ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті

Мұнай және газ кен орындарын пайдалану және баптау кафедрасы

Б.М. Нуранбаева

МҰНАЙ МЕН ГАЗДЫ ӨНДІРУ КЕЗІНДЕГІ КОРРОЗИЯЛЫҚ ҚИЫНШЫЛЫҚТАР

Университеттің Ғылыми-әдістемелік кеңесі оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы 2015

ЖОК 622.276.05(075)
ББК

Пікір жазғандар. Е.С. Орынғожин, техн. ғыл. докт., профессор,
С.З. Қабдолов, техн. ғыл.докт., профессор,
Э.Өмірзақова, техн. ғылым. канд., ассоц. проф.

Нуранбаева Б.М. Мұнай мен газды өндіру кезіндегі коорозиялық қиыншылықтар: Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2015 – 160 б.

Сурет – 55. Кесте – 15. Библиогр. тізім – 43.

ISBN

Типтік оқу бағдарламасы және Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігімен бекітілген, мамандық бойынша мемлекеттік стандарт, педагогика-психологиялық негізгі ұйымдар мен тәжірибе сабағын жүргізу бойынша оқу әдістемесі құрастырылған.

Берілген оқу құралында қазіргі кездегі мұнай-газды өндірудегі қиыншылықтардың себептерінің бірі – ол мұнай-газ құрылғыларының коррозияға ұшырауы, соның нәтижесіндегі жағдайы туралы нақты материалдар берілген.

Мұнда коррозиялық процестер мен оның бұзылыс түрлерінің топтастырылуы кеңінен көрсетілген, олардың химиялық және электрохимиялық коррозия үрдістерінің теориясының негізі, пайда болуы мен жүру механизмі көрсетілген. Мұнай-газ кәсіпорындарында барлық белгілі металл коррозиясына қарсы амалдар қолданыс тапты, мысалы, электрохимиялық қорғаныс тәсілі: катодтық қорғау, протекторлық қорғау және анодтық қорғау, сонымен қатар өндірістік құрылғыларды ішкі коррозиядан сақтайтын ингибирлеу тәсілі.

Өндірістік құрылғылардың коррозияға ұшырауы туралы жалпы мәліметтер және компрессорлы-сорапты құбыр мен басқа да мұнай және газконденсатты ұңғыдағы, жерасты және жерүсті құрылғыларының коррозияға ұшырауының негізгі себептері көрсетілген.

Бұл оқу құралы мұнай-газ саласындағы жоғарғы оқу орындарындағы студенттер мен колледж оқушыларына, сонымен қатар кең ауқымдағы инженерлі-техникалық мұнай өнеркәсібіндегі қызметкерлерге арналған.

© Нуранбаева Б.М.
© ҚазҰТУ, 2015 ж.

КІРІСПЕ

Еліміздің көптеген мұнай-газ кенорындарын игеру барысында мұнай өнеркәсібінің дамуы айтарлықтай қиыншылықтармен сипаатталады, соның бірі мұнай-газ жабдықтарын коррозиядан қорғау мәселесі қазіргі кезде мұнай-газ өнеркәсібіндегі ең өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Себебі тәжірибеде, яғни мұнай-газ өндіруде көптеген қиыншылықтарды тудырады.

Мұнай және газ саласы кәсіптері әр алуан техникалық өндірістермен және сызбанұсқалармен сипатталады, олар қатаң жағдайларда жұмыс жасайтын күрделі құрылғыларды қолданады. Мұнай кәсіпшілігі құрылғыларының коррозияға ұшырау себептері сан алуан. Мұнай газ кенорындарын дамыту жерасты және жерүсті құрылғыларын қолдану нәтижесінде және агрессивті ортада, мұндағы күкіртті сутегі, көмірқышқыл газы, органикалық қышқылдар және ерітілген минералды тұзы бар қабатты сулар, осылардың барлығы коррозия процесінің жүруіне әкеп соғады. Құрылғылардың коррозияға ұшырауына себеп болатын агрессивтік компонеттерден басқа, жоғары температура мен қысым да әсер етеді, себебі олар коррозия үрдісін тездетеді. Жерасты металл құрылғылары өте қымбатқа түседі, олардың жұмыс атқару мерзімі негізінде коррозиялық құнымен анықталады.

Қазіргі таңда мұнай-газ кәсіпорындарында барлық белгілі металл коррозиясына қарсы амалдар қолданыс тапты, мысалы, электрохимиялық қорғаныс тәсілі (катодтық қорғау, протекторлық қорғау және анодтық қорғау) және өндірістік құрылғыларды ішкі коррозиядан сақтайтын ингибирлеу тәсілі.

Бұл оқу құралында коррозия процесі және оның бұзылыс түрлерінің топтастырылуы қарастырылған. Химиялық және электрохимиялық коррозия үрдістерінің негізі теориясы мен оның пайда болуы, жүру механизмі көрсетілген.

Металдардың коррозиясы халық шаруашылығына үлкен нұқсан келтіретіндігін ескере отырып, оның ішінде мұнай-газ кәсіпшілігінің нысандарында коррозияға қарсы және осы шараларлың қажеттігі туралы жазылған.

Өндірістік құрылғылардың коррозияға ұшырауы туралы жалпы мәліметтер және компрессорлы-сорапты құбыр мен басқа да мұнай, газ және газконденсатты ұңғының, жерасты және жерүсті құрылғыларының коррозияға ұшырауының себептері мен негізгі ерекшеліктері көрсетілген.

Оқу құралының мақсаты – «Мұнай-газ ісі» мамандығының студенттеріне, сонымен қатар мұнай-газ кенорындарын өндірудегі қиыншылықтар кезіндегі мәселелерді шешуде жалпы мағлұмат алуына болады.

Автор оқу құралының мазмұны айлы сын-ескертпелер мен тілектерді қуана қабалдауға әзір.

1. КОРРОЗИЯ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ СИПАТТАМА

1.1 Коррозияның мәні

Коррозия туралы ғылым металдың қоршаған ортамен қатынасы кезіндегі үрдістерді және оның механизмін зерттейді, әртүрлі жағдайлардағы металды коррозиядан сақтау әдістерін дамытады.

Коррозия деп – металдың өздігінен қышқылдануын атайды, яғни бұйымдардың ұзақ мерзімін қысқартады немесе сыртқы және ішкі ортаның әсерінен жабдықтар мен құбырлар металдарының өздігінен біртіндеп бүлінуі. Металдардың коррозияға ұшыраған ортасын *коррозиялық немесе агрессивті орта* деп атайды.

Металдарды коррозиядан қорғаумен адамзат бұрыннан айналысып келеді, металды қолдана бастаған кезден айтуға болады. Көне замандардан бері жауынгерлердің болат сауыттары жылтыратудан өткен, ол сырт келбетін жақсарту мақсатымен ғана емес, сонымен қатар металды коррозиядан қорғау үшін жасалған.

Мұнай және газ нысанына, әртүрлі технологиямен сипатталатын өндірістің көп түрі кіреді. Олар: энергетикалық, машина жасау және химиялық кәсіптік нысандары, байланыс және мұнай, газ, қысылған ауа, су, химиялық реагенттердің тасымалдануы бойынша қондырғылар және кәсіптердің теңіздің гидротехникалық құрылыстары.

Техникалық үрдістердің сан алуандылығы, климаттық және географиялық шарттары, металл шығындарының үлкен көлемде болуы және оларды пайдалану кезіндегі қатаң жағдайлар мен шарттар құрылғылардың тозуына алып келеді. Бұл мәселе мұнай және газ шығарудың өсу қарқынын және оның техникалық-экономикалық тиімділігін анықтайтын өзекті мәселеге айналып отыр. Мұнай және газды бұрғылау, шығару және тасымалдауда туындайтын негізгі мәселенің бірі – бұрғылау, лифтті және мұнай құбырларының қызмет ету мерзімі болып табылады. Газ құбырларында күкіртті сутектің, көмірқышқыл газының және кейбір органикалық қышқылдардың болуы құбырлардың қатардан тез шығуына алып келеді, сонымен қатар мұнай-газды бұрғылаудың және шығарудың дамуын тежейді.

Мұнай-газ кәсіпорындарының нысандары ұзақ мерзімде жобаланады және пайдаланылады. Пайдалану ұзақтығы көбіне оның коррозиялық сақталуымен анықталады.

Мұнай және газ кәсіпкерлігінің нысанына көптеген өндірістер кіреді, олар әртүрлі технология және спецификациялық құрылғылармен сипатталады, сонымен бірге олар аз жоғалту көлемімен және қатаң шарттарда қолданылуымен анықталады. Мұнай-газ өндірісінде пайдаланылатын мұнай-газ құрылғылары көбінесе көміртегі және төмен легирленген болаттан даярланады. Металл құрылғылары қолданылатын

барлық жерде (ауада, суда және жер астында) металмен әрекеттесетін және оларды ақырында жоятын заттар өте көп.

1.2 Коррозияға қарсы жүргізілетін шаралар

Металл коррозиясы халық шаруашылығына үлкен нұқсан келтіреді. Коррозиядан болатын шығындарды 3 категорияға бөлуге болады:

1. Металл құрылғыларын жасауға кеткен шығындар;
2. Коррозия өнімдері түріндегі металдардың қайтпас жоғалту шығындары;
3. Жанама жоғалтулармен байланысты шығындар (газ жеткізілмеуі нәтижесіндегі кәсіпорындарының жұмысының тоқтауы, қоршаған ортаның ластануы және т.б.).

Коррозияға қарсы іс-шаралардың қажеттігі үш аспектімен анықталады :

– бірінші аспект – экономикалық, коррозия кезінде құрылғылардың бұзылуы нәтижесінде жоғалған материалдардың көлемін азайту;

– екінші аспект – апатқа алып келетін құрылғылардың бұзылуын болдырмау;

– үшінші аспект – металл қорын сақтау, өйткені ол әрбір мемлекетте, сондай-ақ әлемде де шектелген, ал оны қайта құруға адам еңбегінің интелекті және әртүрлі материалды-техникалық әдістері қажет.

Құрылғылардың коррозиясына байланысты мұнай кәсіпорындарының жоғалтулары төмендегі категорияларға бөлінеді:

1. Тура шығындар;
2. Жанама шығындар;
3. Қорғауға арналған шығындар.

Тура шығындарға мыналар жатады:

– коррозиядан қорғау және коррозия келтірген нұқсандары ағымдағы немесе күрделі жөндеуге кеткен шығын қоры (коррозияға ұшыраганнан кейін ауыстырылатын бөлшектер мен механизмдердің құны, оларды монтаждау, коррозияға қарсы жүргізілетін жұмыстар, бұлардың бәрі жөндеу жұмыстары кезінде жүргізіледі);

– металды жартылай фабрикаттар құны, материал, комплекттеуші бұйымдар, металды және құрамында металы бар дайын өнім, коррозияға ұшыраған жағдайда іріктеледі (жөндеу кезіндегі ауыстырылатындардан басқасы);

– коррозияға ұшыраған металды тазалауға кеткен қосымша шығындар.

Жанама шығындар төмендегідей:

– коррозияға байланысты тоқтап қалған негізгі қорының шығыны (соның ішінде, коррозияға байланысты жоспарланбаған ағымдағы және күрделі жөндеу кезінде);

– коррозияға ұшырауынан бұзылған құрылғылар, құбырлы желілер, резервуарлар және т.б. құны;

– коррозияға байланысты өнім сапасының төмендеуінен болатын шығындар;

– қоршаған ортаға, өндірістік емес ғимараттарға және адам денсаулығына зиян келтіретін нұқсанды жоюға кететін шығындар;

– кешеннің қуатының жоғалуы (мысалы, коррозия өнімдері кесірінен болатын алмасу бетіндегі жылу тасымалданудың төмендеуі).

Коррозиядан *қорғауға кететін жалпы шығындар* — коррозияға қарсы қолданылатын барлық амалдар мен тәсілдерді қолдану (тура шығындарды ескермегенде) соның ішінде :

– коррозияға қарсы және бақылауға арналған арнайы құрылғылар мен негізгі әдістерді монтаждауға кететін алғашқы және қосымша капиталды салымдар;

– негізгі қорды коррозиядан қорғауға кететін ағымдағы шығындар;

коррозияға төзімді материалдардан дайындалатын өнімге байланысты шығындар;

– коррозияға жол беру, коррозия жылдамдығы және онымен қалай күресу керектігі белгісіз болған жағдайда (мысалы, резервуарлар, құбыржелілер, құрылғылар және т.б. қабырғаларын қалыңдатуға мәжбүр болған кезде);

– сақтау және тасымалдау кезіндегі өнімді қорғауға кететін ағымдағы шығындар;

– дайын өнімнің коррозияға қарсы төзімділігі мен қаншалықты қорғалғандығын тексеру кезіндегі ағымдағы шығындар;

– коррозия аймағындағы жүргізілетін құрылымдық және ғылыми-зерттеу жұмыстарына жұмсалатын шығындар.

Кейбір жағдайларда, коррозиялық шығындар ақша бірлігімен есептелемейді, мысалы коррозиялық үрдістен болатын апаттағы адамдар өлімі және т.б.

Бақылау сұрақтары

1. Металл коррозиясы теориясына еңбегі сіңген, өткен ғасырлардағы белгілі ғалымдардың негізгі жұмыстарын атаңыз.
2. Коррозия деген не, коррозияға байланысты ғылымда қандай сұрақтар шешілуде?
3. Ауасыз кеңістікте коррозия үрдісі мүмкін бе? Түсіндіріңіз.
4. Металл коррозиясы мәселесі белсендірек жүретін мұнай және газ кәсіпорындарына жалпы сипаттама беріңіз.
5. Коррозия келтіретін шығындар қалай жіктеледі?
6. Коррозияға қарсы жүргізілетін іс-шаралардың қажеттігін анықтайтын аспектілерге сипаттама беріңіз.
7. Құрылғылар коррозиясына байланысты мұнай кәсіпкершілігінің шығындары мен жоғалтуларына не кіреді?
8. Құрылғылар коррозиясына байланысты жанама шығындарға не жатады?
9. Коррозиядан қорғауға кететін жалпы шығындарға не кіреді?
10. Қандай жағдайларда коррозияға кеткен шығындар ақша бірлігімен саналмайды?

2. КОРРОЗИЯНЫҢ ТОПТАСТЫРЫЛУЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ТҮРЛЕРІ. КОРРОЗИЯ ЖЫЛДАМДЫҒЫ

2.1 Коррозия процесінің топтастырылуы

Құрылғыларды, сонымен бірге ұңғымаларды, сораптарды, арматураларды, құбырларды және т.б. мұнай-газ саласында қолданылатын құрылғыларды дайындау үшін көбіне көміртек және төмен легирленген болаттар кеңінен қолданылады.

Осы құрылғылардың жұмыс жасау уақыты мен сенімділігі көбінесе оның ауадағы, судағы және жерастындағы металл конструкцияларын қоршаған сұйық және газ заттармен әрекеттескендегі біртіндеп өзіндік бұзылуынан сақтайтын қорғаныс дәрежесімен анықталады.

Құрылғылардың жұмыс істеу ұзақтығы металдардың өзіндік тотығуы арқылы төмендеуі *коррозия* (лат. corrosio – жеу, жою) деп аталады. Коррозияға ұшырайтын металдардың ортасы *коррозиялық* немесе *агрессивтік орта* деп аталады. Осы үрдіс құрамында металдың тотыққан түрінде сақтайтын химиялық қосылыстар кезінде коррозия өнімдері пайда болады.

Металдардың тотығуы белгілі бір технологиялық үрдістің өтуіне қажет болса, “коррозия” терминін қолданбау керек. Мысалы, еритін анодтың электролиттік ваннадағы коррозиясы туралы айтуға болмайды, өйткені электролиз үрдісі өтуі үшін анод өзінің иондарын ерітіндіге жіберуі арқылы тотығуы қажет. Алюмотермиялық үрдіс өткендегі алюминийдің коррозиясы туралы айтуға болмайды. Бірақ металмен өткен барлық ұқсас жағдайларда өзгерістердің физика-химиялық табиғаты бірдей: металл тотығады. Сондықтан “коррозия” термині негізгі ғылыми жұмыстарда, сонымен техникалық әдебиеттерде де кеңінен қолданылады.

Металдың ортамен әрекеттесу сипатына байланысты коррозияның механизмі бойынша негізгі 2 түрмен ажыратады: *химиялық* және *электрохимиялық коррозия*.

Химиялық коррозия металдың қоршаған газ тәрізді немесе сұйық ортамен химиялық реакция заңдары бойынша өтеді. Сонымен қатар, коррозия өнімдері агрессивтік ортамен байланыста болған металл бетінің барлық жерінде түзіледі. Химиялық механизммен бірге олардың келесі коррозиялық үрдістердің түрлері өтеді: *газды және бейэлектролиттердегі корозия*.

Газды коррозия – жоғары температурада және металл бұйымдар бетіндегі сұйық қабыршақтың толық жоғалғанда металдың оттекпен немесе басқа газбен тотығуы нәтижесінде үздік бұзылуы (мысалы, компрессорлық станцияларында газды турбиналардың, қазанды қондырғылардың құбырлары, ішкі жану қозғалтқышының газ шығарғыш коллекторларының коррозиялары).

Бейэлектролиттердегі коррозия – сұйық немесе газ тәрізді, агрессивтік, электрөткізгіштігі төмен ортада өтетін металдың жоғалуы

(мысалы, болаттың бензиндегі, бензолдағы, 200 °С температурадан жоғары болған жағдайда күкіртпен байланысқа түскен коррозиялар, жоғары күкіртті мұнай сорттарын құрылымдары кезіндегі аппаратура мен құбырлардың ішкі бетінің коррозиясы).

Электрохимиялық коррозия – электр тогының пайда болуымен бірге жүретін электр өткізгіш ортадағы металдың тотығуы. Сонымен қатар, металдың қоршаған ортамен әрекеттесуі металл бетінің әртүрлі жерінде өтетін анодтық және катодтық үрдістермен сипатталады. Коррозия өнімдері тек анодтық аумақта пайда болады.

Электрохимиялық механизммен бірге келесі коррозиялық үрдістердің түрі өтеді:

электролиттердегі коррозия – электр тогын өткізетін сұйық ортадағы металдардың коррозиясы; электролиттің түріне байланысты коррозияның теңіз немесе өзен суында, қышқылдар, негіздер және тұздардың ерітінділерінде жүреді (сәйкесінше қышқылды, сілтілі және тұзды коррозия);

топырақ немесе жер коррозиясы – топырақты электролит әсерінен пайда болатын жер асты металдық жабдықтарының коррозиясын айтамыз;

электрлік коррозия – электрофицирленген көлік немесе басқа өндірістік электрлік қондырғылар мен құрылыс рельстерінен токтың ағып кетуінен пайда болатын жерасты металдық құрылыстың коррозиясы;

атмосфералық коррозия – металдың ауадағы немесе газды ортадағы коррозиясы;

биокоррозия – коррозиялық үрдістерді тездететін микроағзалардың тіршілік нәтижесінде пайда болатын заттар әсерінен өтетін жер коррозияның жеке жағдайы;

байланыстық коррозия – әртүрлі электрохимиялық потенциалға ие екі металл арасындағы электрлік байланыстан туындайтын коррозия.

Атмосферада, теңіз және өзен суларында, сонымен бірге, топырақта немесе жерде қолданатын металдардың көпшілігіне электрохимиялық коррозия тән.

Атап өткен коррозия түрлерінен басқа кернеу әсерінен коррозия болуы да мүмкін (коррозиялық орта мен металдағы механикалық кернеудің бір уақыттағы әсері); жарықшақты коррозия – жіңішке саңылаулар мен жарықшақтарда электролит әсерінен металдың коррозиялық бұзылуының жылдамдауы (бұрандалық және фландық қосылыстарда); коррозиялық эррозия – коррозиялық орта мен қажалудың бір уақыттағы әсері; коррозиялық кавитация – қоршаған ортаның бір уақыттағы коррозиялық және екпінді әсері (винттердің еспелі күрекшелердің бұзылысы, ортадан тепкіш сораптардың жұмыс дөңгелектер күрекшелерінің коррозиясы).

2.2 Коррозиялық бұзылыс түрлері

Коррозия үрдісі металдың үстіңгі қабатынан басталып оның түбіне дейін тарайды. Бұл кезде металдың сыртқы түрі өзгереді, яғни, оның бетінде коррозия өнімдерімен толтырылған қабыршақтар, яғни шұңқырлар (дақтар, ойықтар, жаралар) пайда болады.

Металдардың коррозияға ұшырауын сипаты бойынша келесі түрлерге бөледі:

– *тұтас коррозия* (коррозиялық орта әсерінен болған металдық құрылымның бетінің толығымен коррозияға ұшырауы);

– *жергілікті коррозия* (металдық құрылымның бетінің жеке жерлерінің коррозиясы);

Жергілікті коррозияның келесі түрлері бар:

– *дақты* (диаметрі металлдың коррозияға ұшыраған қабатының тереңдігінен үлкен жеке дақтар түріндегі коррозия);

– *ойықты* (диаметрі олардың тереңдігіне сәйкес келетін жеке қуыс түріндегі коррозия);

– *нүктелі немесе питтингті коррозия* (диаметрі 0,1-2 *мм* болатын көптеген жеке нүктелер түрінде);

– *тесіп өткен коррозия* (металдың түбіне дейін коррозияға ұшырауы);

– *металл бетінің астының коррозиясы* (металдың кеуіп кетуіне алып келетін металл үстінің астына тарайтын коррозия);

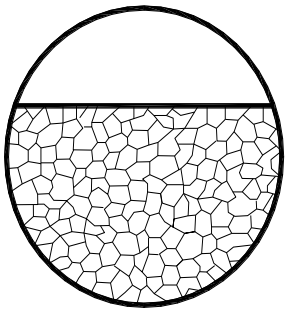
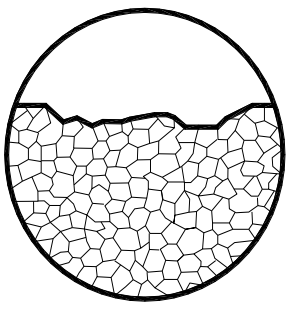
– *құрылымды-таңдаулы коррозия* (қорытпаны құрайтын бір құрылымының коррозияға ұшырауы, мысалы шойынның графитизациясы);

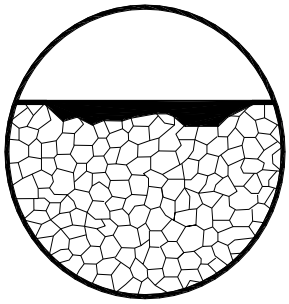
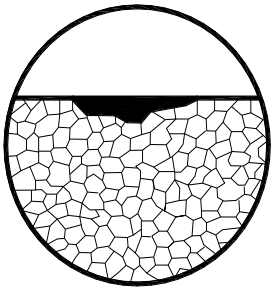
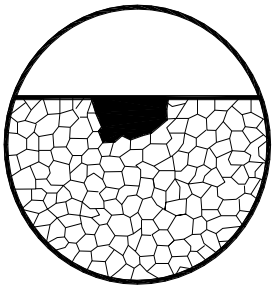
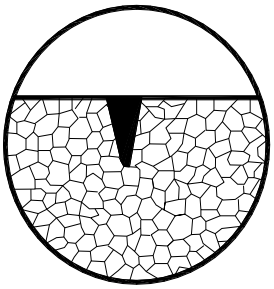
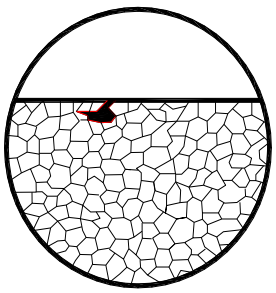
– *кристаллит аралық коррозия* (металдың кристалдарының шеттеріне тарайды, бірақ металдың үстіңгі бетінің түрі өзгермейді);

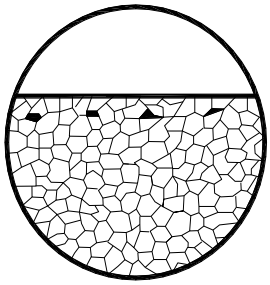
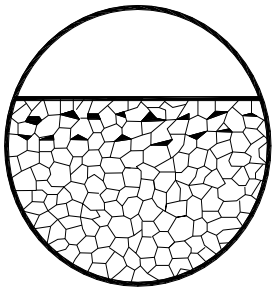
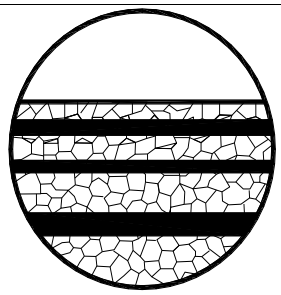
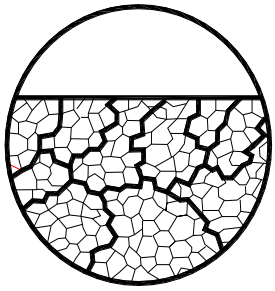
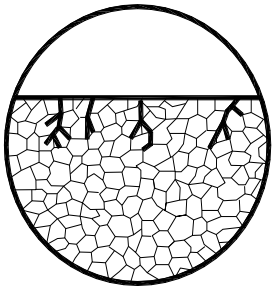
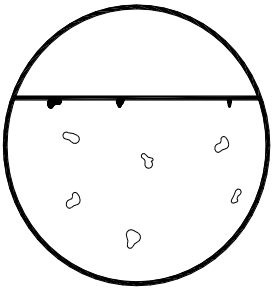
– *коррозиялық шытынау* (металдың коррозиялық қажуы салдарынан болған коррозиялық шытынаудың пайда болуы).

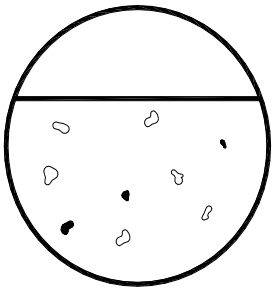
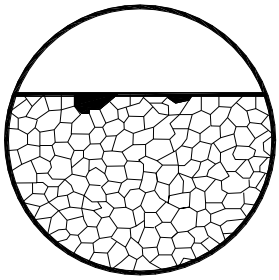
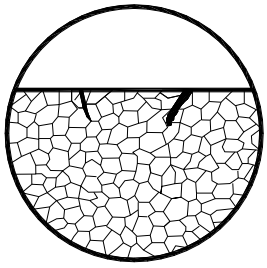
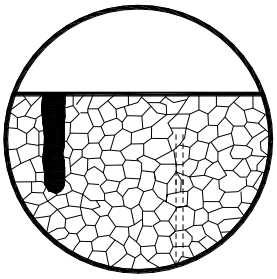
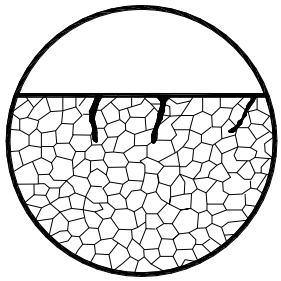
Коррозиялық бұзылыстар арасында шағын топтарға бөлінетін он бір негізгі топтарды ажыратады (кесте 2.1).

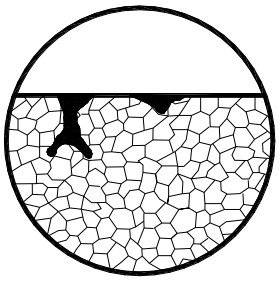
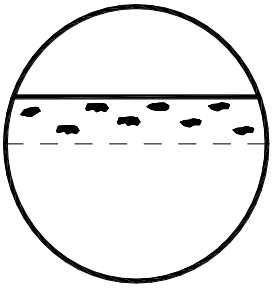
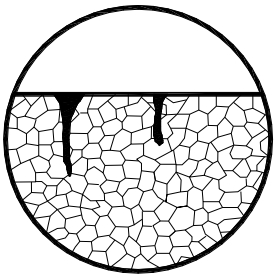
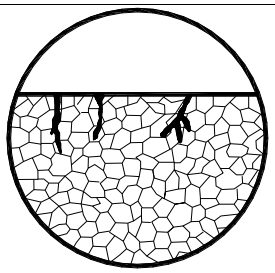
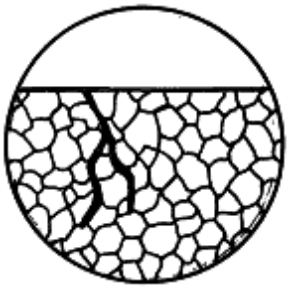
2.1 кесте - Коррозия типтері

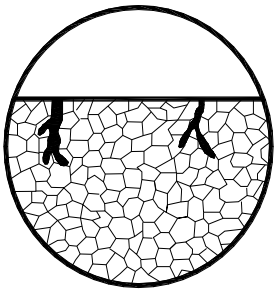
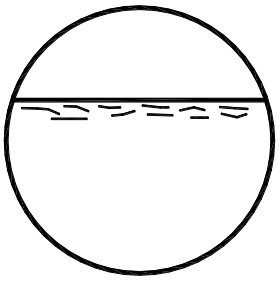
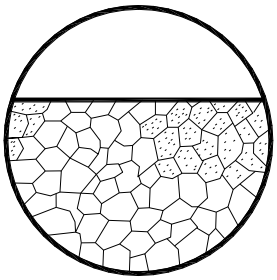
Коррозия типі	Коррозиялық бұзылыс формасының сипаттамасы	Коррозиялық бұзылыс түрлерінің типтік сызбанұсқасы
1. Бірыңғай (бірқалыпты) коррозия	*1а* және *1б* коррозиялық бұзылыс формалары тек бетінің бірқалыпты еместілігімен ғана ажыратылады. Коррозиялық сынау алдындағы және сынаудан кейінгі бет пішінінің өзгеруіне қарай коррозияның болуын анықтайды: оны үлгінің сынау алдындағы және сынаудан кейінгі масса және өлшем өзгерістері бойынша анықтайды. Пішін *1в* бірыңғай және таңдамалы коррозия арасында өтпелі болуы мүмкін, мысалы *10в, 10г* и *10е*.	 1а  1б

	Коррозияның типін коррозиялық ортаның әсер ету уақытына байланысты оның пішінінің өзгеруі, сонымен бірге металл құрылымы бойынша анықтауға болады.	 1в
2. Жергілікті (бірқалыпты емес) коррозия	Пішіні бойынша бірыңғай коррозияға ұқсас, бірақ беттің бір бөлігі ғана коррозияға ұшырауымен немесе коррозияның бөлек аймақтарында әртүрлі жылдамдықпен өтетінімен ерекшеленеді	-
3. Дақтар арқылы коррозия	Дұрыс емес пішінді майда коррозиялық бұзылыс.	 3
4. Коррозиялық жара	Тереңдігі жуық шамамен еніне тең болатын коррозиялық бұзылыс	 4
5. Питтингтік коррозия	Тереңдігі енінен едәуір үлкен болатын коррозиялық бұзылыс	 5
6. Бет астындағы коррозия	Бетте кішкентай ауданды алатынымен және негізінен металл бетінің астында орналасқанымен ерекшеленетін коррозиялық бұзылыс.	 6а

	Бөлек аймақтары бет астында орналасатын және бетке шығатын көрінетін тікелей шығуы жоқ коррозиялық бұзылыс	 6б
		 6в
7. Қабаттық коррозия	Ішкі қабаттары әртүрлі өлшемге, әртүрлі фазаларға, қосуларға, бөлістерге және т.б. ие түйіршіктердің болуымен ерекшеленетін коррозиялық бұзылыс.	 7
8. Кристаллита-ралық коррозия	Барлық немесе бөлек түйіршіктерге тиетін, металл түйіршіктер шекарасының бойындағы коррозияға ұшыраған аймақтың болуымен ерекшеленетін коррозиялық бұзылыс.	 8
9. Транскристал-литтік коррозия	Транскристаллиттік жарықшақтар үлкен санымен ерекшеленетін коррозиялық бұзылыс	 9
10. Таңдамалы коррозия	Белгілі бір құрылымдық фаза немесе компонент ұшырайтын коррозиялық бұзылыс; егер фаза эвтетика арқылы пайда болса, онда бүкіл эвтетика немесе оның кейбір бөліктері ғана коррозияға ұшырайтынын анықтайды (мысалы, цементит).	 10а

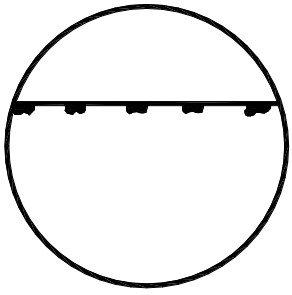
	Коррозияға ұшыраған бетпен тікелей байланыспаған металдың белгілі бір фазасы ғана ұшырайтын коррозиялық бұзылыс. Бұл жағдайда фазалардың негізгі құрылым түйіршіктерінің ішінде немесе шекарасы бойымен коррозияға ұшырайтыны анықталады. Бұдан әрі коррозияға ұшыраған фазалардың арасындағы шекаралардың басқа шекаралардан айырмашылықтарын анықтайды (фазаның, жарықшақтардың болуын). Осыдан коррозиялық ортаның түйіршіктер шекарасының бойымен немесе диффузия арқылы түйіршіктің бүкіл көлемі бойынша таралуын тұжырымдайды.	 10б
	Тек физикалық күйі өзгерген (мысалы, деформация нәтижесінде) бөлек түйіршіктер ғана ұшырайтын коррозиялық бұзылыс.	 10в
	Түйіршіктердің деформацияланған бөліктері ғана ұшырайтын, сонымен қатар пайда болатын коррозиялық бұзылыстың аймағы түйіршікке қарағанда тарырақ және бірнеше түйіршік арқылы өтететін коррозиялық бұзылыс. Сонымен бір уақытта деформацияның металл құрылымының өзгеруіне әсер еткенін анықтайды, мысалы аустениттің мартенситке ауысуы.	 10г
	Ерекшеленген қосулардан тұратын қатарлары бар аймақ түріндегі коррозиялық бұзылыс; сонымен бірге берілген аймақта құрылымның мүмкін өзгерісін анықтайды.	 10д
	Түйіршіктер шекарасы бойында кең аймақ түріндегі коррозиялық бұзылыс. Берілген форма уақытша болуы мүмкін, сондықтан оны кристаллитаралық коррозияға жатқызуға болмайды; ол металдың терендігіне таралмайтынымен ерекшеленеді. Оны коррозиялық әсердің уақытына байланысты коррозиялық бұзылыстар пішінінің өзгеруі және	 10е

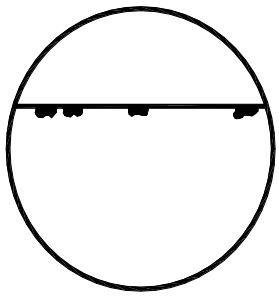
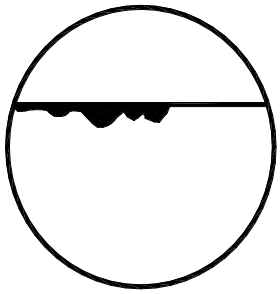
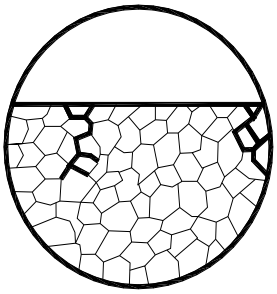
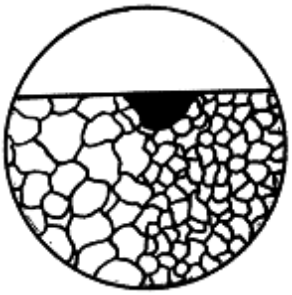
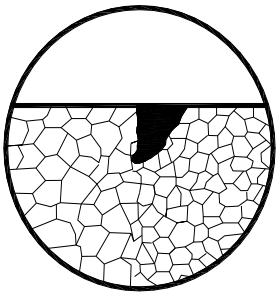
	коррозияға түскен құрылымдық бөлшектердің бөлінуі бойынша дәлірек анықтауға болады.	
	Нәтижесінде металл беріктігін төмендететін қасиетке ие металл түрінің жаңа фазасы пайда болатын коррозиялық бұзылыс.	 10ж
	Нәтижесінде орналасу орны мен пішіні сақталатын, фазаның химиялық құрамы өзгеретін коррозиялық бұзылыс, мысалы шойындағы цементит пластиналардың графитизациясы, жездің мырыштан айырылуы және т.б. Бұл өзгерістің аймағында коррозияның тағы басқа өнімдері пайда болуы мүмкін, мысалы тотық.	 10з
11. Сирек жарықшақ түріндегі коррозия	Нәтижесінде бетінде кең болып біртіндеп кішкентай енге өтетін терең, кішкене бұтақты жарықшақ пайда болатын коррозиялық бұзылыс; жарықшақ тоттану өнімдерімен толтырылған.	 11а
	Бетіндегі жарадан шығатын ені кішкентай терең жарықшақ түріндегі коррозиялық бұзылыс; жарықшақ бұтақты пішініне алады.	 11б
	Нәтижесінде коррозия өнімдерінің жоқ болғандағы кристаллитаралық ені кішкентай жарықшақ пайда болатын коррозиялық бұзылыс. Кристаллитаралық коррозиямен салыстырғанда жеке (сирек) жарықшақтар түрінде болады.	 11в

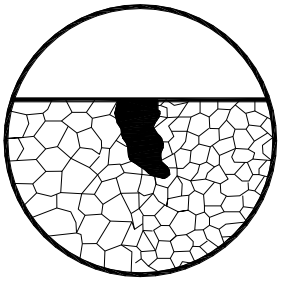
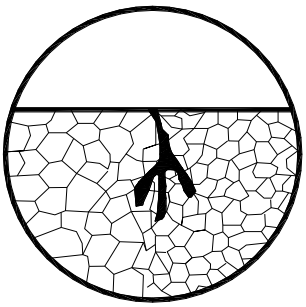
	Нәтижесінде транскристаллиттік ені кішкентай, тармақтануы едәуір жарықшақ пайда болатын коррозиялық бұзылыс. Транскристаллиттік коррозия-мен салыстырғанда жеке (сирек) жарықшақтар түрінде болады. Кейбір жарықшақтар жартылай транскристаллиттік және трансклисталлитаралық коррозиялық бұзылыс типіне ие болуы мүмкін	 11г
	Нәтижесінде жіп тәрізді көбінесе бетке параллель және белгілі бір тереңдік аймағын құратын ені кішкентай жарықшақтар пайда болатын коррозиялық бұзылыс. Оларды деформация немесе үлгінің нашар өңдеу салдарынан пайда болатын ұқсас жарықшақтарға жатқызуға болмайды	 11д
	Жеке түйіршіктер ішіндегі майда, көбінесе қысқа жарықшақтар түріндегі коррозиялық бұзылыс. Жарықшақтар мысал ретінде молекулалық сутегінің әсері, үлкен кернеу, белгілі бір фазаның коррозиясы салдарынан туындай алады.	 11е

Коррозиялық бұзылулар орналастырылуы бойынша 2.2-кестеде көрсетілген алты топтарды ажыратады.

2.2 - кесте. Коррозияның топтастырылуы

Коррозиялық бұзылыстардың топтастырылуы	Коррозиялық бұзылыстар топтастырылуының сипаттамасы	Типтік коррозиялық бұзылыстар топтастырылуының сызбанұсқасы
1. Бір қалыпты таралған коррозиялық бұзылыс	-	 1

2. Бір қалыпты емес таралған коррозиялық бұзылыс	-	 2
3. Жиналым түріндегі коррозиялық бұзылыс	-	 3а
	-	 3б
4. Екі құрылымдардың шекарасындағы коррозиялық бұзылыс	Екі құрылым да коррозияға ұшырайды	 4
	Бір ғана құрылым коррозияға ұшырайды	 5а

	Бір ғана құрылым коррозияға ұшырайды	 5б
	Тек қана шекара бойындағы тар аймақ коррозияға ұшырайды	 6

2.1 және 2.2-кестелерде көрсетілгендердің барлығында коррозиялық бұзылулар түрлерінің электрохимиялық механизмі болады.

Жабдықтың тәжірибелік жұмыс жағдайында кездесетін коррозияның типтері мен түрлерін статистикалық зерттеулер бойынша олардың мынадай түрінде бөлінетінін көрсетеді:

Бірқалыпты	31,5
Кернеу әсерінен туындаған коррозия	21,6
Жаралы	15,7
Кристалларалық	11,5
Коррозиялық эрозия	9
Таңдамалы	2,4
Газды (жоғары температуралы)	4,5
Жарықшақты	1,8
Коррозиялық тозу	1,9
Байланыстық	0,1

Осы берілгендер коррозияның бөлек түрлерін көрнекті сипаттайды. Коррозиялық бұзылыс екі немесе бірнеше коррозия түрлерінің, кейде типтерінің қасиеттеріне ие болған жағдайлар көп кездесетінін айтып кету керек. Сондықтан көрсетілген статикалық арақатынасты шамалау деп санауға болады.

Жаралы мен нүктелі коррозия ерекше қауіпті, өйткені жаралар кішкентай өлшемдікке ие болғандықтан және олардың коррозия өнімдеріне толуынан бұзылысты табу өте қиын болып келеді. Осындай коррозия нәтижесінде құрылыстар, құбырлар, резервуарлардағы тесіп өтілген тоттануы олардың пайдалануының үшінші жылында байқалады немесе апат болған уақытта табылады. Металл құрылысының апаттық бұзылысы каверналар мен питингтер қасында жергілікті кернеулердің концентрациясының болуымен жиі түсіндіріледі.

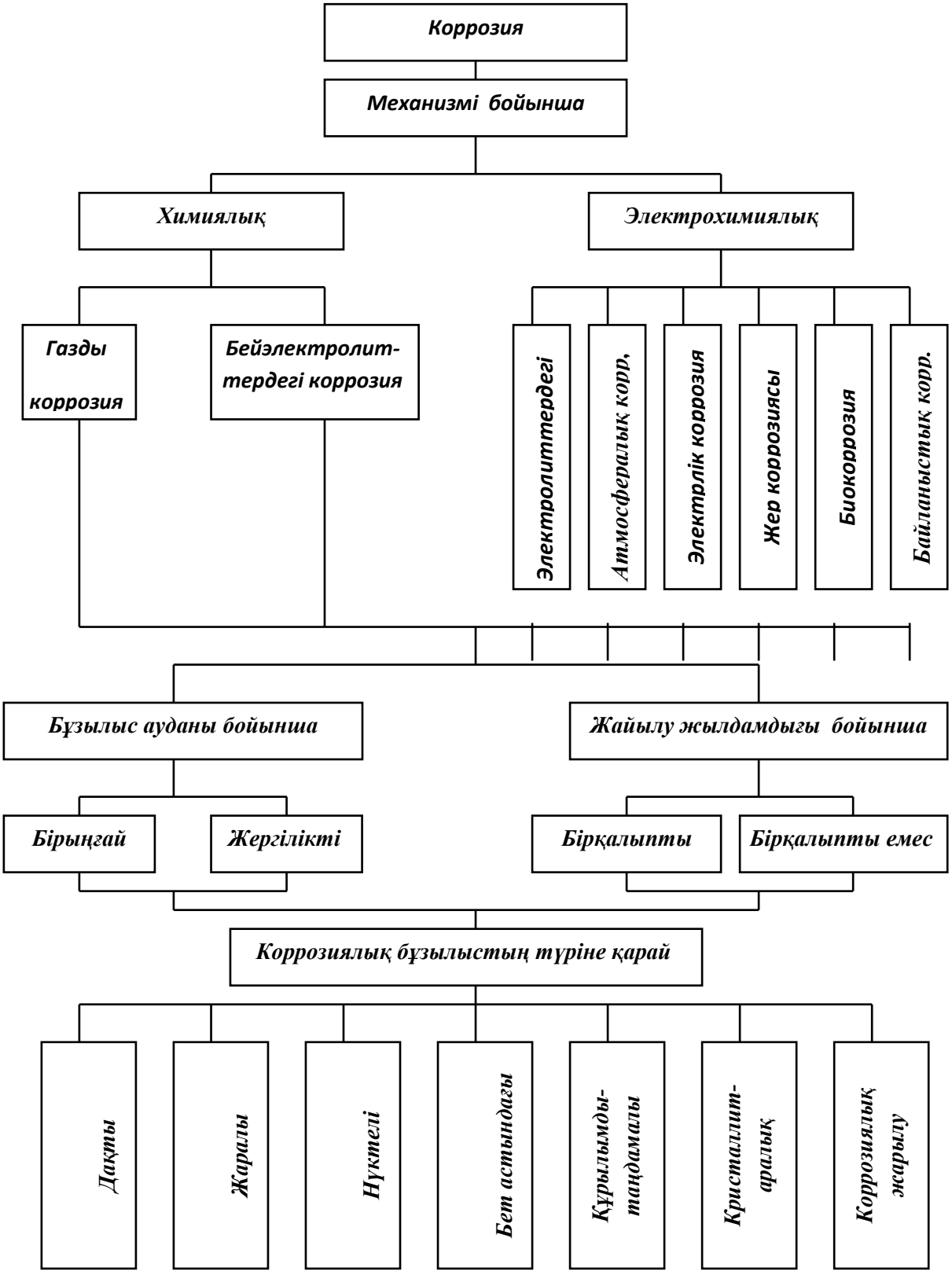
Мұнай кәсіпшіліктік жабдықтары, тростар, жоғары қысымды сыйымдылықтар, кристаллитаралық коррозия және коррозиялық тозу ерекше қауіпті.

Мұнай, мұнайхимиялық және газды өнеркәсіпте металдардың коррозиялық төзімділіктің он балдық шкаласы қабылданған (2.3-кесте).

2.3-кесте. Металдардың коррозиялық төзімділігінің он балдық шкаласы

Металдардың төзімділік тобы	Коррозия жылдамдығы, *мм/жыл*	Балл
Қатты төзімді	<0,001	1
Өте төзімді	>0,001>0,005	2
Төзімді	0,005 – 0,01	3
	0,01 – 0,05	4
	0,05 – 0,1	5
Төзімділігі төмендетілген	0,1 – 0,5	6
	0,5 – 1,0	7
Аз төзімді	1,0 – 5	8
	5 –10	9
Төзімді емес	>10	10

Сонымен қатар, коррозиялық үрдістердің топтастырылуы төменде, яғни 2.1-сурет көрсетілген.



2.1-сурет. Коррозиялық үрдістердің топтастырылуы

2.3 Коррозия жылдамдығын анықтау

Коррозия жылдамдығын әртүрлі өлшем бірліктерінде көрсетуге болады. Егер жалпы металдың жоғалу қаупі туса, жылдамдықты массалық көрсеткіш бойынша бағалайды, яғни металл жоғалған кездегі бетінің және уақыт бірліктеріне қатынасы ретінде есептелінеді (мысалы, *г/(см^2·сағ)* немесе *г/(м^2·жыл)*). Егер тесіп өтілген коррозия қауіп тудырса, оның жылдамдығын тереңдік көрсеткіш бойынша есептейді, яғни коррозия себепті түзу бірлігінің уақыт бірлігіне қатынасы (мысалы, мм/жыл) ретінде көрсетілген металл қалыңдығының азаюы болып есептелінеді. Металдың кристалдық шарбақтың бұзылуымен байланысты коррозия кезінде механикалық көрсеткіш есепке алынады, яғни белгілі уақыт аралығындағы беріктіктің салыстырмалы өзгеруі, мысалы, жарылуға уақытша кедергінің кемуі (*кг/(см^2·жыл)*).

Қазіргі уақытта коррозияға төзімділігі тереңдік көрсеткіш есепке алынатын он балдық шкала бойынша бағаланады. Коррозия жылдамдығының массалық көрсеткішін бағалайтын кезде металл жоғалуын өлшейтін массалық тәсілдерін жиі қолданады. Бұл тек металдың тотығуы газдың шығыны немесе бөлінуімен бірге жүрген кезде ғана болуы мүмкін. Мысалы, атмосфералық коррозия кезінде оттек шығындалады, ал қышқылдық коррозия кезінде сутек бөлінеді. Шығындалған оттек немесе бөлінген сутек тотыққан металл массасына тікелей байланысты. Сонымен қатар, 4 моль металл тотығу үшін 1 моль шығындалған оттек *(O_2)* , ал *2 моль* металл тотығу үшін 1 моль сутегі *(H_2)* қажет екенін есте сақтау керек.

Көлемді өлшеу салмақты өлшеуге қарағанда дәлдігі төменірек, бірақ массалық әдіс кезінде сынақты тоқтатып, корреляция өнімдерін жойып болған соң ғана үлгі массасының төмендеуін өлшеуге болады. Сондықтан табылған коррозия жылдамдығы уақыт аралығындағы белгілі бір орталанған өлшемді көрсетеді. Сонымен бірге уақыт өтуімен үрдіс жылдамдығы өзгермейтіні белгіленеді, бірақ бұл көп жағдайда әділ емес болады. Белгілі бір тұйықталған жүйеде газ көлемінің өзгеруін тәжірибені бөлмей бақылауға болады. Бұл коррозия үрдісінің кинетикасы туралы маңызды, ақпаратты береді.

Металдың массалық жоғалуы бірінші жағдайда төмендегі формула бойынша анықталады:

$$\Delta = \frac{4VA}{V_{\text{мол}}z}, \qquad (2.1)$$

Екінші жағдайда:

$$\Delta = \frac{2VA}{V_{\text{мол}}z}, \qquad (2.2)$$

мұндағы V, $V_{мол}$ – шығындалған оттек (бөлінген сутек) көлемі және оның тәжірибе шартындағы молярлық көлемі;

A – металдың атомдық массасы;

z – коррозия өнімдеріндегі металл валенттілігі.

Коррозия жылдамдығының массалық көрсеткіші төмендегі формула бойынша анықталады:

$$\vartheta = \frac{\Delta}{\omega\tau}, \qquad (2.3)$$

мұндағы: ω– бет;

τ – уақыт.

Коррозия жылдамдығының массалық көрсеткішін (*г/(см²·с*) болғанда) Фарадей заңын қолданып, ток тығыздығы арқылы білдіруге болады.

$$\vartheta' = K\frac{jA}{zF}, \qquad (2.4)$$

мұндағы K – j ток тығыздығы қандай бірлікте көрсетілгенін ескеретін коэффициент (егер j $A/см^2$, τ – $с$, ω – $см^2$ арқылы берілсе, онда K=1);

F – Фарадей тұрақтысы, *96 487 Кл/моль*.

z – валенттілігі белгісіз болатындықтан кейде осы коррозия жылдамдығының массалық көрсеткіштерінің бағалау тәсілдерін қолдану қиын болады. Мысалы, темірдің суда немесе ауадағы коррозиясы кезінде тоттың құрамында бір уақытта әртүрлі қатынаста екі және үш валентті темір иондары болуы мүмкін. Бірақ осы тәсілдер ғылыми-зерттеу жұмыстарының тәжірибесінде кең қолданыс тапты.

Бақылау сұрақтары

1. Металдардың «коррозиясы» деген түсінікке мінездеме беріңіз.
2. «Агрессивті орта» дегеніміз не?
3. Коррозияның қандай басты типтерін білесіз?
4. Коррозиялық ортамен бірге «химиялық коррозия химиялық реакциялардың кинетика заңы бойынша өтеді» деген айтылуды қалай түсінесіз?
5. Коррозияның қандай түрлері химиялық коррозияға жатады?
6. Электрохимиялық коррозияның өту механизмін түсіндіріп беріңіз.
7. Коррозиялық үрдістің қандай түрлері электрохимиялық механизмімен өтеді?
8. Металдардың коррозиялық бұзылуларының басты типтерін атап беріңіз.
9. Жаралы және нүктелі коррозиялардың қауіптілігі неде?
10. Коррозия жылдамдығының өлшем бірліктерін атаңыз.
11. Металл жоғалудың қандай түрлерін білесіз?

3. КОРРОЗИЯ ПРОЦЕСТЕРІН ЗЕРТТЕУ ТӘСІЛДЕРІ

Коррозияның зерттеу тәсілдерінің он жылдығына байланысты, аспекті фундаментті қиындықтар пайда болып электрохимикалық коррозия механизміне көшу кажет болды. Бірақ кейбір есептер әлі шығарылмаған. Мысалы, металл физикалық қасиеті мен электрохимиялық процестердің параметрлерінің қарым-қатынасы арқасында коррозияның жарылуының пайда болуы, белгілі бір бағыттта алгоритмды игеру барысында коррозияның қауіп- қатерін бағалауға болады және корғау үшін жабдықтың жұмыс қабілеттілігімен тиімділігін анықтау керек.

Мұнай өндіруде, мұнай жабдығының коррозиялық бұзылуына байланысты, өткізілген кейбір ғылыми зерттеулердің нәтижесі бойынша нақты жағдайдағы коррозиялық процестердің заңдылықтары мен мақсатына байланысты оларды төмендегідей анықтауға болады:

– мұнайлы ортада агрессивті коррозияны анықтау;

– құрылымдық материалдардың коррозия тұрақтылығын анықтау;

– қорғаудың іс-шараларын бағалау (жаңа материалдарды қолдану, коррозиялық ингибитор, металдың бетке агрессивті ортада өндеудің әсері)

– ингибитор режимінде ингибитор мөлшерін оңайландырып қолдану.

– мұнайлы жабдығының жағдайы оны пайдалану кезіндегі нақты жағдайын бақылау.

Ғылыми зерттеулердін көрсеткіштерінің колданылуы :

– Кен орынды пайдаланудың мұнай кәсіпшілігінің агрессивті жағдайын өзгерту және пайдалану жабдығының сенімділігін өндеу алгоритмді болжау.

– Коррозияға карсы жаңа тиімді іс шараларды өндеу теориясының негізі бойынша кадағалау.

Коррозия зерттеулері бірнеше түрге бөлінеді: зертханалық, стендтік зерттеулер, өнеркәсіптік жағдайдағы зерттеулер.

Зертханалық зерттеулер стандарт бойынша арнаулы құрылымдық пен торларды NACE TM0177-96 модель ортадағы қолдануға жасанды жасайды. Олар агрессивті ортада жылдамда беруді кояды және ұқсастығын бағалау үшін, қолданылатын шаралар қорғаныс және таңдау олардың ішінен стендік пен кәсіпшілік сынақтың тиімділігін анықтау.

*Стендтік зерттеулер*і үшін жанында технологиялық жабдықты пайдаланатын нақты жағдайларды құрылуға мүмкіндік беретін қоюларды қолданылады (агрессивті ортаның құрамы, оның температурасы, қысым және металдық үлгілері немесе көрсеткіштерінің ахуал жүктелген орын ауыстыру жылдамдығы). Қысқа мерзімде сонымен бірге бұл сынақтар зертханалық зерттеулерді нәтижелерді тексеріп анықтайды және кәсіпшілік жағдайларда зерттеулерді жалғасы үшін кепілдемені жағымды шешімдердің алуында береді.

Кәсіпшілік жағдайларда зерттеу мұнай кәсіпшілік жабдық, оның қиратуының қарқындылығының нақты ахуалдары, орталардың агрессивтілігі

өзгерістері туралы дәйекті ақпаратт және басқа да мүмкіндік береді, кооройялық бақылауды жасау үшін қажетті мониторинг жасайды. Зерттеулердің нәтижесіне арналған жаңа технологиялар, техникалық құралдар және реагенттердің сынақтарын процесте олардың өнеркәсіптік енуіне немесе жұмыс істеп бітірудің қажеттілігін анықтайды. Сонымен қатар, атқарылып жатқан іс-шаралардың, негізгі өндірістік процестің ағымдағы технологияларымен үйлесімділігін қамтамасыздандыру қажет. Кәсіптік байқаулардың нәтижесінде қорытынды жасалады.

Жалпы талаптар мен коррозиялық сынамалардың әдістемелері МЕСТ 9.905-82 (СТ СЭВ 3283-81, СТ СЭВ 6589-89), ЕСЗКС (Коррозиялық әдістерді сынау. Жалпы талаптар), NACE TM 0177-96, NACE TM 0284-96 стандарттарында жазылған.

Зерттеу тәсілдері. Коррозиялық процесс сипаттарын зерттеу шаралары мен мұнай кәсіпшілік жабдықтарын қорғау барысында қолданылатын тәсілдердің тиімділіктерін бағалау үшін, зертханалық шарттарда және стендтерде келесі тәсілдер қолданылады: МЕСТ 9.506-87, МЕСТ 9.905-82 стандарттарына сәйкес электрлі химиялық (қос электрлі қабаттың дифференциялды сыйымдылық тәсілі, стационарлы және айналмалы дискілі электродта потенциалды статистикалық, гальваностатистикалық және потенциалды динамикалық режимдердегі поляризациялық қисықтарды шешу), гравиметриялық тәсіл, коррозиметрлерді қолдану арқылы іске асырылатын электрлік кедергі мен сызықтық поляризация тәсілі, сонымен қатар кәсіпшілік зерттеу тәсілдері.

3.1 Электрохимиялық әдістер

Коррозия теориясы электродты процестер кинетикасында негізделген. Баршаға мәлім болғандай, оны зерттеу шаралары коррозия жылдамдығының аналогы мен ток тығыздығының арасында байланыс орнатудан және оның тепе-тең мәніне салыстырмалы түрдегі электрод потенциалының өзгерісімен басталады. Сол себепті, коррозиялық процестерді зерттеу барысында маңызды рөл атқаратын тәсіл, ол, көрсетілген тәуелділікті бейнелейтін поляризациялық қисықтарды шешу тәсілі болып табылады.

Поляризациялық қисықтарды шешу тәсілі. Поляризациялық қисықтар гальваностатикалық (металдар үшін, пассивтеулерге бейім емес), потенциалды статикалық және потенциалды динамикалық тәсілдер арқылы алынуы мүмкін. Бұл тәсілдердің мәні келесілерде болып табылады:

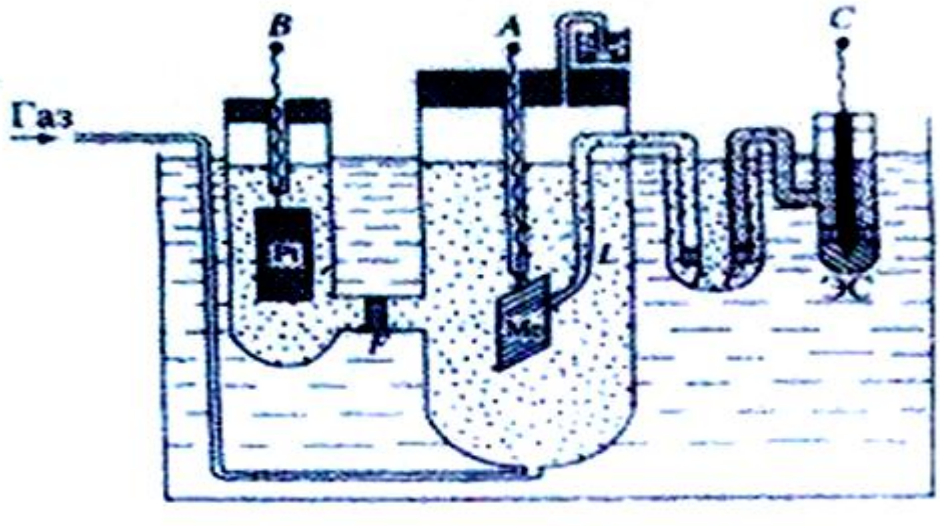
− гальваностатикалық тәсілде токтың белгілі бір тығыздығын орнатып алады және уақыт бойынша электрод потенциалының өзгерісін тіркеп алады;

− потенциалды статикалық тәсіл барысында электрод потенциалы потенциостат арқылы оның біртекті деңгейінен жылжытады және оны тұрақты етіп бір деңгейде ұстап тұрады. осы кезде уақытқа байланысты ток тығыздығының өзгерісін тіркеп алады. алынған мәліметтер бойынша поляризациялы қисықтарды тұрғызады.

− потенциалды динамикалық тәсілдер барысында поляризациялы қисықтарды, логарифмдік түрлендіргіштері бар өздігінен жазатын екі

координаталы құралдың көмегімен коррозия потенциалы мен коррозиялық токты тіркеу арқылы алады. Потенциалды қашау жылдамдығы 20 *мВ/мин* құрайды.

3.1-суретте, поляризациялық қисықтарды шешу үшін қолданылатын электрохимиялық ұяшықтар көрсетілген, яғни олар зерттелініп отырылған электродтарды (ЗЭ) - Ме, қосымша электродтарды (ҚЭ) – платиналы, Pt (кейде графитті болуы да мүмкін) және салыстыру электродтарын (СЭ) қамтиды.



Ме – зерттелініп отырылған электрод, ЭС – салыстыру электроды,
L – Габер-Луггин капилляры, F – шыны сүзгілер.

3.1-сурет. Потенциалды немесе гальваностатикалық тәсілдер арқылы поляризациялық қисықтарды шешуге арналған электрохимиялық ұяшықтар.

Электродтар жеке ыдыстарда орналастырылған. Ме және Pt электродтары бар ыдыстар өзара диафрагма арқылы бір-бірінен бөлінген. Ондағы басты мақсат, зерттелініп отырған электродқа химиялық заттардың әсер етпеуі болып табылады. Себебі ол көмекші электродтарды электролиздеу барысында пайда болуы мүмкін. Салыстыру электроды (СЭ), ерітіндінің салыстыру электроды бар ыдыстан ерітіндіге қарай өтіп кетуін тоқтату мақсатында аралық ыдысқа орналастырылған Габер-Луггина (L) капиллярымен жабдықталған.

Ұсынылатын жұмыс беті ауданының үлгілері 100 $мм^2$ аспауы керек. Жіберілетін сызықты өлшеулер қателігі 0.01*мм*-ден көп емес. Ұяшықтар құрылымы ортаның араласуын (яғни, оның деаэрациясын және газдармен қанығуын (H_2S, CO_2) ескеруі керек, технологиялық реагенттерді енгізу мүмкіндігі (ингибитор) және тұрақты температура, көлем, орта құрамы) қамтамасыз ету керек.

Потенциалды тез қондыруын қамтамасыз ету үшін Омдық кедергі ұяшығы зерттелетін және қосалқы электродтар арасы 15 *Ом*-нан аспайтын

болуы керек, ал зерттелетін электрод пен салыстыру электродының аралығы 10 *кОм*-нан аспайтын болу керек.

Пайдаланылатын аппаратура. Сынақ қондырғысына электрохимиялық ұяшық, потенциостат немесе токтың тізбек поляризациясына тіркеу құралы және өздігінен жазатын аспап кіреді.

Потенциостатқа зерттелетін электродтың кірістік кедергісі $1 \cdot 10^7$ *Ом*-нан астам потенциал өлшеу құралы және зерттелетін электродтың диапазоны ±500 *мА* поляризация үшін ток көзі. Ұяшыққа орналастырылған электродтармен қатар инертті газбен деаэрироваться ететін және күкірт сутек, көміртектің диоксидімен қаныққан зерттелетін ортаны қосады. Өздігінен жазатын құрал потенциал координатада логарифмдік токтың тығыздығының поляризациялық қисықтарды жазу үшін логарифмдік түрлендіргішпен жабдықталған.

Сынақ әдістемесі. Сынақты зерттеу бағдарламасына сәйкес өткізеді. Сынақ үшін берілген температура қатары: 25; 50; 75±2 ºС. Ингибитор концентрациясын геометриялық прогрессия арқылы таңдайды: 25; 50; 100; 200; т.б. *мг/дм*^{3}. Поляризациялық өлшеулер коррозия потенциалының анықтауынан кейін, электродтардың зерттелетін ортаға батуынан 1 сағаттан кейін бастайды. Көміртекті болаттар үшін поляризация коррозияның потенциалынан ±0.4*В* таңдайды. Потенциодинамикалық режим кезінде потенциал жазбасының жылдамдығы – 20 *мВ/мин*.

Токтың тығыздығы, тиісті орталардағы зерттелетін металл коррозиясының пропорционал жылдамдықтары, экстраполяции Тафеля бөлімшелерінен, коррозия потенциалдарының поляризациялық қисықтардағы мәндеріне дейін жолмен анықтайды. Олардың мәндерін салыстыра отырып, ингибиторлардың қорғаныстық қабілеттілігіне сапалық баға беруге болады, конструкциялық материалдың тоттану төзімділігі, ортаның агрессивтілігі. Бірдей поляризацияның ток тығыздығы аз болған сайын, сол коррозия процесі кем интенсивті түрде ағады.

Тәжірибеде сызықты поляризацияның және электрлік кедергі әдісімен жұмыс істейтін коррозиметрлер кең қолданыс тапты. Олар ортаның коррозиялық сипаттамаларының өзгеру динамикасын бақылау үшін, ингибитордың тиімділік бағасын және конструкциялық материалдардың тұрақтылығы, ингибитор жасаудың жүргізуінде технологиялық параметрлерді оңтайландыру және басқада мақсат үшін зертханалық және кәсіпшілік жағдайларда пайдаланады.

Сызықты поляризацияның әдісі коррозияның поляризациялық токтың және поляризацияның потенциалын өлшенген мағыналарын анықтауында қорытындыланып; Стерн-Гири принципін пайдалануында негізделген; ток коррозиясы электрод үстіндегі коррозияның стационарлық потенциал маңында өлшенген поляризациялық кедергіге кері пропорционалды.

Сызықтық полярлану әдісінің келесідей артықшылықтары бар:

– нәтижелерді жылдам алу;

– уақыт бойынша коррозия жылдамдығын тіркеу мүмкіндігі;

– ингибирленудің технологиялық параметрлерінің өзгеруіне уақытылы жауап беру үшін өте маңызды болып табылатын ортаның коррозиялық агрессивтілігінің өзгеруіне жоғары сезімталдық.

Осы әдістің кемшіліктеріне жоғары салыстырмалы электр қарсыласулары бар орталарда шектеулі пайдаланылатындығын жатқызуға болады. Бұл жағдайда “Corrater 9030” (Rohrback Cosasco Sistems), “MS4500C” (Rose Corrosion Services), “Моникор-2” (ИПТЭР) типті еріткіштердің электрлік қарсыласу компенсаторымен қамтылған коррозиметрлерді пайдалану ұсынылады.

Электрлік қарсыласу әдісі төмен электр өткізгіштігі бар агрессивті газ және сұйық ортадағы коррозияға үзіліссіз бақылауды қамтамасыз етеді. Сым, құбыр немесе лента датчиктері түрінде орындалған және зерттелуші құрылымдық материалдан жасалған өлшеуіш элементтерді құбырға немесе агрессивті ортасы бар ыдысқа орналастырады. Коррозия нәтижесінде сезімтал элементтің қалыңдығы азаяды, бұл белгілі формулаға сәйкес электр қарсыласуының ұлғаюына алып келеді:

$$R = \rho\, L/S, \qquad (3.1)$$

мұндағы ρ – материалдың салыстырмалы қарсыласуы, L және S – сымның көлденең кесігінің ұзындығы мен ауданы.

ρ мәні температураға тәуелді, сондықтан құрал көрсеткіштерінің нақтылығына температуралық өзгерістердің ықпалын болдырмау үшін құралда коррозиялық ортадан оқшауланған ұқсас компенсациялық датчик болады. Оның сезімталдығы мен жарамдылық мерзімі қолданылатын элемент пен коррозия жылдамдығына тәуелді болады. Мысалы, 0,1 *мм/жыл* коррозияның шектеулі қарқындылығы және 0,5 мм датчиктің қалыңдығында оның жарамдылық мерзімі 2,5 жылды құрайды (бастапқы қалыңдықтан шекті рұқсат етілген 50%-ға дейін). Ереже бойынша, өлшеуіш құралдар датчик қалыңдығының шекті рұқсат етілген тозу, яғни 4 күннен кейін 0,001 шегінде өзгеруін бекітуге мүмкіндік береді.

Осы тәсілдің кемшіліктеріне келесілер жатады: төмен агрессивті ортадағы берілген нәтижелерді алу үшін экспозиция ұзақтығы, температураның өзгеруіне компенсациялық датчиктің баяу жауап қатуы себепті газсұйықтықты ағынның әркелкілігі кезіндегі алынатын көрсеткіштердің түзу еместігі, әркелкі коррозия жағдайындағы ақпараттың сенімсіздігі.

CORMON ағылшын фирмасы жылдамдылығы сызықтық полярлану датчиктерімен салыстырылатын жаңа датчиктерді игеруге кіріскендігі туралы ақпарат бар.

Гальваникалық әдісті ортаның коррозиялық агрессивтілігін анықтау үшін пайдаланады. Ол екі әртүрлі металдардың электролитке малынуы кезіндегі гальваникалық пара жасау қағидасына негізделген. Бұл үшін әдетте қола және болат электродтары бар датчикті коррозиялық ортаға

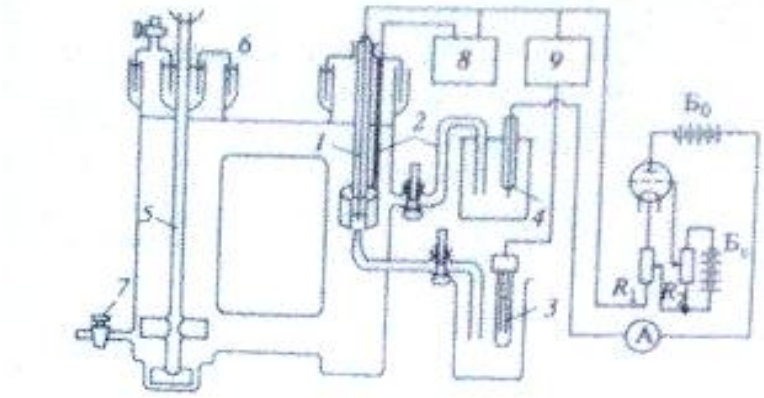
орналастырады да, амперметрмен токты өлшейді, оның мәні бойынша орта белсенділігі анықталады.

Гальваникалық әдістің артықшылықтары: нәтижелерді алудың жылдамдығы, ортаның коррозиялық қасиеттерінің өзгеруіне жылдам жауап қату. Алайда бұл әдіс, негізінен, тек су ортасында ғана қолданылады және металл коррозиясының жылдамдығын өлшеуге мүмкіндік бермейді.

Қос электр қабаттың дифференциалды сыйымдылығы әдісі (ҚЭҚ) коррозиялар мен беткі қабаттардың ингибиторларының қорғаныш қасиеттерін бағалау үшін пайдаланады.

Араластырылатын орталардағы электродтардың дифференциалдық сыйымдылығын өлшеуге арналған құрылғы 3.2-суретте көрсетілген.

Сынақ әдістемесі. Зерттелуші электродтың сыйымдылығы мен қарсыласуы тіркелуші құрал ретінде осциллограф пайдаланылатын ауыспалы ток көпіріндегі осы параметрлердің өтелуімен анықталады. Дифференциалдық сыйымдылықтың алынған қисық сызықтары бойынша салыстырмалы түрде төмендеген ЭҚД сыйымдылығын есептейді, сосын $\theta = (C_0\text{-}C)/ C_0$ формуласы бойынша, болат бетін ингибитормен экрандау деңгейін есептейді, мұндағы θ – экрандау деңгейі, C_0 және С – сәйкесінше, ингибиторсыз және ингибиторлы ортадағы электрод сыйымдылықтары.



1 – зерттелуші электрод, *2* – қосымша электрод (Pi), *3* – салыстыру электроды, 3 – полярлауға арналған қосымша электрод, *5* – араластырғыш, *6* – ұяшықтың гидрозатворы, *7* – ортаны газбен қандыруға арналған құрал, *8* – ауыспалы ток көпірі, *9* – катодтық вольтметр.

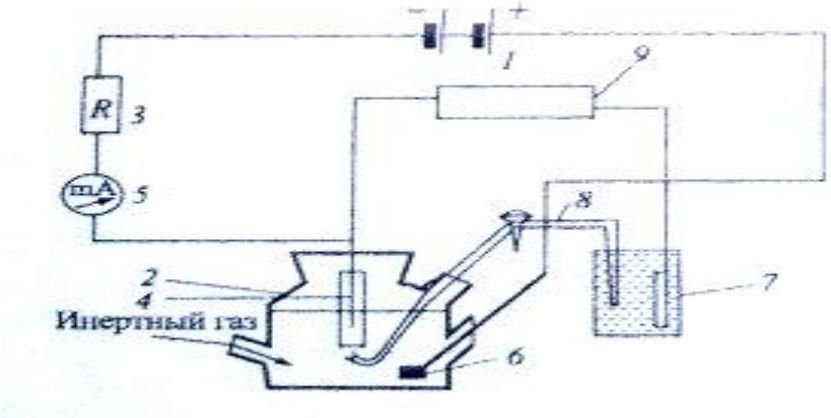
3.2-сурет. Электродтың дифференциалдық сыйымдылығын өлшеуге арналған құрылғы сызбасы

Беткі қабаттардың қорғаныс қасиеттерін бағалауға арналған критерий ретінде, сонымен қатар, қабатты электродтар сыйымдылығы мен қарсыласуының ток жиілігіне тәуелділігінің өзгеруі пайдаланады. Қабаттың қорғаныс қасиеттерінің нашарлауы кезінде қарсыласудың аз өзгеруі кезінде де сыйымдылықтың жиіліккке айтарлықтай тәуелділігі байқалады. Өлшеу үшін Р-568, Р-5021 типті және т.б. ауыспалы ток көпірлерін пайдаланады.

Айналушы дискілік электрод әдісі. Бұл әдіс электродтың сыртқы токпен полярлану барысындағы коррозия механизмінің жекелеген кезеңдерін, соның ішінде электродтың айналушы диск түрінде орындалу кезіндегі оның барлық бөлігінің диффузиялық үрдістер үшін біркелкі қол жетімділігіне орай, диффузиялық кезеңді зерттеуге мүмкіндік береді. Және де мұнда коррозияның қосынды жылдамдығы гравиметрлік әдіспен қосымша бағалануы мүмкін.

Дискілік электродтың айналу жиілігін реттей отырып, әрекет етуші құбырдағы немесе өзге технологиялық құралдағы сұйықтық қозғалысының шынайы гидравликалық режимін модельдеуге болады.

Пайдаланылатын аппаратура. Коррозияны айналушы дискілік электрод әдісімен зерттеуге арналған құралдың сызбасы 3.3-суретте көрсетілген.



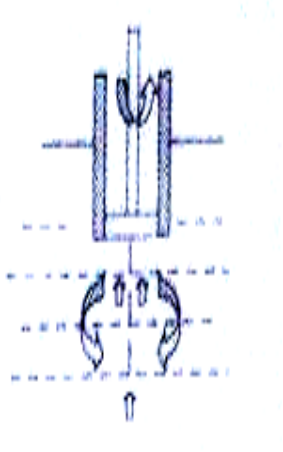
1 – тұрақты ток көзі, *2* – электр химиялық ұяшық, *3* – реттелуші қарсыласу, 4 – зерттелуші электрод (айналушы, дискілік), *5* – миллиамперметр, *6* – қосымша электрод, *7* – салыстыру электроды, *8* - Габер-Лугтин капилляры, *9* – ЭҚД өлшеуге арналған құрал

3.3 сурет - Айналушы дискілік электроды зерттеуге арналған құралдың сызбасы

Әрбір полярланған қисық сызықты түсірудің алдында электродтық жұмыс жасайтын беті сүйір болғанша дейін ысып, спиртпен майсыздандырады.

Сынақ әдістемесі. Дайындалған электродты зерттелуші еріткіші бар ұяшыққа орналастырады. Қажет болған жағдайда электролитті инерттік газбен үріп, күкіртсутегімен және (немесе) көмірқышқыл газымен қанықтырады. *f* (*айн/мин*) берілген жиілігі бар электродтың айналу сымын қосады. Дұрыс орнатылу кезінде ол соғылмай айналуы қажет.

Полярланған қисық сызықтарды 0,2 *мА* сайын 0-1 *мА* интервалында, ал *l* > 1 – 0,5 *мА* интервалында түсіреді. Токтың әрбір мәнінде потенциалдың тұрақты мәнін орнатуға дейін ұстап тұрады (2-3 *мин*).



3.4-сурет. Айналушы дискілік электродқа конвективтік диффузия

Электродық жұмыс жасайтын беті болып *r* радиусы бар диск (3.4-сурет) табылады. Оның *f* жиілігімен айналуы кезінде сұйықтық оның орталығынан шетке қарай, еріткіш көлемінен электрод орталығына сұйықтықтың жаңа ағынын тарта отырып, шеттетіледі. Мұнда *X* ағынының жиналу нүктесі болып дисктің орталығы табылады және оған дейінгі арақашықтық *r* диск радиусына тең болады.

Дисктің айналуы кезінде сұйықтық $V_0=r\omega$ сызықтық жылдамдықпен қозғалады, мұндағы дискінің айналуының бұрыштық жылдамдығы ($\omega - 2\ \pi\ f$, *f* - дискінің айналу жиілігі).

Диффузиялық қабат қалыңдығы келесі формула бойынша анықталады:

$$\delta = D^{1/3}v^{3/6}X^{1/2}V_0^{-1/2} = D^{1/3}v^{1/6}r^{1/2}(r\omega)^{-1/2} = D^{1/3}v^{1/6}\omega^{-1/2}, \quad (3.5)$$

мұндағы *D* – диффузия коэффициенті, $см^2/с$ *v* – еріткіштің кинематикалық жабысқақтығы.

Мұнда δ мәні *X* мәніне тәуелді емес, яғни айналушы дискілік электрод тең қол жетімді; сәйкесінше, барлық нүктелерде бірдей ток орнатылады.

$$i_d = zFD^{2/3}C_0v^{-1/6}\omega^{1/2} \quad (3.6)$$

Жылдам түсетін қатар түріндегі айналушы диск бетіндегі реакцияға түсуші затты үлестіруді есепке алғанда теңдеу нақты мәнге ие болады:

$$\delta = 1{,}61D^{1/3}v^{1/6}\omega^{-1/2}, l_d = 0{,}62zFD^{2/3}C_0v^{-1/6}\omega^{1/2} \quad (3.7)$$

Полярланған қисық сызықтарды түсіндіру.

1. Полярланған қисық сызықтар түсіреді:

а) *f* электродтың әртүрлі бекітілген жиілік мәндері кезінде және металл иондарының тұрақты концентрациясы барысында;

б) бір таңдалған *f* мәнінде және әртүрлі металл иондары концентрациясында (0,005; 0,01; 0,02 және 0,04 М).

2. Салыстыру электродына (СЭ) қатысты анықталған зерттелуші электрод (ЗЭ) потенциалдарының мәндерін стандартты сутегілік салыстыру электродымен (ССЭ) есептейді (+белгісі, егер зерттелген электрод салыстырмалы электродқа қарағанда тиімді болса)

3. í=Ғ(φ) тәуелділігінің графигі сызылады, осыдан диффузия тогының жиілігін анықтайды. Бұл тәуелділік 1 таза диффузиялық үрдісті сипаттайды, онда ток электродтың айналу жылдамдығына тура пропорционал болып табылады. Тәуелділік 2 баяу разрядқа жатады. Аумақ 3 аралас кинетиканы білдіреді, онда жылдамдығы мен разряды өлшемді.

4. Әрбір тәртіп үшін диффузияның D коэффициентін алады. Оның орта мәнін есептейді және диффузиялық токтың δ қалыңдығын формула бойынша есептеп табады. Электродтың айналу жылдамдығының диффузиялық қабат қалыңдығына өзара әсері туралы нәтиже шығарады.

5. i_d= Ғ($\omega^{1/2}$) тәуелділігінің графигі сызылады, корреляцияның сызықтық тәуелділігінің коэффициенті есептелінеді және электродтық үрдістің кинетикасын шектейтін деңгейдің табиғаты туралы нәтиже шығарылады. Егер үрдіс таза диффузиялық болса, $\omega^{1/2}$ ток тәуелділігі сызықтық болуы керек және ол координаттар басы арқылы өтеді.

6. 3 пункт бойынша график сызылады және i_d мәні анықталады, әрбір концентрацияда D мәнін тауып, сол бойынша δ есептейді.

Алынған мәліметтер металл иондарының концентрациясының диффузиялық ток қалыңдығына әсерін анализдеуге мүмкіндік береді.

Зерттеудің электрохимиялық әдістерімен қатар өзгермейтін және кеңінен қолданылатыны гравиметрикалық (массометрикалық) әдіс болып саналады.

3.2 Гравиметрикалық (массаметрикалық) әдіс

Әдістің болмысы металл үлгілерінің массаларының сынау орталарында болу уақытында жоғалуы мен орта аггрессивтілігін бағалауда немесе коррозия жылдамдығының өзгерісіне байланысты қорғаныстық қабілеттілігін анықтаумен байланысты.

Сынақ МЕСТ 9.905-82 сәйкес тегіс үлгілер қолданылады, олар констукциялық материалдан жасалады немесе химиялық құрамы ұқсас металл алынады.

Қолданылатын аппатура. Сынаққа динамикалық шарттардағы атмосфералық және жоғарғы қысымдағы ГОСТ 9.506-87 ұсынысымен құралдар, материалдар мен реактивтер қолданылады.

Сынақ әдістемесі. *Үлгілерді дайындау*. Тегістелген және қиылған үлгілер белсендірілу үшін 1 минутқа 15% тұз қышқылы ерітіндісіне салынады. Сосын оларды тазартылған сумен шаяды, оны бір сағат эксикаторда ылғалжұтушыда ұстайды, сосын оны аналитикалық таразыда өлшейді.

Сынақ ортасын дайындау сынақ бағдарламасына сәйкес жасалады, қажетті бөлшектер араластыратын құрылғымен жабдықталған шыны түтікшелерге құйылады, отыз минут бойы араластырылады, сосын фазалар бөлінгенше қойып қояды. Орта қажеттілігіне қарай инертті газдар (гелий немесе азотпен) беріледі немесе күкіртті сутекпен не көмірқышқыл газы сіңіріледі.

Сынақ. Дайындалған үлгілер сынаушы ортасы бар құрылғыда орналастырылады және уақытты есептеу басталады. Бағдарламаға сәйкес тәртіп орнатылады. Динамикалық шарттардағы сынақтарда сыналушы ортаның ағым жылдамдығы мына қатардан таңдалынады: 0,5;1,0; 1,5; 2,0 м/с. Сынақ мерзімі МЕСТ 9.905-82 бойынша реттеледі. Сынақ уақытында құрылғылар тұрақтылықпен қамтамасыз етілуі және тәртіптік параметрлердің (орта көлемі, оның температурасы, қысымы, құрамы) орындалуы шарт . сынақтан кейін үлгілер коррозия өнімдерінің түсі мен болу шарттарын анықтау үшін қарауға беріледі. Үлгілердің массаларының жоғалуын анықтау үшін оның беткі қабаты мұнай мен коррозияның борпылдақ өнімдерінен ерітінді арқылы тазартылады, сосын металмен әрекеттеспейтін ерітінділермен тазартылады. Коррозия өнімдерінен тазартылған үлгілер қайтадан шайылады, сосын майсыздандылырылып, фильтрлік қағаздарға оралады да, эксикаторда бір сағат ұстағаннан кейін аналитикалық таразымен салмағы өлшенеді.

Нәтижелерді өңдеу. Коррозия жылдамдығы $V_{kop}(вг{\cdot}м^{-2}{\cdot}с^{-1})$ келесі формуламен есептелінеді:

$$V_{kop}=m_1\text{-}m_2/S_\tau \qquad (3.8)$$

Мұндағы m_1− үлгінің сынаққа дейінгі массасы; m_2 − үлгінің сынақтан кейінгі массасы; S − үлгінің беткі қабатының ауданы; τ − сынақ уақыты.

Ингибиторды сынақта қолдану тиімділігін бағалау мақсатында қорғаныс дәрежесін есептейміз.

$$Z= V_{kop}{}^{0} – V_{kop}{}^{i}/ V_{kop}{}^{0}{\cdot}100 \qquad (3.9)$$

мұндағы $V_{kop}{}^{0}$ – үлгілер коррозиясының ингибиторлық емес ортадағы жылдамдығы; $V_{kop}{}^{i}$ − үлгілер коррозиясының ингибиторлық ортадағы жылдамдығы.

Егер сулы-эмульсиялық сынақта Z>90%, ал сулы мұнайлы ортаның су бөлігінде Z>80% болса, онда ингибитор стендтік сынақтарға ұсынылады.

Гравиметрикалық әдіс теңкөлемді коррозияның орта жылдамдығын сандық бағалауда кеңінен қолданылады, алайда көптеген жағдайларда, мысалы құбырларда, коррозияның пайда болуы ойықтарға алып келеді. Сондықтан аталған әдіс бойынша алынған үлгілер металл құрылымының ары қарайғы өзгеруін, олардың физикалық және механикалық құрылымын зерттеуге және коррозияның әсерін анықтауға қолданылады.

Негізінен, беткі қабаттардың коррозияға ұшыаруын тереңірек зерттеу үшін профилометрия (кавернометрия) қолданылады. Алынған үлгілердегі пайда болған ойықтардың тереңдігін каверномер немесе микроскоп арқылы өлшеу (ойықтың түбі мен қырына мән бере отырып анықтау әдісі) коррозияның пада болу заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік береді: таралу қызметтері мен оның параметрлері. Профилометрия арқылы алынған мәліметтерді статистикалық өңдеу нәтижесінде мамандардың зерттеуінше, беріктілік көрсеткішін анықтауға болады (алғашқы ойықтың пайда болуы уақытына дейін және ойықтан кететін шығындардың пайда болуына дейін).

3.3 Кәсіптік зерттеу әдістері

Кәсіптік шарттарда коррозияны бақылау көзбен шолу және гравиметикалық, ультрадыбыстық (бұзбайтын бақылау әдісі) әдістермен ультрадыбыстық қалыңдық өлшеу мен каверномер және радиографиялық әдіспен, ал үзіліссіз түрде ортаның бөлшектік құрамын анализдеу арқылы электрлік және поляризациялық қарсыластықты өлшеу арқылы жүргізіледі.

Көзбен шолу әдісі. Қазіргі кезде кәсіптік орталармен тұрақты байланыста болатын жабық жүйелерді қолданарда аталған бақылау түрі алдын алу ретінде қолданылмайды. Алайда осы кезде тек көзбен шолу әдісі ғана бұзылудың сипаты мен түрі, коррозия өнімдерінің орын алуы туралы шынайы ақпаратты білуге, сонымен қатар қажетті шараларды қолдану мен құрылғылар мен құбырлардың коррозиялық бұзылуға ұшырау себептері мен дәрежелері туралы нәтиже шығаруға мүмкіндік береді.

Гравиметрикалық әдіс. Гравиметрия коррозияның жылдамдығын анықтауда өте кеңінен қолданылатын әдіс болып табылады. Аталған әдіс өте қарапайым, қолжетімді және күрделі дайындық жұмыстарын талап етпейді. Оның кемшіліктеріне ойықтық коррозия жағдайында және күкірттісутек ортасындағы агрессияның болуында, сонымен қатар көрсеткіштердің негізгі көрсеткіштермен салыстырғанда төмен болуын жатқызуға болады. Сонымен қатар аталған әдіс үлгі мен агрессивті ортаның ұзақ уақыт араласуын талап етеді.

Құбырлардың ішкі коррозиясын зерттеуге арналған құрылғыда конденсаттың коррозиялық агрессивтілігін және тасымалданушы газдың көлемін анықтауға арналған құбыр ішіне орналастырылған цилиндрлік үлгілер мен бақылау шарғыларының көмегімен орнатылған арнайы үлгілер енгізілген. Бақылау шарғысының қабырғаларында тұрбаның ішкі бетіне қарама қарсы бағытта орналастырылған тегіс типтегі дөңгелек үлгілер ортаның тұрбаның орталық бөлігіндегі газдық сұйықтық ағым басқа гидродинамикалық тәртіпте болатын бөлімінде ішкі қабатымен агрессивті байланысын анықтау мақсатында қолданылады.

Гравиметрикалық әдісті тек коррозияның жылдамдығын өлшеу мақсатында ғана емес, сонымен қатар қорғаныс механизмдерінің тиімділігін анықтау үшін де қолданған дұрыс. Гравиметрикалық өзгерістерден кейінгі соңғы үлгілерді металлографиялық, механикалық және басқа да сынақтарда сынауға болады.

Ультрадыбыстық әдіс немесе ультрадыбыстық қалыңдық өлшеу коррозияны бұзбай бақылау әдістеріне жатады. Ультрадыбыстық бақылау әдісі арнайы таңдалған және дайындалған беткі қабат бөліктерінде металл тұрбаларының қабырғаларының қалыңдығы мен сыйымдылығын анықтау үшін пайдаланылады. Тұрба қалыңдығының өзгеруі мен байланыс арқылы коррозиялық бүлінудің жылдамдығын анықтайды. Аталған әдіс үшін өлшеудің аса жоғары нақтылығы (±0,05-1,0 *мм*), өте қалың металдарды (100 *мм* дейін) өлшеу мүмкіншілігі, өлшеудің қарапайымдылығы сипаттамалары жатады. Өлшем мәнінің шынайылығының төмендеуі жергілікті коррозияның пайда болуы мен беткі қабаттардағы ойықтар мен питтингтердің пайда болуына байланысты. Коррозия өнімдерінің пайда болуы сонымен қатар металл тұрбаларының қалыңдығын ультрадыбыстық әдіспен нақты есептеуде кедергі келтіреді. Негізінен «Кварц» деп аталатын ультрадыбыстық қалыңдық өлшеуіш кеңінен қолданылады және шығарылады, ал шет мемлекеттерде УТМ -20 (Жапония), D-Meter, DM-1 (Германия) қолданылады және тұрба қабырғаларын тұрақты түрде және үзіліссіз бақылап отыру үшін құрылғылар құрастырылуда.

Радиографиялық әдіс рентгендік немесе гамма сәулелерін қолдану арқылы жүзеге асырылатын рентгенография принципіне негізделген. Таспаға сәулелендіру барысындағы мәліметтер, зерттеу обьектісінің материалы мен қалыңдығына қарай сәуленің енуі дәрежелері жазылып отырады. Осы әдіс бойынша қабырғаның қалыңдығының нақты ізін алады, оны әдетте ультрадыбыстық зерттеуге қосымша қолданады, сонымен қатар ультрадыбыстық әдіс қолданыла алмайтын ойықтар мен питтингтердің геометриясын алуда өте тиімді болып табылады. Қазіргі кезде қолданылатын бұзбайтын бақылау әдістерінің қатарына соқпалы ток, акустикалық эмиссия мен термография әдістерін айта кеткен жөн.

Ортаның коррозиялық аггрессивтілігін бақылау коррозия өнімдерінің ерітінді құрамы, көміртек пен күкіртті сутек концентарциясы арқылы жүзеге асырылады.

Темір иондарының болуы. Күкіртті сутек коррозиясын бағалау үшін сұйықтықта сульфидтер түрінде кездесетін темір иондарының болуын тұрақты бақылау әдістері, ал көмірқышқыл коррозиясын бақылау үшін темір карьонаттары мен гидрокарбонаттарының құрылуын бақылау әдісі қолданылады. Аталған әдіс коррозия жылдамдығын анықтаудағы гравиметрикалық әдіспен ұқсастығы көп, ол коррозиялық сұйықтықтың көп шоғырланатын аудандарында жинақтала отырып, коррозиялық шығындарды азайтады. Алайда көптеген шектеулерге қарамастан бұл әдіс коррозияға қарсы шаралардың тиімділігін бағалау мақсатында және ортада коррозияға тез еритін бөлшектердің болуынан техникалық құрылғыларды сақтауда пайдаланылады.

Оттектің болуы. Ортадағы өте аз мөлшердегі оттегінің болуы коррозиялық үрдістің тиімді деполяризаторы болып табылады, ол болаттың коррозиялық бүлінуін реттейді. Сондықтан ортадағы оттегінің

концентарциясы (газ немес сұйық) коррозияның болу белсенділігін болжауға мүмкіндік береді.

Қазіргі кезде оттегі өлшеуіштерінің әртүрлі модификациялары қалыптасқан, олар газды және сұйықтық орталарында аса жоғарғы нақтылықпен оттегі концентрациясын анықтауға мүмкіндік береді. Көптеген құрылғылардың жұмыс жасау принципі полярографикалық әдісті қолдануға негізделген, ол шектік диффузиялық токты өлшеуде ерітілген оттегіні электрлік қалпына келтіруге тікелей байланысты. Алайда аталған әдіс күкірттісутек бар орталарда өте сирек қолданылады. Өте кеңінен таралған Винклер химиялық әдісі оттегі мен марганец гидроксидін иодометриялық құрылымын анықтауда жоғарғы дәрежедегі марганецтің қышқылдануы реакциясын пайдаланады.

Реакциялардың соңғы өнімдерінің көптеген нұсқаларының арасындағы аса сезімталы спектрофотометрикалық әдіс болып табылады. Ол әдіс бойынша анализге органикалық ерітіндіден алынған иод, сонымен қатар органикалық бірлескен бөлшектермен кешендер құрайтын марганец оксидтері ұшырайды. Сонымен қатар қышқылдандыратын және қайта қалпына келтіретін индикаторлар пайдаланылады. Осы әдістердің сезімталдығы 5 *мг/л*.

Күкіртті сутектің болуы. Күкіртті сутекті газ құрамынан анықтауда негізінен электрохимиялық анализ әдістері қолданылады: кондуктометрия, потенциометрия, полярография, сонымен қатар спектрофотометрия мен фотоэлектроколориметрия. Осылардың арасында кеңінен таралғаны колориметрия әдісі болып табылады, оның негізінде индикатор мен күкірттісутек арасындағы түстік реакциялар жатыр. Күкіртті сутекті тұрақты бақылау үшін таспалық және сұйықтық газоанализаторлар қолданылады. Периодты түрде күкіртті сутектің анықтауда колориметриялық метилен нілі әдісі қолданылады, күкіртті сутектің демитиил -п- фенилендиамин өзара әрекеттесуі негізіндегі сульфат немесе хлорид түрінде кездесетін боялған кешендердің құрылуына негізделеді.

Суландыру мен сульфидтік шайқау үрдістерін бақылау сутек бұрғылары, кернеуі бар үлгілер және хабарлау бұрғылары арқылы жүзеге асырылады.

Сутектік бұрғылар кеңінен таралған. Олар қызмет жасау принципі, құрылу әдісі, диффундирлендірілген сутек көлемін өлшеу әдістерімен ажыратылады. Сутектік бұрғыларды тұрбаға енгізу, қабырғаға орналастыру немесе құбыр қабырғаларына қою арқылы орналастыруға болады. Диффундирлендірілген сутек көлемі манометр көрсеткіштері бойынша немесе иондық сутектерден құралған ток көлемі бойынша өлшенеді.

Сутектік бұрғылардың жұмыс жасау принциптері бойынша металдардағы ақаулардың болуымен өзінің жоғарғы диффузиялық өтімділігі арқылы атомаралық сутек қосылады. Диффундирлендірілген сутектің енуі үрдісі металдың сулануы болып табылады.

«Құбырдағы құбыр» сутектік бұрғы типі өте қарапайым. Оны дайындау үшін құбырларға тұрбаның қиындысы енгізіледі, оның ішкі

жағына манометр жалғайды. Бұрғының осы түрінің ең бір ерекшелігі ішкі тұрба құбырдың бөлігі бола тұра, басқа құбырлардың сыналған шарттары мен кернеулерін алады. Алайда оның қолданылуын келесідей кемшіліктер шектейді: монтаждау қиындығы, құбырларды тоқтату қажеттілігі мен ауыстыру мен тексеру кезінде қысымды азайту қажеттілігі, аппараттағы үрдістерді бақылай алмаушылық, металдық үлкен сыйымдылық пен өте аз сезімталдық.

Қолданбалы сутектік бұрғы жоғарыда айтылып кеткен бұрғының бірқатар кемшіліктерін жояды. Оны аппараттар мен құбырларға орналастыруға болады, монтаждауға қабілетті. Ал басқа жағынан ешқандай артықшылықтары жоқ.

Бармақтық сутектік бұрғы құрылымдары жіңішке қабырғалы тұрбаларға арналған, манометрмен жалғасқан және вентиль арқылы газ шығару құрылғыларымен және ішкі көлем өлшемімен жалғасқан. Өлшеу тұрбаларының ішкі жағы құралдың сезімталдығын максималды түрде арттыру үшін кішірейтілген, оған өзекше жалғанған. Осындай бұрғылар эксплуатация үшін ыңғайлы, берік, және оларды тұрбаның кез келген жеріне орналастыруға болады, технологиялық үрдісті тоқтатпай-ақ тез арада жөндеуге болады. Осы сапалар оны өндіріске кеңінен пайдалануға мүмкіндік береді.

Күкіртті сутектік ортадағы металл кернеуінің ұзаққа созылуы оның сулануы мен шытынауын реттейді. Болаттың шытынауға бейімділігін анықтау үшін *кернеуі бар үлгілер* пайдаланылады. Үлгілерді алдын ала кернеу өткізудің бірнеше әдістері бар: цилиндрлік үлгілерді бір осьте жүктеу, пластиналық үлгілерді үш нүктеде жүктеу, С тектес үлгілерді Одинг сақинасы тәрізді жүктеу.

Цилиндрлік үлгілерді бір осте жүктеу өте берік болаттарды қолдау арқылы бөліну машиналарында жасалады және арнайы шеңбер арқылы реттеледі, тығын немесе гайка да қолданылуы мүмкін. Тұрба қиындыларының барлық жерінде тең дәрежедегі кернеу пайда болады, олардың көлемі Гук заңымен анықталады.

Үш нүктелік жүктеуде үлгілер арнайы құрылымға орналастырылады, онда кернеу бұранданың қозғалуы арқылы құрылады. Алынған иілу сызығына сәйкес үлгілер тұрба қиындыларының орталығында пайда болған орта кернеулерді анықтайды. Осы кернеулер үлгілердің ішкі жағындағы және сыртқы жағындағы талшықтарды сипаттайды.

Одинг сақинасы тектес үлгілер танапты қиыққа енгізу арқылы жүктеледі. Сақина, қиық және танаптың көлемі үлгі қиындысының кернеуіне сәйкес жасалады. Одинг сақинасы өте берік материалдардан жасалады. С тектес үлгілердегі кернеу гайка мен түйреулер арқылы жасалып, үлгінің диаметрінде орналасқан саңылауы арқылы жіберіледі. Осындай сынақтарда үлгінің бұзылуына дейінгі уақыттар тіркеледі.

Жұмсақ болаттарды суландыру үрдістерін бақылау үшін болаттағы сутек мөлшерін тұрақты бақылау немесе оның механикалық

құрылымдарының өзгерістерін зерттеу керек. Болаттағы сутек мөлшерін анықтау үшін диодтық өңдеу немесе вакуумдық қыздыру қолданылады.

Көміртектік жұмсақ болаттың созылмалығының жоғалуы сутек құрамының сызықтық тәуелділігіне байланысты, сондықтан созылмалылық көрсеткіштері бойынша болаттың сулануы үрдісін анықтай аламыз. Созылмалығының азаю деңгейін үлгілердің ұзаруы мен қысқаруынан (МЕСТ 1497-84), айналу санынан (МЕСТ 3565-80), иілу әдістері санынан (МЕСТ 13813-68) анықтауға болады. Коррозиялық ортаның әсерін үлгілер құрылымын салыстыра отырып және коррозиялық сынақтан кейін үлгінің созылуы мен қысқаруына қарай анықтауға болады.

Болаттың құрамына сақина үлгілерінің сынақтары мен стендтік сынақтар кіреді. Автоклавтық сынақтар бүлінген және коррозияға ұшыраған құрылғыларды анықтау үшін қолданылады. Осы әдісте жүктелген сақина үлгілер стандартты немесе қатаң ерітіндімен автоклавқа орналастырылады. Үлгінің бұзылмағанының дәлелі: 720 сағат стандартты ерітіндіде және 144 сағат қатаң ерітіндіде орналасқаннан кейін оң нәтиже көрсетеді. Сынақтан кейін сақина үлгілерді қарастыру арқылы коррозияға төзімділері келесі стендтік сынаққа таңдалып алынады. Зерттеу материалына дайындалған үлгі баллонға орналастырылып, екі жағынан нығыздап жабылады. Бұрандалы бірігулердің көмегімен үлгінің бір басы жылжымалы күймешеге бекітіледі, екінші басы қысым индикаторына байланысқан қысқышқа қосылады. Баллонға зерттеуші орта жіберіледі, индикатор арқылы үлгіге қысым жіберіп, күймешені қозғалту арқылы кернеу тудырады. Осы ретте индикатор көрсеткіштері тіркеліп отырады және берілген қысымның ауытқуы тексеріліп отырады.

Аталған әдіс кернеудегі жағдайды көрсете отырып, шынайы шарттарға жуықтайды да нақты ақпарат алуға мүмкіндік береді.

Хабарлау бұрғылары мұнай газ құрылғыларындағы коррозияны бақылау үшін қолданылады.

Бұзылу уақыты тұрбалардағы қысымның манометр арқылы өлшенумен тіркеліп отырады. Ішкі тұрбаның бұзылуымен тұрба қысымы сыртқы бөлікке беріледі. Бірнеше осындай бұрғылардың болуы, өте аз мөлшерге дейін өзгеретін тұрба қалыңдығы негізгі тұрбаның мүмкін болатын бұзылу уақытын тіркеуге ықпал жасайды.

Бұл амалдың көмегімен жалпы каррозияның ену ұзындығын анықтаймыз. Барлық бұзылу моменті зондтты ескерту пультіне сигнализация арқылы келеді. Осы ескерту диспетчерлік пультіне қажет болғанда белгіленеді.

4 КОРРОЗИЯДАН ҚОРҒАУДЫҢ ӘДІСТЕРІ

4.1 Қорғаудың пассивті әдістері

Коррозия – табиғи үрдіс болғандықтан, ол металдардың пайдалану шарттарының термодинамикалық тұрақсыздығынан болады, металл бұйымдарының жұмыс жасау мерзімі қысқа болады. Оның мерзімін ұзарту тәжірибеде кең қолданылатын 4 әдіспен жүргізіледі:

1. Металл бұйымдарының бетін агрессивті ортадан оқшаулау;
2. Металды, оның коррозияға қарсылығын күшейту үшін әсер ету;
3. Қоршаған ортаның агрессивтік мақсатымен оған әсер ету;
4. Металдың қышқылдануы термодинамикалық тұрғыдан мүмкін болмауы немесе қатты тежелуі үшін металдың энергетикалық қалпын сақтап тұру керек.

Бірінші әдіс - *пассивті қорғау* деп аталады. Оған келесі әдістер кіреді.

1. Металға тән оның бетіне химиялық инертті, жоғарғы диэлектрик шарты бар зат жағу. Бұл әдіс ең көп таралған болып саналады. Мұнда түрлі мастик, бояу, лак, эмаль және пластмасс қолдануды ұсынады, қолдану уақытында сұйық түрде болады, кейіннен қатты қабықшаға айналады, бұл қабықша металл бетімен мықты байланысады (агдезия). Осы әдіске тағы арнайы қалау әдісін жатқызу керек, олар қалалар мен зауыттар аймағындағы жерасты құрылғыларды қорғауға қолданылады (мысалы, коллекторлық төсеніш, бұл кезде жерасты құбыр желілер арнайы каналдарда орналасады, осындай жағдайда құбыржелі қабырғасы мен канал арасындағы ауалық қабатындағы саңылау оқшаулағыш қабат болып табылады).
2. Бұйымдарды арнайы қышқылдатқышпен өңдеу нәтижесінде металл бетінде аз еритін коррозия өнімдері қабықшасы пайда болады. Мысал ретінде болат бұйымдарының (фосфаттау) бетінде ерімейтін фосфаттардың түзілуі немесе алюминий ерітіндісінен жасалған бұйымдарда алюминий қышқылының пайда болуын келтіруге болады.
3. Берілген ортада коррозияға аз жылдамдықпен түсетін металдардың жұқа қабатынан тұрақты металл бұйымдарын жасау (мысалы, мырыштау, хромдау немесе болат бұйымдарын никельдеу).
4. Металл қабатын белсенді күйден пассивті күйге ауыстыру үшін металл бұйымдарын қышқылмен (пассиватор) өңдейді, мұндай жағдайда металл иондарының ерітіндіге өтуі күрт төмендеп, коррозия үрдісінің интенсивтілігі азаяды.

Қорғаудың екінші әдісі – берілген ортада металдың коррозияға тұрақтылығын үлкейтетін компоненттер енгізу керек немесе коррозияны тездететін зиянды қоспаларды жою. Бұл металды дайындау стадиясында қолданылады және металды бөлшектерді термиялық немесе механикалық өңдеу кезінде коррозияны легирлеудің жалпы теориясын Н.Д. Томашов ұсынған. Көбінесе металды легирлеуде пассивацияға аса түспейтін, берілген ортада жеңіл пассивацияланатын металдар, ерітіндінің түзілуіне әкеп соғады, ол легирленіп отырған металдай пассивациялану қабілеті болуы қажет. Мұндай әдіспен көптеген коррозияға төзімді ерітінділер, мысалы,

тоттанбайтын болат, көбіне хром және никельмен легирленген пайдаланылады.

Қорғаудың үшінші әдісі – агрессивті ортаны коррозия ингибиторы (тежегіштер) арқылы дезактивациялық өңдеу жатады. Ингибитор әрекеті негізінде молекула металдарының немесе ингибитор ионының бетіне адсорбциялануға бейімделген, олар коррозияны тежейді. Бұл әдіске және коррозиялық ортадан агрессивті компоненттерді жоюды жатқызуға болады (су ерітінділерінің деаэрациясы ауаны қоспалардан тазарту және оны құрғату).

Коррозиялық ортаны түрлі улы химикаттармен өңдеу арқылы микроағзалардың қызметінің интенсивтілігі анағұрлым төмендейді, соның нәтижесінде металдың биокоррозияға ұшырау қауіпі азаяды.

Жерасты коррозиясымен күресу кезінде гидрофобизация (суланбауымен) мақсатымен агрессорлы грунтты өңдеу жүргізіледі, жою және аса агрессорлы емес грунтқа бөлшектей ауысу немесе арнайы сепкіш. Соңғы іс-шара металды ортаның тікелей әсер етуінен оқшауланууы болып жіктелуі мүмкін.

Қорғаудың төртінші әдісі – **активті әдіс** деп аталады.

Оған келесі тәсілдер жатады – электр өткізгіштігі айтарлықтай жоғары ортада қолданылатын, электрлік энергияның сыртқы көзінен жүзеге асатын өнімнің тұрақты катодты поляризациясы.

Катодты қорғау кезінде өнімге теріс электрлік потенциалдың берілетіні соншалықты, металл термодинамика бойынша тотығу мүмкіндігінен айрылады.

Коррозиядан пассивті қорғанудың мәселесі электролиттің агрессивті ерітіндісінің өзара әрекеттесуі және құрыштан жасалған беттің жоюынан тұрады. Осы нәтижеге жету үшін жермен немесе электролиттің ерітіндісі және құбыр металының беті аралығында құбырға электрмен айырғыш қорғайтын беттер келтіріледі. Катодтық қорғаныстың белсенді құралы бар пассивті құралдарының комбинациясы техникалық-экономикалығымен ұтымды шешім болады.

Коррозиядан пассивті қорғанудың мәселесі электролиттің агрессивті ерітіндісінің өзара әрекеттесуі және құрыштан жасалған беттің жоюынан тұрады. Осы эффектке жету үшін жермен немесе электролиттің ерітіндісі және құбыр металл бетінің аралығында құбырға электрмен айырғыш қорғайтын беттер келтіріледі. Катодтық қорғаныстың белсенді құралы бар пассивті құралдарының комбинациясы, (4.1-сурет) көзқарастың техникалық-экономикалығымен ұтымды шешім болады.



4.1-сурет. Коррозиядан қорғау шаралары

Металл құбырлардың жамылғыларын коррозиядан қорғау шаралары, келесі негізгі талаптарды қанағатандыруы тиіс:

– жоғарғы диэлектрлік қасиеттерге ие болу;

– біртұтас болуы;

– құбыр металына жақсы жабыса алу;

– ылғал өткізгіштігі төмен және ылғалды аз жұтуы қажет;

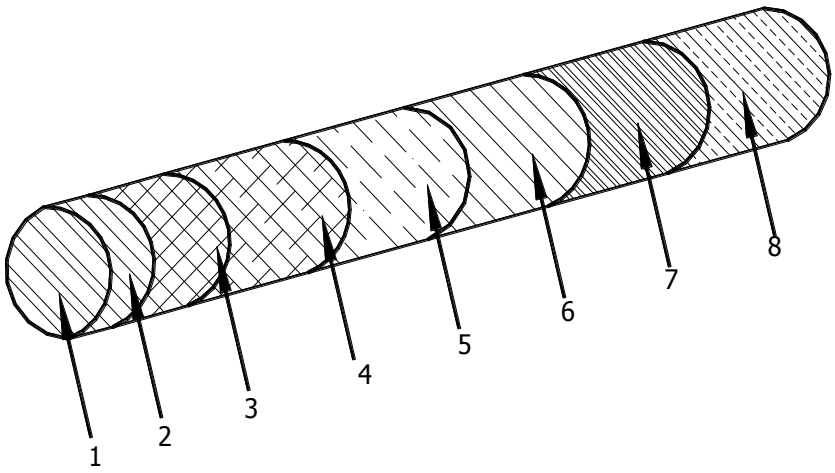
– химиялық қабілеттілігі, жердің агрессивтілігіне қарамай ұзақ уақыт жұмыс істейді, яғни иондардың сульфаттарының енуіне қарсы тұру;

– жоғарғы механикалық беріктікке ие болу;

– жылуға шыдамдылық;

– жамылғы бұйымдары мен материалдарын салыстырмалы түрде қарапайым технология үрдісіне келтіру, яғни механикаландыруға мүмкіндік беру;

– үнемділік, яғни жамылғының құны, құрылыс құнынан бірнеше есе аз болуы керек;



1 – эпоксидтық шайырдың негізінде ішкі жамылғы; 2 – дұрыс өңделген құбыр беті; 3 – полиэтиленнің үш қабатты жүйесі; 4 – полиропиленнің үш қабатты жүйесі; 5 – ұнтақ эпоксидтық шайырдан жамылғысы; 6 – полиуретан; 7 – балқытылған полиэтилен; 8 – волоконноцемен әдісімен механикалық қорғау.

4.2-сурет. Жамылғылар жүйесі (зауытта келтірілген шарттар)

Жер астындағы нысандарға қорғаныс бетін келесі түрдегідей ұйымдастыру қажет, ол өз қызметін ондаған жылдар көлемінде жаңартусыз атқару. Жұқа қорғаныс қабаты, мысалы бояумен қаптау жүйесінде оттегін сіңіру үрдісі белсенді болғандықтан, қалыңдығы 300 мкм пассивті қорғаныс үшін толық тура келмейді. Қазіргі уақытта жамылғылар көбінесе полиэтиленнен, сонымен бірге пропилен, эпоксидтық ұнтақ және полиуретан қолданылады (4.2-сурет). Трассалы жағдайларда жамылғысын қаптау үшін қорғайтын ленталар және жылуды сақтап тұратын материалдарды қолданылады. Демек, құбырларды қорғайтын жамылғыларды бірнеше түрге бөлуге болады, оларды дайындау түрлері:

– зауыт жамылғысы;
– трассалы жағдайда қапталған жамылғы;
– механикалық күшейту үшін қарапайым жамылғы материалдары.

4.2 Қорғаудың активті әдістері

Қорғаудың төртінші әдісі активті қорғау деп аталады. Оған келесі әдістер жатады:

1. Үлкен электрөткізгіштігі бар ортада қолданылатын бұйымдардың катодтық поляризациясы. Мұндай поляризация, сыртқы электр энергиясы арқылы жүзеге асады және катодты қорғау деп аталады. Кейбір жағдайларда катодты поляризация әрқашан емес, периодты болады, бұл әрине өте салмақты экономикалық эффекті береді. Бұйымды катодты қорғау кезінде электр потенциалының терістігі соншалықты, металдың қышқылдануы термодинамикалық тұрғыдан мүмкін емес болады.

2. Катодты поляризация, бұйымның металмен электрлік әсерлесуі нәтижесінде пайда болады, бұл анағұрлым теріс электродты потенциалға ие, мысалы, магнийлі құймасы бар болат бұйым электрөткізгіштігі жоғары

ортада электр теріс металы көбірек қышқылданады, яғни, бұзылады. Оны периодты түрде ауыстырып тұру керек. Мұндай металл *протектор* деп, ал әдісі – *протекторлы қорғау* әдісі деп аталады. Бұл әдіске адасқан токтармен күресуге арналған іс-шараларды жатқызамыз, олар екі негізгі бағытта өтеді: ток көзіндегі адасқан токтардың пайда болуын азайту және алдын алу немесе қорғалып отырған жерасты құрылғысында арнайы шаралар жүргізу. Бірінші бағыттағы іс-шара қажетті, бірақ тек бастапқы шара болып табылады. Бұл шаралардың қорытындысына қарамастан, жерасты құрылғыларының өзін қорғауға арналған іс-шаралар жүрізгу қажет, оған жоғары оқшаулағыш жабындар, электрлі экран қондырғылары, құбыржелілерге қосылуларды (фланец) оқшаулайтын қондырғыларды орнату, құбыржелілерді жерасты коллектор және каналдарда қалау, электрдренажды қорғау, катодты поляризация және т.б. жатады.

3. Анодты поляризация, кейбір жағдайларда металды ортада пассивті күйде сақтап тұрады, олар металды пассивтейді және өте агрессорлы болып табылады.

Коррозиядан қорғау әдістеріне жиі металл емес материалдарды қолдануды жатқызады, олар өте жоғары химиялық төзімді болады (асбоцемент, бетон, керамика, әйнек, пластмасс және т.б.). Бірақ, басқа материалдардан бұйым дайындау, коррозиядан қорғау әдісіне жатқызылмайды – металл жоқ жерде коррозия да жоқ.

Бақылау сұрақтары

1. Тәжірибеде қолданылатын металды қорғау әдісін атаңыз.
2. Коррозиядан « пассивті қорғау» дегеніміз не?
3. «Металды легирлеу» термині нені білдіреді?
4. Металды қолданудың қай стадиясында металды легирлеу қажеттілігі туындайды?
5. Болат бұйымдарын «хромдау» «никельдеу» дегеніміз не?
6. Хромдау әдісінің және хромды легирлейтін қосымша ретінде енгізудің айырмашылығы неде?
7. Активті қорғаудың негізгі механизмін түсіндіріңіз.

5. ХИМИЯЛЫҚ КОРРОЗИЯСЫ

5.1 Химиялық коррозияның өту шарттары

Коррозия – бұл негізінен электрохимиялық үрдіс болғанымен, кейбір шарттарда ол таза химиялық құбылысқа айналады.

Химиялық коррозия – деп химиялық реакциялар заңдары бойынша жүретін металдардың құрғақ газдармен немесе сұйық бейэлектролиттермен әрекеттесуі әсерінен өздігінен ыдырау үрдісін айтады. Металдың құрғақ газдармен (ауа мен жанармай жануының газ тектес өнімдерімен) жоғары температураларда әрекеттесуі кезінде газды химиялық коррозия жүреді. Егер металл бетінде электр тогын өткізетін сұйық конденсацияланбаса, онда газды коррозия төмен температураларда жүре береді. Металдың электр тогын өткізбейтін сұйықтықтармен (мұнай, мұнай өнімдері, балқыған күкірт және т.с.с.) әрекеттесуі кезінде бейэлектролиттердегі химиялық коррозия жүреді.

Газды коррозияға газды турбиналар, іштен жану қозғалтқыштарының бөлшектері, жоғары температураларда жұмыс жасайтын басқа да құрылғылар ұшырайды. Газды коррозия металлургиялық және құбыр өндіру зауыттарында металдарды ыстық өндеу (пісіру, прокаттау, соғу, күйдіру) кезінде болады. Металдың газдың құрамындағы оттекпен әрекеттесуі кезінде оның тотықтануы жүреді. Коррозия өнімдері оттекті қосылыстар болады. Кейбір жағдайларда, мысалы, металға күкірт буларының немесе күкіртті қосылыстарының әрекеттесу нәтижесінде металда күкіртті қосылыстар түзілуі мүмкін.

Химиялық реакцияларының жүру кинетикасын металдық ауа оттегісімен тотығу мысалында көрсеткен ыңғайлы:

$$nMe + \frac{z}{2} O_2 \overrightarrow{\leftarrow} Me_nO_z, \qquad (5.1)$$

мұндағы: n – реакцияға қатысатын металл атомдарының саны,
z – металл валенттілігі.

5.2 Тотықтың коррозия үрдісіне әсері

Тотық қабықшасының қалыңдығы 5-10 А°-нен бірнеше мың ангстрем аралығында жатады. Тотық қабықшасы тек ол арқылы оттегі диффурленген кезде ғана көбейе алады. Егер металл иондары мен оларға қатысты электрондар темірден тотық қабықшасы арқылы оттекке қарағанда айтарлықтай тез диффурленсе, онда тотық қабықшасы тоттану шекарасында өседі (5.1-сурет).

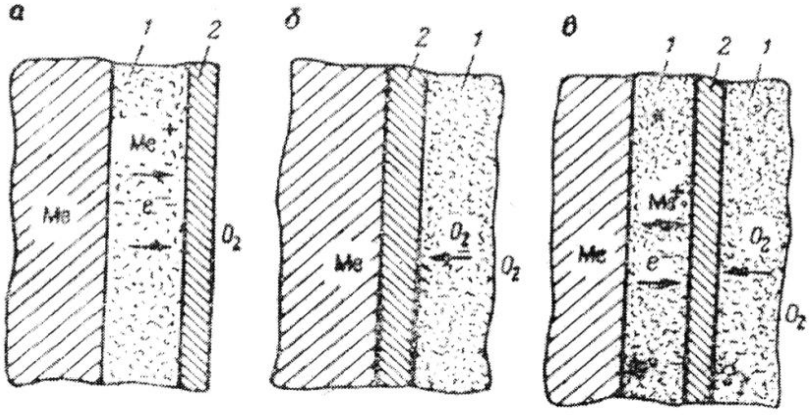
Кері жағдайда өсу аймағы тотық қабатының астында орналасады (5.1 б-сурет). Егер металл және оттегі иондарының диффузия жылдамдығы шамалас болса, онда өсу аймағы тотық қабықшасы ішінде орналасады (5.1 в-сурет). Металл иондары әдетте оттек молекуласынан кіші (яғни диффузия жылдамдығы жоғары) болады. Сондықтан тотық қабықшасы әдетте газбен

беттесетін бетте өседі. Тотық қабықшасы диффузия нәтижесінде өседі. Оның өсуі өз кезегінде диффузияны баяулатады, коррозия азаяды.

Тотық қабықшасының қалыңдығы металл түріне, орта сипаттамасына, температураға және т.б. байланысты.

Қалыңдығына қарай тотық қабықшаларын 3 топқа бөлуге болады:

- Жұқа (400 А°-ге дейін) – көрінбейтін және тек жанама әдістермен табылады.
- Орташа (400-5000 А°) – жылытқан кезде қоңыр түс береді.
- Қалың (5000 А°-нен көп) – көрінерлік.



1 – тотық қабықшасы; 2 – өсу аймағы; Ме – металл; Ме+ – металл иондары; е – электрондар; O_2 – оттегі.

5.1-сурет. Тотық қабықшаларының өсу түрлері

Егер тотық қабықшасы тұтас, металмен жанасуы жақсы және көлемдік ұлғаю коэффициенті оған жақын болса, онда ол металды әрі қарай тотығудан қорғай алады.

Тотық қабықшасының металды әрі қарай тотығудан қорғаудың негізгі шарты – оның тұтастығы. Ол өз кезегінде тотыққан металл көлемі мен қалыптасқан тотық көлемі қатынасына байланысты (5.1-кесте).

1 моль металл тотықса, оның көлемі:

$$V = \frac{A}{\rho_м} \qquad (5.2)$$

мұндағы: $\rho_м$ – металл тығыздығы.

1 моль металл тотығу кезінде пайда болатын тотық көлемі:

$$V_{ок} = \frac{M_{ок}}{n\rho_{ок}} \ , \qquad (5.3)$$

мұндағы: $M_{ок}$ – тотықтың меншікті молекулярлы массасы;

n – тотық молекуласындағы металл атомдар саны;

$\rho_{ок}$ – тотық тығыздығы.

5.1 кесте - Тотық пен тотыққан металл көлемдерінің қатынасы

Металл	Металл тотығы	$V_{ок}/V_{м}$	Қабықшаның қорғаныс әрекетінің сипаттамалары
Калий	K_2O	0,45	Тотық қабықшасы кеуекті, тез тотығатын металдар
Натрий	Na_2O	0,55	
Кальций	CaO	0,64	
Барий	BaO	0,67	
Магний	MgO	0,81	Тотық қабықшасы тұтас, тотығуға бекем металдар
Алюминий	Al_2O_3	1,21	
Титан	Ti_2O_3	1,35	
Мырыш	ZnO	1,55	
Никель	NiO	1,64	Қорғаныс сипаттамалары нашар тотық қабықшасы
Мыс	CuO	1,65	
Хром	Cr_2O_3	2,07	
Темір	Fe_2O_3	2,14	
	Fe_3O_4	2,09	
Вольфрам	WO_3	3,35	

Егер:

$$\frac{V_{ок}}{V_{м}} < 1,$$

Онда қорғаныс сипаттамалары нашар, борпылдақ тотық қабықшасы қалыптасады.

Егер:

$$\frac{V_{ок}}{V_{м}} > 1,$$

Онда металдың әрі қарай тотығуын баяулататын едәуір тұтас тотық қабықшалары түзіледі.

Ең жақсы қорғаныс сипаттамаларына және $V_{м}$ көлемдерінің қатынасы келесідей шекте жататын тотық қабықшалары ие:

$$1 < \frac{V_{ок}}{V_{м}} < 3.$$

Егер $V_{ok}/V_{M}>3$ болса, онда көлемі үлкен қабықшада созатын кернеу пайда болып, оның тұтастығын бұзады. Ол сәйкесінше оның қорғаныс сипаттамаларын төмендетеді.

Тотық қабықшалары өскен сайын және металл деформациясы болған кезінде бұзылуы мүмкін. Ол өз кезегінде олардың қорғаныс сипаттамаларын төмендетеді және газды коррозия үрдісін тездетеді. Газды коррозияның интенсивтігін температура ауытқуы да өсіреді. Мысалы, ауыспалы жылыту және салқындату. Бұл кезде тотық қабықшасында термиялық кернеулер пайда болып, жарықшақтар қалыптасады.

Газды коррозияның жылдамдығы болат бетінің кедір-бұдырлығы азаюмен қатар төмендейді. Өйткені жақсы өнделген беттерде тотық қабықшасы жақсы сақталады.

5.3 Газды коррозия

Газды коррозия – химиялық коррозияның кең тараған түрі. Ол металл балқымасының жоғары температураларда газдармен әрекеттесуі нәтижесінде жүреді.

Металдың газды коррозияға қарсыласу қабілеттілігі оның ыстыққа төзімділігімен анықталады. Металдың тағы бір маңызды қасиеті ыстық газдармен әрекеттесуі кезіндегі ыстыққа беріктігі болып табылады. Бұл қасиет металдың механикалық беріктігін сақтау және жоғары температураларда аққыштыққа қарсыласу қабілеті. Көптеген металдар, мысалы, алюминий балқымалары 400-500 °С кезінде ыстыққа төзімді, бірақ ыстыққа берік емес.

Темір, болат, шойынның газды коррозиясын келесі түрлермен ажыратады: тотығу, көміртексіздендіру, сутектік морттық, шойынның «өсуі».

Темір, болат және шойынның тотығуы оларды ауа немесе жанармай жану өнімдерінің ортасында жылыту кезінде жүреді. Бұл кезде металл тотықтардан тұратын тот қабатымен жабылады. Әдетте тотығу 600 °С – жоғары температураларда анағұрлым тез жүреді. Темір мен оттегі әр түрлі кристалдық торларға ие 3 түрлі тотық құрайды: FeO (вюстит), Fe_2O_3 (гематит), Fe_3O_4 (магнетит).

Болат пен шойынның көміртексіздендіру жоғары температураларда жүреді. Көміртектің металдан оның бетіне өту әсерінен болады. Кейін тотығып және пайда болатын газ тәріздес өнімдер жойылады. Нәтижесінде болаттың беткі қабаты айтарлықтай көміртектен айырылады. Сонын арқасында болаттың қаттылығы мен шаршау шегі төмендейді, оның бетінің тозу шыдамдылығы азаяды. Бұл кезде болат пен шойында орналасатын Fe_3C – цементиті көміртектен айырылады. Су буы, көмірқышқыл газы, оттегі, ауа неғұрлым интенсивті көміртексіздендіруді тудырады.

Болаттың немесе шойынның көміртексіздендіру үрдісі олардың құрамындағы темірдің тотығу үрдісімен қатар жүреді. Бұл кездегі көміртексіздендіру жылдамдығы тотығу жылдамдығынан көп болуы мүмкін.

Болат пен шойынның беріктігін көбейту үшін көміртексіздендіруге қарсы оларға шамалы алюминий, хром, вольфрам немесе марганецті қосады. Легирлеу элементтері болаттан көміртектердің диффузиясын баяулатып, металл бетінде тотығу үрдісін тежейтін қалың тотық қабықшасын қалыптастырады. Тотығуды және көміртексіздендіруді азайту үшін металды бейтарап газдан тұратын қорғаныс атмосферасына орналастыруға болады.

Болаттың сутектік әлсіздігі оны сутек ортасында жоғары температураларда (300 °С жоғары) және жоғары қысымдарда қыздырғанда пайда бола алады. Берілген шарттарда металдағы сутектің еруі жүреді және де темірде морт қатты сутек ерітіндісі пайда болады. Осы кезде болат құрамында бар атомды сутектен сутек молекулалары пайда болуы мүмкін.

Айтылған үрдістер әсерінен болат беріктігі азайып, оның құрамында жарықшақтар пайда болуы мүмкін. Басқаларға қарағанда сутектік морттық ауруға хромды (*Х13*) және хромникельді (*Х18Н9*) болаттар аздау ұшырайды.

Шойынның «өсуі» шойын өнімдерінің мөлшерлерінің үлкеюімен және олардың беріктігінің азаюымен жүреді. «Өсу» металл түйіндерінің шекарасында кристаллит аралық тотығуы әсерінен жүреді. Қалыптасатын тот көлемі тотыққан металл көлемінен көп болғандықтан, өнім деформацияланады. Бұны шойынның «өсуі» деп аталады. Ақ шойын сұрға қарағанда коррозияға аз ұшырайды. Кремниймен, никельмен, хроммен және марганецпен легирленген шойындар «өсуге» жақсы қарсыласады.

5.4 Бейэлектролиттердегі коррозия

Металдардың бейэлектролиттердегі, яғни электр тогын өткізбейтін сұйық орталардағы (мұнай, мұнай өнімдері және басқа да органикалық қосылыстар) коррозиясы резервуарлар, құбырларға және басқа да тасымалдау мен мұнай сақтау жүйелеріндегі жабдықтар үшін қауіп төндіреді. Мұнай және сутектер таза күйде және сусыз металдарға қатысты белсенді емес. Құрамында күкіртті қосылыстар (меркаптандар, күкіртсутектер, күкіртті газ және т.б.) бар кезде олар коррозия сипатында қауіпті болады.

Балқыған күкірт, сұйық бром металдармен айтарлықтай белсенді әрекеттеседі. Көміртекті болат төртхлорлы көміртекпен және басқа хлорығыстырылған еріткіштермен әрекеттескенде химиялық коррозияға ұшырайды. Күкіртті қосылыстар мен күкүрттің көміртекті болаттармен әрекеттесуі кезінде олардың бетінде сульфидтер (FeS_2 пириттен – FeS пирротитке дейін) қалыптасады.

Күкірттісутек концентрациясы 0,05% кезінде болат коррозиясының жылдамдығы 5 *мм/жыл* жетуі мүмкін.

Күкірттісутектердің және басқа күкіртті қосылыстарына алюминий, хром, кремний, алюминий қосылыстары бар болаттар және хромникельді болаттар анағұрлым қарсыласады.

Бақылау сұрақтары

1. «Химиялық коррозия» дегеніміз не?
2. Химиялық коррозия қандай механизммен жүреді?
3. Тотық қабықшасының қалыңдығы қандай шектерде жатады?
4. Тотық қабықшасының қандай қасиеттеріне металдың коррозия үрдісі байланысты болады?
5. Не себепті коррозияға белсенді алюминий өндірістің түрлі салаларындағы және күнделікті конструкциялы материал ретінде қолданылады?
6. «Тотық қабықшасының тұтастығын» қалай түсінесіз?
7. Темір, болат, шойынның газды коррозия түрлерін атаңыз.
8. «Болатты көміртексіздендіру» дегеніміз не?
9. «Шойын өсуі» коррозияның түрі қалай айқындалады?
10. «Темір, болат, шойынның тотығу» коррозияның түрін түсіндіріңіз.
11. Бейэлектролиттердегі химиялық коррозияға мысал келтіріңіз.

6. ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ КОРРОЗИЯ

6.1 Электрохимиялық коррозия түрлері

Электрохимиялық коррозия бұл электрөткізгіштікке ие сұйық электролиттермен электрохимиялық әрекеттесуі нәтижесінде металдардың өздік зақымдалуы. Мұндай электролиттердің қатарына су, қышқылдардың сулы ертінділері, сілтілер, еріген тұздар жатады. Электрохимиялық коррозия кеңінен тараған және олардың көптеген түрлері кездеседі. Электрохимиялық коррозияның басты себебі – металдардың термодинамикалық төзімділіктерінің төмен болуы және олардың иондық күйге ауысуға ұмтылуы.

Электрохимиялық коррозияда металдың қоршаған ортамен әрекеттесуі, металл бетінің түрлі аймақтарында өтетін анодты және катодты үрдістермен сипатталады. Коррозия өнімдері тек анодты аймақтарда түзіледі.

Электрохимиялық механизммен келесі коррозиялық үрдістер түрі жүреді:

– *электролиттердегі коррозия* – электр тогын өткізетін сұйық ортадағы металдардың коррозиясы. Электролит түріне байланысты қышқылдық ертінділердегі, сілтілер және тұздар (қышқылдық, сілтілік, тұзды), теңіз, өзен суларындағы коррозия деп жіктелінеді.

Электролит құрамын коррозия үрдіс механизмі анықтайды, оның кинетикасы мен жылдамдығына әсер етеді. Мысалы, егер электролит аниондар немесе тотықтырғыштар құрамынан тұрса, коррозия жылдамдығы төмендейді, олармен әрекеттесу нәтижесінде металл бетінде қиын еритін тұздар қабыршағы түзіледі.

Электролиттегі еріген оттегі металдардың коррозия үрдісін тежейді немесе жылдамдатады.

Коррозия үрдісіне электролит концентрациясы да әсер етеді. Кез келген табиғи ортада тұз концентрациясының өсуімен бірге электролиттегі коррозия жылдамдығы алдымен максимумге дейін өсе түседі, содан кейін оттегінің ерігіштіктігі төмендеуі және катодтық үрдістің күрделенуі нәтижесінде азаяды.

Электролиттің температурасы да коррозия жылдамдығына әсер етеді. Температураның жоғарылауымен бірге электролиттің электр өткізгіштігі өсе түседі. Электролит температурасының өсуімен бірге коррозия жылдамдығы да ондаған немесе жүз есеге дейін артуы мүмкін;

– *топырақ коррозиясы* – топырақтық электролиттің әсерінен жерасты механикалық құрылымдарының коррозиясы. Топырақтық электролитпен түйісетін металл бұйымдардың бетінде жергілікті металдардың біртекті емес болуы себебінен коррозиялық үрдістер орын алады;

– *биокоррозия* – микроағзалардың әсер етуі, олардың тіршілік етуі нәтижесінде коррозиялық үрдісті жылдамдататын (тездетентін) заттар түзіледі. Табиғатта сульфаттотықсыздандырушы анаэробты бактериялар кеңінен тараған, олардың әрекет етуі нәтижесінде күкіртсутек түзіледі, ол темірмен қосылып, күкіртті темірді береді. Сульфаттотықсыздандырушы

анаэробты бактериялар суларда, лайлы балшықтарда, ақаба суларда, мұнай ұңғымаларында, тұнбаларда (шөгінділерде), топырақта, цементте тіршілік етеді. Бұл бактериялардың дамуы үшін ең қолайлы орта *pH* 5-9 (оптималды 25-30 ^{0}С-де *pH* 6-7,5) топырақ болып табылады. Анаэробты темір бактерияларының тіршілік етуі коррозия өнімі ретінде ерімейтін темір гидрототықтарының бөлінуімен бірге жүреді;

– *атмосфералық коррозия* – металдардың ауа атмосферасында немесе ылғалды газды ортадағы коррозиясы. Ауада ылғал болмаса темір баяу жылдамдықпен желінеді.

Мысалы, шөлді мекендерде болат бұйымдары ұзақ уақытқа дейін жылтырлығын жоғалтпайды.

Атмосфераның ылғалдылығы, температурасы және ластануы кезінде біршама айырмашылықтар болады, сондықтан да атмосфералық коррозия жылдамдығы түрлі аудандарда әртүрлі болады, мысалы, теңіз жағалауына қаншалықты жақын болса, ауа теңіз тұзымен, әсіресе *NaCl* соншалықты қаныққан болады. Өнеркәсіптік облыстарда ауа құрамында күкірт қышқылына айналатын SO_2 жиі кездеседі. Іштен жану қозғалтқыштарының жұмысы кезінде ауаға көп мөлшерде *NO* шығарылады. Қалалар мен индустриалды орталықтарда атмосфераға H_2S көп мөлшері бөлінеді.

Атмосфераның агрессивтілігі бойынша келесі негізгі типтерін жіктеп көрсетуге болады: теңіздік, өнеркәсіптік, қалалық, ауылдық және арктикалық.

Атмосфераның агрессивтілігіне әсер ететін спецификалық факторларға (газдардан басқа) шаң-тозаң және ылғал жатады.

Атмосфералық жағдайларда түзілетін тот қабыршақтары қорғаныстық қасиетке ие болуы мүмкін, сондықтан да коррозия жылдамдығы уақыт өте төмендеуі мүмкін;

– *электрокоррозия* – электрифицирленген көліктер немесе басқа да өнеркәсіптік электроқұрылғылар мен құрылымдардың (лектрифицирленген темір жолдар, метрополитендер, тұрақты ток беруші линиялары, жерасты металл құрылымдардың катодтық қорғаныс құрылғылары) жылыстау токтарының құрылымдарға енуімен болған жерасты металл құрылымдарының коррозиясы.

Бұл токтар кезбе ток атауына ие болған, олардың шамасы мен бағыты уақытта өзгеріп отырады.

Электрокоррозия үрдісінің қарқындылығын сипаттайтын негізгі шама - жерасты құрылымынан топыраққа ағып өтетін ток күші.

Жерасты құрылымынан келетін жылыстау тогының шамасы көптеген факторларға байланысты, көбінесе:

– жердің меншікті кедергісі;

– жердегі кезбе токтардың шамасы;

– жерасты құрылымы мен кезбе ток көзінің орналасуы;

– жерасты құрылымдарындағы оқшаулауыш жабынның сыртқы жағдайы;

– жерасты құрылымының бойлық кедергісі;

– түйіспелік коррозия – түрлі электрохимиялық потенциалды екі металдың электрлік түйісуінен болған коррозия.

Коррозия кернеу әсерінен коррозиялық орта мен металдағы механикалық кернеудің біруақытта әрекеттесуінен пайда болады;

– *саңылаулық коррозия* – металдардың электролитпен коррозиялық зақымдануларының тар саңылаулар мен ойықтарда үдеуі;

Коррозиялық мүжілу (эрозия) – біруақытта коррозиялық орта мен үйкелістің әсер етуі. Коррозиялық кавитация біруақытта қоршаған ортаның коррозиялық және соққылы (сораптардың жұмысшы доңғалақтарының коррозиясы, қалақшалардың зақымдануы) әсер етуінде орын алады;

– фреттинг-коррозия бұл металдардың екі үйкелісетін беттің тербелмелі орын ауыстыру шартында агрессивті ортаның әсер етуі нәтижесіндегі металдардың локалдық коррозиялық зақымдалуы;

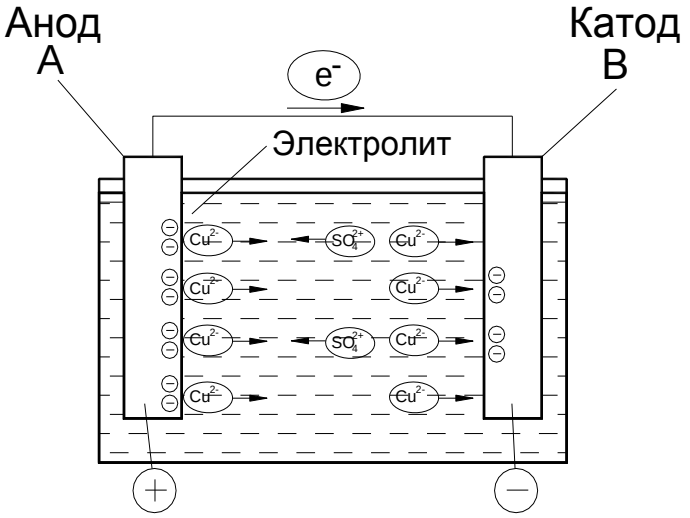
– құрылымдық коррозия қорытпаның біртекті құрылымдық болмауы себебіне негізделген. Мұнда құйманың (қорытпаның) қандай да бір компонентінің асқын жоғары белсенділігі нәтижесінде коррозиялық үрдіс одар әрі қарқындай түседі;

– термотүйіспелік коррозия температуралық градиент нәтижесінде туындайды, ол металл бетінің бірқалыпты емес қыздырылуына негізделген.

Электрохимиялық коррозияда бір уақытта екі процесс жүреді – металдың бір учаскеде еруін туындататын тотықтыру (анодты) және ертіндіден катионның бөлінуімен байланысты болатын тотықсызданыру (катодты), мұнда оттегі мен басқа да тотықтырғыштарды тотықсыздандырады. Нәтижесінде микрогальваникалық элементтер пайда болады, сонымен қатар металдың электр өткізгіштігіне және қышқылдардың, тұздар мен сілтілердің немесе осы заттардың ертіндісін беретін электролиттердің иондық өткізгіштіктеріне негізделген электр тогы пайда болады (5.1-сурет).

Электролиттердегі ток тасымалдаушылары болып зарядталған бөлшектер – иондар саналады. **Иондар** деп қосымша электрондарды алу немесе жоғалту нәтижесінде өздерінің электрлік бейтараптылығын жоғалтып алған заттың атомдары немесе молекулаларын атаймыз. Ион заряды әрқашан электронның элементар зарядына тең немесе кратен. Элементар зарядтардың саны ион валенттілігімен анықталады және ион символы үстіне сәйкес плюс немесе минус сандарымен (зарядтың полярлығына байланысты) белгіленеді, мысалы:H, Cu^{2+}, Fe^{2+}, OH, S_4^2

Оң зарядталған иондар **катиондар,** ал теріс зарядталғандары – **аниондар** деп аталады. Берілген электрлік өріс (6.1-сурет) әсерінен аниондар мен катиондар сыртқы тізбектің сәйкес түйіспелеріне қарай қозғала бастайды, яғни электролитте токтың жүруін қамтамасыз етеді.



6.1-сурет. Металл мен электролиттің өзара әрекеттесуі

Сонымен, электрондық өткізгіштерден айырмашылығы **бірінші түрдегі өткізгіштерді** ток тасымалдаушылар деп аталады, олардың электрондары, электролиттері **екінші түрдегі өткізгіштер** болып табылады, мұндағы ток тасымалдауыштар иондар.

Еріген заттың электрлік бейтарап молекулаларының иондарға ыдырау құбылысы **электролиттік диссоциация** деп аталады. Жүргізілген көптеген тәжірибелер электрлік диссоциация ертінді арқылы электр тогы өтетіне немесе өтпейтініне тәуелсіз жүре беретінін анықтады. Төменде қышқылдар, сілтілер, тұздар және судың диссоциация реакциясының мысалдары келтірілген:

$$HCl \leftrightarrow H^+ + Cl^-$$
$$NaOH \leftrightarrow Na^+ + OH^-$$
$$NaCl \leftrightarrow Na^+ + Cl^-$$
$$H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$$

Қарама-қарсы бағытталған (↔) белгі реакцияның қайтымды екенін білдіреді, яғни реакцияның екі бағытта жүру мүмкіндігі.

Мұндай реакцмяларды құру кезінде электробейтараптылық принципіне негізделу қажет, яғни мұнда теріс иондардың зарядтар соммасы оң иондардың заряд соммасына тең болуы тиіс. Бұл заң барлық ертінділерге, сонымен бірге жекелеген молекулаларға қолданыла береді.

Тәжірибелерден көргеніміздей, бірдей концентрациялы түрлі электролиттер электр тогын әртүрлі өткізеді. Бұл құбылысты электролиттік диссоциациялану дәрежесінің әртүрлі болуымен түсіндіреді. Диссоциациялану дәрежесі бұл заттың диссоциацияланған молекулалар санының ертіндідегі молекулалардың жалпы санына қатынасы:

$$a = \frac{\text{диссоциацияланган молекулалар саны}}{\text{молекулалардын жалпы саны}}$$

Егер ертіндідегі барлық молекулалары диссоциацияланған болса, онда мұндай ертінді жоғары электрөткізгіштікке ие болады. Ал керісінше, ерітіндіде диссоциацияланған молекулалары саны аз болса, ерітіндінің электрөткізгіштігі де төмен болады. Диссоциация дәрежесі 0,6...1 тең ерітінділер күшті электролиттер деп аталады және олар жоғары электроөткізгіштікке ие. Диссоциация дәрежесі 0,1...0,6 тең ерітінділер әлсіз электролиттер деп аталады және өте төмен электроөткізгіштікті болады. Диссоциация дәрежесі $\alpha = 0$ тең ерітінділер (электролит еместер) электр тогын өткізбейді.

Анодты және катодтық үрдістер токтың өтуі жеңіл жүретін учаскелерде локализацияланады. Беттің электрохимиялық біртексіздігін туындататын себептер көп, оларға жататындары: металдың макро және микробіртексіздігі; қорытпалардың фазалық және құрылымдық біртексіздігі; беттік қабықшалардың біртексіздігі; деформация және кернеудің біртексіздігі.

6.2 Электрохимиялық коррозияның пайда болу себептері

Жоғарыда айтылып өткендей, электрохимиялық коррозияның басты себебі көптеген металдардың термодинамикалық төзімділіктерінің төмендігі және олардың иондық күйге ауысуына ұмтылуы.

Металдың кристалдық құрылымы кристалдық тормен сипатталынады, олардың түйіндерінде ядроның сыртқы валенттік (жартылай бос) электрондармен атом іші әлсіз байланысы бар металл атомдары орналасқан. Металдарда зарядтардың орын ауыстыруы (электр тогы) жартылай бос электрондармен жүзеге асырылады. Металдардың электрөткізгіштіктерінің түрлі деңгейде (барлық жағдайларда) болуы олардың кристалдық құрылымының түрлі болуымен, сонымен бірге металдың кристалдық тор түйіндеріндегі түрлі жартылай бос электрондар санымен түсіндіріледі. Қарапайым жағдайларда жартылай бос электрондар атомнан тыс шекке шыға алмайды, бірақ қосымша энергияны шығындау арқылы (қыздыру, электрлік өріс және т.с.с) электрондардың бағытталған қозғалысына жағдай туғызуға болады.

Сумен жанасқанда қатты денелердің үстіңгі бетіндегі атомдары су молекулаларының күштің өрісінің әсеріне ұшырайды, олар қатты дененің кристалдық торына енеді. Бұл гидратациялық әрекеттесу күшті болғандықтан, металдың әлсіз байланыс атомдары сыртқы (валенттік) электрондарымен бірге зақымдалынады және металл атомдары кристалдық тордың түйіндерінен шығып, суға өту мүмкіндігіне ие болады. Нәтижесінде оң зарядты тасымалдайтын ион-атом түзіледі. Мұнда металда қалып қойған электрондар теріс заряд тасымалдауыштары болып қалады, яғни металл бетінде қос электрлік қабат түзіледі. Белгіленген шамаға жеткенде металдың ион-атомдарының ерітіндіге өтуі тоқтайды. Металдың ертіндіге су молекулаларының күштік өрістері әсерінен өзінің ион-атомдарын беру қабілеттілігі қос электрлік қабаттағы потенциалдардың түрлі шамасын анықтайды.

6.3 Теңе-теңдік электрод потенциалы

Фазалардың бөліну шекарасында түзілетін электрлік екі қабаттың күштік өрісі металл иондарының металдан ертіндіге өтуіне (ауысуына) кедергі болады. Сондықтан да металл иондары металдан ертіндіге өтуі кезінде олар қос электрлік өрістен туындайтын өріс күшіне қарсы жұмысты атқаруы тиіс. Иондардың ауысуы қос элктрлік қабаттағы потенциалдар айырымы, металл мен ертіндідегі металл иондарының бос энергиялары арасындағы айырмасына сәйкес келетін шамаға дейін жеткенінше жалғаса береді. Бұл күйге теңсалмақты электродты потенциал (φ) сәйкес келеді. Тепе-теңдік электрод потенциалы анықтайтын иондардың қасиеттеріне және ертіндідегі концентрациясына байланысты болады.

Электрод потенциалының электролит ертіндісінің иондар концентрациясына тәуелділігі В. Нерст теңдеуімен анықталады:

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{RT}{zF} lgC,$$

мұндағы R – универсал газ тұрақтысы;

Т – температура;

F – Фарадей саны;

С – электролит ертіндісіндегі ион концентрациясы (С концентрацияда, 1 л ертіндідегі меншікті ион 1 мольға тең, электрод потенциалы φ_0 тең).

6.4 Стандартты сутектік салыстыру электроды

Нерст теңдеуімен байланысты басты қиындық, бір электрод потенциалын өлшеудің мүмкін еместігі, өлшегіш құралдың көмегімен бір электродтың потенциалын емес, тек екі электрод арасындағы потенциалдар айырымын ғана анықтауға болады. Сондықтан да электродтық потенциалдарды есептеу кезінде потенциалы нөлге тең деп алынған электрод таңдалынады. Ол сутек ион құрамынан тұратын ертіндіге батырылған платиналы электродты береді. 1000 г суға есептегенде электролиті 43,18 *г* тұз қышқылынан тұратын, ал сутек ағынның қысымы 0,1 *МПа* (1 *кг·с/см*^{2}) сутектік электрод стандартты сутектік электрод деп аталады. Оның электродтық потенциалы нөлге тең деп алынады.

Аталған металдың иондар (концентрациясы) белсенділігі бірге тең (1 *моль/л*) өз тұздарының ертіндісіне батырылған түрлі электродтардың тепе-теңдік потенциалдары стандартты потенциалдар деп атайды. Олар таңдалған жұптың ішінде қай металдың зақымданатынын болжауға болатын электрохимиялық кернеулер қатарын түзеді, яғни анод қызметін атқарады, сонымен қатар, коррозиялық үрдістің қауіптілік деңгейін де болжау мүмкіндігін береді.

6.5 Электродты тотығу және тотықсыздану реакциялары

1800 жылы Италяндық физик А. Вольт өткізгіштермен біріктірілген екі түрлі металды ертіндіге батырғанда электр тогының пайда болатынын анықтады. Бұл жүйе қазіргі гальваникалық элементтердің бір үлгісі болып табылады. Гальваникалық элементтердің электродтары деп электролитке батырылған және токты сыртқы тізбекке бұру үшін өткізгіштермен жабдықталған металдарды немесе қорытпаларды атайды.

Электролитке батырылған және ол арқылы сыртқы ток көзі өтетін электродтар жүйесін электролиттік ұяшық деп атайды. Электролиттік ыдырау және электродтарда заттардың айналу үрдістерін электролиз деп атайды.

Электролиз үрдісі және гальваникалық элемент разряды үшін келесі электродтық реакциялар тән.

катодта тотықсыздану реакциясы (электрондардың қосылуы):

$2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$ (сутектік деполяризация);

$O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4(OH)^-$ (оттектік деполяризация);

$Me^{2+} + 2e^- = Me$ (сыртқы тізбекке түсетін электрондардың босауы).

анодта тотығу реакциясы:

$Me_2 = Me_2^{2+} + 2e^-$;

$4(OH)^- = O_2 + 2H_2O + 4e$.

6.6 Фарадей заңдары

Электродтардағы заттардың химиялық айналу мен электрлік энергия араларындағы сандық қатынасы Фарадей заңдарымен анықталады.

Фарадейдің бірінші заңы – катодта тотықсызануға ұшыраған немесе анодта тотыққан заттардың массасы ертінді арқылы өткен электр тогының санына тура пропорционал.

Фарадейдің екінші заңы – электр тогының белгілі бір ғана мөлшерін ертінді арқылы өткізуде анодта тотықтырған заттың массасы оның химиялық эквивалентіне тура пропорционал.

Фарадейдің екі заңын ортақ келесі формуламен тұжырымдауға болады:

$$G = g \cdot i \cdot t$$

мұндағы g – заттың электрлік эквиваленті;

i – ток күші;

t – уақыт.

Металдың электрохимиялық коррозиясы кезінде токтың пайда болуы үшін катодты және анодты аумақ қажет. Анодтық аумақта тотығу реакциялары жүреді, мұнда металдар өзінің электрондарын жоғалтады және ион-атомдарын түзеді.

$$Me > Me^{n+} + n \cdot e^-$$

Электролит ертіндісіне өте отырып, металдың ион-атомдары оның біртіндеп бұзылуына (зақымдалуына) – яғни коррозияны болдырады.

Катодтық аумақта тотықсыздану реакциясы жүреді – бос электрондардың қандай да бір затқа қосылуы, бұл *деполяризатор* деп аталады.

Егер деполяризатор рөлін сутектің иондары атқарса:

$$2H^{+}+2e^{-}->2H\sim>H_2,$$

онда: мұндай реакция *сутектік деполяризатор* реакциясы деп аталынады.

Егер деполяризатор рөлін оттек атқарса, онда мұндай реакция *оттектік деполяризация* реакциясы деп аталады.

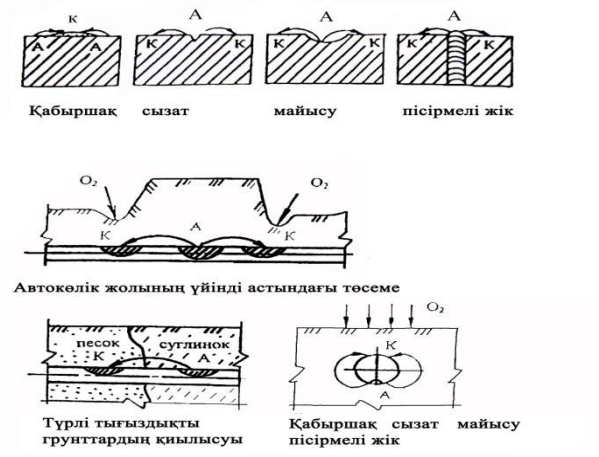
$O_2+4H^{+}+4e- >2H_2O$ – қышқылдық ортада,

$O_2+2H_2O+4e- >4(OH)^{-}$ – сілтілік ортада

Қарастырылған электрохимиялық коррозия механизмі көрсеткендей, үрдістің қарқындылығы металдың (бос электрондардың) ион-атомдарының түзілу жылдамдығына, сонымен қатар оттегі мен судың қатысуына тікелей байланысты. Ион-атомдардың түзілу жылдамдығына температура, электролит ертіндісінің концентрациясы және басқа да сыртқы жағдайлар әсер ететінін ескере отырып, келесідей қортынды жасауға болады, егер қандай да бір металдың бетінде түрлі күйлерді құрайтын болсақ, онда оның бір жақ беті екіншісімен салыстырғанда анодты түрге айналады.

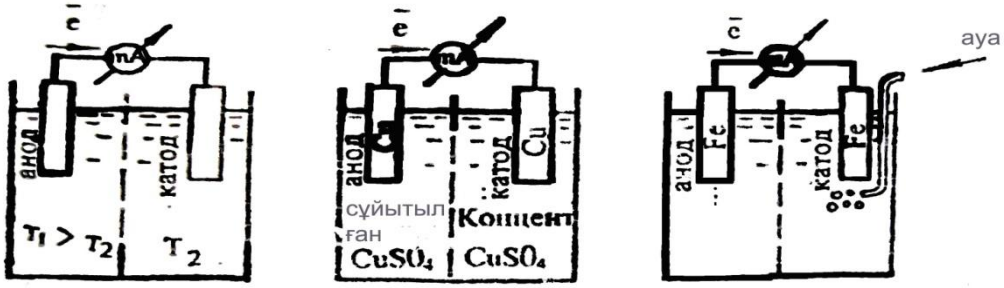
Бірінші жағдайда анодты болып, қыздырылған электролитке орналастырылған электрод саналады. Бұл қыздырылған электролитте металдың қарқынды еритіндігімен байланысты. Мұндай жағдай өз тұзында әлсіз концентрацияланған ертіндіде байқалады. Сонымен, электродтардың біріне ауаны беруде, оттектік деполяризатор реакциясының жүруі біршама жеңілдейді.

Коррозиялық элементтердің құбыр өткізгіштер бетінде түзілуі әртүрлі себептері бар, олар оттектің беткі аймақтарында еркін түсуі, топырақтың түрлі ылғалдылығы, металдың микроқұрылымының біртекті болмауы (6.2-6.3 суреттер).



А – анодтық аумақ; К – катодтық аумақ

6.2-сурет. Металдың беттерінде әртүрлі жағдайлар нәтижесінде құбырөткізгіштерде коррозиялық элементтердің пайда болуы



6.3-сурет. Гальваникалық элементтердің түзілу мысалдары

Металдардың сыртқы ортамен әсерлесуі энегетикалық тиімді күйге оралуға талпынуының белгісі және бұл жағдайда олардың термодинамикалық тұрақсыздығы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым интенсивті болып табылады.

Жүйенің термодинамикалық потенциалының артуымен жүретін процестер($\Delta G > 0$), өздігінен жүре алмайды.

Олардың орындалуы үшін қосымша ішкі энергия талап етіледі. Процестің өздігінен шарты термодинамикалық потенциалдың төмендетілуі болып табылады ($\Delta C < 0$). Егер ол өзгерместен, тұрақтылығын сақтаса ($\Delta C = 0$), жүйе тепе-теңдікте болғаны.

Кез-келген мұнай өндіру ортасы қандай да бір мөлшерде су фазасына ие болады; сондықтан коррозия механизмін қарастырғанда оны жалпылама түрде электролит ерітіндісі деп атайтын боламыз.

6.7 Атмосфералық коррозия

Металдардың атмосфералық коррозиясы – коррозияның кеңінен тараған бір түрі. Ол металл бетінің ылғалдану деңгейіне байланысты және осы белгісі бойынша үш түрге бөлінеді:

1. Дымқыл атмосфералық коррозия (ауаның салыстырмалы ылғалдылығы – 100%) металл бетінде ылғалдың көзге көрінетіндей қабықшасының болуы;

2. Ылғал атмосфералық коррозия метал бетінде ылғалдың көзге көрінбейтін қабықшасының болуы, ол капиллярлық адсорбциялық немесе химиялық конденсацияда түзіледі;

3. Металл бетіндегі ылғалдың толығымен болмауындағы құрғақ атмосфералық коррозия.

Қазіргі жағдайларда барлық коррозияның түрлері бір-біріне ауысады. Ылғал қабатынының қалыңдығына байланысты атмосфералық коррозия жылдамдығы өзгереді. Ол жылдамдық құрғақ атмосфералық коррозия үшін нөлден бастап өзгереді, ылғалды атмосфералық коррозия үшін ең жоғары мәнге жетеді және электролиттегі аталған металдың коррозия жылдамдығын сипаттайтын белгілі бір шамаға дейін тұрақты мәнге дейін төмендейді.

Атмосфералық коррозия механизмі электрохимиялық (дымқыл және ылғалды) және химиялық коррозияны қамтиды. Дымқыл және ылғалды

атмосфералық коррозия негізінен катодтық поляризациямен және оттектік деполяризациямен (И.Л. Розенфельд мәліметтері бойынша) бірге жүреді.

Металдардың атмосфералық коррозиясының ерекшелігі – металл бетіндегі (су + тұздар + коррозия өнімдері) электролит қабатының кіші қалыңдығы. Осыған байланысты ауа оттегісі металдың бетіне жеңіл енеді.

Осыдан шығатын қорытынды, электролит қабаты қалыңдығының азаюымен бірге металдың атмосфералық коррозиясының катодтық үрдіс жеңілдейді де, ал анодтық үрдіс керісінше қиындайды. Сонымен қатар электролит қабатының кіші қалыңдығы коррозиялық микробулардың жұмысы барысында үлкен омдық кедергіге алып келеді. Яғни, атмосфералық коррозия үшін бақылаушы фактор болып катодты-анодты-омдық бақылау саналады.

Металдардың атмосфералық коррозия жылдамдықтарына көптеген факторлар әсер етеді:

1. Ауаның ылғалдылығы (электролиттік құрылуы);
2. Ауа қоспалары (SO_2, SO_3, K_2S, NH_3, Cl^-, HCl газдары және басқалары сумен әрекеттескенде депассиватор, комплекстүзуші немесе катодтық деполизаторлар ретінде әсер етеді; қатты түйіршіктері электролит қабатының электрөткізгіштігін арттырады және газдар мен ауадағы ылғал адсорбциясын жеңілдетеді);
3. Атмосфера сипаты (таза, лас, құрғақ, ылғал);
4. Географиялық аймақ (тропиктер, субтропиктер, орта жолақтар, бос, полюсті);
5. Тотталатын материалдар бетінің күйі (коррозия өнімдерінің болуы);
6. Металдағы басқа да қосылыстардың болуы (олардың бірі катодтық қосылыстарды, мысалы *Cu, Pb, Pd* қорғаса, басқалары металдың зақымдануына жағдай туғызады);
7. Температура (температураның жоғарылауымен коррозия жылдамдығы, ылғалдылық төмендейді).

Металдардың атмосфералық коррозиядан қорғау тәсілдері келесілерге негізделеді:

а) қорғаныстық жабындар (майлағыштар, лактар, қабыршақтар, мырыштау, никельдеу, хромдау, фосфаттау, тотықтырғыш қабықшақтар);

б) бақылаушы үрдістерге (*Cr, Al, Ti, Ni* анодтарының пассивациясы; Cu, Pd катодтық қосылыстар) әсер ету;

в) тотталатын металл бетіндегі электролит қабатының азаюы (ауаны құрғату және тазалау);

г) негізінен металдарды сақтауда және оларды контейнерлер немесе қаптамаларда тасымалдау барысында коррозияны баяулатқыштарды ($NaNO_2$, нитриттер, карбонаттар, дициклогексиламин және моноэтаноламиннің бензоаттарын) қолдану.

6.8 Теңіз суларындағы коррозия

Қазіргі таңдағы барлық теңіз айлақтары көміртегілі және төмен қоспаланған (легірленген) болаттардан жасалынған металқұрылымдарды қолданумен жасалынған, олардың көп бөлігі металды сына негізге ие. Болаттың темірбетондардан артықшылығы беріктілік және технологиялық көрсеткіштері басым келеді. Металл қадалы негізі айлақтарға түсетін технологиялық жүктемелерді арттыру мүмкіндігін береді. Мұндай қуатты сына қағылған жабдықтарды пайдалану кезінде темірбетонды сына негіздерді теңіз гидротехникалық құрылысынан (ТГҚ) шығарып тастады.

Көміртексіздендірілген және төмен қоспаланған болаттардан металл сыналық негіздерді жасауды жобалауда болжамданған қызмет ету мерзімін бағалау үшін көптеген факторларды ескеру қажет, олардың қатарына коррозия жылдамдығы, тозу және механикалық жүктемелердің әсері. Теңіз шарттарында пайдаланылатын көміртексіздендірілген және төмен қоспаланған болаттардың коррозиялық бұзылулары, коррозия түрлері және олармен күрес бұрыннан зерттеліп келе жатыр. Пайдалану жағдайларына байланысты коррозиялық үрдістердің жылдамдығы және көміртексіздендірілген және төмен қоспаланған болаттардың коррозиялық бұзылу сипаттары кең ширекте өзгеріп отырады, сондықтан да олардың төзімділіктерін нақты бір шартты аймақтарға қатысты қарастыру қажет. Бұл аймақтар: атмосфера, шашырату аймағы, ауыспалы сулау аймағы, толық бату аймағы және түптік грунтқа бату аймағы.

Гидротехникалық құрылымдарды жобалау мен құрылысы кезіндегі басты назар бірқалыпсыз коррозияның пайда болуының алдын алуға бағытталған. Ең сенімдісі үлгілік зертханалық бақылаулар нәтижелері емес, гидротехникалық құрылымдардың нақты пайдалану жағдайларындағы металдардың бұзылуы туралы ақпарат болып табылады. Қазіргі күнге дейінгі қолданылып келген нормативтік-құқықтық база талаптарына сәйкес барлық гидротехникалық құрылымдар техникалық куәліктендіруден өтуі қажет. Куәліктендірудің негізгі мақсаты: құрылымды тексеру, техникалық жағдайын және құрылымның жекелеген негізгі элементтерінің тозуын және барлық құрылымның бүтіндеу тозу жағдайларын анықтау. Теңіз көліктері гидротехникалық құрылымдарының техникалық кешенді бақылау жүйесі техникалық жағдайын анықтау және құрылымдардың тозуын бағалау әдістемелерін қамтиды. Құрылымдарды тексеру әдістемесі айлақтық құрылымдардың техникалық жағдайларын бақылау үшін, пайдаланудың тоқтап қалуына алып келетін ақауларды анықтау үшін құрылған. Құрылымдарды тексеру барысында түрлі коррозиялық бұзылулар мен механикалық сипаттағы бұзылуларды айыра білу қажет.

Коррозиялық бұзылуларға жататындар:

- барлық ауданда бірдей қалыңдықты бірқалыпты жалпы беттік коррозия;
- жекелеген дақтар, жаралық, нүктелік ошақтары бар жергілікті беттік коррозия;

- аралық коррозия жергілікті коррозияның дамыған түрі және шектелген, бірақ тесіктер түріндегі бұзылулармен сипатталады.
- кристалл аралық коррозия – түйіршіктер шекаралары бойынша металдың бұзылулары, мұнда оның сыртқы бұзылу белгілері болмайды, бірақ беріктілігі күрт төмендеп кетеді.

Механикалық сипаттағы бұзылуларға жататындар:

- кернеу концентрациясымен, сұйықта жоғары сынғыштықпен, пісіру кезіндегі қалдық кернеуден, қажу құбылыстары себептерінен болатын жарылулар (сызаттар);
- болаттың ақауы себебінен болатын есептік жүктемелер әсерінен болған бұзылулар.

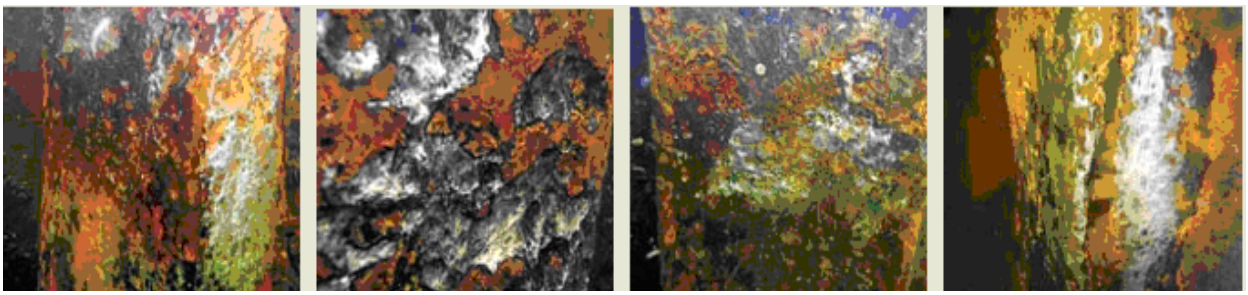
Металл құрылымдардың ақауларын олардың қауіптілік дәрежесіне байланысты үш категорияға бөлуге болады: төмен маңыздылықты, маңыздылықты және өте қиын жағдай. Төмен маңыздылықты ақаулар – металдың беріктілік сипаттамаларының өзгеруін, тасымалдау құрылымдарының металдық элементтер қималарының кішіреюін және басқа да құрылымдық элементтерінің қауіпті асқын кернеулерін болдырмайтын ақаулар. Маңыздылықты ақауларға элементтерде нормативтік мәндерге тең немесе асып кететін кернеулер пайда болатын, кеңістікте орналасуларының немесе элементтерінің пішінінің өзгеруін болдыратын, сонымен қатар апат алдылық жағдайларды болдыратын ақаулар жатады. Өте қиын жағдайдағы ақаулар металл құрылымдарының бұзылуы себептерінен барлық құрылымның немесе оның жекелеген элементтерінің құлауына, құрылымдарды пайдалануға жарамсыз етіп істен шығуларына алып келетін ақаулар жатады (5.4 және 5.5-суреттер). Мұндай ақауларға:

– құрылымдардың негізгі тасымалдауыш элементтері қима аудандарының осы элементтердің кернеулері болаттың аққыштық шегіне жақын болатын мәніне дейін кішіреюі;

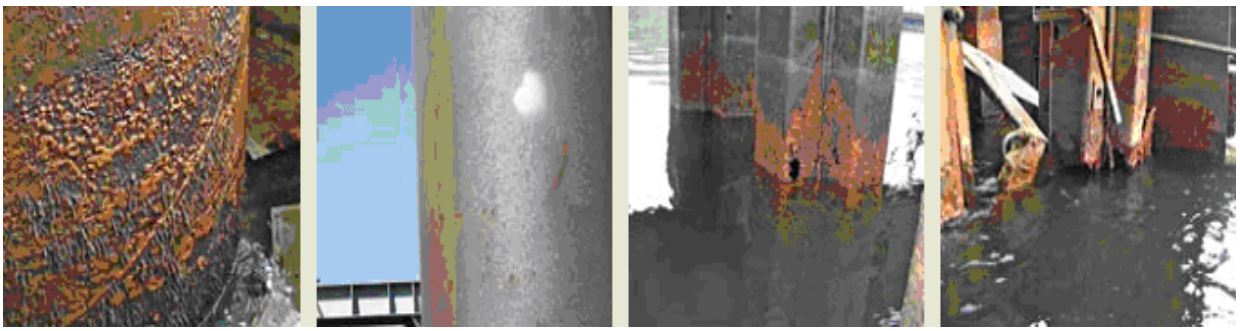
– тасымалдауыш метал элементтердің аралық коррозиясы;

– ұзындығы 5 *м* жоғары аймақтарында шпунттық қабырғалардың біртекті зақымдалуы;

– жалпылама морттығы (сынуы) және эстакадалық құрылым тіректерінің иілістері.



6.4-сурет. Теңіз аймақтарының жаралық және аралық коррозиясы



6.5-сурет. Коррозиялық бұзылулар

Металл құрылымдарды тексеру барысында механикалық бұзылуларды, элементтердің кеңістікті орналасуларының өзгеруін, металл беті сыртқы түрінің өзгеруін, коррозия өнімдерінің бетте таралуы және олардың сипаты, қорғаныстық жабындардың немесе құрылғылардың сақталымдық дәрежесін қарастырылып, тіркелулері қажет. Металл құрылымдардың коррозия жылдамдықтарының аномальдық ауытқуыларын анықтау жағдайында, сонымен қатар құрылымдардың электрохимиялық қорғаныс жүйесі жұмысының тиімділігін анықтау керек болған жағдайларда электродтық потенциалды және катодтық поляризацияны өлшеу жүргізіледі. Коррозиялық ақаулар туралы және болаттың беріктіліктік көрсеткіштері туралы ақпарат алу мақсаттарында құрылымның өзінен үлгілерін алу қажет. Металл құрылымдар қабырғасы қалыңдықтарын орнында өлшеуді ультрадыбыстық қалыңдық өлшегіштермен жүргізуге кеңес беріледі; ал коррозияға қарсы (антикоррозиялық) жабындардың қалыңдықтарын өлшеуде магниттік қалыңдық өлшегіштермен жүргізіледі. Жалға алынғандардың орындалғанын элементтердің коррозия жылдамдықтарын анықтауда негізгі мәліметтер негізінде сәйкес стандартқа немесе ТШ (техникалық шарттарға) негізделе жалға алынған кәсіптердің немесе құбырлардың геометриялық өлшемдері қабылданады, ГТҚ (гидротехникалық құрылым) коррозия жағдайларын талдау үшін екітүрлі құрылымды екі айлақтың тозуларын қарастырамыз. Эстакадалық типті және больверк типтік құрылымдарды талдау барысында олар технологиялық жүктемелері бойынша емес, қадалық негіз құрылымдары элементтерінің ескерулері бойынша салыстырылады. Бұл салыстырулар бұзылуларының ұқсас белгілерін анықтау үшін және теңіздік ортада құрылым элементтерінің жұмыстары бойынша салыстырмалы сипаттамаларын анықтау үшін жасалынады.

Мәнді коррозиялық бұзылаулар су шашыраған және ауыспалы сулану аймақтарында бақыланды. Теңіз суындағы жалпы коррозия жылдамдығы көміртегілі және төмен қоспаланған болаттар үшін бірдей және 0,05-1 *мм/жыл* құрайды, сонымен бірге төмен қоспаланған болаттар, әсіресе пісірілген қосылыстардың термиялық әсер ету аймақтарындағы марганецтік болаттар жаралық коррозияға да ұшырайды. Түрлі маркалы болаттардың корозиялық күйлерінің айырмашылықты болуы олардың пісірілген қосылыстарына байланысты. Бұл пісірмелі қосылыстардың үш элементтерінің электродтық потенциалдары айырымдарымен анықталынады:

негізгі металл, пісірмелі жік және термиялық әсер ету аймағы. Сондықтан да пісірмелі электродтарды және пісіру технологиясын таңдау аталған элементтері бірдей потенцалға ие болуға тиіс есебінен жүргізіледі. Оған қол жеткізу үшін сәйкес пісіру материалдарын таңдаумен жүзеге асырылады. Коррозия жылдамдығына қатты әсер ететіндердің бірі илемдік қабыршақтар. Олардың электрөткізгіштігі жоғары, болат және хром, мыспен легирленген болат потенциалдарымен салыстырғанда теңіз суындағы оның стационарлық потенциалы 0,3-0,5*В*. Сондықтан да гидротехникалық құрылымдар құрылысында қабыршақтарды алып тастау міндетті болып табылады. Қабыршақтардың болуы, су ағынында дифференциалдық аэрация жағдайы, механикалық кернеулер және т.б жаралық коррозияның пайда болуына мүмкіндік туғызады, оның жылдамдығы орташа есеппен – 0,01-0,1 *мм/жыл* құрайды, ал ең жоғарғысы – 0,4-1,0 *мм/жыл*.

Пайдалану және қорғаныстық құралдар жағдайына байланысты гидротехникалық құрылымдар су асты аймағында коррозия жылдамдығы өзгеріп отырады. Мысалы, жалға алынған қабыршақты металл құрылымдарды қолдануда және тиімділікті қорғаныстық құралдардың болмауы жағдайында суасты аймағында 1 *мм/жыл* дейінгі жаралық зақымдану орын алады. Кезбе токтар әсерінен немесе гидротехникалық құрылымдар құрылысын аяқтау немесе жөндеу жұмыстары кезіндегі пісіру жұмыстарын дұрыс емес электрмен қамту нәтижесінде болатын электрокоррозия жағдайында коррозиялық бұзылуылар 5 *мм/жыл* жылдамдықпен дамуы мүмкін. Қатып қалған портарда пайдаланылатын гидротехникалық құрылымдарда, яғни бояулық лакты жабындалулар жылдам бұзылатын және бұзылуылар эрозиялы-коррозиялық сипатты орындарда коррозия жылдамдығының (0,5 *мм/жыл*) артуы орын алады.

Ауыспалы сулану және су асты зонасындағы металқұрылымдар теңіз суының әсер етуіне ұшырайды, бірақ коррозия сипатына әсер ететін спецификалық айырмашылықтары болады:

– теңіз суының және атмосфераның қайталама-кезеңдік әсер етуі, яғни оттегі бойынша диффузиялық шектеулердің болмауы;

– арқандап байлау кезіндегі бояулық лакты жабындардың механикалық бұзылулары. Ауыспалы сулану аймағындағы коррозияның орташа жылдамдығы су асты аймағымен салыстырғанда біршама үлкен (0,05-0,20 *мм/жыл*), ал жаралы коррозияның ең жоғарғы жылдамдығы 1 *мм/жыл* құрайды.

Ауыспалы сулану аймағы ауданындағы қорғаныс құралдары ретінде бояулық лакты жабындар қолданылады, оларға келесідей қосымша талаптар қойылады: теңіз суларындағы, атмосферадағы тұрақтылығы және жоғары абразивтік тұрақтылық. Теңіз атмосферасының жоғары коррозиялық агрессивтілігіне қарамастан су үсті құрылымдардың коррозия жылдамдығы оларды тексеру және лакты бояулық жабындарды қалпына келтіру қол жетімділікті болуы себебінен 0,1 мм/жыл аспайды. Көміртексіздендірілген және төмен қоспаланған болаттардың есептік жылдамдықтары қалқыма бұрғылау құрылғыларын құрылымдау және бөліну ережелерінде келтірілген:

коррозия жылдамдығы қалқымалы бұрғылау құрылғылары мен теңіз стационарлық қабаттары жағдайында таңдалған болаттардың тозуы туралы мәліметтер бойынша, мұндағы металл құрылымдары бетіндегі қабыршақтар болуымен, тозуды азайту бойынша қорғаныстық іс-шаралардың оң әсерін ескерусіз қабылданады, қалқымалы бұрғылау құрылғыларының және теңіз стационарлық қабаттың элементтерінің есептік коррозия жылдамдықтары 6.1-кестеде келтірілген.

6.1-кесте. Коррозия жылдамдықтары

Құрылымдық элементтің атауы	Коррозияның есептік жылдамдығы, *мм/жыл*
1. Бағаналар:	
лонтондармен қосылу ауданында	0,14
ауыспалы ватерлиния деңгейі бойынша	0,16
су үсті бөлігі	0,10
су асты бөлігі	0,12
2. Жоғарғы корпус:	
ернеу, транцтар	0,11
іріктегіштер	0,10
тіректік арқалықтар	0,13
негізгі қорамқалып	0,10
жоғарғы қорамқалыптың атмосфералық жауын-шашын әсеріне ұшырайтын ашық аймақтары	0,13

Теңіз суы жоғары электрөткізгішті 1-ден 4 %-ға дейін тұз құрамынан тұратын (хлоридтер, натрий, магний, кальций, калий сульфаттары) жақсы аэрирацияланған (8 *мг/л* O_2) бейтарап (*pH*=7,2-8,6) электролит болып табылады. Теңіз суында негізінен түрлі маркалы болаттан жасалған бұрғылау айлақ, пирстер, құбырөткізгіштер пайдаланылады. Бұл нысандар қарқынды коррозияға ұшырайды.

Теңіз суларында металдардың коррозиясына оттектік деполяризация тән. Мұнда коррозия үрдісі келесідей бөлінеді: металл бетінде катодтық, ал тотықтар қабыршақтарының сызаттары мен басқа да ақауларында – анодтық үрдіс жүреді. Бұл металдарда жалпы коррозиядан басқа питтингтік және жаралы бұзылулардың болатынын негіздейді. Теңіз суындағы болаттың коррозияға ұшырау жылдамдығы 0,1-1 *мм/г*. Теңіз атмосферасындағы коррозия теңіз суымен салыстырғанда біршама әлсіз келеді.

Теңіз суларындағы металдардың коррозия жылдамдықтарына әсер ететін факторлар:

1. Теңіз суының қозғалуы оттегінің металл бетіне келуін үдетеді, бұл коррозия жылдамдығының өсуіне алып келеді;

2. Теңіз суы температурасының өзгеруі де әсер етеді. Бұл төмендегідей түсіндіріледі: оттектік деполяризациямен жүретін бейтарап ортадағы металдардың электрохимиялық коррозиясы оттегі диффузациясына тікелей байланысты. Температураның жоғарылауымен бірге оттегіні келтіру жылдамдығы да өсе түседі, яғни коррозия жылдамдығының артуына алып келеді. Температураның ары қарай жоғарылауында ертіндіден оттегі бөлініп,

оның ертіндідегі концентрациясы төмендейді, бұл коррозия жылдамдығының төмендеуіне алып келеді.

3. Теңіз суларындағы тұздардың да тигізетін әсері бар. Кремний қышқылдық қосылыстар және көмірқышқылды кальций металл бетінде тұнып шөгіп қалады да, қорғаныстық әсерді қамтамасыз етеді. Иод және бром қосымша катодтық деполяризаторлар қызметін атқарады және металл коррозиясын үдете түседі. Күкіртті сутек металдардың иондарын қиын еритін сульфидтерге байланыстырады және коррозия үрдісін үдетеді, электрохимиялық коррозияның катодтық және анодтық үрдістерінің жүруін жеңілдетеді.

4. Металл бетін кезеңдікті сулау коррозиялық үрдісті одан әрі күшейтеді.

5. Металдың біртекті болмауы себебінен қабыршақ катод рөлін атқарса, негізгі металл – анод рөлін атқарады.

6. Жіктердің, саңылаулар, ойықтардың болуы коррозиялық үрдісті қарқындатады, себебі нашар аэрация металдық еруіндегі анодтық үрдістің жүруін жылдамдатады.

7. Кезбе токтар.

8. Биокоррозия (жерасты құрылымдарын тірі ағзалардың және теңіз өсімдіктерінің өсіп кетуі) сыртқы қорғаныстық жабындарды зақымдайды және металдардың бұзылуын үдетеді. Кейбір тірі ағзалар (мысалы мидиялар) коррозиялық үрдісті біршама баяулатады, себебі олар көп оттегіні тұтынады.

9. Теңіз суларында түрлі металдардың түйісулері анодтық металдың тез зақымдалуына алып келеді (көбінесе болат).

Металдарды теңіз суларында коррозиядан қорғаудың тәсілдері келесілерге негізделеді: металл беттерін қабыршақтардан, тоттан тазарту және оны лактармен, этиленді сырлармен, фенолформальдегидті мастикамен, таскөмірлі немесе битумдық негіздермен жабындау.

Бақылау сұрақтары

1. «Электрохимиялық коррозия» дегеніміз не?
2. «Электрохимиялық механизм» ұғымын қалай түсінесіз?
3. Коррозияның қандай түрлері электрохимиялық коррозияға жатады?
4. «Электролит» дегеніміз не?
5. Электрохимиялық коррозияның пайда болу себептерін түсіндіріңіз?
6. Металдардың электрөткізгіштігі қалай анықталады?
7. Қандай реакциялар электролиз үрдісі үшін тән?
8. Фарадей заңы нені анықтайды?
9. Атмосфералық коррозия, коррозияның кай түріне жатады? Механизмін түсіндіріңіз.
10. Теңіз суындағы коррозия механизмін түсіндіріңіз?

7. ТОПЫРАҚ КОРРОЗИЯСЫ

7.1 Топырақ коррозиясының пайда болу механизмі

Топырақтық коррозия жерасты металл құрылымдарына әсер ететін электрохимиялық коррозияның ең кең тараған түрі болып табылады. Топырақтар мен грунттар үлкен аудандар шегінде, тіпті кішігірім аймақтардың өзінде әртүрлі болады. Топырақ пен жердің ең жоғарғы қабаты, топырақ араларында нақты шекара болмайды.

Жер – топырақты электролит ретінде жерлер мен топырақтардың коррозиялық сипаттамасына үлкен әсерін тигізетіндері топырақтағы ылғал мен газ құрамы тікелей байланысты болатын құрылымы болып табылады.

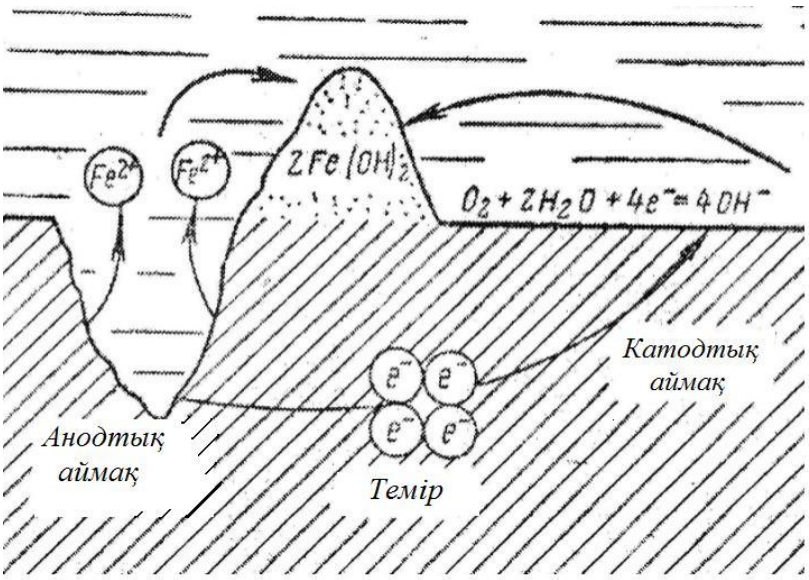
Ылғалдылық топырақ пен жердің коррозиялық активтілігіне үлкен әсерін тигізеді. Ауа өтімділікті топырақ пен жерде болаттың коррозия жылдамдығы 30-50 % ылғалдылықта өте жоғары мәнді болады.

Ылғалдылықтың одан әрі жоғарылауында коррозия жылдамдығы төмендейді және бірқалыпты болады. Мұндай құбылысты капиллярлы-кеуектілікті ортамен байланыстағы болаттың бетіндегі анодты және катодтық реакциялардың жүруімен түсіндіруге болады.

Ылғалдық топырақтағы темірдің анодтық еру үрдісі топырақтық электролитке оң зарядты тасымалдаушы металдың ион-атомдарының енуімен басталады. Ары қарай ион-атомдардың судың полярлық молекулаларымен гидратталуы және оның бейтарап бөлшектерге айналдыру үрдісі жүзеге асады. Судың полярлық молекулаларының жетіспеуі жағдайында электродтық қабатта оң ион – атомдардың жинақталуы орын алады, яғни потенциал оң жаққа (анодтық поляризацияға) ығысуы.

Топырақтық электролитке байланыста болатын барлық металл бұйымдардың беттерінде металл немесе электролит құрамының жергілікті біртекті болмауы себебінен көптеген коррозиялық элементтер саны пайда болады, бұлардың табиғаты гальваникалық элементтерге ұқсас келеді. Мұнда коррозиялық зақымдануларға оң потенциалға ие жақын орналасқан катодтық аймақтармен салыстырғанда терістік электрохимиялық потенциалға ие анодтық аймақтар ұшырайды.

Электрохимиялық коррозия – гальваникалық элементтердің жұмыс нәтижесі. Ол келесідей жүреді: анодтық аймақтарда Fe^{2+} ион металдарды түзумен тотығу реакциялары жүреді, ал катодтық аймақтарда оттегінің әсерінен гидрототық түзіледі. Fe^{2+} және OH^- иондары бір-біріне қарай бағытталады және ерімейтін $Fe(OH)_2$ шөгіндіні түзеді, ол темір тотығы мен суға ыдырай алады ($Fe(OH)_2 \rightarrow Fe_2O_3 + H_2O$). Тотығу реакиясы барысында анодтық аймағының бос электрондары металл бұйым бойымен катодтық аймаққа ауысады және тотықсыздандыру реакциясына қатысады. Коррозиялық микроэлементтің үлгісі 7.1-суретте берілген.



7.1-сурет. Коррозиялық микроэлемент үлгісі

Металдардың топырақтық коррозиясының пайда болуының басты шарттары:

– екі әртүрлі металл бұйымдардың немесе олардың бөлшектерінің потенциялдар айырмасының, сонымен қатар бір металдың жекелеген аймақтарының болуы;

– екі металдың немесе электролитті металдың екі аймақтарының болуы;

– анод және катодтың өткізгіштермен біріктірілуі, егер оның беттерінде анодтық және катодтық аймақтар пайда болған болса;

– диссоцирленген иондардың электролитте болуы.

Мұндай жағдайлар топырақтық электролитпен байланыста болатын кез келген металдардың бетінде қадағаланады.

7.2 Топырақтың (жер) меншікті электр кедергісі

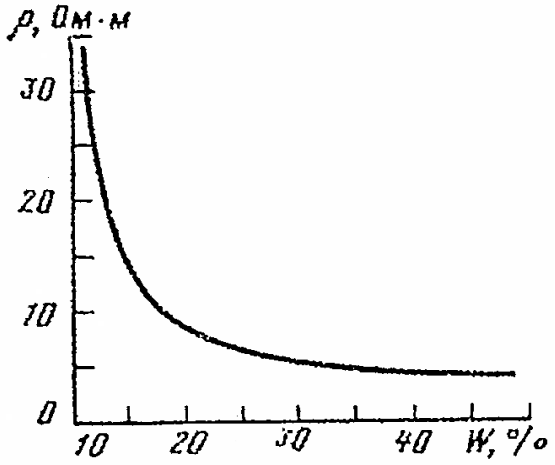
Топырақтың коррозиялық активтілігі жердің меншікті электрлік кедергі көрсеткішімен сипатталады.

Жердің меншікті электрлік кедергісі деп көлденең қимасының ауданы 1*м* және ұзындығы 1*м* (ρ, *Ом·м*^{2}) шартты топырақтық өткізгіште электр тоғының өтуіне кедергісін түсінеміз.

Жердің меншікті электрлік кедергісі оның ылғалдылығына және жерлік электролиттегі суда ерігіш тұздар құрамына тәуелді. Жердің меншікті электрлік кедергісі кең ширекте өзгере алады (оннан мыңдаған Ом метрге дейін).

Коррозияның қауіптілігі мен топырақтың меншікті электрлік кедергісі арасында тура тәуелділік болады: ρ қаншалықты кіші болса, коррозияның мүмкіндігі соншалықты болады.

7.2-суретте топырақтың меншікті электрлік кедергісінің ылғалдылыққа тәуелділігі көрсетілген.

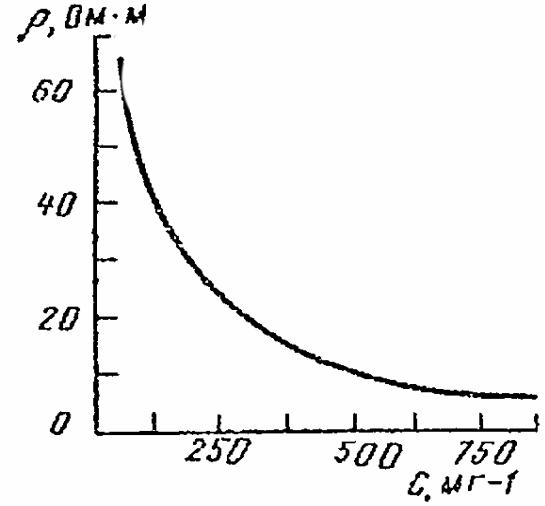


7.2-сурет. Топырақтың меншікті электрлік кедергісінің (ρ, Ом*м) ылғалдылыққа (W, %) тәуелділігі көрсетілген.

Графиктен көріп отырғанымыздай, топырақтың меншікті электрлік кедергісі ылғалдылықтың жерге толық қанығуы жоғарылағанда төмендейді, ал содан кейін өзгермейді.

Сонымен бірге меншікті электрлік кедергіге суда ерігіш тұздардың концентрациясы да әсер етеді (7.3-сурет). Тұздардың аз концентрациясы аймағында олардың тіпті кішігірім өзгерулері нәтижесінде топырақтың электрлік кедергісін өзгеріске ұшыратады.

Суда ерігіш тұздардың кішкене құрамының өзінде топырақтың кедергісі төмендейді.



7.3-сурет. Топырақтың меншікті электрлік кедергісінің (ρ, *Ом·м*) топырақтық электролиттегі тұз шоғырлануына тәуелділігі

Сонымен қатар, төмен ρ қатты тұздалған үлкен ылғал құрамы бар топырақтарға тән, ρ үлкен болса – өте құрғақ топырақтар үшін.

Көміртекті болатқа қатынасы бойынша олардың меншікті электрлік кедергісіне байланысты топырақтың коррозиялық белсенділігі.

Коррозиялық белсенділік, *Ом·м*

төмен.....100 жоғары

орташа.....20-дан жоғары 100-ге дейін

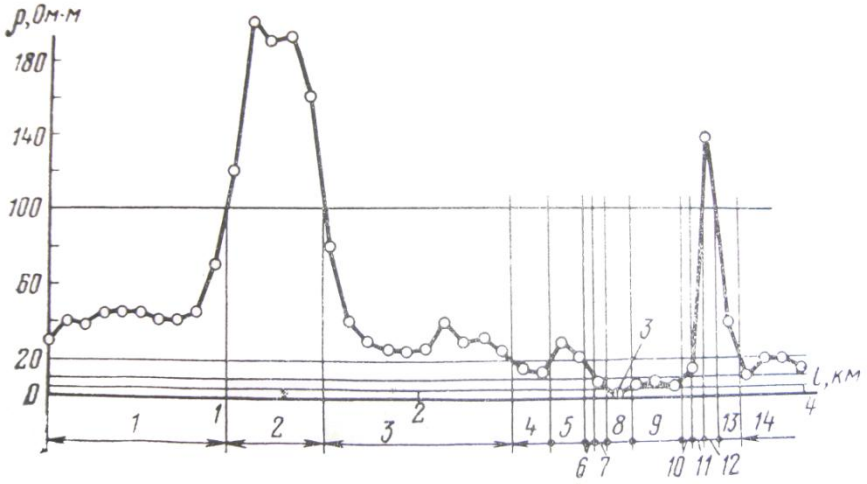
асқын.....10-нан жоғары 20-ға дейін
жоғары..... 5-тен жоғары 10-ға дейін
өте асқын..... 5 ке дейін.

Металл бетінде пайда болған потенциал айырмаларының табиғатына байланысты барлық коррозиялық элементтер микро- және макрокоррозиялық болып бөлінеді.

Топырақтың омды кедергісін анықтау үшін түрлі аспаптар мен әдістері қолданылады. Ең кеңінен тараған тәсілі құбырөткізгіштерді орналастыру тереңдіктерінде электродтарды жер бетінен 0,20 *м* қашықтықта және аралары 2 *м* түзумен орнатудағы меншікті электрлік кедергіні анықтау мүмкіндігін беретін төрт электродты әдісі.

Меншікті электрлік кедергіні анықтау аспаптары ретінде МС–08 типтік потенциометр қолданылады.

Өлшеулер нәтижелерін графиктер түрінде бейнелейді (6.4-сурет). Мұндай графиктер мысалы 7.4-суретте берілген, мұнда қашықтығы 4 *км* жол бойының ең агрессивті аймағы болып меншікті кедергісі 180 Ом·м 8 аймақ екенін көруге болады. Өлшеулер адымы 50 – 100 *м* тең етіп қабылданады.



7.4 сурет - Құбырөткізгіш жол бойы топырақтарының меншікті кедергісінің графигі

7.3 Топырақты коррозияның активтілігін анықтау әдістері

Ең нақты әдіс – ағымдағы құбырөткізгіштегі коррозиялық зақымдануларды тексеру болып табылар еді. Бірақ тәжірибеде жақын параллель орналасқан линиялар сирек кездеседі, сондықтан да бұл әдіс жиі қолданыла бермейді. Сонымен коррозияның ең маңызды факторларын анықтауға негізделген әдістер кеңінен таралды. Орындалу реті бойынша әдістер зертханалық, өрістік, зертханалық-өрістік болып бөлінеді.

Зертханалық әдістер таңдалған нүктелерде үлгілерге сынақ жүргізу мақсатында трассалардағы топырақтардың сұрыпталуын талап етеді. *Өрістік әдістер* топырақтың коррозиялық активтілігін жолдың өзінде (сынаманы алуды қажет етпейді) қажетті өлшеулер орындарында орындау

арқылы анықтау. Олар көп уақыт шығынын қажет етпейді және кеңінен тараған тәсіл. *Зертханалық-өрістік әдістер* топырақ үлгілерінің сұрыпталуын (таңдауын) талап етеді, бірақ жүргізілетін зертханалық жұмыстары соншалықты қарапайым болғандықтан, оларды жылжымалы зертханалық құрылғыда орындай алады.

Топырақтардың коррозиялық активтілігін топырақтың меншікті электрлік кедергісі, үлгілердің масса шығыны және полярлаушы токтың тығыздығы бойынша бағалайды.

7.3.1 Топырақтың меншікті электр кедергісін анықтаудың өрістік тәсілі

Топырақтың меншікті электрлік кедергісін өлшеуді құрылымдардың тиімділікті электрлік қорғанысын есептеу үшін қажетті мәліметтерді алу мақсатында, сонымен қатар құрылғылар түрін таңдау үшін және катодтық қорғаныстағы анодтық жерлендіруді есептеу кезінде жүзеге асырады.

Магистральды құбырөткізгіштердің электр қорғаныс кезіндегі катодтық қондырғылардың әсер ету аймағын өлшеу үшін жобаланған құбырөткізгіш жолының топырақты меншікті электр кедергісінің орташа мәнін білу қажет. М.В. Кузнецов пен П.И. Тягунованың зерттеулеріне сәйкес аралас нүктелер арасындағы өлшеулерді жүргізу аралығын 2-4 *км* ұзартуға болатындығын дәлелдеді. Бұл кезде топырақтың меншікті электр кедергісінің орташа мәнін анықтаудың қателігі 10 %-дан аспайды.

Топырақтың меншікті электр кедергісін өлшеу симметриялы төртэлектродты қондырғымен (төрт электродты әдіс) жүргізуге ұсынылады. Бұл әдіс құбырөткізгішті енгізу тереңдігіне дейінгі орта қабаттағы топырақтың жуықтама кедергісін өлшеуге негізделген. Ол үшін құбырөткізгіш үстіне бір түзудің бойында топыраққа төрт электрод қағады. А және В шеткі электродтар арасына тұрақты ток көзін қосады, ток көзі ретінде 80 В кернеуі бар батареяны қолдануға болады. А және В шеткі электродтар арасында пайда болатын электр өрісі электродтар арасындағы қашықтыққа тәуелді болатын топырақтың тереңдігіне таралады. Қоректендіргіш электродтар А және В аралығында келесі шекте болуы ұсынылады:

$$2h \leq AB \leq 4h\ , \qquad (7.1)$$

мұндағы: h – жер асты құрылыстың тереңдігі.

Басқа М және N электродтар көмегімен жасалған электр өрістің потенциалдар айырымы анықталады. ΔV (в *В*) потенциялдар айырымы мен ток күшін I (а А) біле тұра топырақтың жуықтама меншікті электр кедергісінің шамасын табуға болады (в *Ом·м*).

$$\rho = k\frac{\Delta V}{I}, \qquad (7.2)$$

мұндағы k – коэффициент, электродтар арасындағы қашықтыққа тәуелді, *м*.

Электродтар арасындағы ара-қашықтық бірдей болғанда ($AM=MN=NB=a$) онда:

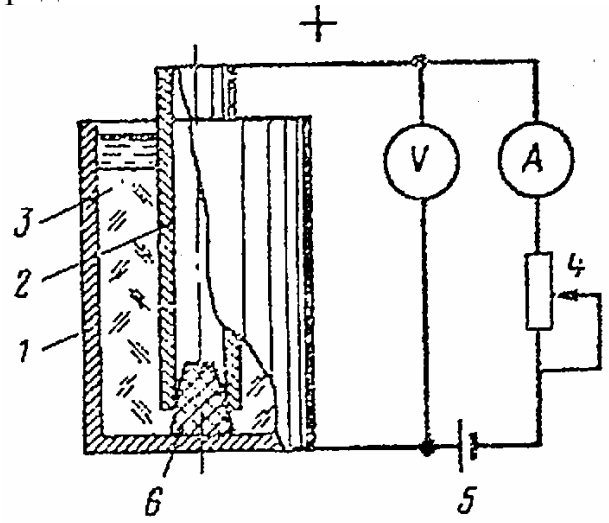
$$k = 2\pi a. \qquad (7.3)$$

Өлшенген меншікті электр кедергісіне ылғалдылық пен температураның жыл мезгіліне байланысты өзгеруін ескеретін түзеткіш енгізілу қажет. Жердің меншікті электр кедергісінің жоғарғы мәні - шілдеде, ал төменгі мәні – наурызда байқалады. Егер өлшеулер мамырда жүргізілсе онда меншікті электр кедергісінің минимум мәнін алу үшін (коррозиялық белсенділігін сипаттайды) өлшенген мән k_{min} =0,77 коэффициентін ескере отырып азайтылуы тиіс, ал жоғарғы мәнін алу үшін (тоқтың анодтық жерлегіштен немесе протектордан ағу кедергісін сипаттайды) k_{max}=1,34 ескере отырып көбейтілуі тиіс.

$$\rho_{min}=k_{min}\rho_{изм}; \qquad \rho_{max}=k_{max}\rho_{изм}; \qquad (7.4)$$

7.3.2 Топырақ коррозиясының активтілігін зертханалық-өрістік әдіспен анықтау

Бұл жағдайдағы қолданатын құрылғы (7.5-сурет), көлемі шамамен 0,55 *л*, диаметрі 8 *см* және биіктігі 12 *см* тұратын қаңылтыр шиша *1*. Шишаға арнайы дайындалған жер ұнтағын салады *3*, оған техникалық таразыда 0,1 *г* дәлдікпен өлшенген түтікше *2* орналастырады. Түтікшенің диаметрі 19 мм, ұзындығы 10 *см*, массасы шамамен 165 *г*. Түтікшені шишадан резеңкелік тығынмен оқшауландырады *6*.



1 – шиша; 2 – түтікше; 3 – топырақ; 4 – реттегіш кедергі; 5 – тұрақты ток көзі; 6 – тығын.

7.5 сурет - Топырақтың белсенді коррозиясын зертханалық-өрістік әдіспен анықтау сызбанұсқасы

Жер үлгісін дайындау келесі тәртіппен жүргізіледі. Шурфтан жер үлгісінің орташа массасы 2 кг үш нұсқасы таңдап алынады, оның 70 %-ы құбырөткізгіштің орналасқан тереңдігінен алынады, ал 15 % шурфтың кесілген екі жерінен алынады.

Содан кейін үлгілерді араластырып күнге немесе температурасы 105 ^{0}C аспайтын кептіргіш сөреде кептіреді. Егер топырақта органикалық қосылыстар көп болса онда кептіру температурасы 70 ^{0}C аспауы тиіс. Құрғақ

топырақты фарфорлық ұнтақтағышта ұнтақтап 0.5-1 мм тесігі бар електен өткізеді. Осындай жолмен дайындалған үлгіні түтікшесі бар шишаға сеуіп, оны қаныққанға дейін ылғалдандырады. Дистильденген немесе қайнатылған су, жақсылап аэрирленген болу қажет. Қаныққандылықты жердің бетінде пайда болған кішкене судан біледі.

Шиша мен түтікшенің арасындағы кеңістікті ылғалдандырылған топырақпен толтырылғаннан кейін (шишаның шетінен 1-2 *см* төмен), шишаға теріс полюсті тоқ көзін 24 сағат қосып қояды, ал үлгіге 6 *В* оң полюсті тұрақты тоқ көзін қосады. Үлгіден тоқ көзін ажыратқан кейін оны 2-3 *В* ток күшінде 8 % натрий гидрооксидімен коррозия өнімдерінен катодтық өңдеумен мұқият тазалайды, содан кейін дисстильденген сумен жуып, кептіріп, 0.1 *г* қателіктен асырмай салмағын өлшейді. Тәжірибені жүргізер алдында құрылғының ерікті түрде салмағын өлшеу қажет. Бұл жағдайда арнайы зерттеулерсіз массаның жоғалуы әсерінен топырақтың активті коррозиясын өлшеу шкаласы бекітілмейді.

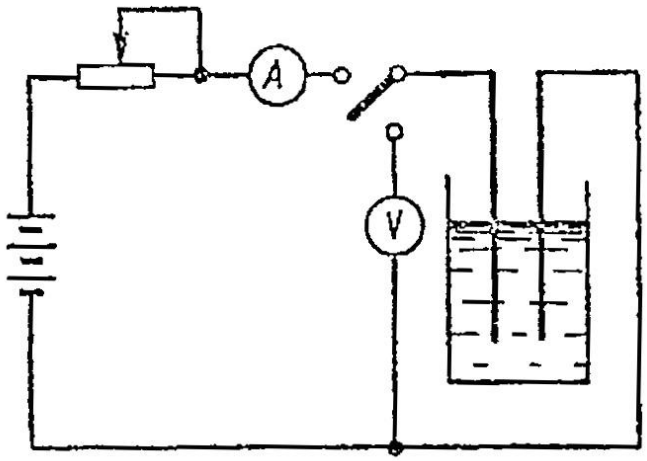
Үлгі массасының жоғалуына байланысты топырақтың активті коррозиясының көміртекті болатқа қатынасы.

Коррозияның белсенділігі	Үлгінің масса жоғалтуы (1г)
төмен.....	1- ден аспайды
орташа.....	1- ден 2-ге дейін
көтеріңкі.....	2 - ден 3-ке дейін
жоғары	3 - тен 4-ке дейін
аса жоғары.....	4- тен асады

Поляризациялық қисықтар арқылы анықтаудың зерттханалық әдісі

Топырақтың коррозиялық активтілігінің болатқа қатынасын поляризациялық қисықтар арқылы анықтау үшін жер үлгісін таңдау алдыңғы тәсіл бойынша жүргізіледі.

Жер үлгісімен екі болат электродтарды сыйымдылығы 1 л фарфор ыдысқа (7.6-сурет) салады. Электродтар тікбұрышты (25 Х 25 мм) ерітіп жапсырылған байланыс өткізгіштері бар болат тілімшелерден тұрады.



7.6-сурет. Топырақтың коррозия активтілігін поляризациялық қисықтар арқылы анықтаудың зертханалық сызбынұсқасы

Тілімшенің байланыс жағын битумды мастикпен (шайыр) оқшаулайды, ал келесі жағын корундты терімен мұқият тазалап, ацетонмен майсыздандырады.

Электродтарды топырағы бар шыны ыдысқа бір-біріне оқшауланбаған жағымен қаратып салады. Оның бір жағын оң полюсқа қосады да, ал екінші жағын теріс полюсті ток көзіне қосады. Олардың арасындағы потенциалдар айырымын токтардың әртүрлі тығыздығында пайда болатын поляризация тізбегіндегі ажырау кезінде өлшейді.

Осы алынған мағлұматтардың негізінде координатада салынатын «потенциялдар айырымы – поляризацияланатын токтың тығыздығы» атты диаграмма алынады. Сол диаграмма бойынша токтың тығыздығын анықтайды, ол тоқтың потенциялдар айырымы 0,5 *В* сәйкес болады. Содан кейін, топырақтың коррозиялық активтілігін табады.

Топырақтың коррозиялық активтілігінің көміртексіздендірілген болатқа қатынасының поляризациялық токтар тығыздығына тәуелділігі

Коррозияның активтілігі Поляризацияланған токтың орташа тығыздығы, *мА/см*^{2}

төмен..... 00,5-ке дейін
орташа..... 00,5-тен 0,2-ге дейін
көтеріңкі..... 0,2 - ден 0,3-ке дейін
жоғары ..... 3- тен 4-ке дейін
аса жоғары..... 4-тен асады

7.4 Коррозияны өлшеуге арналған аспаптар

МС – 8 жерге тұйықтау кедергісін өлшеуіш

МС – 8 аспабының техникалық сипаттамасы
Өлшеу шегі, Ом.....0–1000; 0–100; 0–10
Генератор сабының айналу жиілігі, айн/мин..... 90–150
Температуралардың жұмыс диапазоны, ^{0} С..... 5 – 40
Габариттік өлшемдері, мм..... 455× 225× 192
Салмағы, кг..... 12

М – 416 жерге тұйықтау кедергісін өлшеуіш

М – 416 аспабы жерге тұйықтау кедергісін өлшеуге, активті кедергіні және де топырақтың меншікті электрлік кедергісін өлшеуге болады.

М – 416 аспабының техникалық сипаттамасы

Өлшеу шегі, Ом..... 0, 1–10; 0,5–50, 2–200; 10–1000
Генератор сабының айналу жиілігі, айн/мин.....90-нан аспайды
Аспаптың қысқыштарындағы тұйықталмаған
сыртқы желі кезіндегі кернеуі, В..... 15±2
Габариттік өлшемдері, мм..... 245х140х160
Аспаптың салмағы, кг..... 3

Аспаптың өлшеу жолы компенсациондық әдіске негізделген. Аспап қарапайым 4,5 В батареядан электр тогын алады.

М – 416 и МС – 8 аспаптардың өлшеу сызбанұсқасы ұқсас болып келеді.

Потенциометр ЭП – 1М

Өрістік электрбарлаушы потенциометр ЭП – 1М токтар мен кернеуді өлшеуге арналған, топырақтың меншікті кедергісін өлшеуге және де топырақтағы ток пен кернеуді өлшейді.

ЭП – 1М аспабының техникалық сипаттамасы

Кернеуді өлшеу шегі, *мВ*..... .0,05–495
Ток күші, *мА*.....0,5–4950
Коршаудың ішкі кедергісі, *Ом*.....220–320
Қоректенуі:
Поляризатор мен компенсатор.....элемент 1-КС-У-3
Токтық батарея.....элемент ЭС-Л-30
Габариттік өлшемдері, *мм*.....320х210х120
Салмағы, *кг*.....4,5

Потенциометр ЭП – 1М компенсационды сызбанұсқада жұмыс істейді. Топырақтың меншікті кедергісін өлшеуін амперметр – вольтметр әдісі арқылы іске асады. Өлшеуіш құрал ретінде нөлдік санамасы бар магнитоэлектрлік жүйелі гальванометр қолданады.

М-231 амперметрі

Жоғарғы омды көпшекті тасымалды ампервольтметр ток күшін және тұрақты ток тізбегіндегі кернеуді өлшеуге арналған.

М-231 амперметрінің техникалық сипаттамасы

Өлшеу аралықтары:
кернеуді, *В* ……. 0,075–0–0, 075;
0,5–0–0,5; 1–0–1;
5–0–5; 10–0–10;
50–0–50; 100–0–100
ток күшін, *А* 0,005–0–0,005;
0,05–0–0,05; 0,1–0–0,1
1–0–1; 10–0–10
кіріс кедергісін, *кОм*……..... 20
нақтылық класты, ……...1,5
габариттік өлшемдерді, *мм*…….178х180х94
массаны, *кг*……1,4

Н-39 милливольтметрі

Көпшекті тасымалды өздігінен жазатын ішіне жартылай өткізгішті күшейткіш салынған Н-39 милливольтметрі тұрақты кернеулерді, сонымен қатар 0-ден +50 °С-қа дейінгі қоршаған ауа температурасындағы және 95 %-ға дейін салыстырмалы ылғалдылық кезіндегі жылжымалы ток шамаларын өлшеу және жазуға арналған. Аспаптың қуат көзі 127/220 *В* айнымалы ток желісінен де, 12 ± 1,2 *В* тұрақты ток көзінен де жасалады (бұл жағдайда

диаграммаға беріліс үшін қажет қозғалтқыштың қуат көзі П39 жеке жасаушыдан жүзеге асырылады).

Н-39 милливольтметрінің техникалық сипаттамасы

Өлшеу аралықтары:

кернеуді, *В*……...…2,5; 5; 10; 25; 50; 75; 100; 250.

ток күшін, *А* ….....0–500 (аспаптың сыртқы шунттары көмегімен)

5–250 *мВ* аралығындағы 2 *кОм*-нан көп емес сыртқы кедергі кезіндегі нақтылық класын, ……..…….……...1,6

Кіріс кедергісі:

5–250 *мВ* аралығында, *мОм*, аз емес….....1.0

1–100 *В* аралығында, *кОм*,……...200

Габариттік өлшемдері, *мм*:

аспаптың ……....…….176х267х332

түрлендіргіш блоктың ……113х1/3х178

Масса, *кг*

аспаптың …….....10

түрлендіргіш блоктың …….3

Көрсетілім жазбасы диаграммада қисық сызықты координаталарда сиямен жүргізіледі. Жазушы құрылғы бір шеті ортаңғы сия сауытқа түсірілген металл капиллярлы түтікше түрінде жасалған. Сия қоры диаграмма қозғалысының кез келген жылдамдығында 3 тәулік ішінде үздіксіз жазу үшін жеткілікті.

Диаграмма берілісі үшін қуат көзі 12 *В* (П39 жасаушы арқылы) тұрақты ток көзі желісінен алынатын синхронды қозғалтқышты қолданады. Аспапта диаграмманың алтауының орнын өзгертумен орналастыратын жеті қозғалыс жылдамдығы бар: 20; 60; 180; 600; 1200; 1800; 5400.

Н-39 аспабының шкаласын сол жақтан немесе ортадан нөлмен жасайды. «түтікше-жер» потенциалдарының айырмашылықтарын тіркеу кезінде ортадан нөлді аспапты, ал құбырөткізгіштің электродты потенциалының орнынан алу шамасын тіркеу кезінде – сол жақтан нөлі бар аспапты қолданады.

ВК7-3 вольтметрі

Аспап тұрақты ток кернеуін, тұрақты токқа кедергілерді, индуктивтілікті және сыйымдылықтарды өлшеу үшін арналған.

ВК7-3 вольтметрінің техникалық сипаттамасы

Кернеуді өлшеу аралықтары:

тұрақты токтың, *В*……...…0 – 1; 0 – 3; 0 – 10;
0–100; 0–300;
0–1000

0–300 және сәйкесінше 0–1000 *В* шкалалардағы сыртқы бөлгішпен,

кВ……..... 3-ке дейін және 10

0–1; 0,3; 0–10;

Синусоидалы формалы айнымалы токтың, В…….0–100; 0–300; 0–1000

кедергінің, ……..……1–100 *Ом*; 10–1000 *Ом*;

100 *Ом*–10 *кОм*;
1– 100 *кОм*; 10 *кОм*
1 *мОм*; 100 *кОм*–10 *мОм*

индуктивтіліктің …….....100 *мГ*–1 *Г*; 1–10 *Г*;
10–100 *Г*; 100–1000 *Г*;
1000–10 000 *Г*;
10000–100 000 *Г*

сыйымдылықтың…….....100–1000 *пф*; 1000 *пф*;
0,01 *мкф*; 0,01–0,1 *мкф*

Өлшеу кезіндегі кіріс кедергісі:

тұрақты ток кедергісі, *мОм* …...……..11 ±5 %

1 — 100 *В* шкалалардағы
айнымалы токтың, *мОм*, аз емес..... 4,3

Габариттік өлшемдер, *мм* 309x233x192

Масса, *кг*, көп емес ……7,2

Аспаптың қуат көзі айнымалы ток желісінен 50 Гц жиілікпен және 127 немесе 220 В кернеумен жүзеге асырылады.

М-252микроамперметрі

М-252 микроамперметрі тұрақты ток тізбегіндегі ток күшін шкала бойынша тікелей есептеумен өлшеу үшін арналған. Ол магнитэлектрлі жүйенің +10-нан +35 °С-қа дейін қоршаған орта температурасы мен 80 %-ға дейін салыстырмалы ылғалдылық кезіндегі пайдалануға есептелген зертханалық аспабы болып табылады.

М-252микроамперметрінің техникалық сипаттамасы

Өлшеу аралықтары, мкА …….....0–50; 0–75; 0–100;
0–150; 0–300; 0–500;
0–750; 0–1000

Габариттік өлшемдер, …….....176x170x90

Масса, кг…….....……1,3

Өлшеуіш электродтар

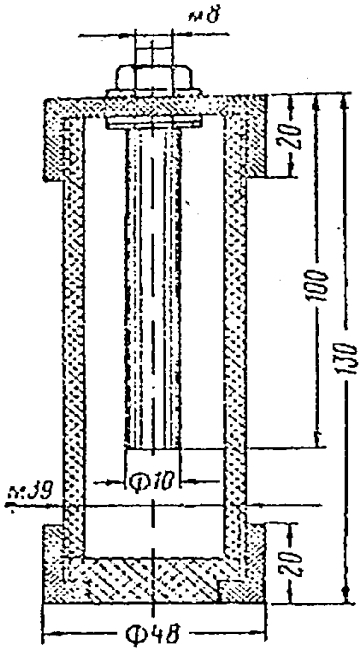
Жерасты құрылыстардың жерге қатысты потенциалдарын өлшеу үшін түрлі салыстыру электродтарын қолданады. Коррозиялық электрометрлік жұмыстарды жүргізу кезінде салыстыру электродтарының болатты және мыс – сульфатты екі түрін қолданады.

Егер потенциалдарды өлшеу үшін қарапайым болат немесе кез келген металл электродты қолданса, электр тогы өту барысында ол топырақтың қасиеттеріне байланысты түрлі деңгейде поляризацияланады, бұл өлшеу нәтижелерінің қате болуына әкеледі. Қарапайым болат электродты қолдану кезіндегі өлшеу нәтижелеріне енгізілген қате бірнеше ондаған вольтқа жетуі мүмкін. Сондықтан өлшеу кезінде салыстыру электродының потенциалы құбырөткізгіш жолының кез келген аймағында тұрақты болуы тиіс. Мұндай қасиет стандартты салыстыру электродында, мысалы мыс-сульфатты электродта болады. Салыстырудың мыс-сульфатты электроды кез келген электролитпен жанасу кезінде өзінің потенциалын сақтайды. Оның потенциалының «мыс – мыс сульфатының қанықкан ерітіндісі» шекарасында

пайда болатын тұрақты секірісі аспапты өлшеулер көмегімен қорғалатын болат құрылыс пен қоршаған жер қыртысы шекарасындағы потенциал секірісімен салыстырылады.

Болат электроды – ұзындығы 30-35 см және диаметрі 15-20 мм стержень. Жерге кіргізілген электрод ұшы конусқа ұшталған. Жоғарғы ұшынан 5-8 см қашықтықта электрод тесілген және өлшеуіш аспаптарды қосу үшін тесікке гайкамен немесе барашкамен болт престелген (басылған). Өлшеуді жүргізу алдында металл электродтар беті металл жылтырдан тазартылуы қажет.

Мыс-сульфатты электрод арнайы металл емес ыдысқа құйылатын мыс купоросының $CuSO_4$ сулы қаныққан ерітіндісіне салынған қызыл мыс стерженінен тұрады. Электрөткізгіш ерітінді оның сыртқы бетін мыс электрод пен ыдыс орналастыратын жер арасында гальваникалық жанасу тудырып сулайды (7.7-сурет).



7.7-сурет. Мыс-сульфатты электрод

– мыс-сульфатты электродтармен өлшеу алдында төмендегі шарттарды орындалу қажет:

– мыс стерженді ластану мен тотығу қабыршағынан тазалау (әдетте бұл стерженді күкірт және азот қышқылдарының қоспасында қайнатылған тұз қосу арқылы тазартумен іске асырылады; тазартудан кейін стерженді дистилденген немесе қайнаған сумен мұқият шаю керек; электрод ыдысына қышқыл түспеуі тиіс);

– электродты купорос кристалдарын қосу арқылы таза мыс купоросының дистилденген немесе қайнаған судағы қаныққан ерітіндісімен құю (электродты өлшеуден бір күн бұрын құю керек; құюдан кейін барлық электродтарды саңылау электр сақтандырғышы ерітіндіге толығымен салынуы үшін мыс купоросының қаныққан ерітіндісі бар шыны немесе

эмальды бір ыдысқа орналастыру қажет, электродтардың жоғарғы ұштарын өзара сыммен жалғау қажет).

7.5 Коррозиялық іздестіруді жүргізу кезіндегі қауіпсіздік техникасы

Шурфтар мен құдықтарда өлшеуді жүргізу кезінде құбырөткізгішке онда кернеу айқындалмағанша жақындауға тыйым салынады. «Құрылыс-жер» потенциалдарының айырмашылықтарын өлшеу кезінде өткізгіштерді алдымен аспапқа, кейін бір өткізгішті салыстыру электродына, содан кейін ғана басқа өткізгішті құрылысқа жалғайды.

Газ пайда болуы мүмкін қауіпті жерлерді, сонымен қатар құдықтар мен шурфтарды (жұмысшылар түсуден бұрын) мұқият желдету қажет, ал кейін газоанализаторлар көмегімен ауа құрамы бақылануы тиіс. Газ кенет пайда болған жағдайда жұмыстар тез арада тоқтатылуы тиіс, ал жұмысшылар қауіпті аймақтан шығарылуы керек. Құдықтарда, шурфтарда жұмыстарды жасауға кем дегенде екі жұмысшы бөлінуі қажет. Олардың біреуі (сақтандырушы) екіншісінің қауіпсіздігін жоғарыдан бақылауы керек. Астындағы жұмысшыда өзімен шахтер шамы мен бос бір ұшы екінші жұмысшы қолында болуы тиіс сақтандырушы белдігі болуы керек.

Газдың түзілуі немесе пайда болуы мүмкін жерлерде жұмыс істейтіндер осы газдың химиялық құрамына сәйкес қорғаныш газқағарлармен, қышқыл оқшаулағыш аспаптармен (ҚОА) немесе шлангі газқағарлармен жабдықталуы тиіс. Жолдың жүру бөлігіндегі, трамвай линиясы және электрофицирленген темір жол транспорты рельстеріндегі бақылау пункттеріндегі өлшеулерді екі адам жүргізуі керек, олардың біреуі екіншісінің жұмыс қауіпсіздігін қадағалайды, қоршау орнатады және транспорт қозғалысын бақылайды.

Мыс-сульфатты электродты мыс купоросы ерітіндісімен зарядтау кезінде ерітіндінің тамаққа және бетке түсіп кетпеуін қадағалайды. Зарядка біткен соң қолды мұқият жуу қажет.

Топырақтың меншікті электр кедергісін МС-08 (МС-07) аспабымен өлшеу барысында I_1 и I_2 ток клеммаларында жоғары кернеу пайда болатынын (–1000 *В*) есте сақтау қажет, сондықтан аспапқа жалғанған жалаңаш өткізгіштерге жақындау ток соғуға әкелуі мүмкін. Генератор тұтқасын айналдыру кезінде өлшеу сызбанұсқасын жинауға және бөлшектеуге тыйым салынады.

7.6 Биокоррозия

Жерасты корррозиясын көбіне жер қыртысы мен топырақта кездесетін микроағзалардың тіршілік әрекеті тудырады. Қазіргі таңда биокоррозияға үлкен көңіл бөлінуде. Кейбір шетел авторлары биокоррозия үлесіне барлық коррозиялық бұлдірулердің елеулі мөлшері бар деп есептейді. Бұл мәліметтер жеткіліксіз негізделген, алайда жерасты коррозияға микроағзалардың белсенді қатысуы күмән тудырмайды.

Оттегі болмағанда анаэробты бактерияларды және оттегі болғанда тіршілік әрекеті тоқтайтын аэробты бактерияларды бөліп көрсетеді. Ең үлкен қауіпті табиғатта кең таралған, лайлы, топырақты және батпақты жерлерде, балшықта, ағынды суда, мұнай ұңғымаларында, донналы шөгінділерде, топырақта, цементте, анаэробты жағдайлар болатын жерлерде дамитын анаэробты сульфатты қалпына келтіруші бактериялар тудырады. Бұл бактериялардың дамуына ең қолайлы орта 25–30 °С температура кезіндегі *pH* = 5-9 (оптималды 6–7,5) жер болып табылады. Бактериялар катодты үрдістегі түзілген сутегіні қолданып, оттегіні бөле отырып, жер құрамындағы сульфаттарды сульфид-иондарға дейін қалпына келтіреді.

$$MgS0_4 + 4H^+ = Mg(OH)_2 + H_2S + O_2.$$

Бөлінген оттегі катодты деполяризацияның өтуіне шығындалады. Күкіртсутек осы жағдайлардағы катод үрдісінің өтуін жеңілдете отырып, қышқылды және әлсіз қышқылды жерлерде сутегінің ток күшінің көбеюін төмендетеді. Сульфид иондар болат коррозиясының анодтық үрдісін жылдамдатады. Сульфат қалпына келтіруші бактериялар әрекеті әсерінен күкіртті сутек түзіледі, ол темірмен байланысып, күкіртті темір FeS береді. Кейбір зерттеушілер мағлұматтары бойынша темірдің коррозиялық бүліну жылдамдығы осы бактериялар әсерінен 20 есе өсуі мүмкін.

Жерасты металды құрылыстар үшін де аэробты бактериялар қаупі де аз емес. Металдарды бүлдіруде тіршілік әрекеті барысында келесі теңдеу бойынша күкіртсутекті күкіртке, кейін күкірт қышқылына тотықтыратын аэробты күкіртті бактериялар маңызды рөл ойнайды:

$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + S_2;$$
$$S_2 + 2H_2O + 3O_2 = 2H_2S0_4.$$

Түзілген қышқыл металды жерасты құрылыстарды қарқынды бүлдіреді.

Темір аэробты бактериялардың тірішілік әрекеті оларға коррозия өнімдері ретінде құбыр бетінен қиын алынатын темірдің гидрототығының қабыршағының $Fe(OH)_3$ (қоңыр-қызыл түсті) бөлумен жүргізілетін темір иондарының қажеттілігімен және оларды оттегімен қайта өндеуге негізделген.

Сондықтан коррозиялық үрдіске биологиялық фактор әсері металға микроағзалармен (күкіртті сутек) өндірілетін өнімдердің тікелей әсері түрінде, сонымен бірге дифференциалды аэрацияның коррозиялық элементтерінің пайда болуына әкелетін металдарда қабыршақтардың түзілуі түрінде байқалады.

Биокоррозияның қауіптілік дәрежесін фунт үлгілерінің бактериологиялық сараптамасымен анықтайды. Тәжірибеде мұндай сараптаманы микроағзалардың грунттың жағдайларының тұрақтылығын сақтау мақсатында сынақ сұрыптайтын жерде жасаған жөн.

7.7 Жерасты құбырөткізгіштерінің қорғаныш жабындары

7.7.1 Оқшаулағыш жабындарға қойылатын талаптар

Құбырөткізгіштерде қолданылатын оқшаулағыш жабындар келесі негізгі талаптарды қанағаттандыруы қажет:

– жоғары диэлектрлік қасиеттері;

– тұтас;

– құбырөткізгіш металына адгезиясы (жабысқақтығы) жақсы;

– су енгізілмейтін;

–жоғары механикалық беріктігі және эластикалығы, жоғары биотұрақтылығы болуы тиіс;

– термотұрақты (жоғары температура әсерінен жұмсармауы және төменгі температура әсерінен жеңіл болып қалмауы тиіс) ;

– жабындар құрылысы салыстырмалы қарапайым болуы керек, ал оларды тасуға – механизация мүмкіндігін қолдану қажет;

– жабын құрамына кіретін материалдар дефицит болмауы керек, ал жабынның өзі қымбат емес, ұзаққа шыдау тиіс.

Қолданылған материалдарға байланысты жабындарды битумды мастикалар, полимерлі жабысқақ ленталар, эпоксидті полимерлер, таскөмірлі ортада болу негізіндегі және шыны эмальді деп бөледі. Битумды мастикалар негізіндегі жабындар кеңінен таралған.

7.7.2 Битум негізіндегі оқшаулағыш жабындар

Битумды жабындардың құрылысы олардың ұзағынан қолданылуы нәтижесінде қалыптасты. Алдымен құбырға битумнің бензиндегі немесе дизотындағы ерітіндісін жаққанда алынатын грунттау қабаты болады. Ол металл бетіндегі микротегіс еместікті толтырады. Топырақтау неғұрлым толық жанасуды, демек металл беті мен негізгі оқшаулағыш қабат – битумді мастикамен арасындағы адгезияның жақсы болуын қамтамасыз ету үшін қолданылады.

Битумді мастикалар баяу балқитын битумнің (оқшаулағыш–БШИ-IV-3, БНИ-IV, БНИ-V; құрылыс – БН-70/30, БН-90/10), толтырғыштардың (минералды – асбест, доломит, әктас, тальк; органикалық – резиналы үгінді; полимерлі – атактикалық полипропилен, төменгі молекулалы полиэтилен, полидиен) және пластификаторлардың (полиизобутилен, полидиен, жасыл май, автол) қоспасы болып табылады. Битумді мастиканы құбырға 150– 180 °С температура кезінде жағады. Салқын грунтовканы балқыта отырып, мастика металл бетінің микротегіс емес жерлерінің бәріне енеді, бұл оқшаулағыш жабынның жақсы адгезиясын қамтамасыз етеді.

Битумді мастиканың қабатын қорғау үшін ол жоғарғы жағынан қорғаныш орауышпен (шыныхолстпен, бризолмен, бикарулмен, ПДБ және ПРДБ орауышымен) жабылады. Битумді мастика негізіндегі жабындардың құрылысы туралы мәліметтер 7.1-кестеде берілген.

7.1-кесте. Битумді оқшаулағыш жабындар құрылысы

Оқшаулауыш түрі	Жабын құрылысы	Жалпы қалыңдығы, мм
Орташа	Топырақтау, мастика (4 *мм*), шыныхолст (1 қабат), қорғаушы орауыш	4,0
Жақсартылған	Грунтовка, мастика (6 *мм*), шыныхолст (1 қабат), қорғаушы орауыш	6,0
Жақсартылған	Топырақтау, мастика (3 *мм*), шыныхолст (1 қабат), мастика (3 *мм*), шыныхолст (1 қабат), қорғаушы орауыш	6,0

Оқшаулағыш жабынның түрі мен құрылысын таңдау барысында келесі кепілдемелер алады. Фунттардың меншікті электркедергісі шамасына тәуелсіз оқшаулаудың жақсартылған түрі құбырөткізгіштердің аралық қабаты кезінде қолданылады:

– сол жақ кеңдікте оң жақтағы 50-параллель;

– елдің кез келген ауданындағы тұзды, батпақты, суарылған топырақтарында;

– темір және көлік жолы арқылы өтетін жерінде себуден 20 м қашықтықта қабысу аймақтарды қоса алғанда;

– мұнайгаз аумағында 250 *м*-ден оларға құбырөткізгіштердің аймақтарын қосқанда;

– өндірістік және тұрмыстық пайдаланған сулар аймақтарында, қоқыс және шлак тастайтын жерлерде;

– адасқан токтар бар аймақтарда;

– өзендерге, каналдарға, көлдерге параллель қойылған құбырөткізгіштерде.

Битумды мастикалар негізіндегі оқшаулағыш жабындар тасылатын өнімнің 40 ^{0}C-тан көп емес температурасы кезінде қолданылады.

7.7.3 Полимерлі жабындар

Құбырөткізгіштерді қорғау үшін келесі материалдардан полимерлі жабындарды қолданады:

– полиэтиленді оқшаулағыш жеңіл ленталардан;

– поливинилхлоридті оқшаулағыш жеңіл ленталардан;

– эпоксидті ұнтақ бояудан;

– шаңдалған полиэтиленнен;

Полимерлі жабындар құрылысы туралы мәліметтер 7.2-кестеде келтірілген. Полимерлі жабын түрін құбырөткізгіш бойымен тасымалданатын өнім $t_П$ температурасына байланысты таңдайды. Ұнтақ полиэтиленді жабындыларды $t_П \leq 70$ °С кезінде, эпоксидті – $t_П \leq 80$ °С кезінде; полиэтиленді жеңіл ленталарды – $t_П \leq 70$ °С кезінде, поливинилхлоридті жеңіл ленталарды – $t_П \leq 40$ °С кезінде қолданады.

Арнайы "жанатын" құбырөткізгіштер үшін ЛЭТСАР-ЛПТ ($t_{П} \leq$ 120 °С), полимер лентасы жасап шығарылды.

7.2 кесте - Полимерлі жабындар құрылысы

Қорғаныш жабынының түрі	Қорғаныш жабынының құрылысы мен материалдары	Қалыңдығы, мм (аз емес)
Орташа	Полимер немесе битумді-полимер грунтовка, полиэтиленді оқшаулағыш жеңіл лента, қорғаныш орауышы	1,35
Орташа	Полимер немесе битумді-полимер грунтовка, поливинилхлоридті оқшаулағыш жеңіл лента, қорғаныш орауышы	1,50
Жақсартылған	Полимер немесе битумді-полимер грунтовка, полиэтиленді оқшаулағыш жеңіл лента (2 қабат), қорғаныш орауышы	1,70
Жақсартылған	Диаметрлері келесідей құбырлар үшін ұнтақтардан экструдирленген немесе құбырда балқытылған полиэтилен – 1020 *мм*-ге дейін –1020 *мм*-ден 1220 *мм*-ге дейін – 1 220 *мм* және жоғары	2,0 2,5 3,0
Жақсартылған	Эпоксидті ұнтақты бояу	0,25

Шетелдік полимер ленталары да қолданылады: Поликен 980-25, Плайкофлекс 440-25, Плайкофлекс 45-25 (АҚШ), Нитго 53-635, Фурукава Рапко НМ-2 (Жапония). Олардың қолданылу температурасы 70 °С-тан жоғары емес. Эпоксидті ұнтақты бояу және шаңдалған полиэтилен негізіндегі жабындар негізінен зауыттық жағдайларда дайындалады. Қазіргі таңда оқшаулағыш құбырлардың шығарылу қуаттылығы шектелген. Сондықтан битумділермен қатар жеңіл ленталар негізіндегі жабындар кеңінен қолданылады. Олар өте технологиялы (салып жүрудің қарапайымдылығы, жұмыс механизациясының қолайлығы), алайда осалды - металл бетіне өткір шығыңқы. Өткір тастарды мұндай оқшаулағышты тұтастығын кетіріп, оңай теседі. Осыған байланысты тесілуі қиын битумді мастикалар негізіндегі жабындарды қолдану тиімді. Дегенмен битумді мастикалар уақыт өте "ескіреді": эластикалығын жоғалтады, жеңіл болып қалады, құбырөткізгіштерден қабаттары ажырайды.

Бақылау сұрақтары

1. Топырақ коррозиясының өту механизмін түсіндіріңіз.
2. «Электролиттер және электролиттер еместер» дегеніміз не?
3. «Топырақ электролиті» деген терминді қалай түсінесіз?
4. Топырақтың меншікті кедергісін немен анықтайды?
5. «Топырақтың меншікті электр кедергісі» дегенге анықтама беріңіз.
6. Топырақтың меншікті электр кедергісінің шамасының өлшемі қандай?

7. Топырақтың меншікті электр кедергісі қандай параметрлерге тәуелді?

8. Топырақтың коррозиялық белсенділігін анықтаудың қандай әдістерін атап бере аласыз?

9. Коррозиялық өлшеудің қандай аспаптарын тәжірибеде қолданылады?

10. Биокоррозияның пайда болу принциптерін түсіндіріңіз.

11. Бактериялардың қандай түрлері бар және олардың коррозия үрдісіне әсері қандай?

12. Жерасты құбырөткізгіштердің оқшаулағыш жабындарына қандай талаптар қойылады?

13. Оқшаулауыш түріне байланысты битумді мастикалар құрылысын айтып беріңіз.

14. Қорғаныш жабынының түріне байланысты полимер жабындардың құрылысын айтып беріңіз.

8. КӘСІПШІЛІК ЖАБДЫҚТАР КОРРОЗИЯСЫ

8.1 Кәсіпшілік жабдықтардың коррозиясы туралы жалпы сипаттама

Мұнай-газ кәсіпорындарының кешендерін әртүрлі технологияларымен сипатталынатын үлкен өндірістер саны қамтиды:

– энергетикалық, машина жасау және химиялық кәсіптік нысандары;

– құбырөткізгіш коммуникациялар;

– мұнай, газ, сығылған ауа, су, химиялық реагенттерді тасымалдау бойынша құрылғылар;

– құрылыстық-жөндеуші ұйымдар;

– теңіз гидротехникалық құрылымдары;

– арнайы теңіз флоты және т.с.с.

Басты спецификалық нысандары:

– бұрғыланып жатқан және ұңғымаларды пайдалану;

– кәсіпшілік коммуникациялар;

– ұңғымаларды саз балшықты ертінділермен, су және газбен қамтамасыз етуші жабдықтар;

– ұңғымалық өнімдерді және қабаттық суларды дайындау бойынша жабдықтар;

– тауарлық парк;

– мұнай, газды сақтау, жіберу және тасымалдау нысандары.

Технологиялық үрдістердің, климаттық және географиялық жағдайларының көптүрлілігі, металл шығынының көп мөлшері, пайдаланудың қатаң шарттары жабдықтардың тозуының басты негізгі мәселесі болып саналады, себебі жабдықтардың тозуы және оларды басқасымен ауыстыру мұнай және газды өндірудің техника-экономикалық тиімділігін және өндірудің өсу қарқынын анықтайды.

Теңіз суларының әсерінен қарқынды коррозияға ұшырайтындар:

- теңіз кәсіптік элементтері;
- су асты құбырөткізгіштері;
- кәсіпшілік флот.

Теңіз, тұщы және қабаттық сулардың әсерінен, әсіресе күкіртті сутек және тұз қышқылдары қатысуында жылу алмастырушы аспаптардың, құбырөткізгіштердің, сораптардың және ұңғыма құбырларының барлық ішкі беттері зақымдалады.

Абразивті коррозиялық тозуға жоғары мөлшерде құм құрамы бар мұнайлы ұңғымалардың лифтілік шаруашылықтары ұшырайды.

Жабдықтарға түсірілген жоғары жүктемелер әсерінен тереңдікті-сорапты қарнағы мен бұрғылау құбырларында коррозиялық-қажу құбылыстары орын алады.

Кавитациялық зақымдануға турбиналардың қалақтары мен ортадан тепкіш сораптардың жұмысшы доңғалақтары ұшырайды.

Сонымен кәсіпшілік ішкі және сыртқы коррозияларды жиі кездестіруге болады, олар барлық ұңғымалардың жабықтарында болады.

Ішкі коррозияларға ең қарқынды ұшырайтындары – бұл күкіртті сутек немесе су құрамы кездесетін газконденсатты және мұнайлы кен орындардың жабдықтары.

Күкіртті сутек және су құрамы жоқ, таза газды кен орындардың жабдықтары ішкі коррозияға ұшырамайды.

Ұңғымалар жабдықтарындағы қарқынды коррозияның басты себептері:

– күкіртті сутектің болуы;

– көмірқышқыл газының болуы;

– минералды судың жоғары құрамы.

Мысалы, бұрғылау, мұнай және газды өндіру, тасымалдаудағы басты мәселе бұл бұрғылау, лифтілік, мұнай және оны жағалай өткізілген құбырларының қызмет ету мерзімі. Күкіртті сутегі, көмірқышқыл газы, органикалық қышқылдардың газда, мұнай және қабаттық сулар құрамында болуы құбырлардың тез істен шығып қалуына алып келеді.

Мұнайлы және газды өнеркәсіптің кәсіпорындарында әртүрлі материалдар түрлері: ағаш, бетон, резеңке, пластмасса, түсті металдар, көміртексіздендірілген болаттар қолданылады, олардың барлығы қарқынды тозуға ұшырайды және ескіреді.

Бұрғылаудағы ағаш элементтер, эстакада төсеніштері, электр тасымалдау линияларының (ЭТЛ) тіректері қарқынды шіруге және механикалық тозуға ұшырайды.

Кәсіпшілік нысандардың бетонды элементтері, оның және арматуралардың коррозияға ұшырауы себебінен, сонымен қатар қатып қалу себептерінен зақымданады.

Барлық полимерлі материалдар мен резеңкелер тозу нәтижесінде өздерінің төзімділіктерін жоғалтады.

Коррозиялық зақымданудың себептері әртүрлі.

Қарқынды атмосфералық коррозияға барлық кәсіпшілік жабдықтар ұшырайды:

– эстакадалар;

– ЭТЛ тіректері мен сымдары;

– кәсіпшілік жабдықтардың сыртқы беттері мен құрылыстары;

– кәсіпшілік ғимараттардың металл құрылғыларының элементтері;

– теңіз кәсіптік жабдықтары.

8.2 Кәсіптік жабдықтардың коррозиясының түрлері

Жоғарыда көрсетілгендей, мұнай және газконденсатты кенорындарда сұйық немесе газдың қасиеттеріне, тасымалдау тәсіліне байланысты коррозияның көптеген түрлері кездеседі.

Мысалы, жоғары жүктемелер түсетін тереңдікті жабдықтар мен сораптық-компрессорлық құбырлар кернеу әсерінен коррозияға ұшырайды, нәтижесінде жарықшақтар және ойықтар пайда болады.

Нүктелік коррозия агрессивтік ортаның бірнеше нүктелерде әсер етуінен (құбырлардың сыртқы беті) болады, және мұндай пайда болған қаяулар (раковиналар) құбыр денесіне терең еніп кетеді. Мұндағы металл

шығыны үлкен болмаса да, аралық тесіктер немесе қабырғалар қалыңдықтарының шамадан тыс азаюы себебінен бұл құбырлар істен шығып кетуі мүмкін.

Сонымен, мұнай және газды ұңғымалардың жабдықтары мен құбырларының зақымдалуларының басты себептері:

– мұнай, газ және конденсаттардың агресивтік құрамдас бөлігіне әсер етуінен болатын электрохимиялық коррозия;

– ұңғыма өнімдерінің агресивтік құрамдас бөлігінен болатын химиялық коррозия;

– кернеулік коррозия;

– микроағзалардың тіршілік ету әрекеті нәтижесінде болатын коррозия;

– көпіршіктердің соққылық әсері нәтижесінде болатын кавитациялық коррозия және құмнан болатын құйынмен күшейтілген коррозия;

– металдың сутектік морттық ауруы.

Сонымен бірге:

– мұнай және газконденсатты ұңғымалардың болат жерасты жабдықтарына түсетін жоғары жүктеме;

– жабдықтардың жиі бұзылып қалуын болдыратын агрессивті коррозиялық реагенттердің болуы;

– жерасты жабдықтарын жөндеудің күрделілігі;

– зақымданған элементтерін ауыстыру үшін өндіруді тоқтату кезінде болатын шығындар;

– басқа да шығындар үлкен экономикалық шығындарға ұшыратады, сонымен қатар тиімділікті коррозияға қарсы іс-шараларды жүзеге асыруда қажет етеді.

Коррозия себебінен болатын қайтымсыз шығындар шамамен жылына бастапқы массаның 8 %-ын құрайды деп алсақ, жалпы шығын 20 %-ға дейін болуы мүмкін.

Жоғары көмірсутек пен сулы конденсаттар құрамымен, көп жағдайларда асқын жоғары түрлі агресивтік компоненттермен, жоғары физикалық параметрлі, өнімділікті қабаттары терең шоғырлануымен ерекшеленетін газконденсатты типтік жаңа кен орындарды ашу және игеру жұмыстары кәсіптік жабдықтарды коррозиядан қорғаудың жаңа мәселелерін қарастыруды қажет етті. Алдымен әр нақты жағдай үшін үрдістің дамуын анықтайтын коррозияның басты себептерін анықтау және зерттеу қажет болады.

Жүргізілген тәжірибелер газконденсатты кәсіпшілік жабдықтардың ішкі коррозиясының негізгі себептерінің көптігін көрсетті;

– ұңғыма өнімдерінің агрессивті құрамдас бөліктері (күкіртті сутек, көміртектің қос тотығы, қарапайым органикалық қышқылдар – сірке, құмырсқа, пропиондық және т.б.);

– газдың температурасы мен жылдамдығы;

– су ортасының минералдылығы.

Жабдықтардың коррозияға ұшырауының басты себептері мен факторлардың көп болғандығымен, олардың басты негізі электрохимиялық коррозия үрдісіне негізделеді.

Электрохимиялық коррозия үрдісінің жүруі үшін міндетті шарт металдың электролитпен түйісуі, ұңғымаларда олардың рөлін кез келген газ және газконденсатты ұңғымаларда кездесетін су немесе сулы конденсат атқарады.

Сулы конденсаттармен бірге газконденсатты ұңғымаларда әрқашан газдан ауыр көмірсутекті фракциялардың конденсациялану есебінде физикалық көрсеткіштерінің өзгеруімен түзілетін көмірсутектік конденсат қатысады. Қарапайым жағдайда табиғи газдардың құрамына кіретін көмірсутекте коррозиялық-активті (белсенді) болып табылмайды.

Сонымен мұнайлы, газды және газоконденсатты ұңғымаларда коррозия үрдісінің дамуы судың немесе сулы конденсаттың және оларды еріген агресивтік құрамдас бөліктерімен анықталады.

8.3 Кәсіпшілік жабдықтардың коррозиялық себептері

8.3.1 Көміртектің қос тотығының кәсіпшілік жабдықтарына әсері

Кен орындарда жабдықтардың қарқынды коррозиялық зақымдалуларының басты себебі: кәсіпшілік жабдықтарының металдарына суда еріген көміртек екітотығының агресивті әсер етуі.

Металдың коррозия үрдісінде көмірқышқыл газының әсері екі тұрғыдан түсіндіріледі.

Біріншіден, суда CO_2 жақсы еруі нәтижесінде ортаның қышқылдығы күрт өсе түседі және электрохимиялық коррозия үрдісі активтендіріледі, мұнда электролит рөлін газды сұйық ағынының сулы фазасы атқарады.

Екіншіден, суда түзілген көмірқышқыл металмен тікелей әрекеттесуде коррозияны болдырады. Мұнда келесі реакцияның жүруі ықтимал:

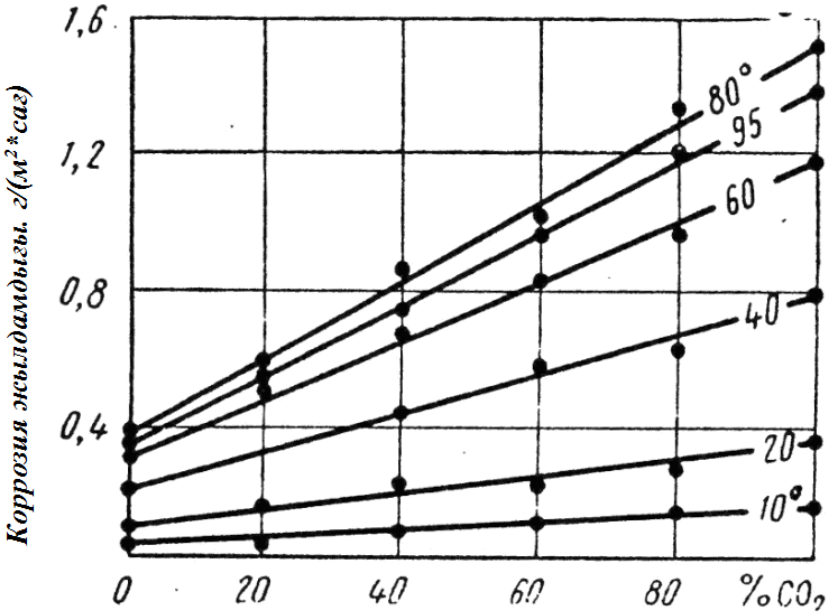
$$Fe + H_2CO_3 \rightarrow FeCO_3;$$

$$Fe + H_2CO_3 \rightarrow Fe(HCO_3)_2.$$

Реакция нәтижесінде түзілген темір гидрокарбонаты (коррозия өнімі) суда жақсы ериді, және жабдықтардың қабырғаларынан жеңіл алынады.

Көмірқышқылдық коррозия үрдісінің қарқынды дамуы бірқатар факторларға байланысты, оларға CO_2 концентрациясы, оның үлестік қысымы, температура, газ ағыны жылдамдығы жатады.

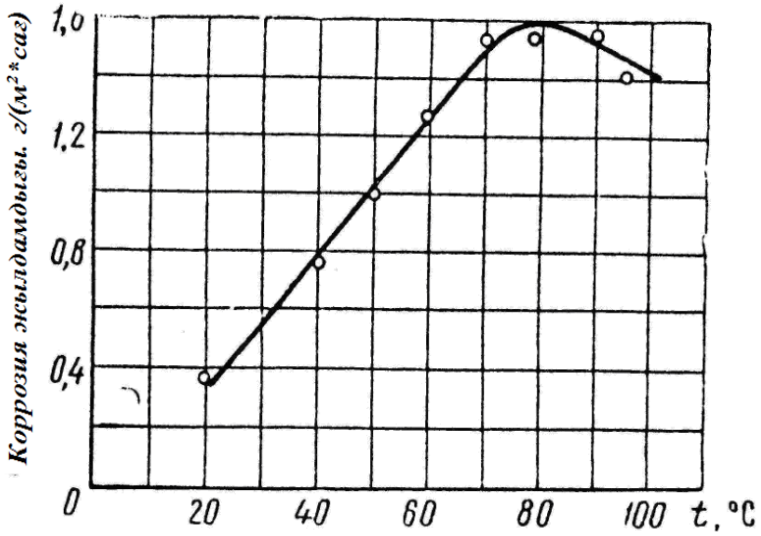
CO_2 концентрациясының Д маркалы болаттың коррозия жылдамдығына әсері 8.1-суретте берілген.



8.1-сурет. Көмірқышқыл газы (CO_2) концентрациясының Д маркалы болат коррозиясы жылдамдығына әсері

Суретте ұңғымалық өнімдегі CO_2 пайыздық құрамының жоғарылауы нәтижесінде коррозия жылдамдығы артады.

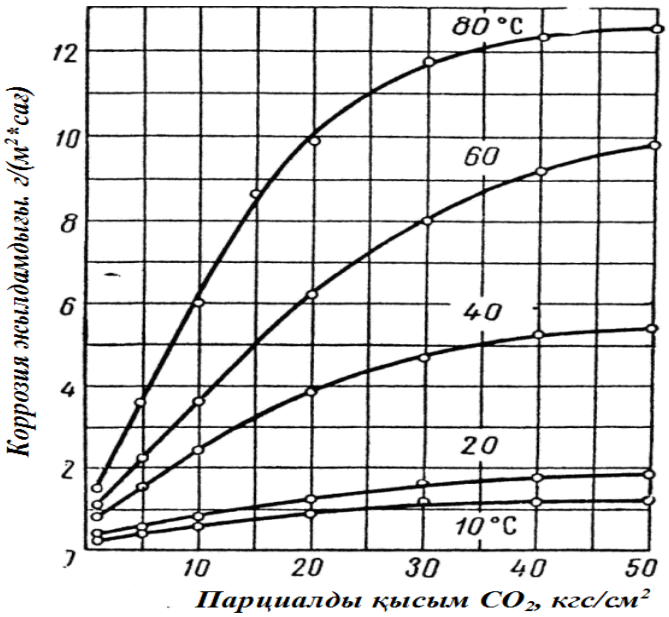
Д маркалы болаттың көмірқышқылдық коррозиясының жылдамдығының температураға тәуелділігі 8.2-суретте берілген.



8.2-сурет. Д маркалы болаттың көмірқышқылдық коррозиясының жылдамдығының температураға тәуелділігі

Суреттен көріп отырғанымыздай, температураның жоғарылауы коррозия жылдамдығының артуына алып келеді. Ең үлкен коррозия жылдамдығы 80 ^{0}С бақыланады.

Д маркалы болат коррозиясы жылдамдығының CO_2 үлестік қысымына тәуелділігі 8.3-суретте берілген.



8.3-сурет. Д маркалы болат коррозиясы жылдамдығының CO_2 үлестік қысымына тәуелділігі

Суретте көрсетілгендей, ұңғыма өніміндегі CO_2 үлестік қысымының жоғарылауы болат коррозиясының жылдамдығының артуына алып келеді. Ең тиімді коррозия үрдісі температураның жоғарылауында жүреді.

CO_2 - көмірқышқыл газы H_2S және O_2 бірге коррозиялық-агрессивті агенттердің негізгілерінің бірі болып табылады. Оның мұнай өндірістік салалар ортасында аздаған мөлшерінің өзі қондырғының интенсивті бұзылуына алып келеді. Көмірқышқыл газы қандайда бір арнайы коррозиялық әсерге ие емес, ол тек көмірқышқылының пайда болуы мен диссоцияцияланууы нәтижесінде pH ортаның төмендеуіне жауап береді.

CO_2 көміртек диоксиді суда ери отырып, әлсіз көмірқышқылын түзеді, ол екі сатыда HCO_3 гидрокарбанат және CO_3^- иондарының пайда болуымен карбонат диссоциалайды. 25 °С температурада орын алатындар:

Бірінші деңгейдің диссоциациялық константасы $K_1 = 4{,}47 \cdot 1(H$ ($pH = pK1 - lgK1 = 6{,}4$): $K1 = [H^+][HCO_3]/[H_2CO_3]$;

Екінші деңгей константасы $K_2 = 4{,}68 \cdot 1CH^1$ (pH 10,3); $K_2 = [H^+]$ [$C0_3$~] /[HCO3].

Осылайша, $pH < 6{,}4$ болатын ерітіндіде H_2CO_3 молекулярлы түрде болады, $6{,}4 < pH < 10{,}3$ кезінде ерітіндіде HCO_3 иондары ретінде және $pH >$ 10,3 кезінде CO*- түрінде болады.

Көмірқышқыл ерітінділерінің минималды pH мәні CO_2 қанығу қысымы 1 *МПа* болған кезде тұщы суда 3,3 құрайды. Температура мен минералдаудың жоғарылауымен көмірқышқылының диссоциация константасы да жоғарылайды және pH 3%-дық $NaCl$ ерітіндісінде 2-ге дейін төмендеуі мүмкін.

Көмірқышқылдың коррозиялық процесі сутекті деполяризациямен жүреді. Оның жылдамдығы CO_2 газының парциалды қысымның және температураның жоғарылауымен өседі.

Сондай-ақ, *pH*-тың бірдей мәнінде болат коррозиясы күшті қышқыл ерітінділегілермен салыстырғында анағұрлым интенсивті жүреді. CO_2 қатысында коррозиялық процестердің күшеюі деполяризацияға шығындалатын H^+ иондарының алынуымен түсіндіріледі. Мұнымен қатар, H_2C0_3 диссоциацияның нәтижесінде катодты процесс H^+ иондарының диффузиясымен шектелмейді.

P_{CO2} жоғарылауы кезінде көмірқышқыл коррозиясының жылдамдығының артуын тәжірибелік бақылауы келесі тұжырымдарды нақтылайды. Осылай, $C0_2$ париалық қысымының артуымен pH орталар төмендейді. Алайда 3,3 мәніне жеткен кезде pH төмендеуі тоқтатып, коррозия жылдамдығы P_{CO_2} = 5 МПа дейін артады.

Катодты деполяризация процесінде H_2C0_3 қатысу мүмкіншілігі туралы болжамдар [26] еңбегінде көмірқышқылын 0,1 МПа қысымда дымқыл қыртысы арқылы өткізгенде темір потенциалының оң араласуын бақылау негізінде $C0_2$-ң метанға дейін электрохимиялық тотықсыздануының сызбасы ұсынылған. Процесс бірнеше кезеңнен өтеді:

(1) $CO_2 + 2H_3O^+ + 2e^- \rightarrow HCOOH + 2H_2O$

(2) $HCOOH+$

(3) $HCOH + 2H_3O^+ + 2e^- \rightarrow CH_3OH + 2H_2O$

(4)++

Бұл бағытта Де Варда-Д. Миллиамс теориясы да дамыған, ол бойынша катодты процесс деполяризациясы бірнеше кезеңде жүреді. Бұл кезде барлық процестің жүру жылдамдығын тежейтін баяу кезең $H_2CO_э$ тотықсызданууы болып табылады:

Сутекті одан әрі рекомбинация немесе электрохимиялық де-сорбциямен жою жылдам кезеңдер болып табылады.

Бұл процестермен бірге "қарапайым" сутектің катодты бөлінуі орын алуы мүмкін, бірақ ол да анықтаушы болып табылады.

Осылайша, болаттың көмірқышқылдық коррозиясы кезінде деполяризацияның орындалу жолдары:

– ерітінді көлемінен сутек иондарымен;

– H_2CO_3 электродты қабатқа диссоциациясы кезінде сутек иондарымен;

– катодты процесте H_2CO_3 қатысуымен.

8.3.2 Кәсіпшілік жабдықтарға төменгі молекулалық органикалық қосылыстардың әсері

Газконденсатты және газды ұңғымалар өнімдерінде кеңінен кездесетін кейбір төменгі молекулалық органикалық қышқылдар (сірке, құмырсқа және т.б.) кәсіпшілік жабдық металдарына агрессивті орта болып табылады.

Органикалық қышқылдардың коррозиялық белсенділігін анықтау бойынша жүргізілген тәжірибелер, металдарға қышқылдың тіпті кішігірім концентрациясы (1 *л* сулы конденсатқа шаққанда 150 *мг* бірнеше есеге асады) және органикалық қышқылдардың үлкен концентрациялары коррозиялық үрдістің дамуында өзіндік және анықтаушы рөлді атқаратынын көрсетті.

Ұңғымалар өнімдері құрамындағы органикалық қышқылдар көміртектің қос тотығының құрамдас бөліктері болып табылады.

Мысалы, Майкопск және Крыловск кенорындарының конденсациялық суларындағы органикалық қышқылдар құрамы бірдей (44 *мг/л*), бірақ CO_2 үлестік қысымдары мен газ температураларының үлкен айырмашылықты болуы себебінен бұл кенорындардағы коррозия жылдамдықтары бір-біріне ұқсамайды.

Яғни, газконденсатты кенорындар қатарында 1 *л* суға шаққанда органикалық қышқылдардың 100-150 *мг* мөлшерде болуы - коррозияның екінші деңгейлі факторы болып табылады. Бұларды коррозиядан қорғаныстық құралдар мен тәсілдерін құруда білу маңызды.

8.3.3 Күкіртті сутек коррозиясы

Мұнай кәсіпшілігінің жабдықтарындағы коррозияның басты себебі: жұмысшы ортада күкіртті сутегі және ұңғыма өнімдерінде минералданған су құрамының жоғары болуы.

Күкіртті сутегінің қатысуында болат барлық жерде коррозияға ұшырап, күкіртті темірді түзеді. Күкіртті темір қорғаныстық қабыршақты түзбейді, сондықтан да коррозия жылдамдығы уақыт өте төмендейді.

Кәсіпшілік жабдықтарының күкіртті сутек коррозиясы ортаның коррозиялық құрамына байланысты, яғни күкіртсутектің болуымен бірге коррозиялық агресивтілікпен қатар келесідей факторлардың маңызы зор. Олар: тасымалданатын ағынның ылғалдылығы, температурасы және оның қысымы, сулы және көмірсутекті фазалардың болуы, агрестивтік газдардың қатысуы, мысалы көмірқышқыл газы (CO_2).

Күкіртті сутек, бұрын да айтылғандай ерекше күшті стимулятор; коррозиялар және оның мұнай өндірісі ортасында болуы қондырғы үшін ең үлкен қауіп тудырады. Қалыпты жағдайда оның судағы ерітіндісі 3 *г/л* құрайды, мұнайда – бір ретке жоғары. Суда ери отырып, H_2S әлсіз қышқыл болып, HS^- ионының гидросульфидінің және S^{2-} ионының сульфидінің пайда болуымен сатыда диссоциялайды 25 °С температурасы кезінде орын алатындар:

Диссоциация константасына бірінші саты = *9,5 * lO*^{8} *(pH = pK,* = -lgK, = *7):* К = *[H*$^+$*][HS1/[H*$_2$*S];*

Екінші саты константасы $К_2$ = *1,3 * lO*^{13} *(pH = 12,9):* $К_2$ =*H*$^+$*][S*^{2} *]/[HS*$^-$ *]* Осылайша, H_2S *pH* < 7 болатын ерітіндіде молекулярлы түрде болады, 7 < *pH* < 12,9 кезінде HS^- иондары түрінде және *pH* >12,9 кезінде S^{2-} иондары түрінде болады.

Келтірілген диссоциация костанталары теңдіктерін қолдана отырып, *pH* ортасының белгілі мәні үшін ерітіндідегі иондар концентрациясының қатынасын анықтауға болады.

Күкіртті сутек коррозиясы сутекті деполяризациямен жүреді. Айналмалы дискті электродта жүргізілген тәжірибелік зерттеулер токтың шектік тығыздығы күкіртті сутек концентрациясына тәуелді емес екендігін және сутек иондарына концентрациялық поляризациясымен

шартталатындығын көрсетеді. Демек, күкіртті сутек катодты поляризацияға қатыспайды, ол тек бірқатар сутек иондарын жылдамдататын катализатор болып табылады.

Бұл З.А. Иофтың H_3O^+ гидроксоний иондарының металдың беткі қабатында адсорбцияланған HS^- гидросульфид иондарымен өзара әсерлесуі нәтижесінде катализатор қасиетін орындайтын беттік комплекс *Fe(H-S-H)*, пайда болуы туралы тұжырымын нақтылайды. Сонымен қатар, сутегі бөлінуінің аса кернеуленуі төмендейді, ал бұл катодты процестерді жылдамдатады.

Темір тотығуының анодты процесінің жылдамдығының артуы, бір жағынан, олардың адсорбциялық байланыстарын HS^- иондарымен беріктендіру кезінде оның беттік атомдарының өзара байланысының әлсіз болуының нәтижесінде пайда болған Fe^+ темір иондарының ерітіндіге өтуінің жеңілдетілуіне байланысты болса; екінші жағынан, мұндай жылдамдату поляризацияның төментеуіне және электродты қабатта темір иондарының сульфид немесе гидросульфид иондарымен химиялық әсерлесуі нәтижесінде темір иондарының бір бөлігінің разрядталуы есебінен болатын тоқтату әсеріне байланысты болып табылады.

pH ортаның күкіртсутек коррозиясы кезінде коррозиялық процестің кинетикасына әсері болатын аймақтың өзгерісімен түсіндіріледі. Көптеген ғалымдар күкіртсутек коррозиясының $pH < 4$ кезінде стимуляцияланатынын атайды. Онда күкіртсутектің зиянды әсерін электродқа HS^- иондарының десорбциясы орындалатын шоггенциалдың кері мәнін хабарлау арқылы, немесе $Fe(HS^-)_{ads}$ H_3O^+ реакциясының күрделілігіне байланысты каталитикалық комплекс түзіле алмайтын анодты иондалумен шектеуге болады.

HS^- иондарымен адсорбциялану кезінде беттік атомдар арасындағы байланыстардың әлсіз сутектің металға енуін жеңілдетеді және аса берік болатта жарықтардың пайда болуын тудырады, бұл қондырғыны жылдамдатылған бұзудың ең қауіпті түрі. HS^- иондары сутек атомдарының рекомбинация процесін біршама тежейді, сондықтан олардың беткі қабаттағы концентрациясы өседі және сутектің металға енуі күшейеді. Сутектің аздаған диффузиясы *pH* 4 кезінде байқалады, ал көбі Шнейдер мәліметі бойынша *pH* 1,5-11,5 диапозонында байқалады.

Қарастырылған оттектің агрессивті әсері, оның ерітіндіде күкірсутекпен бірге болуының салдарынан бірден күшейеді. Олардың өзара әсерінің интенсивтілігі кинетиканың бастапқы және соңғы заңдарына бағынады, сонымен қатар концентрациясына да байланысты.

Температураның анақұрлым жоғарғы әсері нейтралды орталарда, ал ең төменгі әсері жоғарғы және төменгі *pH* орталарда байқалады. Бірінші жағдайда бұл процестің қатты тежелуімен байланысты, ал екінші жағдайда, керісінше, реакция жылдамдығы жоғары болатындығы сонша, температура өзгерісі маңызды болмайды.

O_2 және Fe_2S арасындағы өзара әсерді, сонымен қатар әртүрлі pH орталарда күкіртті сутектің болу формаларын ескере отырып, ең жоғары

жылдамдықта оттегі сульфид және гидросульфид иондарымен әсерлеседі және күкіртсутек иондарымен төменгі деңгейде әсерлесетінін тұжырымдауға болады. O_2 с H_2S әсерлерінің өнімдері күшті катодты поляризаторлар болып табылады, сондықтан халықаралық талаптарда күкіртсутекті мұнай өндірістік орталарда оттек құрамына қатысты өлшеуге келмейтін (0,01 мг/л) шамасына дейін қатаң шектеулер енгізілген.

Ортақ коррозияның пайда болуына қауіп тудырмайтын ерітіндідегі H_2S рұқсат етілген мөлшері, - парциялдық қысымы P_{H2S}0,00035 *МПа*, ал коррозиялық жарықтар > 0,00007 *МПа* болатындығы туралы тұжырым қабылданған.

Бақылау сұрақтары

1. Коррозияға ұшырайтын қандай негізгі ерекше кәсіпшілік нысандарды атай аласыздар?
2. Мұнай және газ жабдықтарын пайдаланудағы «қатты» жағдай терминін қалай түсінесіздер?
3. Атмосфералық коррозияға ұшырайтын кәсіпшілік жабдықты атаңыздар.
4. Жабдықтары коррозияға ұшырайтын мұнай және газ саласының нысандарына жалпы сипаттама беріңіздер.
5. Мұнай және газ кәсіпшілігінің жабдықтары коррозиясының қандай түрлерін атай аласыздар?
6. Мұнай және газ кәсіпшілік жабдықтарының коррозиялық бұзылуының қандай себептері бар?
7. «Ұңғыманың агрессивті құраушысы» дегеніміз не?
8. Көмірқышқыл газының металдың коррозиясы үрдісіне әсерін түсіндіріңіз.
9. Темірдің көмірді қышқылмен реакциясы нәтижесінде не пайда болады?
10. Көмірқышқылды коррозия қандай факторларға тәуелді?
11. CO_2 концентрациясы және температурасынын жабдықтың коррозия үрдісіне әсерін түсіндіріңіз.
12. Кәсіптілік жабдықтар коррозиясының пайда болуының басқа қандай себептерін атай аласыздар?

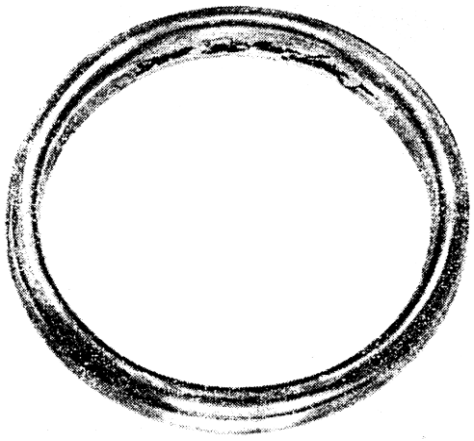
9. ҚҰРАЛ-ЖАБДЫҚТАРДЫҢ КОРРОЗИЯЛЫҚ БҰЗЫЛУЫ

Ұңғылар өнімінде көміртектің тотығына қаныққан сумен әрекетке түсетін құрал-жабдықтың толық сыртқы ауданы көмірқышқыл мөлшері көп болатын кен орындарында коррозияланады. Алайда құрал-жабдықтың бетіне бөліну сипаттамасына байланысты жалпы коррозия бірқалыпты және оның кейбір аумағында біріккен болуы мүмкін, яғни металдың бірқалыпты еру кезінде анағұрлым қарқынды жергілікті коррозияланған оқшау аумағы ерекшеленеді. Бұл әдетте электролиттің жиналу орындары болып келеді (сорапты-компрессорлы құбырлардың муфталық қосылысы, фонтанды арматураның фланецтік қосылысы, шлейфтік құбырдың төменгі құраушысы және т.б.).

Кейбір кен орындардың фонтанды құрал-жабдықтарын тексеру кезінде тығыздауыш сақиналардың ішкі бөлігі коррозияға көбірек ұшырайтыны анықталды.

6-15 *ай* үздіксіз пайдалану кезінде коррозияның таралу тереңдігі 4-5*мм*-ге жетеді, яғни сақинаның жалпы қалыңдығының 50 %-ын қамтиды. Жергілікті коррозияның фонтанды құрал-жабдықтың өзге бөліктеріде аз болады, бірақ сонда да 1-3 *мм*-ге жетеді.

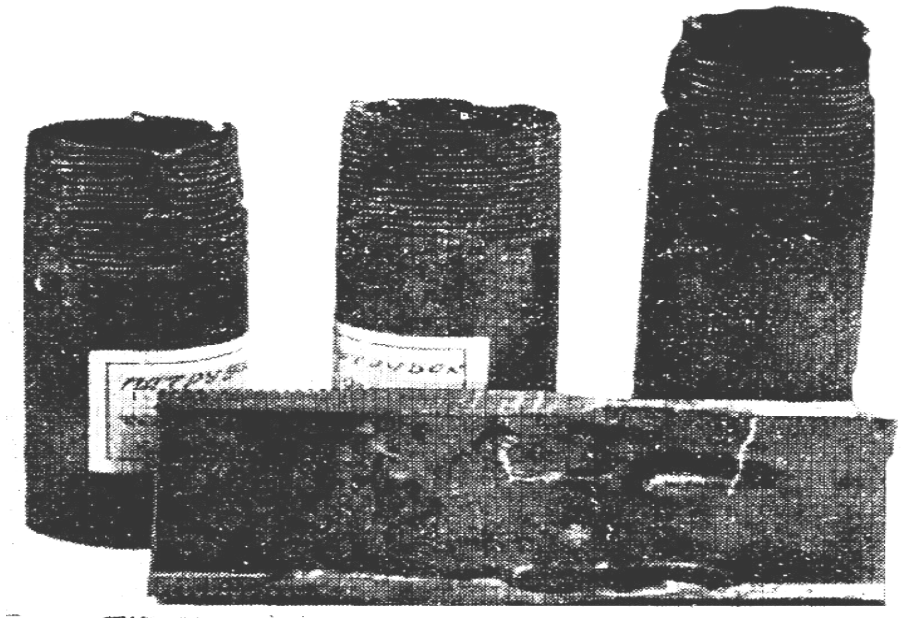
9.1-суретте тығыздауыш сақиналардың ішкі бөлігіндегі коррозиялық әрекеті көрсетілген.



9.1-сурет. Ұңғының пернеаралық ысырма астындағы тығыздауыш сақиналары

Тығыздауыш сақиналардың орналасуына бағынатын коррозия жетілуінің айқын заңдылығы бар. Көлденең орналасқан сақиналар бірқалыпты коррозияға ұшырайды; тік орналасқан сақиналарда күшейтілген коррозия оның төменгі жағында байқалады. Бұл сақиналарды көлденең орналастырған жағдайда шығарылатын сұйықтың (көмірсутекті конденсат, су) таралуы сақинаның ішкі бөлігінде бірқалыпты жүруімен, ал тік күйде шығарылатын сұйықтың көп мөлшері оның төменгі бөлігінде шоғырлануымен түсіндіріледі.

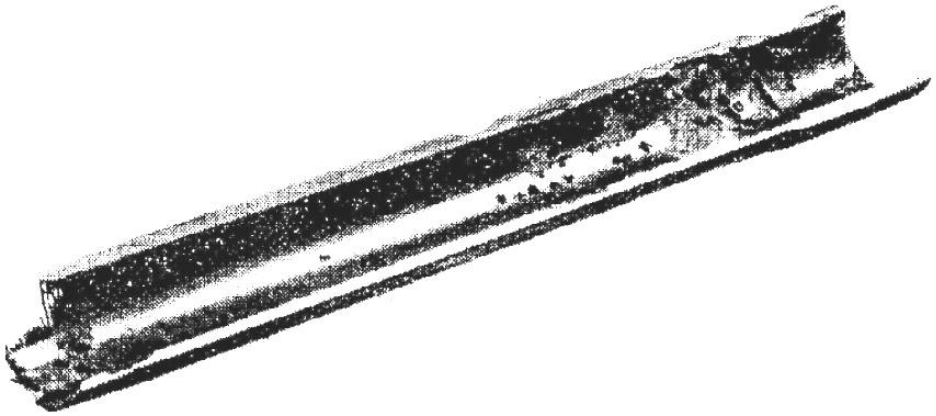
9.2-суретте резьбалы қосылыс орнында сорапты-компрессорлы құбырлардың коррозиялық бұзылуы көрсетілген.



9.2-сурет. Резьбалы қосылыс орнындағы сорапты-компрессорлы құбырлардың коррозиялық бұзылуы

Жоғарыда көрсетілгендей, ұңғылар өнімінде көмірқышқылының мөлшері көп болатын кен орындарда құрал-жабдықтардың сыртқы аумағының барлығы коррозияланады.

9.3-суретте аспалы құбыр тармағының ішкі бөлігінің коррозиялық бұзылуының сипаттамасы көрсетілген.

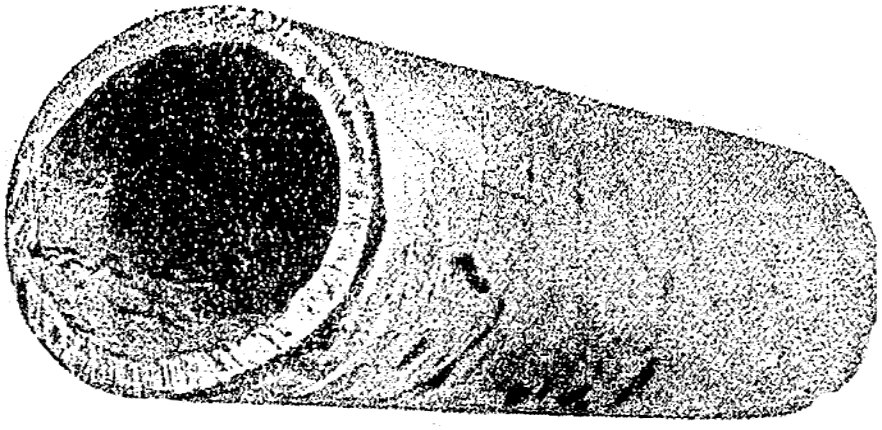


9.3-сурет. Аспалы құбыр тармағының ішкі бөлігінің коррозиялық бұзылуының сипаттамасы

Шығарылған газқұбырының ұңғыдан топтанған құрылғыларға дейінгі тексерулер бұл құбырлар, әсіресе сұйықтық қозғалатын оның төменгі бөлігінде коррозияға ұшырайтынын көрсетті.

Мұндағы коррозия жылдамдығы жылына 5 *мм*-ге жетеді.

9.4-суретте шлейфті құбырдың (пайдалану мерзімі 1,5 *жыл*) коррозиялық бұзылу сипаты көрсетілген.



9.4-сурет. Шлейфті құбырдың пайдалану мерзімі 1,5 *жыл* кезіндегі коррозиялық бұзылу сипаты

9.1-кестеде коррозияның орташа жылдамдығы және көмірқышқыл көп мөлшерде болатын кен орындардағы құрал-жабдықтардың жерасты және жерүсті жеке элементтерінің қызмет ету мерзімі туралы мәліметтер келтірілген.

9.1-кесте. Коррозия жылдамдығы және құрал-жабдықтардың жерасты және жерүсті жеке элементтерінің қызмет ету мерзімі (коррозияға қарсы әрекеттерге дейін)

Кенорын	Парциалды қысым CO_2, кг·с/см^2	Құбырлардың резьбалы қосындысы		Арматуралы ысырма	Үштік, фонтанды арматураның басқа элементтері		Тығыздауыш сақиналар		Шлейфтер
		Коррозия жылдамдығы мм/жыл	Қызмет ету мерзімі, ай	Қызмет ету мерзімі, ай	Коррозия жылдамдығы мм/жыл	Қызмет ету мерзімі,ай	Коррозия жылдамдығы мм/жыл	Қызмет ету мерзімі,ай	Коррозия жылдамдығы мм/жыл
Майкоп	1,5	3-4	5-6	1-2	4-7	12-24	7-8	4-6	1-1,5
Березан	0,3	3-4	6-7	1-2	4-7	12-24	7-8	4-6	1-1,5
Сердюк	7,8	2-ге дейін	24-30	2-3	24-36	24-36	3-4	6-12	0,5-1
Челбас	2,3	0,6-ға дейін	36-60	3-4	1-2	36-72	2-4	12-18	0,3-0,5
Ленинград	1,2	0,5-ке дейін	48-60	12-18	0,5-1	72-96	1-ге дейін	21-24	0,1-0,3
Канев	1,0	0,5-ке дейін	48-60	12-18	0,5-1	72-96	1-ге дейін	24-36	0,1-0,3
Крылов	3,9	1-ге дейін	30-48	3-4	1,5-2	18-36	2-4	12-18	0,4-0,7

Көмірқышқылды коррозияға ұшыраған кен орындарға агрессивті ортаның сипаттамасы туралы келтірілген мәліметтер анализі және газкәсіптік құрал-жабдықтың жеке элементтерінің бұзылу жылдамдықтары жайлы нақты мәліметтер көмірқышқылдық коррозияның даму үрдісін және оның жылдамдығын анықтайтын маңызды факторларға тағы да назар аударуымызға мүмкіншілік береді.

Келтірілген кестелерді талдаудан және сәйкестендіргеннен кейін коррозияның CO_2 парциал қысымы мен газ температурасы көптеп кездесетін кен орындардағы құрал-жабдықтарды бұзатынын және коррозия көп мөлшерде байқалатынын көреміз.

Бақылау сұрақтары

1. Кәсіптік құрал-жабдықтардың жергілікті коррозияға қандай бөлшектері қарқынды ұшырайды?
2. Тығыздауыш сақина коррозиясы туралы айтып беріңіз.
3. Сорапты-компрессорлы құбырдың коррозиялық бұзылу сипаттамасы қалай байқалады?
4. Көмірқышқыл коррозиясының жылдамдығына қандай факторлар әсер етеді?
5. Шлейфті құбырдың қандай бөлшектері анағұрлым қарқынды коррозияға ұшырайды?
6. Коррозия жылдамдығына көмірқышқыл газының (CO_2) парциал қысымы қалай әсер ететінін айтып беріңіз.
7. Құрал-жабдықтың жеке бөлшектерінің коррозия жылдамдығы қандай бірлікте өлшенеді?

10. МҰНАЙ-ГАЗ КЕНОРЫНДАРЫНЫҢ ҚҰРАЛ ЖАБДЫҚТАРЫН ІШКІ КОРРОЗИЯДАН ҚОРҒАУ

10.1 Жабдықтардың ішкі коррозиядан қорғаудың негізгі бағыттары

Мұнай кәсіпшілігіндегі жабдықтардың ішкі бетінің қорғанысы келесі бағыттар көмегімен іске асырылуы мүмкін:

- коррозияға төзімді легирленген болаттардың қолданылуы;
- қорғауға жарамды металға орналастырылатын металды және бейметалды жабындар көмегімен қорғау;
- құрал жабдықтың құрылғылары мен өндіру технологиясын өзгерту;
- коррозияның ингибиторларын және әртүрлі нейтролизаторларды қолдану;
- электрохимиялық қорғау тәсілдерін қолдану;

Коррозиялық қорғаудың тәсілі нақты жағдайларға және экономикалық тиімділігіне қарай таңдалады. Айтылған тәсілдердің комбинациясы да болуы мүмкін, мысалы, легирленген болаттың бірмезгілді ингибиторлардың енгізуімен бірге қолдану.

10.2 Легирленген болаттың қолданылуы

Бүгінгі таңда мұнай, газ және газконденсатты ұңғымалардың жабдықтары үшін көміртекті болатты қолданады: сорапты-компрессорлы құбырларды дайындау үшін - 40, 45, 30, 36 Г2С болат, фланец пен бекіткіш үшін - 40Х болат, орауыш, үштік, крестовик - 25ХГЛС, тығыздатқыш сақиналар үшін - 0,8 КП.

Терең ұңғымаларда ең үлкен жүктеме қызметін атқаратын құбырлардың жоғарғы бөлігі, басқа құбырлық болаттарға қарағанда, ең үлкен механикалық төзімдікке ие 36 Г2С болаттан жасалады. Егер механикалық қасиеттерге сәйкес бұл болаттар негізгі техикалық талаптарды қанағатандырса, онда коррозиялық төзімділік бойынша олар аз төзімді және төмен төзімді топқа жатады. Көмірқышқылды коррозия кезінде болаттар 5–6 *мм/жылға* дейін жылдамдықпен тоттанады.

Көміртекті болатты хроммен легирлеуі көп жағдайда коррозия жылдамдығын өте аз мөлшерге дейін азайтуға көмектеседі. Болаттың ішіндегі хромның пайыздық құрамы қажетті коррозиялық төзімділік дәрежесімен және экономикалық тиімділікпен анықталады.

Ұзақ зертханалық сынаулардан кейін, хромның құрамы 5,8–9 болатын болаттардың қолдануы ең ұтымды болып шықты (болаттардың түрі Х5М, Х8Ш, Х9М).

Газконденсатты кәсіптегі газдардың ішіндегі құрамы жоғары (5 % дейін) осы болаттардан жасалған сорапты –компрессорлық және шлейфтік құбырлардың ұзақ сынауы 45 болатының төзімділігінен Х5М болаты 2–3 есеге үлкен коррозиялық төзімділікке ие екендігін көрсетті.

Х8Ш және Х9М болаттан жасалған құбырларында үш жылғы пайдаланудан кейін ешқандай коррозиялық бұзылыстар байқалған жоқ. Осы жағдайларды олар төзімді категориясына жатады. 2–3 баллмен бағаланады да, кәсіптік жабдықтырын көмірқышқыл коррозиядан қорғай алады.

Х8Ш және Х9М болаттарға қарағанда, құрамындағы хромның мөлшері көбірек болаттар жоғары коррозиялық төзімділікке ие, бірақ олардың қымбат бағасы мен өндеу технологиясын күрделендіретін жоғары тұтқырлығын ескере отырып, олардан құбырларды және басқа жабдықтарды дайындау ұсынылмайды.

10.1-кестеде легирленген болаттардың химиялық құрамы көрсетілген, олардан жасалған жабдықтар жақсы және жоғарғы коррозиялық төзімділікке ие екендігін көрсетті.

10.1-кесте. Кәсіптік-тәжірибелік сынаудан өткен легирленген болаттардың химиялық құрамы

Болаттың маркасы	Элементтердің құрамы, %								
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Си	S	P
Х5М	0,1	0,33	0,34	5,3	0,47	0,21	0,1	0,009 (көп емес)	0,023 (көп емес)
Х8Ш	0,12	0,17-0,37	0,3-0,6	7,5-9	-	0,4	0,25	0,03 (көп емес)	0,035 (көп емес)
Х9М	0,09-0,15	0,5	0,5	7,5-9,5	0,9-1,1	0,5	0,25	(көп емес)	0,035 (көп емес)

10.3 Күкіртті сутекті және көмірқышылды коррозияға қарсы қорытпаларды қолдану

Жоғары коррозиялы төзімділікке көмірқышқыл коррозияға қарсы алюминий қоспасы ие, мысалы Д16Т.

Д16Т алюминий қорытпасының химиялық құрамы (%) мен механикалық қасиеті:

Мыс – 3,8–4,9; Марганец – 1,2–1,9; Молибден – 0,3–0,9; Алюминий – 94,7–92,3; Беріктік шегі, *кгс/мм*- 43; Аққыштық шегі, *кгс/мм*^{2} -30.

Д16Т қоспасының құбырларынан жасалған сорапты-компрессорлы құбырлардағы сынаулар жоғары коррозиялық төзімділік көрсетті, әсіресе көмірқышқыл коррозия жағдайында.

Шетелдік әдебиет бойынша, АҚШ-та, Францияда, Канадада жабдықтардың күкіртсутекті коррозиядан қорғауы келесі шаралармен іске асады:

– H_2S ылғал жағдайдағы кернеулі жұмыс кезіндегі жарылмайтын сорапты-компрессорлы құбырлары мен шегендеу құбырын арнайы болаттан дайындау;

– коррозия ингибиторын ұңғымадағы құбырдың сыртқы кеңістігіне және қабатқа айдау арқылы жалпы коррозияны азайту;

– механикалық кернеулерді азайту мен коррозия ингибиторларының тиімділігінің уақытша азайған кездегі ені бойымен қорды алу үшін және аз көміртекті болаттың аппаратуралары мен кәсіптік құбырларын дайындауын қолдану (көміртектің мөлшері 0,2 %-дан аз емес);

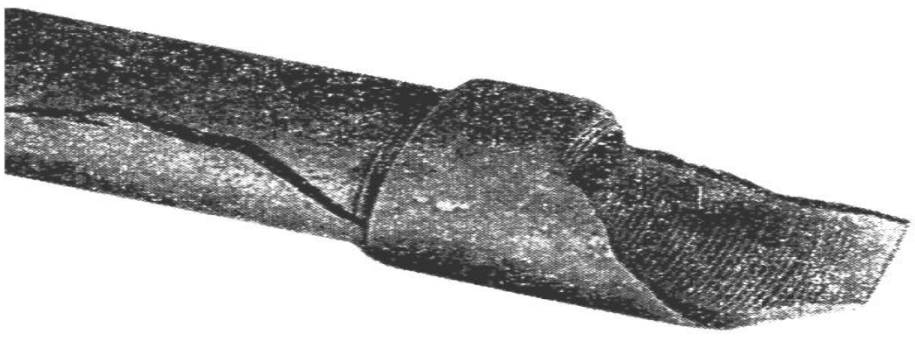
– шегендеу құбырын агрессивті газдың әсерінен сақтау мақсатында пакерлер көмегімен құбыр сыртқы кеңістікті изоляциялау және агрессивті емес сұйықпен толтыру (мысалы, мұнай, коррозия ингибиторлар қоспасымен солярлы май);

– ішкі кернеуді азайту мақсатында H_2S құрамында бар кептірілмеген газбен қатынасатын аппараттар мен пісірілген тоғыспаларды қосымша термоөңдеу.

– жоғары күкіртті газ кен орындарына келетін зауыттардағы құбырлардың жарылымдарын, қосылыстарын және кеңістіктерін анықтау мақсатында 100 %-дық тексеріс жасау;

– жоғары температурадағы ылғалды газбен қатынасатын (десорберлер, қайнатқыштар), жоғары күкіртті газды өңдеу бойынша, аппараттарды ішкі жағынан жоғары легирленген коррозиялық-төзімді болаттармен тыстау, кейбір элементтерін (қайнатқыштың түтікшелері және т.б.) жоғары легирленген болаттардан жасау;

Сульфидті коррозиялық жарылыс нәтижесінде бұзылған құбырдың бейнесі 10.1-суретте көрсетілген.



10.1-сурет. Сульфидті коррозиялық жарылыс нәтижесінде бұзылған құбыр

Бүгінгі уақытта табиғи газдың құрамындағы көміртектің қостотығы мен органикалық қышқылдардың болуына қарай әлемде жабдықтарды ішкі коррозиядан қорғаудың салыстырмалы үлкен тәжірибесі жиналды. Бұл тәжірибе жаңа және коррозия жағынан қауіпті газ кенорындарын игеру кезінде қорғау тәсілдерін жасау кезінде қолданылуы мүмкін және сонымен қатар қажет.

10.4 Коррозиядан қорғау кезіндегі ингибирлеу

10.4.1 Ингибиторлардың сипаттамасы мен жіктелуі. Таңдау принципі

Кәсіптік жабдықтарды іс жүзінде коррозиядан қорғаудың негізгі тәсілі ингибирлеу болып табылады. Коррозия ингибиторлардың қолданылуы қиын емес және өте тиімді, өйткені ингибиторларды дайындау кезінде қалдықтар мен бірқатар органикалық қоспалардың синтезінің жартылай өнімдері қолданылуы мүмкін.

Металдардың ішкі бетінің коррозиялық бұзылысын тудыратын негізгі себебі- тасымалданатын немесе сақталатын ортада судың, тұздардың және агрессивті газдардың болуы. Мұнай мен газды кәсіпте дайындағаннан кейін (механикалық қоспаларды, тұздарды, күкіртсутекті, көмірқышқыл газды және т.б. жою) оларда аталған компоненттердің көп мөлшері қалады. Суда еріген газдар мен тұздар, мұнай және газ тасымалдаудағы қолданылатын металл жабдықтарының коррозиясын тудыратын, электролитті қалыптастырады.

Металл жабдықтарының ішкі бетіндегі коррозия тасымалданатын немесе сақталатын ортаға әртүрлі химиялық заттарды (нейтрализаторлар, ингибиторлар) қосу арқылы тоқтатылу немесе баяулауы мүмкін. Ескере кеткен жөн, бүгінгі уақытта нейтрализаторлар көбінесе қолданылмайды, ал ингибиторлар коррозия түрінің нақты мәліметтері мен коррозия үрдісінің шарттары белгілі болса ғана қолданылады. Барлық қондырғыларға ингибиторларды енгізудің бір қатар тәсілдері жетілдірілген. Олар ингибиторлардың қондырғының ең қиын аймақтарына өтуін қамтамасыз етеді.

Ингибиторлар электрохимиялық реакцияның кинетикасына әсер етсе ғана, коррозия үрдісінің жылдамдығы өзгере алады. Осыны ескере отырып, ингибиторларды үш топқа бөлуге болады: а) металл ионизациясының тек анодты реакциясын тоқтататын; б) деполяризацияның тек катодты реакциясын баяулататын; в) реакцияның екеуін де бірдей баяулататын. Коррозияның баяулауы металда элетроөткізгіштігі төмен беткі қабыршақтың пайда болу кезінде металл орта фазаларының бөліну шекарасында гетерогенді жүйе Ом-дық кедергісінің өсуі нәтижесінде болуы мүмкін.

Анодты ингибитрларды коррозиялық ортаға енгізген кезде коррозиялық үрдісті толығымен басады. Бірақ ингибитрлардың мөлшері жеткіліксіз болған кезде, ортада металдың локальді аймақтарында коррозияның қарқынды қауіпі пайда болады, яғни оның питингті немесе жаралы пішіннің пайда болуы. Сондықтан анодты ингибиторларды жеткіліксіз мөлшерде қосу қауіпті болады.

Анодты ингибиторлардың қызмет ету механизмі тотығатын металл бетіндегі анодтық аймақтардың пассивтенуіне негізделген көп жағдайда, пассиваторлар ретінде, хроматтар, нитраттар, молибдаттар, фольфрамматтар сияқты бейорганикалық тотықтырғыштарды қолданады.

Болаттар коррозиясының ингибиторлары ретінде қолдынылатын CrO_4^{-2} , NO_2^-, MoO_4^{2-} - минималды концентрациясы 10-4…10-3 *моль/л* тең. Ортадағы температура жоғарылаған кезде немесе оның ішінде белсендіргіштер бар болған кезде, мысалы, Cl^- иондарының, ингибиторлар концентрациясын көбейту қажет.

Коррозияның анодты баяулатқыштарға кейбір сілтілі қасиеттерге ие қосылыстар жатады: фосфаттар, полифосфаттар, борат силикаты, натрий бензонаты және т.б. Осындай қосылыстардың ингибирленген әрекеті пассиватор қызметін атқаратын ортада еріген оттегі бар болған кезде ғана байқалады. Тек тотықтырғыш болмай, бұл заттар металл бетіне оттектің абсорбциясына ықпал етеді. Сонымен қатар олар тотықтырғыш металл иондарының ингибиторлармен әсерлесу өнімі болатын ерімейтін тұтас пассивті қабыршақ түзуі әсерінен ерітіндінің анодтық үрдісін тоқтатады.

Фосфаттар мен полифосфаттар судағы және тоңазытқыштардың тұздақтарда болат коррозиясын баяулатқыш ретінде қолданыс табады. Хроматты және фосфатты бірігіп қолдану үлкен нәтижеге алып келеді.

Жекеленген сатыларда, яғни катодты реакция немесе катод ауданының азаюы кезіндегі баяулау нәтижесінде катодты ингибитор коррозияны азайтады.

Ерітіндіден катодтың сыртқы бетін оқшауландыратын жергілікті сілтілеу орта жағдайындағы аймақта катодты ауданның азаюы ингибиторларды қосуымен іске асады. Сондай зат болып, мысалы, кальций бикорбанаты Ca_2CO_3 болып табылады. Бұнымен болатын қатты суда жұмсақ суға қарағанда аз коррозияға ұшырауы түсіндіріледі.

Қорғалған әрекет бойынша катодты ингибиторлар анодтыға қарағанда айтарлықтай аз тиімді. Бірақ, олар мүлдем қауіпсіз, себебі олардың жетіспеуі кезінде коррозияның күшеюін болдырмайды.

Аралас ингибиторлар екі электродтағы реацияларды тежейді. Олар анодты жерге тұйықтағышқа қарағанда азырақ қауіпті және көп жағдайда олардың концентрациясының жетіспеуі кезінде коррозия өсу қарқындылығының көбеюіне әкелмейді. Катодты үрдістің көбірек тежелуі кезінде олардың қасиеттері катодты ингибиторлар қасиетіне жақындайды, яғни олар қауіпсіз болады.

Осыдан шығатын қорытынды: ингибиторларды қолдану мен сынау алдында анодты ингибитор тудыратын қауіпті салдарды болдырмау үшін, олардың жұмыс жасау механизмін белгілеу керек.

10.4.2 Ингибиторлық қорғаныс әрекетінің механизмі

Коррозия өтетін ортаның қасиетіне қарай ингибиторларды сұйық орта және атмосфералық жағдайлар үшін деп бөледі. Ал сұйық ортаға арналған ингибиторларды қышқылды коррозия ингибиторы, бейтарап ерітінді және сілтілік ерітінді ингибиторы деп ажыратады.

Агрегаттық күйге қарай ингибиторлар сұйық және қатты, ерігіштікке қарай суда еритін, көмірсутек, аралас болып жіктеледі. Ингибиторларды таңдаған жағдайда белгілі ауданның климаттық жағдайлары, еріткіштердің

қажетті мөлшерінің бар болуы да ескеріледі. Су – көмірсутекті ерітінді, сонымен қатар кешенді ингибиторларды бір мезгілде қолдануға болады.

Мұнай мен газды өндіру, тасымалдау және сақтау кезінде ингибиторларға келесі шарттар орындалуы қажет: көмірсутек еріткішінде еруі, эмпульсия немесе суспензия сулы ортада түзу қабілетінің болуы. Соған қоса, «ингибитор құралдардың ішкі қабырғаларын күкірт сутектің, хлорсутектің және су буының жоғары температурада әсер етуінен қорғануды қамтамасыз ету қажет.

Зерттеулер көрсеткендей, жоғары температурада (120°С) жоғары тиімділікті ингибиторлар коррозиядан (ИКСГ – 1, КО, АНПО, ИКБ – 2, ИКб–4, Додиген–214, СЖК, ВЖК, фосфорқышқылды алкиламиндер, дибутиламмоний және т.б.) сақтайды, кейбір жағдайларда сақтық әрекетін арттырады. Алынған деректер металл үстіндегі ингибиторлардың қорғау әрекеті өздерінің полярлы байланыстарының күштілігі есебінен хемосорбционды күштерінен түзілетін (химиялық байланыс) болжауға мүкіндік береді. Температураның артуы осы байланысты күшейтеді. Қазіргі кезде мұнай мен газ өнеркәсіптерінде қондырғыларды сақтауға қолданылатын тежегіштердің (ингибитор) негізгі үлесі, ұзын тізбекті көміртектің азот бар органикалық қосылыстарға жатады. Оларға алифатты май қышқылдары, имидазолиндер және олардың туындылары, шайырлы амин туындыларының төртіншілік қосылыстары жатады.

Құрамында күкіртті сутек бар ортада құрал жабдықтарды коррозиядан қорғау үшін И-1-А ингибиторы қолданылады. Ол сусыз 5% мұнайда ериді. Осы ерітінді мен құралдарды толтырып, біраз өңделген соң жұмысқа енгізілді. И-1-А ингибиторы (жоғары пиридин негіздерінің қоспасы) – коррозиядан жоғары деңгейде қорғайтын зат, жемірілу 90-95 % кемиді. Жоғары қорғаныш 220 тәулікке сақталады, бұл тежеуішті 7 айда бір қондырғыға құюға мүмкіндік береді. Десорберлерді И-1-А тежеуішімен жемірілуден қорғау тиімді болмады, себебі десорбация кезінде ерітінділер көбіктенеді, ол ингибитордың жойылуына, улануына әкеліп соғады.

Күкірт сутектен болатын жемірілуге қолданылатын ингибиторлардың И-1-А, АНПО, ИКСГ-1, КО, ГИПХ-37, катапин, диаминдиолеат) беттік белсенділік қасиеттері бар, майлы сулы эмульсия тәрізді ортада тұрақтандырғыш ретінде әсер етеді.

Нақты жемірілу жағдайына қарай ингибиторды таңдау қиын тапсырманың бірі.

Зертхана жағдайында тежегіш маркаларын анықтау үшін ұңғымаға енгізу әдісі қарастырылып, максималды қорғау әрекеті болатындай концентрациясы анықталады және ең маңыздысы ингибитордың құны анықталады. Ұңғымадағы нақты ингибитордың тәжірибелік - өндірістік зерттелуі 3-4 айға созылады, сонымен қатар әрбір кен орын үшін (бұл кен орын ішіндегі ұңғымалар тобы үшін де) еркін ингибирлеу режимі таңдалуы керек.

Бұл ұңғымадағы жемірілуге активтілігіне ингибитордың әсерін зерттеп қана қоймай сонымен қатар пайдаланудың жағдайы, температура, қысым,

ұңғымаға келетін газды сұйық жылдамдығы т.б. түсіндіріледі. Тежелу режимін дұрыс таңдамау, экономикалық көрсеткішті төмендетумен қатар, жемірілу үрдісінде күшеюіне әкеледі, сол себептен тежелудің режимін таңдаудың маңызы зор.

10.4.3 Ұңғымағаға ингибиторларды енгізудің кестесі

Құбыр, қазандар, насостар, арматураларды дайындағанда металл пайдаланылады. Бұл жабдықтардың қызмет көрсету уақыты және шыдамдылығы негізінен сұйықпен және газбен өзара әсер ету кезінде металды конструкцияны қоршаған ортада, ауада, суда және жер астында өздігінен біртіндеп бұзылудан қорғау дәрежесімен анықталады. Металдың өздігімен тотығуы, яғни құрал-жабдықтардың жұмыс жасау уақытының азаюы коррозия деп аталады. Металдың коррозияға ұшырайтын ортасын агрессиялық орта деп атайды. Бұл үрдіс кезінде коррозиялық өнім, яғни құрамында тотыққан металы бар химиялық қосылыс пайда болады. Егер де белгілі бір технологиялық үрдістерді жасау үшін металды тотықтыру керек болса, онда оны коррозия деп атауға болмайды.

Мұнай газ өндірісіндегі металл қондырғылардың коррозиясы өзінің ерекшеліктерімен сипатталады. Біріншіден, көп көлемде металды пайдаланатын ұңғының жербеті және жерасты қондырғыларын, мұнай және газды жинақтау қондырғыларын, мұнай, газ және су желілерін қамтиды. Екіншіден, осы қондырғылардағы коррозиялық үрдістер геторогенді жүйеде жүзеге асады, яғни бір-бірімен араласпайтын екі сұйықтық жүйесінде: мұнай-газ, газдыбензин-су, мұнайдан бөлінген су- мұнайдың қалдығы.

Осы айтылған орталардың коррозиялық белсенділігі жүйедегі әрбір фазаның тек қана физика-химиялық қасиеттеріне байланысты емес, сонымен қатар мұнайды, суды және газды өндіру, жинақтау, дайындау және тасымалдау жағдайына да байланысты. Осы факторлардың жиынтығы мұнай өндіру қондырғыларының бұзылу белсенділігін жоғарылатады.

Жүйедегі бір-бірімен араласпайтын екі көмірсутекті фазалар коррозиялық үрдістің кинетикасына және болу сипатына үлкен әсер етеді. Бір жағынан, металға деген инертті көмірсутекті фазалар өзінің құрамындағы күкіртсутек және оттегі арқылы жүйенің жалпы агрессиялығын жоғарылатады. Екінші жағынан, қоспадағы көмірсутек және электролит үш фазалы бөліну шекарасын (металл-электролит-көмірсутек) тудырады.

Осыған байланысты коррозиялық үрдістің жылдамдығы әр фаза бөлек болғандағыдан жоғары болады.

Көпшілік жағдайда қабаттан өндірілген мұнайда бастапқы уақытта құрамында агрессиялы агенттер (күкіртсутек немесе оттегі) болмайды. Ал мұнайды өндірудің соңғы сатыларында қабаттағы жағдайда мұнайдың құрамында күкіртсутек пайда болады да, қондырғыларды арнайы қорғау шаралары арқылы, яғни коррозия ингибиторлары, қаптаулар, металл емес және коррозияға шыдамды металдарды және тағы басқаларын қолдану арқылы коррозиядан қорғауды талап етеді.

Мұнай-газ қондырғыларын коррозиядан қорғану тәжірибелері көрсеткендей, тиімді және экономикалық жағынан ақтайтын коррозияға қарсы басқа әдістерге қарағанда (мысалы, изоляциялық қаптаулар, коррозияға шыдамды металдарды және олардың құймаларын пайдалану және тағы басқалары) коррозия ингибиторларын пайдалану тиімдірек болып келеді.

Гетерогенді жүйеде металдарды коррозиядан қорғауда ингибиторды пайдалану өзінің ерекшеліктерімен сипатталады. Себебі, мұнай-газ өндіруде ингибиторды қолдану металл-электролит-көмірсутек күрделі гетерогенді жүйеде жүзеге асырылады.

Коррозиямен күрес – бұл тек қана мұнай-газ қондырғыларының жұмыс жасау уақытын ұзарту емес, сонымен қатар қондырғыларды жөндеуде шығынды азайту, өндірісте мұнайды және газды өндіру, дайындау және тасымалдау кезіндегі техникалық-экономикалық көрсеткіштерді жоғарылату болып табылады. Ең соңында бұл қоршаған ортаны, су қоймаларын және өзендерді мұнайдан, газдан және солардың қалдықтарынан (мысалы, мұнаймен бірге шыққан су) қорғау болып табылады. Сондықтан коррозия туралы және одан мұнай-газ қондырғыларын қорғау сұрақтарына келгенде, мұнай және газ кәсіпшілігінің жұмысшылары өте үлкен мән береді.

Олар төмендегілер:

– оны мұнай кенорындарын игерудің соңғы стадияларында да қолдануға болады (өндірілген мұнайдың сулануы өскен кезде), яғни экономикалық жағынан тимді болып табылады;

– мұнай өндіру, дайындау және тасымалдау техникасын өзгертпей агрессиялық ортаның кез келген керек жеріне қосуға болады;

– өндірілген өнімнің бастапқы бөлігіне ингибиторларды қосқанда, ол сұйықпен бірге қондырғының барлық бөлігіне барады, тіпті магистральды құбырларға дейін жетеді. Сонымен мұнай-газ өндіру кәсіпшілігінде кенорында орналасқан қондырғылар ұзақ уақыт қолданылған болса, онда коррозияға қарсы қорғануды жиі қолдану керек. Ал коррозиядан қорғанудан басқа тиімді әдістерін қолдану (мысалы, қаптаулар), жасап тұрған қондырғыларды жаңасына ауыстыруды керек етеді. Ал ол көп мөлшерде шығынды талап етеді.

Мұнай және газды өндіру технологиялық үрдістері кез-келген ингибиторларды қолдануға жағдай жасайды. Мысалы, суландыру жүйесінде коррозияға қарсы қорғану үшін бейтарап ортаға арналған ингибиторларды қолданады, ал күкіртсутекті мұнайды өндіргенде азқышқылды ортаға арналған ингибиторларды қолданады, мұнай ұңғыларын қышқылды өңдеуде қышқылды коррозия ингибиторларын, ұңғыларды қазғанда негізді жуғыш сұйықтар қолданса- негізді коррозия ингибиторларын қолданады. Бірақ шығыннның мөлшеріне байланысты және коррозиялық бұзылудың зиянына байланысты, сонымен қатар апатты мұнай, газ, судың ағуын тоқтатуды керек етуіне және қоршаған ортаны бүлдіру мүмкіндігіне байланысты, ең көп қолданатын бейтарап ортаға арналған ингибиторларды қолдану (85-90%) болып табылады. Аз мөлшерде мұнай кәсіпшілігінде қышқылды және негізді

коррозия ингибиторлары қолданылады. Әртүрлі ортада коррозия ингибиторларын қолдану тиімді болып табылады. Сондықтан, мұнай және газ кәсіпшілігін де көп таралған коррозия ингибиторларының тежеу қасиеттерін қарастырмастан бұрын, ең болмағанда ингибиторлардың қысқаша қорғаныс әсеріне тоқталайық.

Коррозия ингибиторларының қорғаныс әсері

Кез-келген ингибитордың тежеу қызметі негізінен ингибитордың коррозиялық үрдістің электрохимиялық реакциясына әсер ету нәтижесінде болады. Ингибитордың қорғаныс қызметінің механизмі негізінен бірінші кезекте металл ортасындағы шекараға ингибитордың орналасуы, яғни металдың бетіне ингибитордың жабысып сіңуіне байланысты. Бірақ ингибитордың металдың бетіне сіңуі ингибитордың барлық нақты әсерін анықтамайды, өйткені сіңу үрдісінде ингибитор (адсорбент), металл (адсорбат) және сұйық фаза (адсорбив) қатысады. Оның тежеу қасиеті мынадай көптеген факторларға тәуелді:

– коррозияға ұшырайтын металдың физикалық-химиялық қасиетіне;

– бетінің зарядына;

– металдағы болатын коррозиялық үрдістің электрохимиялық ерекшелігіне;

– катодты және анодты үрдістердің реакциясына

– ингибитор молекулаларының құрылымына;

– металдың бетіндегі байланыстың мықтылығына;

– ингибитор концентрациясына;

– температураға;

– коррозия болатын металдың бетіне сіңген басқа да заттардың болуына және т.б.

Мұнай ұңғымаларының жерасты және жербеті қондырғыларының коррозиясы.

Кигізбе колонна – бұл ұңғының ең маңызды бөлігінің бірі болып табылады. Кигізбе колонна қабырғасында кішкентай тесік пайда болса, онда бүкіл колоннаның бүтіндігі жойылып, сулы және мұнайлы қабаттар арасының қосылуына алып келеді.

Кигізбе колоннаның коррозиялық бұзылуы ішкі және сыртқы бетінде болады. Колоннаның сыртқы беті әртүрлі құрамдағы, құрылымдағы және қанығуы әртүрлі флюидтармен түйіседі, ал ішкі беті мұнаймен, қабат суларымен және ілеспе газбен түйіседі. Сондықтан коррозиялардың болу түрі және жылдамдығы колоннаның ішкі және сыртқы бетінде екі түрлі болады.

Негізінен колоннаның бүтіндігінің бұзылуы коррозия әсерінен болғанмен, технологиялық және пайдалану жағдайы да әсер етеді. Технологиялық әсерге құбырлардың арасындағы резьбалық қосылыстарының арасының дұрыс қатаймауы жатады, құбырлардың заводтан шыққандағы кемістігі, тағы басқалары жатады. Пайдалану жағдайына қабатты ашқандағы құбырды ату, қабатты сұйықпен жарған кездегі колоннаның тесілуі,

құбырларды көтеру-түсіру кезіндегі штангілы сораптың үйкелуі және колоннаның ішкі бетіндегі коррозия жатады.

Колоннаның сыртқы бетінің бұзылуының негізгі себебі жердің әсерінен электрохимиялық коррозияның әсері. Сыртқы бетінің бұзылуы цементті қаптаулардың бұзылған немесе жоқ жерлеріндегі электрохимия лық коррозияның әсерінен болады. Оның мөлшері қабат топырағының құрылымына, тұздылығына, күкіртсутектің мөлшеріне, көмірқышқыл газына, бактериялардың болуына, температураға байланысты болып келеді.

Әлсіз агрессиялы өнім өндірілетін мұнай ұңғыларында, кигізбе колоннаның ішкі бетіндегі коррозиялық бұзылу азғантай болады. Ал егер өндірілген мұнайда күкіртсутек пайда болса, жағдай кенеттен өзгереді. Кигізбе колоннаның және сорапты-компрессорлы құбырлардың бетіне әсер ететін сұйық фаза емес, су буымен қаныққан және құрамында белгілі мөлшерде күкіртсутегі бар (0,5-10 %) газды-ауалы орта болып табылады. Осы ортаның металға коррозиялық әсерін жоғарылататын негізгі факторлар мыналар: газды-ауаның металл бетімен түйісу ауданы, құбыр қабырғасы мен газдың температурасының айырмашылығы, ұңғының сақиналы кеңістігіндегі газдың қысымы.

Сорапты компрессорлы құбырлар

Сорапты компрессорлы және кигізбе құбырлардың бағасы мұнайгаз өндіру кәсіпшілігінің негізгі қорының бағасының 65-75 %-ын құрайды. Сондықтан коррозияның әсерінен өндірістік қондырғыларды мезгілсіз қиратуын болдырмау өзекті проблема болып келеді. Сорапты компрессорлы және кигізбе құбырлардың жұмыс жасау қабілеттілігі барынша мүмкін шыдамдылығымен бағаланады. Сорапты компрессорлы құбырлар ішкі қысымның және басқа факторлардың әсерінен күрделі кернеулі күйде болады. Кернеулі күйдегі коррозия жағдайымен қарағанда ең қауіптісі тартылу кернеуі болып табылады. Оның себебі, ол металдың қорғау пленкасын бүлдіреді және жарықшақтардағы коррозияны одан әрі дамытады. Сондықтан, сорапты компрессорлы құбырлардың жұмысқа қабілеттілігінің негізгі белгісі тартылу кернеуі болып келеді, өйткені ұңғы сағасында орналасқан сорапты компрессорлы құбырға жақын тартылу кернеуі әсер етуі мүмкін.

Сорапты компрессорлы және кигізбе құбырлардағы коррозиялық бұзылудың таралуына және жылдамдығына мұнайды және газды өндіру әдісі, ұңғыда сұйықты ортаның қозғалу режимі, өндірілетін мұнайдың, газдың, қабат суының құрамы және олардың өндірілетін өнімдегі мөлшері, құбыраралық кеңістіктегі сұйықтықтың биіктігі және газдыауалы ортаның құрамы және басқалары әсер етеді.

Мұнай ұңғыларында компрессорлы әдісті пайдалану кезінде жұмыс агенті ретінде сығылған газды немесе агрессиялы газды айдаған кезде сорапты компрессорлы құбырлардағы коррозиялық бұзылу күшейеді. Ауадағы оттегі коррозиялық үрдісті күшейтеді және коррозия өнімінің құрамына кіреді.

Мұнай ұңғыларында компрессорлы әдісті пайдалану кезінде

құрамында күкіртсутегі бар сығылған газды пайдалану өте қауіпті болып келеді.

Өндірілетін өнімнің құрамында көмірқышқыл газы бар кен орындарда сорапты компрессорлы құбырлардың жұмыс жасау уақыты ерекше азайады. Бұл үрдістер газдыконденсатты кен орындардағы ұңғыларда қарқынды жүреді. Сонымен қатар өндірілетін өнімнің құрамында топырақ болса да сорапты компрессорлы құбырлардың жұмыс жасау уақыты ерекше азаяды.

Сорапты компрессорлы құбырлардың жұмыс жасау уақытын ұзарту сорапты компрессорлы құбырларды коррозияға шыдамды материалдардан жасау арқылы жүзеге асады. Сонымен қатар коррозия ингибиторларын қолдану арқылы да сорапты компрессорлы құбырлардың жұмыс жасау уақытын ұзартады. Сорапты компрессорлы құбырлар ішкі қысымның және басқа факторлардың әсерінен күрделі кернеулі күйде болады.

Тереңдік сораптардың және штангілердің коррозиясы. Штангілі сораптар және ортадан тепкіш батырылған электросораптар.

Қазіргі уақытта ұңғылардың жасап тұрған қорының 70 %-ы штангілі сораптар. Оларды тәуліктік өнімі сұйықтық бойынша 50 $м^3$ болатын ұңғыларда қолданады. Одан көп сұйықтық алатын жағдайда ортадан тепкіш батырылған электросораптар қолданады.

Жоғары суланған мұнайды өндіргенде коррозиялық бұзылуға штангілі насостың бөлшектері ұшырайды. Коррозиялық-механикалық үйкелуге плунжер ұшырайды. Сораптардың негізгі сенімділігінің төмендеуі коррозиялық тозуға байланысты бұзылудан болады. Мысалы, шарикті клапандардың, оның орнығатын орнының бұзылуы.

Сулылығы жоғары, күкіртсутегі бар мұнайлардың коррозиялық әсері штангілі насосты жылына 8-9 рет ауыстыруға алып келеді, ал клапандарын ауыстыру жылына 16-17 рет ұңғыны жөндеуге алып келеді.

Жөндеу аралық уақыттың ұзақтығы жағынан штангілі насосқа қарағанда ортадан тепкіш батырылған электросораптардың уақыты ұзақ болып келеді. Бірақ валы, дөңгелегі коррозиялық бұзылуға ұшырайды. Коррозия өнімдерінің және тұздың әсерінен валдың, дөңгелектің жабысып қалуы болады.

Сораптардың бөлшектерінің жұмыс жасау уақытының ұзақтығын көбейту коррозияға шыдамды және үйкеліске шыдамды материалдарды қолдану арқылы іске асырылады. Ең мықты коррозияға шыдамды металл тотықпайтын болат болып табылады. Құрамындағы хромды 13 %-ға дейін көбейту арқылы үйкелуге және коррозияға мықты материал жасауға болады.

Экономикалық жағынан тиімді конструкциялық пластмассты қолдану болып табылады. Мұнай өндіру жүйесінде одан басқа штангілі және ортадан тепкіш батырылған электросораптардың ұзақ жұмыс жасауын көбейту коррозия ингибиторларын қолдану арқылы жүзеге асады.

Сораптардың бұзылуына әсер ететін факторларды ішкі және сыртқы деп екіге бөлуге болады.

Ішкі факторларға мыналар жатады:

– деформация және тартылыс кернеуі;

– сораптардың гидравликалық бөлшегінде болатын коррозия;
– клапандардың соққылық әсері;
– плунжердің бір бағытқа қозғалғандағы қысымы;
– материалдың маркасы, яғни сораптың конструкциясының ерекшелігі.
Сыртқы факторларға мыналар жатады:
– ұңғының пайдалану жағдайы;
– сұйықтықтың қасиеті және құрамы;
– температура;
– сулы-газды мұнайлы қоспаның коррозиялық белсенділігі.

Ұңғының тереңдігі қолданатын сораптың түрін анықтайды. Сұйықтықтың құрамы мен қасиеті сораптың жұмыс жасауына үлкен әсер етеді. Себебі, құрамындағы тұзға, парафинге және басқа заттарға байланысты. Сонымен қатар, қондырғыға мұнаймен бірге шығатын құмның мөлшері де әсер етеді.

Сораптың штангілері

Терең сорапты қондырғылармен қамтылған мұнай ұңғыларын пайдалану кезіндегі әлсіз бөлшектердің бірі штангі колоннасы болып табылады. Штангінің үзілуі әр кен орын үшін нақты жағдайларға байланысты болады.

Өндірісте сорап штангілерінің бұзылуын зерттегенде апатты жағдайлар келесі факторлардың әсерінен болады:

– ұңғыдан жер бетіне газдымұнайлы қоспаны шығарғанда штангілер колоннасының жұмыс жасау режимінің дұрыс болмауынан;
– ұңғыдан шығарылатын сұйықтықтың агрессиялық әсерінен.

Сораптың штангілерінің үзілуіне апаратын колоннаға түсетін артық салмақты болдырмау үшін жұмыс жасау режимін сақтау керек. Негізгі фактор – коррозиялық ортаның бұзу әсері болып табылады. Күкіртсутекті мұнайды өндіру кезінде штангі колоннасының ең көп бұзылуы резьба бөлігінде болады, ал күкіртсутегі жоқ мұнайларды өндіру кезінде штангі колоннасының бұзылуы штангінің түгел бойында болады.

Күкіртсутекті агрессиялық ортаның металды бұзуы 2 формада болады: толық коррозия және металға сутектің сіңуінен металдың мықтылығының төмендеуі.

Сорап штангілерінің ұзақ жұмыс жасауын көбейту әдістерінің бірі жоғары сапалы металл (алюминий және т.б.) пайдалану болып табылады. Күкіртсутекті, сулылығы жоғары сұйықтықты ұңғыдан өндіргенде тәжірибе көрсеткендей, штангінің жұмыс жасауының ұзақтығын көбейту ингибиторды қолдану арқылы да жүзеге асады.

Ұңғы сағасы қондырғылары коррозиясы

Ұңғы сағасы қондырғылары сорапты компрессорлы құбырларды (СКҚ) ұстап тұруға, ұңғы сағасын бітеуге, фонтанды режимді реттеуге пайдаланылады. Арматураның беті сұйықпен шығатын топырақтар үйкелісінен бұзылады. Бұл кезде электрохимиялық және механикалық үрдістер болады. Соның әсерінен металдың бетіндегі қорғаныс қаптауды

бұзады. Ең қауіптісі арматураның бетіндегі коррозия күкіртті газды өндіргенде пайда болады.

Ұңғы сағасы арматурасын қорғау әдісі полимерлі қаптауды қолдану болып табылады. Бұл кезде механикалық мықтылықты полимерге қосымша қоспалар қосу арқылы жүзеге асырады.

Ембі-мұнайгаз АҚ кен орындарында DODIKOR V 4712 коррозия ингибиторларын қолдану технологиясы

Бұл нұсқау тасымалданушы ағын су құбырлары, ҚҚҰ қондырғы құралдары мен құбырларындағы, ұңғылар мен мұнай тасымалдайтын коллекторларындағы тотығуды болдырмау үшін DODIKOR V 4712 ингибиторын қолдану технологиясын анықтайды. Нұсқау Мақат пен Қаламқас кен орындарындағы қолдану нәтижелері бойынша қолдану үшін жасалған.

Жалпы жағдай

Алдын-ала дайындықсыз қабатаралық қысымды сақтау үшін су айдау мұнай және су тасымалдау құбырларының аз уақыт ішінде, яғни жылдам тозуына әкеліп соғады.

Мұнай жинау коллекторларында және қабат қысымын ұстау (майы ажыратылған су) жүйесінде тотығу жылдамдығын азайту үшін DODIKOR V 4712 коррозиядан сақтау ингибиторын қолдану ұсынылады.

DODIKOR V 4712 коррозия ингибиторының қолданылуы мұнай жинау коллекторларының және су тасымалдау құбырларының, СКҚ және де басқа қондырғылардың жұмыс істеу мерзімінің көбеюін, қоршаған ортаның ластануының азаюын, мұнай өндірудің өзіндік бағасының төмендеуін қамтамасыз етеді.

Қаламқас және Мақат кен орындарында DODIKOR V 4712-ні 20-дан 23 г/м³ мөлшерінде пайдаланылғанда коррозиядан қорғау тиімділігі 98-99 % құрайды.

DODIKOR V 4712 коррозия ингибиторының негізгі физика-химиялық көрсеткіштері (10.2-кесте) көрсетілген.

10.2-кесте. DODIKOR V 4712 коррозия ингибиторының негізгі физика-химиялық көрсеткіштері

№	Атауы	DODIKOR V 4712
1	Орындаушы	Clariant фирмасы, Германия
2	Құрамы	гликол және спирттегі азотқұрамдас катионактивті қосылыстар ерітіндісі
3	Сыртқы сипаты	Қызғылт-қоңыр түсті сұйық
4	Тығыздығы *г/см³ 20°С-де*	0,90±0,02
5	Қату температурасы °С	-40°С төмен
6	Тұтану температурасы °С	+11
7	Ерігіштік	Су,төменгі спирт
8	pH деңгейі 1% ерітінді 20°С-де	5,2±0,5
9	Тұтқырлық мПа·сек 20°С-де	12
10	Улылық	Орташа
11	Сақтау мерзімі	Зауыттық ыдыста 2 жылдан артық емес

Технологияға қойлатын талаптар

Ингибитор технологиясы мұнай жинау және су коллекторларындағы тотығудың азаюын қамтамасыз етеді. Ингибитор қолданғаннан кейінгі қорғаныс нәтижесі 90 % аз емес;

Коррозия ингибиторлары жеткізіп тұру жағдайында қолданылады. Реагенттердің тиімділігі қоршаған ортаның температурасына тәуелді емес;

Ингибиторлар мұнайды жинау және дайындау цехындағы ортадан тепкіш сораптың су қабылдау коллекторына, мұнай жинау коллекторларына, топтық қондырғыларға айдалады;

Құбырлардың сақталу шамалары көрсетілген коррозия жылдамдығының баяулауы, жұлынудың азаюын және коллекторлардың пайдалану мерзімінің көбеюі арқылы анықталады.

Ингибиторды қолдану прцесінің орындалуы үшін қажетті материалдар мен техникалық құралдар

Технологиялық үрдіс орындалу кезінде DODIKOR V 4712 коррозия ингибиторы қолданылады.

Мөлшерлеу құралы ретінде пайдаланылады:

– НД типті мөлшерлегіш сорап;

– Бр-2,5 және Бр-25 типті блокты қондырғылар;

– реагент құйылатын ыдыстар;

– ЦА-320 типті жылжымалы сорап агрегаты;

– АЦН типті жылжымалы автоцистерна.

Мұнай жинау және су коллекторларындағы, ұңғылардағы сынап алу жұмысы судың химиялық құрамын, күкіртсутегінің шамасын, сульфатты қалпына келтіретін бактериялардың немесе ингибиторлардың мөлшерін анықтау үшін жүргізіледі. Бұл жұмыстар Ду-15 және Ру-16 сынап алушы арқылы жүргізіледі.

Нысандарды және қажетті материалдарды жұмысқа дайындау

Бастапқы жасалатын жұмыстардың бірі бұл топтық өлшеу қондырғылардың, ұңғы сағасы маңына, су жинау коллекторларында Бр-2,5 және Бр-25 типті кәсіпшілік реагент блоктарымен жабдықтау. Бұл блоктар «соққылау» мөлшерлеу кезінде 50-100 г/м³ және 15-25 г/м³ жұмыс мөлшерінің шығынымен қамтамасыз етеді:

– мөлшерлеу сораптарын жаңарту;

– ингибитор құйылатын ыдыстарды жуып, бумен тазалау;

– ингибиторларды тасымалдайтын және толтыратын жабдықтарды жаңартып, ыдыстарды арнайы АЦН автокөлігі арқылы жуу;

– әр нысанға есептелген мөлшерде ингибитор жеткізу.

Ұңғыны пайдалану кезіндегі ұңғыны коррозиядан сақтау мақсатындағы DODIKOR V 4712 коррозия ингибиторын қолдану технологиясы

Коррозия ингибиторы әкелінген жағдайында қолданылады. Ингибитор ұңғыға мөлшерлеу клапаны бар блокты қондырғы арқылы беріледі. Бұл қондырғы блогы НД типті мөлшерлеу клапанынан және реагент сақталатын

ыдыстан тұрады. Реагент ыдысы ұңғыға айдалу алдында толтырылады. Ұңғы ішіндегі қорғау қабыршағының пайда болуы ЦА-320 агрегатымен ингибиторды «соққылап мөлшерлеу» қалпында айдау арқылы жасалады.

Өндіру ұңғыларының сақиналы кеңістігіндегі ингибитор құю арқылы өңдеу технологиясы

Ұңғылардың сақиналы кеңістігіндегі ингибиторды мерзімді құю арқылы жерасты жабдықтарындағы коррозиның пайда болуының алдын алу.

Өңдеу технологиясы:

– ұңғының сақиналы кеңістігіне ингибиторды құю пайда болған түп қысымның артық мөлшерінің есебінен оны терең сораптың қабылдау бөлігіне біртіндеп мөлшерлеп беру мақсатында орындалады;

– ұңғының сақиналы кеңістігіне ингибиторды құю сорап алқасының орналасу тереңдігіне дейін орындалу қажет. Мұнда динамикалық деңгей 400 м болады және сағадан төмен;

– ингибиторды ұңғыға құю кезеңі өткізілген зерттеулер нәтижесі бойынша әр ұңғыға жеке анықталады. Олардың бақылау көрсеткіші түп қысымның режимнен ауытқуы және жерасты жабдықтарында коррозияның пайда болу дәрежесі болып табылады;

– ұңғының сақиналы кеңістігіне құйылатын ингибитордың ұсынылатын көлемі пайдаланушы тізбектің диаметріне тәуелді болады. СКҚ мен сорап алқасының орналасу тереңдігі көрсетілген (10.3-кесте).

Жұмыс жүргізу технологиясы:

– ұңғы сағасын ингибитормен өңдеуге дайындау;
– ұңғыны тоқтату;
– ЦА агрегатын құбырсырты ысырмасына жалғау;
– айдау сызығын бір жарым есе күту қысымына дейін сығу;
– ингибиторды наряд-тапсырыс бойынша ұңғыға құю;
– ингибитор құйылып болғаннан кейін құбырсырты ысырмасын жабу;
– ЦА-320 агрегатын айыру;
– ұңғына пайдаланысқа жіберу;
– аптасына бір рет ұңғыдағы түп қысым мен жер асты жабдықтарын коррозиның пайда болу дәрежесіне зерттеу жүргізіп тұру;
– ұңғыны өңдеу кезінде «ҚР мұнай өңдеу өнеркәсібінің қауіпсіздік техникасы мен еңбекті қорғау ережелері мен нұсқауларының талаптарына сай орындау».

10.3-кесте. Ұңғының сақиналы кеңістігінде құйылатын ингибитор көлемі

Пайдалану тізбегінің диаметрі, *дюйм*	СКҚ диаметрі, *мм*	Алқаның және сораптың тереңдігі, *м*	Пайдалану тізбегінің көлемі, *м³*	СКҚ алқасының көлемі, *м³*	Ұңғының сақиналы кеңістігіне құйылатын ингибитор көлемі, *м³*
5	73	2000	12,50	4,32	16,2
	73	2100	13,75	4,82	17,05
	73	2200	15,00	5,26	17,86
	89	1900	11,25	5,60	15,42
6	73	2000	18,00	4,38	11,16
	73	2100	19,8	4,82	11,72
	73	2200	21,6	5,26	12,29
	89	1900	16,2	5,60	10,60

Өндіру ұңғыларының сақиналы кеңістігіндегі ингибитор құю арқылы өңдеу технологиясы көлемінің қысқаруына байланысты

Ұңғының сақиналы кеңістігіне ингибиторды 7,5 м³ көлемінде құю кезінде ұңғыны құбырсырты ысырмасының жабық күйінде пайдаланған жөн. Бұның мақсаты ингибиторды (мөлшерлеп) келе-келе жиналған құбырсырты газының өсуі арқылы сораптың қабылдау бөлігіне дейін сығу. Құбырсырты ысырмасына құбырсыртындағы газ қысымының көрсеткішін үнемі көрсетіп отыратын техникалық монометр орнату қажет. Бұл монометрдің көрсеткішін күнделікті бекітіп отыру қажет. Ингибиторды құюға дейінгі белгілі бір уақыт (тәулік) арасында құбырсырты газының қысымы сораптың қабылдау бөлігіндегі қысымға теңдігіне жеткенде (сұйық бағанының қысымы сораптың қабылдау бөлігіне дейін) қабаттағы сұйықтықтың динамикалық деңгейін қайта қалпына келтіру мақсатында ұңғының шығару сызығына айдалу қажет. Қабат сұйығының динамикалық деңгейінің қайта қалпына келуімен бірге бұл цикл операциясы қайталанады. Бұл кезде ұңғының сақиналы кеңістігіне 7.5 м³ көлемінде ингибитор қайта айдалады.

Қазіргі кезде ингибиторларды ұңғымаға енгізудің бірнеше әдіс-тәсілдері қолданылады. Оларды бірнеше топтарға бөлуге болады.

10.2-суретте жартылай автоматты немесе автоматты құрал көмегімен ингибиторларды ұңғымаға енгізудің кестесі көрсетілген.

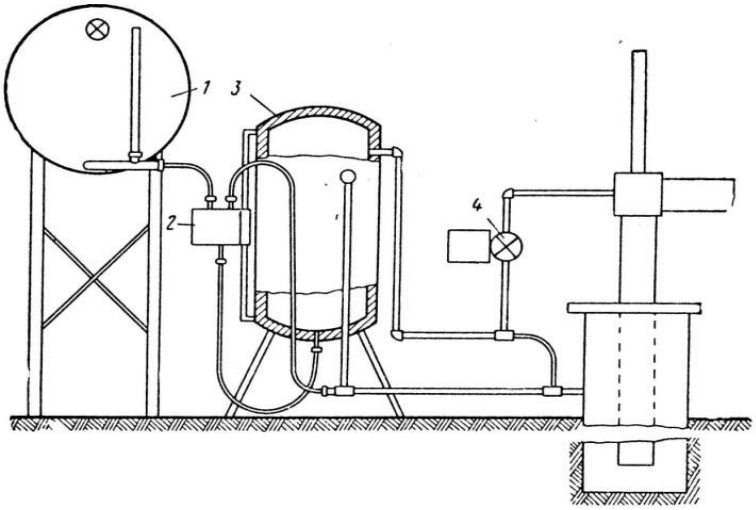
Автоматты немесе жартылай автоматты құрал көмегімен ингибиторлардың ерітіндісінің анықталған саны ұңғымаға енгізіледі де, онда ол сұйық өнім бөлігінде ериді.

Ингибитордың ерітіндісі *1* резервуардан өз бетімен *3* сыйымдылық-цистернасына құйылады. Сыйымдылыққа түсетін ингибитордың көлемі *2* сұйықтық бақылау деңгейінің камерасымен бақыланады және реттеледі.

Сызық жүйесінде, ингибитордың келетін ерітіндісі тура ұңғымаға барады, автоматты түрде жұмыс істейтін *4* ауа толтыратын түтіктің қақпағына орналастырылады. Ауа толтыратын түтіктің қақпағы арнайы механизмнің көмегімен басқарылады, ол уақытты және толтыру ұзақтығын

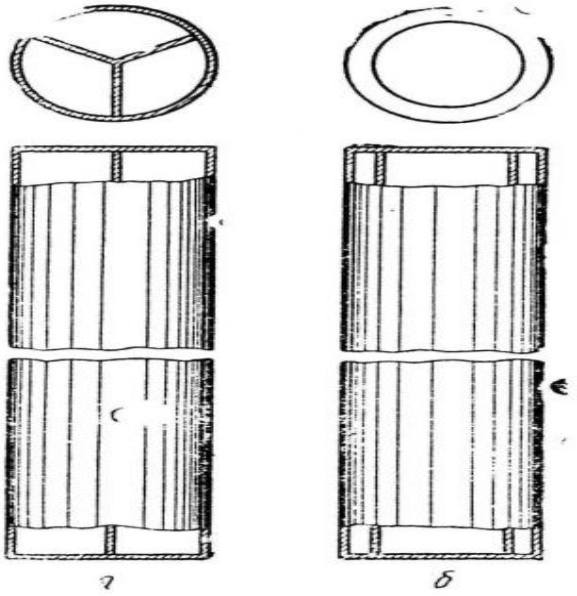
реттейді. Ингибиторлардың ұңғымаға енуі тікелей жұмыс атқаратын құрылғылардың принципі бойынша іске асады.

10.2-суретте ингибиторлардың өзіндік беріліс ережесі бойынша ұңғыма түбіне ингибиторларды жіберуге арналған қондырғының сұлбасы көрсетілген.



10.2-сурет. Автоматты және автоматсыз қондырғылар көмегімен ұңғымаға ингибиторларды енгізу сызбанұсқасы

Ингибиторларда өз еркімен жұмыс атқаратын құрылғылар шиша тәріздес болып келеді. Олар жеңіл желпі қабырғалар арқылы бірнеше камераларға бөлінеді де, олар ингибиторлармен толтырылады және ұңғыманың бір бөліміне орналастырылады. Шишалардың қабырғалары әртүрлі қалыңдықтағы металдардан жасалған (10.3-сурет).



а – үш өлшемді ыдыс, б – екі өлшемді ыдыс

10.3-сурет. Ұңғыма түбіне ингибиторларды жіберетін құрылғы

Сондықтан камера қабырғаларының коррозиялық күйзеліс негізінде ингибитор белгілі реттілік бойынша түседі.

Ингибитор порциялар арқылы енгізіледі және олар камераның көлеміне байланысты болады. Сол себепті ортаның агрессивтілігі жоғары болғандықтан камераның қабырғалары тезірек бұзылады.

Ондай топқа цилиндр пішінді құрылғылар да жатқызылады және өзекке мықтанған қатты ингибиторға орналастырылады. Соңғысы мыс және магнийден тұрады. Өзектің бұзылуы және ингибитордың ұсақ бөлшектерге бөлінуі қоршаған ортаның агрессивтілігіне байланысты. Ингибиторлардың ұнтақтары қоршаған ортада ериді және ағым арқылы ұңғыманың технологиялық сызығына жіберіледі.

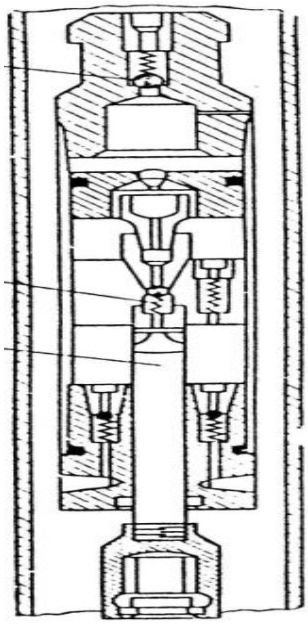
Жоғарыда айтылғандай, қоршаған ортаға тәуелді автоматты принцип бойынша жұмыс атқаратын ингибиторлардың келесі құндылықтары бар:

– ұңғыма ингибитор арқылы өңделеді және де қоршаған ортаның коррозиялық іс әрекетіне тәуелді;

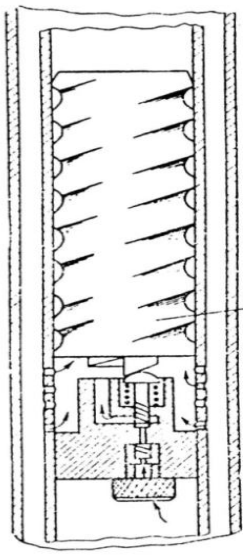
– ингибитордың берілуі үздіксіз және қайта-қайта болады;

– жеңіл бұйымдар.

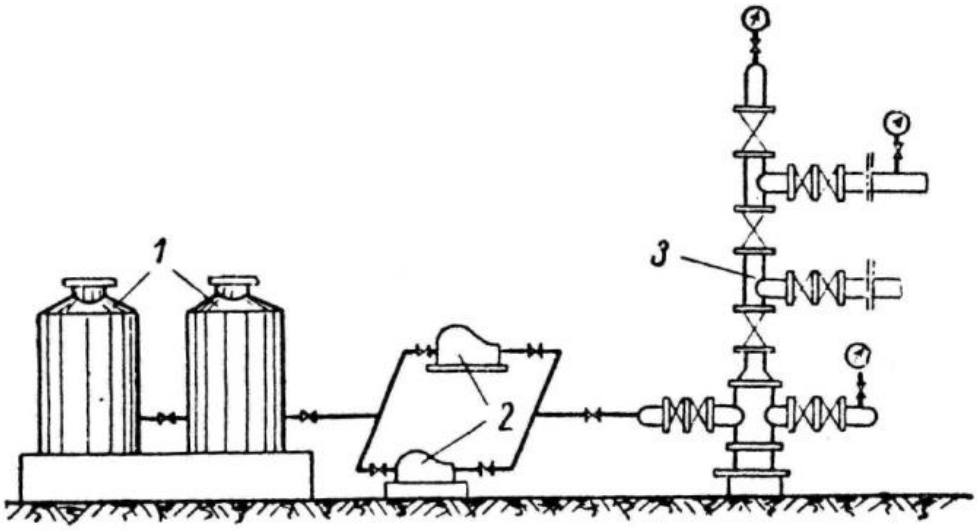
10.4 - 10.6-суреттерде ингибиторлардың автоматты және ингибиторлар құрылғыларының сызбанұсқасы көрсетілген.



10.4-сурет. Ингибиторларды автоматты түрде жіберуге арналған құрылғы



10.5-сурет.Беріліс ортадағы қысым әсерінен іске қосылатын құрылғы



1 – ингибиторлар ерітіндісінің ыдысы; 2 – электроқозғалтқыштары бар мөлшерлік сорап; 3 – газконденсатты ұңғыманың фонтанды арматурасы.

10.6-сурет. Мөлшерлік сорап көмегімен газконденсатты ұңғыларға ингибиторлар ерітіндісін енгізуге арналған қондырғының сызбанұсқасы көрсетілген

Ингибиторды еріту үшін сорап түрінің құрылғысы екі сыйымдылықтан тұрады. НД25В маркалы екі дозаторлы сораптан және оралған құбырдан тұрады. Олар ұңғының құбыр артындағы кеңістікті қосу үшін керек. Көрсетілген құрылғылар типінің артықшылығы – ингибитордың нақты мөлшері.

10.4.4 Ингибитордың қорғалуын бақылау

Көмірқышқыл коррозиялық өнеркәсіптік жағдайда ингибирлеудің тиімділігін бақылау келесі тәсілдер арқылы іске асады:

– жабдықты көзбен шолу арқылы;

– бақылау нұсқаның салмағы арқылы;

– ұңғымадан шығатын судың темір иондарының өзгеруі арқылы;

– ағымдағы коррозиялық үрдістердің қарқындылығын анықтау арнайы құралдар арқылы іске асады.

Тиімділік бақылауының бірінші тәсілі нақты болып келгенімен, ұңғыманың жиі тоқталуына байланысты ол кең ауқымды бола алмайды.

10.7-суретте ұңғымада ингибиторсыз 1 жыл істеген және ИКСГ-1 маркалы ингибитордың жүйелі ингибирленуі кезіндегі металды дөңгелектің қорғалу түрі көрсетілген.

Ингибирленуді бақылаудың тиімді тәсілінің екінші түрі бақылау нұсқалары өлшемінің өзгеруі сенімді және де ыңғайлы, бірақ та кейбір жағдайларда ФА ысырмасы сай келмегендіктен нұсқаның құрылғылары қиындайды.

Бақылау нұсқа арқылы ингибирленуінің тиімділігін мына формула бойынша анықтауға болады:

$$Э = \frac{К - К_1}{К} \cdot 100\%$$

Мұндағы К, $К_1$ – ингибиторды қолданғандағы және қолданбағандағы коррозияның жылдамдығы, *мм/жыл*.



а

б

10.7-сурет. Ұңғымада ингибиторсыз 1 жыл істеген және ИКСГ-1 маркалы ингибитордың жүйелі ингибирленуі кезіндегі металды дөңгелектің қорғалу түрі

Ингибирленудің ең жеңіл және ыңғайлы тәсілі ұңғымадан шығатын судағы темір иондарын бақылау болып табылады.

Беткі болат құбырдың және де басқа да құрылғылардың күйін бақылауы бойынша, коррозия өнімінің онда жоқ екендігі анықталды. Кәсіпшіліктің көбінде қабаттық суда темірдің еріген тұздары жоқ болады. Сондықтан да көмірқышқыл жағдайындағы коррозиялық үрдістер оның өнімінің еруі арқылы ағады. Сондықтан, кәсіптік құрылғының коррозиялық

деңгейін және ингибиторлар қолдануының тиімділігін ондағы темір саны бойынша талдауға болады. Олар конденсациялық суларда бар.

Темірді азайту барысындағы ингибирлеу тиімділігінің келесі формуламен анықталады:

$$Э = \frac{Q_{ж} - Q_{1ж}}{Q_{ж}} \cdot 100\%$$

мұндағы $Q_{ж\ и}$ $Q_{1ж}$ – газконденсатты судағы ингибиторларды енгізгенге дейін және енгізгеннен кейінгі темірдің мөлшері, мг/л.

Арнайы құралдар арқылы ингибирленудің тиімділігін бақылау тәсілі арқылы коррозиялық үрдістердің қарқындылығын анықтау, ұңғымаға өнімнің ағымдық уақытына байланысты.

Ол үшін әртүрлі тәсілдер мен құралдар қолданылады. Оның ішінде қолданыста көп болатыны: фотометрикалық және электрохимиялық.

10.4.5 Күкіртті сутегі мен көміртегінің қос тотығы үшін жаңа ингибиторлар жобасы

Отандық және шетелдік газ конденсатты ұңғымаларды күкіртті сутегі мен көміртегінің қос тотығы үшін аналитикалық зерттей келе имидозалиндердің қатарын шығаруға көмектесті, бірінші және екінші амин, диаминдер қолдан жасалған ингибиторлық амин, Қазақстан кен орындарына ең қолайлы болып табылады.

Солардың ішінде: Виско, Коррексит, Налко, Травис және отандық Север -1 және ИФХАНГАЗ-1.

Отандық ингибиторларды алғашқы барлау ұңғыларына қолданғанда құрылғыларды жақсы қорғайды. Бірақ қуаты аз болғандықтан оның тек 200тонна жылына көлемде ғана шығарып және ол тек жаңа ингибиторлардың синтезіне жетті.

Ингибиторларды имидазолин, амидоамин және амин негізінде синтездеу

Амин ретінде үшэтаноламин (ҮЭА) таңдалыған, ол моно- және диэтаноламинге қарағанда күкіртті сутекпен және көміртегінің қос тотығымен тез әрекеттеседі және жоғары молекулалық азот қышқылының суда және көміртегінде диспергирленуін жақсартады, азотты қосылыстары мен көмірсутектерге қорғаныстың синергетикалық тиімділігін қамтамасыз етеді.

Аминоамид және имидазолин ретінде майлы қышқылдардың полиэтиленполиамин (ПЭПА) арасындағы байланысты қарастырды. Тәжірибе жүзінде аминоамид пен имидазолиннің қатынасын реакцияның жүру уақытына және температураға байланысты 1:9-дан 9:1-ге дейін реттеуге болады.

Ұтымды (оптимальды) қатынас 1:1 тең, қалыпты атмосфералық қысымда оны 180 °С орнатады және реакция ұзақтығы − 6 сағат. Майлы қышқыл ретінде көбіне келесі ұзындықтағы көмірсутек радикалынан тұратын $С_{18}$ - $С_{22}$ қанықпаған қышқыл қолданылады.

Майлы қышқыл ретінде талл майы қолданса (ЖКТМ), ал ПЭПА ретінде − диэтилентриамин (ДЭТА) қолданылуда.

Ингибитордың қорғаныс қасиетін анықтау

Тәжірибелік жұмыстар «Методикалық нұсқау...» бойынша 20° және 80°С үнемі араластыру кезінде жүргізілді. Коррозиялық орта су фазасын (3% *NaCI* + 250 *мг/л* сірке қышқылы) және 5:1 қатынастағы көмір сутек фазасын ұстап тұрды. Тәжірибе кезінде қышқылмен күйдіру үздіксіз жүріп отырды (күкіртті сутектің парциалды қысымы 0,1 *МПа*). Жалпы коррозияның жылдамдығы гравиметриялық әдіспен тегіс үлгілерде анықталды. (Болат 20) МЕСТ 39-099-79 негізінде, металдың сынғыштық қасиеті сымның майысуы саны бойынша бағаланады (Болат СВ08А).

Тәжірибе таңдап алынған ингибиторлардың барлығы жалпы коррозияға да, сынғыштық қасиетке де жақсы қорғағыш қасиетке ие. Ингибитор концентрциясы 200 *мг/л* 90 % қамтамасыз етеді және 80 °С-да қорғаныс деңгейі сол күйінде қала береді. Үлгілердің пластикалық қасиеті айтарлықтай өзгермейді. Ингибитор Нефтехим-1 100 *мг/л* концентрацияда қорғаныс қимылын қамтамасыз етеді, 97 % жалпы коррозияның 20°С және 94 %-да 80 °С, сынғыштықтан 83 % дан жоғары. Нефтехим-3 қорғаныстың 99 % 80 °С-та қамтамасыз ете алады, егер оның концентрациясын 200 *мг/л* дейін өсірсе.

Өткізілген автоклавтық сынақтар өте қатаң шарттарда өткізілді (автоклавтағы табиғи газдың қысымы − 5 *МПа*, күкірттісутек пен көмірқышқыл газының қысымы, сәйкесінше 0,2 және 0,3 *МПа*, орта : 3% *NaCl* + 250 *мг/л* сірке қышқылы , су және көмірсутек фазаларының қатынасы 1:1, тәжірибе уақыты - 48 сағат) қорғаныс қасиетінің сақталуын қамтамасыз етеді (кесте 2.3-5). 500 *мг/л* концентрацияда ингибиторлардың барлық маркасы қорғаныстың 90 % және одан да жоғары. Аз концентрацияларда 200 *мг/л* дейін жоғары қорғаныс әсеріне: Теңіз 45/1, Нефтехим-3, ГИПХ-4 ингибиторлары ие.

Теңіз 45/2 қорғаныстың 90% 50 мг/л концентрацияда көрсетеді, ал импорттық ингибиторлар қорғаныс қасиетін тек 68...74 % кезінде және 200 *мг/л* концентрацияда көрсетеді .

Сынғыштықтан жоғары нәтижеге ГИПХ-4 және Нефтехим-3 ингибиторлары ие.

10.4-кестеде ингибитордың жалпы коррозия мен металдың сынғыштығының парциалды қысымда күкірттісутек 0,7 *МПа*, көмірқышқылы − 2,1 *МПа* және 100 °С температурада коэффициенттері көрсетілген.

10.5-кестеде алынған мәліметтерді қорытындылай келе Нефтехим-3 ингибиторы зерттеуді ары қарай жалғастыру үшін өте қолайлы болып табылады.

10.4 кесте - Ингибиторды автоклавтық сынау нәтижелері

Ингибиторлар концентрациясы, *мг/л*	P_{H2S} = 0.2 *МПа*; P_{CO2} = 0.3*МПа*, t = 80 ^oC	
	К, *г/м^2·сағ.*	Z, *%*
Травис А		
50	-	-
100	-	-
200	0,341	68,1
500	0,0748	93,0
1000	0,078	92,7
Травис В		
50	0,44	58,9
200	0,3433	67,9
500	0,075	93,0
1000	0,0637	94,1
Травис С		
50	-	-
100	-	-
200	0,278	74,0
500	0,083	92,2
1000	0,065	93,9
ГИПХ-4		
50	-	-
100	0,561	47,6
200	0,217	79,7
500	0,032	97,0
1000	0,028	97,4
Нефтехим-1		
50	0,802	25,0
100	0,3293	69,2
200	0,33	69,2
500	0,07	93,5
1000	-	-
Нефтехим-3		
50	-	-
100	1,74	-
200	0,325	70,5
500	0,1586	85,5
1000	0,0536	95,1
Каспий-2		
50	-	-
100	0,996	6,9
200	0,3757	64,9

10.5-кесте. Нефтехим-3 ингибиторының қорғаныс мінездемесі

Концентрация, *мг/л*	Жалпы коррозиядан қорғау, %	Сынғыштықтан қорғау, %
200	85,6	75
500	90,2	74
1000	95,0	76

Сынақтардың нәтижелерін қанағаттанарлықтай деп санауға болады. Болаттың жалпы коррозиясы ингибитор қоспаған да 0,7 *мм/жыл* тең. Ал қосқан кезде ол 1 % концентрация кезінде де айтарлықтай төмендейді, бірақ тек 10 % концентрация болатқа жалпы коррозиядан кешенді қорғайды және ол 97 %, ал сынғыштықтан 83 % қорғайды.

Құбырлық болаттың жоғары минерализацияланған күкірттісутекті ортадағы жарылымына қарсы ингибитор қорғанысының тиімділігін бағалау

Күкірт сутекті коррозиялық жарылуы (КСКЖ) кернеулі күйінде және болаттарының күкірт сутек қабыршақтануы қиын болады және сондықтан коррозия қиратуының әсіресе қауіпті бір түрі болып саналады.

Нефтехим-3 > ГИПХ-4 ≥ Каспий-2 > Травис С > Травис 110№е0В

Бірақ болаттың қорғаныс коэффициентін арттыру арқылы оның жеткілікті деңгейге дейін жеткізуге болады, бірақ ол экономикалық және экологиялық жобаға сай келуі тиіс.

ГИПХ-4 ингибиторын > 200 *мг/л* мөлшерде қолданғанда түгелдей металға коррозиялық ортаның әсері басылады: қирау параметрлерінің мәндері (τр, δ, Ψ, σ), тәжірибе жүзінде, ауа сынау нәтижесіне сәйкес келеді. ГИПХ-4, 400 *мг/л* концентрацияда, қорғаныс коэффициенті 95 %-ға тең. Каспий-2, Нефтехим-3 и ГИГГХ-4 ингибиторлары қорғаныс жағынан бірдей. SM 90 SSU болаты үшін келесі ингибиторлар қатары әсерлі:

Каспий-2 > Нефтехим-3 = ГИПХ-4 > Травис 1100В

Ингибиторлардың қорғаныс қасиетін талдай келе сыналған болаттар API X46 және SM 90 SSU сутектенуі тұрақты ерітіндіде NaCI, байқау қиын емес, ГИПХ-4 ингибиторы болаты үшін SM 90 SSU аса әсерлі. API X46 болатының ерітіндідегі қорғаныс коэффициенті, 100 мг/л Травис С» үшін 48 %, сол концентрацияда және 15 % *NaCI* + H_2S + CO_2 ерітіндісінде КЗ = 81 % құрайды. Травис А ингибиторының қабықшасы да, APIX46 болаты үшін қанағаттанарлық нәтиже көрсетті. Шытынаулар 2000 *мг/л* көлемде Травис 1100В ингибиторының қолданса да шытынаулар кетпейді.

NaCI ерітіндісінде жақсы нәтиже ГИПХ-4 ингибиторы көрсетті, 400 *мг/л* концентрацияда SM 90 SSU болаттың қирауын түгелдей жояды.

Каспий-2, Нефтехим-3, ГИПХ-4 (сынақтан өткендердің арасында) API X46 және SM 90 SSU болаты үшін NaCI 25 °С ортасында да, және 15 %-ерітінді NaCI + H_2S + $C0_2$ 100 С жоғары қорғаныс қасиетке ие және өнімнің құрамында күкірттісутек және көмірқышқыл газ бар ұңғыларда қолдануға болады (Теңіз, Қарашығанақ кенорындары және т.с.с).

Ингибиторлардың технологиялық мінездемесін зерттеу

Ингибиторларға негізгі талаппен қатар (күкірттісутектік коррозияға қарсы күшті қорғаныс), қосалқы талап игеру технологиясына кері әсерін тигізбеуін.

Ингибиторлардың қасиеттері келесі бағытта зерттелді: ерігіштік, аминспирттердің судағы ерітіндісінде көбіктенуі (күкірт тазалау үшін орнатылған абсорбенттер).

Жақсы ерігіштік қасиеті мұнайлы ұңғымаларда қолданатындығын көрсетеді. Тәжірибелік мәліметтерді талдай келе, ингибиторлар көбіктенбейді, тек Нефтехим-1, Нефтехим-2 және Теңіз 45/1 ингибиторларынан басқасы. Бұл ингибиторлар су ерітіндісінің аминді спиртпен көбіктенуін тудырады.

Металдың шытынауы мен сынғыштығына және жалпы коррозияға қатысты зерттеулер нәтижесі Нефтехим-1, Нефтехим-3, Теңіз 45/1, Теңіз 45/2, Каспий-2, ГИПХ-4 ингибиторлары керекті қорғаныс және технологиялық қасиетке ие және Теңіз кен орнына қолдануға болады.

Нефтехим-1, Нефтехим-3, Север-1, Каспий-2, ИФХАНГАЗ-1 ингибиторларын өндірістік сынау.

Өндірістік сынауларды мұнай қондырғыларын шынайы талаптарда Теңіз кен орнында қорғаныс қасиетін анықтау.

Коррозиялық зерттеулердің объектілері:

– ұңғы сыртындағы және ұңғы ішінде құрылғылары бар ұңғы;

– 4 сатылы блокты сепараторлы «Порта-Тест» құрылғы, факельді шаруашылықты қоса;

– ингибитор ерітіндісін дайындау торабы;

– қосалқы құралғылар.

Зерттелген ингибиторлардың параметрлері: коррозия жылдамдығы, сутек арыны және күкірттісутек коррозиясына құбырлардың қорғаныс қасиеті. Коррозия жылдамдығы стандартты түрде анықталды. Екінші параметрді СК-3 коррозиметр арқылы анықталды, мұнай және газ арынына керекті жабдықтармен жабдықталған.

Әдістеме бойынша коррозия жылдамдығы келесі формула бойынша анықталды :

$$\rho = (\Delta n / \Delta t) \cdot 0{,}365\ K$$

мұндағы, p – коррозия жылдамдығы, миллидюйм/жыл; Δn – құрылғы көрсеткішінің өзгерісі, ед.; Δt – өлшеулер арасындағы уақыт, тәулік; K – паспортта көрсетілген зонд тұрақтысы.

Алынған мәліметтерді қорыта келе API X46 және SM 90SSU болаттарындағы коррозия жылдамдығы газды және мұнайлы арында да келесі мөлшерде болады: 0,01.,.0,04 *г/м^2·сағ*, 0,0112...0,047 *мм/жыл* бекітілген мөлшерге сай және одан аспайды (0,15 *мм/жыл*).

Сутек арынын анықтау үшін, қапталған М-3112 зондты М580-Е датчигімен сепораторға бекітілген.

Құрылғы сутектің диффузиялық таралуын тіркейді, яғни құрылғының бетінде пайда болған коррозияны тіркейді. Қалыптасқан сутек иондары су молекуласын түзуі мүмкін немесе аппарат қабырғасына сіңіп кетуі мүмкін. Құрылғы аппарат қабырғасына сіңген сутек мөлшерін көрсетеді.

Сутектің құбырларға сіңу мөлшері 87 мл/м^2·тәулік аспайды. Мұнайлы арындарда 39 *мл/м^2·тәу* аспайды. Демек, газды сызықтар қиратуды болмашы қауіп-қатердің төңіректеріде болады.

Технологиялық құрылғының ингибиторлық қорғанысының технологиясы УКПГ-2

Технологиялық сызбанұсқада коррозия ингибиторын енгізу сепаратрдан жоғары күкіртті газ шыққан кезде енгізеді 2-200-VQ-01/02.

УКПГ-2 коррозия ингибиторын қос орнатылуымен қамтылған (2-124-ХХ-01/02). Коррозия ингибиторынынң орнатылуы қауіпсіз контейнерде сақталған.

Ингибитор мөлшерленіп қос сорапқа беріледі (PD-02A/B), қалыпты жағдайда жұмыс жасайтын және бірсызықты бастырмалары болады.

Шығар кездегі енгізілетін коррозия ингибиторы ретінде Налко-Эксон компаниясының ЕС 1185А ингибиторы таңдалды.

Ингибитор екі мөлшерлегіш сорап арқылы PD-01A/B, төрт батырмасы бар және қалыпты жағдайда жұыс жасайтынға беріледі.

Сорапты таңдай ЕС-002А пульты арқылы іске асады.

Бір сораптағы ингибитор арынының шығыны – 12,5 *л/сағ* және қысымы - 105 тең.

Коррозияның химиялық ингибиторлары

Ингибитор химиялық реакцияны бәсеңдететін және тоқтататын зат болып табылады. Коррозия ингибиторы сәйкесінше коррозия жылдамдығын бәсеңдететін зат болып табылады.

Коррозия ингибиторлары негізгі үш механизм бойынша жұмыс жасайды:

1. Жұқа қабықша түзе отырып, металл бетіне абсорбцияланады.
2. Металды қаптайтын үлкен тұнбаның түзілуі.
3. Қоршаған ортаның агрессивті компоненттерін алу жолы.

Бейорганикалық коррозия ингибиторлары

Олар екі түрге бөлінеді: анодтық және катодтық.

- *Анодтық ингибиторлар*

Анодтық ингибиторлар металдың анодтық бөлігін электрохимиялық қираудан қорғайды.

Бұл процесте ингибиторларлы қолдану негізгі рөл атқарады және бұл пассивтік қорғау болып табылады. Пассивтік қасиет металл электродының коррозияға берілмеуінен байқалады. Бұл типке мысал ретінде хроматты айтуға болады. Хромат металл бетін жұқа қабықшамен жабатын немесе күрделі кристалл қосындысын түзеді. Қабықша тек анодта ғана пайда болып бірақ аяғында металлдың бетін түгел жабады. Неорганикалық анодтық ингибиторларға нитриттар, силикаттар және молибден қышқылының

тұздары жатады. Ингибиторлардың бұл түрлері мұнай және газ өндіруде қолайсыз.

- *Катодтық ингибиторлар*

Катодтық ингибиторлар анодтық ингибиторларға қарағанда өте күшті. Олардың негізгі мақсаты катодтық бөлікте қабықша түзу. Бұл металдың поляризациялануына әкеледі, яғни оттектің металға енуін тоқтатады. Қабықша сонымен қатар оттектің бөлінуін және деполяризациялануын тежейді.

Катодтық ингибиторларға мысал ретінде полифасфаттар, мырыш, тұз болып табылады. Ингибиторлардың бұл түрлері мұнай және газ өнеркәсібіне қолайсыз.

Өнімдердің ортақ жұмысына мысал ретінде келесі өнімдерді айтуға болады :

- Цинк/хромат
- Хромат/полифосфат
- Цинк/полифосфат
- Полифосфат/силикат

Бірақ бұл комбинациялар мұнай және газ өндірісіне сәйкес келмейді, сол себепті қолдануға болмайды.

- *Бейтарап ингибитор*

Ингибитордың бұл түрі металл ортасымен байланысып, коррозияға ұшырау қаупін төмендетеді. Бейтараптаушы ингибиторлардың көбісі органикалық болып табылады, бірақ бейорганикалық ингибиторлар да кездеседі, олар:

Оттек жұтқыш, натрий сульфаты, аммоний бисульфаты және т.б.

Басқа мысал ретінде газ тәрізді аммиакты қолдану болып табылады.

Сонымен қатар органикалық ингибиторларды айтуға болады. Олардың негізгі мақсаты коррозия өнімін бейтараптау. Мысалы морфолин өңдеу кезінде тұз қышқылымен реакцияға түседі.

Органикалық ингибиторлар

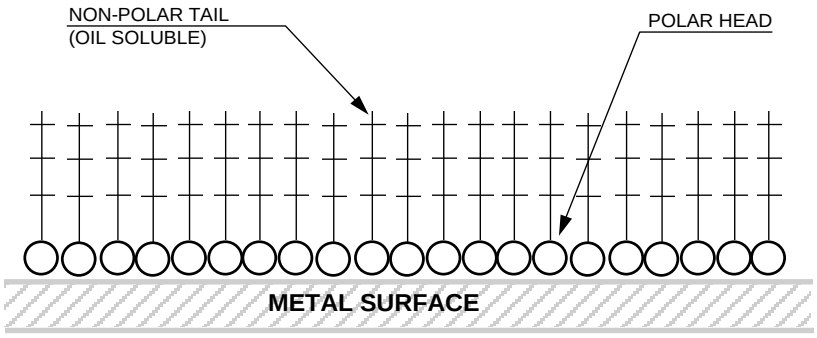
Органикалық коррозия ингибиторлары көміртек пен азот қатынасы негізіндегі және фосфор құрамды күкірті қатынасы негізіндегі химикаттар. Бұл органикалық ингибиторларды катодтық немесе анодтық деп қарастыруға болмайды, себебі ол металл бетінің барлығына әсер етіп қабықша түзеді. Бұл ингибиторларды көбінесе абсорбирлеуші ингибиторлар деп атайды.

Алғашқы қалыптасқан қабықша электр зарядтарының алмасуы нәтижесінде бекітілген. Ол келесі қабықшалардың тіркелуіне де себепші болады. Көптеген абсорбирлеуші ингибиторлар ұзын молекула болып табылады, шынжырдың бір жағында полярлық мінездемесі, бірақ молекула шынжыры көмірсутектерде еритін полярсыз қосылыс.

Молекула полярлық жоғары металдық бетпен бекітіп айқастыратынын ингибитор жасауды ықшамдалған әдіс қабылданды. Бекітуде тетік болуы мүмкін, Ван-дер-Вальс күштердің химия және физикалық сіңірмелігінің комбинациясы болып табылады. Бұл қосудың күші ингибитордың әсерінің ұзақтығына түбегейлі эффекті болады.

Еритін бұл молекуласының көмірсутек полярлық емес бөлімшесі жиналмалы майының немесе гидрофобты бетінің жасауы үшін бұл металының беттің сыртында бағытталған. Бұл беттердің анықтауы бойынша және металл суланбайтын гидрофобты болып табылады, фазаның коррозия су перісінің әсерінен қорғап қорғалады. Бұл сызбанұсқалық ұғымдар 10.8-суретте көрсетілген.

Ингибитордың жүйелердің көмірсутек су жүйелерінің екі фазалардың арасындағы тепе-теңдікте болады. Ингибитордың молекулаларының мөлшері әрбір фазада жоғала алады. Кез-келген қосымша ингибитор коллоидты мицелла түрінде болады. Мицелла белсенді болып табылмайды және қажетті ашпалы қабыршақтың шоғырландыруын қолдау үшін негізінде коллектор болып әрбір кезеңде молекула қалыптастыра жұмыс істейді. Осы уақытта ингибитордың қабыршағы жасалады, ингибитордың саны көбірек еритін мицелладан металдық бетті жабын жасалады.



10.8-сурет. Органикалық коррозия ингибиторы

Металдың бетке полярлық тобының тарту күші әлдеқайда көмірсутек және суды байланысына қарағанда күштірек. Бұл тартулары оңай аударылатын болып табылмайды. Демек, бұл ингибитор ресурс жоқ кезде де жұмысын тоқтатпайды. Бұл ингибитордың әсерінің мінездемелері ингибитор және қоршаған ортаның жеке молекулаларының жүйесінде үлкен дәрежеде тәуелді болады.

Коррозия ингибитоларының физикалық қасиеттері

Коррозия ингибиторларының сұйық түрі 25% - 45 % актив ингибитор болып табылады (бұл сұйықта үш ингибиторға дейін болады)және 55 - 75% еріткішпен араластырылып күшті қорғаныс қасиетке ие болады.

Ерігіштік

Сұйық коррозия ингибиторлары суда ерігіштік қасиеті бойынша бөлінуі мүмкін. Бұл қасиеттер маңызды болып табылады. Бұл тек қабықшаның қалыптасуына әсер етіп қана қоймай молекулалардың коррозияға ұшыраған бөлігіне жеткізуін қамтамасыз етеді.

Әдетте ингибитор еріткіште ингибитор түсі ашық болып қала берсе еритін болып табылады. Егер оны аз араластыру кезінде бірыңғай дисперленсе, онда ол дисперсті болып табылады.

Бұл мақсат үшін еріткіш мөлшері ингибитор мөлшеріне сәйкес немесе көп болуы тиіс. Егер дисперсиялану бір мин ішінде қалпына келсе онда оны уақытша дисперсия деп атайды. Өзгермейтін ингибитор дисперсивті ингибитор болып табылады.

Құрамына қарай көмірсутек/су және ингибитор бөлшекті дисперсті болуы мүмкін.

Ингибиторлардың ерігіштік қасиетіне байланысты қарапайым классификациясы келесі:

- Суда еруі
- Мұнайда еруі
- Суда еруі /суда диспегирленуі
- Шектеулі ерігіштік

Судағы ерігіштіктер суда диспергирленуіне қарағанда тұрақты. Тұрақтылық ретінде қабықша күшті, ал қабықша күшті болған сайын, оны сумен шаю қаупі төмендейді. Ерігіштігі шектеулі ингибиторлар өте тұрақты, бірақ олардың ерігіштігінің шектеулілігі ингибиторды керекті жерге жеткізуін төмендетеді.

Көбік пен эмульсия қалыптасуының мінездемесі

Коррозия ингибиторлары қабықша қалыптасқаннан кейін беттік активті зат болып табылады және сумұнайлы жүйеде көбік пен эмульсия жая алады. Жүйе сұйығы алдын ала тексеріліп, берілген ингибиторларда қолдану мүмкіндігі қарастырылуы тиіс. Оны қарапайым сынақ арқылы жүзеге асыруға болады.

Басқа химиялық реагенттермен сәйкестілігі

Химиялық заттардың жүйедегі басқа заттармен сәйкестілігін тексеру қажет. Енгізілген қос химикат бір-бірінің әсерін жоюуы мүмкін, сол себепті түсірер алдында қатаң тексеруден өтуі шарт. Кен орындарында қолданылатын ингибиторлар бір бірімен сәйкеспейді. Сондықтан араластырмай тұрып химикаттарды зерттеуден өткізу керек.

Термиялық тұрақтылық

Коррозия ингибиторлары температура бойынша шектеледі, себебі жоғары температурада олар өзінің қасиетін жоғалтып полимеризацияланады немесе шайырлы тұнба түзеді. Бұл жағдай уақыттың температураға тәуелділігімен түсіндіріледі.

«Нефтехим-3» ингибиторының құрамы

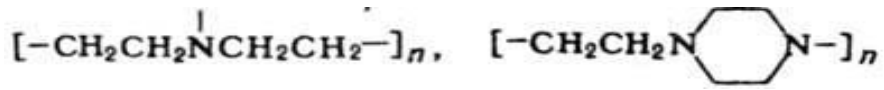
Нефтехим-3 полиэтиленполиаминнен карбон қышқылынан талл майынан пиперазин тұзының керосиндегі ерітіндісінен және катализатордан тұрады . Оның белсенді негізі талл майы мен амидоамин. 90,0 – 99,0 % (көлем бойынша) полиэтиленполиамидтан талл майы қышқылынан және 1,0 – 10,0 % (көлем бойынша) пиперазин тұзынан талл майынан тұрады ..

Құрамы:

Карбон қышқылы – органикалық қосылыс,құрамында бірнеше карбоксилды топ бар *–COOH*. Осы топқа байланысты моно-, ди-, три- және тетракарбон қышқылын анықтайды. Карбон қышқылдары алифатикалық– нормалды және тармақталған тізбекті болуы мүмкін, циклдық және

ароматикалық, шектеулі және шектеусіз: *OH* (оксиқышқылдар), NH_2 (аминоқышқылдар), *CO* (кетонды қышқылдар) т.с.с.

Полиэтиленполиамин (ПЭПА), фрагменттерді біріктіретін $[-C_2H_4NH-]n$,



Мұндағы n=2-6 (төмен молекулалы полиэтиленполиамин), n=250-1500 (жоғары молекулалы полиэтиленполиамин).

Полиэтиленполиамин (ПЭПА) – тығыздығы 950...1050 *кг/м*^{3} тығыздықтағы өткір аммиак иісті сұйық.

Эпоксидтер (оксирандар) – қанықкан төрт құрамды бір оттек атомды, күрделі эфир. Эпоксидтер галогендерге төзімді және күшті адгезияға ие.

Эпоксидтік шайыр – олигомерлер, тігілген полимерлерді (полиамина тағы басқалар) қатырғыштардың әсерінен құрастыртуға қабілетті болатын эпоксидтық топтар.

Н-М-1 атмосфералы коррозия ингибиторы

Тағайындалуы: Өндіру кезінде атмосфералы және микробиологиялық коррозиядан қорғау мақсатында, сақтауда, тасымалдауда, түрлі климаттық жағдайда да қорғау.

Ерекшеліктері: С10-С16 синтетикалық майлы қышқылдан және циклдік аминнен тұратын паста тәрізді немесе қатты өнім. Құрылғыларды биокоррозиядан қорғайды. Болатты, шойынды, мырышты, никельді, хромды, алюминийді, мысты және олардың қоспаларын қорғайды.

Негізгі мінездемесі

Ерігіштігі (% масс +25 ℃):

– суда 3% кем емес;

– бензинде 82.9 %;

– индустриалдық майларда 50 % кем емес.

Ингибиторды қолдану шарты мен көлемі

– 5…10% ұшқыш ерітінділерде (бензин, этанол т.с.с..);

– 1…3% су ерітіндісінде (конденсат);

– минералды майлар мен жанармайларда тұнба ретінде (дизельді, реактивті, керосин), 0.1 …3% масс жуу сұйықтарында;

Қорғайтын металдары:

– болат, шойын, мыс және оның қоспалары, мырыш, никель, хром, алюминий және оның қоспалары.

Қорғаныс мерзімі:

– су ерітінділерінде – 3 айдан 6 айға дейін;

– басқа ортада –1 айдан 5 жылға дейін;

Кепілді сақтау уақыты – 1 жыл жасалғаннан кейін.

Қолданылуы: ингибиторлық майларды ысытып та, ысытпай да қолданылады. Су ерітінділерін даярлаулары үшін тек қана конденсаттарды қолданады, өйткені әдеттегідей су өткізетін ерітінділер болып табылады.

Сақтандыру шаралары: Ингибитор НМ-1 аз зиянды заттарға жатады. Ингибитор Н-М-1-мен жұмыс жасайтын адамдар арнайы киім және аяқ киіммен қамтамасыз етілуі тиіс. Шекті рұқсат концентрацияның (ШРК) жоғарылауына байланысты респираторларды ауыстыру қажет. Ингибиторды майда, жанармайда және ұшқыш ерітінділерде қолданғанда барлығына ортақ ережені сақтауы тиіс. Теріге тисе оны сумен немесе соданың әлсіз ерітіндісімен жуу керек.

«Нефтехим – 15» коррозия ингибиторы

Нефтехим – 15 ингибиторы қатынас және жер асты құрылғыларын қорғауға арналған, қабат сулары мен сарқында сулардың әсерінен агрессивті қимылдары, сонымен қатар бұрғылау кезінде және ұңғыманы жабу кезінде эмульгатор ретінде қолдану.

Ингибитор НЕФТЕХИМ-15 үздіксіз енгізіледі (25-50 ppm) немесе соққылық мөлшерімен (100-200 ppm) құбырлар жүйесінде қабат қысымын ұстап тұру мақсатында минералданған суда 300 ppm дейін күкірттісутек немесе /және көмірқышқыл газы бар.

Суда еритін коррозия ингибиторы, көмірсутекті ерітінді активті заттың бетінде – конденсация өнімі полиэтиленполиамин майлы қышқыл талл майы немесе жоғары температурада қайнайтын бос май қышқылдырының фракциясы.

Бақылау сұрақтары

1. «Ингибитор» коррозиясы дегеніміз не?
2. Ингибиторлар қалай топтастырылады?
3. Өнеркәсіптік құрылғының ішкі коррозиялық ингибиторын таңдау кезінде қандай міндеттер шешіледі?
4. Ингибитордың жұмыс атқару механизмін түсіндіріңіз
5. Ингибиторды ұңғымаға енгізудің сіз қандай түрін білесіз?
6. Құрылғыларды сутекті коррозиядан қорғау мақсатында жүргізілетін қандай іс шараларды атай аласыз?
7. Төмен көміртекті болаттар қандай көрсеткіштермен сипатталады?
8. Алюминийді қорытпалардың құрамын мазмұндаңыз?
9. Болаттарды легирлеу коррозиядан қорғаудың қандай түріне жатқызылады?
10. Ингибиторларды автоматты түрде жіберу қондырғыларының қандай артықшылықтырын білесіз?
11. Ингибиторларды автоматты жіберу түрі туралы айтыңыз
12. Құбыр сыртындағы кеңістіктегі газконденсатты ұңғымаға ингибиторды енгізу үшін қандай құрылғылар қолданылады?
13. Ингибиторларды қосудың тиімділігі қандай тәсілдермен бақыланады?
14. Ұңғымадан шығарылатын судағы темірдің мөлшерінің өзгеруі ингибирленуінің қандай бақылау тәсілі арқылы түсіндіресіз?

15. Бақылау нұсқалар арқылы ингибирлеудің тиімділігі қалай анықталады?

16. Темір мөлшерінің төмендеуі бойынша ингибирлеу тиімділігі қалай анықталады?

11. МҰНАЙ-ГАЗ КӘСІПШІЛІК ЖАБДЫҚТАРЫ, ҚҰБЫРЛАР МЕН РЕЗЕРВУАРЛАРДЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚОРҒАНЫСЫ

Мұнай әртүрлі күкіртті сутекті және күкіртті сутекті емес компоненттердің қоспасы (спирттер, фенолдар, күкірт қоспалары, оттегі және т.с.). Егер шекті және шектеусіз күкіртсутегі металдарға инертті болса, күкіртсутекті емес компоненттер металдармен химиялық реакцияға түседі. Әсіресе күкіртті қоспалар қауіпті (қарапайым күкірт, сутекті күкірт, меркаптандар) құбырлардың ішкі бетінің коррозиялық бұзылуы 3 – 20 % жағдай себепші болады. Мұнайдың күкіртті қосындылары мұнай өнімдерін өңдегенде оған қосылып кетеді.

Қатты отындарды өндіріп, қолданғанда күкіртсутекті және күкіртсутекті емес тотығу салдарынан пайда болатын органикалық қышқылдар коррозияда үлкен қауіп тудырады.

Сол себепті мұнай және мұнай өнімдері коррозиялық өте активті болып табылады.

11.1 Құбырлардың катодтық қорғанысы

Тәжірибеде көрсеткендей, тіпті мұқият істелінген оқшаулағыш жабынды үрдісте пайдалану кезінде тозады: диэлектриктік қасиетін, суға төзімділігін, адгезиясын жоғалтады. Изоляцияның төгіндісінде құбырлардағы траншеяда бұзылулары кездеседі, температураның ауысуында, өсімдіктердің тамыры әсер етеді. Сонымен қатар құбырдың бетінде тексергенде байқалмаған зақымдалған жерлер болуы мүмкін. Демек, изолизациялық жабулар құбырларды жерасты коррозиядан толық қорғау туралы кепілдік бермейді. Осыған сүйене отырып, құбырларды жерасты коррозиясынан тәуелсіз қорғау, коррозиялық фунттің және ауданның активтілігі, олардың төсемі кешенді іске жүзеге асады: қорғаушы қабатпен жабу және электрохимиялық қорғау (ЭХҚ) керек.

Электрохимиялық қорғау – құбырлардың катодтық поляризациясымен іске асады. Егер катодтық поляризация сыртқы тұрақты ток көзі арқылы өндірілсе, ол – катодтық қорғау деп аталады, егер поляризация қорғайтын құбырымыз металға қосу арқылы іске аса, теріс кернеу көп болса, ол қорғау протекторлық деп аталады.

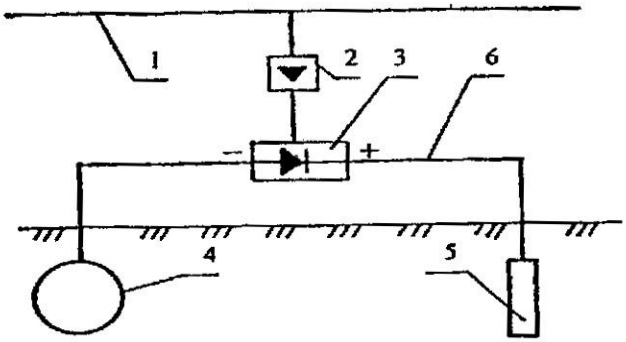
Катодты қорғау әрекетінің принциптері

Катодты қорғаудың принциптік сызбанұсқасы 11.1-суретте көрсетілген. Катодтық қорғау станциясының тұрақты ток көзі – *3*, түзеткіш арқылы айналмалы ток трасса бойынан ЭТЛ *1*, түсетін трансформаторлық пункт *2* арқылы келеді де, тұрақты токқа айналады.

Теріс полюс көзі сым арқылы *6* қорғайтын құбырға *4* жалғасады, ал оң полюс жерге қосылатын анодқа *5* жалғасады. Токты көзін қосқанда электр желісі топырақ электролит арқылы тұйықталады.

Катодты қорғау әрекет механизмі элетролиз үрдісіне ұқсайды. Электр өрісінің әсерінен жартылай бос валентті электрондар «анодтық жерге қосылу – ток көзі – қорғайтын ғимарат» бағытында қозғала бастайды. Анодтық жерге

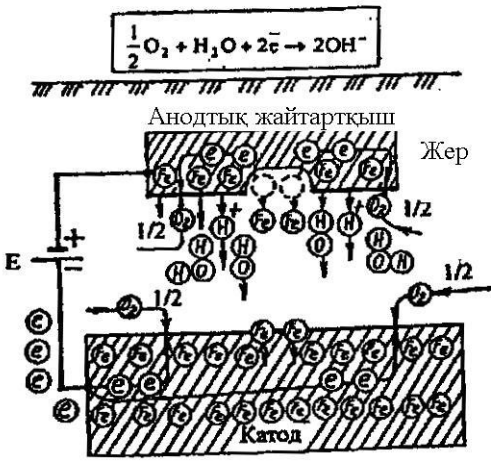
қосылу металының атомдары электрондарын жоғалтып ион атом түрінде электролит ерітіндісіне ауысып, анодтық жерге қосылу бүлінеді. Ион – атомдар гидридтеуге ұшырап, ерітінді ішінде тереңге кетеді. Қорғайтын ғимарат жұмысы салдарында тұрақты ток көзі байқалуы әсерінен бос электрондар көбейіп, катодқа сай оттекті, сутекті деполиризация реакциясының ағуы үшін жағдай жасалады.



11.1 сурет - Катодтық қорғаудың принциптік сызбанұсқасы

Тәжірибе көрсеткеніндей болатты ғимараттарда минималды қорғаушы потенциал құмды, сазды жерге төселген 0,72-1,1 В-қа дейін өзгереді, мыссульфатты электродпен (МСЭ) салыстырғанда. Егер потенциал – 0, 85 *В*-қа тең болса, онда жерасты болат ғимараттары 80-90 % қорғалады. Бұл шама минималды қорғайтын потенциал үшін алынған, оны қорғаныс ғимаратымен қолдап тұру керек.

Минималды қорғайтын потенциал шекара аймағында катодтық қорғау станциясы (ККС) сақталуы керек (11.2-сурет). ККС қосу нүктесінен (құрғату нүктесі) алыстаған сайын қорғаныс потенциал мөлшері де азая береді, ал максималды қорғаныс потенцалы құрғату нүктесінде болады. Құбырдың изоляциясын бетін сақтау үшін қорғаныс потенциалы: битумдық изоляциясы бар болат ғимарат үшін – 1,1 В МСЭ бойынша болу керек. Қорғаныс беті жоқ ғимараттар үшін потенциалдың максималды мөлшері реттелмейді.



11.2 -сурет. Катодтардың қорғауларының әрекетінің механизмі

11.1.1 Құбырлардың катодтық қорғанышының есебі

Құбырдың катодтық қорғанысы катодтық орнатылған желімен іске асады, бір-бірімен L (в м) қашықтығында құбырға параллель және құбырдан қашықтықта (в м) орналастырылған. Катодтық қорғаныстың негізгі есепті элементтері: катод станциясы (тұрақты токтың көзі), анодтық жайтартқыш және құрғату электр желісі болып табылады. Катодтық қорғанысты есептеуде анықтайтынымыз:

– L катодтық қорғанысы екі көрші орнатылғандардың арасындағы қашықтық;

– құрғату нүктесіндегі $I_н$ және $I_к$ катодтық қорғанысты жұмыстың бастапқы және түпкі мерзіміне тоқ күшінің шамасын;

– электродтардың ортақ саны n және қажетті диаметрі (қима) құрғату өткізгіштердің (кабельдердің);

– анодтық жайтартқыштың қызметтер мерзімі Т;

– қорғауларға сызба нұсқасындағы кернеулер құлауы $U_{сх}$;

– катод станцияларының торлық W қуат тұтыну.

1. Екі көрші катод арасында қашықта орналасқанды есепке алумен олардың өзара ықпалымен формула бойынша анықтау.

$$L = \frac{4,6}{a} lg \frac{U_{max}}{0,5U_{min}},$$

мұнда α –құбырдың электрлік параметрі:

$$a = \sqrt{\frac{R_T}{R_П}} \left[\frac{1}{M}\right];$$

$R_Т$ – құбырдың кедергісі *Ом·м*, формула бойынша анықталуы:

$$R_{T=} \frac{\rho_T}{\pi\,(d_H 10^3 - \delta)\delta}$$

$R_Т$ – анықтама кестесі:

Құбыр үшін мөлшері 325х8 Rт = $16,94 \cdot 10^{-6}$ *Ом·м*;

Құбыр үшін мөлшері 529х6 Rт = $13,69 \cdot 10^{-6}$ *Ом·м*;

Құбыр үшін мөлшері 720х6 Rт = $10,03 \cdot 10^{-6}$ *Ом·м*;

Құбыр үшін мөлшері 1020х6 Rт = $7,061 \cdot 10^{-6}$ *Ом·м*;

$\rho_т$ - құбырдың меншікті кедергісі (*Ом·мм²/м*) тең қолданыста 0, 135 *Ом·мм²/м*;

$d_н$ – құбырдың сыртқы диаметрі, *мм*;

δ – 1 *м* ұзындықтағы құбырдың қабырғаларының жуандығы, *Ом·м* (битум жамылғылар үшін тәуелділікте изоляциялық күйден $R_п$ мәннен шектердегі 300–500 *Ом·м* қабылдап жатыр);

U_{max} – потенциалдарға салынған құрғату нүктесіндегі (*В*) айырымға тәуелді жердің жағдайына байланысты алынады (ылғалды жер үшін U_{max} = -0,67 *В*; құрғақ жер үшін U_{max} = -0,95 *В*);

U_{min} – әртүрлі потенциалдарға салынған «құбыр-жер» қорғаныс иығының (U_{min} = - 0,32 *В*)

2. Ток көлемінің күші $I_н$ құрғату нүктесінде, бастапқы кезеңдегі катод қорғанысы мына формуламен анықталады:

$$I_И = \frac{U_{max}}{\frac{\rho r.3}{2\pi y} + Z_0}$$

Оны номограмма анықтамасынан да алуға болады, оның мәні $\rho_{г.з}$ және Z_0; $\rho_{г.з}$ – меншікті кедергі жердің аймағында катод токтардың ағуын құру (*Ом·м*-де) тәжірибе өзгерісінің нәтижесінен немесе жердің мінездемесіне тәуелді анықтама кестесінен алынады (орташа тәуелділік мынаған байланысты: жер ылғалдылығына, тұз мазмұнына және $\rho_{г.з}$ температурасына, ол 10 – 100 *Ом/м* толқиды);

у – анодтық жайтартқыш пен қорғаныс құбырының арасындағы қашықтық (*м,* яғни 100 – 200 *м* аралығында қабылданады);

Z_0 – құбырға кіргендегі кедергі (*Ом/м*).

$$Z_0 = \frac{\sqrt{R_T R_П}}{2}$$

Құбырдағы изоляциялық үрдістің тозуын есепке ала отырып, оның пайдалануын және қорғаныс қасиеттерінің уақыт өте нашарлауы изоляциялық ток күшінің көлемі $I_к$ құрғату нүктесі түпкі мерзімдегі жұмыс үшін катодтық қорғаныста үш еселі қорымен $I_к = 3 \cdot I_н$ қабылданады.

3. Электродтардың жалпы саны:

$$n = \frac{Rr}{R_A \eta_э},$$

мұнда $R_г$ – көлденең электродтың жайылуының кедергісі, *Ом*.

ЗКЖ – 12 электроды үшін кокс майдасы $R_г = 0{,}3\ \rho_{г.з}$ *Ом*;

$R_A – R_{сх}/2$ тең;

$R_{сх}$ – катодтық қорғаныс станциясындағы жалпы кедергі сызба нұсқасы (есептеу үшін $R_{сх} = 0{,}3$ *Ом* қабылданады);

$\eta_э$ – электродты пайдалану коэффициенті, бірлесіп жұмыс істейтін талқылаушы көршісі ($\eta_э = 0{,}7$ қабылданады).

Құрғату өткізгіштерінің (кабелдің) көлденең қимасы (мм^2):

$$S = \frac{\rho l п}{R_k},$$

мұндағы: ρ – (кабель) өткізгіштің меншікті кедергісі, *Ом·мм^2/м* (алюминий үшін ρ = 0,028 *Ом·мм^2 /м*);

lп – (кабель) өткізгіштің ұзындығы, м (у – ға тең қабылданады);

$R_к$ – (кабель) құрғату өткізгіштерінің кедергісі, Ом (есептеудің жеңілдетулері үшін іс жүзінде $R_к = R_A$ қабылданады);

Дөңгелек қиманың өткізгішін қолдануда құрғату сызық ретінде ($S = \pi d^2/4$), минималды өткізгіштің диаметрі қажет (мм)

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}.$$

4. Анодтық жерге қосудағы қызмет мерзімі

$$T = \frac{G}{kgI_H}.$$

мұндағы: G – жерге қосудағы материалдың массасы (1000-1200 кг қабылданады);

к – нормалы жұмыстағы қор коэффициентімен қамтамасыз етуі үшін анодтық жерге қосудағы жобаланатын пайдалану мерзімі (к = 1,1-1,3);

g – жайтартқыштар материалдың еріген салмағы (басқа жайтартқыштар үшін активаторларсыз g = 10 кг/а · жыл).

5. Кернеудің құлауының қорғаныс сызбанұсқасы (в В):

6. Торлық катод станциясындағы тұтынылатын қуат:

$$W = \frac{W}{\eta},$$

мұндағы W – катод станциясының шығуындағы қуат,

$$W = I_K U_{\text{СХ}};$$

η – п.ә.к. катодның станциясы (0,8–0,85 шектерде қолданылады).

Катодтық қорғаныстағы станцияның түрі сәйкесінше тұтынылатын қуатқа байланысты қабылданады.

11.1.2 Ұңғыма тобының катодтық қорғанысын есептеу

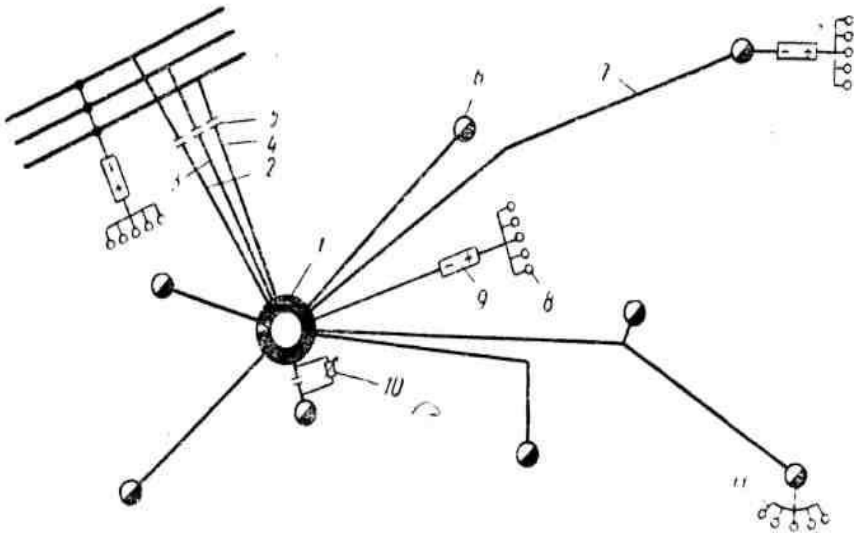
Кәсіпшілік, газды немесе мұнайды, жер астындағы металдық коммуникациялардың тармақты күрделі желісін қорғау, маңыздылығы қарапайым қорғау сызбанұсқасы болғанмен, жеткілікті қиын болады. Отандық және шетелдік тәжірибеде көбінесе қолданылатын катодтық қорғаныстың келесі сызбанұсқалары келтірілген:

– ұңғымалар мен шлейфтердің бөлек қорғалуы;

– бір катодтың орнатылысы көмегімен ұңғымалар мен шлейфтердің бірлескен қорғауы және де шлейфтерді ток өткізгіштер ретінде қолдану.

Қорғалынатын сызбанұсқаларда кездесетіндей, ұңғыма топтары (әрбір ұңғыма алдын ала айырғыш фландықтармен, шлейфтен ажыратылған) қорғалатын бір катодта орнатылып және де құрғатылған нүктенің әрбір ұңғымасы минусы катод станциясының көмегімен әуе немесе кабелдік құрғату сызықтары арқылы тұйықтаған. Бір катод орнату арқылы шлейф және ұңғыманың бірлескен қорғауларын кейде жүзеге асырады. Бұл шлейфте және ұңғымада электрмен айырғыш фландықтар арқылы немесе орнатулармен ажыратылған.

Кәсіптік ғимараттардағы электрохимиялық қорғаудың тәжірибесі мен техника-экономикалықтық есептеулер көрсеткендей, өте үнемді және ыңғайлы пайдалану болып, ұңғымалар топтары мен шлейфтері бір катодта орнатылған (11.3-сурет), құрғату нүктесі топтық тармақта болатын, бірлескен қорғауының сызбанұсқасын көрсету болып табылады (газ айырғышының төмен температуралы тармағы, мұнайлы жиын тармағы).



1 – топтық қондырғысы; 2 – су құбыры; 3 – конденсатты өткізгіш; 4 – газ құбыры; 5 – фландық айырғыш; 6 – ұңғымалар; 7 – шлейфтер; 8 – анодтық жерге қосу; 9 – катод станциясы; 10 – кедергіні реттейтін ұстатқыш; 11 – протекторлар

11.3-сурет. Электрохимиялық қорғау ұңғыма тобындағы газконденсат өндірісінің газды сызбанұсқасы

Ток күшінің бұталы (топтық) катод орнатылуы ұңғымалардың қорғалуының топтық тармақтардан орташасы алынып тасталғанда есептелген. Ұңғымалардың топтық тармақтардан алынып тасталған потенциалдардың қорғайтын деңгейінің табыстары үшін топтық орнатылған протекторды қолдануға ұсынылады, ал ұңғымалардың қоректену көзі жақын болған жағдайда – орнатылған катодты қолдану. Топтық тармақ маңайында орналасқан, ұңғымалар шлейфтерінде, кейде орынды айырғышты фландықтар орнатады, бұл жерде айнымалы кедергісі бар ұстатқыш ескерілген, оның көмегімен ток күші реттеледі, осы жүйенің қорғалуы үшін шлейф – ұңғыма қажет. Айырғыш фландықтың орнатылуы нақтылы шығындармен байланысты болады, шлейфтегі фландық әлсіз орында орналасқан болып табылса, онда токтың үлестірілу үнемділігі арқасында нөлге түйістірілуі мүмкін. Сонымен қатар айырғыш фландық пен ұстатқыштың пайдалануындағы шығындарды есепке алу керек.

Газды, мұнайды және конденсатты жинау, су құбыры және алдағы бөлімшелі магистральді құбырлар үшін сақиналық құбырлардың электрохимиялық қорғаныс құралдарының жұмыс тәртіптері ұңғымалар (бұталар) топтарының электрохимиялық қорғау құралдарының жұмыс тәртіптерімен келісуі керек. Айырғыш фландықтардың электрохимиялық қорғаушы құралдарын жөндеуде жеңіл болуы үшін келтірілген құрама коллекторлардағы өндірілетін өнім құбырларда орнатыла алады.

Егер топтық тармақтың коммуникациясы және құрама коллекторлар электрмен айрылып кетсе, онда анодтық бөлімшелер пайда болмауы үшін айырғыш фландықтары әрбір құбырда орнатылуы керек.

Егер шлейфтер қорғалынған болса, онда сипатталған қорғаныс сызба нұсқасы өте тиімді болып келеді. Бұдан басқа, жер астындағы топтық

қондырғылардың барлық ғимараттары жақсы қорғалуы керек. Егер кәсіпшілік құбырлардың оқшаулағыш жабыны нашар болса, онда оларды ток бөгелектер ретінде қолдану қиынға түседі. Бұл жағдайда көбінесе бөлек қорғаныс үнемді болып келеді.

Ұңғымалардың топтық қорғауының жобасына құрама құбыры бар топтық тармақталған шегендеу құбыр тізбегі, шлейфтер, топтық тармақтың жер астындағы коммуникациялары, резервуарлары, құбырлары қосылады.

Бұталы катод орнатылуының параметрлерінің анықтау шлейфті бойлайтын құбыр – жер потенциалдар айырымның үлестірілуінің есептелуімен байланысты, ұңғымаға қосылған. Құрғатылу нүктесі топтық қондырғыда болады.

мұнда $U_{\text{тз}}$ – потенциалдар айырымына салынған «құбыр - жер» шлейфтің кез келген нүктесінде, *(х,* м), В;

$U_{\text{тз}\cdot\text{м}}$ – «құбыр - жер» потенциалдарының ең төменгі қорғаныс айырмашылығы, В;

$\alpha_{\text{ш}}$ – ток тұрақтысының құбырды бойлай үлестірілуі, 1/м;

$l_{\text{ш}}$ – шлейф ұзындығы, м;

$R_{\text{ш}}$ – шлейфтің ұзындығы бойына кедергісі, Ом/м;

Z – «шлейф- ұңғыма» жүйесінің мінездемелік кедергісі, Ом.

$$Z = \frac{Z_{\text{с}} Z_{\text{ш}}}{Z_{\text{с}} + Z_{\text{ш}}},$$

мұндағы $Z_{\text{с}}$, $Z_{\text{ш}}$ – ұңғыма мен шлейф бойынша мінездемелік кедергілер, Ом.

Ұңғымада және шлейфтегі потенциалдар айырымын қорғайтын қажетті ток күшімен қамтамасыз ету, мына формула бойынша анықталады:

$$I = \frac{U_{\text{тз0}}}{Z_{\text{ш}}},$$

$U_{\text{тз0}}$ шамасы мына өрнектен табылуы мүмкін :

Шлейфтің аяғындағы (ұңғыма сағасы) ең төменде салынған потенциалдар айырымы, ұңғыманың шегендеу құбырының қорғанысымен қамтамасыз ету талаптарының арқасында анықталады. Сол себепті $U_{\text{тз.м}}$ шамасы ұңғыма сағасындағы $U_{\text{с0}}$ потенциалдар айырымының қорғанысына тең, ол мынаған тең.

$$U_{\text{с0}} = (U_{c.\text{м}} + \beta_c) e^{\alpha_c l_c} - \beta_c,$$

$U_{c.\text{м}}$– шегендеу құбырындағы ең төменде салынған потенциалдар айырымының қорғанысы, в;

β_c – катод поляризацияларының тұрақты емес сызықтары, В (Шамамен есеп айырысуларға β_c шамасы —0,075 В тең болып қабылдануы мүмкін);

l_c – ұңғыма тереңдігі, м;

α_c– ұңғыма бойымен токтардың тұрақты таралуы, *1/м*.

$$\alpha_{\text{с}} = \sqrt{\frac{R_c}{R_{\text{п.с}}}},$$

R_c– шегендеу құбырының ұзындығы бойындағы кедергі, *Ом/м*;

$R_{\text{п.с}}$ – «құбыр – жер» ауыспалы кедергісі, *Ом·м*.

«Құбыр – жер» ауыспалы кедергісі өзіне поляризациялық кедергілердің кейбір бөліктерін қосады. Берілген электрометрлік жұмыстардың шамамен есептелуі жоқ болған жағдайда, шамасы үшін 50–100 *Ом·*м тең болып қабылдануы мүмкін (кәсіпшілік үшін) және 200–400 *Ом·*м (жерасты газ қоймасы үшін); шегендеу құбырының диаметрі 127–152 *мм*.

Ұңғыманың шегендеу құбырының қорғалуы үшін ток күші мына тиісті өрнектен анықталады:

$$I = \frac{1}{Z_c}\sqrt{U_{c0}^2 - U_{\text{с. м}}^2 + \beta_c(U_{c0} - U_{\text{с. м}})}.$$

Ток күші суммасы, бұталы катодта орнатылған тоқ күшіне тең, бұл барлық шлейфтер ұңғымаларымен, ток күштері қорғалынған жерасты ғимараттарының қажетті топтық (газ бен мұнай жиналынған) тармақтары.

$$I_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^{i=n} I_i + I_{\text{гр}}$$

мұндағы *n* – қорғалатын ұңғымалардың бұтасындағы сан.

$I_{\text{гр}}$ шамалары ғимараттардың тақырланған беттерінің шамасы мен ең төменгі қорғалатын токтың тығыздығына сүйене отырып, есептеуге кеңес беріледі. Дегенмен ғимараттардың тақырланған беттерінің нақты шамасын есептеуге салу жеткілікті қиынға түседі. Сондықтан да, топтық қондырғысындағы ғимараттардың қадалушылығын есепке ала отырып, $I_{\text{гр}}$ анықтауда күрделі әдіс ұсынылуы мүмкін: потенциалдардың айырымдары бойынша «құбыр – жер» дренаж нүктесінде $U_{\text{тз0}}$ және ауысымды кедергілерде «құбыр – жер» ғимараттардың топтық орнатылымдары үшін ($R_{\text{п.гр}}$ Ом ·м).

$$I_{\text{гр}} = \frac{U_{m3\text{0}} l_{\text{гр}}}{R_{\text{П,гр}}}$$

мұнда – $l_{\text{гр}}$ топтық қондырғыдағы жерасты құбырларының ортақ созылымдығы, м.

Бұл формула егер де топтық қондырғыда бірдей диаметрлі құбырлар болатын жағдайда да қолданылғаны дұрыс. Ал егер де шарт бұзылса, онда мына формуламен анықталады:

$$I_{\text{гр}} = \frac{U_{m3\text{0}} S_{\text{гр}}}{R_{\text{П,гр}}}$$

мұндағы $S_{\text{гр}}$ - барлық жерасты ғимараттарының бетінің ауданы, м^2,

$R_{\text{п. гр}}$ - таңдаған кезде номограмманы қолдануға болады.

Бұта ұңғымалары, жобадан тыс шлейфінің орташа ұзындығында орналасқан болса, орнатылған бұтаның көрсеткіштерін есептелуінің катодтық қорғанысы қорғалмаған болады. Сондықтан да ұңғыма сағасы $U_Д$

қажетті қорғаныспен қамтамасыз етілуі үшін потенциалдардың айырымының жылжуын анықтау керек:

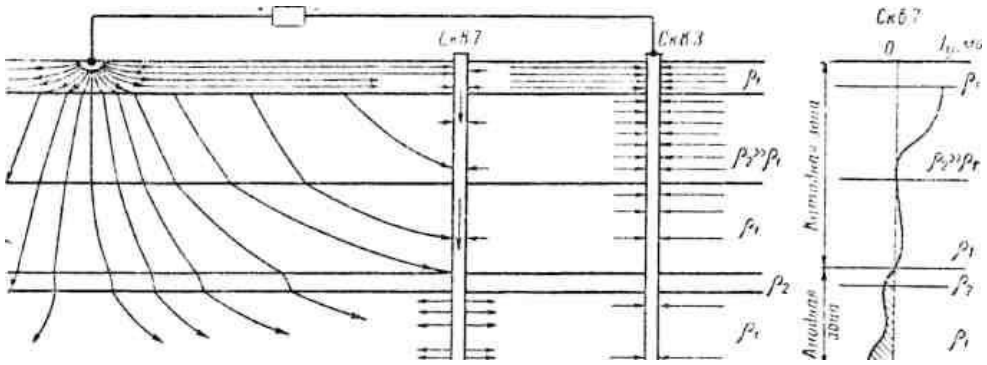
$$U_{\text{Д}} = U_{\text{ТЗ.М}} - U_{\text{ТЗ}}^{'}$$

мұнда $U_{\text{ТЗ}}^{'}$ – потенциалдар айырымына салынған шлейфтің соңы (ұңғы сағасы), мына формуламен анықталады :

$$U'_{\text{тз}} = U_{\text{тз0}}(ch\ \alpha_{\text{ш}} l_{\text{ш}} + \frac{R_{\text{ш}}}{Z\alpha_{\text{ш}}} sh\ \alpha_{\text{ш}} l_{\text{ш}})^{-1},$$

Шегендеу құбырларының электрохимиялық қорғау көрсеткіштерін есептеуде ауыспалы кедергінің шамасын білу қажет. Мұндай мәліметтер өлшеу жұмыстарын жүргізу арқылы алынады, бірақ әркез жасау мүмкіндігі бола бермейді. Сондықтанда бағыттылық есептеулері үшін кәсіпшілік үшін 50-100 *Ом·м* тең және шегендеу құбырлардың 127-152 *мм* диаметріне шаққанда жерасты газ сақтау қоймалары үшін 200-400 *Ом·м* тең етіп қабылданады. $R_{П.С}$ шамаларындағы айырмашылық, газды жерасты сақтау қоймаларында ұңғымалардың тереңдігінің кіші болуымен және цементаждың сапалы болуымен түсіндіріледі. Поляризациялық үрдістердің терең ұңғымаларда ерекше ролді атқарады, сондықтан да катодтық поляризацияның тұрақты сызықты еместігінің мәні кішілерімен салыстырғанда (-0,05*В*) терең ұңғымалар үшін (-0,075*В*) үлкен етіп алынады.

Бақылаушы және қадағалаушы ұңғымалардың шегендеу құбырлары макробулар әсерінен, сонымен бірге басқа да құрылымдардың катодтық қорғаныс әсерінен де зақымдалып, коррозияға ұшырайды. Гатчиндік және Инчукалиндік жерасты газ сақтау қоймаларында жүргізілген зерттеу жұмыстары пайдалану ұңғымалардың және кәсіпшілік құбырөткізгіштердің шегендеу құбырын қорғау барысында бақылаушы ұңғымаларға зиянды әсер тиетінін көрсетті. 11.4-суретте нұсқа қорғанысына қосылмаған 3 ұңғыманың катодтық қорғанысының 7 ұңғымаға әсер етуі көрсетілген. Ұңғыманың төменгі бөлігіндегі анодтық аймақтың пайда болуы қауіпті болып табылады, себебі аталған бөлігінде макрокоррозиялық булар пайда болады, ұңғыма сағаларындағы потенциалдар айырымын өлшеулер бойынша коррозиялық жағдайын анықтау яғни бастапқы күйін өзгертіп жіберуі мүмкін. Инчукалиндік жер асты газ сақтау қоймаларында жүргізілген зерттеу нәтижелері бойынша қадағалаушы ұңғымаларға 850 *МПа*, яғни құбырөткізгішті (ұңғыма құбырөткізгіштен 80 *м* қашықтықта орналасқан және онымен қосылмаған) сақтайтын катодтық құрылға 4 % ток күші түсетіні анықталды. Аталған жағдайда анодтық аймақ шегендеу құбырларының жоғарғы бөлігінде анықталды, бұл құбырөткізгіштің көлденең орналасуымен түсіндіріледі.



(Гатчиндік жерасты газ сақтау қоймасы): а – катодты қорғалмаған ұңғымадағы анодтық аумақтың пайда болуы: б – ұңғыма 7 – шегендеу құбырларында ток күшінің таралу графигі

11.4-сурет. Қорғаныстық контурға қосылмаған ұңғыманың шегендеу құбырларының катодтық қорғаныс токтарының әсері

Анодтық аумақтағы ағып біткен ток тығыздығы 1,36-1,56 *мм/м* құрады, бұл коррозиялық тұрғыдан қауіпті болып саналады, себебі шегендеу құбырынан келетін ток бірқалыпты келмейді. Сондықтанда бақылаушы және қадағалаушы ұңғымалардың қорғанысын қамтамасыз ету қажет және сонымен бірге бір уақытта барлық құрылымдардың электроқорғанысын жүзеге асыру қажет.

Гатчиндік жерасты газ сақтау қоймаларында орындалған тәжірибе жұмыстары 7 ұңғыманың шегендеу құбырларының (тереңдігі 400м аса) топтық протекторлық құрылғылармен қорғауға болатынын көрсетті (ток күші 0,5 а дейін, протекторларды қосқаннан соң 24 сағаттан кейін «шегендеу құбырларының сағасында - жер» потенциалдар айырымы - 1,2 В МСЭ бойынша).

11.2 Анодтық жайтартқыш

Анодтық жерге қосу үшін қойылытын талаптар:

– ток ағу үшін кедергілердің аз болуы;

– габаритті ең кіші өлшемі;

– қымбат емес, ұзаққа төзімді материал;

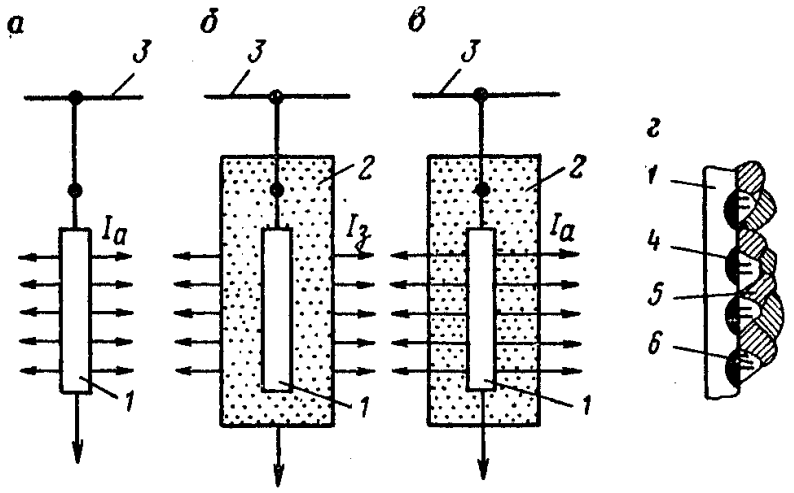
– қарапайым орнатылатын;

– қайта қалпына келтірудегі аз жұмыс қызметінің ұзақтығы;

– бағасының төмендегі.

Жайтартқыш кез келген материалдан (металл, графит, көмір т.б.) жасалады, көбінесе тараған жайтартқыш қара металдан, әсіресе шойыннан алады. Себебі мұндай материалды тез тауып алуға болады, ескі құбыр, рельс, бұрыштар т.с.с., оларды анодтық жайтартқышқа қолдануға болады. Қара металдан жасалған жайтартқышқа электрохимиялық пара-парлығы тілігі жоғары (9 - 10 *кг/А* жылына) болуына байланысты тез бұзылады, бірақ оның формасы мен механикалық төзімділігіне байланысты жерге оңай орналастырады. Металын аз жоғалту үшін оны агрессивсіз электр өткізгіштік төгінділері ағзындалған және нығыздалған кокстық немесе бұрыштық ұнтақтарда орнатады. Кейбір жағдайда электродтық қалдықтар өндірістері –

графит үгінділері мен күйінділері де қолданады. Электр тогының жерге ағып құйылуы сығылған кокс төгіндісі (11.5-сурет) бетінің еруі төгіндіні шақырмайды.



1 – жайтартқыш; 2 – төгінді; 3– жалғағыш ток өткізгіштік;
4 – жайтартқыштың коррозия бұзылулары; 5 – төгінділер бөлшектері;
6 – электролит топырағы

11.5-сурет. Тоқтар жайылулардағы жеке тік анодтық жайтартқышқа, жерге орнатылған (а), төгіндісі ылғалдылығы аз грунте (б), ылғалдылығы қаныққан грунт (в) және жайтартқыштың коррозиялар ошақтарының пайда болу (г) сызбанұсқасы

Анодтық жайтартқыштың бетінде ағатын электрохимиялық үрдістердің сипаты, электродты жіктегі жайтартқыштың ылғалдылық санына тәуелді, ылғалдылық грунттар бойынша анықталады. Төгіндіде бос топырақ электролит болмау керек. Кері жағдайда жайтартқыштың беттеріне иондық өткізу қабілетінің тогы және болаттан жасалған электрод пайда болып, қатты қырата (11.5-сурет, в,г) бастайды, сол себепті ылғалды жерлерде кокс төгіндісінің қолдануы тиімді емес. Бұл жерде болаттан жасалған электродтар, төгіндісіз болғандағы жылдамдықпен бірдей бүлінеді.

Ылғалы аз және ылғалды жерде болаттың электродтарының бүлінуі болаттың кокстағы электрохимиялық пара - парлығы арқылы анықталады, 5-38 рет төмен, жердегі болатқа қарағанда, ол анодтық токтың тығыздығына байланысты.

Ток тығыздығы біркелкі болып, анодтың жайтартқышының тозуы біркелкі болуы үшін төгіндінің қалыңдығы мен тығыздауларының мөлшері бір қалыпты болуы керек. Бұны траншеяда қолмен атқаруға мүмкін емес. Анодты жайтартқыш үшін индустрияландыру құрастыруын кокс төгіндісіндегі анодты жайтартқышта (ЗЖК-12-КА және ЗЖК-41г-КА) қолданады, ол теміркремнилі шойындарының құйылған ферросилид сияқты және сығылған майда коксқа қапталған, шатыры темір қабымен жасалған. Анодты жайтартқыш диаметрі ЗЖК-12-КА 185 *мм*, ұзындығы 1425 *мм*, массасы 50 *кг*, ЗЖК-41г-КА – 240 сәйкеседі, 1700 мм және 100 *кг*. Мұндай электродтарды ылғалдылығы жоғары жерлерде қолдануға болмайды, себебі

бұл шарттарда кокс төгіндісін тиімді емес және де электрод массасын жоғалту үлкен болады. АКЦ анодтық жайтартқышын ылғалдылығы көп жерлерде орналастыруға болады (батпақта, өзен аңғарларында, су құбырлар өткелдерінде). Олар кешенді конструкция, электрод диаметрі 50 мм, ұзындығы 1700 мм, массасы 26 кг және кокс толтырғышы цемент дәнекерлік қосымшасымен 5% натрий нитраты. Болаттан жасалған электродқа шеттетілген өткізгіш қосады. Кокс толтырғышы 150 мм қиманы алады. Мұндай жайтартқышты электрохимиялық пара - пар 0,4–1,8 кг/(А *жыл).

Ал батпақты, сулы жерге осы коллектив АК-1 жайтартқышын жасап шығарған (коррозиялық активтігі төмен және орташа жерде) және АК-3 (коррозиялық активтігі жоғары және биік жерде). Терең анодтық жайтартқыш АК (10.1 кесте) комплектілі конструкциялы, оның электроды металл (шойын немесе кремнийлі темір) және ингибиторы бар қысып нығыздаған кокс толтырғышы.

11.1-кесте. Анодтық АК жайтартқыштардың техникалық мінездемесі

Түр	Электрод-тың материалы	Электрод		Ортақ мөлшерлер		Масса, *кг*		Электро-химилық эквивалент
АК-1	Болат, кремнийлі темір шойыны	Диаметр, *мм*	Ұзындығы, *мм*	Диаметр, *мм*	Ұзындығы, *мм*	Электрод	ортақ	
АК-3		50 40	1400 1400	185 185	1420 1420	21 12	60 53	1,0 0,12
АК-1Г		68	1400	225	1700	41	90	0,12
АК-2Г		40	1400	150	1700	12	60	0,12

11.3 Протекторлық қорғау

Протекторлық қорғаудың жұмыс істеу принципі

Протекторлық қорғаныстың электрмен қамту көздерінің болмауы себебінен катодтық қорғаныстық қолдану мүмкін болмаған жағдайда құбырөткізгіштер мен басқа да құрылымдарды немесе жекелеген түйіндер мен құрылымдарды топырақтық коррозиядан қорғауда қолданылады.

Қорғаныстың бұл түрі қорғалатын құрылымның жанындағы грунтқа көмілген электродтар (протекторлар) көмегімен жүзеге асырылады.

Қарапайым жағдайларда протекторлық құрылығыны орнату активаторға салынған, протектордың жанына көмілген құбырларға орнатылатын бақылау - өлшеуіш құбырлар түрінде орындалады.

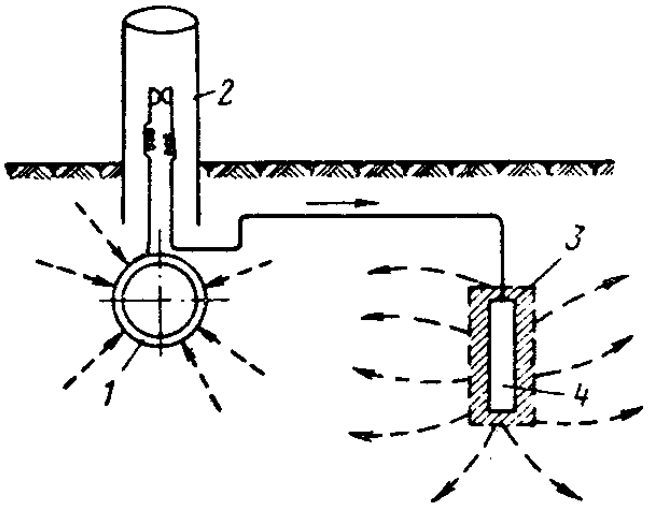
Протекторлық қорғаныстың жұмыс істеу принципі гальваникалық элементтерге ұқсас және келесіге негізделген (катодтық қорғаныста), жерге салынған (электролит) екі электродтың тұйықталуында, тізбекте электродтан аз теріс потенциалды (анодпен) ток, ал электродқа артық одан біршама көп теріс потенциалды (катод) ток жүріп өтеді.

Аталған жағдайда протектор анод бола отырып, катод-түтікпен қосылып, гальваникалық жұпты құрайды, мұнда ток түтікке түсе отырып, оны коррозияны қорғай отырып поляризациялайды, ал анод бұл уақытта бұзылады (11.6-сурет).

Екі электрод: құбырөткізгіш *1* және болатпен салыстырғанда электрлік теріс металдан дайындалған протектор *2* топырақтық электролитке түсірілген және өткізгішпен *3* өзара біріктірілген. Протектордың материалы электрлік теріс болғандықтан, потенциалдар айырымдары әсерінен өткізгіш 3 бойынша протектордан құбырөткізгішке қарай электрондар бағытталып қозғалады. Біруақытта протектор материалының ион-атомдары ертіндіге өтіп, оны зақымдалып бұзылуына алып келеді. Мұндағы ток күші бақылаушы-өлшеуіш бағанашық *4* көмегімен қадағаланады.

Сонымен, металдың зақымдалуы болады, яғни құбырөткізгіште емес, протектор металында болады.

Протекторлық қорғаныс қондырғылары арнайы қызмет көрсетуді қажет етпейтін күрделі емес құрылғылар. Протекторлық құрылғылардың кемшіліктері – қорғалатын аймақтың кішкене аумақты алуы және салыстырмалы түсті металдардың үлкен шығыны.



1 – құбыр; 2 – бақылау-қадағалау бағанашығы (құбыр); 3 – активатор; 4 – протектор

11.6-сурет. Түйіспелік шығысты протекторлық құрылғының сызбанұсқасы

Протектор материалдарына қойылатын талаптар

Болат құрылымдарды коррозиядан қорғауда темірден солға қарай электрохимиялық қатарда орналасқан барлық металдар қолданылады, себебі олар электрлік терістікті. Протекторлар келесі талаптарды қанағаттаныратын материалдардан жасалынады:

− протектор материалының потенциалдар айырымдары мен темір (болат) мүмкіндігінше көп болуы қажет;

− протектордың бірлік массасын (ток беру) электрохимиялық еріту арқылы алынатын ток максимал болуы қажет;

− қорғаныстық токты құруға жұмсалған протектор массасының жалпы протектор шығыны массасына қатынасы (пайдалану коэффициенті) үлкен болуы тиіс.

Аталған талаптарды көп деңгейде қанағаттандыратындары магний, мырыш және алюминий, бұлардың физика-химиялық сипаттамалары 11.2-кестеде берілген.

11.2 кесте - Протекторларды дайындауда қолданылатын материалдардың физика-химиялық сипаттамалары

Көрсеткіштер	Металл		
	Mg	Zn	Al
Орташа сутектік салыстыру электроды бойынша теңсалмақты электродты потенциал, *В*	-2,34	-0,76	-1,67
Ток беру, *А сағ/кг*	2200	820	2980
Пайдалану коэффициенті, *%*	50	90	85

11.2-кестеден көріп отырғанымыздай, осы металдардың бірін таңдау қиындау. Сондықтан да протекторларды осы металдардың қорытпаларынан дайындайды, оларға протекторлық қорғанысты жақсартатын қоспаларды қосады.

Басым түскен құрамдас бөліктеріне байланысты қорытпалары магнийлік, алюминийлік, мырышты болып жіктеледі. Қоспа ретінде марганец (ток берілісін арттыру мүмкіндігін береді), индий (қорытпа бетінде тығыз тотықтық қабыршақтың түзілуіне кедергі болады) және басқа да металдарды қосады.

Протекторлық қорғанысты меншікті кедергісі 50 Ом*м фунттарда қолдануға кеңес беріледі.

Протекторлық қорғаныс бірден немесе топтық түрде де қолданылады. Сонымен қатар, құбырөткізгіштерді коррозиядан қорғау ленталы протекторлармен де орындалады.

11.4 Резервуарлардың коррозияға қарсы қорғанысы

11.4.1 Резервуарлар коррозиясының ерекшеліктері

Резервуарлар (сұйық қоймалар) негізінен электрохимиялық механизмі бойынша жүретін атмосфералы, топырақты және ішкі коррозияларға ұшырауы мүмкін.

Резервуарлардың қарқынды коррозияға ұшырауы көбіне өнеркәсіптік дамыған аймақтарда, сонымен қатар теңіз жағалауларына жақын аймақтарда болатыны анықталған, бұл ең алдымен атмосфераның коррозиялық - активті құрамымен байланысты болады. Атмосфералық коррозияға жиі ұшырайтындары сыртқы жабын және балдақ.

Топырақтық коррозия нәтижесінде зақымдалатындары түбінің сыртқы беттері. Коррозия механизмі аталған жағдайда құбырөткізгіштерге ұқсас келеді.

Ішкі беттерінің коррозиялық зақымдалу сипаты бойынша және мұнай өнімдерінің коррозиялық-белсенді құрамдас бөліктерінің әсер ету деңгейі бойынша резервуарларды (сұйық қоймалар) келесідей аймақтарға бөледі:

– булы ауалы қоспамен түйісетін жабын ішкі беті мен корпустың үстіңгі бөлігі;

– ауыспалы сулау аумағындағы тұрқы бөлігі (ватерлиния зонасы);

– мұнай өнімдерімен тұрақты сулау аумағындағы тұрқының бөлігі;

– тауарасты сумен түйісетін төменгі белдеме және түбі.

Жабынның коррозиялық зақымдану жылдамдығы резервуарлардың сорып алатын ауа құрамы мен оның ылғалдылығымен анықталады. Резервуар жабын және балдақ температуралары төмендегенде (мысалы, түнде) газдық кеңістікпен түйісетін ішкі беттерінде су буларының конденсациялануы жүреді және түзілген конденсат оттегімен қанығады. Мұнда электролит (су) пен белсенді деполяризавтор (оттегі) болуы шартында металдың электрохимиялық бұзылуына алып келеді.

Ауыспалы сулау аймақтарында коррозия қарқынды жүреді. Мұнда ол үшін қажетті құрамдас бөліктер (су, оттегі) қатысып қана қоймай, дифференциалдық ауа жіберудің де әсері бар. Нәтижесінде анод болып суланбаған беті, ал катоды – суланған, деңгей сызығы бөлінген гальваникалық элементтер түзіледі.

Мұнай өнімдерімен тұрақты суландыру аймақтарында да металдың коррозиялық зақымданулары орын алады. Температураның жоғарылауында мұнай өнімдерінің қабырға маңы қабаттары да қызады және олардан еріген оттегі бөлінеді. Біруақытта қызып кеткен мұнай өнімі суды өзімен бірге тарта отырып, жоғарыға көтеріледі. Нәтижесінде мұнай өнімінің қабаты оттегімен ғана емес, сумен де байытылады, бұл металдың коррозиясы үшін қолайлы жағдайды туғызады.

Түнге қарай өнім қабаттарының салқындауында конвективтік токтары төмен қарай бағытталады. Мұнда мұнай өнімі газды кеңістіктегі оттегіні және суық қабырғаларда қалған булы ауалы қоспаларының су тамшыларын қоса алады, бұл да резервуарлар балдақтарының коррозияға ұшырауының бір себебі.

Бензинмен (0,5 *мм/жыл*) суландырылған резервуарлардың дизельмен (0,25 *мм/жыл*) немесе мазутпен (0,25 *мм/жыл* аспайды) салыстырғанда коррозия жылдамдығының жоғары болуы, аз тығыздықты көмірсутектерде оттегінің ерігіштігі жоғары болуымен түсіндіріледі.

Резервуарлардың түбінің және бірнеше белдемелерінің коррозияға ұшырау себебі олардағы судың болуы. Мұнай өнімдеріне арналған резервуарлардағы бұл сулар тұздар мен қышқылдар құрамынан тұрады. Коррозияға ең қарқынды ұшырайтындары қабылдау-тарату түтіктері, яғни

мұнда өнімді қабылдау-жіберу операциялары кезінде электрохимиялық коррозия үрдісіне металдың механикалық бұзылуы қосылады.

Жоғарыда айтылғандарды тұжырымдай отырып, келесідей қортынды жасауға болады, құбырөткізгіштер мен резервуарлардың коррозиясы – әркез болатын үрдіс. Бірақ коррозия механизмін жетік игерген адам құбырөткізгіштердің жұмыс қабілеттілігін бірнеше жыл ұзақ мерзімдерге дейін сақталынуын қамтамасыз етуі үшін, оны бәсеңдетіп, тежей алады.

11.4.2 Резервуарларды қорғаудың пассивті тәсілдері

Резервуарларды коррозиядан қорғау активті және пассивті тәсілдермен жүзеге асырады.

Пассивті тәсілге – резервуар бетінен агресивті ортаны оқшаулайтын барлық қорғаныстық жабындар түрлерін пайдалануы жатады.

Резервуарлар құрылысын бастамастан бұрын олардың астына гидрофибизацияланған негіздерді орнату қажет, ол түптің сыртқы бетіндегі топырақтың ылғалмен түйісуін болдырмайды. Көбінесе бұл мақсаттар үшін құммен 9:1 қатынаспен араластырылған келесі тұтқырлықты заттар: мазут, мұнай, сұйық мұнай битумдары, дегтилер қолданылады. Гидрофибизацияланған негіздердің қалыңдығы 0,1...0,3 м құрайды.

Резервуарлардың ішкі беттерінің коррозиядан пассивті қорғанысы лакты бояулармен және полимерлік материалдармен, мырышпен жабындау арқылы жүзеге асырады. Лакты бояулар деп сұйық консистенциясы, жаққаннан кейін қатып, бетте жұқа қабатты қабыршаққа (кебу) айналу мүмкіндігі бар заттарды айтады. Резервуарларды жабындау үшін эпоксиді лакты бояу материалдары кеңінен қолданылады, оларды бетке жағудың технологиясы қарапайым және төзімді сапалы жабындарды алуды қамтамасыз ете алады.

Мақсатына қарай – лакты бояушы материалдар грунттар, сылақ және жабындық қабаттарға бөлінеді. Коррозияға қарсы грунттар металл мен жабынның жақсы ілінісуін қамтамасыз ету мақсатында алдын ала дайындалған бетке тікелей жағуға арналған. Әсер ету механизмі бойынша жерлер үш түрге бөлінеді: оқшаулаушы, пассивтеуші және протекторлық. Оқшаулаушы грунттар қорғалатын құрылымды қоршаған ортадан механикалық және электрлік оқшаулау қызметін атқарады. Пассивтеуші – бұлар қорғалатын бетті тек оқшаулап қана қоймай, онда сонымен бірге тотықтар мен металл тұздарының аралас қабатын түзеді, олар өздерінің пассивтеуші қасиеті арқылы металдарды тіпті лакты бояу жабыны төзімді болмағанның өзінде қорғай береді. Протекторлық фунттар темірге (мырышты және алюминилі ұнтақ) электрлік терістікті келеді. Алғашқы уақыттарда салынған бұл жерлер қарқынды протекторлық әсерді береді. Біраз уақыт өткеннен кейін бұл әсер әлсізденеді, бірақ жабынның қорғаныстық қасиеттері металдың коррозия өнімдерінің – протектор оқшаулаушы әсерінің арқасында сақталынады .

Сылақ аралық қабат – бұл жердің бетіне жағылады. Оның мақсаты – жабынның өтімділіксіздігі мен қалыңдығын арттыру. Қазіргі кезде

қалыңдығы 90...140 мкм қалыңдықты етіп жағылатын эпоксидті ЭП-0010 және ЭП-4022 түріндегі сылақтары қолданылуда және 18...20 °С температурада 24 сағат ішінде қатып кеуіп қалады.

Жабындаушы қабаттар (сырлар мен эмальдар) пайдалану барысында жабын бетінің төзімділігі мен өтімділіксіздігін қамтамасыз етуге арналған. Оңтайлы нәтижелі болғандары ЭП-56, ЭП-255 және ЭП-773 эпоксидті эмальдар. Жабындық қабаттың жаңа түрі болып ЭП-АС-6/2-1 асмольды-эпоксидтік эмалі саналады. Ол "Асмол", мұнай полимерінен, техникалық көміртек, эпоксиді шайыр және басқа да құрамдас бөліктерден құралған композияцияны береді. Бұл эмаль екі құрамдас бөліктер түрінде жинақталынып шығарылады: эмальдың жартылай өңделген өнімдері және қатырғыштары. Оларды қолданудан бұрын алдын ала 50:3 қатынаста араластырып, резервуар бетіне жаққыш көмегімен қолмен жағылады немесе пневматикалық бүрку арқылы екі қабатты бүрку немесе білікше көмегімен жүзеге асырылады. Эмальдың толық қатуы 18...22 °С шамамен 7 тәулік болады.

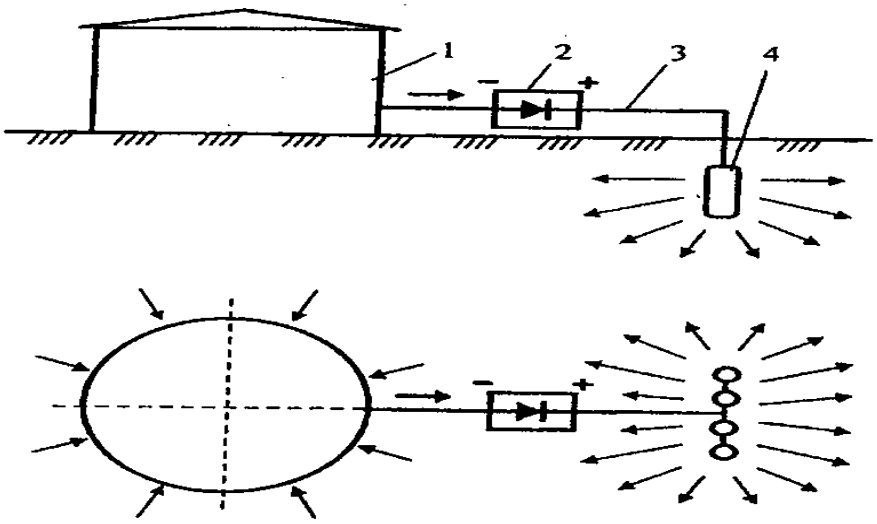
Сонымен қатар, резервуарлардың ішкі беттерін коррозиядан қорғауда ток өткізетін полиуретанды жабындар қолданылады. Бұл жабын ток өткізгіштікті арттыратын және қорғаныстық қасиеттерді жақсартатын түрлі қоспалар енгізілген полиуретанды шайырды береді. Жабынды құммен өңделген бетке үш қабатты етіп, аралықтық құрғатумен жағылады. Жабынның қатуы 5 °С жүреді және одан жоғары температурада ауаның ылғалдық әсерінде жүреді.

Өкінішке орай, лакты бояушы және полимерлік жабындар уақыт өте металдан бөлініп түсіп қалады, себебі олардың температуралық кеңейтілім коэффициенттері басқаша. Осы тұрғыдан алғанда олардан гөрі металдық жабындарды, мысалы мырышты пайдаланған дұрыс. Бірақ бұларды жағу үрдісі біршама күрделі және қымбатқа түседі. Сол себептен де мұндай металдық жабындау сирек қолданылады.

Резервуарлардың ішкі беттерінің коррозиядан пассивті қорғаныс тәсілдеріне резервуардағы газды кеңістігімен түйісетін жабын, түбі және балдақтардың ішкі беттерін қорғауды коррозиялық үрдісті бәсеңдететін және біршама тежейтін заттарды - ингибиторларды қолдану арқылы жүзеге асыруға болады. Газдық кеңістікке ұшқыш ингибиторлар, ал суға – суда еритін түрлері енгізіледі. Мұндай ингибиторларды қолдану резервуарлардың тұрақты «тыныс алу» себептерінен қажетті тиімділікті бере алмайды.

11.4.3 Резервуарларды қорғаудың активті тәсілдері

Резервуарлардың ішкі беттерінің коррозиясынан активті қорғау тәсілдері болып, олардың катодтық және протекторлық қорғаныстары саналады. Катодтық қорғаныс түптерінің коррозиялық зақымдануының алдын алуда тиімді түрде қолданылады (11.7-сурет).



1 – резервуар, 2 – катодты станция, 3 – тұрақты токтың дринажды сызығы, 4 – анодтық жермен тұйықталу.

11.7-сурет. Топырақ коррозиясынан резервуарларды катодты қорғаудың принциптік сызбанұсқасы

Түптерді топырақ коррозиясынан катодты қорғаудың қағидалық сызбанұсқасы құбырөткізгіштерді қорғау сызбанұсқасына ұқсас: тұрақты токтың «минус» көзі *2* дренаждық сым *3* көмегімен резервуарға, ал «плюс» - анодтық жерлендіруге *4* жалғанады. Резервуарда ең минимал қорғаныс потенциалы ұсталынады– 0,87, мыссульфатты салыстыру электроды бойынша (СЭБ). Егер түптің коррозиясын анаэробты сульфатты-тотықсыздандырғыш бактерияларының тіршілік әрекетінің әсерінен күшейсе, онда ең минимал қорғаныс потенциалы – СЭБ бойынша – 0,97 *В* дейін артады. Егер металдың жалаң ауданы қоршаған жермен алғанда 15 $м^2$ аспаса, онда резервуарларды топырақ коррозиясынан қорғауда катодты станцияларды қолданған жөн.

Катодтық қорғанысты резервуар түбінің ішкі беттерін коррозиялық бұзылуларының алдын алуда да қолданылады. Бұл келесі жағдайларда жасалынады, егер:

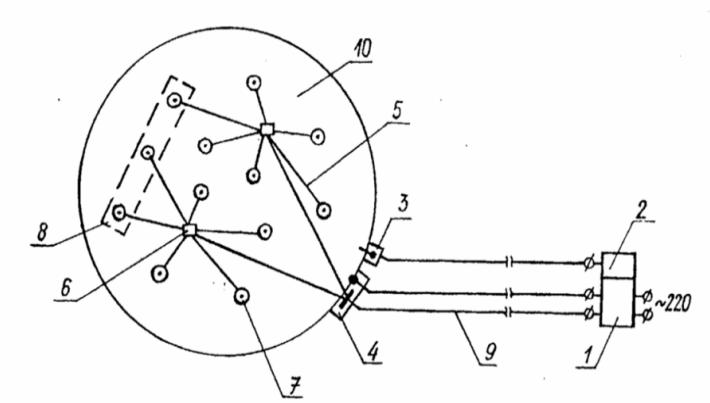
– су деңгейі тым жоғары болса;

– судың меншікті кедергісі 1 *Ом·м* асса немесе тұз концентрациясы 6 г/л кем болмаса;

– су құрамында күкіртті сутек болса.

Бұл жағдайда, катодтық қорғаныстың қағидалық сұлбасы (11.8-сурет) резервуарлар ішінде нүктелік, радиалды немесе ықшамды сақиналық анодтарды орнатуды қарастырады.

Мұнай өнімдері бар резервуарларда катодтық қорғанысты қолдану - өрт қаупі бар жағдайда қауіпті екенін естен шығармаған жөн. Электрлік тізбектерінің үзілуінде пайда болатын ұшқындар, өртке және жарылысқа алып келуі мүмкін.



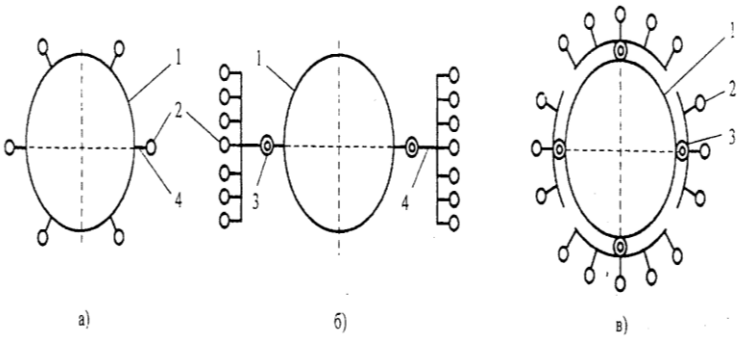
1 – катодты қорғау станциясы, 2 – қауіпсіздік блогі, 3 – қауіпсіздік блогінің датчигі, 4 – енгізбелі коробка, 5 – қоректендіруші желі, 6 – тармақталған муфта, 7 – анодты қосатын түйін, 8 – анод, 9 – кабель сызығы, 10 – резервуар.

11.8-сурет. Резервуарды катодты қорғаудың принциптік сызбанұсқасы

Протекторлық қорғанысты қолдануда ұшқынның пайда болу мүмкіндігі болмайды, себебі протектор мен қорғалатын құрылғылар арасындағы потенциалдар айырымдары үлкен емес.

Резервуарлардың катодты қорғауын мұнай өнімдеріне қолдану өрт кезінде қауіпті екенін айтып өткен жөн. Электрлік шынжырдың үзілуі кезінде пайда болатын жарқыл өрт пен жарылысқа алып келуі мүмкін.

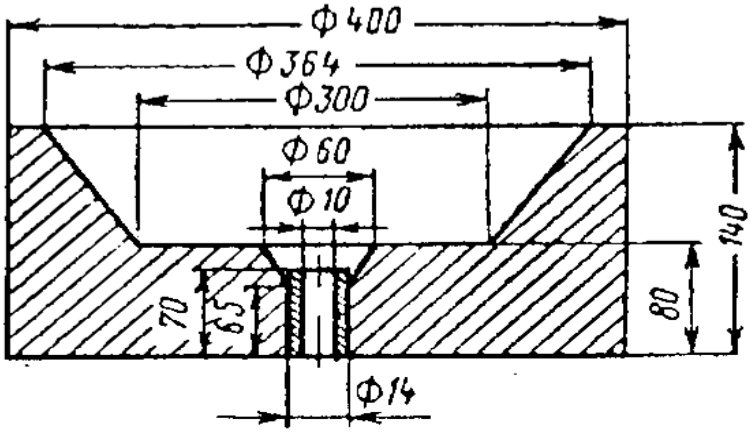
Протекторлы қорғанысты қолдану жағдайында жарқылдың пайда болуы мүмкін емес, себебі протектормен қорғалатын құрылыс құрылғыларынң арасындағы потенциалдар айырымы көп емес. Резервуарларды топырақ коррозиясынан протекторлы қорғауы жекелеген, топтық жинақталған және топтық жинақталмаған протекторлармен (11.9-сурет) жүзеге асады. Одан күрделірек қорғаныс сызбанұсқасы фунт есебінде үлкен электр кедергісі айырмашылығымен қолданылады.



а) анодты протекторлармен б) топтық жинақталған протекторлармен в) топтық жинақталмаған протекторлармен 1 – резервуар, 2 – протекторлар, 3 – өлшеу-бақылау колонкалары, 4 – дренажды сым.

11.9-сурет. Резервуарды ішкі коррозиядан катодты қорғаудың принциптік сызбанұсқасы

Ішкі коррозиядан түпкі протекторлы қорғау және резервуарлардың бірінші белдеуі кеңінен тараған. Бұл мақсатта ПМР типіндегі және Березняковскийдің титан-магнийлік комбинатында құрастырылған протекторлар қолданылады. Ол төңкерілген қиық конус тәріздес жоғарғы бөлігінде тереңдетілген және биіктігі диаметрінің 0,2 ... 0,4 қатынасындай цилиндр (11.10-сурет) ПМР типіндегі протекторды сипаттайды. Бұл протектордың бетін кеңейтуге және сәйкесінше ток күшінің жұмысының бастапқы кезеңінде ток күшін арттыру үшін жасалған. Протектор ортасында болат фтулка протекторлардың түппен қарым-қатынасын қамтамасыз ету үшін престелген. Серияларымен шығарылатын ПМР-5, ПМР-10, ПМР-20 протекторлары геометриялық өлшемдерімен және салмағымен (соңғысының өлшем бірлігі килограммен беріліп және ол протектор маркасында көрсетіледі) ажыратылады.



11.10-сурет. ПМР-20 типті протектор

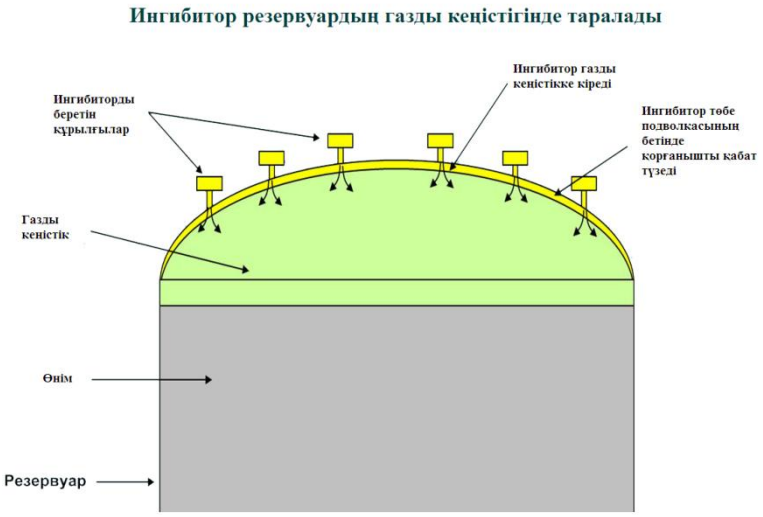
ПМР типіндегі протекторлар центрлік шеңбер бойынша түпке орналастыру ұсынылады, олардың арасындағы арақашықтық бір протектордың екі еселенген радиусына тең болып қабылданады. Протекторларды орналастыру кезінде біріншіден диаметірі 1,4...1,5 м болатын шеңбер формасындағы аудан қорғалып, содан кейін оның центріне диаметірі 8 мм ал биіктігі 35...60 мм болатын болат стержень пысырылады, ал тазартылған аудан бөлектенеді. Осыдан кейін протектор пысырылған стерженьге тізбектеліп және оған престелген болат тығын пысырылып жалғанады ең соңында бекітілген жерлерді эпоксидті маймен жағады.

11.4.4 Мұнай резервуарларының төбелерін коррозиядан қорғау

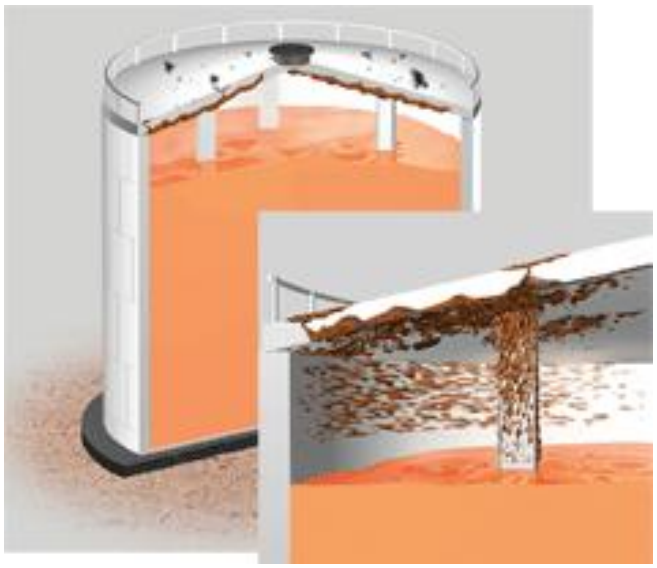
Мұнай және газ өңдеу салаларында, химиялық өндірістерде, кәсіпшіліктердің аралас сала қатарларында коррозияға анағұрлым көп ұшырайтын тірек конструкциялары қолданылады. Осы салалардағы кәсіпшілік атмосферасында, коррозия пайда болу қауіпін туғызатын концентрацияларда, зиянды қосылыстардың болуы құбырлардың, мұнай-химиялық заттар сақтайтын резервуарлардың, өндіріс құралдарының,

консервленген құрылыстар мен орындардың, ұзақ сақталатын бөлшектердің және т.б. күйін айтарлықтай нашарлатады.

Өнімнің азаюынан кететін тікелей шығындармен қатар айтарлықтай қаражат конструкция бөлшектерін ауыстыруға, жөндеу жұмыстарына, жоғалған өнімнің орнын толтыруға және т.б. бағытталады. Сонымен бірге коррозиялық белсенділік пен оның әсерлерімен тікелей байланысты қоршаған ортаны қорғаудың айтарлықтай қаупі туады (11.11 - 11.12-суреттер). Коррозияның себептерінен пайда болатын жыл сайынғы шығындар ондаған миллион тг. құрайды.



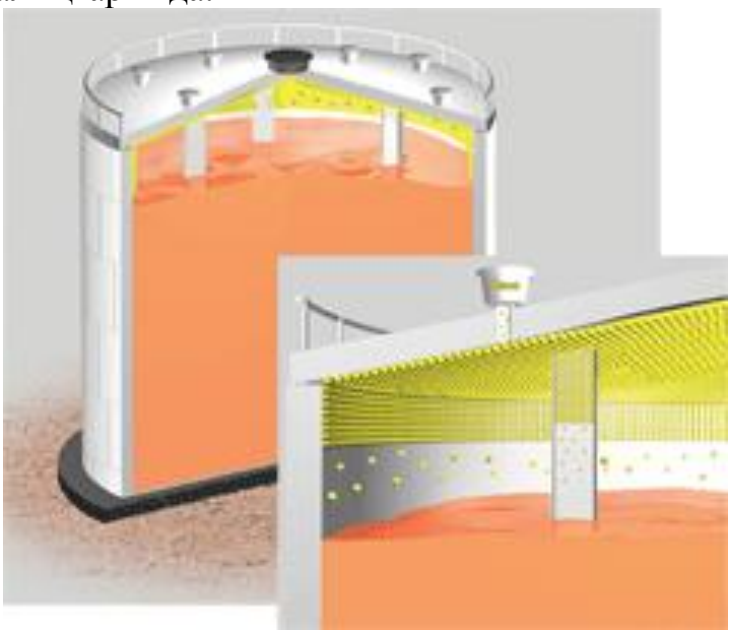
11.11-сурет. Ингибитордың резервуарға берілуі



11.12- сурет. Коррозияның резервуар төбесіне таралуы

Шикі мұнай құрамындағы күкірт, түрлі органикалық және бейорганикалық ұшатын және ұшпайтын химиялық қосылыстар және резервуар подволкасында, резервуар төбесінің ішкі қабатына және мұнай өнімінің бетінде орналасатын құрылыстарға бұлдіре әсер ететін, газды орта туғызатын су бар. Белсенді дамитын нүктелі (питтингті) және саңылаулы коррозиялар, пісірілген қосылыстардағы гальваникалық коррозия резервуар

төбесінде тесіктердің пайда болуына алып келеді (11.13-сурет). Бұл технологиялық әрекеттердің өткізілуіне жағымсыз жағдайлар туғызады және қоршаған ортаға зиянын тигізеді. Резервуардың бетінің ішкі жағындағы қорғағыш төсем беттік коррозияны төмендетеді, алайда, қауіпті нүктелі және саңылаулы коррозияның дамуын тоқтата алмайды, әсіресе төбелер мен құрылыстардың аралықтарында.

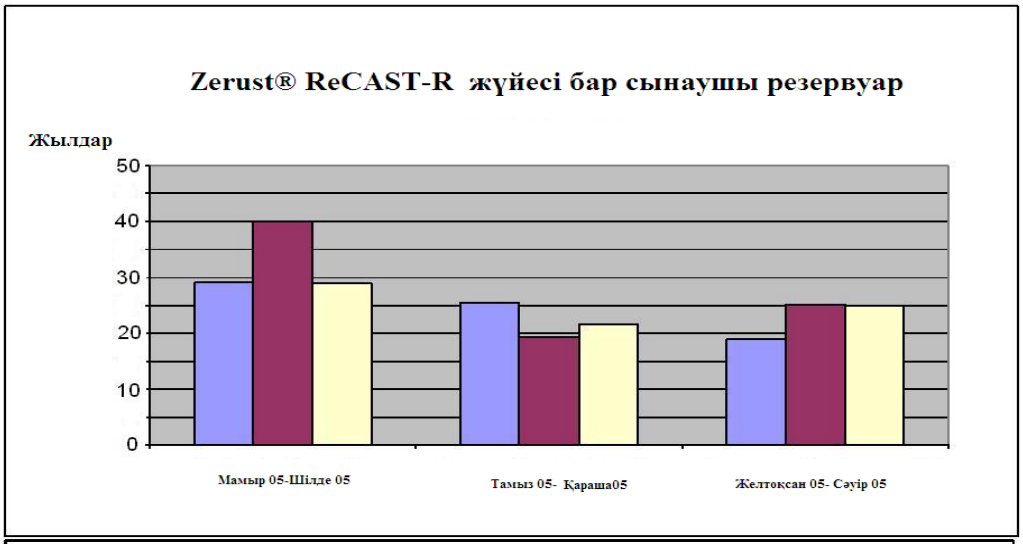


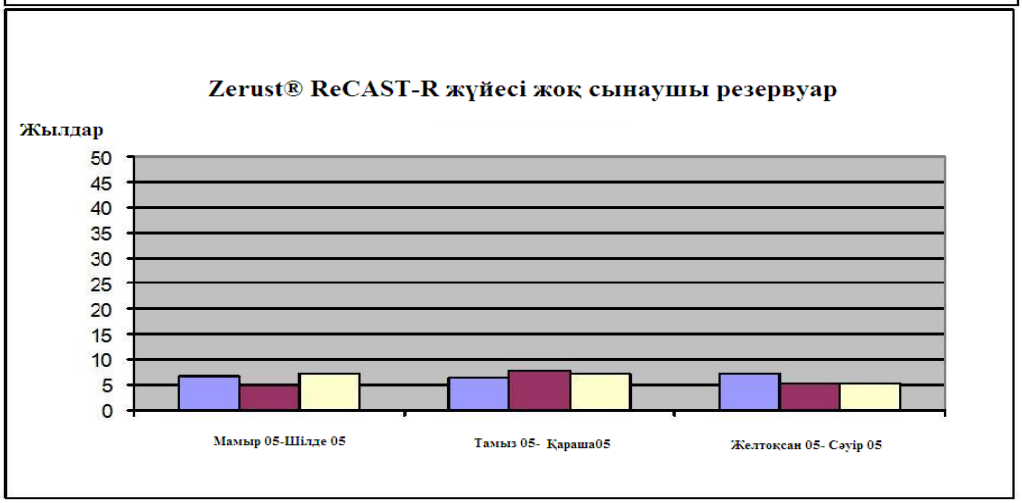
11.13-сурет. Резервуар төбесін қорғау тәсілі

«Ленпромтехнология» ЖШҚ жер бетіндегі резервуар төбесінің ішкі бетін коррозиядан қорғауға арналған Zerust® ReCAST-R жүйесін ұсынады. Төбеде ингибитор жеткізетін құрылғылар(диспенсерлер) орнатылады. Бұл құрылғыларда өнім беті мен резервуар төбесінің арасындағы кеңістікте буланатын ұшқыш коррозия ингибиторы(ҰКИ) бар. Zerust® ингибиторы берілген агрессивті ортадағы (H_2S, SO_2 және т.б.) коррозия дамуының алдын алатын қорғағыш қабат түзеді.

Zerust® ReCAST-R ингибиторын қолданатын жүйенің тиімділігі «демонстрациялық» және дәл сондай мұнай өнімі сақталған «бақылау» резервуарындағы (Zerust® ReCAST-R қорғаныш жүйесімен жабдықталмаған) коррозиялық тозуды салыстыру арқылы тексеріледі. Шикі мұнай және мұнай өнімдерін сақтауға арналған жер үсті резервуарларының төбелерінде орнатылған жүйелердің тиімділігі алдын-ала келісілген график бойынша жүргізілетін тексерулер барысында коррозиялық тозуды өлшеу арқылы бақыланады (11.14-сурет).

Zerust® ReCAST-R жүйесінде тексеру және техникалық қызмет көрсету кезінде резервуар қолдануына байланысты әрекеттерді тоқтатудың керегі жоқ. Шығарылған коррозия жылдамдығы алдын-ала келісілген негізгі көрсеткіштермен салыстырылады, ал нәтижелері техникалық қызмет көрсету орнымен және тапсырыс берушінің қадағалауымен расталады.





– Резервуар төбесінің орталық аймағында тексеру жүргізу және үлгі алу.

– Резервуар төбесінің жиегіне жақын тексеру жүргізу және үлгі алу.

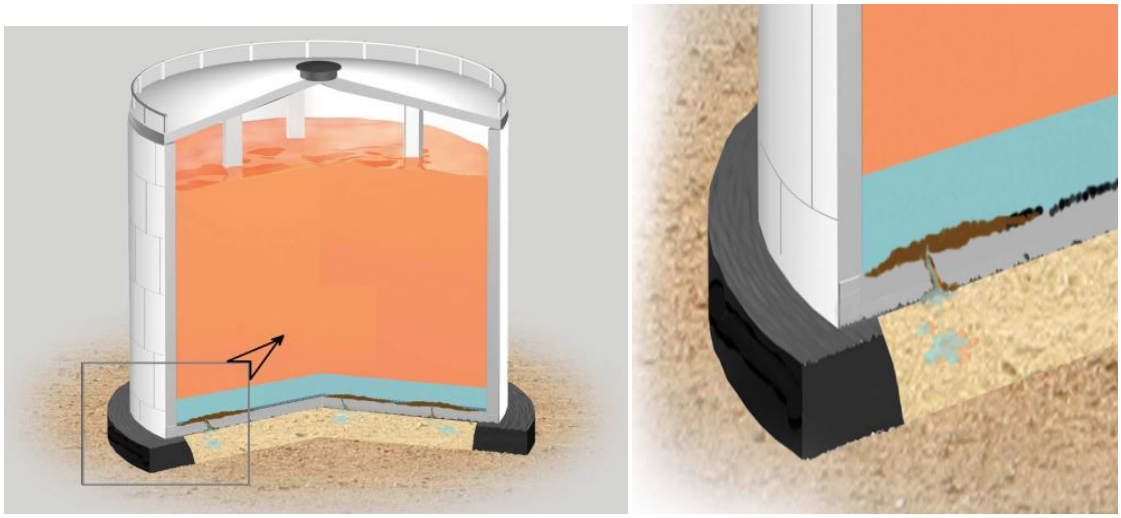
– Резервуар төбесінің центрлік аймағында тексеру жүргізу және үлгі алу.

11.14-сурет. Ингибитор қолдану

11.4.5 Резервуар түбінің ішкі жағын коррозиядан қорғау

Мұнай сақтауға арналған жер үсті резервуарлардың түбінде жиналатын өнім асты суы айтарлықтай коррозиялық бұзылыстар туғызады және күтілмеген материалдық шығындар және экологиялық салдар әкеледі (11.15-сурет).

Қазіргі кездегі жер үсті резервуарларды қорғауға қолданылатын эпоксидтік жабындар үлкен финанстық шығын талап етеді. Сонымен қатар, эпоксидтік жабындардың жобалы қызмет уақыты 10 жылды құрайды, ал мұнай сақтайтын резервуарлардың күтілетін қызмет уақыты 30-40 жылды құрайды.



11.15-сурет. Резервуар түбінің ішкі жағында коррозияның таралуы

Жер үсті резервуарларды қолданатын ұйым жабынды алу және қайта құюға арналған айтарлықтай шығындармен кездеседі. Резервуар ішінде сонымен қатар коррозиядан қосымша қорғанышты қамтамасыз ететін катодтық қорғаныс жүйесі орнатылуы мүмкін. Алайда, катодтық қорғаныс жүйесі резервуар түбіндегі шөгетін су өткізгіш орта ретінде қолданылатын электрохимиялық нұсқа болып табылатындықтан, егер шөккен судың негізгі бөлігі сыртқа шығарылып жатса коррозиядан қорғау жүзеге аспайды. Сонымен бірге су қалдықтары аймақтардағы нүктелік және беттік коррозияның дамуына әкеледі.

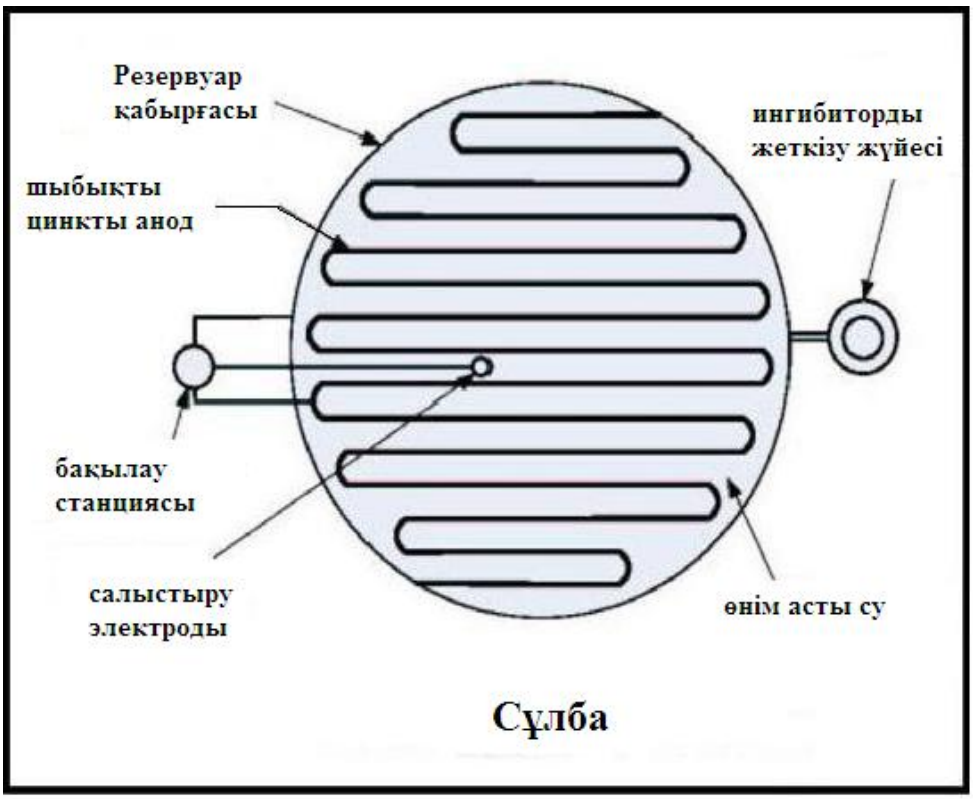
Пайдалану шарттары.

Әрбір жер үсті мұнай резервуарының ішінде пайда болатын орта алдын-ала болжауға мүмкін емес қасиеттерге ие. Бұл сақталатын өнім сапасындағы, қоршаған ауа температурасындағы, резервуар конструкциясының және құрылысның тәсілдеріндегі айырмашылықтардың болуымен, сонымен қатар өндіріс алаңындағы орнатылған әртүрлі көмекші жүйелердің (мысалы, араластырғыштар, резервуар ішіндегі жылытқыш құрылғылар, жабын, катодтық қорғаныс жүйесі және т.б.) болуымен байланысты.

Су ерітінділерінің(құрамында күкірт-сутек, күкіртті газ және т.б. сияқты бейорганикалық қосылыстары бар) және қалдық қоқыстардың резервуар түбіне шөгуі оның ішкі жағында жалпы және нүктелік коррозияның дамуына әкеледі. Әрі қарай коррозиялы-активті сұйықтық қалдық қоқыстармен араласқан кезде мәселе тереңдей түседі. Түптік кеңістіктегі судың үлкен бөлігін сыртқа шығару мәселені шешпейді, өйткені, бұл тек қалған судағы коррозиялы-активті ластанулардың концентрациясының көбеюіне әкеледі, сөйтіп, коррозиялық бүліну үрдісін тездетеді. Соңында беттік және ойық коррозияның қосылысы тесіктерді бітеу арқылы мәселені шешуге болмайтын, тек қана түбін түгелдей ауыстыру қажет жағдай туғызуы мүмкін.

Коррозиялық бұзылудың үлкен болуы (беттік және нүктелік коррозиялардың салдарынан) мұндай резервуарлардағы түбін ауыстыру немесе әрбір 10-12 жыл сайын коррозия салдарынан пайда болған тесіктерді бітеуге бағытталған ұзақ жөндеу жұмыстарын түсіндіреді. Жыл сайынғы коррозия мәселелеріне байланысты резервуарларға қызмет көрсету шараларына бағытталған шығындар миллиондаған теңгені құрайды.

«Ленпромтехнология» ЖШҚ жер үсті резервуарлардың түбінің ішкі бетін қорғауға арналған Zerust® ReCAST- PSB үш сатылы жүйесін ұсынады (11.16-сурет).



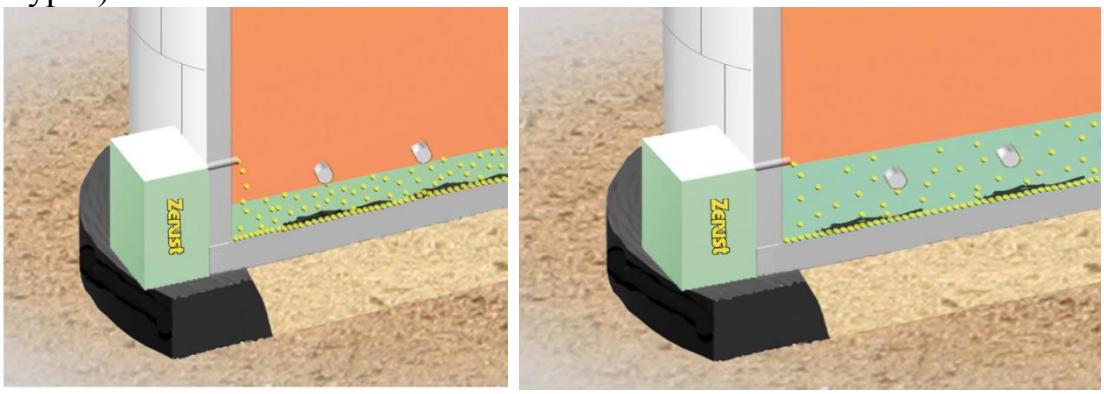
11.16-сурет. Резервуар түбінің қорғаныс сызбанұсқасы.

Ұсынылатын коррозиядан қорғаудың кешенді шешімі коррозияның химиялық ингибиторлары мен катодты қорғаныс жүйесінің әрекеттерін біріктіреді. Стандартты катодты қорғаныс жүйесі тек түпте жинақталған су/қоқыс ретіндегі ток өткізгіш электролит қатысатын тұйықталған электрохимиялық контур резервуарда пайда болғанда ғана тиімді. Сәйкесінше, егер резервуар түбіндегі электролит деңгейі төмен болса, катодты қорғаныштың стандартты жүйесінің тиімділігі күрт төмендейді.

Ұсынылған технология су/қоқыстың төмен деңгейі кезінде ингибиторлар концентрациясы максималды шамаға жеткен кезде жақсы жұмыс істейтін ингибиторларды пайдаланудың арқасында жүйе жұмысының әлсіз жерін жояды.

Zerust® ReCAST- PSB жүйесінің химиялық реагенттері резервуар толған кезде тасымалдағыш сорап көмегімен резервуарға берілетін мөлшерлеуші жүйе ұсынылады. Содан соң, резервуардың түп бетіндегі су

сыртқа шығарылған сайын, ингибитордың көзделген мөлшері әрдайым өнімге қосылып тұрады. Ингибиторлар сақталатын өніммен араласпайды, олар тікелей резервуардың түптік кеңістігіне беріледі және сумен қатынасқа түскенше сонда қалады. Олар суда еріген кезде металл бетіндегі коррозия үрдісін басады. Жүйенің тағы бір бөлігі − бұл резервуардың ішінде, оның түбінде сақталатын өніммен байланысты етіліп орнатылатын шығындалатын аноды бар қолайландырылған катодты қорғаныс жүйесі болып табылады (11.17-сурет).

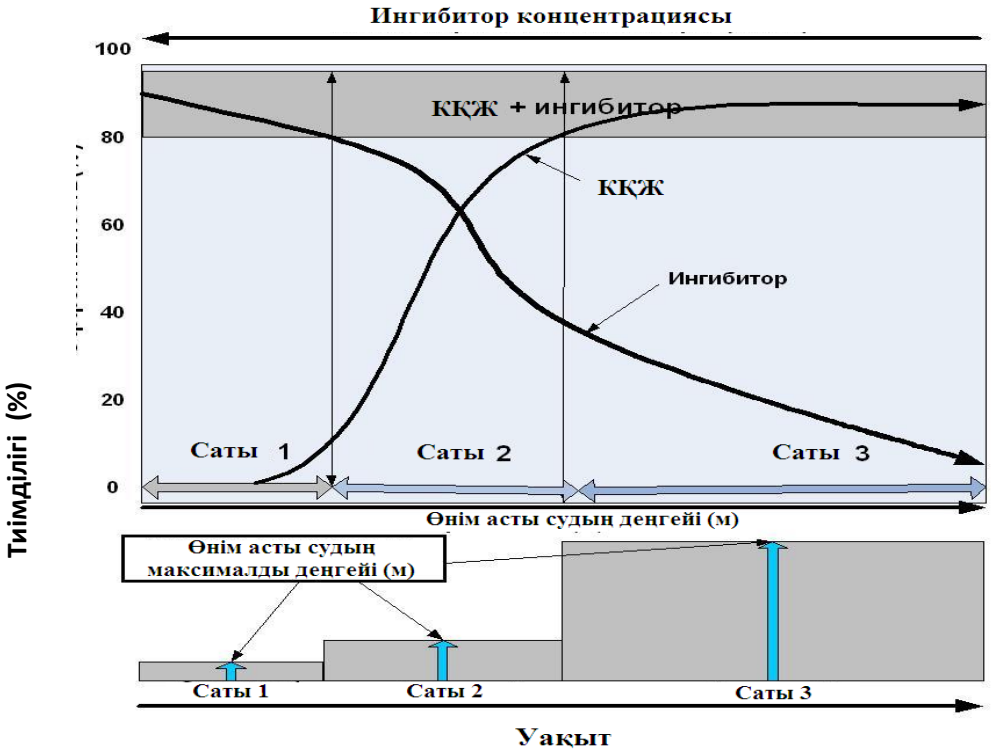


11.17-сурет. Резервуар түбін коррозиядан қорғау.

Саты нөмірі	Не байқалады?	Коррозиядан қорғаныс қалай жүзеге асады.
1	Өнім асты су шөгіп, ингибиторды ерітеді. Өнім асты судың деңгейі төмен және протекторлық қорғаныс тиімді жұмыс жасай алмайды.	Қорғаныс ингибитордың жоғарғы концентрациясының арқасында жүзеге асады.
2	Өнім асты судың деңгейі көтеріледі және ингибитордың концентрациясы төмендейді. Протекторлы қорғаныс тиімдірек жұмыс жасай бастайды.	Протекторлы қорғаныс және ингибитордың біріктірілген әрекеті арқылы синергетикалық әсер әрбір әдістің бөлек-бөлек әрекетіне қарағанда көбірек қорғанышты қамтамасыз етеді.
3	Өнім асты судың деңгейі өсіп, ингибитордың концентрациясы төмендеп, ол тиімсіз болып қалады.	Негізінен протекторлы қорғаныс есебінен жүзеге асады, және өнім асты судағы ингибитордың болуы көбірек әсер береді.

Біріктірілген жүйенің тиімділігі 80 % асады. Қолданудың тиімділігі резервуар түбінің потенциалын өлшеу арқылы бақыланады (11.18-сурет). Zerust® ReCAST- PSB жүйесін тексеру немесе қызмет көрсету кезінде резервуар жұмысын тоқтатудың қажеті жоқ. Коррозиядан қорғаныштың тиімділігінің керекті деңгейі резервуардағы коррозияның химиялық

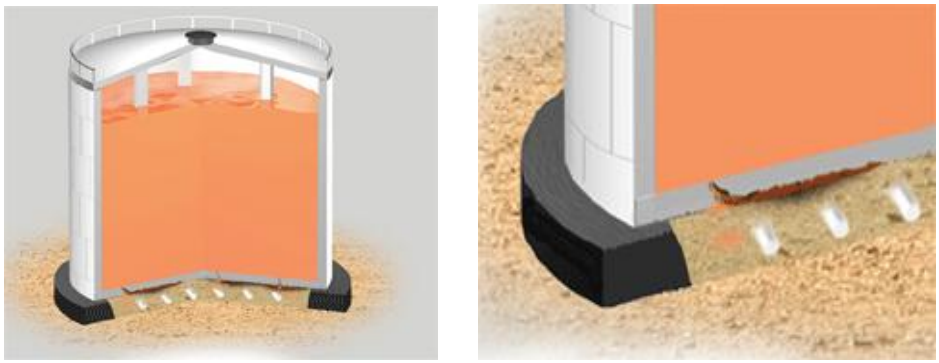
ингибиторларының керекті деңгейін әрдайым қалыпты ұсталып тұрғандықтан және катодты жүйенің потенциалын реттеп отырудың есебінен жүзеге асады.



11.18-сурет. Қорғаныс тәсілінің тиімділігі.

11.4.6 Резервуардың түбінің сыртқы бетін және қос қабатты түпті коррозиядан қорғау

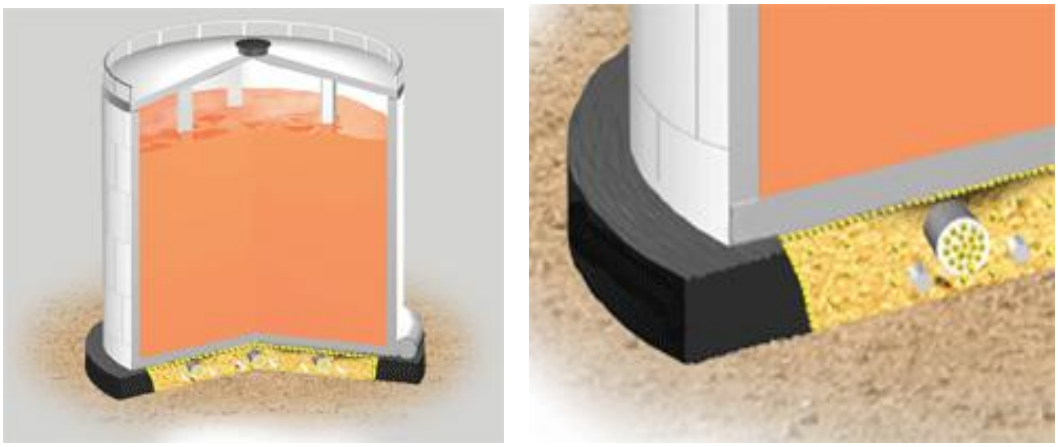
Мұнай резервуарларының жердегі түбінің сыртқы беті мен дымқыл топырақтағы қос қабатты түбіндегі коррозиясы күшейтілген тұтас және жаралы (питтингті) коррозияларға алып келеді. Негізінен, игеру кезінде тесіктер (тесіп өткіш саңылаулар- коррозиялық жара-питтингтер) пайда болуы мүмкін. Бұл мұнай өнімдерінің төгілуіне, қоршаған ортаның ластануына, өрт пен жарылыстар қауіпіне алып келеді. Коррозияның бұл сипаты барлық табиғи орталарда пайда болуы мүмкін: топырақта; түп пен бетонның арасында; ылғалды құмда; резервуар түбінің металл беті мен оның тірелетін құм/бетон/жер арасындағы булы-ауалы қуыс-қалташаларда. «Булы-ауалы қалташалар» сонымен қатар резервуар өніммен толғанда немесе босап қалғанда металл түптің иілуі кезінде түзіледі. Дәстүрлі түрде қолданылатын электрохимиялық (катодты/протекторлық) қорғаныс жүйесі бұл жағдайларда тиімсіз болып қалады. Өйткені ол булы-сулы қалташалар түзілетін аудандарда әрекет ете алмайды. Бұл мәселе резервуар түбінің астында битумды қабат болса қозуы мүмкін. Органикалық емес коррозиялы- белсенді қосылыстар осы қабат арқылы жерден кіріп резервуардың металл түбімен әсерлеседі. Жағалық аймақ жағдайында қоршаған ауаның үлкен ылғалдығы немесе жаңбыр ылғалдың металл түп пен битумның арасына өтіп кетіп интенсивті саңылаулы коррозияға алып келеді (11.19-сурет).



11.19-сурет. Түптің сыртқы бетінде коррозияның таралуы

Бұл мәселе сонымен қатар қос түпті мұнай резервуарларын қолданған жағдайда дамиды. Сонымен қатар коррозия ылғалды топырақпен байланыс кезінде де (электролиттерде), булы-ауалы аймақтарда да болуы мүмкін. Мұның барлығы коррозиядан қорғанудың сенімді тәсілін таңдау мәселесін қиындатады.

Коррозияның әсерінен мұнай өнімдерінің ағып кетуінен игеруші мекеме саңылауларды бітеу және түпті ауыстыруға бағытталған жөндеу жұмыстарын жүргізу үшін резервуар пайдаланылуын әлсін-әлсін тоқтатуға мәжбүр. Осындай үзілістердің керек болуы резервуар пайдаланылуының алғашқы жылдарында (2 жылдан 4 жылға дейін) немесе жоспарланған мерзімде (6-10 жыл) пайда болуы мүмкін (11.20-сурет).



11.20-сурет. Түптің коррозиядан қорғалуы

«Ленпромтехнология» ЖШҚ қолданысқа айрықша шешім Zerust® ReCAST-SSB ұсынады. Жүйе үш компоненттен тұрады:

Компонент 1: Катодты/протекторлы қорғаныс жүйесі(КҚЖ) : бұл жүйе құмның металл беттермен әрекеттесетін сумен қаныққан кезде резервуар түбін қорғау үшін қолданылады.

Компонент 2: Коррозияның ұшқыш ингибиторлары: бұл компонент коррозиядан қорғанысты булы-газды атмосферада және булы-ауалы қалташалардың пайда болуы кезінде (резервуар түбінің біртекті емес қисаюы, құмда қалыңдалған аймақтардың пайда болуы және т.б.) жүзеге асады.

Компонент 3: Коррозияның ерігіш ингибиторлары: бұл қосылыстар сумен әрекеттесетін, өз алдына немесе катодты қорғаныс жүйесімен бірге ток тығыздығы деңгейін төмендете (сәйкесінше, шығынды азайта) жұмыс жасайтын металл беттерді қорғайды.

Кешенді үш компонентті жүйеде резервуар түбінің аймағындағы ингибитор концентрациясы ингибиторды жіберетін жүйе арқылы реттеледі, сол кезде жіберу станциясы резервуар негізінің сыртқы жағында орнатылады. Бұл резервуардың толық қызмет ету мерзімі ішіндегі коррозияны басудағы тиімділік жағынан қарағанда маңызды. «Ленпромтехнологии» ЖШҚ мамандары әлсін-әлсін резервуардың қос қабатты түбінде орнатылған датчиктерге түсетін мәлеметтер анализы арқылы қолданылатын шешімнің тиімділігін бақылайды. Сонымен қатар, резервуар жұмысында үзілісті талап етпейтін басқа да өлшеу әдістері қолданылады. Осындай әдістер мен технологиялардың комбинациясын қолдана отырып, мамандар жүйе көрсеткіштерін коррозия дамуын минимализацияландыратындай етіп түзетеді.

Zerust® ReCAST-SSB тиімділігі.

«Ленпромтехнология» ЖШҚ ұсынатын жүйе булы-ауалы қалташалардағы коррозиядан қорғанышты қамтамасыз ететін жалғыз радикалды шешім болып табылады. Катодты/протекторлы қорғаныш жүйесі ерігіш коррозия ингибиторларының концентрациясының талап етілетін деңгейін төмендетеді, ал ингибиторлардың болуы катодты/протекторлық қорғаныш параметрлеріне талапты төмендетеді және қорғаныш қызмет мерзімін арттырады. Осындай комбинирленген жүйенің қолданылуы тиімділігін арттыра отырып коррозиядан қорғанысқа кететін шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Бұл жүйені енгізген кезде компания мамандары әлсін-әлсін техникалық қызмет пен тапсырыс берушінің қадағалауымен бірлесіп оның жұмысына тексеріс жүргізеді.

«Ленпромтехнология» ЖШҚ алдын-ала орнатылған мерзімдегі әлсін-әлсін тексерулер жүргізу арқылы қолданылған шешімнің тиімділігін тексереді. Zerust® ReCAST-SSB жүйесінде тексеру жүргізу немесе қызмет көрсетілуі кезінде резервуардың әрекетін тоқтатудың қажеті жоқ. Шығарылған коррозия деңгейі алдын-ала келісілген негізгі шамамен салыстырылып, нәтижелер техникалық қызмет көрсету орнының және тапсырыс берушінің қадағалауымен расталады.

Кәсіпшіліктің берілген салаларында коррозиямен күресудің түрлі шешімдері кең тараған: бояулар мен жабындар, беттердің облицовкасы, катодтық қорғаныс, мамандандырылған балқымалар, композиттік материалдар, т.б. Алайда, бұл шешімдердің тиімділіктері төмен, оларды қолдану үшін қаражат және уақыт жағынан көп шығын кетеді. Кейбір жағдайлар қатарында бұл технологияларды тіпті қолдану мүмкін емес. Антикоррозиялық жабындармен байланысты ең қиын мәселелердің бірі - жарықшақтардың пайда болмауы мүмкін емес, оларды жоғарыда айтылған шешімдермен өтеуге болмайды. жабын бетінде ақау пайда болған кезде бұл аймақта коррозия үрдісі дами бастайды, сонымен қатар нүктелі коррозияның

жылдамдығы өте жоғары. Нәтижесінде, бұл құрылыстың қатардан шығуына алып келеді. Тиімді әсер ететін коррозиямен күрестің қазіргі қолданылатын дәстүрлі әдістері ойлап табылмаған жағдайлар кездеседі (мәселен, ұңғыма ішіндегі жүйелер, мұнай және химиялық заттар сақтайтын резервуарлардың төбелерінің ішкі беті).

Бақылау сұрақтары.

1. Катодты қорғанысқа түсініктеме беріңіздер. Пайда болу механизмі.
2. Құрылғыдағы коррозиямен күрестің тәсілдерін айтыңыз.
3. Коррозиямен күрестің қандай тәсілдері пассивтілерге жатады?
4. Қорғаныстың активті тәсілдері туралы айтып беріңіз.
5. Катодты қорғаныс жүйесінің принципиалды сызбанұсқасын салыңыз. Түсіндіріңіз.
6. Катодты қорғаныс параметрлерінің есебіне не кіреді?
7. Анодты жерге қосудың материалына қойылатын талаптар туралы айтып беріңіз.
8. Катодты қорғаныстың протекторлы қорғаныстан қандай айырмашылығы бар екенін түсіндіріңіз.
9. Протекторлы қорғаныстың есебіне не кіреді?
10. Ұңғымаларды коррозиядан катодты қорғаныс арқылы қорғаудың қандай сызбанұсқасын атай аласыз?
11. Ұңғымалар тобын бір катодты құрылым арқылы бірге қорғаудың сызбанұсқасын зерттеңіз.
12. Топтық пункттерден алшақталған ұңғымалар үшін электрохимиялық қорғаудың қандай түрін қолданады?
13. Ұңғымалар тобын коррозиядан қорғауда қай құрылғы қорғаныс нұсқасына қосылады?
14. Бұталы катодты құрылымның көрсеткіштерін анықтауға не кіреді?
15. Резервуарларды коррозиядан қорғауды қандай әдістермен жүзеге асырады?
16. Резервуарларды коррозиядан қорғаудың пассивті тәсілдеріне не кіреді?
17. Резервуарларды коррозиядан қорғаудың активті тәсілдеріне не кіреді?
18. Резервуарды коррозиядан қорғаудың катодты тәсілінің принципі.
19. Резервуарларды протекторлы қорғаудың негізі.

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

1. *Ахмеджанов Т.Қ, Қартабай А.Т., Нұранбаева Б.М., Молдабаева Г.Ж.* Мұнай-газ жабдықтарын коррозияға қарсы қорғау (оқулық). − Алматы: ЖШС РПБК «Дәуір», 2011. – 304 бет.
2. *Воинова Л.Г., Молдабаева Г.Ж.* Противокоррозионная защита нефтегазового оборудования (учеб.пособие). – Алматы: КазНТУ, 2010г. – 151с.
3. *Елеманов Б.Д., Герштанский О.С.* Осложнения при добыче нефти. – М.: Наука. 2007г. – 420с.
4. *Елеманов Б.Д.* Проблемы разработки месторождений Казахстана – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2002.
5. *Мальцева Г.Н.* Коррозия и защита оборудования от коррозии (учеб.пособие). – Пенза: Изд-во Пенз. гос ун-та, 2000г. – 211с.
6. *Мустафин Ф.М., Быков Л.И.* и *др*. Защита трубопроводов от коррозии. – СПб: Недра, 2007.
7. *Гоник А.А.* Коррозия нефтепромыслового оборудования и меры ее предупреждения. 2-е изд., перераб и доп. М.: Недра, 1976. – 192с.
8. *Jones L.B.* Corrosion and water technology. OGCI Publication, 1988.
9. *Ostroff A.G.* Introduction to oilfield water technology. National Association of Corrosion Engineers,1979.
10. Corrosian Basics. National Assjciation of Corrosion Engineers,1988.
11. *Heusler K.E.* // Elektrochem. - № 62. - P. 582
12. *De Waard C., Lotz U.,Milliams D.E*. Predictive model for CO_2 corrosion engineering in wet natural gas pipelines // Corrosion. - Vol.47, № 12. - P. 976.
13. *Shadley J.R., Shirasi S.A., DAyalan E.,Rybicki E.F.* Velocity quidelines for preventing pitting of carbon steel piping when the flowing medium contains CO_2 and sand // Corrosion. - 1996. - № 225.
14. *Легезин Н.Е., Глазов Н.П., Кесельман Г.С.* и *др*. Защита от коррозии промысловых сооружений в газовой и нефтедобывающей промышленности. – М.: Недра, 1993.
15. СТ 39-009-2005 Противокоррозионные мероприятия при эксплуатации магистральных нефтепроводов. – КазТрансОйл, Астана, 1995.
16. *Семенов И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В.* Коррозия и защита от коррозии./ Под. ред. Семеновой И.В. – М.: Физматлит, 2002. 336 с.
17. *Воинова Л.Г.* Борьба с коррозией оборудования. Методические указания. – Алматы, 2006.
18. *Стрижевский И.В*. и *др.* Защита подземных металлических сооружений от коррозии Справочник. Стройиздат, 1990.
19. *Васильев Г.Г., Коробков Г.Е.* и *др.* Трубопроводный транспорт нефти». Учебник для ВУЗов – М.: ООО Недра.
20. *Шаммазов А.М., Кормак А.А., Коробков Г.Е.* Основы нефтебазового хозяйства. Учеб. пособие. – Уфа. 1998.

21. *Рахманкулов Д.Л., Бугай Д.Е., Габитов А.И*. и *др*. /Ингибиторы коррозии – Уфа: Реактив, Т.1. 1997. 296 с.

22. *Гафаров Н.А., Кушнаренко В.М., Бугай Д.Е.* и *др*. /Ингибиторы коррозии – М.: Химия, Т.2. 2001. 391 с.

23. Каталог Защита от коррозии - Озерск: ОАО Энергопром - Стройзащита, 2001.

24. *Мустафин Ф.М., Быков Л.И., Гумеров А.Г*. и *др*. Промысловые трубопроводы и оборудование. – М.: Недра, 2004. 662 с.

25. *Вайндер Х.* Изоляция стальных труб полиэтиленом. - Газовая промышленность, 1991. №11.

26. ГОСТ 9.506-87 Ингибиторы коррозии в вводно-нефтяных средах. Методы определения защитной способности. – М.: Изд-во стандартов. 16 с.

27. ГОСТ 9.602-2005. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. – М.: Стандартинформ, 2006. 47 с.

28. ГОСТ 9.905-82. ЕСЗКС. Методы коррозионных испытаний. Общие требования.

29. *Низьев* С.Г. О заводской изоляции труб на отечественных предприятиях //Территория «Нефтегаз». – М.: 2004. №11.С.12–24.

30. *Орехов В.В., Бычков Р.А.* Индустриальная технология нанесения внутреннего покрытия на магистральные и промысловые трубопроводы // Нефтепромысловое дно. 1996. № 6.

31. *Рахманкулов Д.Л., Зенцов В.Н., Кузнецов М.В*. Современная техника и технология защиты от коррозии (теория и практика). – М.: Интер, 2005. 408 с.

32. РД 39-3-611-81 Методика оценки коррозионной агрессивности нефтепромысловых сред и защитного действия ингибиторов коррозии при помощи коррозиметров.

33. *Решетников С.М.* Ингибиторы коррозии металлов. – Л.: Химия, 1986. 144 с.

34. *Розенфельд И.Л., Персианцев В.П*. Ингибиторы атмосферной коррозии. – М.: Недра, 1985. 278 с.

35. СНИП 2.03.11-85 Защита строительных конструкции от коррозии.

36. *Рахманкулов Д.Л., Кузнецов М.В, Габитов А.Н*. и *др*. Современные системы защиты от электрохимической коррозии коммуникаций. – Уфа: Реактив, 1999. 232 с.

37. Справочник по добыче нефти /Под. ред. К.Р. Уразакова. – М.: Недра, 2000. 375.

38. Технико-экономическое обоснование потребности АО «Татнефть» в ингибиторах коррозии для системы ППД (с учетом МПТ) и нефтесбора на 1997–1998 /ТатНИПИнефть.1997.

39. *Медведева М.Л.*- Коррозия и защита оборудования при переработке нефти и газа. М.: Нефть и газ, 2005.

40. *Сюгаев А.В., Ломаева С.Ф., Шуравин А.С. и др*. // Коррозия: защита, материалы. 2007.

41. *Елеманов Б.Д.* Основные проблемы разработки нефтяных месторождений, осложенной коррозией, отложениями парафина и солей: Автореф.дис. … д-ра техн.наук. М., 2003. -41с.

42. *Герштанский О.*С. Интенсификация добычи высокопарафинистой нефти на поздней стадии разработки многопластовых месторождений Казахстана: Автореф.дис. … д-ра техн.наук. М., 2005.

43. *Борисов С.И., Катеев М.В., Калинина Е.С. и др.* Механизм действия ПАВ как деэмулгаторов при промысловой подготовке нефти. - Бугульма: Татнефть, 2003г.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе 3
1 Коррозия туралы жалпы сипаттама 4
1.1 Коррозияның мәні 4
1.2 Коррозияға қарсы жүргізілетін шаралар 5
2 Коррозияның топтастырылуы және оның түрлері. коррозия жылдамдығы 7
2.1 Коррозия процессінің топтастырылуы 7
2.2 Коррозиялық бұзылыс түрлері 8
2.3 Коррозия жылдамдығын анықтау 19
3 Коррозия процестерін зерттеу тәсілдері 21
3.1 Электрохимиялық әдістер 22
3.2 Гравиметрикалық (массаметрикалық) әдіс 29
3.3. Кәсіптік зерттеу әдістері 31
4 КОРРОЗИЯДАН ҚОРҒАУДЫҢ ӘДІСТЕРІ 36
4.1 Қорғаудың пассивті әдістері 36
4.2 Қорғаудың активті әдістері 39
5 Химиялық коррозиясы 41
5.1 Химиялық коррозияның өту шарттары 41
5.2 Тотықтың коррозия үрдісіне әсері 41
5.3 Газды коррозия 44
5.4 Бейэлектролиттердегі коррозия 45
6 Электрохимиялық коррозия 46
6.1 Электрохимиялық коррозия түрлері 46
6.2 Электрохимиялық коррозияның пайда болу себептері 50
6.3 Тепе-теңдік электрод потенциалы 51
6.4 Стандартты сутектік салыстыру электроды 51
6.5 Электродты тотығу және тотықсыздану реакциялары 52
6.6 Фарадей заңдары 52
6.7 Атмосфералық коррозия 54
6.8 Теңіз суларындағы коррозия 56
7 Топырақ коррозиясы 62
7.1 Топырақ коррозиясының пайда болу механизмі 62
7.2 Топырақтың (жер) меншікті электр кедергісі 63
7.3 Топырақты коррозияның активтілігін анықтау әдістері 65
7.3.1 Топырақтың меншікті электр кедергісін анықтаудың өрістік тәсілі 66
7.3.2 Топырақ коррозиясының активтілігін зерттханалық-өрістік әдіспен анықтау 67
7.4 Коррозияны өлшеуге арналған аспаптар 69
7.5 Коррозиялық іздестіруді жүргізу кезіндегі қауіпсіздік техникасы 74
7.6 Биокоррозия 74
7.7 Жерасты құбырөткізгіштерінің қорғаныш жабындары 76
7.7.1 Оқшаулағыш жабындарға қойылатын талаптар 76
7.7.2 Битум негізіндегі оқшаулағыш жабындар 76

7.7.3 Полимерлі жабындар 77
8 Кәсіпшілік жабдықтар коррозиясы 80
8.1 Кәсіпшілік жабдықтардың коррозиясы туралы жалпы сипаттама 80
8.2 Кәсіптік жабдықтардың коррозиясының түрлері 81
8.3 Кәсіпшілік жабдықтардың коррозиялық себептері 83
8.3.1 Көміртектің қос тотығының кәсіпшілік жабдықтарына әсері 83
8.3.2 Кәсіпшілік жабдықтарға төменгі молекулалық органикалық қосылыстардың әсері 86
8.3.3 Күкіртті сутек коррозиясы 87
9 Құрал-жабдықтардың коррозиялық бұзылуы 90
10 Мұнай-газ кенорындарының құрал жабдықтарын ішкі коррозиядан қорғау 94
10.1 Жабдықтардың ішкі коррозиядан қорғаудың негізгі бағыттары 94
10.2 Легирленген болаттың қолданылуы 94
10.3 Күкіртті сутекті және көмірқышылды коррозияға қарсы қорытпаларды қолдану 95
10.4 Коррозиядан қорғау кезіндегі ингибирлеу 97
10.4.1 Ингибиторлардың сипаттамасы мен жіктелуі. Таңдау принципі 97
10.4.2 Ингибитордың қорғаныс әрекетінің механизмі 98
10.4.3 Ұңғымағаға ингибиторларды енгізудің кестесі 100
10.4.4 Ингибитордың қорғалуын бақылау 112
10.4.5 Күкіртті сутегі мен көміртегінің қос тотығы үшін жаңа ингибиторлар жобасы 114
11 Мұнай-газ кенорындырының жабдықтары, құбырлар мен резервуарлардың электрохимиялық қорғанысы 126
11.1 Құбырлардың катодтық қорғанысы 126
11.1.1 Құбырлардың катодтық қорғанышының есебі 128
11.1.2 Ұңғыма тобының катодтық қорғанысын есептеу 130
11.2 Анодтық жайтартқыш 135
11.3 Протекторлық қорғау 137
11.4 Резервуарлардың коррозияға қарсы қорғанысы 139
11.4.1 Резервуарлар коррозиясының ерекшеліктері 141
11.4.2 Резервуарларды қорғаудың пассивті тәсілдері 142
11.4.3 Резервуарларды қорғаудың активті тәсілдері 143
11.4.4 Мұнай резервуарларының төбелерін коррозиядан қорғау 145
11.4.5 Резервуар түбінің ішкі жағын коррозиядан қорғау 148
11.4.6 Резервуардың түбінің сыртқы бетін және қос қабатты түпті коррозиядан қорғау 152
Библиографиялық тізім 156

Оқулық басылым

Нуранбаева Булбул Молдашқызы

МҰНАЙ МЕН ГАЗДЫ ӨНДІРУ КЕЗІНДЕГІ КОРРОЗИЯЛЫҚ ҚИЫНШЫЛЫҚТАР

Оқу құралы

РБ бастығы З.А. Ғұбайдулина
Редакторы Г.Қ. Опкебаева
Компьютерде беттеген А.Б.Аришова

Басуға қол қойылды
Таралымы 300 дана. Пішімі 60х84х1/16. №1 баспаханалық қағаз.
Шартты б.т. 10,0. Көлемі есепті б.т. Есепті б.т. Тапсырыс №109.
Бағасы келісімді.

Қ.И.Сәтпаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық Университетінің басылымы
Оқу баспа орталығы,
Алматы, Сәтпаев көшесі, 22.