacha), magniy (5% gacha) va aluminiy (5% gacha) bilan legirlash natijasida misning gaz korroziyasiga nisbatan bardoshliligi keskin ortadi (7.12-rasm).

Yuqori haroratlarda (900°S gacha) ishlatish uchun misning aluminiyli (10 % gacha Al) va berilliyli bronzalaridan foydalaniladi.

Latunlar – misning rux bilan hosil qilingan qotishmalari (45 % gacha Zn) hisoblanadi. Maxsus latunlar yana

qo'shimcha ravishda Si, Al, Ni, Cr, Mn va boshqa komponentlar bilan legirlanadi. Maxsus latunlar korroziyabardoshliligi bo'yicha misdan qolishmaydi. Oddiy latunga aluminiy, marganes yoki nikelning kiritilishi qotishmaning atmosfera korroziyasiga, kremniyning kiritilishi esa – dengiz suvi korroziyasiga chidamliligini oshiradi. Latunlar va bronzalarning mexanik xossalari, kimyoviy tarkibi va qo'llanilish sohalari 7.8-jadvalda keltirilgan.



7.12-rasm. Magniy, berilliy va aluminiy qo'shimchalarining misning oksidlanish tezligiga ta'siri (havoda, 800°S haroratda)

7.8-jadval

Bosim ostida ishlov beriladigan ba'zi latun va bronzalarning kimyoviy tarkibi, xossalari (toblangan holdagi) va qo'llanilishi

Qotishma markasi	Kimyoviy tarkibi, % mass				Cho'zilishga mustahkamlik chegarasi, Mpa	Nisb. uzayish, %	Asosiy tayyorlanadigan mahsulot
	Cu	Al	Fe	Sn			
LATUNLAR							
L80	79-81	—	—	—	320	52	List, lenta, sim
L90	88-90	—	—	—	260	45	List, lenta, sim
L96	95-97	—	—	—	240	50	Lenta, tasma, quvur
LA72-2	76-79	1,75-2,5	—	—	400	55	Quvurlar
LAJ60-1-1	58-61	0,75-1,50	1,75-1,5	—	450	45	Quvur, prut
LO70-1	69-71	—	—	1-1,5	350	60	Quvur
LO74-3	—	—	—	2,4-3 Pb	350	50	Lenta, tasma, prut
BRONZALAR							
Br.A7	92-94	6-8	—	—	600	10	Lenta, tasma, prut
Br.A5	94-96	4-6	—	—	380	65	Lenta, tasma
BrAJN10-4-4	78-83,5	9,5-11	3,5-5,5	3,5-5,5Ni	650	5	Prut, quvur
Br.AMs9-2	86,5-89,5	9-11	1,5-2,5 Mn	—	450-500 Tobl. keyin	20 30	Lenta, tasma, prut Prujina
Br.B2	98	2,0 Ve	—	—	1300 Toblan. k	2-4	Membrana

Latunlar bug'-quvvatli qurilmalardagi kondensator quvurlarini, ayniqsa tez aylanuvchi dengiz suvi bilan sovutiladigan karabl kondensatorlarining quvurlarini tayyorlash materiallari sifatida keng qo'llaniladi. Ruxsizlanish deb ataladigan korroziya turi oddiy latunlar uchun xarakterlidir.

Sirtning ma'lum bir qismlarida latun o'ziga xos yemirilishga uchraydi va natijada to'kiladigan yumshoq mis qatlami vujudga keladi. Dastlab eritmaga bir vaqtning o'zida rux va mis o'tadi. Shundan keyin mis ionlari eritmadan qayta ajraladi, cho'kma hosil qilgan mis qo'shimcha katod vazifasini bajarib, latunning elektrokimyoviy korroziyasini tezlashtiradi. Natijada eritmaga rux ionlari o'tadi, vaqt o'tishi bilan korroziya shunchalik chuqur tarqaladiki, materialda teshib o'tilgan buzilishlar kuzatiladi. Agarda ruxsizlanish jarayoni kechmasa, dengiz suvidagi latunning yemirilish tezligi uncha katta bo'lmasdan 0,008–0,01 mm/yil ni tashkil qiladi. Latunlarning ruxsizlanishini kamaytirish uchun qotishma qo'shimcha ravishda qalay, nikel, aluminiy va ko'pincha 0,001–0,012% miqdorda mishyak bilan legirlanadi.

Latunlar ishlatilish sharoitida korrozion yorilishga moyildirlar. Bu hodisa atmosfera tarkibida ammiak yoki oltingugurt angidridi bo'lgan hollarda shuningdek ammiak, ammiak komplekslari yoki sianid tuzlari bo'lgan eritmalarda kuzatiladi. Latunlarni qo'shimcha ravishda kam miqdordagi (0,5 %) kremniy bilan legirlash ularning korrozion yorilishga bo'lgan chidamliligini oshiradi. Tarkibida 20 % Zn bo'lgan latunlarning mexanik va texnologik xossalarini yaxshilash uchun ularning tarkibiga 1 % dan ko'p bo'lmagan miqdorda kremniy qo'shiladi.

Issiqlik-kimyoviy qurilmalarini tayyorlashda ko'pincha tarkibida 1–2% marganes bo'lgan LMs58-2 markali, tarkibida 1–1,5% qalay bo'lgan LO70-1 markali latunlar ishlatiladi. LO70-1 markali latun dengiz suvida chidamli bo'lganligi sababli unga «dengiz latuni» yoki «admiral metall» degan nom berilgan.

Bronzalar deb, misning qalay (Sn), shuningdek aluminiy, kremniy, marganes va shu kabilar bilan hosil qilgan qotishmalariga aytiladi.

Qalayli bronzalar – tarkibida 13,8% dan ko'p bo'lmagan, ko'pincha 8-10% Sn bo'lgan materialdir. Ular qattiq eritma hisoblanadi. Qalayli bronzalar oksidlamaydigan mineral

kislotalarda, dengiz suvida, ishqorli eritmalarda yaxshi korrozion bardoshlilik namoyon qiladi. Ular yaxshi antifriksion va quyish xossalariga ega.

Aluminiyli bronzalarning tarkibida 9–10 % aluminiy bo'lib, ular bir fazali strukturaga ega. Bunday bronzalar suyultirilgan kislotalarda, shuningdek xlorid, fosfor, uksus, limon va boshqa ko'pgina organik kislotalarda sidamli hisoblanadi. Ayniqsa, tarkibida 9,8% aluminiy bo'lgan bronza va tarkibida qo'shimcha 4% temir bo'lgan aluminiyli bronzalar (Br.AJ9-4) yuqori korrozion bardoshlilikka egaligi bilan ajralib turadi.

Kremniyli bronzalarning tarkibida 15 % gacha kremniy bo'lib, faqat tarkibida 3–4 % kremniy bo'lgan qotishmalargina qattiq eritma strukturasiga ega.

Kimyo sanoatida qo'shimcha ravishda marganes (Br.KMsZ-1) va nikel (Br.KN1-3) bilan legirlangan kremniyli bronzalar ishlatiladi. Bunday bronzalardan zarb ta'sirida ham uchqun chiqmasligi sababli ular bosim ostida hamda portlash xavfi yuqori bo'lgan sharoitlarda ishlaydigan jihozlarni tayyorlashda qo'llaniladi.

7.2.4. Nikel (Ni) va uning qotishmalari

Nikel o'zining mustahkamligi, qiyin erishi, plastikligi va mexanik ishlov berishga layoqatliligi bilan ajralib turadi. Nikelning zichligi $\rho = 8,91 \text{ g/sm}^3$, erish harorati $t_{\text{erish}} = 1455^\circ\text{S}$, suvdagi ruxsat etilgan chegaraviy konsentratsiya miqdori – 0,01 mg/l.

Nikelning standart elektrod potentsiali $\text{Ni}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Ni}$ reaksiya uchun – 0,25 V ga teng.

Nikelda passivlanish qobiliyati bo'lganligi sababli u yuqori korrozion bardoshlilikka ega (7.9-jadval).

**Nikel va uning qotishmalari uchun korrozion bardoshlilik
shkalasi**

Ball	1	2	3	4	5
Korrozion bardoshli-lik, g/m ² ·soat	≤ 0,0001	0,0001–0,005	0,005–0,01	0,01–0,05	0,05–0,1
Ball	6	7	8	9	10
Korrozion bardoshli-lik, g/m ² ·soat	0,1–0,5	0,5–1,0	1,0–5,0	5,0–10,0	>10,0

Oksidlamaydigan, suyultirilgan xlorid (15 %gacha), sulfat (70 % gacha) va bir qator organik kislotalarda nikel yetarli darajada chidamli. Nikelning korroziyalanishi ko'pincha kislorod depolyarizatsiyasi orqali kechadi. Shuning uchun kislorod yoki havoning qatnashishi, muhitning aralashtirilishi va oksidlovchilarning bo'lishi nikelning korroziyalanish tezligiga katta ta'sir ko'rsatadi. FeCl₃, CuCl₂, HgCl₂, AgNO₃, NaClO kabi oksidlovchilar bo'lgan eritmalarda nikelning korroziyalanishini tezlashadi.

Nikel yuqori haroratlarda ko'pgina organik muhitlarda, jumladan yog'li kislotalarda va spirtlarda ham korroziyaga yuqori chidamli. Shuning uchun oziq-ovqat sanoatining juda ko'p jihozlari nikeldan tayyorlanadi.

Nikelning asosiy xossalaridan yana biri – ishqorning barcha konsentratsiyalarida va istalgan haroratida uning chidamliligidir. Ishqorlarni qaynatib quyiltirish va eritish jihozlarini tayyorlashda nikel eng yaxshi material hisoblanadi. Bunday muhitlarda nikel-temir qotishmalariga ham u korrozion bardoshlilikni ta'minlaydi.

O'zining defitsitligi va zanglamaydigan po'latlarning uni almashtira olishi sababli nikelning konstruksion material sifatida ishlab chiqarishda qo'llanilishi cheklangandir. Shunday bo'lsada nikel galvanik himoya qoplamasi sifatida hamda ko'pgina qotishmalarni tayyorlashda komponent sifatida keng qo'llaniladi.

Nikelning mis, molibden bilan qotishmalari va Ni-Mo-Cr va Ni-Cr-Fe sistemali qotishmalari ham yuqori korrozion bardoshlilikka ega.

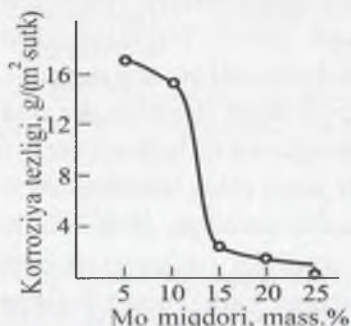
Nikelning mis bilan hosil qilgan qotishmalari. Nikel mis bilan juda ko'p qattiq eritmalar hosil qiladi. Tarkibida nikel miqdori 50 atom.% dan kam bo'lgan qotishmalar sof misga yaqin, nikel miqdori 50 atom.% dan ko'p bo'lgan qotishmalar esa nikelga yaqin korrozion xarakteristikalariga ega bo'ladi.

Qotishmalar ichida *monel-metall* nomi bilan mashhur 70 % Ni, 28 % Cu va 1,5-2,5 % Fe tarkibli qotishma juda yaxshi korrozion chidamlilikka ega. Bu qotishma uning tarkibiga kiruvchi sof komponentlarnikiga nisbatan ham yuqori bo'lgan korrozion bardoshlilikka ega. Shuningdek bu turdagi qotishmalar yuqori mexanik va texnologik xossalarga hamda mustahkamlikka ega, yaxshi prokatlanadi, quyish va kesish juda oson, bosim ostida ishlov berish mumkin. Monel-metall konsentratsiyasi uncha yuqori bo'lmagan oksidlovchimas noorganik kislotalarda, yuqori konsentratsiyali N_2O_4 eritmasida hamda havo kirishi cheklangan holdagi erituvchi kislotaning barcha konsentratsiyalarida istalgan temperaturada bardoshli hisoblanadi.

Monel-K (tarkibi: 66 % Ni, 29 % Cu, 0,9 % Fe, 2,75 % Al, 0,4 % Mn, 0,5 Si, 0,15% C) vaqt o'tib borgani sayin mustahkamlik xarakteristikalarining yaxshilanib borishi bilan boshqa qotishmalardan ajralib turadi. Nikel-mis qotishmalari H_2SO_4 , HCl, H_3PO_4 va shu kabi muhitlarda ishlatiladigan qurilmalarda ishlatiladi. Monel-K qotishmalari katta kuchlanish ostida ishlovchi detallarni tayyorlash uchun ishlatiladi.

Nikelning molibden bilan hosil qilgan qotishmalari xastelloy-lar deyiladi. Ular qattiq eritma hisoblanib, mustahkam, plastik va kimyoviy chidamlidirlar. Sanoatda nikelli qotishmalarning N65M-BI (EP982-BI), N70MFV-BI (EP814A-BI), Xastelloy B-2, Nimofer S6928 markalari ishlab chiqariladi.

Tarkibida 15% dan ko'p molibden bo'lgan nikel-molibden qotishmasi mineral kislotalarning eritmalarida chidamli bo'ladi. Tarkibida 20 % dan ko'p molibden bo'lgan qotishmalarning chidamliligi ayniqsa yuqori bo'ladi (7.13-rasm).



7.13-rasm. 10% li 70°S haroratdagi HCl xlorid kislotasidagi Ni-Mo qotishmasi korroziya tezligining uning tarkibidagi molibden miqdoriga bog'liqligi.

«Xastelloy V» (markasi N70MF), qotishmasi 70% Ni va 25-29 % Mo tarkibga ega. U yuqori haroratlarda xlorid va fosfor kislotalarining istalgan konsentratsiyasida, qaynash haroratidagi sulfat kislotasida (60% li konsentratsiya va 150°S haroratgacha) va turli xlor hosilalari muhitida bardoshli hisoblanadi. Oksidlovchi muhitlarda chidamsiz.

Qo'shimcha xrom kiritilishi orqali «Xastelloy S» markali (XN65MV) qotishma yaratilgan, tarkibi 65 % Ni, 16 % Mo, 15 % Cr, 4 % Fe. Bu qotishma oksidlovchi muhitlarda, sovuq azot kislotasining barcha konsentratsiyalarida, qaynab turgan azot kislotasining 70% gacha bo'lgan konsentratsiyali, tarkibida Cl_2 , ClO^- , Fe^{3+} , Cu^{2+} va HF bo'lgan eritmalarida chidamlidir. Ni-Mo qotishmalariga ishlov berish oson, yaxshi payvandlanadi va silliqatlanadi, ular kimyo sanoati uchun qimmatbaho konstruksion material hisoblanadi.

Nikelning xrom bilan hosil qilingan qotishmalari – nixromlar tarkibida 35% gacha xrom bo'lib, XN58V (EP795), Nicrofer 6030 markalari chiqariladi. Bu qotishmalar ftor-ionli azot kislotasi eritmalarida yuqori haroratlarda ham yuqori chidamlilikka ega. Nixromlar issiqlikka juda chidamli va yuqori

issiqlardosh hisoblanadi, austenit strukturali bo'lib, yuqori elektr qarshiligiga ega. Nixromlarning nimonik, inkonel

Nikel-xrom-molibdenli qotishmalar XN65MV, XN65MVU, Xastelloy C-276, Xastelloy C-22, Nicrofer S5923hMo markalarda chiqariladi. Ular keng gamma spektrdagi yuqori darajali quyidagi agressiv muhitlarda yuqori bardoshlilik namoyon etadi: mis (20% gacha) va temir (35% gacha) ning xlorli eritmalarida; xlor- va fluor-ionlari bilan ifloslangan sulfat, fosfor, uksus va chumoli kislotalarning eritmalarida;

quruq xlor va nam xlorlangan vodorod muhitida.

Nikelli qotishmalar umumiy va lokal korroziyaga yuqori bardoshli, yaxshi payvandlanadi, turli xildagi apparaturalarni tayyorlashda yaxshi texnologik tavsiflarga ega.

7.2.5. Qalay (Sn) va uning qotishmalari

Kalayning standart muvozanat potentsiali $-0,136$ V ga, $0,5\%$ li NaCl eritmasidagi standart potentsiali esa $-0,25$ V ga teng. Suvdagi ruxsat etilgan chegaraviy konsentratsiya miqdori $0,112$ mg/l. Qalay oq-kumushrang metall bo'lib, havoda vaqt o'tishi bilan xiralashib boradi, uning ikki xil modifikatsiyasi mavjud. Odatdagi metall modifikatsiyasi (β -faza) zichligi $\rho = 7,31$ g/sm³, erish harorati $t_{erish} = 231,9^{\circ}\text{S}$ bo'lgan «*oq qalay*» deb yuritiladi. Undan yengilroq, ya'ni zichligi $\rho = 5,85$ g/sm³ bo'lgan metalloid modifikatsiyasi (α -faza) «*kulrang qalay*» deb nomlanadi. Kulrang qalay $+13^{\circ}\text{S}$ dan past, oq qalay esa $+13^{\circ}\text{S}$ dan yuqori haroratlarda barqarordir. Oq qalayning kulrang qalayga o'tish maksimal tezligi -48°S haroratda kuzatiladi.

Qalay sulfat va xlorid kislotalarining eritmalarida, shuningdek, organik kislotalarda bardoshli. Mineral kislotalarning konsentratsiyasi ortishi bilan qalayning korroziyalanishi tezlashadi. Azot kislotasida qalay kuchli yemiriladi, ishqorlarga u chidamsiz. Atmosfera sharoitida qalay ancha barqaror.

Qalay bronza ishlab chiqarishda va antifrikSION xususiyatlarga ega bo'lgan qotishmalar, ya'ni babbittlar hosil qilishda qo'llaniladi. Babbittlar tarkibida 90% gacha Sn bo'ladi. Qalay va qo'rg'oshinning yumshoq, tez eruvchan qotishmalari kavsharlashda juda ko'p ishlatiladi.

Qalay asosidagi qotishmalar elektrotexnikada keng qo'llaniladi. *StanioI* – elektrokondensatorlar tayyorlash uchun asosiy mahsulot hisoblanadi, u 95 % qalaydan tashkil topgan.

7.2.6. Qo'rg'oshin (Pb)

Qo'rg'oshin – erish temperaturasi uncha yuqori bo'lmagan ($t_{erish} = 327,4^{\circ}S$), past issiqlik o'tkazuvchanlikli, katta zichlikka ega bo'lgan ($\rho = 11,34 \text{ g/sm}^3$) yumshoq metall hisoblanadi.

Qo'rg'oshinning standart elektrod potentsiali $Pb^{2+} + 2e \rightarrow Pb$ reaksiya uchun $-0,126 \text{ V}$ ga teng. Cuvdagi ruxsat etilgan chegaraviy konsentratsiya miqdori $0,006 \text{ mg/l}$. Qo'rg'oshinning korrozion bardoshliligi uning korroziya mahsulotlari barqarorligi orqali aniqlanadi.

Korrozion material sifatida sofliqi kamida 99,2 % bo'lgan qo'rg'oshin ishlatiladi. Qo'shimchalar sifatida qo'shiladigan Cu, Sn, As, Fe, Bi komponentlari qo'rg'oshinning mustahkamlik ko'rsatkichlarini yaxshilasada, uning plastikligini kamaytiradi.

Qo'rg'oshin azot va uksus kislotalarida barqaror emas, chunki qo'rg'oshin-ning nitratlari va asetatlari eruvchan. Qo'rg'oshin ishqorlarda ham turg'un emas, chunki uning gidroksidlari ishqorlarda oson erib, plyumbitlar – PbO_2^{2-} va plyumbatlar – PbO_3^{2-} hosil qiladi.

Qo'rg'oshin sulfat va fosfor kislotalaridagi o'zining yuqori korrozion bardoshliligi bilan ajralib turadi. Ularning tuzli eritmaları uchun ham bu holat o'rinlidir. Qo'rg'oshin korroziyasining erimaydigan mahsulotlari sirtga o'tirib, mingdan bir necha ming molekular qatlamgacha bo'lgan qalinlikda metall bilan mustahkam bog'langan plyonka hosil qiladi.

Issiq sulfat kislotasida 80% gacha bo'lgan konsentratsiyada va sovuq H_2SO_4 da 96% gacha bo'lgan konsentratsiyada qo'rg'oshinning erimaydigan PbSO_4 tuzi hosil bo'ladi. Sulfat kislotasining yanada yuqori konsentratsiyalarda va oleumda qo'rg'oshin turg'un emas. Bunday sharoitlarda quyidagi reaksiya boradi:



Qo'rg'oshinning bisulfati yaxshi eruvchanlikka ega bo'lganligi uchun qo'rg'oshin korroziyasining tezligi keskin ortadi.

Qo'rg'oshinga 0,03-0,10 % tellurning qo'shilishi H_2SO_4 ning yuqori konsentratsiyalari va yuqori haroratlarida qo'rg'oshinning korrozion bardoshlilikini yaxshilaydi. Masalan, 78% li H_2SO_4 eritmasida legirlangan qo'rg'oshin 100 –115 °S haroratda ham bardoshli bo'ladi (7.10-jadval).

Tellurning qo'shilishi qotishmadan qoplama sifatida foydalaniladigan materiallar va quvurlarning charchashga va korroziyaga bo'lgan qarshiligini oshiradi. Shuningdek qotishmaning titrashga va mexanik yuklamalarga bo'lgan chidamliligini yaxshilaydi.

Organik kislotalar yoki yuqori foizli karbon kislotalari bo'lgan yer osti suvlarida qo'rg'oshin korroziyalanadi. Bunday sharoitlarda yetarlicha eruvchanlikka ega bo'lgan qo'rg'oshinning bikarbonatlari – $\text{Pb}(\text{HCO}_3)_2$ hosil bo'ladi. Qo'rg'oshin atmosfera sharoitida, ayniqsa tarkibida H_2S , SO_2 , H_2SO_4 bo'lgan industrial atmosfera sharoitlarida yuqori bardoshlilik namoyish etadi.

Qo'rg'oshinning yuqori zaharlilikini ham aytib o'tish joiz.

Qo'rg'oshindan tayyorlangan listlar kimyo sanoatida kimyoviy apparatlar-ni, galvanik vannalarni, kristallizatorlarni astarlash uchun hamda, quvurlar va gaz mo'rilari tayyorlashda keng qo'llaniladi. Shuningdek u aloqa kabellarining qobig'ini tayyorlashda, rentgen nurlaridan himoyalashda, akkumulatorlar tayyorlashda keng qo'llaniladi.

**Sulfat kislotasidagi qo'rg'oshin va uning qotishmalarida
korroziya tezligi**

Material	Konsentratsiya H ₂ SO ₄ , mass. %	Temperatura, °S	Korroziya tezligi, mm/yil
Qo'rg'oshin	45-33	20	0,02-0,08
	40-50	90	0,09-0,11
	78	53-57	0,18
	78	95-100	0,24
	98	90	0,36
Surmali qo'rg'oshin	50	40	0,016-0,018
	78	100-115	0,16
	95,6	20	0,44
Tellurli qo'rg'oshin	78	100-115	0,06
	95,6	20	0,17

Sulfat kislotasi sanoatida qo'rg'oshin qoplama material sifatida uncha katta bo'lmagan sig'implarda (vakuum-yig'gichlar, o'lchov idishlari) hamda apparatlarning qo'shaloq birikmalarida (7.14-rasm), apparatlar qopqoqlarini gomogen qo'rg'oshinlashda, konstruksionnyy material sifatida sovutgichlarning quvurlarida ishlatiladi. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining kichikligi undan issiqlik almashingichlarda, zichligining kattaligi esa konstruksiyalarni og'irlashtirishda ishlatish imkonini beradi. Qo'rg'oshinni qo'llash mumkin bo'lgan haroratning yuqori qiymati 120 °S.

Qo'rg'oshinning 6-12% Sb bilan legirlangan qotishmasi yuksak mexanik va quyish xossalariga ega. U «*Qattiq qo'rg'oshin*» yoki *gartbley* (GOST 1292-57) nomi bilan keng tarqalgan. Undan kislotalarni yuvish nasoslari-ning va yuqori kuchlanish ostida ishlovchi apparatlarning tayyorlanadi.

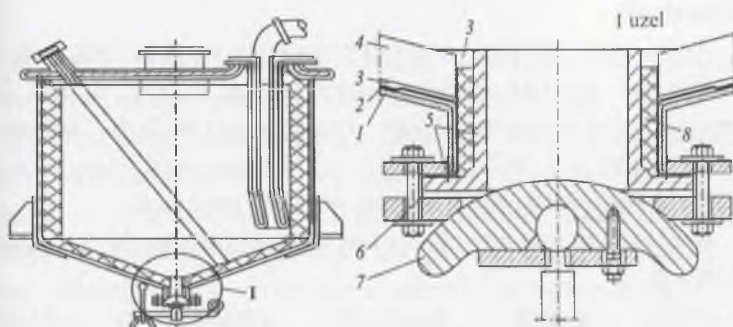
Qo'rg'oshinning 1% Ag va 1% As qotishmasi marganes dioksidi va vodorod peroksidi olish uchun elektrokimyoviy ishlab chiqarishda erimaydigan anod materiali sifatida ishlatiladi.

7.2.7. Rux (Zn) va uning asosidagi qotishmalar

Rux tez eriydigan ($t_{erish} = 419,6^{\circ}\text{S}$), yumshoq va uncha mustahkam bo'lmagan metall. Uning zichligi ($\rho = 7,133 \text{ g/sm}^3$), standart elektrod potentsiali $\text{Zn}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Zn}$ reaksiya uchun $-0,76 \text{ V}$ ga teng. 3% li NaCl eritmasidagi standart elektrod potentsiali $-0,83 \text{ V}$ ga teng. Cuvdagi ruxsat etilgan chegaraviy konsentratsiya miqdori $0,01 \text{ mg/l}$.

Temir va po'lat buyumlarning himoya qoplamasi sifatida rux keng qo'llaniladi. U ham vodorod, ham kislorod depolyarizatsiyasi orqali korroziyalanishi mumkin.

Kislotali muhitlarda rux vodorod depolyarizatsiyasi orqali korroziyalanadi. Juda oz miqdordagi boshqa metall qo'shimchalari ham ruxning korroziya tezligiga keskin ta'sir qilishi mumkin. Biroq kadmiy, qo'rg'oshin va aluminiy qo'shimchalari korroziya tezligiga ta'sir qilmaydi. Temir, mis kabi past vodorod qayta kuchlanishli qo'shimchalarning 0,002-0,005 % konsentratsiyali miqdori ham ruxning korroziya tezligini 10 va undan ortiq martaga oshiradi.



7.14-rasm. Yuvuvchi kislota to'plagichining antikorrozion himoyasi.

1 – uglerodli po'lat korpus; 2 – poliizobutilen ($\delta=2,5\text{mm}$ ikki qavatli, 88-N yelimda, choklari payvandlangan); 3 – kislotabardosh silikat surkovli shpatlevka; 4 – kislotabardosh g'isht; 5 – gartbleydan vkladish; 6 – prokladka; 7 – gartbleydan klapan; 8 – andezit surkovli asbest chilvir

Neytral eritmalarda rux kislorod depolyarizatsiyasi orqali korroziyalanadi va uning tarkibidagi texnik qo'shimchalar uning korrozion chidamliligiga ta'sir qilmaydi. Metall sirtida rux gidroksididan iborat himoya plyonkalari hosil bo'ladi.

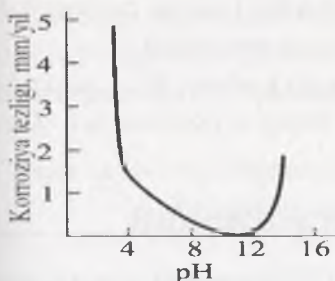
pH ning 9 va 11 intervalidagi qiymatlarida rux maksimal bardoshlilik namoyish etadi (7.15-rasm). pH ning 7 dan sezilarli kichik va 12 dan katta qiymatli muhitlarda rux korroziyasining kuchayishi sababli ruxli qoplamalarni qo'llash maqsadga muvofiq emas.

Rux suvda 55°S gacha bardoshli hisoblanadi (7.16-rasm). Harorat ortishi bilan korroziya tezligi keskin ortib, 70°S da maksimumga erishadi, so'ngra esa kamayib boradi. Bunday qonuniyat 50°S haroratgacha 95°S dan yuqorida ruxda yuqori himoyaviy xossalarga ega bo'lgan zich plyonkaning hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi. (55-65)°S temperaturalar intervalida hosil bo'lgan plyonka bo'sh va uqalanib ketadigan bo'lgani uchun uning himoyaviy hossalari juda past. 100°S da korroziya mahsulotlari zichlashadi, korrozion muhitda kislorodning erishi sekinlashadi.

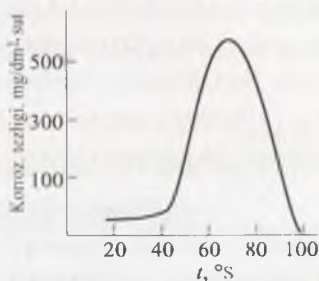
Toza va dengiz atmosferasida rux chidamli, chunki gidroksidlar va rux karbon kislotasining asosiy tuzlari kabi korroziya mahsulotlari bilan qoplangan bo'ladi. Industrial hududlarning SO₂, SO₃, HCl bilan ifloslangan muhitlarida rux va rux qoplamalarining bardoshliliigi sezilarli pasayadi.

Rux po'latlarni atmosfera korroziyasidan himoyalashda ishlatiladi.

Misli, nikelli, magniyli qotishmalarni olishda, akkumulatorlar ishlab chiqarishda va temir qotishmalarini elektrokimyoviy himoya qilish uchun protektor sifatida foydalaniladi.



7.15-rasm. pH miqdorining Zn korroziyasiga ta'siri.



7.16-rasm. Haroratning distillangan suvdagi Zn korroziyasi tezligiga ta'siri

7.2.8. Kadmiy

Kadmiy oq-kumushrang, yumshoq metall. Uning zichligi ($\rho = 8,65 \text{ g/sm}^3$), erish temperaturasi $t_{\text{erish}} = 321,1^\circ\text{S}$, standart elektrod potentsiali $\text{Cd}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Cd}$ reaksiya uchun $-0,40 \text{ V}$ ga teng. $0,5n$. NaCl eritmasidagi standart elektrod potentsiali $-0,52 \text{ V}$ ga teng. Cuvdagi ruxsat etilgan chegaraviy konsentratsiya miqdori $0,005 \text{ mg/l}$.

Kadmiy oson bolg'alanadigan, cho'ziluvchan, listlarga yoyiluvchan va sim tayyorlash uchun cho'ziluvchan.

Kadmiyning passivlanishga qobilyati ancha past. Shuning uchun passivlanishga moyil bo'lgan temir bilan kontaktida ko'p hollarda kadmiy anod vazifasini bajaradi. Kadmiy asosan po'latga va aluminiy qotishmalariga anod qoplamasi hosil qilish uchun ishlatiladi. U korrozion tabiati bo'yicha ruxga juda o'xshashdir. Neytral eritmalarida kadmiy kislorod depolyarizatsiyasi orqali korroziyalanadi. Ruxdan farqli holda pH ning ortishi bilan kadmiyning korroziyalanish tezligi pasayadi.

Manfiy elektrod potentsialining kamroqligi sababli kadmiy kislotali va neytral eritmalarida ruxga nisbatan yuqori chidamlilikka ega. Ishqorli muhitlarda u ancha bardoshli.

Dengiz atmosferasi va dengiz suvida kadmiy bardoshli. SO_2 va SO_3 gazlari muhitida kadmiy juda tez yemiriladi.

Mis qotishmalari hosil qilishda kadmiy ko'p ishlatiladi. Yuqori zaharliligi sababli undan himoya qoplamalari sifatida foydalanish chegaralangandir.

7.2.9. Titan va uning qotishmalari

Titan – qiyin eriydigan ($t_{\text{erish}} = 1725^\circ\text{S}$), yengil ($\rho = 4,5 \text{ g/sm}^3$) metall hisoblanadi. Titaning standart elektrod potentsiali $\text{Ti}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Ti}$ reaksiya uchun $-1,63 \text{ V}$ ga teng. $\text{Ti}^{3+} + 3e \leftrightarrow \text{Ti}$ jarayon uchun esa elektrod potentsiali $-1,21 \text{ V}$. Cuvdagi ruxsat etilgan chegaraviy konsentratsiya miqdori $0,06 \text{ mg/l}$.

Titan yuqori mustahkamlik, plastiklik va korroziyon bardoshlilikka ega. Yer qobig'idagi titanning miqdori $0,58\%$ ni tashkil qiladi, konstruksion materiallar orasida keng tarqalganligi bo'yicha aluminiy, temir va magniydan keyin to'rtinchi o'rinda turadi. Shunday qilib titan termodinamik faol metall hisoblanadi. U oksidlash xossalariga ega bo'lgan va xlorid-ionlari mavjud muhitlarda chidamli hisoblanadi. Shuning uchun titan xlorli kislotalar bilan ish ko'riladigan muhitlar uchun turli xildagi apparatlar, nasoslar va kommunikatsiyalar tayyorlashda qo'llanilishi mumkin.

Azot kislotasining istalgan konsentratsiyasida, hatto qaynash temperasida ham titan bardoshli hisoblanadi. Uning korroziya tezligi bunday muhitlarda $0,1 \text{ mm/yil}$ dan oshmaydi.

Titan erish tezligining sulfat kislotasi konsentratsiyasiga bog'liqligi murakkab xarakterga ega. Bu bog'lanish jarayoni ikkita maksimumga ega – 40% va 75% konsentratsiyalarda. Olimlar bunday hodisani $\text{H}_2\text{SO}_4\text{--H}_2\text{O}$ tizimda titan fizik-kimyoviy xossalarining va elektr o'tkazuvchanligining o'zgarishi bilan bog'liq deb hisoblaydilar.

Gaz holatidagi quruq xlor titanning kuchli korroziyalanishiga olib keladi, bu esa uning uz-o'zidan

alanganlanishiga olib kelishi mumkin. Xlorda namlikning juda oz miqdorda bo'lishi ham (masalan, 0,005 %) titan korroziyalanishini to'xtatishi mumkin (7.11-jadval).

7.11-jadval

Titan va 18-8 tipidagi zanglamaydigan po'latning ba'zi muhitlardagi korroziyabardoshligi

Korrozion muhit	Tempe- ratura, °S	Korroziya ko'rsatkichi, mm/yil	
		Ti	Po'lat 12X18N9
H ₂ SO ₄ , 75% + HNO ₃ , 25%	90	10,95	0,183
Podshoh vodkasi	25	0,00083	Juda tez eriydi
50% li chumoli kislotasi	90	0	0,35
5% NaCl qo'shilgan 50% li uksus kislotasi	90	0,0018	0,474
Atmosfera korroziyasi (dengizdan 24 m). 5 yillik tadqiqot natijalari	25	0	0,0011

Titan 12X18N9 markali po'latlar korroziyalanadigan ko'pgina organik muhitlarda ham yuqori korrozion bardoshlilik namoyon etadi.

Titannang noyob xossalaridan biri – uning dengiz suvi va dengiz atmosferasida to'la korroziyabardoshligidir. Titanni Al, Mo, Ta, Nb, Zn, Cu kabi metallar bilan legirlaganda yanada yuqoriroq fizik-mexanik va korrozion xossalarga erishish mumkin. Titanning sirkoniy bilan qotishmasi mustahkam, plastik va korrozion bardoshli. Titan oksidlovchi va xlorid-ionli muhitlarda o'zini yaxshi tutadi.

Titan-molibden qotishmasi vodorod xloridli, sulfat va fosfor kislotali muhitlarda yuqori korrozion bardoshlilik namoyon etadi. Masalan, 3% molibden qo'shilgan titanning 100°S haroratdagi 5% li H₂SO₄ eritmasidagi korroziya tezligi 23,5 marta, agar 5% Mo qo'shilsa – 117,5 marta kamayadi.

Titan va uning qotishmalari kimyo sanoatida sulfat kislotasi, xlor va qator organik birikmalar ishlab chiqarish apparatlarini tayyorlashda ishlatiladi.

Titanni palladiy (0,01 % dan 5,0% gacha) va platina bilan legirlaganda

uning H_2SO_4 , HCl , H_3PO_4 va organik kislotalarda bo'lgan korroziyon bardoshliligi keskin ortadi.

Palladiy va platina bilan legirlangan titan, kimyo sanoati uchun zarur bo'lgan konstruksion material sifatida bebaho qo'shaloq sifatga –oksidlovchi va oksidlamaydigan kislotali muhitlarda korroziyabardosh xossasiga ega bo'ladi. 7.12-jadvalda titan va uning 0,2 % Pd li qotishmalari uchun qiyosiy xarakteristikalar keltirilgan.

7.12-jadval

Titan va 0,2 % Pd li titan qotishmalarining korroziyon bardoshliligi

Korroziyon muhit	Konsentratsiya, mass. %	Temperaturasi, °S	Korroziya tezligi, mm/yil	
			Ti	Ti+0,2% Pd
Xlorid kislotalari	5	Qaynash t.	19,3	0,10
Sulfat kislotalari	5	Qaynash t.	25,4	0,51
Fosfor kislotalari	5	150	8,15	0,15
Chumoli kislotalari	85	Qaynash t.	4,26	0,10
Xlorli aluminiy	25	Qaynash t.	51,3	0,025
Xlorli kalsiy	73	177	2,13	0

7.2.10. Tantal

Tantal – kumushrang, og'ir ($\rho = 16,6 \text{ g/sm}^3$) juda qiyin eriydigan ($t_{\text{erish}} = 3017^\circ\text{S}$), qattiq metall hisoblanadi. Yaxshi plastiklik va yuqori mexanik xossalarga ega, ishlov berish oson, yaxshi payvandlanadi.

Tantal plyonkalarining himoya xususiyati tufayli barcha metallar ichida eng yuqori korroziyon bardoshli hisoblanadi. U xlorid va azot kislotalari-ning barcha konsentratsiyasi va istalgan haroratida, bardoshli 145°S dan yuqori bo'lmagan fosfor kislotalarining 35% dan oshmagan konsentratsiyasida chidamli ham. Tantal faqat o'yuvchi (plavikovy) kislotalarda chidamsiz.

Vodorod atmosferasida qizdirilganda, tantal gidridlar hosil qilib, 740 hajmgacha vodorodni yutadi. Bunday vodorodlanish xona haroratida, tantalning katod qutblanishi orqali elektrolitlarda ham kuzatiladi. Vodorodning metallda yutilishi tantalning kuchli mo'rtlashuviga sabab bo'ladi.

Tantal havoda 300°S dan yuqori haroratlarda oliy Ta_2O_5 oksidi hosil qilib oksidlanadi. U gazsimon fluor muhitida hatto xona haroratida ham barqaror emas, 300°S haroratli brom, 1000°S haroratli yod muhitida yemiriladi.

Tantal Mo, W, Nb va Ti kabi metallar bilan bir qator qattiq eritmalar hosil qiladi. Uning qotishmalari yuqori mustahkamlik xarakteristika-lariga ega. Ular mustahkam konstruksion material sifatida kimyoviy mashinasozlikda keng qo'llaniladi. Bu qotishmalardan xlor va brom aralashmasidan brom olish, tozalanmagan xom ashyodan xlorid va azot kislotalarini distillash, sulfat kislotani regeneratsiyalash qurilmalari-ning issiqlik almashtirgich apparatlari tayyorlashda foydalaniladi. Shuningdek, tantaldan o'ta agressiv muhitlarda ishlatiladigan isitgichlar tayyorlanadi. Ba'zi hollarda uglerodli po'latlardan tayyorlangan apparatlarni qoplash maqsadida ham tantal ishlatiladi.

Yettinchi bobga tegishli uslubiy tavsiyalar

Bu bobda keltirilgan ma'lumotlarni *o'rganish natijasida talaba quyidagilarni bilishi shart:*

- temir asosidagi konstruksion materiallar;
- po'latlar va cho'yanlar;
- qotishmalarni legirlashning asosiy tamoyillari;
- asosiy metallarning korrozion xarakteristikalar;
- rangli metallar asosidagi konstruksion materiallar.

Ushbu bobda keltirilgan ma'lumotlarni *o'zlashtirish natijasida talaba:*

- konkret texnologik sharoitlarda ishlaydigan jihoz va qurilmalar uchun aniq konstruksion materiallarni tanlay bilishi;
- metallar va qotishmalarga tashqi muhitlarning ta'sir etish xarakterini baholay olishi;
- konstruksion materiallarning korroziyabardoshligini oshirish uchun kerakli legirlovchi elementni asoslay olishi va qo'llash uchun tegishli tavsiyalar bera olishi;
- qotishmalarning korrozion bardoshlilikini oshirish bo'yicha qo'shimchalarni tanlash yuzasidan mustaqil fikrga ega bo'lishi lozim.

Nazorat savollari

1. Temirning elektrokimyoviy xossalarini tavsiflab bering.
2. Korrozion plyonkalar qanday hosil bo'ladi?
3. Plyonkalar himoyaviy xususiyatga egami?
4. Qanday qotishmalarga po'latlar deyiladi?
5. Temir va past legirlangan po'latlarning mineral va organik muhitlardagi korrozion xossalarini aytib bering.
6. Qaysi elementlarni qo'shish po'latlarning korrozion bardoshlilikini oshiradi?
7. Legirlash nima va u nima maqsadda amalga oshiriladi?
8. Xromning qo'shilishi qotishmalarning korrozion xususiyatlariga qanday ta'sir ko'rsatadi?
9. Aluminiyning elektrokimyoviy va korrozion xususiyatlarini ayting.
10. Aluminiy va uning qotishmalari qaeatlarda ishlatiladi?
11. Magniy va uning asosiy xossalarini tavsiflab bering.
12. Misning elektrokimyoviy va korrozion xususiyatlarini ayting.

13. Latunlar va bronzalarni ta'riflab bering ularning qo'llanilish sohalarini ayting.
14. Nikelning asosiy xossalarini aytib bering.
15. Nikel qo'shilgan konstruksion materiallarning qo'llanilish sohalarini ayting.
16. Oziq-ovqat sanoatida qalayning qo'llanilishiga sabab nima?
17. Qalay qo'shilgan qanday konstruksion materiallarni bilasiz?
18. Konstruksion material sifatida qo'rg'oshinga ta'rif bering.
19. Qo'rg'oshinning korrozion bardoshliligi uning tuzlari va gidroksidlarning erishiga bog'liqmi?
20. Rux va kadmiy qo'shilgan konstruksion materiallarning qo'llanilish sohalarini aytib bering.
21. Titan va uning xossalarini aytib bering.
22. Qotishmalarga titanning qo'shilishi qanday ijobiy natijalar beradi?
23. Titan qo'shilgan konstruksion materiallarning qo'llanilish sohaları.
24. Tantalning elektrokimyoviy va korrozion xususiyatlarini sanab bering.

Yettinchi bobga tegishli mustaqil ta'lim mavzulari

1. Temir va uglerodli po'latlarning korrozion xarakteristikalar
2. Zamonaviy korrozion bardoshli po'latlar.
3. Rangli metallar asosida olingan qotishmalar va ularning korrozion xususiyatlari.
4. Korroziya mahsulotlari nima? Zang nima?
5. Turli xildagi po'latlarga misollar keltiring.
6. Aluminiyning qanday qotishmalarini bilasiz?
7. Magniy qo'shilgan konstruksion materiallarga misollar keltiring.
8. Nikel qo'shilgan konstruksion materiallarga misollar keltiring.
9. Qalayning fizik va kimyoviy xossalarini aytib bering.
10. Rux va kadmiyning elektrokimyoviy va korrozion xususiyatlarini tavsiflang.
11. Tantal qo'shilgan konstruksion materiallarning qo'llanilish sohalarini aytib bering.
12. Xastelloy qotishmalari qanday material hisoblanadi?
13. Nixromlarning asosiy xossalarini sanab bering.

VIII BOB. NOMETALL MATERIALLAR VA HIMOYA QOPLAMALARI

8.1. Noorganik konstruksion materiallar

Kimyo sanoatida metallar va qotishmalar bilan bir qatorda metallmas konstruksion materiallar ham keng qo'llaniladi. Tabiiy va sanoat sharoitlarda uchraydigan yuqori agressivlikka ega bo'lgan muhitlarda legirlangan qotishmalardan tayyorlangan jihozlarning ham xizmat qilish muddati cheklangan bo'ladi. Korroziyaga qarshi himoyani tashkil qilishda qo'shimcha rezerv – metallmas materiallar hisoblanadi. Ulardan alohida apparatlar yoki ularga shisha, sitallar, viniplast, faolit, grafit kabi materiallardan qismlar tayyorlanishi mumkin.

Ko'p hollarda metallmas materiallar futerovkalar, obkladkalar va boshqa himoyaviy qoplamalar sifatida metall korpuslarning aktiv muhit bilan kontaktda bo'lmasligi uchun izolyatsiyalash maqsadida foydalaniladi. Ko'pincha bunday qoplamalar ko'p qavatli bo'ladi. Bularning hammasi metallmas korroziyabardosh materiallarning xossalarini, korroziyaga qarshi himoyani tashkil qilishda ulardan foydalanish qonun va qoidalarini mukammal bilishni taqozo qiladi.

Nometall materiallar bir qator alohida xossalarga ega: issiqlik o'tkazuvchanlikning keng diapazondagi qiymatlari; uncha yuqori bo'lmagan zichliklar; metallar bilan yaxshi adgeziya; agressiv muhitlardagi bardoshlilik. Biroq ko'pgina nometall materiallar, ayniqsa organik avlodlilari faqat 150–200°S haroratgacha chidaydi, haroratning keskin o'zgarishlariga bardosh berolmaydi, mexanik ishlov berishlarga moyil emas.

Kimyoviy tarkibiga ko'ra nometall materiallar *noorganik materiallar* va *organik materiallarga* bo'linadi.

Noorganik materiallarga tog' jinslari, silikat materiallari, keramika va b. kiradi.

Organik materiallarga polimer mahsulotlar, kauchuk asosli materiallar, grafit va uning hosilalari va b. kiradi.

Konstruktiv o'ziga xoslik nuqtai nazaridan metallmas qoplamalar vkladishlar va monolit qalin qatlamli qoplamalarga bo'linadi. Ularning prinsipial farqi shundaki, vkladishlar mustaqil konstruksion material sifatida «idish ichidagi idish» tamoyili asosida ishlatilishi mumkin. Vkladishlardan farqli holda monolit qoplamalarning ishga layoqatliligi va ularning mexanik mustahkamligi faqat ularning taglik bilan adgeziyalanish holdagina ta'minlanishi mumkin. Shuningdek vkladishlar va qoplamalar qalinligi bilan ham farq qilishi mumkin. Vkladishlarning qalinligi bir necha o'n millimetrgacha yetsada, monolit polimer qoplamalarining qalinligi 1,5-2 mm dan oshmaydi.

Yuqori agressivlikka ega bo'lgan muhitlarda barcha qoplamalarga qo'yiladigan eng asosiy talab – izolyatsilash mexanizmining kuchli bo'lishi, ya'ni qoplama muhit bilan taglik o'rtasidagi kontaktni to'la bartaraflashi lozim. Bu masalani ikki yo'l bilan hal qilish mumkin: bir xil material asosidagi monomer qoplamaning qalinligini oshirish yoki turli xildagi kompozitsion materiallardan «sendvich» tipidagi ko'p qavatli qoplamalar-dan foydalanish. Monoqoplamalarning qalinligini oshirish odatda, ichki kuchlanishning vujudga kelishiga va ular mexanik barqarorligining buzilishiga sabab bo'ladi.

Kimyo va neftni qayta ishlash sanoatida ko'p hollarda korrozidan himoyalash maqsadida turli hildagi materiallardan ko'pqavatli qoplamalar olinadi. Qoplamalarda odatda, turli funksional vazifalarga ega bo'lgan uchta zonani ajratib ko'rsatish mumkin:

- tuproq, ya'ni himoyalananadigan sirtga tegib turgan va taglik bilan bog'liqlik barqarorligini aniqlovchi qatlam;
- qoplamaning izolyatsiyalovchi va mexanik xossalarini aniqlovchi asosiy (o'rta qism) qoplama;

•agressiv muhit bilan bevosita kontaktida bo'ladigan sirtki qatlam.

Oxirgi qatlam ba'zida qoplamaga abrazivbardoshlik, ho'llanish va boshqa shu kabi qo'shimcha spesifik xossalarini berish uchun foydalaniladi.

Noorganik tabiatga ega bo'lgan materiallarning kimyoviy turg'unligi asosan ularning kimyoviy va mineralogik tarkibi, g'ovakligi, struktura tuzilishi bilan aniqlanadi. Kislotalarga bardoshli materiallarga erimaydigan yoki qiyin eriydigan kislotali oksidlar – kremnezem, past asosli silikatlar va alyumosilikatlar kiradi. Tarkibida asosiy oksidlar bo'lgan materiallar ishqorlarda chidamli bo'lib, mineral kislotalarda ular chidamli emas. Ularga misol tariqasida ohaktosh, magnezit va qurilish sementlarini keltirish mumkin.

Bardoshlilik to'g'risida gap ketganda materialning mineralogik tarkibi ham katta ahamiyatga ega. Ko'p hollarda polimineral hisoblanadigan tabiiy tog' jinslari uni tashkil qiluvchi alohida qismlari termik kengayish koeffitsientining tulicha ekanligi sababli temperaturaning keskin o'zgarishi oqibatida darz ketib parchalanishga moyil. Kristall tuzilishga ega bo'lgan materiallarning bardoshliliigi amorf materiallarnikiga nisbatan yuqoridir.

8.1.1. Tabiiy silikat materiallari

Kislotalarga chidamli tabiiy noorganik materiallarga *granitlar, beshtaunitlar, andezitlar va asbest* kiradi.

Granitlar 70-75% SiO_2 , 13-15% Al_2O_3 va 7-10% magniy, kalsiy hamda natriy oksidlaridan iborat. Issiqlikka chidamliligi 250°S gacha.

Beshtaunitlarning tarkibi 60-70% SiO_2 dan iborat. Ular qattiq, qiyin eriydigan, 800°S gacha issiqlikka chidamli, kislotabardosh.

Andezitlar (59–62 % SiO_2) kislotabardosh, mexanik ishlov berishga moyil biroq mustahkamligi uncha yuqori emas.

Asbest – magniy silikat digidrat $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ hisoblanadi. U olovga va kislotaga bardoshli.

Tog' jinslariga ishlov berishning qiyinligi va materiallarning qo'polligi hamda beso'naqayligi ularning keng miqdorda qo'llanilishiga imkon bermaydi. Shunday bo'lsada, ba'zan ular bahosi yo'q material hisoblanadi.

Granitdan elektrofiltirlarning korpusi, azot va xlorid kislotalar ishlab chiqarishda yotuvchi minoralar, brom va yod ishlab chiqarish apparatlari tayërlanadi.

Beshtaunitlar futerovka (o'tga chidamli material) sifatida mineral kislotalar olish apparatlarida qo'llaniladi.

Andezitlar ham futerovka hamda kislotabardosh cementlar va betonlar uchun to'ldiruvchi sifatida ishlatiladi.

Issiqlikka chidamli bo'lgan asbest – ip ko'rinishida filtrlovchi mato, to'ldiruvchi, jihozlar korpuslarini izolatsiyalovchi material sifatida foydalaniladi.

8.1.2. Sun'iy silikat materiallari

Tosh quyish – kristall tuzilishga ega bo'lgan materiallarni eritish hisoblanadi. Bunda tog' jinslari qo'shimchalar bilan birga 1400–1450°S haroratlarda eritilib, so'ngra quyilgan jihozlarga termik va mexanik ishlov beriladi. Bu jarayonlar uchun xom ashyo sifatida bazalt, diabaz, cho'kindi jinslar shixtasi, metallurgiya shlaklaridan foydalaniladi. Masalan, eritilgan diabaz – 47–48% SiO_2 , 15–16% Al_2O_3 , 15–16 % $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$, 11–12 % CaO , 6–7 % MgO , 2–4 % K_2O tarkibga ega.

Tosh quymalar erituvchi kislotalardan tashqari istalgan reagentlarga nisbatan yuqori kimyoviy bardoshlilik bilan ajralib turadi. Ular yuqori mexanik mustahkamlikka (siqilishdagi $\sigma = 200\text{--}400 \text{ MPa}$) va eyilishga nisbatan katta qarshilikka ega. Ularni 150°S dan yuqori bo'lmagan haroratlarda ishlatish mumkin.

Kimyoviy zavodlarda tosh quymalaridan apparatlar tayyorlash maqsadida va futerlash (qoplash) materiali sifatida keng foydalaniladi. Diabaz plitkalari sig'imi 6 – 8 m³ bo'lgan mineral kislotalarni saqlash va haydash uchun mo'ljallangan apparatlarni, mineral kislotalarni ammiak bilan neytrallash orqali ammiakli selitra va ammoniy sulfati olish uchun ishlatiladigan saturatorlarni futerlash maqsadida ishlatiladi. Quyma toshlardan sharsimon tegirmonlar tayyorlanadi: tegirmonning ichi bazalt plitkalar bilan futerlanadi va tosh quyma sharlar bilan to'ldiriladi.

Tog' jinslari eritmalaridan fason jihozlari, quvurlar, tarnovlar, absorbsion kolonnalar quyiladi. Quyma plitkaladan kimyoviy zavodlarning maxsus bo'limlarini qurishda foydalaniladi.

Silikat shishalar yuqori shaffofligi, yaxshi mexanik chidamliligi, kimyoviy reagentlarga nisbatan bardoshliligi va past issiqlik o'tkazuvchanligi bilan ajralib turadi. Shisha ishlab chiqarish sanoati xossalari va maqsadiga ko'ra juda ko'p turdagi mahsulotlar tayyorlaydi. Silikat shishalarning asosini kremniy dioksidi – SiO₂ (65–75 %) tashkil qiladi, qo'shimchalar sifatida ishqoriy va ishqoriy-er metallari (Na₂O, K₂O, CaO, MgO) ning oksidlari hamda kislotali oksidlardan foydalaniladi.

Silikat shishalar asosan konstruksion va futerovka materiallari sifatida keng foydalaniladi. Ulardan zmeevikli sovutgichlar, rektifikasion kolonnalar, apparaturalarning elementlari tayyorlanadi.

Issiqbardosh shishalar kam ishqorli, tarkibi 63,3 % SiO₂; 5,5 % Al₂O₃; 13,0 % CaO; 4,0 % MgO; 2,0 % Na₂O; 2,0% F shixtalardan tayyorlanadi. Bunday shishalar 1000–1100°S haroratgacha bardoshli va 4,5-5,0 Mpa bosimga chidaydi. Egilishga mustahkamligi 600–800 kg/sm²ni tashkil qiladi.

Alyumomagnezial shishalar chidamli filtrlovchi matolar tayyorlash uchun ishlatiladi, 71 % SiO₂; 3 % Al₂O₃; 3,5 % CaO; 2,5 % MgO; 1,5 % K₂O; 13-15 % Na₂O tarkibdan iorat. 80–100°S

haroratli alyumomagnezial shishalar xlorid kislotasiga ancha chiamli, sulfat kislotasi esa unga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Xona haroratidagi, 60% konsentrsiyali fosfor kislotasi bunday shishalarga kuchsiz ta'sir qilsada, harorat ortishi bilan uning emiruvchi ta'siri kuchayadi. Alyumomagnezial shisha tolasidan tayyorlangan tolalar filtr-presslarda, barabanli filtrlarda, ishqorli eritmalarni filtrlash jihozlarida qo'llaniladi.

Kvars shisha kristall holdagi eng toza tabiiy kvarsning turli ko'rinishlari, tog' xrustali, tomirli kvars yoki 98–99% SiO_2 tarkibli kvars qumini eritish yo'li bilan olinadi.

Shaffof bo'lmagan kvars shisha 99,95% SiO_2 ; 0,01% Al_2O_3 ; 0,004% Fe_2O_3 ; 0,028% CaO ; 0,012% MgO ; 0,041 % Na_2O taribga ega. Kvars qumlarini eritish elektr pechlarida amalga oshiriladi. Bunda qumga tiqil-gan grafit sterjen orqali tok o'tkazish yordamida u 1700–1800 °S gacha qizdi-riladi. Sterjenga tegib turgan qum qatlami asta-sekin eriy boshlaydi. Erigan kvars massasi keyingi ishlov berish bosqichiga o'tadi.

Kvars shisha yuqori haroratli barcha mineral va organik kislotalarning istalgan konsentrsiyasiga nisbatan chidamlidir. Xona haroratida bo'lgan erituvchi kislotaga va 250 °S haroratda bo'lgan fosfor kislotasi bundan mustasnodir. Ishqorlarning konsentrlangan eritmali, ayniqsa qizdiril-ganda kvars shishalarni eritadi. Xlor, brom va yod kvars shishalarga hatto 500 °S dan yuqori haroratlarda ham ta'sir qilmaydi. Texnik kvars shishadan avtoklavlar, reaktorlar, absorberlar, retortlar, quvurlar va boshqa jihozlar tayyorlanadi.

Kvars shishadan tayyorlangan buyumlar 1100–1200°S haroratga uzoq vaqt, va 1300–1400 °S haroratga qisqa muddatga bardosh bera oladi. Bunday shishalar kichik zichlik (2100 kg/m^3) va yuqori mexanik xossalarga ega, ultrabinafsha va infraqizil nurlarni o'tkazadi, 1300 °S haroratgacha gaz o'tkazmaydi. Kvars shishalardan tayyorlangan apparatlar masalan, reaktiv xlorid kislotasi olishda ishlatiladi.

Sitallar deb shishani ma'lum bir sharoitlarda kristallash natijasi-da olingan kristall strukturali shisha materiallarga aytiladi.

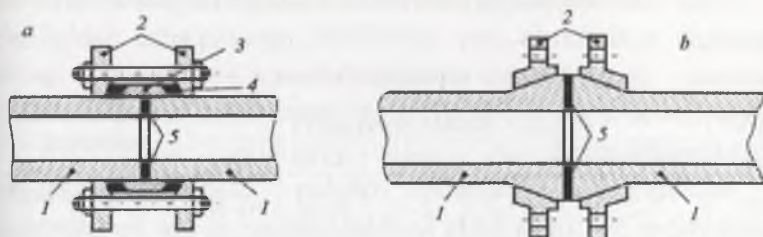
Xom ashyo sifatida mineralizatorlar qo'shilgan shisha foydalanilsa texnik sitallar, agarda metallurgiya shlaklari olinsa – shlakositallar hosil bo'ladi.

Texnik sitallar qattiq, mineral (erituvchi kislotadan tashqari) va organik kislotalar hamda ishqorlar ta'siriga nisbatan chidamli, oddiy shishaga nisbatan 5 marta mustahkam, 1000°S haroratgacha bimalol chidaydi. Ulardan kichik hajmli reaksion apparatlar, gorelkalar, termoparalarning g'illoflari, rektifikasion kolonnalarning qismlari kabi kimyoviy qurilmalarning turli detallari tayyorlanadi. Temperatura farqi katta bo'lgan issiqlik almashtirgichlarda sitall quvurlar ishlatiladi. Sitallardan tayyorlangan podshipniklar 540°S gacha bo'lgan haroratlarda moylashsiz ishlatilishi mumkin.

Sitallar kimyoviy bardoshlilik bo'yicha silikat emallari va shishaga nisbatan juda ustun turadi. Xossalari bo'yicha diabaz va bazaltdan eritib quyilgan quyma toshlari deyarli tenglashadi. Masalan, AS-05, S-0,23; 224-18; T-V6; TS-81 markali sitallar kuchsiz va konsentrlangan sulfat kislotasi eritmalarida etarlicha yuqori bardoshlilik namoyon qiladi. Texnik sitallardan uchi qabariqli va tekis quvurlar, shuningdek ular uchun fason qismlar tayyorlanadi (8.1-rasm). Bunday quvurlarning xizmat muddati prokladka materiallarining ishlash muddati bilan deyarli teng bo'lib, 5–6 yildan ortadi. Ular H_2SO_4 uzatish tizimida 80°S gacha bo'lgan haroratlarda ishlatiladi.

Shlakositallar mustahkam, mineral (erituvchi kislotadan tashqari) va organik kislotalar ta'siriga nisbatan chidamli, ammo ulardan 200–250°S gacha bo'lgan haroratlarda foydalanish mumkin. Ular qurilish konstruksiyalarini tayyorlashda, shuningdek konveyerlar, g'alvir-mashinalar, elevatorlarning detallarini yasashda qoplama sifatida ishlatiladi.

Stallar yuqori haroratlarda, agressiv gazlar (xlor, xlorli vodorod, ba'zi metallarning xloridlari va bromidlari) ta'siriga bardoshlidir.



8.1-rasm. Sitall quvurlarni ulash usullari.

a – qabariqsiz; *b* – qabariqli; 1–quvurlar; 2–qo'zg'aluvchan flanslar yoki xomutlar; 3–kimyoviy chidamli materialdan mufta; 4–rezina halqalar; 5– kimyoviy chidamli materialdan prokladkalar.

8.1.3. Keramik materiallar

Keramik va o'tga chidamli buyumlar shixtaning erish temperaterasini pasaytiruvchi silikat materiallari va moddalarni pishguncha o'tda qizdirish yo'li bilan tayyorlanadi. Asosiy xom ashyo sifatida tarkibida 20 % dan ko'proq Al_2O_3 bo'lgan qum xizmat qiladi. Qaralayotgan materiallarga kislotaga chidamli emal, tosh-keramik mahsulotlar, farfor kiradi.

Kislotaga chidamli emal tog' jinslari (qum, kvars qumi, bo'r) ni yuqori 1250 – 1300°S haroratda eritish orqali olinadigan shishasimon massa hisoblanadi. Undan tashqari, alohida xossalarga ega bo'lishi uchun emal tarkibiga NiO , CaO , TiO_2 , ZrO_2 , SnO_2 , Cr_2O_3 oksidlari va b. qo'shiladi.

Kislotaga chidamli emalning mineral va organik kislotalarga bardoshliligi yuqori. Oddiy kislotaga chidamli emallar konsentrsiyasi 5% gacha bo'lgan issiq ishqorli

eritmalarida bardoshli hisoblanadi. Maxsus kislotabardosh emallar kislotalar bilan bir qatorda ishqorlarning qaynab turgan 10% li eritmalarida va karbon dioksidi ishqorlarining 40% li konsentrasiyalarigacha ishlatilishi mumkin.

Emal bilan qoplangan buyumlar suyuqliklar muhitida 200°S, gazsimon muhitlarda esa 600–700°S haroratgacha ishlatilishi mumkin. Sovuqlikka chidamlilik – emallangan po'lat apparaturalar uchun –70°S, cho'yan apparaturalar uchun esa –30°S ni tashkil qiladi.

Emallangan apparatlar ishdan chiqishining asosiy sabablaridan biri katta ichki kuchlanishning paydo bo'lishiga va yorilishga olib keluvchi amal bilan metal issiqlik kengayish koeffitsientlarining orasidagi farq hisoblanadi. Emallash uchun tarkibidagi uglerodning miqdori 0,1 % dan oshmaydigan po'latlar ishlatiladi.

Emallangan jihozlar kimyo sanoatida xlrlash va nitratlash jarayonlarida, portlovchi moddalar va sintetik kauchuk, turli xildagi organik, farmasevtik va oziq-ovqat ishlab chiqarish sanoatida keng qo'llaniladi. Kislotabardosh emallar bilan rezervuarlar, reaktorlar, vakuum-apparatlar, avtoklavlar, distillyasion va rektifikasion kolonnalar qoplanadi.

Shishasimon qoplamalar metall bilan shishani birgalikda shishaning erish haroratigacha qizdirish orqali olinadi. Himoyaning bunday turi *shishalash*, qoplama esa *shisha-emal* deyiladi. Shisha-emallar oddiy emallarga nisbatan yanada yuqori ekspluatasion ko'rsatkichlarga ega. 5% li H_2SO_4 eritmasida shisha-emal qoplamasi emirilishining korroziya tezligi atigi 0,00021 mm/yil. Shisha-emal qoplamali quvurlar yuqori mexanik mustahkamligi, zarb, titrash va eguvchi ta'sirlarga chidamliligi bilan ajralib turadi. Bunday quvurlar 100% li korrozion bardoshliligi sababli neft va neft mahsulotlarini tashish uchun istiqbolli hisoblanadi.

Keramik kislotalardosh materiallar zich va g'ovak turlarga bo'linadi. Zich kislotalardosh materiallar suvni kam yutishi, birjinsiligi va mayda donaligi bilan xarakterlanadi. G'ovak keramika g'ovakligi va yuqori nam yutishligi bilan farq qiladi. Keramik buyumlar tarkibi 8.1-jadvalda keltirilgan.

8.1-jadval

Keramik buyumlar tarkibi

Buyumlar	Kimyoviy tarkibi, mass.%					G'ovak ligi, %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O+Na ₂ O	
Kislotalardosh plitkalar	51-68	24-38	1-5	1-2,5	0,5-5	2-4
Kislotalardosh g'isht	55-70	15-25	1-5	1-2,5	0,5-2	4-8
Apparatura keramikasi	50-67	23-34	1-1,4	1-1,4	2-6	< 1
Farfor	60-67	20-22	0,3-0,4	0,4-0,5	4-4,5	< 0,1

Zich keramika buyumlari mineral kislotalarda (erituvchi kislotadan tashqari) yuqori kislotalardoshlik namoyon qiladi, ba'zi keramika turlari ishqorlarning kuchsiz va o'rta konsentrasiyalı eritmalarida chidamli bo'ladi. Mo'rtlik va haroratning keskin o'zgarishiga sezgirlik keramika buyumlarining kamchiligi hisoblanadi. Shuning uchun bunday buyumlarni ishlatishda haroratni asta-sekin, minutiga 2-3°S oshirib borish tavsiya etiladi.

Keramik detallar va apparatlar zarblarga, siltashlarga, egishga chidamaydi. Keramikadan futerlash plitkalari, kuvur o'tkazgichlar, reaktorlar, sovutkichlar, absorberlarning detallari va b. tayyorlanadi.

Farfor suv va gazni o'tkazmaydigan nozik kristalli material hisoblanadi. Uni 1300-1450°S haroratda pishirish orqali hosil qilinadi. Farfor kislotalardosh, erituvchi kislota ham emira olmaydigan, qattiq, ishqalanishga chidamli, yuqori mustahkamlikka ega, issiqbardosh, haroratning keskin

o'zgarishini sezmaydigan ($20-1000^{\circ}\text{S}$), g'ovakligi juda past. Farfordan tayyorlangan apparaturalar ochiq alangada qizdirilganda ham chidaydi.

Farfor farmasevtika, oziq-ovqat, parafyumeriya sinoatida, ya'ni juda toza mahsulot ishlab chiqariladigan barcha sohalarda apparatlar tayyorlash uchun qo'llaniladi. Kimyo sanoatida undan kichikroq sig'imli apparatlar, vakuum-apparatlar, filtrlar, tigllar, kosachalar va boshqalar yasaladi. O'tga chidamli materiallarning tursh, yarimtursh, samot, talk ko'rinishlari mavjud. Ular bir-biridan kimyoviy tarkibi bilan farq qiladi va ma'lum bir muhitlarda ishlatish uchun mo'ljallangan. O'tga chidamli materiallar asosan yuqori haroratlarda ishlovchi apparatlar va pechlar uchun futerlovchi hamda qurilish materiali sifatida ko'p ishlatiladi.

G'ovak keramikadan elektrolit vannalar uchun filtrlovchi elementlar tayyorlanadi. Ulardan filtrlovchi plitkalar, porolit plitkalar, kislorod qurilmalari uchun filtrlar yasaladi. Ulardan katalitik jarayonlarning oxirgi bosqichlarida gazni nozik tozalash maqsadida foydalaniladi.

Filtr-presslarda g'ovak keramika plastinkalari orqali suspenziyalar filtrlanadi. Shuningdek g'ovak keramikadan elektrolizyorlar uchun diafragmalar tayyorlanadi.

8.1.4. Bog'lovchi materiallar

Bog'lovchi moddalar – to'ldiruvchilarni o'zaro bog'lab, fizik-kimyoviy jarayonlar tufayli qotib, yaxlit muhit hosil qiladigan moddalardir. Bunda bog'lovchi moddalar – to'ldiruvchi toshlar, zarrachalar va donalarni o'zaro biriktirib quyuq massa holidan qattiq monolit tosh shakliga olib o'tadi.

Bog'lovchi moddalar tarkibiga ko'ra *organik va noorganik (mineral)* guruhlariga bo'linadi. Organik bog'lovchilarga yuqori molekulali uglevodorodlar aralashmasidan tashkil topgan

bitumlar, qatron, elimlar, polimerlar kiradi. Noorganik bog'lovchilarga sement, ohak, gips, suyuq shisha va b. kiradi.

Mineral bog'lovchi moddalarga *sementlar* kiradi. Ularning tarkibiga un qilingan kislotali yoki ishqorga chidamli to'ldiruvchilar qo'shiladi. Ishqorli muhitlar uchun to'ldiruvchi sifatida CaO va MgO kabi asosiy oksidlar, kislotali muhitlar uchun esa SiO_2 to'ldiruvchi qo'shilgan sementlar ishlatiladi.

Kislotaga chidamli sementlar ezib maydalangan to'ldiruvchi (kvars qumi, granit, bazalt va b.) bilan silikat natriyning suvli eritmasini qo'shib tayyorlanadi. Bunday sementlar konsentrlangan kislotalarga (HF va H_3PO_4 dan tashqari) chidamli, suvda ancha chidamsiz va ishqorlar eritmasida hamda ishqorli metallarning karbonatlarida emiriladi. Ular yuqori mexanik mustahkamlikka, metallarga va boshqa materiallarga nisbatan yaxshi adgeziyaga ega.

Sement metall va boshqa apparaturalarni futerlash uchun, plitkalar, g'ishtlar, bloklarni mahkamlash uchun va mustahkam, o'tkazmaydigan choklarni berkitish uchun foydalaniladi.

Beton mustahkam, qattiq tosh ko'rinishidagi jismdir. Uni sement, suv hamda shag'al, sheben, kvars qumi kabi to'ldiruvchilar bilan qo'shib tayyorlangan beton qorishmasidan hosil qilinadi. Betonlar cho'zilish va egilishga unchalik yuqori bo'lmagan chidamlilikka ega. Bunday kamchiliklarni bartaraf qilish uchun uni po'lat armaturalar (ba'zan sterjen yoki sim) bilan kuchaytiriladi. Bunday kombinasiyadagi qotishma *temir-beton* nomi bilan mashhurdir.

Kislotabardosh betonlarni natriy silikati (suyultirilgan shisha), ʻyotishni tezlashtiruvchi Na_2SiF_6 , hamda andezit, diabaz, marshallit, kvars, kislotaga chidamli keramika chiqindilari aralashmalaridan tayyorlanadi. Bunday beton yuqori mexanik mustahkamlikka kimyoviy chidamlilikka ega. U HF va H_3PO_4 dan tashqari barcha kislotali muhitlarda bardoshlidir. Undan inshootlarning fundamentini qurishda, katta gabaritli inshootlar –

minora, rezervuarlar, tindirgichlar va boshqalarni barpo etishda foydalaniladi.

Odatdagi xom ashyolardan polimer materiallar qo'shib tayyorlanadigan betonlar *polimerbetonlar* deyiladi. Bunday betonlarga bog'lovchi sifatida furanli, epoksidli, poliefirli, akrilli va boshqa smolalar qo'shiladi. Polimerbetonlar katta zichlikka, kislotalar va ishqorlarga nisbatan yuqori bardoshlilikka, a'lo darajadagi fizik-mexanik xossalarga ega. Ular polllarni qoplash, konstruksiyalarni tiklash, gidroinshootlarni yaratish, ko'priklar qurish uchun ishlatiladi.

Kimyo sanoatida ko'pincha yuqori haroratlarda ishlovchi kurilmalar yaratishga to'g'ri keladi. Bunday sharoitlar uchun yuqori haroratlarga chidamli *issiqbardosh betonlar* yaratilgan. Ular to'ldiruvchilarning tarkibi (xromli jeleznyak, shamot va b.) va sementning markasi bilan farq qiladi. Bunday betonlar uchun yuklama ostida deformasiya boshlanadigan harorat 1000–1100°S ni tashkil qiladi.

8.2. Organik birikmalar asosidagi korroziyabardosh nometall materiallar

Organik birikmalar asosida ko'psonli korroziyabardosh materiallar ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan. Birlamchi birikmalarning xilma-xilligi, ular kombinasiyasi variantlarining ko'pligini inobatga olib aytish mumkinki, bunday materiallar soni sanoqsiz va kelgusida yana ortadi. Shuning uchun bunday birikmalarning asosiy sinflari va ularning vakillari haqida to'xtalish maqsadga muvofiqdir. Kimyoviy mashinasozlikda plastik massalar, kauchuklar asosidagi materiallar va ko'mir-grafit materiallar keng qo'llaniladi.

8.2.1. Polimer materiallar

Polimer materiallar yuqori molekulali organik birikmalardan tayyorlanadi. Birlamchi xom ashyo sifatida odatda past

molekulali birikma-lar xizmat qiladi. 8.2-jadvalda amalda qo'llaniladigan dastlabki birikmalar va yuqori molekulali organik birikmalarning takrorlanadigan zvenolari keltirilgan.

8.2-jadval

**Dastlabki birikmalar va yuqori molekulali organik
birikmalarning takrorlanadigan zvenolari**

№	Polimerning nomi	Dastlabki polimer	Takrorlanadigan zveno
1.	Polietilen	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	$-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$
2.	Polipropilen	$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$	$-\text{CH} - \text{CH}_2 -$ CH_3
3.	Poliizobutilen	$\text{CH}_3 \diagup \text{C} = \text{CH}_2$ $\text{CH}_3 \diagdown$	$-\text{C} - \text{CH}_2 -$ CH_3
4.	Polivinilxlorid	$\text{CH}_2 = \text{CHCl}$	$-\text{CH}_2 - \text{CH} -$ Cl
5.	Polistirol	$\text{CH}_2 = \text{CH}$ C_6H_5	$-\text{CH}_2 - \text{CH} -$ C_6H_5
6.	Ftoroplast-3 (triftoxloretillen)	$\text{CF}_2 = \text{CFCl}$	$-\text{C} - \text{C} -$ $\text{F} \quad \text{F}$ $\text{F} \quad \text{Cl}$
7.	Ftoroplast-4 (tetraftoretillen)	$\text{CF}_2 = \text{CF}_2$	$-\text{CF}_2 - \text{CF}_2 -$

Makromolekulalar chiziqli, tarmoqlangan yoki fazoviy strukturaga ega bo'lishi mumkin. Isitilganda plastik bo'lib, sovutilganda yana qaytib qattiq holatga o'tadigan yuqori molekulali birikmalar *termoplastiklar* deyiladi.

Qizdirilganda qattiq holatga o'tib, sovutilganda o'zining dastlabki holatiga qaytmaydigan polimerlar – *termoreaktiv polimerlar* deyiladi. Ulardan sun'iy tolalar, plyonkalar olib bo'lmaydi.

Korroziyaga qarshi texnikada eng ko'p foydalaniladigan termoplastlar sifatida polietilen, polipropilen, ftoroplast, polivinilxlorid i poliizobutilenlarni ko'rsatish mumkin.

Reaktoplastlar asosidagi kimyoviy chidamli qoplamalarning asosiy qismi tarkibida polimer asos sifatida epoksidli, fenolformaldegidli, epoksin qorishmali, poliefirli va vinilefirli smolalarni, shuningdek past molekulyar hamda yuqori molekulyar karbo- va geterozanjirli kauchuklar: polibutadien, xlorprenni saqlaydi.

Termoplastik va termoreaktiv polimer materiallar birinchidan, agressiv muhitlar bilan ta'sirlashish qonuniyatlarida prinsipial tafovutga ega. Ikkinchidan, bu materiallar himoyalananadigan metall sirtiga turli xildagi texnologiyalar asosida yotqiziladi.

Gidrofob termoplastik polimerlar asosidagi materiallar uchun bug'lanmaydigan elektrolitlarda past eruvchanlik va o'tkazmaslik xossalari xarakterlidir. Biroq eritmaga organik erituvchilarning juda oz miqdordagi aralashuvi ham bunday xossalarni yo'qqa chiqarishi ham mumkin. Bug'lanuvchan elektrolitlar uchun bunday qoplamalarning teshilish vaqti juda sezilarsizdir.

Reaktoplastlarning o'ziga xos tomonlari shundan iboratki, bu guruhdagi barcha polimerlar u yoki bu darajada suvga nisbatan o'tkazuvchan hisoblanadi. Elektrolitlarning asosiy massasi uchun polimerlarga suvning o'tishi eritmaning boshqa tashkil etuvchilariga nisbatan katta tezlik bilan amalga oshadi. Bu esa amalda polimerlarning bo'rtishiga olib keladi. Biroq reaktoplastlar izolyasiyalovchi material sifatida qator afzalliklarga ega. Ular uchun kislotaning asosiy materialga o'tishiga to'sqinlik qiluvchi diffuziya koordinatasi bo'yicha kislotalarning pog'onali taqsimlanish profilining mavjudligi xarakterlidir. Bu esa agressiv kislotalar ta'siridan to'la izolyasiyalangan tarzda ishlashni ta'minlaydi. Bunday zolyasiya rejimi bug'lanmaydigan va bug'lanadigan kislotalar uchun ham amalga oshirilishi mumkin.

Reaktoplastlar asosidagi materiallar yuqori agressivlikka ega bo'lgan muhitlarda ishlash uchun muhim ahamiyatga ega bo'lgan choksiz, monolit qoplamalar hosil qilish imkonini beradi. Bunday materiallardan ko'p qavatli polimer konstruksiyalar olish mumkin. Masalan, kimyoviy agressiv muhitlar sharoitida ishlatiladigan texnologik jihozlarning ichki sirtini himoyalashga mo'ljallangan, qalin qavatli (1-2 mm) polimer qoplamasidan iborat «VIKOR» antikorrozion qoplamalar tizimi bunga misol bo'ladi.

Yuqori polimer birikmalar konstruksion materiallar, futerlovchilar, loklar, pastalar sifatida ko'plab ishlab chiqariladi.

Polimerlarning xossalari ularning kimyoviy tarkibi, molekulyar massasi, makromolekulalar shakli, strukturasi, dispersligi va shu kabilarga bog'liq.

8.2.2. Oddiy polimerizasion plastik massalar

Qizdirilganda va bosim ostida olgan shaklini qotgandan va sovitilgandan so'ng uzoq vaqt o'zgarishsiz saqlay oladigan polimerlardan plastik massalar (plastmassalar) hosil qilinadi. Oddiy plastmassalar-ning asosiy xarakteristikalari 8.3-jadvalda keltirilgan.

Polietilen — termoplastik polimer *hisoblanadi*. Dastlabki monomer – etilen S_2N_4 tabiiy gazdan olinadi. Polimer olish past yoki yuqori bosim usulida amalga oshirilishi mumkin. Yuqori bosim ostida olingan polietilen 1800–2500, past bosim ostida olingani esa 2500-3500 molekulyar massaga ega. Past bosim ostida olingan polietilen ancha yuqori mustahkam-lik va kimyoviy chidamlilik ko'rsatkichlariga ega. Xona haroratida polietilen qattiq elastik material bo'lib, 60-70°S temperaturagacha o'z xossalarini saqlaydi, 110–120°S haroratda yuqori elastiklik holatiga o'tadi.

Polietilen sovuqda birorta ham erituvchida erimaydi, biroq 70-80°S haroratda u ko'pgina uglevodorodlarda eriydi. Polietilen

kislotalar, ishqorlar va tuzlarning eritmalari ta'siriga chidamli bo'lib, oksidlovchi muhitlar ta'sirida osongina parchalanishi mumkin. Undan mustaqil konstruksion material sifatida ham foydalanish mumkin. Undan quvurlar, nasos detallari, turli xildagi butlovchi qismlar tayyorlanadi. Vakuum- shakllantirish orqali undan yirik gabaritli armaturalar ham tayyorlash mumkin.

Polietilenni qo'shimcha qo'ndirmalarni qo'llamasdan, qizdirilgan bo'laklarni birlashtirish orqali yaxlitlash mumkin. Metall konstruksiya-larga ularni korroziyadan yaxshi himoya qiluvchi polietilenni nuqtali yopishtirish va gaz-alangali purkash usullari ishlab chiqilgan.

Polietilen lok bilan dastlab ishlov berilgan sirtlarga purkash meto-di yoki uyurmali usulda qoplanadi. Birinchi holda kukunsimon polietilen zarrachalari havo aralashgan asetilen alangasi orqali o'tadi. Bunda zarrachalar erib, plastik holatdagi suyuq tomchilarga aylanadi va metall sirtiga zarb bilan urilishi natijasida unga yopishib yaxlit qoplama hosil qiladi. Ikkinchi holda kukunsimon polietilen havo oqimi bilan 250-300°S gacha qizdirilgan metall sirtiga yo'naltiriladi.

Polipropilen — polietilenga nisbatanancha chidamli (8.3-jadval). U yuklama ostida 100°S haroratda ham uzoq vaqt ishly oladi. Yumshash haroati 160-170°S bo'lib, -30÷-35 haroratgacha ishchi holatini saqlaydi. Polipropilen kislotalar (96% gacha bo'lgan H_2SO_4 eritmalarida, konsentrlangan HNO_3 da), organik erituvchilar, aromatik uglevodorodlar, mineral va o'simlik moylarida yuqori bardoshlilik namoyon etadi. Biroq, oleum, xlorosulfon kislotasi, tutaydigan azot kislotasi va brom suvida barqaror emas.

Polipropilendan turli qalinlik va har xil o'lchamdagi listlar, kuvurlar, elektrotexnik va mashinasozlik detallari, gaz va nam o'tkazmaydigan plyonkalar tayyorlanadi. Undan apparatlarni futerlash maqsadida ham keng foydalaniladi. Undan

tayyorlanadigan jihozlarning xizmat muddati 6–8 yilni tashkil qiladi.

Polivinilxlorid — zichligi $1,4 \text{ kg/m}^3$ ga teng kukun bo'lib, undan qayta ishlash orqali qattiq (viniplast) yoki yumshoq plyoka materiallari olinadi. Polivinilxlorid olish uchun dastlabki xom ashyo — xlorvinil $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$ hisoblanadi. Xlorvinil -14°S haroratda kondensasiyalanib suyuqlikka aylanadigan gaz hisoblanadi.

Viniplast — molekulyar massasi 1800 dan 120000 gacha bo'lgan termoplas-tik material. Viniplast deyarli barcha mineral kislotalar (yuqori konsen-trasiyalı HNO_3 va oleumdan tashqari), ishqorlar, tuzli eritmalar, organik erituvchılarda chıdamlı hisoblanadi. U 140°S haroratgacha plastik, unga qizdirish orqali istalgan shaklnı berish mumkin. Biroq, viniplastning quyidagi kamchılıkları ham mavjud: ishchi haroratining pastlıgı ($40\text{--}50^\circ\text{S}$), past zarbli qovushqoqlik, chiziqli termik kengayish koeffisientining kattalıgı, yuklama ostida asta-sekin deformasiyalanishi.

Viniplastdan $+50$ dan -20°S gacha haroratda ekspluatasiya qilinadigan apparatura detalları tayyorlanadi, u osongina payvandlanadi. Mustaqil material sifatida quvurlar, ventilyatorlar, issiqlik almashtirgich apparaturaları tayyorlashda foydalaniladi. Agressiv muhitli inshootlarda ventilyasion sistemalar yasashda ishlatiladi. Apparatlarnı ximoyalash uchun qalınlıgı $0,6\text{--}0,9 \text{ mm}$ bo'lgan plyonka shaklidagi viniplast ishlatiladi. Perxlorvinil elimi yordamida u yog'och, metall va betonga yopishtirilishi mumkin.

Polistirol — qattiq, kislotalarning eritmalarida, ishqorlı muhitlarda, yorug'likka chıdamlı material. Polistirol -80 dan $+110^\circ\text{S}$ gacha haroratlarda eng yaxshi dielektrik hisoblanadi. Undan izolyatorlar, fason buyumları, turli xildagi lentalar, o'tkazgichlar uchun izolyasiya mahsulotlari va quvurlar tayyorlanadi. Polistirol organik erituvchılarda eriydi.

Ftoroplastlar – o'ta yuqori kimyoviy bardoshli va texnikada tengi yo'q antikorrozion material hisoblanadi.

Politetraftoretillen – *ftoroplast-4* tetraftoretillen $[-CF_2-CF_2-]_n$ ning polimeri, ya'ni to'la ftorlangan etilen hisoblanadi. U yuqori kimyoviy chidamlilikka ega bo'lib, ishqorli materiallar eritmasida, ftor va ftorli kerosin muhitlarida emiriladi.

Ftoroplast-4 ning muhim xossalaridan biri – uning issiqbardoshligi, u -90 dan $+260^{\circ}S$ gacha bo'lgan harorat intervalida o'z xossalarini umuman o'zgartirmaydi. Ishqlanish koeffisientining kichikligi va past haroratlarda ham mustahkamligi uning ijobiy tomonlari hisoblanadi.

Ftoroplast-4 – a'lo jarajadagi dielektrik, deformasiyaga chidamli, mo'rt emas. Uning molekulyarnaya massasi 400000-500000 gacha etishi mumkin. Kamchiligi – metallar va boshqa materiallarga nisbatan adgeziyasining sustligi.

Ftoroplast-4 kimyoviy chidamli quvurlar, shlanglar, prokladkalar, salniklar, kislotalar uchun klapanlar va filtrlar tayyorlash uchun ishlatiladi. Undan yuzasi 4500 m^2 gacha bo'lgan issiqlik almashtirgichlar yasash uchun foydalaniladi.

Ftoroplast-3 – triflorxlor-etilen $[-CF_2-CFCl-]_n$ ning polimeri hisoblanadi. U maydadispers, oson sochiluvchi kukun holatida ishlab chiqariladi va $210^{\circ}S$ temperaturada eriydi. Qo'llanilish chegarasi $70^{\circ}S$ gacha, mexanik yuklamalar bo'lmagan holda $100^{\circ}S$ gacha. Suvda ho'llanmaydi, suv bilan bo'kmaydi, azot, sulfat, xlorid kislotalarning eritmalarida hamda ishqorlarning konsentrlangan eritmalarida chidamli.

Ftoroplast-3 fason buyumlar va zichlovchi elementlar tayyorlash uchun ishlatiladi. Undan plyonkalar olinadi, metallar sirtiga korroziyadan himoyalash uchun qoplamalar hosil qilinadi. Bunday qoplamalar uglerodli va legirlangan po'latlarda, alyuminiy va uning qotishmalarida yaxshi yopishadi.

Oddiy plastmassalarning fizik-kimyoviy va mexanik xossalari

8.3-jadval

No	Fizik-kimyoviy xossalari	Polietilen	Polipropilen	Polistirol blokli	Polivinilxlorid	Ftoro-plast-4	Ftoro-plast-3
1.	Zichligi, kg/m ³	920-930	900	1100	1330-1430	2160-2260	2100-2160
2.	Mustahkamlik chegarasi, Mpa: Cho'zilishdagi Siqilishdagi Egilishdagi	12-16 12-15 12-17	25-40 60-70 80-110	35-50 80-100 85-100	40-60 80-100 90-120	14-25 12-20 11-14	35-40 50-60 60-80
3.	Nisbiy uzayish, %	500-600	350-800	1,5-2	10-25	250-500	20-40
4.	Solishtirma hajmiy elektr qarshiligi, Om·m	10 ¹⁵	8·10 ¹³	10 ¹⁴ -10 ¹⁵	10 ¹² -10 ¹⁴	10 ¹⁵ -10 ¹⁶	1,2·10 ¹⁶
5.	Dielektrik singdiruvchanligi (50 Gs chastotada)	2,2-2,3	2,0-2,5	2,6	4,1	1,9-2,2	2,5-2,7
6.	Dielektrik yo'qotishning tangens burchagi, ·10 ⁴ (50 Gs chastotada)	3	2-5	3-4,5	100	2-3	0,02-0,05
7.	Elektr mustahkamligi, kV/m	45-60	35	20-25	15-45	20-30	13-15
8.	Martens bo'yicha issiqlikka chidamligi, °S	60	100-110	80	65	260	70-80
9.	Sovuqlikka chidamligi, °S	-70	-35	-20	-20	-270	-195
10.	Yumshash harorati, °S	110-120	160-170	100	160-170	327	210
11.	Qo'llaniladigan harorat chegarasi, °S	80-110	140-150	60-70	60	260	120

Ftoroplast-3 dan tayyorlangan plyonkalar metallar sirtiga etil spirtining ksilol bilan aralashtirilgan suspenziyasidan surkash orqali hosil qilinadi. Shundan keyin u oldin 50–60 °S, so'ngra 150 °S haroratda quritiladi. Quritilgan qoplama 10–20 minut tavomida 260–270 °S haroratda eritilib metall yoki qotishma sirtiga yopishtiriladi.

Ftoroplast-3dan tayyorlangan plyonkalar kislotalarga, tuzlarning eritmalariga chidamli bo'lganligi sababli ular xlor va juda toza mahsulotlar ishlab chiqariladigan korxona hamda zavod apparaturalarida foydalaniladi.

8.2.3. Murakkab polikondensasion plastik massalar

Bu sinfdagi eng ko'p tarqalgan plastmassalardan biri – fenolformal-degid plastik massasidir. To'ldiruvchilar qo'shilgan ular asosidagi kompozision materiallar va qavatli plastiklar sanoatning turli sohalarida keng foydalaniladi.

Fenol-formaldegid smolalari polikondensasiya reaksiyalari bo'yicha suv ajralishi bilan kechadigan jarayonda olinadi. Fenollarning aldegidlar bilan polikondensasiyasi kislotali yoki asosiy katalizatorlar ishtirokida olib boriladi.

Qizdirilganda yoki qotiruvchilar ishtirokida smolalar to'rsimon tuzilishga ega bo'lgan polimerlarga o'tadi. To'ldiruvchilarning turiga ko'ra *fenoplastlar* uch turga bo'linadi: presslangan, tolasimon va qavatli. Fenoplastlarning fizik-kimyoviy va mexanik xossalari 8.4-jadvalda keltirilgan.

Asbotoladan (asbovoloknit) umumtexnik maqsadlar uchun mo'ljallangan buyumlar (pereklyuchatellar, flanslar, dastaklar, shesteryonkalar) olinadi. Material suv, kislotalarning kuchsiz eritmali, ishqorlar ta'siriga 300°S haroratgacha yaxshi chidaydi.

Faolit — rezol smolasi va asbest asosida tayyorlanadi. U sulfat kislotasi (o'rtacha konsentrasiya va 50°S gacha), xlorid kislotasi (o'rtacha konsentrasiya, 100°S gacha), uksus, fosfor kislotalari (80°S gacha), limon kislotasi (70°S gacha) da bardoshli

hisoblanadi. Shuningdek faolitet turli xildagi tuzlarning jumladan, natriy va kalsiyning eritmasida (100°S gacha), xlor va oltingugurt angidri gazlarining atmosferasida chidamlidir. U azot kislotasi, o'yuvchi kislotasi va ishqorlarga chidamsiz hisoblanadi.

Faolitetdan sig'imlar, rektifikatsion minoralar, sovutkichlar, armaturalar, quvurlar kabi xilma-xil buyum va jihozlar tayyorlanadi. U ancha mo'rt bo'lsada, mexanik mustahkamligi bo'yicha kislotabardosh keramikadan ustun turadi, uni $130\text{--}150^{\circ}\text{S}$ haroratgacha ishlatish mumkin.

Shisha tolalilar (Steklovoknitvi) — mustahkam, titrash yuklama-lariga bardoshli, yuqori solishtirma mustahkamlikka ega material bo'lib, agressiv muhit va mikroorganizmlar ta'siriga chidamli.

Tekstolit — fenol-formaldegid smolasi va qotiruvchilar shimdirilgan, paxta-qog'oz matolari yoki boshqa qavatli birikmalar (masalan, asbest matosi) dan presslanib tayyorlanadigan material. Bunda smola shimdirilgan paketlar $145\text{--}150^{\circ}\text{S}$ gacha qizdirilgan gidravlik press plitalari orasida qisiladi. Tekstolit faolitetdan mustahkamroq, undan kuchlanish uzatuvchi detallar — shesternalar, po'lat arqonlar uchun roliklar, muftalar va shu kabilarni tayyorlashda foydalaniladi.

Shishatekstolit — tolali materiallarga mansub. To'ldiruvchilar sifatida orientirlangan elementar tolalar, shisha-jgutlar yoki turlicha to'qilgan shishatolali materiallar qo'llaniladi. To'ldiruvchilarning ko'rinishi, shakli va joylashuvi shishatekstolitning xossalari asosiy ta'sirni o'tkazadi. Shishatekstolitlarning mustahkamlik xossalari juda yuqori. Solishtirma mustahkamligi bo'yicha ular po'lat, dyuralyuminiy va titandan qolishmaydi, ba'zan o'xshash ko'rsatkichlar bo'yicha ulardan yuqori ham turishi mumkin.

Shishaplastlar zarb ta'siriga va dinamik yuklamalarga yaxshi qarshilik ko'tsata oladi, konstruksiya elementlarining tebranishini so'ndira oladi. Ular elektrolitlar, moylar, suyuq yoqilg'ilar

ta'siriga chidamli. Ulardan agressiv suyuqliklarni tashish va saqlash uchun katta gabaritli konstruksiyalar va sig'imler tayyorlanadi. Bog'lovchi materiallar sifatida epoksid, pliefir va kremniyorganik moddalar qo'shish orqali shishaplast-larning mustahkamligi va issiqlik o'tkazuvchanligini yanada oshirish mumkin.

Silikonli smolalar yoki kremniyorganik polimerlarning asosiy zanjiri kremniy va kislorod elementlarini saqlaydi (polisiloksanlar, umumiy formulasi R_2SiO , bunda R – radikal). Molekulyar bog'larning xarak-teri va radikllarning tabiatiga qarab, silikonlar smola, kauchuksimon modda yoki yog' ko'rinishida olinishi mumkin. Bunday birikmalar asosida issiqbardosh loklar, surkovlar, silikon kauchuklari, qavatli plastiklar ishlab chiqariladi.

Kremniyorganik qoplamalarni oddiy usullar: detalni botirish, purkash, cho'tka bilan surkash va h.k. bilan qoplash mumkin. Qoplamaning to'la qotishi uchun 200-250°S harorat va 5-10 saot vaqt talab etiladi. Loklar 200°S dan yuqori haroratlarda uzoq vaqt ishlatilishi mumkin. Ayniqsa bunday sharoitlarda *fenil-silikonlar* bebaho hisoblanadi. Ularni titan oksidlari bilan qo'shib, 600°S haroratga bermalol chidaydigan qoplamalar hosil qilinadi.

Silikonli kauchuklardan yuqori haroratlarda ishlatiladigan prokladkalar va zichlovchilar tayyorlanadi. Silikonli polmer qoplamalari kislorodga, azonga, nam atmosferaga 500-550°S haroratgacha bardoshli hisoblanadi. To'ldiruvchilar sifatida alyuminiy va titan ishlatiladi.

Fenoplastlarning fizik-kimyoviy va mexanik xossalari.

8.4-jadval

Fizik-kimyoviy xossalari	Press-kukunlar*		Tolalilar			Qavatli plastiklar		
	Buralma	Rezolli	Asbotola	Folit	Shishatola	Tekstolit	Asbest-tekstolit	Shisha tekstolit
To'ldiruvchi:	Yog'och uni va kaolin	Kvars uni	Asbest to'lasi	Asbest to'lasi	Shisha to'lasi	Tekstil mato	Asbest mato	Shisha mato
Zichligi, kg/m ³	1400	1750—1900	1950	1650	1700—1800	1300—1400	1500—1700	1700—1900
Mustahkamlik chegarasi, Mpa: cho'zilishda siqilishda egilishda	30—50	50—10	30	20—30	80—200	80—120	80—100	270—300
	60	85—115	70	30—60	100—200	120—160	100—130	140
	15	150—200	110	50—90	130	230—250	300—320	—
Solishtirma hajmiy elektr qushiligi, om·m	5·10 ³	5·10 ¹¹ —5·10 ¹²	10 ⁴	10 ⁴	10 ¹⁰	10 ⁸	10 ⁷	10 ¹² —10 ¹³
Elektr mustahkamligi, kV/m	7—13	16—29	1,1	—	13	6—8	0,5—0,9	10—24
Dielektrik yo'qotishning tangens burchagi, 10 ⁶ Gs chastotada	0,04—0,09	0,012	0,8—1,0	—	0,05	0,02—0,08	0,8—0,9	0,02—0,03 10 ¹⁰ Gs chastotada
Presslash temperaturasi, °S	150	170	170—190	200	150—170	140—170	145—170	150—170
Qo'llashning temperatura chegarasi, °S	140	140	200—300	120—160	200	100—120	200	250

*Buralmali (ortiqcha fenol, katalizator — kislotani; rezolli (ortiqcha formaldegid, katalizator — hnoor);

*Buralma (ortiqcha fenol, katalizator - kislotasi), rezolli (ortiqcha formaldegid, katalizator - ishqor);

Do'stov H.B.

Epoksid smolalari – ko'p atomli fenollar bilan epoksigidroguruh (masalan, epixlorgidrin) polikondensasiyasining mahsulidir. Epoksid smolalari asosidagi kompozitsiyalar kimyo sanoatida keng qo'llaniladi. Epoksid smolalari metallga nisbatan yaxshi adgeziyaga ega, qotgandan keyin ishqor, benzin, aseton, xlorid kislotasi va noorganik tuzlar eritmalarining ta'siriga chidamli bo'ladi.

Epoksid smolali qoplamalar mo'ri quvurlari, bug'lantirish apparatlari, quritgichlar, qaynoq suyuqliklarni haydash nasoslari, kreking qurilmalarini korroziyadan himoyalash uchun keng qo'llaniladi.

8.2.4. Kauchuklar va rezinalar

Natural kauchuklar (NK) – tarkibida kauchuk moddasi bo'lgan tropik o'simlik-larning sutsimon sokidan olinadi. Sokka kislotali ishlov berilgandan so'ng hosil bo'lgan mahsulot yoyilib, shakl beriladi.

Sintetik kauchuklar (SK) cheklanmagan birikmalarni polimerlash yo'li bilan olinadi. Dastlabki material tarkibi va ularga ishlov berish sharoitiga bog'liq holda turlicha xossali va har xil chidamlilikka ega bo'lgan kauchuklar ishlab chiqariladi (8.5-jadval).

Kauchuklar – yuqori molekulali birikmalar bo'lib rezina, ebonit va loklar, elimlar, bog'lovchi moddalar olish uchun foydalaniladi. Kauchuklar chiziqli tuzilishga ega bo'lib, yuqori elastikligi va ishchi temperatura diapazonining kengligi bilan ajralib turadi. 100°S haroratda ular mo'rt bo'lib qoladi, 200°S da esa suyulib qoladi (8.6-jadval).

Rezina va ebonit – kauchukni vulkanizatsiyalash tufayli olingan mahsulotlardir. Bu jarayon vulkanizator moddalar (ko'pincha oltingugurt, metall oksidlari) ishtirokida, yuqori temperaturalarda amalga oshiriladi. Kiritilayotgan vulkanizatorning miqdriga qarab yumshoq rezina (2–4 % S),

yarimqattiq rezina (12–20 % S) va qattiq rezinalar (30–50% S) olinadi. Oxirgi mahsulot ebonit deb nomlanadi.

Rezinalar noyob yuqori, teskari deformasion qobiliyatga egaligi, elastikligi, mustahkamligi, sidirilishga va agressiv muhitlar ta'siriga yuqori qarshiligi, gaz va suv o'tkazmasligi bilan ajralib turadi.

Butadien-stirol kauchuk (SKS) – butadien va stirolning sopolimeri hisoblanadi. Uning asosidagi ebonitlar yuqori kimyoviy chidamliligi bilan xarakterlanadi. Ular quruq va nam xlorga, konsentrlangan uksus kislotasiga 65°S gacha chidamli, shuningdek 36 % li xlorid kislotasida 80°S haroratda uzoq vaqt ishlatilishi mumkin.

Butadien-nitril kauchuk (SKN) – butadien va akrilonitril kislotasi-ning sopolimeri hisoblanadi. Uning asosidagi rezinalar benzin, moyga chidamli, abraziv eyilishga nisbatan yuqori qashilikka va issiqlikka yuqori bardoshga ega (100°S gacha).

Xlorpren kauchugi – *nairit* deb nomlanadi. U asosan arzon va serob xom ashyo hisoblangan – asetilen va vodorod xlorididan olinadi. Nairitlar organik erituvchilarda yaxshi eriydi, himoyalanadigan sirtga oson surkala-digan, qovushqoqligi kichik va konsentrlangan eritmalar hosil qiladi. Nairitdan tayyorlangan vulkanizasiyalanmagan qoplamalar termoplastik hisoblanadi. Ular 40°S dan yuqori haroratlarda yumshoq bo'lib qoladi. Agarda ularni bir necha kun 60–70°S haroratda sulfat kislotasi yoki natriy xlor eritmasida saqlansa, qoplama vulkanizasiyalanib rezina xossalari oladi. Nairit qoplamalari eskirmaydigan, 70°S haroratda ham kislotalarda, ishqorlarda va tuzli eritmalarda chidamli. Qisqa muddatli 90–95°S qizdirishlarga bardosh beradi.

Sintetik kauchuklarning xarakteristiklari

Kauchukning nomi	Dastlabki monomerlar	Maxsus xossalari
Butadien (SKB)	Butadien $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$	
Butadien stiroli (SKB)	Butadien $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ Stirol $\text{CH}=\text{CH}_2$ $\text{CH}_2=\text{CH}$ C_6H_5	
Izoprenli	Izopren $\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$ CH_3	
Butadien nitrili (SKB)	Butadien $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ Akrlonitril $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$	Yuqori issiqlik-, benzo-, moy chidamlilik
Xlorpereni (nairit)	Xlorperen $\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$ Cl	Yuqori issiqlik-, benzo-, moy chidamlilik
Butilkauchuk	Izobutilen $\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$ CH_3 CH_3 Izopren $\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$ CH_3	Yuqori kimyoviy bardoshlilik
Silikonli (SKT)	Kremniy organik birlamalar	-60°S dan +300°S gacha bo'lgan keng intervalda ishlaydi

Kauchuklar va ular asosidagi rezinalarning ba'zi xossalari

Nomi	Kauchuklar			Rezinalar				Xarakterli xossalari
	Zichligi, kg/m ³	Cho'zilishga mustahkamligi, MPa	Nisbiy uzayishi, %	Zichligi, kg/m ³	Cho'zilishga mustahkamligi, MPa	Nisbiy Uzayishi, %	Issiqlik bardoshligi, S	
Narural kauchuk (NK)	910-930	20-30	700-800	917-937	25-34	550-650	80-110	Moy, benzinda bo'kadi; oksidlanadi
Butadien-stirol kauchugi (SKS)	920	3-5	500-600	620-980	20-25	550-650	80-100	Eyilishga yuqori bardoshli; oksidlanadi
Butadien-nitril kauchugi (SKN)	960	3-4,5	500-700	910-980	27-30	550-650	100-110	Suyuq yoqilg'ilar, moylarni shimimaydi;
Nairit	1270	25-30	800-1100	1150-1250	20-35	600-700	110-120	Kimyoviy va atmosfera ta'siriga chidamli
Butilkauchuk	910	15-20	700-850	920	15-22	500-600	120	Atmosfera chidamli, gaz o'tkazmaydi
Polisiloksan kauchugi	1600-2200			1600-2200	4-50	220-300	250-300	Sovuqqa, kislorodga chidamli, gaz o'tkazmaydi
Ftorkauchuklar	1600-2200			1800-1900	20-25	250-550	200-250	Kimyoviy inert, sovuq, kislorod, benzin, moyga chidamli

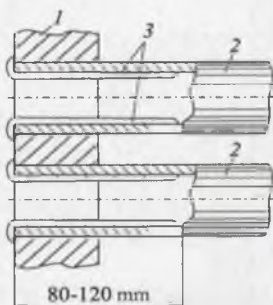
Gummilash (gummirovanie) – kimyoviy apparatlarning sirtlarni rezina yoki ebonit bilan qoplash jarayonidir. Apparatning ichki sirti ikki yoki undan ko'proq qavatli xom rezina listlari bilan ketma-ket qoplanib, har safar vulkanizasiyalanib boriladi. Vulkanizasiyalash o'tkir bug' bilan qizdiriladigan maxsus qozonlarda amalga oshiriladi. Bu jarayon apparatni qaynab turgan suv yoki qaynash harorati 100°S bo'lgan tuzlarning suvli eritmasi bilan to'ldirilgan holda ham amalga oshirilishi mumkin. Xom rezina aralashmasi qizdirilganda mustahkam elastik rezinaga aylanadi. Xloropren kauchuklaridan tayyorlangan qoplamalar yordamida quvur o'tkazgichlari, elektrolizyorlar, rezervuarlar korroziyadan himoyalanaadi.

Xom rezina bilan qoplangan temir yo'l sisternalari yoz paytida issiq atmosfera havosi ta'sirida qo'shimcha qizdirishsiz bir oyda o'z-o'zidan vulkanizasiyalanadi.

Ebonitlar metallga nisbatan yaxshi adgeziyaga ega. Bunday xususiyatdan kimyoviy zavodlarda ko'p uchraydigan qo'sh qavatli qoplamalarni hosil qilishda foydalaniladi. Bunda ichki qavat ebonitdan, tashqi qavat esa yumshoq rezinadan tayyorlanadi. Bunday qo'sh qavatli qoplamalar xlorid, erituvchi, uksus va limon kislotalari, ishqorlar hamda tuzlarning eritmalariga 65°S haroratgacha chidamli hisoblanadi. Ular faqat kuchli oksidlovchi muhitlar — konsentrlangan sulfat kislotasi va azot kislotasida parchalanishi mumkin.

Misol tariqasida rezina qoplamali issiqlik almashtirgich apparatining himoyasini ko'rib chiqamiz. Issiqlik almashtirgich apparatlari po'lat quvurlarining yupqa va bakelitli qoplamalari po'latni korroziyadan etarlicha yaxshi himoyalaydi. Biroq ular uni eroziya va intensiv gidroobraziv eskirishdan himoyalay olmaydi. Shuningdek, issiqlik almashtirgich apparatining bir qismi qattiq mexanik zarrachalar aralashgan suvning harakati tufayli kuchli eyiladi. Bunday hollarda korrozion va abraziv

eskirishga qarshi ishonchli himoyaga faqat rezina qoplamalar yordamidagina erishish mumkin. Haqiqatan ham nairit qoplamalari yaxshi himoyaviy xossalarini namoyish etadi. Bunday issiqlik almashtirgichlari-ni AQSh va Rossiyadagi ba'zi zavodlarda ishlatish tajribalari mavjud (8.2-rasm). Shuni aytish lozimki gummilangan issiqlik almashtirgichlarda issiqlik uzatish koeffisienti himoya qoplamalari bo'lmaganlarnikiga nisbatan kichikroq bo'ladi.



**8.2-rasm. Quvurlar
chetini erozion eyilish
korroziyasidan
nairitdan tayyorlangan
rezina qoplamasi orqali
himoyalash sxemasi.**

1 – qalqon; 2 – quvurlar;
3 – rezina qaoplamalari.

Butilkauchuk – izobutilen va izoperenlarning birgalikdagi polimerla-nish mahsulotidir. U agressiv muhitlar ta'siriga inertligi, gaz o'tkazmasligi va suv shimimasligi bilan ajralib turadi, ba'zi organik erituvchilarga chidamli. Uning asosidagi rezinalar ko'pgina organik erituvchilarning ta'siriga chidamli bo'ladi.

Silikonli kauchuklar yuqori issiqbardosh ($250-300^{\circ}\text{S}$) va sovuqqa (-50 dan -60°S gacha) chidamlili sanaladi. Biroq ularning korroziyabardoshligi past.

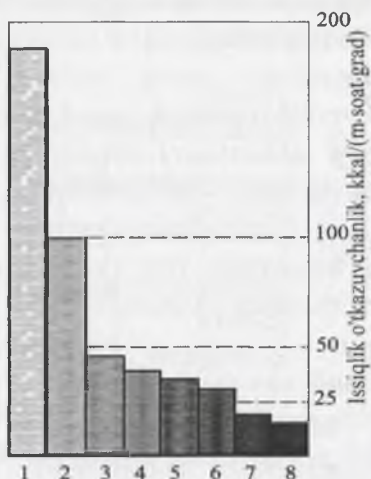
Ftorkauchuklar kimyoviy chidamliligi va issiqbardoshligi bo'yicha birinchi o'rinlarda turadi. Ulardan tayyorlangan buyumlar kuchli agressiv muhitlar va oksidlovchilar ta'siriga 200°S gacha chidaydi. Bu turdagi kauchuklarning kamchiligi – kirishib qisqarishi yuqori bo'lganligi sababli kimyoviy apparaturalarda qo'llab bo'lmasligi.

8.2.5. Grafit materiallar

Grafit va ko'mir asosidagi materiallar kimyo sanoatida keng qo'llani-ladi. Grfit yuqori kimyoviy chidamlilikka va issiqlik o'tkazuvchanlikka ega. U issiqlik o'tkazuvchanlik borasida xromnikelli po'latlar va qo'rg'oshindan ham 3-5 marta ustun turadi (8.3-rasm).

8.3-rasm. Uglerod-grafitli materiallar va metallarning issiqlik o'tkazuvchanligi.

- 1-alyuminiy;
- 2-bakelitirlangan grafit (igurit);
- 3-tantal;
- 4-uglerodli po'lat;
- 5-antegmit ATM-1;
- 6-qo'og'oshin;
- 7-zanglamaydigan po'lat 12X18N9;
- 8-titan.

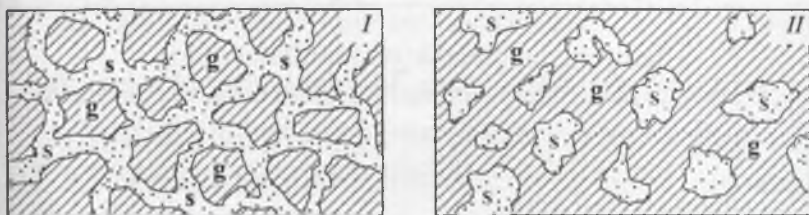


Bundan tashqari grafit o'z-o'zini moylagandek xususiyatga ega, uning sirtiga o'tiradigan qasmoq va ifloslanishlar boshqa materiallarga nisbatan eng kam. Biroq u deformatsiyalanmaydi, shu sababli mo'rt bo'ladi. Grafit g'ovakligining yuqoriligi (ba'zan 30-35 % gacha etadi) uning yana bir asosiy kamchiliklaridan hisoblanadi.

Sun'iy grafit neft koksi va toshko'mirni 1200°S gacha qizdirib, so'ngra kislorod kirmaydigan joyda 300°S haroratda toblash orqali olinadi.

Grafit kukuni va fenol-formaldegid smolasi asosida antegmit deb nomlanadigan material olinadi. Grafit press-kukun va smola dastlab qizdirilgan qoliplarda presslanadi, so'ngra materialga termik ishlov beriladi.

ATM-1 antegmiti – issiqlik o'tkazuvchanligi past (taxminan 2 marta), biroq yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan antikorroziyon va antifriktsion materialdir (8.4-rasm). ATM-1ning fizik-mexanik xossalari unga termik ishlov berish orqali yaxshilanishi mumkin. Ular oksidlovchi, ishqorli va ba'zi organik birikmalardan tashqari ko'pgina agressiv muhitlarda bardoshli hisoblanadi. Ular issiqlik almashtirgichlar, reaktorlar, bug'latgichlar, absorberlar, kondensatorlar kabi yirik gabaritli qurilmalar tayyorlashda ishlatiladi.



8.4-rasm. Uglерodgrafitli materiallarning struktura-sxemasi.

I – antegmit ATM-1; II – bakelitirlangan grafit; g – grafit; s – fenolformaldegid smolasi.

8.4-rasmdan ko'rinadiki, antegmit ATM-1 da (I) uzluksiz faza qotgan fenol-formaldegid smolasidan, kukunsimon grafit esa g'ovakliklarni to'ldiruvchi vazifasini o'taydi. Bakelitirlangan grafitda (II) uzluksiz faza grafitdan, qotgan fenol-formaldegid smola esa g'ovakliklarni to'ldiruvchi hisoblanadi.

Yuqori agressiv muhitlarda ishlatiladigan issiqlik almashtirgich apparatlari uchun yuqori issiqlik o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan grafitli materiallar tengi yo'q hisoblanadi. Yuqori agressivlikka ega bo'lgan muhitlarda ishlatiladigan issiqlik almashtirgich apparatlarini tayyorlashda yuqori issiqlik o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan grafitli materiallarning tengi yo'qdir. Vodorod xloridi ishlab chiqariladigan korxonalarda qo'llaniladigan iguritdan tayyorlangan sovutgichlar etti va undan ko'proq yil xizmat qiladi.

Sakkizinchi bobga tegishli uslubiy tavsiyalar

VIII bobda keltirilgan ma'lumotlarni *o'rganish natijasida talaba quyidagilarni bilishi shart:*

- noorganik metallmas materiallar;
- organik metallmas materiallar;
- organik va noorganik metallmas materiallarning xossalari va korroziyon xarakteristikalarini.

Ushbu bobda keltirilgan ma'lumotlarni *o'zlashtirish natijasida talaba*

– kimyoviy apparatlar yoki qurilmalarning qorroziyadan himoyasini tashkil qilish uchun konstruksion materiallarning optimal variantlarini tanlay bilishi;

– noorganik konstruksion materallarni himoya vositasi sifatida tanlay olishi;

– organik birikmalar asosidagi metallmas materiallarni tegishli joylarda qo'llay olishi kerak.

Nazorat savollari

1. Noorganik konstruksion materallar turlarini sanab o'ting.
2. Tabiiy silikat materiallariga nimalar kiradi?
3. Tabiiy silikat materiallarining qanday xossalari bilasiz?
4. Sun'iy silikat materiallariga nimalar kiradi?
5. Sun'iy silikat materiallarining qanday xossalari bilasiz?
6. Qanday keramik materiallarni bilasiz?
7. Keramik materiallarning ustunlik tomonlari nimadan iborat?
8. Bog'lovchi materiallar nima?
9. To'ldiruvchi materiallarga nimalar kiradi?
10. Grafit asosida olinadigan qanday materallarni bilasiz?
11. Organik birikmalar asosidagi metallmas materiallarga nimalar kiradi?
12. Qanday polimer materiallarni bilasiz?

13. Oddiy polimerizasion plastik massalarga nimalar kiradi?
14. Ftaroplastlar nima?
15. Murakkab polikondensasion plastik massalarga nimalar kiradi?
16. Kauchuklarning tarkibi va xossalarini aytib bering.
17. Rezinalar qanday material?
18. Grafit materiallarning tarkibi va asosiy xossalarini ayting.
19. Grafit materiallar qaerlarda qo'llaniladi?
20. Faolit va tekstolit qaysi sinfdagi birikmalarga kiradi?
21. Faolit va tekstolit qaerlarda qo'llaniladi?

Sakkizinchi bobga tegishli mustaqil ta'lim mavzulari

1. Noorganik konstruksion materallarni tavsiflab bering.
2. Noorganik konstruksion materallarning sanoat sohasidagi qo'llanilishi.
3. Organik birikmalar asosidagi metallmas materiallar.
4. Organik birikmalar asosidagi metallmas materiallarning texnikada qo'llanilishi.
5. Oddiy polimerizasion plastik massalar qo'llanilish sohalari.
6. Murakkab plastik massalar.
7. Kauchuklar va rezinalar.
8. Grafit materiallar va ularning qo'llanilishi.

IV QISM. KIMYO SANOATI MASHINA VA APPARATLARINI KORROZIYADAN HIMOYALASH USULLARI

IX BOB. YUPQA SIRT QOPLAMALARI ORQALI METALLARNI KORROZIDAN HIMOYALASH

9.1. Fosfatli va oksidli himoya plyonkalari

Metallarni korroziyadan himoyalashning asosiy sharti – korroziya tezligini kamaytirishdir. Korroziya tezligini quyidagi yo'llar bilan kamaytirish mumkin:

- tegishli korroziyabardosh qotishmalarni tanlash;
- agressiv muhit tarkibini o'zgartirish;
- himoya qoplamalarini qo'llash;
- metallni korroziyaga yanada bardoshliroq material bilan agressiv muhitdan izolyatsiyalash;
- himoyaning elektrokimyoviy usullarini qo'llash.

Birinchi guruh himoya usullari metall yoki qotishmalarni tayyorlash, termik yoki mexanik ishlov berish bosqichida qo'llaniladi.

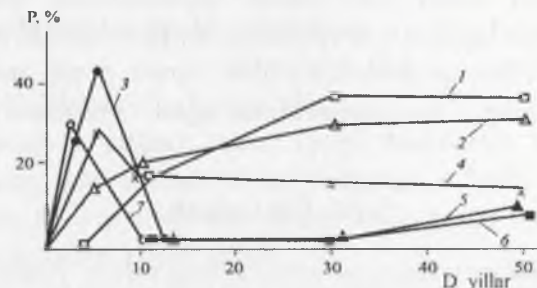
Korroziyaga qarshi kurashishning ikkinchi guruh metodlari – muhit agressivligini kamaytirish maqsadida unga ingibitorlarni aralashtirish. Bu oxirgi paytlarda keng tarqalgan usuldir.

Metall sirtiga izolyatsiyalovchi qoplamalarni yopishtirish uning korroziyalanish tezligini sezilarli darajada kamaytiradi. Bu universal usul bo'lib, u ko'pdan beri qo'llaniladi. Qoplamalar organik masalan, lok-bo'yoq va noorganik (galvanik, fosfatli va b.) bo'lishi mumkin. Ko'p hollarda himoya xossasini kuchaytirish maqsadida organik va noorganik qoplamalarning kombinatsiyasi ham ishlatiladi. Ko'p hollada oraliq qatlam sifatida metallga yaxshi adgeziyalanuvchi fosfatlash amalga oshiriladi. Bunda organik qoplamaning himoyalash qobiliyati bir necha marta ortadi.

Bir vaqtda boradigan katod va anod reaksiyalari tezligiga bevosita ta'sir etishga asoslangan usullar elektrokimyoviy usullarga ta'luqlidir. Bu ko'pincha himoyalangan metallning potentsiali bilan ifodalanadi. Anodli va katodli elektrokimyoviy usullar mavjud.

Metallarni korrozidan himoyalashda yupqa sirt qoplamalari sifatida asosan noorganik himoya plyonkalari, galvanoplamalar va lok-bo'yoq qoplamalari ishlatiladi. Polimer materiallar yordamida metallarni korroziyadan himoyalash oldingi bo'limlarda ko'rib o'tilgan edi.

Metallarni korroziyadan himoyalash uchun u yoki bu turdagi qoplamaning qo'llash buyumni ekspluatatsiya qilish muddati va korroziya tezligiga bog'liq. 9.1-rasmda talab qilinadigan ishlash muddati va muhitning agressivlik darajasiga bog'liq holda korroziyaga qarshi himoyalashning iqtisodiy maqbul usullari ulushining umumlashtirilgan ma'lumotlari keltirilgan.



9.1-rasm. Turli himoyalash usullari R solishtirma og'irligi bilan po'lat konstruksiyalarining talab qilinadigan ishlash muddati D ga bog'liq holda korroziyaga qarshi qo'llaniladigan vositalar hajmida taqsimlanishi.

- 1– elektrometallizatsiya (80 mkm)+LBQ (lok-bo'yoq qoplamalari);
 - 2– issiqlikda ruxlash (60–80 mkm);
 - 3– silliqlangan sirtga LBQ (120 mkm);
 - 4– past legirlangan po'lat, loksiz;
 - 5– qo'lda metallash (150–200 mkm);
 - 6– qo'lda metallash (150–200 mkm)+LBQ;
 - 7– qo'l bilan zangdan tozalangan sirtga LBQ (120 mkm);
- 1, 2, 4, 6 – 0,5-1,0 mm/yil; 3, 7 – 0,05 mm/yil.

Rasmdan ko'rinadiki, xizmat qilish muddati 10 yildan oshmaydigan, korroziya tezligi 0,05 mm/yil dan oshmaydigan hollarda lok-bo'yoq qoplamalarini qo'llash maqsadga muvofiqdir. Korroziya tezligi 0,5–1,0 mm/yil bo'lganda buyumlarning xizmat muddatini kombinatsiyali metallashtirilgan lok-bo'yoq qoplamalarini qo'llash orqali uzaytirish mumkin. Masalan, issiqlik orqali ruxlash plyus lok-bo'yoq qoplamalari, qo'lda metallash plyus lok-bo'yoq qoplamalari va h.k. Bunday himoya usullarni qo'llash orqali xizmat muddatini 30 yil va undan ortiqroqqa uzaytirishi mumkin.

Atmosfera sharoitida ko'pgina metallar oksid plyonkalari bilan qoplangan bo'ladi. Biroq bu plyonkalar hamma vaqt ham buyumni korroziyadan to'liq himoyalay olmaydi.

Kimyoviy va elektrokimyoviy ishlov berish orqali metall sirtida yuqori adsorbsion imkoniyatga, elektroizolyatsiya xossalariga, yuqori mustahkamlik-ka ega bo'lgan va yeyilmaydigan fosfat yoki oksid qoplamalarini hosil qilish mumkin. Passivlashtiruvchi eritmalar, moylovchi yoki lok-bo'yoq materiallari bilan qo'shimcha ishlov berish orqali metallar va qotishmalar-ning korroziyabardoshligini yanada oshirish mumkin.

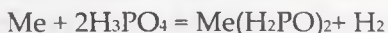
9.1.1. Fosfatlash

Fosfatlash jarayonining texnologiyasi oddiy. Fosfatlash qora va rangli metallar uchun qo'llaniladi va u temir, marganes yoki ruxning kam eriydigan fosfatlarini hosil qilishdan iborat. Bu metod fosfor kislotasi tuzlarining xossalariga asoslangan. Fosfor kislotasi – H_3PO_4 uch turdagi tuzlarni hosil qilishi mumkin:

- bir almashingan – digidrofosfatlar $Me(H_2PO_4)_2$
 - ikki almashingan – monogidrofosfatlar $MeHPO_4$
 - uch almashingan – fosfatlar $Me_3(PO_4)_2$
- (bunda Me – ikki valentli metall).

Suvda faqat ammoniy va ishqorli metallarning fosfatlari eriydi. Temir, marganes va ruxning bir va ikki almashingan fosfatlari kam eruvchan. Demak, ularning hosil bo'lishi uchun sharoit yaratilsa, ular metallning sirtida qolaveradi.

Metall fosfor kislotasi bilan ta'sirlashganda dastlab digidrofosfatlar hosil bo'ladi:



Fosfor kislotasining konsentratsiyasini kamaytirsak uning ikkilamchi va uchlamchi tuzlari hosil bo'ladi:



Fosfat plyonkasining hosil bo'lishida fosfor kislotasi bilan metall o'zaro ta'sirlashganda hosil bo'ladigan mahsulot va fosfatlash uchun olingan eritma tarkibidagi modda qatnashadi.

Fosfat plyonkasining hosil bo'lishidan oldin temirning ionlanish



va vodorodning ajralish reaksiyasi



boradi deb ta'kidlash mumkin.

Eritmaga o'tadigan temir fosfor kislotasini bog'laydi va reaksiyaning muvozanati o'ng tomonga siljiydi. Cho'kmaga tushadigan di- va trifosfatlar kristallanib, po'lat buyum sirtida zich kristall plyonka hosil qiladi.

Butun sirt yaxlit plyonka bilan qoplanib, vodorod ajralishi to'xtagach, fosfatlash tugatiladi. Fosfat plyonkasi yaxshi adgeziyaga hamda yuqori rivojlangan g'adir-budurlikka ega. Ular lok-bo'yoq qoplamalari va singuvchi moylamalar uchun yaxshi grunt vazifasini o'taydi.

Dengiz suvlarida, tropik rayonlarda ishlatiladigan jihozlarda fosfatlash yaxshi samara beradi. Xizmat muddatining qisqaligi, mustahkamligi va elastikligining pastligi ularning asosiy kamchiligi hisoblanadi.

9.1.2. Oksidlash

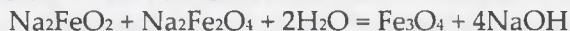
Metall buyumlar sirtida oksid plyonkalarini hosil qilish jarayoni – oksidlash deyiladi. Oksidlashning zamonaviy usuli – ishqorli eritmalarda detallarni kimyoviy va elektrokimyoviy ishlov berishdir.

Elektrokimyoviy oksidlash 4 % li, 65–120°S haroratdagi o'yuvchi natriy (kaustik soda) eritmasida 2,5 dan 10 A/dm² gacha bo'lgan anod toki zichligida olib boriladi. Bunday jarayonning davomiyligi 60 minutdan oshmaydi.

Ketma-ket bosqichlarda hosil bo'ladigan temirning magnitli oksididan sifatli qoplama yuzaga keladi:



Qora metallarni oksidlash *qoraytirish (zoklash)* deb nomlanadi. Qoraytirish quyidagi takibli eritmada amalga oshiriladi (g/l): NaOH – 600–700; NaNO₂ – 200–250; NaNO₃ – 50–100. Harorat – 135–145°S, jarayonning davomiyligi 30–90 minutni tashkil qiladi. Bu jarayonda temirning erishi Na₂FeO₂ va Na₂Fe₂O₄ birikmalarining hosil bo'lishi bilan boradi, ulardan esa temir oksidi plyonkasi vujudga keladi:



Oksid plyonkasining rangi kam ulerodli po'latlarda tim qora, yuqori uglerodli po'latlarda esa – kulrang soyali qora rangda bo'ladi. Korroziyaga chidamliligini oshirish uchun oksidlangan buyumlar 2–3% li qaynoq sovunli eritmada 2–3 saqlanadi, so'ngra esa 105–120°S temperaturadagi mineralashgan transformator yoki mashina moyiga 5–10 minut davomida tushiriladi. Shundan so'ng plyonka tiniq, yaltiroq va tekis qora tusga kiradi.

Shu yo'l bilan magniyli qotishmalarni ham xromkislotali elektrolit-larda oksidlab, keyinchalik lok-bo'yoq qoplamalari surkaladi. Oksid plyonkalarining qalinligi odatda 0,8–1,5 mkm ni tashkil qiladi.

Sirt oksid plyonkalarining korroziyabardoshlik xususiyatlari juda yuqori bo'lmaganligi sababli bu usulning qo'llanilish sohasi uncha ko'p emas.

Oksid plyonkalari bilan qoplash asosan dekorativ ishlov berish maqsadida amalga oshiriladi. Deyarli barcha o'qotar qurollar va aniq o'lchovchi asboblari shu yo'l bilan qoraytirilgani bois, ular uzoq vaqt saqlanadigan nafis va chiroyli qora rangda bo'ladi. Shu bilan bir qatorda ular juda yupqa (1,0–1,5 mikron) bo'lganligi uchun buyumning o'lchamlariga ta'sir qilmaydi.

9.1.3. Passivlash

Korrozidan himoyalashning samarali usullaridan yana biri metallarni *passivlashtirish* ya'ni ularga xromatlar va nitratlar eritmasida ishlov berishdir. Ruxlangan buyumlarni passivlashtirish uchun 8–10 ml/l konsen-tratsiyali H_2SO_4 va 200 g/l – $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$ eritmalaridan foydalaniladi.

Ishlov berish vaqti 5–30 s bo'lib, plyonkaning rangi ushbu vaqtga bog'liqdir.

Tutib turish vaqti 5 s bo'lganda plyonkaning rangi kamalaksimon, yashil tusli bo'lib, uning massasi 0,9–1,2 g/m² ni tashkil qiladi. Vaqtni undan keyingi oshirish rangning sariqdan jigariyacha o'zgarishiga olib keladi.

Aluminiy passivlashtirish uchun kaliy bixromati (200 g/l) va 2 ml/l HF eritmasi ishlatiladi.

Xromatli eritmalarda misni passivlashtirish SO_2 bug'lari va neytral tuz eritmaları muhitidagi buyumlarni korroziyadan himoyalashda ayniqsa yaxshi samara beradi.

Po'lat detallarga 60–90 % li natriy nitriti eritmasida ishlov berilganda ular ikki yilgacha zanglamaydi.

9.1.4. Anodlash

Aluminiy sirtida oksid plyonkalarini hosil qilish jarayoni anodlash deyiladi. Odatdagi sharoitlarda aluminiy sirtida Al_2O_3

yoki $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ oksidlarining yupqa plyonkalari mavjud bo'lsada, ular aluminiyning korroziyadan himoyalay olmaydi. O'rab turgan muhit ta'siri tufayli aluminiy uqalanib ketadigan oq korroziya mahsulotlari bilan qoplanadi. Qalin oksid plyonkalarini sun'iy ravishda hosil qilish jarayoni kimyoviy va elektrokimyoviy usullarda amalga oshiriladi.

Aluminiyga anodli ishlov berishdan hosil bo'lgan plyonka yetarlicha qalinlikka va bir qator muhim xossalarga ega. Bu plyonkalar metallni korroziyadan himoyalab, lok-bo'yoq qoplamalar uchun yaxshi tagir vazifasini bajaradi. Anod plyonkalari yeyilishga chidamli, yuqori elektr qarshilikka ega va yaxshi bo'yalishi sababli anodlangan aluminiy bumlarga chiroyli hamda nafis ko'rinish bera oladi. Anodli oksidlash uchun ikki turdagi elektrolit-lardan foydalaniladi:

- kuchsiz (bor, vino, limon) kislotalarning eritmalari;
- sulfat, xrom, shovul (oksalat) kislotalarning eritmalari.

Birinchi holda g'ovaksiz, zich, o'zidan elektr tokini o'tkazmaydigan qalinligi 1 mkm gacha bo'lgan plyonka hosil bo'ladi. Bunday plyonkalardan kondensator ishlab chiqarishda elektroizolyatsion qoplamalar sifatida foydalaniladi.

Ikkinchi holdagi eritmalarda 1 dan 50 mkm gacha qalinlikdagi govak plyonkalarni olish mumkin.

Aluminiy va uning qotishmalarini anodlash konsentratsiyasi 180-200 g/l bo'lgan sulfat kislotasi eritmasida, xrom angidridi (3% li eritmasi) va shavel kislotasi (3-10% li eritmasi)da 80-200 A/m² tok zichligida, 24 V gacha bo'lgan kuchlanishda 15-60 minut davomida amalga oshiriladi. Katodlar qo'rg'oshindan yoki 2X18N9T markali po'latdan tayyorlanadi.

Himoya xususiyatlarini yaxshilash uchun oksidlangan buyumlar oldin bug' va issiq suv bilan, so'ngra esa xromatlar va bixromatlar eritmasida ishlov beriladi. Bug' bilan ishlov berilganda plyonka g'ovakliklarida aluminiy gidroksidi, xromli

eritmalarda esa yanada chidamli $(\text{AlO})_2\text{CrO}_4$ ko'rini-shidagi birikmalar hosil bo'ladi.

Aluminiy sirtida oksid anodli oksidlanish natijasida hosil bo'ladi:



Bu plyonka ikki qavatdan iborat bo'ladi: bevosita metall sirtiga yopishgan 0,01-0,1 mkm qalinlikdagi zich barer qavati va qalinligi 200-400 mkm gacha boradigan tashqi g'ovak qatlami.

Aluminiy va uning qotishmalarini kimyoviy oksidlash quyidagi tarkibdagi ishqoriy xromli eritmalarda (g/l): Na_2CrO_4 – 15; NaOH – 2,5 va Na_2CO_3 – 50 da 90–95°S haroratda, 5–10 minut davomida amalga oshiriladi. Bunda mexanik va dielektrik xususiyatlari unchalik yuqori bo'lmagan 3–4 mkm qalinlikdagi plyonkalar hosil bo'ladi. Jarayon oddiy, tez amalga oshadigan va maxsus qurilmalarni talab qilmaydi.

9.2. Galvanik qoplamalar

Metall va qotishmalarni korroziyadan himoyalashning usullaridan yana biri galvanik sirt qoplamalari hosil qilishdir. Elektr qoplash boshqa usullarga nisbatan bir qator afzalliklarga ega, chunki unda:

- qatlamning qalinligini boshqarish mumkin;
- rangli metallar tejab ishlatiladi;
- xrom, nikel, mis, kumush, platina kabi erish temperaturasi yuqori bo'lgan metallar bilan ham qoplash imkoni mavjud.

Galvanik qoplamalar quyidagi xususiyatlarga ega bo'lishi talab etiladi:

- buyumni agressiv muhitdan izolyatsiyalay olishi;
- qoplamaning o'zi korroziyabardosh bo'lishi;
- belgilangan fizik-mexanik xossalarga ega bo'lishi lozim.

Bunday sifatarning barchasi qoplama kristallarining yuzaga kelish va o'sish sharoitlari orqali belgilanadi. Yuqori himoyaviy xususiyatlarga ega bo'lgan qoplamalarni olish uchun elektrolitga

turli qo'shimchalar va sirt faol moddalar kiritilishini taqozo etadi. Biroq bu qat'iy ekologik normalar orqali cheklangandir. Shuning uchun elektrokimyoviy qoplash jarayonlarini takomillashtirish organik qo'shimchalarga tayana olmaydi va kristallar o'sishining fizik-kimyoviy qonuniyatlarini chuqur o'rganishni taqozo etadi.

Ko'p sonli izlanishlardan ma'lum bo'ldiki, adsorbsiyalangan atomlar-ning ko'pqavatli hosil bo'lishini metallar sirtga elektr o'tirishining birinchi stadiyasi sifatida qarash lozim. Qoplamalarning keyingi o'sish xarakterini va xossalarini aniqlashda bu muhim ahamiyat kashf etadi.

Bu izlanishlar shuni ko'rsatadiki, ko'pgina sistemalar uchun ko'pqavatli-lar neytral atomlardan tashkil topgan, birjinsli taqsimotga ega va ularning adsorbsiyasi Frumkin va Temkin izotermalari orqali ifodalanishi mumkin.

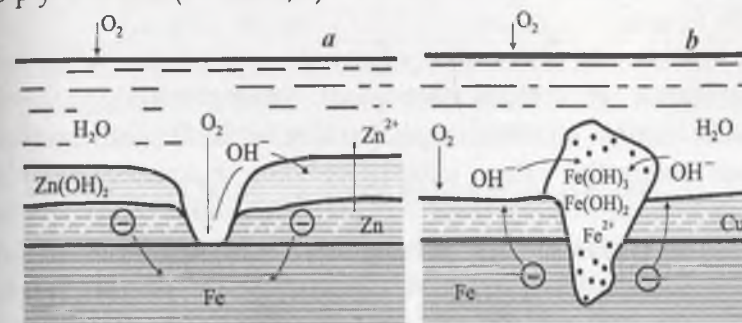
Cl^- , Br^- , I^- , SO_4^{2-} anionlari monoqatlamlarning hosil bo'lishiga adsorbsiyalangan atomlar bilan raqobatlashib, sirtning xossalariga ta'sir ta'sir qiladi.

Metallarning monoqatlamlari o'zining fizikaviy xossalari bilan massiv metallardan farq qiladi. Masalan, kumushning platinada adsorbsiya-lanishi elektronlarning chiqish ishini 5,8 dan 2,7 eV gacha pasaytiradi. 3 monoqatlamdan katta qalinliklarda chiqish ishi sof metallnikiga teng bo'lib qoladi.

Antikorrozion himoya qoplamalari *anodli* va *katodli* bo'lishi mumkin.

Metall qoplamalari korrozion agentlar uchun o'tkazmaydigan bo'lishi kerak. Biroq, metall qoplamalarida g'ovakliklar, tirnalishlar, ezilishlar kabi defektlar bo'lsa, asosiy metallning korrozion yemirilish xarakteri har ikkala metallning elektrokimyoviy xarakteristikalarini orqali belgilanadi. Po'latga nisbatan ruxli qoplamalar anodli, misli qoplamalar esa – katodli hisoblanadi. Shuning uchun dastlab rux yemirila boshlaydi. Bunda qoplama qanchalik qalin bo'lsa, u temir yoki po'latni yemirilishdan shuncha uzoq vaqt himoya kiladi, yaa'ni u

protektor vazifasini bajaradi (9.2-rasm, a). Mis temirga nisbatan katodli qoplama hisoblanadi, chunki mis yanada musbatroq potensialga egadir. Shuning uchun bu jarayonda mis qoplamasining g'ovaklikligi qancha yuqori bo'lsa, temir shuncha ko'p yemiriladi (9.2-rasm, b).



9.2-rasm. Metall qoplamalarining asosiy metallgan nisbatan anodli (a) va katodli (b) ta'sirini tushintirish sxemasi.

9.2.1. Ruxlash va kadmiylash

Rux arzon va tanqis bo'lmagan metallidir. Rux qoplamalari mashina detallarini, quvur o'tkazgichlarni va po'lat listlarni korroziyadan himoyalash uchun xizmat qiladi. U asosiy buyumlarni mexanik va elektrokim-yoviy usullar bilan himoyalaydi, chunki g'ovak va yalang'och joylar bo'lganda rux yemirilib, po'lat asos korroziyalanmay qoladi.

Rux qoplamalari himoya qoplamalari ichida yetakchi o'rinni egallaydi. Barcha po'lat buyumlarining taxminan 20 % rux yordamida korroziyadan himoyalanadi, buning uchun dunyoda ishlab chiqariladigan ruxning deyarli 50 % galvanik qoplamalarga sarflanadi.

Oxirgi yillarda rux asosidagi Zn-Ni (8–12% Ni); Zn-Fe; Zn-Co (0,6–0,8% Co) qotishmalardan galvanik himoya qoplamalari yaratish borasida katta ishlar amalga oshirildi. Natijada

qoplamalarning korroziyabardosh-ligi 2–3 martaga oshirildi. Ruxlash kislotali, sianidli va boshqa ruxli elektrolitlarda amalga oshiriladi. Ruxning o'tirishi tok bo'yicha yuqori chiqish orqali amalga oshiriladi. Rux qoplamalari yuqori darajadagi tozaligi, kimyoviy bardoshliligi va yaxshi mexanik xususiyatlari bilan ajralib turadi.

Ruxli kombinatsion elektrokimyoviy qoplamalar (KEQ) ham samarali himoya vositasi hisoblanadi. Sulfat elektrolitiga 0,4–0,5 mass.% kround qo'shish orqali yaxshigina KEQ olish mumkin. sinkat elektroliti bilan nikelli karbonil kukuni yordamida tarkibida 6–12 mass.% nikel bo'lgan KEQ olinadi. Rux asosida kapron va poliamid kabi polimerlarning zarrachalarini qo'shib, ularning ulushi 0,9–3,1 mas.% bo'lgan KEQ hosil qilinadi. Bunday qoplamalar kislotali muhitlarda sof ruxga nisbatan 1,5 marta chidamlidir.

Kadmiy temirga nisbatan ruxga qaraganda yanada yaqinroq potensialga ega. Kadmiyli himoyaning xarakteri korrozion muhitning tabiatiga bog'liq. Xlor-ionlari mavjud bo'lgan nam atmosferada kadmiyning potensiali temirning potensialiga qaraganda elektr-manfiyroq bo'lib qoladi va kadmiy metallni korroziyadan elektrokimyoviy yo'l bilan himoyalaydi. Kadmiy ancha tanqis va yuqori darajada zaharli bo'lganligi sababli undan o'ta muhim detallarni himoyalashdagina foydalaniladi.

Ruxlash va kadmiylash uchun hozirgi paytda qo'llaniladigan elektrolit-larda metall oddiy tuzlar yoki kompleks birikmalar ko'rinishida qo'shiladi. Bunda sulfat elektrolitlari eng ko'p tarqalgandir. Ularning tarkibi (g/l) 9.1-jadvalda keltirilgan.

Ruxlash jarayonida katod tokining zichligi 100–400 A/m², kadmiylash paytida esa bu ko'rsatkich 80–20 A/m² ni tashkil qiladi. Har ikkala jarayon uchun elektrolitning harorati — 5–30°S.

Ruxlash va kadmiylash uchun qo'llaniladigan elektrolitlarning tarkibi (g/l)

No	Ruxlash	Kadmiylash
1.	ZnSO_4 — 200–250	CdSO_4 — 40–60
2.	Na_2SO_4 — 50–100	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — 240–250
3.	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ — 20–30	Preparat OC-20 — 0,7–1,2
4.	Dekstrin 8–10	Dispergator NF — 50–100
5.	pH=3,5–4,5	Urotropin — 15–20

9.2.2. Qalay va qo'rg'oshin qoplamalari

Po'lat bilan kontaktlashganda qalay katod vazifasini bajaradi, chunki uning potentsiali temirga nisbatan musbatliroq qiymatga ega. Biroq qalay organik kislotalar muhitida kompleks birikmalar hosil qiladi va uning potentsiali elektr manfiyroq bo'lib qoladi. Bunday muhitlarda qalay anod bo'lib hisoblanadi. Qalay qoplamalari oziq-ovqat sanoati jihozlari tayyorlashda, elektron apparaturalarning pechatli platalarini yasashda ishlatiladi.

Ishlab chiqariladigan qalayning 50% oq jest tayyorlash uchun sarflanadi. Korrozion bardoshlilikni oshirish maqsadida qalayli qoplamalarning sirti eritiladi. Yaltiroq qalaylash – metall buyumlarning sirtini yupqa yaltiroq qalay qatlami bilan qoplashdir. G'ovakligi va korroziyabardoshligi bo'yicha ular xira qoplamalardan qolishmaydi, yuqori qattqlikka ega.

Qalaylash uchun kislotali va ishqorli elektrolitlar qo'llaniladi. Kislotali elektrolitlar tarkibi bo'yicha oddiy, uy haroratida ishlatilishi jihatidan qulaydir. Ular ko'pincha oddiy konfiguratsiyali detallarni qoplash uchun qo'llaniladi. Qalay bilan qoplash uchun ishlatiladigan elektrolitlarning takibi (g/l): SnSO_4 — 20–25; H_2SO_4 — 50–100; OS-20 preparati — 2–5. Harorat 15–30°S, tok zichligi — 100–200 A/m².

Murakkab detallarni qalay bilan qoplash uchun ishlatiladigan ishqorli elektrolitlarning tarkibi (g/l): $\text{Na}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$

Do'stov H.B.

— 45–90; $\text{NaOH}_{\text{erkin}}$ — 7–17; CH_3COONa — 15. Harorat 60–80°S, tok zichligi — 50–200 A/m².

Qo'rg'oshin sulfat kislota va uning birikmalari muhitida chidamlidir. Qo'rg'oshin qalay singari po'lat buyumlarni elektrokimyoviy yo'l bilan himoyalay olmaydi. Shuning uchun sulfat va xrom kislotalari hamda ularning tuzlari bo'lgan muhitlarda qora metallardan tayyorlangan detallarni mexanik himoyalash maqsadida g'ovak bo'lmagan qalin (300 mkm gacha) qo'rg'oshinli qoplamalar qo'llaniladi. Shuni aytish lozimki, qo'rg'oshin yuqori toksinlikka (zaharlilik) ega.

Qo'rg'oshin bilan qoplash uchun sanoatda borftorvodorodli yoki fenolsulfonli elektrolitlar qo'llaniladi. Sifatli va chidamli qoplama-lar olish uchun organik qo'shimchalar ham kiritiladi. Elektrolitlarning tarkibi (g/l) 9.2-jadvalda berilgan.

9.2-jadval

Qo'rg'oshin bilan qoplash uchun qo'llaniladigan elektrolitlarning tarkibi (g/l)

Borftorvodorodli	Fenolsulfonli
$\text{Pb}(\text{BF}_4)_2$ — 125–200	$\text{Pb}(\text{HOC}_6\text{H}_4\text{SO}_3)_2$ — 170–180
HBF_4 — 40–60	$\text{HOC}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}_{\text{erkin}}$ — 20–25
Duradgorlik yelimi — 0,5–1,0	Duradgorlik yelimi — 0,4–0,5

Elektroliz 15–30°S haroratda va 50–200 A/m² tok zichligida olib boriladi.

9.2.3. Nikelli qoplamalar

Nikel havoda, ishqorli eritmalarda va ba'zi kislotalarda chidamlidir. Nikelli qoplamalar oziq-ovqat sanoati jihozlarini qoplashda, asosan buyumlarga dekorativ ishlov berishda qo'llaniladi.

Temir bilan juftlik hosil qilganda nikel katod hisoblanadi, chunki u temirga nisbatan musbatroq elektr potensialiga ega.

Nikel po'latni faqat mexanik yo'l bilan himoyalashi mumkin, shu sababli nikelli qoplamalar g'ovaklarsiz, 20–25 mkm

gacha qalin bo'lishi lozim. Nikelli qoplamalarning bir necha ko'rinishlari mavjud.

Nikelli xira qoplama hosil qilish uchun elektrolitlarning asosiy komponenti – nikel sulfati hisoblanadi. Qoplama plastik va sifto bo'lishi uchun eritmaga natriy yoki magniy sulfati, shuningdek pH ning qiymatini o'zgarmas saqlash uchun bor kislotasi qo'shiladi.

Yaltiroq nikellash dekorativ-himoyalash maqsadlarida qo'llaniladi. Bunda qoplamani silliqlashga hojat qolmaydi. Yaltiroq nikel qoplamalarini murakkab profilli detallarga ham osongina yotqizish mumkin, qoplama g'adir-budurliklarni tekislash xossasiga ega. Yaltiroq qoplma olish uchun elektrolit eritmasiga maxsus qo'shimcha – yaltiratuvchi komponentlar qo'shiladi. Xira qoplamalarga nisbatan yaltiroq qoplamalarning bardoshliligi pastroq.

Qora nikellash – metall buyumlar sirtiga qora rangdagi nikelni elektrolitik usulda qoplash demakdir. Bunday qoplamalar himoya-dekorativ maqsadlar bilan birga yorug'likni qaytarish koeffitsientini kamaytirish uchun ham foydalaniladi. Qora nikelli qoplash optik ishlab chiqarish va mashinasozlikning ba'zi sohalarida qo'llaniladi. Qora nikelning korrozion bardoshlilik, plastiklik va yuza bilan ilashuvchanlik ko'rsatkichlari ancha past. Shuning uchun sirtlarni dastlab qalaylash yoki xira nikellash amalga oshiriladi. Agar dastlabki ruxlash qo'llanilib, so'ngra qora nikel yotqizilsa, qatlamning korroziyabardoshligi sof ruxniki kabi bo'ladi. Ko'pincha mis va jez (latun) buyumlarning sirti kora nikel bilan qoplanadi.

Ko'rib o'tilgan usullardan tashqari metall buyumlar sirtini nikellashning kimyoviy usullari ham mavjud. Kimyoviy qaytarilgan nikel o'zining yuqori korroziyabardoshligi va qattiqligi bilan ajralib turadi. Bunda olingan qatlam qalinligining butun sirt bo'yicha bir xilligi, yuqori dekorativ xususiyatlari va g'ovakliklarning kamligi bilan ahamiyatlidir.

Nikel asosidagi yangi elektrolitlar va qotishmalarni yaratish yo'lidən borish orqali nikellash jarayonlarini takomillashtirish ishlari amalga oshirilmoqda. Yangi metansulfon eritmalari ishlab chiqilgan bo'lib, ular-dan ichki kuchlanishi kichik bo'lgan plastik nikelli qoplamalar olinadi.

Ikki-uch qavatdan iborat ko'pqavatli nikelli qoplamalar bir qavatlilariga nisbatan yanada korroziyabardosh bo'ladi. Birinchi qavat oddiy nikelli elektrolitdan hosil qilinsa, ikkinchisi organik qo'shimchalar takibiga kiritilgan oltingugurtli elektrolit yordamida yotqiziladi. Tarkibida oltingugurt bo'lgan nikelning potentsiali oltingugurt kiritilmagan nikelning potentsalidan manfiyroq bo'ladi. Shu sababli nikelning birinchi qavatini elektrokimyoviy yo'l bilan uning ikkinchi qavati himoyalaydi. Natijada asosiy jihozning ishonchli, yuqori darajadagi himoyasi ta'minlanadi.

"Sil-nikel" deb nomlanadigan qo'sh qavatli qoplamalar ham hozirgi kunda juda ko'p ishlatiladi. Uning birinchi qavati yaltiroq nikeldan tashkil topgan. Ikkinchi qavati tarkibida suspenziya ko'rinishidagi kaolin bo'lgan elektrolitdan hosil qilinadi. Elektroliz paytida kaolin nikel bilan birga tinigan holda cho'kma hosil qiladi.

Ni-W qotishmasidan tayorlangan qoplamalar televizion trubkalar ishlab chiqarishda puanson shtamplari tayyorlash uchun foydalaniladi. Nikelning ftoroplast va MoS_2 bilan birga cho'kish jarayoni ham takomil-lashib bormoqda. Qoplamalar matritsasiga olmos va boshqa metallmas qo'shimchalarni kiritish ular qattiqligining keskin ortishiga va nikel qoplamalarining uzoq vaqt xizmat qilishiga olib keladi.

Ko'pqavatli nikelli qoplamalar nikelni sezilarli darajada tejash bilan birga ularning ekspluatatsion xossalarini tubdan yaxshilaydi.

9.2.4. Xromlash

Xromli qoplamalar turli xildagi mashina va jihozlarni korroziyadan va mexanik yeyilishlardan himoyalash maqsadlarida keng qo'llaniladi.

Xromli qoplamalarning himoya-dekorativ va funksional ko'rinishlari mavjud. Xrom po'latga nisbatan katod rolini o'ynaganligi sababli ularning kontaktida po'lat yemiriladi. Shu sababli po'lat sirtidagi xromli qoplamalar yaxlit va g'ovaklarsiz bo'lishi lozim. Po'lat buyumlarni atmosfera sharoitida himoyalashi uchun bir qavatli xromli qoplamalarning qalinligi kamida 40 mkm bo'lishi lozim.

Mis va mis qotishmalarining sirtlari nikel tagqatlamlari ustidan xrom bilan qoplanadi. Rux, aluminiy, magniy qotishmalaridan tayyorlangan detallarni ko'pqavatli qoplamalar bilan qoplangandan so'ng xromlash axshi samara beradi.

Xromlash elektrolitining asosiy komponentlari xrom(VI) oksidi - Cr_2O_3 va sulfat kislotasi hisoblanadi. Cr(VI) birikmasining suvli eritmasida $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ va H_2CrO_4 kislotalarining aralashmasi hosil qilinadi. Eritmada bu kislotalar dinamik muvozanatda bo'ladi:



Elektroliz paytida katodda bir vaqtning o'zida Cr^{+6} ning Cr^{+3} gacha va undan keyin xrom metalligacha qaytarilishi, shuningdek vodorod ionining razryadi amalga oshadi. Tok bo'yicha xromning chiqishi 15–25 % dan oshmaydi. Xromlash ancha murakkab jarayon hisoblanadi. Katodda xromning ajralishi juda katta tok zichligida (1000–3000 A/m²) ro'y beradi. Har bir temperatura uchun xromning o'tirishi yuz bermaydigan tok zichligining minimum qiymatlari mavjud bo'ladi.

Elektrolizning rejimlarini o'zgartirib, *yaltiroq, xira (kulrang) va «sutsimon»* xrom qoplamalarini hosil qilish mumkin. Yaltiroq yopishmalar eng yuqori qattqlikka, asosiy metall bilan yaxshi ilashishga va eng kam mo'rtlikka ega. Xira-kulrang qoplamalar

yuqori mo'rtligi bilan ajralib turadi. Sutsimon xromli qoplamalar yuqori qattiqlikka, elastiklikka, juda kam g'ovaklikka va yuqori himoyalash qobiliyatiga ega.

Qattiq ekspluatatsiya sharoitlarida ishlaydigan mashina va apparatlar-ning po'lat detallari ikki qavatli xrom bilan: pastki qavati – sutsimon va utki qavati – yaltiroq qatlam bilan qoplanadi. Bu korroziyadan juda yaxshi himoya va kerakli dekorativ sifatlar bilan birga yeyilishga qarshi yuqori chidamlilikni ta'minlaydi.

Detallarning sirti korroziyabardosh bo'lishi bilan bir qatorda yorug'likni qaytarish koeffitsienti kichik bo'lishi talab etiladigan hollarda qora xromli himoya-dekorativ qoplamalardan foydalaniladi. Qora rangli boshqa qoplamalarga nisbatan qora xrom qoplamalari yuqori korroziyabardoshligi bilan ajralib turadi. Bunday qoplamalar ko'pincha sutsimon yoki yaltiroq xrom, yoiniki nikel tagqoplamalari ustidan yotqiziladi. Qora xrom qoplamalari 75 % metall xromdan va 25 % xrom oksididan iborat bo'ladi.

Tarkibida Cr(VI) birikmalari bo'lgan eritmalar orqali xrom qoplama-larini hosil qilishning an'anaviy jarayonlari ekologik xavfli hisoblanadi. Cr(VI) ning ruxsat etiladigan chegaraviy konsentratsiya miqdori – 0,02 mg/l, Cr(III) uchun esa – 0,07 mg/l ni tashkil qiladi. Shu sababli ishlatilgan galvanooqavalar murakkab tozalash tizimidan o'tadi.

9.3. Issiqlikka chidamli himoya qoplamalari. Termodiffuzion qoplash usuli

Metallar sirtiga issiqbardosh va olovbardosh qoplamalarni yotqizish buyumlar va jihozlarni gaz korroziyasidan himoyalash usullaridan biri bo'lib hisoblanadi. Bunday qoplamalarga bir qator talablar qo'yiladi. Ular yaxlit va agressiv muhitni o'tkazmaydigan, metallga qattiq va mustahkam yopishadigan, asosiy metallning texnologik xossalarini yomonlashtirmaydi-gan

va h.k. Metall sirtiga himoya qoplamalarini yotqizishning quyidagi usullari mavjud:

- 1) diffuzion;
- 2) metallni purkash;
- 3) issiqlik usuli – buyumni eritilgan metallga botirish;
- 4) mexanotermik yoki surkash (plakirlash).

9.3.1. Qoplashning termodiffuzion usuli

Termodiffuzion usul 1938 yilda N.A. Izgarishev va E.S. Sarkisovlar tomonidan ishlab chiqilgan va amalda qo'llanilgan. Bu usul yuqori temperaturalarda asosiy metall sirtini diffuziya yo'li bilan legirlovchi komponent atomlari bilan to'yintirishga asoslangan. Bunda legirlovchi metall sarfining keskin kamayishiga erishiladi. Termodiffuzion qoplama hosil bo'lishi uchun quyidagi ikki asosiy shart bajarilishi kerak:

- asosiy metall bilan qoplanadigan metallning qattiq eritmasi hosil bo'lishi lozim;

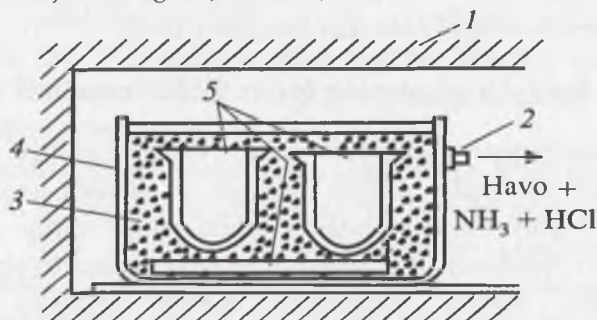
- qoplanadigan metall atomlarining kristall panjara ichkarisiga erkin kirib borishi uchun ularning atom radiusi asosiy metall atomlari radiusidan katta bo'lmasligi kerak.

Masalan, temir uchun termodiffuzion qoplama Cu, Au, Zn, Ti, Al, Si, Cr, Mo va b. metallardan hosil qilinishi mumkin. Bulardan ishlab chiqarishda eng ko'p qo'llaniladigan qoplamalarga quyidagilarni keltirish mumkin:

- *aluminium bilan — termoaluminiumlash;*
- *xrom bilan — termoxromlash;*
- *kremniy bilan — termokremniylash.*

Termoaluminiumlash 900-1000°S gacha qizdirishga chidaydigan metall sig'imda amalga oshiriladi. Bu idishga sirti ortiqcha o'tirmalardan tozalan-gan po'lat detallari tushirilib, reaksiyon aralashma bilan yaxshilab, puxtalik bilan ko'miladi. Aralashma 49 % aluminium kukuni yoki temir-aluminium qotishmasining kukuni, 49 % aluminium oksidi Al_2O_3 va 2 % ammoniy xloridi

NH_4Cl dan iborat bo'ladi. Detallarni aralashma bilan zichlashtirilgan holda ko'miladi, bo'shliqlar qolmasligi lozim, idish tubidagi aralashmaning qalinligi 10 sm dan kam bo'lmasligi lozim. Sig'im ortiqcha gazlarning chiqib ketishiga imkon beruvchi klapan bilan jihozlangan (9.3-rasm).

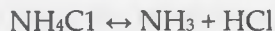


9.3-rasm. Termoalumiylash jarayonining sxemasi.

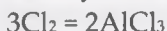
1-pech; 2-klapan; 3-reaksiyon aralashma; 4-temir yashik; 5-buyum.

Inert to'ldiruvchi hisoblangan Al_2O_3 aluminiiy zarrachalarining bir-biriga yopishishiga imkon bermaydi va harorat ortishi bilan umumiy massa ichiga qo'shilib ketadi. U aluminiiyning dispers holatda saqlanishiga imkon tug'diradi, diffuziya jarayoni borishini osonlashtiruvchi umumiy reaksiyon aralashmaning g'ovak holatda bo'lishini ta'minlaydi.

Ammoniiy xloridi buyum oksidlanishining oldini olish maqsadida havoni siqib chiqarish va maxsus gaz muhiti hosil qilish uchun idishga kiritiladi. Idishdagi harorat $900-1000^\circ\text{S}$ gacha yetganda NH_4Cl parchalanishi yuz beradi. Bunda quyidagi reaksiyalar borishi mumkin:



Si_2 ning yoki NSI ning aluminiiyga ta'siri quyidagi reaksiyalar orqali borishi mumkin:

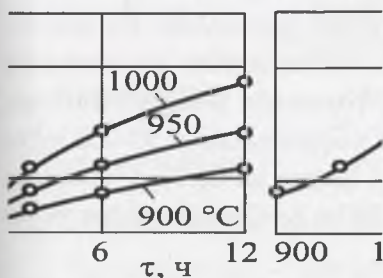


Aluminiy xloridi uchuvchan birikma bo'lganligi sababli po'lat buyumlar sirtiga juda tez yetib boradi. Natijada sirtida quyidagi almashinuv reaksiyasi amalga oshadi:

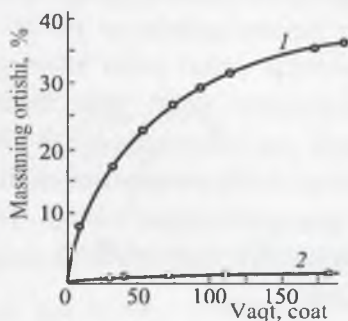


Ozod xlor aluminiy bilan ta'sirlashib, yana uchuvchan aluminiy xloridi hosil qiladi. Shunday qilib, gaz fazasi orqali qoplovchi metall (aluminiy)ning buyum metall (po'lat) sirtiga ko'chishi amalga oshadi.

Undan keyin detalning sirt qatlamiga aluminiy atomlarining diffuziya jarayoni amalga oshadi. Bu jarayon $950\text{--}1000^\circ\text{S}$ haroratda 5–6 soat davom etadi. Qanchalik harorat yuqori va davomiylik ko'p bo'lsa, himoya qatlamining chuqurligi shuncha katta bo'ladi (9.4-rasm). Odatda hosil qilinadigan himoya qatlamlari 0,3 dan 0,6 mm gacha qalinlikda bo'ladi.



9.4-rasm. Aluminiylash jarayoni davomiyligi va haroratining himoya qatlami qalinligiga ta'siri



9.5-rasm. Termoaluminiylashda po'lat olovbardoshligining ortishi.
1-qoplamali po'lat;
2- termoaluminiylangan po'lat.

Qoplamaning issiqbardoshligini Al_2O_3 va FeAl_2O_4 ko'rinishidagi oksidlar ta'minlaydi. Bunda tashqi qavat aluminiy bilan boyigan, o'rtadagi qavat tarkibi bo'yicha FeAl_3 intermetall birikmaga yaqinroq, undan keyin chuqurroq borgan sari

aluminiyning miqdori kamayib boradigan aluminiyning temirdagi qattiq eritmasi yotadi.

Termoaluminiylashda po'lat buyumlarning olovbardoshligi keskin ortadi (9.5-rasm). Ular 800–900°S haroratda uzoq vaqt ishlatilishi mumkin. Tarkibida oltingugurt birikmalari bo'lgan atmosferalarda gaz korroziyasi-ga qarshi juda yaxshi himoyani ta'minlaydi. Biroq 1000°S dan yuqori haroratlarda ularning himoyaviy xususiyatlari pasayadi. Po'latlarni diffuziya yo'li bilan aluminiyga to'yintirish – ularni yuqori haroratlarda kislorod ta'siridan himoyalashning eng ishonchli usullaridan hisoblanadi.

Aluminiylangan jihozlar neftni tozalash, neftni haydash va qayta ishlash qurilmalarida, gazogeneratorlarning detallarida, mufelli pechlarda gaz korroziyasidan himoyalash uchun keng qo'llaniladi.

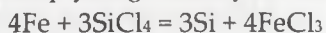
Termoxromlash – po'lat yoki cho'yandan tayyorlangan buyumlar sirtini xrom bilan to'yintirish jarayonidir. Bu jarayon kukunsimon xrom yoki ferroxrom bilan kaolin va ammoniy xloridi aralashmasida 1000–1500°S haroratda amalga oshiriladi. Jarayon 8–16 soat davom etadi. Bu vaqtda qalinligi 50–200 mkm bo'lgan qatlam hosil bo'ladi. Tashqi qatlam tarkibidagi xromning miqdori 50% dan ortadi va qatlam qattiq Fe-Cr eritmasidan iborat bo'ladi.

Termoxromlangan buyumlar yuqori olovbardoshlikka, qattiqlikka va issiqbardoshlikka ega bo'ladi. Ular kimyo va neftkimyo sanoatida, ayniqsa oksidlovchi muhitlarda, ishqalanishdan yuqori kuchlanish sezuvchi detallar tayyorlashda keng qo'llaniladi.

Termokremniylash ham ko'rilgan ikki usulga o'xshash texnologik jarayon.

Bu jarayon ferrosilitsiy (FeSi), shamot (olovda pishirilgan oq loy) va ammoniy xloridi kukunlarining aralashmasini qo'llash orqali yoki SiF_4 , SiCl_4 kremniy birikmalarining gazsimon

muhitida amalga oshiriladi. Jarayon $1100-1200^{\circ}\text{S}$ haroratda 10–24 soat davom etadi. Bunda quyidagi reaksiya boradi:



Hosil bo'lgan himoya qatlaminin qalinligi 0,8–1,0 mm ni tashkil qiladi. Kremniylangan buyumning sirti qattiq, yeyilmaydigan bo'ladi. Bunday qoplamalar uglerodli po'latlarni gaz korroziyasidan yaxshi himoyalaydi. 9.3-jadvalda termodiffuzion qoplamalarining qiyosiy xarakteristikalari keltirilgan.

9.3-jadval

Termodiffuzion qoplamalarining qiyosiy xarakteristikalari

Qoplama turi	Uzoq vaqt ishlashi mumkin bo'lgan maksimal temperatura, $^{\circ}\text{S}$	Ishlov berish natijasida qo'shimcha hosil bo'ladigan buyumning xossalari
Termoxromlash	800	Issiqbardoshligi, qattiqligi va yeyilishga chidamliligi ortadi
Termoaluminiylash	950	Olovbardoshligi va mo'rtligi ortadi
Termokremniylash	1000	Yeyilishga chidamliligi ortadi

Termolegirlash – korroziyaga qarshi himoyalashning eng ko'p tarqalgan usullaridan biri hisoblanadi. Sirti legirlangan buyumlar to'laligicha yuqori markali po'latlardan tayyorlanganiga qaraganda ancha arzon tushadi. Ular o'zida yuqori issiqbardoshlik va olovbardoshliklarni mujassamlashtirgan bo'ladi. Chunki yuqori legirlangan olovbardosh qotishmalarining ko'pchiligi yetarlicha issiqbardoshlikka ega emas. Shuningdek sirt himoya qatlami buyumlarning mexanik xossalarini yaxshi saqlaydi, legirlangan qotishmalarda bu xossalar ko'pincha tez yomonlashadi.

9.3.2. Issiqlik usuli yoki eritilgan metallga botirish usuli

Bu usul po'lat listlar, simlar va tayyor buyumlar sirtiga metall qoplashning eng qadimgi va juda oddiy usullaridan hisoblanadi. "Qaynoq" qoplama qoplash uchun mo'ljallanib eritilgan metallga himoyalangan metallni botirish orqali hosil qilinadi. Odatda qoplash uchun erish temperaturasi uncha yuqori bo'lmagan rux ($t_{er} = 419^{\circ}\text{S}$), qalay ($t_{er} = 232^{\circ}\text{S}$), qo'rg'oshin ($t_{er} = 327^{\circ}\text{S}$), aluminiy ($t_{er} = 658^{\circ}\text{S}$) kabi metallar ishlatiladi.

Qoplashdan oldin metallning sirtiga 52–56% ammoniy xloridi, 5–6% glitserin va qolgan qismi qoplanadigan metall xlorididan iborat eritma (flyus) bilan ishlov beriladi. Flyus metall sirtini oksidlanishdan saqlash bilan bir qatorda uning sirtidagi oksid plyonkalari, tuzli birikma va boshqa iflosliklardan tozalash vazifasini bajaradi. Bu usulning kamchiliklariga – qoplanadigan metall sarfining nisbatan ko'pligi, qoplama qalinligining hamma joyda bir xil emasligi, erigan massaning rezba, tirqish, yoriqlarning oxirigacha to'liq yetib bormasligi kabilar kiradi.

Qaynoq oqartirish oziq-ovqat sanoatida ko'p qo'llaniladi. Qaynoq ruxlash tayyor mahsulotlarni atmosfera va suvli muhit korroziyasidan himoyalashda ishlatiladi.

Kimyoviy mashinasozlikda temirga yoki po'latga aluminiy qoplashdan foydalaniladi. Aluminiyli qoplamalar eritilgan aluminiyni vannalarda $780\text{--}800^{\circ}\text{S}$ gacha qizdirilgach, unga detallarni 40–50 min botirib qo'yish orqali amalga oshiriladi.

Qaynoq qo'rg'oshinlash usuli ham keng tarqalgan hisoblanadi. Qo'rg'oshin qoplamalari aralashtirgichlarni, kranlarni, turli armaturalarni korroziyadan himoyalashda keng qo'llaniladi. Temir bir necha millimetrga qoplanganda birjinsli, g'ovaklarsiz qo'rg'oshin qatlami hosil bo'ladi.

Juda agressiv muhitlarda ishlatiladigan o'ta mas'uliyatli jihozlar uchun gomogen qo'rg'oshinlash amalga oshiriladi. Bu jarayonda erigan tomchi ko'rinishidagi qo'rg'oshin dastlab oqartirilgan himoyaluvchi konstruksiya sirtiga purkaladi.

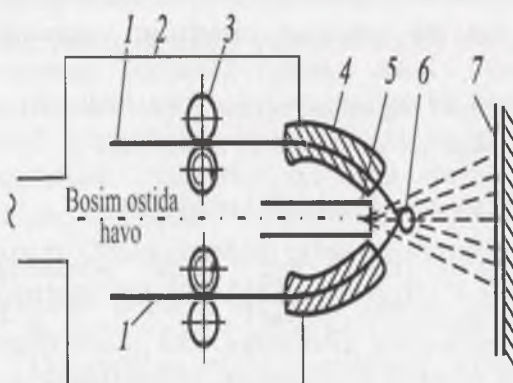
Detalni ho'llab, sirt bo'ylab yoyilgan tomchilar gomogen qo'rg'oshin qoplamasini hosil qiladi. Masalan, gomogen qo'rg'oshin bilan qoplangan sig'imlar agressiv muhitlar uchun chidamli bo'lib, bromni saqlash va tashishda ishlatiladi.

9.3.3. Purkash orqali metall yotqizish

Siqilgan havo yoki inert gaz oqimi yordamida himoyalangan buyum sirtiga eritilgan metallni yotqizish (metallizatsiya) ushbu metodning mohiyatini takil qiladi. Ergan metall zarrachalari katta tezlikda harakatlanib, himoyalana-digan asosiy metall sirtiga urilgach, unga yopishib himoya metall qoplamasi-ni hosil qiladi. Purkagichga metall ingichka sim ko'rinishda kiritiladi. Bunda u maxsus mexanizm vositasida 2,5 m/min tezlik bilan uzatiladi. Shundan so'ng ingichka sim gaz alangasi yoki ikki elektrod orasida hosil qilinadigan elektr yoyi yordamida eritiladi.

Bu usulda hosil qilingan qoplamalar muhitning korroziyon ta'siridan himoyalash, ishqalanib yeyilgan sirtlarni qayta tiklash, buyumlarda issiq-bardoshlikni ta'minlash kabi vazifalarni bajaradi. Metallizatsiyalash orqali murakkab tuzilishga ega bo'lgan, yig'ilgan konstruksiyalarni ham qoplash mumkin.

9.6-rasmda simli elektrometallizator qurilmasining sxemasi keltirilgan. Tok o'tayotgan simlarning uchlari poynak (nakonechnik) (4) dan chiqqach ularning uchrashish fazosida elektr yoyi hosil bo'ladi va uning ta'sirida simlarning uchlari erib, suyuq fazaga o'tadi. Katta tezlikdagi siqilgan havo oqimi (5) soplodan chiqayotganda erigan metall zarrachalarini o'zi bilan olib ketib metall sirtiga purkaydi.



9.6-rasm.
Elektrometallizator
qurilmasining
sxemasi.

- 1—ingichka sim;
- 2—apparat korpusi;
- 3—sim tortish mexanizmi;
- 4—poynak;
- 5—havo soplosi;
- 6—elektr yoyi;
- 7—metall qoplanadigan detal.

Ikkita sim o'rniga uchta sim olib, ularni uch fazali tok manbaidan ta'minlash ham mumkin. Bunda simlarning uchida hosil bo'ladigan elektr yoylarining soni ham ortadi. Bu xildagi metallizator odatda psevdoqotishmalar (temirning mis, rux, aluminiy va boshqa metallar bilan sun'iy qotishmalari) olish uchun ishlatiladi. Olingan psevdoqotishmalar juda yuqori antifraksion xossalarga ega bo'ladi.

Gaz bilan metallizatsiyalashda metall yanada kichikroq o'lchamlar bilan va tekis purkaladi.

Elektr metallizatsiyalashda simlar uchlarining bir tekis erimasligi sababli purkalayotgan massada turli o'lchamli— 10 mkm dan 100 mkm gacha bo'lgan zarrachalar uchraydi. Zarrachalarning o'lchamlari o'yicha bunday birjinsli bo'lmasligi hosil qilingan metall qoplamasi fizik-mexanik xossalarning yomonlashuviga sabab bo'ladi.

Har ikkala usulda boradigan jarayonda ham asosiy metall juda kam qiziydi, shu sababli unda strukturaviy o'zgarishlar deyarli kuzatilmaydi, asosning fizik-mexanik xossalari yaxshi saqlanadi.

Biroq bu usullarning ham quyidagi kamchiliklari mavjud:

- olingan qoplama tangachali strukturaga ega;
- qoplamaning g'ovakligi yuqori;

- purkash paytida metall zarrachalari chang ko'rinishida tarqalishi sababli metall sarfi katta bo'ladi;
- qatlamning qalinligi notekis, metallga adgeziyasi past;
- olinadigan qatlamning qalinligi 0,5-0,7 mkm dan oshmaydi.

Qoplamalar buyumlarni korrozion muhit taasiridan himoyalash, ishqalanib yeyiladigan sirtlarini tiklash, buyumlarning olovbardoshligini oshirish maqsadlarida yotqiziladi. Sanoatda metallizatsiyalash orqali murakkab shakldagi detallarni, yig'ilgan va katta gabaritli konstruksiyalarni, gazgolder, rezervuar kabi jihozlarni kerakli qalinlikda qoplash mumkin. Shu yo'l bilan olingan aluminiyli qoplamalar oltingugurtli neftlarni qayta ishlash zavodlarining qurilmalari va jihozlarini, vulkanizatsiya qozonlarini va shunga o'xshash apparatlarni korroziyadan himoyalashda qo'llaniladi.

9.3.4. Termomexanikaviy plakirlash metodi

Plakirlash – kam bardoshli metallarni yuqori korroziyabardosh qotishmalar yoki metallar bilan himoyalashning yanada takomillashgan usullaridan hisoblanadi. Bunda asosiy metallning ikki tomoniga boshqa chidamli metall listlari qoplangan holda, butun hosil bo'lgan paket yuqori haroratda prokatlanadi. Metallarning bo'linish chegarasidagi termodiffu-ziya hodisasi tufayli mustahkam ko'ppqavatli yaxlit buyum hosil bo'ladi.

Plakirlash uchun yaxshi payvandlanadigan metallar yoki qotishmalar: uglerodli va kislotabardosh po'latlar, dyuralyuminlar, mis qotishmalari qo'llaniladi. Bu jarayon uchun himoya qoplamasi sifatida aluminiy, tantal, molibden, titan, nikel, zanglamaydigan po'latlar ishlatiladi.

Plakirlovchi qatlamning qalinligi himoyalanuvchi metall qalinligining 3% dan 40% gacha bo'lishi mumkin. Plakirlangan

po'latga barcha turdagi mexanik ishlovlarni berish mumkin, jumladan shtampovkalash va payvandlashni ham.

Metallsozlik sanoati tomonidan xromli, xrom-nikelli va boshqa yuqori legirlangan (08X17T, 08X13, 10X17N13M2T, 15X25T, 12X18N10T va b.) uglerodlangan St.3 10, 15K, 20K va boshqa markali turli qalinlikdagi po'lat listlari ishlab chiqariladi. Shuningdek mis, kumush, aluminiy bilan plakirlangan qotishmalar ham mavjud. Elektrokimyoviy sanoatda asosi titan yoki tantal, himoya qoplamasi esa platina, rodii, iridiydan iborat bianodlar keng qo'llaniladi.

Plakirlash metodi qimmatbaho va noyob metallarni, yuqori legirlangan qotishmalarni tejash imkonini berishi sababli sanoatda keng qo'llaniladi.

9.4. Lok-bo'yoq himoya qoplamalari

Lok-bo'yoq qoplamalari – korroziyadan himoyalashning eng ko'p tarqalgan va ishonchli usullaridan hisoblanadi. Ular arzon va qulay, sirtga surishning oddiy texnologiyasiga ega, shikastlanganda oson tiklash mumkin, juda ko'p turlari mavjud. Har yili xalq xo'jaligida foydalaniladigan metall buyumlarning 80% lok-bo'yoq qoplamalari bilan bo'yaladi. Yiliga taxminan 27 mln tonna lok-bo'yoq materiallarining ishlab chiqarilishi korroziyadan himoyalashning bu turini ishlab chiqarishga naqadar ulkan masshtabda mablag'lar ajratilayotganligini ko'rsatadi.

Lok-bo'yoq qoplamalarini qo'llashning samaradorligi xizmat muddati 10 yildan oshmagan va metall korroziyasining tezligi 0,005 mm/yil gacha bo'lgan shart bilan belgilanadi. Xizmat muddatini oshirish talab etilganda yoki metallning korroziya tezligi 0,5 – 1,0 mm/yil bo'lganda kombinatsiyalangan qoplamalarni qo'llash maqsadga muvofiqdir. Masalan, ruxli plyus lok-bo'yoq qoplamalarining kombinatsiyasi ishlash muddatini 30 yilgacha uzaytiradi.

Lok-bo'yoq qoplamalari ekspluatatsiya sharoitlari va tashqi ko'rinishi bo'yicha GOST 9894-61 ga asosan sinflanadi. Ularning himoya ta'siri metall buyum sirtida yaxlit plyonka hosil qilib, tashqi muhitning agressiv ta'siridan himoyalash va metallni yemirilishdan saqlashga asoslangan.

Lok-bo'yoq qoplamalarining asosiy komponentlari – *plyonka hosil qiluvchi moddalar, erituvchilar, plastifikatorlar, pigmentlar, to'ldiruv-chilar, katalizatorlar (sikkativlar – bo'yoqlarni tez quritadigan moddalar).*

Loklar – bug'lanadigan moylarning kolloid eritmaları yoki organik erituvchilardagi smolalardir. Himoyalovchi qattiq qoplama erituvchilarning bug'lanib ketishidan, shuningdek moy yoki smolalarning qizdirilishi tufayli yoki katalizator ta'sirida polimerlanishi natijasida hosil bo'ladi.

Bo'yoqlar – plyonka hosil qiluvchidagi mineral pigmentlarning suspenziyasidir.

Emallar – maydalangan pigmentlar kiritilgan lok eritmalaridir.

Plyonka hosil qiluvchilar – tabiiy yog'lar, tabiiy yoki sun'iy smolalardir.

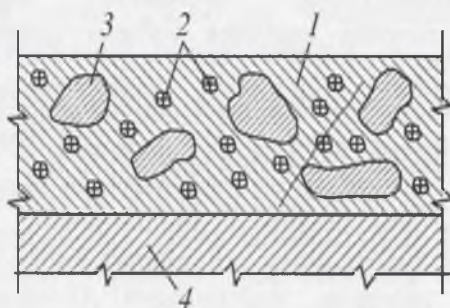
Yog'lar tarkibiga ko'ra murakkab efirlardir, ya'ni kislota va spirtlar o'zari ta'sirlashuvining mahsulidir. Yog'lar sinflanishining asosida ularning qurishga bo'lgan qobiliyati yotadi.

Eng ko'p tarqalgan moyli plyonka hosil qiluvchi modda – *alifdir. Natural alif* – qisman polimerlash maqsadida 300°S haroratda ishlov berilgan quruvchan o'simlik moyidan olinadi. Alif havoda oksidlanadi va qattiq holatgacha polimerlanadi.

Plyonka hosil qiluvchi moddalarning erituvchilari lok-bo'yoq qoplamasi materialiga osongina surkaladigan holatgacha qovushqoqlik hosil qiladi. Sirtga surkalgach, erituvchilar bug'lanib ketadi. Erituvchilar juda xilma-xildir: spirtlar, aseton, benzin, skipidar, toluol, ksilol, etil asetat va b.

Plastifikatorlar yoki yumshatkichlar – plyonka qurigandan so'ng uning elastikligini oshiruvchi moddalardir. Ularga kastor moyi, kauchuklar, dibutilftalat, trikrezilfosfat, adipin kislotasi efirlari va b. kiradi. Aralashmaga kiritiladigan plastifikatorlarning miqdori plyonka hosil qiluvchi modda massasining 20–75% ni tashkil qiladi. Lok-bo'yoq qoplama-lariga rang berish maqsadida ularga *pigmentlar* – oxra, qo'rg'oshin surigi, xrom-qo'rg'oshin kukuni, rux belilasi va boshqa metallarning kukunlari qo'shiladi. Zarrachalarning o'lchamlari 0,5 dan 5 mkm gacha bo'ladi. Bu pigmentlar rang berishi bilan bir qatorda qattiqlikni, atmosfera va kimyoviy chidamlilikni, yeyilishga bardoshlilikni ham oshiradi.

To'ldiruvchilar – lok-bo'yoqlar tarkibiga pigmentlar sarfini kamayti-rish va plyonkaning antikorrozion xususiyatlarini yaxshilash uchun qo'shiladi-gan moddalardir. Ularga bo'r, talk, kaolin, asbest kukuni va b. kiradi. To'ldiruvchilar butun plyonkaning mustahkam asosini tashkil qiladi. To'ldiruvchining zarrachalari plyonkadagi pigment zarrachalari orasida taqsimlanib tarqalgan holda, ular orasidagi bo'shliqlarni to'ldiradi. Natijada plyonka yuqori nanga chidamlilik va antikorrozion xususiyatlarga ega bo'ladi. Lok-bo'yoq plyonkasi tuzilishining sxemasi 9.7-rasmda keltirilgan.



9.7-rasm. Lok-bo'yoq plyonkasi tuzilishining sxemasi.

- 1-plyonka hosil qiluvchi modda;
- 2-to'ldiruvchi;
- 3-pigment;
- 4-metall.

Sikkativlar yoki katalizatorlar – yog'li organik kislotalarning magniyli va kobaltli tuzlaridan iboratdir. Moyli plyonka qurishini tezlashtirish maqsadida ular kompozitsiya tarkibiga kiritiladi.

Lok-bo'yoq materiallarining korroziyaga qarshi yuqori himoyasi qoplamalarni hosil qilish texnologiyasiga qanchalik amal qilishga juda bog'liqdir. Qoplamalarning xizmat qilish muddatiga quyidagi omillar ta'sir qiladi:

- sirtni qoplashga tayyorlash darajasi;
- lok-bo'yoq qoplamasini surkash va quritish metodlari;
- qoplangan kompozitsiyaning qalinligi;

Qoplamalarni yotqizish usullari ham ularning xizmat qilish muddatiga sezilarli ta'sir qiladi. Masalan alkidli emal (sariq) qoplamasining xizmat qilish muddati yotqizish usullariga quyidagicha bog'langan: elektropol – 12 yil; pnevmochanglatish – 11 yil; havosiz changlatish – 10 yil; tizzilatib qoplash – 9 yil; botirish usulida 8 yil. Xizmat qilish muddatidagi farqlarni shakllanadigan qoplamalar strukturasiining turlicha ekanligi bilan izohlanadi. Yanada kichik va zich upakovkali strukturalar elektrostatik purkash usuli orqali qoplanganda hosil bo'ladi.

Lok-bo'yoq qoplamasining turi uning ishlatilish sharoitidan kelib chiqqan holda tanlanadi. Kislotalar, ishqorlar va agressiv gaz muhitlari ta'siridan qurilma va jihozlarni himoyalash uchun fenoloformaldegid, polixlorvinil, epoksid va ftororganik polimerlar asosidagi lok-bo'yoq qoplamalari yotqiziladi.

Epoksid birikmalari asosidagi lok-bo'yoq qoplamalari NaOH (25% gacha) eritmasida 125°S gacha qizdirilganda, xlorid (25 % gacha), sulfat (70 % gacha), fosfor i azot kislotalari eritmalarida bardoshli hisoblanadi. Ular elastik, tarkibida Sl_2 , NS_1 , xloroform bo'lgan muhitlarda va atmosferada chidamli, nam o'tkazmaydi. Yuqori elektro-izolyatsion va mexanik xossalarga ega.

Polixlorvinil asosidagi lok va bo'yoqlar azot, xlorid, sulfat, uksus va boshqa kislotalarga hamda ishqor va yog'larga

chidamlidir. Ular tarkibida SO_2 , SO_3 , N_2O_3 , NH_3 , HCl bo'lgan atmosferalarda bardoshli hisoblanadi. Ular galvanik vannalar, kimyoviy va suvli tozalash apparatlarini himoyalashda qo'llaniladi.

Poliuretanli lok va bo'yoqlar magniy va aluminiy qotishmalaridan tayyorlangan buyumlarni himoyalashda ishlatiladi. Ular neft mahsulotlari atmosferasida bardoshli hisoblanadi.

Issiqbardosh qoplamalar kremniyorganik birikmalar asosida olinadi. Ular 300°S haroratda uzoq vaqt, $500\text{--}800^\circ\text{S}$ haroratda qisqa vaqt ishlashi mumkin. Bunday bo'yoqlar va emallar ventilyatsion va quritish qurilmalari-ni, issiqlik almashtirgichlarni va b. bo'yash uchun ishlatiladi.

Ekologiya bo'yicha qo'yiladigan talablar lok-bo'yoq materiallarining progressiv assortimentini ishlab chiqishda yetarlicha jiddiy qiyinchilik-larni tug'dirmoqda. Chet el firmalarining ma'lumotlariga ko'ra erituvchi-larning bo'yaladigan yuzalar qurishidan ajralib chiqadigan gazlarning miqdori $100\text{--}85\text{ g/m}^2$ ni tashkil qiladi. 1991 yilda Yevropa avtomobilsoz-ligida bu ko'rsatkich 90 g/m^2 ni tashkil qilgan bo'lsa, 1993 yilga kelib u 50 g/m^2 ga tushgan. Hozirgi zamon ekologik talablarga javob beruvchi yuqori quruq qoldikli (QQM), suvda eriydigan va kukunli kabi yangi progressiv lok-bo'yoq materiallarini ishlab chiqarish texnologiyalari yo'lga qo'yilmoqda. 9.4-jadvalda jahonning uch asosiy regionida ekologik qulay lok-bo'yoq qoplamalaridan foydalanishga o'tishning umumiy tendensiyasi keltirilgan.

Yuqori quruq qoldikli materiallar (QQM) organik erituvchilar iste'molini 30% gacha qisqartirish, lok-bo'yoq materiallari sarfini o'rtacha 20–30 % ga kamaytirish, shuningdek qoplamalarning xizmat qilish muddatini 1,5–2 marta uzaytirish imkonini beradi. Mamlakatimizda bu materiallar sanoat

miqyosida qo'llanish bosqichida bo'lib, yaqin kelajakda ular ishlab chiqarish bosqichiga o'tadi.

9.4-jadval

Lok-bo'yoq qoplamalari asosiy ko'rinishlarining taqsimlanishi

№	Lok-bo'yoq materiallarining turi	AQSh	Yevropa	Yaponiya
		Umumiy ishlab chiqarish hajmi, mln. t		
		6,4	7,9	2,0
		Umumiy hajmdagi hissasi, %		
1.	Yugori quruq qoldiqli	2,7	15,0	1,4
2.	Suvda eriydigan	11	11	11
3.	Kukunli	5,2	12,3	3,6
4.	Organik-qo'shiladigan	55	55	80

Suvda eritiladigan lok-bo'yoq materiallari zamonaviy ekologik talablarga javob beradigan materiallar assortimentida yetakchi o'rinlardan birini egallaydi. Bu turdagi materiallar asosan jihozlarni elektr o'tqazish usuli bilan bo'yashga mo'ljallangan. Ya'ni suvda eruvchan bo'yoq – elektrolit bilan to'ldirilgan vannaga katod (yoki anod) vazifasini bajaruvchi bo'yaladigan jihozlarni tushirish orqali amalga oshiriladi. Bunday maqsad uchun plyonka hosil qiluvchilar – elektrolitlar asosidagi suvda eruvchi lok-bo'yoq materiallardan foydalaniladi. Bunday materiallarga V-KCh-0207, V-KF-093, VEP-0190 bo'yoqlar, V-FL-11990, MS-278, V-EP-2100 emallar misol bo'la oladi.

Kukunli bo'yoqlar – zamonaviy lok-bo'yoq materiallarining yangi turi hisoblanadi. Ularning qo'llanilishi atrof muhitni ifloslantirish xavfini deyarli yo'q qiladi, ish paytidagi yong'in va portlash xavfini keskin kamaytiradi. Hozirgi paytda bunday qoplamalar ishlab chiqarishni takomillashtirish va arzonlashtirishga yo'naltirilgan ishlar olib borilmoqda.

Qoplamalar himoya xususiyatlarini yaxshilashning istiqbolli yo'llari-dan biri seriyali lok-bo'yoq materiallarining *yo'naltirilgan modifikatsiyasi* hisoblanadi. Modifikatorlar sifatida sanoat

miqyosida chiqariladigan turli xildagi sirt-faol moddalardan foydalaniladi. Bunday qoplamalar-

ning himoyaviy xossalari sirtida metallni passivlashtiruvchi komplekslar-ning hosil bo'lishi bilan izohlanadi.

Lok-bo'yoq kompozitsiyalariga korroziyaga qarshi ingibitorlarni qo'shish orqali ham anodli korroziya jarayonlari kechishini sekinlashtirish mumkin. Ularga xromatlar, metall fosfatlari, azotsaqllovchi va silaksan birikmalari kiradi. Bunday birikmalarning ta'sir effekti ingibitorlarning tashqi muhit tarkibidagi diffuziyalanuvchi suvda erishiga va keyinchalik ingibitor ionlari va molekularining aktiv metall markazlarida adsorbsiyalanishiga asoslangan.

IX bobga tegishli uslubiy tavsiyalar

IX bobda keltirilgan ma'lumotlarni o'rganish natijasida talaba quyidagilarni bilishi shart:

- fosfatli va oksidli himoya qoplamalari;
- galvanik qoplamalar;
- issiqbardosh himoya qoplamalari;
- lok-bo'yoqli himoya qoplamalari;

IX bobda keltirilgan ma'lumotlarni o'zlashtirish natijasida talaba:

- kimyoviy apparatlar yoki qurilmalarning qorroziyadan himoyasini tashkil qilish uchun fosfatli va oksidli himoya qoplamalarini tanlay bilishi;

- galvanik qoplamalar turlarini materiallar va qotishmalarning xossalriga mos holda tanlay olishi;

- issiqbardosh va olovbardosh himoya qoplamalari hosil qilishni tegishli joylarda qo'llay olishi kerak;

- Metall va nometall materiallarning turi, xossalari va adgeziyasiga mos holda lok-bo'yoqli himoya qoplamalarini tanlay bilishi lozim.

Nazorat savollari

1. Qanday yupqa sirt qatlamlarini bilasiz?
2. Fosfatli va oksidli plyonkalarining xossalari aytib bering.
3. Adgeziya hodisasinitushuntirib bering.

4. U yoki bu turdagi qoplamani qo'llash nimaga saoslanib tanlanadi?

5. Fosfatlash asosan qaysi metallar uchun qo'llaniladi?

6. Aluminiy sirtida oksid plyonkalarining hosil bo'lish jarayoni qanday amalga oshadi?

7. Galvanik sirt qoplamalari boshqa turdagi qoplamalarga nisbatan qanday afzalliklarga ega?

8. Anodli va katodli antikorrozion himoya qoplamalarni tushintirng.

9. Po'lat buyumlarni atmosfera sharoitida himoyalashi uchun bir qavatli xromli qoplamalarning qalinligi kamida qanday bo'lishi lozim?

10. Qaynoq qoplama usulining mohiyati nimadan iborat?

11. Lok-bo'yoq qoplamalari qanday komponentlardan tashkil topgan?

Mustaqil ta'lim mavzulari.

1. Fosfatlash, jarayonning borishi va texnologiyasi.

2. Oksidlash jarayonini tavsiflab bering.

3. Metallarning passivlanish holati, uning korroziya jarayoniga ta'siri.

4. Anodlash jarayoni, uning mohiyati.

5. Galvanik sirt qoplamalarini hosil qilish mexanizmi, usullari.

6. Galvanik qoplamalarning asosiy xususiyatlari va ularni hosil qilish usullari

7. Ruxlash va kadmiylash jarayonlari.

8. Qalay va qo'rg'oshin qoplamalari ularni hosil qilish mexanizmi.

9. Qoplashning termodiffuzion usuli.

10. Termoaluminiylash jarayoni, uning afzalliklari.

11. Metallizatsiyalash jarayoni uning mexanizmi.

12. Plakirlash jarayoni.

13. Lok-bo'yoq qoplamalari bilan qoplashning ekspluatatsiya qilish sharoitlariga bog'liqligi.

14. Plastifikatorlar va to'ldiruvchilar, ularning xossalari.

X BOB. METALLARNI KORROZIYADAN HIMOYA QILISHNING ELEKTROKIMYOVIY USULLARI

10.1. Elektrokimyoviy himoya mexanizmi

Elektrokimyoviy himoya – potensialning qiymatini eng kichik erish tezligiga mos keladigan qiymatigacha siljitish orqali korroziya tezligini pasaytirishga asoslangan metall materiallarni korroziyadan himoya qilish usuli hisoblanadi. O'zgarmas tok manbaidan yoki korroziyalanayotgan sistemaga nisbatan anod hisoblangan qo'shimcha elektrod bilan kontakt orqali elektrodning qutblanishida metall elektrokimyoviy korroziyasining tezligini kamaytirish ushbu usulning mohiyatini tashkil qiladi.

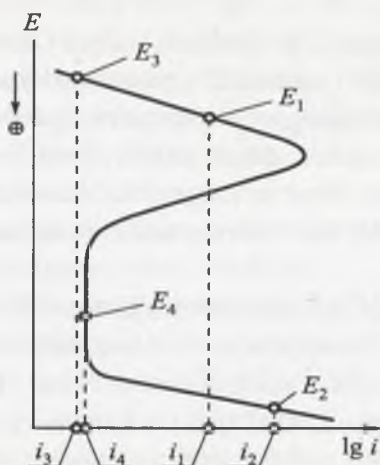
10.1-rasmda metallni turli usullar bilan elektrokimyoviy himoyalashda metall erish tezligining kamayishini tushuntiradigan sxema keltirilgan. Metall potensialini siljitish yo'nalishiga bog'liq holda elektrokimyoviy himoya *katodli* va *anodli* turlariga bo'linadi.

Elektrokimyoviy himoya shunday hollarda qo'llaniladiki, unda konstruksion materialning erkin korroziya potentsiali Y_{ekor} aktiv erish sohasiga (Y_{e1}) yoki qayta passivlanish sohasiga (Y_{e2}) to'g'ri kelsa, ya'ni material katta tezlik bilan eriyotgan bo'lsa.

Katodli himoyada metall erish tezligini kamaytirish – potensialni Y_{ekor} dan manfiyaroq sohaga siljitish natijasida amalga oshiriladi.

Masalan, agar metall erkin korroziyasining potentsiali Y_{e1} aktiv erish sohasida joylashgan bo'lsa (erish tezligi i_1), u holda potensialni manfiy tomonga Y_{e3} qiymatigacha surish erish tezligining i_1 dan pastroqda joylashgan i_3 qiymatigacha kamayishiga olib keladi. Erkin korroziya potentsiali Y_{e2} ning qiymati qayta passivlanish sohasiga to'g'ri kelgan holatda ham metall erish tezligining pasayishi ham xiddi shunday yuz beradi. Potensialni manfiy tomonga Y_{e4} qiymatigacha surishda erish

tezligi i_4 gacha kamayadi. Farqi shundaki, birinchi holda erish tezligining pasayishiga erish xarakterini o'zgartirmasdan erishiladi, ya'ni metall aktiv holatdalgicha qoladi. Ikkinchi holda esa erish tezligi metallning aktiv holatdan passiv holatga o'tishi oqibatida pasayadi.



10.1-rasm.
Elektrokimyoviy
himoyada metall erish
tezligini pasaytirish
usullari.

Anodli himoyada himoyalananadigan konstruksiya potentsiali Y_{ekor} dan musbatroq tomonga siljiriladi. Bunda metallning aktiv holatdan passiv holatga o'tishi amalga oshadi. Agar metall erkin korroziyasining potentsiali Y_{e1} aktiv sohada joylashgan bo'lib, unga mos keladigan erish tezligi i_1 ga teng bo'lsa, u holda uni Y_{e4} qiymatgacha musbat tomonga siljirilganda erish tezligi i_4 qiymatgacha kamayadi.

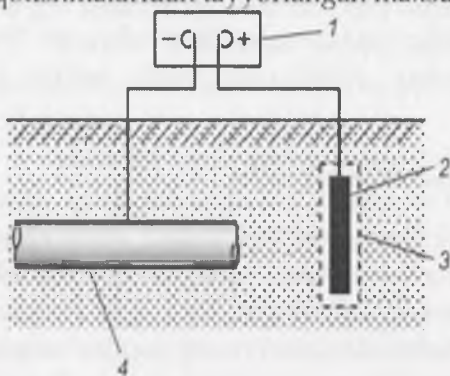
10.1.1. Katodli himoya

Katodli himoya metall passivlanishga moyil bo'lmagan, ya'ni keng aktiv erish sohasiga, tor passiv sohaga, yuqori kritik tokining (i_{kr}) va potentsialining qiymatiga (Y_{ekr}) ega bo'lgan hollarda qo'llaniladi. Katodli himoyani turli usullar orqali amalga oshirish mumkin:

- katod reaksiyasi tezligini kamaytirish (masalan, korroziya jarayonlari kechadigan eritmalarni deaeratsiyalash);
- tashqi tok manbai yordamida qutblash;
- qaralayotgan sharoitda yanada manfiyroq erkin korroziya potensialiga ega bo'lgan boshqa material bilan kontaktlash (protektorli himoya);

Tashqi tok manbai yordamida qutblash orqali amalga oshiriladigan katodli himoya uglerodli, past va yuqori legirlangan hamda yuqori xromlan-gan po'latlardan, qalaydan, ruxdan, mis va mis-nikel qotishmalaridan, aluminiy va uning qotishmalaridan, qo'rg'oshindan, titan va uning qotishmalaridan tayyorlangan jihoz va qurilmalarni korroziyadan himoyalash uchun qo'llaniladi.

Katod himoyasining qurilmasining asosiy qismlari doimiy tok manbai asosidagi katod himoyasi stansiyasi, anodli yerga o'tkazgich (zazemlenie) va ulovchi o'tkazgichlardan iborat (10.2-rasm). Bunda himoyalananadigan ob'ektga (magistral quvur o'tkazgichlar) tok manbaining manfiy qutibi, anodli yerga o'tkazgichga esa uning musbat qutibi ulanadi. Anodli yerga o'tkazgichlar sifatida qora metallardan tayyorlangan sterjenlar yoki zanglamaydigan po'lat, grafit, kremniyli temir qotishmalaridan tayyorlangan maxsus anodlar qo'llaniladi.



10.2-rasm. Katod himoyasi qurilmasining sxemasi.

- 1-o'zgarmas tok manbai;
- 2-anod;
- 3-qalin koks (yoki ko'mir kukuni) qatlami;
- 4-himoya qilinadigan quvur o'tkazgich.

Bunday qurilmalarga yer osti inshootlari (turli maqsadlar uchun ishlatiladigan quvur o'tkazgichlar va kabellar, fundamentlar, burg'ilash uskunalari), dengiz suvida ishlatiladigan inshootlar (sudnolarning korpuslari, qirg'oq inshootlarining metall qismlari, dengizdagi burg'ilovchi platformalar), kimyo sanoati jihozlari va rezervuarlarining ichki sirtlari kiradi. Ko'p hollarda katodli himoya qoplamali himoya bilan birgalikda qo'llaniladi. *Tashqi qutblanish tufayli o'z-o'zidan metall erish tezligining kamayishi himoya effekti deyiladi.*

Katodli himoyaning asosiy omili – himoya potentsiali hisoblanadi. *Himoya potentsiali deb, qaralayotgan ekspluatatsiya sharoitida metallning erish tezligi ruxsat etiladigan eng past qiymatga erishadigan potentsialga aytiladi.*

Himoya effekti kattaligi Z (%) – katodli himoyaning asosiy xarakteristikasi bo'lib hisoblanadi:

$$Z = (K_0 - K_1) / K_0 \cdot 100 \%, \quad (17.1)$$

bunda K_0 $[g/(m^2 \cdot soat)]$ – himoyasiz holdagi metall korroziyasining tezligi, K_1 $[g/(m^2 \cdot soat)]$ – elektrokimyoviy himoyalangan metall korroziyasining tezligi. Himoyaning ta'sir koeffitsienti K_3 $[g/A]$ quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$K_3 = (\Delta m_0 - \Delta m_1) / i_k, \quad (17.2)$$

bu yerda Δm_0 va Δm_1 – himoyasiz va katodli himoya qo'llanilgandan keyingi holatlarda metall massasining yo'qotilishi (g/m^2) , i_k $[A/m^2]$ – katod tokining zichligi.

Katodli himoyani amalga oshirish uchun tashqi tok manbaining manfiy qutibi himoyalananadigan metall konstruksiyasiga, musbat qutibi esa – anod sifatida foydalaniladigan yordamchi elektrodga ulanadi. Himoya jarayonida anod yemirilishi sababli uni davriy ravishda almashtirib turiladi.

Katodli himoya uchun tashqi tok manbai sifatida katodli himoya stansiyalari xizmat qiladi. Ularning asosiy tarkibiy qismlariga tok manbai, o'zgartir-gich (to'g'rilagich),

himoyalanadigan konstruksiyaga tok yetkazuvchi o'tkazgichlar, taqqoslash elektrodi, yerga o'tkazuvchi anodlar, anod kabellari kiradi.

Katod himoyasi stansiyalari rostlanadigan va rostlanmaydigan ko'rinishlarda bo'ladi. Tok zanjirining qarshiligi o'zgarmaydigan hollarda rostlanmaydigan katod himoyasi stansiyalari qo'llaniladi. Bunday stansiyalar potensialni yoki tokni doimiy saqlash rejimida ishlaydi va ular rezervuarlar, saqlagichlar, po'lat lentali yuqori kuchlanish kabellari, quvur o'tkazgichlar va sh. k. himoyalashda qo'llaniladi.

Rostlanadigan katod himoyasi stansiyalari sistemada daydi toklar mavjud (temir yo'l yaqin) bo'lganda, tok oqishidagi qarshilik davriy o'zgaradigan holda (tuproq haroratining va namligining mavsumiy o'zgarishi), texnologik o'zgarishlarda (eritma sathi va suyuqlik oqimining tezligi) qo'llaniladi. Himoyalanadigan ob'ekt uzunligi bo'ylab joylashadigan katod himoyasi stansiyalarining soni ekspluatatsion muhitning elektr o'tkazuvchanligi bilan aniqlanadi. Elektr o'tkazuvchanlik qancha yuqori bo'lsa, ular orasidagi masofa shuncha katta bo'ladi.

Yer bilan katod stansiyasining musbat qutbini tutashtiruvchi – yerga o'tkazuvchi anodlar po'lat, grafit, ferrosilitsid, titan, platalangan titandan va b. materiallardan tayyorlanadi.

Anod-yer o'tkazuvchilarini joylashtirish sxemasi himoyalanadigan konstruksiyaning konfiguratsiyasidan kelib chiqqan holda tuziladi. Katodli himoya stansiyasining quvvati anod yer-o'tkazuvchilari sifatida tok oqayotgan o'tkazgichlar umumiy qarshiligining maksimal qiymati orqali aniqlanadi. Ko'rsatilgan qarshilikni kamaytirish maqsadida anod yer-o'tkazuvchilari qarshiligi eng kichik bo'lgan tuproq uchastkalarida, yoki maxsus koks ko'milmalarida joylashtiriladi.

Ko'milma – gips va osh tuzini 4:1 nisbatda qo'shib tayyorlangan qalin koks qatlamidan iborat. Bunday ko'milma yuqori elektr o'tkazuvchanlikka ega. Suv inshootlarini

himoyalashda anod yer-o'tkazuvchilari daryo yoki dengiz tubiga o'rnatilsa, zavod uskunalarini himoyalashda esa texnologik muhitlarda cho'ktiriladi. Himoya toki asosan himoyalananadigan metallning yalang'och sirti bo'ylab oqadi.

Tashqi tok orqali katod himoyasi sezilarli jarohatlangan konstruk-siyalarni himoyalashda ham qo'llaniladi, bunda korroziyaning qolgan qismlarga tarqalishining oldi olinadi.

Katodli himoyaning kamchiligi – himoyalananadigan konstruksiya poten-sialini manfiy tomonga ancha kuchli surish oqibatida vodorod ajralish tezligining keskin ortib ketishidir. Buning natijasida konstruksiya materialining vodorodli mo'rtlashuvi yuzaga kelib, materialning korrozion yorilishiga yoki undagi himoya qoplamalarining buzilishiga olib kelishi mumkin.

10.1.2. Protektorli himoya

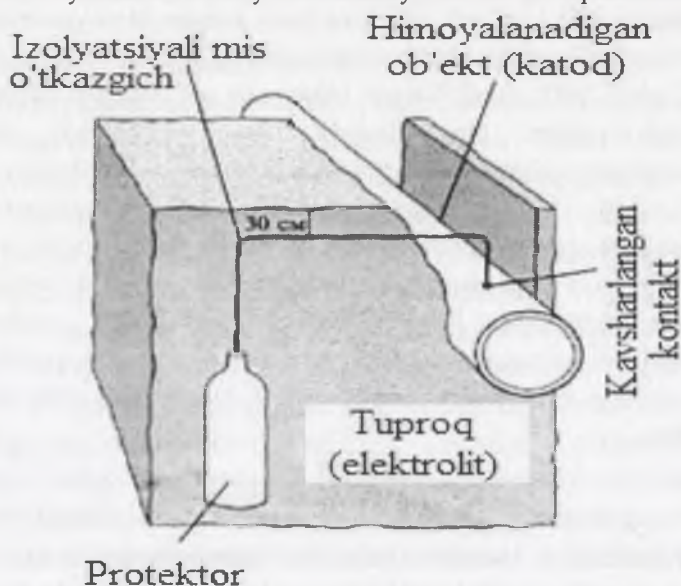
Protektorli himoya katodli himoyaning yana bir ko'rinishlaridan biri bo'lib, himoyalananadigan konstruksiyaga yanada elektr-manfiyroq bo'lgan va atrof muhitda erib, asosiy konstruksiyani yemirilishdan saqlaydigan metall – protektor ulanishiga asoslangan (10.3-rasm). Protektor to'la erib ketganda yoki himoyalananadigan konstruksiya bilan kontakt yo'qolganda protektor almashtiriladi.

Protektor bilan atrof muhit orasidagi o'tish qarshiligi uncha katta bo'lmasa u samarali ishlaydi. Biroq protektorning ta'sir doirasi ma'lum masofa orqali cheklangandir. *Himoyalananadigan konstruksiyadan mumkin bo'lgan maksimal uzoqlashish masofasi protektor himoya tasirining radiusi deyiladi.*

Katodli himoyani tashkil qilish uchun tashqaridan energiya olib kelish qiyinchilik tug'diradigan va elektr liniyalarini tortib kelish iqtisodiy zarar bo'ladigan hollarda protektorli himoya qo'llaniladi. Bunday himoya daryo va dengiz suvlarida, tuproq

Do'stov H.B.

va boshqa neytral muhitlarda ishlatiladigan metall konstruksiyalarni korroziyadan himoyalash uchun qo'llaniladi.



10.3-rasm. Protektorli himoyalash sxemasi

Kislotali eritmalarda metallar o'z-o'zidan erish tezligining yuqoriligi sababli bunday muhitlarda protektorli himoya maqsadga muvofiq emas. Protektorlar sifatida Al, Fe, Mg, Zn kabi metallari ishlatiladi. Biroq sof metallarni protektor sifatida ishlatish iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas. Undan tashqari, sof rux dendrit strukturaga ega bo'lganligi uchun notekis eriydi, toza aluminiy sirti zich oksid plyonkasi bilan qoplangan bo'ladi, magniyning o'zi kuchli korroziyalanuvchi hisoblanadi. Protektorlarga talab etiladigan ksplyuatatsion xossalarni berish uchun ularning tarkibiga legirolovchi elementlar kiritiladi.

Ruxli protektorlar tarkibiga kadmiy (0,025–0,15%) va aluminiy (0,1–0,5%) elementlari kiritiladi. Shuningdek Fe, Cu, Pb

kabi elementlar ham 0,001–0,005 % dan ko'p bo'lmagan miqdorda qo'shilishi mumkin.

Aluminiyli protektorlar tarkibiga ularning sirtida oksid plyonka-lar hosil bo'lishining oldini olish maqsadida – Zn (8 % gacha), Mg (5 % gacha), shuningdek kristall panjara parametrlarini talab etiladigan holatgacha o'zgartirish uchun Cd, In, Gl, Hg, Tl, Mn, Si elementlari (0,01 – 0,1 % gacha) qo'shiladi.

Magniyli protektor qotishmalarining tarkibiga legirlovchi qo'shimcha-lar sifatida Al (5–7 %) va Zn (2–5 %); shuningdek, Fe, Ni, Cu, Pb, Si kabi elementlar foizning yuzdan bir yoki ko'pi bilan o'ndan bir ulushigacha miqdorida qo'shiladi.

Protektor materiali sifatida temir sof holda (Fe-armko) yoki uglerod-li po'latlar ko'rinishida foydalanilishi mumkin.

Ruxli va aluminiyli protektorlar asosan dengiz suvida ekspluatatsiya qilinadigan qurilmalarni (dengiz sudnolari, suv osti quvur o'tkazgichlari, qirg'oq inshootlari va b.) himoyalash maqsadida ishlatiladi. Ruxli protektorlarning sirtida ZnO rux oksidi yoki $\text{Zn}(\text{OH})_2$ gidroksidi hosil bo'lishi sababli ularni kam tuzli, chuchuk suvli va tuproq muhitlarida qo'llash chegaralangandir.

Aluminiyli protektorlar harakatlanadigan dengiz suvida ishlatiladigan inshootlarni, burg'ilash platformalarini, shuningdek qirg'oqqa yaqin joylashgan port inshootlariva konstruksiyalarini korroziyadan himoyalash uchun qo'llaniladi.

Magniyli protektorlardan ko'pincha ruxli va aluminiyli protektor-lar ta'siri samarali bo'lmaydigan, elektr tokini sust o'tkazadigan – tuproq, chuchuk va unchalik sho'r bo'lmagan suvli muhitlarda ishlatiladigan, uncha katta bo'lmagan inshootlarni korroziyadan himoyalash uchun foydalaniladi. Biroq, o'z-o'zidan erish tezligining va sirtida qiyin eriydigan birikmalar hosil bo'lish ehtimolligining yuqoriligi tufayli magniyli protektorlar-dan foydalanish oshasi $\text{pH} = 9,5\text{--}10,5$ bo'lgan muhitlar bilan cheklanadi.

Yopiq tizimlarni masalan, rezervuarlarni magniyli protektorlar bilan himoyalashda magniyli qotishma sirtida kechadigan katodli reaksiyalarda ajraladigan vodorod tufayli portlovchi gaz hosil bo'lishini albatta inobatga olish zarur. Shuningdek, ular yordamida himoyalanadigan konstruksiyalarda vodorodli mo'rtlashuv va korrozion yorilish yuzaga kelishining ehtimolligi ham yuqoridir.

10.1.3. Anodli himoya

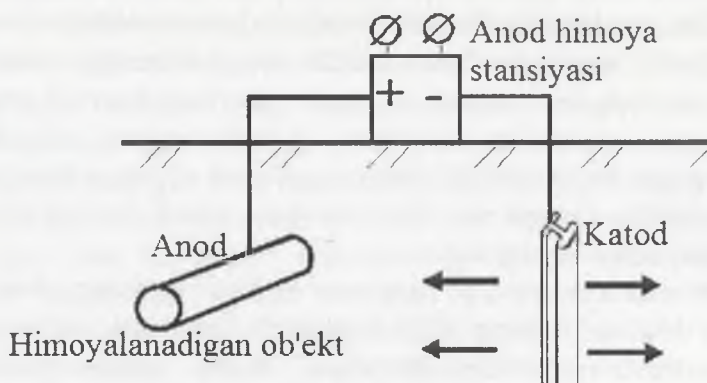
Anodli himoya oson passivlashadigan materiallar – uglerodli, past legirlangan zanglamaydigan po'latlar, titan, temir asosli yuqori legirlangan po'latlardan tayyorlangan qurilma va jihozlarni yaxshi elektr o'tkazuvchi muhitlarda korroziyadan himoyalash uchun qo'llaniladi. Anodli himoya turli xildagi passivlashadigan materiallardan, masalan turli xil tarkibli zanglamaydigan po'latlardan, payvandlangan birikmalardan tayyorlangan qurilmalarni himoyalashda ayniqsa qo'l keladi.

Anodli himoya – faol eriyotgan metallning potensialini barqaror passiv holat yuzaga kelguncha musbat tomonga surishga asoslangan (10.4-rasm). Natijada nafaqat metall korroziyalanish tezligining keskin (minglab martagacha) kamayishiga, balki erish mahsulotlarining ishlab chiqarilayotgan mahsulot tarkibiga tushishining oldini olishga erishiladi. Potensialni musbat tomonga surish quyidagi usullarda amalga oshirilishi mumkin:

- konstruksiyani tashqi tok manbaiga ulash;
- eritmaga oksidlovchilarni kiritish;
- qotishmaga metall sirtida kechayotgan katod jarayonining effektivligini oshiruvchi elementlarni kiritish.

Passivlashtiruvchi ingibitor-oksidlovchilar orqali anodli himoyani amalga oshirish shunga asoslanganki, ularning qaytarilishi jarayonida metallni passiv holatga o'tkazish uchun yetarli bo'lgan tok vujudga keladi. Ingibitorlar sifatida Fe^{3+}

tuzlari, nitratlar, bixromatlar va boshqalar-dan foydalanish mumkin. Ingibitorlarni qo'llash konstruksiyalarida noqulay joylar – tirqishlar, teshiklar, tor tirqishlar (zazor) bo'lgan qurilmalarni ham korroziyadan himoyalashda qo'l keladi. Texnologik muhitning ifloslanishi ushbu himoyalash usulining kamchiligi hisoblanadi.



10.4-rasm. Anodli himoyalash sxemasi

Metallga oksidlovchining ta'siri anod qutblanishining ta'siriga o'xshaydi. Buni isbotlash uchun ikkita bir xil namuna bilan turlicha sharoitlarda o'tkazilgan Ya.M. Kolotsyrkin va N.Ya. Bunelarning tajriba ishlari bizga ma'lum. Bir namuna tarkibida ma'lum miqdorda ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, N_2O_2 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yoki KMnO_4) oksidlovchisi bo'lgan 1 n. H_2SO_4 eritmasida saqlandi. Ikkinchi namuna esa oksidlovchilari bo'lmagan 1 n. H_2SO_4 eritmasida potentsiostatik usul bilan qutblantirildi. Har ikkala tajribaning natijalari bir xil bo'lib chiqdi. Demak, kimyoviy yoki elektrokimyoviy ishlov berilishidan qat'iy nazar metallning passiv holati potentsialning qiymatiga bog'liq bo'lib, unga qanday erishilganiga bog'liq emas.

Katodli legirlash usuli orqali anodli himoyalashda qotishmalarga depolyarizatorlar qaytarilishining katod reaksiyasi

asosiy metallga nisbatan kichikroq zo'riqish bilan amalga oshadigan kilib qo'shimchalar (ko'p hollarda asl metallar) kiritiladi. Masalan, tarkibida kamroq miqdorda palladiy bo'lgan titan qotishmalarida titanning selektiv erishi amalga oshib, qotishmaning sirti uzluksiz ravishda palladiy bilan boyib boradi. Natijada palladiy protektor vazifasini bajarib, metallni passivlash-tiradi. Bunday effekt xromli po'lat qotishmalariga ham qo'shimcha asl metallar kiritilgan hollarda ham kuzatiladi.

Tashqi manba yordamida anodli himoyani amalga oshirish himoyalananadigan konstruksiya orqali tok o'tkazish orqali uning korroziya potensialini musbatroq qiymat tomonga siljitishga asoslangan. Bunda anodli himoya qurilmasi – himoyalananadigan konstruksiya, o'zgarmas tok manbai, katod va qiyoslash elektrodidan iborat bo'ladi.

Anodli himoyani qo'llash mumkinligining asosiy sharti – erish toki zichligining $(0,15-0,60)A/m^2$ dan katta bo'lmagan qiymatlarida yetarlicha cho'zilgan, metall passivlashadigan barqaror sohaning bo'lishidir.

Metall sirtining holatini xarakterlovchi asosiy kriteriya – elektrod potentsiali bo'lib hisoblanadi. Shuning uchun anodli himoyani aniq bir metall uchun qo'llash mumkinligi anod qutblanish egriliklarini chizish usuli orqali aniqlanadi. Buning uchun esa quyidagi ma'lumotlarga ega bo'lish talab etiladi:

– o'rganilayotgan eritmada metallning korroziyalanish potentsiali;

– metall barqaror passiv sohasining kengligi;

– barqaror passiv sohaga mos keladigan tok zichligi.

Himoyaning samaradorligi – himoyalananmagan holdagi korroziya tezligi-ning (ϑ_0) himoyalangandan keyingi korroziya tezligiga (ϑ_{him}) bo'lgan nisbati orqali aniqlanadi: $\eta = \frac{\vartheta_0}{\vartheta_{him}}$

Odatda anod himoyasi uchun laboratoriya va ishlab chiqarish sharoitlari-da olingan natijalar bir-biriga mos tushadi. Konkret ekspluatatsiya sharoitlarida anod himoyasi uchun

himoya potensialining sohasi erkin korroziya potensialidan 0,3–1,5 V ga musbatroq tomonga sijitilganda metallning erish tezligi minglab martagacha kamayishi mumkin. Biroq, metallning passiv sohasida korroziya lokal ko'rinishlarining vujudga kelish ehtimolligi yuqori bo'ladi. Bu esa anod himosini qo'llashga jiddiy cheklashlar qo'yadi. Buning oldini olish uchun tadqiqotlar o'tkazilib, korroziyaning lokal ko'rinishlari vujudga kelmaydigan himoya potensialining qiymati aniqlanib, so'ngra u qo'llash uchun tavsiya etiladi yoki eritmaga ingibirlovchi qo'shimchalar kiritiladi. Masalan NO_3^- ionlari mavjud bo'lgan xloridlar eritmasidagi 12X18N10T markali po'latni anodli himoyalash natijasida pittinglar hosil bo'lishining oldi olinib, po'latning erish tezligi 2000 marta kamayadi. Ba'zi hollarda yuqori xavflilikka ega bo'lgan lokal korroziya jarayonlarining vujudga kelishi tufayli anod himoyasini qo'llash samarali emas. Agressiv muhit temperaturasi bilan metallarni passivlashtirish kritik tokining keskin ortishi yuqori haroratli sharoitlarda anod himoyasini qo'llashni chegaralaydi.

Qurilma ishlashining statsionar rejimida korrozion muhit ekspluatatsion parametrlarining (harorat, kimyoviy tarkib, aralashish sharoiti, eritma harakat tezligi va h.k.) o'zgarishi tufayli barqaror passiv holatni saqlab turish uchun talab etiladigan qutblanish tokining qiymati ham doimo o'zgarib turadi. Metallokonstruksiya potensialini kerakli qiymatlarda saqlab turish uchun doimiy yoki davriy ravishda qutblash talab etiladi. Davriy ravishda qutblanganda tokni ulash va o'chirish potensialning qiymati ma'lum bir qiymatga yetganda yoki nominal qiymatdan ma'lum bir miqdorda chetlashganda amalga oshiriladi. Har ikkala holda ham anod himoyasining parametrlari laboratoriya sharoitida tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Anod himoyasi jarayonida katod sifatida qiyin eriydigan materiallar, masalan Pt, Ta, Pb, Ni, platinalangan jez (latun), yuqori legirlangan zanglamaydigan po'latlar va b. qo'llaniladi.

Katodlarning joylashuv sxemasi har bir konkret holat uchun individual tarzda loyihalanadi.

Anod himoyasini samarali qo'llash uchun ob'ekt quyidagi talablarga javob berishi lozim:

- jihoz materiali texnologik muhitda passivlanadigan bo'lishi kerak;
- jihoz konstruksiyasi parchinlanmagan, tirqishlar soni minimal va payvanlar sifatli bo'lishi lozim;
- himoyalash qurilmasining katodi bilan qiyoslash elektrodi doimo eritmada bo'lishi kerak;

Kimyo sanoatida anod himoyasi uchun silindrik shakldagi apparatlar va issiqlik almashtirgichlar eng qulay hisoblanadi. Hozirgi paytda zanglamaydigan po'latlarni anodli himolash – o'lchov asboblari, yig'gichlar, sisternalar, shuningdek sulfat kislota, mineral o'g'itlar, ammiak eritmaları ishlab chiqarish sanoatidagi saqlagichlarni hamda kimyoviy nikellash vannalarini himoyalashda qo'llaniladi.

10.1.4. Kislородli himoya

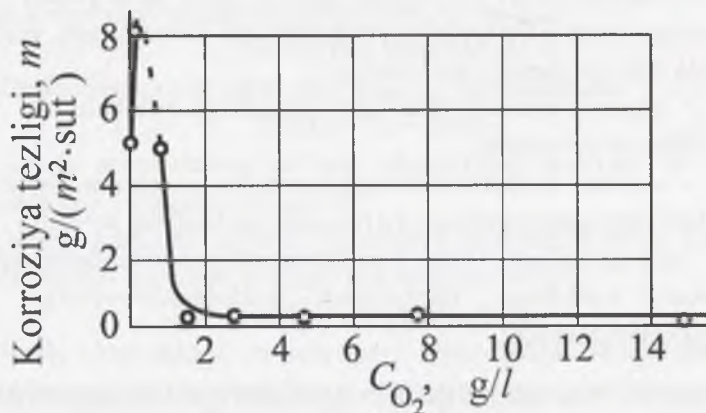
Kislородli himoya elektrokimyoviy himoyaning ko'rinishlaridan biri bo'lib, himoyalananadigan metall konstruksiyasining potensialini musbatroq tomonga siljitish korrozion muhitni kislород bilan to'yintirish orqali amalga oshiriladi. Bunda katod jarayonining tezligi shu qadar ortadiki, bunda metallni aktiv holatdan passiv holatga o'tkazish imkoni tug'iladi.

Po'lat ham kiradigan Fe-Cr turdagi qotishmalarni passivlashtirish tokining kritik qiymati ular tarkibidagi xromning miqdoriga jiddiy ravishda bog'liqligidan, qotishmadagi xrom konsentratsiyasining ortishi bilan passivlashtirishning samaradorligi ham ortadi.

Kislородli himoya suvli muhitda yuqori parametrlı (yuqori harorat va katta bosim) sharoitlarda ekspluatatsiya qilinadigan

issiqlik-energetik qurilmalarini korroziyadan himoyalashda qo'llaniladi.

Past legirlangan po'lat korroziyalanish tezligining yuqori haroratli suvdagi kislorod konsentratsiyasiga bog'liqligi 10.5-rasmda keltirilgan.



10.5-rasm. Past legirlangan po'lat korroziyalanish tezligining 300°S haroratli suvdagi kislorod konsen-tratsiyasiga bog'liqligi

Ramsdan ko'rinadiki, suvda erigan kislorod konsentratsiyasining ortishi dastlab korroziya tezligining ortishiga, so'ngra kamayishiga, undan keyin esa barqarorlashuviga olib keladi. Po'lat erish tezligining past ko'rsatkichi suvdagi kislorod konsentratsiyasining $\sim 1,8$ g/l qiymatiga to'g'ri keladi. Metallarning kislorodli himoyasi asosan suvli muhitda ishlatiladigan qurilmalarni korroziyadan himoyalashda, shuningdek atom energetikasida keng qo'llaniladi.

10.2. Korroziyaga qarshi himoyalashda muhining tarkibini o'zgartirish usullari

Jihoz va qurilmalarni sanoat miqyosida ishlatishda ko'pincha korroziyon muhitning agressivligini kamaytirish orqali korroziya tufayli bo'ladigan yo'qotishlarni kamaytirish mumkin. Bunda ikki xil yondoshuv mavjud:

- agressiv muhit tarkibidagi korroziyaga olib keluvchi moddalarni yo'qotish;
- agressiv muhit tarkibidagi korroziya jarayoni tezligini sezilarli darajada skenlatuvchi maxsus moddalarni kiritish.

Juda oz miqdori ham korroziya tezligini sekinlashtiradigan maxsus moddalar korroziyani sekinlashtiruvchilar yoki ingibitorlar deyiladi.

10.2.1. Korroziyon muhit agressivligini kamaytirish usullari

Korroziyon muhit tarkibini sezilarli darajada o'zgartirish quyidagi usullarning biri yordamida amalga oshirilishi mumkin:

- eritma deaeratsiyasi orqali undan kislorodni chiqarish, uni azot bilan to'yintirish yoki unga kislorod yutuvchi moddalarni kiritish;
- so'ndiruvchi ohak yoki o'yuvchi natriy yordamida eritmani neytrallashtirish orqali undagi kislotalarni yo'qotish;
- bug' qozonlarini ta'minlovchi suv tarkibidagi tuzlarni ion almashuvchi smolalar bilan ishlov berish orqali yo'qotish;
- vakuumlash;

Agar berilgan muhitda metall passivlashadigan bo'lsa, u holda kislorod yoki boshqa oksidlovchilarning bo'lishi korroziya jarayonini sekinlashtirishi mumkin. Qolgan barcha hollarda oksidlovchilar metall korroziyasini chaqiradilar.

Aeratsiyalanggan suvli eritmalarda temir kislorodli qutbsizlanish (depolyarizatsiya) bilan korroziyalanadi:



Erigan kislorod konsentratsiyasini kamaytirish uchun eritmaga gidrazin yoki natriy sulfidi qo'shiladi. Gidrazin bilan erigan kislorod o'rtasida quyidagi reaksiya boradi:

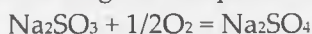


Ortiqcha gidrazin ammiak va azotga parchalanadi:



Suvda ammiakning bo'lishi ishqorlilikni oshiradi va shu sababli ijobiy natijaga olib keladi.

Natriy sulfidini qo'llash gidrazinga nisbatan kamroq effekt beradi, chunki bu holda suvdagi tuz miqdori ortadi:



Suvli eritmalarga so'ndirilgan ohak bilan ishlov berish sanoatda keng qo'llaniladi. Shu usulda eritmalarning rN miqdori rostanadi, shuningdek ularning tarkibidagi tuzlar miqdori ham kamaytiriladi. Eritmalar ishqorlanganda eritilayotgan tuzlarga nisbatan past eruvchanlikka ega bo'lgan metall gidroksidlari hosil bo'ladi. Gidroksidlarning bir qismi cho'kmaga tushadi va eritmadagi metall ionlari miqdori kamayadi.

Bug' qozonlarida qosqon (nakip) hosil bo'lishining oldini olishda suvni chuqur tozalash uchun ion almashinuvli ishlov beriladi. Bunda ko'pincha ion almashtiruvchi apparatlar seriyasidan foydalaniladi. Dastlab kation almashtiruvchi smolalardan foydalanib, suvni metall kationlaridan tozalanadi. Undan keyingi bosqichlarda anion almashinuvli tozalash o'tkazilib, kuchli va kuchsiz kislotalarning anionlaridan tozalanadi.

10.2.2. Ingibitorli himoya

Korroziya ingibitorlari (KI) deb, korroziya sistemasida yetarlicha konsentratsiyada bo'lib, istalgan korrozion agentning konsentratsiyasini

o'zgartirmagan holda korroziya tezligini kamaytiruvchi kimyoviy birikmalarga aytiladi. Korroziyaga berilgan ushbu ta'rif ISO 8044-1986 xalqaro standart talablariga mosdir. Korroziya ingibitorlari kimyoviy birikmalarning kompozitsiyalaridan ham tashkil topgan bo'lishi mumkin. Ingibitorlarning korrozion muhitdagi miqdori imkoni boricha kam bo'lishi lozim.

Ingibitorlarning samaradorligi himoyalash darajasi Z (%) larda) va tormozlash koeffitsienti γ (ingibitorli effekt) bilan aniqlanadi:

$$Z = \frac{K_1 - K_2}{K_1} \cdot 100 = \frac{i_1 - i_2}{i_1} \cdot 100 \quad (18.1)$$

bu yerda K_1 va K_2 [$g/(m^2 \cdot soat)$] – mos ravishda metallning ingibitorsiz va ingibitorli muhitlardagi erish tezliklari; i_1 va i_2 – mos ravishda metallning ingibitorsiz va ingibitorli muhitlarda erishidagi tok zichliklari; Metall to'la himoyalanganda Z koeffitsient 100 % ga teng bo'ladi.

Tormozlash koeffitsienti ingibitor ta'sirida korroziya tezligi necha marta kamayganligini ko'rsatadi

$$\gamma = \frac{K_1}{K_2} = \frac{i_1}{i_2} \quad (18.2)$$

Z va γ o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$Z = \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \cdot 100 \quad \text{yoki} \quad \gamma = \frac{1}{1 - Z/100}$$

Ingibitorlarni quyidagicha sinflash mumkin:

- ta'sir qilish mexanizmi bo'yicha – katodli, anodli va aralash;
- kimyoviy tabiatiga ko'ra – noorganik, organik va uchuvchan;
- ta'sir doirasiga ko'ra – kislotali, ishqorli va neytral muhitlarda;

Ingibitorlarning ta'siri – ingibitor adsorbsiyasi tufayli metall sirtining holatini o'zgartirish yoki metall kationlari bilan qiyin eriydigan birikmalar hosil qilishga asoslangan. Ingibitorlar yordamida hosil qilinadigan himoya qatlamining qalinligi boshqa

usullarda yopishtiriladigan qoplamalardan doimo ancha yuqqadir.

Ingibitorlar ikki yo'l bilan ta'sir qilishi mumkin:

- faol qatlam yuzasini kamaytirish:
- korroziya jarayonining aktivatsiya energiyasini

o'zgartirish.

Ingibitorning adsorbsiyalanishi natijasida qo'sh elektr qavat strukturasining, shuningdek adsorbsion potensial ψ_2 sakrashining o'zgarishi yuz beradi. Yuzaning bir qismini (Θ) plyonka bilan ekranlash orqali ingibitor uni $(1-\Theta)$ yuzada kechadigan korroziya jarayonidan bartaraf etadi.

Katodli va anodli ingibitorlar mos ravishda tegishli elektrod reaksiyalarini sekinlatadi, aralash ingibitorlar esa har ikkala reaksiya tezliklarini kamaytiradi. Metalldagi adsorbsiya va himoya qatlamlarining hosil bo'lishi ingibitor zarrachalarining zaryadi va sirt bilan kimyoviy bog'lar hosil kilish qobilyati orqali izohlanadi.

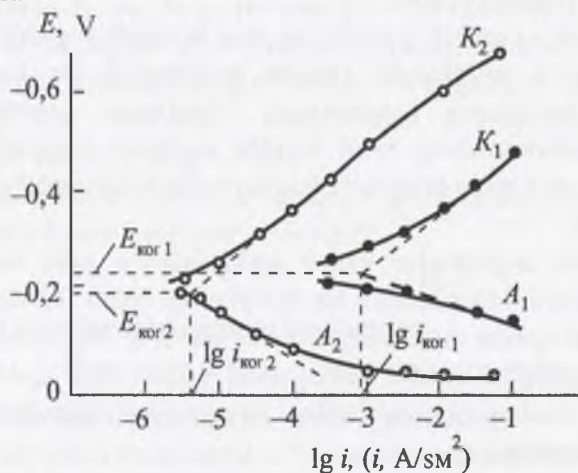
Katodli ingibitorlar katod reaksiyalarini yoki metallning aktiv erishini sekinlatadi. Korroziyaning lokal ko'rinishlarini oldini olish uchun anodli ingibitorlar samarali hisoblanadi. Ko'p hollarda metallni yaxshi himoyalash uchun turli qo'shimchali kompozitsiyadagi ingibitorlardan foydalaniladi. Bunda quyidagi holatlar kuzatiladi:

- aralashmadagi har bir tashkil etuvchining ingibirlash effekti qo'shiladi, ya'ni *additiv ta'sir*;
- *antagonizm*, ya'ni aralashmada ma'lum bir komponentning bo'lishi boshqasining ingibirlash ta'sirini susaytiradi;
- *sinergizm*, bunda kompozitsiya komponentlari bir-birining ta'sirini kuchaytiradi.

Ingibitorlarning korroziya jarayonida ishtirok etgan va qatnashmagan hollaridagi korroziya tezliklarini solishtirish orqali ularning ta'sirini baholash yoki samaradorligini aniqlash mumkin.

Qutblanish (anod va katod) egriliklarini chizish – ingibitorlarning ta'sir mehanizmini o'rganish usullaridan biri hisoblanadi. 10.6-rasmda kislotali muhitdagi korroziya jarayoni uchun shunday egriliklar keltirilgan.

Korroziya jarayonining biror bosqichini ingibitor orqali tormozlash qutblanishning kuchayishiga olib keladi. Ingibitorning ta'sir effekti qancha kuchli bo'lsa, tegishli qutblanish egriligining qiyaligi shuncha tik bo'ladi. 10.3-rasmda ingibitorli va ingibitorsiz kislotali eritmadagi katod (K) va anod (A) qutblanish egriliklari yarimlogarifmik koordinatalarda keltirilgan.



10.6-rasm. Ingibitor ta'sirining effektiv-ligini tushuntiruvchi qutblanish egriliklari.

A_1 va A_2 – anod qutblanish egriliklari; K_1 va K_2 – katod qutblanish egriliklari; K_1 va A_1 – ingibitor bo'lmagan hamda K_2 va A_2 – ingibitorli jarayonlar.

Qutblanish egriliklarining chiziqli (Tafel) qismlarini ekstrapolyatsiyalash E_{kor1} va E_{kor2} korroziya potentsiallarini hamda i_{kor1} va i_{kor2} korroziya tezliklarini aniqlash imkonini beradi. Bu kattaliklarni taqqoslash shuni ko'rsatadiki, ingibitorli

eritmada Y_{kor} yanada musbatroq tomonga siljiydi, korroziya tezligi esa kamayadi. Korroziya tezliklarining qiymatlari i_{kor1} va i_{kor2} ni bilgan holda ingibitorlarning effektivligini baholash, shuningdek himoyalash darajasi Z va tormozlash koeffitsienti γ ning qiymatlarini aniqlash mumkin.

10.2.3. Noorganik ingibitorlar

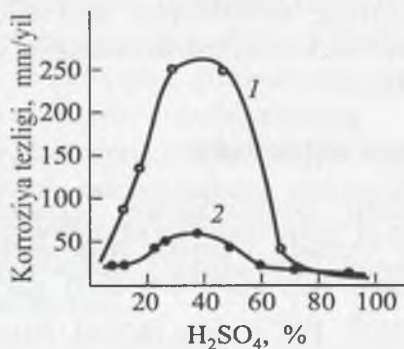
Agressiv muhitlarda metallar korroziyasining tezligini sekinlatuvchi moddalar ko'plab topiladi. Ularning ingibirlash ta'siri ularda kationlar (Ca^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , As^{3+} , Bi^{3+} , Sb^{3+}) yoki anionlar (CrO_4^{2-} , $Cr_2O_7^{2-}$, NO_2^- , SiO_3^{2-} , PO_4^{3-}) ning bo'lishi bilan izohlanadi.

Noorganik katodli ingibitorlar katod jarayonlari kuchlanishini haddan tashqari oshirish va katod qismlari yuzasini qisqartirish orqali korroziya tezligini kamaytiradi. Mikrokatodlarda izolyatsiyalovchi himoya qatlami ko'rinishida erimaydigan birikmalar hosil qiluvchi moddalar *ekranlovchi katod ingibitorlari* deyiladi. Suvli muhitda temir uchun bunday moddalar $ZnSO_4$, $ZnCl_2$, yoki ko'p hollarda $Ca(HSO_3)_2$ hisoblanadi.

Kalsiy bikarbonati $Ca(HSO_3)_2$ – suv ta'minoti tizimida po'latni himoyalash uchun eng arzon katodli ekranlovchi ingibitor hisoblanadi. Kalsiy bikarbonati ishqorli muhitda metall sirtida o'tirib, uni elektrolitdan izolyatsiyalovchi erimaydigan $CaSO_3$ birima hosil qiladi.

Korroziya vodorodli depolyarizatsiya orqali kechayotgan hollarda katod jarayoni kuchlanishini haddan ziyot oshiruvchi katod ingibitorlari qo'llaniladi. Ingibitorlar sifatida tarkibida ba'zi og'ir metall kationlari ($AsCl_3$, $Bi(SO_4)_3$) bo'lgan tuzlar ishlatiladi. Bu metallarning po'lat sirtida kontaktli o'tirishi tufayli haddan ziyot vodorodning kuchlanishi ortadi. 10.7-rasmda sulfat kislotasi muhitidagi uglerodli po'latning korroziyalanish tezligiga oz

miqdorda qo'shilgan As_2O_2 (0,045 % mishyakka nisbatan hisoblanganda) ning ta'siri ko'rsatilgan.



10.7-rasm. Po'lat korroziyalanish tezligining H_2SO_4

konsentratsiyasiga bog'liqligi.

1 – H_2SO_4 ; 2 – $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{As}^{3+}$ (0,045 %).

lar metall sirtida xemosorbsion qatlam hosil qilish hisobiga kislotali eritmalarda anodli va katodli jarayonlarni bir xil darajada tormozlash xususiyatiga ega.

Plyonka hosil qiluvchi ingibitorlar metall sirtida fazaviy yoki adsorbsion plyonkalar hosil qilishi tufayli uni korroziyadan himoyalaydi. Ularga NaOH , Na_2CO_3 i fosfatlarni misol qilib ko'rsatish mumkin. Xo'jalik va kommunal tizimlarda ishlatiladigan temir va po'latni himoyalashda qo'llaniladigan fosfatlar ayniqsa keng tarqalgandir. Fosfatlar ishtirokida temir sirtida himoya plyonkalari hosil bo'ladi. Uning tarkibi temir fosfati bilan zichlashgan temir gidroksididan iborat

Himoya effektini kuchaytirish maqsadida fosfatlar ko'pincha polifosfatlar bilan kompozitsiyada qo'llaniladi.

Passivatorlar metall sirtida oksidlar hosil qilish orqali metall erishining anod reaksiyasini tormozlaydi:



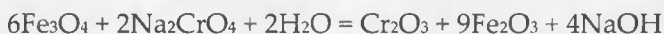
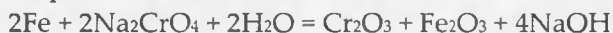
Anodli noorganik ingibitorlar metall sirtida metallning eritmaga o'tishini tormozlovchi plyonka (~ 0,01 mkm) hosil qiladi. Ko'pincha passivatorlar deb nomlanadigan plyonka hosil qiluvchi va oksidlovchi kimyoviy birikmalar – korroziyani anodli sekinlashtiruvchilar guruhi-ga kiradi.

Katod-anodli noorganik ingibitorlar, masalan KJ , KBr

Bunday reaksiya faqat passivlanishga moyil metallardagina kechishi mumkin

Passivatorlar juda yaxshi va shu bilan birga xavfli ingibitorlar hisoblanadi. Cl^- ionlari ishtirk etayotgan holda konsentratsiyani noto'g'ri tanlash yoki muhit kislotaliligi mos bo'lmagan hollarda ular metall korroziyasini tezlatishi, ba'zan juda xavfli nuqtali korroziyani keltirib chiqarishi mumkin.

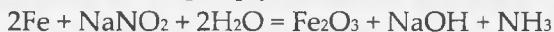
Natriy va kaliyning *xromatlari va bixromatlari* sanoat miqyosidagi suvli tizimlarda temir, ruxlangan po'lat, mis, latun va aluminini korroziyadan himoyalash ingibitorlari sifatida ishlatiladi. Temir misolida xromatlarning ta'siri quyidagi reaksiyalar orqali ifodalanishi mumkin:



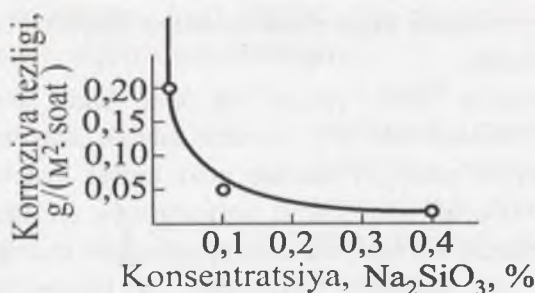
Hosil bo'lgan oksid plyonkasi 25 % Sg_2O_3 va 75 % Fe_2O_3 dan iborat bo'ladi.

Nitritlar $r_N > 5$ bo'lgan muhitlar uchun ko'pgina metallar (rux va misdan tashqari) korroziyasining ingibitorlari sifatida qo'llaniladi. Ular zanglash mavjud bo'ladigan hollar uchun arzon va samarali hisoblanadi

Nitritlarning himoyaviy ta'siri metall sirtida quyidagi reaksiya orqali hosil bo'ladigan plyonka bilan izohlanadi:

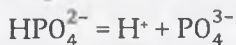
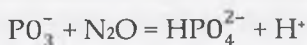


Silikatlar aralash ta'sirli ingibitorlarga mansub bo'lib, anod va katod reaksiyalari tezligini kamaytiradi (10.8-rasm). Ularning umumiy formulasi – $x\text{SiO}_2 \cdot \text{Me}_2\text{O}$. Silikatlarning ta'siri suvda erigan karbonat angidrid (CO_2) gazini neytrallash va metall sirtida plyonka hosil qilishga asoslangan. Plyonka doimiy tarkibga ega emas. Strukturasini bo'yicha u temir birikmalari va qattiqlik tuzlari adsorbsiyalanadigan kremniy kislotasi gelini eslatadi. Plyonkaning qalinligi odatda $\approx 0,002$ mm ni tashkil qiladi.

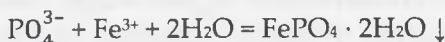
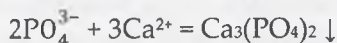


10.8-rasm. Neytral suvli eritmalarida po'lat korroziyalanish tezligining Na₂SiO₃ konsentratsiyasiga bog'liqligi

Polifosfatlar – (MePO₃)_n umumiy formulaga ega bo'lgan *metafosfatlar* turkumiga kiruvchi suvda eriydigan birikmalar hisoblanadi. Polifosfatlarning ta'siri metall sirtida o'tkazmaydigan himoyaviy plyonka hosil qilishga asoslangan. Suvli eritmalarida polifosfatlarning sekinlashgan gidrolizi amalga oshib, natijada ortofosfatlar hosil bo'ladi:



Ca²⁺ va Fe³⁺ ionlar ishtirokida metall sirtida o'tkazmaydigan himoya plyonkasi hosil bo'ladi:



Sanoatda *natriy geksametafosfati* eng ko'p tarqalgan ingibitorlardan hisoblanadi. Fosfatlar va polifosfatlar korroziyani sekinlashtiruvchilar sifatida suvda va sovutuvchi eritmalarida keng qo'llaniladi. Fosfatlar va xromatlarni birgalikda qo'llanganda himoya effekti yanada kuchli bo'ladi.

10.2.4. Organik ingibitorlar

Ko'pgina organik birimlar ham korroziyani sekinlatish qobiliyatiga ega. Organik birimlar – aralash ta'sirli ingibitorlar hisoblanadi, ya'ni ular bir vaqtning o'zida ham anod, ham katod reaksiyalarini sakinlashtirishga qodir. Maxsus aralashmalarning ingibirlash ta'siri nazariyasini rivojlantirishda A.N. Frumkin va uning shogirtlari salmoqli hissa qo'shdilar. Elektrokimyoviy kinetikaning zamonaviy tushunchalari qator holatlarda elektrolitlarga maxsus qo'shimchalar kiritilganda reaksiyalarning u yoki bu yo'nalishda borishini oldindan ko'ra bilish imkoniyatlarini beradi. Ingibitorlar sifatida galoidli ionlar, organik kationlar va molekular ko'rinishdagi birikmalardan foydalanilganda kuzatiladigan jarayonlarning asosiy qonuniyatlarni tushuntirish imkoniyatlari tug'ildi. Eksperimental tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, ko'pgina kimyoviy birikmalar metall sirtiga Lengmyur va Tyomkin izotermalari bo'yicha adsorbsiyalanadi.

Ingibitorlar samaradorligining organik birikmalar kimyoviy strukturasiga bog'liqligini aniqlash hozirgi davrda o'ta muhim ilmiy-texnikaviy masala bo'lib hisoblanadi. Yagona markaziy reaksiya yadroda bo'lgan alohida sinflarga oid birikmalarning reaksiya qobiliyatlarini o'rganishda shu sinfga tegishli boshqa birikmalar to'g'risidagi ma'lumotlarga asosan konkret birikmaning xossalari oldindan aytib bera olish mumkin.

Agar standart sifatida umumiy ko'rinishi X-Y-H shaklda yoziladigan birikma olinsa, unga nisbatan R radikal bilan farq qiladigan X-Y-R birikmani o'rganib chiqish kerak bo'ladi. Agar bu moddalar sirt blakirovkasini vujudga keltirmasdan, faqat korroziya reaksiyasining aktivatsiya energiyasini o'zgartiradigan bo'lsa, u holda quyidagi tenglama o'rinli bo'ladi:

$$\lg \gamma_R = \gamma_H + q\sigma \quad (18.3)$$

bu yerda γ_R va γ_H lar mos ravishda har bir birikmaning korroziya reaksiya tezligini tormozlovchi koeffitsientlari; q –

standart birikma uchun birga teng bo'lgan reaksiyon parametr; σ – konstanta.

Agar ingibitor ta'sirining har ikkala mexanizmi – sirt blakirovkasi va aktivatsiya energiyasining pasayishi amalga oshsa, u holda quyidagi tenglamani qo'llash o'rinli bo'ladi:

$$\lg(\gamma_R/\gamma_H) = \rho\sigma - \lg(\Theta_R/\Theta_H) \quad (18.4)$$

bu yerda Θ – har bir ingibitor tomonida sirtni to'ldirilish darajasi. Bu muammoning turlicha aspektlari bir qator monografiya va obzorlarda ko'rib chiqilgan.

Organik ingibitorlar metallning faqat sirtida adsorbsiyalanadi. Korroziya mahsulotlarida ular adsorbsiyalanmaydi. Shuning uchun bu ingibitorlar metallarga kislotali ishlov berish paytida ularni zang, zak va qasqondan tozalash uchun qo'llaniladi. Ko'p hollarda tarkibida azot, oltingugurt va kislorod bo'lgan alifatik va aromatik birikmalar organik ingibitorlar vazifasini bajaradi.

Aminlar – kislotali va suvli muhitlarda temir korroziyasining ingibitorlari hisoblanadi.

Tiollar (merkaptanlar), shuningdek *organik sulfidlar va disulfidlar* aminlarga nisbatan ancha kuchli ingibirlash ta'siriga ega. Bu sinf vakillarining asosiylari – tiomochevina, benzotriazol, alifatik merkaptanlar, dibenzilsulfoksid.

Organik kislotalar va ularning tuzlari ingibitorlar sifatida temirni kislotalarda, moylarda va elektrolitlarda himoyalashda, shuning-dek vodorodlashtirish jarayoni ingibitorlari sifatida qo'llaniladi. Organik kislotalarda amino- va gidroksil guruhlarining bo'lishi ularning himoya xususiyatlarini yaxshilaydi. Bu guruh ichida ayniqsa natriy benzoat alohida ajralib turadi.

Spirtlar, ayniqsa ko'p asoslilari – korroziyaning effektiv ingibitorlari hisoblanadi. Suvli sovitish tizimlari uchun – etilenglikol $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, daryo va dengiz suvlarida – natriy

glyukonati $\text{NaOOC}(\text{CHOH})_4\text{CH}_2\text{OH}$ samarali ingibitorlardan hisoblanadi. Sanoatda ingibitorlar-ning qo'llanilishi beqiyosdir.

Ishqorli muhitlarda ingibitorlar amfoter metallarga ishlov berish-da, bug'lantiradigan qurilmalarni himoyalashda, yuvuvchilar tarkibida, o'z-o'zidan razryadlanishning oldini olish uchun ishqorli tok manbalarida foydalaniladi.

Oxirgi yillarda temirbeton materiallarida qo'llaniladigan po'lat armaturalarni korroziyadan himoyalash uchun yangi aralash ingibitorlar yaratildi. Bu birikmalar – lignosulfonatlar, tanninlar va aminospirtlar temir kationlari bilan qiyin eriydigan komplekslar hosil qiladi. Bular orasida ayniqsa tanninlar – betonga ijobiy ta'sir qilishi va korroziya-lanuvchi po'latni yuqori darajada himoyalash olishi bilan muhim ahamiyat kasb etadi.

Migratsiyalanuvchi ingibitorlar – yangi sinfdagi birikmalar hisoblana-di. Ular beton qatlami orqali diffuziyalanish qobiliyatiga ega bo'lib, po'lat armatura sirtida adsorbsiyalanishi tufayli udagi korroziya jarayonini sekinlashtiradi. Birinchi marta MCI 2000 va MCI 2200 markali migratsiyalanuvchi ingibitorlar Amerikaning Cortec Corporation firmasi tomonidan amalda qo'llanilgan. Hozirgi vaqtda IFXAN-16 markali bunday ingibitorlar Rossiya Federatsiyasida ham ishlab chiqarilmoqda.

Neytral muhitlar uchun ingibitorlar – asosan sovutish va suv ta'minoti tizimlarida qo'llaniladi. Bu guruhdagi ingibitorlar orasida polifosfatlar, polikarboksilli aminokislotalar, *kompleksonlar* deb ataluvchi EDTA, NTA va b. markali ingibitorlar, shuningdek ularning fosforli analoglari – OEDF, NTF, FBTK kabi ingibitorlar alohida o'rin egallaydi. Kompleksonlar – metallarni faqat qattiq suvlarda Ca^{2+} va Mg^{2+} kationlari bilan birikmalar hosil qilgan holda himoyalaydi.

Yumshoq suvlarda yuqori karboksilatlarining tuzlari asosida yaratilgan IFXAN-31 va IFXAN-34 ingibitorlari yuqori samarali hisoblanadi. Bunday ingibitorlar turli konstruksion materiallardan (Fe, Si, Al, Zn va ularning qotishmalari) yaratilgan

sovutish tizimlarining qurilmalarini korroziyadan ishonchli himoya qiladilar.

Uchuvchan ingibitorlar – metall polufabrikatlar va tayyor qurilmalarni saqlash hamda ularni manzilgacha yetkazish davrida atmosfera korroziyasi-dan hioyalashda zamonaviy vositalar hisoblanadi. Uchuvchan ingibitorlar-ning ta'sir etish prinsipi – havo qatlami orqali metall sirtiga diffuziyanuvchi bug'larni hosil qilish va shu yo'l bilan ularni himoyalashga asoslangan.

Uchuvchan ingibitorlar ko'pincha harbiy texnika va energetik qurilmalarni himoyalashda ishlatilib kelingan. Turli sohalarda keng qo'llanilib kelingan NDA, KSA, G-2, IFXAN-1, VNX-L-20, IFXAN-100, VNX-L-49 ingibitorlar safiga oxirgi yillarda bir qator IFXAN-8A, -112, -118 va VNX-LF-408 kabi yangi ingibitorlar qo'shildi. Uchuvchan ingibitorlar qadoqlash vositalari olib tashlangandan keyin ham metall buyumlarni uzoq (uch oydan ko'proq) vaqt davomida ham himoyalay olish qobiliyatiga, ya'ni keyinchalik ta'sir qilish effektiga ega.

Passivlashtiruvchi eritmalar – oksidlangan va fosfatlangan po'latlarni himoyalash uchun hozirgi paytda amalda keng qo'llanilmoqda. IF-XAN-39A va IFXAN-33-LG kabi bunday eritmalar metall sirtining g'ovakliklariga singdirilib, quritilgach unga antikorrozion xususiyat hosil qiladi.

Oxirgi yillarda ingibirlangan mum tarkiblari himoyalashda salmoqli o'rin egallaydi. Yupqa plyonkalar va moylarning foydali sifatlarini o'zida mujassamlashtirgan holda ular metall sirtida yupqa plastik qatlam hosil qiladilar. Ularda ingibitorlarning mavjudligi gidrofoblik bilan birgalikda kuchli korrozion bardoshlilik hosil qiladi. Ingibirlangan plyonka hosil qiluvchi neftli tarkiblar hozirgi vaqtda korroziyaga qarshi hmoyalash amaliyotida yetakchi rol o'ynaydi. Movil, Movitin, IFXAN-29A, NG-216, Oremine, IFXAN-30A i -30T kabi bunday tarkiblar ayniqsa keng nom qozongandir.

Neftning korrozion aktivligi juda keng intervalda namoyon bo'ladi. Bu – uning tarkibida turlicha korrozion faol aralashmalarning va vodorod oltingugurtining mavjudligi bilan izohlanadi. Shuningdek, neft tarkibida barqaror emulsiya ko'rinishidagi va emulsiyalanmagan suv ham mavjud. Suvdagi tuzlarning konsentratsiyasi 10% gacha yetishi mumkin. Neftni qazib olish, uzatish, saqlash va qayta ishlash kabi bosqichlarning barchasida qurilma va jihozlarning korrozion xavfliligi asqlanib qoladi. Shuning uchun bir turdagi ingibitorlar neftni qazib olish bosqichidan uni qayta ishlash bosqichigacha qo'llanilishi mumkin.

Neft tarkibiga qo'shiladigan ingibitorlar metall sirtiga qutbli guruhlar bilan shunday adsorbsiyalanadiki, bunda uglevodorod zanjiri sirtni gidrofoblanishga chaqirgan holda hosil bo'ladigan plyonkaning tashqi tomonida qoladi. Unga moylar va boshqa uglevodorodlarning bog'lanishi natijasida metall sirtida qo'sh qavatli plyonka hosil bo'lib, korroziyaning kechishiga to'sqinlik qiladi. Molekulasida kislorod va o'ndan ortiq uglerod atomi bo'lgan uglevodorod zanjiridan iborat birikmalar ham yaxshi himoyaviy xossalarga ega. Neft qazib olishda tarqoq ingibirlash texnologiyasi keng qo'llaniladi. Aynan korrozion xavfli uchastkalarga ingibitorni uzatish (yetkazish) nuqtalarini yaqinlashtirish ushbu texnologiyaning mohiyatini tashkil qiladi. Bunday ingibitorlarga Olazol-T2P (Rossiya), Koreksit-6350 (Nalko-Eksen), ISA-148 (Servo) kabilarni misol qilib ko'rsatish mumkin.

Gaz quvurlarining ichki korroziyasi gaz sanoati oldida turgan eng dolzarb muammolardan biridir. Deyarli barcha konlar gazlarining tarkibida katta miqdorda (20 % hajmgacha) CO_2 , ba'zi hollarda esa vodorod sulfidi (25 % hajmgacha) bo'ladi. Quvr o'tkazgichlar ichki sirtini ingibitorli himoyalash korroziyadan himoya qilishning eng samarali usullaridan biri bo'lib hisoblanadi.

IFXANGAZ-1 ko'pirishga qarshi korroziya ingibitori gaz sanoatida keng qo'llaniladi. Ingibitorning vodorod sulfidi bilan ta'sirlashishi oqibatida metall sirtida elektrokimyoviy reaksiyalarning borishini qiyinlashtiradigan mustahkam birikma hosil bo'ladi.

SEKANGAZ (Sekangaz 9, 9B va 10) seriyali korroziya ingibitorlari VNIIGAZ, IFXAN va SEKA fransuz firmasi bilan hamkorlikda ishlab chiqilgan bo'lib, ularning asosini yog'li aminlarning hosilalari tashkil qiladi. Bu moddalar metall sirtida adsorbsiyalangan qutbli molekulalar-dan tashkil topgan. Moyli qatlamni saqlab turuvchi yog'li lipofil zanjiri suv bilan metallning kontaktlashuviga to'sqinlik qiladi.

Rossiya federatsiyasida Germaniyaning BASF va XEXST firmalari bilan hamkorlikda Sepakor 5478 va Dodigen 4482-1 ingibitorlari yaratilgan. Sepakor 5478 ingibitori qatlamga uzluksiz haydash uchun tavsiya etilgan. Uning sarfi 1 mln m³ gazga 14 litrni tashkil qiladi. Quduqqa bu ingibitorning metanoldagi 16% li eritmasi haydalganda juda yaxshi samara beradi. Sinov natijalari shuni ko'rsatadiki, korroziyaning umumiy tezligi 0,005 mm/yil, mo'rtlikdan himoya qilish darajasi 98% ni tashkil qiladi. Shunga o'xshash natijalar Dodigen 4482-1 ingibitori uchun ham olingan. Uning termik barqarorligi 200° S bo'lib, u quduqqa va yer usti quvur o'tkazgichlariga ham uzluksiz, ham davriy ravishda haydaladigan texnologiyalar uchun tavsiya etilgan.

X bobga tegishli uslubiy tavsiyalar

X bobda keltirilgan ma'lumotlarni *o'rganish natijasida talaba quyidagilarni bilishi shart:*

- jihozlar va qurilmalarni korroziyadan himoyalash usullari;
- katod himoyasi;
- protektorli himoya;
- anod himoyasi;
- kislorodli himoya;
- ingibitorli himoya.
- konkret usulning qo'llanilish texnologiyasi va uning

samaradorligini baholash.

X bobda keltirilgan ma'lumotlarni *o'zlashtirish natijasida talaba:*

- muhitning tarkibini o'zgartirish haqida hulosa qila olishi;
- korrozion muhit agressivligini pasaytirish usullarini

qo'llay

olishi;

– texnologik parametrlarni tahlil qilish asosida qurilmalarni korroziyadan himoyalashning optimal usulini tanlay bilishi va asoslay olishi lozim.

Nazorat savollari

1. Elektrokimyoviy korroziya jarayonlarining asosida yotuvchi asosiy tamoyillar.

2. Anod himoyasining mohiyatini tushuntiring.

3. Elektrod potensialinima?

4. Katod himoyasining mexanizmi va mohiyatini tushuntiring.

5. Himoya potentsiali nima?

6. Protektorli himoya qanday amalga oshiriladi?

7. Protektorli himoya uchun qanday metallar tanlanadi?

8. Qanday sharoitlarda kislorod himoyasidan foydalaniladi?

9. Kislorod himoyasining mohiyatini tushuntiring

10. Korrozion muhitningagressivligini qanday qilib pasaytirish mumkin?

11. Ingibitorlar nima? Qanday ingibitorlarni bilasiz?

12. Ingibitorlarning ta'sir mexanizmini tushuntiring.

13. Qanday noorganik ingibitorlarni bilasiz?

14. Noorganik ingibitorlarning ta'sir mexanizmini tushuntiring.

15. Organik ingibitorlar, ularning turlari.

16. Neftning korrozion aktivligi.

Mustaqil ta'lim mavzulari

1. Elektrokimyoviy korroziyaning qo'llanilish sohalari.

2. Elektrokimyoviy korroziya jarayonida metallning erish tezligi

3. Katod himoyasi stansiyalari, vazifasi va turlari.

4. Protektor himoyasi uchun qo'llaniladigan metallar.

5. Anod qutblanish egriliklari orqali qanday ma'lumotlar olish mumkin?

6. Anod himoyasi uchun qo'yiladigan talablar.

7. Ingibitorlarning samaradorligi qanday aniqlanadi?

8. Ingibitorlarning sinflari.

9. Organik ingibitorlarning qo'llanilish sohalari.

10. Noorganik ingibitorlarning ishlatilish sohalari.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasi. O'zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari to'plami, 2017 y., 6-son, 70-modda.

2. O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 8 oktabrdagi PF-5847-son farmoni. Qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi, 09.10.2019 y., 06/19/5847/3887-son

3. Oliy ta'lim muassasalarini o'quv adabiyotlari bilan ta'minlash to'g'risida O'zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasining 2018 yil 10 oktabrdagi 816-son qarori. Qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy ba'zasi, 11.10.2018 y., 09/18/816/2032-son

4. 2030 yilgacha bo'lgan davrda O'zbekiston Respublikasining atrof muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 30 oktabrdagi PF-5863-son Farmoni. Qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi, 31.10.2019 y., 06/19/5863/3979-son

5. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов: Учеб. пособие. – М.: Металлургия, 1976. 472 с.

6. Жук Н.П. Курс коррозии и защиты металлов: Учебник. – М.: Металлургия, 1968. 407 с.

7. Медведева М.Л. Коррозия и защита оборудования при переработке нефти и газа: Учеб. Пособие для вузов нефтегазового профиля. – М: ФГУП Изд-во "Нефт и газ" РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина. 2005. – 312 с.

8. Шлутер М.А., Ажогин Ф.Ф., Ефимов Е.А. Курс коррозии и защиты металлов: Учеб. пособие. – М.: Металлургия, 1981. 215 с.

9. Климов И.Я. Коррозия химической аппаратуры. Коррозионностойкие материалы: Учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 1967. 462 с.

10. Колотыркин Я.М. Металл и коррозия. – М.: Металлургия, 1985. 88 с.

11. Кеше Г. Коррозия металлов. – М.: Металлургия, 1984. 400 с.

12. Киш Л. Кинетика электрохимического растворения металлов. – М.: Мир, 1990. 972 с.
13. Мамулова Н.С., Сухотин А.М., Сухотина Л.П., Флорианович Г.М., Яковлев А.Д. Все о коррозии: Справочник. – С-Пб.: Химиздат, 2000. 517 с.
14. Улиг Г.Г., Ревя Р. У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику. – М.: Химия, 1988. 455 с.
15. Флорианович Г.М. Теоретические основы коррозии металлов в растворах электролитов в активном состоянии. – М.: МХТИ, 1987. 48 с.
16. Лабораторный практикум по коррозии и защите металлов / Под ред. Т.Е. Цупак – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2001. 172 с.
17. Скорчеллетти В.В. Теоретические основы коррозии металлов. – М.: Химия, 1973. 263 с.
18. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник / Под ред. А.А.Герасименко. – М.: Машиностроение, 1987. Т.1. 688 с; Т.2. 784 с.
19. Коррозия конструкционных материалов: Справочник / Под ред. В.В. Батракова. – М.: Металлургия, 1990. Т. 1. 344 с; Т.2. 320 с.
20. Туфанов Д.Г. Коррозионная стойкость нержавеющей сталей, сплавов и чистых металлов: Справочник. 5-е изд. – М.: Металлургия, 1990. 320 с.
21. Коррозия: Справочник / Под ред. Л.Л. Шрайера. – М.: Металлургия, 1981. 320 с.
22. Структура и коррозия металлов и сплавов. Атлас: Справочник / Под ред. Е.А. Улянина. – М.: Металлургия, 1989. 400 с.
23. Клипов И.Я., Удыма П.Г., Молоканов А.В., Горяинова А.В. Химическое оборудование в коррозионностойком исполнении: Справочник. – М.: Машиностроение, 1970. 589 с.
24. Мазур И.И., Молдаванов О.И., Шигиов В.К. Инженерная экология. – М.: Высшая школа, 1996. Т 1. 636 с; Т 2. 655 с.
25. Эванс Ю.Р. Коррозия и окисление металлов. – М.: Машгиз, 1962. 380 с.
26. Скорчеллетти В.В. Теоретические основы коррозии металлов. – М.: Химия, 1973. 263 с.
27. Соколовская Е.М., Гузей Л.С. Металлохимия. – М.: Изд. Московского университета, 1986. 264 с.
28. Дамаск А., Динс Дж. Точечные дефекты в металлах. / Под ред. Б.Я. Любова. – М.: Мир, 1966. 282 с.

29. Жуков А.П., Малахов А.И. Основы металловедения и теории коррозии. – М.: Высшая школа, 1991. 169 с.
30. Дамаскин Б.Б., Петрий О. А. Введение в электрохимическую кинетику. – М.: Высшая школа, 1983. Гл. IV. § 68-70. С. 347-382.
31. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. – М.: Высшая школа, 1984. Гл. 8, С. 182-192; Гл. 18, С. 386-394; Гл. 23, Гл. 24.
32. Томатов К.Д., Чернова Г.П. Теория коррозии и коррозионно стойкие материалы. – М.: Metallurgy, 1986. 359 с.
33. Томатов И.Д., Чернова Г.Л. Пассивность и защита металлов от коррозии. – М.: Наука, 1965. 208 с.
34. Сафонов В. А. Инженерно-химическая наука для передовых технологий: Труды пятой сессии. / Под ред. В.А. Махлина. - М.: 1999. Т. 1. С. 207.
35. Фрумкин А.Н. Избранные труды. Электродные процессы. – М.: Наука, 1977. 335 с.
36. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. – М.: Химия, 2001. С. 624.
37. Михайловский Ю.Н. Атмосферная коррозия металлов и методы их защиты. – М., 1989. 103 с.
38. Морская коррозия: Справочник / Пер. с англ. под ред. М.М. Шумахера. –М., 1983.
39. Розенфельд И.Л. Коррозия и защита металлов. – М.: Metallurgy, 1970. 448 с.
40. Попов Ю.А. Теория взаимодействия металлов и сплавов с коррозионноактивной средой. – М.: Наука, 1995. 200 с.
41. Фрейман Л.И., Макаров В.А., Брыскин И.Е. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите. – Л.: Химия, 1972. 240 с.
42. Защита подземных металлических сооружений от коррозии. – М.: Стройиздат, 1990. 303 с.
43. Стрижевский И.В., Сурис М.А. Защита подземных теплопроводов от коррозии. – М.: Энергоатомиздат, 1983. 344 с.
44. Митина А.П., Горичев И.Г., Хорошилов А.В., Коничев В.С. Теоретические основы карбонатной коррозии стали. М.: ВНИИЭгазпром, 1992. 55 с.
45. Клипов И.Я. Коррозия химической аппаратуры. Коррозионностойкие материалы: Уч. пособие. – М.: Машиностроение, 1967. 462 с.

46. Томашов К.Д., Чернова Г.П. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные материалы. – М.: Металлургия, 1986. 359 с.
47. Акшенцева Л.П. Металлография коррозионностойких сталей и сплавов. – М.: Металлургия, 1991. 287 с.
48. Ульянин Е.А. Коррозионностойкие стали и сплавы: Справочник. – М.: Металлургия, 1980. 208 с.
49. Конструкционные материалы: Справочник / Под ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Металлургия, 1990. 688 с.
50. Плудек В.Р. Защита от коррозии на стадии проектирования / Пер. с пол. – М.: Мир, 1980.
51. Сайфуллин Р.С. Физикохимия неорганических полимерных и композиционных материалов. – М.: Химия, 1990. 240 с.
52. Способы защиты оборудования от коррозии / Под ред. Б.М. Строкан, А.М. Сухотина. – Л.: Химия, 280 с.
53. Реформатская И. И. // Международная школа повышения квалификации
54. «Инженерно-химическая наука для передовых технологий» / Под ред. В.А. Махлина. – М.: 1999. Т. 1. С. 185.
55. Свистунова Т.В. // Международная школа повышения квалификации «Инженерно-химическая наука для передовых технологий» / Под ред. В.А. Махлина. – М.: 1999. Т. 2. С. 176.
56. Кузуб В.С. Анодная защита металлов от коррозии. – М.: Химия, 1983. 182 с.
57. Прикладная электрохимия / Под ред. А.П. Томилова. – М.: Химия, 1984. 520 с.
58. Аколъзин А.П., Жуков А.И. Кислородная коррозия оборудования химических производств. – М.: Химия, 1985. 240 с.
59. Вайнер Я.В., Дасоян М.А. Технология электрохимических покрытий. – Л., 1972. 316 с.
60. Цупак Т.Е., Новиков В. Т., Начинов Г.Н., Ваграмян Т.А. Лабораторный практикум по технологии электрохимических покрытий. – М.: Химия, 1980. 160 с.
61. Фокин М.Н., Емелянов Ю.В. Защитные покрытия в химической промышленности. – М.: Химия, 1982. 256 с.
62. Елисаветский А.М. и др. Лакокрасочные покрытия. Технология и оборудование: Справочник. – М.: Химия, 1992. 412 с.

63. Лакокрасочные покрытия / Под ред. Е.Н. Владычиной. – М.: Химия, 1972. 304 с.
64. Иоссель Ю.Я., Кленов Г.Э. Математические методы расчета электрохимической коррозии и защиты металлов: Справочник. – М.: Металлургия, 1984. 271 с.
65. Иванов В. Т., Глазов Н.П., Макаров В.А. Математическое моделирование электрохимической защиты // В сб. Итоги науки и техники. Сер. Коррозия и защита от коррозии. - М.: ВИНТИ, 1987. Т. 13. С. 117.
66. Краснаярский В.В. Электрохимический метод защиты металлов от коррозии. – М.: Машгиз, 1961. 125 с.
67. Антропов Л.К., Макушин Е.М., Панасенко В.Ф. Ингибиторы коррозии металлов. – Киев: Техніка, 1981. 183 с.
68. Алексеев С.Н., Ратинов В.Б., Розенталь Н.К., Кашурников Н.М. Ингибиторы коррозии стали в железобетонных конструкциях. – М.: Строй-издат, 1985. 272 с.
69. Решетников С.М. Ингибиторы коррозии металлов. – Л.: Химия, 1986. 144 с.
70. Иванов Е.С. Ингибиторы коррозии металлов в кислых средах: Справочник. – М.: Металлургия, 1986. 175 с.
71. Розенфельд И.Л., Персианцев В.П. Ингибиторы атмосферной коррозии. – М.: Наука, 1985. 278 с.

Ilovalar

Korroziya va korroziyadan himoya qilish bo'yicha
Davlat standartlari jadvali

75.180. Neft va gaz sanoati uchun qurilmalar.	
75.180.20. Texnologik qurilmalar.	
O'z DSt 2772:2013 O'z DSt 1138:2007 ning o'rniga	Neft, neft-kimë va gaz sanoati. Kojuxquvurli issiqlik almashinuvchilari. Texnik talablar.
O'z DSt ISO 13879:2010	Neft va gaz sanoati. Mazmuni va funktsional spesifikasiya tuzish.
O'z DSt ISO 13880:2010	Neft va gaz sanoati. Mazmuni va texnik spesifikasiya tuzish.
O'z DSt ISO/TS 29001:2010 O'z DSt ISO/TS 29001: 2008 ning o'rniga	Neft, neft-kimë va gaz sanoati. Sifat menejmentining sohaviy tizimlari. Mahsulot etkazib beruvchi va xizmat ko'rsatadigan tashkilotlarga qo'yiladigan talablar.
77.040. Metallarni sinash	
77.040.99. Metallarni sinash usullari	
O'z DSt 9.312-98 GOST 9.312-89 ning o'rniga	Korroziya va eskirishdan himoyalashning yagona tizimi. Himoya qoplamalari. Issiqbardoshlikni aniqlash usullari.
77.060. Metallar korroziası	
O'z DSt 9.101-98 GOST 9.101-78 ning o'rniga	Korroziya va eskirishdan himoyalashning yagona tizimi. Asosiy qoidalar.
O'z DSt 2917:2014 (GM 15288, IDT)	Metallar sirtidagi bo'yalgan tizimning teskari tomonidagi korrozion defektlar
O'z DSt ISO 9227:2015	Sun'iy muhitlarda korrozion sinovlar – tuzli tumandagi sinovlar.
77.120. Rangli metallar.	
77.120.99. Rangli metallar va ularning qotishmalari.	
O'z DSt 610:2009 O'z DSt 610:03 ning o'rniga	Quyma oltinlar. Texnik shartlar.
O'z DSt 611:2009	Quyma kumushlar. Texnik shartlar

O'z DSt 611:2003 ning o'rniga	
O'z DSt 1174:2008	O'lchovli quyma oltinlar. Texnik shartlar.
77.140. Cho'yan va po'latdan tayyorlangan mahsulotlar.	
77.140.15. Beton armaturasi uchun mo'ljallangan po'latlar.	
O'z DSt 3025:2015 TSh 48.3-004 ning o'rniga	Silliq va davriy profilli armatura prokatlari. Texnik shartlar
77.140.65. Po'lat sim, simli kanatlar va zvenoli zanjirlar.	
O'z DSt 1131:2013 GOST 7480-73 ning o'rniga	Poligrafik simlar. Texnik shartlar
77.140.80. Cho'yan va po'lat quymalar	
O'z DSt 2839:2014 TSt 39.0-024:2009 ning o'rniga	Neft-gaz va kimyo sanoati qurilmalarining detallari uchun quymalar. Umumiy texnik shartlar
77.150. Rangli metallardan tayyorlangan mahsulotlar.	
77.150.30. Misdan tayyorlangan mahsulotlar	
O'z DSt 2809:2013 : TSh 64-05755737-132:07, TSh 64-05830150-41:2010, TSh 64-15808601- 66:2008, TSh 64-20506204- 004:2009, TSh 64-23424725-01:2012, TSh 64-23956631-02:2012 larning o'rniga	Mis katanka. Texnik shartlar

Abbreviatura

AES – Atom elektrostansiyasi

QEQ – qo'sh (juft) elektr qavat

SEP – standart elektrod potentsiali

S.V.E.P. (s.v.e.p) – standart vodorod elektrod potentsiali

KAK – kristallararo korroziya

PK – pitting korroziyasi

KYo – korrozion yorilish

NK – Natural kauchuklar

SK – Sintetik kauchuklar

SKB – Butadienli sintetik kauchuklar

SKS – stirolli sintetik kauchugi

SKN – Butadien-nitrilli sintetik kauchugi

MUNDARIJA

So'z boshi	3

I QISM. METALLAR KORROZIYASI NAZARIYASINING ASOSLARI.

I BOB. FANGA KIRISH

1.1. "Korroziyadan himoya qilish" fanining maqsad va vazifalari	6
1.2. Metallar korroziyasiga qarshi kurash muammolarining ijtimoiy, iqtisodiy va ekologik jihatlarini	7
1.3. Asosiy tushuncha va atamalar	9
1.4. Korroziya jarayonlarining sinflanishi	10
1.5. Korroziya ko'rsatkichlari	14
Nazorat savollari	16

II BOB. METALLARNING GAZ KORROZIYASI

2.1. Gaz korroziya jarayonlarining umumiy tavsifi	17
2.2. Metallar strukturasi va uning korroziya jarayonlariga ta'siri	19
2.3. Metallar korroziyasi jarayonlari termodinamikasining asoslari	26
2.4. Noelektrolitlarda metallar korroziyasi	28

III BOB. METALLAR GAZ KORROZIYASINING FIZIK-KIMYOVIY QONUNIYATLARI

3.1. Metall sirtida oksidlanish mahsulotlari hosil bo'lishining termodinamik ehtimolligi	32
3.2. Metallar gaz korroziyasining asosiy bosqichlari	34
3.3. Metallar sirtida gazlarning adsorbsiyalanishi	36
3.4. Metall sirtida kislorodning adsorbsiyalanishi va oksid qatlamining hosil bo'lishi	40
3.5. Metallar sirtida pardalar (plyonka)ning hosil bo'lishi	42
3.6. Metallar gaz korroziyasining kinetikasi	45
3.6.1. Plyonka o'sishining chiziqli qonuni	46
3.6.2. Plyonka o'sishining murakkab qonunlari	49
3.7. Temir sirtidagi oksid plyonkalari	51

Do'stov H.B.

3.8. Kimyoviy korroziya mexanizmi.	52
3.9. Gaz korroziyasi tezligiga ichki va tashqi faktorlarning ta'siri.	57
3.9.1. Plyonka tarkibining ta'siri.	57
3.9.2. Haroratning ta'siri.	58
3.9.3. Gaz bosimi va tarkibining ta'siri.	60
3.10. Issiqlikka chidamli legirlash nazariyasi.	64
Uchinchi bobga tegishli uslubiy tavsiyalar.	69

IV BOB. METALLARNING ELEKTROKIMYOVIY KORROZIYASI

4.1. Metall–elektrolit fazalar bo'linish chegarasida yuz beradigan hodisalar.	70
4.2. Elektrokimyoviy korroziya termodinamikasi.	73
4.3. Purbe diagrammalari.	76
4.4. Elektrod reaksiyalari kinetikasining qonuniyatlari.	83
4.4.1. Diffuzion kinetika. Konsentratsion qutblanish.	85
4.4.2. Sekinlashgan razryad bosqichi – ionizatsiya.	87
4.5. Elektrokimyoviy korroziya jarayonining umumiy tavsifi.	91
4.6. Vodorod qutbsizlanishi bilan boradigan korroziya jarayonlari.	96
4.7. Kislorod qutbsizlanishi bilan boradigan korroziya jarayonlari.	99
4.8. Metallar erishining anod reaksiyasi.	101
4.9. Aktiv holatda metallarning erish qonuniyatlari.	103
4.10. Eritma komponentlari ishtirokida boradigan metallarning anodli erishi.	105
4.11. Korroziya diagrammalari.	108
4.12. Korroziya tezligining eritma tarkibiga bog'liqligi.	110
4.13. O'zaro kontaktda bo'lgan ikki metallning erishi.	112
4.14. Kislotali eritmalarda temirning erishi.	114
4.15. Qotishmalar anod erishining mexanizmi.	117
4.16. Metallarning erishida kuzatiladigan anomal hodisalar.	124
4.17. Passivlik.	127

To'rtinchi bobga tegishli uslubiy tavsiyalar.....	132

II QISM. KORROZIYA KO'RINISHLARI.

KONSTRUKTIV FAKTORLARNING MASHINA VA JIHOZLARDAGI KORROZION YEMIRILISHNING RIVOJLANISHIGA TA'SIRI

V BOB. KORROZIYANING LOKAL KO'RINISHLARI. MATERIALLARNING KORROZIYAGA QARSHI CHIDAMLILIGINI SINASH USULLARI

5.1. Korroziyaning lokal ko'rinishlari	136
5.1.1. Pitting korroziyasi	138
5.1.2. Yarali korroziya	144
5.1.3. Tirqish korroziyasi va konstruktiv faktorlarning bu turdagi korroziyaga ta'siri	145
5.1.4. Kristallararo korroziya	147
5.1.5. Selektiv erish	151
5.1.6. Kontakt korroziyasi	152
5.2. Metallarning korrozion-mexanik yemirilishi	154
5.2.1. Metallarning korrozion yorilishi	156
5.2.2. Metallarning korrozion charchashi	159
5.2.3. Fretting-korroziya	160
5.2.4. Kavitatsion eroziya	160
5.3. Materiallarni korroziyaning turli ko'rinishlariga qarshi chidamlilikka sinash usullari	161
5.3.1. Materiallarni sinashning asosiy usullari	161
5.3.2. Materiallarni korroziyaning lokal ko'rinishlariga qarshi chidamlilikka sinash	164
5.3.3. Materiallarning korrozion-mexanik ta'sirlarga chidamliligini sinash	167
5.3.4. Korrozion monitoring	168
Beshinchi bobga tegishli uslubiy tavsiyalar	169

VI BOB. TABIIY VA TEXNOLOGIK MUHITLARDAGI METALLAR KORROZIYASI

6.1. Tabiiy muhitlarda metallar korroziyasi.....	171
6.1.1. Metallarning atmosfera korroziyasi	172
6.1.2. Metallarning tuproq sharoitidagi korroziyasi	175
6.1.3. Metallarning dengiz korroziyasi.....	180
6.2. Mashina va jihozlarning korrozion yemirilishiga konstruktiv faktorlarning ta'siri.....	183
6.3. Texnologik muhitlardagi metallar gaz korroziyasining ba'zi hollari .	188
6.3.1. Po'latning uglerodsizlanishi.....	189
6.3.2. Vodorod korroziyasi.....	190
6.3.3. Karbonil korroziyasi	194
6.3.4. Oltingugurt korroziyasi.....	196
6.3.5. Xlor va xlorli vodorod muhitidagi korroziya	200
Oltinchi bobga tegishli uslubiy tavsiyalar.....	202

VII BOB. METALLAR VA QOTISHMALARNING KORROZION TAVSIFLARI

7.1. Temir asosidagi konstruksion materiallar.....	205
7.1.1. Po'latlar va cho'yanlar	209
7.1.2. Korrozion bardoshlilikni oshirish maqsadida po'latlarni legirlash .	212
7.1.3. Temir asosidagi issiqlikka chidamli qotishmalar.....	223
7.1.4. Korroziyaga chidamli zamonaviy qotishmalar va po'latlar.....	230
7.2. Rangli metallar asosidagi konstruksion materiallar	235
7.2.1. Aluminiy (Al) va uning qotishmalari.....	235
7.2.2. Magniy (Mg) va uning qotishmalari	239
7.2.3. Mis (Cu) va misli qotishmalar	240
7.2.4. Nikel (Ni) va uning qotishmalari.....	245
7.2.5. Qalay (Sn) va uning qotishmalari.....	249
7.2.6. Qo'rg'oshin (Pb)	250

7.2.7. Rux (Zn) va uning asosidagi qotishmalar	253
7.2.8. Kadmiy	255
7.2.9. Titan va uning qotishmalari.....	256
7.2.10. Tantal.....	258
Yettinchi bobga tegishli uslubiy tavsiyalar	260

VIII BOB. NOMETALL MATERIALLAR VA HIMOYA QOPLAMALARI

8.1. Noorganik konstruksion materiallar	262
8.1.1. Tabiiy silikat materiallari	264
8.1.2. Sun'iy silikat materiallari	265
8.1.3. Keramik materiallar	269
8.1.4. Bog'lovchi materiallar.....	272
8.2.Organik birikmalar asosidagi korroziyabardosh nometall materiallar.....	274
8.2.1. Polimer materiallar.....	274
8.2.2. Oddiy polimerizasion plastik massalar	277
8.2.3. Murakkab polikondensasion plastik massalar	282
8.2.4. Kauchuklar va rezinalar	286
8.2.5. Grafit materiallar	292
Sakkizinchi bobga tegishli uslubiy tavsiyalar.....	294

IX BOB. YUPQA SIRT QOPLAMALARI ORQALI METALLARNI KORROZIDAN HIMOYALASH

9.1. Fosfatli va oksidli himoya plyonkalari.....	296
9.1.1. Fosfatlash	298
9.1.2. Oksidlash	300
9.1.3. Passivlash.....	301
9.1.4. Anodlash.....	301
9.2. Galvanik qoplamalar	303
9.2.1. Ruxlash va kadmiylash	305
9.2.2. Qalay va qo'rg'oshin qoplamalari	307
9.2.3. Nikelli qoplamalar.....	308

9.2.4. Xromlash.....	311
9.3. Issiqlikka chidamli himoya qoplamalari. Termodiffuzion qoplash usuli	312
9.3.1. Qoplashning termodiffuzion usuli.....	313
9.3.2. Issiqlik usuli yoki eritilgan metallga botirish usuli.....	318
9.3.3. Purkash orqali metall yotqizish	319
9.3.4. Termomexanikaviy plakirlash metodi.....	321
9.4. Lok-bo'yoq himoya qoplamalari	322
IX bobga tegishli uslubiy tavsiyalar	328

**X BOB. METALLARNI KORROZIYADAN HIMOYA QILISHNING
ELEKTROKIMYOVIY USULLARI**

10.1. Elektrokimyoviy himoya mexanizmi.....	330
10.1.1. Katodli himoya	331
10.1.2. Protektorli himoya	335
10.1.3. Anodli himoya	338
10.1.4. Kislородli himoya.....	342
10.2. Korroziyaga qarshi himoyalashda muhining tarkibini o'zgartirish usullari	344
10.2.1. Korrozion muhit agressivligini kamaytirish usullari	344
10.2.2. Ingibitorli himoya.....	345
10.2.3. Noorganik ingibitorlar	349
10.2.4. Organik ingibitorlar	353
X bobga tegishli uslubiy tavsiyalar.....	359
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI	361
Ilovalar	366
Abbreviatura	368

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
ЧАСТЬ I. ОСНВЫ ТЕОРИИ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ	
ГЛАВА I. ВВЕДЕНИИ В НАУКЕ.	
1.1 Цель и задачи курса "Защита от коррозии"	6
1.2 Социальные, экологические и экономические аспекты проблемы борьбы с коррозией металлов.	7
1.3 Основные понятия и термины.	8
1.4 Классификация коррозионных процессов	9
1.5 Показатели коррозии.	11
ГЛАВА II. ГАЗОВАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ	
2.1 Общая характеристика процессов газовой коррозии.	14
2.2 Структура металлов и ее влияние на коррозионные процессы	15
2.3 Основы термодинамики процессов коррозии металлов ..	20
2.4 Коррозия металлов в неэлектролитах	22
Методические рекомендации к главе 2	23
ГЛАВА III. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГАЗОВОЙ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ	
3.1 Термодинамическая вероятность образования продуктов окисления на поверхности металла.	24
3.2 Основные стадии газовой коррозии металлов	26
3.3 Адсорбция газов на поверхности металлов	26
3.4 Адсорбция кислорода на поверхности металла и образование оксида	30
3.5 Образование пленок на поверхности металлов	31
3.6 Кинетика газовой коррозии металлов	34
3.6.1 Линейный закон роста пленки	34
3.6.2 Сложные законы роста пленок	37
3.7 Оксидные пленки на поверхности железа.	38
3.8 Механизм химической коррозии	39
3.9 Влияние внутренних и внешних факторов на скорость газовой коррозии	42
3.9.1 Влияние состава пленки	42
3.9.2 Влияние температуры	43
3.9.3 Влияние давления и состава газа	45
3.10 Теории жаростойкого легирования	48

Методические рекомендации к главе 3.	51
ГЛАВА IV. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ	
МЕТАЛЛОВ	
4.1 Явления на границе раздела фаз металл-электролит.	53
4.2 Термодинамика электрохимической коррозии.	55
4.3 Диаграммы Пурбе.	57
4.4 Закономерности кинетики электродных реакций.	62
4.4.1 Диффузионная кинетика. Концентрационная поляризация.	63
4.4.2 Стадия замедленного разряда – ионизация.	65
4.5 Общая характеристика электрохимического коррозионного процесса.	67
4.6 Коррозионные процессы с водородной деполяризацией. .	71
4.7 Коррозионные процессы с кислородной деполяризацией	73
4.8 Анодная реакция растворения металлов.	74
4.9 Закономерности растворения металлов в активном состоянии.	75
4.10 Анодное растворение металлов с участием компонентов раствора.	77
4.11 Коррозионные диаграммы.	79
4.12 Зависимость скорости коррозии от состава раствора.	80
4.13 Растворение двух металлов при их контакте.	82
4.14 Растворение железа в кислых растворах.	83
4.15 Механизм анодного растворения сплавов.	85
4.16 Аномальные явления при растворении металлов.	90
4.17 Пассивность металлов.	92
Методические рекомендации к главе 4.	96
ЧАСТЬ II. ВИДЫ КОРРОЗИИ. ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ КОРРОЗИЙНЫХ РАЗРУШЕНИЙ МАШИН И АППАРАТОВ	
ГЛАВА V. ЛОКАЛЬНЫЕ ВИДЫ КОРРОЗИИ. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА СТОЙКОСТЬ ПРОТИВ КОРРОЗИИ	
5.1 Локальные виды коррозии.	99
5.1.1 Питтинговая коррозия.	100
5.1.2 Язвенная коррозия.	104
5.1.3 Щелевая коррозия и влияние конструктивных факторов на этот вид коррозии.	105

5.1.4.	Межкристаллитная коррозия	106
5.1.5.	Селективное вытравливание	109
5.1.6.	Контактная коррозия	110
5.2.	Коррозионно-механическое разрушение металлов	111
5.2.1.	Коррозионное растрескивание металлов	112
5.2.2.	Коррозионная усталость металла	114
5.2.3.	Фреттинг-коррозия	115
5.2.4.	Кавитационная эрозия	115
5.3.	Методы испытаний металлических материалов на стойкость против различных видов коррозии	116
5.3.1.	Основные методы испытаний материалов	116
5.3.2.	Испытания материалов на прочность против локальных видов коррозии	118
5.3.3.	Испытания материалов на прочность при коррозионно- механических воздействиях	119
5.3.4.	Коррозионный мониторинг	120
	Методические рекомендации к главе 5	121

ГЛАВА VI. КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ В ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ

6.1.	Коррозия металлов в природных средах	123
6.1.1.	Атмосферная коррозия металлов	123
6.1.2.	Почвенная коррозия металлов	126
6.1.3.	Морская коррозия металлов	129
6.2.	Влияние конструктивных факторов на развитие коррозионных разрушений машин и аппаратов	131
6.3.	Некоторые случаи газовой коррозии металлов в технологических средах	135
6.3.1.	Обезуглероживание стали	135
6.3.2.	Водородная коррозия	136
6.3.3.	Карбонильная коррозия	139
6.3.4.	Сернистая коррозия	140
6.3.5.	Коррозия в среде хлора и хлористого водорода	143
	Методические рекомендации к главе 6	144

**ЧАСТЬ III. КОРРОЗИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ
МАТЕРИАЛЫ И ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ.
ГЛАВА VII. КОРРОЗИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

7.1.	Конструкционные материалы на основе железа.	146
7.1.1.	Стали и чугуны.	149
7.1.2.	Легирование сталей, как способ повышения коррозионной стойкости.	151
7.1.3.	Жаростойкие сплавы на основе железа.	158
7.1.4.	Современные коррозионностойкие сплавы и стали.	163
7.2.	Конструкционные материалы на основе цветных металлов.	166
7.2.1.	Алюминий (Al) и его сплавы.	166
7.2.2.	Магний (Mg) и его сплавы.	169
7.2.3.	Медь (Cu) и медные сплавы.	170
7.2.4.	Никель (Ni) и его сплавы.	173
7.2.5.	Олово (Sn) и его сплавы.	176
7.2.6.	Свинец (Pb).	177
7.2.7.	Цинк (Zn) и сплавы на его основе.	179
7.2.8.	Кадмий.	180
7.2.9.	Титан и его сплавы.	181
7.2.10	Тантал.	182
	Методические рекомендации к главе 7.	183

**ГЛАВА VIII. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И
ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ**

8.1.	Неорганические конструкционные материалы.	185
8.1.1.	Природные силикатные материалы.	186
8.1.2.	Искусственные силикатные материалы.	187
8.1.3.	Керамические материалы.	190
8.1.4.	Вяжущие материалы.	192
8.2.	Коррозионностойкие неметаллические материалы на основе органических соединений.	193
8.2.1.	Полимерные материалы.	193
8.2.2.	Простые полимеризационные пластические массы.	195
8.2.3.	Сложные поликонденсационные пластические массы.	198
8.2.4.	Каучуки и резины.	201
8.2.5.	Графитовые материалы.	205

Методические рекомендации к главе 8	206

ЧАСТЬ IV. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ МАШИН И АППАРАТОВ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ОТ КОРРОЗИИ

ГЛАВА IX. ЗАЩИТА МЕТАЛЛА ОТ КОРРОЗИИ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ТОНКОСЛОЙНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

9.1. Фосфатные и оксидные защитные пленки	208
9.1.1. Фосфатирование	210
9.1.2. Оксидирование	211
9.1.3. Пассивирование	211
9.1.4. Анодирование	212
9.2. Гальванические покрытия	213
9.2.1. Цинкование и кадмирование	214
9.2.2. Покрытия из олова и свинца	215
9.2.3. Никелевые покрытия	216
9.2.4. Хромирование	218
9.3. Жаростойкие защитные покрытия. Метод термодиффузионного покрытия	219
9.3.1. Термодиффузионный метод покрытия	219
9.3.2. Горячий метод или метод погружения в расплавленный металл	222
9.3.3. Металлизация напылением	223
9.3.4. Метод термомеханического плакирования	225
9.4. Лакокрасочные защитные покрытия	225
Методические рекомендации к главе 9	229

ГЛАВА X. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ

10.1. Механизм электрохимической защиты	231
10.1.1. Катодная защита	232
10.1.2. Протекторная защита	234
10.1.3. Анодная защита	236
10.1.4. Кислородная защита	239
10.2. Изменение состава среды как метод противокоррозионной защиты	240
10.2.1. Методы снижения агрессивности коррозионной среды ...	240
10.2.2. Ингибиторная защита	241
10.2.3. Неорганические ингибиторы	243

Do'stov H.B.

10.2.4. Органические ингибиторы	246
Методические рекомендации к главе 10.	249
Список использованной литературы.	250
Приложение.	255

CONTENTS

Foreword		4
PART I. FUNDAMENTALS OF METAL CORROSION		
THEORY		
CHAPTER I. INTRODUCTION TO SCIENCE.		
1.1	The purpose and objectives of the course "Protection against corrosion"	6
1.2	Social, ecological and economic aspects of the problem of righting metal corrosion.	7
1.3	Key concepts and terms.	8
1.4	Classification of corrosion processes.	9
1.5	Corrosion indices	11
CHAPTER II. GASEOUS CORROSION OF METALS		
2.1	General characteristics of gaseous corrosion processes	14
2.2	Metal structure and its effect on corrosion processes.	15
2.3	Fundamentals of thermodynamics of metal corrosion processes	20
2.4	Metal corrosion in non-electrolytes.	22
	Methodological recommendations to Chapters 2	23
CHAPTER III. PHYSICO-CHEMICAL LAWS OF GASEOUS CORROSION OF METALS		
3.1	Thermodynamic probability of formation of oxidation products on metal surface.	24
3.2	Basic stages of gaseous corrosion of metals.	26
3.3	Adsorption of gases on metal surface	26
3.4	Oxygen adsorption on metal surface and formation of oxide ..	30
3.5	Films on metal surface.	31
3.6	Kinetics of gaseous corrosion of metals.	34
3.6.1	Linear law of film growth.	34
3.6.2	Complex laws of film growth	37
3.7	Oxide films on iron surface	38
3.8	Mechanism of chemical corrosion.	39
3.9	Effect of internal and external factors on gaseous corrosion rate ...	42
3.9.1	Effect of film composition.	42
3.9.2	Effect of temperature	43
3.9.3	Factor of pressure and gas composition	45
3.10	Theories of heat-resistant alloyage	48

	Methodological recommendations to Chapters 3.	51
CHAPTER IV. ELECTROCHEMICAL CORROSION OF METALS		
4.1	Performance on dividing boundary between metal-electrolyte phases	53
4.2	Thermodynamics of electrochemical corrosion	55
4.3	Purbe diagrams.	57
4.4	Mechanism of electrode reaction kinetics	62
4.4.1	Diffusion kinetics. Concentration polarization	63
4.4.2	Stage of slow discharge - Ionization.	65
4.5	General characteristics of electrochemical corrosion process ..	67
4.6.	Corrosion process with hydrogen depolarization	71
4.7.	Corrosion process with oxygen depolarization.	73
4.8.	Anodic reaction of dissolution of metals	74
4.9.	Mechanism of dissolution of metals inactive condition	75
4.10.	Anodic dissolution of metals with participation of solution components	77
4.11.	Corrosion diagrams.	79
4.12.	Dependence of corrosion rate on solution composition.	80
4.13.	Dissolution of two metals on contact.	82
4.14.	Dissolution of iron in acid solutions	83
4.15	Mechanism of anodic dissolution of alloys	85
4.16.	Anomalies in metal dissolution	90
4.17.	Passivity of metals.	92
	Methodological recommendations to Chapters 4.	96
PART II. TYPES OF CORROSION. EFFECT OF STRUCTURAL FACTORS ON CORROSIVE DETERIORATION OF MACHINES AND APPARATUSES		
CHAPTER V. LOCALIZED TYPES OF CORROSION. METHODS OF CORROSION RESISTANCE TESTING OF DIFFERENT MATERIALS		
5.1	Types of localized corrosion.	99
5.1.1.	Pitting corrosion.	100
5.1.2.	Honeycomb corrosion.	104
5.1.3.	Crevice corrosion. Effect of structural factors on crevice corrosion ..	105
5.1.4.	Intergranular corrosion.	106
5.1.5.	Selective etching.	109

5.1.6.	Contact corrosion	110
5.2.	Mechanical corrosion failure of metals	111
5.2.1.	Corrosion cracking of metals	112
5.2.2.	Corrosion fatigue	114
5.2.3.	Fretting corrosion	115
5.2.4.	Cavitation erosion	115
5.3.	Methods of testing resistance of metallic materials to different types of corrosion	116
5.3.1.	Basic methods of testing materials.	116
5.3.2.	Testing resistance of materials to localized corrosio	118
5.3.3.	Testing resistance of metallic materials to corrosive mechanical attack	119
5.3.4.	Corrosion monitoring	120
	Methodological recommendations to Chapters 5.....	121
CHAPTER VI. CORROSION OF METALS IN NATURAL AND TECHNOLOGICAL ENVIRONMENTS		
6.1.	Corrosion of metals in natural environments.	123
6.1.1.	Atmospheric corrosion of metals	123
6.1.2.	Soil corrosion of metals	126
6.1.3.	Sea-water corrosion of metals.	129
6.2.	Effect of structural factors on propagation of corrosive deterioration of machines and apparatuses	131
6.3.	Some cases of gaseous corrosion of metals in technological environments	135
6.3.1.	Steel decarbonization	135
6.3.2.	Hydrogen corrosion	136
6.3.3.	Carbonyl corrosion.	139
6.3.4.	Sulphur corrosion.	140
6.3.5.	Corrosion in chlorine and hydrogen chloride medium	143
	Methodological recommendations to Chapters 6	144
PART III. CORROSION PERFORMANCE OF METALS AND ALLOYS.		
NON-METALLIC MATERIALS AND PROTECTIVE COATINGS		
CHAPTER VII. CORROSION PERFORMANCE OF METALS AND ALLOYS		
7.1.	Iron-based structural materials.	146
7.1.1.	Steel and cast-iron	149
7.1.2.	Steel alloyage as a way of raising corrosion resistance.	151
7.1.3.	Iron-based heat-resistant alloys	158

7.1.4.	Present-day corrosion-resistant alloys and steels.	163
7.2.	Structural materials based on non-ferrous metals.	166
7.2.1.	Aluminum (Al) and its alloys	166
7.2.2.	Magnesium (Mg) and its alloys.	169
7.2.3.	Copper (Cu) and its alloys	170
7.2.4.	Nickel (Ni) and its alloys	173
7.2.5.	Tin (Sn) and its alloys.	176
7.2.6.	Lead (Pb).	177
7.2.7.	Zinc (Zn) and alloys based on it.	179
7.2.8.	Cadmium.	180
7.2.9.	Titanium and its alloys	181
7.2.10	Tantalum	182
	Methodological recommendations to Chapter 7.	183

**CHAPTER VIII. NON-METALLIC MATERIALS AND
PROTECTIVE COATINGS**

8.1.	Inorganic structural materials	185
8.1.1.	Natural silicate materials.	186
8.1.2.	Artificial silicate materials.	187
8.1.3.	Ceramic materials	190
8.1.4.	Cementing materials.	192
8.2.	Corrosion-resistant non-metallic materials based on organic compounds.	193
8.2.1.	Polymeric materials	193
8.2.2.	Linear polymerizational plastics.	195
8.2.3.	Three-dimensional polycondensational plastics	198
8.2.4.	Caoutchouk and rubber	201
8.2.5.	Graphitic materials	205
	Methodological recommendations to Chapter 8.	206

**PART IV. CORROSION PROTECTION OF MACHINES
AND APPARATUSES IN CHEMICAL MANUFACTURING**

**CHAPTER IX. CORROSION PROTECTION OF METALS
BY MEANS OF THIN SURFACE COATINGS**

9.1.	Phosphate and oxygen protective films.	208
9.1.1.	Phosphating	210
9.1.2.	Oxidizing	211
9.1.3.	Passivation	211
9.1.4.	Anodizing.	212
9.2.	Galvanic coatings	213

9.2.1. Zinc plating and cadmium plating	214
9.2.2. Tin and lead coatings.	215
9.2.3. Nickel coatings.	216
9.2.4. Chrome-plating	218
9.3. Heat resistant protective coatings. Thermal diffusion coating method	219
9.3.1. Thermodiffusional method of coating	219
9.3.2. Hot method or molten metal submersion	222
9.3.3. Metal pulverization.	223
9.3.4. Plating, a thermomechanical method.	225
9.4. Varnish and paint protective coatings	225
Methodological recommendations to Chapter 9.	229

CHAPTER X. ELECTROCHEMICAL METHODS OF CORROSION PROTECTION OF METALS.

10.1. The mechanism of electrochemical protection	231
10.1.1. Cathodic protection	232
10.1.2. Contact protection	234
10.1.3. Anodic protection	236
10.1.4. Oxygen protection	239
10.2. Change in medium composition as a method of corrosion protection.	240
10.2.1. Reducing the aggressiveness method of corrosive medium. ...	240
10.2.2. Inhibitional protection.	241
10.2.3. Inorganic inhibitors.	243
10.2.4. Organic inhibitors.	246
Methodological recommendations to Chapter 10.	249
List of references.	250
Application.	255

Do'stov H.B.

KORROZIYADAN HIMOYA QILISH

Muharrir:

G'.Murodov

Texnik muharir:

G.Samiyeva

Musahhih:

M.Raximov

Sahifalochi:

M.Arslonov



Nashriyot litsenziyasi AI № 178. 08.12.2010. Original –
maketdan bosishga ruxsat etildi: 19.09.2020. Bichimi 60x84.

Kegli 14 shponli. «Palatino Linotype» garn. Ofset bosma
usulida. Ofset bosma qog'ozi. Bosma tabog'i 24,25.

Adadi 14. Buyurtma № 76.



«Sharq-Buxoro» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Buxoro shahar O'zbekiton Mustaqilligi ko'chasi, 70/2 uy.

Tel: 0(365) 222-46-46



ДУСТОВ ХАМРО БОЗОРОВИЧ – кимё фанлари доктори, Бухоро муҳандислик-технология институти, “Нефт-газ иши” кафедраси профессори. Бухоро муҳандислик-технология институти муссислигида ташкил этилган “Фан ва технологиялар тараққиёти” илмий-техникавий журналининг бош муҳаррири. 200 га яқин илмий-услубий ишлар, 4 та ўқув қўлланма, 1 та монография ва бир неча фанлардан ўқитиш технологияси бўйича мажмуалар муаллифи. Унинг раҳбарлигида бир неча фан номзодлари тайёрланган, докторант ва мустақил тадқиқотчиларнинг илмий ишларига, кафедрадаги таълим жараёнига замонавий педагогик технологиялар ва фаол усулларни тадбиқ қилиш борасидаги олиб борилаётган назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган ишларга раҳбарлик қилиб келмоқда. Бухоро Давлат университети ҳузуридаги илмий даражалар берувчи PhD.28.06.2018.К.72.01-рақамли ҳамда Бухоро муҳандислик-технология институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи PhD.03/30.12.2019.Т.101.01” рақамли илмий кенгашларнинг аъзоси.



ISBN 978-9943-6506-4-0



9 789943 650640