

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI**

BUXORO MUHANDISLIK – TEXNOLOGIYA INSTITUTI

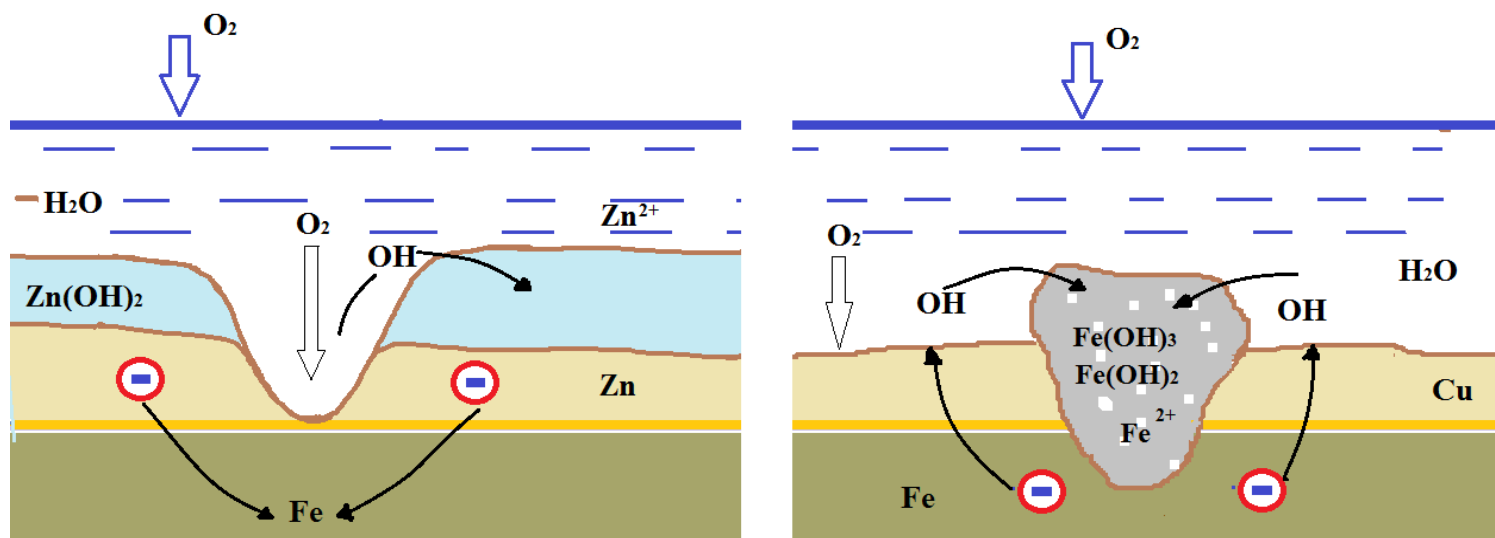
«NIFTNI QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYASI» KAFEDRASI

**5321400 – NEFT – GAZKIMYO SANOAT TEXNOLOGIYASI
yo'nalishi**

**«KORROZIYADAN HIMOYA QILISH» fanidan
amaliy mashg'ulotlarini o'tkazish bo'yicha**

USLUBIY KO'RSATMA

E.R.Panoyev



Buxara – 2019

Korroziyadan himoya qilish fanidan amaliy mashg'ulotlarini bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatma. Uslubiy ko'rsatma 5321400 – “Neft – gazkimyo sanoati texnologiyasi” yo'nalishi talabalari uchun yozilgan.

Tuzuvchi(lar): E.R.Panoyev – Bux MTI, “Neftni qayta ishlash texnologiyasi” kafedrası o'qituvchi – stajyori.

**Taqrizchi(lar): k.f.n. H.B. Do'stov Bux MTI, “Neft va gaz ishi” kafedrası professori.
S.A.Qozoqov – Buxoro neft va gaz sanoati KHK ishlab chiqarish ta'lim ustasi.**

**Uslubiy ko'rsatma “Neftni qayta ishlash texnologiyasi” kafedrasining 20__ yil “__” _____ dagi __ -sonli yig'ilishida muhokama qilingan (bayon № __) va institut uslubiy kengashiga ko'rib chiqish uchun tavsiya etilgan.
mudiri:**

NQIT kafedrası mudiri:

dost.G'.R. Bozorov

Uslubiy ko'rsatma Buxoro muhandislik texnologiya institutining uslubiy kengashida (20__ yil “__” noyabr bayon № __) ko'rib chiqilgan va o'quv jarayoniga qo'llash uchun ruxsat etilgan.

A n n o t a t s i y a

Mazkur amaliy mashg'ulotlar uslubiy ko'rsatasi "Neft - gazkimyo sanoat texnologiyasi" yo'nalishi bakalavrlari uchun mo'ljallangan bo'lib, metallar korroziyalanishining termodinamik imkoniyatlarini aniqlash, berilgan metall uchun oksid pardasining kimyoviy xususiyatini baholash, metallda kimyoviy korroziya chegarasini aniqlash, elektrodning qutblanish kattaligini aniqlash, elektrodning konsentratsion qutblanishini hisoblash, tafel doimiylarini aniqlash, metallarning korroziya jarayonlarida katod va anod toklarini hisoblash, reaksiya jarayonlarida ajralib chiqyotgan vodorod miqdorini aniqlash, konsentratsion anod qutblanishini hisoblash, vodorod elektrodlarining potensialini hisoblash bo'yicha ma'lumotlar yoritilgan.

	MUNDARIJA	
1	Kirish	4
2	Metallar korroziyalanishining termodinamik imkoniyatlarini aniqlash	7
3	Berilgan metall uchun oksid pardasining kimyoviy xususiyatini baholash.	9
4	Metallda kimyoviy korroziya chegarasini aniqlash.	11
5	Elektrodning qutblanish kattaligini aniqlash	13
6	Elektrodning konsentratsion qutblanishini hisoblash.	14
7	Tafel doimiylarini aniqlash. Metallarning korroziya jarayonlarida katod va anod toklarini hisoblash.	15
8	Reaksiya jarayonlarida ajralib chiqyotgan vodorod miqdorini aniqlash	16
9	Konsentratsion anod qutblanishini hisoblash.	18
	Vodorod elektrodlarining potensialini hisoblash.	22
10	Mavzu yuzasidan test savollari	24
11	Glossariy	30
12	Asosiy va qo'shimcha o'quv adabiyotlar hamda axborot manbaalari	31

KIRISH

Respublikamiz mustaqilligidan keyingi sanoat tarmoqlarining keng miqyosida rivojlanishi natijasida zamonaviy texnologik usullar, jihozlar va uskunalar ishlab chiqarishda foydalanilmoqda.

Jihoz va uskunalaridan foydalanish davomida ularning ish qobiliyatini saqlash, ishonchli ishlashini ta'minlash uchun ularni korroziyadan himoya qilish dolzarb vazifalardan biridir. Ayniqsa atmosferaning har xil korrozion-faol moddalar bilan umumiy ifloslanishi, hamda neft va gaz maxsulotlarini qazib olish, saqlash va transport qilishda ishlov beriladigan maxsulotlarning o'ziga xos xususiyatlari shu sohada qo'llaniladigan jihozlarning korroziyabardoshliligini oshirishni talab qiladi.

Metallarning korroziyaga qarshilik ko'rsatish qobiliyati **korroziyabardoshlik** deyiladi. Metall va ularning qotishmalari har xil haroratli sharoitlarda va har xil tashqi muhitlarda turlicha korroziya - bardoshlilikka ega bo'ladi. Shuning uchun **«Korroziyaga qarshi himoya»** fanining asosiy maqsadi metall va qotishmalarining ichki va tashqi muhitlarga bog'lik ravishda korroziyaga uchrashi va ulardan himoyalaniş usullarini tadbiiq qilishni o'z oldiga vazifa qilib qo'yadi.

Korroziyaga qarshi himoya usullari konstruksion, texnologik va foydalanish davridagi tadbirlarga bo'linadi va uning usullari korrozion eksperimental tadqiqotlar asosida ishlab chiqiladi.

Metall (material)lar ularni qurshab turgan muhit ta'sirida har xil tezlikda yemiriladi. Bu yemirilishning asosiy sababi metall sirtining tashqi muhit bilan kimyoviy o'zaro ta'siri natijasida bo'ladi.

Metall materiallarning atrof muhit bilan kimyoviy ta'sir natijasida o'z-o'zidan yemirilishi **korroziya** deyiladi. (lot. **Sorrodere**- o'z o'zidan yemirilish).

Korrozion jarayonlar metall sirtida sodir bo'ladigan reaksiyalar mexanizmiga ko'ra kimyoviy va elektrokimyoviy korroziyalarga bo'linadi.

Kimyoviy korroziya metallning agressiv muhit bilan o'zaro kimyoviy ta'sirida sodir bo'ladigan jarayonlar orqali kechadi. Kimyoviy korroziyada metall sirti bilan suyuq yoki gazli muhitlarning kimyoviy geterogen reaksiyalari sodir bo'lib, natijaviy elektr toki hosil bo'lishi kuzatilmaydi. Korroziya metall sirtiga quruq gazlar va bug'lar, suyuq elektrolitmaslar (neft va uning maxsulotlari, spirtlar, mineral yog'lar, organik birikmalar) ta'sirida kuzatiladi.

Elektrokimyoviy korroziya geterogen elektrokimyoviy reaksiyalar bo'lib, unga suvli eritmalarda, nam gazlarda, tuz va ishqoriy eritmalarda sodir bo'ladigan jarayonlar kiradi va metallning muhit bilan o'zaro ta'siri natijasida elektr toki hosil bo'lishi kuzatiladi. Elektrokimyoviy korroziyani sodir bo'lish sharoiti, muhitning xossalriga va boshqa turlarga ko'ra tasniflash mumkin.

Agressiv muhitlarning turlariga ko'ra korrozion jarayonlar atmosferaviy, gazda, suyuqliklarda, tuproqda, adashgan toklar ta'sirida, biologik korroziyalarga bo'linadi.

Sodir bo'lish sharoitiga ko'ra kontakdagi (har xil metallar birikishida), oraliqdagi (ikkita metallar orasidagi bo'shliqda) va kuchlanish ta'siridagi korrozion jarayonlar bo'ladi.

Korrozion jarayonlarning tashqi omillar ta'sirida korrozion yemirilish tavsifi, kinetika va mexanizmlari o'zgaradi.

Korroziyadan shikastlanishning tavsifi va uning hosil bo'lishi sharoitlariga ko'ra umumiy (to'liq), mahalliy va tanlama korroziyalarga bo'linadi.

Umumiy korroziyada korroziya maxsulotlari metall sirtining barcha qismlarini tekis yoki notekis ko'rinishda qoplaydi.

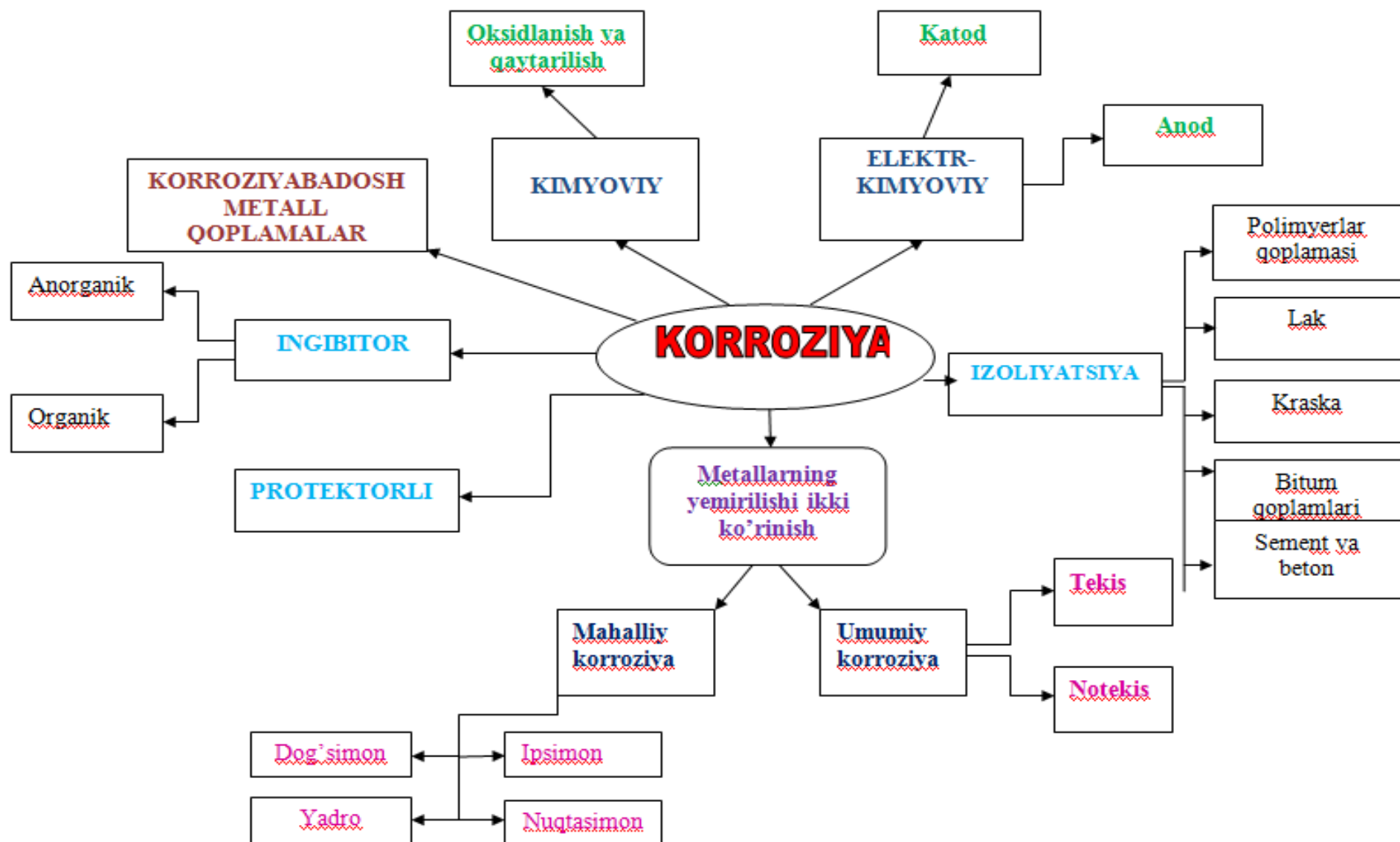
Mahalliy korroziya metall sirtlarining ipsimon, bo'ylama, alohida qismlarida dog', donador, nuqta, va sirt ostki qatlamida tarqalgan ko'rinishda sodir bo'ladi.

Tanlanma korroziya - komponent - tanlanma va struktura - tanlanma turlarga bo'linib, kristallitlararo va tig'simon ko'rinishlarda uchraydi.

Korroziya natijasida yo'qotishlarni *bevosita* va *bilvosita* usullarga bo'lish mumkin. *Bevosita korroziyadan yo'qotishga* buyumlarni himoyalash uchun qilinadigan sarf-xarajatlar va metallning ish qobiliyatini yo'qotish natijasida to'liq ishdan chiqishi kiradi. Mutaxassislar hisob-kitobiga ko'ra metallarning to'liq ishdan chiqishi hozirgi vaqtda yiliga 10-15% ini tashkil etadi.

Bilvosita korroziyadan yo'qotishga jihozlarning ish unumdorligi kamayishi natijasida ishlab chiqarilayotgan maxsulotlar sifati va hajmi kamayishi, hamda metallar sarfining oshishi kiradi.

Neft va gaz sanoatida korroziya natijasida ko'pgina jihozlarning ish unumdorligi kamayishi va ishdan chiqishi kuzatiladi. Ayniqsa quvurlar, jumraklar va rezervuarlar shular jumlasidandir.



Amaliy mashg'ulot № 1

Metallar korroziyalanishining termodinamik imkoniyatlarini aniqlash.

Termodinamikani, odatda, fizikaviy, texnik va kimyoviy termodinamikalariga bo'linadi. Kimyoviy termodinamikaning vazifasi termodinamika qonunlarini kimyoviy va fizik-kimyoviy hodisalarga qo'llashdir.

Kimyoviy termodinamika, o'z navbatida, klassik (fenomenologik) termodinamika, nomuvozanat (qaytmas) jarayonlarning termodinamikasi, statistik termodinamika bo'limlaridan iborat. Termokimyó va kimyoviy muvozanatlar ham kimyoviy termodinamika ta'limotining asosiy qismlaridir.

Termodinamikaning asosiy tushunchalari: termodinamik sistema (izolyatsiyalangan, ochiq, yopiq), sistemaning holati, termodinamik jarayon, holat funksiyasi, siklik jarayon, qaytar va qaytmas jarayonlar, adiabatik jarayon, gomogen va geterogen sistemalar, uzluksiz sistema, ichki energiya, ish, issiqlik, intensivlik va ekstensivlik faktorlari.

Metallar korroziyasi jarayonlari termodinamikasining asoslari

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 buzmagán 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 R tashqi erkin parametrlar bo'lib hisoblanadi, ya'ni $P_{\text{par}} = 2$.

$$G_{\text{muv}} = K_{\text{kom}} - F + P \quad (1)$$

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:

$$\Delta U = Q - A. \quad (2)$$

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:

$$H = U + PV \quad (3)$$

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

$$A = P \Delta V \quad \text{yoki} \quad \Delta H = \Delta U + P \Delta V \quad (4)$$

(2) va (3) tenglamalardan:

$$\Delta H_R = -Q, \quad (5)$$

Bu yerda ΔH_R — o‘zgarish bosimdag 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 *entropiya* deyilib, uning o‘zgarishi ΔS bilan belgilanadi. Entropiyaning o‘zgarishi — J/(mol·grad.) larda o‘lchanadi.

O‘zgarish 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 potensial* (ΔG) deyiladi. Xalqaro kelishuvga asosan 1961 yildan izobar potensial “erkin Gibbs energiyasi” deb ham yuritiladi. Uning o‘lchov birligi — J/mol. Izobar potensial moddaning xossasi hisoblanib, bir vaqtning o‘zida ham uning entalpiyasini (energiyasini), ham unga xos bo‘lgan entropiyani (tartibsizlik darajasini) ifodalaydi. Yuqoridagi kattaliklarni o‘zaro bog‘lovchi termodinamikaning asosiy tenglamasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S \quad (6)$$

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

$$\Delta G = -RT \ln K \quad (7)$$

Misol tariqasida metallning oksidlanish reaksiyasini ko‘ramiz:



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

$$\Delta G = -RT \ln K - RT \ln a_{\text{O}_2} \quad (9)$$

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

$$\Delta G = -RT \ln \frac{1}{P_{\text{O}_2}} - RT \ln \frac{P_{\text{O}_2}}{P_{\text{O}_2}} \quad (10)$$

(10) tenglama orqali oksidlanish jarayoninig borish imkoniyatini baholash mumkin. Agarda $R_{\text{O}_2} > R_{\text{O}_2}$ bo‘lsa, oksidlanish jarayoni amalga oshadi, chunki $\Delta G < 0$. Agarda $R_{\text{O}_2} < R_{\text{O}_2}$ 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 R_{O_2} parsial bosimini kamaytirish orqali yuqori haroratlarda metall oksidlanishining oldini olishda bu tamoyil qo‘l keladi.

Amaliy mashg‘ulot № 2

Berilgan metall uchun oksid pardasining kimyoviy xususiyatini baholash.

Kimyoviy korroziya jarayoni yuqori haroratda gazlar ta'sirida, tarkibida korrozion aktiv elementlari bo'lgan tok o'tkazmaydigan suyuqliklarda (masalan, tarkibida oltingugurt birikmalari bo'lgan neft va uning mahsulotlarida) hamda «quruq» atmosfera sharoitida sodir bo'ladi. «Quruq» atmosfera sharoiti deganda, metall yuzasida namlik pardasi hosil bo'lmaydigan muhit tushuniladi.

Metallarning gaz korroziyasi yuqori haroratda gazlar (O_2) ta'sirida sodir bo'lib, oksidlanish va qaytarilish jarayonlari metal bilan gazning o'zaro ta'sir chegarasida amalga oshadi. Tok o'tkazmaydigan suyuqliklarda esa korroziya jarayonlari metall bilan suyuqliklar tarkibidagi korrozion aktiv oltingugurt birikmalarining (N_2S) o'zaro ta'sirida sodir bo'ladi.

Oksid pardalar qalinliklari bo'yicha 3-guruhga bo'linadi:

- yupqa — ko'rinmaydigan (qalinligi 5 dan 400 $\text{\AA}$ gacha) faqat bilvosita usullar yordamida aniqlanadi;
- o'rta (400 dan 5000 $\text{\AA}$ gacha) qizdirilganda rang beradi;
- qalin (5000 $\text{\AA}$ dan katta) — ko'rinadi.

Metall yuzasida hosil bo'lgan oksid pardasi butun va metal bilan yopishqoqligi yaxshi bo'lsa hamda uning hajm kengayish koeffitsiyenti metallnikiga yaqin bo'lsa, bunday oksid parda metallni keyinga bo'ladigan korroziya jarayonidan himoya qilish xususiyatiga ega bo'ladi.

Oksid pardaning butunligi, ingliz olimlari Pilling va Bedvors taklif etgan kriteriyalar orqali aniqlanadi. Agar metall bilan oksidlovchidan hosil bo'layotgan oksidning molekular hajmi (V_{ok}), shu birikmaning hosil bo'lishi uchun sarf bo'lgan metal hajmidan (V_{Me}) katta bo'lsa, parda butun hisoblanadi. Aks holatda, parda butun hisoblanmaydi va himoya qilish xususiyatiga ega bo'lmaydi.

Shunday qilib,

$$\frac{V_0}{V_{Me}} < 1$$

bo'lganda parda butun bo'lib, metallning oksidlanishini kamaytiradi.

Amaliy ma'lumotlarga ko'ra, metallarning oksid pardalari quyidagi tengsizlikda eng yuqori himoya qilish xususiyatiga ega bo'ladi, ya'ni

$$1 < \frac{V_0}{V_{Me}} < 2,5.$$

Agar

$$\frac{V_0}{V_{Me}} > 2,5$$

dan katta bo'lsa, pardaning hajmi bo'yicha cho'zuvchi kuchlanishlar sodir bo'lib, bu kuchlanishlar pardaning butunligiga ta'sir ko'rsatib (yoriqlar hosil qilib), uning himoya qilish xususiyatini kamaytiradi.

Metall oksidi hajmining (V_0) metall hajmiga (V_{Me}) bo'lgan nisbat ko'rsatkichi quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$\frac{V_0}{V_{Me}} = \frac{\mu_{ok} \cdot \rho_{Me}}{m \cdot \rho_{ok} A_{Me}}$$

Bu yerda μ_{ok} — birikmaning (oksidning) molekular massasi;

ρ_{Me} — metallning zichligi;

ρ_{ok} — oksidning zichligi;

m — birikma molekulasida tarkibidagi metall atomlarining soni;

A_{Me} — metall atomining massasi.

Yuqorida keltirilgan ifoda bo'yicha aniqlangan

$\frac{V_0}{V_{Me}}$ nisbatning qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan.

**Ma'lum metallar uchun oksidlar hajmining metall
hajmiga bo'lgan nisbati**

Metall	Oksidlar	$\frac{V_0}{V_{Me}}$	Pardalarning himoya qilish xarakteristikasi
Kaliy	K ₂ O	0,45	G'ovak tuzilishidagi oksid pardali, tez oksidlanuvchi metallar
Kalsiy	Ca	0,64	
Magniy	MgO	0,81	
Aluminiy	Al ₂ O ₃	1,21	Butun oksid pardali, oksidlanishga turg'un metallar
Titan	Ti ₂ O ₃	1,35	
Sink	RnO	1,55	
Nikel	NiO	1,64	
Mis	CuO	1,65	
Xrom	Cr ₂ O ₃	2,07	Kam himoya qilish xossasiga ega bo'lgan oksid parda
Temir	Fe ₂ O ₃	2,14	
	Fe ₃ O ₄	2,09	
Volfram	WO ₃	3,35	

Amaliy mashg'ulot № 3

METALLDA KIMYOVIIY KORROZIYA CHEGARASINI ANIQLASH.

Kimyoviy reaksiyalar qonuni bo'yicha sodir bo'ladigan, metallarning quruq gazlar yoki tok o'tkazmaydigan suyuqliklar bilan o'zaro ta'siridagi yemirilish jarayoni *kimyoviy korroziya* deyiladi.

Massa (og'irlik) ko'rsatkichi. Korroziya jarayonida metall namunasining massasi oshishi va kamayishi mumkin. Massa oshganda, korroziya tezligi quyidagi ifoda bo'yicha hisoblanadi,

$$K_{og'r}^+ = \frac{q_2 - q_0}{S_0 \tau}, \text{ g/m}^2 \text{ soat},$$

bu yerda: q_0 — namunaning birlamchi (korroziyagacha bo'lgan) massasi, g; S_0 - namunaning yuzasi, m^2 ; q_2 — namunaning korroziya mahsuloti bilan birgalikdagi massasi, g; τ — korroziya vaqti, soat.

Korroziya jarayonida namunaning massasi kamaysa, u holda korroziya tezligining ko'rsatkichi quyidagicha aniqlanadi:

$$K_{og'r} = \frac{q_0 - q_1}{S_0 \tau}, \text{ g/m}^2 \cdot \text{soat},$$

bu yerda: q_1 — namunaning mahsulotlarini olib tashlash bo'yicha korroziyadan keyingi og'irligi.

Hajm ko'rsatkichi. Bu ko'rsatkich korroziya jarayonida yutilayotgan gaz hajmining namunaning yuza birligiga va reaksiya vaqtining birligiga bo'lgan nisbati orqali aniqlanadi:

$$V_{hajm} = \frac{V_0}{S_0 \tau}, \text{ sm}^3/\text{sm}^2 \text{ soat},$$

bu yerda: V_0 — yutilayotgan gaz hajmi, sm^3 (normal sharoitda: $t = 0$; $P = 760$ mm simob ustuni).

Chuqurlik ko'rsatkichi. Bu ko'rsatkich korroziya chuqurligining vaqt birligiga bo'lgan nisbati (mm/yil).

$$II = \frac{K_{og'r} \cdot 8,76}{\rho_M}, \text{ mm/yil}.$$

Chuqurlik ko'rsatkichi metallarning korroziya turg'unligini solishtirishda asosiy ma'lumot bo'lib hisoblanadi. Neft va gaz sanoatida metallar turg'unligini 10 ballik shkala yordamida aniqlash qabul qilingan (2-jadvalga qarang).

Mexanik ko'rsatkichi:

$$\sigma = \frac{\sigma_0 - \sigma_1}{\sigma_0} \cdot 100 \text{ foizda},$$

bu yerda: σ_0 — korroziyaga bo'lgan mahkamligi, kgs/m^2 ; σ_1 — korroziyadan keyingi mahkamligi, kgs/m^2 .

2-jadval

Metallar korroziyaga bardoshlilikligining o'n balli baholash tizimi bo'yicha baholanishi. (gost 13819-68)

Bardoshlilik guruxi	Korroziya tezligi (mm/yil)	Ball
1. Mutloq 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 yuqori	10

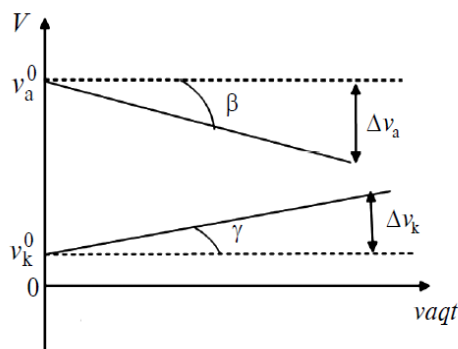
Amaliy mashg'ulot № 4

ELEKTRODLARNING QUTBLANISH KATTALIGINI ANIQLASH.

Galvanik elementning anod va katod bo'limlarining tashqi zanjir orqali o'lchashga qadar bo'lgan qiymati (v_a^0 va v_k^0) ularni tashqi zanjir orqali tutashtirgandan keyingi potentsiallar qiymatidan (v_a va v_k) farq qiladi. Galvanik elementning ishlashi davomida, uning anod bo'limining potentsial qiymati elektromusbat tomonga, katod bo'limining potentsial qiymati elektromanfiy tomonga qarab siljiydi. Tok o'tishi davomida elektrod potentsiallarining bunday o'zgarishi *anod* va *katod qutblanishi* deyiladi (2-rasm). Qutblanish egri chiziqlarining o'zgarish holatlariga qarab, galvanik elementning anod va katod bo'limlarida sodir bo'layotgan korroziya tezligini baholash mumkin. Egilish burchagining qiymati (γ va β) qanchalik kichik bo'lsa, bo'limlardagi reaksiya jarayonlarining tezligi (korroziyalanishi) shunchalik katta bo'ladi.

Bularning teskarisida, reaksiya tezligi kamayib boradi. a) Anod bo'limining qutblanishi sabablari:

- hosil bo'lgan metall ionlarining (Me^{n+}) elektrolitga o'tish tezligining elektronlarning anoddan katodga oqib o'tish tezligidan kamligi;



2-rasm. Anod va katod potentsiallarining vaqtga ko'ra o'zgarishi (qutblanish egri chizig'i):

v_a — galvanik elementning ishlab turgan vaqtdagi anod bo'limida hosil bo'layotgan potensial qiymati $v_a = v_a^0 + \Delta v_k$; v_k — katod bo'limida hosil bo'layotgan potensial qiymati, $v_k = v_k^0 + \Delta v_k$; Δv_k va Δv_k — mos ravishda, potentsiallarning siljish (o'zgarish) qiymatlari.

— metall ionlarining elektrolit hajmiga diffuziyaning tezligining elektronlarning anoddan katodga oqib o'tishi tezligidan sekinligi;

— anod yuzasida oksid pardasining hosil bo'lishi;

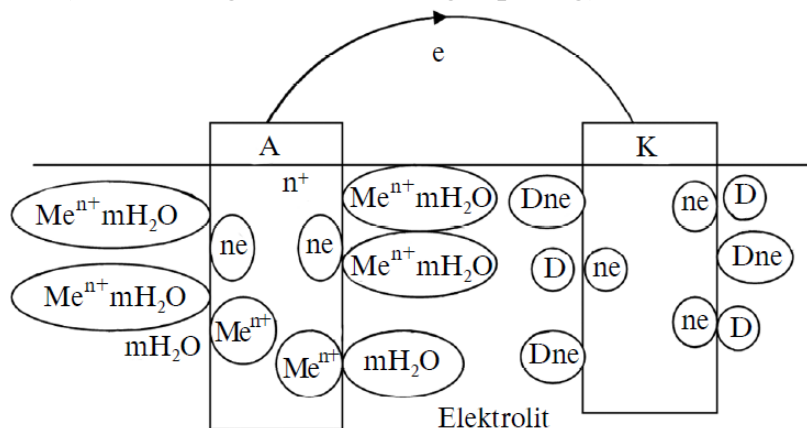
b) katod bo'limining qutblanish sabablari:

— qutbsizlantiruvchilar tezligining ($D + ne \rightarrow Dne$) elektronlarning anoddan katodga oqib kelish tezligidan sekinligi;

— qutbsizlantiruvchilarning (Me^{n+} , N^+ , O_2) elektrolit hajmidan katod yuzasiga diffuziyaning tezligining anoddan katodga oqib kelayotgan elektronlar tezligidan sekinligi;

— katod yuzasida oksid pardasining hosil bo'lishi.

Anod va katod bo'limlarining qutblanish jarayonlarining umumiy chizmasi 2-rasmga keltirilgan. Rasmga ko'ra agar anodda qutblanish jarayoni sodir bo'lmasa, barcha hosil bo'lgan metall ionlari (Me^{n+}) elektrolitga o'tib, suv bilan gidrat kompleksini hosil qilib ($Me^{n+}mH_2O$), anoddan uzoqlashadi. Lekin metallning ma'lum ionlari elektrolitga o'tmay, anod bo'limida qoladi (2-rasmning anod bo'limiga qarang).



2-rasm. Galvanik elementning anod va katod bo'limlarining qutblanishini ko'rsatuvchi chizma:

A — anod bo'limi; K — katod bo'limi.

Katod bo'limida qutblanish sodir bo'lmaganda, uning yuzasidagi barcha elektronlar (ne) qutbsizlantiruvchilar bilan birikkan bo'ladi, ya'ni (Dne). Lekin ma'lum miqdordagi elektronlar qutbsizlantiruvchilar bilan birikmay, katod bo'limida qoladilar (2-rasmning katod bo'limiga qarang). Anod va katod qutblanishi metallarda bo'ladigan korroziya jarayonlarining sekinlashishiga olib keladi.

Amaliy mashg'ulot № 5

ELEKTRODLARNING KONSENTRATSION QUTBLANISHINI HISOBLASH.

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 elektrodlarga 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 elektroddan 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:

$$\frac{dm}{d\tau} = K_D \frac{C_0 - C}{\delta} \quad (1)$$

bunda δ – 1 sm² 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 zahotiyok razryadlansa, Faradey qonuniga asosan tok zichligi uchun quyidagi tanglama o'rinli bo'ladi:

$$i = \frac{dm}{d\tau} nF \quad (2)$$

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

$$i = K_D \frac{C_0 - C}{\delta} nF \quad (3)$$

Chegaraviy diffuziya toki deb ataladigan eng katta tok $S \approx 0$ bo'lganda kuzatiladi, ya'ni elektrodga yaqinlashgan har bir ion shu zahotiyok elektrokimyoviy reaksiyaga kirishadi. Buni inobatga oladigan bo'lsak diffuziya tokining qiymati

$$i_D = K_D \frac{C_0}{\delta} nF \quad (4)$$

Shunday qilib, chegaraviy diffuziya toki potentsialga bog'liq emas (2-rasm).

Elektrokimyoviy jarayon diffuziya bosqichining sekinlashuvi konsentratsion qutblanishning yuz berishiga olib keladi. Uning qiymati quyidagi tenglamadan topladi:

$$\Delta E = 2,3 \frac{RT}{nF} \lg \frac{C_o}{C} \quad (5)$$

(3) va (4) tenglamalardan quyidagi ifodani olamiz:

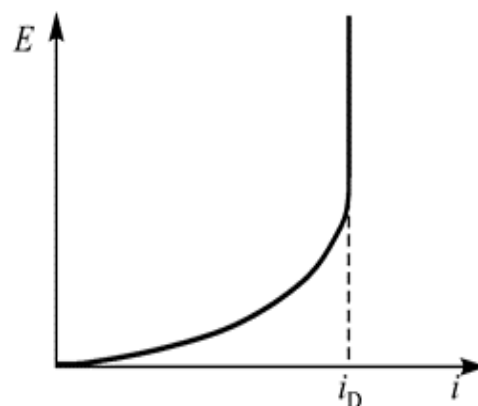
$$\frac{i}{i_D} = 1 - \frac{C_o}{C} \quad (6)$$

Bu tenglamani hisobga olgan holda

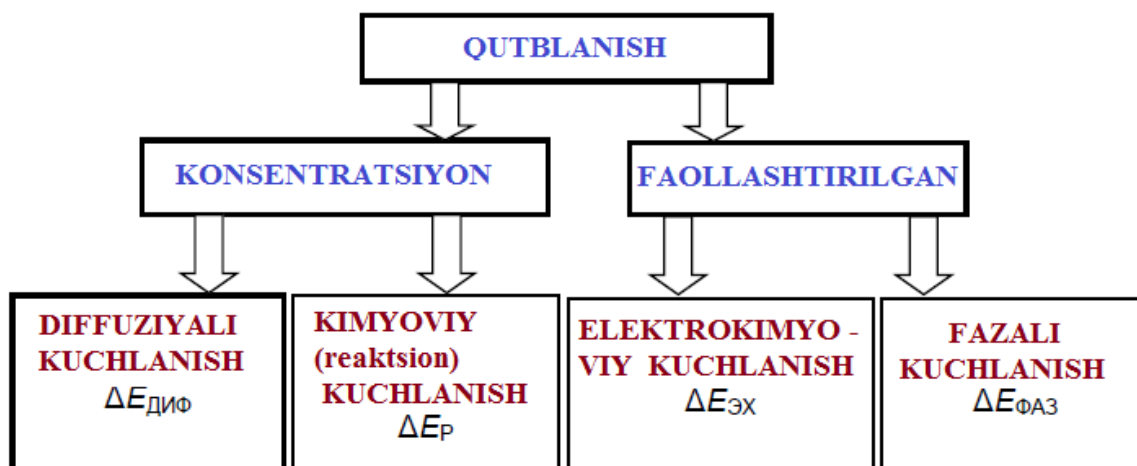
$$\Delta E = 2,3 \frac{RT}{nF} \lg \left(1 - \frac{i}{i_D}\right) \quad (7)$$

Bu ifodaning grafik ko‘rinishi 2-rasmda ifodalangan.

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



2-rasm. Konsentratsion qutblanishning tok zichligiga bog‘liqligi



2- rasm. Qutblanish turlari.

Amaliy mashg‘ulot № 6

TAFEL DOIMIYLARINI ANIQLASH. METALLARNING KORROZIYA JARAYOLARIDA KATOD VA ANOD TOKLARINI HISOBLASH.

Elektrokimyoviy korroziya eng ko'p tarqalgan korroziya turi bo'lib, korrozion jarayonlar ko'pgina faol kimyoviy muhitlarda hamda tabiiy sharoitlarda elektrokimyoviy mexanizm asosida kechadi.

Metall va qotishmalar sirti elektrokimyoviy bir xil bo'lmaganligi mikrogalvanik korrozion element hosil bo'lishiga olib keladi. Bir vaqtning o'zida ikkita oksidlanish (anodli) va qaytarilish (katodli) jarayonlari sodir bo'ladi.

Oksidlanish yoki anodli jarayonda quyidagi reaksiya sodir bo'ladi.



Hosil bo'lgan ionlari eritmaga o'tadi, ya'ni anod eriydi. Katodli jarayonda quyidagi reaksiyalar boradi:



Korrozion elementda yuqoridagi reaksiyalarning borish tezligi har xil bo'ladi. Anodda ko'proq metallar ionlashuvi (Me^{+}) katodda esa, N^{+} yoki O_2 larning qaytarilish yo'nalishlarda bo'lganligi uchun, metall va elektrolitlardagi elektronlarning kuchishi natijasida korroziya toki hosil bo'ladi. Bu tok ta'sirida anod va katodda qaytmas elektrod potentsiali o'rnatiladi. Katod va anoddagi potentsiallar har xil bo'ladi: Katod elektrod potentsiali anod elektrod potentsialidan katta bo'ladi. Korrozion elementda hosil bo'lgan korroziya toki qiymati korroziya tezligini aniqlaydi va quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$I = (V_{\text{qayt}} - V_{\text{qayt}}) / (R + P_A + P_K)$$

bu yerda: V_{qayt} , V_{qayt} - mos ravishda katod va anoddagi qaytadigan elektrod potentsiallar, R - korrozion element qarshiligi, P_A , P_K - anoddagi va katoddagi proporsionallik koeffisientlari.

Tafel tenglamasi:

$$C_H = a + v \lg i$$

Bunda a va v – doimiy ko'rsatkichlar: $a = 1,24$ va $v = 0,118$, i – tok zichligi.

Masalan, tok zichligini $400 - 600 \text{ A/m}^2$ oralig'ida bo'lsa, o'ta kuchlanish qiymati $1,11 - 1,13 \text{ V}$ ni tashkil qiladi.

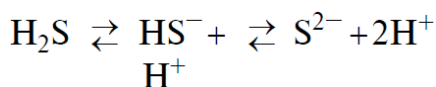
O'ta kuchlanishini tok zichligini oshirish, elektrolit haroratini pasaytirish, eritmani zarra moddalardan tozalash, eritmaga aktiv moddalar qo'shish yo'llari bilan amalga oshirish mumkin.

Amaliy mashg'ulot № 7

REAKSIYA JARAYONLARIDA AJRALIB CHIQYOTGAN VODOROD MIQDORINI ANIQLASH.

Vodorod oltingugurti noyob agressiv xossaga ega. Elektrokimyoviy korroziya mexanizmidan va vodorod quritishi natijasida metall qurilmalarining korroziya

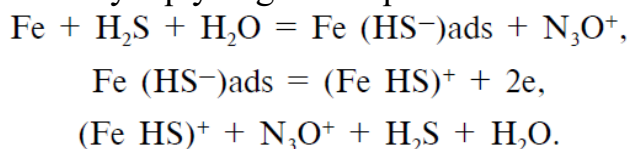
yemirilishlarini sodir etadi. U suvda erib, kuchsiz kislota kabi ionlarga dissotsiatsiyalanadi:



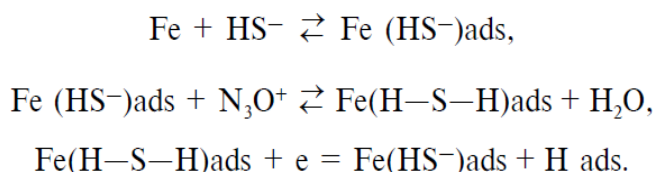
Muhitning pH ko'rsatkichiga ko'ra reaksiya muvozanati o'ngga va chapga siljiydi. Neytral va ishqoriy muhitlarda ko'proq gidrosulfid ionlari, kislotali muhitlarda — molekular vodorod oltingugurti, kuchli ishqoriy elektrodalarda kam miqdordagi sulfid ionlari namoyon bo'ladi. Ko'pgina neft va gaz konlarining mahsulotlari tarkibida katta miqdorda vodorod oltingugurti bo'ladi. Vodorod oltingugurtining suvda yaxshi erishi (30°C da 3000 mg/l atrofida) quduq mahsulotlari suv fazasining pH ko'rsatkichi kamayishiga olib keladi. Shunga ko'ra, suv va vodorod uglerodi fazalari tomonidan absorbsiyalangan (yutilgan) H_2S ning asosiy qismi ion ko'rinishida bo'lmay, molekula ko'rinishida (formasida) bo'ladi.

Hozirgi kunda temir bilan H_2S o'rtasidagi kimyoviy reaksiya soddalashtirilgan quyidagi ko'rinishda yoziladi: $\text{Fe} + \text{H}_2\text{S} = \text{FeS} + \text{H}_2$ lekin u haqiqiy vodorod sulfid korroziya mexanizmini ifodalaydi.

Ifoda oraliq reaksiyalari sodir bo'lishini hisobga olib, temir bilan vodorod oltingugurti o'rtasida sodir bo'ladigan reaksiya quyidagicha taqlid etiladi:



Metall yuzasida kimyoviy yutilgan katalizator $(\text{HS}^-)_{\text{ads}}$, ya'ni oltingugurt bilan mahkam bog'langan temir atomlari, metall atomlarining o'rtasidagi o'zaro bog'lanishni kamaytiradi. Natijada metall atomlarining ionlarga parchalanishini osonlashtiradi. $\text{Fe}^{2+} + \text{HS}^- = \text{FeS} + \text{H}^+$ reaksiyasi bo'yicha ikki valentli temir ionlarining sulfidlar bilan o'zaro ta'sirida ularning elektrod oldi konsentratsiyasi kamayadi. Natijada temir elektrodi potentsiali manfiy tomonga siljiydi. Bu, o'z navbatida, korroziyaning anod jarayoni tezligini oshiradi. Vodorod oltingugurtining katod reaksiyasiga ta'sir mexanizmi quyidagicha:



Vodorod oltingugurti to'g'ridan to'g'ri katod reaksiyasida qatnashmaydi, faqat vodorod ionlarining zaryadsizlanishi tezligini oshirishda katalizator vazifasini bajaradi. Qaytarilgan vodorod atomlarining ma'lum qismi birlashadi va ma'lum qismi metall hajmiga diffuziyalanib, vodorod mo'rtligini hosil qiladi.

Tarkibida vodorod oltingugurti bo'lgan muhitda hosil bo'lgan temir korroziyasi mahsulotning umumiy ifodasi Fe_xS_y ko'rinishda bo'lib, u korroziya jarayonining kinetikasiga jiddiy ta'sir ko'rsatadi.

Ma'lumotlarga ko'ra, hosil bo'lgan korroziya mahsuloti (FeS) temirga nisbatan katod bo'lib, u bilan galvanik juft hosil qiladi. Sulfatlarning po'lat bilan makrogalvanik juftlarni hosil qilish qobiliyati, jihozlarning korrozion yemirilish tezligini oshiradi.

Metall sirti qatlamiga vodorod diffuziyasi oshishi bilan vodorodli mo'rtlashish yuzaga keladi.

Metall sirtiga vodorod absorbsiyasi va diffuziyasi to'g'risida ilmiy qarashlar turlicha. Ularni sodir bo'lishi jarayoniga qarab quyidagi turlarga bo'lish mumkin:

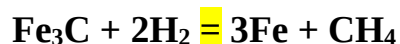
1) metall ichidagi makro va mikro bo'shliqlar, hamda darzlarda absorbsiyalangan vodorod atomlari molekulaga aylanib bosim hosil qilishi natijasida mo'rtlik hosil qilishi;

2) vodorodning metall sirdagi darzlarga absorbsiyasi natijasida sirt energiyasi kamayishiga olib kelishi;

3) metall panjaralari bilan vodorodli o'zaro ta'siri natijasida, kogeziyon metall bog'lanish mustahkamligi kamayishi;

4) vodorodning dislokatsiyalar bilan o'zaro ta'siri natijasida, vodorod to'sig'ining bo'lishi.

Vodorod po'lat materiallar sirtiga diffuziyasi natijasida sirt uglerodsizlanishning quyidagi reaksiyasi bo'yicha sodir bo'lishi kuzatiladi:



Bu turdagi reaksiyaning ketishi pulatlarning sirtida o'ziga xos korroziyaning sodir bo'lishiga olib keladi.

Muhitda vodorod rekombinatsiyasini kamaytiruvchi qo'shimchalarning bo'lishi bu turdagi korroziya tezlashtiradi. Musbat elektrod potensialga ega bo'lgan sirlarda vodorod diffuziyasi kamayishi mumkin. Manfiy elektrod potentsiilli sirlarda vodorodlanish oshadi, ba'zi hollarda vodorod protonlar ko'rinishida metall sirtiga singishi mumkin.

Metallarni vodorod ta'sirida himoya qilish uchun quyidagi usullar qo'llaniladi:

1. Po'latlarning kuchli karbid hosil qiluvchi elementlar bilan legerlash (xrom, molebden, vanadiy, titan);

2. Vodorod singishiga qarshi ingibitorlar qo'llash;

3. Katodli qutblanish hosil qilish bilan vodorod ionining sirtiga absorbsiyaning oldini olish.

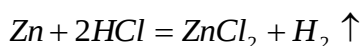
Vodorodlanish natijasida agressiv muhitlarda korroziya mexanizmi har xil ko'rinishda sodir bo'lishi unga qarshi himoyaning samarador usullarini tanlab qo'llash orqali erishiladi.

Amaliy mashg'ulotga doir masalalar yechish.

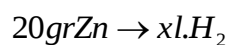
1. Rux va mis moddalaridan qaysi biri (n.sh da) xlorid kislotaga ta'sirida tezroq korroziyaga uchraydi. 20 g aralashma xlorid kislotada eritilsa qancha hajm vodorod ajralib chiqadi. Izohlang.

Yechish

Bu masalada n. sh da



$$65\text{g Zn} \rightarrow 22.4\text{l. H}_2 \quad x = \frac{20 \cdot 22.4}{65} = 6.89\text{l. H}_2$$

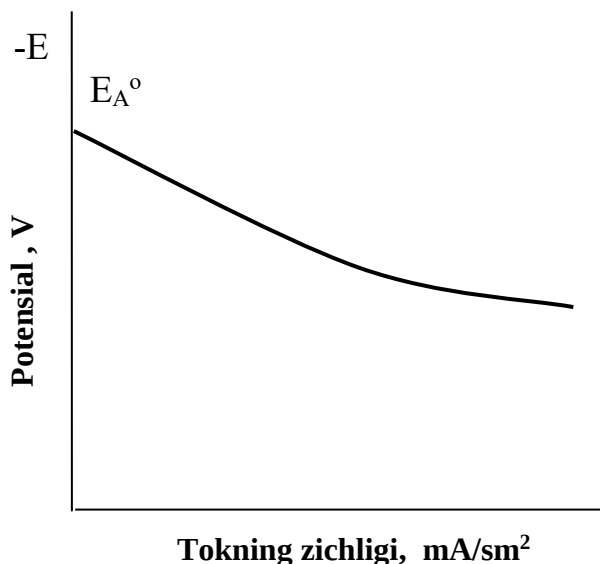


2. Temir va 25 g natriy xloridning 20 % li suvli eritmasi ta'sirlashganda kancha massa reaksiya mahsulotlari hosil bo'ladi.

3. Temir va natriy sulfatning 20% li suvli eritmasi ta'sirlashganda 22,4 g natriy hosil bo'ldi. Bunda necha g temir reaksiyaga kirishgan. Reaksiya unumdorligi 75 %ni tashkil etadi.

Ajralayotgan vodorod miqdoriga qarab korroziya tezligini aniqlash.

Korroziyani baholash sifatli bo'lishi mumkin. Namuna yuzasining tashqi ko'rinishi o'zgarishiga qarab, rangiga va hosil bo'layotgan korroziya mahsulotiga qarab baholaydi. Uning og'irligi kamayishi yoki



Rasm. 3. Anodli qutblanish chizig'i

(og'irligi) ko'payishi ajralib chiqayotgan vodorod miqdori yoki yutilayotgan kislorod miqdori orqali namunaning qalinligini kamayishi orqali baholanadi. Ajralib chiqayotgan vodorod miqdorini aniqlashda Akimovning vodorodli korrozimetridan foydalaniladi.

Korroziya kattaligi namuna yuzasidan ajralib chiqayotgan vodorod miqdori bilan aniqlanadi. Korroziya tezligi korroziya kattaligi bilan aniqlanadi, ya'ni vaqt birligi ichida metall yuzasidan ajralib chiqayotgan vodorod miqdoriga aytiladi. U quyidagi formula bilan izohlanadi.

$$K = \frac{V}{S \cdot t}$$

V- bu yerda metallning korroziyalanishi jarayondagi ajralayotgan vodorod hajmi (sm^3);

S – metall yuzasi (sm^2);

t – vaqt (min) ;

2. Korroziyalangan metall miqdorini qiymatini quyidagi formula orqali hisoblash mumkin:

$$K_{uec} = \frac{K_{o\delta} \cdot A}{22400 \cdot n}$$

A - metal atomi og'irligi.

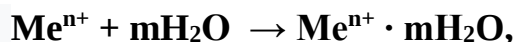
n – eritmaga o'tayotgan metall konining valentligi.

Amaliy mashg'ulot № 8

KONSENTRATSION ANOD QUTBLANISHNI HISOBLASH.

Anod qutblanishi odatda katod qutblanishiga nisbatan elementning potentsial farqining o'zgarishiga kamroq ta'sir qiladi. Tenglamaga muvofiq metall ionlash va ion

gidratlanishidan iborat anod jarayoni anod zonasidan hosil bo'lgan ionlarni doimiy ravishda chiqarib tashlash sharti bilan muammosiz ishlashni davom ettirish mumkin.



Metall ionlarining eritmaga chiqishi tezligi elektronni katod qismlariga o'tkazish tezligidan pastroq bo'lsa, anod jarayonining sekinlashishi ham yuz beradi.

Anod qutblanishi natijasida ikki qatlamli metall astarda salbiy zaryad kamayadi va natijada metall potentsiali ijobiy tomon siljiydi (yoki kamroq salbiy bo'ladi).

Shunday qilib, anod qutblanishi anod jarayonining tezligi elektronni olib tashlash tezligiga (metall ionlanishining haddan tashqari kuchlanishiga) bog'liq emasligi yoki ularning konsentratsiyasi tufayli sodir bo'ladi. Anod mintaqasidagi ionlar (konsentratsiya qutblanishi).

Anod jarayoni qanchalik oson davom etsa, uning qutblanuvchanligi shuncha kam bo'ladi.

Anod jarayonining osonlikcha o'tishini yoki polarizatsiya anod egri chizig'i bo'ylab sezilarli darajada sekinlashishini kuzatish mumkin. Ushbu egri chiziq elektrod potentsialining undagi anod oqimining zichligiga bog'liqligini ko'rsatadi.

Anod reaksiyasining mahsulotlarini chiqarib tashlash anodning qutbsizlanishini keltirib chiqaradi. Anodning qutbsizlanishi eritmani aralashtirish, cho'kib ketadigan korroziya mahsulotlarini shakllantirish, shuningdek murakkab birikmalar hosil qilish orqali tezlashtirilishi mumkin.

Eritmaga o'tgan metall ionlari majmuasi bilan bog'langanligi sababli ularning anod zonasida konsentratsiyasi pasayadi; anod qutblanishi pasayadi va ionlarning eritmaga o'tishi, ya'ni korroziya kuchayadi. Masalan, mis va uning qotishmalari ammiak eritmasida yuqori darajada eriydigan murakkab $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ionini hosil qiladi. Bu ammiak eritmalarida mis va uning qotishmalarining kuchli korroziyasini tushuntiradi.

Oddiy sharoitlarda anod jarayonining qutblanishi kichik darajada sodir bo'ladi. Istisno - bu anodik passivlik.

Amaliy mashg'ulot № 9

VODOROD ELEKTRODLARINING POTENSIALINI HISOBLASH.

Vodorod elektrod – elementlarning standart elektrod potentsialini o'lchashda ishlatiladigan vodorod elektroddir.

Metall sirlari va eritma orasida hosil bo'lgan potentsiallar farqi «**elektrod potentsiali**» deyiladi.

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

$$E_m = E_o + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{Men+}}{a_{Me}} \quad (9.1)$$

Bu yerda E_m – metallning standart potentsiali; 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 (9.2) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$E_m = E_o + \frac{0,059}{n} \ln a_{Men+} \quad (9.2)$$

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

Shunday qilib, standart elektrod potentsiali (SEP) muvozanat potentsialining xususiyl holi bo‘lib hisoblanadi. Ba’zi metallar uchun standart potentsialining qiymati 9.1-jadvalda keltirilgan.

9.1-jadval

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 qutbsizlanish):



Muhitning pH miqdori muvozanat potentsiali qiymatiga ta'sir qiladi.

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

$$E_{p(N^+/N_2)} = E_{o(N^+/N_2)} + 0,059 \lg a_H \quad (9.3)$$

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

$$E_{p(N^+/N_2)} = -0,059 \lg pH \quad (9.4)$$

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

$$E_{p(N^+/N_2)} = 1,23 - 0,059 pH \quad (9.5)$$

Kislotali muhit uchun $pH = 0$ 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 $pH = 7$ 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:

$$\Delta G^0 = -n \cdot F \cdot \Delta E \quad (9.6)$$

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

$$\Delta E = E_{mk} - E_{ma} \quad (9.7)$$

Mavzuga oid masalalar

1 - topshiriq. $pH = 10$ da vodorod elektrodining potentsiali qanday?

Yechish. H^+ (yoki OH^-) ionlarining konsentratsiyasiga bog'liq bo'lgan elektrod potentsiali, ya'ni, eritmaning pH qiymatini quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$E = -0,059 pH$, deb olamiz: $E = -0,059 \cdot 10 = -0,59 \text{ V}$.

2 - topshiriq. Rux tuzining eritmasi 10 marta suyultirilsa, rux elektrodining potentsiali qancha o'zgaradi?

Yechish.

Rux elektrodining standart potentsiali $-0,76 \text{ V}$. Potentsialni hisoblash uchun Nernst tenglamasidan foydalanamiz:

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg c,$$

bu yerda: E^0 – metallning standart elektrod potentsiali, n - bu jarayonda ishtirok etadigan elektronlar soni, c - eritmadagi metall ionlarining konsentratsiyasi.

Rux elektrodining elektrokimyoviy tizimi quyidagi shaklga ega.



Shunday qilib, ikkita elektron oksidlanish jarayonida ishtirok etadi va shu bilan birga Nernst tenglamasidan foydalanib va muammoning shartiga ko'ra rux ionlarining konsentratsiyasi 10 baravar kamayganligini aniqlaymiz:

$$E = -0,76 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{C}{10} = -0,76 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{1}{10} = -0,76 + 0,0295 \cdot (-1) = -0,7895 \text{ B}$$

Tuz eritmasini 10 marta suyultirganda rux elektrodining o'zgarishini topamiz: $E^0 - E = -0,76 - (-0,7895) = 0,0295$ 0,03V yoki 30mV.

3 - topshiriq. Vodorod elektrodini $\text{pH} = 0$ bilan eritmaga botiriladi. Agar eritma $\text{pH} = 7$ ga neytrallansa, elektrod potentsiali qancha o'zgaradi.

Yechish.

Vodorodning standart elektrod potentsiali nolga teng deb hisoblanadi. H^+ (yoki OH^-) ionlarining konsentratsiyasiga bog'liq bo'lgan elektrod potentsiali, ya'ni, eritmaning pH qiymati quyidagicha ifodalanadi: $E = -0,059 \text{ pN}$.

Keyin
$$E_1 = -0,059 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ V}$$

Endi elektrod potentsialining qiymatini $\text{pH} = 7$ da aniqlaymiz, quyidagicha olamiz:

$$E_2 = -0,059 \cdot 7 = 0,41 \text{ V}.$$

Shunday qilib, eritmani 0,41V neytrallash paytida elektrod potentsialining pasayishi yuz berdi $[0 - (-0,41) = 0,41]$.

Test savollari

1. Metallarni tashqi muhit ta'sirida o'z – o'zidan yemirilish hodisasi – deyiladi.

- A) kavitatsiya;
- B) vodorodli mo'rtlashuv;
- C) mexanik yemirilish;
- D) metallarning korroziyalanishi; *

2. Vaqt birligi ichida metallning yuza birligidan eritmaga o'tgan miqdori - deyiladi.

- A) mexanik yemirilish;
- B) korrozion barqarorlik;
- C) korroziya tezligi; *
- D) vodorodli qutbsizlanish;

3. Metallarning korroziyalanishida suvda erigan SO₂ ta'sir ko'rsatib vodorodli va kislorodli qutbsizlanishi tufayli korroziyani bir maromda davom ettiradi. Yuqori haroratda nima uchun korroziya tezligi kamayadi? Chunki,

- A) vodorodli qutbsizlanish to'xtaydi;
- B) erigan kislorod korrozion muhitdan chiqib ketadi; *
- C) vodorodli qutbsizlanish tufayli oksid parda hosil bo'ladi;
- D) vodorod va kislorod molekulalari o'zaro birikib N₂O ga aylanadi;

4. Metall sirtining qirilishi, yedirilishi tufayli sodir bo'ladigan yemirilish - deyiladi.

- A) errozion korroziya; *
- B) pitting korroziya;
- C) «yallig'lanish» ko'rinishdagi korroziya;
- D) kavitatsion korroziya;

5. Qotishmalardagi kichik kristall donalari chegaralarida ro'y beradigan yemirilish jarayonlari – deyiladi.

- A) ishqalanish ta'siridagi korroziya;
- B) kristallararo korroziyalanish; *
- C) metallarning toliqish korroziyasi;
- D) kontakt korroziyalanish;

6. Passiv holatda metallning korroziyalanish tezligi - ... bilan o'lchanadi.

- A) passivlanish toki;
- B) passiv holat tok zichligi; *
- C) passivlanishning kritik potentsiali;
- D) kritik passivlanish toki zichligi;

7. 300 °S va undan yuqori haroratda ishlovchi issiqlik tashuvchi vositalar va shunday sharoitda ishlovchi texnologik qurlimlar korroziyadan himoyalanganda ... qo'shimcha sifatda qo'llaniladi.

- A) HNO₃ ;
- B) K₂ Cr₂ O₄ ;

- C) O_2 gazi; *
- D) $Ce(SO_4)_2$;

8. Passivlashgan metall sirtining ion aktivatorlari ta'sirida hosil bo'lgan korroziyalanish nuqtalari, keyinchalik kichik yuzali yemirilishlar, ya'ni ko'rinishdagi korroziyaga aylanadi.

- A) yalig'lanish; *
- B) dog'lar;
- C) teshib o'tilgan;
- D) «sirt osti»;

9. Mexanik kuchlar va agressiv muhit ta'sirida kuzatiladigan «korrozion toliqish» qanday holatda vujudga keladi?

- A) doimiy agressiv muhit va cho'zuvchi (tortuvchi) kuchlanishlar ta'sirida;
- B) doimiy agregssiv muhit - ishorasi va kattaligi jihatdan tez-tez o'zgarib turuvchi mexanik kuchlar ta'sirida; *
- C) payvandlangan metall sirtining ishqalanishi va agressiv muhiti ta'sirida;
- D) suyuq agressiv muhitning kuchli oqim kuchi ta'sirida;

10. Vodorod gazi ta'siridagi korroziyalanishni tashkil qiluvchi quyidagi bosqichlarning ketma – ketligi to'g'ri keltirilgan javobni toping.

- 1.vodorod gazi bilan metall karbidining reaksiyasi metallning oshirilishi;
- 2.vodorod gazining metall (qotishma) ga diffuziyalanishi;
- 3.vodorod gazning metall (qotish)da erishi;
- 4.metall buyumlarning mo'rtlashuvi, yorilishi;
- A) 1, 2, 3, 4;
- B) 1, 3, 2, 4;
- C) 1, 3, 4, 2;
- D) 3, 2, 1, 4; *

11. SHo'r suvlarda tuzlanish darajasi ($NaCl$) 3 % dan yuqori bo'lganda muhitning korrozion aktivligi -

- A) kamayadi, chunki tuzning miqdori ortishi bilan O_2 ning suvda eruvchanligi kamayadi; *
- B) kamayadi, chunki tuzning miqdori ortishi bilan O_2 ning suvda eruvchanligi ortadi;
- C) yuqori bo'ladi, chunki tuzning miqdori ortishi bilan O_2 ning suvda ortishi kamayadi;
- D) yuqori bo'ladi, chunki tuzning miqdori ortishi bilan O_2 ning suvda eruvchanligi ortadi;

12. Yuqori haroratli sharoitda metallarning korroziyalanishi asosan quyidagi keltirilgan qaysi qurilmada sodir bo'ladi?

- A) sovuq suv yordamida sovituvchi qurilmalarda;

- B) havo yordamida sovituvchi qurilmalarda;
- C) issiqlik almashtirgichlarda;
- D) «ilon izli» issitgichli pechlarda; *

13. Yuqori haroratli sharoitda korroziyalanish ro'y berganda SO, SO₂ va N₂O larning korrozion muhitida birgalikdagi miqdori qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A) 10 % ; *
- B) 12 % ;
- C) 15, 3 % ;
- D) 7 % ;

14. Vaqt birligi ichida metallning yemirilish chuqurligini hisoblash formulasini toping?

A) $Z_{H_2} = a + b2,303 \lg i_K$

V) $\varphi_{H_2}^p = -0,0592 pH$

S) $K = A \cdot \exp(-E_{akm} / RT)$

D) $\Pi = \frac{K_{mac} \cdot 24 \cdot 365}{1000 \cdot \rho} *$

15. $K = A \cdot \exp(-E_{akm} / RT)$ formulada A - nimani ifodalaydi?

- A) doimiy son; *
- V) korroziya tezligi;
- S) anod va katod potentsiallari farqi;
- D) korroziyalanishning effektiv aktivlanish energiyasi;

16. Ingibitorlarning ta'sir kuchi effekti qanday aniqlanadi?

A) $Z = \frac{V_0 - V}{V_0} \cdot 100\% ; *$

B) $\varphi = 0,15 - 0,064 pH$

C) $\varphi = 0,079 + 0,105 \lg i_a$

D) $\dot{\alpha}_t = \dot{\alpha}_{20} + 6 \cdot 10^{-5} \cdot (t - 20)$

17. Suvli sovutgichlarni himoyalashda keng qo'llaniladigan ingibitorlar – deyiladi.

- A) fosfatlar; *
- B) silikatlar;
- C) boratlar;

D) karbonatlar;

18. Jihoz va uskunalarni himoyalashda ishlatiladigan Na_2CO_3 , $CaCO_3$, $MgCO_3$ ingibitorlari – bo`lib hisoblanadi.

A) fosfatlar;

B) silikatlar;

C) boratlar;

D) karbonatlar; *

19. Vodorod gazi bilan ta`sirlashib turgan metallning mikrostrukturasidan ko`rinarli o`zgarishlar va mexanik xossasining o`zgarishlari boshlangungacha ketgan vaqt vodorodli korroziyaning ..., deyiladi.

A) passivlanish davri;

B) o'ta passivlanish davri;

C) repassivlanish davri;

D) induksion davri; *

20. Korroziya jarayonlari mexanizmiga ko`ra necha guruhga bo`linadi?

A) 2 ta; *

B) 5 ta;

C) 7 ta;

D) 6 ta;

21. Harakatlanmaydigan elektrolit muhitida kislorodning ... korroziya tezligini belgilab beruvchi asosiy bosqich bo`lib hisoblanadi.

A) ionlashuvi;

B) oksid parda hosil qilishi;

C) metallga diffuziyanishi; *

D) parsial bosimi;

22. Suvli eritma oqim tezligi $v < 1,5 \div 2 \text{ m / sek}$ bo`lganda, quyidagilardan qaysi biri ro`y beradi?

A) korroziya keskin kuchayib ketadi. Chunki korroziyalanayotgan metall sirtiga kislorodning etib kelishi juda ko`p va kuchli; *

B) vodorodli qutbsizlanish tufayli korroziya tezligi ortadi;

C) kislorod ta`sirida metallarning passivlanishi ro`y berib, korroziya sekinlashadi;

D) kislorodning korrozion muhitdan chiqib ketishi oqibatida korroziya sekinlashadi;

23. Metall sirtida harakatlanayotgan suyuqlikning gidravlik bosimi yoki zarbi va agressiv muhit ta`sirida yuzaga keladigan yemirilish jarayonlari –... ?

- A) errozion korroziya;
- B) pitting korroziya;
- C) «yallig'lanish» ko'rinishdagi korroziya;
- D) kavitatsion korroziya; *

24. Mashina va mexanizmlardagi ishqalanish ta'sirida ro'y beruvchi kimyoviy va elektrokimyoviy yemirilish jarayonlarni deyiladi.

- A) fretting korroziya; *
- B) kavitatsion korroziya;
- C) metallarning tolikish korroziyasi;
- D) kontakt korroziyalanish;

25. Elektrolit muhitida o'zaro tegishib turgan ikki yoki undan ortiq metallar ishtirokida ro'y beradigan elektrokimyoviy yemirilish – deyiladi.

- A) suyuqlikka to'liq botib turgan metallar korroziyasi;
- B) kavitatsion korroziya;
- C) metallarning toliqish korroziyasi;
- D) kontakt korroziyalanish; *

Glossariy

1. Metallarning korroziyalanishi - Metallarning tashqi muhit ta'sirida o'z - o'zidan yemirilish hodisasiga aytiladi.

2. Kimyoviy korroziya bu - metallarning turli agressiv gazlar va noelektrolit suyuqliklar ta'siridagi yemirilish hodisasidir.

3. Elektrokimyoviy korroziya bu - metall va elektrolit xossasiga ega bo'lgan, korrozion muhit ta'sirida kichik galvanik elementlar hosil bo'lishi bilan bir necha bosqichda ro'y beradigan yemirilish jarayonlaridir.

4. Gaz korroziyasi - yuqori haroratda gazsimon moddalar ta'sirida metallarning yemirilishi.

5. Noelektrolitlar ta'siridagi korroziya - noelektrolit suyuqliklar ta'sirida korroziyalanish.

6. Atmosfera korroziyasi - havo atmosferasidagi gazlar va namlik ta'siridagi yemirilish.

7. Kontakt korroziyalanish - elektrolit muhitida o'zaro tegishib turgan ikki yoki undan ortiq metallar ishtirokida ro'y beradigan elektrokimyoviy yemirilish.

8. Korrozion barqarorlik (korrozion bardoshlilik) - korrozion muhitning yemiruvchilik kuchiga metallarning qarshi tura olishi deb aytiladi.

9. Korroziya tezligi - vaqt birligi ichida metallning yuza birligidan eritmaga o'tgan miqdoriga deyiladi.

10. Statsionar potentsial - to'g'ri va teskari reaksiyalar tezliklari yig'indisiga mos kelgan muvozanat potentsial qiymati - deyiladi.

11. Teskari termogalvanik element - yarim hollarda yuqori haroratli qism yuqori potentsialiga ega bo'lib, sovuq qismi kichik potentsialga ega bo'lsa, sovuq qismi anod vazifasini bajaradi.

12. **Konsentratsiya gradiyenti** - kontsentratlar (S^o-S^E) farqining shu farq yuzasiga to'g'ri kelishi mumkin bo'lgan diffuzion qavat qalinligi (b)ga nisbatiga aytiladi.

13. **Qutblanish** - korroziya tezligini biror qiymatga o'zgartirish uchun metall potentsialini korroziyalanish potentsialidan chetlatish uchun zarur bo'lgan potentsialga (polyarizatsiya) aytiladi.

14. **Metallarning passivlanishi** - metall yemirilishining yuqori termodinamik imkoniyati bo'la turib, anod jarayoni tezligining keskin kamayib ketishiga aytiladi.

15. **O'ta passivlanish** - Passivlangan metall potentsialini (tashqi manba yordamida yoki oksidlovchi ta'sirida) yanada kattaroq qiymat tomonga surilsa, korroziyalanish tezligi yana orta boshlaydi. Bu holatga (aniqrog'i qayta passivlanish) deb aytiladi.

16. **Korrozion toliqishi** - bu agressiv korrozion muhit va davriy (ishorasi va kattaligi) o'zgarib turuvchi mexanik kuchlar (cho'zilish, siqilish, burilish, egilish) ta'sirida metall jihozlari va uskunalarining ishlash (foydalanish) muddatining qisqarishidir.

ASOSIY VA QO'SHIMCHA O'QUV ADABIYOTLAR HAMDA AXBOROT MANBALARI

Asosiy adabiyotlar

1. Semyonova I.V, Florianovich G.M, Xoroshilov A.V, Korroziya i zashita ot korrozii.— M. Fizmatlit, 2002, 336 s.
2. G.G.Ulig, R.U.Revi. Korroziya i borba s ney.— L. Ximiya. 1989g.
3. N.P. Juk. Kurs teorii korrozii i zashiti metallov. — M.: Metallurgiya, 1976. 234 s.
4. N.K.Kofanova. Korroziya i zashita metallov. Kiev, Alchevsk, 2003. 181 s.1.
5. Bondar V.I. Korroziya i zashita materialov. Mariupol. 2009, 131 s.
6. Do'stov H.B. Korroziyadan himoya qilish. Buxoro, Sharq, 2019.y. 276 b.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. Pritula V.V. Podzemnaya korroziya truboprovodov i rezervuarov. M. Akela. 2003, 225 s.
2. YA.M. Kolotirkin, Metall i korroziya.—M.: Metallurgiya, 1985. 98 s.
3. Andreev I.N., Gilmanshin G.G., Mejevich J.V. Elektroximicheskie texnologii zashiti ot korrozii krupnix ob'ektov texniki. Kazan, 2004, 50 s.
4. Texnika borbi s korroziey. Perevod s polskogo V.I.Gribelya pod red. A.M.Suxotina. L.: «Ximiya», 1980 g.
5. I.V. Strijevskiy, A.M.Zinevich, K.K.Nikolskiy, V.I.Glazgov, A.G. Kotik. Zashita metallicheskih soorujeniy ot podzemnoy korrozii: Sprvochnik/ 2-e izd.,pererab. i dop. M. Nedra, 1981, 293 s.
6. Korroziionnaya stoykost oborudovaniya ximicheskix proizvodstv. Neftepererabativayushaya promishlennost: Sprav. Izd./ Pod red. YU.I.Archakova, A.M.Suxotina. —L.:Ximiya, 1990. - 400 s.
7. P.I.Tugunov, V.F.Novosyolov, A.A.Korshak, A.M.SHammazov. Tipovie raschyoti pri proektirovanii i ekspluatatsii neftebaz i nefteprovodov. Uchebnoe posobie dlya VUZov. — Ufa: OOO «Dizayn-PoligrafServis», 2002. -658 s.

8. Avliyakov N.X., Musaeva N.N. Pedagogik texnologiya, Darslik. T.: «Tafakkur Bo'stoni», 2012. -208 b.

Internet saytlari

1. <http://www.chem.msu.su.ru>
2. <http://www.chem.kstu.ru/butlerov>
3. <http://www.goodgoods.ru/shop/book>
4. www.lukoil.ru
5. www.oil-gas.at
6. www.neft-gaz.ru
7. www.lukoil.ru
8. www.yukos.ru
9. www.thyssenkrupp-plant-services.com
10. www.trubodetal.ru
11. www.winterstahl.com
12. www.gasmessung.de

