

Németh Alexandra\*, Dobosy Ádám\*, Gáspár Marcell\*, Török Imre\*

## Hegesztett csőkötések varrat közel-állásának és többszörös javíthatóságának vizsgálata

### Bevezetés

A Magyarországon üzemelő szénhidrogén szállító csőtávvezeték-rendszer valamint technológiai vezeték kora jelentős eltérést mutat. Ezt szemléltetjük földgázszállító rendszerek esetére az 1. ábrán [1].

Ebből a tényből adódóan elkerülhetetlen ezen csőtávvezetékek időszakos javítása illetve kiváltása. Ennek során a járatos technológia a hegesztés, amely elsősorban a hőbevitel okán, anyagszerkezeti változásokat okoz az alapanyagban [2], különös tekintettel a hőhatásövezeti zónákban.

Felmerül a kérdés, hogy egy hiba, vagy üzemelés közben meghibásodó (például korrózió miatt) varratot hányszor, milyen módon lehet javítani, anélkül, hogy annak mechanikai jellemzői jelentősen romlanának [3], illetve, hogy megéri-e a javítás, esetleg a csőszakasz teljes kiváltása szük-

séges. A javítások számát a legtöbb irodalom, ajánlás kétfőben maximalizálja [1, 4, 5, 6]. Egy-egy javítás, illetve hegesztett kötés kivágása esetén minden esetben számolni kell az újbóli hőbevitellel, ezzel együtt pedig az újbóli hőhatásövezeti zóna kialakulásával. A nem megfelelően eltávolított (kivágott) régi varrat esetében, a megmaradt hőhatásövezetet az új hegesztés hőbevitelével áthőkezelik, ami összetettebb hőhatásövezeti zónák kialakulását eredményezhetik [7]. Ezen zónákban szívósságcsökkenés, kilággyulás, esetleg felkeményedés is kialakulhat, ami egyértelműen kedvezőtlen hatás. Tipikus eset, amikor egy varrat kivágását követően annak hőhatás övezetébe kerül az új varrat egy karima levágása, majd újrahegesztése esetén [4].

Jelen cikkben, egy példán keresztül mutatjuk be egy varrat kivágásának és

újrahegesztésének hatását, illetve egy kötés többszörös javításának következményeit. Vizsgálatainkhoz a csőtávvezeték alapanyagok közül járatos, P355NH anyagminőségű, 406,4 mm külső átmérőjű, 12,5 mm falvastagságú csövet használtuk.

Ezen jellemzők megítélésére a hegesztett csőkötések hagyományos roncsolásos vizsgálatokat végeztünk: szakítóvizsgálat, hajlítóvizsgálat, ütővizsgálat, keménységmérés, valamint mikroszkópi és makroszkópi vizsgálat.

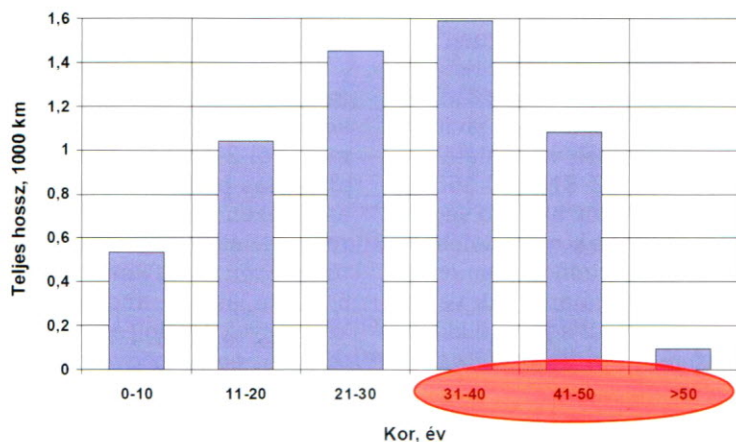
### A kísérletek körülményei

Két kötetet készítettünk ipari partnerünk segítségével, azonos paraméterekkel, amelyek vizsgálata során az alábbi jellemzők megítélésére törekedtünk:

- kivágott varrat újrahegesztésének vizsgálata: **1. jelű cső** (szakítóvizsgálat, hajlítóvizsgálat, ütővizsgálat, keménységmérés, mikroszkópi és makroszkópi vizsgálatok);
- egy varrat maximális javítási számának a meghatározása: **2. jelű cső** (keménységmérés, mikroszkópi és makroszkópi vizsgálatok).

A kísérletek során felhasznált P355NH cső alapanyag vegyi összetételét a műbizonylat, valamint a vonatkozó szabványok szerint a 1. táblázat foglalja össze, míg a mechanikai jellemzőket a 2. táblázat tartalmazza.

Minden egyes vizsgált csőszakasz kézi ívhegesztéssel került meghegesztésre (MSZ EN ISO 4063:2016 [8] szabvány szerint: 111-es eljárás), cellulóz be-



1. ábra: A hazai földgázszállító rendszer életkor eloszlása [1]

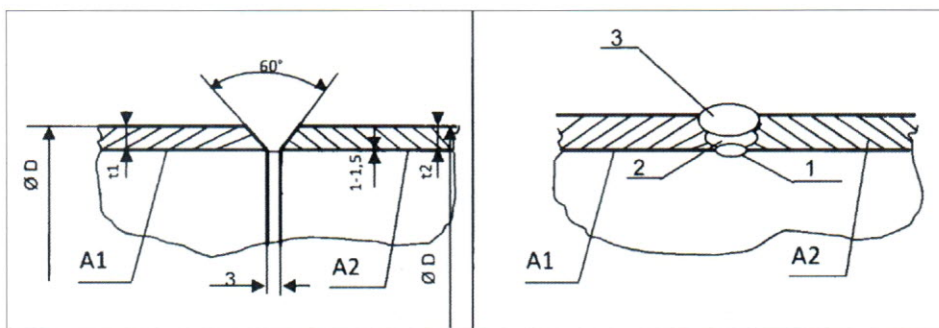
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti	V	Nb
<b>Műbizonylat szerint</b>	0,15	0,36	1,22	0,01	0,003	0,04	0,17	0,07	0,04	0,17	0,004	0,05	0
<b>Szabvány szerint (max.)</b>	0,18	0,5	1,7	0,025	0,015	0,02	0,3	0,50	0,08	0,30	0,03	0,1	0,05

További ötvözők a műbizonylat szerint: N = 0,01; B = 0,0004; a szabvány szerint: N = 0,012.

1. táblázat. A P355NH alapanyag vegyi összetétele tömeg%-ban, a műbizonylat és az MSZ EN 10028-3 szerint.

	$R_m$ , MPa	$R_{p0,2}$ (MPa)	A %	KV (J)
<b>Műbizonylat szerint</b>	552	386	25,5	161 (-20°C)
<b>Szabvány szerint</b>	490-630	> 355	> 22%	> 75 (0 °C)

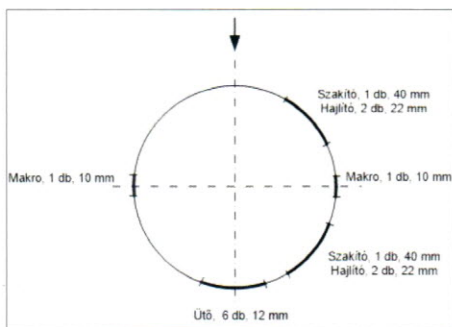
2. táblázat. A P355NH alapanyag mechanikai jellemzői, a műbizonylat és az MSZ EN 10028-3 szerint.



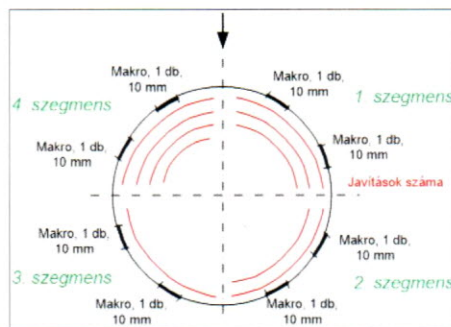
2. ábra: Az élkialakítás és a hegesztett kötések felépítése (A1 és A2: alapanyag jelölés,  $\varnothing D$ : alapanyag külső átmérője: 406,4 mm,  $t_1$  és  $t_2$ : falvastagság: 12,5 mm)



3. ábra: A meghegesztett 2. jelű csőszakasz (külső átmérő 406,4 mm)



4. ábra. Az 1. jelű csőnél alkalmazott próbatest kimunkálási terv



5. ábra. A 2. jelű csőnél alkalmazott próbatest kimunkálási terv

vonatos (C) hozaganyaggal. A hegesztési paraméterek az iparban járatos technológiai utasításoknak megfelelően lettek megválasztva, amelyek a 3. táblázatban láthatóak (ahol: I – áramerősség, U – hegesztési feszültség,  $v_h$  – hegesztési sebesség,  $E_v$  – vonalenergia). A 4. táblázat az egyes kötéseken alkalmazott hozaganyagok konkrét azonosítását tartalmazza, a varratsorok számának megadásával, még a 3. ábra az élkialakítást szemlélteti.

A 5. táblázat a hozaganyagok átlagos vegyi összetételét és fontosabb mechanikai jellemzőinek minimálisan garantált értékeit foglalja össze. Az egyik elkészült csőszakasz a 3. ábrán látható.

A teljesen kivágott varrat újrahegesztésének vizsgálata során először meghegesztésre került egy normál hegesztett kötés, amelynek varrat részét ezt követően teljes egészében kimun-

káltuk, majd a bemutatott élkialakításnak megfelelően újból előkészítésre került a hegesztett kötés.

A javítások maximális számának meghatározása érdekében, a vizsgált csőszakaszt négy szegmensre osztottuk, és az egyes szegmensekben különböző számú javítást (visszaköszörlést és újrahegesztést) végeztünk el (egy, kettő, három illetve négy javítás).

A hegesztett kötése vizsgálatát az érvényben lévő MSZ EN ISO 15614-1:2017 [9] jelű szabvány alapján végeztük el. A szabványnak megfelelően a hegesztett kötéseket roncsolásmentes és roncsolásos vizsgálatoknak vetettük alá, amelyek közül a jelen cikkben a roncsolásos vizsgálatokat és azok eredményeit mutatjuk be.

A roncsolásos vizsgálatokra az Anyagszerkezettani és Anyagtechnológiai Intézet Hegesztéstechnoló-

giai laboratóriumában, illetve Komplex mechanikai anyagvizsgáló laboratóriumában került sor. A szabvány értelmében keresztirányú szakítóvizsgálatot (2 próbatest), keresztirányú hajlítóvizsgálatot (4 próbatest), ütésvizsgálatot (2×3 próbatest), keménységmérést (1 próbatest), illetve makroszkópi és mikroszkópi vizsgálatokat (1-1 próbatest) kell végezni. A kivágott varrat újrahegesztésének vizsgálata esetében (1. jelű kötés) a szabványtól eltérően, a minél pontosabb értékelés érdekében, 2-2 makroszkópi vizsgálatra alkalmas próbatestet munkáltunk ki. A [9] jelű szabvány megadja a próbatestek kivételének elhelyezkedését a kötés, illetve a csőpalást mentén. Az 1. jelű csőkötésnél alkalmazott kimunkálási tervet a 4. ábra szemlélteti.

A javítások maximális számának meghatározása érdekében (2. jelű csőkötés) a négy különböző cső szegmensből 2-2 makroszkópi vizsgálatra alkalmas próbatestet munkáltunk ki, amelyeken makroszkópi, szövetszerkezeti és keménységvizsgálatokat végeztünk. Ezen kötés kimunkálási terve az 5. ábrán látható, ahol a csőből kimunkált helyek bejelölése mellett szemléltetjük az egyes negyedekben elvégzett javítások számát is (a berajzolt negyedek számával jelölve azokat).

A [9] jelű szabvány alapján a szakítóvizsgálatokat az MSZ EN ISO

Réteg száma	I (A)	U (V)	$v_h$ (cm/min)	$E_v$ (J/mm)
1.	80	23,2	9,5	938
2.	90	23,6	19,5	523
3.	95	23,8	17,5	620
4.	90	23,6	14,5	703

3. táblázat. Az alkalmazott hegesztési paraméterek.

Anyagminőség	Rétegek száma	
	1.	2-4.
P355NH	E 38 3 C E 6010	E 42 3 Mo C 25 E7010-A1
	Böhler FOX CEL	Böhler FOX CEL Mo

4. táblázat. Az alkalmazott hozaganyagok, átmérő minden esetben 3,2 mm.

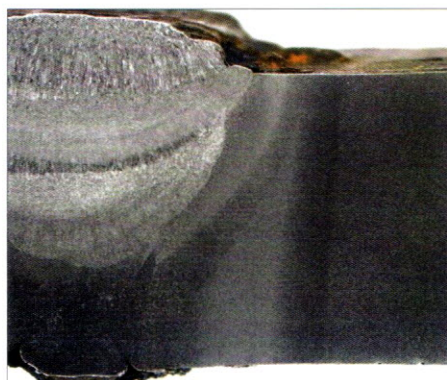
# TUDOMÁNYOS PUBLIKÁCIÓK

4136:2013 [10] szabványban leírtaknak megfelelően végeztük el. A szabvány-nak megfelelően kötésenként 2-2 darab próbatestet munkáltunk ki és szakítottunk el, ZD 40 típusú hidraulikus anyagvizsgáló berendezésen.

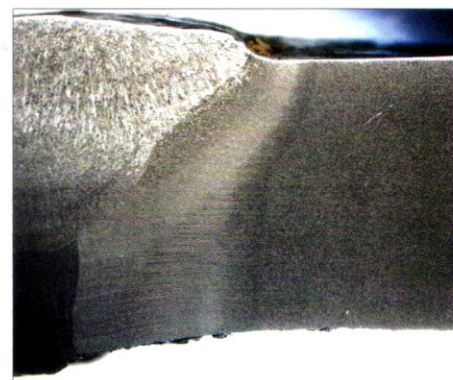
A keresztirányú hajlítóvizsgálatokat az MSZ EN ISO 5173:2010/A1:2012 [11] szabványnak megfelelően végeztük el. A varratdudorokat az előírásnak megfelelően lemunkáltuk. A próbatestek vastagsága, a szabvány szerinti „a” mérete, megegyezett a vizsgált csőszakasz falvastagságával. A próbatestet két, 50 mm átmérőjű, párhuzamos támasztógörgőre helyeztük, a támasztógörgők középvonala közötti távolság 100 mm volt, a nyomógörgő átmérője pedig 25 mm. A vizsgálat során állandó terheléssel, a próbadarabra merőleges nyomótesttel – a görgőtáv közepén – hajlítottuk meg a darabokat.

A hegesztett kötések ütővizsgálatait az MSZ EN ISO 9016:2013 [12] szabvány alapján végeztük el. A próbatestek szabványos méretűek, azok bemetszése 45°-os „V” bemetszés volt.

A keménységmérési vizsgálatot a makroszkópi próbatesteken az MSZ EN ISO 9015:2011 [13] szabványnak megfelelően végeztük el, Mitutoyo típusú mikrokeménység mérő berendezésen, HV10 vizsgálati terheléssel.



6. ábra. 1. jelű csőkötésből (kivágtott varrat újrahegesztése) készített csiszolat (falvastagság 12,5 mm)



7. ábra. 2. jelű csőkötés (egy varrat maximális javítási számának meghatározása) 2x javított szegmenséből készített csiszolat (falvastagság 12,5 mm)

## A hegesztett csőkötések vizsgálatainak eredményei és kiértékelésük

A **keresztirányú szakítóvizsgálatok** eredményeit (1. jelű kötés) az 6. táblázat foglalja össze.

A **keresztirányú hajlító vizsgálatok** próbatestjei (1. jelű kötés) közül mindegyik próbatestet elviselte a 180°-os hajlítást, 3 mm-nél nagyobb repedés a kötésben nem keletkezett.

Az **ütővizsgálatok során** (1. jelű kötés) kapott eredményeket a 7. táblázat tartalmazza. A táblázatban külön feltüntetettük a szabvány által előírt, valamint a hozaganyag adatlapon fel-

tüntetett minimális ütőmunka értékeket, továbbá az alapanyag mérése során kapott eredményeket. A szabványos adatok alatt megtalálhatók a keresztirányú és zárójelesen a hosszirányú esetekre vonatkozó értékek is. A hozaganyagok esetében – tekintettel arra, hogy minden kötés kétféle hozaganyaggal készült – megadtuk mindkét hozaganyag esetében a vonatkozó értékeket, „/” jellel elválasztva. A vizsgálatok hőmérséklete 0 °C volt.

A **makroszkópi vizsgálatok** (1. jelű és 2. jelű kötések) során a varratok korona-, illetve gyökoldalán készültek felvételek, ezeket a 6-7. ábrák szemléltetik.

Típus	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Mo (%)	Ni (%)	R <sub>el</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> (MPa)	A5 (%)	KV 0°C-on (J)
Böhler FOX CEL	0,12	0,14	0,50	–	–	450	520	26	105
Böhler FOX CEL Mo	0,10	0,14	0,40	0,50	–	480	550	23	95

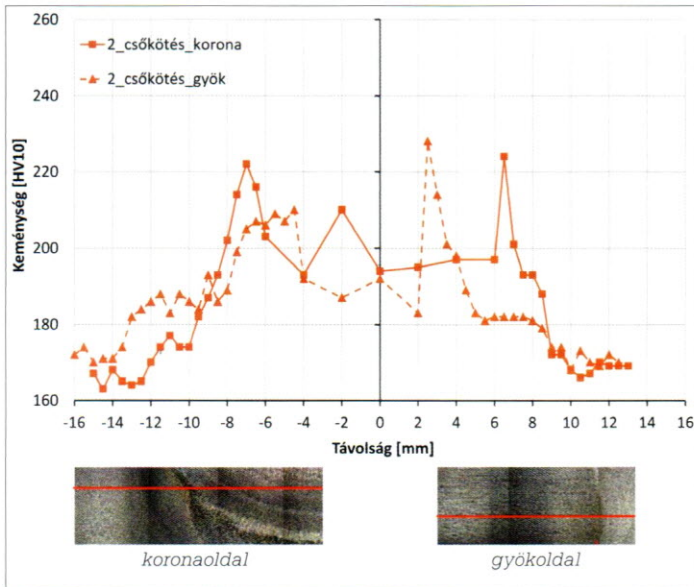
5. táblázat. Az alkalmazott hozaganyagok vegyi összetétele és mechanikai jellemzői.

Csőkötés száma	Próbatetest jelölés	L <sub>0</sub> (mm)	S <sub>0</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>m</sub> (kN)	R <sub>m</sub> (MPa)	R <sub>mátl</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> (MPa) szabvány	A szakadás helye
1.	11.	100	312,5	168	537	534	490-630	alapanyag
	12.	100	312,5	166	531			varratszél

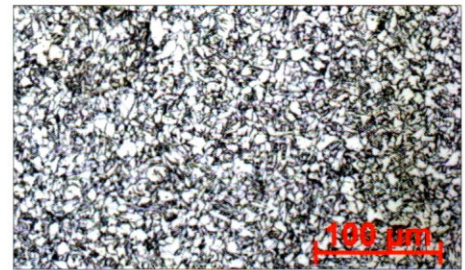
6. táblázat. A hegesztett csőkötésekben elvégzett keresztirányú szakítóvizsgálatok eredményei.

Cső jelölés	Bemetszés	Próbatetest jelölés	KV (J), 0 °C	KV <sub>átl</sub> (J), 0 °C	KV <sub>szórás</sub> (J), 0 °C	KV (J), 0 °C, szabvány	KV (J), 0 °C, alapanyag	KV (J), 0 °C, hozaganyag
1.	Varrat	11.	50	56	27,0	50 (75)	213	105/95
		12.	32					
		13.	85					
	Hóhatás-övezet	14.	238	179	95,0			
		15.	69					
		16.	229					

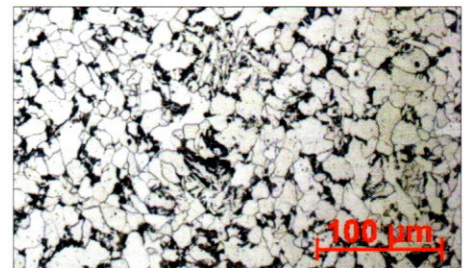
7. táblázat. Az ütővizsgálatok eredményei.



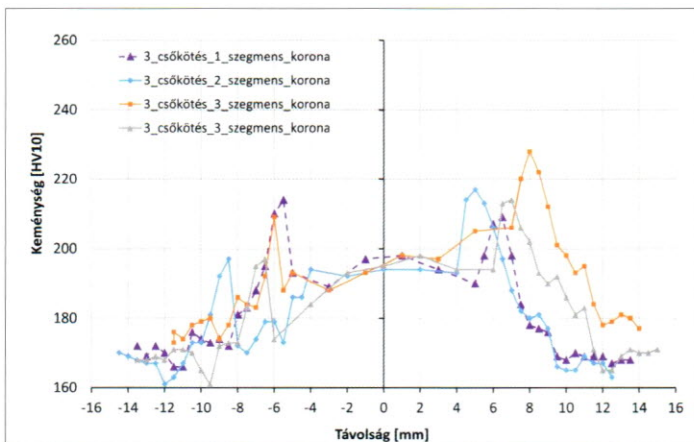
8. ábra.  
Keménységeloszlás az 1. jelű hegesztett kötésben (a kivágott varrat újrahegesztésének vizsgálata), marószersz: 2% Nital.



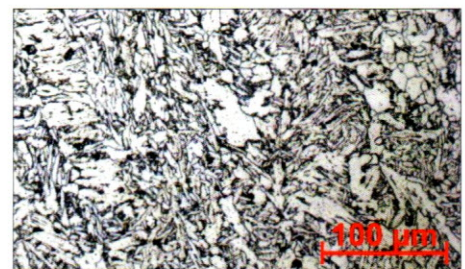
hőhatásövezet



varrat: gyökoldal

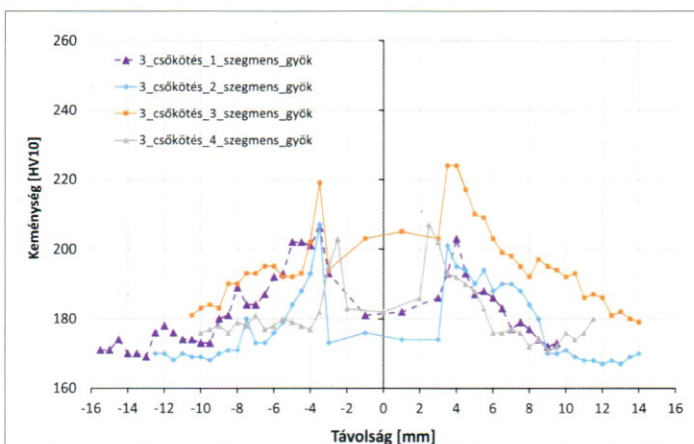


9. ábra.  
Keménységeloszlás a 2. jelű hegesztett kötésben (egy varrat maximális javítási számának meghatározása): korona oldal.



varrat: koronaoldal

11. ábra. Az 1. jelű hegesztett kötés (a kivágott varrat újrahegesztésének vizsgálata) szövetképi felvételei, marószersz: 2% Nital.



10. ábra.  
Keménységeloszlás a 2. jelű hegesztett kötésben (egy varrat maximális javítási számának meghatározása): gyökoldal.

ugyanakkor az egyes szegmensek keménységeloszlása gyakorlatilag megegyezik egymással. A koronaoldalon a keménységeloszlásokban számottevő eltérés nem volt megfigyelhető.

A makroszkópi vizsgálatok után a mintadarabokon, a varrat hőhatásövezeteiről, **mikroszkópi felvételeket** (1. jelű és 2. jelű kötések) készítettünk. Minden kötés esetében felvételeket készítettünk az alapanyagból kiindulva a varrat irányába haladva, bemutatva a hőhatásövezet felépítését. A hőhatásövezetek egy-egy jellemző helyéről, illetve a varratok gyök- és koronaoldaláról készült felvételek a 11-15. ábrákon láthatók.

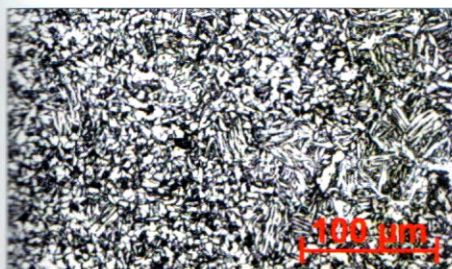
## Összefoglalás

Munkánk során széleskörű vizsgálatoknak vetettük alá a hegesztett csőszakaszokat. Az elvégzett vizsgálatok alapján a következő, összefoglaló jellegű megállapításokat tesszük.

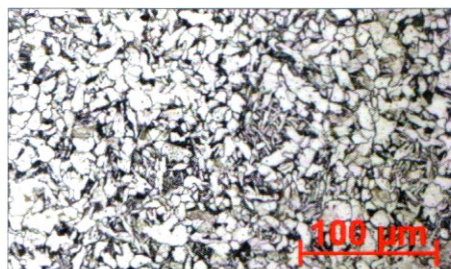
A [9] jelű szabvány értelmében a vizsgált acélminőség az ISO/TR 15608:2000 [14] szabvány szerinti 1-es csoportba tartozik, így a kötések maximálisan megengedhető keménysége 380 HV lehet a **keménységvizsgálat** (1. jelű és 2. jelű kötések) során. Az eredmények alapján (8-10. ábrák) egyik kötésben sem alakult ki ennél nagyobb keménység, így ebből a szempontból a kötések megfeleltek. Azt azonban meg kell

jegyezni, hogy az 1. jelű (8. ábra) kötések esetében a hőhatásövezetben figyelhető meg jelentősebb keménységcsúcs ( $\Delta HV 50$ ;  $\Delta HV 40$ ;  $\Delta HV 50$ ). A 2. jelű kötés esetében a keménységméri sorozatokat összevetve (lásd az 9. és 10. ábrák) kijelenthető, hogy a kötések gyökoldalán az egy javítást tartalmazó szegmens keménysége a legnagyobb, a több javítást tartalmazó szegmensekben kilágyulás tapasztalható,

# TUDOMÁNYOS PUBLIKÁCIÓK



hőhatásövezet



varrat: gyökoldal

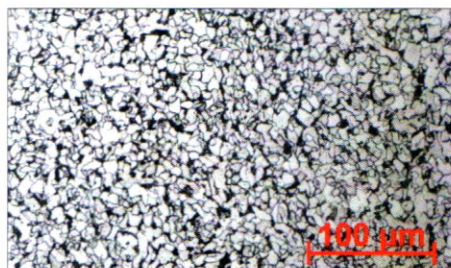


varrat: koronaoldal

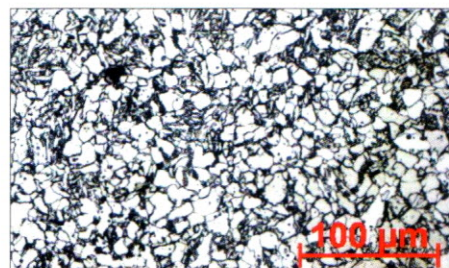
12. ábra. A 2. jelű hegesztett kötés (egy varrat maximális javítási számának meghatározása) 1x javított szegmensének szövetelepi felvételei, marószers: 2% Nital.



hőhatásövezet

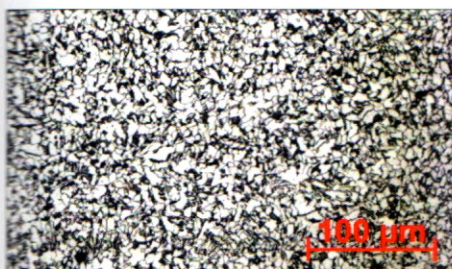


varrat: gyökoldal

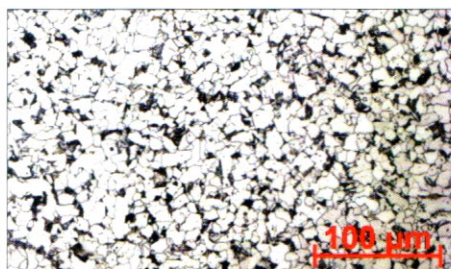


varrat: koronaoldal

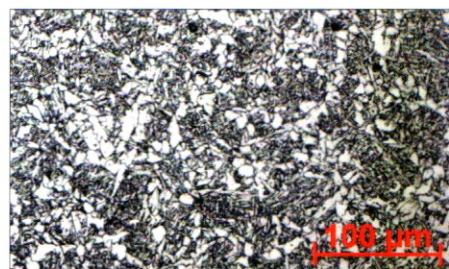
13. ábra. A 2. jelű hegesztett kötés (egy varrat maximális javítási számának meghatározása) 2x javított szegmensének szövetelepi felvételei, marószers: 2% Nital.



hőhatásövezet

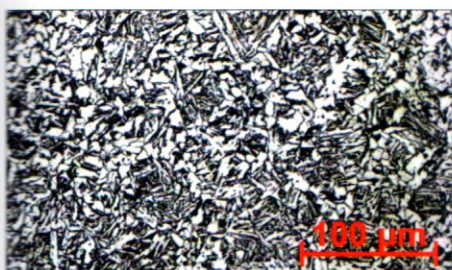


varrat: gyökoldal

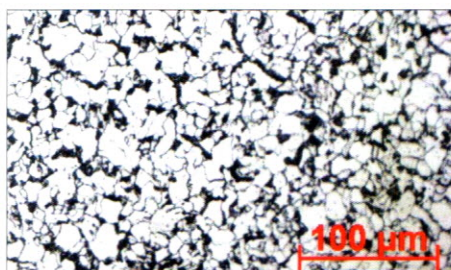


varrat: koronaoldal

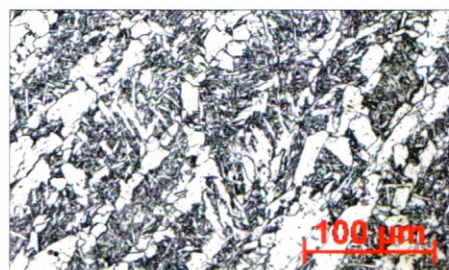
14. ábra. A 2. jelű hegesztett kötés (egy varrat maximális javítási számának meghatározása) 3x javított szegmensének szövetelepi felvételei, marószers: 2% Nital.



hőhatásövezet



varrat: gyökoldal



varrat: koronaoldal

15. ábra. A 2. jelű hegesztett kötés (egy varrat maximális javítási számának meghatározása) 4x javított szegmensének szövetelepi felvételei, marószers: 2% Nital.

## Kivágott varrat újrahegesztésének vizsgálata (1. jelű kötés)

A keresztirányú szakítóvizsgálatok esetében 18 MPa átlagos szakítószilárdság csökkenés figyelhető meg az újrahegesztett kötés esetében, ami nem tekinthető számottevő értéknek.

- A keresztirányú hajlítóvizsgálatok során mindegyik hajlítópróba megfelelt.
- Az ütővizsgálatok esetében a varratból kimunkált próbatesteken mért ütőmunka értékek (56 J) számottevően

kisebbségek voltak, mint az alapanyagban mért értékek (213 J), azonban a szabvány előírásait (50 J) így is teljesítették. A hőhatásövezetből kimunkált próbatestek esetében (179 J) kevés szívósságcsökkenés volt csak megfigyelhető az alapanyaghoz (213 J) képest.

- A makroszkópi vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a kötésfelépítés megfelelő, továbbá az újrahegesztés ellenére a hőhatásövezet felépítése számottevően nem változott.

- A keménységmérési eredményeket megvizsgálva szintén kijelenthető, hogy nem tapasztalható számottevő felkeményedés, illetve kilágyulás sem a kötésben, sem a hőhatásövezetben.
- Összességében megállapítható, hogy a kivágott majd újrahegesztett kötés technológiája (a kísérlet során alkalmazott paraméterek betartásával) nincs számottevő hatással a hegesztett kötés mechanikai jellemzőire. Azonban ki kell emelni a he-

gesztéstechnológia pontosságának szükségességét, illetve a technológiai fegyver betartását a kötés elkészítésének sikeressége érdekében.

## Egy varrat maximális javítási számának a meghatározása (2. jelű kötés)

- A makroszkópi felvételek alapján jól megfigyelhető a különböző cső szegmensekben elvégzett különböző számú javítás hatása. Az 1× javított szegmens rendelkezik a legkisebb kiterjedésű hőhatásövezettel, míg a 3× és 4× javított szegmensek rendelkeznek a legnagyobb méretű hőhatásövezetekkel. Ez megfelel az előzetesen várt eredményeknek, ugyanis a megfelelő technológiai paraméterek betartása mellett is az újbóli hegesztések által bevitt hőmennyiség hatása mindig megfigyelhető.
- A keménységmérési sorozatokat összevetve kijelenthető, hogy a kötések gyökoldalán az egy javítást tartalmazó szegmens keménysége a legnagyobb, a több javítást tartalmazó szegmensekben lágyulás tapasztalható, ugyanakkor az egyes szegmensek keménységeloszlása gyakorlatilag megegyezik. A koronaoldalon a keménységeloszlásokban számottevő eltérés nem volt megfigyelhető. Összességében kijelenthető, hogy a javítások ellenére lágyulással, illetve keményedéssel nem kell számolni.
- Összességében megállapítható, hogy a többszörös javítás hatására a csőkötés mechanikai jellemzői, megfelelően betartott technológiai paraméterek mellett, nem változtak számottevően, továbbá a többszöri javítás hatására kialakult többszörösen áthőkezelt hőhatásövezeti zónák a későbbi üzemelés számára előnyösek is lehet (például normalizálódás).

Az elvégzett vizsgálatokat GLEEB-LE fizikai szimulációs vizsgálatokkal tervezzük kiegészíteni, amely eredmények várhatóan komplexebb képet adnak a hőhatásövezetek nagyságáról, illetve azok összetételéről.

## Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával va-

lósul meg. Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Intézeti Tanszék.

## Irodalomjegyzék

- [1] Lukács, J., Nagy, Gy., Harmati, I., Fótos, R., Koncsik, Zs.: Szemelvények a mérnöki szerkezetek integritása témaköréből, Miskolci Egyetem, Miskolc 2012. (ISBN 978-963-358-000-4).
- [2] Szunyogh, L. (szerkesztő): Hegesztés és rokon technológiák, Kézikönyv, Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, 2007.
- [3] Balogh, A., Dobosy, Á., Frigyk, G., Gáspár, M., Kuzsella, L., Lukács, J., Meilinger, Á., Nagy, Gy., Pósalaky, D., Prém, L., Török, I.: Hegeszthetőség és a hegesztett kötések tulajdonságai – Kutatások járműipari acél és alumíniumötözet anyagokon. (Szerk.: Balogh, A.; Lukács, J.; Török, I.) Miskolci Egyetem, Miskolc, 2015. 324 p. (ISBN 978-963-358-081-3)
- [4] Keszthelyi, F.: Csővezetékek hegesztése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982
- [5] Scaurszki, T.: Csőtávvezetékek gépesített és félig-gépesített hegesztése különös tekintettel az irányított rövidzárlatos gyökhegesztésre, 25. Jubileumi Hegesztési Konferencia, Budapest, 2010.
- [6] Yapp, D., Blackman, S. A.: Recent developments in high productivity pipeline welding, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, Vol. 26. No. 1, 2004. (ISSN: 1806-3691)
- [7] Blackman, S. A., Dorling, D. V., Howard, R.: High-Speed Tandem GMAW for Pipeline Welding, 4th International Pipeline Conference, Calgary, Alberta, Canada, 2009. pp. 517-523 (ISBN: 0-7918-3620-7)
- [8] MSZ EN ISO 4063:2016: Hegesztés és rokon eljárások. A hegesztési eljárások megnevezése és azonosító számuk (ISO 4063:2009, 2010. 03. 01-jei helyesbített változat)
- [9] MSZ EN ISO 15614-1:2017: Fémek hegesztési utasítása és hegesztéstechnológiájának minősítése. A hegesztéstechnológia vizsgálata. 1. rész: Acélok ív- és lánghegesztése, valamint nikkel és ötvözetek ívhegesztése. (ISO 15614-1:2017)
- [10] MSZ EN ISO 4136:2013: Fémek hegesztett kötéseinek roncsolásos vizsgálatai. Keresztirányú szakítóvizsgálat (ISO 4136:2012)
- [11] MSZ EN ISO 5173:2010/A1:2012: Fémek hegesztett kötéseinek roncsolásos vizsgálatai. Hajlítóvizsgálatok. 1. módosítás (ISO 5173:2009/Amd 1:2011)

- [12] MSZ EN ISO 9016:2013: Fémek hegesztett kötéseinek roncsolásos vizsgálata. Útővizsgálatok. A próbatest helyzete, a bemetszés iránya és a vizsgálat (ISO 9016:2012)
- [13] MSZ EN ISO 9015-1:2011: Fémek hegesztett kötéseinek roncsolásos vizsgálatai. Keménységvizsgálat. 1. rész: Ívhegesztéssel készített kötések keménységvizsgálata (ISO 9015-1:2001)
- [14] MSZ CR ISO 15608:2000: Hegesztés. A fémek csoportosítási rendszerének irányelvei (ISO/TR 15608:2000)

## Absztrakt

Hazánk szénhidrogénszállító-rendszerének üzembiztos működéséhez elengedhetetlen a rendszer folyamatos karbantartása. Ehhez hozzátartozik a hegesztett csőtávvezetékek csőszakaszainak cseréje, javítása, időszakos felülvizsgálata és karbantartása egyaránt. A különböző mértékű javítások, esetenként kiváltások és újrahegesztések, számos hegesztéstechnológiai kérdést vetnek fel.

Jelen cikkünkben egy hegesztett csőkötés teljes kivágásának és újrahegesztésének hatását, valamint egy kötés többszöri javításának következményeit vizsgáltuk. Széleskörű vizsgálatoknak vetettünk alá P355NH anyagminőségből készült hegesztett kötések. Az elvégzett vizsgálatokból szerzett információk számos ipari gyakorlatban is jól használható adatot szolgáltatnak a meghibásodó csőszakaszok javítása és újrahegesztése tekintetében.

\*

For the fail-safe operation of the Hungarian hydrocarbon delivery system the regular system maintenance is essential. This includes the replacement, repair, regular inspection and maintenance of the welded pipeline sections. The different levels of repairs, occasionally replacements and re-welding, raise various welding technology questions.

In this article the effect of a total cut out and re-welding, and also the consequences of multiple repairing of a welded pipeline section were investigated. A wide range of material tests were performed on P355NH quality welded joints for the more detailed information. The obtained results from the carried out studies are provide high usable data for industrial practice, for the repair and re-weld of failed welded pipelines.

\*Németh Alexandra, \*Dobosy Ádám,

\*Gáspár Marcell, \*Török Imre

Miskolci Egyetem

Mechanikai Technológiai Intézeti Tanszék