

Vh-443/79

VÍZÉPÍTŐIPARI
KIADVÁNYOK



VIZGAZDÁLKODÁSI ACÉLSZERKEZETEK

KORRÓZIOVÉDELME

33

A VÍZÉPÍTŐIPARI IROSZKI KIADVÁNYA

VIZÉPÍTŐIPARI KIADVÁNYOK

VIZGAZDÁLKODÁSI ACÉLSZERKEZETEK
KORRÓZIÓVÉDELME

Kiadja:
VIZÉPÍTŐIPARI TRÖSZT
Budapest, 1978.

Összeállította:

GERENCSÉR ÁRPÁD

PALLÓS GÁBOR

Lektorálta:

DR.WESZLÉNYI VILMOSNÉ

A kiadványsorozat szerkesztője:

DR.TÖLGYESI MIHÁLY

Felölős kiadó: DR.BÁNDY IVÁN

TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal
BÉVEZETŐ	5
1. AZ ACÉLOK KORRÓZIÓJÁNAK ÉLMÉLETI ALAPJAI ..	7
1.1 A korrózió fogalma	7
1.2 A korróziós folyamat	7
1.3 A korrózió megjelenési formái	12
1.4 Korrózió az atmoszférában	15
1.5 Korrózió a vízben	19
1.6 Korrózió a talajban	26
2. A KORRÓZIÓVÉDELMI MÓDSZEREK	31
2.1 Megelőző módszerek	31
2.2 Passzív védelmi módszerek	33
2.3 Aktív védelmi módszerek	52
3. A KORRÓZIÓVÉDELMI TERVEZÉS	69
3.1 A tervezési folyamatról általában ...	69
3.2 A korróziós igénybevételek meghatározása	70
3.3 A védelmi módszerek kiválasztása	82
3.4 Gazdaságosság	130
3.5 Az acélszerkezetek szerkezet-tervezésének korrózióvédelmi irányelvei	144

	Oldal
4. A KORROZIOVÉDELLEM KIVITELEZÉSE	179
4.1 A felületelőkészítés eljárásai	179
4.2 A korrózióvédő bevonatok kialakítása ..	198
4.3 A festékbevonatok hibái	216
4.4 A festék- és festékbevonat-vizsgálatok	221
4.5 A vízepítési acélszerkezetek karbantartása	230
5. A KORROZIOVÉDELLEM VÁLLALATI SZERVEZÉSI KÉRDÉSEI	237
TÁBLÁZATOK	
3.23 táblázat: Egyszerű anódok számítási képletei	249
3.24 táblázat: A különböző talajfajták tulajdonságai	253
3.25 táblázat: A csővezetékek méretei, ellenállása és csőáramok	259
3.29 táblázat: A felújítási költség tényezők értékei	265
IRODALOMJEGYZÉK	273
A VIZÉPÍTŐIPARI TRÖSZT, ILLETVE JOGLÖDJEI GONDOZÁSÁBAN MEGJELENT VIZÉPÍTŐIPARI KIADVÁNYOK ..	279

BEVEZETŐ

A vízgazdálkodási ág szerteágazó feladatainak ellátásához jelentős állóeszközökkel rendelkezik. Ennek értéke 1975. végén meghaladta a száz milliárd forintot. Annak érdekében, hogy a nagy értékű létesítmények és termelési eszközök üzemképesen szolgálják a hatékony ár- és belvizek elleni védelmet, a lakosság, ipar és mezőgazdaság vízellátását, a szennyvizek elvezetését és tisztítását, rendszeres fenntartásukról, karbantartásukról kell gondoskodni. E célra a vízgazdálkodás évente mintegy 2,5 milliárd forintot fordít.

A fenntartási munkák során egyik oldalról alapvető célkitűzésünk az, hogy a műveink eredeti műszaki állapotát megóvjuk, illetve a használat során bekövetkező funkcionális teljesítménycsökkenéseket megszüntessük. Másik oldalról pedig el kell érünk, hogy a fenntartásra fordítható eszközöket a leghatékonyabban használjuk fel. Az állagmegóvás legfontosabb módja a korrózió elleni védekezés. Ez különös jelentőségű az acélszerkezeteknél, de még az egyes betonszerkezetek élettartamát is csak megfelelő védelemmel tudjuk meghosszabbítani.

A vízgazdálkodás dinamikus fejlődését a népgazdaság jelentős vízügyi beruházásokkal segíti elő. Egy-egy tervidőszakban az állóeszköz-érték 30-50 %-kal növekszik.

Az új létesítmények megépítését csakis úgy tudjuk megoldani, ha a vízepítés terén is az üzemben előregyártható acél- és vasbeton szerkezetek, -elemek arányát tovább növeljük. Az acélszerkezetek tömeges alkalmazása pedig külön kihangsúlyozza a megbízható, viszonylag hosszú élettartamot nyújtó korrózióvédelmi eljárások alkalmazásának fontosságát. A korszerű felületvédelem kidolgozására a vízügyi ágazat 1964-ben széleskörű kutatási-fejlesztési munkát indított el. Ennek eredményeként kialakult a felületelőkészítés hatékony technológiája, megállapították a legkedvezőbb festékbevonat-rendszereket és tisztázták az aktív védelem helyét, szerepét és módszerét a vízügyi létesítményeknél. A műszaki fejlesztés ezen eredményeit félüzemi vizsgálatokkal bizonyították és a nagy vízellátási létesítményeknél a széleskörű alkalmazás is megindult. Ennek ellenére nem mondhatjuk el, hogy a korrózió elleni védelmi munkákat az ágazat egész területén a kidolgozott korszerű módszerekkel végzik. Sok helyen még a "hagyományos" festegetés folyik, aminek legtöbbször csak rövid idejű esztétikai hatása van, de nem szolgálja a mű tartós védelmét.

Ezen a saját érdekünkben változtatnunk kell! Ehhez kíván segítséget nyújtani e könyv is, amelyben összefoglaltuk a vízi acélszerkezetek korrózió elleni védekezésével kapcsolatos legfontosabb tudnivalókat a hazai és külföldi kutatás, műszaki fejlesztés eredményeit.

Ez uton is köszönetet mondunk mindazoknak, akik a fejlesztési munkában fáradságot nem ismerve vállalták az uttörő szerepét és segítették előbbre vinni az ágazaton belül is a korrózió elleni védekezés ügyét.

1. AZ ACÉLOK KORRÓZIÓJÁNAK ELMÉLETI ALAPJAI

1.1 A korrózió fogalma

Korróziónak nevezzük az anyagok külső hatásra, az anyag felületéről kiinduló, kémiai, illetve fizikai-kémiai folyamat hatására bekövetkezett tönkremenetelét.

A korrózió fogalma minden anyagra értelmezhető. Ennek ellenére a közhasználatban, korrózió alatt a fémek - és elsősorban a vasféleségek - tönkremenetelét értik. A szemlélet kialakításában jelentős szerepet játszott a vasféleségeknek társadalmunk fejlődésével párhuzamosan betöltött egyre növekvő szerepe és a károk környü észlelhetősége.

A korrózió mellett néhány szót kell szólni az erózióról is. Az erózió is a fémek tönkremenetelét eredményezi, de ez a tönkremenetel fizikai hatás eredménye. A gyakorlatban a korrózió és az erózió a legtöbb esetben együtt fordul elő.

A továbbiakban csak a vasfémek korróziójával foglalkozunk.

1.2 A korróziós folyamat

A korróziós folyamatok jellegét az előidéző külső hatások határozzák meg.

A folyamat során az átalakulás a fémes állapotból a vegyület állapotba kémiai és elektrokémiai részfolyamatokon keresztül megy vébe.

A korróziós folyamatok tehát két fő csoportra oszthatók:

- kémiai
- elektrokémiai /fizikai-kémiai/ folyamatra.

Az alapreakció a korróziós folyamatok mindkét csoportjánál azonos, a fémionoknak a fémes rácsból való kilépése.

1.2.1 Kémiai korrózió esetén a fém és az érintkező idegen anyag egymással reakcióba lépő atomjai vagy molekulái között az elektronátrendeződés során az egyik atomhéjról elektron lép át a másik atomhéjra. A reakció feltétele, hogy ezek egymás hatósugarában legyenek. Kémiai korróziónál az egy molekula határára belül, $4 \text{ \AA}$ -nél kisebb távolságon megy végbe. [1][2][3]

Kémiai korrózió általában száraz gázokban vagy elektromos áramot nem vezető folyadékokban következik be. Lévegővel érintkező fémek esetén a folyamat egyszerűsített mechanizmusa: a levegő oxigénje adszorbeálódik a fémfelületen atomos állapotban, reakcióba lép a fémmel és fémoxidot képez.

A reakció sebességét meghatározza:

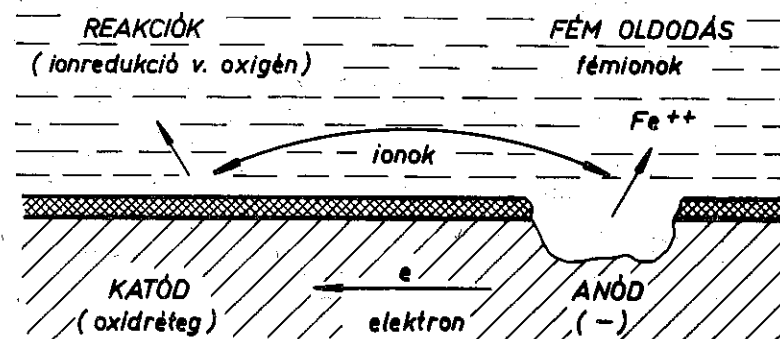
1. a reakcióban résztvevő anyagok kémiai affinitása
2. a reagáló gáz diffúziósebessége
3. a reakciótermék tulajdonságai.

Például összefüggő, tömör és szigetelő hatású oxidréteg kialakulása esetén, a fém a korrózió közegtől el-

szigetelődik és a folyamat jelentős mértékben lelassul, esetleg megszűnik.

1.2.2 Elektrokémiai korrózió esetén a fémoldódás folyamata két, egymástól $4 \text{ \AA}$ -nél nagyobb távolságban lejátszódó részreakcióra különül, fémionkilépésre és elektronkilépésre. A folyamat feltétele, hogy az elektronfelvevő pozitív ion vagy molekula és a fémion kilépését elősegítő, rendszerint negatív töltésű ion térbelileg különválasztva jusson el a fémfelülethez. Ez a feltétel csak elektrolit oldatban teljesül.

Az elektrokémiai korróziós folyamatot tulajdonképpen mikroszkópikus méretű galvánelem működésével érzékelhetjük /1.1 ábra/.



1.1 ábra
Egyszerű korróziós elem

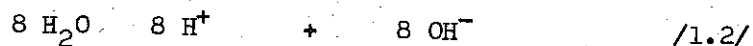
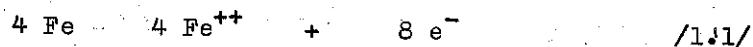
Az anódon a vas, mint Fe^{++} ion oldatba megy. Az elektrolitban a pH tartalomnak megfelelően pozitív töltésű hidrogén ionok H^+ és negatív töltésű hidroxil ionok OH^- vannak. A vas oldódásakor felszabaduló negatív töltések /elektronok/ a katódos részhez áramlanak és egyesülnek a hidrogén ionokkal, amelyek a víz elektrolitikus disszociójánál keletkeznek. Egyesülve elektromosan semleges hidrogénatomok keletkeznek a katódos felületen.

Ezen ún. polarizációs folyamat eredményeként a fém oldatba való átmenetelével szembeni ellenállás nő, a korróziós áram csökken. Amennyiben a vizes oldatban lévő oxigén a hidrogén atommal reakcióba lépve újra oxidálódik, a korróziós folyamat újrakezdődik /depolarizációs jelenség/.

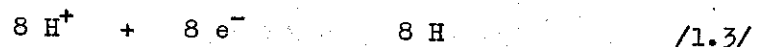
Ebből következik, hogy az oxigén jelenléte és mértéke a korróziós folyamat sebességére és mértékére jelentős hatással van.

A korróziós folyamatban az anódos vasoldódást, a korróziót gátló hidrogénpolarizációt és a vízben oldott oxigén okozta depolarizációt KIRSCH [5] a következő reakciókkal jellemzi.

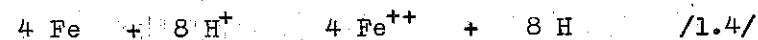
a/ Anódos oldás /korrózió/



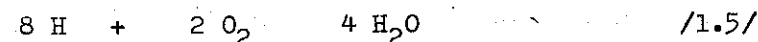
b/ Katódos polarizáció /korróziót gátló/



c/ Az a/ és b/ primer jelenségek együtt

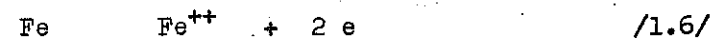


d/ Katódos depolarizáció /korróziógátlás megszűnése, folyamat újra indulása/



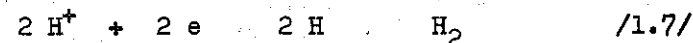
Összefoglalva: Butler és Ison [4] szerint

1. Az anódos területre jellemző a fémoldódás



2. A katódos területen lehetséges reakciók

a/ Hidrogén reakció



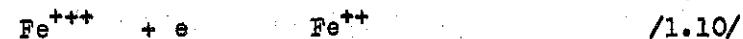
b/ Oxigén redukció



3. Szulfát redukció



4. Fémion redukció



Ugyanez a folyamat lejátszódhat makrométerben, ha különböző összetételű fémek vagy ötvözetek érintkeznek egymással, elektrolit oldat jelenlétében /kontakt korrózió/.

1.3 A korrózió megjelenési formái

A korrózió megjelenési formáin a fém anyagában okozott minőségi elváltozásokat értjük. [3]

A korrózió megjelenési formáit öt alcsoportban csoportosíthatjuk:

- 1/ egyenletes korrózió
- 2/ lyukkorrózió
- 3/ kristályszerkezeti korrózió
- 4/ feszültségi korrózió
- 5/ különleges korrózió.

1.3.1 Egyenletes korrózió esetén a fém felületén a korróziós folyamat az egész felületen egyenletesen halad előre. Ide sorolható savakban vagy lúgokban bekövetkezett egyenletes oldódása, valamint a magas hőmérsékleten végbemenő korrózió.

1.3.2 Lyukkorrózió esetén a korrózió a felületnek csak egyes részein mutatkozik, illetve ezeken a helyeken lényegesen nagyobb mértékben jelentkezik. Ide sorolható a

pontkorrózió, amelyet kis átmérőjű tűszúrás-szerű lyukak sora jellemez

bemaródás, amelyet koncentrált de nagyobb átmérőjű és mélységű károsodás jellemez

szivacsos korrózió, amelyet az alapfémbe szivacs-szerűen behatoló, összefüggő lyukrendszer jellemez.

1.3.3 A kristályszerkezeti korrózió esetén, a csiszolatok mikroszkópikus vizsgálatánál hajszálrepedések észlelhetők. Előrehaladott állapotban ez a repedés szabad szemmel is látható. Két jellegzetes típusát különböztetjük meg:

a kristályhatár menti /interkrisztallin/ korrózió, az egymáshoz illeszkedő kristályok között,

transzkrisztallin korrózió, ahol a korróziós repedések a kristályokon keresztülhaladnak és nem követik a maghatárokat,

szelektív korrózió, amelynél a jól oldódó ötvözetek a kristályelemekből álló fém szövetből előbb oldódnak ki, illetve mennek tönkre, mint a többi alkotó.

1.3.4 Feszültségi korrózió esetén a mechanikai igénybevétellel együtt az anyagra korróziós igénybevétel is hat. Jellegzetes előfordulásai:

korróziós hibásodás, amelynél a váltakozó feszültség és korróziós igénybevétel együttes hatására a kifáradási határ értéke kisebb, mint korrózió nélkül,

feszültségi korrózió, amely statikus feszültség és korróziós igénybevétel együttes hatására jelentkezik; a korróziós kifáradás és feszültségi korrózió tulajdonképpen kristályszerkezeti korrózió,

kavitációs korrózió, a folyadék kavitációja és a korrózió együttes következménye,

eróziós korrózió, erózió és korrózió együttes következménye.

1.3.5 Különleges korrózió a korrózió megjelenésének az előbbiektől eltérő, esetleg ritkábban előforduló változatai, amelyeket - bár egymáshoz általában nem hasonlíthatók - együttesen szokás tárgyalni.

Hidrogénridegedés, amely során sav, ammónia stb. hatására atomos hidrogén keletkezik, amely a fém kristályrácsába hatolva a szilárdsági tulajdonságok változását eredményezi.

Lemezes korrózió, amely során a korrózió a felülettel párhuzamos rétegekben halad előre, főleg alumínium ötvözetekre jellemző.

Szálas korrózió, amelynél a korrózió egy központból kiinduló szabálytalan vonalak mentén hat.

Kontakt korrózió, amely két vagy több eltérő elektrokémiai potenciálú fémrész érintkezési helyén jelentkezik.

Réskorrózió, amely azonos anyagú elemek csatlakozási vonala mentén lép fel.

Az utóbbi kettő tulajdonképpen a lyukkorrózió sajátos formája.

1.4 Korrózió az atmoszférában

Az acél atmoszferikus korróziója olyan, elsősorban elektrokémiai folyamat, amely levegőben környezeti hőmérsékleten megy végbe, nedvesség jelenlétében. Ugyanis az úgynevezett atmoszferikus korrózió többlépcsős mechanizmus szerint folyik; sebességét a levegő relatív nedvességtartalma és hőmérséklete a szennyezők, elsősorban a NaCl és SO₂ tartalma határozzák meg.

Schikkor, Schwarz, Barton, Taylor vizsgálatai bizonyították, hogy a korróziós folyamatok 70 % relatív nedvességtartalom felett indulnak meg erőteljesen. A hőmérsékletnek főleg a levegő relatív nedvességtartalmával összefüggésben van jelentősége.

A vizsgálatok szerint 2 6 7 8 az atmoszferikus korrózió mechanizmusa két fő folyamatra bontható:

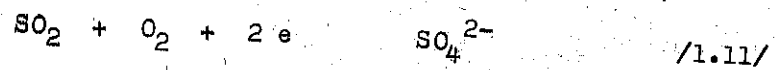
- kémiai - az úgynevezett sav regeneráló és
- elektrokémiai

folyamatra.

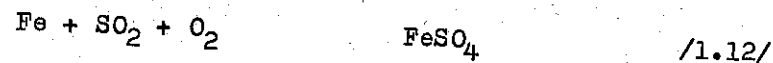
A folyamat első részében a kezdeti oxidréteg kialakulásáig a kémiai folyamat a meghatározó, ezt követően a folyamat alapvetően elektrokémiai. [2]

Az atmoszferikus korróziós folyamat kén-dioxid tartalom és felületi nedvesség jelenlétében röviden a következő.

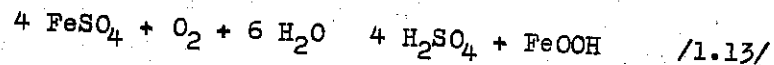
Atmoszferikus körülmények között a fém felületére érkező kén-dioxid molekulák a fém katalikus hatására viszonylag gyorsan szulfát ionokká oxidálódnak.



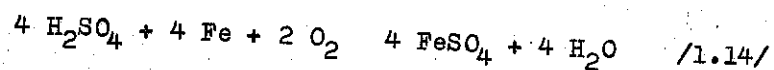
A felületen vasszulfát képződik



a vasszulfát rozsdává és kénsavvá oxidálódik

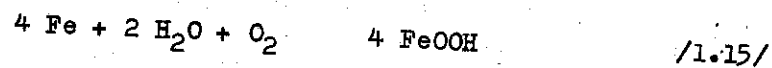


és a kénsav tovább reagál az alapfémekkel



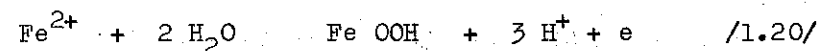
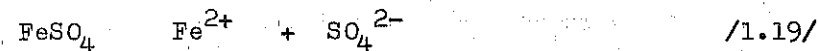
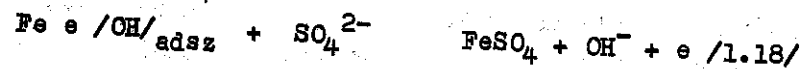
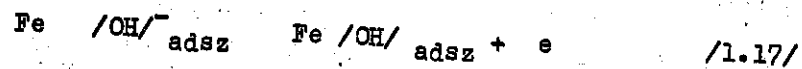
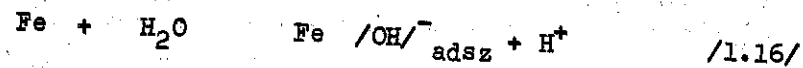
Amennyiben a felületen a szulfátkoncentráció egy kritikus értéket túllép, a folyamat felgyorsul. [6]

Kritikus SO_4^{2-} koncentráció érték alatt /Barton szerint 0,499 g/m²h/ a reakció

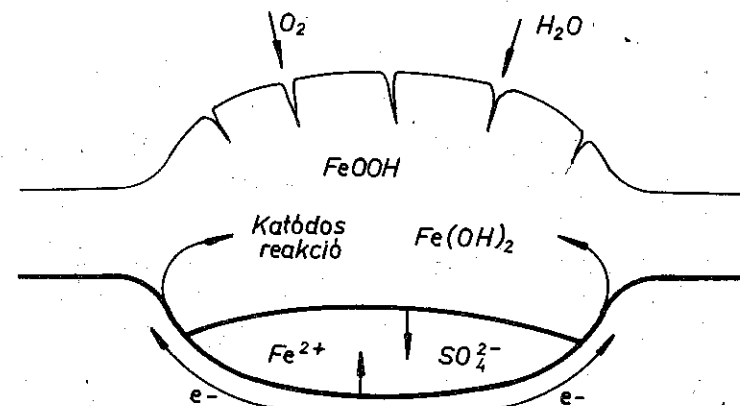


amelynek során passzív réteg képződik a fémfelületen és a korrózió sebesség igen lassú.

A kritikus SO_4^{2-} koncentráció felett a folyamat azonban felgyorsul és a reakció a következők szerint folyik:



Az /1.18/ egyenlet szerinti vasszulfát a rozsdá-fém határfelületén levő úgynevezett szulfátfészekben halmozódik. Itt megy végbe a vas anódos oldódása. A katódos tartomány a fészek külső részén található /1.2 ábra/.



1.2 ábra

Szulfátfészek felépítése Schwarz szerint

A reakciókból látható, hogy a víz az oxidációhoz /kémiai folyamat/ és elektrokémiai folyamathoz egyaránt szükséges. Ez a nedvesség csapadékból és a levegő nedvességtartalmának kondenzálásából keletkezhet. Összefoglalva megállapítható, hogy a korróziósebességet atmoszférában elsősorban

- a levegő relatív nedvességtartalma,
- a levegő relatív hőmérséklete,
- az SO_2 és NaCl szennyeződése határozza meg.

Az acélok korróziós tulajdonságai atmoszférában

A korróziós folyamat hatását légtérben jól jellemzik a korróziós veszteségmérések eredményei /1.1 táblázat/.

1.1 táblázat

Az acél korróziós vesztesége Közép- és Nyugat Európában Steinrath szerint

Környezet	Korróziós veszteség /u/év
Vidéki légtér	4 - 60
Városi légtér	30 - 70
Ipari légtér	40 - 160
Tengeri légtér	64 - 230

A megadott értékek ötvözetlen, illetve gyengén ötvözött szerkezeti acélra vonatkoznak.

Alacsony ötvözésű acélok /Cor-Ten, KORELL /1 % króm, 0,6 % réz és relatív magas foszfor és szilícium tartalommal igen kedvező tulajdonságot mutatnak. A korróziójának mértéke legalább harmada az ötvözetlen acélokénak. Ezek az acélok természetesen nem korrózió-

álló, csak igen lassan korrodálók. Felületükön tömör, nem oldódó rozsdabarna védőréteg képződik az igénybevétel hatására.

Az öntöttvas az atmoszferikus korrózióval szemben jó ellenállást mutat.

A kovácsolt vas korrózióval szembeni ellenállása kb. 25 %-kal rosszabb a gyengén ötvözött szerkezeti acélok ellenállásánál.

Korrózióálló acélok a normál atmoszférában gyakorlatilag nem korrodálnak. A magas kb. 18 % króm, kb. 10 % nikkel és kb. 2 % molibdén tartalom eredményeképpen korróziós igénybevételre felületükön vékony védő oxidréteg alakul ki, amely a korróziót megakadályozza.

1.5 Korrózió a vízben

Az acélok korróziója vízben elektrokémiai folyamat, amelynek lényegét a korábbiakban tisztáztuk.

A különféle eredetű és összetételű vizek elektrolitként viselkednek és a bennük oldott alkotórészek minőségétől és koncentrációjától függ a korrozivitásuk mértéke.

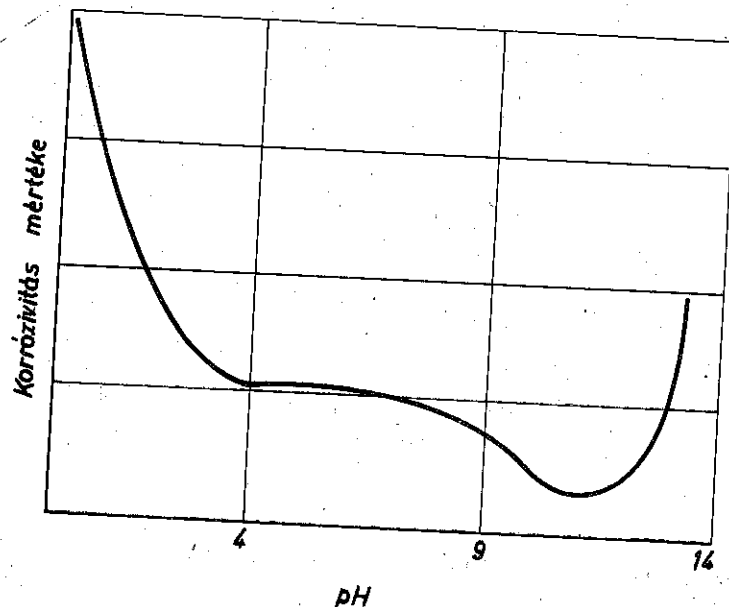
A víz korrozivitását elsősorban befolyásolja:

- pH értéke,
- vezetőképessége, szilárdanyag és oldott gáz tartalma,
- hőmérséklete,
- mozgási állapota,
- lebegőanyag-tartalma.

A pH érték a vízben lévő hidrogénion koncentráció negatív logaritmus.

$$\text{pH} = - \lg C_{\text{H}^+}$$

Tiszta vízben, illetve semleges oldatban a $\text{pH} = 7$, savas oldatban $\text{pH} < 7$, lúgos oldatban $\text{pH} > 7$. A korrozivitás mértékét és a pH összefüggését a 1.3 ábra mutatja.



1.3 ábra

A korrozivitás mértékének változása a pH érték függvényében acélnál.

A korrozivitás, ha $\text{pH} < 4$ erősen nő, a savasság fokozódásával $\text{pH} = 4 - 9$ között közel állandó, $\text{pH} = 9 - 12$ között csökken, $\text{pH} > 12$ -nél ismét fokozódik.

A vezetőképesség a korróziós folyamatot jelentős mértékben befolyásolja, értéke összefügg az elektrolit össz-sótartalmával. Értékét az elektrolit fajlagos ellenállása, illetve annak reciproka jellemzi.

Oldott anyagtartalom

A vizek számos oldott anyagot tartalmaznak. Esővízben nagy mennyiségű széndioxid, oxigén és a levegőben lévő egyéb gáz található. Az esővíz sóban szegény, összetétele közel áll a desztillált vízhez.

A felszíni vizek változó összetételűek, kalciumot, magnéziumot, karbonátot, hidrogénkarbonátot, kevés szulfát és kloridvegyületet, valamint oldott állapotban szabad oxigént és széndioxidot és organikus alkotókat tartalmaznak.

A felszín alatti vizek nagy töménységben tartalmaznak ásványi anyagokat és oldott gázokat.

A közeg korrozivitását az alkotórészek együttes hatása adja.

Az ásványi anyagok közül:

a kloridok és szulfátok, karbonátok, korróziót okozó, a foszfátok és szilikátok, a korróziós folyamat kialakulását akadályozó összetevők.

A természetes vízben oldott kalcium- és magnéziumvegyületek mennyisége határozza meg a víz keménységét.

[13] A vízben oldott valamennyi kalcium- és magnéziumion-mennyiség az ún. összes keménység /jele: ÖK/.

A karbonát /ún. változó/ keménységet a kalcium és magnéziumionok szén-savhoz kötött oldott sói határozzák meg /jele: KK/.

A nem karbonát /ún. maradvány/, illetve állandó keménység a kalcium és magnéziumionok valamennyi egyéb, nem hidrogén-karbonát és karbonátiionokhoz kötött vegyülete /jele: NKK/.

$$\text{NKK} = \text{ÖK} - \text{KK}$$

A víz összes keménységének értelmezése az egyes országokban eltérő. Ezt mutatja az 1.2 táblázat.

1.2 táblázat

A különböző országokban alkalmazott keménységi fokok

K e m é n y s é g i f o k		
Neve		Jele
Német	$1^\circ \text{ n k} = 10 \text{ mg/l}$	CaO
Francia	$1^\circ \text{ f k} = 10 \text{ mg/l}$	CaCO_3
Angol	$1^\circ \text{ a k} = 10 \text{ mg/l}$	$\text{CaCO}_3/0,7 \text{ l víz}$
Amerikai	$\text{ppm} = 1 \text{ g CaCO}_3/1 \text{ millió ml víz, ill.}$ $1 \text{ mg CaCO}_3/1 \text{ l víz.}$	

Megjegyzés: ppm /parts pro million/

A vizek keménységük alapján az 1.3 táblázat szerint csoportosíthatók.

A gázok közül a nitrogén, oxigén, széndioxid és kénhidrogén és kis mértékben ammónia található a természetes vizekben oldott állapotban.

1.3 táblázat

A vízminőségek csoportosítása keménységük szerint

$^\circ \text{ n k}$	A víz minősége
0 - 8	lágy
8 -16	közepesen kemény
16 felett	kemény

A nitrogén jelenléte elősegíti a kavitáció létrejöttét.

Az oxigén a vízben oldva a korróziót erősen növeli. A vízben oldott oxigén 5-10-szer korrozívabb hatású az acélra, mint a széndioxid. Az oldott oxigéntartalom felmúzni vizekben az algák és vízi organizmusok hatására napszakonként is változik, de függ a vízhőmérséklettől is. A hőmérséklet emelkedésével az oldott oxigéntartalom csökken.

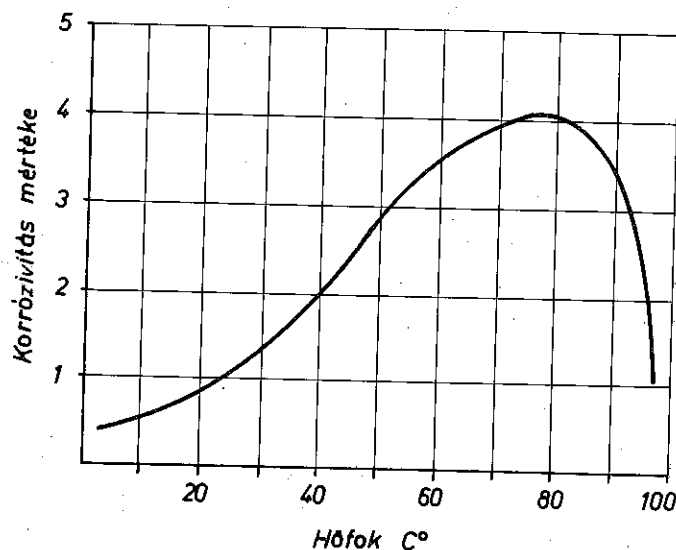
A kéndioxid természetes vizekben az oldott oxigén mennyiségének közel megfelelő nagyságrendben található, mennyisége szoros összefüggésben van az ún. karbonát egyensúllyal, ugyanis a vízben oldott szabad kéndioxid mennyiségét a karbonát és bikarbonát ionok határozzák meg.

A kénhidrogén rendszerint a víz saját szennyezése vagy még gyakrabban szulfátredukáló baktériumok hatására jelentkezik.

Szerves szennyeződések

A vízben élő és a felületre tapadó mikroorganizmusok fajtája és mennyisége a korrózió szempontjából fontos. Hatásukra megváltozik az acélfelületek védőrétegének ellenállása, korrozív környezet és ún. koncentrációs elemek jönnek létre az acélfelületeken.

Hőmérséklet is hatással van a korrózió mértékére. A hőmérséklet hatásának jellegét mutatja az 1.4 ábra, [4] nyitott vízrendszerben.



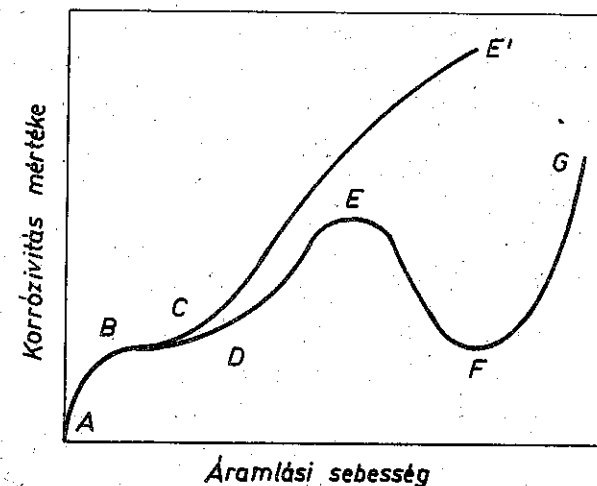
1.4 ábra

A korrózió mértékének változása a hőmérséklet függvényében nyitott rendszerben

Zárt vízrendszerben a változás közel lineáris, ugyanis a hőmérséklet emelkedésével az oxigén tartalom nem

változik. Amennyiben zárt rendszerben a korróziós reakciók az oxigén felesleget elfogyasztják a korrózió itt is csökken.

A vízmozgás, az áramlási körülmények is befolyásolják a korróziós folyamatot, 1.5 ábra.



1.5 ábra

Az áramlási sebesség hatása a korrózió mértékére

Álló vagy közel álló viszonyok az ábra A-B szakasza jellemzi a folyamatot,

lamináris áramlás esetén bizonyos sebességhatár után a folyamat közel lineárisan változik, de meredeksége csökken, B-C szakasz,

turbulens áramlás esetén kevésbé agresszív közeg esetén az ábra DEF szakasza az érvényes, amely a további sebességnövelésnél FG szakasz szerint változik a kavitációs veszély egyidejű jelentkezésével.

Agresszív vizeknél, ahol a korrózió sebessége $20 \text{ mg/m}^2/\text{nap}$ nál nagyobb, a korrózió mértéke a CE' vonal mentén változik.

A víz lebegőanyagtartalma is befolyásolja a korróziós folyamatot. Hatását elsősorban az áramlási körülmények és az oldott anyagtartalom befolyásolják.

Az acélok korróziós sebessége vízben $10-350 \mu\text{m}/\text{év}$ között változik az igénybevételtől függően.

1.6 Korrózió a talajban

A talaj korróziós hatását elsősorban az acélszerkezetet körülvevő talaj fizikai és kémiai jellemzői határozzák meg. A korróziós folyamat elsősorban elektrokémiai. A korrózió szempontjából egyik igen fontos jellemző az oxigéntartalom. Ebben a vonatkozásban megkülönböztünk aerob és anaerob talajokat.

A minősítést jelentős mértékben befolyásolja az időszakonként változó talajvízszint hatása. [10]

Aerob talajok - ilyen a homok, márga -, ahol a levegő és a talajvíz viszonylag könnyen és gyorsan jut a talajban elhelyezett szerkezethez és okoz korróziót.

Anaerob talajok - ilyen a vizzáró agyag, iszap -, ahol a víz és/vagy oxigén nem érhet a talajban elhelyezett szerkezethez, de a szulfát-redukáló baktériumok hatására magas a korróziós veszélyeztetettség.

A talaj korrozivitását meghatározza:

a/ A talaj savassága vagy lúgossága

Rendszerint a savas kémhatású talajok agresszívek, a lúgos kémhatásúak nem agresszívek.

b/ A talaj elektromos ellenállása

Minél nagyobb a talajellenállás, a korrózió veszélye annál kisebb.

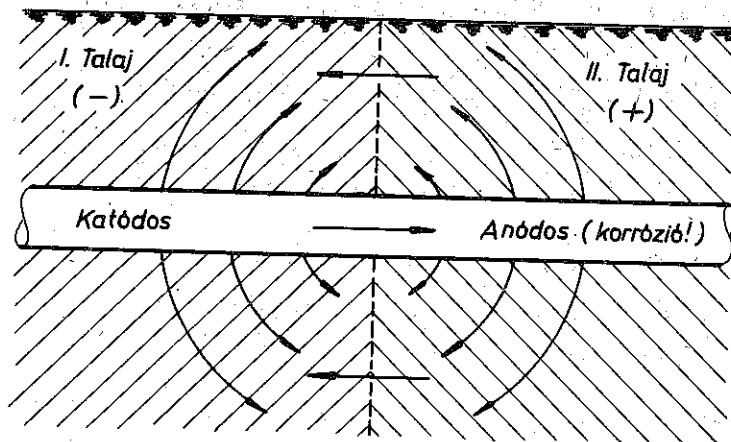
c/ A potenciálviszonyok változása a talajba fektetett szerkezet mentén.

Ezt eredményezheti:

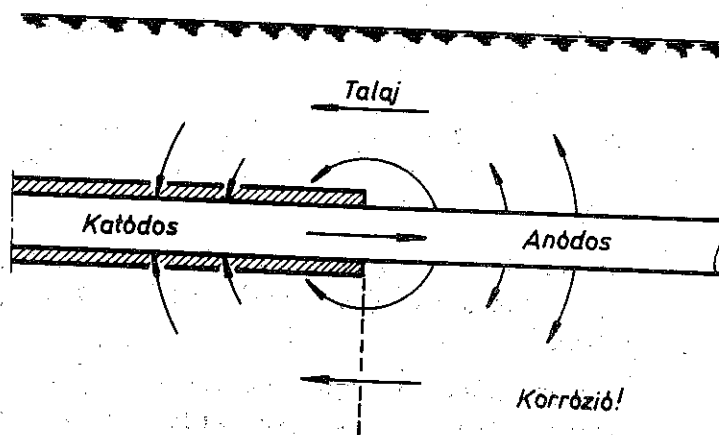
- a szerkezetbe beépített eltérő anyagú fém szerelvény,
- eltérő minőségű talajok keresztezése a szerkezet által, 1.6 ábra,
- védett és nem védett szerkezeti elemek csatlakozása.

Hasonló jelenség játszódik le régi és új vezeték szakasz szigetelés nélküli összekapcsolásakor is, 1.7 ábra.

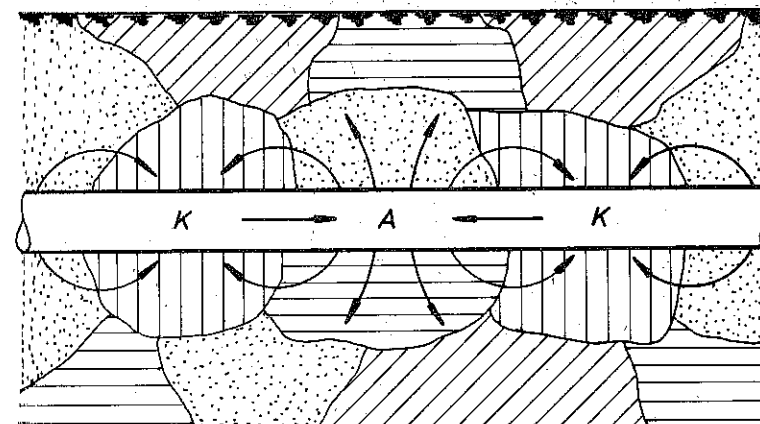
- különböző fizikai és kémiai jellemzőjű talajok elhelyezkedése a szerkezet mentén, 1.8 ábra,
- különbözően levegőző szakaszok váltakozása akár a felszín takarása, akár a talajvízszint változása következtében, 1.9 ábra.



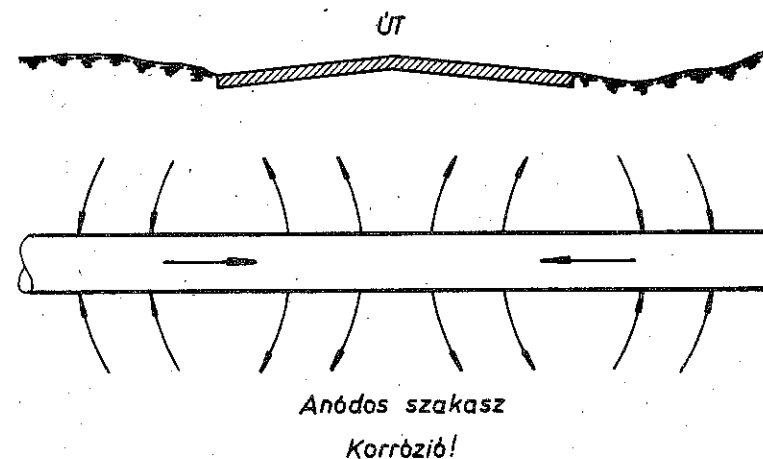
1.6 ábra
Korrózió eltérő tulajdonságú talajok
érintkezésénél



1.7 ábra
Eltérő elektromos tulajdonságú vezetékszakaszok
csatlakozási helyén fellépő korrózió



1.8 ábra
Nem egyenletes minőségű visszatöltés
korróziós hatása



1.9 ábra
Eltérően levegőzött talajszakasz korróziós hatása

2. A KORRÓZIÓVÉDELMI MÓDSZEREK

Az acélszerkezetek korróziójának megakadályozására, illetve csökkentésére számos módszer ismert. Ezek általában a következőképpen csoportosíthatók:

1. Megelőző módszerek: megfelelő anyag kiválasztással és a környezeti feltételek megváltoztatásával.
2. Passzív védelmi módszerek: védőbevonatok alkalmazásával.
3. Aktiv védelmi módszerek: a természetes potenciálviszonyok megváltoztatásával.

A védelmi módszerek önállóan vagy kombináltan kerülnek alkalmazásra. A megfelelő módszerek kiválasztása műszaki és gazdasági vizsgálatok segítségével történhet. A továbbiakban röviden összefoglaljuk az egyes védelmi módszereket.

2.1 Megelőző módszerek

Alkalmazásuk megváltoztatja az eredeti környezeti körülményeket, a korróziós igénybevételt.

2.1.1 Megelőzés az atmoszférában

A korrózióvédelmet biztosító környezeti körülmények megváltoztatása elsősorban a zárt környezeti atmoszférára vonatkozik. Ez történhet, a megfelelő hőmérséklet biztosításával, hogy a szerkezeteken ne jöjjön létre páralecsapódás, légkondicionálással a levegő nedvességtartalmának csökkentésére. A korrózió megelőzéséhez a levegő relatív

nedvességtartalmát 50 % alá kell kondicionálni, de 70 %nál nagyobb relatív nedvességtartalom nem megengedhető. Száritók alkalmazásával is csökkenthető a relatív nedvességtartalom zárt lehatárolható térben.

2.1.2 Megelőzés a vízben

Meghatározott, főleg zárt rendszerek esetén csökkenthető a korrózió a víz kezelésével. A legegyszerűbb esetben a víz összetételének megváltoztatásával biztosítjuk, hogy oldhatatlan védőréteg képződjék a vízzel érintkező acél felületén.

Csökkenthetjük kezeléssel a víz magas oldott oxigéntartalmát, keménységét, kéndioxid-tartalmát, savasságát.

Kis mennyiségű vegyszer adagolással inhibáló hatás érhető el zárt, illetve recirkulációs hűtőrendszereknél. Inhibáló anyagként használhatók karbonátok, kromátok, nitrátok, foszfátok, benzoátok, borátok, szilikátok és hidroxidok. Alkalmazásukhoz minden esetben szakértő tanácsát ajánlatos kérni.

Az inhibitorok hatékonyságát, az adagolás mennyiségét a víz pH értéke is befolyásolja. Az adagolás mennyisége a különböző inhibitoroknál eltérő.

A szükséges inhibitor mennyiséget elsősorban a víz összetétele, áramlási viszonyai, a fémfelület állapota befolyásolja. Az inhibáló kezelés, csak gondos előkészítés és ellenőrzés mellett végezhető. Az inhibitorok túladagolása veszélyes károsodásokhoz vezethet. Problémák adódhatnak inhibitor adagolásnál, ha a rendszerben vas és nem-vas fémek együtt fordulnak elő. Ekkor általa-

ban inhibitor keverékek alkalmazása vezet eredményre. Némely inhibitor mérgező, ezért alkalmazásuk csak megfelelő elővigyázattal végezhető. [4][12]

2.1.3 Megelőzés a talajban

Erősen korrozív talajoknál a talajban elhelyezett szerkezet körül 15-20 cm vastagságú védőréteg képezhető ki alkalikus anyagkeverékből, amely gátolja a korróziót, egyenletesen kedvező viszonyokat teremtve a szerkezet környezetében. A védőréteg töltőanyagának megválasztása kísérletek alapján történik, hazánkban pl. a NEVIKI kollégájára kísérletezett ki töltőanyag összetételt fűtési vezetékek fektetéséhez.

2.2 Passzív védelmi módszerek

A passzív védelmi módszerek védőbevonatok alkalmazásával szigetelik el a fémet a korrozív közegtől.

Az alkalmazásra kerülő bevonatok lehetnek:

- festékbevonatok,
- fémbevonatok és
- kombinált /fém + festék-/ bevonatrendszerek.

2.2.1 A festékbevonatok

Az acélszerkezetek védelmére leggyakrabban festékbevonatokat alkalmaznak. Alkalmazásuk a korrózióvédelem mellett dekorációs célokat is szolgál.

A festékbevonatok megfelelően előkészített felületre felhordott 1 vagy 2 réteg alapozóból, közbenső átvonó

réteg/ek/-ből és fedő festékrétegből állnak. Az előkészített alapfémre kerülő alapbevonat feladata: a megfelelő tapadás elősegítése a további festékrétegek felhordásához, az alapfém korrózióvédelme, amelyet inhibítáló és passziváló pigmenttartalma biztosít.

A közbelső réteg/ek/ feladata, hogy a bevonatrendszer rétegvastagságát növelve fokozza korrózióvédő képességét. Összetétele az alapozó és átvonó festék közé esik.

Az átvonó réteg a bevonatrendszer utolsó befejező rétege. Meghatározza a bevonatrendszer külső megjelenését és hatással van korróziógátló képességére is.

Esztétikai követelmények biztosítására, használnak tapaszolást. A tapaszolás általában a tapaszok csekély kötőanyagtartalma miatt csökkenti a bevonatrendszer mechanikai jellemzőit.

A megfelelően kiválasztott festék-bevonatrendszer élettartamát a felületelőkészítés minősége és a rétegvastagság határozza meg elsősorban.

2.2.1.1 A felületelőkészítés

A bevonatrendszerek jó tapadásának és védőhatásának legfontosabb előfeltétele a gondos és szakszerű felületelőkészítés, amely két műveletből, az oxidmentesítésből és a zsírtalanításból áll.

Az oxidmentesítés célja a felületen lévő rozsa és reve eltávolítása. Az oxidmentesítésre szolgáló eljárásokat a 2.1 táblázat foglalja össze.

2.1 táblázat

Az oxidmentesítő eljárások tájékoztató műszaki és gazdasági adatai
/MI-18100 szerint/

Oxidmentesítő eljárás Tipusa	Megnevezése	Eszköz, működési elv	Alkalmazási terület, Szükséges energia- forrás	Telje- sítmény m ² /ó
1.	2.	3.	4.	5.
Fuvarás száraz szemcsével	Nyílt sugaras	Nagyobb méretű összeszerelt szerkezetek	Nagyobb méretű összeszerelt szerkezetek	3-8
	Szekerényes	Közepes méretű és kisebb alkatrészek	Sűrített levegő	3-6
	Fúvó-visszaszívó /Vaku-Blast rendszer/	Nagyobb méretű összeszerelt szerkezetek		1,5-10
Mechanikai				
Fuvarás nedves szemcsével	Nyílt sugaras /Abrasív, Kaviblast rendszer/	Nagyobb méretű szerkezetek /finomabb felületet eredményez/	Sűrített levegő	3-12
	Szekerényes	Közepes és kisebb méretű alkatrészek	levegő	4-12
Szórás száraz szemcsével	Whee-Labrador szórókerékes rendszer	Automatizált berendezésekben /dúrvább felületet eredményez/	Villamos áram	25-40