

**DUPLEX KORRÓZIÓÁLLÓ ACÉL DURVALEMEZEK  
HEGESZTÉSE****WELDING OF DUPLEX STAINLESS STEEL THICK PLATES**Uzonyi Sándor<sup>1,a</sup>, Asztalos Lilla<sup>1,b</sup>, Dobránszky János<sup>2,c</sup><sup>1</sup>BME, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék  
1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. Magyarország; +36 70 2487278,<sup>2</sup>MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport  
1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3. Magyarország; +36 1 4631934

a) uzonyi.sandor90@gmail.com;

b) asztalos.lilla92@gmail.com;

c) Dobranszky.Janos@eik.bme.hu

**Abstract**

Duplex stainless steels (DSS) are one of the modern stainless steels. Their name comes from their duplex microstructure, which contains about equal proportion of austenite and  $\delta$ -ferrite. DSS are typically alloyed with chromium, nickel, manganese, molybdenum and nitrogen and contain low carbon. Their excellent corrosion resistance and mechanical properties make them proper base material for almost any task, that is why it is important to have a suitable welding technology for these materials. They are hard to weld because of their duplex microstructure and high alloy content, which, together, make sensitive these alloys to undesirable precipitations. The heat input, the shielding gas and the welding consumable must be chosen wisely. Thick (10 mm) plate just like in this experiment, are harder to handle. Careless handling of the welding parameters can cause problems in the ferrite-austenite phase balance and because of that the mechanical properties and corrosion resistance cannot fulfil the requirements. This experiments aims to compare a few possible welding procedure designs according for the previous details.

**Keywords:** welding, stainless steel, duplex.**Összefoglalás**

A duplex korrózióálló acélok a modern korrózióálló acélok egyik fajtája. Nevüket a kettős szövetszerkezetükről kapták, amely nagyjából fele-fele arányban ausztenitet és  $\delta$ -ferritet tartalmaz. Fő ötvözőik a króm, nikkel és mangán, emellett jelentékeny mennyiségű molibdént és nitrogént tartalmazhatnak, karbon tartalmuk alacsony. [1] Kiváló korrózióállóságuk és mechanikai tulajdonságaik miatt szinte minden feladatra alkalmasak, ezért fontos, hogy megfelelő hegesztéstechnológiát alkalmazzunk feldolgozásukhoz. Az ilyen anyagok hegesztése sok buktatót rejt, nagy ötvözőtartalmuk és kettős szövetszerkezetük miatt. Hegesztés során fokozott odafigyelést igényel a fajlagos hőbevitel, a védőgáz, a hegsztőanyag és a sorközi hőmérséklet is. [2] Különösen igaz ez a kísérletben szereplő 10 mm vastag lemezekre és azok többsoros varrataira. E technológiai változók hanyag kezelése a ferrit-ausztenit arány felborulását eredményezhetik, aminek következtében az anyag elveszíti fent említett kedvező mechanikai és korrózióállósági tulajdonságait, intermetallikus fázisok keletkezhetnek, továbbá a szívósságcsökkenés veszélye is fennáll. [1] A dolgozat e szempontok figyelembe vételével hasonlítja össze a felmerülő hegesztési eljárásokat és ad ajánlást az ilyen anyagok megmunkálására.

**Kulcsszavak:** ívhegesztés, korrózióálló acél, duplex acél.

## 1. Célkitűzés

A dolgozatot a duplex korrózióálló acélok hegesztésének kutatása céljával 2012-ben indított program feladataihoz illeszkedve készítettük. Egy jelentős japán gyártómű biztosította a 10 mm vastag durvalemezeket a kísérletekhez. A kísérlet célja, hogy megfelelő hegesztési technológiát és élelőkészítési geometriát találjunk egy ilyen kényes anyagminőség hegesztéséhez, vagy legalább ajánlást adjunk arra, „hogyan ne hegeszék”.

## 2. A kísérletekben használt alapanyagok

A kísérlet során három különböző duplex korrózióálló anyagot használtunk fel, egy standard duplex és kétféle sovány (angolul: lean) duplex acélt. Ezek viselkedését hasonlítottuk össze az eltérő hegesztési eljárások hatására. A Nippon Steel & Sumikin Stainless Steel (továbbiakban: NSSC) japán acélgyártó az alábbi anyagokat bocsátotta rendelkezésünkre.

### S21013

Az Otokumpu LDX 2101 típusú duplex acél licence alatt gyártott acélminőség. Az LDX 2101 duplex acél hegesztéséről számos kutatás készült már a BME ATT-n, ennek hegesztésével az I. kísérletsorozatban nem foglalkoztunk.

### DX1

Hagyományos duplex. A gyártó vegyszertartályok, erőműi alkalmazások építéséhez ajánlja. Sajnos bővebb információt nem közöl róla a honlapján.

### NSSC2120

Újfajta sovány duplex acél. Különlegessége, hogy nagy hőbevitellel járó eljárással is hegeszthető, mint például a fedett ívű hegesztés. Korrózióállósági és mechanikai tulajdonságaiban messze felülmúlja a közönséges ausztenites korrózióálló acélokat.

## 3. Az első hegesztési kísérlet

A duplex acélok hegesztése során a fajlagos hőbevitelt nem szabad sem túl kis sem túl nagy szinten tartani, ezek a határok alapanyagtól függenek. A nem megfelelő hőbevitelű hegesztés a fázisarány felboruláshoz, illetve nemkívánatos öregedési folyamatokhoz vezethet. Az öregedési folyamatok minimalizálásának érdekében a varratsorok számát is érdemes minél lentebb szorítani. [1] [2]

### 3.1. A varratok elkészítése

Az első hegesztési kísérlet során az általánosan elterjedt hegesztési technológiákat hasonlítottuk össze egymással, különböző varratfelépítésben (1. ábra). A kísérlet során az alábbi kötéseket hegesztettük le:

1. táblázat. A kísérletekben alkalmazott eljárások kombinációi és a varratok felépítése

Kísérlet	Acél	Eljárások	Felépítés
2-1	DX1	141+111	ss nb
3-1	2120	141+111	ss nb
2-2	DX1	141+136	ss nb
2-3	DX1	141+136	bs
3-2	2120	141+136	ss nb
3-3	2120	141+136	bs



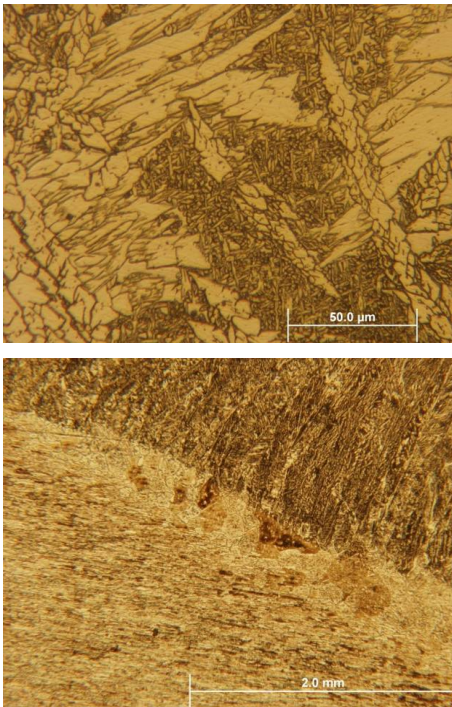
1. ábra. 2-1 és 3-3 kötés keresztmetszeti képe

A volfrámelektrodás semleges védőgázos ívhegesztést (141) csak a gyökvarratokhoz használtuk, míg a bevont elektrodás kézi ívhegesztést (111) és a huzalelektrodás aktív védőgázos ívhegesztést portöltetű huzallal (136) töltő- és takaróvarratokhoz. Az „*ss nb*” az egyoldali megtámasztás nélküli varratokat jelöli, míg a „*bs*” a gyökutánhegesztéssel készületeket.

### 3.2. A hegesztett kötések vizsgálata

A kötéseket először vizuális vizsgálattal ellenőriztük: a nemmegfeleléseket és az összeolvadási hiányosságokat kerestünk.

A duplex acélok varrataiban kulcsfontosságú a fázisok aránya, ezért a ferrittartalom ferritszkópos mérésével végeztük. A szonda nagy mérete miatt a hőhatásövezet (2. ábra) vizsgálata nem volt lehetséges.



2. ábra. Porbeles huzalelektrodával hegesztett töltővarrat finomszemcsés ausztenitje (fent) és a hőhatásövezete az alapanyaggal (lent)

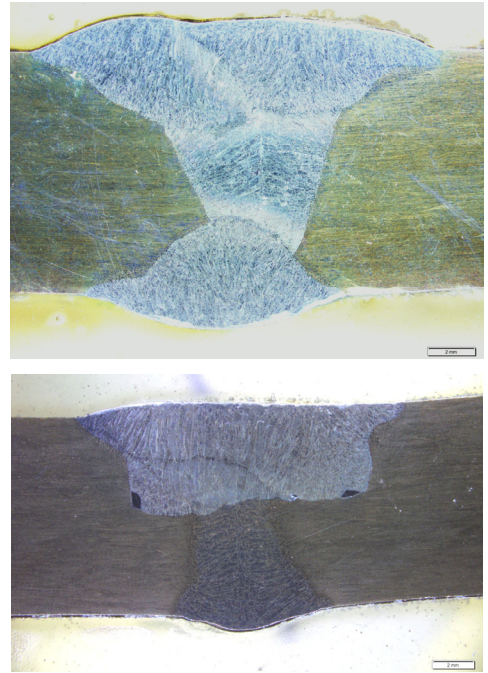
A varratok mikro- és makroszerkezetét csiszolatokon vizsgáltuk, amelyeken később mikrokeménységmérést végeztünk 100 gramm terheléssel.

## 4. A második hegesztési kísérlet

Az eredmények alapján a technológiát felülvizsgálva arra a következtetésre jutotunk, hogy a varratsorokat fajlagos hőbevitelük szempontjából csökkenő sorrendben kell hegesztetni. Ezt szem előtt tartva megismételtük a hegesztési kísérleteket.

### 4.1. A varratok hegesztése

Mivel az 1. kísérletben az egyoldali varratok hegesztése nehézkes volt az ömledék nagy viszkozitása miatt, a TIG gyökhegesztés helyett, első lépésben csak 136-os eljárással készítettünk gyökutánhegesztett kötéseket (3. ábra). Ipari alkalmazásokban is inkább ez az eljárás elterjedt: ahol csak lehet, kétoldali varratokat alkalmaznak.



3. ábra. 3-4 és 3-5 kötés makró felvétele

A varratsorok számának csökkentése érdekében kísérleteztünk az aktiválóporos volfrámelektrodás (ATIG-) hegesztéssel is (3-5 és 3-6 próbatest). Az aktiválóporos hegesztés több előkészítési munkát igényel, és szinte teljesen kizárja a kézi hegesztés lehetőségét, ezért ezeket a varratokat lineáris hajtású hegesztőautomatán készítettük. Az aktiválópor szilícium-dioxid volt.

**2. táblázat.** A kísérletben felhasznált hegesztési eljárások kombinációi és a varratok felépítése

Kísérlet	Acél	Eljárások	Felépítés
1-4	2101	136	bs
3-4	2120	136	bs
3-5	2120	A141+136	ss mb
3-6	2120	A141+136	bs

#### 4.2. A kötések vizsgálata

A második kísérletsorozatot az elsővel azonos vizsgálati módszerekkel értékeltük. A vizsgálati eredmények igazolni látszanak az első hegesztési kísérlet után felállított hipotézisünket.

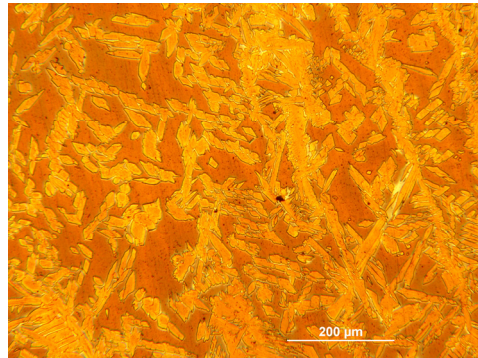
Az aktiválóporos 141-es eljárással hegesztett varratok (**4. ábra**) kisebb keménysége valószínűleg arra vezethető vissza, hogy a varrat keresztmetszete igen nagy, ezért a szokványos varrathosszra fajlagosított hőbevitellel nem jellemezhető jól a folyamat.

Az ebben a kísérletsorozatban hegesztett varratok hőhatás övezetének kilágyulása további vizsgálat tárgyát képezi.

#### 5. Összegzés

Összegzésképpen megállapítható, hogy a célkitűzésben megfogalmazottakat teljesítettük. A tanulmány során több olyan pWPS is készült, amelyek akár valós gyártási feladatok megoldásához is szolgálhatnak kiindulási alapként. A kísérletek folytatása során a hegesztett sorok további csökkentését tűztük ki célul magunk elé. Az anyagvizsgálatokat (15614-1-nek megfelelően) szakító,

hajlító, ütőmunka és radiográfias vizsgálat; valamint pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálattal kívánjuk kibővíteni.



**4. ábra.** A 3-6 jelölésű kötés gyökének (ATIG) mikroszerkezete

#### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a kísérleti programot támogató cégeknek azért, hogy rendelkezésre bocsátották a szükséges anyagokat: a japán Nippon Steel & Sumikin Stainless Steel Corporation a 10 mm vastag duplex acél alapanyagokat, a az Outokumpu Kft. a tömör huzalt, a Corweld Kft. a bevonatos elektródát, a Böhler-Uddeholm Kft. a porbeles huzalt.

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Songqing Wen: *Metallurgical Evaluation of Cast Duplex Stainless Steels and Their Weldments*, University of Tennessee – Knoxville, 2001, 7-20, 46-60.
- [2] M. Sadeghian, M. Shamanian, A. Shafyei: *Effect of heat input on microstructure and mechanical properties of dissimilar joints between super duplex stainless steel and high strength low alloy steel*. Materials and Design journal, Department of Materials Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan 8415683111, Iran. 2014.04.13.