

**ZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**

---

**YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU**

Süleymanlı Ayşən Əlfağa qızı, Yaqiyev Elxan Azər oğlu

**KÖRPÜLÜ KRANIN METALKONSTRUKSİYASININ KORROZİYAYA  
DAVAMLILIĞININ TƏDQIQI [Kran metalkonstruksiyasının atmosfer korroziyası  
prosesinin modelləndirilməsi, Kran metalkonstruksiyasının korroziya  
yorulmasının tədqiqi]**

mövzusunda

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

İxtisas: “060625” Texnoloji maşın və avadanlıqlar mühəndisliyi

İxtisaslaşma: Yüqaldırıcı maşın və avadanlıqlar

Elmi rəhbər: texnika elmləri namizədi, dosent Şahin Böyükağa oğlu Çərkəsov

**BAKI – 2024**

**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**  
**YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU**

*MAGİSTRANTIN ANDI*

“Körpülü kranın metalkonstruksiyasının korroziyaya davamlığının tədqiqi” mövzusunda təqdim etdiyimiz magistrlik dissertasiyasını elmi əxlaq normalarına və istinad qaydalarına tam riayət etməklə və istifadə etdiyim bütün mənbələri ədəbiyyat siyahısında əks etdirməklə yazdığımıza and içirik və magistrlik dissertasiyasının AzTU Kitabxana İnformasiya Mərkəzində saxlanması, həmin mərkəz tərəfindən AzTU Rəqəmsal Repozitoriyasına daxil edilərək repozitoriyanın veb saytında yerləşdirilməsinə icazə veririk.

Ayşən Süleymanlı

Elxan Yaqiyev

Tarix

**Xülasə.** Dissertasiya işi körpülü kranın metalkonstruksiyasının korroziyaya davamlığının tədqiqi məsələsinə həsr edilmişdir. Konstruksiyanın atmosfer korroziyası prosesinin modelləndirilməsi və konstruksiyanın korroziya yorulmasının tədqiqi məsələləri həll edilmişdir. Konstruksiyanın xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla atmosfer korroziyasının dərinlik göstəricilərini təyin etmək üçün model təklif edilmişdir. Bu zaman aqressiv mühitin təsirini xarakterizə edən bütün parametrlər nəzərə alınmışdır. Yazva korroziyasına məruz qalmış ferma tipli metalkonstruksiyanın millərinin gərginlikli-deformasiyalı vəziyyəti tədqiq edilmişdir. Korroziyanın və tsiklik yüklərin təsirinə məruz qalmış konstruksiyaaların resursunun qiymətləndirilməsi zamanı yerinə yetirilən nəzarət baxışlarının periodikliyinə optimallaşdırılması metodikası təklif edilmişdir.

**Аннотация.** Диссертационная работа посвящена исследованию коррозионной стойкости металлоконструкций мостовых кранов. Решены вопросы моделирования процесса атмосферной коррозии конструкции и исследования коррозионной усталости конструкции. Предложена модель для определения глубинных показателей атмосферной коррозии с учетом особенностей конструкции. При этом были учтены все параметры, характеризующие воздействие агрессивной среды. Изучено напряженно-деформированное состояние валов металлоконструкции ферменного типа, подвергшихся питтинговой коррозии. Предложена методика оптимизации периодичности контрольных проверок, выполняемых при оценке ресурса конструкций, подверженных коррозии и циклическим нагрузкам.

**Abstract.** The dissertation work is devoted to the study of the corrosion resistance of the bridge crane's metal structure. The issues of modeling the atmospheric corrosion process of the structure and researching the corrosion fatigue of the structure have

been solved. A model was proposed to determine the depth indicators of atmospheric corrosion, taking into account the characteristics of the structure. At this time, all parameters characterizing the impact of an aggressive environment were taken into account. The stress-deformation state of the shafts of the truss-type metal structure subjected to pitting corrosion was studied. A methodology for optimizing the periodicity of control reviews performed during the assessment of the resource of structures affected by corrosion and cyclic loads is proposed.

## MÜNDƏRİCAT

	Səh.
GİRİŞ.....	6
I FƏSİL. KRAN METALKONSTRUKSİYASININ ATMOSFER	
KORROZİYASI PROSESİNİN MODELƏNDİRİLMƏSİ (Süleymanlı	
Ayşən Əlfağa qızı).....	
1.1. Korroziya anlayışı və onun növləri.....	10
1.2. Kran metalkonstruksiyasının atmosfer korroziyası prosesinin	
modelləndirilməsi.....	25
1.3. Yazva korroziyası defektlərinin kran fermalarının millərinin yükdaşıma	
qabiliyyətinə təsirinin tədqiqi.....	32
II FƏSİL. KRAN METALKONSTRUKSİYASININ KORROZİYA	
YORULMASININ TƏDQIQI (Yaqiyev Elxan Azər oğlu).....	
2.1. Kran metalkonstruksiyasının korroziya yorulmasının tədqiqi.....	43
2.2. Metalkonstruksiyanın resursunun qiymətləndirilməsində yorulma və	
korroziya proseslərinin qarşılıqlı əlaqəsinin tədqiqi.....	50
2.3. Korroziya ilə mübarizə üsulları.....	55
NƏTİCƏ.....	63
İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT.....	64

## GİRİŞ

Bəşər tarixində iqtisadiyyatın rolu, siyasətlə bərabər ən önəmli mövqedə olmuşdur. Belə ki, tarixdə baş vermiş müharibələrin əksər hissəsi məhz iqtisadi motivli olmuşdur. İqtisadiyyat, insan fəaliyyətinin önəmli sahəsi olmaqla, bir çox sahələri əhatə edir. Buraya sənaye, kənd təsərrüfatı, ticarət, rabitə, nəqliyyat və s. sahələr aid edilir.

Sənaye, iqtisadiyyatın əsas sahəsi olmaqla, insan fəaliyyətinin digər sahələrinə də (məs.: elm, təbabət, idman, hüquq-mühafizə, hərbi işi və s.) bilavasitə təsir edir. Sənaye yüngül, orta və ağır olmaqla 3 müxtəlif sahəyə ayrılır. Bütün bu sənaye sahələri üçün maşınqayırma əsas rol oynayır. Maşınqayırmanı isə öz növbəsində, müxtəlif təyinatlı yüklərin daşınması olmadan təsəvvür etmək mümkün deyil. Bu yüklər yalnız müəssisələr arasında deyil, həm də müəssisə daxilində (sexlər arasında və sex daxilində) daşınır. Sex daxilində yüklərin daşınması üçün əsas nəqliyyat vasitələrindən biri də körpülü kranlardır. Bu kranların metalkonstruksiyası bütöv tirdən və ya millərdən təşkil edilir. Sonunculara ferma tipli kranlar da deyilir. Körpülü kranlar əsasən sex daxilində istismar edilsə də, bəzən onlara açıq havada da rast gəlmək olur. Bütün hallarda körpülü kranların metalkonstruksiyaları korroziyanın təsirinə məruz qalır. Buna səbəb kran metalkonstruksiyalarının poladdan hazırlanmasıdır. Kiçik yükqaldırma qabiliyyətlərində və aşırımlarda körpülü kranların metalkonstruksiyasını alüminiumdan da istehsal edirlər. Belə konstruksiyalar korroziyanın təsirinə məruz qalmır. Metalkonstruksiyası poladdan hazırlanmış körpülü kranları korroziyadan qorumaq üçün ən səmərəli üsul onların səthini lak-boya materialları ilə rəngləməkdir. Lakin bu da metalkonstruksiyayı korroziyadan tam qorumur. Belə ki, boya örtüyünün keyfiyyətsiz çəkilməsi, köhnəlməsi, mexaniki zədələnməsi və bu kimi digər səbəblərdən metalkonstruksiya korroziyaya uğraya bilər. Dissertasiya işində körpülü kranın metalkonstruksiyasının atmosfer korroziyasının təsirindən qorunması üçün təsirli tədbirlər görülməsi üçün müəyyən elmi tədqiqat işlərinin aparılması nəzərdə tutulur.

**Mövzunun aktuallığı.** Yükqaldıran kranlar müasir sənayedə yükvurma-boşaltma əməliyyatlarının kompleks mexanikləşdirilməsi, eləcə də avtomatlaşdırılması prosesində ən vacib tərkib hissələrdən biridir. Kranlar, yükvurma-boşaltma əməliyyatlarında əl əməyinin aradan qaldırılması və ya böyük ölçüdə əvəz olunmasında əhəmiyyətli rol oynayır. Sənayenin texnoloji inkişafa doğru irəliləliyi hazırkı dövrdə, istər açıq , istərsə də qapalı sahələrdə fəaliyyət göstərən sənaye müəssisələrində ən müxtəlif texnoloji imkanlara malik yükqaldıran maşın və avadanlıqlardan istifadə olunur. İstismar təcrübəsi göstərir ki, ən çox rast gəlinən defektlərdən biri də metalkonstruksiyanın elementlərinin korroziya zədələnməsidir (Соколов С.А., 2005). Lakin indiyə qədər bu məsələyə kifayət qədər diqqət yetirilməmişdir. Bunun nəticəsində buraxıla bilən korroziya zədələnmələrinin qiyməti haqqında əsaslandırılmış normativlər yoxdur. Beləliklə, korroziya defektlərinin müxtəlif növlərinin inkişaf dinamikasının öyrənilməsi məsələsi, onların metalkonstruksiya elementlərinin etibarlılığına təsiri qalığı resursun qiymətləndirilməsində əsas məsələlərdən biri olaraq qalır. Bu məsələ metalkonstruksiyaların defektlərinin və zədələnmiş elementlərinin adekvat modellərinin yaradılması yolu ilə həll edilə bilər.

### **İşin məqsədi**

1. Yüksək məsuliyyət sinfinə aid körpülü kranlar üçün meyarların müəyyənləşdirilməsi;
2. Yüksək məsuliyyət sinfinə aid körpülü kranların istismarının təhlükəsizliyinin kəmiyyətə qiymətləndirilməsi üçün meyarın seçilməsi;
3. Kran və elementin məsuliyyət dərəcəsi asılı olaraq yüksək məsuliyyət sinfinə malik körpülü kranların metalkonstruksiyalarının təhlükəsiz istismarının ümumi prinsiplərinin müəyyən edilməsi metodunun işlənilib hazırlanması;
4. Yüksək məsuliyyət sinfinə aid körpülü kranların yükdaşıyıcı metal konstruksiyalarının optimal dizaynı məsələlərinin həlli üçün optimallaşdırma üsullarının seçilməsi;
5. Yüksək məsuliyyət sinfinə aid körpülü kranların metalkonstruksiyalarının optimallaşdırılma meyarlarının müəyyən edilməsi;

6. Yüksək məsuliyyət sinfinə aid körpülü kranların yükdaşıyan metal konstruksiyalarının çox meyarlı optimal layihələndirilməsi üsullarının işlənib hazırlanması.

**Tədqiqatın predmeti və obyektı.** Dissertasiya işində tədqiqatın predmeti körpülü kranların təhlükəsiz istismarı meyarları, eləcə də onların metalkonstruksiyalarının gərginlikli-deformasiyalı vəziyyətidir.

Dissertasiya işinin əsas tədqiqat obyektı sənayenin müxtəlif sahələrində yükvurma-yükboşaltma işlərinin kompleks mexanikləşdirilməsi üçün istifadə olunan körpülü kranlardır.

**Elmi yenilik.** İşin elmi yeniliyi aşağıdakılardan ibarətdir: kran metalkonstruksiyasının atmosfer korroziyası prosesinin modelləndirilməsi, körpülü kranların metalkonstruksiyalarında çox geniş yayılan yazva korroziyası defektlərinin kran fermalarının millərinin yükdaşıma qabiliyyətinə təsirinin tədqiqi, kran metalkonstruksiyasının korroziya yorulmasının tədqiqi və metalkonstruksiyanın resursunun qiymətləndirilməsində yorulma və korroziya proseslərinin qarşılıqlı əlaqəsinin tədqiqi

**Tədqiqat metodları.** Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsi zamanı aşağıdakı tədqiqat metodlarından istifadə olunmuşdur: riyazi modelləndirmə metodu, sonlu elementlər metodu, yükqaldıran maşınların yükdaşıyan metalkonstruksiyalarının resursunun qiymətləndirilməsi zamanı nəzarət baxışlarının periodikliyinə optimallaşdırılması metodikası və bu metodu realizə edən proqram təminatı, yükqaldıran maşınların aqressiv mühitlə qarşılıqlı təsirdə olan yükdaşıyan metalkonstruksiyalarının yorulma yorğunluğunun toplanma modeli, yorulma modeli, dağılma modeli, Veybull paylanması, məlumatların toplanması, analizi və optimal variantların çıxarılması metodları.

**Tədqiqat işinin təcrübi əhəmiyyəti.** Kran metalkonstruksiyasının atmosfer korroziyası prosesinin modelləndirilməsi, körpülü kranların metalkonstruksiyalarında çox geniş yayılan yazva korroziyası defektlərinin kran fermalarının millərinin yükdaşıma qabiliyyətinə təsirinin tədqiqi, kran metalkonstruksiyasının korroziya



yorulmasının tədqiqi və metalkonstruksiyanın resursunun qiymətləndirilməsində yorulma və korroziya proseslərinin qarşılıqlı əlaqəsinin tədqiqi tədqiqat işinin mahiyyətini özündə ehtiva edir və əməli təcrübi əhəmiyyətə malikdir.

**İşin strukturu və həcmi.** Dissertasiya işi girişdən, iki fəsildən, nəticədən və ədəbiyyatın siyahısından ibarətdir. Dissertasiya işinin ümumi həcmi 65 səhifədən ibarətdir. Hesabat hissəsinə fotosəkil, eskizlər və qrafiklər daxil edilmişdir. Ədəbiyyat siyahısına 15 adda mənbə daxil edilmişdir.

## I FƏSİL . KRAN METALKONSTRUKSİYASININ ATMOSFER KORROZİYASI PROSESİNİN MODELƏNDİRİLMƏSİ

### 1.1. Korroziya anlayışı və onun növləri

Metalların və onların ərintilərinin ətraf mühitin təsirindən dağılmasına **korroziya** deyilir. Texnikada korroziya böyük təhlükə doğurur. Belə ki, bir çox texnoloji maşın və avadanlıqların konstruksiyalarında nazik və rəq materiallarından geniş istifadə edilir və iş şəraiti korroziya üçün əlverişlidir. Korroziya nəticəsində metalın möhkəmliyi, plastikliyi və zərbə özlülüyü azalır. Korroziyanın yanacaq və yağlama sistemlərində, hidravlik sistemlərdə inkişaf etməsi bu sistemlərin korroziya məhsulları ilə çirklənməsinə gətirib çıxarır. Şək.1.1-də silindrik dişli çarx ötürməsinin və yiv birləşdirməsinin korroziyası göstərilmişdir.



a



b

Şək.1.1. Silindrik dişli çarx ötürməsinin (a) və yiv birləşdirməsinin (b) korroziyası

Dağılma prosesinin mexanizminə görə korroziyanın iki növü ayırd edilir: kimyəvi və elektrokimyəvi ( Селиверстов Г.В., Данилов А.С.,2007).

Korroziya təbiətin bir qüvvəsidir. Qaldırıcı avadanlıqların metal konstruksiyalarına dağıdıcı təsiri onun işinə mənfi təsir göstərə bilər və bu avadanlıq sahiblərinin qazancını

azalda bilər. Daşqınlar və ya yanğınlar kimi yüksək sürətli təbii fəlakətlərdən fərqli olaraq, korroziya yavaş, lakin sabit tempdə, çox vaxt aşkarlanması çətin ola biləcək gizli yerlərdə baş verir.

Ən pis halda, məsələn, kran kanatları qəfil qırılana və ya borular sızana qədər gizli korroziya aşkar edilə bilməz. ABŞ-da aparılan araşdırma nəticəsində məlum olub ki, korroziyaya nəzarət və korroziyaya uğramış komponentlərin təmiri və ya dəyişdirilməsi xərcləri ildə 279 milyard dollara başa gəlir.

Eyni zamanda tədqiqat göstərir ki, korroziyadan dəyən zərəri sadəcə olaraq korroziyaya qarşı mübarizə tədbirlərini həyata keçirməklə 25-30% azaltmaq olar. Korroziyanın sürətinə bir sıra amillər təsir göstərir. Bunlara maşın hissələrinin və birləşmələrinin istehsalı üçün istifadə olunan material, komponentlərin forması və onların dözümlü biləcəyi yüklər və avadanlığın iş yerindəki mühit daxildir.

Bununla belə, korroziyanı azaltmaq və avadanlıqların təmiri xərclərini minimuma endirmək üçün bir çox yol var. Sadə, sərfəli həll yolu oksidləşməyə davamlı örtükdən istifadə etməkdir. İstehsalçı tez-tez metal üzərində isti spreylər və ya poliuretan örtük kimi yüksək performanslı örtüklərdən istifadə edir. Ancaq hətta bu örtüklər də nəticədə uğursuz ola bilər. Avadanlıqlara xidmət edərkən, korroziya əlamətləri üçün zədələnmiş örtükləri olan səthlərə nəzarət etmək və metalın möhkəmlilik xüsusiyyətlərinin daha da itirilməsinin qarşısını almaq üçün bu səthləri yenidən rəngləmək lazımdır.

Dövri yoxlama və yenidən örtük çəkmə təmir və ya möhkəmləndirmənin çox vaxt çətin və ya qeyri-mümkün olduğu şəbəkə konstruksiya kimi kritik hissələr üçün xüsusilə vacibdir. Şəbəkənin flanşlarında həddindən artıq korroziya, bütün şəbəkə hissəsinin istismardan çıxarılması ilə nəticələnə bilər və bu, bahalı əvəzedici hissənin alınmasını tələb edir. Maşının vaxtaşırı təmizlənməsi korroziyanı minimuma endirmək üçün başqa bir vasitədir. Tipik olaraq, ağır texnika il boyu ağır şəraitdə istifadə olunur, istər palçıqlı tikinti sahələrində, istər duz səpilmiş çətin keçilən yollarda, istərsə də palçıqlı magistral yollarda - bütün bunlar korroziyaya səbəb ola biləcək amillərə kömək edə bilər.

Korroziya ətraf mühit amillərinin təsiri altında metalların kortəbii məhv edilməsi prosesidir.

Korroziya məhsulların mexaniki xüsusiyyətlərinin və görünüşünün pisləşməsinə səbəb olur və metal məhsulların, xüsusən də dəmirin əhəmiyyətli itkilərinə səbəb olur.

Pas, müxtəlif dəmir məmulatları nəmli havada saxlandıqda onların üzərində görünən boş qəhvəyi örtükdür. Pasın xüsusi tərkibi yoxdur, lakin şərti olaraq dəmir hidroksid (FeOH) şəklində yazılır.

Metalların elektrik cərəyanını keçirməyən mühidə dağılmasına **kimyəvi** korroziya deyilir. Kimyəvi korroziya zamanı elektronlar bilavasitə dağılan metal atomundan oksidləşdiriciyə keçir.

Kimyəvi korroziya metalların quru qazlarla və ya elektrik cərəyanını keçirməyən mayelərlə (kerosin, benzin və s.) qarşılıqlı təsiri zamanı yaranır.

Termiki emalı zamanı detallar, daxiliyanma mühərriklərinin hissələri, soba armaturları, qaz çənləri, neft boru kəmərləri, neft-kimya avadanlıqları və s. kimyəvi korroziyaya məruz qalır.

Elektrolit və ya su mühitində digər metalla təmasda olan metalın və ya ərintinin dağılmasına **elektrokimyəvi** korroziya deyilir.

Elektrokimyəvi korroziya turş, qələvi və neytral mühidə gedə bilər. Korroziyanın bu növünə misal olaraq turş mühidə mislə təmasda olan dəmirin korroziyasını göstərmək olar. Elektrokimyəvi korroziya zamanı elektronlar daha aktiv metaldan az aktiv metala keçir və nəticədə aktiv metal korroziyaya uğrayır.

Korroziyanın sürətinə təsir edən amillər. Bu amillər daxili və xarici olmaqla 2 qrupa bölünür: 1. Metal və ərintilərin strukturunun bircinsliyi; səthin vəziyyəti; daxili gərginliklərin və qalıq deformasiyaların mövcudluğu. 2. Elektrolitin təbiəti, onun konsentrasiyası və temperaturu. Bircins struktura malik metal və ərintilər korroziyaya dayanıqlı olurlar. Çünki onların səthində mikrocütlər yaranmır. Ərintinin strukturu bircins olmazsa və ya müxtəlif tərkibli detallar təmasda olarsa, onda korroziya baş verir. Elektromexaniki potensialları qiymətcə yaxın olan materiallardan hazırlanmış detalların

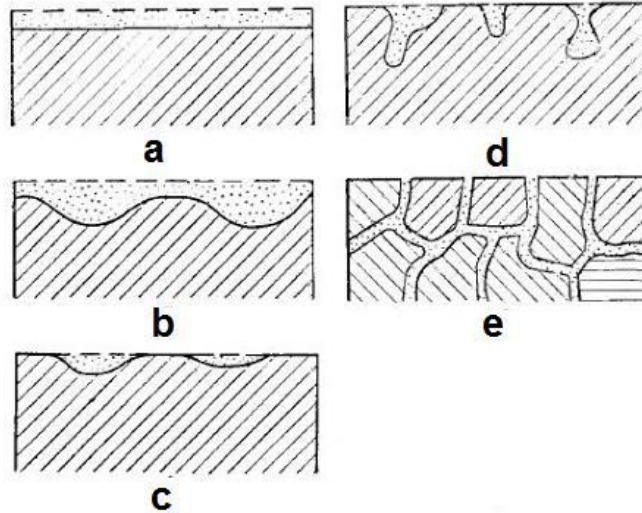
təması qorxulu deyil. Bu potensiallar kəskin fərqli olarsa anodun dağılması sürətlənir. Termiki emal, mikrostrukturu bircins etməklə ərintinin korroziya davamlılığını artırır. Səthin vəziyyəti, yəni mexaniki emalın keyfiyyəti və səthin çirklənmə dərəcəsi böyük rol oynayır. Səthdə cızıqlar, kələ-kötürlüklər nə qədər az olarsa, bu səth daha dayanıqlı olar. Belə ki, cızıq və kələ-kötürlüklərdə su, toz və çirk toplanır. Elektrolitin təbiəti, yəni onun kimyəvi tərkibi anodun dağılma sürətinə güclü təsir edir. Məsələn, turşu mənşəli elektrolitlər Mg, Al, Fe və Zn, qələvi mənşəli elektrolitlər isə Ni və Cd (kadmium) üçün təhlükəlidir. Orta konsentrasiyalı elektrolitlər daha təhlükəli olur. Təbii elektrolitlərdən dəniz suyu və çirklənmiş atmosfer rütubəti çox təhlükəlidir. Elektrolitin temperaturu artdıqca anodun dağılma sürəti böyüyür. Elektrokimyəvi korroziya aşağıdakı hallarda sürətlənir:

1. Təmasda olan metallar elektrokimyəvi gərginlik sırasında bir-birindən nə qədər uzaqda yerləşərsə;
2. Məhlulun turşuluğu və oksidləşdiricilərin qatılığı nə qədər çox olarsa;
3. Temperatur yüksək olarsa;
4. Korroziyaya uğrayan metalda qatışıqlar çox olarsa.

Korroziya dağılmasının növləri. Korroziya dağılmaları müntəzəm, yerli və kristallararası ola bilər (Şək.1.2). Müntəzəm korroziya səthin daxilinə doğru az inkişaf edir.

Korroziyanın bu növü müntəzəm-hamar (Şək.1.2,a) və müntəzəm- nahamar (Şək.2,b) ola bilər. Yerli korroziya daxilə doğru nisbətən çox inkişaf edir (Şək.2,c və d).

Kristallararası korroziyanın (Şək.1.2,e) qorxulu cəhəti bundadır ki, onu gözlə görmək mümkün olmur.



Şək.1.2. Korroziya dağılmalarının növləri

Elektrokimyəvi korroziyaya sulu məhlullarda baş verən bütün korroziya halları daxildir. Gəmilərin sualtı hissələri, buxar qazanları, yerə çəkilməmiş boru kəmərləri elektrokimyəvi korroziyaya məruz qalır.

Təmiz metalların çoxu ətraf mühitin təsirlərinə davamlıdır və praktiki olaraq korroziyaya uğramır. Bununla belə, bir qayda olaraq, metallar heterojendir və müxtəlif qarışıqlara malik olur, bunun nəticəsində metalın səthində çoxlu qalvanik elementlər görünür və metalın oksidləşməsi mümkün olur.

Elektrokimyəvi korroziya prosesində, iki metal təmasda olduqda, anod oksidləşməyə məruz qalır, katod isə daha aktiv bir metal olaraq korroziyanın təsirindən qorunur. İki müxtəlif elektrik cərəyanını keçirən mühitdə yerləşdikdə bu metalların elektrokimyəvi potensiallarının müxtəlifliyi səbəbi ilə onların arasında elektrokimyəvi korroziya yaranır. Şək.1.3-də bəzi metalların elektrokimyəvi potensialları artma sırası ilə göstərilmişdir.



Şək.1.3. Metalların elektrokimyəvi potensialları artma sırası

Məsələn, dəmir və mis təmasda olduqda, anod misdən daha aktiv bir metal kimi dəmir, katod isə misdir. Dəmir oksidləşməsi anodda baş verir.

Dəmir bir elektrolitin iştirakı ilə sink ilə təmasda olduqda, sink dəmirdən daha aktiv bir metal olaraq oksidləşməyə məruz qalır.

Anoddan elektronlar katoda keçir, burada reduksiya prosesləri mümkün olur.

Elektrokimyəvi korroziya prosesində ən vacib oksidləşdirici maddələr hidrogen ionları və həll olunmuş oksigendir. Turşu mühitdə hidrogen kationları katodda azalır.

Neytral mühitdə həll olunmuş oksigen əsasən katodda azalır.

Korroziya (latınca *corrosio* - korroziya) ətraf mühitlə kimyəvi, elektrokimyəvi və ya fiziki-kimyəvi qarşılıqlı təsir nəticəsində metalların və ərintilərin kortəbii məhv edilməsidir. Fiziki səbəblərə görə məhv olmaq korroziya deyil, "eroziya", "aşınma" və "aşınma" anlayışları ilə xarakterizə olunur. Korroziyanın səbəbi konstruksiya materiallarının onlarla təmasda olan mühitdəki maddələrin təsirinə termodinamik qeyri-sabitliyidir.

Gündəlik həyatda "paslanma" termini daha çox dəmir ərintiləri (poladlar) üçün istifadə olunur - nəmlənmiş dəmir qalıqlarından ibarət korroziya məhsullarının əmələ gəlməsi ilə dəmir və onun ərintilərinin korroziyasına nümunə olaraq Moskva şəhərində Şuxov qülləsi adlanan radioötürücü qüllənin korroziyasını göstərmək olar (Şək.1.4).



Şək.1.4. Moskvada Şuxov qülləsi konstruksiyasının korroziyası

Qeyri-metal materiallar korroziya anlayışı ilə əhatə olunmur. Polimerlərə münasibətdə metallar üçün “korroziya” termininə bənzər “yaşlanma” anlayışı mövcuddur. Məsələn, atmosfer oksigeni ilə qarşılıqlı təsir nəticəsində rezinlərin qocalması və ya yağışın təsiri altında bəzi plastiklərin məhv edilməsi, həmçinin bioloji korroziya prosesləri mövcuddur.

Korroziya sürəti, hər hansı kimyəvi reaksiya kimi, temperaturdan çox asılıdır. Temperaturun 100 °C artması korroziya sürətini bir neçə dəfə artırır.

### **Korroziya növlərinin təsnifatı**

Korroziya prosesləri onların baş verdikləri şərait və mühitlərin geniş yayılması və müxtəlifliyi ilə xarakterizə olunur. Buna görə də baş verən korroziya hallarının vahid və hərtərəfli təsnifatı hələ mövcud deyil.

Məhv prosesinin baş verdiyi aqressiv mühitin növündən asılı olaraq korroziya aşağıdakı növlərdə ola bilər:

- qaz korroziyası;
- atmosfer korroziyası (Şək.1.5);



Şək.1.5. Qeyri-bərabər atmosfer korroziyası



- qeyri-elektrolitlərdə korroziya;
- elektrolitlərdə korroziya;
- yeraltı korroziya;
- biokorroziya;
- axan cərəyanların təsiri altında korroziya.

Korroziya prosesinin şərtlərinə görə aşağıdakı növlər fərqləndirilir:

- kontakt korroziyası;
- yarıqların korroziyası;
- qismən daldırma zamanı korroziya;
- tam daldırma zamanı korroziya;
- alternativ daldırma zamanı korroziya;
- sürtünmə korroziyası;
- dənələrarası korroziya;
- stress korroziyası.

Məhv olmasına görə:

- bütün səthi əhatə edən davamlı korroziya (Şək.1.6);



Şək.1.6. Bütün səthi əhatə edən davamlı korroziya

- uniform;

- qeyri-bərabər;
- seçici;
- ayrı-ayrı sahələri əhatə edən yerli (lokal) korroziya:
- ləkələr;
- nöqtə;
- intergranular (deformasiya olunmuş iş parçalarında delaminasiya və qaynaq birləşmələrində bıçaq kimi).

#### Qeyri-metal materialların korroziyası

İş şəraiti daha ağırlaşdıqca (artan temperatur, mexaniki gərginlik, ətraf mühitin aqressivliyi və s.), qeyri-metal materiallar da ətraf mühitin təsirinə məruz qalır. Bununla əlaqədar olaraq, bu materiallara münasibətdə "korroziya" termini istifadə olunmağa başladı, məsələn, "beton və dəmir-betonun korroziyası", "plastik və rezin korroziyası". Bu, ətraf mühitlə kimyəvi və ya fiziki-kimyəvi qarşılıqlı təsir nəticəsində onların məhv edilməsinə və istismar xüsusiyyətlərinin itirilməsinə aiddir. Ancaq nəzərə almaq lazımdır ki, qeyri-metallar və metallar üçün proseslərin mexanizmləri və kinetikasını fərqli olacaqdır.

Metalların korroziyası metalların korroziv mühitlə kimyəvi və ya elektrokimyəvi qarşılıqlı təsiri nəticəsində məhv olmasıdır. Korroziya prosesi üçün "korroziya prosesi", prosesin nəticəsi üçün isə "korroziya məhvi" termini istifadə edilməlidir.

Korroziya səthdə baş verən metal materialın elektrokimyəvi və ya kimyəvi məhvinə aiddir. Çox vaxt korroziya zamanı metal metal ionları əmələ gətirmək üçün oksidləşir ki, bu da sonrakı çevrilmələrdən sonra müxtəlif korroziya məhsulları əmələ gətirir. Korroziyaya kimyəvi və ya elektrokimyəvi proses səbəb ola bilər. Buna görə metalların kimyəvi və elektrokimyəvi korroziyası arasında fərq qoyulur. Şək.1.7-də velosiped zəncirinin yağlanmaması səbəbindən atmosfer korroziyasına uğraması göstərilmişdir.



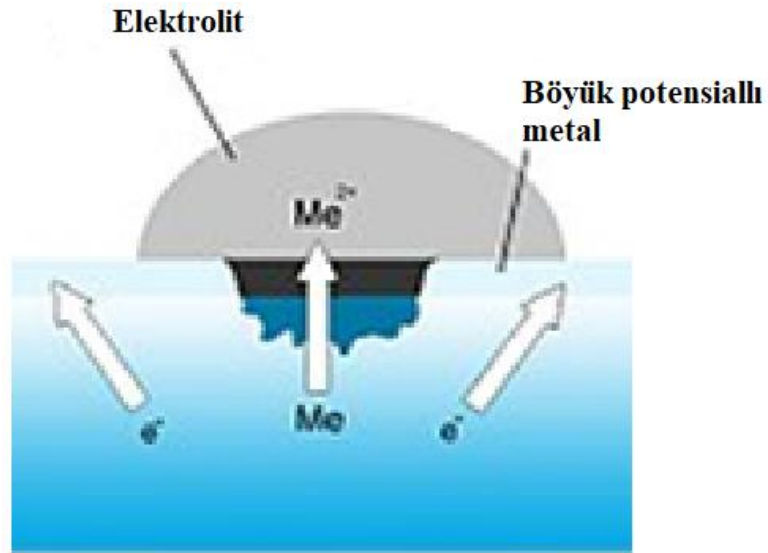
Şək.1.7. Velosiped zəncirinin korroziyası

### **Korroziyanın növləri**

Korroziyanın 4 əsas növü var: elektrokimyəvi korroziya, hidrogen, oksigen korroziyası və kimyəvi.

#### Elektrokimyəvi korroziya

Aşındırıcı mühitdə yaranan qalvanik elementlərin təsiri altında metalın məhvinə elektrokimyəvi korroziya deyilir (Şək.1.8). Elektrokimyəvi korroziya həmişə elektrodların təmasda olduğu elektrolitin (kondensat, yağış suyu və s.) mövcudluğunu tələb edir. Duzların, turşuların və ya oxşarların ionları suda həll edilərsə, onun elektrik keçiriciliyi və həmçinin prosesin sürəti artır.



Şək.1.8. Elektrokimyəvi korroziyanın sxemi

Müxtəlif elektrokimyəvi potensiala malik iki metal təmasda olduqda və bir elektrolit məhluluna, məsələn, həll edilmiş karbon qazı  $\text{CO}_2$  ilə yağış suyuna batırıldıqda, korroziya hüceyrəsi adlanan bir qalvanik hüceyrə əmələ gəlir. Bu qapalı qalvanik hüceyrədən başqa bir şey deyil. Daha aşağı elektrokimyəvi potensialı olan metal materialı yavaş-yavaş həll edir; bir cütdəki ikinci elektrod, bir qayda olaraq, korroziyaya uğramır. Bu tip korroziya xüsusilə yüksək mənfi potensiala malik metallar üçün xarakterikdir. Beləliklə, yüksək oksidləşmə-qaytarma potensialına malik olan metalın səthində çox az miqdarda çirkin olması artıq aşındırıcı elementin görünüşü üçün kifayətdir. Xüsusilə risk altında müxtəlif potensiala malik metalların qaynaq və ya pərçimlər kimi təmasda olduğu sahələrdir.

Əgər həlledici elektrod korroziyaya davamlıdırsa, korroziya prosesi ləngiyir. Bu, məsələn, sinklənmə ilə dəmir məhsullarını korroziyadan qorumaq üçün əsasdır - sink dəmirdən daha mənfi potensiala malikdir, buna görə də belə bir cütdə dəmir azalır və sink korroziyaya uğramalıdır. Lakin sinkin səthində oksid pilyonkasının əmələ gəlməsi səbəbindən korroziya prosesi xeyli yavaşlayır.

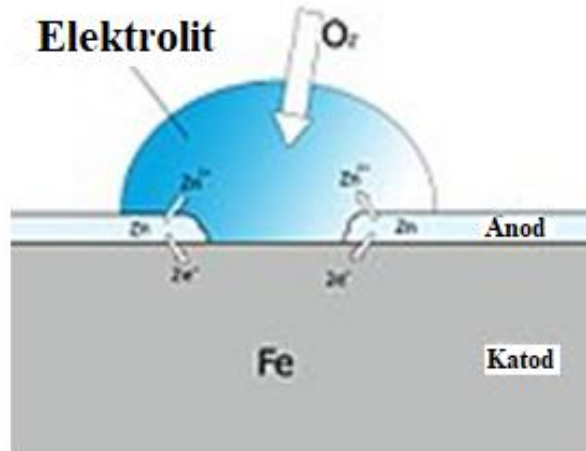
Geniş miqyaslı qalvanik korroziyaya misal olaraq 1967-ci ilin dekabrında Kiprdən Osakaya (Yaponiya) gedən Norveç filiz daşıyıcısı "Anatina" ilə baş vermiş hadisədir.

Sakit Okeanda baş verən tayfun anbarlara duzlu suyun daxil olmasına və böyük qalvanik cütün əmələ gəlməsinə səbəb oldu: gəminin polad gövdəsi ilə mis konsentratı tezliklə yumşaldı və gəmi qəza signalı göndərdi. Ekipaj vaxtında gələn bir alman gəmisi tərəfindən xilas edildi və “Anatina”nın özü limana çətinliklə çatdı.

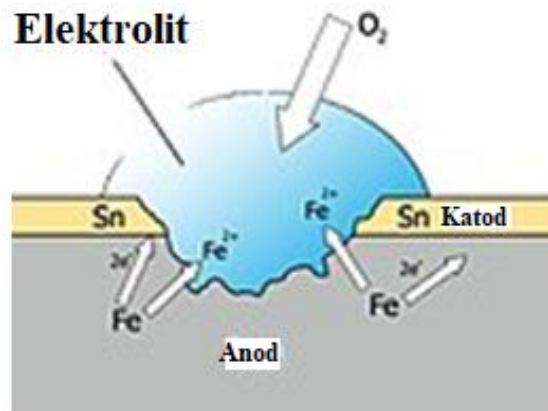
### Hidrogen və oksigen korroziyası

$H_3O^+$  ionlarının və ya  $H_2O$  su molekullarının azalması baş verərsə, biz hidrogen korroziyası və ya hidrogen depolarizasiya korroziyasından danışırıq.

Çox vaxt neytral və ya güclü qələvi mühidə baş verən hidrogen sərbəst buraxılmazsa, oksigen azalır və oksigen korroziyası və ya oksigen depolarizasiyası ilə korroziya yaranır (Şək.1.9 və Şək.1.10).



Şək.1.9. Sinklənmiş dəmirin oksigen korroziyası



Şək.1.10. Qalayla örtülmüş dəmirin oksigen korroziyası

Aşındırıcı element təkcə iki müxtəlif metal təmasda olduqda yarana bilməz. Bir metal halında, məsələn, səthinin strukturu heterojen olduqda (məsələn, intergranular korroziya) korroziya elementi də əmələ gəlir.

### Kimyəvi korroziya

Kimyəvi korroziya metal səthinin faza sərhədində elektrokimyəvi proseslərin baş verməsi ilə müşayiət olunmayan korroziyalı mühitlə qarşılıqlı təsirdir. Bu zaman metal oksidləşməsinin qarşılıqlı təsirləri və aşındırıcı mühitin oksidləşdirici komponentinin azalması bir aktda baş verir. Məsələn, dəmir əsaslı materiallar yüksək temperaturda oksigenlə reaksiya verdikdə korroziya qatının əmələ gəlməsi.

Kimyəvi korroziyanın növləri:

- Qatın korroziyası
- Filiform korroziya
- Struktur korroziyası
- Qranulyar korroziya
- Seçici korroziya
- Çuqunların qrafitləşdirilməsi
- Sinksizləşdirmə
- Yarıqların korroziyası
- Bıçaq korroziyası
- Korroziya xorası
- Korroziya çatlaması
- Stres korroziyası
- Korroziya yorğunluğu
- Korroziya yorğunluğu həddi
- Korroziya kövrəkliyi

### Korroziyadan iqtisadi zərər

Metalların korroziyasından iqtisadi itkilər çox böyükdür. ABŞ-da, NACE-in son məlumatlarına görə, korroziyadan dəymiş ziyan və onunla mübarizə xərcləri ÜDM-in 3,1%-ni (276 milyard dollar) təşkil etmişdir. Almaniyada bu zərər ÜDM-in 2,8%-ni təşkil edib. Müxtəlif ölkələrin ekspertlərinin fikrincə, sənayeləşmiş ölkələrdə bu itkilər ümumi milli məhsulun 2-4%-i arasında dəyişir. Eyni zamanda, metal itkiləri, o cümlədən sıradan çıxmış metalkonstruksiyaların, məmulatların və avadanlıqların kütləsi illik polad istehsalının 10-20%-ni təşkil edir.

Korroziya körpünün sıradan çıxmasının ən çox yayılmış səbəblərindən biridir. O, dəmirin orijinal kütləsindən daha böyük həcmə malik olduğundan, onun yığılması struktur hissələrinin bir-birinə qeyri-bərabər uyğunlaşmasına səbəb ola bilər. Bu, 1983-cü ildə Mianus çayı körpüsünün dağıdılmasına səbəb oldu ki, körpünün dayaqları içəridən korroziyaya uğramışdı. Üç sürücü çaya düşərək həlak oldu.

Araşdırmalar göstərdi ki, yol drenajı bağlanıb və təmizlənməyib, çirkab sular körpü dayaqlarına daxil olub. Milli Nəqliyyat Təhlükəsizliyi Şurasının araşdırmasına görə, körpünün sıradan çıxmasına körpünün aralığını tutan xarici mütərizənin və onun hər iki sancağının mexaniki nasazlığı səbəb olub. Sancaq yatağında korroziya əmələ gəlib və onun həcmi həmişə orijinal polad hissədən çox böyük olduğundan, bu, struktur hissələrin bir-birinə qeyri-bərabər uyğunlaşmasına səbəb oldu. Körpünün bu hissəsinə iki ağır yük maşını daxil olanda, nəhayət, sancaqlar sıradan çıxdı və körpünün aralığı çaya düşdü.

1967-ci il dekabrın 15-də Qərbi Virjiniya ştatının Point Pleasant və Ohayo ştatının Kanauqa şəhərlərini birləşdirən Gümüş Körpü gözlənilmədən Ohayo çayına uçdu (Şək.1.11). Dağılan zaman körpünün üzərində 37 avtomobil hərəkət edirdi və onlardan 31-i körpü ilə birlikdə uçdu. 46 nəfər həlak oldu, 9 nəfər isə ağır yaralandı. Can itkisi və yaralananlarla yanaşı, Qərbi Virjiniya ilə Ohayo arasında əsas nəqliyyat yolu da məhv edildi. Dağılmanın səbəbi korroziya idi.





Şek.1.11. Gümüş Körpünün dağılması

Pensilvaniyadakı Kinzu körpüsü 2003-cü ildə tornado zamanı dağıldı, çünki mərkəzi əsas boltlar korroziyaya uğramışdı və onun dayanıqlığı əhəmiyyətli dərəcədə azalmışdı (Şek.1.12).



Şek.1.12. Kinzu körpüsünün dağıntıları



## 1.2. Yükqaldıran maşınların metalkonstruksiyalarının atmosfer korroziyası prosesinin modelləndirilməsi

Yükqaldıran kranların istismarı zamanı metalkonstruksiyanın korroziyaya məruz qalmış faktiki vəziyyətini qiymətləndirmək və onun dəyişməsinə proqnozlaşdırmaq tələb olunur. Bundan məqsəd istismar zamanı imtinaların qarşısını almaq üçün və texniki resursun ehtiyatının müəyyən edilməsi üçün tədbirlərin vaxtında görülməsidir.

Metalkonstruksiyaların korroziyaya məruz qalmış vəziyyətini diaqnostika etmək üçün riyazi modelləndirmə metodundan istifadə edilir. Burada nəzərə alınmalıdır ki, tədqiq olunan prosesin və onun modelinin təbiəti hər biri fərqlidir. Riyazi model öz funksiyasını o zaman yerinə yetirə bilər ki, o baş verənlərin şəklini dəqiq əks etdirə bilsin. Bu səbəbdən prosesin maraqlı xassələrini və ya göstəricilərini dəqiq təsvir etməli, onun tərkib hissələrini nəzərə almalı və tədqiqat üçün əlverişli olmalıdır.

Atmosfer korroziyasının riyazi modeli onun inkişafına təsir edən müxtəlif amillərin yer aldığı prosesin cəmidir. Aşağıdakı riyazi modeldən istifadə edək (Данилов А.С., 2009):

$$\delta = 0,047( 4,25 + 0,019e^{0,056\varphi} + 24,38(1 - e^{-0,0033C_{SO_2}}) ) \tau, \quad (1.1)$$

burada  $\delta$  - materialın korroziyaya məruz qalmış dərinliyi, (mm);

$\varphi$  - havanın nisbi rütubəti, %;

$C_{SO_2}$  - aqressiv tullantıların konsentrasiyası, mq/m<sup>3</sup>

$\tau$  - ekspozisiya müddəti, illər.

(1.1) ifadəsi korroziyanın əsas aerokimyəvi göstəricilərinin ( havanın nisbi rütubəti və aqressiv qazların konsentrasiyası) təsirindən onun, materialın (azkarbonlu polad ) dərinliyinə nüfuz etməsini əks etdirir. Bu model zaman keçdikcə prosesin dinamikasının

dəqiq əks etdirilməsi və hesabatların sadələşdirilməsi, həmçinin müşahidə edilən effektin proqnozlaşdırılması məqsədi ilə bir qədər təkamül etdirilmişdir. Nəticədə daha sadə ifadə alınmışdır (Селиверстов Г.В., Данилов А.С., 2009):

$$\delta = 1,048k_{\varphi} \tau(1 - e^{-0,0033C_{SO_2}}) \quad (1.2)$$

burada  $k_{\varphi}$  - mühitin rütubətlik əmsalıdır.

Bu əmsal aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilir:

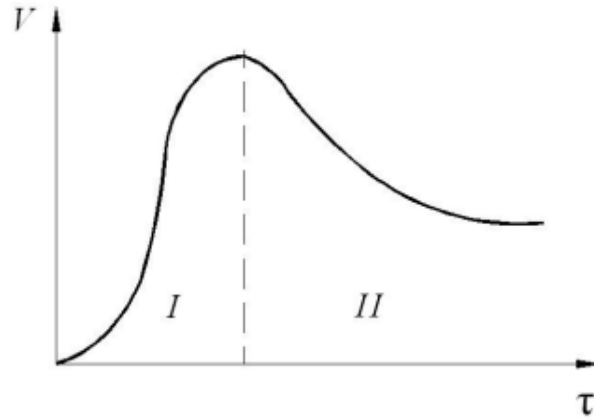
$$k_{\varphi} = -0,77 + 0,029\varphi \quad (1.3)$$

Yükqaldıran kranların istismar təcrübəsini və yerinə yetirilmiş tədqiqatları nəzərə alaraq qeyd etmək olar ki, atmosfer korroziyasının inkişaf prosesinə aşağıdakı bir sıra amillər kifayət qədər təsir edir:

- metalların passivliyi;
- metalkonstruksiyaların yerinə yetirilməsinin konstruktiv xüsusiyyətləri;
- pas atmış təbəqənin çoxqatlı strukturu;
- korroziyanın lokal növləri.

(1.3) modelini yuxarıda qeyd olunan bütün təzahürləri riyazi olaraq əks etdirmək məqsədi ilə dəyişməyə çalışaq.

Korroziya prosesinin dinamikası belədir ki, onun ilk mərhələsində korroziyanın inkişafının maksimal sürəti müşahidə edilir. Bu sürət müəyyən zaman müddətindən sonra azalır. Qrafiki olaraq bu Şək.1.13-də göstərilmişdir.



Şəkil 1.13. Korroziya prosesinin dinamikası

Şək.1. 13-də göstərilən əyrinin 1-ci sahəsində korroziya sürətinin ( $V$ ) intensiv olaraq artması müşahidə edilir. Əyrinin 2-ci hissəsində isə bu proses zəifləyir. Zəifləmə onunla izah edilir ki, korroziya məhsulları (paslanmış təbəqə) dağılmaqda olan materialın səthini örtməklə onun aqressiv mühitlə kontaktını azaldır və bununla da korroziya, dağılmanın sürətinin kiçilməsinə səbəb olur.

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində azkarbonlu poladların passivlik prosesinin dinamikası müəyyən edilmişdir. Bunun əsasında hesab etmək olar ki, ekspozisiyanın 1-ci ilində materialın dağılmasının dərinliyi:  $\delta_1 = \delta$  olur. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, konstruksiyanın səthində müdafiə qatının yaranması nəticəsində korroziya prosesi zəifləyir. Bu halda korroziyanın passivləşməsi aşağıdakı ifadə ilə əks oluna bilər.

$$\delta_\tau = k_p \delta_1 (\tau - 1), \quad (1.4)$$

burada  $k_p$ - passivləşmə əmsalı olub, korroziyanın sürətinin neçə dəfə kiçildiyini göstərir.

Materialın korroziya nəticəsində zədələnməsini əks etdirən yeni bir parametr daxil edək. Bu parametr korroziya dərinliyi adlanır. Bu halda riyazi model aşağıdakı şəkli alır:

$$l_k = \delta_1 + k_n \delta_1 (\tau - 1), \quad (1.5)$$

burada  $l_k$ -korroziyanın dərinliyidir, mm.

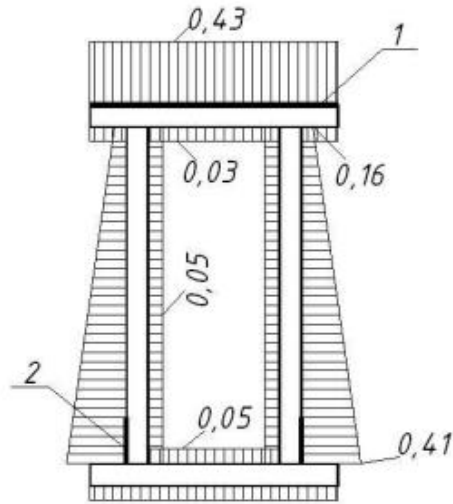
Belə bir faktı qeyd etmək lazımdır ki, dəyişən işarəli dövrü yüklərin təsirindən metalkonstruksiyanın gərginliklərin toplandığı yerlərində korroziyanın sürətinin artımı müşahidə olunur. Buna səbəb paslanmış qatın daimi dağılmasıdır. Bu halda passivlik əmalının qiyməti vahidə yaxınlaşır.

Yükqaldıran kranlarda metalkonstruksiyaların elementlərinin konstruktiv yerinə yetirilməsindən asılı olaraq korroziya zədələnmələrinin səpələnməsinin təsirini qeyd etmək lazımdır. İki əsas parametri qeyd edək: kəsiyin birgəliyi və onun axınıqlılığını.

Kəsiyin birgəliyi onun perimetrinin sahəsinə olan nisbətidir. Bu parametr korroziya mühitinin təsirinə məruz qalmış elementin səthi ilə xarakterizə olunur. Tədqiqatlara əsasən müəyyən edilmişdir ki, qapalı kəsiklər yüksək korroziya dayanıqlığına malik olur (məs.: boru, qutuşəkilli və dairəvi kəsiklər).

Axınıqlılıq en kəsik üzrə korroziyanın yayılmasına təsir edir. Axınıqlılıq nə qədər çox olsa konstruksiyanın səthi üzərindən daha çox rütubət buxarlanır və deməli, korroziya prosesinin sürəti yavaşır. Eyni bir en kəsiyin müxtəlif hissələrində korroziyanın sürəti fərqli olur (Şək.1.14).

Qutuşəkilli tirin kəsiyinin perimetri üzrə korroziyanın yayılma epürünü analiz edək. Burada yuxarı qurşağın və divarların səthləri xüsusi maraq doğurur. Şək.1.14-dən görünür ki, yuxarı qurşağın səthi maksimal korroziyaya məruz qalmışdır. Lakin körpülü kranların istismar təcrübəsi göstərir ki, aşağı qurşaq da güclü korroziyaya məruz qalır. Aşağı qurşağın yüksək dərəcədə korroziyaya məruz qalması onunla izah edilir ki, tilin daxili səthlərində lak-boya qoruyucu qatlarını bərpa etmək mümkün olmur və belə daxili səthlərdə havanın kondensasiyası nəticəsində burada rütubət toplanır. Bu səbəbdən Şək.1.14-də əks olunanlara baxmayaraq, yuxarı və aşağı qurşaqların korroziya zədələnmələrini müqayisə etmək olar.



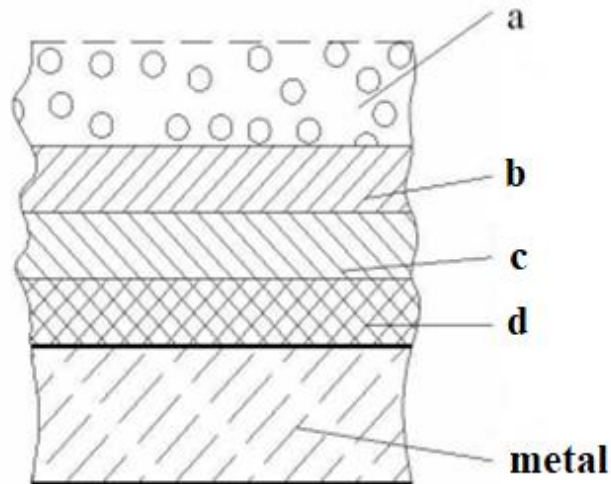
Şəkil 1.14. Qutuşəkilli tirin perimetri üzrə korroziyanın yayılması (mm/il):

1 – yuxarı qurşaq; 2 – yan divarın aşağı hissəsi

Divarların korroziyası qeyri-müntəzəm inkişaf edir. Divarın aşağı qurşaqla birləşdiyi yerdə korroziya maksimal qiymət alır. Buna səbəb rütubətin aşağı doğru axmasıdır. Tirin bu hissəsində korroziyanın bu sürəti, müşahidə edilən maksimal qiymətdən kiçikdir, lakin divarın korroziya nəticəsində deşilməsi ehtimalı böyükdür. Bu onunla izah edilir ki, divarın həm daxili, həm də xarici səthləri eyni zamanda zədələnmə bilər. Nəticədə korroziyanın sürəti artır. Digər təhlükə miqyas amili ilə əlaqədardır. Məlumdur ki, körpülü kranların konstruksiya edilməsi və hesablanması zamanı qurşaqların qalınlığı divarların qalınlığından təxminən 1,5-2 dəfə böyük götürülür. Deməli, korroziyanın sürətinin eyni qiymətində divar daha tez dağılacaq.

Kranların istismarı zamanı divarın rəf ilə birləşdiyi yerdə qutuşəkilli kəsiyi olan tirin korroziya nəticəsində deşilərək dağılması hallarına rast gəlinmişdir.

İndi isə paslanmış səthin struktur tərkibinə baxaq. Şək.1.15-dən görüldüyü kimi, paslanmış səth 4 müxtəlif yarım səthdən ibarətdir.



Şək.1.15. Paslanmış səthin struktur tərkibi

Xarici (b) və orta (c) yarım səthlər metalın səthindən mexaniki üsulla asanlıqla kənarlaşdırıla bilər. Daxili yarım səth (d) öz xarakteristikalarına görə əsas metala çox yaxındır və onu kənarlaşdırmaq üçün turşu məhlullarından istifadə etmək tələb olunur. Uzun sürən ekspozisiya nəticəsində yuxarı yarım səth (a) öz-özünə kənarlaşdırılır və korroziya prosesi materialın daxilinə doğru inkişaf edir.

Daxili yarım səthin əhəmiyyətini xüsusi olaraq qeyd etmək lazımdır. Korroziyanın dərinliyi dedikdə a,b və c yarım səthlərin cəmi başa düşülür.

Daxili yarım səthin qalınlığı korroziyaya məruz qalmış materialın 45-54%-ni təşkil edir. Müşahidə edilmişdir ki, ekspozisiya müddəti 3 aydan 24 aya qədər artdıqda daxili yarım səthin ümumi hissəsi (payı) təxminən 2 dəfə azalır. Bu halda

$$l_k = \delta_1 k_k (1 + k_n \delta_1 (\tau - 1)) + \delta_1 k_3 k_n, \quad (1.6)$$

burada  $k_3$ - daxili yarım səthin zədələnmiş materialda payını nəzərə alan əmsaldır,

(  $k_3=0,45-0,54$ , bu əmsalın kiçik qiymətləri yüksək aqressivliyə malik olan atmosfer şəraitinə uyğundur ).

Beləliklə (1.6) ifadəsi, aqressiv mühitin materialın dərinliyinə ardıcıl və müntəzəm nüfuz etməsini təsvir edir. Korroziyanın bu növü müntəzəm yayılmış korroziya adlanır. Müntəzəm yayılmış korroziya uzunömürlülük baxımından metalkonstruksiya üçün daha az təhlükə törədir. Çünki belə korroziya metalın daxilinə çox da nüfuz etmir.

Kran metalkonstruksiyaları üçün ən təhlükəli korroziya növü lokal (yerli) korroziyadır. Belə korroziya metalın səthində çox da yayılmır, lakin onun dərinliyi daha böyük olur. Korroziyanın bu növü metalın səthində gərginliklər konsentrasiyasının yaranmasına səbəb olur.

Mühitin aqressivlik dərəcəsindən asılı olaraq lokal korroziya prosesləri kifayət qədər sürətli inkişaf edir. Pittinqin orta inkişaf sürəti korroziyanın sürətindən 2,5-5 dəfə çoxdur. Bunu nəzərə almaqla pittingin dərinliyini hesablamaq üçün aşağıdakı ifadəni təklif etmək olar:

$$l_p = \delta_1 k_p k_k, \quad (1.7)$$

burada  $l_p$  - pittingin dərinliyi, mm;

$k_p$  - pittingin yaranma əmsalıdır. (Bu əmsalın qiyməti 2,5-5 qəbul edilir.

Bu əmsalın daha böyük qiymətləri daha yüksək aqressivlikliyə malik olan mühitlər üçündür).

(1.7) ifadəsi korroziya sürətinin böyük qiymətlərində (0,15mm/il-dən çox) olduqda tətbiq edilir.

### 1.3. Yazva korroziyası defektlərinin kran fermalarının millərinin yükdaşıma qabiliyyətinə təsirinin tədqiqi

Normativ xidmət müddətini keçmiş yükqaldırıcı maşınların sənaye təhlükəsizliyi üzrə ekspertizası zamanı yükdaşıyan metalkonstruksiyanın cari vəziyyətini nəzərə almaq lazımdır. Bu zaman korroziya defektləri və zədələnmələri əsas götürülür.

Əgər yığılma zamanı heç bir xəyata yol verilməmişdirsə, onda fermanın milləri yalnız oxboyu qüvvənin təsirinə məruz qalır və aşağıdakı şərtlərə yoxlanılır:

1. Maksimal oxboyu qüvvələrin təsirindən möhkəmlik şərti
1. Dayanıqlıq şərti
2. Çevikliyin məhdudlaşdırılması şərti.

İstismarda olan yükqaldırıcı maşınların ferma tipli metalkonstruksiyalarında aşağıdakı nöqsanlar ola bilər:

1. Düyünlərdə ekstentrisitet
2. Millərin qırılması
3. Millərin düzxətli vəziyyətinin itirməsi.

Bu halda fermanın milləri oxboyu qüvvə ilə yanaşı əyilmənin təsirinə də məruz qalır. Bu halda millər aşağıdakı şərtlərə yoxlanılır:

1. Oxboyu qüvvələrin və əyici momentlərin birgə təsirindən möhkəmlik şərtinə
2. Çeviklik şərtinə
3. Əyici momentin təsir müstəvisində dayanıqlıq şərtinə.

Qülləli kranların ferma tipli metalkonstruksiyaları yağış, günəş işığı və temperatur dəyişmələri kimi müxtəlif atmosfer amillərinin intensiv təsirinə məruz qalır. Nəticədə metalkonstruksiyanın lak-boya qoruyucu örtüyü dağılır və korroziya defektləri inkişaf



edir. Kran femalarında korroziya zədələnmələrinin ən çox yayılmış növü yazva korroziyasıdır. Korroziyanın bu növü lokal ( yerli) korroziya olub, ayrı-ayrı ocaqlar şəklində yerləşir.

Ayrıca götürülmüş korroziya yazvası ixtiyari formada olur, milin oxuna nəzərən ixtiyari şəkildə yerləşir və milin divarına müxtəlif dərinliklərdə nüfuz edir. Deməli, yazva korroziyası metalın səthinin keyfiyyətinə təsir edir və gərginliklər konsentratoru yaradır.

Korroziyaya məruz qalmış kəsiyin həndəsi xarakteristikalarının dəyişməsi böyük olmur. Yazva korroziyası milin materialına divarın materialının 83 %-i qədər nüfuz etdikdə milin en kəsiyinin sahəsi cəmi 4%, ətalət momenti isə 5% azalır (Парфенов Н.С., Ануфриев С.В., 2009). Bu səbəbdən korroziya milin çevikliyində və dayanıqlığına çox az təsir edir.

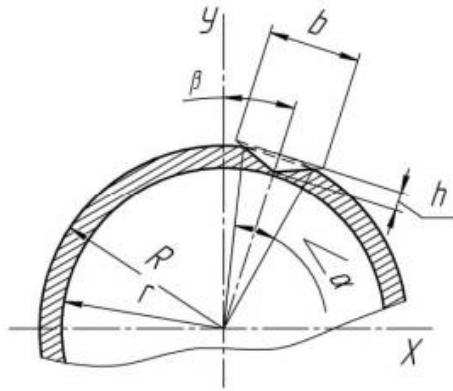
Yazva korroziyasının ferma tipli metalkonstruksiyanın oxboyu qüvvələrə və əyici momentlərə məruz qalmış millərinin möhkəmliyinə təsirinin öyrənilməsi praktik əhəmiyyət kəsb edir. Eyni zamanda tsiklik olaraq təsir edən dartıcı gərginliklərin millərin dözümlülük həddinin azalmasına təsirinin tədqiq edilməsi də əhəmiyyət kəsb edir. Ferma tipli metalkonstruksiyaların millərinin möhkəmliyinə yazva korroziyasının təsirini tədqiq etmək üçün nəzəri gərginliklər konsentrasiyası əmsalı daxil edilir ( $\alpha_\sigma$ ).

Yüqaldıran maşınların ferma tipli metalkonstruksiyalarının hazırlanması zamanı polad borulardan, tək və ya quraşığıq millərdən istifadə edilir. Bu məqsədlə yaymadan alınmış bucaqlıqlardan, şverlerlərdən və ikitavrlardan istifadə edilir.

Deffektin yarandığı hissədə gərginlikli - deformasiyalı vəziyyəti tədqiq etmək üçün sonlu elementlər metodundan istifadə edilir.

Milləri boru şəkilində olan fermaların möhkəmliyinə deffektin təsirini tədqiq etmək üçün sonlu element modeli qurulur. Bu zaman ferma millərini təşkil edən boruların ölçülərinin nisbəti  $r/R \approx 0,85$  qəbul edilir.

Korroziya çökəkliyi ( deffekti ) borunun səthində olan konusvari yarıqla modelləndirilir ( Şəkil 1.16) .



Şəkil 1.16. Dairəvi kəsikli mildə yazva korroziyası deffektinin konusvari yarıqla modelləndirilməsi

Konusun formasının və onun ölçülərinin nisbətləri dəyişkən qəbul edilir. Belə ki, milin oxu və konusvari kəsiyin oxu kəsişir və qarşılıqlı olaraq perpendikulyar olur. Burada  $h$  parametri konusun hündürlüyü olub, korroziyanın milin divarına nüfuz etdiyi dərinliyi göstərir.  $b$  parametri isə korroziya yazvasının maksimal enini bildirir və konusun oturacağıının diametrinə bərabərdir.

Korroziyanın formasının gərginliklər konsentrasiyasına təsirini müəyyən etmək üçün  $b/h$  nisbəti 5 ilə 10 arasında götürülür, bu zaman addım olaraq vahid qəbul edilir. Bu nisbət qiyətləri qəbul edilən zaman belə əsas götürülür ki,  $b/h < 5$  olduqda korroziya yarıq şəklində olur,  $b/h > 10$  olduqda isə korroziya çökəkliyi konusun yuxarısında böyük gərginliklər konsentrasiyası yaratmır və ləkəli korroziyaya yaxınlaşır.

Korroziyanın milin materialına nüfuz etmə dərinliyi ( $h$ ) milin divarının qalınlığının 10%-i ilə 90 %-i arasında dəyişir. Belə qəbul edilir ki,  $h < 10\%$  olduqda korroziya çox kiçikdir və milin möhkəmliyinə təsir etmir.  $h > 90\%$  olduqda isə yaranmış korroziya deffekti demək olar ki, milin materialında açıq çatın yaranmasına səbəb olur.

Gərginliklər konsentrasiyasının nəzəri əmsalını ( $\alpha_\sigma$ ) hesablamaq üçün bir sıra hesablamalar aparılmışdır. Baxılan model aşağıda göstərilən 3 müxtəlif hesabat halı üçün tətbiq edilmişdir:

1. Yalnız oxboyu qüvvə təsir edir;
2. Milin oxundan və korroziya deffektinin oxundan keçən müstəvidə yaranan əyici moment təsir edir;
3. Korroziya deffektinin oxuna perpendikulyar olan müstəvidə əyici moment təsir edir.

Hesabatın nəticələri müqayisə edildikdə məlum olmuşdur ki, 1-ci və 2-ci hesablama halları üçün  $\alpha_\sigma$  qiymətləri 95 % üst-üstə düşür. 2-ci hesablama halı üçün bu əmsalın qiyməti 1,2-dən böyük olmur. Bütün 3 hesablama halında bu əmsalın ən böyük qiymətləri korroziya deffektinin (konusun) təpə nöqtəsində alınmışdır. Beləliklə, ən kəsiyi dairəvi olan nazikdivarlı milin yazva korroziyası, deffektin oxundan və milin oxundan keçən müstəvidə təsir edən oxboyu qüvvə və əyici momentin təsirindən yaranan gərginliklər konsentrasiyasına eyni dərəcədə təsir edir. Bu korroziya deffektinin oxuna perpendikulyar olan müstəvidə təsir edən momentdən yaranan gərginliklər konsentrasiyasına demək olar ki, təsir etmir. Gərginliklər konsentrasiyasının əldə edilmiş qiymətləri Cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1.1

Dairəvi kəsiyi olan nazikdivarlı milin səthində yazva korroziyasından yaranan gərginliklər konsentrasiyası əmsalının qiymətləri

Dərinlik, h, %	Deffektin formasının b/h nisbəti					
	b/h=10	b/h=9	b/h=8	b/h=7	b/h=6	b/h=5
17	1,50	1,56	1,60	1,60	1,63	1,65
33	1,60	1,66	1,70	1,75	1,79	1,88
50	1,73	1,81	1,86	1,90	1,97	2,06
67	1,88	1,98	2,04	2,11	2,19	2,31
83	2,07	2,14	2,24	2,32	2,50	2,54

Gərginliklər konsentrasiyasının ən böyük qiyməti b/h=5 olduqda alınır.

Mürəkkəb gərginlikli vəziyyətdə deffektin təpə nöqtəsində gərginliklər aşağıdakı bərabərlikdən təyin edilir:

$$\sigma = F\alpha_{\sigma}/A + M_x \cos\beta \alpha_{\sigma}/W + (M_y \cos\beta - M_x \sin\beta)/W, \quad (1.8)$$

burada F- milə təsir edən oxboyu qüvvə, (N);

A- milin en kəsik sahəsi, (m<sup>2</sup>);

M<sub>x</sub> və M<sub>y</sub> - müvafiq olaraq yz və zx müstəvilərində milə tətbiq edilmiş əyici momentlər (Nm);

W- milin kəsiyinin müqavimət momenti, ( sm<sup>3</sup>);

β - kəsiyin baş ətalət oxlarından olan OY oxu ilə deffektin modelinin oxu arasında qalan bucaqdır.

Dairəvi en kəsiyi olan boruşəkilli milin yorulma möhkəmliyinə yazva korroziyasının deffektinin təsirini nəzərə alaraq üçün  $K$  əmsalı daxil edilir. Bu əmsal poladdan hazırlanmış milin dözümlülük həddinin azalmasını nəzərə alır və belə təyin edilir:

$$K = (K_{\sigma}/K_{d\sigma} + 1/K_{kor} - 1)/K_v K_A, \quad (1.9)$$

burada  $K_{\sigma}$  - gərginliklər konsentrasiyalarının effektiv əmsalı olub, bu gərginliklərin nəzəri əmsallarının Cədvəl 1-də göstərilən qiymətlərinə əsasən müəyyən edilir;

$K_{d\sigma}$  ,  $K_v$ ,  $K_A$  - müvafiq olaraq miqyas amilini, səthi möhkəmləndirməni və anizotropiyanı nəzərə alan əmsallardır;

$K_{kor}$  - poladdan hazırlanmış nümunənin yorulma sınağına qədər korroziyanın təsirindən dözümlülük həddinin azalmasını nəzərə alan əmsaldır. Bu əmsal təyin edilən zaman korroziya mühitinin ( şirin suyun ) təsir etdiyi günlərin sayı 5-dən artıq qəbul edilmir.

Açıq profilə malik olan millərdə yazva korroziyanın təsirindən gərginlikli vəziyyət tədqiq edilən zaman bu millərin aşağıdakı xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır:

1. Yası düzxətli tillərin mövcudluğu;
2. Bəzi kəsiklərdə simmetriya oxlarının olmaması;
3. Baş və mərkəz ətalət oxlarının müəyyən bucaq qədər meyl etməsi.

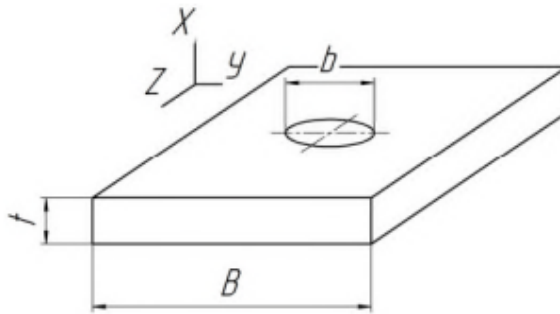
Yastı tillər mövcud olduqd deffektin yarandığı hissədə gərginlikli-deformasiyalı vəziyyət aşağıda göstərilən əsas gərginlikləri özündə əks etdirir:

1. Konsvari yarığın oxundan və milin həndəsi oxundan keçən müstəvidə tilin əyilməsindən yaranan gərginliklər;
2. Tilin yerləşdiyi müstəviyə paralel olan müstəvidə tilin əyilməsindən yaranan gərginliklər;

### 3. Boyuna dartıcı və sıxıcı qüvvələrdən yaranan gərginliklər.

Qeyri-dairəvi kəsiyi olan və yazva korroziyasına məruz qalmış millərdə gərginlikli vəziyyəti modelləndirmək üçün lövhə şəkilli element üçün təyin edilmiş gərginliklər kondensasiyası əmsallarından istifadə edilir ( $\alpha_\sigma$ ). Tilin sadə gərginlikli vəziyyətinin hər bir komponenti ( tərki b hissəsi ) üçün gərginliklər kondensasiyası əmsallarını təyin etmək üçün üzərində deffekti olan lövhəyə baxılmışdır.

Lövhənin üzərində deffekt ətrafında gərginlikli-deformasiyalı vəziyyəti hesablamaq üçün sonlu elementlər metodundan istifadə edilir, lövhənin eninin onun qalınlığına olan nisbəti  $B/t = 15$  qəbul edirik (Şəkil 1.17).



Şəkil 1.17. Konusvari yarığı olan vərəqin modeli

Lövhənin səthində konusvari yarıq nəzərdə tutulmaqla korroziya deffekti modelləndirilir. Dairəvi kəsikli millərdə olduğu kimi  $b/h$  nisbətləri 5.....10 arasında dəyişdirilir.

Baxılan model aşağıdakı hesabat halları üçün tətbiq edilmişdir:

1. Yalnız oxboyu qüvvələr təsir edir;
2. Lövhənin simmetriya oxundan və deffektin oxundan keçən müstəvidə əyrici moment təsir edir;

3. Deffektin oxuna perpendikulyar olan müstəvidə əyici moment təsir edir.

Hesablamalar nəticəsində aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir: oxboyu qüvvə təsir etdikdə deffekt zonasında gərginliklər konsentrasiyasının əmsalının qiymətləri 3-cü hesablama halı üçün alınmış qiymətlərlə 90% üst-üstə düşür ( Данилов А.С., 2010). Deməli, lövhə deffektin oxuna perpendikulyar olan müstəvi üzrə əyildikdə gərginliklərin konsentrasiyası oxboyu qüvvə təsir ediyi üçün hesablama halı ilə eynidir.

2-ci hesabalama halı üçün deffekt zonasında gərginliklər konsentrasiyası əmsallarının qiyməti I və III hesablama halı üçün alınmış qiymətlərdən kiçikdir.

Bütün hesabalama halları üçün ən böyük gərginliklər deffektin kənarlarında alınır.

Bütün hesablama əmsalları üçün gərginliklər konsentrasiya əmsalının qiymətləri Cədvəl 2 -də verilmişdir.

Cədvəl 1.2

Dərinlik, h, %	Hesablama halı	b/h nisbətləri					
		b/h=10	b/h=9	b/h=8	b/h=7	b/h=6	b/h=5
10	2-ci	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	1-ci və 3-cü	1,50	1,47	1,51	1,57	1,67	1,63
30	2-ci	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	1-ci və 3-cü	1,73	1,79	1,83	1,90	1,89	1,86
50	2-ci	1,33	1,34	1,30	1,30	1,30	1,30
	1-ci və 3-cü	1,84	1,95	1,94	1,93	1,92	1,93
70	2-ci	1,55	1,51	1,48	1,44	1,45	1,42
	1-ci və 3-cü	2,49	2,54	2,42	2,38	2,41	2,39
90	2-ci	1,83	1,73	1,67	1,61	1,56	1,54
	1-ci və 3-cü	3,24	3,21	2,96	3,12	2,90	2,93



Beləliklə, yazva korroziası deffekti milin yastı səthində yerləşdikdə iki müxtəlif gərginliklər konsentrasiyası əmsalını fərqləndirmək olar. Bu əmsallar mürəkkəb gərginlikli vəziyyətin müxtəlif hallarına uyğun gəlir:

1.  $\alpha_{\sigma 1}$ - dartılmaya ( sıxılmaya) və milin səthinə ( üzünə ) paralel müstəvidə təsir edən əyilməyə uyğun gələn əmsal;
2.  $\alpha_{\sigma 2}$ - deffektin oxuna perpendikulyar olan müstəvidə əyilməyə uyğun gələn əmsal.

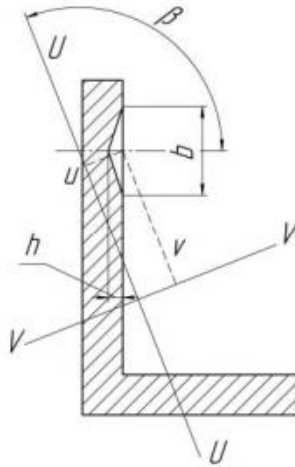
En kəsiyi dairəvi olmayan və quraşlıq kəsiyi olan millərin mürəkkəb gərginlikli vəziyyəti üçün deffekt zonasında maksimal gərginliklər aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir;

$$\sigma = F\alpha_{\sigma 1}/A + (M_v u \cos\beta / J_v + M_u v \sin\beta / J_u)\alpha_{\sigma 2} + (M_u v \cos\beta / J_u - M_v u \sin\beta / J_v)\alpha_{\sigma 1}, \quad (1.10)$$

burada  $M_v$  və  $M_u$  - baş mərkəzi ətalət oxlarına (  $v$  və  $u$  ) perpendikulyar müstəvilərdə milə tətbiq edilmiş əyici momentlər, Nm;

$J_v, J_u$ - milin en kəsiyinin müvafiq olaraq  $v$  və  $u$  oxlarına nəzərən ətalət momentləri,  $\text{sm}^3$ ;

$\beta$ -kəsiyin  $u$  baş oxu və deffektin modelinin oxu arasında qalan bucaqdır (Şəkil 1.18).



Şəkil 1.18. Müxtəlifyanlı bucaqlıqdan olan mildə konusvari yarıqlı yazva korroziası deffektinin modelləndirilməsi

Dairəvi olmayan sadə və ya quraşlıq kəsiyi olan milin dözümlülük həddinin azalmasına yazva korroziyası deffektinin təsvirini dairəvi kəsiyi olan boruşəkilli millər üçün tətbiq edilən metodika ilə, yəni (1.9) ifadəsi ilə təyin etmək olar.

Milin möhkəmliyinin və dözümlülük həddinin azalmasını təyin etməyə imkan verən bu üsul yazva korroziyası deffektinin inkişafının faktiki vəziyyətini nəzərə almağa imkan verir.

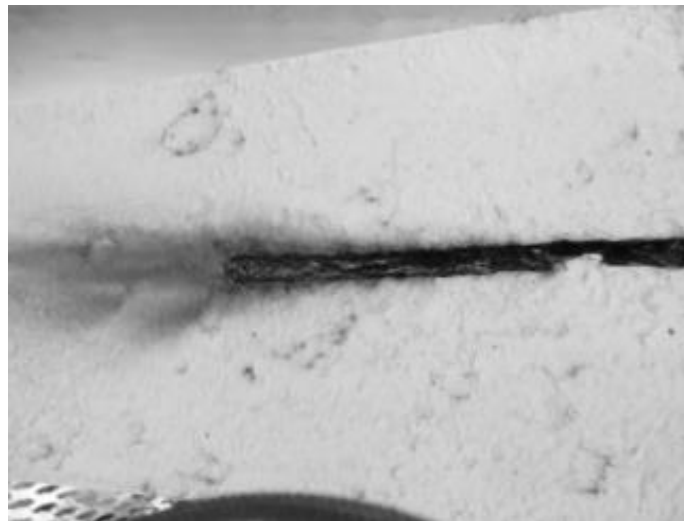
Deməli, əldə edilmiş riyazi modelləri yükqaldırıcı körpülü kranların azkarbonlu poladlardan hazırlanmış metalkonstruksiyalarında gedən korroziya proseslərinin inkişafına müxtəlif amillərin təsirini nəzərə alır. Bu modellər mümkün korroziya imtinalarının proqnozlaşdırılması və qarşısının alınması məqsədi ilə metalkonstruksiyaların layihə və yoxlama hesabatlarının aparılması üçün istifadə oluna bilər.

## II FƏSİL. KRAN METALKONSTRUKSİYASININ KORROZİYA YORULMASININ TƏDQIQI

### 2.1. Yükqaldıran maşınların metalkonstruksiyalarının korroziya yorğunluğuna tədqiqi

Yükqaldıran maşınların metalkonstruksiyalarının istismari çox vaxt defarmasiyaların və aqressiv mühitin birgə təsiri şəraitində aparılır. Bu proseslər korroziya çatlaması və korroziya yorğunluğu adlanır. Korroziya çatlaması statik yüklərin təsirindən, korroziya yorğunluğu isə dövrü təkrarlanan yüklərdən yaranır.

Lakin kran metalkonstruksiyalarının korroziyanın və gərginliklərin təsirindən dağılması halları nadir hallarda olur. Bu dağılmalar əsasən yarıq korroziyası nəticəsində baş verir (Пасько Н.И., Анцев А.В., Анцева Н.В., Сальников С.В., 2016). Korroziyanın bu növü əsasən ferma tipli metalkonstruksiyalarda müşahidə edilir. Yarıq korroziyası müftəlif birləşdirmələrin dar zolaqlarında baş verir və ayırıcı qüvvələrin yaranmasına səbəb olur. Buna səbəb metalın oksidləşmiş qatlarının həcmnin artmasıdır. Bunun nəticəsində çat əmələ gəlir (Şək. 2.1).



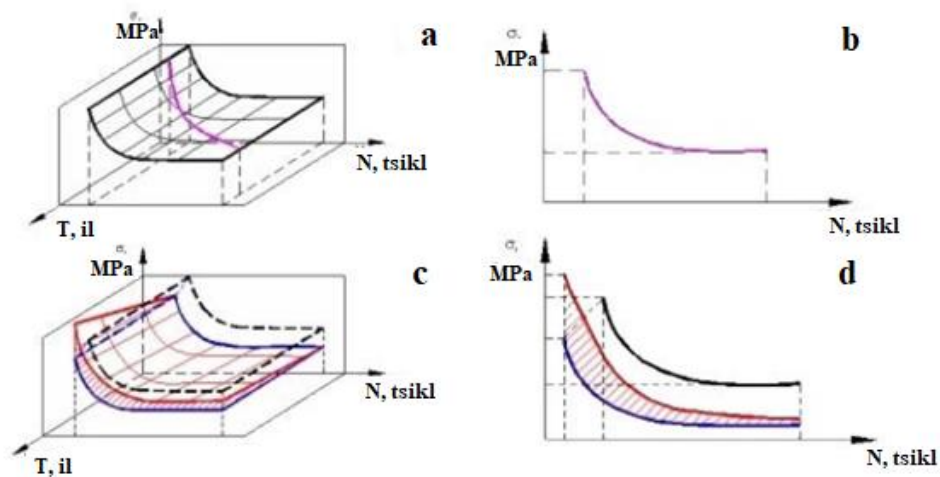
Şək.2.1. Ferma tipli metalkonstruksiyada yaranan yarıq korroziyası

Bununla əlaqədar, aktiv korroziya mühitinin və dövrü təsir edən yüklərin birgə təsirini dəqiqləşdirməyə ehtiyac yaranır.

Ətraf mühitin təsiri iki əsas amilə görə tətbiq edilir: 1. Materialın mexaniki xarakteristikalarının adsorbsiya nəticəsində kiçilməsi, 2. Konstruktiv elementlərin yeyilməsi nəticəsində metalkonstruksiyanın yükdaşıma qabiliyyətinin azalması (Бутырский, С.Н., Сорокин П.А., 2012).

Ətraf mühitin materiala adsorbsiya təsiri Rebinder effekti ilə izah edilir. Bu effekt bütün bərk cisimlər üçün özünü doğruldur. Ətraf mühitin adsorbsiyası və dövrü dəyişən gərginliklər birgə təsir etdikdə yorğunluğa möhkəmlik dəyişir. Bu adsorbsiya yorğunluğu adlanır. Mühitin adsorbsiya təsiri ani olaraq baş verir və materialın mexaniki xarakteristikalarının kiçilməsi prosesi, material-mühit sərhəddində kontakt olana qədər davam edir.

Konstruktiv elementlərin korroziya yeyilməsi metalkonstruksiyanın bütün istismar dövründə müşahidə edilir. Dövrü dəyişən yüklərin təsirindən korroziya yeyilməsinin təsirini qiymətləndirmək üçün tipik yorulma əyrisinə baxaq (Şək. 2.2,a,b).



Şək.2.2. Tipik yorulma əyriləri: a və b – “təmiz yorulma”; c və d – korroziyanın ilkin amillərini nəzərə almaqla yorulma

Şəkildən görüldüyü kimi, zaman keçdikcə tətbiq edilən yük dəyişmir, deməli konstruksiyada yaranan gərginliklər də sabitdir. Lakin korroziya yeyilməsi nəticəsində metalkonstruksiyanın yükdaşıma qabiliyyətinin azalması sabit yükləmədə gərginliyin artmasına səbəb olur (Şək.2.2,c,d). Bununla əlaqədar yaranan gərginliklərin müəyyən həddi keçməməsi üçün tətbiq olunmuş yüklərə daim düzəliş etmək lazımdır.

Tətqiqatın birinci mərhələsində konstruksiyanın yorulma xarakteristikalarına təsir edən aqressiv mühitin iki ilkin amilinə baxılmışdır. Bununla əlaqədar olaraq baxılan proseslərin proqnozlaşdırılmasına zərurət duyulur (məsələn, xüsusi parametrlərin köməyi ilə riyazi modelləşdirilmə üsulu ilə).

Ümumi halda yorğunluq zədələnmələrinin toplanmasının tənliyi belə yazılır (Романов Д.А., Анцев В.Ю., Толоконников А.С., 2014):

$$\frac{d\omega}{d\tau} = \Phi(\sigma, \omega, \tau), \quad (2.1)$$

burada  $\omega$  - yorğunluq zədələnmələrinin toplanma sürətidir.

Dağılma prosesinə aqressiv mühitin təsirini nəzərə almaq üçün bu mühitin təsirini xarakterizə edən hər hansı əlavə S parametrindən istifadə edilir.

$$\frac{d\omega}{d\tau} = \Phi(\sigma, \omega, \tau) \cdot f(S) \quad (2.2)$$

Yuxarıda alınmış ifadələr ətraf mühitin təsirinin ilk amillərinin inkişafını xarakterizə etməyə imkan verir:

$$\delta = 0,047(4,25 + 0,019e^{0,056\varphi} + 24,38(1 - e^{-0,0033C_{SO_2}}))\tau, \quad (2.3)$$

burada  $\delta$  - materialın deqradasiyasının dərinliyi, millimetr;

$\varphi$  - havanın nisbi rütubəti, %;

$C_{SO_2}$  - aqressiv çirklənmələrin konsentrasiyasıdır, mq/m<sup>3</sup>.

$$\sigma_{kor} = \sigma_{T0} \exp \left( \beta_m \left[ \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right] \right) \times \left( 0,0889e^{-0,085C_{SO_2}} + 0,9129e^{-0,0001C_{SO_2}} \right), \quad (2.4)$$

burada  $\sigma_{kor}$  - ətraf mühitin təsirinə məruz qalmış materialın mexaniki xarakteristikası, vahidi Pa;

$\sigma_{T0}$  -  $T_0=293$  K temperaturunda materialın axıcılıq həddi;

$\beta_m$  - materialın xarakteristikası;

$T$  - ətraf mühitin temperaturudur, K.

Gələcəkdə biz səpələnmiş zədələnmə ərəfəsində yorğunluq çatlarının yaranması mərhələsini təsvir edən modelə müraciət edəcəyik (Пасько Н.И., Анцева Н.В., 2007).

$$N_T = - \frac{1}{C_N} \int_{V_n/V_0}^1 \frac{\left( 1 - V_{nT}/V_{0,5\gamma n} \right)^{m_c}}{\Delta \sigma_n^{m_c}} - d \left( 1 - V_{nT}/V_{0,5\gamma n} \right), \quad (2.5)$$

burada böyük  $N_T$  – səpələnmiş zədələnmə mərhələsində tsikllərin sayı;

$C_N$  və  $m_c$  - materialın fiziki-mexaniki xassələrini müəyyən edən parametrlər;

$V_n/V_0 = \omega_0$  - yüklənməyə qədər mövcud olan struktur zədələnmələrinin ölçüsü;

$V_{nT}$  - struktur zədələnmiş həcm (təsir edən yükün dəyişən səviyyəsində yükləmə tsikllərinin sayı  $n$  ilə şərtləndirilir);

$V_{0,5\gamma n}$  - maksimal gərginliklərin ( $\sigma_{max n}$ ) qiymətindən asılı olan təhlükəli həcm;

$\Delta \sigma_n$  - zədələyici gərginliklərin səviyyəsidir, MPa.

Yorulma zədələnmələrinin toplanma ölçüsü belə təyin edilir:

$$\omega_{nT} = V_{nT} / V_{0,5\gamma n} \quad (2.6)$$

Zədələyici gərginliklərin səviyyəsi:

$$\Delta\sigma_n = \sigma_{\max n} - \sigma_{RK} , \quad (2.7)$$

burada  $\sigma_{RK}$  - dözümlülük həddidir, MPa.

Sonuncu ifadənin analizindən aşağıdakı nəticəyə gəlmək olar: aqressiv mühit korroziya yeyilməsinin artmasına gətirir. Nəticədə  $\sigma_{\max}$  artır. Mühitin adsorbsiya təsiri  $\sigma_{RK}$  azalmasına gətirir. Bu səbəbdən  $\Delta\sigma_n$  xarakteristikasının qiyməti artır:

$$\Delta\sigma_n = \sigma_{\max n} - \sigma_{RK} \quad (2.8)$$

burada  $\sigma_{\max n}$  - konstruksiyanın korroziya yeyilməsi nəticəsində maksimal gərginliklərin artımı;  $\sigma_{RK}$  - mühitin adsorbsiya təsiri nəticəsində dözümlülük həddinin azalması;  $\Delta\sigma_n$  - zədələyiçi gərginliklərin səviyyəsinin ümumi artımıdır.

Korroziya yeyilməsini nəzərə alaraq toplanan yorulma zədələnmələrinin qiymətinin dəyişməsinə əsasən aşağıdakı nəticəyə gəlmək olar: miqyas effektinin yaranması səbəbi ilə metalın həcmi  $V_0$  azaldığına görə zədələnmənin maksimal təhlükəli həcmi azalacaq. Nəticədə yorulma çatının yaranma sürəti artır. Belə ki, korroziya yorulması nəticəsində miqyas faktorunun inversiyası müşahidə edilir. Başqa sözlə  $V_0$  və  $V_{0,5\gamma n}$  artıqca konstruksiyanın dözümlülüüyü artır:

$$\omega_{nT} = V_{nT} / V_{0,5\gamma n}, \quad (2.9)$$

burada  $V_{0,5\gamma n}$  - miqyas faktorunun inversiyası nəticəsində zədələnmənin maksimal təhlükəli həcmnin azalmasıdır.

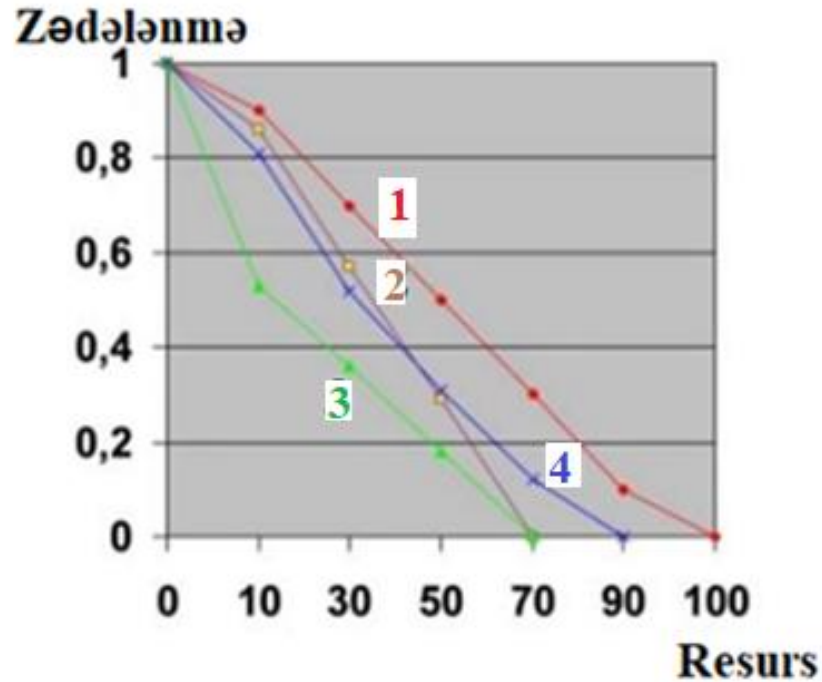
Bu halda səpələnmiş zədələnmələr mərhələsində cismin öz bütövlüyünü itirməsinin sürət dinamikasının ümumi sxemi aşağıdakı şəkli alır:

$$v_n = - \frac{1}{C_N} \left( \frac{\Delta\sigma_n}{(1 - (V_{nT}/V_{0,5\gamma n}))} \right)^{m_c} \quad (2.10)$$

Burada  $v_n$  - aqressiv mühitin ilkin təsir faktorlarının nəzərə almaqla cismin öz bütövlüyünü itirmə (yorulma çatının yaranması) sürətinin artımıdır.

Deməli, korroziya təsirinin ilkin faktorları yorulma çatlarının yaranma sürətinin artmasına gətirib çıxarır. Qrafiki olaraq bu Şək. 2.3-də göstərilmişdir (Сорокин П.А., Дронов В.С., Селиверстов Г.В., 2001).





Şək.2.3. Korroziyanın təsirini nəzərə almaqla yorulma çatlarının yaranması

Bu şəkildə 1 əyrisi zamana görə sabit olan xarakteristikalarda yorulma çatının yaranmasına qədər olan dövrü əks etdirir (buna təmiz yorulmada deyilir), 2 əyrisi miqyas faktorunun təsirini əks etdirir, 3 və 4 əyriləri (2.10) düsturuna əsasən adsorbsiya yorulmasının, korroziya yeyilməsinin və miqyas faktorunun birgə təsirini nəzərə alır.

Deməli, (2.5) yorulma modeli (2.3) və (2.4) zədələnmə parametrlərini nəzərə almaqla korroziyanın və dövrü dəyişən yüklərin birgə təsirini əks etdirir. Tədqiqatlar nəticəsində əldə edilmiş nəticələr yükqaldıran kranların metalkonstruksiyalarında korroziya yorulmasının mümkün inkisafını əks etdirir.

## 2.2. Metalkonstruksiyanın resursunun qiymətləndirilməsində yorulma və korroziya proseslərinin qarşılıqlı əlaqəsinin tədqiqi

Respublikamızda yükqaldırıcı-nəqlədiçi maşınqayırma sahəsinin hazırki halı deməyə əsas verir ki yükqaldırıcı maşınlar parkının böyük hissəsi özünün normativ resursunu başa vurmuşdur və onların istismarının davam etdirilməsi haqqında gərar bu maşınların texniki vəziyyətinin dövrü olaraq yoxlanılması əsasında verilir. Yükqaldıran maşının əsas və bahalı elementi onun yükdaşıyan metalkonstruksiyasıdır. İstismar zamanı bu metalkonstruksiya statik, tsiklik və dinamik olmaqla müxtəlif yüklərin təsirinə məruz qalır. Buraya materialın korroziya zədələnməsinə səbəb olan iqlim amillərini də əlavə etmək lazımdır.

Yükqaldıran maşının diaqnostikası aparılan zaman, bir qayda olaraq metalkonstruksiyanın vəziyyətinin qiymətləndirilməsi çatların mövcud olub olmamasına, korroziya zədələnməsinin sahəsinin və dərinliyinin qiymətləndirilməsinə və lak-boya örtüyünün ümumi vəziyyətinə görə yerinə yetirilir. Lak-boya örtüyü metalı korroziyadan qorumaq üçün əsas vasitə hesab edilir.

Toplanmış zədələnmələrin qiymətləndirilməsi zamanı yorulma və korroziya proseslərinin bir-birinə qarşılıqlı təsirinin nəzərə almaq zəruridir. Qalıq resursu yorulma meyarına və ya çatadavamlığa görə qiymətləndirmək üçün əsasən Palmqren - Myner metodundan istifadə edilir. Bu metod toplanan zədələnmələrin nisbi kəmiyyətlərinin xətti cəmlənməsinə əsaslanmışdır. Lakin, bu metod nə qədər sadə olsa da, korroziya proseslərini nəzərə almır.

Yükqaldıran maşınların yükdaşıyan konstruksiyalarının korroziya proseslərini ətraflı şəkildə tətbiq etməklə yorulmaya səbəb olan üç amili qeyd etməy olar:

birinci - metalın bir hissəsinin oksidləşməsi səbəbi ilə konstruksiya elementinin en kəsiyinin sahəsi azalır. Bunun nəticəsində gərginliklər amplitudu artır;

ikinci- Rebinder effekti nəticəsində metalın səth qatlarının möhkəmlik xarakteristikaları azalır. Aqressiv mühitlərin təsiri ilə bu azalma 20%-ə qədər ola bilər. Statik möhkəmlik baxımından səth qatının təsiri az olur. Lakin yorulma qiymətləndirilən zaman mexaniki xarakteristikaların adsorbsiya azalmasını nəzərə almaq lazımdır. Belə ki, yorulma çatlarının yaranması və inkişafı bir qayda olaraq məz səth qatlarında yaranır.

üçüncü- pitting defektlərinin təsiri. Bu, müftəlif dərinliklərə malik olan yerli yazvalardır. Azkarbonlu və azleqirlənmiş poladlarda daha çox yarımşferik pitting müşahidə edilir. Deməli, bu defekt yerli gərginlik konsentratoru olacaq.

Pittingin materialın daxilinə doğru inkişaf etməsi bunu deməyə əsas verir ki, gərginliklər konsentrasiyası özü də dəyişən kəmiyyətdir.

Nəzərə alsaq ki, tsiklik yüklərin və korroziya proseslərinin inkişafı eyni zamanda baş verir, onda belə sual ortaya çıxır: makroçat yaranma anına qədər metalkonstruksiyanın qalıq resursu hesablanan zaman bu prosesləri necə nəzərə almaq olar? Bunu da qeyd etmək lazımdır ki, normativ sənədlərə əsasən makroçatların yaranmasına icazə verilmir.

Hesabi metodların köməyi ilə mühitin aqressivliyi üzrə korroziyanın göstəricilərini əldə etməklə konsentrasiyasının və gərginlik amplitutunun kranın iş həcmindən reqressiv funksional asılılığı əldə edilmişdir. Bu asılılığı yorulma əyriləri tənliklərində nəzərə almaqla aşağıdakı ifadə əldə edilmişdir:

$$1gN - 8,441 + 6 \left( \frac{1g \left( \frac{1,54681 - 8,5 \cdot 10^{-7} N^2 + 0,00281N}{0,39} \right)}{0,7 + \frac{1,54681 - 8,5 \cdot 10^{-7} N^2 + 0,00281N}{1,0387N^2 - 4,5583N + 157,54}} \right) = 0, \quad (2.11)$$

burada  $N$  - kritik ölçülü magistral çatının yaranmasına qədər müşahidə edilən tsiklərin sayıdır.

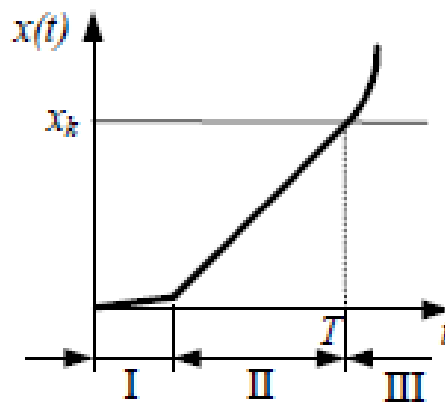
Bu bərabərliyi həll etməklə qalıq resursun axtarılan qiymətini tapmaq olar.

Yorulma-korroziya prosesinin sonraki inkişafını nərzərdən keçirərək

elə bir meyar müəyyən etmək lazımdır ki, onun köməyliyi ilə diaqnostikanı aparmaq mümkün olsun.

Belə bir meyar olaraq pitinğin dərinliyini qəbul edirik. Bu dərinlik asanlıqla ölçülür və onun qiymətinə görə kranın sonraki istirmarının mümkünlüyü və növbəti diaqnostikaların keçirilməsinin optimal müddətləri müyyən edilir.

Yükqaldıran maşınların yükdaşıyan metalkonstruksiyalarında korroziya-yorulma zədələnmələri şəraitində yorulmaların cəmlənmə prosesi Şək. 2.4-də göstərilmiş sxemdə əks olunmuşdur (Селиверстов Г.В., Анцев В.Ю., Вобликова Ю.О., 2013). Bu proses 3 dövrdən ibarətdir: 1-ci ilkin dövr, 2-ci qərarlaşmış dövr, 3-cü kəskin dəyişmə dövrü. Bu sxemə əsasən metalkonstruksiyada makroçat o zaman yaranır ki, toplanmış zədələnmələrin qiymətləndirilmə meyarı ( $x_n$ ) özünün həddi qiymətindən ( $x_h$ ) böyük olmuş olsun.



Şək. 2.4. Yükdaşıyan metalkonstruksiyalarda korroziya-yorulma zədələnmələri şəraitində yorulmaların cəmlənmə prosesi

Bu halda yükqaldıran maşınların yükdaşıyan metalkonstruksiyalarında yorulma toplanması prosesini təsvir etmək üçün dağılma modeli tətbiq edilə bilər. Bu modelə görə metalkonstruksiyalarda istismarın əvvəlində mikrodeffektlər olur. Bu deffektlər istismar zamanı mikroçatlara çevrilir. Nəticədə konstruksiyada yorulma xarakterli makroçatlar yaranır. Korroziya zonasında mikrodeffektlərin makroçatlara çevrilmə sürəti korroziyadan azad olan zonalara nisbətən daha böyükdür.

Tutaq ki  $T_1, T_2, \dots, T_N$  hər hansı mikrodeffektin kritik ölçüyə qədər inkişaf dövrüdür. Mikrodeffektlərin sayı olduqca çoxdur və makroçatın yaranması

$$T = \min(T_1, T_2, \dots, T_N).$$

zamanında baş verir. Bu zamanın özü təsadüfi kəmiyyət olub, Veybull paylanması ilə təsvir olunur (Селиверстов Г.В., Коломиец К.С., Анцев В.Ю., Анцева Н.В., 2021). Veybull paylanmasının sıxlığı belə təyin olunur:

$$f(t) = \frac{\beta}{r} \left(\frac{t}{r}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{r}\right)^\beta\right], \quad (2.12)$$

Burada  $r$  və  $\beta$  - paylanmanın parametrləridir.

Makroçatın yaranma müddətinin riyazi gözləməsi  $\bar{T}$  və variasiya əmsalı  $\nu_T$  aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\bar{T} = r \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right), \nu_T = \sqrt{\frac{\Gamma(1+2/\beta)}{\Gamma^2(1+1/\beta)} - 1}, \quad (2.13)$$

burada  $\Gamma(x)$ - qamma funksiyadır. Əgər argument tam ədəddirsə, onda  $\Gamma(x)=(x-1)!$ .

$x > 0$   $\Gamma(x) = \int_0^\infty e^{-t} t^{x-1} dt$  (Eyler inteqralı).

Metalkonstruksiyada makroçatın yaranma müddəti ( $T$ ) öz növbəsində pittinqin dərinliyinin artma sürətindən ( $V$ ) asılıdır. Bu sürət təsadüfi kəmiyyət olaraq hər hansı bir paylanma qanununa tabe olur. Bu qanunun sıxlığı  $r$  və  $\beta$  olur. Bu halda

metalkonstruksiyanın istinasız işləmə ehtimalının paylanma sıxlığı aşağıdakı ifadə ilə müyyən edilir:

$$f(t) = \frac{x_n}{T^2} \cdot \varphi\left(\frac{x_n}{T}\right) \quad (2.14)$$

Pitinqin dərinliyi artma sürətinin yayılma sıxlığı isə:

$$\varphi_T(x_n) = \frac{1}{T} \cdot \varphi\left(\frac{x_n}{T}\right). \quad (2.15)$$

Metalkonstruksiyanın resursundan istifadə əmsalının qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$K_i = \frac{\bar{T}_n}{T} \quad (2.16)$$

Yuxarda göstərilmiş (2.11) ifadəsindən yüklənmələrin tsiklləri təyin edildikdən sonra kranın 1- il ərzindəki iş həcminə görə çatın yaranma zamanı haqqında ilkin fikir söyləmək və metalkonstruksiyanın təmiri haqqında gərar qəbul etmək olar.

Aparılan hesablamalar göstərmişdir ki, pitinq korroziyasının üzə çıxarılması məqsədi ilə keçirilən baxışların optimal dövrülüyü 27 aya bərabərdir. Pitinqin nisbi dərinliyinin buraxıla bilən qiyməti materialın qalınlığının 0,4 hissəsinə bərabər olmalıdır. Pitinq yarandıqdan sonra baxışların keçirilməsinin optimal dövrülüyü 17 aya qədər endirilir.

### 2.3. Korroziya ilə mübarizə üsulları

Korroziyadan mühafizə üçün aşağıdakı üsullardan istifadə edilir (Герасименко А.А.[и др.],1987):

1. Metalların səthinə qoruyucu örtüklərin çəkilməsi. Mühafizəedici örtüklər metallik (sink, qalay, qurğuşun, nikel, xrom vəs.) və qeyri-metallik (boya, lak, emal, qatran və s.) olur.

Metalın səthindəki qoruyucu örtük təbəqəsi qorunan metaldan passiv olarsa, onda qoruyucu təbəqənin dağıldığı yerdən metalın korroziyası başlayır. Əgər qoruyucu örtük qorunan metaldan aktiv olarsa, onda örtük təbəqəsi müəyyən yerdən dağılsa da üzərini örtüyü metalı qoruyur.

2. Korroziyaya davamlı ərintilərin alınması. Ərintilərin tərkibinə Ni, Co, Cu və Cr əlavə etdikdə (belə proses legirlənmə adlanır) korroziyaya davamlı ərintilər alınır.

3. Elektrokimyəvi üsullar (Şək. 2.5) . Bu məqsədlə protektor və katod mühafizəsi üsulları tətbiq edilir.

a) Protektor mühafizəsi zamanı qorunan məmulata daha aktiv metal, məsələn, Mg, Al, Zn pərçim edilir. Bu zaman korroziyaya daha aktiv metal uğrayır.

b) Katod mühafizəsi zamanı qorunan məmulat sabit cərəyan mənbəyinin katoduna, mənbəyin anodu isə hər-hansı bir dəmir parçasına birləşdirilir. Sabit cərəyan mənbəyi elektronları anoddan alıb katoda verir və oksidləşdirici katodda reduksiya olunur; dəmir parçası dağılır, məmulat isə qorunur.

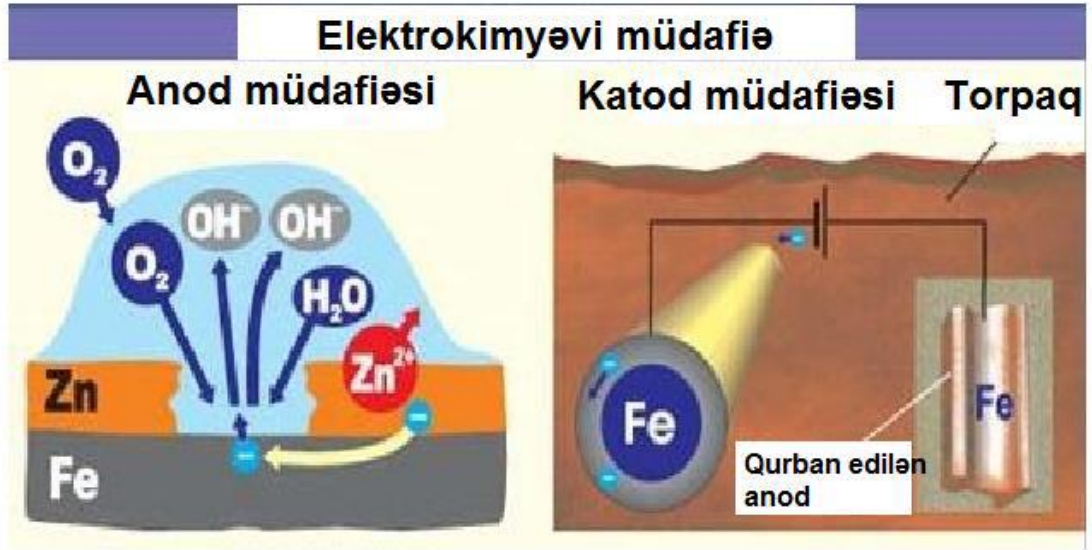
4. Mühitin tərkibinin dəyişdirilməsi (Şək. 2.6). Korroziyanın qarşısını almaq və ya onun sürətini azaltmaq üçün metalın təmasda olduğu mühitə korroziyanı yavaşladan maddə qatılır. Belə maddələr ingibitor adlanır.

Qeyri-üzvi maddələrdə - nitritlər, xromatlar, fosfatlar və silikatlar, üzvi maddələrdən - amonlər ingibitor kimi istifadə olunur.

5. Qoruyucu oksid qatı ilə örtülmə

6. Lak-boya materialları ilə qoruma

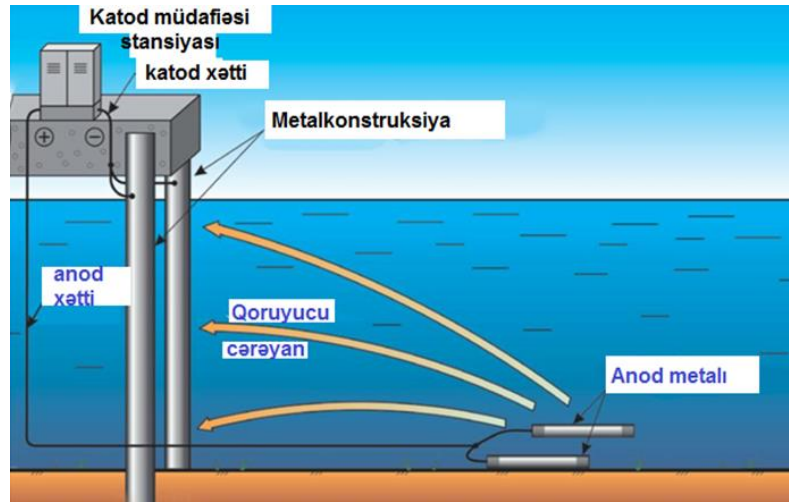
7. Yağ qatı ilə müvəqqəti qoruma



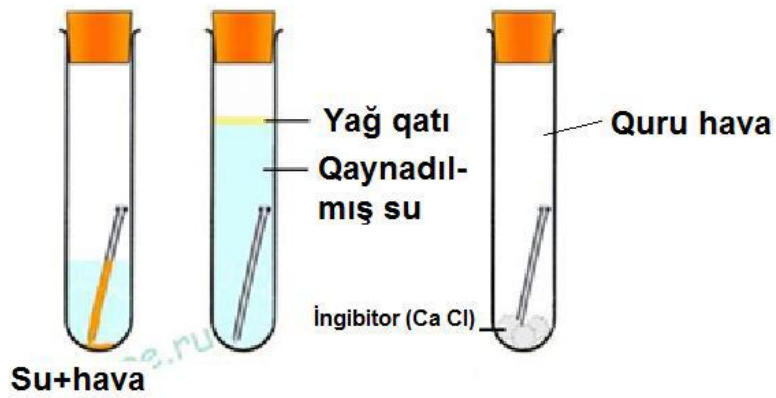
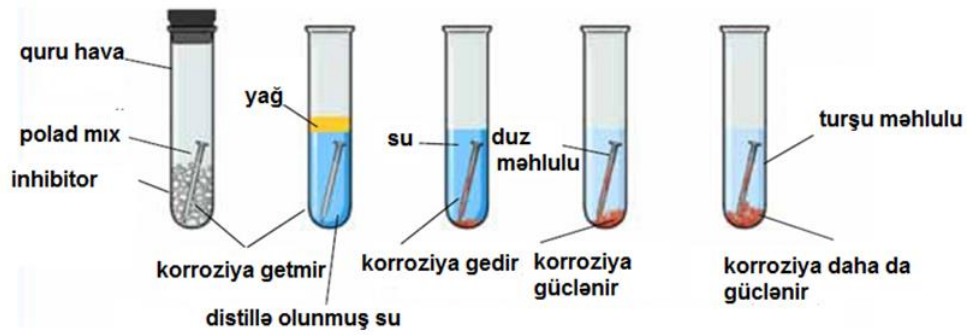
**Protektor müdafiəsi**







Şək. 2.5. Elektrokimyəvi üsulla korroziyadan qorunma



Şək. 2.6. İngibitorun tətbiqi ilə korroziyadan qorunma

### Korroziyadan qorunmanın əsas üsulları

1. Legirləmə. Karbonlu konstruksiya poladlardan yalnız azyüklənmiş detallar hazırlanır.

Texnikada çoxyüklənmiş detalların hazırlanması üçün tətbiq olunan əsas material legirlənmiş konstruksiya poladlarıdır. Poladın struktur və xassələrini dəyişmək məqsədi ilə onun tərkibinə daxil edilən elementlər legirləyici elementlər adlanır ("legir" yunan dilində mürəkkəb deməkdir). Legirləmə yolu ilə poladın mexaniki, fiziki və kimyəvi xassələrini, istiyə və odadavamlılığını, yeyilməyədavamlılığını və s. dəyişərək lazımi istiqamətdə tənzimləmək mümkündür. Əsas legirləyici elementlərə aiddir: Cr, Ni, Mn, Si, W, Mo, V, Co, Ti, Al, Cu, Nb və B. Tətbiq sahəsinə görə l.p.-lar konstruksiya poladlarına, alət poladlarına və xüsusi xassəli (paslanmayan, turşuyadavamlı, yeyilməyədavamlı, odadavamlı, odadayanıqlı, xüsusi maqnit və elektrik xassəli) polad və ərintilərə bölünür. Bir sıra qruplardan olan poladlar üçün xüsusi işarələr qəbul edilmişdir. Avtomat poladlar markanın əvvəlində A hərfi ilə, yastıq poladları III hərfi ilə, tezkəsən alət poladları P hərfi ilə, xromlu paslanmayan poladlar Ж hərfi ilə, xromlu-nikelli poladlar Я hərfi ilə, elektrotexnika poladları Э hərfi ilə və maqnitli poladlar E hərfi ilə işarələnir. Paslanmayan polad atmosfer şəraitində paslanmaya və aqressiv şəraitdə korroziyaya qarşı davamlı olan mürəkkəb legir tərkibinə malik polad növüdür. Əsas legirləyici element kimi daxil edilən Cr 12÷20% təşkil edir. Bundan əlavə ona, poladın tərkibindəki dəmirin miqdarına uyğun olaraq C, Si, Mn, S, P, həmçinin poladın fiziki- mexaniki xassələrini yüksəldən və onu korroziyaya davamlı edən Ni, Mn, Ti, Nb, Co, Mo əlavə edilir. Paslanmayan poladın tərkibində Cr-un miqdarı nə qədər çox olarsa, onun aqressiv mühitdə korroziyaya davamlılığı da bir o qədər yüksək olur. Korroziyaya davamlıq onunla izah olunur ki, xrom tərkibli poladdan olan hissənin səthində nazik oksid təbəqəsi yaranır və bu təbəqə poladı sonradan ola biləcək korroziyadan qoruyur. Kimyəvi tərkibinə görə paslanmayan poladlar xromlu, xrom-nikelli və xrom-marqanslı olaraq fərqlənirlər.

Paslanmayan poladın əsas üstünlüyü korroziyaya qarşı davamlılıqdır. Bu xüsusiyyəti sayəsində, ərintilər müxtəlif sahələrdə istifadə olunur. Korroziyaya davamlı

poladlara məişət və süfrə ləvazimatlarının, tibbi avadanlıqların və alətlərin istehsalında, avtomobil və gəmiqayırmada, tikintidə və digər sahələrdə rast gəlmək olar.

Korroziyaya davamlı və ya paslanmayan ərintilər ətraf mühitin mənfi təsirlərinə qarşı davamlı olan metallardır. Onların əsasında xüsusiyyətləri karbon vasitəsilə dəyişdirilmiş dəmir durur. Ərinti əlavə olaraq qiymətli elementlərlə, məsələn, rütubət təsirinə qarşı davamlılığı artıran xromla zənginləşdirilə bilər. Bir sıra xüsusiyyətin yaxşılaşdırılması üçün cəmi 10,5% Cr kifayət edir:

- soyuq qəlibləmə üsulu ilə emal prosesi asanlaşır;
- möhkəmliyi artır;
- korroziyaya davamlı poladlardan istehsal edilmiş məmulatların istismar müddəti artır;
- elementlərin qaynaq üsulu ilə birləşdirilməsi zamanı daha etibarlıq calaqlar əmələ gəlir;
- hətta intensiv istismar zamanı belə metalın xüsusiyyətləri qorunub saxlanır;
- estetik cazibədarlığı itmir.

Ərintidə mövcud olan xromun köməyi ilə səthdə oksid örtüyü əmələ gəlir. Məhz bu örtük kristallararası korroziyanın qarşısını alır. Dəmir ətraf mühitin təsirinə məruz qalır. Bu prosesi dayandırmaq və ya ümumiyyətlə onun qarşısını almaq üçün xarici təbəqədə qoruyucu oksid örtüyü əmələ gətirmək lazımdır. Mühitin kimyəvi təsirinin qarşısını ərintinin davamlılığını artıran əlavələr vasitəsilə almaq olar. Polada xüsusi elementlərin əlavə edilməsi onun korroziyaya davamlılığını artırır. Bu cür ərintilər havadakı nəmin, aqressiv turşuların, duzların və qələvilərin təsirinə daha az məruz qalır. 250-dən çox paslanmayan polad markası məlumdur. Xromdan başqa, Ni, Mo, Co, Ti, Nb kimi əlavələr və s. istifadə olunur. Xüsusiyyətlərdəki və istifadə sahələrindəki fərq yalnız əlavənin adından deyil, həmçinin onun faiz dərəcəsindən asılıdır. Paslanmayan

metallarda, dəmir və köməkçi elementlərdən başqa, karbon da mövcuddur. O metala möhkəmlik və sərtlik verir. Paslanmayan poladın bütün növlərini şərti olaraq bir neçə qrupa bölmək olar:

- xromlu poladlar. Bu tərkibində 20%-dən çox xrom olan ərintilərdir. Ferrit strukturlu metallar ağır sənayedə geniş yayılmışdır. Onlar istilik avadanlıqlarının və digər iri avadanlıqların hazırlanması üçün istifadə olunur. Tərkibində yüksək miqdarda xrom olan ərintilər korroziyaya qarşı yüksək davamlılıq və maqnitlənmə qabiliyyəti ilə fərqlənir;
- austenit strukturlu markalar. Bu tərkibində xrom və nikel olan ərintilərdir. Onların miqdarı ən azı 33% təşkil edir. Bu metallara bütün sahələrdə yüksək tələbat var. Onlar korroziyaya davamlılıq, möhkəmlik və cazibədar görünüşlə fərqlənir;
- martensit və ferrit-martensit strukturlu metallar və ya turşuluğa davamlı polad. Bu cür poladın tərkibində yüksək miqdarda karbon var ki, o, ərintinin yeyilməyə davamlılığını artırır. Bu cür ərinti maksimal möhkəmlik və uzunömürlülük verir. Bunun sayəsində, turşuluğa davamlı polad sadəcə xalq təsərrüfatı sahələrində istifadə edilmir, o, həmçinin, aqressiv mühitlərlə təmasa girməklə bilirdi, bu metalda olan avadanlıqlar yüksək temperatur şəraitində istismar edilir;
- kombinasiya edilmiş quruluşlu paslanmayan polad. Bu austenit-ferrit və ya austenit-martensit strukturlu metallardır. Digər növlərin üstünlüklərinin birləşdiyi innovativ kəşfdir.

Kimyəvi baxımdan aqressiv mühitlərdə işləyən belə poladların səthində passiv qoruyucu oksid qatı yaranır. Bu qat poladı sonrakı paslanmadan qoruyur.

Paslanmayan poladların tərkibində l.e.l.-lər kimi Cr-dan başqa Ni-dən də istifadə edilir. Havada, şirin və duzlu suda paslanmanın qarşısını almaq üçün poladın tərkibində

ən azı 12% Cr olmalıdır. Cr-un miqdarı 15%-dən çox olduqda isə polad turş mühitdə də paslanmır. Bəzi markalar: 3X13, 1X17H2, 12X18H9.

### Titan

Normal şəraitdə titan çox yüksək anti-korroziya xüsusiyyətlərinə malikdir. Havada 5-15 mikron qalınlığında titan oksidi təbəqəsi ilə örtülmüşdür, bu da əla kimyəvi təsirsizliyi təmin edir. Metal havada, dəniz havasında, dəniz suyunda, yağ xlorda, xlorlu suda və çoxsaylı digər texnoloji məhlullarda və reagentlərdə korroziyaya məruz qalmır ki, bu da materialı kimya, kağız, neft sənayesində əvəzolunmaz edir. Hesablanmışdır ki, titan 1250 il ərzində cəmi 25 mkm qədər korroziyaya uğrayır.

2. Qoruyucu metal qatları ilə örtülmə. Bu üsulun bir neçə növü vardır: anod metodu, katod metodu, metallaşdırma və nazik qoruyucu qatın qaynaq olunması.
3. Qoruyucu oksid qatı ilə örtülmə. Bura aiddir: poladın oksidləşdirilməsi və fosfatlaşdırılması, Al ərintilərinin anodlanması və Mg ərintilərinin oksidləşdirilməsi.
4. Lak-boya materialları ilə qoruma Lak boya örtükləri xalq təsərrüfatının müxtəlif sahələrində çox geniş tətbiq edilir. Sənayenin müxtəlif sahələrində, tikinti və kommunal təşkilatlarda lak boya materialları müxtəlif məmulatların ətraf mühitin dağıdıcı təsirindən qorumaq və dekorativ məqsədlərlə istifadə edilir. Digər mühafizə örtükləri ilə müqayisədə lak boya materialları daha yüksək keyfiyyətə malikdirlər. Metal və digər örtük materialları ilə müqayisədə lak boya materialları daha asan səthə çəkilir, ucuzdur və ömrü uzundur. Mühafizə örtükləri materialları dağılmadan daha etibarlı qorunmalı (korroziyadan), yaxşı xarici görünüşə malik olmalı, istismar və estetik tələbatlara cavab verməlidir. Lak boya örtükləri səthə hamarlıq və ya cilalıq, parlaqlıq və ya qeyri-parlaqlıq, tələb edilən rəngi və yaxud naxışı verə bilər. Bu və ya digər xüsusiyyət materiala yalnız estetik görünüş deyil, həmçinin istismar xüsusiyyəti verir. Məsələn, səthin hamar olması səthin aero və hidrodinamik müqavimətinin azalmasına (uçan aparatların, gəmilərin və avtomobillərin gövdələri), parlaqlıq əks etdirən səthlər üçün, qeyri-parlaqlıq (mata) cihazların şkalaları üçün və s. xidmət edir. Bir çox örtüklər

detalların səthini eroziya və sürtünmə zamanı yeyilməkdən qorumaq üçün istifadə edilir. Belə örtüklər sürtünməyə dözümlü örtüklər adlanır. Belə materiallar yüksək bərkliyə və məsaməliliyə malik olur ki, bu da yağlanmanı yaxşı saxlamaq qabiliyyətində olur. Lak boya materialları kimi əlifdən, laklardan, boyalardan və emallardan istifadə edilir. Lak boya materialları tərkibinə görə qrun, şpatlevka, emal və boyalama bölünür. Yağlı boyalar atmosfərə dözümlü olur, isti və soyuq qurutma uğradıla bilər, xarici və daxili işlərdə istifadə edilir. Müasir sintetik qatıyara materiallar yağlı boya istifadəsini azaltsa da, korroziyaya dözümlülük məqsədilə yağlı boyalar sənayenin müxtəlif sahələrinin də bu gün də çox günəş şüalarının təsirinə dözümsüzdür, ona görə də onlardan daxili istismar edilən, su altında istifadə olunan məmulatlarda istifadə edilir.

## NƏTİCƏ

1. Aqressiv mühitlə təmasda olan yükqaldıran maşının metalkonstruksiyasının yorulma zədələnmələrinin toplanma modelinin qurulma sxemi təklif edilmiş və yorulma çatlarının yaranma mərhələlərinə baxılmışdır.
2. Yükqaldıran maşının konstruksiyasının xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla atmosfer korroziyasının dərinlik göstəricilərini təyin etmək üçün model təklif edilmişdir. Bu zaman aqressiv mühitin təsirini xarakterizə edən bütün parametrlər nəzərə alınmışdır.
3. Yazva korroziyasına məruz qalmış yükqaldıran maşının ferma tipli metalkonstruksiyasının millərinin gərginlikli-deformasiyalı vəziyyəti tədqiq edilmişdir.
4. Korroziyanın və tsiklik yüklərin təsirinə məruz qalmış yükqaldıran maşınların yükdaşıyan konstruksiyalarının resursunun qiymətləndirilməsi zamanı yerinə yetirilən nəzarət baxışlarının periodikliyinə optimallaşdırılması metodikası təklif edilmişdir.

## İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT

- Бутырский, С.Н., Сорокин П.А. (2012). Оптимизация режима технического диагностирования металлоконструкций грузоподъемных машин // Известия государственного университета. Технические науки. Вып. 10. 41-52.
- Герасименко А.А.[и др.] (1987), Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений. - Машиностроение.
- Данилов А.С. (2009). Моделирование процесса атмосферной коррозии металлоконструкций грузоподъемных машин. Изв. Тул.ГУ. Сер. Технические науки. Вып. 2. 80-85.
- Данилов А.С. (2010). Диагностика повреждаемости металлических конструкций грузоподъемных машин: дис. канд. техн. наук. Тула.
- Парфенов Н.С., Ануфриев С.В. (2009). Влияние дефектов язвенной коррозии на несущую способность стержней крановых ферм. Изв. Тул.ГУ. Сер. Технические науки. Вып. 2. 223-230.
- Пасько Н.И., Анцева Н.В.( 2007). Оптимизация режима технического обслуживания и ремонта металлообрабатывающего оборудования // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 1. 80 –86.
- Пасько Н.И., Анцев А.В., Анцева Н.В., Сальников С.В. (2016), Обобщенная стохастическая модель отказов режущего инструмента и ее применение. - Изд-во ТулГУ.
- Романов Д.А., Анцев В.Ю., Толоконников А.С. (2014). Разработка методики диагностики и расчета остаточного ресурса металлоконструкций грузоподъемных машин методом магнитной памяти металла // Материалы междунар. науч.-техн. конф. «Интерстроймех 2014». 246-249
- РД 10-112-1-04. Рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин. Общие положения



*Селиверстов Г.В., Данилов А.С. (2007). Влияние атмосферной коррозии на металлоконструкции машин. // Изв. Тул.ГУ. Сер. Технические науки. Вып. 3. 81-88.*

*Соколов С.А. (2005), Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. – Политехника.*

*Селиверстов Г.В., Данилов А.С. (2009). Исследование коррозионной усталости металлоконструкций грузоподъемных машин. // Изв. Тул.ГУ. Сер. Технические науки. Вып. 2. 248-253.*

*Сорокин П.А., Дронов В.С., Селиверстов Г.В. (2001). Метод оценки остаточного ресурса несущих металлоконструкций грузоподъемных кранов. Изв. Тул.ГУ. Сер. Подъемно-транспортные машины. 164-166.*

*Селиверстов Г.В., Анцев В.Ю., Вобликова Ю.О. (2013). Построение оптимального алгоритма диагностирования крановых металлоконструкций // Строительные и дорожные машины. № 7. 23-24.*

*Селиверстов Г.В., Коломиец К.С., Анцев В.Ю., Анцева Н.В. (2021). Взаимосвязь усталостных и коррозионных процессов при оценке несущих металлоконструкций грузоподъемных машин. Известия Тул.ГУ. Технические науки. Вып. 3. 132-137*