

Dobránszky János\*

## Új trendek a rozsdamentes acélok hegesztőanyagai terén

Amint azt az e cikket megalapozó, a Hegesztéstechnika előző számában megjelent dolgozatban szerzőtársaimmal hangsúlyoztuk, a rozsdamentes acélok gyártása és alkalmazása terén nagyon jelentős átalakulások mentek és mennek végbe az európai piacon. Teljesen természetes, hogy az alapanyagok világában lezajló átalakulásoknak jelentkezniük kell a hegesztőanyagok világában is, és ezt igyekeztünk szemléltetni a korábbiakban bemutatott példákkal. Ebben a cikkben főleg a hegesztőanyagok és a különleges hegesztési eljárások fejlődése terén lezajlott jelentős átalakulásokról mutatok be néhány jellemző fejleményt, továbbá a hazai hegesztőanyagpiacra tett rövid bepillantás alapján szerzett tapasztalatokat ismertetem.

### Az egészségvédelmi szempontok hatása

A tömör huzalok elterjedése a bevonatos elektródákkal szemben az egyik legegyszerűbb módja a „füstmentesítésnek”, de természetesen a gyártók nem ezzel intézik el az egészségügyi normáknak való megfelelést. A hegesztőanyagok fejlesztésének egyik jelentős hajtóereje a károsanyag-kibocsátás mérséklése. E téren elsősorban a krómvegyületekre, de itt is a Cr(VI) vegyületeire irányul a figyelem. Abban a hegesztőanyag-fejlesztésben, amelyet az Ohio State University kutatói végeztek, kidolgoztak egy gyakorlatilag Cr-mentes hegesztőanyag-családot a legelterjedtebb ausztenites típusok hegesztésére [1]. A nikkelalapú Ni-5Cu, Ni-5Cu-3Mo, Ni-5Cu-3Mo-1Pd, Ni-5Cu-1Pd ötvöztetésű hegesztőanyagokat bevonatos elektródaként és porbeles huzalként tesztelték. A palládium növeli a lyukkorrozíós ellenállást (PREN) és az áttörési potenciált, de meglehetősen drágítja az egyébként sem olcsó nikkelötvözetet. Emiatt a fejlesztők a Pd-nak az elhagyásával egy Ni-Cu-Ru-Al-Ti ötvöztetésű, 8% rezet és 1,4% ruténiumot tartalmazó változatot is kifejlesztettek [2]. A porbeles huzallal való hegesztéshez 5% hidrogéntartalmú argont javasolnak

védőgázként: ezzel megszüntethető a felület szennyeződése.

A hegesztési füstben lévő króm rákkeltő hatása egyre inkább felismert kockázattá válik – amiben az oktatás és a szakmai fórumok is sokat segítenek [3] –, és remélhetően a rozsdamentes acélok és hegesztőanyagok forgalmazó és felhasználó vállalatok is kellő súlyt helyeznek a megfelelő védelemre. A kockázatot aligha lehet eltúlozni, ugyanis a mérési eredmények szerint az 1. táblázatba foglalt, nagyon jelentős veszélyesanyag-kibocsátási adatok jellemzik az egyes hegesztési eljárásokat [4]:

Természetesen az elektróda-, fedőpor- és porbeleshuzal-gyártók átdolgozták a receptjeiket a károsanyag-kibocsátás csökkentése érdekében, és ennek eredményeiről a hazai hegesztőanyag-forgalmazók is beszámolnak a szakmai közvéleménynek: pl. az Oerlikon rozsdamentes elektródáknál a felére csökkentették a füstki-bocsátást és negyedére annak Cr(VI)-tartalmát [5]. Ugyancsak elkezdődött az elszívóberendezések és az elszívós MÍG-pisztolyok megismertetése és elterjedése a hazai vállalatoknál, de ezek beruházásigénye nem túlzottan vonzó.

	Típus	Füst (g/kg)	Cr (%)	Cr(VI) (%)	Mn (%)	Ni (%)
Bevonatos elektróda	E308L-15	11,3	3,4	1,7	2,4	0,22
Bevonatos elektróda	E316L-15	15,6	3,1	2,3	2,4	0,24
Bevonatos elektróda	E316L-16	8,2	5,0	4,1	5,0	0,4
Bevonatos elektróda	E410-16	12,8	7,5	n.a.	5,2	0,1
Huzal	E316L-Si	4,7	11,0	0,2	5,0	4,8
Huzal	E316L-Si	4,0	13,4	0,2	12,6	4,9
Porbeles	E316LT-3	5,2	5,1	2,7	4,8	4,7
Fémporos	E316LT1,2,3	3,5	11,7	0,2	9,3	4,7

1. táblázat. Rozsdamentes hegesztőanyagok károsanyag-kibocsátási adatai [4]

### A védőgázos eljárások

A hegesztőanyagok mellett a védőgázok terén is folyamatosan jelentkeznek az új fejlesztések eredményei, pedig talán azt gondolnánk, hogy a gázok terén már nemigen van új a nap alatt. A semleges gázok terén újrafogalmazódott a nitrogén szerepe: a korábban megszokott „segédgáz”, „gyökformálógáz” kategóriából az argon és a hélium mellé emelkedett nem csak a duplex acélok, hanem az ausztenites acélok, különösen a hosszvarratos csövek hegesztésénél [6,7]. E nagy tömegben gyártott terméket tiszta argonnal hegesztve a koronaoldal nagyon széles, a dermedés után konkáv, míg a gyökoldal akár átolvadási hiányok is keletkezhetnek. A varratvonalnak a tengelyiránytól való eltérései (cikcakkosság) jelentőssé válhatnak, különösen, ha az alapanyag Ca-tartalma (kalciumtartalma) meghaladja a 20–30 ppm értéket. A tapasztalatok szerint a nitrogén hozzáadása a védőgázhoz kedvező varratlakot és egyenes varratvonalat biztosít, mivel semlegesíti a tiszta argon használatakor a varratkorona közepén képződő salakban akár a több tízezerszeresre (!) dúsuló Ca, valamint a szintén extrém módon dúsuló Al és Si kedvezőtlen hatását.

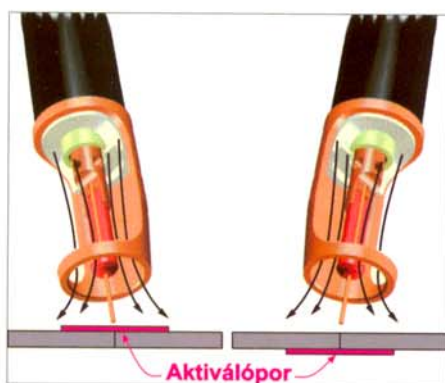
A porbeles huzalok elterjedése a rozsdamentes acélok terén is egyértelmű kapcsolatban áll termelékenységnövelési hatásukkal. A Lincoln Global, a világ egyik legnagyobb hegesztőanyag-gyártója a porbeles huzaljai töltőanyagaként cirkónium-oxid–rutil–szilícium-dioxid bázisú porokat szabadalmaztatott, amelyekben a cirkon/rutil arány 1,5% és a fő komponensek közé tartozó kvarc (6,5%), illetve sziliko-titanátok (10,2%) mellett nagy számú egyéb komponenst variál a különféle receptúrákban [8]. A hegesztéshez 75–80% Ar és 25–20% CO<sub>2</sub> keveréket javasol.

A volfrámelektródás, semleges gázos hegesztések (WSG) kapcsán a következő fejezetben említet az aktiválóporos hegesztés (ATIG) lehetőségeit a vastag lemezek leélezés nélkül, egyetlen réteggel történő hegesztésére. Az aktiválópor alkalmazása a fogyóelektródás eljárásokban is megjelent – ez az ún. AMIG-hegesztés –, és érdekessége, hogy az aktiválópasztát nem csak a koronaoldalra, de a gyökoldalra is fel lehet vin-

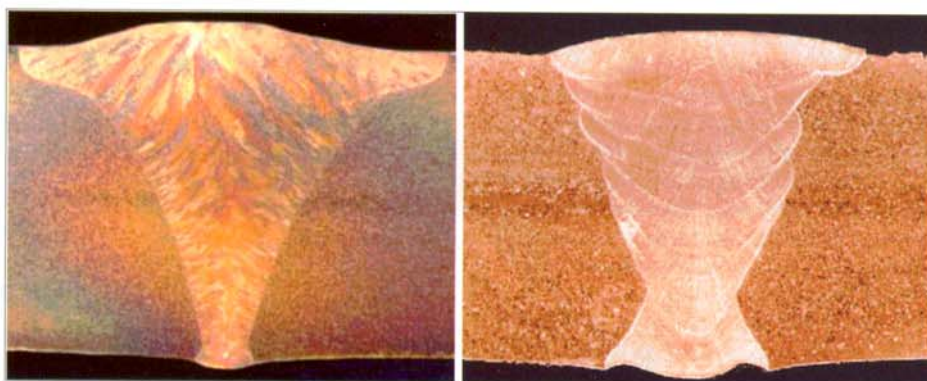


ni az eljárást szabadalmaztató kutatók megoldásában (1. ábra) [9]. A titánnal stabilizált ausztenites rozsdamentes acélokhoz (X18H10T) a következő paramétereket dolgozták ki: 0,030–0,060 g/cm<sup>2</sup> mennyiségű aktiválópor, amely 30–40% CaF<sub>2</sub>, 10–25% NaF, 20–30% SiO<sub>2</sub>, 2–10% MnO<sub>2</sub>, 5–15% NiO és 2–10% LaO<sub>2</sub> alkotókat tartalmaz.

Ausztrál kutatók dolgozták ki mintegy 10 éve a rozsdamentes acél vastag lemezek nagy termelékenységű és nagy tisztaságú varratainak készítésére az ún. K-TIG (keyhole-modality GTAW), más-ként HIPROTIG hegesztési eljárást, amely a volfrámelektrodás hegesztés kulcslyuk módszerű, nagy termelékenységű



1. ábra. Az aktiválóporos (-pasztás) fogyóelektrodás hegesztés kétféle változata [9]



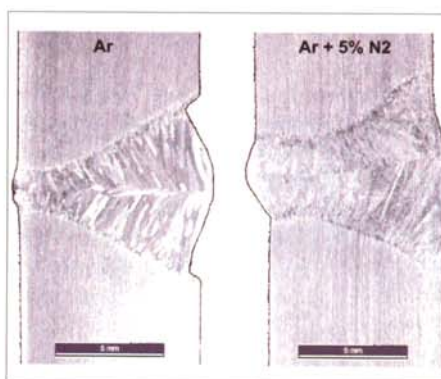
2. ábra. Kulcslyuk (a), illetve hagyományos technikával (b) készített varrat keresztmetszetének makroszerkezete [10]. Anyag: AISI 304, vastagság: 12 mm. K-TIG: 50g/m huzal, 1 varratsor varrat, 300 mm/perc sebesség, az ív égési ideje: 3,3 perc/m TIG: V-varratos leélezés, 1000 g/m hegesztőanyag, 7 varratsor, 200 mm/perc sebesség, az ív égési ideje: 35 perc/m

W-elektroda csúcshöze	45°
Elektrodakinyúlás	8 mm
Védőgáz (Ar vagy Ar+5%N <sub>2</sub> )	20 liter/perc
Gyökvédőgáz	20 liter/perc
Áramerősség	550 amper
Feszültség	17 volt
Hegesztési sebesség	505 mm/perc
Ívhosszúság (W-csúcs távolság)	1 mm
Pisztolydöntési szög	Nulla fok

2. táblázat. AISI 304 ausztenites acél K-TIG hegesztésének jellemzői [11]

változata. A kulcslyuk effektus a nagy ívnyomás és a felületi feszültség egyensúlyának következménye, azonban a folyamat stabilitása nem magától értetődő következmény; az ezt biztosító, kívülről is hűtött hegesztőpisztoly kifejlesztése jelenti az eljárás egyik fontos elemét. Akár 1000 amperes áramforrás is táplálhatja a 6,3 mm átmérőjű W-elektrodát. A K-TIG eljárás előnyei a következők [10]:

- egysoros varrat hegeszthető 16 mm lemez-, illetve falvastagságig (2. ábra),
- a lemezek, csövek leélezése nem szükséges,
- jelentős mértékű hegesztőanyagigénycsökkenés vagy akár hegesztőanyag nélküli alkalmazhatóság,



3. ábra. A védőgáz-összetétel hatása a K-TIG hegesztéssel készült varrat alakjára

- a hegesztési sebesség 50%-os növekedése,
- a hegesztési idő kb. 90%-os csökkenésre,
- csekély füstképződés,
- automatizálhatóság.

Mindennek köszönhetően a K-TIG eljárás versenyképes a fedettív hegesztéssel, sőt, a varrat minősége terén kifejezetten előnyt mondhat magáénak azzal szemben. Különösen jól működik az eljárás a kis hővezető képességű anyagok, pl. az ausztenites rozsdamentes acélok hegesztésénél – PC helyzetben is – vagy a titánnál, amelynek a többsoros / többretegű varratait mindig fokozottan fenyegeti a gázfelvétel miatti varratkárosodás [11].

A duplex acélok hegesztésénél előnyös az a tény, hogy a W-elektrodás eljárással készíthető a legkisebb oxigéntartalmú varrat. Az eljárást sikeresen alkalmazzák magnézium és cirkónium hegesztésére is [12]. 8 mm vastag, SAF 2205 anyagminőségű duplex rozsdamentes cső PC helyzetben való hegesztéséhez a 2. táblázatban látható paramétereket alkalmazták, a védőgáz hatását a 3. ábra érzékelteti.

## Trendek a duplex acélok hegesztésében

A leginkább elterjedt típusnak a 22% Cr, 5% Ni és 3% Mo ötvözesű típus számít, amelynek a hegeszthetőségét és a korrózióállóságát egyaránt tekintve a hőhatásövezet ferrittartalmának a megfelelő értéken tartása az első fontos feladat. Az Industeel francia kutatói által bemutatott kutatások arra irányultak, hogy bármilyen hűléssebesség és hőbevitel esetén is csökkentsék a hőhatásövezet szélességét és az abban kialakuló ferrittartalom maximumát [13]. Ebben a munkában is nagy szerep jutott a fémteni folyamatok modellezésének, amely célra a Formulinox programot használták; ennek segítségével optimalizálták a szabvány adta kereteken belül az Uranus 45N alapanyag (4. ábra) kémiai összetételét, aminek köszönhetően a 5. ábrán látható módon alakul a hőhatásövezet ferrittartalma a hőbevitel, illetve az egyenértékű hőbevitel függvényében.

A 2 kJ/mm hőbevitellel végzett hegesztési kísérletek értékelését metallográfiai módszerekkel végezték el; a 10N-os NaOH-val végzett maratás és Liechtenegger–Bloech-féle színezés a 6. ábrán látható szövetet tárta fel a hőhatásövezetben.

A varratfém ferrittartalma jelentősen változik a védőgáz nitrogéntartalma



függvényében, ami természetes, hiszen a nitrogénről közismert, hogy erős ausztenitstabilizáló elem. A nitrogén hatása nyilvánvalóan annak függvénye, hogy mennyi oldódik be az acélba az ömledék létideje alatt, és ebből mennyi marad meg ténylegesen a megszilárdulás és lehűlés végére. A lassú lehűlés



4. ábra. Az UR45N duplex acél mikroszerkezete [13]

hatására a nitrogénnel nagy affinitást mutató krom nitrideket képezhet, amely folyamat csökkenti a szilárd oldat oldott nitrogéntartalmát, az ausztenittartalmat és végső soron a korrózióállóságot is. Az optimalizált összetételű UR45NLF acél varratfémében a ferrittartalom nitrogén adalék nélküli gázzal, W-elektrodás hegesztéssel hegesztve is 70% alatt maradt, a nitrogénes gázkeverékben pedig 59%-ra csökkent (7. ábra).

A duplex acélok aktiválóporos hegesztését elemezve Ar+5% N<sub>2</sub> gázt alkalmaztunk védőgázként, illetve gyökvédőgázként. Azt tapasztaltuk, hogy az ATIG-hegesztésnél a nitrogén lényegesen erélyesebben hat a szövetszerkezetre, mint a WSG- (TIG-) hegesztésnél, ugyanis a ferrittartalom mintegy 15%-kal kisebb értékre, jóval 50% alá csökkent a kísérleti anyagokban [14] (ennek a kuta-

tásnak a befejezését követően a részletes eredményeket külön is bemutatjuk a Hegesztéstechnika olvasóinak).

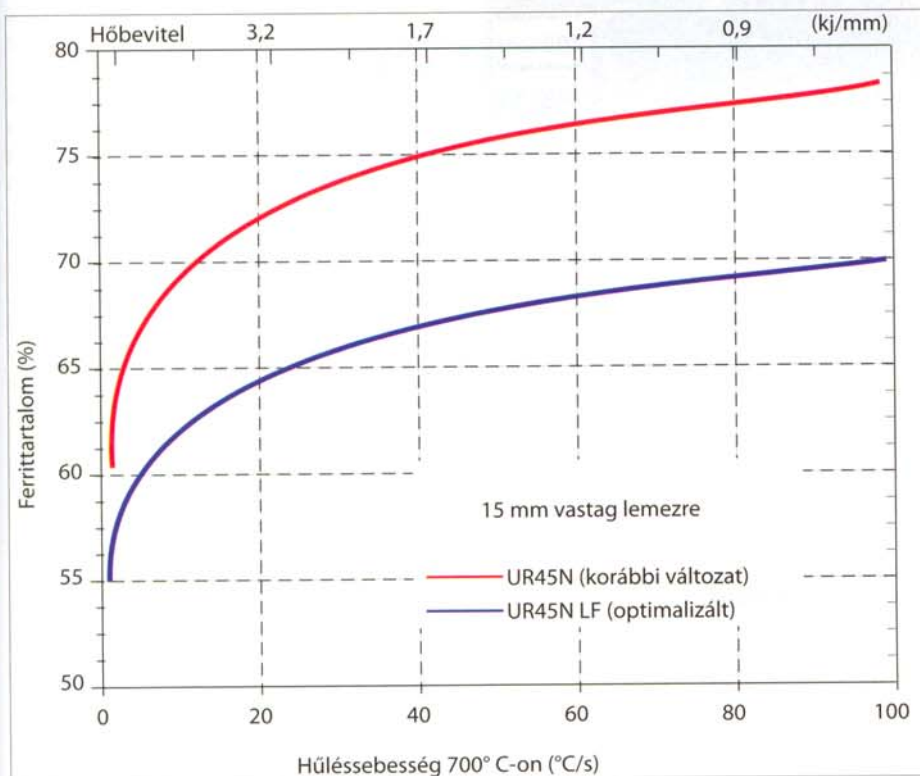
A jelen cikk első részében már említettük, hogy a nagy nikkell- és molibdénár-robbanás ellenére a Sandvik kifejlesztette a SAF2707HD márkajelű hiperduplex acélját és hozzá az optimális hegesztőanyagot is, amely a 27.9.5.L néven szerezhető be. A fő ötvözők a jelölésből következő mennyiségben vannak jelen a hegesztőanyagban, és rajtuk kívül még meg kell említeni a 0,01% C-, a 0,3% N- és az 1% Co-tartalmat. A hegesztési varrat szilárdsága és lyukkorróziós ellenállása (PREN, pitting index) lényegesen nagyobb, mint a 2507-es acélon 25.10.4.L hegesztőanyaggal készült varratoké. A szívósságot jellemző ütőmunka -60 °C-on is 150 J felett marad a volfrámelektrodás (WSG-) hegesztésnél, de a fedettívű hegesztésnél 40 J alá csökken [15].

## A Ni-szegény duplex acélok hegesztése

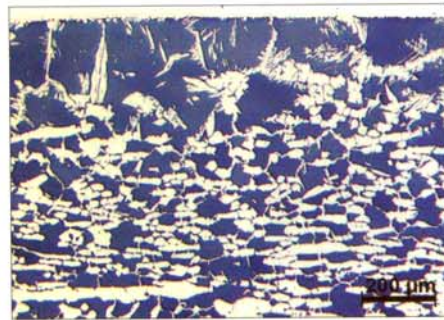
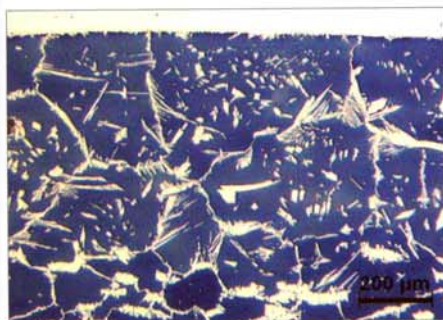
A duplex acélok legújabb nemzedékének reprezentánsa az Outokumpu által kifejlesztett és egyre sikeresebben forgalmazott Ni-szegény duplex acél, az LDX2101 (1.4162). A hegesztett duplexacél-szerkezetek esetében alapvető elvárás a korrózióállóság mellett a kellő mértékű szívósság, amelyet azonban a nagy ferrittartalom jelentősen rontani képes: hasonló effektus jelentkezik, mint a ferrites acélokban, amelyeknél közismert a szívós-rideg átmeneti hőmérséklet (DBTT) létezése. Az elrögzítés ellen a ferrittartalom szigorú korlátozása szükséges, ezt pedig a varratfémekben a nikkelt növelt értékével biztosítják („túlötvozés”).

Az LDX2101 acél és a hegesztőanyagainak tipikus összetételét mutatja a 3. táblázat, amelyből jól látható, hogy az Avesta által kifejlesztett LDX2101 hegesztőanyagok igen nagy Ni-tartalmúak: ennek oka az, hogy a varratban csak ekképpen lehet biztosítani a megfelelő mennyiségű ausztenitet és a kellő szívósságot [16]. A hegesztési paramétereiket a 4. táblázat tartalmazza.

A többsoros / többretegű kötéseknél megfigyelhető, hogy az ismételt újrahevítésnél a ferriszemcséken belül tűs ausztenit keletkezik, és kis mennyiségű krom-nitrid is kialakulhat. Szakítóvizsgálatnál a szakadás helye mindenkor az alapanyagban található. A szívós-rideg átmeneti hőmérséklet (DBTT vagy TTKV) 27 J ütőmunkahatáránál erősen a varrat javára alakul (-93 °C), 40 J követelmény esetén pedig lényeg-



5. ábra. A ferrittartalom változása a hőbevitel függvényében [13]



6. ábra. Az eredeti és az optimalizált UR45N acél hőhatásövezetének mikroszerkezete: ferrittartalom (sötétre színeződött fázis) 78%, illetve 68% [13]



gében azonos az alapanyagra és a varratfémre: -51–54 °C. A mechanikai tulajdonságok hőmérsékletfüggését a 8. ábra összesíti.

A duplex acélok hegesztőanyagainak kémiai összetételére az a jellemző, hogy az ausztenitképző ötvözők (különösen a nikkel) mennyisége jelentősen meghaladja annak az alapanyagnak a Ni-tartalmát, amelyhez a hegesztőanyagot

kifejlesztették. Ennek az oka a túl nagy ferrittartalom elkerülésének biztosítása. A lehülés közben képződő kiválások is erősen befolyásolják a szövetszerkezetet, ezért a „sovány” (lean) duplex acélok hegesztőanyagainak fejlesztésében is fontos szerepet kap a kényes mikroszerkezeti egyensúly biztosítása. A Ni-szegény („sovány”) duplex alapanyagok öt éve történt kifejlesztésé-

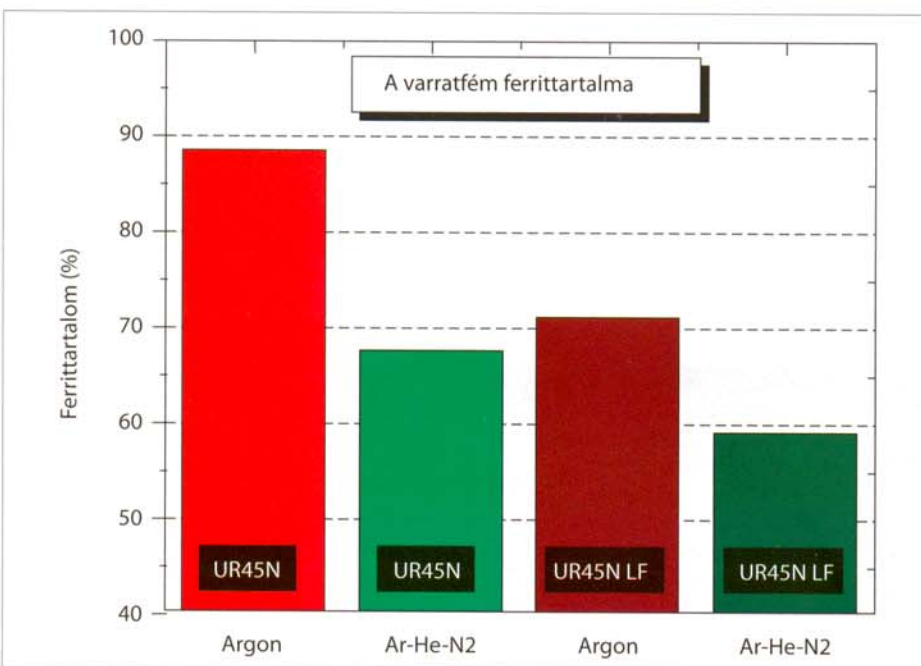
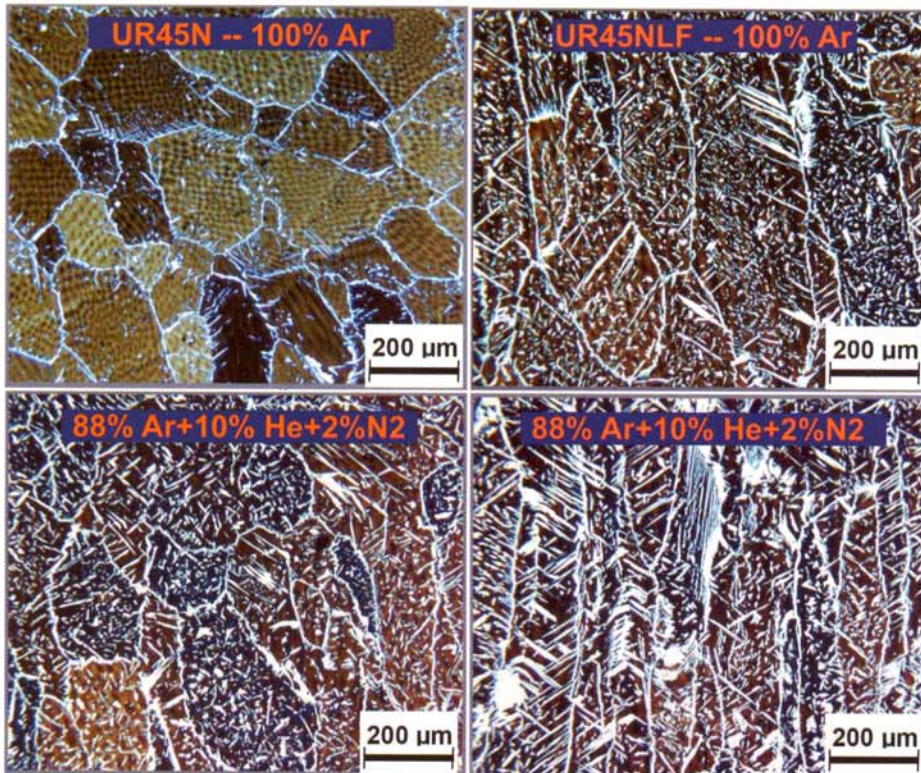
ben úttörő szerepet játszó Outokumpu szinte az alapanyag kifejlesztésével egyidejűleg biztosította az LDX2101 anyagához a 23–25% Cr- és 7,3–9,0% Ni-tartalmú hegesztőanyagokat: az Avesta 2005 februárjában jelentette be, hogy az Outokumpu LDX2101 acéljához minden kategóriában biztosítja a hegesztőanyagokat.

A többi nagy hegesztőanyag-gyártó is nekilátott a fejlesztésnek: a Böhler (amely 2005 őszén az Avesta Weldinget is megvette) éppen a napokban (2008. október 21-én) jelentette be, hogy kifejlesztette az LDX acélokhoz alkalmas saját hegesztőanyagait. A Esab is évek óta dolgozik ezen a típuson, azonban még nem fejezte be a fejlesztést. Fejlesztőmérnökei két fontos ötvöző, a nitrogén és a vanádium hatását ismertetik a fejlesztési eredményekből [17], amelyeket fogyóelektródás hegesztési kísérleteik során szereztek. Az  $Ar+O_2$ ,  $Ar+He+O_2$ , illetve  $Ar+He+N_2$  védőgázokban képződő varratfémek N-tartalma jelentősen eltér, és így a ferrittartalom is nagyon erősen eltérhet a varratkoronában (68%) és a gyökben (26%). A fedettív hegesztés anyagainak fejlesztésénél szerzett tapasztalatok szerint a vanádium 0,5–2,0%-os ötvözése a hegesztőanyaghoz rendkívüli módon kihat mind a szövetszerkezetre (9. ábra), mind pedig a ferrittartalomra, mivel a vanádium nemcsak ferritképző, de erős nitridképző is, tehát leköti az erős ausztenitképző nitrogént. A WRC'92 szövetdiagram és a hozzá rendelt krómegyenérték-számítás ezért igen erősen téves eredményre vezet, ha az N-ötvözésű duplex acélok szerkezetét szeretnénk előre jelezni. A vanádium mindemellett erősen növeli a szilárdságot és csökkenti a szívósságot.

Itt jegyzem meg, hogy miként a ferritszám meghatározására használt WRC'92 diagram felett is eljárni látszik az idő, úgy a lyukkorróziós ellenállást kifejező „pitting index” esetében is egyre inkább bebizonyosodik, hogy nem lehet figyelmen kívül hagyni az eredeti PRE számításánál felhasznált Cr és Mo melletti további ötvözőket. Ahogyan a nitrogén PRE(N) vagy a volfrám PRE(W) bekerült ebbe a számításba, Rondelli és Speidel kutatásai szerint figyelembe kell venni a C, Mn és Ni hatását is (az utóbbi kettőt például negatív előjellel!) [18].

## A hegesztőanyagok hazai piacának néhány jellemzője

A magyarországi hegesztőanyag-piacon az alapanyagok terén elindult változások



7. ábra. A varratfém mikroszerkezete hegesztőanyag nélkül készített varratoknál; lemezvastagság: 20 mm, hőbevitel: 1,7 kJ/mm, hűléssebesség 700°C-on: 41°C/s [13]



következtében ténylegesen jelentkező hatásokat azzal próbáltam szondázni, hogy egy nagyon hevenyészett körkérdeztív intéztem a hazai piac reprezentatív szereplőjéhez, akiknek ez úton is köszönetet mondok a tájékoztatásért.

Az első kérdés arra vonatkozott, hogy érzékelik-e a hegesztőanyagok piacán a ferrites rozsdamentes alapanyagok fokozódó térnyerését. Erre a kérdésre szinte egyöntetűen az volt a válasz, hogy nem. A ferrites rozsdamentes hegesztőanyagok részaránya a teljes rozsdamentesacél-forgalomhoz képest a 0–3% intervallumban mozog, egy kivétellel: az ESAB a Magyarországot is magába foglaló régióban több, mint 50 tonna ferrites rozsdamentes huzalt forgalmazott az elmúlt évben. A többi cégnél a ferrites hegesztőanyagot kereső vevő – ahogyan az egyik forgalmazó fogalmazott – ritka, mint a fehér holló.

A másik kérdés arra irányult, hogy az ausztenites acélok csoportján belül mekkora a Cr-Ni-Mn ötvöztetésű hegesztőanyagok aránya. Ebben a vonatkozásban a nagynak nevezhető – évi több tonna feletti mennyiségű ausztenites hegesztőanyagot forgalmazó – cégek között a Hegpont és a Kasamas 30% körüli mennyiséget ad el, a Böhler 10–15%-ot, a többiek jóval kevesebbet. Minden eladó jelezte, hogy a vevők zöme vegyes kötésekhez, javítóhegesztéshez és felrakóhegesztéshez használja az AWS A5.4 E307-15 minőségnek megfelelő hegesztőanyagot, nem pedig Cr-Mn ötvöztetésű alapanyagokhoz.

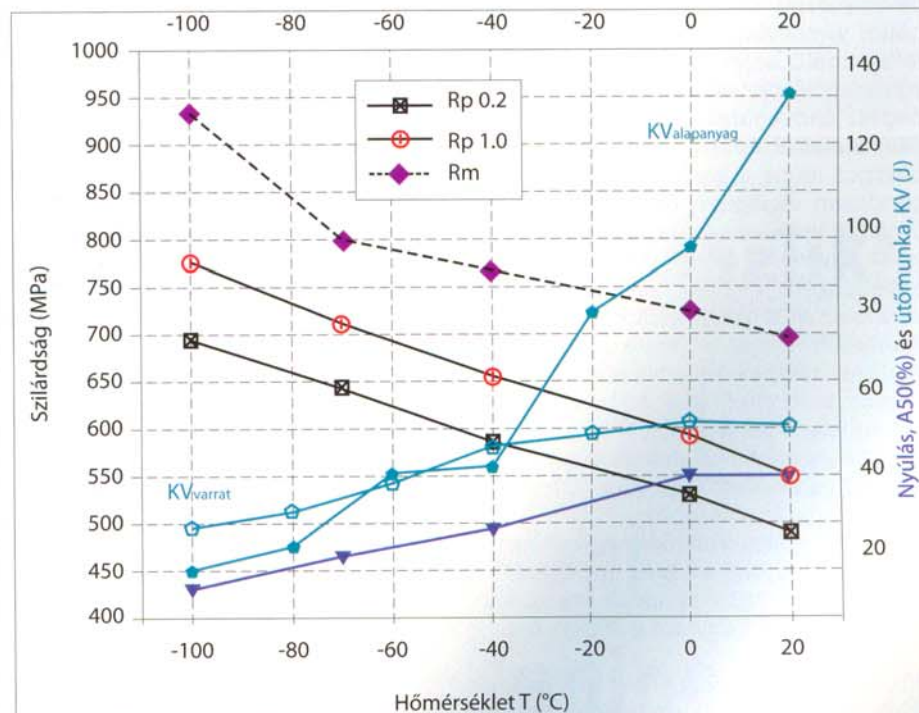
További fontos adalék a magyar hegesztőanyag-piacon zajló folyamatok jellemzéséhez, hogy a porbeles huzalok részesedése ebben a kategóriában is számottevően bővül. A huzal minden eladónál nagyobb arányban fogy, mint a bevonatos elektróda: az egyik legnagyobb forgalmazónál, a Böhlernél pl. 2:1 a huzalok javára. A huzalokon belül a porbeles huzalok aránya több cégnél is meghaladta a 10%-ot, a Böhlernél pedig a 20%-ot, amire méltán büszkék. Van olyan

	Cr	Ni	Mo	Mn	N	C	Si	P	S	Cu
<b>LDX2101 alapanyag</b>	21,5	1,60	0,29	4,92	0,23	0,032	0,66	0,025	0,001	0,28
<b>Bevont elektróda</b>	24,9	8,97	0,13	0,83	0,13	0,020	0,61	0,019	0,011	0,078
<b>Porbeles huzal</b>	24,1	7,35	0,21	0,69	0,13	0,045	0,72	0,032	0,012	0,220

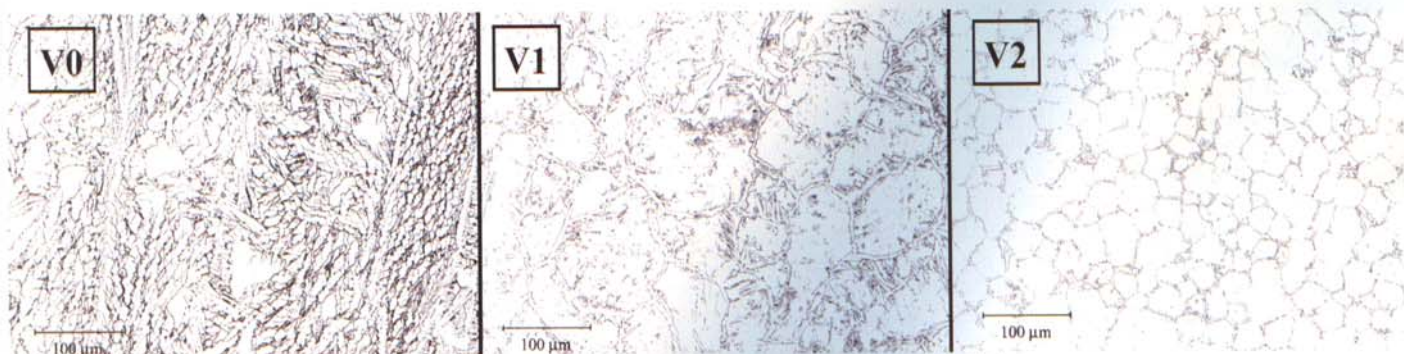
3. táblázat. Az LDX2101 duplex acél és a hozzá kifejlesztett Avesta hegesztőanyagok kémiai összetétele [16]

	Elektróda, 3,25 mm	Porbeles huzal, 1,6 mm
<b>Áramerősség (A)</b>	117	230-260
<b>Feszültség (V)</b>	28	31
<b>Sebesség (mm/s)</b>	3,7	4,5-6,2
<b>Hőbevitel kJ/mm)</b>	0,9	1,3 – 1,6
<b>Védőgáz, 20–25 liter/perc</b>		Ar + 25% CO <sub>2</sub> + 0,03% NO

4. táblázat. Az LDX2101 duplex acél hegesztőanyagainak alapparaméterei [16]



8. ábra. LDX2101 acél és mechanikai tulajdonságai a hőmérséklet függvényében. A varratfém 20°C-on:  $R_{p0,2} = 515 \text{ MPa}$ ,  $R_{p1,0} = 569 \text{ MPa}$ ,  $R_m = 697 \text{ MPa}$ ,  $A_{90} = 37\%$



9. ábra. A vanádium hatása a varrat szövetszerkezetére [17]

vevő, aki főleg azért részesíti előnyben a porbeles huzalt a tömör huzallal szemben, mert a porbeles huzalt „nem viszik el kerítésnek”, de nyilvánvaló, hogy a hegesztéstechnológiai előnyök – nagyobb teljesítmény, kisebb fröcskölés, pozícióhegesztésre való alkalmasság – a meghatározók. Egyes forgalmazók beszámoltak arról, hogy a tömör és porbeles huzalok világszerte erősödő előretörése miatt egyre több bevonatos elektródákat gyártó sort állítanak le, amelyeket adott esetben a nagy gyártók viszonylag olcsón felvásárolnak, a tartalék kapacitásai bővítése érdekében.

Ami a hazai piacon jellemző értékesítési árakat illeti, ebben a tekintetben szándékosan nem tettem fel kérdést a forgalmazóknak, az árszinyokat ugyanis olyan fontos kérdéskörnek tartom, hogy azt egy alapos felmérés keretében kívánom elemezni, nem pedig egy hevenyészett körkérdezővel. Mindazonáltal viszonylag sok hegesztőanyag-felhasználó számolt be a különféle konferenciákon, szakmai fórumokon a hegesztőanyagárak terén szerzett tapasztalatairól, és ez is arra mutat, hogy hasznos lenne a kérdéskört a jövőben gondosan elemezni. Az árakkal kapcsolatos konkrét adatok öt forgalmazó (ezek egyike – a megkérdezettek közül egyetlenként – válasz nélkül hagyta a kérdéseimet is és egy korábbi hivatalos ajánlatkérésemet is) közötti összehasonlítást tesznek lehetővé a leginkább forgalmazott elektródák és huzalok terén, amelyek lényege röviden:

- A 308-as típusú elektródák ára (változattól és átmértől függően) 3000 és 7000 Ft/kg között mozog.
- A 309-es típusú elektródák ára mintegy 50%-kal nagyobb a 308-as típusokénál.
- A 310-es típusú elektródák ára mintegy 100%-kal nagyobb a 308-as típusokénál.
- A tömör huzalok terén 80–110%-os árkülönbségek is előfordulnak
- A vevők számára fontos a jó minőség tudata, és egy bevált szállítót csak több tíz százalék árelőny esetén cserélnek le, de az áru melletti szakmai szolgáltatás esetén még ekkor sem. Ha viszont hiányos a szolgáltatás, pl. egy ajánlatkérésre nem kapnak hétélig választ, akkor nincs az az olcsóság, amely miatt ne váltana szállítót.
- A vevők között viszonylag széleskörű információcsere zajlik, és gyorsan terjednek a hírek. Van olyan cég, amelyet pl. gyanús eredetű áruk szállítójának ismernek. Van olyan vevő, amelyik ellenőrizteti az árukhoz kiadott műbizonylatokat, és talált már az ellenőrző mérésektől

jelentősen különböző műbizonylattal szállított árut.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondok az értékesítési tapasztalatok megosztásáért Bognár Katinak (Rév és Társai Hegesztéstechnika), Deák Attilának (Centrotool), Kálmán Ivánnak (Hegpoint), Sándor Tamásnak (ESAB), Szabó Péternek (Air Liquide), Tóth Károlynak (Böhler), Vágvölgyi Gábornak (Kasamas) és Zólyomi Péternek (Corweld).

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Frankel GS, Lippold JC: Chromium-free welding consumable. US7425229, 2008-09-16
- [2] Frankel GS, Lippold JC: Chromium-free welding consumable. US2008/0173701A1, 2008-06-24
- [3] Gremesperger Géza: A hegesztők egészségvédelme. XII. Nemzetközi Hegesztési Konferencia, Budapest, 2008. május 15-16. BMF 2008\_6b\_Gremesperger.pdf
- [4] Henning L, Kinsey J: Development of Particulate and Hazardous Emission Factors for Electric Arc Welding (AP-42, Section 12.19), Revised Final Report, May 20, 1994
- [5] Szabó P, Takács Z: Hegesztési füst és károsanyag képződés csökkentése célszerűen megválasztott hegesztési paraméterekkel és hegesztőanyagokkal. www.airliquide.hu (2007) [2008. október 23.]
- [6] Kimura Y, Igarashi Y: Welding shield gas and welding method. EP1464438A1 (2004-10-06)
- [7] Ochiai T, Igarashi Y, Kimura Y, Sato T: Influence of Shielding Gases on Bead Winding Phenomenon made by Automatic Pipe Welding. Taiyo Nippon Sanso Technical Report, 23 (2004) 67-72.
- [8] Kotecki dj: Electrode and flux for arc welding of stainless steels. US6,339,209B1 (2002-01-15)
- [9] Saidov RM, Duniachin S, Mourton H, Saindrenan G: MIG welding method of articles from construction metals (A-MIG). WO 00/32345 (8 June 2000)
- [10] Francis J: Manufacturing and Infrastructure Technology. Keyhole Gas Tungsten Arc Welding. (2005), www.ligo.caltech.edu/docs/G/G050548-00/G050548-00.pdf (2008. 10. 25.)
- [11] Smith JO, Mueeler SM, Volpone LM: Weldability of an austenitic-ferritic 1.4462 (SAF 2205) steel on tubular products using GTAW in keyhole-modality (K-TIG). In: Duplex 2007 International Conference & Expo, 18-20 June 2007, Grado, 25.pdf
- [12] Lathabai S, Jarvis BL, Barton KJ: Keyhole gas tungsten arc welding of commercially pure zirconium. Science and Technology of Welding & Joining, 13 (2008:6) 573-581
- [13] Fanica A, Bonnefois B, Gagnepain JC: Welding duplex stainless steels: recent improvements. In: Duplex 2007 International Conference & Expo, 18-20 June 2007, Grado, 40.pdf
- [14] Dobranszky J, Sandor T, Nagy-Hinst A, Eichhardt G, Gyura L: Weld pool characteristics of ATIG-welded joints. In: Duplex 2007 International Conference & Expo, 18-20 June 2007, Grado, 74.pdf
- [15] Stenvall P, Holmquist M: Weld properties of Snadvik SAF 2707 HD. In: Duplex 2007 International Conference & Expo, 18-20 June 2007, Grado, 04.pdf
- [16] Sieurin H, Westin EM, Liljas M, Sandström R: Fracture toughness of welded commercial duplex stainless steel. In: Duplex 2007 International Conference & Expo, 18-20 June 2007, Grado, 69.pdf
- [17] Karlsson L, Gillenius C, Arcini H, Bergquist EL: Alloying concepts for lean duplex stainless steel weld metals. In: Karjalainen P, Hertzmann S (eds.): 6th European Stainless Steel Conference, June 10-13 2008, Helsinki,
- [18] Schwind M, Falkeberg F, Johansson E, Larsson J: Properties of various low-nickel stainless steels in comparison to AISI 304. Stainless Steel World, 20 (2008 March) 66-77.

Dobranszky János\* (MTA–BME Fémtechnológiai Kutatócsoport, Budapest)