

KORRÓZIÓÁLLÓSÁG MINŐSÍTÉSE KÉPELEMZŐ SZOFTVER ALKALMAZÁSÁVAL

CORROSION RESISTANCE QUALIFICATION BY APPLICATION OF IMAGE ANALYSIS SOFTWARE

Bagyinszki Gyula¹, Losonci Kálmán²

¹Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Magyarország, 1081 Budapest, Népszínház u.8, bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu

²ÉLINVEST Kft., Magyarország, 1184 Budapest, Lakatos u. 61-63, losoncikalman@gmail.com

Abstract

In this paper we investigate corrosion behaviour according to an example of the surface treated base metal and TIG-welded joints of X2CrNi18-9 austenitic stainless steel. For the evaluation of the corrosion tests we used not traditional methodologies.

Keywords: *pitting corrosion, stainless steel, TIG welding, ferric chloride, image analysis*

Összefoglalás

Cikkünkben a X2CrNi18-9 anyagminőségű ausztenites korrózióálló acél példája kapcsán vizsgáljuk a felületkezelt alapanyag és a TIG-eljárásvaltozatokkal hegesztett kötések korróziós viselkedését. Ezen korróziós vizsgálatok kiértékeléséhez olyan metodikát alkalmazunk, amely eltér az eddig használt módszerektől.

Kulcsszavak: *pitting-korrózió, korrózióálló acél, TIG hegesztés, vas-klorid, képelemzés*

1. A korrózió érintett problémaköre

A hegesztési hőfolyamat során, a korrózióálló acélok hegesztett varrtaiban, illetve azok hőhatásövezetében megváltozik a szövetszerkezet, az ötvözőelem-eloszlás módosul, krómban elszegényedett zónák jönnek létre, a passzíváló ötvözőtartalom a rezisztencia határ szintje alá kerül, s ezzel gyengül a korrózióállóság. Így az autogén (hozaganyag nélküli), illetve alapanyaggal megegyező hozaganyagú hegesztésnél a korrózióállóság nem éri el azt a szintet, mint egy magasabb Cr, Ni és Mo tartalmú hozaganyag használatakor.

A varratban és környékén mikroszegregáció, szekunder fáziskiválás, ötvözők egyenlőtlen eloszlása, rekrisztallizációs szemcsedurvulás, ötvöző kiégés mehet végbe. A kötés korrózióállóságát befolyásolják még a hőkezelés, az üzemi hőmérséklet, a maradó feszültségek, üzemi feszültségek is. A korrózió megjelenési formái ausztenites korrózióálló acélok hegesztett kötéseiben: szemcseközi korrózió, szegregációs korrózió, pitting- és réskorrózió, feszültségkorrózió lehetnek. Ezek közül a továbbiakban a pitting-korrózióval foglalkozunk.

2. Pitting-korrózió és vizsgálata

A varratban és hőhatásövezetében - ahol az ötvözőtartalom lecsökkent - előfordulhatnak pitting-korróziós bemaródások, melyek általában kloridos közegben jelentkeznek:

- hozaganyag nélküli hegesztés esetén,
- alacsonyabb Mo-tartalmú ötvözeteknél,
- alapanyaggal megegyező összetételű hozaganyag használata okán,
- ha nagy hőbevitelű hegesztést követően eldurvult szövetszerkezet alakul ki.

A pitting-korróziós ellenállás egyenérték vagy PREN (Pitting Resistance Equivalent Number) olyan mutatószám, ami korrózióálló acélok kloridos közeggel szemben mutatott pitting-korróziós ellenállását fejezi ki: $PREN = 1 \cdot Cr\% + 3,3 \cdot Mo\% + 16 \cdot N\%$. A magasabb PREN érték jobb ellenállást jelent és a képletből adódik, hogy a Mo hatékonyabban növeli a pitting korróziós ellenállást, mint a Cr. A króm viszont nélkülözhetetlen a passzív oxidfilm kialakulásához.

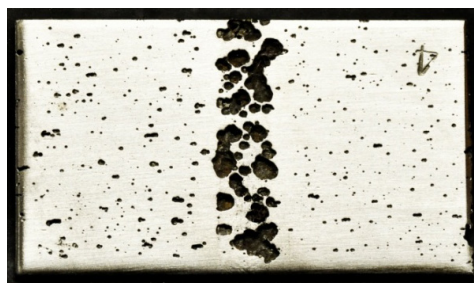
A vizsgálat során egy erősen savas környezetet szimulálnak. Az alkalmazott közeg 6%-os $FeCl_3$ oldat, melyben 24...72 óráig tartják a próbatest(ek)et. A vizsgálatot környezeti vagy 50 °C-os hőmérsékleten végzik. A vizsgálat befejeztével meghatározzák a tömegvesztésüket, majd a megtisztított felületen vizsgálják a pitting-korróziós nyomok méretét, alakját és sűrűségét (eloszlását).

3. Kísérleti és minősítési metodika

Célunk a „nyers” ill. a felületkezelt alap-anyag és a különböző TIG-eljárásváltozatokkal, technológiai paraméterekkel elkészült hegesztett kötések pitting-korróziós viselkedésének összehasonlítása. A korróziós vizsgálatokhoz 40 x 70 mm-es darabokat (középen a varrattal) munkáltunk ki gépi lemezollóval, hegesztett kötésként egyet-egyét.

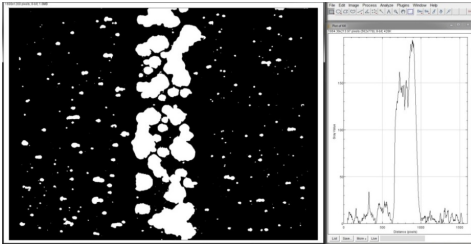
További próbadarabokon különböző, a rozsdamentes acélokhoz gyakran használt felületcsiszolási eszközöket használtunk. Ezen előkészítés után a korróziós vizsgálat rögtön megkezdődött, az elvékonyított oxidfilmnek nem volt ideje teljesen visszaépülni.

Korrózív közegként 6%-os vasklorid (III) oldatot használtunk, az ASTM International G46-94 szabvány ajánlása szerint. A próba-teszt 20±2 °C-on, 72 óráig voltak az oldatban. A kiértékelés viszont nem az ASTM G48-as szabvány szerint történt, hanem újszerű megközelítéssel éltünk és képelemző szoftvert vettünk igénybe. Az oldatból kivett próbadarabokat mechanikai és vegyi úton megtisztítottuk, hogy a korróziós nyomok láthatóvá váljanak (1. ábra).



1. ábra. Hozaganyag nélküli hegesztett kötés korróziója

A varratok koronaoldalán, azokkal párhuzamosan mértük a bemaródások átlagos felületét, százalékos eloszlását, külön a hőhatásövezeten belül és külön azon kívül. A próbadarabokról nagy felbontású digitális fényképeket készítettünk, melyeket tovább javítottunk a kontraszt kiemelésével. A teljes kontrasztosság (csak fekete és fehér képpontok) elérése lényeges szempont a mérési pontosság javításához. A kontraszt-kiemelés után képelemző szoftverrel „mértük” a sötét/világos képpont-arányt a varratvonallal párhuzamosan (2. ábra).



2. ábra. Szürkeárnyalat számítás képelemzővel

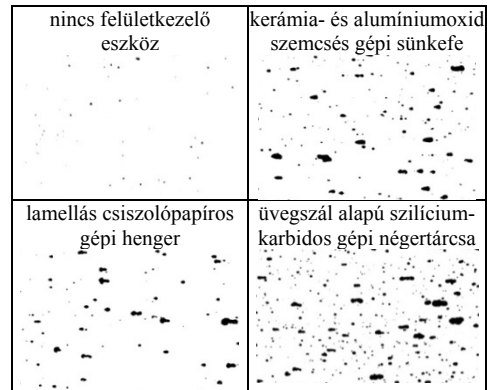
A képeket az *ImageJ* nevű szoftver *PlotProfile* parancsával elemeztük. A program az y tengely mentén átlagolja a szürkeárnyalat értékét. A szürkeárnyalat értékei RGB színekódban 0-255 között változnak a feketétől a fehérig. Ahhoz, hogy százalékos értéket kapjunk, át kell váltani a szürkeárnyalat értékeit (256=100%). Mivel eredetileg a fekete jelentené a 0%-ot, ezért a kép inverzét kell képeznünk. Az eredményeket diagramban ábráztuk, az x tengelyen a varratól mért távolságot adtuk meg milliméterben, az y tengelyen a korrodálódott felületarányt százalékban.

A kiválasztott képen *Threshold* paranccsal körvonalaztunk minden egyes foltot, majd az *Analyze Particles* paranccsal megmértük a felületüket. A program automatikusan sorszámozza a foltokat és táblázatba rendezi a felületük méretével együtt. A program a kiválasztott körvonalokon belüli képpontok számát adja meg, amit a felbontás ismeretében mm^2 -re kell váltani.

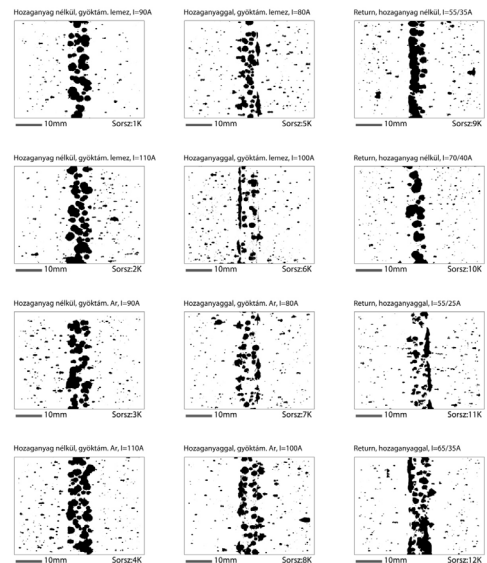
A „nyersen” hagyott próbadarab korróziója elhanyagolható, viszont az erősebb mechanikai felületkezelés erősebb korróziót okozott (3. ábra), ami összefüggésbe hozható az oxidfilm elvékonyításának mértékével.

A réz alátétlemezes autogén hegesztésű kötések (1, 2) korróziója a varrat közep-tengelyén a legerősebb, az argonos gyök- védelemmel készültek (3, 4) nem mutatnak lényeges különbséget (4. ábra). Minden esetben már a beolvadási zónán kívülről

megindul a korrózió felerősödése, ami a varratfém ötvöztartalmának változásával hozható összefüggésbe.



3. ábra. Felületkezelt darabok korróziója

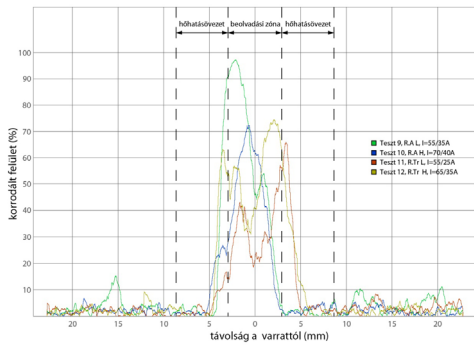


4. ábra. Pitting-korrózió a varratok koronaoldalán

A hozaganyaggal végzett egyoldali hegesztett kötések (5, 6, 7, 8) korróziója szintén a beolvadási vonalban a legerősebb, de a korrózió csúcsértékei eltolódtak a beolvadási vonal széle felé, ahol az alapanyag részlegesen átolvad (4. ábra). A

hozaganyag Cr-tartalma nem nagyobb, mint az alapanyagé, de tartalmaz Mo-t is, ami tovább növeli a pitting-korróziós ellenállást: $PREN_{\text{alapanyag}} = 18,3$; $PREN_{\text{hozaganyag}} = 26,5$.

„Return” (két oldalról egyidőben hegesztő) eljárásvaltozattal készített hozaganyag nélküli próbadarabok (9, 10) korróziója a varrat középvonalan a legnagyobb. Hozaganyag alkalmazás (11, 12) után hasonló eredményeket kaptunk, mint az egyoldali hegesztések esetében: varratfém viszonylag alacsony korróziója, beolvadási vonal szélénél „késél” korrózió. Az 5. ábra a vizsgálati eredmények közül a „Return” hegesztések korróziós görbéit ábrázolja.



5. ábra. „Return” hegesztések korróziós görbéi

Az egyoldali autogén hegesztés beolvadási vonalának korróziója a legmagasabb és szélesen kiterjed a varraton kívül is. A kétoldali „Return” hegesztéseknél csak a beolvadási vonalban erősödik fel a korrózió, ami a keskenyebb hőhatás-övezet eredménye.

A hozaganyagos egyoldali hegesztéseknél a beolvadási zóna korróziója alacsonyabb és a varrat középvonalan a legkisebb, de ugrásszerűen növekvő korrózió jellemzi a beolvadási vonal szélét. Az 1. táblázat összefoglalja a pitting-korróziós nyomok adatait.

1. táblázat. Hegesztett kötések pitting-korróziós adatai

Hegesztett próbadarab sorszáma	Hőhatásövezetben				Hőhatásövezeten kívül			
	Pitting-korróziós nyomok száma [db/cm ²]	Korrodált felület [mm ²]	Korrodált felület [%]	Pitting-átlagos felület [mm ²]	Pitting-korróziós nyomok száma [db/cm ²]	Korrodált felület [mm ²]	Korrodált felület [%]	Pitting-átlagos felület [mm ²]
1.	12,8	161,1	31,4	2,4	27,1	16,0	1,4	0,1
2.	14,2	194,9	37,9	2,6	39,9	34,6	2,9	0,2
3.	14,8	165,4	32,2	2,2	51,4	34,2	2,9	0,1
4.	14,2	200,1	38,9	2,7	54,1	35,4	3,0	0,1
5.	22,8	129,3	25,2	1,1	39,7	31,2	2,6	0,2
6.	28,4	112,3	21,9	0,8	78,6	37,3	3,2	0,1
7.	23,2	108,8	21,2	0,9	40,5	30,0	2,5	0,1
8.	27,2	151,4	29,5	1,1	41,3	33,5	2,8	0,2
9.	12,1	160,9	31,3	2,6	56,8	41,0	3,5	0,1
10.	14,0	117,8	22,9	1,6	56,2	22,6	1,9	0,1
11.	19,9	111,2	21,6	1,1	42,4	27,2	2,3	0,1
12.	21,0	143,0	27,8	1,3	35,4	22,0	1,9	0,1

4. Következtetések

Noha az alapanyag ellenálló, hegesztés ill. felületkezelés alkalmazása miatt a korróziós ellenállás jelentősen romlik. A hőhatás-övezeten belül autogén eljárásnál nagyobb felületű pitting-nyomok képződtek, mint a hozaganyagok esetében.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] A. J. Sedriks: *Corrosion Resistance of Stainless Steels and Nickel Alloys*, 2003.
- [2] J. R. Davis: *Corrosion of Weldments*, ASM International Materials Park, Ohio, 2006.
- [3] Haraszti Ferenc, Kovács Tünde: *Kontakt korrózió vizsgálata*, Paper 59 Proceedings of 8th International Engineering Symposium at Bánki (ISBN: 978-615-5460-95-1), 2016
- [4] Stephen D. Cramer, Bernard S. Covino: *ASM Handbook - Corrosion: Fundamentals, Testing and Protection*, 2003.
- [5] ASTM G 46-94 szabvány: *Standard Guide for Examination and Evaluation of Pitting Corrosion*, 2005
- [6] Nickel Development Institute: *Guidelines for the welded fabrication of nickel-containing stainless steels for corrosion resistant services - Series No. 11007*, 1994.