

A TOVÁBBKÉPZÉSEN ELHANGZOTT ELŐADÁSOK

	oldal
I. téma: <u>Szerkezeti anyagok feszültségkorróziós kérdései</u>	
Dr.Székely Levente: A feszültségkorrózió jelentősége . . .	3.
Dr.Bödök Károly - Fenyvesi Tamás: Uj módszerek a feszültségkorróziós törési szívósság értékének meghatározására	9.
Dr.Bödök Károly - Fenyvesi Tamás - Dobránszky János: Feszültségi korróziós ipari káresetek	11.
Dr.Kálmán György: Vegyipari feszültségkorróziós kérdések	16.
Takács Sándor: Beton feszítőhuzalok várható feszültségkorróziós károsodása és a hajlam vizsgálatának módszerei	18.
Dr.Bacsokay Antal: Csavarkötések feszültségkorróziója . . .	19.
II. téma: <u>Konverziós bevonatok (foszfát, kromát) kialakítása, minőségének vizsgálata</u>	
Lieber Károly: Hatékony felületkezelő szerek választéka az ITB Hungária Kft-nél	21.
Patzauer Irén: A Hungarobond Kft korszerű felületkezelési eljárásai	21.
Bárándi Ágnes: Triktion foszfátózás alumíniumon, acélon és cinken	27.
Dipl.ing.Peter Keller: Szerves klórozott szénhidrogénmentes foszfátózási eljárás	27.
Mészáros L. - Mészáros G. - Dr.Pirnát A. - Dr.Lendvayné Györik G. - Dr.Lengyel B.: Módszer és mérőműszer foszfátózott acélfelületek borítottságának meghatározására . . .	29.
Mészáros G. - Mészáros L. - Dr.Pirnát A. - Dr.Lengyel B.: Mérési módszer és mérőkészülék fejlesztése kromátbevonatok korrózióvédő képességének minősítésére	29.
Dr.Maleczky E. - Dr.Drozda T.: Alumíniumon konverziós réteg kialakításának kinetikai vizsgálata	29.
III. téma: <u>Ujabb műanyag- és festék bevonatok alkalmazása a korrózióvédelemben</u>	
J.M.Keyman: Cink szilikátok, mint a legsikeresebb és leggazdaságosabb acél alapozók	30.
Dr.Janászik F. - Dr.Király L. - Dr.Lengyel B.: Vízálló és tartósan elasztikus vastagbevonat fém műtárgyak védelmére	31.
Szabó Cs. - Ferenci M.: Kemény polietilén bevonatu csövek gyártása és azok alkalmazása	32.

Az összefüggésből látható, hogy ebben az esetben már nincs szükség összehasonlító közegre sem, a módszer közvetlen méretezésre is alkalmas. Alkalmas még annak eldöntésére, hogy egy adott szerkezeti anyag felhasználása esetén mekkora a megengedhető hibaméret, ebből következően arra is, hogy eldöntsük, üzemelő szerkezetben meglévő hiba a megengedhető, vagy a nem megengedhető kategóriába tartozik.

Vizsgálataink során számos anyagon végeztünk kísérleteket. A hegeszthető acélok, hegesztőanyagok, hegesztett kötések vizsgálatait azért tartottuk mindig fontosnak, mert a bennük visszamaradó sajátfeszültségek következtében fokozott feszültségi korróziós veszélynek lehetnek kitéve. Kutatásaink során sikerült olyan kézi ivhegesztő elektródákat kifejleszteni (pl. EB 6Ni), amelyek - feszültségi korróziós szempontból - nemzetközi viszonylatban is kiváló eredményeket adtak. Végül szeretnénk néhány kísérleti eredményt példaképpen bemutatni.

Anyag	Z_k/Z_o [-]	W_{ck}/W_{co} [-]	K_{ISCC} [MPa \sqrt{m}]
A35	0.22	0.08	45
A34X	0.33	0.18	55
KL2	0.35	0.19	69
52D	0.86	0.59	138
ER 23	0.29	0.12	37
EB 11	0.52	0.43	71
EB 6Ni	0.95	0.90	150
EML5 (AWI)	0.47	0.37	58
VIH-2 (CO ₂)	0.25	0.11	35

Dr. Bödök Károly, adjunktus
Fenyvesi Tamás, tud. ösztöndíjas
 Budapesti Műszaki Egyetem
Dobránszky János, tud. munkatárs
 MTA Fémtechnológiai Kutatócsoport

Feszültségi korróziós ipari káresetek

Ötvözetlen, mikroötvözött és gyengén ötvözött acélok feszültségi korróziót szenvednek többek között nitrátoldatokban, lugokban, karbonát/bikarbonátos közegekben, ammóniában, stb. Feszültségi korróziós szempontból a közegek agresszivitása a felsorolás sorrendjében csökkenő tendenciájú. A következőkben több mint két évtizedes szakértői tevékenység során megismert ipari káresetből mutatunk be néhány jellemző példát.

1. Nitrátban bekövetkező feszültségkorróziós repedés:

Forgó hűtődob 3900x25000 mm, melynek technológiai folyamatból adódó feladata, hogy a belépő 105-130 °C-os MAS műtrágya hőmérsékletét 80-100 °C-ra csökkentse. Az említett műtrágya kb. 80 %-a ammónium-nitrát, nedvességtartalma kb. 1 %. A tervező előírásának megfelelően a hűtődob KL2-es anyagból készült, annak belsejében elhelyezkedő terelőlapátokhoz felhasznált anyag A38B minőségű acél volt. A dob elkészítésekor a kézi ivhegesztést

EB12-es elektródával végezték, a CO₂ védőgázos ivhegesztéshez VIH-2 huzalt használtak, a fedettívű hegesztés FB106/F2 fedőpor-hegesztőhuzal párosítással készült. A tartály utólagos feszültségcsökkentő hőkezelése nem történt meg. Mindezek következtében a repedések százai, ezrei jelentkeztek rövid - fél éves - üzemelés után, a bevezető 6-7 m-es szakaszon, döntően a hegesztett varratok környezetében. A műtrágya hütődobban való előrehaladása során - amit a terelőlapátok biztosítanak - csökken a hőmérséklet és a nedvességtartalom az ellenáramú levegőáramlás következtében. Ez a csökkenés a feszültségkorróziós veszélyt is csökkenti, ami tulajdonképpen magyarázatot ad, miért csak az első 6-7 m-en jelentkeztek a repedések. Azonban az A38 minőségű terelőlapátok végig kiszakadtak.

A lehetséges megoldásoknál figyelembe kellett venni, hogy a gyártási paramétereket, a nedvességtartalmat, a MAS műtrágyát nem lehet megváltoztatni. A feszültségi korróziós veszély csökkentése érdekében a járható út a következő volt: a köpeny anyagát kell megváltoztatni, egyéb intézkedéseket kell hozni és a hegesztési technológiát kell megváltoztatni.

A megrendelő gazdaságossági megfontolásokból a teljes csere helyett a részleges csere mellett döntött. A részleges csere során olcsóbb - rövidebb élettartamu - és, drágább - hosszabb élettartamu - alternatívák lehetőségét vettük fel. Az 52D, a 13CrMo44 és a K038LC plattírozott lemez anyagok közül az ügyben illetékesek az 52D minőségű acélt választották. A javító hegesztéseket EB6Ni kézi ivhegesztő elektródával és Böhler BB 25/Nil-UP por-huzal párosítással, fedettívű hegesztéssel írtuk elő. Utóbbi anyag és technológia hegesztésével készült ömledékfém K₁SCC értéke 121MPa \sqrt{m} . Az üzemelési technológiából adódóan elkerülhetetlen a szerkezet feszültségcsökkentő hőkezelése. A tartály új szakaszát egyben, 600 °C-on, 1-1.5 órás hőntartással, a behegesztett lapátokkal együtt javasoltuk hőkezelni. Ajánlottuk továbbá az eredeti részen lévő varratok helyi hőkezelését is.

2. Lugban bekövetkező feszültségkorróziós repedés:

A magyar szabványos ötvözetlen szerkezeti acélok hegesztett kötéseinek feszültségkorróziós érzékenységének vizsgálatát alapvetően a hazai timföldgyártás ezirányú igénye vetette fel, ill. tette szükségessé. A timföldgyári lugos edényekben hosszú évek óta fellépő feszültségi korrózió okozta repedés - régi nevén lugridegség - a hegesztett varratok környezetében nagy értékű berendezések gyors tönkremeneteléhez vezetett, tetemes anyagi káron túlmenően a közvetlenül üzemeltetők részére baleset, - sőt esetenként életveszélyt okozva.

Igen jellemzők a lugban történt feszültségi korróziós eredetű meghibásodásra a timföldgyártás során a kristályosító bepárlók fűtőcsöveinél bekövetkező repedések. A repedéseken kívül - a nagy hőmérsékletű, tömény lugok következtében - számottevő volt a kopásból adódó kár is, amelyek megszüntetését a megrendelő alapvető célnak tekintett.

A meghibásodott fűtőcsövek anyaga A35, mérete 38x2.5x4665 mm. A besűrített közeg timföldgyári nátronlug volt, 190-200 g/l töménységben, a hőmérséklet 130-138 °C. A meghibásodások a

bepréslés környezetére korlátozódtak. Fraktográfiai vizsgálatok során lyukkorrózióra utaló, közegoldali bemaródásokat, gödrösödést láthattunk, a jellegzetes interkrisztallin töretfelület pedig a feszültségi korrózióra utalt. A károsodás a helytelen anyagmegválasztás következménye volt.

Javaslatunkra a DIN szabvány szerinti Mo45.47 (15Mo3) melegszilárd erőművi acélcsövek beépítésére került sor, mivel ezen csőanyag ellenállása az említett korróziótípusokkal szemben sokkal jobb. Az optimálisabb 13CrMo44-es anyag felhasználásától az akkori beszerzési nehézségek és a magas anyagköltségek miatt kellett elállnunk. Egyébként már voltak korábbi kedvező tapasztalatok, emiatt műszaki és gazdasági szempontból egyaránt megfelelőnek véltük.

Egy másik timföldgyárban is talákoztunk hasonló korróziós meghibásodásokkal. Az üzemelési paraméterek nagyjából azonosak voltak az előző példánál említettel, lényeges különbség csak a lug töménységénél volt, ez esetben 220-260 g/l. Másfél évi üzemelés után kellett kicserélni a kristályosító bepárló beépített fűtőcsöveit, nevezetesen 543 db 45x2.5x11000 mm-es 13CrMo44 varratnélküli acélcsövet. Ennek az acélfajtának fokozottabb az ellenállása a feszültségi korrózióval és a kopással szemben is, mint a Mo45.47 (15Mo3) csőanyagé. A kutatás-fejlesztés során eljutottunk odáig, hogy a feszültségkorróziós veszélyt az alkalmazott anyagokkal elhárítottuk, a csövek élettartamát jelentősen megnöveltük, ám a nagy töménységű lug eróziós hatása által okozott kár került előtérbe.

A továbbiakban az üzem illetékesei célul tűzték ki a kopások további csökkentését. Ennek érdekében tettünk javaslatot a csövek felületkezelésére, nevezetesen a 11 méter hosszúságú csőszakaszok végeinek 25-25 cm-es hosszán történő sófürdős karbonitridálásra. Tekintettel arra, hogy a csővégeknél a közeg áramlása turbulenciával jár, - más részeken pedig nagyjából laminárisnak mondható - ezért elegendő a kezelést csak a csővégekre korlátozni. Ez az eljárás jelentősen megnöveli a csövek élettartamát, tovább javítja a feszültségi korróziós és a kopásokkal szembeni ellenállást. Miután a csővégek rögzítése behengerléssel történt, ügyelni kellett arra is, hogy a kezelést követően a csővégek legalább 10 %-os alakváltozást legyenek képesek elviselni. Emiatt csökkenteni kellett a sófürdős karbonitridáláskor előírt kezelési időt, ami azzal járt, hogy a csőanyag felületi keménysége nem érte el a katalógusban ismertetettét. A duktilis mérőszámok javítása érdekében szükségesnek tartottuk az anyagok megeresztését is.

Az ismertetett technológiával elért eredmények igen biztatóak voltak. A falvastagságcsökkenéssel jellemzett korróziósebesség változása jól jellemzi a kopásállóság értékének változását. A 13CrMo44 szállítási állapotban mért értéke $v_s=1.08$ mm/év volt. 15 perces időtartamu sófürdős kezelés, majd ezt követően 250 °C-on, 1 órás tartamu megeresztést követően $v_s=0.07$ mm/év, amelyhez már elegendően nagy alakváltozás tartozott. Az előbbi kezelést megismételve, majd a vegyületi réteget forgácsolással eltávolítva - amivel a vegyületi réteg elkopását modelleztük -, $v_s=0.26$ mm/év adódott. Közismert, hogy a karbonitridálás a feszültségi korróziós érzékenységet is csökkenti.

A sófürdős karbonitridálás megvalósításához speciális tervezésű kemencére lett volna szükség, melyet a megrendelő már nem finanszírozott. Inkább vállalta az új beruházás sokmillióes költségét, mintsem a műszaki fejlesztés néhány százezer forintos összegét. Talán emiatt nem lehet irásunkban a továbblépésről tájékoztatást adni!?

3. Karbonátos közegben bekövetkező feszültségkorróziós repedés:

Vizsgálatokat végeztünk a SENTAB nyomócsövek feszítőhuzaljainál fellépő törések és bemaródásos felületi korróziós meghibásodások tárgyában. Szakmai illetékességből a fő figyelmet a feszítőhuzalokra fordítottuk, de vizsgáltuk a betont is, annak érdekében, hogy felvilágosítást kapjunk a szóbanforgó beton-betonacél rendszerben a korrózió kialakulására vonatkozóan.

Közismert, hogy a betonacél a betonban általában tartósan védve van a korróziótól, mivel a beton pórusvize legtöbbször alkalikus. A betonacélt tehát egy erősen lugos közeg veszi körül, aminek következtében az acélhuzal felülete repassziválódik. A lugosság a beton kalcium-hidroxid tartalmára vezethető vissza, a passzív hártya szerepe pedig az, hogy az anódos feloldódást meggátolja.

Betonacélban rendszerint a klorid jelenléte, illetve a beton karbonátosodása okoz korróziót. A klorid - már 0,1 %-os nagyságban is - a védőrétegbe beépülve "letöri" a passzíváló réteg ellenállását. A betonacél környezetébe kerülésére több lehetőség van, így például a beton adalékanyagból, pórusvizéből ill. a környezetből. A beton karbonátosodása esetén a levegő ill. a környezet CO_2 tartalma reakcióba lép a betonban lévő kalcium-hidroxiddal, melynek következménye a kalcium-karbonát képződése. A karbonátos beton pH-ja lecsökken, így a védelemre nincs lehetőség.

A betonban lezajló korrózióhoz szükség van vízre ill. oxigénre.

Tekintettel a feszítőhuzalok igénybevételére, esetünkben a feszültségi korróziós repedés, törés gyakori.

A vizsgált anyagok kémiai összetétele, mechanikai tulajdonsága az előírásoknak megfelelőek voltak. A fraktográfiai vizsgálatok során szivós töretfelületen kívül láthatóak voltak interkrisztallin részek is. Ez egyértelműen a feszültségi korrózió jelenlétére utalt. Lassu szakító vizsgálatokat végeztünk karbonátos ill. klorid ion tartalmu közegekben, valamint NH_4NO_3 oldatban. Azt is megállapítottuk, hogy a vizsgált huzalok anyaga bemetszésre igen érzékeny.

Az eddigi vizsgálati eredmények nem adtak magyarázatot a kialakult korróziós károsodásokra, ezért azt ki kellett terjeszteni a korróziós termékre, továbbá a beton bizonyos összetevőire. Megbizonyosodtunk a korróziós termékekben a klorid 0,1 %-os jelenlétéről. Maga a beton nem tartalmazott kloridot, az csak kívülről juthatott el a feszítőhuzalokig. Feltételezésünk szerint fontosabb szerep volt a korrózió kialakulásában, hogy a beton a korrózió kialakulásának helyén karbonátosodik. Erről nagyon egyszerű, fenolftaleines oldattal való kezeléssel győződünk meg.

Röntgendiffrakciós módszerrel vizsgálva a CaCO_3 jelenléte 10-15 % volt. A korróziós terméknek sósavval történt kezelése után megállapítást nyert, hogy a felületen szulfátredukáló baktériumok is jelen voltak, erre utalt az észlelt kén-hidrogén jellegzetes szaga. A szulfátredukáló baktériumok egyébként mikrobiológiai korróziót okoznak.

Összefoglalásként látható, hogy ebben a példában ugyan a feszültségi korrózió részt vett, de a bekövetkezett károsodásnak nem ez volt a fő okozója.

4. Ammóniában bekövetkező feszültségkorróziós repedés:

Vidéki hűtőházban egy 324x8 mm-es ammóniás szivócső varratának felrepedéséből következően történt baleset. A repedés hirtelen, robbanásszerűen következett be. A tervező a csövezeték anyagául A35 minőségű acél felhasználását írta elő. Megjegyezzük, hogy a tervezéskor érvényben lévő szabvány nem írta elő az acél csillapítását, ami feszültségkorróziós veszélynek kitett szerkezetek esetében minimum követelmény. A csövek hegesztése pedig ER23 rutilos elektródával történt, vékonyabb csövek esetén PANAUT A34 lánghegesztő pálcát használtak. Mindkét hozaganyag rossz ellenállású a feszültségi korrózióval szemben.

Már a szemrevételezésnél kiderült, hogy a kivitelező durva hibát követett el a hegesztés során, mivel a csöveket leélezés nélkül hegesztette össze. A felrepedt varrat esetében a kialakult hegesztett kötés a falvastagság 30-60 %-a volt. A fraktográfiai vizsgálatok során rideg - pontosabban kvázi-rideg - és interkristallin töretfelületeket találtunk.

A ridegtörési hajlam megállapítása érdekében a K_{IC} törési szívósság és a W_C fajlagos törési munka értékeit határoztuk meg +20 és -40 °C-os hőmérsékleteken az alapanyagon kívül a hegyanyagokon is. Ömledékanyagokon elvégeztük az ellenőrző Charpy vizsgálatot is. A feszültségi korróziós vizsgálatokat a lassuszakító módszerrel végeztük. Ezek a vizsgálatok számszerűleg is alátámasztották a felhasznált hegesztőanyagok alkalmatlanságát, az ilyen típusú felhasználásra.

A javítóhegesztések az általunk előirt technológiával és hozaganyaggal történtek. Az EB6Ni kézi ivhegesztő elektróda kifejlesztése csak ezután kezdődött meg, amely speciálisan feszültségi korróziós ellenállás szempontjából történt, bár figyelemre méltó a ridegtöréssel szembeni ellenállása is.

Az említett példák természetesen csak egy kis töredéke az elvégzett kutató-fejlesztő munkáinknak, amelyeknél már a tervezés során figyelemmel kellett volna lenni a feszültségi korróziós veszélyre. Remélhetőleg egyre több káresetről sikerül majd bizonyítani, hogy feszültségi korróziós eredetű és ezek tanulmányozása során egyre jobban felkészülhetünk ezen veszélyek elhárítására.