

Nagyszilárdságú szerkezeti acélok hegesztett kötéseinek vizsgálata

Examination of welded joints of high-strength structural steels

SZABÓ Valentin Endre¹ tanársegéd, KELEMEN János² MSc. hallgató

¹Neumann János Egyetem Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék, H-6000 Kecskemét, Izsáki Út 10.,

Telefon: +36 30 320 0958, Email: szabo.valentin@nje.hu, <https://ijat.hu/>

²Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, H-9026 Győr, Egyetem tér 1.,

Telefon: +36 20 269 9810, Email: janos.kelemen.0120@gmail.com, [https:// https://uni.sze.hu/](https://https://uni.sze.hu/)

Abstract

In the automotive industry today, there is an increasing need for high-strength steels. Steel manufacturers are continuously working on the development of next-generation high-strength steels, such as DOMEX 420, DP1000, and DOCOL 1500M, to meet the growing demands for strength and toughness. The goal of these developments is to ensure a good strength-to-weight ratio, appropriate weldability, increased toughness, and adequate deformability. However, welding high-strength steels still presents challenges, such as the tendency for cold cracking, softening in the heat-affected zone, and difficulties in filler material selection. The aim of the research is to practically examine the effect of welding parameters on the material properties of high-strength steels. We perform mechanical tests on the joints, then evaluate the results and prepare a technological recommendation, as well as discuss possible future research directions

Keywords: Welding, HSS, TIG, AWI, Tensile-test

Kivonat

A járműiparban napjainkban egyre nagyobb szükség van a nagyszilárdságú acélokra. Az acélgyártók folyamatosan dolgoznak az új generációs nagyszilárdságú acélok fejlesztésén, mint például a DOMEX 420, DP1000 és a DOCOL 1500M, hogy biztosítsák a növekvő szilárdsági és szívóssági igényeket. A fejlesztések célja, hogy a jó szilárdság-tömeg arányt, a megfelelő hegeszthetőségét, a megnövekedett szívósságot, valamint a megfelelő alakváltozó képességet biztosítsák. Azonban a nagyszilárdságú acélok hegesztése továbbra is kihívásokkal jár, mint például a hidegrepedési hajlam, a hőhatásövezet kilágyulása, és a hozaganyag-választás nehézségei. A kutatás célja, hogy gyakorlati úton vizsgáljuk meg a hegesztési paraméterek hatását a nagyszilárdságú acélok anyagtulajdonságaira. A kötéseken mechanikai vizsgálatokat végzünk, majd az eredményeket kiértékeljük és technológiai ajánlást készítünk, illetve ismertetjük a lehetséges jövőbeli kutatási irányokat.

Kulcsszavak: Hegesztés, Nagyszilárdságú acélok, TIG, AWI, Szakítóvizsgálat

1. BEVEZETÉS

A nagyszilárdságú acélok kedvező mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek, ami számos előnyt kínál a felhasználásuk során. Az építőipar, gépészet és járműipar is előszeretettel használja őket szerkezeti anyagként. Az ilyen típusú anyagok használatával könnyebb, mégis erősebb szerkezeteket lehet létrehozni. A járműiparban ez fogyasztás, gumiabroncs és a fék kopásának csökkenésében nyilvánul meg, továbbá a járművek menetdinamikai tulajdonságai is javulhatnak. Az építőiparban és a nehézszerkezetekben a geometria optimalizálása révén könnyebb, mégis erősebb és nagyobb szerkezeteket lehet kialakítani. Bár a nagyszilárdságú acélok alapanyagának ára magasabb, a szükséges szelvényvastagságok kisebbek, így kevesebb alapanyagot és hegesztési hozaganyagot használnak, ami a gyártási és üzemeltetési költségek csökkenését eredményezheti. Kutatásunk célja a nagyszilárdságú acél anyagok kötéstechológiájának vizsgálata. Kutatásunk során az acélok TIG hegesztésével foglalkozunk, mivel ezek az acélok széles körben alkalmazhatók a jármű- és építőiparban egyaránt, ezért a vizsgálatuk indokolt. [1] [2]

2. KÍSÉRLETTERV

A kísérletterv összeállítása során fontos szempont volt, hogy megtaláljuk a legtermelékenyebb hegesztési beállításokat, paramétereket. Ennek érdekében nem lineáris kísérlettervet végeztünk, nem statisztikai módszerek által határoztuk meg a változók értékeit, hanem iterációs folyamatot és előzetes méréseket végeztünk. A mérési eredmények visszacsatolásai alapján határoztuk meg a kísérlet során alkalmazott paramétereket. A kísérletterv összefoglalását és az alkalmazott paramétereket az 1. ábra tartalmazza. A kísérlet állandóit a következő fejezetben mutatjuk be. [3]

Anyagpárosítás	Áramerősség [A]	Előtolás [cm/min]
DOMEX 420 - DP 1000	55	30
	60	40
	90	60
DOMEX 420 - DOCOL 1500	55	30
	60	40
	90	60
DP 1000 - DOCOL 1500	55	30
	60	40
	90	60

1.ábra. Kísérletterv összefoglalása.

3. KÍSÉRLETI KÖRÜLMÉNYEK

3.1 Alapanyag

A szakirodalom és a rendelkezésre álló eszközök tanulmányozása után hozaganyag nélküli TIG hegesztést választottuk, mivel ez széles körben használt módszer. Három különböző anyagot - a DOCOL 1500M-et, a DP1000-et és a DOMEX420-at - vizsgáltunk meg a kísérlet során. A hegesztésre szánt lemezek végleges mérete 150*150*1 mm lett. Mindegyik lemez azonos vastagságú volt (1 mm). Motoros lemezollóval vágtuk őket pontos méretre, majd a hegesztési felületeket síkba martuk, így a próbadarabok hézagmentesen illeszkedtek. A lemezek leszorításáról és pozícionálásáról egy hegesztőkészülék gondoskodott. A DOMEX 420 ML termomechanikusan hengerelt szerkezeti acél, amely EN 10025-4 szabványnak megfelel. A DP 1000 hidegen hengerelt ferrit-martenzites szövetszerkezetű acél. A DOCOL 1500 M egy martenzites acél, jellemzően autópári alkalmazásokhoz. [3] [6] [7]

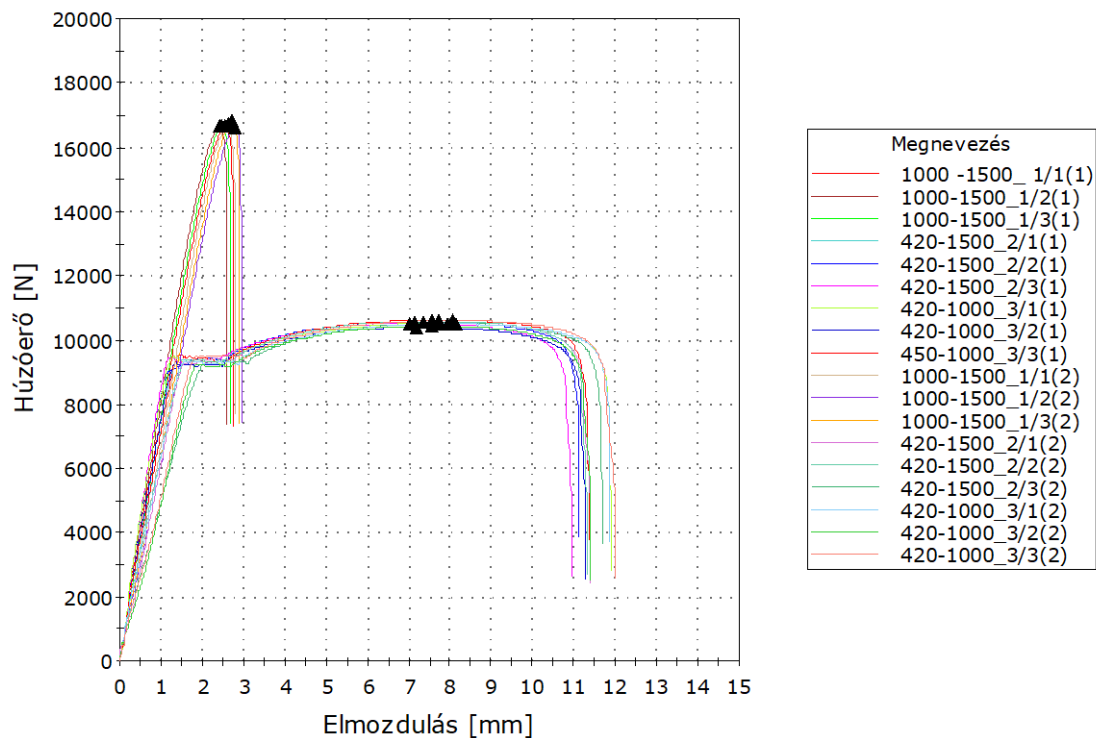
3.2 Alkalmazott eszközök és állandó paraméterek

A hegesztést egy Migatron PI250 TIG hegesztő berendezéssel végeztük, Argon 4.6 védőgáz atmoszférával, Inweld 4-es SR17/26 gázlencsés kerámia gázterelővel. A gázátfolyás mértéke 3-4 liter/perc volt. A használt volfrám elektróda 1,6mm átmérőjű, arany szívű, lantán oxid tartalma 1,2-1,8% közötti, ami megnöveli a gyújtási képességét és segíti az ötvözött és ötvözetlen acélok hegesztését. Az elektróda kúpjának hosszát az átmérő 2,5- szeresére köszörültük, esetünkben ez 4 mm hosszú kúpot jelent. Hegesztés során szekátort alkalmaztunk, így az elektróda szöge és távolsága minden hegesztés során konstans maradt. Előbbi 60 fokot zárt be a munkadarabbal, utóbbi pedig minden esetben 1 mm volt. A gázvezető és a volfrám elektróda távolságát 10 mm-re állítottuk be. Előmelegítést a hegesztés során nem alkalmaztunk, ugyanis a célunk az volt, hogy a termelékenység maximalizálása mellett meghatározzuk a legjobb hegesztési minőséget adó paramétereket. A lemezeket egy befogó készülékbe helyeztük, a készülék biztosította a lemezek pozícionálását és a rögzítését (ütköztetés és leszorítás), az elektróda és az alapanyagok közötti állandó távolságot, valamint a szekátor és a hegesztési varrat párhuzamosságát és a gyök oldalán a szükséges távolságot az alaplemeztől. [4] [5]

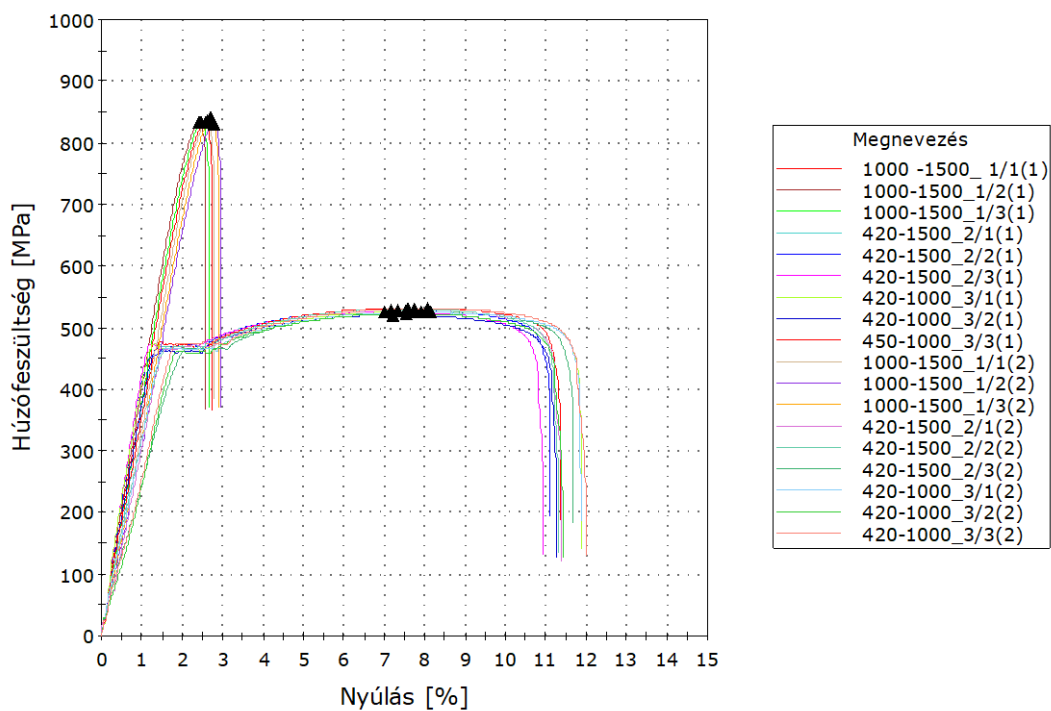
4. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

4.1 Szakítóvizsgálat

A szakítóvizsgálathoz szükséges próbatest geometriát húzalszakra forgácsológéppel vágtuk ki. A szakítóvizsgálatot egy INSTRON 5800R 4482 szakítógéppel végeztük el a vonatkozó szabványok szerint. A 3. ábra a szakítóvizsgálat során mért húzóerőt mutatja az elmozdulás függvényében, a 4. ábra pedig a húzó feszültséget mutatja be a nyúlás függvényében.



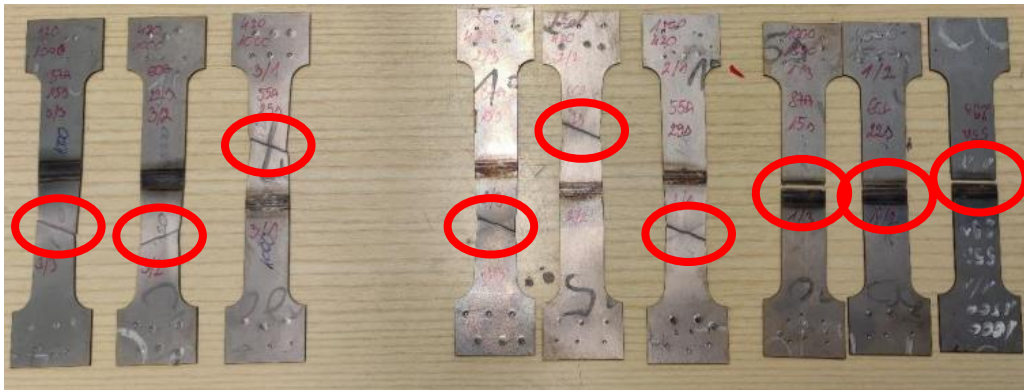
3.ábra. Mért húzóerő.



4. ábra. Mért húzófeszültség.

4.2 Eredmények kiértékelése

Az 5. ábra a szakítóvizsgálat során elszakított próbatesteket mutatja be. A jelölésük értelmezése a következő: az első 2 szám az anyagpárosításra utal, a harmadik szám a kísérleti sorozat száma (csupán azonosításra szolgál), a 4. szám (tehát az utolsó) a technológiai paraméterek értékét jelöli (1 = 55A és 30cm/perc; 2 = 60A és 40cm/perc; 3 = 90A és 60cm/perc).



5.ábra. Szakító próbatestek: bal oldal (420/1000_3/3; 420/1000_3/2; 420/1000_3/1), középen (1500/420_2/3; 1500/420_2/2; 1500/420_2/1), jobbra (1000/1500_1/3; 1000/1500_1/2; 1000/1500_1/1)

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a hegesztett kötések jó technológiával készültek el. A szakítóvizsgálat során a soha nem szakadt el a hegesztés. A 420/1000 és a 420/1500 anyagpárosítás esetén a gyengébb anyag nyúlt meg és szakadt el minden esetben szinte középen. Mindkét anyagpárosítás esetén mind a 3 technológiai beállítást figyelembe véve átlagosan 530 MPa körüli szakítószilárdságot mértünk. Ez azt jelenti, hogy a találtunk olyan beállítást (3-as beállítás, 90 A és 60 cm/perc), amivel kétszer akkora termelékenységet tudunk elérni, azonos kötési szilárdság mellett. Az 1000/1500 anyagpárosítás esetén is igaz ez az állítás, ugyanakkor ott a hőhatásövezetben kilágyult az anyag, így nem értük el egyik alapanyagunk sem a szakítószilárdságát. Az elért szakítószilárdság mindhárom beállítás esetén átlagosan 835 MPa körüli. Ez azt jelenti, hogy nem értük el a gyengébb alapanyag (DP 1000) szakítószilárdságát, és minden esetben a hőhatásövezetben szakadt el a próbatest. Itt további kísérletek szükségesek a kilágyulás kezelése érdekében.

5. ÖSSZEZÉS

A kutatásunk során, az volt a célunk, hogy megvizsgáljuk a nagyszilárdságú acélok hegeszthetőségét, a választott technológia a hozaganyag nélküli TIG hegesztés volt. A hegesztési paraméterek meghatározásánál a célunk egy megfelelő kötési minőséget biztosító és termelékeny technológia kialakítása volt. Ezen anyagok hegesztése viszonylag új terület, ezért a céljaink között jelöltük meg az anyagok viselkedésével kapcsolatos gyakorlati tapasztalatok megszerzését is. A szakítóvizsgálatok alapján kijelenthető, hogy a kötések teherbírása meghaladja az anyagok teherbírását. A DOMEX 420 – DP 1000 anyagpárosítás esetén átlagosan 526 MPa szakítószilárdságot mértünk, a DOMEX 420 - DOCOL 1500 esetén átlagosan 530 MPa szakítószilárdságot mértünk, míg a DP 1000 – DOCOL 1500 anyagpárosítás esetén 835 MPa átlagos szakítószilárdság értéket mértünk. Fontos kiemelni, hogy érdemes tovább kísérleteket folytatni a témában, ugyanis a DP1000 – DOCOL 1500 hegesztett kötése során a hőhatásövezetben az anyag kilágyult, ezáltal csökkent a próbatest szakítószilárdsága. Ezt az anyagpárosítást érdemes lenne további vizsgálatoknak alávetni és a kilágyulást megakadályozni.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben bemutatott kutatás a 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00052 számú pályázat támogatásával jött létre. A projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által meghirdetett pályázat keretében valósult meg.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] D. A. Skobir, „HIGH-STRENGTH LOW-ALLOY (HSLA) STEELS VISOKOTRDNA”, Institute of Metals and Technology, 2011.
- [2] C. Lesch, N. Kwiaton, és F. B. Klose, „Advanced High Strength Steels (AHSS) for Automotive Applications – Tailored Properties by Smart Microstructural Adjustments”, Steel Research International, köt. 88, sz. 10. Wiley-VCH Verlag, 2017. október 1. doi: 10.1002/srin.201700210.
- [3] A. Kumar és S. Sundarrajan, „Effect of welding parameters on mechanical properties and optimization of pulsed TIG welding of Al-Mg-Si alloy”, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, köt. 42, sz. 1–2, o. 118–125, máj. 2009, doi: 10.1007/s00170-008-1572-8.
- [4] S. P. Shrivastava, S. K. Vaidya, A. K. Khandelwal, és A. K. Vishvakarma, „Investigation of TIG welding parameters to improve strength”, in Materials Today: Proceedings, Elsevier Ltd, 2019, o. 1897–1902. doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.416.
- [5] Vincze István, „Volfrámelektrodás védőgázos ívhegesztés elve, eszközei, berendezései”, Budapest, 2008.
- [6] H. Ban, G. Shi, Y. Shi, és Y. Wang, „Research progress on the mechanical property of high strength structural steels”, in Advanced Materials Research, 2011, o. 640–648. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.250-253.640.
- [7] D. Pandya, A. Badgajar, és N. Ghetiya, „A novel perception toward welding of stainless steel by activated TIG welding: a review”, Materials and Manufacturing Processes, köt. 36, sz. 8. Bellwether Publishing, Ltd., o. 877–903, 2021. doi: 10.1080/10426914.2020.1854467.