



Kompakt, kulcsrakész mobil hegesztőrobot-cellák MIG-MAG vagy TIG hegesztéshez

REHM Hegesztéstechnika
az Ön partnere a hegesztésben



HEGESZTÉS- TECHNIKA

XXXI. ÉVFOLYAM
2020. 3. SZÁM

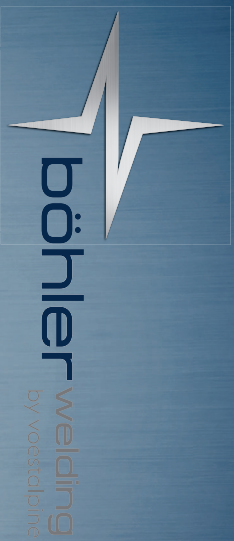
A MAGYAR HEGESZTÉSTECHNIKAI ÉS ANYAGVIZSGÁLATI EGYESÜLÉS FOLYÓIRATA



Making our world more productive

www.lindegas.hu

REHM Hegesztéstechnika Kft.
♦ Tel.: +36 (53) 380 078 ♦ E-mail: rehm@rehm.hu; info@rehm.hu ♦ Web: www.rehm.hu



Lasting Connections

THE NEW REFERENCE IN WELDING MACHINES



A TERRA és URANOS hegesztőgép termécsaldójainkkal új mércét állítottunk fel a hagyományos és különleges hegesztési eljárásoknál. Az iparágban egyedülálló módon kombinálja a hegesztőanyagot és az áramforrást. Elérhetővé teszi az Ön számára a legjobb varratok készítését, melyre bízské lehet. Ez az, amit képviselünk, 5 év garanciával kiegészítve valamennyi TERRA és URANOS hegesztőgépre.



voestalpine Böhler Welding
www.voestalpine.com/welding

voestalpine
ONE STEP AHEAD.



WWW.CENTROTOOL.HU
1102 Budapest, Halom u. 1. | centrotool@centrotool.hu | 061 262 44 08

TARTALOM

1

Hírek News Nachrichten

Elhunyt Szentiványi Ede	5
A 26. hegesztő szakmérnök évfolyam végzett a Miskolci Egyetemen	6
A Nemzetközi Hegesztőspecialista és	
a Nemzetközi Hegesztőtechnológus képzések végzősei	6
Újratervezés	
XXX. Jubileumi Nemzetközi Hegesztési Konferencia	8
I. hegesztési webinárius beszámoló	9
Beszámoló a Nemzetközi Hegesztési Intézet (IIW)	
73. Közgyűléséről	10
„Hegesztett szerkezetek gyártása” panelbeszélgetés	12
Az MHTÉ társ- és más intézmények folyóiratainak témái	13
MHTÉ Akadémia – tervezett tanfolyamok 2020-ban	15

2

Kutatás–Fejlesztés Research and Development Forschung und Entwicklung

DR. SZOKOL GYÖRGY	
A porbeles huzal megjelenése Magyarországon: a kezdet kezdete.	17
The first occasion when flux cored welding wire was available in Hungary	
– just the first start and beginning.	17
Anfang zum anwenden Füll/Röhrchendrahte in Ungarn – die erste Schritte	17
DR. LOVICS RIKU, DR. MÉSZÁROS SÁNDOR, LOVICS ÁDÁM	
Tömörésgvizsgálat ipari tömegtermelésben	31
Tightness-test in industrial mass-production	31
Dichtheitsprüfung in die industrielle Massenproduktion	31

HALÁSZ GÁBOR

II. rész: A fém additív gyártás- úton a digitális sorozatgyártás felé	35
II. part: Metal AM – production on way to digital mass-production	35
II. Teil: Metall AM – Production zur Digitalmaßen-Produktion	35

KRISTÓF CSABA

Hegesztő munkaeszközök munkavédelmi üzembe helyezése	47
Safety installation of welding equipment and tools.	47
Instandsetzung von Schweißeinrichtungen nach Arbeitsschutzregeln	47

LAKOS SZABINA

Hegesztőrobotok megfelelő karbantartása	57
Professionally correct maintenance of robot	57
Technisch gerechte Instandhaltung von Roboter	57

3

Tudományos publikációk Scientific publications Wissenschaftliche Veröffentlichungen

DR. KOVÁCS TÜNDE, SCHRAMKÓ MÁRTON

Elektroakusztikai és képlékeny alakváltozási elméletek	
az ultrahangos hegesztésben, elemzés kísérleti eredmények alapján	63
Theories for electroacoustics and plastic deformation	
when ultrasonic -welding and analysis based on test results.	63
Theorie für elektroakustische und plastische Deformation ergeben sich beim	
Ultraschall-schweißen, Analyse der Versuchsergebnisse	63

WHITE SHARK WELDING WIRE

WHITE SHARK WELDING WIRE

WHITE SHARK WELDING WIRE

WHITESHARK.HU





WELDOTHERM®

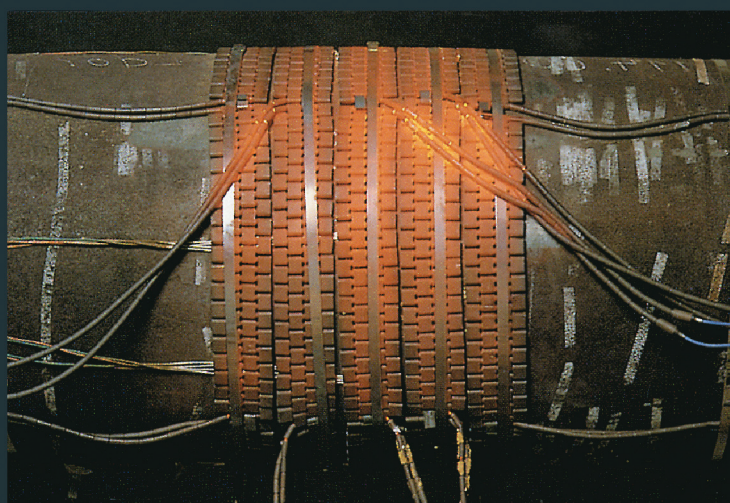
G.M.B.H. ESSEN

HIGH Tech

HIGH-TECH NÉMETORSZÁGBAN - HIGH TECH MAGYARORSZÁGON

*EGYENLETES HŐBEVITEL FÜGGETLENŰL
A MUNKADARAB TÖMEGÉTŐL.
A FOLYAMATOSAN MÉRT HŐFOKVÁLTOZÁSNAK
ÉS A PROGRAMVEZÉRLÉSNEK
KÖSZÖNHETŐEN A HŐFOKELTÉRÉS A TELJES FŰTÉSI
TARTOMÁNYBAN KISEBB MINT 1%.
FOLYAMATOS HŐFOKREGISZTRÁLÁS, KIFORROTT,
BEVÁLT TECHNOLÓGIA*

TÖBB ÉVTIZEDES SZAKMAI MŰLTAL PÁROSÍTVÁ = WELDOTHERM®



IHR PARTNER BEI DER WÄRMEBEHANDLUNG
PREHEAT AND POSTHEAT SPECIALISTS
PARTNERE A HELYSZÍNI HŐKEZELÉSEKNÉL

WELDOTHERM HŐTECHNIKAI ÉS KERESKEDELMI KFT.
8400 AJKA, GYÁR ÚT 40. TELEFON/FAX: 06-88/213-934, 213-935

TECHNOLÓGIAI ELŐNY A HEGESZTÉS ÉS VÁGÁS VILÁGÁBAN



Több mint hegesztés...



Cooptim®

HEGESZTÉSTECHNIKA

A Binzel kizárólagos forgalmazója

Minden, amire a minőségi munkához szüksége lehet!

webáruház:

www.cooptim.hu

Hegesztéstechnikai eszközök,

ív- és lánghegesztő készülékek,

csiszolóanyagok,

védőeszközök,

elektródák,

forrasztóanyagok és szerszámok

nagy választékban kaphatóak

hegesztéstechnikai áruházunkban, szakszetteinkben.

Hegesztéstechnikai áruházunk:

2030 Érd,

Budafoki út 10.

Tel.: (23) 521 430

Fax: (23) 521 439

E-mail: aruhas@cooptim.hu

Szakszetteink:

8000 Székesfehérvár,

Géza u. 54.

Tel.: (22) 504 170

Tel./fax: (22) 301 751

E-mail: fehervar@cooptim.hu

Elhunyt Szentiványi Ede (1933–2020)

Szomorú szívvel tudatjuk, hogy életének 87. évében Szentiványi Ede szeretett barátunk, kiváló kollégánk örökre lehunyta szemét.

Akik ismerték, tudják, hogy munkás élete, tevékenysége, eredményei példaképül szolgálnak a hegesztő társadalom minden résztvevőjének.

Tiszteljük és szeretjük, mert közösségi, csapatépítő, közvetlen és segítőkész ember, a szakma kiváló elméleti és gyakorlati ismerője volt. Sokoldalú ismereteit különösen a magyar iparban élete alkonyáig aktívan alkalmazta – ezt igazolja gazdag szakmai és emberi életútja.

1933.05.13-án Diósgyőrben született, de későbbi tanulmányai is Miskolchoz kötődtek. Felnőttként is kiemelkedő volt kapcsolata az „Alma Mater”-hez a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemhez.

Egyetemi tanulmányai befejezése után az Április 4. Gépgyárban szerzett gyakorlatot erőművi szerkezetgyártás területén, technológusi, üzemmérnöki és hegesztőfelölősi beosztásokban.

Hegesztéstechnológiai kutatás fejlesztés területén a Gépipari Technológiai Intézetben (GTI-ben) eltöltött 25 év alatt az elméletéhez kapcsolódó és gyakorlattal kiegészült ismeretei gazdag tárháza tette megbízható korszerű ismeretekkel rendelkező hegesztési szakemberré különösen az ív-, plazmasugaras-, felrakóhegesztés és a hegesztőáramforrások tulajdonságainak vizsgálata területén.

Tizenöt éven át szakértőként részt vett az IIW és a KGST vonatkozó kutatásaiban.

A Hegesztőszakmunkás Minősítő Bizottságnak (HMB) 1969 és 1990



között volt a tagja. Ehhez kapcsolódtak még vizsgabiztosi és elnöki feladatai is.

1970-től a hegesztő műszaki szakember képzés tanfolyamain volt előadó. A Bánki Donát Főiskolán a hegesztés szakirányú oktatásban az MIG/MAG hegesztés és az ellenálláshegesztés területén végzett iskola teremtő tevékenységet.

1989-től a minősítés, minőségbiztosítás területén, a hegesztési szakterület európai követelményrendszerbe való beillesztéséhez szükséges dokumentációs, oktatási, minősítési, tanácsadási tevékenységet végzett.

1991-ben a HMB titkárság vezetését látta el az ITI-ben (Ipari Technológiai Intézet/

Szakmai tevékenységét nyugdíjazása után is folytatta, mint független hegesztési és minőségirányítási szakértő különböző intézmények, az MSZH/ Magyar Szabványügyi

Hivatal/, az OAH/ Országos Atomenergiai Hivatal/, a NBF/ Nukleáris Biztonsági Felügyelet/, az IPM/Ipari Minisztérium/ és az MHtE/ Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés/, felkérésére. Így 1992-től hegesztőminősítő vizsgabiztosi tevékenységet, valamint hegesztő képesítő és minősítőhely alkalmasság vizsgálatokat végzett.

1995-től vett részt az EWF – EWT – IWT / Európai Hegesztő Mérnök, Technológus és Specialista/ képzésben, mint vizsgabizottsági tag és kérdezőtanár.

1986 és 2000 között alapfokú hegesztői és hegesztő szakmunkás vizsgabizottságokban elnöki és vizsgabizottsági tagként tevékenykedett.

1970 és 2000 között szakmai tanulmányok, oktatási tematikák, vizsgakövetelmények, jegyzetek, hegesztési szakkönyvek szerzői és lektorálási munkáit végezte.

2003-tól az MHtE ANBCC (Cégek Tanúsítására Felhatalmazott Nemzeti Testület) vezető auditoraként volt tevékeny a gyártói tanúsítási rendszerben MSZ EN ISO 3834 területén és PED / Pressure Equipment Directiva/ területén.

Szakirodalmi tevékenysége is a fenti területeket foglalja magába, könyvek, jegyzetek, előadások, szakcikk, tömörítvények, segédletek, minőségügyi dokumentációk írása és lektorálása publikált és nem publikált formában.

Amikor visszavonult a munka világától, családi körben folytatta tovább életét. Három fiú unokájának példaképe és szerető nagyapája volt.

Emlékét örökké megőrizzük, nyugodjék békében!

MHtE vezetése és munkatársai

HÍREK

A 26. hegesztő szakmérnök évfolyam végzett a Miskolci Egyetemen

A Miskolci Egyetemen 1961-ben indult el a hegesztő szakmérnöki képzés. A nemzetközi hegesztő szakirányú továbbképzés szak 26. évfolyamára 2019 februárjában iratkoztak be a hallgatók. A három félév sikeres elvégzését követően a 2020. július 10. és 14.

között lebonyolított írásbeli és szóbeli záróvizsgákon 17 fő szerzett okleveles nemzetközi hegesztőmérnök, valamint EWE/IWE oklevelet. A záróvizsga bizottság tagjai: Prof. Dr. Lukács János (elnök), Dr. Balogh András, Dr. Gáspár Marcell, Dr. Gremsperger

Géza, Petrik Máté, Dr. Török Imre; az MHTE által delegált vizsgáztatók: Dr. Gáspár Marcell (1. modul), Dr. Palotás Béla (2. modul), Dr. Farkas László (3. modul), Gayer Béla (4. modul); a záróvizsga jegyzői: Dr. Dobosy Ádám és Gál Viktor.



A képen balról jobbra: Csorba László, Alföldi Dávid, Bulla Péter Ágoston (kitüntetéses oklevél), Bokros Attila



A képen balról jobbra: Kasza Dávid, Kovács Judit (kitüntetéses oklevél), Dr. Németh Alexandra Kitti, Marczin Róbert, Hareancz Ferenc



A képen balról jobbra: Pandák Péter, Raghawendra Pratap Singh Sisodia, Porubjanskzi Erna, Pap Ádám



A képen balról jobbra: Ungvárszki Fanni, Zorgel Zsolt, Tardy Tamás, Szokolovszki Balázs

A Nemzetközi Hegesztőspecialista és a Nemzetközi Hegesztőtechnológus képzések végzősei

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kara Anyag- és Gyártástudományi Intézetének Anyagtechnológiai Intézeti Tanszéke – 7 saját oktatója és 6 külső szakember (meghívott előadó) bevonásával – 2020. február 21-én indította az IIW által jóváhagyott IAB-252r5-19 dokumentum tematikája szerinti, 189 elméleti + 60 gyakorlati tanórából álló IWS (International Welding Specialist, azaz Nemzetközi Hegesztőspecialista) tanfolyamát. Március 07-ig (pénteki és

szombati napokon) kontakt tanórás formában zajlott a képzés. Viszont Magyarország Kormánya a 40/2020. (III.11.) rendeletével veszélyhelyzetet és intézménylátogatási tilalmat hirdetett ki 2020. március 11-én 15:00 órától kezdődően, így a kontakt tanórás IWS tanfolyam felfüggesztésre került.

A 2020. március 20-án jóváhagyott IAB-ASS-062-20 dokumentum szerint, ha fennáll a nemzeti kormány által elrendelt "oktatási intézménylátogatási tilalom", akkor (és csak

is akkor) a vonatkozó szabályozást rugalmasabban lehet kezelni, így a felfüggesztett IWS tanfolyam eredetileg kontakt órában tartandó elméleti előadásai távoktatásos, ill. E-learning formában folytatódhattak április 06. és május 29. között.

A hegesztési gyakorlatokra már kontakt órában, június 05. és 20. között, a Mátrai Hegesztéstechnikai és Szakképzési Kft. visontai telephelyén került sor. Az anyagvizsgálati gyakorlatok pedig részben az AGMI Anyagvizs-

HÍREK

gáló és Minőségellenőrző ZRt. csepeli telephelyén, részben a tanszéki laborokban valósultak meg július 09-én és 10-én. A képzés 1. része (Part I.) után esedékes – az első 3 modul kijelölt témaköreiből, modulonként 10 kérdésből álló – tesztet is sikeresen kitöltötték a résztvevők.

Az elméleti tanórák, valamint a záróvizsgák négy tantárgyi modul köré rendeződtek, melyek a következők: 1. Hegesztési eljárások és berendezések; 2. Anyagok és viselkedésük a hegesztés során; 3. Méretezés és tervezés; 4. Gyártás, mérnöki (ipari) alkalmazások. A képzést lezáró vizsgaszakaszok az alábbiak voltak:

- a 2020. július 16-án lebonyolított (az elmaradt EWF on-line elektronikus tesztvizsgát is pótló) – 4 modulból és modulonként 30+30 kérdésből álló – írásbeli tesztvizsga;
- a 2020. július 17-én három csoportra bontva teljesített – 4 modulból és modulonként 2 húzott tétel ismertetéséből álló – szóbeli vizsga.

A tesztvizsgán és a szóbeli vizsgán elért eredmények alapján 19 fő (Baranyai László, Bánszki Edgár Mór, Biró Péter, Cser Márton, Ehl Csaba, Gilicze Gergő János, Horváth Péter, Kiss Róbert, Lövei Gyula, Nagy Péter,



Nagy Sándor Zsolt, Parczen Attila, Pócsi Róbert Szilveszter, Spekker Dominik, Szabó József, Szépvölgyi Ferenc, Tokai-Tunner Fruzsina, Vida László, Zagyi Zsolt) szerzett IWS, ill. EWS oklevelet. Kiemelendő, hogy az IWS

képzésben hölgy most először vett részt, ill. szerzett képesítést. Az alábbi fotó a hegesztési gyakorlaton, a Mátrai Hegesztéstechnikai és Szakképzési Kft. visontai telephelyén készült a résztvevőkről.

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kara Anyag- és Gyártástudományi Intézetének Anyagtechnológiai Intézeti Tanszéke – 7 saját oktatója és 9 külső szakember (meghívott előadó) bevonásával – 2020. január 30-án indította az IIW által jóváhagyott IAB-252r5-19 dokumentum tematikája szerinti, 309 elméleti + 60 gyakorlati tanórából álló IWT (International Welding Technologist, azaz Nemzetközi Hegesztőtechnológus) tanfolyamát. Március 06-ig (csütörtöki és pénteki napokon) kontakt tanórás formában zajlott a képzés. Viszont Magyarország Kormánya a 40/2020. (III.11.) rendeletével veszélyhelyzetet és intézménylátogatási tilalmat hirdetett ki 2020. március 11-én 15:00 órától kezdődően, így a kontakt tanórás IWT tanfolyam felfüggesztésre került.

A 2020. március 20-án jóváhagyott IAB-ASS-062-20 dokumentum szerint, ha fennáll a nemzeti kormány által elrendelt "oktatási intézménylátogatási tilalom", akkor (és csakis akkor) a vonatkozó szabályozást rugalmasabban lehet kezelni, így a felfüggesztett IWT tanfolyam eredetileg kontakt órában tartandó elméleti előadásai távoktatásos, il-



letve E-learning formában folytatódtak március 30. és június 26. között.

A hegesztési gyakorlatokra már kontakt órában, július 08. és 17. között, a tanszéki laborokban került sor. Az anyagvizsgálati gyakorlatok pedig részben az AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Zrt. csepeli telephelyén,

részben a tanszéki laborokban valósultak meg július 14. és 17. között. A képzés 1. része (Part I.) után esedékes – az első 3 modul kijelölt témaköreiből, 25+25+10 kérdésből álló – tesztet is sikeresen kitöltötték a résztvevők.

Az elméleti tanórák, valamint a záróvizsgák négy tantárgyi modul köré rendeződtek, me-

lyek a következők: 1. Hegesztési eljárások és berendezések; 2. Anyagok és viselkedésük a hegesztés során; 3. Méretezés és tervezés; 4. Gyártás, mérnöki (ipari) alkalmazások. A képzést lezáró vizsgaszakaszok az alábbiak voltak:

– a 2020. július 29-én lebonyolított (az elmaradt EWF on-line elektronikus tesztvizsgát is pótló) – 4 modulból és modulonként 70+20 kérdésből álló – írásbeli tesztvizsga;

– a 2020. július 30-án és 31-én két-két csoportra bontva teljesített – 4 modulból és modulonként 2 húzott tétel ismertetéséből álló – szóbeli vizsga.

A tesztvizsgán és a szóbeli vizsgán elért eredmények alapján 26 fő (André Dávid, Aranyosi Gábor Attila, Árvai Péter, Dr. Barányi István, Baráth Antal, Bánhegyi Gergely, Borda

Attila, Csernák József Péter, Csiba Ernő, Dániel Vanda Zsuzsanna, Gángó András, Gombos Tamás, Hájas Zoltán, Horváth Péter, Kuti János, Lévai Szabolcs, Loktyionov Viktor, Mészáros Géza, Minyó Viktor, Molnár Tamás, Piller Tibor Péter, Sipos Dezső, Sőregi Tibor, Szabó Ferenc, Szekeres Milán, Trapp Kristóf Ferenc) szerzett IWT, ill. EWT oklevelet. Az alábbi csoportfotók a szóbeli vizsga után készültek.

Újratervezés

XXX. Jubileumi Nemzetközi Hegesztési Konferencia

A Magyar Hegesztési Egyesület – követve az immár három évtizedes hagyományokat korábban – 2020. tavaszára hirdette meg a XXX. Jubileumi Nemzetközi Hegesztési Konferenciát, melyet azonban a március 4-én, Magyarországon is megjelent koronavírus járvány miatt határozatlan időre felfüggesztett.

Bízva a hatékony védekezésben és a járvány lecsengésében a MAHEG Elnöksége új időpontra, 2021. január utolsó hetére hirdeti meg a konferenciát. A vírushelyzet kedvezőtlen alakulása esetén a jubileumi tanácskozás videó konferencia keretében kerül lebonyolításra.

A Magyar Hegesztési Egyesület – a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülettel, a Magyar Anyagvizsgálók Egyesületével, a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetséggel, a Magyar Acélszerkezeti Szövetséggel, a Magyar Járműalkatrészgyártók Országos Szövetségével és az Óbudai Egyetemmel együttműködésben – **2021. január 28–30.** között rendezi meg a XXX. Jubileumi Nemzetközi Hegesztési Konferenciát.

körei a „Szerkezetgyártás korszerű anyagai és kötéstechnológiái XXI. században” köré csoportosulnak. A Konferencia Programbizottsága – Covid-19 kitörése előtt – beérkezett absztraktokat befogadta, azok szerzőinek nem kell megismételni a jelentkezésüket.

Az újonnan jelentkező előadóknak a jelentkezési lapot az alábbiak szerint kell megküldeni a Szervezőbizottságnak.

Esemény	Határidő
Új absztrakt beküldésének határideje*	2020. 10. 5.
Döntés az absztrakt elfogadásáról	2020. 10. 16.
Az elfogadott cikkek beküldésének határideje	2020. 12. 2.
Döntés a cikk elfogadásáról a lektorálást követően	2020. 12. 19.

Az előadói jelentkezés és az előadás elfogadásáról minden új érintett értesítést kap. **Előadást nem tartó résztvevők** jelentkezési határideje **2021. január 11.**

makörű intézményi **tudományos diákköri konferencia** első helyezett hallgatói, akik egyben lehetőséget kapnak eredményeik bemutatására.

Hasonlóan elismerjük – a hegesztés, a hegesztett szerkezetek gyártása, a hegesztést követő és az üzemelés során végzett vizsgálatok témakörben – 2019-ben és 2020-ban alapképzési, mesterképzési vagy hegesztő szakmérnöki oklevelet szerzett hallgatókat, akik részszere pályázatot írtunk ki. A pályázatokat a maheg@maheg.hu azonosítóra kell benyújtani. A Bíráló Bizottság képzési kategóriánként egy-egy **Rittinger János Díjra** tesz javaslatot, mely előterjesztés alapján az Elnökség oklevél és jutalom mellett díjtalan részvétellel és előadással jutalmazza a legkiválóbb pályamunkát.

A Konferencia alkalmat biztosít arra is, hogy – nagyra értékelve és megbecsülve a hegesztő közösség szolgálatában, fejlődésének előmozdításában kimagasló, példamutató tevékenységet végző – szakembereket elismerésben részesítse. Ennek során az Egyesület Életmű Díjat, Zorkóczy



A konferencia az Óbudai Egyetem Pauli konferenciatermében (1034 Budapest, Bécsi út 96/b.) 2021. január 28-án, csütörtökön délelőtt plenáris üléssel kezdődik, amelyet csütörtök délután, pénteken és szombaton követnek a szekcióülések. A konferencia téma-



A konferencia előkészítésének helyzetéről az érintetteket folyamatosan értesítjük!

A szakterület fiataljai kiemelkedő kutatási tudományos eredményeinek elismeréséül térítésmentes meghívást kaptak a konferenciára hegesztés és kötéstechnológia té-

Béla Érmét, Magyar Hegesztésért kitüntetett címet, Legaktívabb Egyesületi Tag, Ifjú Hegesztő Szakemberekért kitüntetett címet adományoz a Konferencia megnyitó ünnepségén!

Várjuk jelentkezésüket!

Dr. Gáti József, MAHEG elnök



MEGHÍVÓ

Tisztelettel meghívjuk Önt a REHM Hegesztéstechnika Kft. és a Miskolci Egyetem, valamint a Magyar Hegesztési Egyesület közös szervezésében megrendezendő

Ellenállás-hegesztés 2020 Szimpóziumra Tápiószele, 2020. november 5.

Célunk, hogy az ellenállás-hegesztéssel foglalkozó vállalati szakemberek, intézmények és szakmai szervezetek képviselői tanácskozzanak a témában felmerülő aktuális feladatokról, szakmai újdonságokról, az alkalmazható eszközökről mind elméleti, mint gyakorlati kérdésekről. Szeretnénk elősegíteni, hogy közelebb kerüljenek egymáshoz a szakma elméleti és gyakorlati művelői, a kutatók, fejlesztők és a felhasználók, kicseréljék tapasztalataikat és tájékoztatást adjanak legújabb eredményeikről.

A Szimpózium szakmai témakörei:

- ellenállás-hegesztés eljárásváltozatai, technológiája,
- ellenállás-hegesztett szerkezetek tervezési szempontjai,

- minőségbiztosítás az ellenállás-hegesztésben,
- esettanulmányok a gyakorlatból, avagy hogyan oldottuk meg a feladatot?
- ellenállás-hegesztés eszközei és berendezései, vezérlések, stb.

A Szimpóziumra a fenti témakörökben várjuk az előadók, továbbá az érdeklődő résztvevők jelentkezését 2020. szeptember 30-ig az alábbi címen:

REHM Hegesztéstechnika Kft.

2766 Tápiószele, Jászberényi út 4.

Tel.: +36 (53) 380 078;

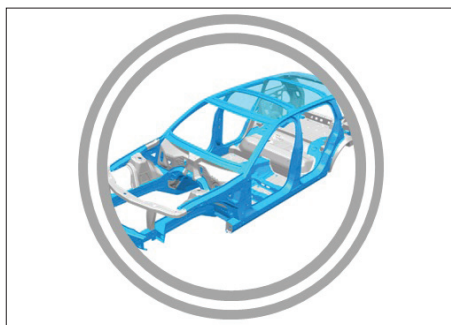
E-mail: rehm@rehm.hu; Web: www.rehm.hu

I. hegesztési webinarium beszámoló

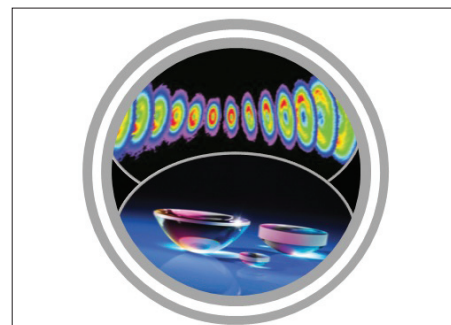
Minden kihívás egyben azt is jelenti, hogy új lehetőségek tárháza nyílik meg előttünk. Ennek szellemében a Magyar Hegesztési Egyesület Ifjúsági Fóruma a 2020-as évre célul tűzte ki az érdeklődő fiatalság, hallgatóság ismeretének bővítését, kapcsolatrendszerének szélesítését, mindezt virtuális formába átültetve. Az idei évben először kerül megrendezésre egy, a hegesztés tématerületére összpontosító webinarium sorozat, amely során konferencia jelleggel, alkalmanként egy-egy szűkebb témakörhöz tartozó előadásokat hallgathatunk meg. 2020 július 2-án, 17-19 óra között került lebonyolításra ezen sorozat első epizódja, amely során a duplex acélok hegesztésére, illetve az additív gyártástechnológiákra esett a hangsúly. A webinarium keretén belül Dr. Varbai Balázs a duplex acélokról és hegesztésük fejlődési irányairól, Asztalos Lilla az additív gyártástechnológiák orvostechikai alkalmazásának kihívásairól, kérdéseiről, Tóth Tamás a huzalelektrodás védőgázos ívhegesztéssel végzett additív gyártás alkalmazási lehetőségeiről, Halász Gábor pedig a fémes additív gyártástechnológiák új dimenziójáról tartott előadást. A prezentációk részben áttekintő jellegűek voltak, részben pedig részletes, mélyen a tématerületbe nyúló



Az "Új dimenziókban a fém 3D nyomtatás" és a "Huzalelektrodás ívhegesztéses additív gyártás alkalmazási lehetőségei" című előadások borító diái



információkat szolgáltatott. A webinariumon, amely Microsoft Teamsen keresztül került lebonyolításra, 20 fő vett részt. Az előadássorozat következő alkalma a nagy szilárdságú acé-



lokra, illetve a lézersugaras megmunkálásokra fog fókuszálni és előreláthatólag szeptember végén kerül megrendezésre.

Tóth Tamás

HÍREK

Beszámoló a Nemzetközi Hegesztési Intézet (IIW) 73. Közgyűléséről

A 2020. I. negyedévben kitört COVID-19 világjárvány a Nemzetközi Hegesztési Intézet (IIW) is komoly kihívások elé állította. Mint arról a Hegesztéstechnika 2020/2 számában Bakos Levente a Magyar Hegesztési Egyesület nemzetközi kapcsolatokért felelős alelnöke is beszámolt, a 2020. január havi évközi üléseket követően több személyes találkozó megrendezésére ez évben már nem került sor, és az eredetileg Szingapúrba tervezett 73. Közgyűlést és Nemzetközi Konferenciát is – az eredeti formájában – le kellett mondani. A Közgyűlés Szervezőbizottságának döntése értelmében – az IIW történetében első alkalommal – online formában kerültek megrendezésre a Bizottsági ülések.

Az online formában történő részvétel számos nehézség elé állította mind a szervezőket, mind a résztvevőket. Az IIW titkársága (Genova) az Aristeia International s.r.l. rendezvény-szervező céget bízta meg a rendezvény online térben történő előkészítésével és lebonyolításával. Összességében megállapíthatjuk, hogy a kezdeti aggodalmak ellenére egy stabil és jól működő rendszer üzemeltetését tapasztalhattuk meg (1–4. ábra).

Az ülésekre az előzetes programterv alapján közép-európai időszámítás (CET) szerint 13:00 – 16:00 között került sor. A hazai szakembereket ill. a hegesztésben érintett szakmai közösségeket Borhy István az IIW MNB titkára (MAHEG), dr. Gáspár Marcell egyetemi docens (Miskolci Egyetem), Raghawendra Pratap Singh Sisodia doktorandusz (Miskolci Egyetem) és Tóth Tamás (TU Braunschweig, Institute of Joining and Welding) regisztrált résztvevőként képviselte. A szakemberek részvételét a Magyar Hegesztési Egyesület (MAHEG) ill. a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés (MHTe) támogatta.

2020. július 15-én került sor a General Assembly ülésre, ahol Magyarországot és a magyar tagszervezetet (MAHEG), dr. Jármay Károly professzor az IIW MNB elnöke, Borhy István az IIW MNB titkára és dr. Gáspár Marcell a MAHEG elnökségének tagja, delegátusok képviselték (5. ábra).

A Közgyűlés a nemzeti delegátusok részvételével az előzetes napirend szerinti előterjesztéseket megtárgyalva, majd online szavazással döntve hatékony és eredményes munkát végzett. A Közgyűlésen Douglas R. Luciani elnöki köszöntőjét és megnyitóját követően a résztvevők elfogadták a titkárság beszámolóját az IIW elmúlt évi tevékenységéről, a kincstárnok 2019. évi jelentését a gazdálkodásról, valamint a könyvvizsgáló által ellenőrzött és jóváhagyott mérleget. Elfogadásra került a 2020. évi költségvetés ill. ennek részeként a tagsági díjak, mely hazánk esetében kismértékben (1%-al) növekedett.

A Közgyűlés megválasztotta az IIW tisztségviselőit: Megköszönve Douglas R. Luciani elmúlt években kifejtett erőfeszítéseit, 2020–2023 közötti időszakban az IIW elnöki tisztségét David Landon (USA) tölti be. A résztvevők döntöttek továbbá a 2023. évi Közgyűlés helyszínéről. A COVID-19 világjárvány következtében a rendezéstől 2020. évben esedős Szingapúr 2023. július 23–28. között fog otthont adni a 76th IIW Annual Assembly-nek.

Az IIW tradíciójának megfelelően az idei rendezvényen is a Working Group Young Leaders (WG-YL) ülésére került sor elsőként 2020. július 17-én. Dr. Luca Costa (IIW CEO), Douglas R. Luciani, az IIW korábbi elnöke és dr. Ernest Levert, a WG-YL vezetője köszöntötte az ülésen résztvevőket. Külön kiemelték az ifjúság tevékenységét az IIW munkájában és kulcsfontosságú szerepét annak jövőjében. A napirendi pontok elfogadását követően a

megszületett döntések az alábbiakban foglalhatók össze:

Dr. Ernest Levert (USA) az elkövetkező három évben a WG-YL vezetői tisztségét tölti be.

Alelnököknek, egyhangú szavazást követően, Bakos Leventét (Magyarország) illetve dr. Simon Jahnt (Németország) választották meg. Ez komoly elismerés mind a magyar hegesztő társadalom, mind személyesen Bakos Levente számára, akinek kezdeményező szerepe és aktív munkája hozzájárult az IIW Young Professional rendszerének bővítéséhez. Gratulálunk Leventének és sok sikert kívánunk munkájához!

A YPIC2020, amely Kievben (Ukrajna), 2020. május 19–22. között rendezték volna meg, ám a járványügyi helyzet miatt nem került lebonyolításra. Amennyiben a helyzet normalizálódik, az eseményt 2021. május 25–28. között rendezik meg, változatlan helyszínen.

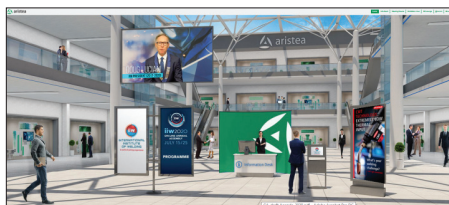
A Young Professional (YP) kapcsolatrendszerének bővítésével, illetve az IIW-be való mélyebb integrálásával összefüggésben dr. Luca Costa és dr. Ernest Levert kifejtette, hogy tervbe vették egy DVS-hez hasonló támogatási rendszer kidolgozását, mellyel a fiatal hegesztőmérnökök előzetes pályázás után – elsősorban konferenciákon és szakmai rendezvényeken való részvétel céljából – anyagi támogatáshoz juthatnának.

A WG-RA (Regional Activities) munkacsoport ülésén megközelítőleg 40 érdeklődő részvételével dr. Jármay Károly ismertette a VAE 2020 online konferencia (2020. november 25.) aktualitásait (6. ábra).

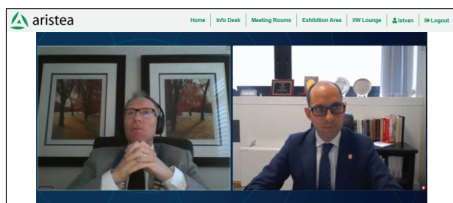
A bizottsági ülések keretében John Lippold előadásában ismerhettük meg a Welding in the World folyóirat előző évi statisztikai adatait. Az előadó hangsúlyozta, hogy az elmúlt 8 évben a folyóirat komoly fejlődésen ment keresztül. 2019-es évre az impactfactor (IF) elérte az 1,8-es értéket, amely tudományos területen jó eredménynek számít. További fejlődési potenciált rejt magában az IIW ülések során megfogalmazott cél, hogy a publikációra javasolt cikkek száma növekedjen. Jelen



1. ábra: Belépő oldal



2. ábra: Főoldal



3. ábra: Élő közvetítés



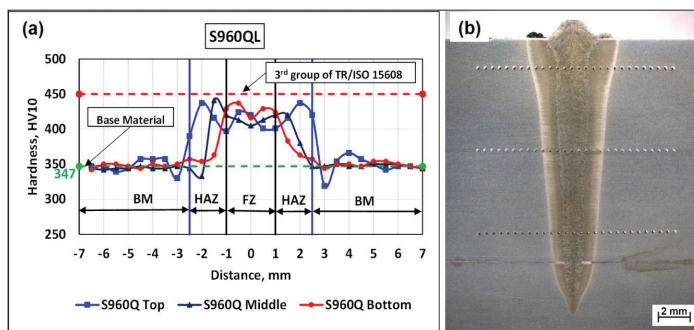
4. ábra: Vetített prezentációk



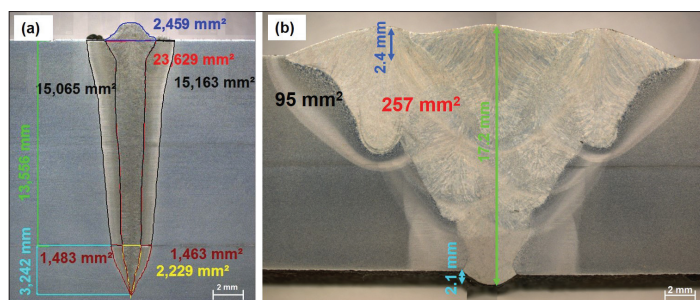
5. ábra: Magyar Delegátusok a Közgyűlésen



6. ábra: VAE 2020 online konferencia



7. ábra: Az S960QL acél elektronsugaras hegesztéssel készült kötésének keménységeloszlása (a) a keménységlenyomatok (b) függvényében



8. ábra A varrat és a hőhatásövezet méretének összehasonlítása elektronsugaras hegesztés (a) és huzalelektrodás ívhegesztés (b) esetén ($N=6.5x$)

állás szerint a javasolt cikkek mindössze csak 70 %-a kerül ténylegesen is beküldésre. Ez az érték remélhetőleg a Welding in the World tudományos elismerésének növekedésével és egy jobb marketinggel javulni fog.

A C-IV Bizottság (Nagy energiasűrűségű eljárások) üléseire az IIW AA első felében került sor. A bizottsági ülés vezetője Dr. Herbert Staufer (Fronius, Ausztria, Nagy teljesítményű hegesztő eljárások kutatóközpont), a C-IV új-raválasztott elnöke volt. A C-IV bizottság három albizottságból épül fel: lézersugaras eljárások (C-IV-A), elektronsugaras eljárások (C-IV-B) valamint a lézersugaras és az ívhegesztés hibrid változatai (C-IV-C).

A Bizottsági ülés keretében a lézersugaras és elektronsugaras hegesztés összehasonlíthatóságáról, a nagy szilárdságú acélok elektronsugaras hegesztéséről, autóiipari réz csatlakozók elektronsugaras hegesztéséről, lézersugaras keskenyres-hegesztésről illetve korszerű folyamatmonitorozási lehetőségekről hallhattak a résztvevők előadásokat. Az előadások sorában két magyar érdekltségű kutatás eredményeinek bemutatására is sor került (aláhúzással jelölve az előadókat):

IV-1459-20: Tamás Tóth, Jonas Hensel, Sven Thiemer, Philipp Sieber, Klaus Dilger (Germany): Electronbeamwelding of rectangular-copperwiresapplied in electricaldrives;

IV-1460-20: Raghawendra Pratap Singh Sisodia, Marcell Gáspár (Hungary): Electron beamwelding of S960QL high strength steel – Micro structural evolution & Mechanical properties;

Örömkre szolgál, hogy mindkét magyar részvétellel készült dokumentumot publikálásra javasolták a Welding in the World című folyóiratba. A IV-1460-20 dokumentumban a

szerzők az S960L kategóriájú nemesített nagy szilárdságú acél elektronsugaras hegesztéssel és huzalelektrodás védőgázos ívhegesztéssel készült kötésének tulajdonságait hasonlították össze. Az elektronsugaras hegesztési kísérleteket Németországban a Steigerwald Strahltechnik vállalatnál végezték el, amelynek magyar partnere az IGM Robotrendszerek Kft. Elektronsugaras hegesztéssel keskeny, mély beolvadású varrat hozható létre, amelynek eredményeként a hőhatásövezet is jelentősen kisebb, mint ívhegesztések esetén. Tekintettel arra, hogy nagy szilárdságú acélok esetén a varratban és a hőhatásövezetben jelentős tulajdonságromlás megy végbe, amelynek következményeként a szívósság kritikus mértékben csökken, ezért a hegesztett kötésben lévő rideg részek méretének korlátozása kulcskérdés a kötés minősége szempontjából. A dokumentumban a szerzők 15 mm vastag lemezeket hegesztettek össze hozaganyag nélkül, 10 mm/s hegesztési sebesség és nagy vákuum (2×10^{-4} mbar) alkalmazásával. A hegesztett kötés tulajdonságait optikai és elektronmikroszkóppal, szakító- és hajlítóvizsgálattal, keménységvizsgálattal és műszerezett ütővizsgálattal elemzik. Az elektronsugaras hegesztéssel készült kötés keménységeloszlása, valamint a keménységlenyomatok a 7. ábrán szerepelnek. A keménységértékekből látható, hogy a varratban és a hőhatásövezetben jelentős, a határértéket megközelítő keménységmegnövekedés megy végbe, ugyanakkor az egy-



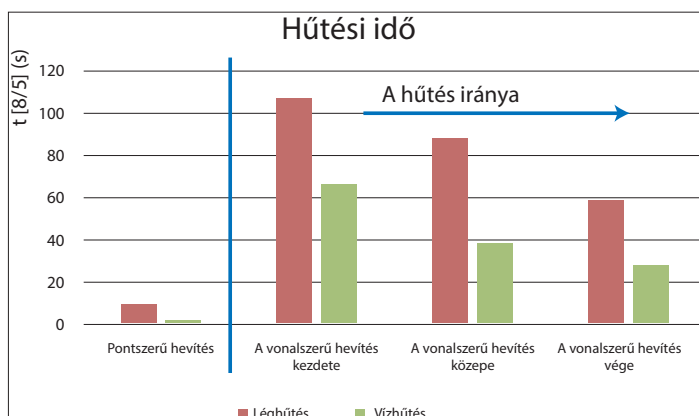
9. ábra: Előadók a C-IX-L albizottság ülésén

soros varratfelépítésből adódóan nem alakul ki gyökoldali kilágulás mint hagyományos huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés esetén (7. ábra).

A 8. ábrán az elektronsugaras hegesztéssel és a huzalelektrodás ívhegesztéssel készült hegesztett kötés makrosziszolata szerepel. Az elektronsugaras hegesztéssel a varrat mérete a tizedére, a hőhatásövezet pedig a harmadára csökkent.

A koreai HeeJin Kim professzor által vezetett C-IX Bizottság (Fémek viselkedése hegesztéskor) üléseire július 22–24. között került sor. A Bizottság 5 albizottságból épül fel: C-IX-WG1 A varratban végbemenő jelenségek matematikai modellezése; C-IX-C Kúszás- és hőálló varratok; C-IX-H Korrozioálló acélok és nikkelbázisú ötvözetek hegeszthetősége; C-IX-L Gyengén ötvözött acélok varratai; C-IX-NF Nemvas fémek. A magyar delegáció tagjai közül Dr. Gáspár Marcell és Gyura László a C-IX-L albizottság ülésén – IIW dokumentum bemutatásával – vettek részt (9. ábra).

A sokéves hagyománynak megfelelően rendszerint a C-IX-L albizottságba készül a C-IX-en belül a legtöbb dokumentum. Ráadásul ebben az évben a vírushelyzet miatt elmaradt a Németországba tervezett évközi ülés is, melynek eredményeként még több előadás és dokumentum gyűlt össze az on-



11. ábra 74th IIW Annual Assembly and International Conference

10. ábra A $t_{8/5}$ hűlési idő lángegyengetésnél pontszerű hevítéskor (spot heating) és az ipari gyakorlatban elterjedtebb vonalszerű hevítéskor (line heating)

line ülésre. Az albizottság vezetője dr. Norbert Enzinger (Ausztria) a Graz-ban lévő Műszaki Egyetemről. Varrat hőkezelések hatásai témakör keretében mutatkozott be a magyar érdekeltségű dokumentum (aláhúzással jelölve az előadót):

IX-L-1233-20: László Gyura, Marcell Gáspár, András Balogh (Hungary): The effect of flame straightening thermal cycles on the microstructural properties of high-strength steels;

A IX-L-1233-20 azonosítószámú, a Welding in the World folyóiratba javasolt dokumentumban a szerzők a lángegyengetés hőciklusainak szövetszerkezetre és mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatását vizsgálták három anyagminőség esetén: S355J2+N, S960QL, XAR400. A téma aktualitását adja, hogy miközben számos nemzetközi kutatás foglalkozik a nagy szilárdságú acélok hegeszthetőségével, addig a lángegyengetés hatásáról jelenleg még hiányosak az ismeretek. Lángegyengetés esetén az ipari gyakorlatban acetilén és a propán is előfordulhat. Ezért a szerzők mindkét éghető gáz típus

esetén termoelemes mérésekkel lángegyengetési hőciklusokat határoztak meg valós próbadarabokon. Az elvégzett termoelemes mérések igazolták azt a feltételezést, hogy a klasszikus ívhegesztő eljárásokra jellemző $t_{8/5}$ hűlési idő tartományon (kb. 5-30 s) jelentősen, akár egy nagyságrenddel is nagyobb értékek előfordulhatnak lángegyengetéskor (10. ábra). A rögzített hőciklusok alapján a szerzők egy fizikai szimulációs kísérleti programot állítottak össze, amelyben három karakterisztikus csúcshőmérsékletet (1000 °C, 800 °C and 675 °C) vizsgáltak a gyors égésű acetilén és a lassú égésű propán esetén rögzített hőciklusokkal, figyelembe véve a levegőn történő hűtés és a vízűtés alkalmazásának lehetőségét. A szimulált lángegyengetési hőhatásöveket optikai mikroszkóppal, keménységvizsgálattal és műszerezett ütővizsgálattal elemezték.

A bizottsági ülésen dr. Norbert Enzinger tájékoztatást adott 13th Numerical Analysis of Weldability című konferenciáról, amelyet 2021. szeptember 26-29. között Graz-ban és

Seggau-ban rendeztek meg. Az absztraktok beküldési határideje: 2021. február 28. A közlésre elfogadott közlemények lektorált konferenciakötetben jelennek meg.

Az IIW soron következő Közgyűlésére 2021. június 20-25. között Genova-ban kerül sor (11. ábra).

A 73rd IIW Annual Assembly programozatán résztvevő hazai szakemberek képviselték a hazai hegesztési társadalmat és bemutatták a kutatási eredményeiket. Bár a COVID-19 világjárvány a kapcsolatokat építését és a tapasztalatok cseréjét személyes formában nem tette lehetővé, azonban az online formában végrehajtott rendezvény is lehetőséget biztosított az ismeretek átadásához és a fejlesztési irányok megvitatásához. Bízunk benne, hogy soron következő IIW rendezvényen már a hagyományos formában képviselhetjük Magyarországot.

Borhy István
dr. Gáspár Marcell
dr. Jármay Károly
Tóth Tamás

„Hegesztett szerkezetek gyártása” panelbeszélgetés

Sas Illés (Elektro - Montőring Kft.) képviselte a Magyar Hegesztési Egyesületet a Német-Magyar-Online Fémipari kapacitásbörze első napján 2020. július 29-én délután megrendezett „Hegesztett szerkezetek gyártása” panelbeszélgetésen, mint szakértő. A program a *Német-Magyar Ipari és Kereskedelmi Kamara* egyik útkereső rendezvénye volt a koronavírus miatt kialakult helyzetre. A tanácskozás középpontjában a fémipar, fémmegmunkálás területe állt.

Az online konzultáció rövid gondolatébresztő előadással indult, melyet követően

a céges képviselők a következő kérdésköröket járták körbe:

- Hogyan látják a hazai cégek, hogyan tudják a versenyképességüket növelni a német piacon a jelenlegi körülmények között?
- Milyen lehetőségeket látnak a kapacitásbővítés és rugalmasság együttes megoldására rövid és hosszú távon?
- A hazai cégeknél milyen lehetőségeket látnak a termelékenység növelésére?
- Milyen tapasztalatuk van partnerkapcsolaton alapuló fejlesztési projektekből? Milyen eredményeket sikerült elérni?

- Mit tart legfontosabbnak az ipar 4.0 bevezetése során? Milyen pozitív tapasztalatokat tud kiemelni már megvalósult projektekből?

A panelbeszélgetés értékes gyakorlatokat és tapasztalatokat osztott meg a hallgatósággal, melyet az érdeklődők következő linken érhetnek el: <https://www.ahkungarn.hu/hu/rendezvenyek/oldalnezet/nemet-magyar-online-femipari-kapacitas-boerze-panelbeszelgetes>

Kuti János

Az MHE társ- és más intézmények folyóiratainak témái

Der Praktiker – 2020. 3. szám

Stefanie Nüchtern-Baumhoff:

- Schweißen von Drehleitern für Hubrettungsfahrzeuge – Schneller und flexibler fertigen, p: 92–93,

Stefanie Kaufmann:

- Stahl und Maschinenbauer modernisiert Blechzuschnitt – Präzisere Schnitte und mehr Bearbeitungsmöglichkeiten, p: 94–96,

Uwe Mückenheim és szerzőtársa:

- Arbeitsanleitung zum Lichtbogen-Druckluftfugen mit Kohlenelektrode an unlegierten Stählen – Hinweise für die Anwendung, p: 100–103,

Ulrich Killing:

- Vollmechanisiertes WIG – Impulsorbitalschweißen im Rohrleitungsbau – Anwendungsempfehlungen und Probleme, p: 104–109,
- Dr. Erturk és török szerzőtársai:
- Elektroschmelze-Schweißen im Stahlbau – Elektroschmelze-Schweißen im neuen Gewand, p: 110–117,

Bdrnd Drumann:

- Abschlagszahlungen: eine „Sicherheitsleistung“ die Handwerker einfordern – Handwerker nutzen Recht auf Abschlagszahlungen noch zu selten, p: 118–119.

SUDURA – 2020. march:

- (román nyelvű–angol nyelvű absztraktokkal)

Dorin Dehelean:

- Romanian Welding Society – 30 years of activity, p: 5–8,

i.d. Savu, S.V. Savu:

- Welding the control cabins of a ship dedicated to the removal of the obsolete and decommissioned sea platforms, p: 9–15,

D.M. Lovanas:

- Optimization of welding parameters when making welded pipes on generators, p: 16–20,

D. Delehean:

- Qualification of personnel for additive manufacturing – a hot issue, p: 21–27.

WELDING in the World volume 64 Number. 7.

T. Mandziej:

- Physical background and simulation of creep in steels, p: 1119–1134

Andrea Putz, A. Hosseini, M. Westin, Norbert Enzinger

- Microstructure investigation of duplex stainless steel welds using arc heat treatment technique, p: 1135–1147

Gabriel Asquel, Storto Bittencourt, Vieira Cunha

- Effect of welding variables on GTAW arc stagnation pressure, p: 1149–1160

Chiyomi Iwatake, Masahito Kaneko, Kazuyuki Matsumoto, Tsutomu Fukui, Shuji Aihara, Tomoya Kawabata

- Effects of residual stress by EB welds on assessment of crack arrest temperature (CAT), p: 1161–1174

Rahul Sharma, Uwe Reisgen

- Influence of mill scale on weld bead geometry and thermal cycle during GTA welding of high-strength steels, p: 1175–1183

Yasuhiro Takashima, Chendong Shao, Fenggui Lu, Fumiyoshi Minami

- Numerical investigation of CTOD estimation methods for laser welds, p: 1185–1193

Lennart Josefson, R. Bisschop, M. Messaadi, J. Hantusch

- Residual stresses in thermite welded rails: significance of additional forging, p: 1195–1212

Yuanbo Jiang, Chengning Li, Xinjie Di, Dongpo Wang, Jiangcheng Liu

- EBSD analysis of microstructures and mechanical properties of softened zones in X60 reeled-pipeline welded joint after cyclic plastic deformation, p: 1213–1225

Nam-Phong Nguyen, Stefan Behrens, Maximilian Brosda, Alexander Olowinsky, Arnold Gillner

- Laser transmission welding of absorber-free semi-crystalline polypropylene by using a quasi-simultaneous irradiation strategy

WELDING in the World volume 64 Number. 8.

John Norrish

- Topical collection—additive manufacturing, p: 1305–1306

K. Hoefer, J. Rodriguez, A. Haelsig, K.-G. Abstoss, P. Mayr

- Fabrication of SS316L to Ni80Cr20 graded structures by 3D plasma metal deposition, p: 1307–1311

E. Eimer, W. Suder, S. Williams, J. Ding

- Wire Laser Arc Additive Manufacture of aluminium zinc alloys, p: 1313–1319

A. Damiens, H. Bonnefoy, I. Titeux

- Influence of processing parameters on mechanical and fatigue properties of 316 L steel manufactured by selective laser melting, p: 1321–1328

E. Spaniol, T. Ungethüm, M. Trautmann, K. Andrusch, M. Hertel, U. Füssel

- Development of a novel TIG hot-wire process for wire and arc additive manufacturing, p: 1329–1340

M. Leicher, S. Kamper, K. Treutler, V. Wesling

- Multi-material design in additive manufacturing—feasibility validation, p: 1341–1347

C. Halisch, T. Radel, D. Tyralla, T. Seefeld

- Measuring the melt pool size in a wire arc additive manufacturing process using a high dynamic range two-colored pyrometric camera, p: 1349–1356

Yaoyi Geng, Brendan Phelan, Ramesh Raghavendra, Noel Harrison

- Single-step process of microstructural functionally graded Ti6Al4V by laser powder bed fusion additive manufacturing, p: 1357–1366

Jitendra Singh Rathore, Caroline Vienne, Yann Quinsat, Christophe Tournier

- Influence of resolution on the X-ray CT-based measurements of metallic AM lattice structures

A-F. Obaton, B. Butsch, E. Carcreff, N. Laroche, J. Tarr, A. Donmez

- Efficient volumetric non-destructive testing methods for additively manufactured parts, p: 1417–1425

C. Cambon, S. Rouquette, I. Bendaoud, C. Bordreuil, R. Wimpory, F. Soulie

- Thermo-mechanical simulation of overlaid layers made with wire + arc additive manufacturing and GMAW-cold metal transfer, pp 1427–1435

Xinyong Gong, Wei You, Xu Li, Lei Wang

- Modeling the influence of injection parameters on powder efficiency in laser cladding, p: 1437–1448

A. Josten, M. Höfemann

- Arc-welding based additive manufacturing for body reinforcement in automotive engineering, p: 1449–1458

WELDING in the World volume 64 Number. 9.

Shikai Wu, Can Wang, Zhongxiu Li, Peng Wen, Song Zhang, Zhendong Mao, Xiaohui Han

- Effect of Nb micro-alloying on microstructure and properties of A7204-T4 aluminum alloy joints with fiber laser-VPTIG hybrid welding, p: 1459–1469

Christopher Schmal, Gerson Meschut

- Refill friction stir spot and resistance spot welding of aluminium joints with large total sheet thicknesses (III-1965-19), p: 1471–1480

E. E. Feistauer, J. F. Santos, S. T. Amancio-Filho

- An investigation of the ultrasonic joining process parameters effect on the mechanical properties of metal-composite hybrid joints, p: 1481–1495

Uwe Reisgen, Rahul Sharma, Martin Christ, Samuel Mann

- Method development of statistical modeling for the description of welding fume emissions in gas metal arc welding using transient process characteristics, p: 1497–1502

H. Taheri, G. C. Clifton, P. Dong, M. Karpenko, G. M. Raftery, J. B. P. Lim

- The use of effective full penetration of T-butt welds in welded moment connections, p: 1503–1519

Toru Shiratsuchi, Naruyoshi Izumi, Tatsuya Imai, Satoru Nishimoto, Yuta Hasegawa, Naoki Osawa

- The thickness effect of hot spot S-N curves for welded aluminum joints, p: 1521–1534

E. Delkhosh, M. Khurshid, I. Barsoum, Z. Barsoum

- Fracture mechanics and fatigue life assessment of box-shaped welded structures: FEM analysis and parametric design, p: 1535–1551

Doğan Acar, Mehmet Karali, Ömer Necati Cora, Dwight Burford, Muammer Koç

- Uniaxial and biaxial deformation characteristics of AA7075-O friction stir welded joints, p: 1553–1564

K. Schricker, M. Ganß, C. Könke, J. P. Bergmann

- Feasibility study of using integrated fiber optical sensors to monitor laser-assisted metal-polymer joining

W. Tillmann, L. Wojarski, D. Stangier, M. Manka, C. Timmer

- Application of the eutectic high entropy alloy Nb_{0.73}CoCrFeNi_{2.1} for high temperature joints, p: 1597–1604

O. Mokrov, M. Simon, A. Schiebahn, U. Reisgen

- Concept for the calculation of the distribution of heat input in the cathode area by GMA welding, p: 1605–1614

R. A. Ribeiro, E. B. F. Dos Santos, P. D. C. Assunção, K. J. Daun, A. P. Gerlich

- Uncertainty analysis of a water flow calorimeter while welding in short-circuit and spray transfer regimes, p: 1615–1624

G. Zhang, G. Goett, D. Uhrandt, Ph. Lozano, R. Sharma

- A simplified voltage model in GMAW

HÍREK



3rd International Conference on Vehicle and Automotive Engineering VAE2020



25. November 2020. Miskolc, Hungary



Konferencia felhívás

A 3rd International Conference on Vehicle and Automotive Engineering, VAE2020 konferenciát idén ONLINE formában 2020. november 25-én rendezzük meg. A konferencia célja, hogy összehozza a területen dolgozó tudományos és ipari szakembereket és megmutassa ezeknek a területeknek a fejlődését. A konferenciát az IIW (Nemzetközi Hegesztési Intézet) támogatja.

A konferencia fő témakörei:

- A. Conventional Powertrain & Emission
- B. Alternative Powertrains
- C. Vehicle Dynamics
- D. Materials & Manufacturing
- E. Vehicle Electronics
- F. Autonomous vehicles
- G. Noise & Vibration

- H. Active and Passive Safety
- I. Sustainability
- J. Education
- K. Design of Vehicle Structures and Surfaces
- L. Optimization
- M. Welding
- N. Multi linkage structures

A konferencia kiadványába 6-16 oldalas angol nyelvű szakcikkeket várunk, amelyek leadási határideje 2020. július 10.

A leadott cikkekhez legalább 4 javasolt bírálót kérünk megnevezni (név, cég, e-mail), melyek egyike külföldi kell legyen.

Az elfogadott cikkek a Springer Verlag által kiadott Scopus indexált, LectureNotes in MechanicalEngineering sorozatban ke-

rülnek publikálásra, ahogyan az előző konferencián is:

<https://www.springer.com/gp/book/9783319756769>,
<https://www.springer.com/gp/book/9783319511887>.

Tájékoztatom, hogy az előző konferencia kiadványát, mely a Springer Kiadónál jelent meg, eddig 146 ezren töltötték le. A kiadvány Scopus által indexált és Q4-es volt.

Esemény

- Cikk leadás
- Cikk elfogadás
- Részvételi díj fizetése szerzőknek
- Részvételi díj fizetése (cikk nélkül)

KONFERENCIA

A konferencia honlapja: <http://vae2020.uni-miskolc.hu>

További információ: vae2020@uni-miskolc.hu

Határidő

- 2020. július 11.
- 2020. augusztus 21.
- 2020. augusztus 21.
- 2020. október 30.
- 2020. november 25.**

HÍREK

MHtE Akadémia – tervezett tanfolyamok 2020-ban

	Kezdési időpontok és egyéb információk	Árak	Célcsoport
Alapismeretekkel rendelkező Nemzetközi Hegesztési Gyártásfelügyelő (IWI-B) tanfolyam	www.mhte.hu	Tanfolyam díja: 150.000 Ft + ÁFA/fő Vizsgadíj: 70.000 Ft + ÁFA/fő EWI-C diploma: 7.000 Ft + ÁFA/fő Bélyegző: 6.000 Ft + ÁFA/fő	IWP/EWP végzettségű szakemberek (WI modul esetén)
Általános ismeretekkel rendelkező Nemzetközi Hegesztési Gyártásfelügyelő (IWI-S) tanfolyam	www.mhte.hu	Tanfolyam díja: 225.000 Ft + ÁFA/fő Vizsgadíj: 90.000 Ft + ÁFA/fő EWI-C diploma: 7.000 Ft + ÁFA/fő Bélyegző: 6.000 Ft + ÁFA/fő	IWS/EWS végzettségű szakemberek (WI modul esetén)
Átfogó ismeretekkel rendelkező Nemzetközi Hegesztési Gyártásfelügyelő (IWI-C) tanfolyam	www.mhte.hu	Tanfolyam díja: 300.000 Ft + ÁFA/fő Vizsgadíj: 90.000 Ft + ÁFA/fő EWI-C diploma: 7.000 Ft + ÁFA/fő Bélyegző: 6.000 Ft + ÁFA/fő	IWE/EWE, EWT/IWT végzettségű szakemberek (WI modul esetén)

FELHÍVÁS

A Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülés az Európai Hegesztési Szövetség és a Nemzetközi Hegesztési Intézet által közösen üzemeltetett EWF/IIW-IAB szervezet Nemzeti Meghatalmazott Testületeként hegesztési tevékenységet végző vállalatok tanúsítását végzi az

MSZ EN ISO 3834

szabvány alábbi fejezetei szerint:

- 2. rész: Teljes körű minőségirányítási követelmények,
- 3. rész: Általános minőségirányítási követelmények.

A sikeres üzemalkalmassági auditot követően az MHtE nemzetközileg elismert tanúsítványt bocsát a megrendelő rendelkezésére. Az MHtE a NAH-6-0060/2015 nyilvántartási számú akkreditált státusza alapján MSZ EN ISO 3834-2,-3 szabvány fejezetek alapján is le tudja folytatni a tanúsítási folyamatot és ki tudja adni a tanúsítványt.

Tanúsításra jelentkezés és bővebb információ érdekében az alábbi elérhetőségeken várjuk érdeklődését:

e-mail: benedekj@mhte.hu; telefon: 06 70 400 2767



Értesítjük kedves ügyfeleinket,
hogy a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülés
hivatalos címe 2020. május 1-től

1149 Budapest
Mogyoródi út 32



ÉMI-TÜV

Válassza a biztonságot
Teremtsen értéket

Szolgáltatások hegesztőüzemek számára

Akkreditált, notifikált státuszban,
illetve nemzeti kijelölés alapján
kiadott tanúsítványok



Milyen szolgáltatást kínál az ÉMI-TÜV SÜD?

▪ Személytanúsítás

Hegesztők, forrasztók, gépkezelők,
műanyaghegesztők minősítése, vizsgáztatása,
tanúsítása, jóváhagyása, tanúsítványok
meghosszabbítása

Választható érvényességi idő

- EN ISO 9606-1/2/3/4/5
- EN ISO 14732
- EN ISO 13585
- EN 13067
- EN ISO 17660-1
- AD 2000 HP3
- 2014/68/EU - PED-2014 / 44/2016 (XI.28) NGM rendelet

▪ Hegesztés-, forrasztástechnológiák vizsgálata, ellenőrzése, jóváhagyása

- MSZ EN ISO 15614-1:2017

▪ Hegesztőbázisok, képzőhelyek tanúsítása

▪ Hegesztőüzemi tanúsítások

- EN ISO 3834-2/3/4
- 8/2018. (VIII. 17.) ITM rendelet **ÚJ!**
- 1/2016 (I.5.) NGM rendelet

- CPR/EN 1090-1 – C E jel
- EN 1090-2, EN 1090-3
- EN 1090-4, EN 1090-5 **ÚJ!**
- 2014/68/EU (PED-2014)
- EN 15085-2
- MSZ ISO/TS 22163 (IRIS) **ÚJ!**

További szolgáltatások hegesztőüzemek számára:

- 2014/68/EU/ 44/2016 (XI.28) NGM rendelet szerinti megfelelés tanúsítás - C E jel
- TPED/ADR/RID
- MIR (ISO 9001:2015), KIR (ISO 14001:2015)
- EMAS-2017
- Energiagazdálkodási Irányítási Rendszer, EIR (ISO 50001:2011)
- MEBIR/OHSAS és SCC
- Információbiztonsági Irányítási Rendszer, IBIR (ISO 27001)
- Szakvélemény készítés, szakértői közreműködés, állásfoglalások készítése
- Komplex műszaki felügyeleti tevékenység
- Állapotfelmérés, káresemények kivizsgálása

Dr. Szokol György*

A porbeles huzal megjelenése Magyarországon: a kezdet kezdete

Bevezetés

A műszaki és gazdasági életben jelentkező mind nagyobb és nagyobb követelmények új gyártási eljárások bevezetését és a végzett munka megszemenő automatizálását teszik szükségessé – olvassuk ezt nap mint nap. De ez már 52 évvel ezelőtt is így volt a hegesztés területén is. Ezt igyekszik bemutatni ez a beszámoló – tehát a megfogalmazás éve 1968. Az elmúlt évtizedben egy új hegesztési eljárást, a porbeles huzallal (más néven az akkor még gyakran használt elnevezéssel a csőelektródával) végzett hegesztést dolgoztak ki szinte egyidejűleg több fejlett hegesztőkultúrájú ipari államban. Ez az eljárás egyesíteni látszik azokat az előnyöket, amelyeket egyrészt a védőgázos és a fedettívű fél-és automatikus hegesztési eljárások, másrészt a bevont elektródával végzett kézi ívhegesztés adnak.

A cikk az elvégzett részletes vizsgálatok alapján mintegy „bemutatja” a porbeles huzalt, ismerteti az ezzel a huzallal végzett hegesztés sajátosságait és vizsgálja a gazdasági kihatásait, külföldről kapott mintahuzalokkal végzett próbák, kísérletek eredményeit.

A háttér a következő: 1967-ben a belga Arcos cég az általa kidolgozott és eredményesen használt technológiát meg akarta ismertetni az u.n. "keleti-blokk" országaival. A Magyarországon akkor létező egyetlen hegesztőanyag gyártóval, a Csepeli Elektrodagyárral vette fel a kapcsolatot, azzal a szándékkal, hogy a saját fejlesztésű

porbeles huzal gyártó berendezését eladva ebben a térségben is elterjedjen ez az eljárás. Ehhez széles-körű szakmai információt, mintaanyagokat, ismételt szakmai konzultációt biztosított. A Csepeli Elektrodagyár vezetése a kutatórészleget bízta meg egy kísérletekkel alátámasztott felmérés és javaslat elkészítésével [1].

A porbeles huzal (vagy csőelektróda)

Meghatározás – definíció

A porbeles huzal (vagy csőelektróda) elnevezés alatt értünk minden olyan különleges hegesztőhuzalt, amely belsőjében poralakban ionizáló anyagokat, savas, rutilos, vagy bázikus salakképzőket, folyósítószerkeket, ötvöző és dezoxidáló anyagokat (esetenként akár tömör huzalt is) tartalmaz [2]. (Lásd 1. ábra.)

A hegesztőhuzalt végtelenített acél-szalag csőalakúra formálásával, a megfelelő porkeverék betöltésével állítják elő. A DIN 8571 számú szabvány [3] a meghatározásban különbséget tesz az egyszerű és az u.n. hornyolt huzal között, amelynél a hosszstengely irányában a lemezszalagból kialakított egy, vagy több horony fut végig.

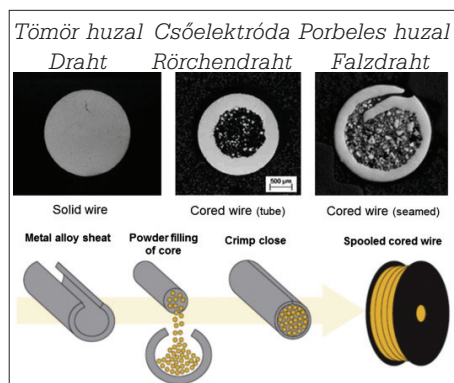
A porbeles huzalt sok esetben alig lehet megkülönböztetni pusztán a külseje alapján a tömör fogyóelektródától. Az acélszalag zárása egy szemmel alig észrevehető csikként húzódik végig a huzal felületén.

terjedtebb alkalmazásával kapcsolatban merült fel az az igény, hogy bizonyos alkatrészek felületét volframkarbiddal lehessen bevonni. Erre a hegesztés kiválóan alkalmasnak látszott. Az eljáráshoz a hozaganyagot úgy készítették, hogy megfelelő méretű acélsövet eldaraboltak és a belsejét wolframkarbiddal töltötték ki. Az így készült hozaganyag lánghegesztéshez alkalmas, ívhegesztéshez felhasználva még megfelelő bevonattal kellett ellátni. A kutatási jelentés időpontjában és még azt követően is ez az anyag szerepelt az Elektrodagyár gyártmány választékában Kf, majd Trikarbid név alatt.

Fogyóelektródaként használható porbeles huzal gyártásával kapcsolatos kutatások tudomásunk szerint 1937-ben kezdődtek meg a belga Arcos cég (amely már nem létezik – globalizáció!) laboratóriumában. A kísérleti gyártás 1942-ben kezdődött meg. A fejlesztés eredményeként a 1945-ben az üzemi gyártás is megindult [4].

Az egykori Szovjetunióban elsősorban a kievi E.O. Paton Villamoshegesztő Intézet foglalkozott a porbeles huzalokkal kapcsolatos kísérletekkel, kutatásokkal. Több különböző huzalt dolgoztak ki elsősorban felrakó hegesztés céljára. Ezen huzalok alkalmazása az 1950-es évek végén kezdődött meg. Az Intézet több viszonylag egyszerű berendezést is kifejlesztett az üzemek részére, amelyek ezek segítségével maguk gyárthattak porbeles huzalt a Paton Intézettől vásárolt porkeverékek felhasználásával [5, 6].

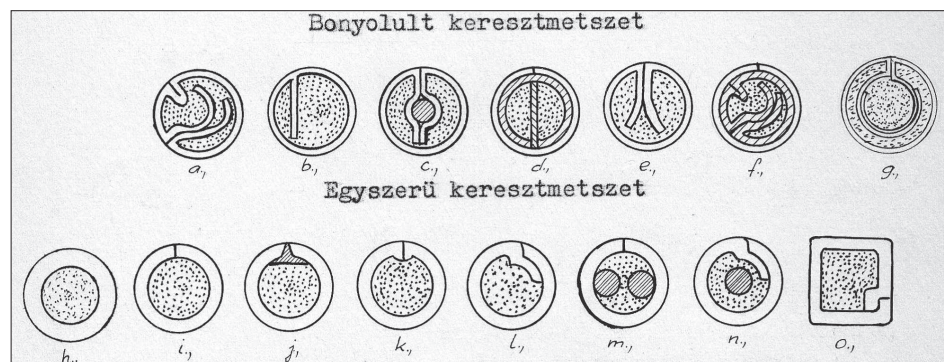
Az Egyesült Államokban 1957-ben kezdték alkalmazni az eljárást [7]. A felhasználás gyorsan fejlődött és 1965-



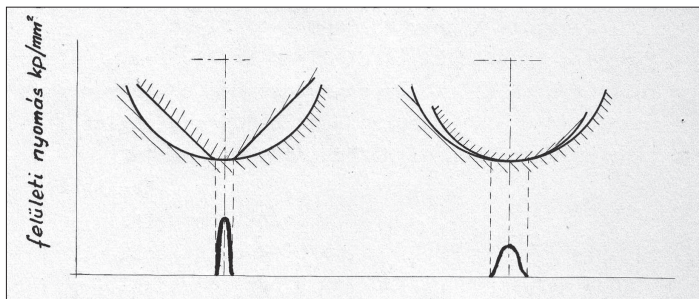
1. ábra. Fogalmak, elnevezések
(<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/cored-wire> - - kiegészítve a szerző által)

Története

A porbeles huzal nem új találmány. Az 1920-as években a hegesztés egyre el-



2. ábra. Porbeles huzalok keresztmetszet formái.



3. ábra. A felületi nyomás sematikus ábrázolása a huzal görbületi sugarának függvényében ugyanolyan árambevezető átmérő esetén [10].

ben az USA-ban összesen gyártott hozaganyag 2 %-a (8.000 t) volt a porbeles huzal [8].

Magyarországon az elektródagyári kísérletek megkezdéséig nem került alkalmazásra az eljárás. Tudomásunk szerint abban az időben a Vasipari Kutatóintézet és a Budapesti Műszaki Egyetem Mechanikai Technológia tanszék kutatási tervei között szerepelt ilyen kutatási téma.

Fajtai

A német szabvány (DIN 8571 definiálja, hogy mit értünk a porbeles huzal fogalma alatt, s már a meghatározásában elkülönít két változatot (Rörchen-draht és Falzdraht).

Hazánkban nem alakult egységes elnevezés a kétféle keresztmetszetű porbeles huzallal kapcsolatban. A megkülönböztetés azonban lényeges és a 2. ábra szerint fogunk egyszerű és bonyolult keresztmetszetű huzal fogalmakat használni.

A bonyolult keresztmetszetű huzal több előnyt rejt magában. A huzal-töltet arány jobban szabályozható, a leolvadásnál szlaganyag és a töltet intenzívebb érintkezése elősegíti az ötvözt és a dezoxidálást. Ez a hegesztett kötés mechanikai tulajdonságait javítja, jobbak a technológiai jellemzők, csökken a fröcskölés mértéke. Fontos szempont, hogy bonyolult keresztmetszet esetén csökken a gyártásnál és raktározásnál a porkiszóródás veszélye és esetenként kisebb a környezeti páratartalom felvételének veszélye a tárolás során (szárítási követelmény!).

Az egyszerű keresztmetszetű huzal gyártása azonban lényegesen egyszerűbb, pl. az Egyesült Államokban ez a huzal általánosabban használt. (Napjainkban széles körben használt kisebb átmérőjű huzalok – 0,8, 0,9 mm – is ilyen keresztmetszetűek).

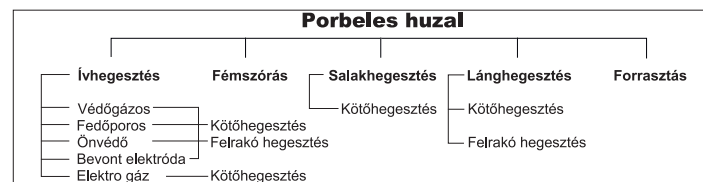
A 2. ábrában látható négyszögletes keresztmetszetű huzal, az elvégzett vizsgálatok szerint, rendelkezik bizonyos

előnyökkel a körkeresztmetszetű huzalokkal szemben. A huzal sarkai minden esetben le vannak kerekítve. A négyszögletes huzalok hengerléssel könnyen előállíthatók és a portöltet kellő tömörsége is egyszerűen biztosítható. A szokásos CO₂ védőgázos huzal rézbevonattal van ellátva a jó áramvezetés és korrózióvédelem biztosítására. (Ez kémiai folyamat – pácolás, rezezés – a porbeles huzaloknál a portöltet esetleges károsodása miatt nem, vagy csak nehézkesen oldható meg. Itt más a felületkikészítés.) A rézbevonat hiányában az áramvezető hüvelyben helyi túlmelegedés léphet fel és a huzal beragadhat. A négyszögletes keresztmetszet az árambevezetés szempontjából a rézbevonatot feleslegessé teszi. A négyszögletes huzalnál ugyanis nagyobb felületi nyomás lép fel. A felületi nyomás az egymással érintkező részek görbületi sugarának függvénye. Ez a jelenlegi esetben annál nagyobb, minél kisebb az érintkezési hely görbületi sugara (3. ábra) A feltekeréskor is előnyösebb a négyszög-keresztmetszetű huzal [10]. (Megjegyzés: a meggyőzőnek tűnő érvek ellenére ez a megoldás a gyakorlatban, a kezdeti próbálkozások után, nem terjedt el.)

A töltetben egyes esetekben vékony tömör huzal is található (2. ábra). Így is el lehet érni, hogy erősen ötvözött hegyanyagot adó huzaloknál valamely ötvöző anyag mennyisége a megkívánt arányban legyen a hegyanyagban, pl. a Ni ötvöztése az ausztenites Cr-Ni acél-nak megfelelő ömledéket biztosító porbeles huzaloknál. Fémpor előállítása, vagy megfelelő ferroötvöztet beszerzése sok esetben esetleg nehezebb, mint ugyanabból a fémhuzalt gyártani.

Alkalmazással járó előnyök

A porbeles huzal kifejlesztése azzal a céllal történt, hogy a használt hegesztési eljárások meglévő hátrányaiból legalább néhányat kiküszöbölni lehessen. Tehát az eljárás előnyeiről beszélve, minden esetben más eljárás-



4. ábra. Porbeles huzalok alkalmazási területe

sokkal való összevetést tételezünk fel. Az elsősorban figyelembe vett hegesztő eljárások: fedett ívű, bevont elektródás ívhegesztés és a védőgázos tömör huzallal végzett hegesztés. Az irodalomban a porbeles huzallal végzett hegesztés javára felsorolt előnyök:

- látható ív,
- nagy leolvadási sebesség,
- megnövelt mozgékonyosság (viszonylag nagy áramerősség mellett is használható léghűtéses pisztoly, esetleg védőgáz sem szükséges, a pisztoly és a kábelek súlya lényegesen csökkenthető),
- erősen ötvözött acélok is hegeszthetők az olcsó CO₂ védőgázzal,
- mély beolvadás,
- szép, egyenletes varratfelület,
- kismértékű fröcskölés,
- érzéketlenség az esetleges védőgáz hiánnyal szemben (ha védőgázzal történik a hegesztés),
- nagy hegesztési sebesség,
- tetszőleges összetételű hegesztőanyag állítható elő (a nem, vagy igen nehezen alakítható ötvözetekből is készíthető hozaganyag),
- védőgáz nélkül is végezhető a hegesztés (szabadban végzett munkáknál, szereléseknél),
- rozsdára, felületi szennyeződésre kevésbé érzékeny,
- viszonylagos olcsóság.

A felsorolás a teljesség igénye nélkül igyekszik felhívni a figyelmet azokra a lehetőségekre, amelyeket a porbeles huzal alkalmazása rejt magában.

Felhasználási lehetőség

A szakirodalom adatai szerint szinte a hegesztéstechnika egész területén használják ma már a porbeles huzalokat. A 4. ábra mutatja, hogy milyen eljárásokhoz gyártanak porbeles huzalokat. Az előzetes felmérés szerint a kutatás időpontjában hazánkban a védőgázzal és a nyílt ívvel (önvédő) végzett fogyóelektródás ívhegesztés, a bevont elektróda, valamint a lánghegesztő pálca a legfontosabb. Az utóbbi két eljárásnál elsősorban az ötvözött anyagok lehetnek a hangsúlyozottabbak. Az ötvöztetválaszték rendkívül széleskörű lehet, amint azt a német adatok alapján az 1. táblázat mutatja. Az igen

KUTATÁS–FEJLESZTÉS

széles választék viszonylag egyszerűen, olcsón előállítható, hiszen a töltet ötvöztartalmának változtatásával a heganyag ötvöztartalma szinte tetszés szerint változtatható.

A vasfémek hegesztésén túl a nem-vas fémek hegesztéséhez, ill. forrasztásához is kiterjedten használják a porbeles huzalokat (bronzok, forrasztóanyagok, stb.). Speciális nem-vas fém

ötvözetű heganyagok gyártása könnyen, gyorsan megoldható az erre felkészült gyárban.

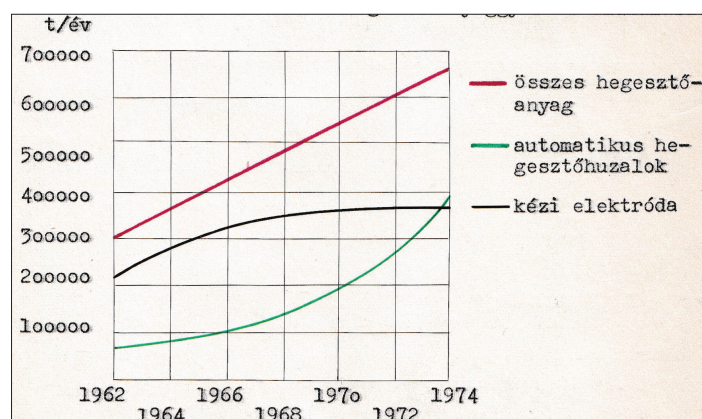
A porbeles huzal jövője

A porbeles huzaloknak már az 1960-as évek közepén jelentős fejlődést jósoltak. Az akkori keleti blokk államaiban ebben az időben csak a kezdeti kísérletek indultak meg, üzemi méretű gyártás még nem kezdődött meg, a felrakó hegesztés területéről számoltak be konkrét fejlesztési tervekről [11, 12, 13].

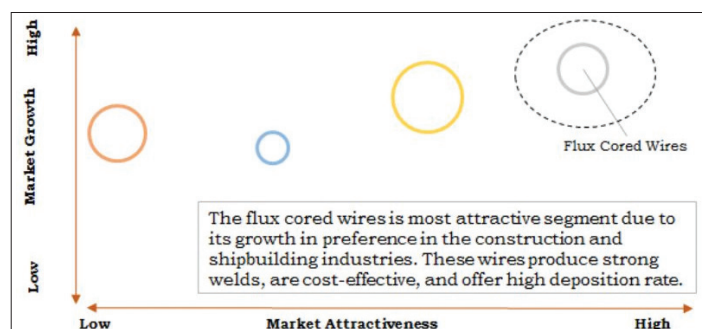
Az Egyesült Államokban egyre nagyobb szerepet kap a porbeles huzal és a jelentőségének növekedése a bevont elektróda rovására fog bekövetkezni. Ennek oka egyrészt a gépesítés fokozódása, másrészt felépítését és variációs lehetőségét tekintve a porbeles huzalok a bevont elektródákhoz közelebb állnak, mint a fogyóelektródás hegesztésnél használt tömör huzalokhoz, hiszen a leolvadási folyamatot az ionizáló és salakképző anyagokkal lehet befolyásolni. A porbeles huzal egyesíti a bevont elektróda előnyeit a hegesztés automatizálásával járó előnyökkel. 1966-ban a fejlődés ütemét a 5. ábra szerint becsülték [2, 14], ez azt jelentette, hogy a porbeles huzal arányát a teljes hegesztőanyag gyártás mintegy 38 %-ára várták. Ehhez képest talán nem érdektelen bemutatni két ábrát 2018-as adatok alapján a világ hegesztőanyag felhasználásának megoszlásáról (6. ábra), valamint arról, hogy a szakértők a hegesztőanyag gyártás területén a legattraktívabb területnek a porbeles huzal gyártást tekintik 2019-ben (7. ábra).

Anyag	Ötvöztípus	Hegesztése	
		védőgázzal	védőgáz nélkül
Ötvözetlen szerkezeti acélok, finomszemcsés acélok 50-60 kp/mm ² szakítószilárdságig	Mn 0.8 – 1.0	x	x
	Mn 1,0 – 1,5	x	
Nagy-szilárdságú szerkezeti acélok, finomszemcsés acélok 55-75 kp/mm ² szakítószilárdságig	Mn, Ni, Mo	x	
	Mn, Mo	x	
	Mn, Cr, Ni, Mo	x	
	Mn, Cr, Ni	x	
Hőállóacélok	Mn, Mo	x	
	Cr, Mo	x	
Korrózió és hőálló acélok	Cr, Ni, 18/8	x	
	Cr, Ni, 25/20	x	
	Cr, Ni, Mo 18/8/2	x	
	Cr 18	x	
Kopásálló felrakóhegesztés	Cr, Mo (W)	x	x

1. táblázat. Németországban már 1966-ban ajánlott porbeles huzalok választéka acélok hegesztéséhez [9]



5. ábra. A hegesztőanyag gyártás várható alakulása az Egyesült Államokban (1966-os becslés) [2]



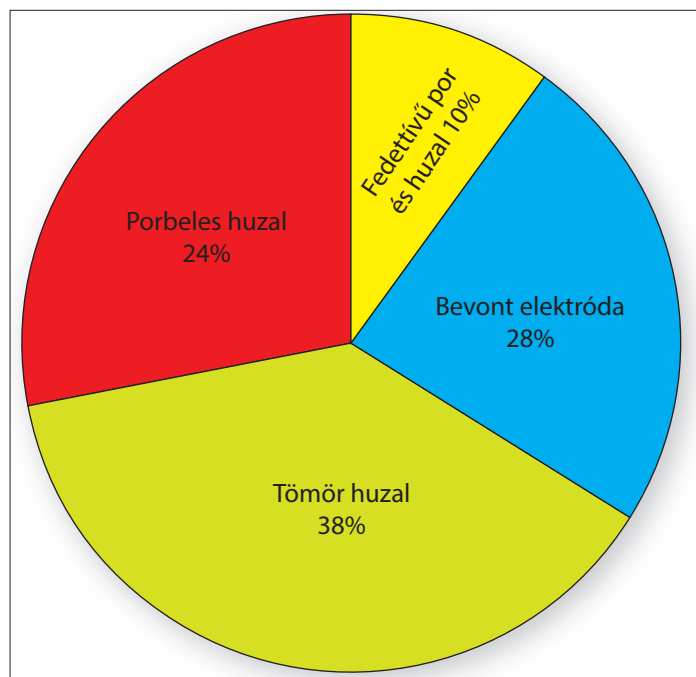
7. ábra. Az egyes hegesztőanyag használatának jelentősége a jövőben 2019-es adatok alapján.

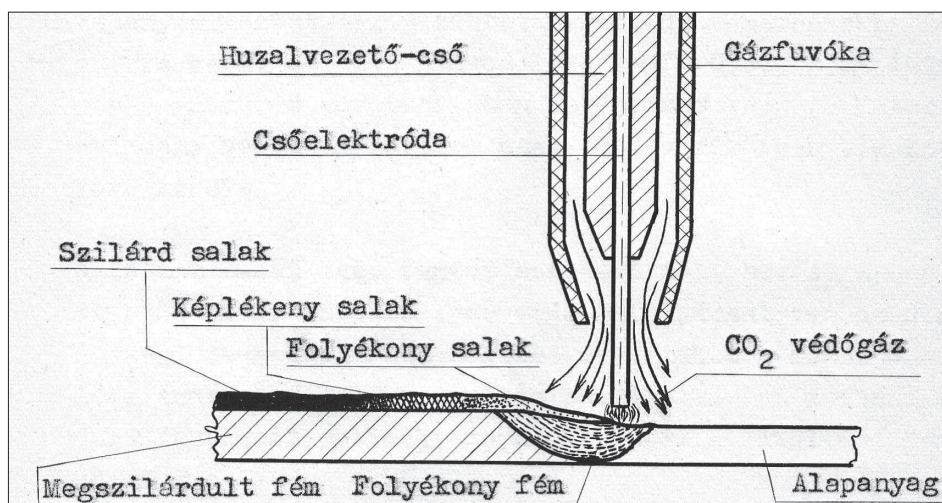
„A porbeles huzal a legattraktívabb szegmens a szerkezet- és a hajó-gyártásban való felhasználása miatt. Ezen huzalok jó mechanikai tulajdonságok mellett költségkímélőek és nagy olvadási teljesítményűek.”

A körök balról jobbra: bevont elektróda, fedettívű huzal és por, tömör huzal, porbeles huzal.

(<https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/welding-market-101657>)

6. ábra. A világ hegesztőanyag gyártása fő csoportok szerint 2018-ban. (Forrás: <https://www.alliedmarketresearch.com/welding-consumables-market>)





8. ábra. A hegesztés környezete.

Hegesztés porbeles huzallal

Nyílt íves (önvédő) és védőgázos hegesztés

Porbeles huzallal védőgázzal, de külön járulékos védelem nélkül – arra alkalmas termékkel - is lehet fogyóelektródás részben gépesített és automatikus hegesztést végezni.

Védőgázzal végezve a hegesztést a megolvadt fémnek a levegő atmoszférikus hatásától való védelme könnyebben megoldható és az első porbeles huzalok, mint a CO₂ védőgázos hegesztés új hozaganyagai kerültek forgalomba. A 8. ábra az ív környezetét mutatja vázlatosan.

CO₂ védőgázban végzett hegesztésnél minden esetben fokozott gondot kell fordítani a megolvadt hegesztőanyag dezoxidálására. Ez a tömör huzaloknál a huzal ötvöztetésével oldható meg (megfelelő Mn, Si, esetleg Al, Ti, stb tartalom). A porbeles huzalnál a felhasznált szalag ötvöztetlen, csillapítatlan, alacsony széntartalmú (0,1 % körül) acél, a dezoxidáló anyagokat a töltet tartalmazza. A töltetben lévő salakképzők lehetővé teszik, hogy a salak a fémre betakarva, annak felületét mintegy „megnyomja”, s ennek eredményeként adódik a szép varratfelület, amelyhez hasonló csak a fedettívű hegesztéssel érhető el.

A töltet tartalmazza az esetleges ötvözőanyagokat is. Az átviteli tényező porbeles huzallal végzett hegesztésnél igen kedvező. Orosz adatok szerint a töltet C tartalmának 80-85 %-a, a Mn 90 %-a, és a Cr 90 %-a vihető át a hegyanyagba [5], ami igen kedvező érték és rendkívül gazdaságos ötvöztetést tesz lehetővé. Ez elsősorban a felrakó hegesztéseknél figyelemreméltó, hiszen ezekben az esetekben többnyire erő-

sen ötvöztött rétegek felrakása a cél. A jó átviteli tényező a porbeles huzal leolvadásának sajátosságából ered. Az ív a fémszalag és az alapanyag között jön létre. A töltet megolvadt fémcseppekbe ágyazva kerül az alapanyagon lévő fémfürdőbe, s az intenzív érintkezés következtében az ötvöztetés igen jó hatásfokkal megy végbe. A salakba csak az ötvözők igen kis százaléka kerül.

A töltet tehát igen fontos szerepet tölt be. Az ívben lejátszódó folyamatokra igen erős befolyással van az u.n. kitöltési tényező. Ennek segítségével lehet a varrat mechanikai tulajdonságait optimálisan beállítani. A kitöltési tényező K_k :

$$K_k = \frac{G_t}{G_t + G_{sz}} \cdot 100 \quad (\%)$$

ahol a G_t – a töltet súlya

G_{sz} – a fémszalag súlya.

A képlet alapján látható, hogy minél nagyobb a töltet súlya, annál tömörebb a huzal, annál nagyobb a kitöltési tényező. Meghatározása a gyártás során kétféle módszerrel történhet:

- 1., Méréssel: egy huzaldarabot szétbontanak és lemérik külön a töltőpor és külön a köpeny súlyát. Hátránya, hogy valamely paraméter megváltozásánál a mérést újra el kell végezni.
- 2., Kombinált mérési- számítási módszerrel [16]: a töltet fajsúlyát ebben az esetben méréssel, vagy számítással a következő képlettel határozhatjuk meg:

$$\gamma_t = 10^{-2} \sum_{i=1}^n A_i \gamma_i$$

ahol a γ_t – a töltet fajsúly (g/cm³)

A_i – az i -edik alkotó százalékos részaránya az elegyben,

γ_i – az i -edik alkotó fajsúly (g/cm³).

A fajsúly alatt ez esetben 1 cm³ szórt por súlyát értjük. Az első húzógyűrűn való áthúzás után a töltet fajsúlyja változik a következőképpen

$$\gamma_{t1} = C_{\gamma t}$$

ahol C – húzási üzemi viszony tényező.

A C értéke függ a húzás sebességétől, a töltőszervezet konstrukciójától, az első húzógyűrű átmérőjétől, a szalag szélesség arányától, a szalagprofiljától, a porelegy folyásától és még számos egyéb tényezőtől. Így számítással pontosan nem, csak kísérletekkel határozható meg. Helyesen megválasztott húzási üzemi viszonyok mellett a huzal belsejében lévő töltet 10-20 %-kal tömörödik, vagyis a $C = 1,1 - 1,2$ érték az érvényes.

A töltet és a köpeny közötti súlyarány nagymértékben befolyásolja a hegesztést és annak eredményét. A megfigyelések szerint [17] a kitöltési együttható növekedésével nő az ömledék szakítószilárdsága és folyáshatára, mivel a szemcseméret kisebb lesz a metallográfiai vizsgálatok szerint.

A szófiai Hegesztési Intézetben bebizonyították [12], hogy egy bizonyos szalagkeresztmetszetre meghatározott töltési tényező más szalagkeresztmetszetre (A) is érvényes, ha teljesül a

$$A = \frac{\delta}{l} = \text{const.}$$

feltétel, vagyis a szalag vastagság (δ) és szélesség (l) aránya állandó érték. Ez esetben az acélszalagoknak azonos típusúaknak kell lenniük; a huzal kialakításakor jelentős húzófeszültségek nem léphetnek fel; a töltéshez használt komponenseknek azonos típusúaknak kell lenni és a mennyiségi változások a 10-12 %-ot nem léphetik túl.

Az orosz és bolgár kutatók az ismertetett eredményekhez egyszerű keresztmetszetű huzalokkal végzett kísérletek alapján jutottak. A használt töltési tényező értékek az az előbbiek esetében 28-38 % [17], az utóbbi kísérleteknél pedig 35-40 % volt [12], de ezeknél a vizsgálatoknál erősen ötvöztött hegyanyag elérése volt a cél, s így a töltet jelentős mennyiségű ötvöző anyagot tartalmazott. Az Arcos cég egyszerű keresztmetszetű porbeles huzal készítésénél kötőhegesztéshez 24-30 %-os töltési tényező használt [15]. Ugyanilyen célra az USA-ban pl. 16 %-os töltési tényezővel [7] készítették huzalokat.

Igen részletes vizsgálatok bizonyították a huzal keresztmetszet formájának a hatását a fröcskölés mértékére [15]. Ha azonos fémes keresztmetszettel rendelkező porbeles huzalt és tömör keresztmetszetű huzalt CO_2 védőgázban egyenárammal olvasztunk le, eltérő mértékű fröcskölést tapasztalunk. A fröcskölés mértéke csökkenthető az u.n. bonyolult keresztmetszetű porbeles huzalokkal (lásd 1. ábra). A cél az volt, hogy a salak a lehetőségek szerint a leolvadó csepp külsején helyezkedjen el. Az ilyen huzaloknál még kis áramsűrűség esetén is kismértékű a fröcskölés.

Széndioxid védőgázban porbeles huzallal végzett hegesztés metallurgiai folyamatait jól megvilágítják és egyben a heganyag minőségére is utalnak az Arcos cég vizsgálati eredményei [15]. A vizsgált ömledék kémiai összetétele a következő volt:

C = 0,07 %, Mn = 0,88 %,
Si = 0,24 %, S = 0,026 %,
P = 0,030 %, N = 0,008 %,
O = 0,098 %.

Különösen figyelemre méltó az ömledék igen alacsony nitrogén tartalma.

Spektrográfiai úton meghatározták a heganyag oxidtartalmának összetételét is, amely következő volt:

összes oxidtartalom 0,139 %.

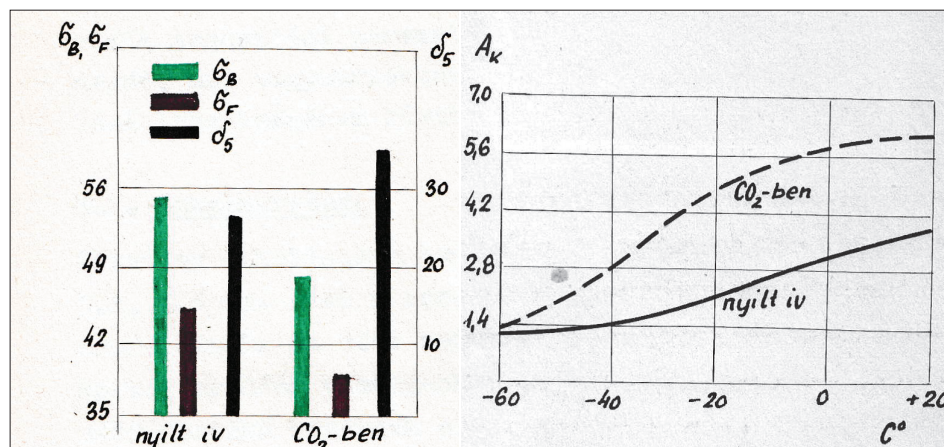
Az egyes oxidok mennyisége az összes oxidtartalom %-ában:

SiO_2 = 85 %, Ca_2O_3 = 1 %,
MnO = 5,5 %,
FeO = 1 %, CaO = 1 %,
 TiO_2 = 9 %.

Az adatok jól mutatják, hogy az oxidmaradványok főképpen reakció folyamatok eredményeként kerültek az anyagba. A FeO minimális mennyisége a dezoxidálás hatékonyságát, a SiO_2 magas aránya a teljes oxidtartalomban, a Si-nak a dezoxidálás folyamatban valóigen aktív részvételét mutatja.

Megállapították azt is, hogy a heganyag 0,24 % Si tartalmának 0,05 %-a SiO_2 és 0,19 % fém Si. A heganyag Mn tartalmának (0,88 %) pedig 0,005 %-a MnO és a 0,875 %-a fém Mn. Az igen kevés MnS mennyisége elhanyagolható, illetve nem volt számszerűen kimutatható.

A hegesztésnél az ömledék (hegfürdő) nagy részét folyékony salak borítja. Egy kis felület – gyakorlatilag az ív talppontja – marad szabadon, amelyet a levegőtől és a vízgőztől óvni kell. Ezt védőgázos hegesztés esetén a védőgáz biztosítja. Megfelelő gázfejlesztő anyagot juttatva a töltetbe, járulékos gáz-



9a. ábra. Szilárdság és nyúlás

9b. ábra. Ütőmunka értékeinek változása a hőmérséklet függvényében

9. ábra. A heganyag mechanikai tulajdonságai védőgázzal és anélkül hegesztve ugyanazt a porbeles huzalt [2].

védelem nélkül is lehet porbeles huzallal hegesztetni, a gyakorlat által megkövetelt minőséggel.

Önvédő porbeles huzallal végzett hegesztés előnyöket hoz magával. Gázvédelemről nem kell gondoskodni. Így a pisztoly könnyebb lehet, jobb a hűtése, nagyobb áramerőtel mellett is használható a légűtéses hegesztőpisztoly és a hegesztő mozgástere növelhető. A szabad huzalvég hossza nagyobb lehet, ami a leolvadási teljesítmény növekedéséhez vezet, s megnő a hegesztés termelékenysége. Egyes cégek termékeivel – prospektus adatok szerint – 20 km/óra sebességű szélben hegesztve sem romlanak a heganyag tulajdonságai. CO_2 -védőgázos hegesztésnél csak szélmentes környezetben lehet a megkívánt varrat minőséget elérni.

Chlebarov és Evtimov [13] vizsgálatait azt bizonyították, hogy a töltet megfelelő összetételével a gáz és a salakvédelem mellett az ömledék metallurgiai védelmét is biztosítani lehet, s ez javítja a heganyag mechanikai tulajdonságait. Erre a célra a Ti-t és az Al-ot választották, amelyek nemcsak, mint dezoxidáló elemek, hanem mint nitrogénlekötő komponensek is hatnak. A Ti és az Al vegyületet képeznek a hegfürdőben lévő nitrogénnel és így nem képződnek káros Fe-nitridek. A Ti és Al nitridek pedig kiválnak a hegfürdő felületén és a salakba kerülnek.

A kísérletek azt mutatták, hogy nyílt ívvel történő hegesztésénél (önvédő porbeles huzalnál) akkor érhető el a maximális ütőmunka érték, ha a heganyag 0,1 – 0,2 % Ti-t, kb. 0,02 % Al-ot és ezek mellett 0,7 – 0,9 % Mn-t is tartalmaz.

Macshane és Reid [2] összehasonlították az ugyanazzal a huzallal CO_2

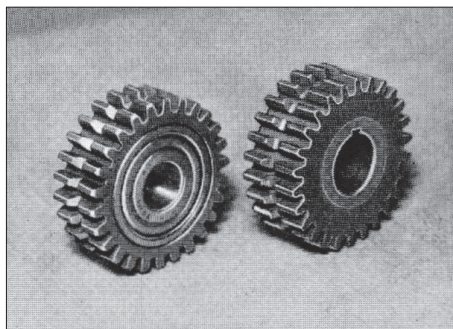
védőgázban és védőgáz nélkül készített heganyag tulajdonságait. A vizsgált huzalt a gyártó védőgáz nélküli hegesztéshez ajánlja. A vizsgálatok eredményét a 9.a. és 9.b. ábra mutatja. CO_2 védőgázzal végezve a hegesztést a szakítószilárdság és a folyáshatár alacsonyabb, a nyúlás magasabb értékűre adódott. A szilárdság és a nyúlás ilyen viszonya a hegesztésnél előnyös. Tehát a kapott eredmény védőgázos hegesztés esetén kedvezőbb. Az ütőmunka értékeinek változása a hőmérséklet függvényében mindkét esetben hasonló, de védőgázzal hegesztve a mért értékek kb. kétszeresei a védőgáz nélkül készített heganyag ütőmunka értékeinek. Ezek az adatok csak a szerzők által vizsgált M6 jelű huzalra vonatkoznak és nem általánosíthatók.

Az idézett szerzők [2] megállapították, hogy az önvédő porbeles huzal igen érzékeny a feszültség beállításra, s az optimális értéktől való eltérés a heganyag porozitásának jelentős növekedését hozza magával. Optimális feszültséggel végezve a hegesztést röntgen-biztos varrat készíthető.

Az Arcos cég által gyártott Arcoshield 70 jelű huzal esetén – a gyári ismertető szerint – 35 V-nál alacsonyabb feszültségnél a varratban porozitás nem lép fel és ez alatt az érték alatt a feszültség beállításra nem érzékeny a huzal. Ez arra enged következtetni, hogy sikerült kiküszöbölni az önvédő porbeles huzalok hegesztési paraméter beállításával kapcsolatos érzékenységet, ami segíti az alkalmazhatóságot.

Huzalméretek

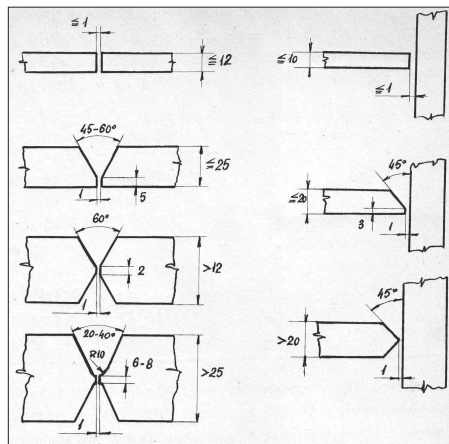
Az első porbeles huzalok kezdetben 2,4; 3,2; 4,0 mm-es átmérővel készül-



10. ábra. Arcos Speedomatic huzalelőtoló görgői [19].

tek. Ennek gyártástechnológiai okai voltak, hiszen a vastagabb kiinduló méreteket jelentősebb mértékű húzásnak nem vetették alá.

A fogyóelektródás védőgázos hegesztőgépeket azonban általában csak Ø 2,4 mm-ig látják el tartozékokkal. Ez ösztönözte a gyártó cégeket, hogy kidolgozzák a kisebb átmérőjű



11. ábra. Lemezél előkészítés porbeles huzallal végzett kötőhegesztéshez

sebb a lapos karakterisztikájú egyenáramú áramforrás. A huzalt az áramforrás pozitív kivezetéséhez kell csatlakoztatni, azaz fordított polaritással történik a hegesztés. Az Ø 2,4 mm-es,

munkált hornyok a porbeles huzal középvonalával egytengelyűek legyenek, mert ellenkező esetben a huzal oldalirányú deformációja léphet fel.

A hegesztőpisztollyal szemben a porbeles huzallal való hegesztésnél nincs semmi sajátos követelmény, a fogyóelektródás pisztolyok használhatók. A leolvadás jellegéből eredően azonban nagyobb áramerősségek mellett is használhatók léghűtéses pisztolyok, mint tömör huzaloknál. Önvédő porbeles huzaloknál a már ismerttetett okok miatt a pisztoly szerkezete egyszerűbb, hűtése jól biztosított, s így viszonylag nagy terhelés esetén sem szükséges a vízhűtés, 600 A áramerősséggig több gyártó ajánl ilyen pisztolyokat.

Élelőkészítés

Az élek előkészítését a fedett ívű hegesztéshez hasonló gondossággal kell végezni a 11. ábra szerint. Az ábra jól mutatja, hogy egyrészt vastagabb lemezek hegeszthetők leélezés nélkül, másrészt a leélezés szöge kisebb mértékű lehet, mint egyéb hegesztési eljárásnál. Ez a jelentős beolvadási mélységből ered. Megjegyezendő, hogy röntgenbiztos varrat esetén 9 mm lemezvastagságtól célszerű V-varratnak megfelelő leélezést alkalmazni. A hegyanyag általában kevésbé érzékeny a szennyeződésre (rozsa, olaj, por, stb.) – ami a huzaltípustól is függ – mint tömör huzalok esetén.

Hegesztési paraméterek

Konkrét értékek megadására nincs lehetőség, mivel a porbeles huzal átmérője, típusa, a hegesztési helyzet, a hegesztendő anyag mérete (falvastagsága), a használt eljárás sajátosságaiból adódó tényezők és még számos körülmény van befolyással a paraméterekre. A porbeles huzalt gyártó cégek termékismertetőikben megadják, hogy a feladat függvényében milyen beállítási adatok mellett érhető el az optimális eredmény. A 2. táblázatban a hegesztés körülményeit meghatározó tényezőktől függő tájékoztató határértékeket mutatjuk be [7]. Az adatokból lehet következtetni az elérhető termelékenységre. Az áramerősségre megadott felső határ (1200 A), az Ø 4,8 mm méretű porbeles huzallal elérhető érték.

A hegesztés technikája

Gyakorlatilag a porbeles huzallal végzett hegesztés technikája nem különbözik a tömör huzalnál megszokott módtól. A pisztoly tartása a hegesztés

Huzalelőtolás sebessége	1,5–16 m/min
Hegesztési sebesség	0,3–2,5 m/min
Áramerősség	200–1200 A
Feszültség	20–35 V
Leolvadási teljesítmény	4,5–22,5 kg/óra
Áramsűrűség	100–150 A/mm ²
Gázfogyasztás védőgázos hegesztés esetén	12–25 l/min

2. táblázat. A hegesztési paraméterek határértékei porbeles huzalokkal végzett hegesztésnél – tájékoztató adatok [7].

porbeles huzalok gyártástechnológiáját. A kényszerhelyzetekben (függőleges, haránt, fej felett) való hegesztés problémáját még ezekkel a méretekkel sem lehetett megnyugtatóan megoldani. Az Egyesült Államokban sikerült először 1,2 és 1,6 mm átmérőjű porbeles huzalt gyártani [18]. Ma már 0,8 és 0,9 mm átmérőjű önvédő porbeles huzalok is nagy választékban kaphatók DIY (Do It Yourself), hobbi célokra, privát felhasználásra, egyszerű, olcsó berendezésekkel.

Felrakó hegesztésnél azonban esetenként erősen ötvöztet bevonatos elektródaként 6,2 és 8,2 mm átmérőjű csőelektródákat is használnak, amelyekkel igen nagy termelékenység érhető el. A beolvadás kismértékű és jól szabályozható a megadott adatok szerint, ami nagyon kedvező a felrakó hegesztésnél [5].

Hegesztőberendezés

Általános irányelvként kimondható, hogy bármely fogyóelektródás hegesztésre alkalmas berendezéssel porbeles huzal is hegeszthető, esetleg néhány kisebb alkatrész cseréjével. Legelőnyö-

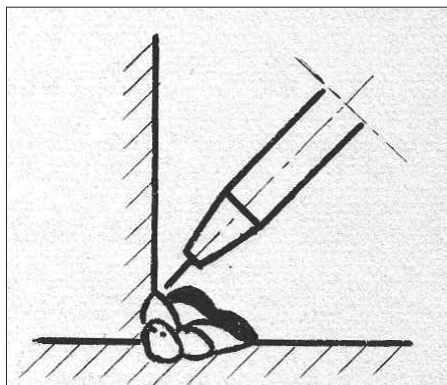
vagy ennél nagyobb átmérőjű porbeles huzal azonban meredek karakterisztikájú áramforrással is hegeszthető, ami tömör huzal esetében nem lehetséges. A töltetben lévő ionizáló anyagok akár a váltakozó árammal való hegesztést is lehetővé teszik, ami bizonyos esetekben előnyös lehet. Ezen sajátosságok miatt a kezdeti időszakban számos megoldás készült a bevont elektródák hegesztéséhez használt áramforrások célszerű kiegészítésére, miáltal egy előtoló egység csatlakoztatásával lehetett gépesíteni a hegesztést [19, 20, 21]. Elsőként a Speedomatic huzalelőtolonál jelent meg a 10. ábrán látható speciális görgő, amely ma már szinte minden gyártó tartozékai között megtalálható. A lágyacélból készült, porral töltött huzaloknál – különösen a nagyobb átmérőknél – fokozottan fennáll annak a veszélye, hogy nagyobb görgőnyomáskor a huzal deformálódik és emiatt a huzal az áramátadóban elakad, üzemzavart okozva. Az ábrán látható görgő esetén a deformáció veszélye nem áll fenn, de igen gondosan kell ügyelni a beállításnál arra, hogy a két fogaskerékbe be-

tendő varrattól, a salak folyásától, az áramerősségtől, stb. függ. Tompa varratok hegesztésénél a pisztoly a hegesztés irányában 0–40°-ot dőljön a függőleges, a hegesztési irányra merőleges síktól számítva. Sarokvarrat készítésénél az ívet kissé a vízszintes (öv) lemez felé fordítva kell hegeszteni. A hegesztőpisztoly dőlése a függőleges faltól (gerinclemeztől) mérve kb. 50°, a hegesztés irányába előre 0–35° közötti érték legyen. A pisztollyal – a bevont elektródás hegesztéshez hasonlóan – ívelő mozgást lehet végezni hegesztés közben. A varrat befejezést a varrat feletti néhány körmozgással ajánlott befejezni a kráterfeltöltés céljából.

Vastagabb lemezen (10–12 mm felett) végzett tomphahegesztésnél az első réteget alacsony feszültséggel hegesztve célszerű elkészíteni, ami a salakeltávolítást könnyíti meg. A következő soroknál lehetőleg el kell kerülni a homorú felületű varrathernyót, mert ilyen esetben a salakeltávolítás nehezebb, mind domború felületű varratnál. Többsoros sarokvarrat hegesztésénél a felső soroknál a salakot nem kell soronként eltávolítani. Így a lejjebb lévő varraton lévő salak megtámasztja a következő sor salakját (12. ábra). Porbeles huzaloknál a salak általában híg folyós és gyorsan dermedő, hogy nagy hegesztési sebesség esetén is salak borítsa be a megolvadt fémeket. A salakzárvány veszélye a tapasztalat szerint nem áll fenn.

A porbeles huzalok érdekes alkalmazási lehetősége az u.n. haránt-varratok (függőleges falon vízszintes varrat) készítésénél. Az eljárás kidolgozása az Arcos cég nevéhez kötődik. A hegesztés automatikusan, egyszerre két oldalról történik (13. ábra). A használt porbeles huzal salakja híg folyós, gyorsan dermedő és a hegesztőanyagra formatartó hatással van. A hegesztési hely alatt lévő – és a két hegesztőfejjel együtt mozgó – két réztömb elhelyezése biztosítja az ömledék és a salak megtámasztását. A salak gyors dermedése következtében a réztömb elmozdulása után a salak már képes megtartani a még esetleg képlékeny varratot. Az eljárást elsősorban nagyméretű tartályok automatikus hegesztésénél használják igen eredményesen [9, 22]. Jellemző az igen nagy termelékenység.

A fémszalagba töltött porok a porbeles huzaloknál a záró résen keresztül hosszabb tárolás, raktározás esetén felvehetik a környezeti levegő pára-



12. ábra. Többrétegű sarokvarrat készítése porbeles huzallal.

tartalmát és ezért azokat a felhasználás előtt a gyártómű előírása szerint esetenként ki kell szárítani, bevont elektródákhoz, vagy fedőporokhoz hasonlóan.

Munkafeltételek, munkabiztonsági előírások

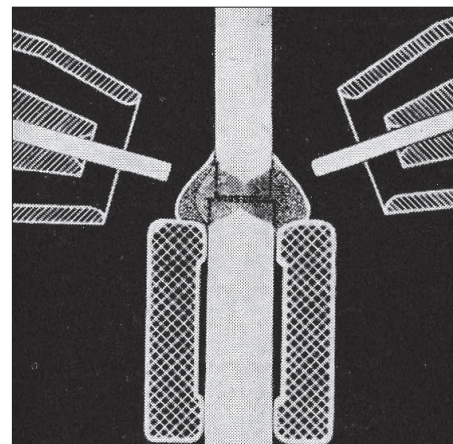
Mérések igazolták [15], hogy CO₂-védőgázos hegesztésnél az ívben keletkező szénmonoxidból olyan keveset lélegez be a hegesztő a hegesztéskor, amely messze alatta marad a megengedhető értéknek. Porbeles huzalok hegesztésénél nagy energiát sugárzó ív keletkezik. A hegesztőnek megfelelő védőüveggel ellátott fejpajzsot, védőruhát (kesztyű, lábszárvédő, kötény, bőrkabát, stb.) kell viselnie.

A porbeles huzal töltetéből mind önvédő, mind CO₂-védőgázos hegesztésnél jelentős mennyiségű füst keletkezik. A füstképződés nagyobb, mint a bevont-elektrodás hegesztésnél a nagyobb áramsűrűség, a nagyobb bekapcsolási idő (hosszabb a folyamatos hegesztés ideje) következtében. A füst elszívására célszerű helyi elszívást alkalmazni még jól szellőztetett helyen is. Zárt térben elszívás nélkül dolgozni nem szabad.

Beható vizsgálatok azt mutatták, hogy elszívás mellett porbeles huzallal végzett hegesztésnél semmiféle káros behatás veszélye nem áll fenn, tehát ez az eljárás munkavédelmi szempontból is jól használható részben gépesített és automatikus hegesztési munkáknál.

Porbeles huzallal végzett hegesztés gazdasági elemzése

Egy technológiai eljárás alkalmazhatóságát a műszaki szempontok mellett döntően befolyásolja az eljárás gazdaságossága is. A mintahuzalként ka-



13. ábra. Haránt varrat automatikus hegesztése porbeles huzallal.

pott anyag mennyisége nem volt elegendő arra, hogy a költségtényezőket saját vizsgálattal állapítsuk meg, ezért irodalom alapján próbáljuk meg bemutatni, hogy a később ismertett vizsgálatokba bevont porbeles huzalok képesek-e versenyezni egyéb hegesztési eljárásokkal.

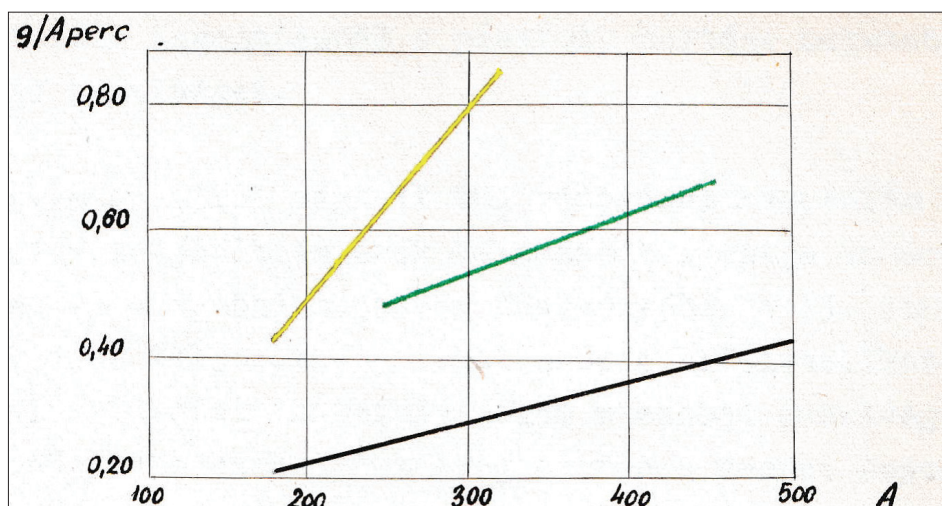
A felmerülő költségek mértékére döntő befolyással van a termelékenység, amit viszont a leolvadási teljesítmény szab meg. A leolvadási teljesítmény annál nagyobb

- minél kisebb a huzalkeresztmetszet
- minél nagyobb a szabad huzalvég és
- minél nagyobb az áramerősség.

A porbeles huzaloknál ehhez még hozzájárul az az előny is, hogy a töltet gyakorlatilag árammentes még akkor is, ha az fémporból van. Ez azt jelenti, hogy a hatásos keresztmetszet kisebb, mint egy vele azonos külső átmérőjű tömör huzal esetén. Tehát egy porbeles huzal azonos szabad huzalvég, azonos külső átmérő és azonos áramerősség esetén nagyobb leolvadási teljesítményt ad, mint egy tömör huzal. A portöltés emellett minden további energiafelhasználás nélkül leolvad, ami különösen akkor növeli a leolvadási teljesítményt, ha a töltet teljesen, vagy túlnyomóan fémporból van. A viszonyok legjobban a leolvadási teljesítménynek a hegesztőáram függvényében való ábrázolásánál láthatók. A 14. ábra mutatja a viszonyokat három azonos keresztmetszetű, de különböző mértékben töltött huzalra. A különböző töltésű huzalok kísérlet céljára készültek [10].

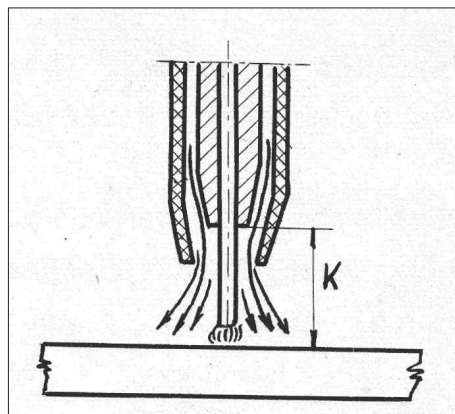
A szabad huzalvég (15. ábra) hossza döntően befolyásolja a leolvadási teljesítményt. Védőgáz használata esetén a szabad huzalvég megnövelésénél a gáznak a hegesztés helyére való vezetéséről

KUTATÁS–FEJLESZTÉS

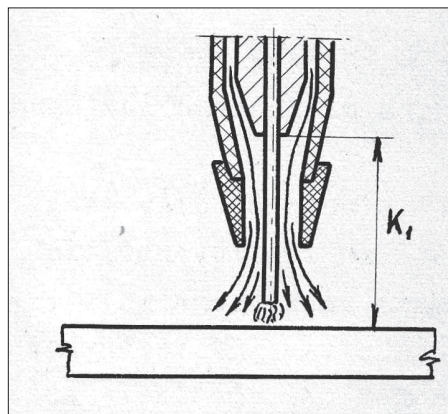


14. ábra. A leolvadási teljesítmény az áramerősség függvényében [10].

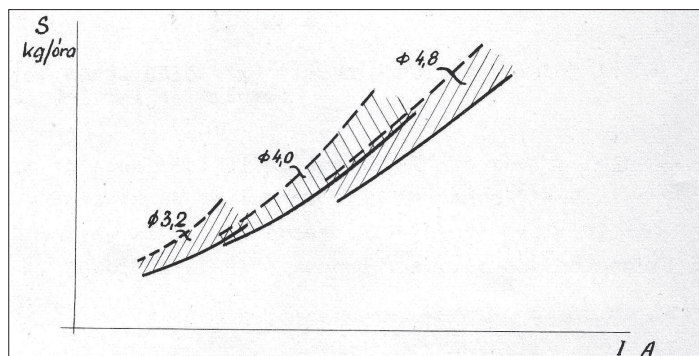
- $\varnothing$ 1,6 mm-es tömör huzal,
— $\varnothing$ 1,6 mm-es porbeles huzal, a huzal súlyának 32 %-a töltés,
— $\varnothing$ 1,6 mm-es porbeles huzal, a huzal súlyának 45 %-a töltés.



15. ábra. Szabad huzalvég



16. ábra. A gázfúvóka meghosszabbítása.



17. ábra. Leolvadási teljesítmény különböző szabad huzalvég esetén [23].

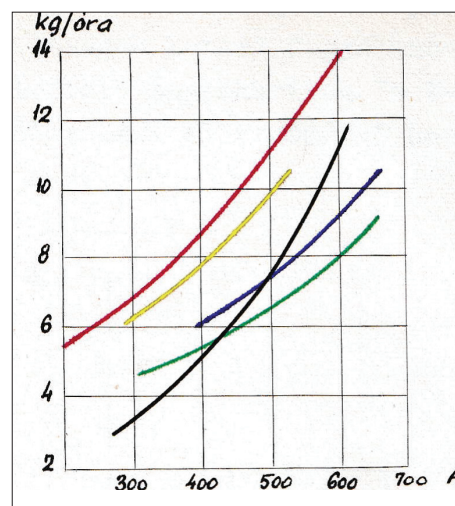
- szabad huzalvég 1,5 cm,
- - - szabad huzalvég 4 cm.

gondoskodni kell. Ez a gázfúvóka meghosszabbításával oldható meg (16. ábra). Önvédő huzal hegesztésénél a pisztoly tartása megszabja a szabad huzalvéget.

Porbeles huzallal végzett CO_2 védőgázos hegesztés leolvadási teljesítményének változását mutatja a az áramerősség és a szabad huzalvég függvényében a 17. ábra. A leolvadási teljesítmény tehát erősen befolyásolható. A varrat felületére is hat a szabad huzalvég. Rövidebb szabad huzalvég esetén a varrat lapos, nagyobb hossz esetén domború.

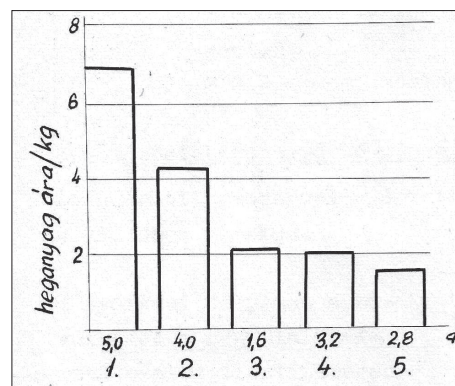
Védőgázban 20–30 mm-es szabad huzalvéggel célszerű dolgozni. Önvédő huzal hegesztése esetén a 40–50 mm-es szabad huzalvég használata ajánlott.

Az áramerősség növelésével az ívbe vitt hőenergia mennyisége növekszik meg. Ennek megfelelően változik a leolvadási teljesítmény. Néhány porbeles huzal leolvadási teljesítmény – áramerősség diagramját mutatja a 18. ábra a gyárak termékismertetői alapján. Az Arcosarc 51 és a Tubarc 1 jelű termékek belga, illetve angol CO_2 védőgázos he-



18. ábra. Különböző típusú porbeles huzalok leolvadási teljesítménye.

- Arcosarc 51 $\varnothing$ 3,2 mm
— Arcosarc 51 $\varnothing$ 2,4 mm
— Tubarc 1 $\varnothing$ 2,4 mm
— Arcosshield 70 $\varnothing$ 3,2 mm
— Arcosshield 51 $\varnothing$ 3,2 mm



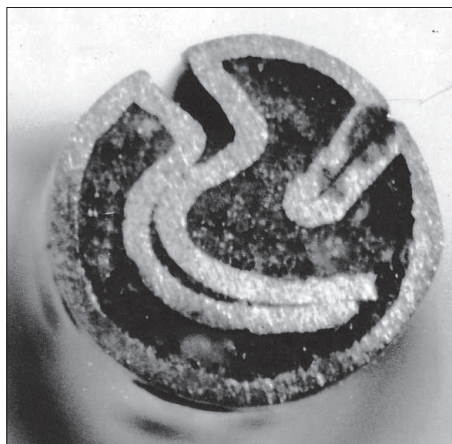
19. ábra. Hegesztési költségek összehasonlítása [2].

1. Bevonat kézi elektróda
2. Nagyhozamú kézi elektróda
3. CO_2 védőgázos tömör huzal
4. Fedettívű hegesztés
5. Önvédő – porbeles huzal.

gesztésre ajánlott, míg az Arcosshield 51 és Arcosshield 70 jelűek önvédő porbeles huzalok. Az utóbbi két belga önvédő huzal közül az Arcosshield 51 az Arcosshield 70 tovább fejlesztett változata. Az Arcosarc 51-nél a szabad huzalhossz 25 mm, az Arcosshield 70-nél pedig 32 mm volt. A többi huzalnál a szabad huzalhossz hossza nem volt megadva.

Elérhető megtakarítás időben és költségekben

Az USA-ban a porbeles huzalok ára a vizsgálódás időpontjában két-háromszorosra volt a bevonat elektródák árának [2]. Ennek ellenére a már 1965-ben a CO_2 védőgázos hegesztések 25 %-a már porbeles huzallal történt [21]. A



20. ábra. Az Arcosarc 51 huzal keresztmetszete.

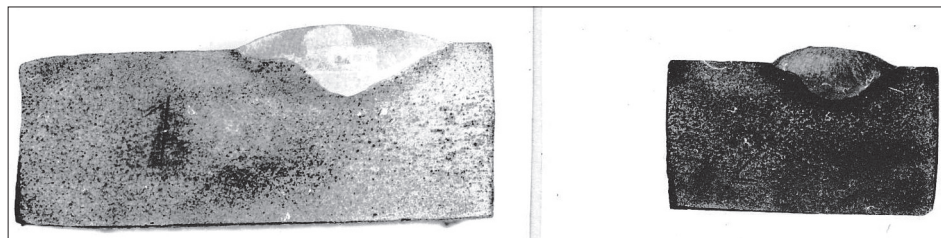
különböző eljárásokkal készített 1 kg varratfém árát hasonlítja össze a 19. ábra. Az ábra összeállításánál a hegesztőanyag, a felhasznált elektromos energia, a szükséges fedőpor, vagy gáz ára és a munkabér költségek lettek figyelembe véve [2]. A porbeles huzallal elérhető megtakarítás a 70 %-ot is elérheti, ha a bevonatos kézi elektródával hasonlítjuk össze.

A hegesztési időben elérhető megtakarítás is igen jelentős. Chouinard és Howera [25] számos konkrét adatot ad a különböző üzemekben elért 40–65 %-os időmegtakarításokról.

A szófiai Hegesztési Intézet önvédő hegesztéshez dolgozott ki porbeles huzalt [13]. A kifejlesztett huzal alkalmazásának gazdasági elemzése ugyanarra az eredményre vezetett, mint az USA-ban végzett vizsgálatok. A TEB 2 jelű huzal gyártásával kapcsolatos számítások szerint egy megfelelő típusú bevont elektróda gyártási költségénél mintegy 15%-kal kisebb a porbeles huzal előállításának költsége [13].

Kísérletek porbeles huzalokkal

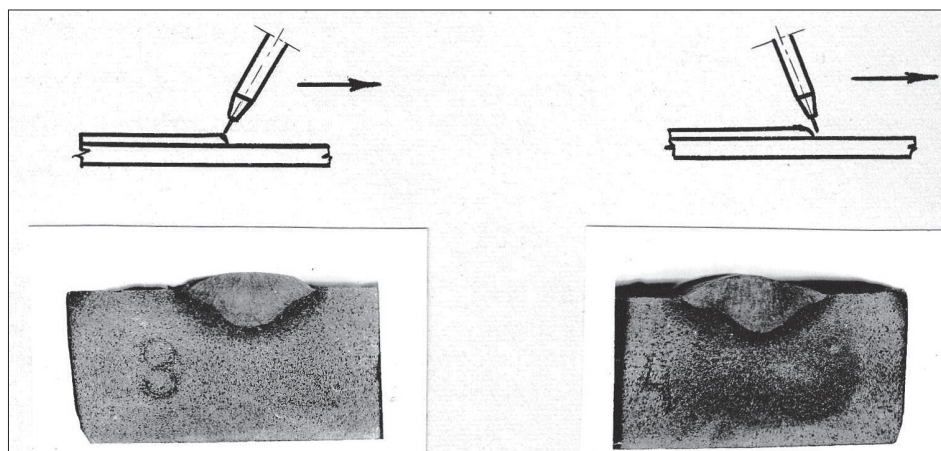
A kísérleteket mintaként kapott anyagokkal végeztük és ez meghatározta a vizsgálatok körét és terjedelmét. A sarkalatos rész a porbeles huzalokkal végzett védőgázos és önvédő hegesztés volt, de bevonatos csőelektródával is készültek próbák. A kézi elektródák hegesztési próbái a Csepeli Elektródagyár kísérleti részlegében, a fogyóelektródás hegesztések pedig a Csepeli Egyedi Gépgyár Hegesztéstechnikai Laboratóriumában készültek. A kémiai vizsgálatokat az Elektródagyár MEO laboratóriuma, a metallográfiai és mechanikai vizsgálatokat pedig a Csepel Vas és Fémművek Központi Anyagvizsgáló Osztálya végezte.



a., lassú pisztolyvezetés
b., gyors pisztolyvezetés
21. ábra. A hegesztési sebesség hatása a varratalakra ($I = 480 \text{ A}$, $U = 35 \text{ V}$).

Jel	Kémiai összetétel %					I	U	CO ₂ l/min
	C	Si	Mn	S	P	A	V	
51-K	0,08	0,36	0,47	0,025	0,036	480	34	20
51-N	0,08	0,37	0,68	0,027	0,038	220	28	20

3. táblázat. A hegesztési paraméterek hatása az Arcosarc 51 huzal heganyagának kémiai összetételére.



22. ábra. Pisztolytartás hatása a varratalakra. ($I = 480 \text{ A}$, $U = 35 \text{ V}$).

A kísérletekhez a belga Arcos cég

- Arcosarc 51 Ø 3,2 mm-es,
- Arcosarc 52 Ø 2,4 mm-es,
- Arcosarc CN 308 Ø 3,2 mm-es,
- Arcoshield 51 Ø 2,4 mm-es

porbeles termékeiből kaptunk mintákat. Véleményünk szerint elsősorban az Arcosarc 51, az Arcoshield 51, valamint a CN 308 anyagok lehetnek érdekesek a hazai felhasználók részére, így ezek voltak a vizsgálatok előterében.

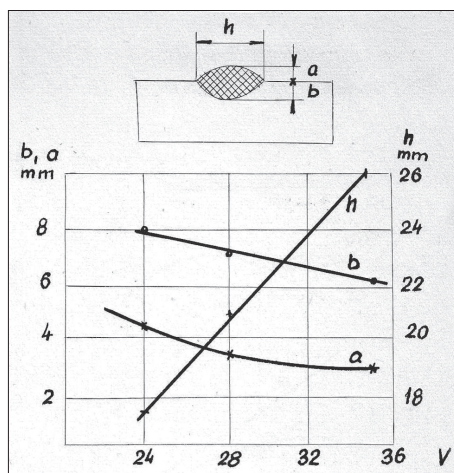
A fogyóelektródás hegesztésnél Oerlikon GL 500 típusú egyenirányítót használtunk (eső külső karakterisztika, 68 V-os gyújtófeszültség, maximum 520 A áramerősség). A huzalelőtől az Arcos cég Speedomatic típusú készüléke volt. A huzalelőtől a hegesztőpisztoly a védőgázos és védőgáz nélküli hegesztésnél is légűtéses volt, az önvédő hegesztéshez speciálisan kialakítva. A hegesztés egyenárammal, fordított polaritással (munkadarab negatív pólusra kötve) történt. A hegesztőpisztolyt a hegesztő kézzel vezette.

Védőgázos hegesztés Arcosarc 51 porbeles huzal

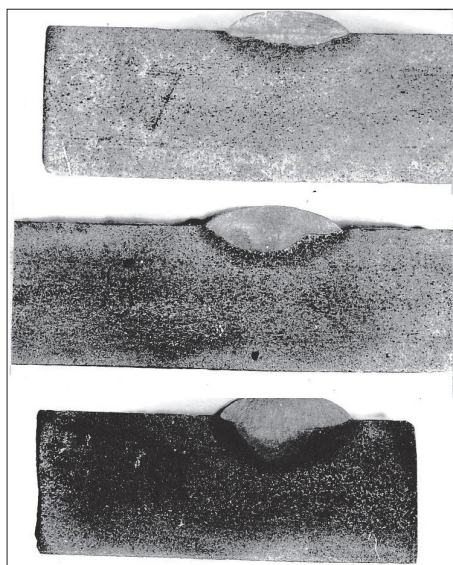
A gyártó cég a huzalt ötvöztelen acélok kötőhegesztéséhez ajánlja. Keresztmetszetéről készült fénykép a 20. ábrán látható. Hegesztése közben megfelelő áramerősség és feszültség beállítása esetén a fröcskölés kismértékű volt. A salak sarok- és gyökvarratnál egyaránt könnyen eltávolítható volt. Ömledépróba felső sorainál és a hernyóvarrat próbáknál magától levált a salak. Az áramerősség meglehetősen tág határok közötti változtatása esetén sem változtak jelentősen a hegesztési tulajdonságok. A huzal szalag anyaga lágyacélból készült, kémiai összetétele: C = 0,07 %; Si = 0,03 %; Mn = 0,40 %; S = 0,027 %; P = 0,037 %.

A töltet rutil típusú salakot eredményez. A heganyag kémiai összetétele nem változik az áramerősség hatására (3. táblázat). A Mn kivételével az összetétel megegyezik, de ennél az elemnél talált eltérés sem törvényszerű.

A hegesztés során a varratalakot számos tényező befolyásolja. Ezek közül

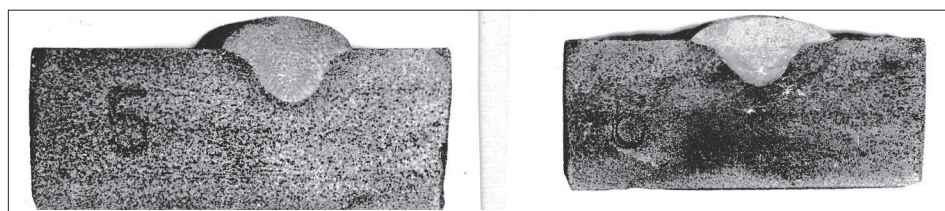


24. ábra. A feszültség változásának hatása a varrat alakjára.



25. ábra. Áramerősség változásának hatása a varratalakra.

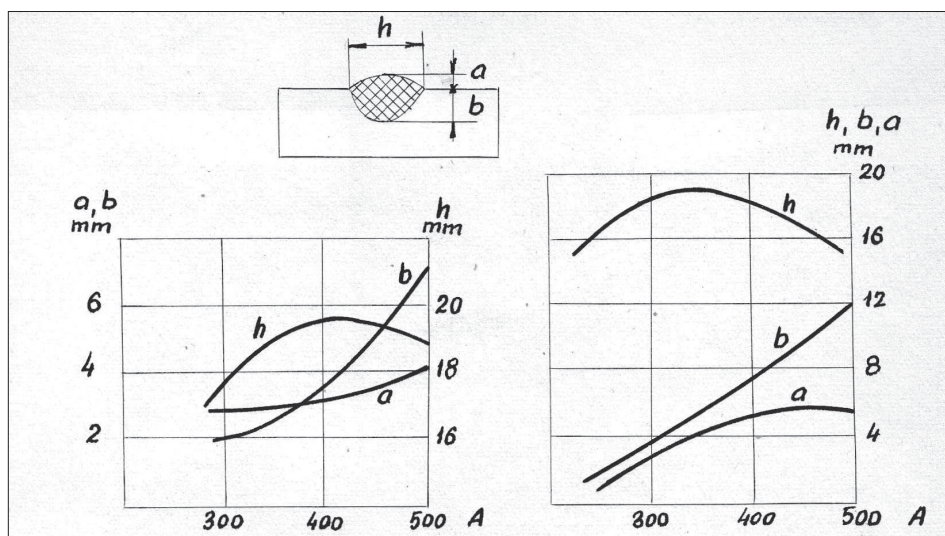
a hegesztési sebesség, a pisztoly tartás, valamint a beállított feszültség és áramerősség hatását vizsgáltuk. A próbák során a hernyó varratoknál 20 mm, a sarokvarratoknál pedig 10 mm vastag lemezeket használtunk, a védőgáz felhasználás pedig minden esetben 20 l/min volt. A hegesztési sebesség hatását a 21. ábra, a pisztolytartás hatását pedig a 22. ábra, a feszültség befolyását pedig a 23. ábra mutatja. Az utóbbi hatást diagramban ábrázolva (24. ábra) jól látható a feszültség jelentős befolyása, de ez a változás hasonló a tömör huzalos, vagy a fedőporos hegesztés esetén tapasztaltakhoz. Az áramerősség a feszültségnél is erőteljesebben befolyásolja a varrat alakját. A 25. ábra 300, 400 és 500 A áramerősséggel hegesztett varratok keresztmetszetét mutatja. A 26. ábra pedig diagramban ábrázolja a varrat „b”, „a” és „h” értékének változását az áramerősség függvényében



a., $U = 24 \text{ V}$

b., $U = 28 \text{ V}$

23. ábra. A feszültség hatása a varratformára ($I = 500 \text{ A}$)



a., porbeles huzal

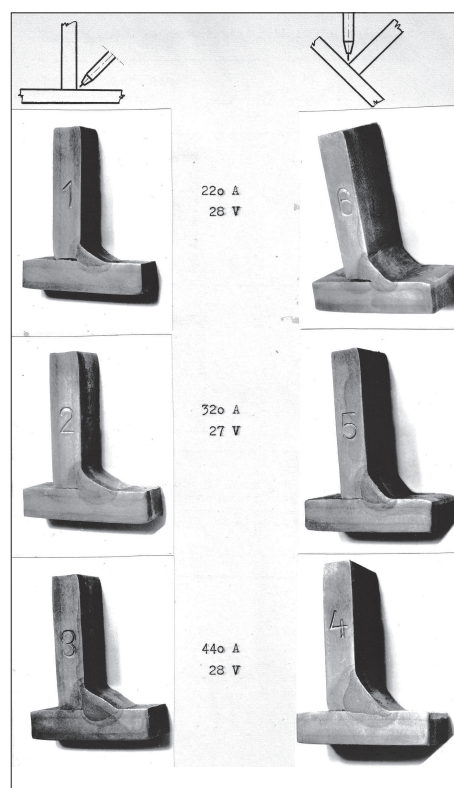
b., tömör huzal [26]

CO_2 védőgázos hegesztésnél.

26. ábra. A varrat alakjának változása az áramerősség függvényében

porbeles és tömör huzallal végzett CO_2 védőgázos hegesztés esetén. A görbék jelege hasonló. A beolvadási mélység erőteljesen, a varratmagasság kisebb mértékben nő, a varrat szélessége egy bizonyos áramerősség értéknél maximumot mutat. Sarokvarrat hegesztésénél hasonló az áramerősség változtatásának hatása. U.n. vályúhelyzetben a varrat elhelyezkedése kedvezőbb (27. ábra). Vízszintes helyzetben kézi pisztolyvezetés esetén nehezebb biztosítani a mindkét lemezbe való egyenletes hőbevitelt, ami a varrat szimmetrikus elhelyezkedésének alapfeltétele.

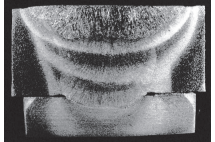
A varratfém szilárdsági tulajdonságainak ellenőrzéséhez az IIW előírásainak megfelelően előkészített lemezek közé készítettünk ömledéket. A beállítási adatok azonosak voltak a hegesztési sebesség kivételével, ugyanis az egyrétegben megömlasztett hegesztőanyag tömegének a mechanikus értékekre gyakorolt hatását kívántuk megállapítani. A 4. táblázat összefoglalja az eredményeket. Az ütőmunka vizsgálat Charpy-V bemetszésű próbatesteken készült. Az egy rétegben kisebb varrat tömeggel készült hegesztőanyag szilárdsági értékei jobbakként, ami feltehetően a finomabb szemcseszerkezet következménye. Ne-



a., vízszintes helyzet

b., vályú helyzet

27. ábra. Sarokvarrat alakja különböző áramerősséggel hegesztve.

Varrat keresztmetszet	I	U	σ_B	σ_F	δ_5	ψ	A_K
	A	V	kp/mm ²	kp/mm ²	%	%	mkp/cm ²
Jel 51-1 	480	34	51,8	42,4	29	66,2	+20C0-on Charpy V 4,8 4,7 5,6 Átlag: 5,03
Jel 51-2 	480	34	59,2	51,1	29	66,2	5,7 7,5 7,8 Átlag: 7,0

4. táblázat. Az Arcosarc 51 jelű huzal hegyanyagának mért mechanikai tulajdonságai.

Technológiai adatok			Összetétel %							
I	U	Védőgáz	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Ta	Nb
A	V		Kémiai analízis					Szinkép		
270	25	Ar	0,040	0,42	0,99	21,8	10,9	0,1	0,1	0,7-0,8
270	25	CO ₂	0,035	0,30	0,78	20,9	11,7			
500	28	Ar	0,040	0,40	0,92	22,6	11,5			
500	28	CO ₂	0,045	0,32	0,77	20,6	10,7			

5. táblázat. Arcosarc CN 308 huzal varratfémének kémiai összetétele.

gativ hőmérsékleten mért ütőmunka érték a vastag varratsorokkal készült próbánál jelentős ridegdedést mutatott.

Arcosarc CN 308 jelű huzal

A gyártmányismertető szerint a huzallal készített hegyanyag 18/8 típusú Cr/Ni acél. A nagy ötvöztartalom ellenére a gyártó szerint az ilyen acélokban is használható argon helyett a lényegesen olcsóbb CO₂ védőgáz. A huzal keresztmetszetét a 28. ábra mutatja. A porbeles huzal belsejében lévő tömör huzal 81 % Ni-t tartalmaz. A töltet ötvöző anyaga 90,3 % fémpor. Ugyancsak a töltet tartalmazza a stabilizáláshoz szükséges anyagot FeNb formában. A fémszalag igen kis tartalmú csillapítatlan acél, melynek kémiai összetétele: C = 0,030 %, Si = 0,03 %, Mn = 0,39%. A hegyanyag kémiai összetételének megállapításához különböző beállítási értékekkel és védőgázzal készültek felrakó hegesztések (5. táblázat). A védőgáz felhasználás minden esetben 20 l/min volt. Az áramerősség gyakorlatilag nem befolyásolja az összetételt. A CO₂ védőgáz használata nincs hatással a C tartalomra. A Si, Mn és Cr tartalom azonban csökken, ami a CO₂ védőgáz használatából eredő kiégéseknek tudható be. A csökkenés mértéke azonban nem jelentős, tehát a kémiai összetétel alapján a huzal CO₂ védőgázzal való hegesztése

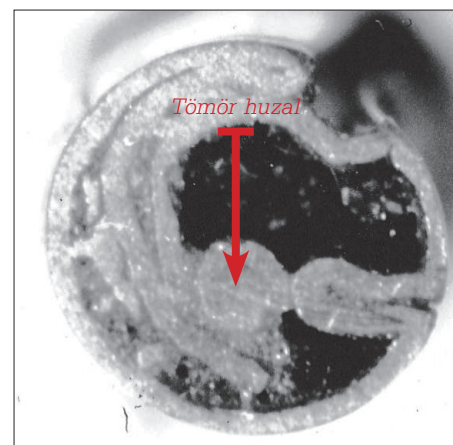
se nem jelent hátrányt az Ar védőgáz használatához viszonyítva.

Önvédő hegesztés

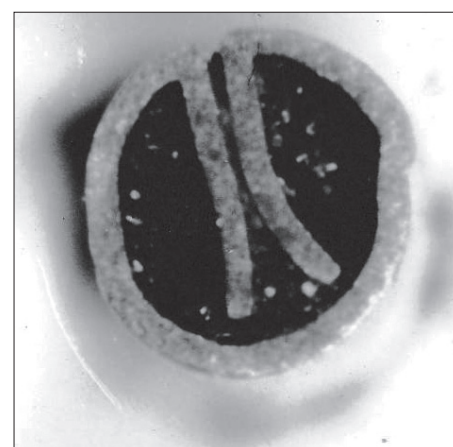
Az ötvöztelen acélok hegesztéséhez alkalmas önvédő porbeles huzalnál – Arcoshield 51 – a megömlött fémek a levegő atmoszferikus hatásától megvédő anyagokat a töltet tartalmazza. A huzal keresztmetszetét a 29. ábra mutatja. A töltet rutilos jellegű salakot ad, ötvöző anyagot nem tartalmaz. A szalag kémiai összetétele: C = 0,07 %, Si = 0,03 %, Mn = 0,38%, a hegesztett varratfém összetétele pedig: C = 0,09 %, Si = 0,28 %, Mn = 0,68%. A hegyanyag mechanikai tulajdonságait az egy rétegben hegesztett varrat tömegének hatását is figyelembe véve igyekeztünk megvizsgálni. A vizsgálathoz olyan rétegvastagság, mint az Arcosarc 51 huzalnál, technológiai okokból nem volt elérhető (6. táblázat). A mechanikai tulajdonságok közül az ütőmunka értékek alatta maradtak az elvártaknak, különösen a negatív hőmérsékleteken mért értékek. A huzal általános használatához e tulajdonságokat javítani kell.

Bevont elektróda kézi ívhegesztéshez

Az Elektródagyár számára érdekes volt a csőelektróda bevont elektródaként való használata. Elsődleges alkalmazási terület az erősen ötvözött hegesztés



28. ábra. Arcosarc CN 308 huzal keresztmetszete.



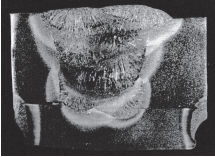
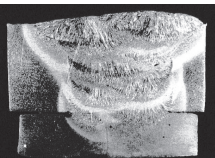
29. ábra. Arcoshield 51 jelű huzal keresztmetszete.

tőanyag készítése. Az ötvözés egyszerűbb és feltehetően jobb hatásfokú, mit a tömör huzallal készült bevonat-ötvözésű elektródánál és emellett adva van annak a lehetősége is, hogy a bevonatból be nem ötvözhető anyagokat is juttassunk a varratfémbe.

Gridur9 és Gridur10 jelű felrakó elektródák

Mindkét elektróda erősen ötvözött hegyanyagot ad, amely igen nagy keménységű, s elsősorban rendkívül erős koptható igénybevételnek kitett felületek felrakó hegesztésénél használható. A bevonat bázikus jellegű és az ívstabilizáló, valamint a salakképző anyagokat tartalmazza (30. ábra). Az ív a szalag fémanyaga és az alapanyag között ég, és a töltetet – amely az ötvöző anyagokból áll – az ív mintegy „lenyalva”, leolvasztja. Jellegzetes az elektróda krátere (31. ábra). A kémiai vizsgálat a Gridur9 töltetében FeCr-ot és FeMn-t mutatott ki nagyobb mennyiségben: C = 8,05%, Cr = 70,8 %, Mn = 1,23 %. A Gridur10 elektróda töltete vegyelemzés alapján kb. 50–55 % FeCr (carbure)-t,

KUTATÁS–FEJLESZTÉS

Varrat keresztmetszet	I	U	σ_B	σ_F	δ_5	ψ	A_K
	A	V	kp/mm ²	kp/mm ²	%	%	mkp/cm ²
Jel 51-A 3 	280	24	51,7	35,9	13,6	29,2	+20C0-on Charpy V 5,0 3,1 3,5 Átlag: 3,9
Jel 51-A 5 	360	30	51,6	32,6	26	42,0	5,6 7,3 6,1 Átlag: 6,3

6.táblázat. Az Arcoshield 51 jelű huzal heganyagának mért mechanikai tulajdonságai.

Típus	Anyag	Összetétel %							
		C	Si	Mn	S	P	Cr	W	B
Gridur10	szalag	0,09	0,03	0,23	0,023	0,020	-	-	-
	varratfém	4,95	0,86	0,78	-	-	19,1	20,6	1,8
Gridur9	szalag	0,08	0,04	0,37	0,027	0,032	-	-	-
	varratfém	3,42	0,73	0,65	-	-	38,1	-	-

7. táblázat. A Gridur9 és Gridur10 elektródák kémiai vizsgálata.

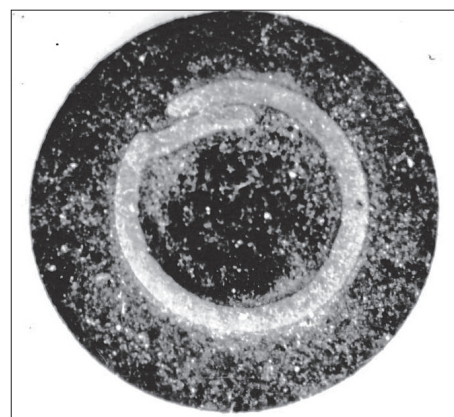
40–45 %FeW-ot és 2–5% FeB-t tartalmaz. A szalag anyagának és az elektródákkal készített varratfém összetételét a 7. táblázat mutatja. A szalag anyaga ötvözetlen lágyacél. A varratfém szövetszerkezetében a Gridur10 elektródánál a primer Cr és W karbidok nagyméretű világos felületek a mikrófelvételen (32. ábra). Ezek között a primer szerkezet bomlásából származó ferrit, perlit és szekunder karbid, illetve borid helyezkedik el. A Gridur9 heganyagának szövetszerkezeti képén szintén primer Cr karbidok a világos foltok, míg a karbidok közötti részt itt is ferrit, perlit és szekunder karbid tölti ki (33. ábra). Az utóbbi esetben a primer karbid részaránya nagyobb a szövetszerkezetben, mint a Gridur10 elektródánál, s helyenként az elhelyezkedése karbid füzérekéből álló dendrit ágakra emlékeztet. A nagy mennyiségű karbid következménye a varratfém jó kopásállósága. A keménység méréséhez ötvözetlen acél lapra 3 rétegben hegesztettünk varratsorokat, majd mértük a varratfém keménységet. Az 5-5 pontban végzett mérések átlaga szerint a Gridur9-nél 64 HR_C, a Gridur10-nél pedig 68HR_C volt. A Gridur10 dinamikus igénybevételnek nem tehető ki, mert üveggént törik.

Ferronikkel elektróda

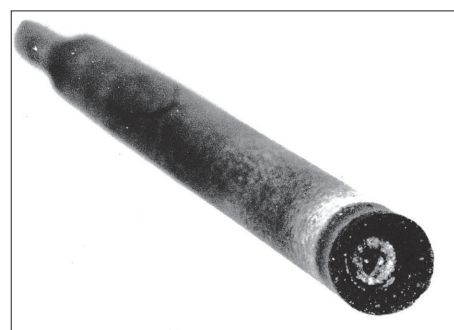
Az Arcos cég által szállított különleges elektród huzalt (34. ábra) vontuk be a hazai EöNi 99,5 jelű elektróda bevonó masszájával. Az előzetes kémiai vizsgálat mutatta (8. táblázat), hogy a maghuzal nikkell, a burkoló szalag pedig ötvözetlen lágyacél. A hegesztőanyag összetétele szerint jellegzetes ferronikkel ötvözet, amely öntöttvas hegesztésénél a tiszta nikkell elektródával együtt használva igen kedvező eredményt ad. Különböző átmérőknél a szalag és a maghuzal keresztmetszetének hányadosa állandó érték volt, ami a varratfém összetételének állandóságát biztosította. Ha szükséges a heganyag Ni tartalma a tetszés szerint változtatható a szalag/maghuzal arány változtatásával. A varratfém keménysége három mérés átlagából számítva 148 kp/mm² HB. Ez az érték az egyéb Ni tartalmú öntöttvas javítóhegesztéshez ajánlott elektródák keménységének felel meg, ami az ezekkel való használatát lehetővé teszi.

Összegzés

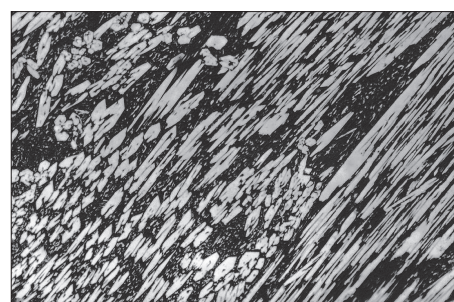
Az Elektródagyár gyártmányfejlesztési elképzelése, a külföldi partnerrel való jó kapcsolata lehetővé tette, hogy a vizs-



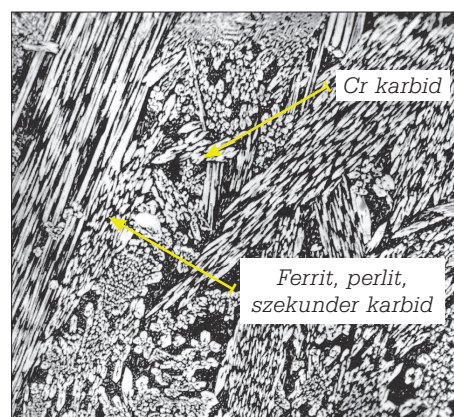
30. ábra. Bevont csőelektróda keresztmetszete.



31. ábra. Bevonatos csőelektróda krátere.



32. ábra. A Gridur10 varratfémének szövetszerkezete. N = 100 x, nitál.



33. ábra. A Gridur9 varratfémének szövetszerkezete; a nagyobb Cr tartalom következtében több karbid van a szövetszerkezetben. N = 100 x, nitál.

Anyag	Összetétel %				
	C	Si	Mn	Ni	Fe
szalag	0,09	0,5	0,33	-	mar.
huzal	0,08	0,13	0,27	98	-
varratfém	1,21	0,60	-	58,4	Mar.

8. táblázat. Ferronikkel elektróda kémiai vizsgálata.

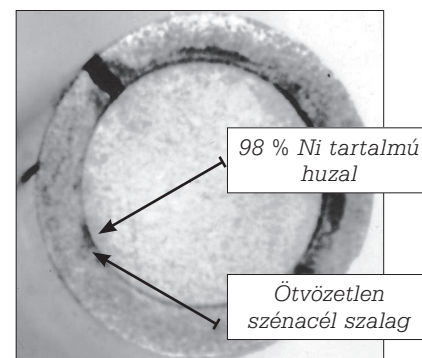
gálat időpontjában hazánkban még alig ismert, de a világban is nagyon új hegesztőanyagot, a porbeles huzalt megismerjük, kísérleteket végezzünk. A szakirodalom bő terjedelemben foglalkozott, az abban az időben széleskörű érdeklődést kiváltó termékkel. Ez a lehetőség biztosította, hogy a termékkel nagyon korai időszakban, akkor még Magyarországon szinte egyedülálló ismereteket szerezzünk. A kedvező tapasztalatok, valamint a gyártóberendezésre vonatkozó ajánlat (amelyet itt nem ismertetünk) alapján a kutatási jelentés javasolta a gyártó berendezés beszerzését, szinte garantálhatóan gyors megtérülési idővel. Sajnálatos módon az akkori szigorú devizagazdálkodási okokból a beruházás megvalósítására nem került sor, pedig egy ilyen új hegesztőanyag hazai hozzáférhetősége hozzájárulhatott volna a hazai hegesztési kultúra gyorsabb fejlődéséhez. Ami késett az nem múlt, mert néhány évtized múltán még mindig nem hazai gyártásból, de a porbeles huzalok több jelentős mérnöki szerkezet megvalósításánál sikeresen alkalmazásra kerültek. A hídépítésben pl. védőgázos hegesztéshez porbeles, önvédő huzalt először az 1992 és 1995 között épült Lágymányosi – Rákóczi hídnál alkalmaztak [27], de más híd jellegű munkáknál is sikeresen kihasználták a porbeles huzalok kedvező tulajdonságait [28]. A porbeles huzal ma már számos termék, szerkezet gyártásánál rendszeresen használt hegesztőanyag.

Reméljük, hogy a hegesztőtársadalom gyakorlott, ifjabb és leendő tagjainak tanulságul szolgálhat a porbeles huzal hazai használatának kezdetén készített vizsgálatssorozat bemutatása.

Felhasznált irodalom

- [1] Szokol György: A hegesztés új hozaganyaga: a csőelektróda - Kutatási jelentés, Csepeli Fémmű, Húzómű – Elektródagyár, Budapest, 1968.
- [2] G.H. Macshane – H.F. Reid: Tubular Electrodes – Firm, Round and Fully Packed; Welding Journal 1966/2, 116 – 122. old.
- [3] DIN 8571 – Schweisszusatzwerkstoffe zum Schmelzschweißen; 1966. Marc.

- [4] Arcos– Fülldrähte – Arcos Revue No. 154. – 1965
- [5] P.N. Lvovüm: Vosztanovlenyie iznosennüch detalej naplavkoj trubcsatümi elektrodami – Centralnoje Buro Techniceszkaj Informacii – Moszkva, 1966.
- [6] G.M. Purkeltand: Oszodennosztii izgotoblenyia poroskovoj provoloku – Szvarocsnoe Proizvodstvo – 1967/7. 31-32. old.
- [7] A.F. Chouinard – R.P. Moroe: A New CO₂ Welding Process – The Welding Journal, 1957/11, 1069-1073. old.
- [8] I. Staebler – F. Folkhard: Schweiss-technische Studienreise in die USA - Schweißen und Schneiden, 1966/10. 504-509. old.
- [9] M Zucketto: Maschinelle Schweisseinrichtungen für die Fülldrahtschweissung – Technische Mitteilungen, 1966/6, 274-283. old.
- [10] W.P. von den Blick – G. Brouwer: Das CO₂-Schweißen mit gefüllten Rörchendrähnen – Schweißen und Schneiden, 1965/4. 137-141. old.
- [11] H. Von Hofe: Schweissttechnisches Entwicklungsprogram in der Sowjetunion (Bericht) - Schweißen und Schneiden, 1967/10. 487-488. old.
- [12] N. Neschanjan – V. Chlebarov: Az adalékanyagok megválasztása abra- zív kopásnak és ütésszerű igénybevé- telnek kitett munkadarabok felrakó hegesztéséhez – GTI III. Tudományos ülésszaka, hegesztéstechnológiai szekció előadásai, Budapest, 1967.
- [13] V. Chlebarov – E. Evtimov: A TEB- 2 porbeles elektródahuzal alacsony széntartalmú acélok hegesztésének gépesítéséhez – GTI III. Tudomá- nyos ülésszaka, hegesztéstechnológiai szekció előadásai, Budapest, 1967.
- [14] Black Plate Used for Flux-Cored Welding Wire – Iron and Steel Engineer, 1965/12. 167. old.
- [15] F. Danhier: Ein neues automisches Kohlensäure-Schutzgas-Schweiss- verfahren – Arcos Revue, No. 137. – 1957. 2993 – 3005. old.
- [16] D.K. Bezah: Opregyelenyie koeffizi- enta zapolenyija poroskovoj provoloki – Automaticseszkaja Szvarka, 1963/7, 41-42. old.
- [17] E.N. Morozovszkaja: Sztruktura i szvojsztva vüszokomargeancevo- go metalla, naplavlennovo prosko-



34. ábra Ferronikkel elektróda maghuzalának keresztmetszete.

- voj provolokoj - Automaticseszkaja Szvarka, 1963/4, 22-25. old.
 - [18] E. Claussen: Schutzgasschweißen unter CO₂ mit Fülldrähten in Rohrform („Rörchendrähne“) – DVS Fachbuchreihe „Schweisstechnik“, Band 46., DVS verlag GmbH, Düsseldorf, 1966.
 - [19] F. Danhier: Speciális hegesztőhuzalok alkalmazása félautomata és automata hegesztésnél – Előadás, Belga Műszaki Hét Budapesten, 1967.
 - [20] D.P. Lebedev – U.M. Vorobjev: Pol- navtomaticseszkaja szvarka poros- kovoj provolokoj - Automaticseszkaja Szvarka, 1965/8, 54-55. old.
 - [21] Messevorschau – Fachmesse „Schweißen und Schneiden“ 1965 Essen DVS Verlag, Düsseldorf, 1965.
 - [22] J. L. Hamilton: Automatic Methods of Welded Tank Construction – Wel- ding and Metal Fabrication, 1965/8.
 - [23] C. DeRop – H. Schmidt-Back: Auto- matisches Lichtbogenschweißen un- ter Kohlensäure und Schlackenab- deckung - Schweißen und Schnei- den, 1957/4.
 - [24] C. DeRop – H. Schmidt-Back: Fort- schritte beimSchweißen unter CO₂ mit Falzdraht -Schweißen und Sch- neiden, 1960/8. 345-349. pld.
 - [25] A.F.Chouinard – J.A. Howera: Prog- ress Report on the Flux-Cored CO₂ Welding Process – Welding Journal, 1959/4. 334-341.old.
 - [26] B.S. Kassatkin: CO₂ – Schutz- gasschweißen – VEB Verlag Tech- nik, Berlin, 1962.
 - [27] Dr. Domanovszky Sándor: A hazai hegesztett közúti hidak építésének története - Különlenyomat a 39. Híd- mérnöki Konferencia előadásainak kiadványából – 1999. Eger
 - [28] Köber József: Még egyszer a porbe- les huzalokról – Hegesztéstechnika, 2017/4. 33-35. old.
- Prospektusok, gyártmányismertetők.
*Dr. Szokol György, okl. gépészmérnök,
okl. hegesztőmérnök, EWE
ESAB Kft. nyugalmazott igazgatója

Hőcserélő csövek vizsgálata DUET és DOLPHIN G3 készülékekkel



MÁTRA
diagnosztika
Anyagvizsgáló Kft.

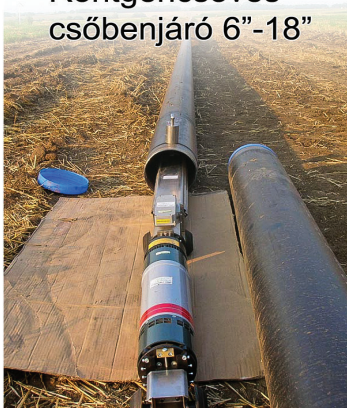
Fázisvezérelt ultrahangos vizsgálat- TOFD módszer



Csővezetékek nagy hatótávolságú ultrahangos vizsgálata



Röntgensöves csőbenjáró 6"-18"



Helyszíni Digitális Radiográfiai vizsgálat



Elérhetőség:

3200 Gyöngyös Jókai út 55.
info@matradiagnostika.com
Tel.: 37-313-338
Fax: 37-500-338

www.matradiagnostika.com

Géper

Gépek és Rendszerek Szolgáltató Kft.
MESSER Cutting & Welding AG.
Cutting Systems Magyarországi Képviselete
Kecskemét, Irinyi u. 29. V. 28.
Tel.: +36-76-489-527, 505-256
Tel./Fax: +36-76-481-886, 416-478
e-mail: messer@geper.datanet.hu

CNC vezérlésű lézer-, plazma-, víz sugar- és lángvágó gépek forgalmazása, vevőszolgálat.

Kézi plazmavágók, hegesztő célgépek forgalmazása, vevőszolgálat.

Forgalmazás – Vevőszolgálat – Felújítás – Szerviz

Sok éves tapasztalattal állunk az Önök rendelkezésére

Dr. Lovics Riku, Dr. Mészáros Sándor, Lovics Ádám

Tömörségvizsgálat ipari tömegtermelésben

A tömörségvizsgálatra (szivárgás ellenőrzésre) vonatkozó első írásos feljegyzés arról szól, hogy a római légiók katonáinak előírták: menetelés előtt ellenőrizni kell a kulacsot, hogy ne szivároгjon belőle a víz. A modern ipar megszületése magával hozta a berendezések szivárgásmentességének ellenőrzését és néhány hagyományos ipari módszer kidolgozását, ilyen pl. a buborékteszt, vagy a festékes kijelzések alkalmazása, stb... A termékminősítés területén hazánkban először a Lehel gépgyárnál merült fel, hogy vizsgálni kell a hűtőszekrényeket a garanciális követelmények miatt. Később sok másik cégnél, például a Tungsramnál, a Paksi Atomerőmű építésénél és az autóipari beszállítóknál is felmerült az igény a tömörségvizsgálatra. A fejlődés azt is magával hozta, hogy a szivárgásmentesség kvantitatív előírásai már nem teljesíthetők a hagyományos vizsgálati módszerek egyikével sem. Ha a megengedett szivárgás felső határa a g/év nagyságrendbe esik akkor csak precíziós, nagy érzékenységű műszeres szivárgásellenőrzés alkalmazása jöhet szóba. Erre a célra több világcég fejlesztett ki, gyárt és forgalmaz elsősorban tömegspektrométerre alapozott szivárgás ellenőrző műszereket, melyek részben manuális mérésre, részben pedig az adott feladatra konstruált szivárgásellenőrző célberendezésbe történő beépítésre szolgálnak. A továbbiakban a tömegspektrométeres szivárgásvizsgálat egyes kérdéseit vizsgáljuk meg. Egy vizsgálandó darabnál elvileg két módszer jöhet szóba:

1. A vizsgálandó darab belső térfogatát egy adott jelzőgázzal feltöltjük, majd a jelzőgáz kiszivárgását egy tömegspektrométeres gáz analízátorhoz kötött légköri nyomáson működő szívófejjel (szimatoló fej) monitorozzuk. A szívófejet a szivárgási hiba közelébe tartva a műszer a jelzőgáz koncentrációjának növekedését észleli, és ezt kijelzi. Ilyen feladatra alkalmas pl. az ECOTEC300 típusú szivárgásvizsgáló, melyet széleskörűen alkalmaznak pl. a munkaközeggel már feltöltött hűtőgépek kötéspontjainak minősítő ellenőrzésére.
2. A vizsgálandó darab belső térfogatából kiszivattyúzzuk a levegőt és ezt a vákuumteret kötjük egy tömegspektrométeres gáz analízátorhoz. Az ellenőrzendő pontokra egy alkalmasan megválasztott jelzőgázt pl. héliumot, vagy hidrogént (utóbbi esetben formázógázt kell alkalmazni a robbanásveszély elkerülésére) fúvatunk. Ha a vizsgált darabon szivárgási hiba van, akkor a jelzőgáz bejut a vákuumterbe, amit a tömegspektrométer észlel, és a műszer kijelmez.

Kísérletek:

Az 1. pontban leírt módszer kézi szimatoló fejjel történő vizsgálatának érzékenységét vizsgáltuk meg. Laborban végzett vizsgálatok során egy beépítésre előkészített háztartási hűtőszekrény elpárologtató egységen kísérleteztünk szimatoló módszerrel (1. és 2. ábra).

Sikerült egyértelműen azt bizonyítani, hogy a szimatolással csak akkor látjuk pontosan a „valós” szivárgás értékét, ha a szimatoló fej nem zár

be szöveget a feltételezett anyaghibával. Ezért kipróbáltuk azt, hogy a szimatoló szonda minimális vagyis nulla fokos szöveget zár be a vizsgált kötési ponttal és azt az esetet, ha 180 fokot. Emellett azzal kísérleteztünk még, hogy a mintavételi idő 2 sec. volt, második alkalommal pedig 10.

Látszik, hogy abban az esetben, ha szöveget zárunk be a szimatoló fejjel, a repedésre közel sem kapjuk meg a valós szivárgás mértékét. Sőt, látszik, hogy a 0,5 g/év szivárgási határt sem értük el minden esetben, ami a buktatási szint jelen pillanatban a gyártásban.

Látható, hogy ebben az esetben a mérés, már sokkal stabilabb szimatolással is, de csak ha nem zárunk be szöveget egymással a repedés és a szimatoló szonda. Viszont a 180 fokos szög esetén látszik, hogy az idő nem segít igazán, hogy lássuk a valós szivárgás értékét vagy újra előfordult olyan eset, amikor nem egyértelmű, hogy a szivárgás értéke meghaladja-e a 0,5 g/év értéket.

A kézi vizsgálat tehát csak akkor ad megbízható minősítést, ha a szimatoló fejjel minden vizsgálandó pontot alaposan és a megfelelő szögben tartott szimatoló fejjel ellenőrzünk, ez pedig időigényes és erősen függ az emberi tényezőtől. Sorozatmérésekhez tehát célszerű olyan berendezést építeni, amelyik a gyári mérőberendezést alkalmasan kiegészítve teljes körű és az emberi tényezőtől mentes ellenőrzést biztosít.

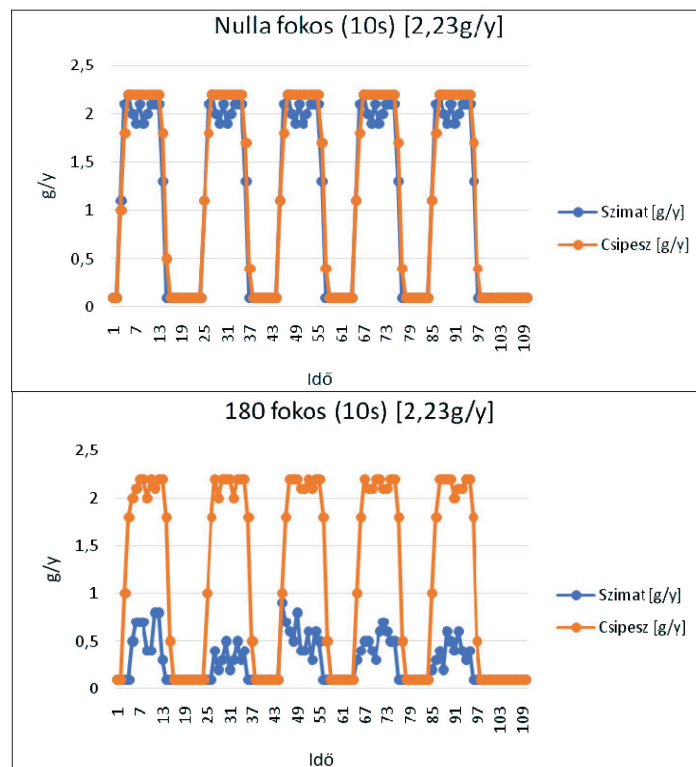
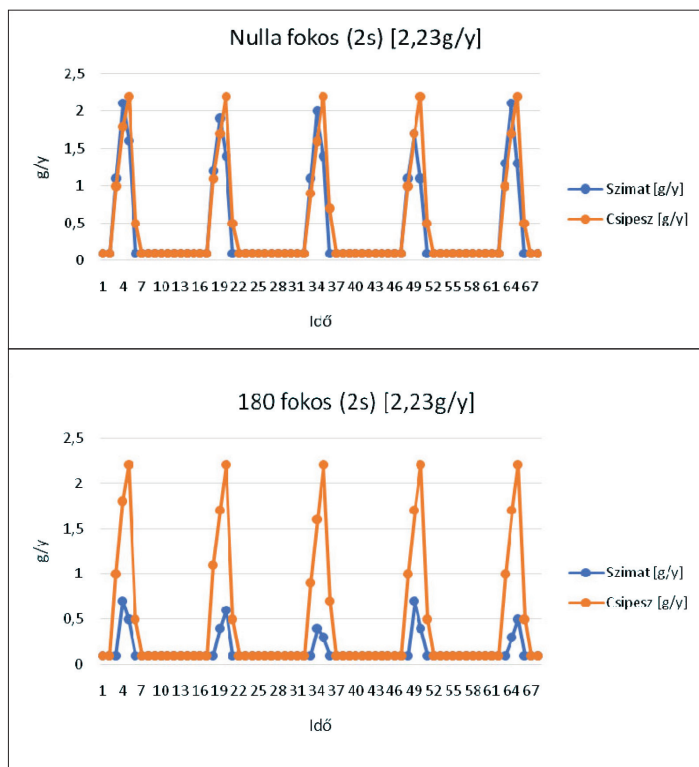
Erre a feladatra egy olyan célberendezést dolgoztunk ki (MiST), mely a szimatoló fej helyett a vizsgálandó pontoknak megfelelő számú (3-6 db) spe-



1. ábra. 0 fokos bezárt szög



2. ábra. 180 fokos bezárt szög



ciális csipeszt tartalmaz, melyek úgy vannak kialakítva, hogy a vizsgálandó kötések körbefogják, s ott egy 6–10 cm³-es térfogatot nem gáztömören ugyan, de körbezárnak. Az ebbe a térfogatba kiszivárgó gáz kerül egy 3–4 s-os gyűjtési időt követően beszippanásra és analízisre. Az egyes csipeszek a mérés előtt külső levegővel átfúvatásra kerülnek a vizsgálandó pontra történő felhelyezésük után. Az egyes csipeszek átfúvatását, a mintagyűjtést, a beszippanást és az analízist a berendezés beépített programja vezérli. Ilyen módon az adott kötéspontok teljes körű, emberi tényezőtől független szivárgási ellenőrzése történik meg.

A 2. pontban leírt vizsgálati módszerrel is jelentkezik egy hasonló probléma: a jelzőgáz megfelelő pontra fúvatása általában kézi fúvókával történik és emiatt itt is jelentős az emberi tényező. Sorozatmérések céljára, elsősorban hűtőgép elpárológatók minősítő vizsgálatára szintén kidolgoztunk egy célberendezést, mely a levákuumozott darab vákuumterét egy hélium és hidrogén érzékelésre alkalmas tömegspektrométeres szivárgásvizsgáló modulra (LDS-3000) csatlakoztatja és vizsgálandó kötéspontokra felhelyezett, az előzőekben leírtakkal azonos konstrukciójú csipeszekbe pontosan meghatározott mennyiségű jelzőgázt (rendszerint héliumot) fúvat. A berendezés a vizsgálandó darab kézi csatlakoztatása és a csipeszek felhe-

lyezése után a vizsgálatot automatikusan végrehajtja, az eredmény emberi tényezőtől független és kvantitatíve is pontos. Az erre a célra kidolgozott és több gyártáson a minőségbiztosítási rendszer elemeként használt félautomata szivárgásvizsgáló (MiTT) berendezés kissé részletesebb ismertetését a következő szakaszban adjuk.

MiTT (Mobile intelligent Tightness Tester) berendezés leírása

A berendezés egy mozgatható műszerállványban foglal helyet. A műszerállvány három szintre van felosztva. A legalsó szinten vannak elhelyezve a vákuumszivattyúk, a középsőn az LDS-3000 tömegspektrométeres szivárgáskereső, a harmadikon pedig a gáztechnika és az elektromos rendszer. A műszerszekrény előoldali ajtajának külső lapján vannak elhelyezve a kezelőszervek: elektromos főkapcsoló, KI/BE nyomógomb, a többi nyomógomb és a kijelzők. A készülék külső csatlakozásai:

- Villamos tápkábel 3×400 V maximum 4 kW
- Préslevegő (szűrt) 6 bar, fogyasztás kisebb, mint 0,5 l/min
- Nitrogén gáz (kriogén eredetű) 6÷8 bar, fogyasztás kisebb, mint 3 l/vizsgálat
- Hélium gáz (ballongáz minőségű) 2÷5 bar, fogyasztás 50 sccm/vizsgálat



3. Ábra - WEH csatlakozók

A külső gáz csatlakozásoknak a készülékhez történő bekötés előtt elzáró szerelvényt kell rendelkezniük. A külső gáz csatlakozók a berendezés műszerszekrényének fedőlapján vannak elhelyezve. A préslevegő és a hélium 6/4 mm-es, a nitrogén gáz 8/6 mm-es szabványos légtechnikai műanyag csővel csatlakozik a készülékhez. A csatlakozások kihúzásra önzáróak és visszacsapó szeleppel is el vannak látva olyan beállításban, hogy a készülék felől nincs gázáram az ellátó rendszer irányába.

A vizsgálandó munkadarabokhoz a készülék a következő módon csatlakozik:

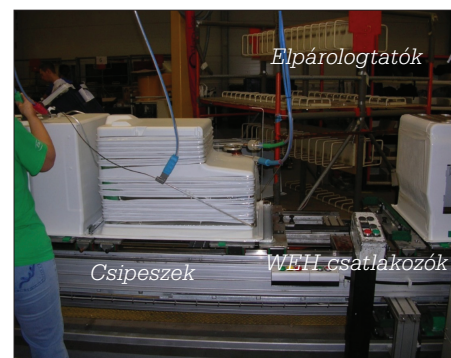
- a munkadarab csőcsonkjaihoz a csatlakozás pneumatikusan működtetett WEH gyártmányú, gáz- és vákuumtömör csatlakozókkal (befogók) történik, melyek a vizsgálat sajátos igényeinek megfelelően vannak módosítva. A hozzájuk menő vezetéke-



4. ábra. Csipeszek



5. ábra. Kapcsolószekrény



6. ábra. Csatlakoztatott csipeszek és WEH csatlakozók

zés egy-egy hajlékony műanyag köpeny csőben van elhelyezve. A készülékhez 4 db befogó szerelvény van felszerelve:

- A szívócsőhöz 1 db 6 mm névleges átmérőjű cső befogására alkalmas, köpenybe szerelt és nitrogénes védőfúvókával ellátott befogó
- Az egy kapillárisal szerelt munkadarabokhoz 1 db 2 mm névleges átmérőjű cső befogására alkalmas, védőköpeny nélküli tokban elhelyezett befogó
- A két kapillárisal szerelt munkadarabokhoz 2 db 2-2 mm névleges átmérőjű cső befogására alkalmas, védőköpeny nélküli közös tokban elhelyezett befogó
- A 4 mm-es kiegészítő csőcsomák lezárására 1 db 4 mm névleges átmérőjű cső befogására alkalmas, köpenybe szerelt és nitrogénes védőfúvókával ellátott befogó.
- a vizsgálandó kötéspontokra egy-egy hélium fúvóka csipesz kerül felhelyezésre, összesen legfeljebb 6 db. Ezek a csipeszek a vizsgálandó kötés geometriájának egy felelő egyedi kialakításúak. A hozzájuk menő vezetékezés egy-egy hajlékony műanyag köpeny csőben van elhelyezve. A csipeszek el vannak látva a felhelyezésükről visszajelzést adó elektronikus érzékelőkkel.

A vizsgálatok indítását és a folyamat ellenőrzését a kezelő egy kezelő panelen keresztül végzi, mely egy (kisfeszültségű) elektromos kábellel csatlakozik a műszerállványhoz. Annak megakadályozása céljából, hogy a munkadarabot a kezelő tovább engedje a szalagon, amikor a csipeszek még fenn vannak, s emiatt azok megsérüljenek, be van építve egy, a léptetést tiltó relé. Ezt a relét egy, a műszerállvány oldallapján elhelyezett csatlakozón át lehet a sor vezérlését végző rendszerhez csatlakoztatni.

A készülék beépített vezérlése tartalmaz egy web-szervert is, mely a beépített kontrolleren lévő Ethernet csatlakozón át érhető el.

Vizsgálati módok

A két vizsgálati módszer között válthatunk egy váltó kapcsolóval. A normál üzemmód szolgál a munkadarabok minősítő vizsgálatának sorozatban történő végzésére. A minősítő vizsgálat része a kapillárisok áramlási ellenállásának (légszállítás) mérése is. A vizsgálandó elpárologtatók típusonként eltérő névleges légszállítási értékre vannak specifikálva. A névleges értéken az 5 bar nyomású nitrogén gázzal mérhető előírt értéket értjük l/h (vagy dm^3/min) egységben. A berendezésen mérhető légszállítás névérték felső határa $300 l/h$ ($5dm^3/min$). A másik üzemmód a részletes vizsgálati mód, ebben az üzemmódban a légszállítást a berendezés nem ellenőrzi. Ebben az üzemmódban jelzőgáz fúvatás kézi vezérléssel (a megfelelő csipesz felhelyezésével) történik, így lehetőséget ad a hibahely pontosabb azonosítására is.

Nyomon követés, jegyzőkönyv

A berendezés kontrollere a normál üzemmódban végrehajtott vizsgálat esetén egy adatsort készít, mely az összes vizsgálati paramétert tartalmazza, tartalmaz továbbá egy minősítő kódot is: megfelelt/nem felelt meg. A berendezéshez kidolgozásra került egy olyan kiegészítő program, mely a vizsgálat végrehajtása előtt a vizsgált darab vonalkód olvasóval beolvasott azonosítóját fogadja, s a mérési adatokhoz csatolva ezt az állományt hálózati kapcsolaton át továbbítja. Ez biztosítja, hogy a gyártó termékkövető rendszerébe bekerüljenek az adott darab szivárgás ellenőrzést során mért adatai. Ennek alapján akár azt is vizs-

sza tudják keresni, hogy ha az egyik forrasztást végző dolgozó nem megfelelően végzi a feladatát. Ez természetesen azt jelenti, hogy minden egyes forrasztást, ultrahangos hegesztést dolgozóra vissza tudnak vezetni.

Összefoglaló

Az itt leírt két berendezésnek egyértelmű előnyei vannak a termék minősítést célzó sorozatmérések területén, úgymint a pontosság, a reprodukálhatóság és az emberi tényezőtől függetlenség. Azonban az előnyök mellett hátrányai is vannak. A berendezésnek jelentős a költségvonzata, illetve természetesen az elhelyezett gépnek van helyigénye. Ezekon kívül a gép fogyasztását is figyelembe kell venni, azonban a gázok terén a hélium felhasználás nem növekedett a kézi használattal szemben. A nitrogén felhasználás, mint új fogyasztás megjelenik, de természetesen ez többlet információt is ad a termékről, hiszen teszteli a kapillárist. Az elektromos felhasználás is mint új fogyasztás jelent meg. A hélium, mint a legdrágább gáz ebben az esetben már korábban is jelen volt költségként. További fejlesztésként miután ezt a gépet is üzembe helyeztük a következő automata után már hozzáadtunk a rendszerhez egy hélium visszanyerőt. Ennek a visszanyerőnek az ára körülbelül 2 év alatt megtérült két automata esetén. Nem elhanyagolható a gép beszerzési költsége sem, mely a vevőnk számítása szerint 5 év alatt térül meg azáltal, hogy kevesebb hibás hűtő kerül a piacra és ezzel a garanciális javítások összköltsége csökken. Fejlesztési igényként a teljes automatizáció jelenik meg, a jelenleg működő berendezések mindegyike emberi munkateret igényel.

Dr. Lovics Riku,

Dr. Mészáros Sándor, Lovics Ádám

KON+TRADE+Kft.

2040. Budaörs, Gyár utca 2.



IDEJE GÁZT ADNI!

ADDLINE GÁZOK 3D FÉMNYOMTATÁSHOZ

www.messer.hu

MESSER 
Gases for Life

Halász Gábor*

A fém additív gyártás – úton a digitális sorozatgyártás felé II. rész

A cikk második részében összefoglaljuk az gépgyártók fejlesztési irányait, a 3D nyomtatáshoz használatos tervezési, szimulációs és üzemeltetési szoftverek, valamint a minőségbiztosítás fejlesztéseit. Bemutatásra kerülnek az eddig megvalósult sikertörténetek és a továbblépés lehetőségeket a digitális gyártás felé. Foglalkozunk a digitális iker koncepcióval, azzal, hogy hol tart a rendszerszintű digitális iker szemlélet megvalósítása, az AM integrációja a teljes termelési folyamatba, valamint az AM előtt álló kihívásokkal és az arra adandó válaszokkal.

A Fém Additív Gyártástechnológiák (Metal AM)

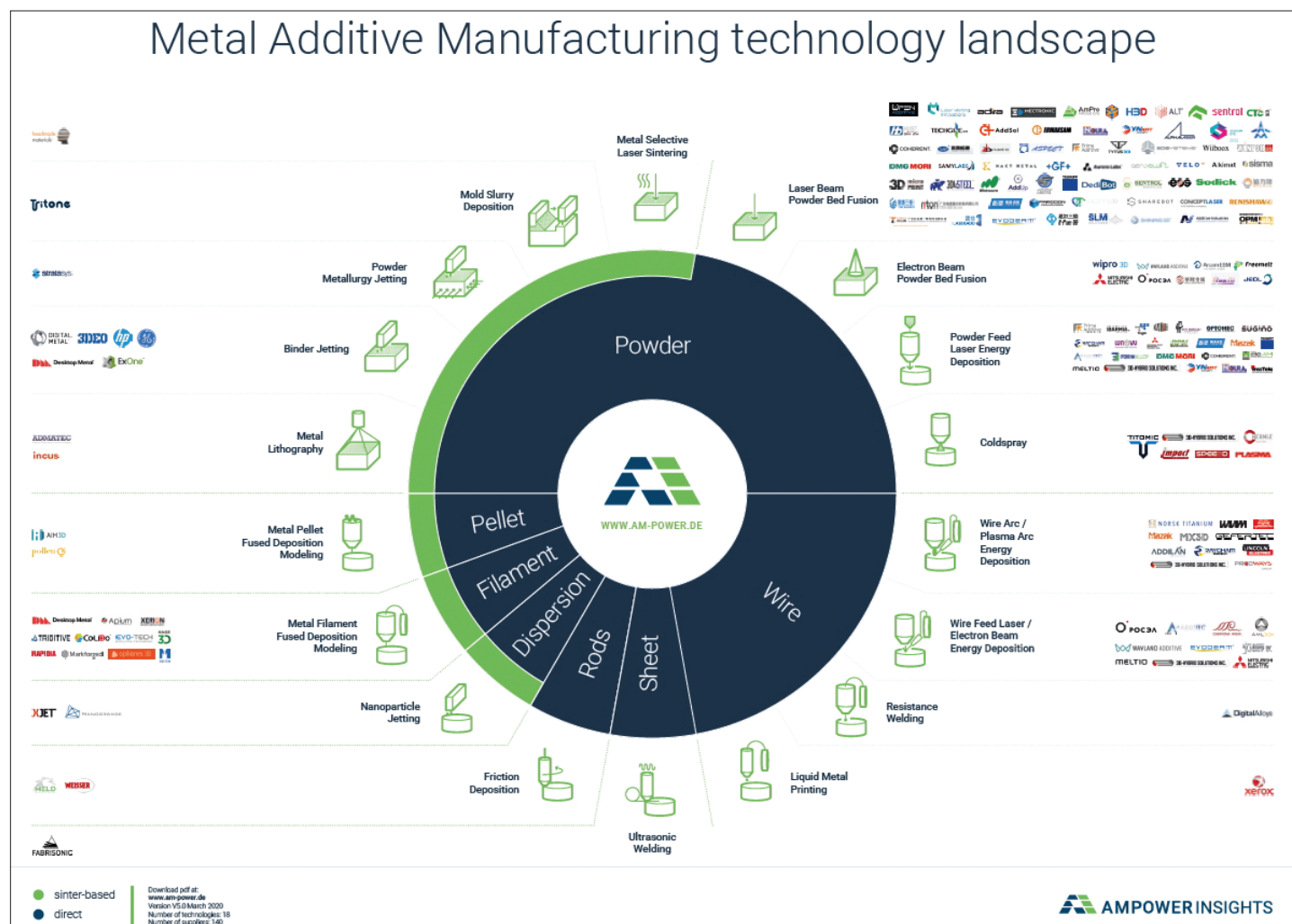
A fém additív gyártás eljárás változatok legfrissebb 2020-as összefoglalóját a 1. ábrán láthatjuk. Itt az eljárás változatok elnevezése mellett feltüntették a gyártókat, illetve az adott eljáráshoz

alkalmazott alapanyag fajtát (por, huzal, filament stb.).

A 1. ábrán az alapanyagok korongjának szélén a zöld sáv jelzi azokat a „három lépéses” eljárás változatokat, amelyek a nyomtatás és kötőanyag el-távolítást követően színterézést igényelnek. A fém additív gyártás eljárás változatokat összefoglaló ábrán

a gyártók száma az adott eljárás el-terjedését, népszerűségét, az eljárás változat AM piacon elfoglalt helye-zét szemlélteti. Egy régebben fejlesztett eljárás változatnál nagyobb szá-mú gyártót láthatunk, míg a feltörek-vőknél jóval kevesebbet, illetve egy új eljárás változatnál esetleg csak egyet.

A fém AM termékek 85%-a lézersu-garas porágyas technológiák (LB-PBF) valamelyik eljárásváltozatával készül. A cikk írásának idején 64 cég gyárt és fejleszt berendezéseket ezekben a technológiában. Ezen eljárásokra jel-lemző, hogy a generálási szakaszban egy zárt rendszerben készülnek el a nyers darabok, amelyet aztán utómun-kálatok követnek a kész darabok elké-szültéig.

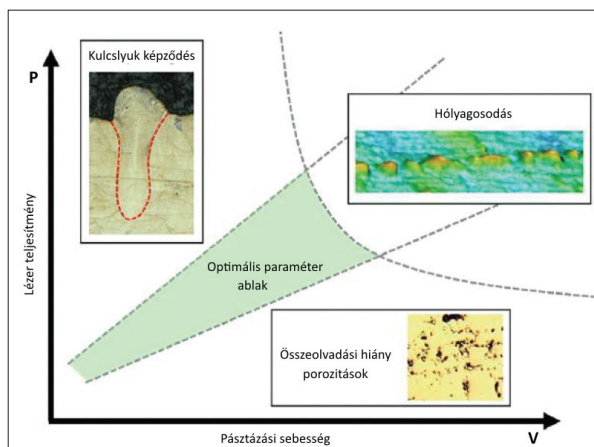


1. ábra. fém additív gyártás eljárás változatok. Forrás: AM POWER

Fejlesztési irányok

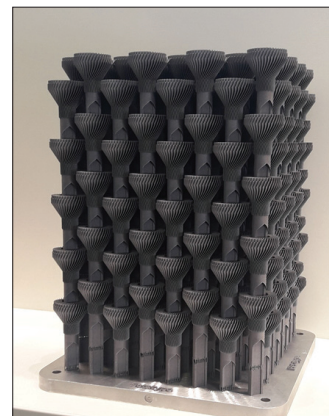
Az additív gyártás meredeken felfelé ívelő fejlődési szakaszban van és nagy jövőt jósolnak neki a szakértők. Az iparág Formnext szakvásárán évről évre egyre növekvő részvétel mellett, bemutatásra kerülnek a legújabb fejlesztések. A teljesség igénye nélkül a legfontosabb fejlesztési irányok a következők:

- új anyagok fejlesztése,
- az additív gyártásra vonatkozó szabványok kidolgozása,
- lézersugár teljesítmény optimalizálása,
- lézersugarak számának növelése,
- lézersugár teljesítményének változtatása a gyártási folyamat alatt,
- folyamatvezérlés fejlesztése,
- a nyomtatási paraméterek skálázhatósága,
- a darabok topológiai optimalizálása,
- adott gyártási térfogatban elhelyezhető darabszámok növelése,
- támaszok mennyiségének csökkentése,
- utómunkálatok csökkentése,
- por eltávolítás és újrahasznosítás automatizálása,
- anizotrópiai problémák megoldása,
- nyomtatási térfogat növelése,
- termelékenység növelése,
- megbízhatóság növelése,



2. ábra. az optimális paraméter ablak. Forrás: Renishaw

- ismételhetőség, nyomon követhetőség biztosítása,
- tervező, mechanikai, termikus terheléseket szimuláló szoftverek fejlesztése,
- folyamat-monitorozás, rendszerszenzorokkal,
- szériatermelés automatizálása, robotizálása,
- az olvadékfürdő monitorozása,
- valós idejű 2D és 3D információk gyűjtése a nyomtatásról,
- roncsolásmentes vizsgálati módszerek örvényáramos, UH és ipari CT fejlesztése,



3. ábra. LED égő foglalatok Forrás: Renishaw

- minden réteg ellenőrzése,
- infravörös hőmérséklet-szenzor (1090-1700 nm) alkalmazása,
- plazmaszenzor (700- 1040 nm) alkalmazása,
- lézersugár monitorozás (teljesítmény-szenzor),
- hibrid (3D nyomtatás és forgácsoló) berendezések fejlesztése,
- huzaladagolású eljárásváltozatok fejlesztése,
- energiahatékonyság növelése és az ökológiai lábnyom csökkentése.

A fenti felsorolás messze nem teljes, de ebből is látható, hogy számos területen folynak fejlesztések. A fém AM-et illetően elmondható, hogy a fejlesztések valódi multidiszciplináris, nagyon sok szakembert foglalkoztató tevékenységek, amelyeknél egyre fontosabb szerepet kap a minél szélesebb együttműködés. A folytatásban néhány a felsorolásban szereplő fejlesztési területbe igyekszünk betekinteni és röviden, a teljesség igénye nélkül bemutatni néhány érdekes új-donságot.

Termelékenység növelés

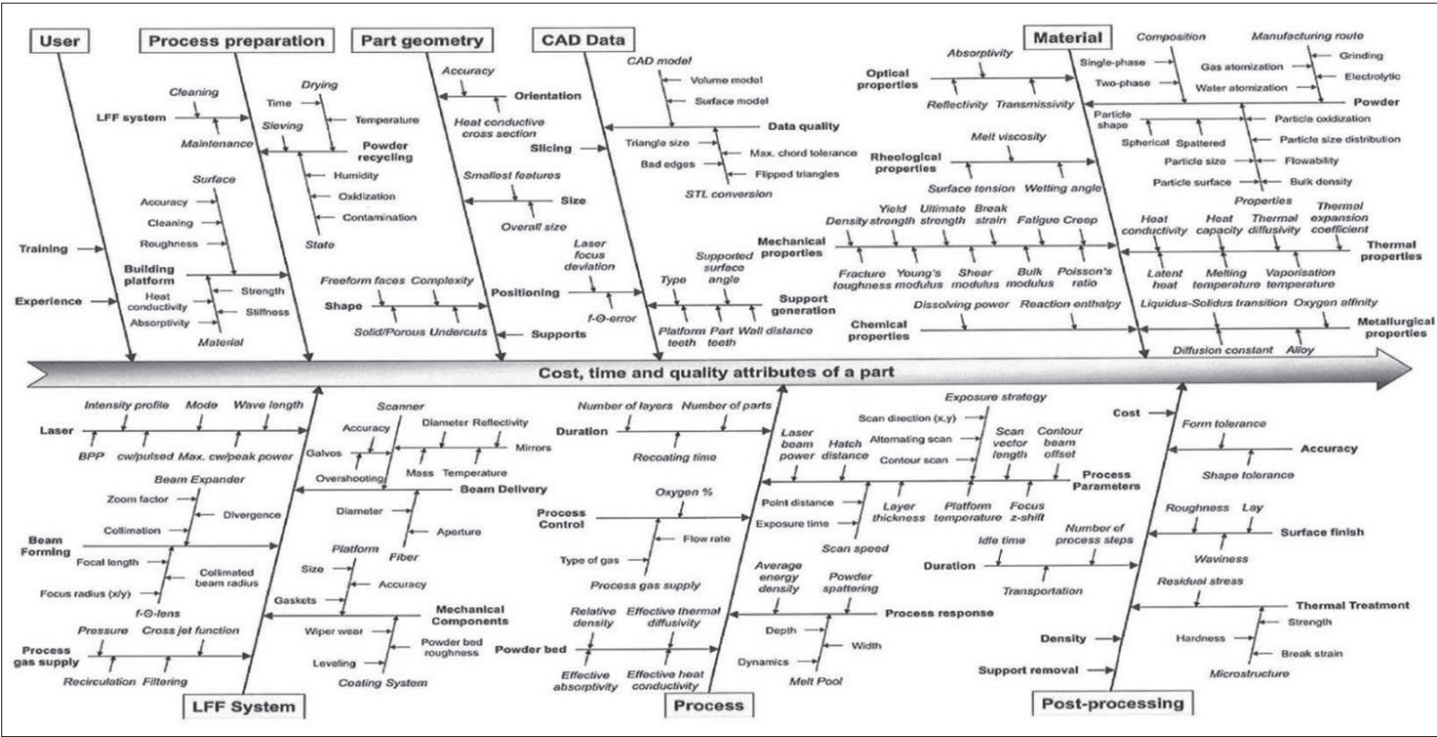
A termelékenység növelése az AM szorozat gyártásba integrálásánál kulcskérdés. A lehetőségek tárháza igen széles. A folytatásba ezekből láthatunk néhányat.

- Lézersugár teljesítmény változtatással
- A minőségileg jó nyomtatáshoz a LB-PBF eljárásoknál a termelékenység növelése nem oldható meg egyszerűen csak a lézersugár teljesítményének növelésével. Az alkalmazott lézersugár teljesítményt és a pásztázási sebességet úgy kell megválasztani, hogy a teljesítmény (P) - pásztázási sebesség (V) diagrammban (2. ábrán) az általuk kijelölt pont az optimális működési tar-

1. Előkészítés - AM eljárás választás - Alkatrész kiválasztás - Alapanyag kiválasztás - Költség modellezés - Vevői megállapodás 2. Tervezés - Alkatrész meghatározása - Generatív tervezés - Folyamat és utómunka visszacsatolások meghatározása - Szimuláció - Analízis 3. Nyomtatás előkészítés - Építési terv - Támaszok meghatározása - Mintapéldány elkészítése - Gyártási folyamat szimuláció - Gyártási fájlok elkészítése - Digitális folyamat menedzsment 4. Gyártás/Nyomtatás - Por nyomon követhetőség biztosítása - Adat menedzsment - Gyártási folyamatvezérlés - Zárt folyamat biztosítása	5. Folyamat fejlesztés - Alkatrész specifikus paraméterek - Vetemedés/Deformáció kompenzálás - Por eltávolítás - Támasz eltávolítás - Alkatrész nyomon követhetőség 6. Utómunkálatok - Por újrahasznosítás - Alkatrész leválasztás - Hőkezelés/HIP - Felület javítás - Forgácsolás, simítás 7. Minőség ellenőrzés - Metallurgiai vizsgálatok - Porozitás vizsgálat - Geometria pontosság - Felületi érdesség vizsgálat - Tömörség - Javíthatóság.
--	--

1. táblázat.

KUTATÁS–FEJLESZTÉS



4.ábra. A LB-PBF eljárással készül alkatrészparaméterei Forrás: SINTAVIA

tományba essen. Ezt a területet nevezzük optimális működési ablaknak, ahol a sebesség és a teljesítmény megfelelő kombinációja stabil, megfelelő nagyságú és mélységű olvadékfürdőt hoz létre. Ebben a területbe található paraméter kombináció az ahol a por hatékonyan elnyeli a lézersugár energiát, és olyan mélységű olvadékfürdőt hoz létre, amely erősen összeolvad az alsó réteggel. Kis teljesítmény – nagy pásztázási sebesség esetén összeolvadási hibák keletkeznek. Nagy teljesítmény – kis sebesség esetén kulcslyuk hegesztés jön létre, amely az in-situ megfigyelések alapján az olvadékfürdő alján porozításokat generál. Nagy teljesítmény és nagy sebességek esetén a varrat egyenetlen lesz és a felszínen hólyagosodást eredményez. Az optimális működési ablak területet jelentősen befolyásolja az olvadt réteg vastagsága, a pásztázás szélessége (hatching), a megfelelő hőelvezetés amiben a nyomtatott darab falvastagsága illetve az alkalmazott támaszok is fontos szerepet játszanak.

- Lézersugár nyalábok számának és az alkatrészek darabszámának növelésével

A lézersugarak számának növelése és az adott építési platformnak megfelelő térfogatban a darabszámok növelésének együttes hatását mutatja be a 3. ábra. Itt 384 db. LED fény-szóró tartó látható egy platformon



5.ábra. LEAP fúvóka.
Forrás: GE



6.ábra. CFM 56 LEAP hajtómű
Forrás: GE

négyszögletes lézersugárral nyomtatva. A termelési költség növelése mellett fontos szempont volt az elvárt minőség biztosítása is, amelyhez egy sor paraméter optimalizálásra is szükség volt. Más paraméterekkel készültek a platform szélein és a belsejében nyomtatott alkatrészek. A lézersugarak számának növelésével, a paraméterek optimalizálásával és az alkatrészek elhelyezésével egy darab előállítására ideje 1 órától 5 percre csökkent.

Új dimenzióban a fém additív gyártás

A fém additív gyártás többlépcsős folyamat a tervezéstől a minőségellenőrzésig, ám a köztes lépések különbözőek lehetnek. A következőkben egy ilyen additív gyártási folyamat lépéseire láthatunk példát az 1. táblázatban.

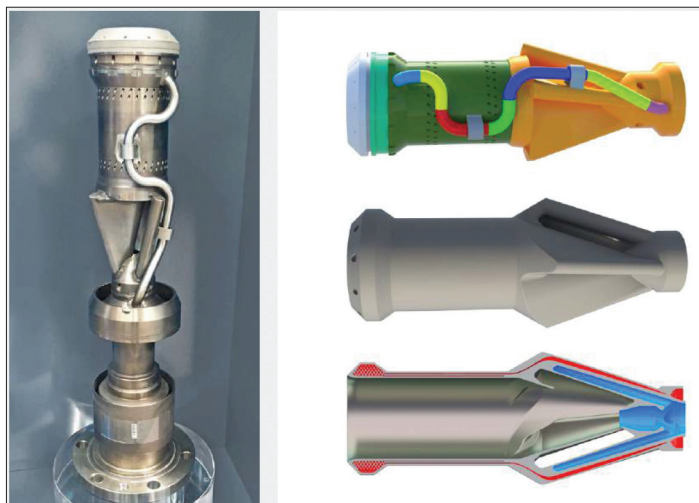
Az LB-PBF eljárásváltozattal készült, a követelményeknek megfelelő alkatrész előállításához nagyon sok, olykor több száz paraméter és tényező optimális beállítása szükséges, amely befolyásolja a költséget, az előállítási időt, illetve a minőséget. Egy AM termék előállításának ishikawa diagramját látjuk a 4. ábrán.

Ez a diagram jól érzékelteti az előállítás bonyolultságát, hogy mennyi tényezőt kell figyelembe venni az alapanyagtól kezdve egészen a termék elkészültéig. Egy paraméter kis mértékű megváltoztatása is komoly hatást gyakorolhat az előállítási költségre, a gyártás idejére a minőségre és a teljes folyamatra. A fém AM sorozatgyártásba történő integrálásának egyik nagy kihívása ezen paramétereknek a megfelelő szűk határértéken belüli tartásának a biztosítása.

KUTATÁS–FEJLESZTÉS



7.ábra. Siemens Finspångi új automatizált AM gyártásra szakosodott részlege. Forrás: Siemens



8.ábra. régi és új égő Forrás: Siemens



9.ábra. Új égők a platformon Forrás: Siemens

Sikertörténetek a közelmúltból

GE sikertörténet

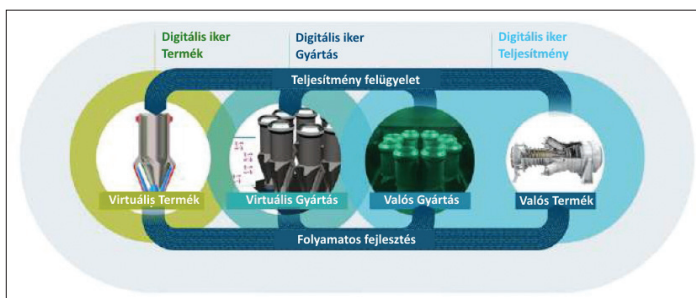
A GE Aviation 2012-ben készítette el az első mintapéldányokat LB-PBF eljárás DMLS (Direct Metal Laser Sintering) eljárás változatával. Az új fúvóka gyártásának minősítési eljárása 3 évig tartott, míg végül az FAA-USA (Fede-

ral Aviation Administration – Szövetségi Légügyi Hatóság-USA) is jóváhagyta a fúvókát. A jóváhagyást követően 2015-ben indult el az üzemanyag befecskendező fúvókák gyártása.

Korábban ezt a fúvókát, amely 3000 °F (1650 °C) üzemi hőmérsékleten dolgozik a hajtóműben, 18 különböző alkatrészéből szerelték össze. A magas

gyártási és főleg ellenőrzési költségek csökkentésének igénye indította el azt a fejlesztést, amely eredményeképpen elkészült az egy darabban gyártható fúvóka prototípusa. (5. ábra.) Az új változat 25%-kal könnyebbnek és ötször tartósabbnak bizonyult, mint az elődje. Ezen felül a tesztekkel az új fúvókákkal szerelt turbinákkal átlagosan 15% -kal kevesebb üzemanyagfogyasztást értek el.

A GE Aviationnál 2018 októberében készült el a 30.000.-ik fúvóka. Egy turbinában 12 db. fúvóka kerül



10.ábra. a digitális gyártás a virtuális terméktől a valós termékig Forrás: Siemens



11.ábra. A Siemens együttműködő partnerei Forrás: a szerző saját felvétele



12.ábra. „Swirler égők” nyomtatási platformon Forrás: Siemens



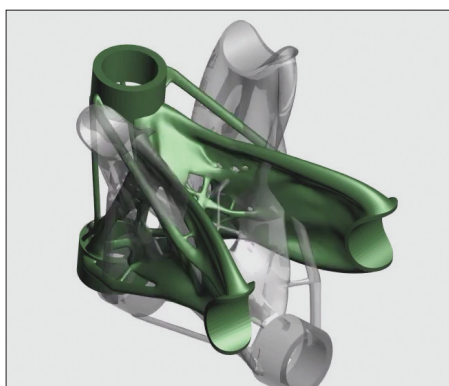
13. ábra. Turbinalapát. Forrás: Siemens

beépítésre, azaz eddig 2500 CFM56 LEAP turbina (6. ábra.) már új fűvókákkal készült. A turbinagyártó CFM International-nek amelynek 50/50%-os tulajdonosa a GE Aviation (USA) és a Safran Aircraft Engines (Franciaország) több mint 16.000 db. LEAP hajtóműre volt megrendelése 2019-ben.

A folyamatos fűvóka termelést 2019-ben több mint 50 berendezés és 300 dolgozó biztosította. Ez az úttörő vállalkozás ékes bizonyítékul szolgált arra, hogy a legszigorúbb minőségi követelményeknek is megfelelő termék gyártására alkalmas a fém AM eljárás. Ezt követően számos új hajtóműalkatrész került kifejlesztésre a GE Aviation Additive Technology Centerbe és kapta meg a gyártási engedélyt. Jelenleg a GE több mint 400 fémnyomatót üzemeltet világszerte.

Siemens sikertörténet

A Siemens Finspång-i (Svédország) gyárába 2009-ben telepítette az első EOS M270 fém 3D nyomtatót. Ezt követte 2012-ben egy új EOS M280 nyomtató, amely már kifejezetten a turbina égők alkatrészeinek előállítására szolgált. 2014-ben megalakult az Additiv Gyártási Kompetencia Fejlesztési Központ - eljárás fejlesztő és minősítő létesítmény. 2015-ben elkészültek az első turbina alkatrész prototípusok. A Siemens az összegyűlt tapasztalatok birtokában és a Material Sol-



14. ábra. Optimális orientáció meghatározás

lution profi AM szoftvergyártóval erősítve 2016-ban nagy lépést tett az AM digitális sorozatgyártás felé. Átadásra került egy az automatizált additív gyártásra specializált részleg 8 új berendezéssel.(7. ábra.)

Ma a világszínvonalú gázturbinákat gyártó Finspångi létesítmény 2600 dolgozójának fele az AM területén tevékenykedik. Itt megtalálható minden, ami a tervezéshez, gyártáshoz, teszteléshez és utómunkálatokhoz szükséges.

A gázturbinaégő egy kulcs eleme a gázturbinának. A régi égőt 13 elemről rakták össze és igen bonyolult kézi eljárással készült, ahol a darabjait összehegesztették majd utómunkálták. Az új égőt a Siemens NX (direkt az AM számára fejlesztett) szoftver segítségével tervezték újra. A tervezés eredményeként egy monoblokk 50%-kal kevesebb anyagból és az égőfal belső rácsos szerkezetének köszönhetően, tartósabb és hatékonyabb hűtési rendszerrel rendelkező égőt kaptak. (8. ábra.)

Az új égők gyártásánál a Siemens szorosan együttműködött az EOS-szel az M280 AM gép speciális verziójának megtervezésében. A berendezés egy egyedi rögzítőrendszert tartalmaz az égő betöltésére és tartására, egy optikai rendszert a nyomtatás orientálására, valamint egy automatizált robotkaros por eltávolítót.

Az elkészült égőket (9. ábra) a platformról történő leválasztás és az utómunkálatok után SGT-800 típusú gázturbinákba tartós tesztelésnek vetették alá. A 20.000 üzemórás tesztet követően megállapították, hogy repedések nem keletkeztek rajtuk, javításra vagy cserére nem szorultak és sokkal jobb állapotban vannak, mint a hagyományos eljárással készült égők ugyanennyi terhelés után. Ezt követően az új égők megkapták a gyártási engedélyt.

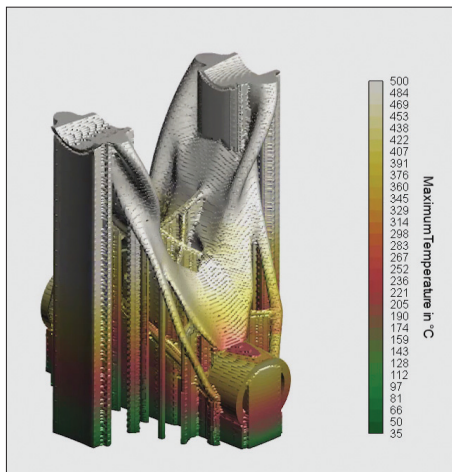
A Siemens AM fejlesztő csapata belátta, hogy a kiváló minőségű alkatrészeket sorozatban történő előállítása erős szoftver alapokkal megtámogatott és jól definiált folyamatot igényel. A prototípus gyártástól a sorozatgyártás szintjére történő fejlesztés számos beruházás mellett a szemléletmód változást is megkövetelte. A Siemens NX CAD, CAM és CAE megoldásokat nemcsak a tervezési és gyártási folyamatban használták, hanem az alkatrészek és a folyamatok adatainak kezelésére is. Ez elősegítette a folyamat kibővülését és alkalmazkodását a létesítmény igényeinek növekedésével. A Siemens Finspång-i létesítményében a digitális iker alkalmazásával valódi digitális gyártást építettek fel, amely tartalmazza a tervezés és gyártási folyamat minden elemét a virtuális terméktől a gyártás kivitelezés és a végtermék ellenőrzéséig.(10. ábra.)

Az együttműködés kulcsfontosságú volt az AM-folyamat és az alkatrészek sorozatgyártásához szükséges technológia fejlesztéséhez.(11. ábra). A belső akadályok eltávolításával, a technológián keresztüli együttműködéssel és a megbízható partnerségek kialakításával utat nyitottak az innovációhoz. A Siemens szerint ez a Finspångban elvégzett munka segíthet más iparágaknak az AM sorozatgyártás ipari szintű bevezetésében.

Az új alapokon működő digitális AM gyártórendszeren a 2016-os évben még további ügynevezett „Swirlerégők” gyártására került sor (12. ábra), amit a 2017 elkészített turbina lapát követett (13. ábra). A turbinalapát generatív tervezése, szimulációja, a gyártási technológia elkészítés és kivitelezése 2 hónap volt. Ez közel 90%-al rövidebb, mintha a hagyományos szubsztraktív technológiákkal készült volna a turbinalapát. Az új turbinalapátokat a Siemens egy SGT-400 típusú, 13 MW-os ipari gázturbinájába, 13.000-es fordulatszámmal, 1250 °C-os üzemi hőmérsékleten tesztelték. A lapát belső hűtését az AM technológiának köszönhető különleges csatornarendszeren áramló 400 °C-os levegő biztosította. A teljes terhelésű sikeres tesztek befejezését követően validálták az új terméket.

Tervezés és szimuláció

Egy átlagos projekt esetében, a CAD modelltől a kész termékig tartó folyamatban a munka kb. 75%-át maga a nyomtatás teszi ki. Ebből adódóan a



15. ábra. Termikus stabilitás meghatározása Forrás: Additiveworks

tesztek, prototípusok elkészítése, illetve a selejteket hatalmas többlet költséget jelentenek. Különösen igaz ez a fémnyomtatás esetében, ahol a komplex darabok átlagban 15%-a lesz hibás. Ebből kifolyólag különösen fontos a jó tervező program és a szimuláció – a gyártani kívánt darabok virtuális prototípusai sokat segíthetnek a nyomtatás előkészítésében és csökkenthetik a hibás termékek számát.

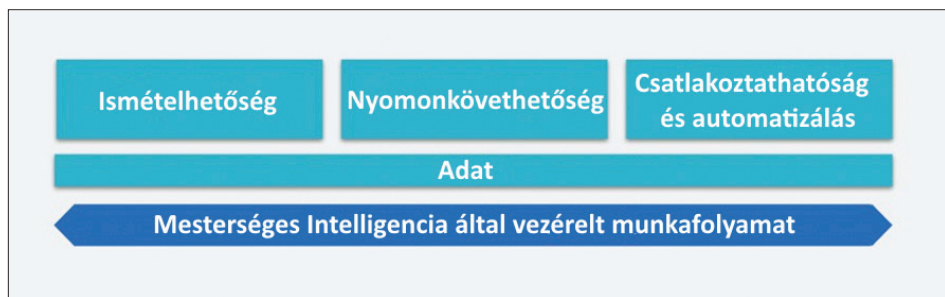
A jelenlegi tervezési megközelítések ahhoz, hogy az AM gazdaságilag életképes legyen megváltoztak. A cél érdekében nagyon optimalizált tervek-re van szükség, amelyek olykor nagy kihívást jelentenek. A tervezési szoftvereknél három hálózati megközelítést alkalmaznak: az alulról felfelé, a fentről lefelé és vegyes.

Az alulról felfelé (bottom-up) irányuló megközelítés egységcellákon (rácson) alapul, amelyeket minden irányban egyenletesen megismételnek. Minél sűrűbb ez az egységcellák anélkül finomabb felbontás érhető el, ami nagy számítás-technikai időt és kapacitást igényel.

A Fentről lefelé (top-down) megközelítés a folytonosság és a diszkrét domének topológiai optimalizálásán (TO) alapszik.

Vegyes megközelítés, amely az előzők kombinációja. Az egységcellák egyenletes eloszlása helyett többlépcsős algoritmust lehet használni, ahol a topológia optimalizálásából származó sűrűségek határozzák meg az egységcellának nagyságát.

Az alulról felfelé építkező megközelítések tartalmazzanak egy integrált szoftvert, amely a felhasználót a tervezési folyamat kezdetétől a végéig irányítja. Ilyenek pl. a Netfabb (Autodesk), a Creo 4.0 (PTC), a Meshup



16. ábra. az adatok és a MES kulcsfontosságú szerepe Forrás :AMFG

(Uformia) és a Magics (Materialize) szoftvercsomagok. Ugyanígy a top-down megközelítések olyan szoftvert használnak, amely ötvözi a topológiai optimalizálási (TO) módszereket a tervező eszközökkel.

A korszerű szimulációs programok olyan megoldásokat kínálnak, amelyek célja az, hogy már az első valós nyomtatásnál jó alkatrész készüljön. Ezen programok egyik jeles képviselője az Amphyon szimulációs szoftvercsomag. Az Additive Works komplex szimuláción alapuló szoftvercsomagja az ASAP (Assesment, Simulation, Adaptation, Process) alapelve négy ideális lépést határoz meg a stabil, hatékony és megbízható gyártási folyamat felé vezető úton: *értékelés, szimuláció, adaptáció és gyártás*.

Az – *Értékelés* – szakaszban az összes lehetséges orientációból a gazdasági, fizikai szempontokat és a tervezés korlátait figyelembe véve meghatározza az optimális orientációt, az építési időt, az anyagfelhasználást, az akadálymentes hozzáférést, az utómegmunkálást és a torzítás érzékenységet a 3D modell összes felépítésének orientációjára. (14. ábra.)

A – *Szimuláció* – szakaszban az alapanyag tulajdonságait és az adott munkaállomás hardver információit figyelembe véve kiszámolja az alkatrészben a gyártás során ébredő feszültségeket és torzulásokat. (15. ábra.)

Az – *Adaptáció* – szakaszban a leválasztási sebességet, a pásztázási vektort, valamint a geometriát figyelembe véve optimalizálja a hőbevitelt és a feszültség felhalmozódást. Kompenzált geometria generálást hajt végre. A szoftver úgy módosítja a geometriát, hogy a gyártás során keletkező torzulások a gyártás végén a geometriai tűréshatárokon belül tartsák a kész darabot.

A – *Gyártás* – szakaszban a szoftver a megfelelő beállításokkal levezényeli a gyártást.

Az építkezési orientációk optimalizálására, a bionikus struktúra terve-

zésre, a támaszok optimális előállítására és az alkatrészek előzetes deformálására, valamint a feldolgozás során fellépő belső feszültségek kompenzálására használt szoftverekkel, kevés iterációval vagy további iteráció nélkül oldható meg a nyomtatás előkészítése. A legújabb szimulációs szoftverek használata jelentősen csökkenti az „alkatrész jellemzése” elnevezésű folyamatot, ahol a terveket és a gépeket úgy állítják be, hogy következetes és kiszámítható eredményeket érjenek el. Szoftver nélkül az alkalmazástól függően az alkatrész jellemzése jelentős mérnöki munkát igénylő, hetektől hónapokig tartható tevékenység lenne.

Az additív folyamatirányító szoftverek (MES)

A fém AM igényeinek kielégítésére szolgáló szoftvermegoldások létrehozása kulcsfontosságú lehetőséget nyújt a technológia integrálására a termelési környezetbe. A méretezhető gyártás 3D nyomtatással való megvalósítása gyakorlatilag lehetetlen egy teljes körű irányítási rendszer nélkül. A munkafolyamatok kezelése és irányítása MES (Manufacturing Execution System) szoftverek alkalmazását igényli. A fém AM igényeit szem előtt tartva kifejlesztett MES szoftvermegoldások hozzájárulhatnak egy olyan környezet létrehozásához, ahol az AM munkafolyamat különböző szakaszai össze vannak kapcsolva egy digitalizált Mesterséges Intelligenciát használó AM folyamatirányítási felügyelettel. (16. ábra.)

Az adatok begyűjtése, értelmezése, feldolgozása, nyomon követhetősége, visszacsatolása és tárolása kulcsfontosságú szerepet játszik a fém 3D nyomtatás megismételhetőségében és a folyamatok javításában. A MES szoftver integrálása kritikus lépés a 3D nyomtatás útjában, és fontossága a technológiai iparosodás következtében egyre gyorsabban növekszik.



17. ábra. ACAM ipari partnerei

In-situ monitorozás

Az egyik fontos lépés az állandó minőség biztosításában a lehető legtöbb adat összegyűjtése, amely betekintést nyújthat a 3D nyomtatási folyamatba. Egyes hardvergyártók már lehetővé teszik az AM felhasználók számára az adatok gyűjtését azáltal, hogy 3D nyomtatási rendszereket érzékelőkkel szerelnek fel, hogy lehetővé tegyék a folyamaton belüli megfigyelést és ellenőrzést. A 3D nyomtató belsejébe helyezett érzékelők és kamerák adatait egy speciális szoftver dolgozza fel, amely valós időben méri és elemzi az építkezés több aspektusát, segítve az építkezési folyamatok dokumentálását és a követelmények teljesítését. Így azonosíthatók azok a lehetséges problémák, amelyek kívülről a kész darabon nem láthatók. Az olyan termékek, mint a SigmaLabs PrintRite3D®, szoftverek az adott hardverekhez adaptálva a 3D-s alkatrészek építés közbeni megfigyelését teszik lehetővé.

Néhány 3D nyomtatási platform felhasználja az in-situ megfigyelést a következő lépésre a nyomtatási folyamatba történő beavatkozásra. Ha a gyártási folyamat végrehajtása során a megfigyelt réteg nem az előrejelzések szerint viselkedett a gyártási paraméterek korrigálására kerül sor. Ez csökkenti a hulladékot és javítja az alkatrészek minőségét. Az in-situ megfigyelés átalakította több fém AM gyártó technológiáját, amelyeknél nemcsak nyomtatási visszajelzéseket szolgáltatnak, hanem adatvezérelt fejlesztéseket és paraméterfrissítéseket végeznek az automatikus visszajelző rendszerek segítségével. Több gyártónál ezen rendszerek tesztelése zajlik.



18. ábra. WAAM technológiával készült híd

Együttműködés, kutatás és fejlesztés

Egyedül a nagyoknak sem megy. Ahhoz, hogy a fém AM a digitális sorozatgyártás új szintjére lépjen összefogásra, együttműködésre van szükség. A nagy gépjárműgyártók partnerségeket alakítottak ki az alapanyag, AM hardver és szoftvergyártókkal az alkatrészek sorozatgyártására összpontosítva, tekintettel az értékre, amelyet az AM integrálása a folyamatokba mutat. Végül, a Siemens, az Autodesk, a Dassault Systemes, a Materialize és még sok más új generációs szoftverei most már lehetővé teszik az optimalizált alkatrész-tervezést az AM és az AM integrálására a teljes gyártási munkafolyamatba. Támogatják a fejlett CAM (számítógéppel támogatott gyártás), a CAE (számítógéppel támogatott tervezés), az AM folyamatszimulációt és az AM folyamatfigyelő eszközöket.

A kutatás és fejlesztés terén is számos közösség alakult az elmúlt években, amelyekben egyre több AM-et használó, berendezést gyártó cég, illetve fejlesztéssel, kutatással foglalkozó intézet közösen dolgoznak a jövő projektjein. Ilyen a 2016-ban 12 kutató-fejlesztő cég által létrehozott ACAM (Aachen Center for Additive Manufacturing), amely Európa egyik meghatározó közösségévé nőtte ki magát. Jelenleg 39 ipari partner vesz részt az ott folyó munkákban (17.ábra). A Messer a kezdetektől aktívan részt vesz az ACAM közösség munkájában és projektjeiben.

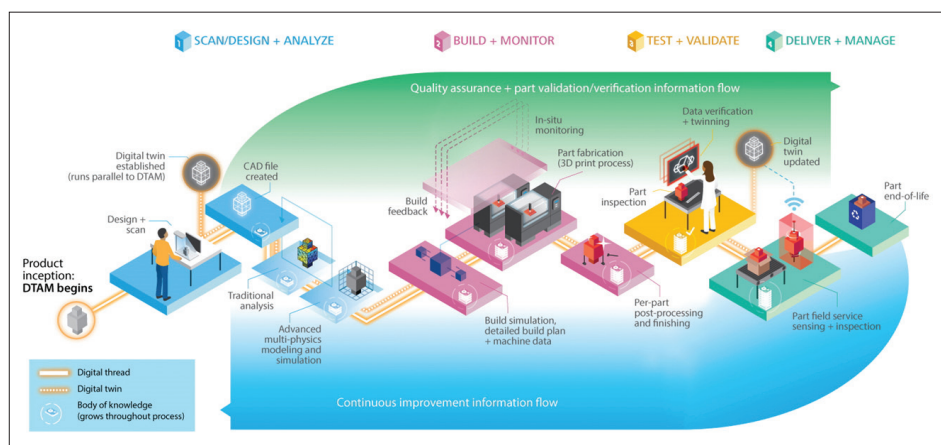
A Messer és a Darmstadt-i Műszaki Egyetem együttműködése eredménye-

ként tavaly zárult egy érdekes projekt. Ebben WAAM eljárás változattal készült el az egyetemi kampuszon átfolyó patakon egy 3 méter fesztávolságú híd. A WAAM eljárásváltozatokra az jellemző, hogy a rétegek függőleges vagy ahhoz közeli helyzetben készülnek. A kihívást a helyszíni hegesztés mellett a folyamatosan, egészen a vízszintesig változó pozíció jelentette. Ilyen körülmények között kellett megoldani, hogy az egy ütemben készülő réteg megfolyás nélkül megszilárduljon, és stabil alapot szolgáltasson a következő réteg számára. A Messer szakembereinek segítségével választották ki a feladatnak megfelelő védőgázt és oldották meg a feladatot. (18.ábra). A projektben résztvevők a jövőben nagyobb épületszerkezet gyártásában is hasznosítható tapasztalatokra tettek szert. A WAAM eljárásváltozattal, amely a jövőt tekintve nagyon ígéretes, és bizonyos területeken a porágyas változatok komoly kihívója lehet, további együttműködések várhatók. A jelenleg futó projektekben LB-PBF, LMD és WAAM eljárásváltozatokkal ferrites és szerszámacélokból készülő termékek esetén vizsgálják a különböző Ar+H₂, N₂+H₂, Ar+O₂ védőgáz keverékek hatásait. Ezek eredményeiről a projektek befejezése után számolunk be.

A digitális iker és a fém additív gyártás

Ahhoz, hogy a fém additív gyártásban lévő lehetőségeket maximálisan ki tudjuk használni, a teljes folyamat

KUTATÁS–FEJLESZTÉS



19. ábra. a jövő digitális gyára Forrás: Deloitte Insights

valósághű virtuális ábrázolása szükséges. A „digitális iker”, amely leírja a folyamatot a szimulált tartományban, felgyorsítja a gyártási folyamat tervezését, optimalizálását és vezérlését.

A digitális iker egy valós objektum, folyamat vagy rendszer digitális mo-

dellje. Fontos szempont, hogy ez nem egy elkülönített virtuális modell. A digitális iker úgy van kialakítva, hogy kétirányú információcserét folytasson a fizikai partnerével. Információt, adatokat adjon és fogadjon olyan érzékelőktől, amelyek figyelik a teljesít-

ménymutatókat. A cél az, hogy a digitális iker idővel tovább finomodjon, javuljon, addig amíg az a valódi viselkedésűvé nem válik, hogy a virtuális modell felhasználható legyen fizikai iker teljesítményének optimalizálására és ellenőrzésére.

A jövő gyára

A digitális iker és a digitális adatfolyam kulcsszerepet játszik a jövő gyárában. Ennek egy lehetséges megvalósítását a 19. ábra mutatja be. Az 1. fázis a tervezés, analízis, modellezés és szimulációk fázisa, amely a virtuális térben zajlik. A termék kezdete egyben az additív gyártás digitális menetének (DTAM) a kezdete, amely egy ötlettel indul, amely egy tervben vagy egy meglévő termék szkennelésével ölt virtuális testet, amikor elkészül a digitális iker.

A 2. fázis a gyártás és a monitorozás. Ebben a szakaszban a gyártás előké-

	Terület	Azonosított akadály	Megoldás javaslat
1	Mesterséges Intelligencia és a számítás sebessége az időszerrű megoldásokhoz.	- Adat hozzáférés - Technológiai korlátok.	- Képzés és képzett személyzet különböző területeken - Nyílt adathozzáférés konkrétan, egyszerűbb és leinformált modellek létrehozásához - Megnövelt számítási teljesítmény a globális MI és idegi hálózatok révén.
2	Kísérleti adatok a modellek validálásához.	- Az adatok minősége és a kísérleti protokollok hiánya - Az AM-ben érdekelt cégek nem hajlandók megosztani az adatokat és az eredményeket különböző csoportokkal.	- Nemzetközi együttműködés az adatkezelés, a keret és a szabványok területén - Fokozott együttműködés, az adatok megosztása és a kísérletek ösztönzése - Adat jegyzőkönyvek készítése a kísérletekhez.
3	Hiányok a meglévő számítási megközelítésekben	- Hiányosságok a modellekben, amelyek kitöltéséhez és kezeléséhez szakértelm szükséges - Technológiai korlátozások a többretegű feldolgozásban, az időben és a 3D-s vizuális eredményekben - Az érvényesítési szabványok és a tesztelés hiánya.	- Kutatás és fejlesztés a jobb technológia érdekében alacsonyabb költségek mellett - Csatlakoztatott hálózat a számítási igények megosztására.
4	Anyagtulajdonság adatok hiánya	- Adatok hiánya az AM szempontjából releváns anyagokban és tulajdonságokban - A következetes formázási szabványok hiánya - Az adatmegosztás iránti érdeklődés hiánya.	- Nyílt adatbázis létrehozása az AM anyagokból, a nemzetközi közutak finanszírozásával - Szabványok kidolgozása az AM módszereire, anyagaira és adat-informatikájára.
5	Kódok összekapcsolásának nehézségei (különböző skálák és fizika)	- Az adatokra és a meta-adatokra vonatkozó szabványok hiánya, amely terjeszti a bizonytalanságokat - Hiányos hivatkozások és a paraméterinformációk - Több tudományágat átfogó csapatok és szakértők összekapcsolásának hiánya - Szellemi tulajdonjog és jogi kérdések.	- Adjon meg ellenőrzési és érvényesítési intézkedéseket és szabványokat - Használja a nyílt forráskódú szoftvert vagy az aktuális szoftvert.
6	Ipari és kutatási partnerség	- A bizalom hiánya és a közös elképzelés - A kutatók (kiadványvezérelt) és az iparág (profitvezérelt) közötti eltérés, a siker, eredmények, várakozások és a kudarcok elfogadása között.	- A kutatók beágyazása az iparba és fordítva, hogy mindkét oldal megértse egymást, - Kommunikáció és készségek a perspektívák közötti eltérések csökkentése érdekében, - Közös célok elérésének megfontolása.

2. táblázat. Forrás: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)

szítése zajlik. A digitális iker és a gépi adatok felhasználásával gyártás szimulációk készülnek, majd a részletes gyártási terv kerül meghatározásra. A következő lépésben elkezdődik a gyártás és testet ölt a termék. A gyártás fontos része az in-situ monitoring, amely egyben a minőségbiztosítás alapját is adja. A folyamatos visszacsatolás biztosítja a folytonos ellenőrzést és ha szükséges a paraméterek megváltoztatását is. A 2-es fázis utómunkálatokkal és simítással fejeződik be.

A 3-as a tesztelesek és validálás fázisa, amelyben a geometriai méretellenőrzés zajlik és roncsolásmentes vizsgálatokkal győződnek meg arról, hogy a termék a követelményeknek megfelelő-e. Fontos része ennek a szakasznak a vizsgálati eredmények visszacsatolása a digitális ikernek. A digitális ikerhez hozzárendelt adatcsomagnak tartalmaznia kell minden adatot, amely lehetővé teszi a darab reprodukálhatóságát.

A 4-es a csomagolás, szállítás és üzembe helyezés fázisa, amely az alkatrész cseréjéig vagy tönkremenetelig tart. Ebben a szakaszban is nagyon fontosak az adatok visszacsatolása a terhelésekről, illetve az élettartammal, tönkremenetel okával kapcsolatban a digitális iker számára. A működési adatokat felhasználják a termék folyamatos fejlesztésénél.

Az egész rendszert áthatja egy folyamatos és egyre bővülő adatmennyiség áramlása, amely a tervezési, modellezési, tesztelési, fejlesztési, javítási, minőségbiztosítási, ellenőrzési és validálási információkat tartalmazza.

A prediktív modellezési képességek, amelyek reálisan szimulálják az AM folyamatát és viselkedését, előzetes tudást nyújthatnak az új alkatrész építésének megtervezéséhez és az első mintadarabok elkészítéséhez. Ennek oka az, hogy a modellek, vagy a „digitális iker” képesek lesznek információkat szolgáltatni arról, hogy miként alakul a gyártási folyamat egy adott paraméter-sorozatnál. Ez lehetővé teszi a bemenetek módosítását, ha kiderül, hogy a kívánt eredményeket, például az alkatrész meghatározott minőségét nem éri el. A digitális iker elősegíthetik a folyamat megtartását a meghatározott határokon belül is, mivel a modellek által javasolt optimális útvonaltól való bármilyen eltérést zárt hurkú vezérléssel lehet korrigálni.

Akadályok és megoldások az AM digitális iker megvalósításában

2019 július 4-én Melbourne-ben találkoztak a fém AM ipari folyamataiban alkalmazható mesterséges intelligenciával és digitális ikerrel foglalkozó legjobb tudósok és szakemberek. A „Tovább egy igazi Digitális Iker felé” címet viselő szimpóziumon a résztvevők meghatározták a különböző területeken tapasztalt akadályokat és megfogalmazták a megoldási javaslatokat, amelyet a 2. táblázat tartalmaz.

Összefoglalás

A cikk második részében gépgyártók fejlesztési irányából válogattunk. Bepillantást nyertünk néhány, a termelési hatékonyság növelését célzó fejlesztésbe. Ízelítőt kaptunk a 3D nyomtatáshoz használatos tervezési, szimulációs és üzemeltetési szoftverek, valamint a minőségbiztosítás világából. Bemutatásra került két óriás cég a GE és a Siemens sikertörténete. Foglalkoztunk a digitális iker koncepcióval, azzal, hogy hol tart a rendszerszintű digitális iker szemlélet megvalósítása, az AM integrációja a teljes termelési folyamatba, valamint az AM előtt álló kihívásokkal és az arra adandó válaszokkal.

A fém AM elindult a digitális sorozatgyártás bevezetése és megvalósítása felé. A táblázatban megfogalmazott akadályokat és megoldási javaslatokat látva megállapítható, hogy nagyon sok kihívás és feladat vár még a tudósokra, szakemberekre. A jövőben felértékelődik az együttműködés és a bizalom szerepe. Az egyre nagyobb multidiszciplináris összefogásnak és kooperációnak köszönhetően biztató eredmények születtek, amelyek kellő önbizalmat adnak a további lépésekhez azon az úton, amely a jövő digitális gyárának megvalósításához vezet.

Felhasznált irodalom és források

The Additive Manufacturing Landscape 2020 – AMPower; www.am-power.de
Breaking down barriers to 3D Printing ADOPTION IN Automatic Industry Thru New Materials Innovation – Beby Buttler Velo 3D – Presentation on Industrial Transformation ASIA

PACIFIC 2019- 22-24 October Singapore Expo

How to Build a Robust Metall Additive Manufacturing Process- Julian Cohen Additive Manufacturing Center of Excellence EATON- 3Dprinting Conference Seoul- South Korea 2019

Digitalisation enables the Industrial solution of Metal AM at Finspång – Aron Frankel; Ashley Eckhoff - Metal AM Autum vol4 No3 pag 117-126 2018

Redesigned for Additive Manufacturing Serial production of a new fuel swirler for Siemens gasturbine – Roy Huff; Terry Wohlers Metal AM Vol. 5 No 3 page 167-172

Poliamid SLS és fémporos DMLS újdonságok- Falk György VARINEX előadás- Messer Innovációs Fórum 2019 . november 26.

VARINEX – Webinárius 2020.04.03 Generatív tervezés – Digitális Innovation Workshop.

Amphyon 2019 - Additive Manufacturing Software Solution of Tomorrow- Additive Works www.additiveworks.com

What lies ahead for 3D printing – Greg Paulsen 12 sept 2019 www.xometry.com/blog/trends-in-3d-printing-for-2020

Új dimenzióban az additív gyártás – Halász G.- Gyártástrend 2017-12-12-http://gyartastrend.hu/gyartastechnologia/cikk/uj_dimenziokban_az_additiv_gyartas.

3D oportunities for standards – Brian Tilton; Ed Dobner Jonathan Holdowsky Deloitte Insight s2017 . www.deloitte.com/insights

<https://amfg.ai/2020/01/07/top-10-3d-printing-trends-in-2020/>

Mérföldkő az additív gyártás történetében: nyomtatott turbinalapátok -<https://www.cnc.hu/2017/02/merfoldko-az-additiv-gyartas-tortenetenben-nyomtatott-turbinalapatok/>

Towards a true digital twin for the metal Additive Manufacturing process – Dr. Daylara Gunasegaram, Dr. Tony Murphy Metal AM Vol.5 No3. page 185-196.

Szerkesztette

Halász Gábor

EWE/IWE okl. hegesztő szakmérnök hegesztés- vágás szaktanácsadó

Messer Hungarogáz Kft



Az **ÚJ** mérce az ipari hegesztésben

MIG WELDER



www.corweldplus.hu



LORCH
smart welding

TEDD A CSAPATODAT ERŐSEBBÉ.

EGYSZERŰ AUTOMATIZÁLÁS COBOTTAL.

Fedezze fel a kollaboratív hegesztést a Cobot hegesztési csomaggal. Ideális kisebb és közepes szériák gyártására. Gyors üzembe helyezés, egyszerű kezelés, tökéletes eredmény

VALÓS LORCH.

További információ az Ön helyi Cobot-partnerétől:

Kelet-Magyarország:
RECHNEN
www.rechnen.hu

Közép-Magyarország:
HEINBO
www.heinbo.hu

Nyugat-Magyarország:
LrCH
www.lrch.hu

www.lorch-cobot-welding.com



FIMER

KRONOS

gépcsalád: 320A, 400A, 500A

Mikroprocesszor vezérelt digitális, inverteres, impulzusos huzalelektrodás áramforrások

Processzorvezérelt inverteres MIG/MAG áramforrás

- 5,7" színes kijelző
- programmentési funkció SD kártyára
- magyar nyelvű menürendszer
- 4 hajtott görgős toló
- 50°-on tesztelt és mért terhelési adatok

DSF funkció

A DSF (Dual Short Fimer) funkció egy impulzusos, de rövidzáras technológiát jelent. Egy magasabb főáram, ami a mély beolvadást okozza, és egy alacsonyabb mellékáram együttese. A funkció kimondottan gyökhegesztésre lett kifejlesztve.

HSF funkció

A HSF (High Speed Fimer) funkciót kimondottan a nagy hegesztési sebesség és mély beolvadás érdekében fejlesztették ki. A végeredmény a stabil, erős fúvóhatású hegesztés minimális fröcsköléssel, minimális deformációval.

WDR funkció

A Kronos család minden tagja képes a hegesztési paramétereket a saját vezérlőkártyájára (SD kártyájára) menteni. A gép a paramétereket valós értéken elmenti minden kívánt varratnál, az így kapott dokumentáció pedig bármikor felhasználható statisztikák készítésére, WPS lapokhoz csatolva, vagy bármilyen vevői előírásnak való megfelelésre.

Rögzített paraméterek: hegesztőáram | feszültség | huzalsebesség

CSAPHEGESZTÉS



- ▶ pontosan
- ▶ biztosan
- ▶ gyorsan

Műszaki adatok

- ismétlési pontosság: 0,2 mm
- hegesztési ütemidő: 20-30 db/perc
- adagolás: kézi/automata
- asztalméret: 700x600-tól 2500x1700 mm-ig

Extra kiegészítők

- lézeres pozíció meghatározás
- minőségbiztosítási modul
- internetes távfelügyeleti modul
- felületnedvesítő
- pneumatikus lemezleszorító
- adatimportáló modul

CSAPHEGESZTŐ OKTATÓBÁZIS
• MSZ EN ISO 14732 szerinti bizonyítványhoz •

Qualiweld
Welding & Trade Kft.

H-8778 Újudvar, Kámánccpuszta 016/4 hrsz.
Tel.: +36 93/519-018 • Fax: +36/93/519-017
E-mail: info@qualiweld.hu • www.qualiweld.hu

Kristóf Csaba*

Hegesztő munkaeszközök munkavédelmi üzembe helyezése

A GTE/MAHEG Hegesztés Munkavédelme Bizottság (HMvB), úgy is, mint az MSZT MB 412 hegesztés munkavédelmével foglalkozó albizottsága, a hegesztés biztonságos, egészséget nem veszélyeztető alkalmazásának műszaki feltételeinek meghatározásán dolgozik. Eddigi tevékenységének hozzáférhető eredménye „a biztonságos hegesztés helyes gyakorlata” kiadványsorozat [1] és a „Hegesztés biztonsága” főcímű (elő)szabvány-sorozat (1. táblázat). Ezeket számos, kapcsolódó nemzetközi szabvány magyar nyelvű kiadásának előmozdítása egészíti ki annak érdekében, hogy azok – a nemzeti szabványokat kiegészítve – munkavédelmi szabályként alkalmazhatók legyenek. A HMvB eddig a kézi hegesztésre koncentrált, és arra törekedett, hogy megfogalmazza az alapvető műszaki követelményeket és azok teljesülésének értékelését a veszélyesnek minősülő hegesztő munkaeszközök munkavédelmi üzembe helyezése számára. Időszerűvé vált a gépesített hegesztő munkaeszközök munkavédelmi üzembe helyezésének feltételeit is rendszerezni. A cikk összefoglalja az ehhez szükséges alapvető megfontolásokat.

Bevezetés

Veszélyes munkaeszköz használatba vételének feltétele – a Munkavédelmi törvény [2] (Mvt) előírása szerint – annak munkavédelmi szempontú, előzetes vizsgálata. Ez munkavédelmi szaktevékenység, melynek „során különösen vizsgálni kell, hogy rendelkezésre állnak-e

- a létesítést végzők (tervező, kivitelező) nyilatkozatai,
- a munkavédelmi követelmények kielégítését bizonyító mérési eredmények,
- a munkaeszközre vonatkozó megfelelőségi nyilatkozatok, tanúsítványok,
- a szükséges hatósági engedélyek,
- az üzemeltetéshez szükséges utasítások.”

Veszélyes munkaeszköz

A hegesztő munkaeszközöket az Mvt. értelmezésében veszélyes munkaeszközként kezeljük, mert a használatukkal járó veszélyek kockázatának kezeléséhez nem elegendő az általánosan alkalmazott intézkedéseket alkalmaz-

ni. A specifikus, hegesztéssel összefüggő veszélyek miatt, a törvény szavaival – megfelelő védelem hiányában – a munkavállalók egészsége, testi épsége és biztonsága káros hatásnak van kitéve ([2] 87. § 11. pont).

Hegesztő munkaeszközök veszélyesnek minősítését – a HMvB megítélése szerint – különösen azok a kockázatok indokolják, amelyek a hegesztés (illetve a hegesztő munkaeszköz) használata esetén csak különleges intézkedésekkel tarthatók elfogadható szinten. Ezek lehetnek

- **biztonsági kockázatok:** áramütés (érintésvédelem), tűz- és robbanásveszély (tűzvédelem) Elektromágneses összeférhetőség;
- **expozíciós kockázatok:** légszennyezés (káros anyag emisszió), elektromágneses (optikai és hő) sugárzás és elektromágneses tér expozíció;
- **környezeti kockázatok:** hulladékkezelés, káros anyag emisszió.

A munkavédelmi szempontú előzetes vizsgálat keretében az összeállí-

tott munkaeszközzel és használatával összefüggő, a fenti kockázatok kezelését szolgáló megoldások megfelelőségét kell értékelni, és ennek keretében kell ellenőrizni a használatba veendő munkaeszköz részét képező termék(ek) gyártói megfelelőség igazolásait.

A munkaeszköz meghatározása és a vonatkozó szabályok

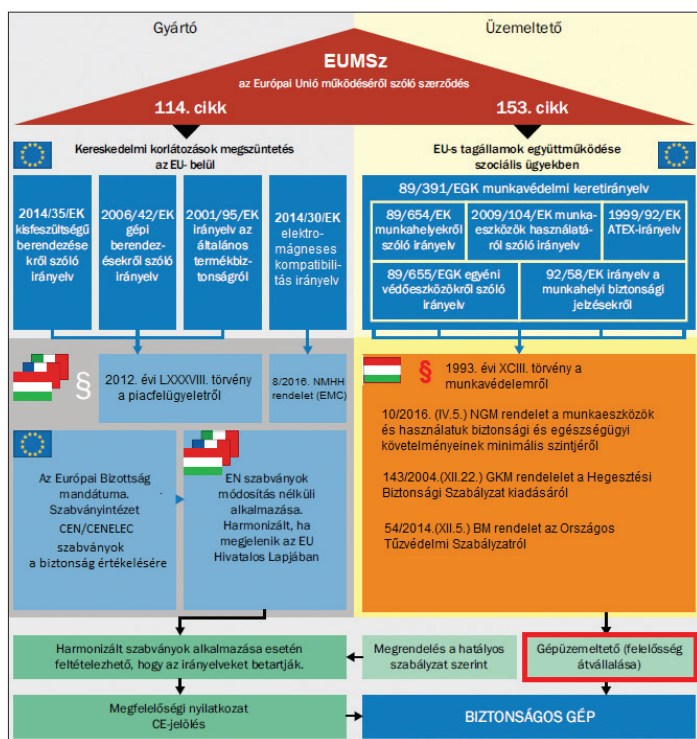
A munkaeszköz törvényi meghatározásából [2] kiindulva, a Hegesztési Biztonsági Szabályzat [3] (HBSz) a hatálya alá tartozó, hegesztéssel és rokon eljárásaival végzett munkafolyamatokban használt munkaeszközökkel szemben specifikus, csak azokra érvényes követelményeket határoz meg, amelyek a biztonságos, egészséget nem veszélyeztető használatot szolgálják. E követelmények műszaki feltételeit és értékelésüket szolgáló vizsgálatokat célszerű szabványokban rögzíteni, amelyek munkavédelmi szabályként való alkalmazását az Mvt lehetővé is teszi ([2] 11.§). A HMvB által kidolgozott (elő)szabvány-sorozat (1. táblázat) azt a célt szolgálja, hogy a hegesztés biztonságos, egészséget nem veszélyeztető alkalmazásának műszaki feltételeit, és azok teljesülésének vizsgálatát (a meglévő nemzetközi és európai szabványokat kiegészítve) szabványokba foglaljuk. Az így feldolgozott műszaki követelményekre pedig hivatkozni lehet a HBSz esedékes felülvizsgálata során elkészülő új szabályzatban.

A specifikus követelmények meghatározásához szükség van a hegesztő munkaeszköz fogalmának meghatározására [HMvB munkaanyag, nem publikált]:

Jelzet	Cím
MSZE 12804:2014.2*	Hegesztés biztonsága. Gázhegesztő felszerelések és berendezések biztonságos kezelése
MSZE 12805:2014*	Hegesztés biztonsága. Hegesztési gázellátó berendezések időszakos ellenőrzése és vizsgálata
MSZE 12806:2015*	Hegesztés biztonsága. Villamos hegesztés
MSZE 12807:2015*	Hegesztés biztonsága. Hegesztési gázellátó rendszerek létesítésének és használatának biztonsági szempontjai
MSZE 12808:2014.2*	Hegesztés biztonsága. Biztonsági eszközök alkalmazása gázhegesztéshez és rokon eljárásaihoz
MSZE 12809:2014.2*	Hegesztés biztonsága. Gázhegesztés eszközeinek időszakos ellenőrzése és vizsgálata
MSZE 12810:2014.2*	Hegesztés biztonsága. Villamos hegesztő munkaeszközök ellenőrzése és vizsgálata
MSZE 128013:2014.2	Hegesztés biztonsága. Termithegesztés

* felülvizsgálata esedékes

1. táblázat. Hegesztés biztonsága előszabvány-sorozat (a cikk szerkesztése idején)



1. ábra. Gépek (munkaeszközök) biztonságát szolgáló követelményrendszer az EU-ban ([8] nyomán)

Hegesztő munkaeszköz

Hegesztés, termikus vágás és rokon eljárások végrehajtásához szükséges felszerelés, berendezés, gép (ipari robot, vagy robotrendszer), eszköz, amelynek egészséget nem veszélyeztető, biztonságos használatára vonatkozóan specifikus (csak a hegesztő munkaeszközökre vonatkozó) követelmények érvényesek.

Az eltérő követelmények miatt célszerű megkülönböztetni gázhegesztő-, valamint villamos (ív- és ellenállás-) hegesztő munkaeszközöket, illetve hegesztési gázellátó rendszert.

Hegesztő felszerelés: Az adott alkalmazáshoz alkalmanként létesített, jellemzően hordozható összeállításként használt munkaeszköz.

Hegesztő berendezés: Tartósan összeszerelt, általában telepített összeállításként használt munkaeszköz, amely – adott esetben – lehet gép (láng- vagy plazmavágógép, ívhegesztő- láng- vagy plazmavágó ipari robot vagy robotrendszer, illetve ezek tartozékai), amennyiben a Gépek Biztonsága Irányelv [4] (MD) hatálya alá tartozó gép vagy részben kész gép (pl. hegesztő- vagy termikus vágóberendezés, ipari robot és robotrendszer) felhasználásával létesül.

A hegesztéshez használt munkaeszközökre megfogalmazott specifikus követelményeket célszerűen a hegesztés alkalmazásával járó veszélyek és kockázatok rendszerrelvű kezelését

megfogalmazó, az IIW C-VIII bizottsága által kidolgozott ajánlás alapján készült – magyarul is hozzáférhető – ISO műszaki jelentés [5] alapján célszerű meghatározni.

A munkaeszköz üzembe helyezése

Az Mvt általános követelménye a munkaeszközök használatára vonatkozóan:

„18.§ (3) Munkaeszközt üzembe helyezni, valamint használatba venni csak abban az esetben szabad, ha az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés követelményeit kielégíti, és rendelkezik az adott munkaeszközhöz, mint termékhez, külön jogszabályban meghatározott EK-megfelelőségi nyilatkozattal, illetve a megfelelőséget tanúsító egyéb dokumentummal (pl. tanúsítvány).” [2]

Alapvető a *munkáltató felelősége* a biztonságos, egészséget nem veszélyeztető munkavégzés feltételeinek biztosításában, amelyekre vonatkozóan

- a munkaeszközök és használatuk minimális biztonsági és egészségügyi követelményeit meghatározó jogszabály [5] és
- a hegesztő munkaeszközökre érvényes specifikus követelményeket meghatározó *HBSz* [3] határoz meg előírásokat.

A jogszabályokban előírt követelmények teljesítésének értékeléséhez cél-

szerű a műszaki megoldásokat és azok vizsgálatát tartalmazó szabványokat munkavédelmi szabályként alkalmazni. (A *HMvB* módszeresen dolgozik a hegesztő munkaeszközökre vonatkozó, magyar nyelvű szabványok elérhetőségén, de a *HBSz* – e szempontból történő – módszeres felülvizsgálata még nem kezdődött el. Számos szabvány felülvizsgálatának, illetve magyar nyelvű kiadásának anyagi fedezete pedig a cikk szerkesztésekor még hiányzott.)

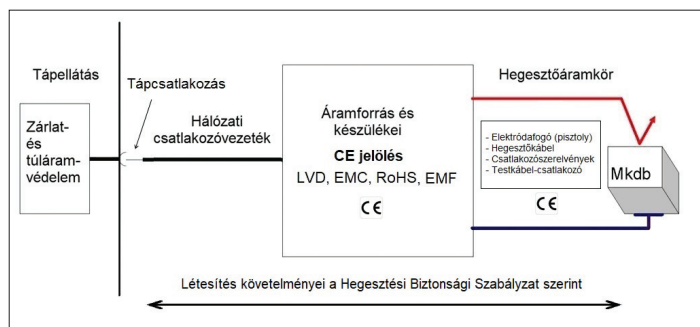
A megfelelőség *másik feltétele* a termékekre (a piacfelügyeleti törvény [7] alapján) a vonatkozó jogszabályokban meghatározott EK-megfelelőségi nyilatkozat, amelyet a gyártó vagy forgalmazó ad ki. A munkavédelmi üzembe helyezésnek tehát ez szükséges, de nem elégséges feltétele.

Az 1. ábra ([8] nyomán) áttekintést ad a munkaeszközöket *üzemeltetőkre* (felhasználókra) és a munkaeszközök létesítéséhez (összeállításához) használt termékek *gyártóira* vonatkozó, az Európai Unió működéséről szóló szerződésből (*EUMSZ*) eredő követelményekről.

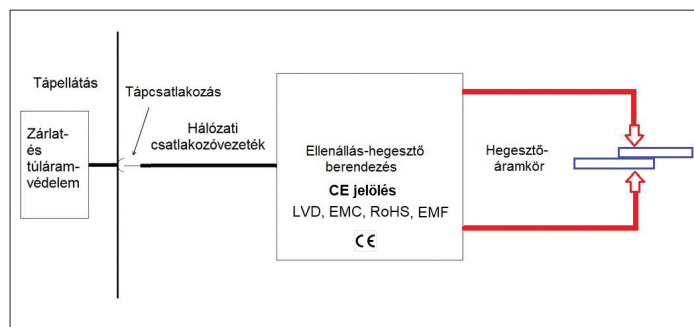
A hivatkozott dokumentumok érvényességét mindig ellenőrizni kell.

Lényeges elem, hogy végső fokon a munkaeszközt üzemeltető (az *Mvt* értelmezésében a *munkáltató*) felelős a munkaeszközöknek a munkavállalók egészségét és biztonságát nem veszélyeztető használatáért. Az ennek feltételeit meghatározó szabályozás az *EUMSZ* 153. cikke alapján megfogalmazott 89/391/EK munkavédelemről szóló keretirányelvet kiegészítő, tematikus irányelvek alapján készült, nemzeti hatáskörben hozott jogszabályok tartalmazzák. Magyarországon – egyebek mellett, a hegesztő munkaeszközökre vonatkozóan – a Munkavédelmi törvény [3], illetve a munkaeszközökkel szemben támasztott biztonsági és egészségügyi követelmények minimális szintjét előíró, a 2009/104/EK irányelvet követő rendelet [7], valamint az ezt kiegészítő, specifikus követelményeket megfogalmazó (nemzeti hatáskörben kiadott) Hegesztési Biztonsági Szabályzat [4]. A hegesztő munkaeszközök létesítése kapcsán utalni kell ugyanakkor a munkaeszköz használatba vételének másik fontos elemére, a tűzvédelmi üzembe helyezésre (l. Országos Tűzvédelmi Szabályzatot [9]), ami azonban nem tárgya jelen cikknek.

Az *EUMSZ* 114. cikke alapján létrehozott EU szabályozás szerint a gyár-



2. ábra. Ívhegesztő munkaeszköz elvi vázlata (MSZE 12806:2015 alapján)



3. ábra. Ellenállás-hegesztő munkaeszköz elvi vázlata (MSZE 12806:2015 alapján)

tóknak felelősséget kell vállalni az előállított és forgalomba hozott termékek biztonságáért, és a vonatkozó – az áruk szabad áramlását segítő – egyetemes követelményeknek való megfelelést igazolnia kell (CE megfelelési jelölés).

A munkaeszköz biztonságának lényeges eleme, hogy a felhasznált termék(ek)nek ki kell elégíteni a termékek biztonságával szemben támasztott alapvető követelményeket. Ezek – hegesztő munkaeszközökhöz használt termékekre – általában a következők:

- Kisfeszültségű készülékek (LVD),
- Elektromágneses összeférhetőség (EMC),
- Veszélyes anyagok használatának korlátozása (RoHS),
- Gépek biztonsága (MD),

Egyes (kivételes) esetekben pedig:

- Nyomástartó berendezések biztonsága (PED),
- Szállítható nyomástartó berendezések biztonsága (TPED),
- Egyszerű nyomástartó berendezések (SPVD).

A munkaeszköz megfelelésért értékelésének lényeges eleme a munkaeszköznek szánt gép használatára vonatkozó felelősség átvállalása (1. ábra). Ez azt jelenti, hogy a termék (gép, részben kész gép és eszközök) CE megfelelési jelölésének érvényességéért való gyártói felelősség áthárul a munkáltatóra, amint – telepítés és/vagy beépítés, kiegészítés révén, érvényt szerezve a rá vonatkozó szabályoknak – munkaeszközként használatba veszi. Ennek nyilván feltétele, hogy a munkaeszköz létesítéséhez használt termék(ek) megrendelésekor a munkáltatónak (üzemeltetőnek) specifikálnia kell a terméknek a biztonság megvalósításához szükséges tulajdonságait.

Összefoglalva, a munkavédelmi üzembe helyezés megtörténik, ha az összeállított munkaeszköz munkavé-

delmi szempontú előzetes vizsgálata – az Mvt-ben előírt egyébeken mellett – megállapítja:

- a beépített termékek EK-megfelelőségét igazoló dokumentumok érvényességét, illetve
- az összeállított munkaeszköz kielégíti a jogszabályban előírt, biztonságos, egészséget nem veszélyeztető használatára vonatkozó minimális és a hegesztő munkaeszközökre vonatkozó, HBSz-ben meghatározott specifikus követelményeket.

Munkaeszközök létesítése (összeállítása)

Hegesztő munkaeszközök munkavédelmi megfelelésért értékelése számára célszerű megfogalmazni azokat a minimális és specifikus műszaki követelményeket, amelyek igazolása kellő alapot ad a munkavédelmi szempontú előzetes vizsgálat számára. A következőkben a HMvB által kidolgozott, nagyrészt a már idézett (elő)szabványokban (1. táblázat) alkalmazott értelmezést mutatjuk be.

Ívhegesztő munkaeszköz

Ívhegesztő munkaeszköz felépítésének elvi vázlata látható a 2. ábrán.

Ívhegesztő munkaeszköz előzetes, munkavédelmi szempontú vizsgálata keretében végett ellenőrzés két lépése: a) a munkaeszköz létesítéséhez használt eszközök „megfelelési tanúsítványának” (Mvt. 18.§ (3) bekezdés) ellenőrzése.

A munkaeszköz létesítéséhez használt termékekre (az áramforrásra és készülékeire, az elektroda fogóra vagy – adott esetben – a hegesztőgőre, a csatlakozó szerelvényekre és a testkábel-csatlakozóra, összefoglalóan az ívhegesztő berendezésre) vonatkozó EK irányelvek: az LVD, az EMC, az RoHS és az EMF. A termékjogszabály szerinti EK megfele-

léségi nyilatkozata az ezeknek való megfelelésre kell vonatkozzon.

- b) az összeállított, használatra kész munkaeszköz megfelelését a munkáltató felelősségét meghatározó jogszabályok alapján kell ellenőrizni, figyelemmel az adott alkalmazásra vonatkozó, az Mvt rendelkezése alapján a munkáltató (üzemeltető) kockázatfelmérésében meghatározott kockázat csökkentő intézkedések megvalósulására.

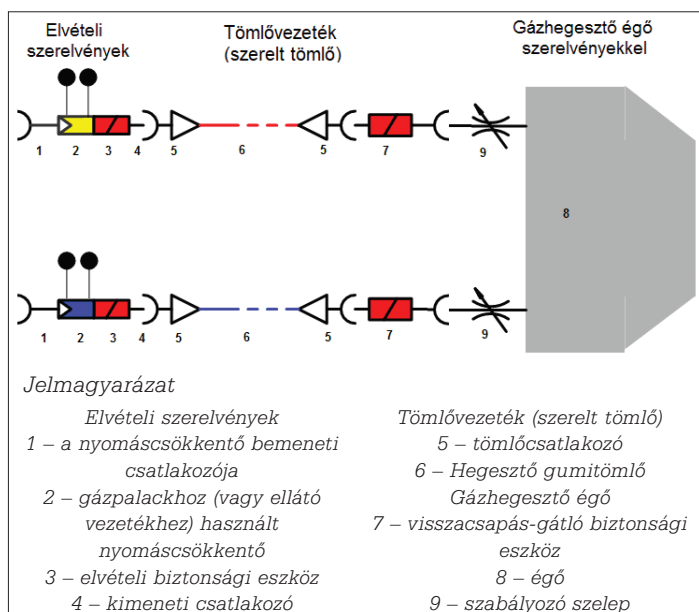
Az összeállított munkaeszköz megfelelése az általánosan érvényes minimális munkavédelmi és egészségügyi követelményeket meghatározó miniszteri rendelet [8] és – esetünkben – a HBSz [3] specifikus követelményeinek teljesülése alapján értékelhető (l. az 1. ábrát). A megfelelő összeállítás műszaki követelményeit és azok vizsgálatát célszerűen munkavédelmi szabályként használható, magyar nyelvű szabványokban, a személyi feltételeket pedig a HBSz-ben meghatározni.

Ívhegesztő munkaeszközök megfelelésért értékeléséhez szükséges műszaki követelményeket és vizsgálatukat a magyar nyelven kiadott, nem harmonizált nemzetközi (pl. MSZ EN IEC 70974-9:2018 Ívhegesztő berendezések. Létesítés és üzemeltetés), illetve nemzeti szabvány (pl. a felülvizsgálat alatt álló MSZE 12806 Hegesztés biztonsága. Villamos hegesztés) tartalmazza. Ezek munkavédelmi szabályként való alkalmazását a Hegesztési Biztonsági Szabályzatban szükséges előírni.

Ellenállás-hegesztő munkaeszköz

Ellenállás-hegesztő munkaeszköz meghatározásának elvi vázlata látható a 3. ábrán.

Ellenállás-hegesztő munkaeszköz előzetes, munkavédelmi szempontú vizsgálata keretében végzett ellenőrzés két lépése:



4. ábra. Gázhegesztő munkaeszköz elvi vázlata (MSZE 12804:2014.2 alapján)

c) a munkaeszköz létesítéséhez használt eszközök „megfelelőségi tanúsítványának” (Mvt. 18.§ (3) bekezdés) ellenőrzése.

A munkaeszköz létesítéséhez használt *termékek* vonatkozó, harmonizált szabványok (MSZ EN 62135-1 és MSZ EN 62135-2) alapján az EK-megfelelőség feltétele a gyártó által (a *szállítási állapotban*)

- *használatra kész,*
- *nem használatra kész,* illetve
- *nem használatra kész, összetett berendezés részét képező berendezésre)*

készített kockázatértékelés, amelyet az utóbbi két esetben ki kell egészítsen az integrátor kockázatértékelése. Vonatkozó EK irányelvek: az LVD, az EMC, a RoHS és az EMF. A termék jogszabály szerinti *EK megfelelőségi nyilatkozata* az ezeknek való megfelelésre kell vonatkozzon.

Az összeállított, használatra kész *munkaeszköz* megfelelőségét a *munkáltató felelősségét* meghatározó jogszabályok alapján kell ellenőrizni, figyelemmel az adott alkalmazásra vonatkozó, az Mvt rendelkezése alapján a munkáltató (üzemeltető) kockázatfelmérésében meghatározott kockázat csökkentő intézkedések megvalósulására.

Ellenállás-hegesztő munkaeszközök megfelelőség értékeléséhez szükséges műszaki követelményeket és vizsgálatokat az MSZ EN 62135-1 és MSZ EN 62135-2 európai, illetve (a felülvizsgálat alatt álló) MSZE 12806 nemzeti szabvány tartalmazza. Ezek munkavé-

delmi szabályként való alkalmazását a Hegesztési Biztonsági Szabályzatban szükséges előírni.

Gázhegesztő munkaeszköz

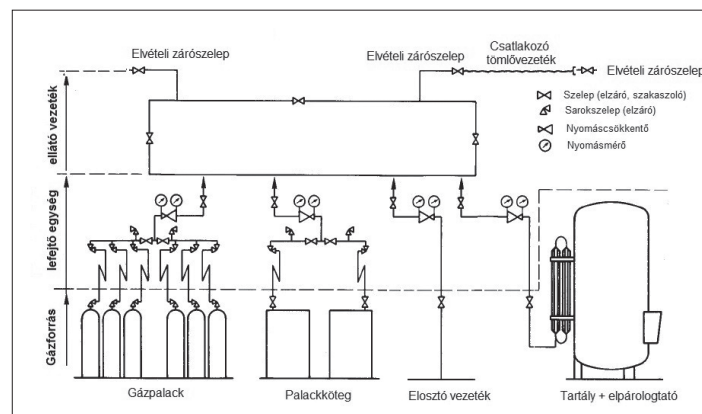
Gázhegesztő munkaeszköz felépítésének funkcionális vázlata látható a 4. ábrán.

Gázhegesztő munkaeszköz előzetes, munkavédelmi szempontú vizsgálata során végzett ellenőrzés két lépése:

a) a munkaeszköz létesítéséhez használt eszközökre vonatkozó „megfelelőségi tanúsítvány” (Mvt. 18.§ (3) bekezdés) ellenőrzése.

A 4. ábrán vázolt munkaeszköz összeállításához használt *termékek* biztonságának megítélésére nincs harmonizált európai szabvány, és (kevés kivételtől eltekintve) nem is tartoznak EK-Irányelv hatálya alá, ezért arra vonatkozóan, hogy hegesztő munkaeszközben való használata szempontjából milyen minőségi követelményeknek kell megfelelni, és azokat miként kell tanúsítani, a felhasználó (üzemeltető, munkáltató) felelősség átvállalását előíró jogszabályban, a Hegesztési Biztonsági Szabályzatban kell(ene) intézkedni (ami a HBSz jelenlegi kiadásából hiányzik, csupán az oxigénnel érintkező elemekre ír elő „hatóságilag bevizsgált” és „megfelelő értékelést tartalmazó” műbizonylatot [3] 10.3.1.10. szakasz).

b) az összeállított *munkaeszköz* megfelelőségét a munkáltató *felelősségét* meghatározó jogszabályok alapján kell ellenőrizni, figyelemmel az adott



5. ábra. Hegesztési gázellátó rendszer elvi ábra (MSZE 12807 alapján)

alkalmazásra vonatkozó, az Mvt rendelkezése alapján a munkáltató (üzemeltető) kockázatfelmérésében meghatározott kockázatcsökkentő intézkedések megvalósulására.

Gázhegesztő munkaeszközök megfelelőségértékeléséhez szükséges műszaki követelményeket és vizsgálatokat a magyar nyelven kiadott számos nemzetközi, illetve nemzeti szabvány (többek között a felülvizsgálat alatt álló MSZE 12804 Hegesztés biztonsága. Gázhegesztő munkaeszközök) tartalmazza. Ezek munkavédelmi szabályként való alkalmazását a Hegesztési Biztonsági Szabályzatban szükséges előírni.

Hegesztési gázellátó rendszer

A hegesztési gázellátás berendezéseit különleges munkaeszközként kezeljük. A HMvB által javasolt meghatározás szerint (meghatározásának elvi vázlata látható az 5. ábrán):

„Az egy vagy több fogyasztót hegesztési gázzal ellátó létesítményt bemeneti oldalon a gázforráshoz kapcsoló csatlakozó szerelvény, kimeneti oldalon a fogyasztó (hegesztő munkaeszköz) csatlakoztatására kialakított elvételi pont határolja. A gázellátó rendszer két fő része:

- a központi nyomáscsökkentőt is magában foglaló nagynyomású szakasz, az ún. *elvételi egység* és
- (több fogyasztó esetén) közepes (üzemi) nyomású *ellátó vezeték*.”

Fontos, hogy a HBSz hatálya nem terjed ki a gázforrásokra (tehát a gázpalackokra, palackkötegekre, elosztó vezetékre vagy gáztartályokra).

Megjegyzés. Egyetlen fogyasztót ellátó gázforrás (közvetlen) csatlakoztatását abban az esetben indokolt gázellátó rendszerként kezelni, ha az ellátás palack telepről vagy palack kötegről,



Hegesztőgép
MD, LVD, EMC, RoHS, EMF

Ívhegesztő berendezés
LVD, EMC, RoHS, EMF

6. ábra. Hegesztőgép
értelmezése (ESAB)

elvételi egységként meghatározott eszközzel történik. Ez értelemszerűen azt jelenti, hogy az egyedi palackos vagy (az MSZ EN ISO 2503 szerinti) *gázpalackon használt nyomáscsökkentővel* szerelt, legfeljebb 6 palackot összekötő *palackösszekötő* elvételi csatlakozóit a hegesztő munkaeszköz részének tekintjük, így rá nem vonatkoznak a hegesztési gázellátásra vonatkozó szabályok.

A hegesztési gázellátó rendszer munkavédelmi szempontú előzetes vizsgálata során végzett ellenőrzés két lépése:

a) a létesítéshez felhasznált *termékek* (beleértve a nyomástartó elemek anyagminőségét) „megfelelőségi tanúsítványának” (Mvt 18.§ (3) bekezdés, illetve a HBSz előírásai szerint) ellenőrzése;

A hegesztési gázellátó rendszerek, noha nyomástartó rendszerek, általában azonban – a töltet jellege, üzemi nyomása és az alkalmazott vezetékátmérők miatt – nem minősíthetők a Nyomástartó Berendezések Műszaki Szabályzata (PED) alapján [10], így rájuk nem alkalmazható a CE jelölés. Az ilyen berendezéseket a „biztonságos használat érdekében Magyarország helyes mérnöki gyakorlatával összhangban kell tervezni és gyártani” [11]. A hegesztési gázellátó rendszerek létesítésének biztonsági szempontjait meghatározó (elő)szabvány (MSZ 12807) szolgálja e helyes mérnöki gyakorlat megfogalmazását.

b) a HBSz-ben előírt dokumentumok alapján a létesítmény műszaki megfelelőségének megállapítása, figye-

lemmel az adott alkalmazásra vonatkozó, az Mvt rendelkezése alapján készült kockázatelemzésben meghatározott kockázat csökkentő intézkedések megvalósulására.

Megjegyzés. A cikk szerkesztése idején a HBSz nem tartalmazza az ehhez szükséges előírásokat. Addig is, míg megtörténik a várt felülvizsgálat, irányadóként használható a gázellátó rendszerek létesítésének műszaki követelményeit és vizsgálatait meghatározó (elő)szabvány [12].

Gépesített hegesztő munkaeszköz (hegesztőgép, hegesztő robot, robotrendszer)

A hegesztő (és a termikus vágó) gépekre (beleértve a hegesztő robotot is) vonatkozó biztonsági követelmények teljesítéséhez – értelemszerűen – a Gép Biztonsága Irányelv (MD) alapvető, a beépített biztonságra vonatkozó követelményeinek teljesítése szükséges, azaz az ilyen gép, ipari robot vagy robotrendszer munkaeszközként való üzembe helyezésének szükséges feltétele az MD alapvető követelményeinek kielégítésére vonatkozó gyártói megfelelőségigazolás is. Az MD-t a hazai jogrendbe ültető jogszabály [12] követelményként fogalmazza meg, hogy „[g]ép, részben kész gép csak akkor ... helyezhető üzembe, ha megfelel e rendelet szerinti biztonsági és egészségvédelmi előírásoknak, és rendeltetésszerű összeszerelés, karbantartás, valamint használat mellett nem veszélyeztetni személyek, élő állatok testi épségét, egészségét és a vagyon-

biztonságot, valamint adott esetben a környezetet.”

A 6. ábra segíti az *ívhegesztőgép* létesítéséhez használt termékekre vonatkozó megfelelőség igazolásokat (a CE jelölés)értelmezésének jellegzetes problémáját.

Ívhegesztő munkaeszközként használható gépet (ipari robotot, robotrendszert) legalább két funkcionálisan elkülönülő egység alkotja.

- *Ívhegesztő berendezés*, amelynek megfelelősége a vonatkozó, harmonizált szabványsorozat alkalmazásával (MSZ EN IEC 60974 Ívhegesztő berendezések c. sorozat) önállóan lehetséges, és
- *gép (a munkaeszköz gép része)*, amely a hegesztőgő (pisztoly) vagy a munkadarab összehangolt mozgására, vezetésére és a munkafolyamat irányítására szolgál, és megfelelőség értékelése értelemszerűen az MD-vel, illetve a vonatkozó, egyéb Irányelvekkel harmonizált szabványok alapján történik.

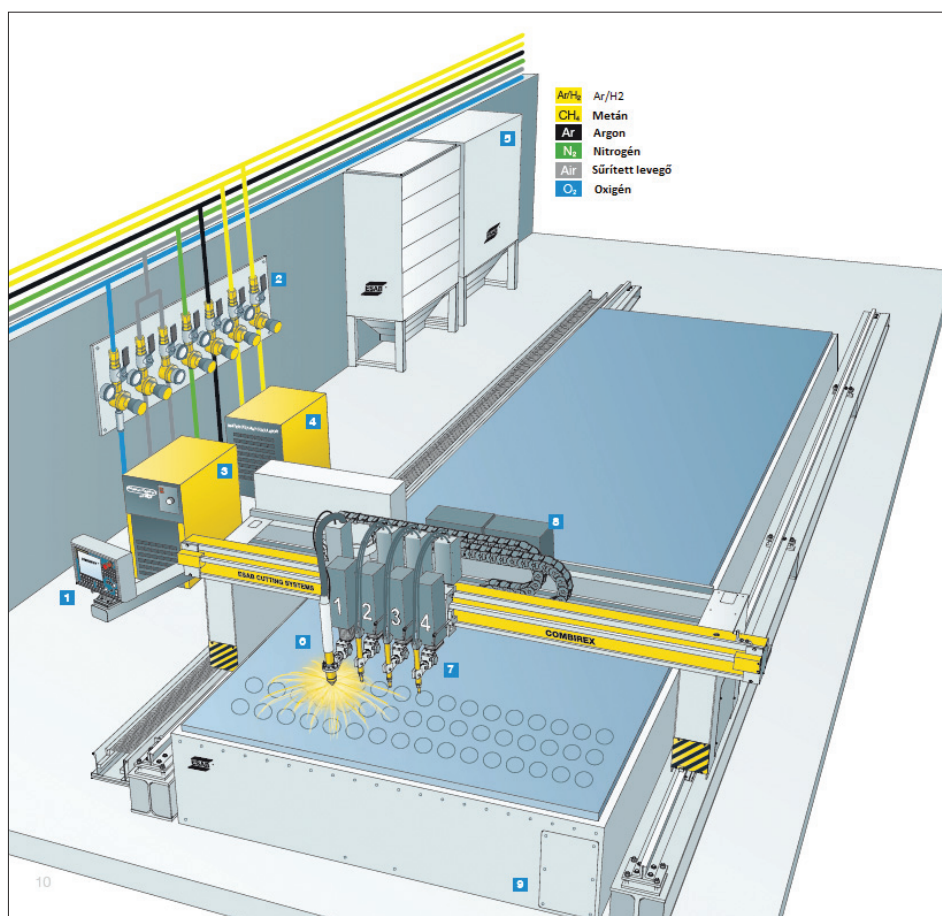
Az ívhegesztő berendezésként értékelt munkaeszköz mozgatására (gépesített alkalmazására) alkalmas *gép* (CE megfelelőségi jelöléséhez tartozó) megfelelőségi nyilatkozata, illetve *részben kész gép* esetén a komponenseinek (CE megfelelőségi jelöléséhez tartozó) megfelelőségi nyilatkozatait is tartalmazó *beépítési nyilatkozata* szükséges, de nem elégséges feltétele a hegesztőgépnek, mint munkaeszköznek a munkavédelmi üzembe helyezésének.

Az MD I. mellékletében található *Általános alapelvek* szerint a (részben kész) gép gyártójának kockázatelemzést kell végeznie, és a terméket annak megfelelően kell gyártani, az ún. *maradék kockázatok* kezelésére vonatkozóan pedig tájékoztatnia kell a felhasználót. Ebből következik az is, hogy – amennyiben a szóban forgó *részben kész gép* hegesztő munkaeszköz létesítésére szolgál – az értékelésnek ki kell terjednie a hegesztéssel kapcsolatos, releváns veszélyekre és kockázatokra.

Példaként tekintsük egy fedett ívű hegesztésre alkalmas hegesztőtraktort (tényleges, de itt nem azonosított) gyártói megfelelőségi nyilatkozatát, amely a következő harmonizált szabványoknak való megfeleléssel igazolja a készülék EK-megfelelőségét (CE jelölését):

A készülék típusa:

huzalelektroda előtoló készülék,önjáró kocsival és folyamatirányító készülékkel kombinálva;



7. ábra. Termikus vágógép vázlata (ESAB)

1 – vezérlés/kezelőpult; 2 – gázellátás elvételi szerelvényei; 3, 4 – plazmavágó áramforrások; 5 – elszívó ventilátor és légszűrő; 6 – plazmavágó égő; 7 – lángvágó égők; 8 – gázvezérlés; 9 – vágóasztal, integrált füst elszívással; 10 – ipari padló

A [termék] megfelel

a közösségi harmonizációs jogszabályoknak: LVD, MD és EMC Irányelvek követelményeinek

A következő, harmonizált szabványok követelményei teljesülnek:

- EN 60974-5 Ívhegesztő berendezések. 5. rész: Huzalelőtolók
- EN 12100-2 Gépek biztonsága. Alapfogalmak, a kialakítás általános elvei. 2. rész: Műszaki alapelvek
- EN 60974-10 Ívhegesztő berendezések. 10. rész: Elektromágneses összeférhetőségi (EMC) követelmények

Kiegészítő információ: A használat korlátozása, A osztályú készülék, lakókörnyezetben nem használható.

Elvileg a hegesztőgépre, mint villamos készülékre vonatkozó megfelelőségi nyilatkozatban szerepelni kell(e) a hivatkozásnak a veszélyes anyagok használatát korlátozó (RoHS) és az LVD-vel harmonizált, az elektromágneses tér expozíció korlátozására vonatkozó követelményeinek kielégítését szolgáló harmonizált szabványokra (RoHS – EN 50581:2012, majd EN IEC

63000:2018, illetve az EMF kitettség értékelésére az LVD – EN 50445:2018).

Az ívhegesztő berendezésből és a (hegesztő)gépből összeállított hegesztő munkaeszköz megfelelőségét a használatra vonatkozó jogszabályok követelményei szerint kell értékelni (különös tekintettel a tápellátás csatlakoztatására, a hegesztőáramkör kialakítására és a munkavállalók baleseti és egészségkárosító kockázatainak értékelésére).

Termikus vágógépekre vonatkozóan – eltérően az ívhegesztő gépektől – van az MD-vel harmonizált, C-típusú szabvány, amely „biztonsági követelményeket és intézkedéseket tartalmaz a gép kialakítására, szerkezeti kialakítására, gyártására, szállítására, telepítésére, üzemeltetésére, karbantartására és használaton kívül helyezésére” [14] vonatkozóan. A biztonsági követelmények teljesítése a termikus vágógépek alkalmazásával járó, elkerülhetetlen (mechanikai és villamos jellegű, hőhatással, zajjal, rezgéssel kapcsolatos, optikai sugárzásból és káros anyag emisszióból eredő, valamint ergonomiai

és környezeti) veszélyek kockázatának mérséklését szolgálják (7. ábra).

A termikus vágógép harmonizált szabvány [14] alapján értékelt megfelelősége – az érintésvédelem tekintetében – magában foglalja az integrált plazmavágórendszer megfelelőségét (a harmonizált IEC 60204-1 és IEC 60974-1 követelményeinek teljesítésével), de a gyártói megfelelőségi nyilatkozatnak hivatkoznia kell (ha van) a plazmavágó rendszer különálló ivgyújtó és stabilizáló készülékére és gázvezérlésére (amelyek megfelelősége az ívhegesztő berendezésekre vonatkozó harmonizált szabványok alapján lehet értékelhető). A lángvágó égőkre és azok gázellátására vonatkozóan a gyártónak ez a kötelezettsége nem értelmezhető, hiszen ezekre nincs harmonizált szabvány, ám a gép dokumentációjában ki kell térni ezek biztonságos üzembe helyezésére és használatára. A termikus vágógép munkavédelmi (és tűzvédelmi) üzembe helyezéséhez szükséges megfelelőség értékelés során ezek meglétét ellenőrizni kell.

A termikus vágógépek példája jól illusztrálja a termék megfelelőség értékelésének nehézségeit a munkavédelmi üzembe helyezés során. A harmonizált szabvány alkalmazása alapján kiadott megfelelőségi nyilatkozat csak szükséges feltétele a munkavédelmi üzembe helyezésnek: a munkavédelmi szempontú előzetes vizsgálatnak arra is ki kell terjednie, hogy a berendezés azon elemei is megfelelnek a munkabiztonságra vonatkozó, és a munkáltató felelősségét előíró jogszabályi követelményeknek, amelyekre a harmonizált európai szabványok szerinti megfelelőség értékelés nem vonatkozik (pl. a lángvágáshoz szükséges eszközök, összefoglaló nevén a gázhegesztő munkaeszköz része).

Hegesztőrobot-rendszerek munkavédelmi üzembe helyezését érinti az a megközelítés, mely szerint a robotrendszer megfelelőség értékelésének ki kell terjednie a hegesztéssel (konkrétan a MIG/MAG-hegesztéssel) járó veszélyek kockázatának kezelésére is [15], azaz pl. a robotrendszer gyártójának a felelőssége kiterjed a MIG/MAG-hegesztés – idézett cikkben említett – kockázatainak (káros anyag emisszió és optikai sugárzás) kezelésére, ami magában foglalja a hegesztési eljárással járó veszélyek kockázatainak kezelését, illetve a kockázatértékelés alapján megállapított maradék kockázatok kezelésére vonatkozó gyártói utasítások rögzítését.

A robotrendszer gyártójának (integrátorának) feladata a rendszer használatával járó valamennyi veszély kockázatának értékelése (ez feltétele a CE jelölésnek), ám ez nem jelenti azt, hogy a megfelelőségi nyilatkozat a termékkel együtt szállított egyes védelmi elemek (pl. optikai sugárzás elleni védelem, füst elszívás) megfelelőségét is igazolná, mert ezek megfelelőség értékelésére nem áll rendelkezésre harmonizált szabvány (mint pl. a termikus vágógépekre, amelyekre vonatkozóan a harmonizált EN ISO 17916 [14] tételes követelményeket tartalmaz az optikai sugárzás elleni védelem és a füst elszívás hatékonyságának megítélésére). Másfelől, a robotrendszernek, mint gépnek a megfelelőség igazolására C-típusú, harmonizált szabványok (l. [13]) vonatkoznak, amelyek az említett veszélyek kockázatainak kezelésére vonatkozó követelményeket írnak elő, a konkrét védelem értékelésére vonatkozóan azonban nem. Ennek a hátterében az áll, hogy egyes munkabiztonsági és egészségügyi követelmények, mint a foglalkozási expozíciós határértékek (OEL) meghatározása nemzeti hatáskörben van, így ezek értékelése a munkavédelmi üzembe helyezés tárgya.

Megjegyzés. Az üzemeltető (felhasználó) természetesen kiköthet a termék (pl. egy robotrendszer) rendelésekor a gépkezelő(k) számára megvalósítandó expozíciós határértékeket, amelyek teljesítése így a gyártó feladata, de ez a teljesítmény nem része a CE megfelelőségnek.

Összefoglalás

Hegesztő munkaeszközök munkavédelmi üzembe helyezése akkor eredményes, ha a munkavédelmi szempontú előzetes vizsgálata igazolja a jogszabályokban rögzített minimális biztonsági és egészségügyi követelményeknek való megfelelést, köztük annak, hogy a beépített, felhasznált *termékek* EK-megfelelősége igazolt, valamint azt, hogy megvalósulnak az adott munkahelyre készített munkavédelmi kockázatértékelésben meghatározott feltételek (védő intézkedések).

A veszélyesnek minősülő hegesztési *munkaeszközök* munkavédelmi követelményeinek teljesítése összetett, és az üzemeltetés körülményeitől függő, az üzemeltető (munkáltató) felelősségi körébe tartozó műszaki feltételek teljesítését igényli, amelyeket – műszaki jellegük miatt – célszerű szabványok szerint megvalósítani és értékelni. A *HMvB* következetesen, az érdekelt gazdasági és társadalmi szervezetek támogatásával azon dolgozik, hogy a (korszerűsítésre váró) *HBSz* előírása alapján minél teljesebb legyen a magyar nyelven hozzáférhető, releváns szabványok köre, amelyeket így munkavédelmi szabályként lehet alkalmazni.

Villamos hegesztő munkaeszközök létesítéséhez használt *termékek* EK-megfelelősége teljes körűen megítélhető a vonatkozó harmonizált szabványok alapján, ám ez csak szükséges, de nem elégséges feltétele a munkavédelmi üzembe helyezésnek.

Gázhegesztő munkaeszközök és hegesztési gázellátó rendszerek létesítéséhez használt *termékek* biztonságos voltának megítélése nem lehetséges CE megfelelőségi jelölés alapján. A *HBSz* jelenlegi kiadása adós az értékelés módjának meghatározásával (a vonatkozó nemzetközi és nemzeti szabványok munkavédelmi szabályként való alkalmazásának előírásával).

Gépesített hegesztő munkaeszközök létesítéséhez használt *termékek* (kész, részben kész gép, illetve a munkaeszköz egyes komponensei) megfelelőségértékelése kiegészül az *MD*-hez harmonizált szabványok szerinti kialakítással, vizsgálattal és (a gyártó vagy integrátor által) végzett kockázatelemzéssel. Az összeállított hegesztő vagy termikus vágógépnek, mint munkaeszköznek az értékelése ki kell terjedjen a munkahelyi környezetbe illesztés munkabiztonsági követelményeinek teljesülésére, aminek a *termékek* EK-megfelelősége csak szükséges feltétele.

Hivatkozások

- [1] Az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos hegesztés helyes gyakorlata. www.gtemhmv.hu

- [2] 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről
- [3] 143/2004. (XII.22.) GKM rendelet a Hegesztési Biztonsági Szabályzat kiadásáról
- [4] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2006/42/EK IRÁNYELVE (2006. május 17.) a gépekről és a 95/16/EK irányelv módosításáról (átdolgozás). Az Európai Unió Hivatalos lapja. 2006.6.9.
- [5] MSZ ISO/TR 18786:2015 Egészségvédelem és biztonság a hegesztés területén. Útmutató a hegesztés gyártási tevékenységeinek kockázatfelméréshez.
- [6] 10/2016. (IV.5.) NGM rendelet a munkaeszközök és használatuk biztonsági és egészségügyi követelményeinek minimális szintjéről
- [7] 2012. évi LXXXVIII. törvény a piacfelügyeletről
- [8] Útmutató a biztonságos gépekhez / Sick 8017955/2015-07-07 https://cdn.sick.com/media/docs/0/00/400/Special_information_Guide_for_Safe_Machinery_hu_IM0062400.PDF
- [9] 54/2014.(XXII.5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról.
- [10] Gyura László: Hegesztési gázellátó rendszerek veszélyei, kockázatai és alapvető biztonsági követelményei. Hegesztési gázellátó rendszerek létesítése és használata, MSZT Szakmai fórum és tapasztalatcsere. Budapest, 2015.05.07.
- [11] 44/2016.(XI.28.) NGM rendelet a nyomástartó berendezések és rendszerek biztonsági követelményeiről és megfelelőség tanúsításáról
- [12] 16/2008.(VIII.30.) NFGM rendelet a gépek biztonsági követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról
- [13] Dr. Farkas Attila, Szabó Kristóf: Hegesztő robotrendszerek kialakítása a munkabiztonsági szempontok figyelembevételével. Hegesztéstechnika XXXI. évf. 2020/1. pp 61-67.
- [14] MSZ EN ISO 17916:2016 Termikus vágógépek biztonsága (ISO 17916:2016)
- [15] Dr. Farkas Attila: Hegesztőrobotrendszerek biztonságtechnikája. 25. Jubileumi Hegesztési Konferencia. Budapest, 2010. május 19-21.
Kristóf Csaba, MAHEG Hegesztés Munkavédelme Munkabizottság

CLOOS
MAGYARORSZÁG

UNIVERZÁLIS CLOOS ROBOT

QIROX QRC/30/40/60 PL

- 1: MODULÁRIS FELÉPÍTÉS
- 2: DINAMIKUS MOZGÁS
- 3: KARCSÚ MEGJELENÉS
- 4: NAGY MUNKATÉR
- 5: KIS HELYIGÉNY
- 6: KIS TÖMEG



CLOOS
MAGYARORSZÁG

www.cloos.hu

**30, 45 vagy 60 kg teherbírású
hattengelyes csuklókaros robot**

**Rakodó-, csiszoló- és
hegesztési feladatokra
egyenként alkalmazható!**

Crown International Kft.

2142 Nagytarcsa

Alsó Ipari krt. 6. G.

+36 20 583 9063

robot-welding@cloos.hu



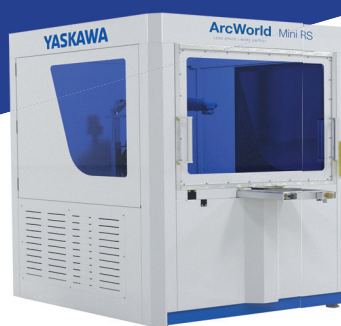
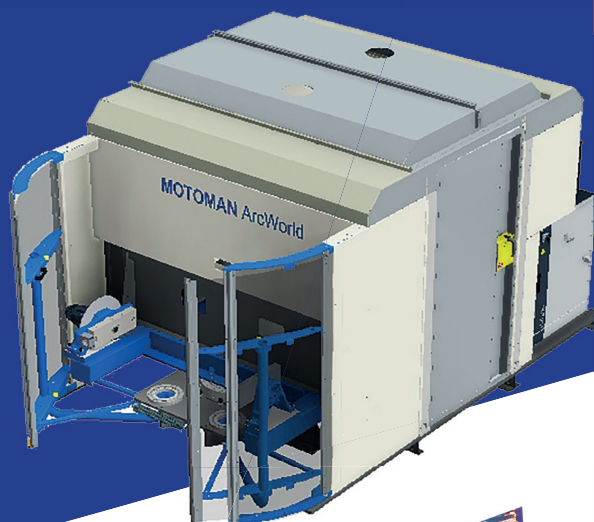
YASKAWA

Kompakt robothegesztő cellák
széles méretválasztékban:
kis- és közepes méretű
munkadarabokhoz.

- Kis helyigény
- Gyors és egyszerű telepíthetőség, és áthelyezhetőség
- Esztétikus kivitel
- Rövid szállítási határidő

ArcWorld Mini és Micro robotcellák
Most rendkívüli kedvezményes áron!

Várjuk érdeklődésüket!
info@flexmanrobotics.hu



Nagyméretű, utazópályás

- kis helyigényű megoldások
- nagyméretű, akár komplex munkadarabokhoz is.



FLEXMAN
ROBOTICS

Flexman Robotics Kft. | 1173 Budapest, Összekötő u.1.
+36 1 256 2281 | facebook.com/FlexmanRobotics/



- csővégmegmunkálók
- csőrögzítők és központosítók
- orbitális hegesztőautomaták
- hegesztő célgépek

POLY
WELD

értékesítés • szerviz • gépkölcsönzés

POLYWELD Kft. 2111 Szada, Dózsa György út 5.

Telefon: (+36) 20 298 8708 Tel/Fax: (+36) 28 404 904

Internet: www.polyweld.hu E-mail: polyweld@polyweld.hu

- hegesztőgépek
- plazmavágók
- lemezélmarók
- mágnes talpas fűrógépek
- forgató berendezések
- csőprések
- fényre sötétedő hegesztőpajzsok



ewm®

Lakos Szabina*

Hegesztőrobotok megfelelő karbantartása

Az állásidők 8 oka, ami megelőzhető
a robotizált hegesztés műveletei során

Az, hogy a robotcellák milyen mértékben maradnak termelékenyek, és következésképpen pozitív megtérülést generálnak-e nagymértékben annak a függvénye, hogy a gyártáskapacitáshoz mérten hány százalékos az állásidejük. Mivel az automatizált rendszerek a gyorsaság, pontosság és ismételhetőség érdekében készülnek, a problémák megoldására fordított állásidő költsége exponenciálisan magasabb, mint egy egyszerű hegesztőállomás esetében.

Az alábbiakban felsoroljuk a nyolc leggyakoribb okot, melyek automatizált hegesztés során előfordulhatnak és állásidőhöz vezethetnek, valamint ezek megelőzésének és kezelésének módjait.

1. Személyzet

A robotkezelőknek és a robotcellák felügyelőinek, akik a lehető leggyorsabban tudják elhárítani vagy megoldani a problémákat, óriási szerepük van a költségcsökkentésben, a kiváló minőségű eredmények elérése és az optimális hatékonyság fenntartása tekintetében. Alapvető műszaki, valamint hegesztéstechnikai ismeretek megléte elengedhetetlen kritérium a személyzettel szemben. A robotberendezés kezelőszemélyzetét a kezeléshez szükséges ismeretekre tanfolyamokon kell felkészíteni.

2. Helytelen kábelkezelés

Abban az esetben, ha egy munkakábel folyamatosan nekisúrlódik a robotnak vagy részeinek, az idő előtti meghibásodást és felesleges állásidőt okozhat. Bizonyos esetekben a kábel az alkatrészekbe is beakadhat, ami korai elhasználódáshoz vezethet.

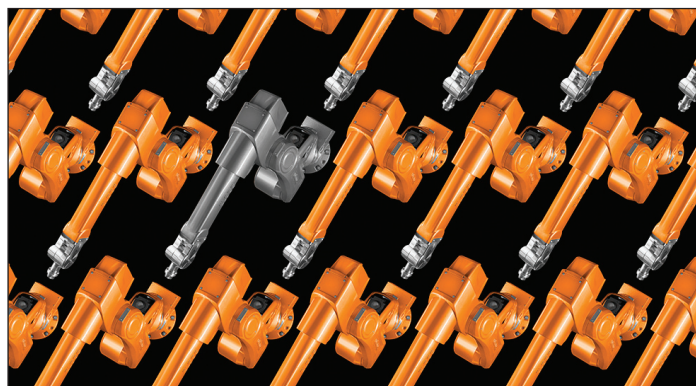
A túl hosszú vagy túl rövid kábelek túlzott feszülést okozhatnak vagy azért, mert túl szorosan vannak húzva, vagy azért, mert körbetekerednek az elülső burkolaton – mindkét eset a kábel idő előtti meghibásodásához vezethet. Ezek a hibalehetőségek a hagyományos robotoknál fordulhatnak elő, ahol a robot védőgázos ívhegesztő (MIG/MAG) pisztolyhoz csatlakozó munkakábele a robotkaron kívül helyezkedik el. A cél az, hogy a csőköteg hosszát úgy állítsuk be, hogy ívesen lépjen ki az elülső burkolatból, ezzel minimális feszülést eredményezve.

Belsőkábelezésű robothegeztő rendszer esetén a leállás a pisztoly helytelen beszerelése és / vagy a nem megfelelő kábelhossz miatt is bekövetkezhet.

Megoldások: Kábelfeszítők vagy ballanszerek használata – ezek lényegében rugós kábelkészülékek –, amelyek a tápkábelt tartják és biztosítják a kábelek megfelelő helyzetét. A robotot programozzuk úgy, hogy kerüljük a hirtelen gyorsítást vagy lassítást, hiszen ez is véd a korai kábelmeghibásodások ellen.

Bizonyos esetekben, ha a burkolat túl kicsi, a kábelsúrlódás elkerülhetetlen. Ilyenkor segíthet a kábelek védőburkolattal való ellátása. Ezek beszerezhetők akár bőr- vagy szőtt polimerburkolatok, akár műanyag spirál formájában.

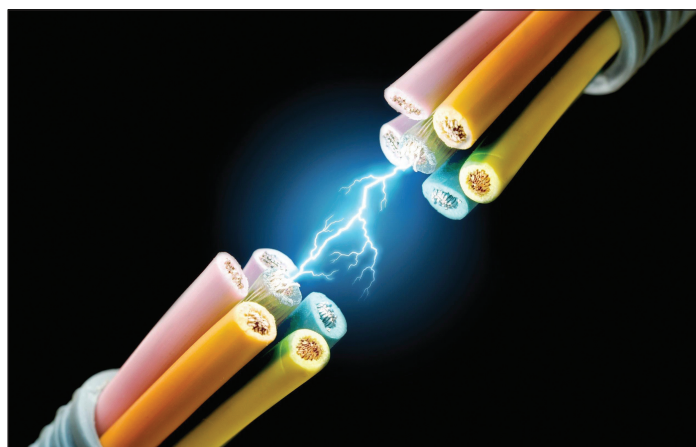
Belsőkábelezésű robotkarral történő hegesztőpisztoly felhelyezésekor ügyeljünk arra, hogy a robot csuklója és felső tengelye 180 fokos helyzetben helyezkedjenek el, egymással



1. kép. Az automatizálás, robotizálás az egyik legjobb választás, ha a termelékenység, hatékonyság és a minőség növelése a cél.



2. kép. A hegesztési operátoroknak és a robotcellák felügyelőinek óriási szerepük van a költségcsökkentés tekintetében, ennek elérése érdekében a folyamatos ismeretbővítő oktatások elengedhetetlenek.



3. kép. A kábelek megfelelő hosszának kiválasztása meghatározó, nagyban befolyásolhatja a kapcsolódó alkatrészek élettartamát.



4. kép. A kopó-fogyó alkatrészek nagy szerepet játszanak a hegesztett kötések minőségében és kivitelezésében.

párhuzamosan. Ezután helyezzük be a szigetelőlemezt és a távtartót ugyanúgy, mint egy hagyományos, robotkaron kívüli pisztoly esetében. Mindig győződjünk meg róla, hogy a munkakábel helyesen „fekszik”, és a robot felső tengelye megfelelő helyzetben, 180 fokban van, valamint a telepítés-kor ügyeljünk, hogy a munkakábel kb. 4 cm-t engedjen, tehát ne legyen túl feszes.

Fontos: minden munkakábel cserénél ellenőrizni kell az ellenállást, hogy a beállított hegesztési paraméterek ne változzanak. Ha ezt nem tesszük meg, változhat az ívhossz, amely további problémákat vethet fel (ívstabilitás probléma, illetve nem megfelelő beolvadás).

3. Kopó-fogyó alkatrészek korai meghibásodása

Bár a kopó-fogyó alkatrészek az automatizált hegesztési folyamat elhanyagolható hányadának tűnhetnek, mégis nagy hatással lehetnek a művelet eredményességére és hatékonyságára. A gázterelők, áramátadók, diffúzorok, spirálok és teflonok mindegyike idő előtt meghibásodhat vagy különböző okok miatt hibásan teljesíthet, például fröcskölés, törmelékfelhalmozódás, túl laza csatlakozások vagy nem megfelelő összeszerelés miatt. Az áramátadókkal kapcsolatos problémák – különösen a visszaégések miatt – szintén gyakoriak, sokszor az okozza a hibát, hogy a spirál túl rövidre van vágva.

Megoldások: A rendszerinti termelési szünetek során mindig ellenőrizzük a kopó-fogyó alkatrészeket fröcskölés vagy anyagfelhalmozódás jeleit keresve, és amennyiben ilyen tapasztalunk, cseréljük ki vagy tisztítsuk meg az alkatrészeket. Ellenőrizzük, hogy a pisztolytisztító egység vagy a tisztítókés megfelelően működik-e, és megfelelő ütemben van-e programozva az adott alkalmazáshoz. Előfordulhat, hogy szükséges növelni a fröcskölésgátló szer alkalmazásának gyakoriságát a programozott hegesztési ciklusokban.

Fontos továbbá ellenőrizni, hogy az összes kopó-fogyó alkatrész csatlakozása tiszta és megfelelően rögzített legyen, mivel a laza csatlakozások további hőbevitelt generálhatnak a megnövekedett elektromos ellenállás révén, így élet-tartam csökkentést vagy alacsony teljesítményt okozhatnak.

Mindig kövesse a gyártó által előírt huzalvezető spirál hosszúságot és a beszereléshez adott utasításokat, mivel a spirálhuzal adagolási problémákat okozhat, ha túl rövidre van vágva.

A rugóval ellátott modulok együtt működnek a munkakábelben lévő huzalvezető spirállal vagy teflonnal, hogy mini-



5. kép. A kopó-fogyó alkatrészekben a túlzott fröcskölés miatt kialakuló anyagfelhalmozódás felesleges állásidőt produkálhat, és az alkatrészek idő előtti tönkremenetelét okozhatja.

málisra csökkentse a problémákat, ha a huzalvezető nem megfelelő hosszúságú. Ezek a beszerelés után nyomást gyakorolnak a spirálra. Általában legfeljebb 2–3 cm-es túrés-határt tesznek lehetővé, ha a spirál vagy a teflon túl rövid.

Fontos továbbá, hogy a huzalvezető spirálok, teflonok gyakran legyenek cserélve, mivel a szennyeződésekkel és törmelékkel eltömődött spirál nem biztosít megfelelő huzaltovábbítást, és az áramátadó idő előtti meghibásodásához vezethet.

4. Fröcskölés miatti túlzott anyagfelhalmozódás a kopó-fogyó alkatrészekben

A túlzott fröcskölésből adódó anyagfelhalmozódást a kopó-fogyó alkatrészekben és az ebből adódó állásidőt egy nem megfelelően működő pisztolytisztító állomás is okozhatja. A pisztolytisztító állomásokkal kapcsolatos problémák adódhatnak a gázterelő nem megfelelő helyzetéből, tömítőgyűrűk elhasználódásából, a nem hatékony fröcskölésgátló vegyület alkalmazásából és a tompa vagy nem megfelelően méretezett tisztító vágókésből.

Megoldások: Ha úgy tűnik, hogy a pisztolytisztító állomás nem működik megfelelően, először ellenőrizze, hogy a robotpisztoly helyzete koncentrikus-e a tisztítókéssel. A gázterelő téves beállítása részleges tisztítást és túlzott fröcskölés felhalmozódást eredményezhet.

Ellenőrizze a fröccsleválasztó folyadéktartály töltöttségét, megfelelő elhelyezését, és hogy a befúvás során megfelelően betérít-e a gázterelőt. A gázterelőnek enyhén nedvesnek kell lennie a belső és külső részén egyaránt.

A tisztító vágókésnek egyeznie kell a gázterelő furatának átmérőjével, hogy hatékonyan megtisztulhasson a tisztítási ciklus alatt anélkül, hogy a gázterelőbe vagy a gázdifúzorba ütközne. Fontos továbbá, hogy a tisztítószerszám éles legyen, és győződjön meg arról is, hogy a kés a gázterelőben megfelelő mélységben dolgozik-e.

Végül, ha egy levegőkifúvó funkciót hozzáadunk egy robotpisztolyhoz, ennek segítségével támogathatjuk a tisztító állomás általános hatékonyságát. A levegőkifúvó funkció nagynyomású levegőt fúj át a pisztolyon, amely elősegíti a fröcskölés okozta törmelék és egyéb szennyeződések eltávolítását. Ez a funkció segít csökkenteni a pisztoly tisztítóállomás használatának gyakoriságát, és ezáltal növelni a termelékenységet. Ebben az esetben a levegő előkészítő egységet is rendszeresen karban kell tartani, tisztítani kell



6. kép. Az ütközőszensor szerves része a rendszernek, számos sérüléstől mentheti meg a hegesztőrobot mechanikát, melyek különböző kivitelben léteznek.

az ülepítő tartályt és a nyomásfokozó szűrőjét, ellenőrizni az olajsintet és a kimenő nyomást (15bar).

5. Ütközések

Ütközések történhetnek a nem megfelelően rögzített szerszámok eredményeként, a hegesztőcellában véletlenül ottfelejtett eszközök miatt, vagy rosszul felszerelt alkatrészek következményeként. Sajnos az ütközések nemcsak nemkívánatos állásidőt okozhatnak, hanem károsíthatják a robotkart, a robot hegesztőpisztolyt, az elülső burkolatot és a kopó-fogyó alkatrészeket.

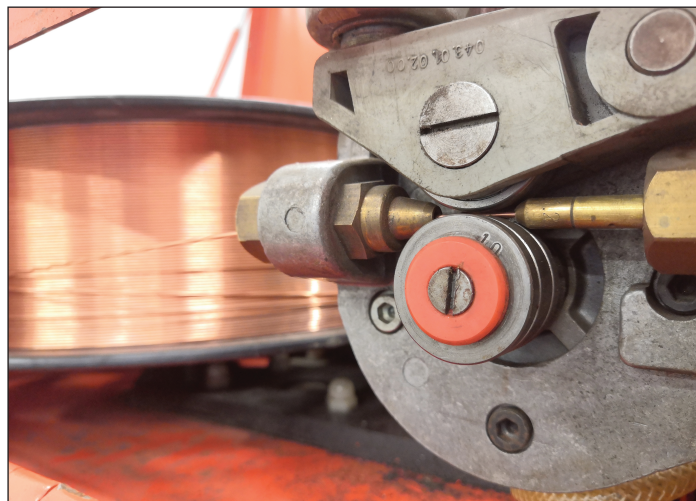
Megoldások: Azoknál a robotoknál, melyek nem rendelkeznek beépített ütközés elleni szoftveres védelemmel, egy ütközésérzékelő szenzor biztonsági eszközként működhet, hogy megvédje a robotkart és a pisztolyt a sérülésektől egy hirtelen robotleállás esetén. Egy esetleges ütközés esetén az ütközésérzékelő szenzor jelet küld a robotnak, mely ennek következtében azonnal leáll.

Számos újabb típusú robot rendelkezik ütközésérzékelő szoftverrel, amely ugyanazt a funkciót szolgálja, mint egy ütésérzékelő szenzor, de egyes vállalatok még továbbra is használnak ütésérzékelő szenzort, mintegy háttérbiztonsági intézkedésként.

Annak megállapítása érdekében, hogy az ütésérzékelő szenzor kapcsolója megfelelően működik-e, a kapcsoló nyitott és zárt helyzetében folytonossági ellenőrzést kell végezni egy multiméterrel, vagy a pisztoly nyakat manuálisan kellő elővigyázatossággal meg kell mozdítani. Ha az érzékelő megfelelően működik, akkor visszajelzést küld a robotnak jelezve, hogy ütközés történt.

Az ütközésérzékelőt mindig állítsa vissza alaphelyzetbe, és egy esetleges ütközés után ellenőrizze újra a robottegelvény letűzési pontjait (nullázás) és a szerszám középpontját (TCP), majd ellenőrizze, hogy mind a TCP, mind a tengelykapcsoló helyzete megfelelő-e. Ha ez a rutin elmarad, a robot helytelen hegesztési pozícióban fogja folytatni a munkát, amely további felesleges utómunkákhoz vezethet, ezzel csökkentve a hatékonyságot.

Ha újabb típusú robotot használ ütközésérzékelő szoftverrel, győződjön meg a megfelelő beállításról, hogy a TCP-t, a tömegközéppontot és a kiegyensúlyozó pontot a pisztolygyártó előírásainak megfelelően programozták-e be. Ezzel biztosítható, hogy a robot ütközés esetén megfelelően reagáljon.



7. kép. A megfelelő huzalvezető görgők kiválasztása és a helyesen beállított szorítóerő csökkentheti a huzaladagolással kapcsolatos hibák előfordulását.

A robotmechanikába szerelt AC szervomotorok el vannak látva túlfeszültség védelemmel annak érdekében, hogy ha a motor nagyobb feszültséget venne fel, a motor letilt. Ez a funkció is azt a célt szolgálja, hogy ütközés esetén a robotkart a lehető legkevesebb károsodás érhesse, ezzel csökkentve a szervizelési és javítási költségeket, illetve az ezzel járó állásidőt. Így a rendszer még az előtt megáll/letilt, hogy a robotkar, illetve a motorok megrongálódjanak. Mindemellett fontos megemlíteni, hogy ezek az integrált biztonságtechnikai elemek sem képesek megvédeni a robotrendszert egy figyelmetlen operátortól és/vagy egy hibásan elkészített robotprogramtól.

6. Nem megfelelő huzaladagolás

A robotizált rendszerben a nem megfelelő huzaladagolást általában a következő három tényező okozhatja: (1) huzalvezető spirált érintő problémák (például eltömődés); (2) nem megfelelően működő huzalelőtoló; vagy (3) munkakábel megtörése. Az októl függetlenül az eredmény az ív instabilitása és a hegesztés nem megfelelő minősége.

Megoldások: Mint korábban említettük, huzalvezető spirálnál, teflonnál, huzalhordóknál és doboknál a tisztító filc rendszeres cseréje, valamint egy levegő és fröccsleválasztó olajkifúvó funkcióval ellátott robotos hegesztőpisztoly használata segít megelőzni az anyaglerakódást. Ha a légfúvás funkció nem áll rendelkezésre, akkor rendszeres időközönként manuálisan is fújhat sűrített levegőt, illetve fröccsleválasztó olajat vagy esetleg kerámiát a pisztolyba. Kerámia használatakor ügyelni kell arra, hogy a gázterelő külső felszínéről el legyen távolítva a kerámiaréteg, így a gázterelővel történő keresési rutinban ez ne okozhasson fennakadást. Ha a gázterelőn maradt anyag megakadályozza a varratpozíció keresést, előfordulhat, hogy a robot nem érzékeli, mikor éri el a munkadarabot, így a robot ütközéssel ügylettel megáll.

Ha azt gyanítja, hogy a huzalelőtoló görgői okozzák a rossz huzaladagolást, akkor a helyzet további kivizsgálására és értékelésére kétféle mód van: Egyrészt vizuálisan ellenőrizzük a görgőket a kopás jeleit keresve, másrészt elvégezhetjük a „két ujj” tesztet. Ez utóbbi magában foglalja a görgők fellazítását, a hegesztési huzal két ujjal történő megfogását és a pisztolyon keresztüli húzását. A huzalnak két ujjal könnyen húzhatónak kell lennie.



7. kép. A féléves és/vagy éves nagy karbantartást bízunk a robotgyártó szakszervizére.

ciális problémák megelőzésére tett óvintézkedések valóban időt és pénzt takaríthatnak meg hosszú távon.

7. Biztonsági berendezések helytelen működése

A robotcella nem működik zökkenőmentesen, amennyiben a biztonsági berendezésekkel valami nincs rendben. Előforduló hibajelenségek, hogy a robot nem veszi fel a hajtást, vagy nem lehet automata üzemben elindítani, illetve az is előfordulhat, hogy általános hibakóddal megáll hegesztési rutin közben, amely a hatékonyság és a minőség rovására mehet.

Az ipari robotok veszélyes mozgásokat végeznek, ezért az üzemeltetésre vonatkozó előírásokat szigorúan be kell tartani. Ez különösen vonatkozik a vészkioldó berendezésekre, a végállás kapcsolókra és egyéb biztonsági berendezések érintkezőire, melyeket sem hatástalanítani, sem áthidalni (kikerülni) nem szabad.

Robotberendezést üzemeltetni csak a Kezelési és programozási kézikönyvben található biztonságtechnikai rendelkezések, előírások betartásával szabad.

Megoldás: Ellenőrizni kell a biztonsági berendezések (Vész-Ki-gombok, fényzorompó, biztonsági ajtók) állapotát, és a visszajelző lámpák megfelelő működését. Ellenőrizni kell és meg kell tisztítani a kézi programozói készüléket, start kazettát, reset dobozt. Meg kell vizsgálni a kézi programozó készülék kábelét – keressen esetleges sérüléseket –, a kábelcsatornáknak található kábelek, tömlők állapotát, illetve ellenőrizni kell a pisztolyvédelem megfelelő működését (kézzel történő eltérítés).

8. Nem megfelelő, nem szakszerű karbantartás

Karbantartáson azt a fenntartási tevékenységet kell érteni, amelyet az eszköz üzemképessége és rendeltetésszerű használati állapotának megőrzése érdekében végzünk.

DIN 31501 szabvány szerint: a karbantartás azon intézkedések összessége, melyek a kívánt állapot megővására, helyreállítására, illetve a meglévő állapot megítélésére irányulnak.

Végül keresen esetleges sérüléseket, hurkokat a munkakábelben, és szükség esetén egyengesse ki a kábelt, mert ez is gátolhatja a megfelelő huzaladagolást. Illetve ellenőrizze a huzalvezető spirált, teflont, tisztítsa meg vagy szükség esetén cserélje azt.

Ne feledje, hogy a robothegesztési műveletek során fellépő gyakori problémák elhárításának ismerete megóvhatja a költséges állásidőktől és növeli az eredményes, hatékony termelést. A poten-

A karbantartás három fő módja a felülvizsgálat (ellenőrzés, mérés), a gondozás(kezelés) és a helyreállítás (javítás), melyek magukba foglalják a karbantartás céljának a vállalkozás céljával való egyeztetését, azaz a megfelelő karbantartási stratégia megállapítását és alkalmazását is.

Karbantartással elkerülhető veszteségforrások

1. Állásidő, üzemben kívül töltött idő:
 - műszaki meghibásodások, üzemzavarok
 - beállítási, átállási veszteségek
2. Nem megfelelő sebességből adódó veszteségek:
 - kisebb leállások
 - csökkent sebesség
3. Hibák:
 - minőségi hibák és selejt

Az ipari robotok nagy értékű műszaki rendszerek, ezért a gépkezelő, programozó és karbantartó személyzet részéről megfelelő gondosságot, ápolást igényelnek. A berendezés rendszeres karbantartást igényel, hogy az állásidők elkerülhetők, illetve a lehető legkisebbek legyenek.

Számos olyan esettel találkozhatunk, mikor a robot üzemeltető költségcsökkentés céljából nem szakszervizre, hanem a helyi karbantartókra (TMK) bízta a robotrendszerek karbantartását.

Előfordulnak olyan esetek, kisebb meghibásodások, alkatrészcserek, mikor ez teljesen helyénvaló döntés, viszont a robotok nagyobb volumenű karbantartását, megelőző karbantartását érdemes szakszervizre bízni. Ebben az esetben elkerülhetők a nem szakszerű karbantartásból adódó állásidők. Semmi sem bosszantóbb annál, mint amikor egy robotrendszer nem megfelelő javításából adódóan további nem várt hibasorozat lép fel. Például a tengelyek zsírzásához nem megfelelő zsír használata (a mechanika meghibásodását okozhatja), áramforrások, vezérlőszekrények nagynyomású levegővel történő tisztítása (panelek meghibásodása, csatlakozók kilazulása).

Érdemes a karbantartó és / vagy kezelőszemélyeket, üzemeltetés megkezdése előtt, megfelelően kiképezni. Egy kezelői hiba veszélyeztetheti a közelben tartózkodó személyek testi épségét, illetve kárt okozhat a robotberendezésben, mely komoly állásidőt generálhat.

Ajánlott karbantartásban jártas személy(ek) továbbképzése robotrendszerek karbantartási munkálatainak elvégzésére. Ez alól kivételt képezhet az alapvető ápolási tevékenység.

A nagy karbantartások során a vezérlőszekrény (ventilátor, kártyák, kábelek, csatlakozások, akkuk), a mechanikus berendezések (referenciapontok, null pozíció, tengelyek játéka, szíjak, láncok, golyós orsók, csapágys, mozgó komponensek), hegesztő áramforrások (szűrők, panelek, kábelcsatlakozások, hűtőfolyadék szint), minden hegesztéssel kapcsolatos komponens ellenőrzésére, tisztítására, felülvizsgálatára kerül sor, mely alapos és szakszerű munkát igényel.

Megoldás: A féléves és/vagy éves nagy karbantartást bízunk a robotgyártó szakszervizére.

Forrás:

- [1] Jeff Wells is engineeringmanager, Tregaskiss, 855-644-9353, www.tregaskiss.com.
- [2] <https://www.canadianmetalworking.com/canadianmetalworking/blog/automationsoftware/welding-tech-keeping-welding-robots-fit>
- [3] Cloos-os belső anyagokat is meg lehet említeni

*Lakos Szabina

Okl. Gépészmérnök, Hegesztőmérnök EWE/IWE



3M™ SPEEDGLAS™ G5-01 nehézipari hegesztőpajzs

- Natural Color színtechnológia
- állítható légáramlás
- teljesen személyre szabható



www.corweldplus.hu

3M Science.
Applied to Life.™

OERLIKON

CITOWAVE III

**Hegesztő áramforrások
harmadik generációja**

MODERN TERVEZÉS

teljes mértékben
alkalmazkodik az Ön
igényeihez



SWAN

Hegesztés-felügyelő
adminisztrátor hálózat



**KÖNNYEN
KEZELHETŐ
KORSZERŰ
TECHNOLÓGIA**

7 EGYEDI ELJÁRÁS:

Speed Short Arc, Puls,
Soft Silence Pulse, Spray Modal,
High Penetration Speed, Advanced
SeQuencer, Pure Controlled Metal

GARANCIA

3
ÉV

www.oerlikon-welding.com

www.lincolnelectric.com

Dr. Kovács Tünde*, Schramkó Márton**

Elektroakusztikai és képlékeny alakváltozási elméletek az ultrahangos hegesztésben, elemzés kísérleti eredmények alapján

1. Bevezetés

Az ultrahangos hegesztés fizikai alapja az elektroakusztikus, a képlékeny alakváltozás, valamint a sűrűdésből adódó hő hatására bekövetkező változások a kristályszerkezetben. A nagy frekvenciájú ultrahang rezgés energiát visz a kristályrácsba [1-6]. A hegesztett kötés az ultrahangos hegesztés során a munkadarabot érő komplex hatás eredménye. A létrehozott kötés fizikai és mechanikai tulajdonságai a hegesztett anyag kristályszerkezetétől és a benne található rácshibáktól is függenek. Az anyagok mechanikai tulajdonságai bekövetkező változások a diszlokáció elméletre alapozva magyarázhatók. A képlékenységtan összefüggései a felületen középpontos köbös kristályrácsú anyagokra ismertek [2, 7-9]. A szilárd testek rugalmas tulajdonságai a rugalmasságtan szerint értelmezettek. Ismert, hogy a valós kristályszerkezetű anyagok számos hibát tartalmaznak. Ezek a hibák az üres rácshelyek, beékelődő vagy helyettesítéses saját, illetve idegen atomok. A képlékeny alakváltozás során megfigyelhetők a csúszó síkkal elmozduló vagy maradó területek. Az eltérő területek határán új, vonalszerű kristályhiba keletkezik, ez a diszlokáció. Az első alkalmazott diszlokáció elméletet Taylor, valamint tőle függetlenül Orowan és Polányi alkotta meg. A képlékeny alakváltozás során éldiszlokáció keletkezik, ami végig haladva a rácson elcsúszást eredményez. Az éldiszlokáció a kristályrácsban extra félsík kialakulását eredményezi.

A diszlokációk termodinamikailag nem stabilak, ez azt jelenti, hogy számuk a kristályrácsban a hőmérséklettől függően változhat [2, 10-12].

Másik, kristályszerkezet szempontjából igen fontos hatás, amely a mechanikai tulajdonságokra is hatással van, az alakítási keményedés jelensége. A képlékeny alakváltozás, feszültség függő kristálysík elcsúszást okoz. Ugyanakkor ismert az alakítási lágyulás is, amely hőmérséklet változással kísért jelenség.

Meg kell említeni, tekintettel a hegesztési eljárásban alkalmazott ultrahang miatt, az akusztikus lágyulási jelenséget, Blaha és Langenecker munkája alapján [13], a rugalmas hatás, ami csökkenti a feszültséget a szilárd testekben. Ezt a hatást mind egykristály, mind polikristályos anyagok esetén is kimutatták. Számos kutatási eredmény alapján megállapítást nyert az ultrahang hatására bekövetkező lágyulás és a feszültség amplitúdó közötti kapcsolat [2]. Szintén megállapítást nyert, hogy a tapasztalt lágyulás független az oszcillációtól, ha a frekvencia 15–80 kHz közötti, a képlékeny alakváltozás maximuma 16% és a folyamat 20–500 °C között megy végbe. Az ultrahang hatására a diszlokációk elmozdulnak, és a belső feszültségek leépülnek. Az ultrahang hatására létrejövő diszlokáció-sűrűség csökkenés és kristályszerkezeti változások kísérletekkel igazoltak [9, 13]. Az 1. ábra egy TEM (Transzmissziós Elektronmikroszkópi) kép egy alumínium próbatestben a diszlokációk rendeződéséről.

A képlékeny alakváltozás, a sűrűdés okozta hő és az elektroakusztikai energiabevitel eredményeként dinamikus újrakristályosodás és lágyulással együtt járó szemcsefinomodás tapasztalható a hegesztett kötésben. Az ultrahangos hegesztés során a munkadarabot ért komplex hatások kristályszerkezetben okozott változásai az alkalmazott hegesztési paraméterek, valamint a felhasznált alapanyag esetében még nem ismertek teljes körűen.

Az ipari gyakorlatban az előírt mechanikai tulajdonságok elérése (megfelelő kötésszilárdság) a cél, amelyhez optimális hegesztési paraméterek szükségesek. Ezek meghatározásához a fizikai és kristálytani elméletek adnak alapot [14-16].

Az iparban, azon belül is az elektronikai iparban, gyakran szükséges különböző fémkábelek és csatlakozó elemek rögzítése. Ez sok esetben, például az informatikai eszközöknél, megoldható forrasztással, de ez egy autó vagy

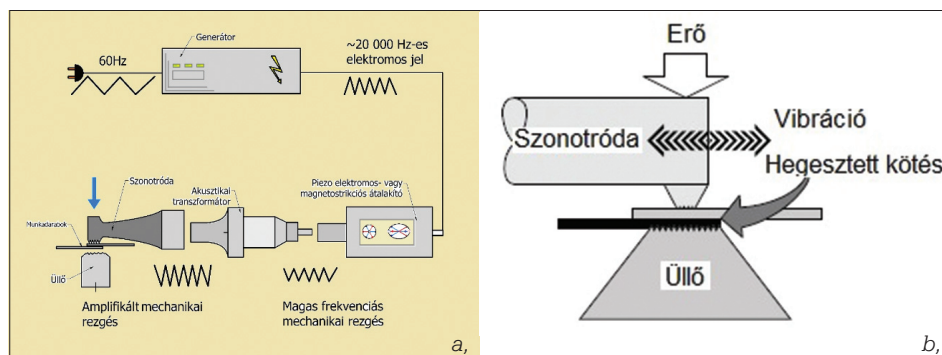


1. ábra. Ultrahanggal hegesztett alumínium próbatestben a diszlokációk rendeződéséről készült TEM felvétele.

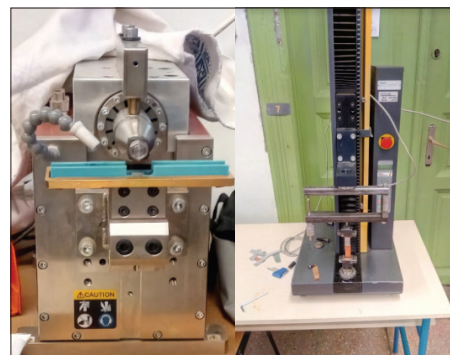
egy hajó esetében könnyen elégtelennek bizonyulhat, ugyanis a forrasztóanyag nem csak mechanikai, de környezeti (kémiai) hatásoknak is kitett, ezért a károsodási folyamat agresszívebben jelentkezik. (Hajók esetében például a korrózió miatt teljesen eltűnik akár egy év használat után a forrasztás, a párás levegő elektrolit hatása miatt.) Ezen okok miatt széles körben folynak kutatások, hogyan lehetne kiváltani ezeket a forrasztott kötések. A kötés létrehozása során az okoz nehézséget, ami sokszor felmerül, hogy eltérő anyagok között is kell fémes kötést létesíteni, a kontakt korrózió elkerülésével, ami nehéz feladat. Kísérleti eredmények alapján megállapítható, hogy az ultrahangos hegesztés alkalmas számos különböző fém összehegesztésére, kis hőhatásövezet mellett kielégítő szilárdságú fémes kötést létrehozni mind azonos, mind vegyes kötések esetén (leggyakrabban Al-Cu; Al-Al; Cu-Cu anyagpárok) [17-19].

2. Az ultrahangos hegesztés

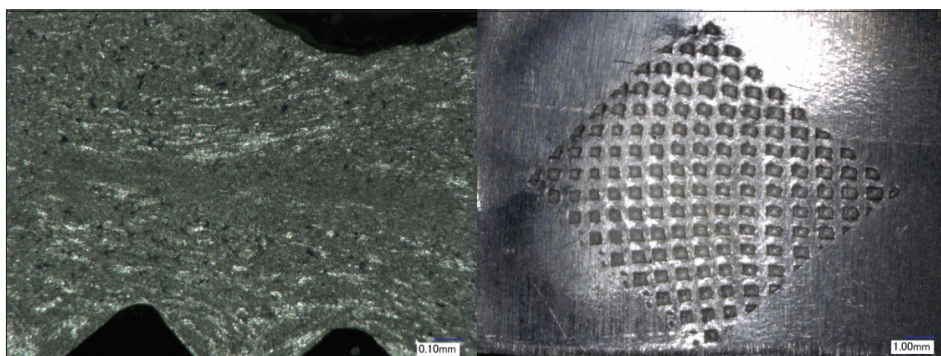
Az erősített mechanikai rezgések generátorral táplálva magnetostrikciós vagy piezoelektromos elven jönnek létre, majd az akusztikai transzformá-



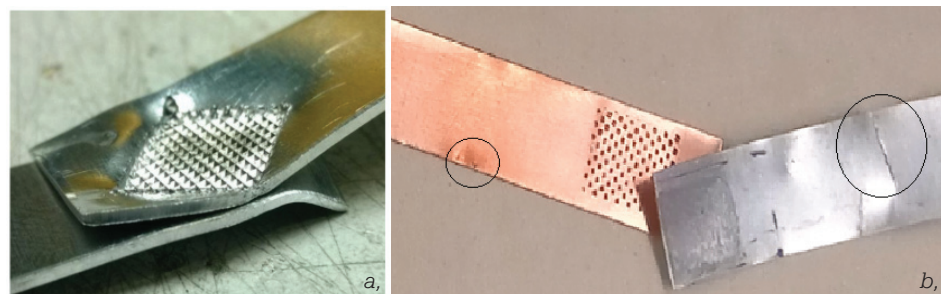
2. ábra. A gép sematikus ábrája [21, 22]



5. ábra. Az ultrahangos hegesztő berendezés és a szakítógépet [21]



3. ábra. Alumínium-alumínium lemez ultrahangosan hegesztett varrata a.) keresztmetszete és b.) felülete



4. ábra. Jellegzetes károsodások

tor átalakítja, és a szonotródán keresztül lehetővé válik a kötés kialakítása. A folyamatot a 2. ábra mutatja be.

Az ultrahangos hegesztési eljárás (2. b ábra) során a munkadarabot nagyfrekvenciájú (20–40 kHz) rezgések érik. Anyagminőségtől függően ez kifáradást, esetleg törést is okozhat. A nagy képlékenységu anyagoknál ez a hidegsajtoló hegesztési eljárás előnyös (pl.: Al, Cu anyagok) kohéziós kötés létesítésére, mert a megfelelő paraméterek alkalmazása mellett alig vagy kis mértékben befolyásolja az anyag szövetszerkezetét a kötésben és a hőhatásövezetben, ezért a mechanikai tulajdonságok sem változnak számottevően. A 3. ábra alumínium lemez hegesztett kötésének metszetét mutatja be, látható a képlékeny alakítás hatására létrejött maradé alakváltozás (az üllő mintázata a felületbe másolódik).

A nem megfelelő hegesztési paraméterek alkalmazása nem megfelelő kötés kialakítást okoz, ridegedéshez, repedéshez vagy a hegesztett kötésben és a hőhatásövezetben a nagy hőhatás által keletkezett elszíneződésekhez, olvadáshoz vagy megégéshez vezethet. Az ultrahangos hegesztési eljárással létrehozott kötés megfelelősége erősen függ az alkalmazott paramérektől. A hibás paraméterekkel végzett hegesztés okozta károsodások jellegzetes példáit a 4. a, és 4. b, ábra mutatja be, amely túlzott maradé alakváltozás vagy repedés is lehet.

3. Hegesztési paraméterek meghatározása kísérleti úton

A hegesztési kísérleteket egy Branson Ultraweld L20 típusú ultrahangos hegesztőgéppel végeztünk (5. ábra), majd

a hegesztett mintákat egy Zwick szakítógéppel (3. ábra) vizsgáltuk (nyíró szakító vizsgálat). A hegesztő gép maximálisan 0,69 MPa nyomást tud előállítani a hegesztés során. A hegesztés ideje maximálisan 5 perc lehet, de ha a megadott maximális teljesítményt túllépi, a berendezés vészleállást végez. Az alkalmazott szakítógépnél a maximális szakító erő 1000 N volt.

A kísérlet során tiszta (vörös) réz huzal és sárgarézt kábelcsatlakozó összehegesztését végeztük (pontos kémiai összetétele nem ismert). A 3 mm átmérőjű huzalokból 100 mm hosszú kísérleti darabokat vágunk. A kábelvégek az alkalmazott huzalhoz, kereskedelmi forgalomban kaphatók. A szakító próbát ezeken a darabokon végeztük, melynek eredményét a 6. ábra mutatja. A huzal hegesztés előtt mért folyáshatára $R_{eH}=78$ MPa volt.

A kísérleteink során az időparamétert a szakirodalom alapján választottuk meg, majd ezt próbahegesztésekkel ellenőriztük, ebből jól látható volt, hogy a 0,80-0,85 s hegesztési idő intervallumból kilépve a kötés szilárdsági paraméterei drasztikusan romlanak.

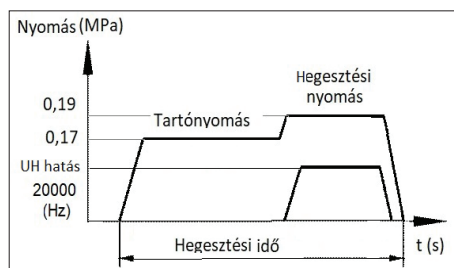
Amennyiben a hegesztési időparaméter túl kicsi, akkor nem alakul ki kötés, amennyiben túl nagy, abban az esetben pedig a nagy hőképződés beégésekhez, illetve a kötés vagy a huzal esetleg a kábelvég károsodásához vezethet.

Ezt követően a hegesztés másik paraméterének az amplitúdónak a vizsgálatát végeztük el. Az 7. ábrán látható diagram a hegesztett munkadarab nyíró szakító vizsgálata során meghatározott folyáshatár ($R_{p0,2}$) változását mutatja be az amplitúdó függvényében.

A diagramon jól látható, hogy az amplitúdó változtatása nagyban befolyásolja a hegesztett kötés szilárdsági eredményét, az optimális amplitúdóval nagy folyáshatárt (63 MPa) tudunk elérni (amplitúdó ($A=42 \mu m$)), majd az amplitúdót növelve a kötés minősége



6. ábra. Huzal és kábelvég szakítás után



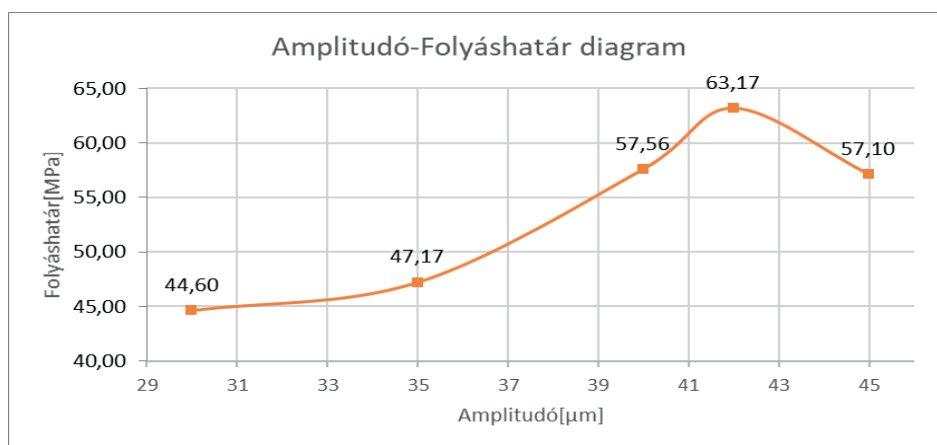
8. ábra. Ultrahangos hegesztés munkarendje [22]

ismét romlani kezd. A megfelelő amplitúdó eléréséig a huzal és kábelvég közti kötés nem alakult ki, majd ezt az amplitúdó értéket meghaladva ismét nem-megfelelőséget tapasztalunk.

Az eljárás alkalmazása során a varrat minőséget több paraméter pontos beállítása alakítja, ezek pontos, finomhangolása elengedhetetlen a megfelelő hegesztett kötés létrehozásához. A legfontosabb paraméterek az ultrahangos hegesztés során az amplitúdó, a hegesztési idő, a kapcsolódó felület, valamint az összeszorító erő által létrehozott nyomás az ultrahang hatás előtt (tartónyomás) és alatt (hegesztési nyomás). A hegesztési munkarendet a 8. ábra szemlélteti.

Speciális huzal és kábelcsatlakozó hegesztése során a nem megfelelő szorító nyomás alkalmazása negatívan befolyásolja, roncsolhatja a huzal szálait, esetleges szakadásokat okozva a huzalban, ami a vezetőképességet és a kötésszilárdságot is ronthatja. Az amplitúdó és időparaméter együttesen az ultrahangos hatással hozza létre a hegesztett kötet, a nem megfelelő beállítás a kötésben hibákat okoz.

Az iparban már régóta használják a különböző ultrahangos eljárást, például az akkumulátorok csatlakozásainak hegesztéséhez és több különböző elektronikai eszközhöz vagy akár huzalok egyesítéséhez. Egyes ultrahangos hegesztési kísérletek esetén, mikor huzal egyesítést végeznek az ajánlott értékek a következők: idő(s): 0,82 s amplitúdó(a): 25 μm illetve az energia: 1760 Ws [23, 24]. Ezen eseteknél általában megadnak egy kezdeti magasság értéket, illetve egy, a folyamat végén elvárt értéket (képlékeny alakváltozásra optimált). Kísérleteink során a kábelvégek hegesztésével foglalkoztunk (erről a 7. ábrán láthatnak illusztrációkat), amelyhez az irodalomban talált értékekből indultunk



7. ábra. A folyáshatár az amplitúdó függvényében



9. ábra Kábel-kábelvégek kötése [25]

ki, és a saját hegesztő gépünkre határoztuk meg az optimális paramétereket.

Összefoglalás

A kísérletsorozat eredményeként meghatároztuk az elvárt kötésszilárdságot biztosító paraméter együttest az alkalmazott ultrahangos hegesztő berendezéshez. Hegesztési idő ($t=0,82\text{ s} \dots 0,84\text{ s}$ között), az amplitúdó paraméter $A = 42\text{ }\mu\text{m}$, a tartónyomás (T.P. = 0,18 MPa) és a hegesztési nyomás (W.P. = 0,207 MPa).

Az ultrahangos hegesztés során kialakult mechanikai tulajdonságok erősen függenek a hegesztési paramérektől, ezt nyíró szakító vizsgálattal ellenőriztük.

A mikroszerkezet kialakulásában jelentős szerepe van a képlékeny alakváltozásnak (tartó-, és hegesztési nyomás), ennek hatására bekövetkező alakítási keményedésnek, valamint a súrlódási hő okozta lágyulásnak, miközben dinamikus újrakristályosodás is bekövetkezik. A hegesztési idő és az amplitúdó megválasztása a keletkező hő miatt kiemelten fontos.

A hegesztési eljárás elvi alapja az elektroakusztikus emisszió, amely energiát ad át a mikroszerkezetnek, ezzel befolyásolja a diszlokációk mozgását, újabb diszlokációk keletkezését és megszűnését, relaxációt is. Az ult-

rahang hatás diszlokáció elmélete ezt támasztja alá, amelyet a kutatás egy későbbi fázisában TEM vizsgálatokkal igazolni kívánunk.

A felsorolt hatások elemzésére további kísérlet sorozatokat folytatunk, de a hegesztés eredményeként létrejött kötés szerkezetének mechanikai tulajdonságai ismertek, amelyek alapján a gyakorlat számára fontos paraméterek meghatározása elvégezhető.

Az eredmények alapján elmondható, hogy az eljárás, ahogyan már az iparban is használják sok helyen nem véletlenül került be a köztudatban az elmúlt évtizedben, egy igen gyors és hatékony technológia, amely kiválthat más kötési technológiákat, fémes kötet biztosítva hegesztő vagy forrasztó anyag alkalmazása nélkül az ipari mindennapokban.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet kívánnak mondani a Magyar Államnak és az Európai Uniónak az EFOP-3.6.1-16-2016-00010 projekt keretében nyújtott támogatásért.

Absztrakt

(Dr. Kovács Tünde; Schramkó Márton)

Az ultrahangos hegesztés egy viszonylag új és széles területen alkalmazható hegesztési eljárás. Ennek a eljárás-

nak az alapja a kristályszerkezetben az elektroakusztikus és képlékeny alakítás hatására bekövetkező változás, amely eredményeként az összekapcsolt szilárdtestű fémek atomjai fémes, kohéziós kötést hoznak létre. Ebben a cikkben bemutatjuk az ultrahangos hegesztési eljárás mikroszerkezeti hatásait valamint fizikai alapjait.

Továbbá egy gyakorlati alkalmazást mutatunk be, a villamos és autópálya számára is fontos huzalok és kábelvégek ultrahangos hegesztésén keresztül. Az alkalmazott színrez huzalt sárgaréz csatlakozó saruval hegesztjük össze. A kísérleti hegesztések eredményeként kapott optimális paraméterek a kötés szilárdságát minősítő nyíró szakító vizsgálat eredményei alapján kerültek meghatározásra.

Abstract

(Dr. Kovács Tünde; Schramkó Márton)

Ultrasonic welding is a relatively new and widely applicable welding process. The base of this process is the microstructural crystal lattice changing due to electroacoustic effect and plastic deformation, as a result of which establish the cohesion bonding of the solid metallic components atoms. In this paper, we present the microstructural effects as well as the physical base of the ultrasonic welding process.

Furthermore, we present a practical application for the ultrasonic welding of wires and cable ends important for both the electrical and automotive industries. The copper wire is welded with a brass connector during the experiments. The optimal parameters of welding, as well as the results of the shear tensile tests qualifying the joint, are presented in this work.

Szakirodalom

- [1] A. A. Ward, M.R. French, D.N. Leonard, Z.C. Cordero, Grain Growth During Ultrasonic Welding of Nanocrystalline Alloys, *Journal of Materials Processing Tech.*, 254, 373, (2018), ISSN: 0924-0136, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2017.11.049
- [2] I. Kovács, L. Zsoldos, Dislocations and Plastic Deformation, Pergamon Press Ltd., Headington Hill Hall, Oxford, First edition 1973., ISBN 0-08-017062-5
- [3] C.Y. Gao, L.C. Zhang, A Constitutive Model for Dynamic Plasticity of FCC Metals, *Materials Science and Engineering A*, 527, 3138, (2010), ISSN: 0921-5093, doi: 10.1016/j.msea.2010.01.083
- [4] A. Rusinko, K. Rusinko, *Plasticity and Creep of Metals*, Springer, Berlin, (2011), eBook, ISBN 978-3-642-21212-3, doi: 10.1007/978-3-642-21213-0
- [5] K.W. Siu, A.H.W. Ngan, Understanding Acoustoplasticity through Dislocation Dynamics Simulations, *Philosophical Magazine*, 91, 4367, (2011), ISSN: 1478-6443, doi: 10.1080/14786435.2011.606237
- [6] D. Hull, D. J. Bacon: *Introduction to Dislocations*, Fifth edition, Elsevier, Oxford, (2011), eBook, ISBN: 978-0-08-096672-4.
- [7] J. P. Hirth, L. Kubin, *Dislocations in Solids*, The 30th Anniversary Volume, 16, North-Holland is an imprint of Elsevier, (2010), ISSN: 1572-4859
- [8] C. Chen, C. Zhu, E.R. White, C. Chiu, M.C. Scott, B.C. Regan, L.D. Marks et al, Three-Dimensional Imaging of Dislocations in a Nanoparticle at Atomic Resolution, *Nature*, 496, 74., (2013), doi: 10.1038/nature12009.
- [9] J.R. Groza, J.F. Shackelford, E.J. Lavernia, M.T. Powers, *Materials Processing Handbook*, CRC Press, Boca Raton, (2007), eBook, ISBN: 978-0-8493-3216-6, doi: 10.1080/10426914.2012.689459
- [10] I. Lum, H. Huang, B. H. Chang, M. Mayer, D. Du, Y. Zhou, Effects of superimposed ultrasound on deformation of gold, *Journal of Applied Physics*, 105, 024905, (2009), doi: 10.1063/1.3068352
- [11] M. Shakil, N.H. Tariq, M. Ahmad, M.A. Choudhary, J.I. Akhter, S.S. Babu, Effect of Ultrasonic Welding Parameters on Microstructure and Mechanical Properties of Dissimilar Joints, *Materials and Design*, 55, 263, (2014), ISSN: 0264-1275, doi: 10.1016/j.matdes.2013.09.074
- [12] V. Salinas, F. Lund, N. Mujica, R. Espinoza-González, F. Lunda, N. Mujica, In Situ Monitoring of Plastic Deformation Using Ultrasound, *International Journal of Plasticity*, 97, 178, (2017), ISSN: 0749-6419, doi: 10.1016/j.ijplas.2017.06.001
- [13] M. Tanibayashi, A Theory of the Blaha Effect, *Physica Status Solidi (a)* 128, 83 (1991), ISSN: 1862-6319, doi: 10.1002/pssa.2211280109
- [14] H. Sedaghat, W. Xu, L. Zhang, Ultrasonic Vibration-Assisted Metal Forming: Constitutive Modelling of Acoustoplasticity and Applications, *Journal of Materials Processing Tech.*, 265, 122, (2019), ISSN: 0924-0136, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2018.10.012
- [15] H. Peng, D. Chen, X. Jiang: Microstructure and Mechanical Properties of an Ultrasonic Spot Welded Aluminum Alloy: The Effect of Welding Energy, *Materials*, 10, 449, (2017), ISSN 1996-1944, doi: 10.3390/ma10050449
- [16] K.W. Siu, H. Liu, A.H.W. Ngan, A Universal Law for Metallurgical Effects on Acoustoplasticity, *Materialia*, 5, 100214, (2019), ISSN: 2589-1529, doi: 10.1016/j.mta.2019.100214
- [17] S. Kahl, H.E. Ekström, J. Mendoza, Tensile, Fatigue, and Creep Properties of Aluminum Heat Exchanger Tube Alloys for Temperatures from 293 K to 573 K (20 °C to 300 °C), *Metallurgical and Materials Transactions A*, 45, 663, (2014), ISSN 1073-5623, doi: 10.1007/s11661-013-2003-5
- [18] H. Li, B. Cao, Microstructure and Mechanical Properties of Resistance Heat-Assisted High-Power Ultrasonic Dissimilar Welded Cu/Al Joint, *Metals*, 9, 873, (2019), ISSN 2075-4701, doi: 10.3390/met9080873
- [19] H. Huang, J. Chen, Y.C. Lim, X. Hu, J. Cheng, Z. Feng, X. Sun, Heat generation and deformation in ultrasonic welding of magnesium alloy AZ31, *Journal of Materials Processing Tech.*, 272, 125, (2019), ISSN: 0924-0136, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2019.05.016
- [20] <https://www.assemblymag.com/articles/88274-wire-processing-wire-to-wire>
- [21] Schramkó M.: Ultrahangos hegesztés szakdolgozat 2020. OE, Budapest
- [22] Kovacs T. A.: Investigation of Imperfections Formed at the Ultrasonic Welding of Copper Sheets, *Acta Materialia Transylvanica* (2019) Volume 2: Issue 1., p. 43-48. <https://doi.org/10.33924/amt-2019-01-07>
- [1] Poovannan, A. and Rajiv Gandhi Salai: Optimization of Ultrasonic Metal Welding Parameters for Copper Sheet to Copper Wire Joints and Numerical Analysis of Ultrasonic Wire Bonding. *Middle-East Journal of Scientific Research* 23 (1): 71-76, (2015) <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2015.23.01.22035>
- [1] Harthoorn, J. L. (1978). *Ultrasonic metal welding* Eindhoven: Technische Hogeschool Eindhoven <https://doi.org/10.6100/IR161561>
- [1] <https://www.schunk-sonosystems.com/en/applications/wire-harness>

Dr. Kovács Tünde, egyetemi docens
Schramkó Márton, egyetemi hallgató

PLYMOVENT®

clean air at work

- piacvezető
- szakértő
- állandó
- tapasztalt
- megbízható

**20 éve Magyarországon
a hegesztési füstelszívásban**

www.plymovent.hu

AC PLYMOVENT Kft.

2132 Göd Pozsonyi u. 15.
tel: 06 27 530 300 fax: 06 27 530 309
mail: informaciokeres@plymovent.hu

Tisztelt Ügyfelünk!
Kedves Olvasónk!

Szakfolyóiratunk a hirdetni kívánók igénye kielégítése céljából továbbra is az eddigi, színskála alapján történő választási lehetőséget szeretné biztosítani.

Az újság vágott mérete: 215×290 mm.

A hirdetések mérete:

A/4	kifutó	215+10 mm×290+10 mm
	nem kifutó	190 mm×250 mm
A/5	fekvő	190 mm×125 mm
	álló	125 mm×250 mm
A/6		125 mm×100 mm
	fekvő	190 mm×70 mm
	álló	60 mm×250 mm

A 2020-ra vonatkozó ÁFA nélküli hirdetési árak az alábbiak:

	Méret			
	A4	A5	A6	
Címlap fotó (218 mm × 168 mm)	135	–	–	eFt
Hátsó külső borítón	125	–	–	eFt
Első belső borítón	120	–	–	eFt
Hátsó belső borítón	115	–	–	eFt
Belíven	110	95	85	eFt
PR-hírek és információ	25	15	–	eFt
Az MhTE honlapján www.mhte.hu hirdetés	15			eFt

Az MhTE tagvállalatai 10% kedvezményre jogosultak. Az a tagvállalat, amely egy naptári évben 4 alkalommal hirdet, az 15% kedvezményre jogosult.

Az a hirdető, aki nem tagja az MhTE-nek, de egy naptári évben 4 alkalommal hirdet, 7,5% kedvezményre jogosult. A kedvezmények érvényesítése az év végi számlában történik meg.

Dr. Gremesberger Géza
főszerkesztő

**LAPZÁRTA MINDEN NEGYEDÉV
ELSŐ HÓNAPJÁNAK 10. NAPJA.**

Felelős kiadó: GAYER BÉLA, az MhTE igazgatója
Főszerkesztő: Dr. Gremesberger Géza, Telefon: 0620-983-77-99
Szerkesztő, hirdetés szervező: GAYER BÉLA
Telefon: 06 1 769 0056/8; bgayer@mhte.hu
Szerkesztőség: Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés,
1149 Budapest, Mogyoródi út 32.
Telefon: 06 1 769 0056, Fax: 06 1 769 2027
e-mail: mhte@mhte.hu

Felelős vezető:

Gollob Józsefné, a PLANTIN Kft. ügyvezető igazgatója

Fedélterv, szedés, tördelés és nyomtatás:

a PLANTIN Kiadó és Nyomda Kft.-nél készült,
1092 Budapest, Ráday utca 31.

Telefon: 06 30 9210 478, 06 20 9370 350

A folyóirat évente négyszer jelenik meg.

1 példány ára 2020. évben: 500,- Ft + 5% ÁFA.

Évi előfizetési díj: 2000,- Ft + 5% ÁFA.

Előfizethető a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülésnél, az előfizetési díjak kiegyenlítésére, számla ellenében az alábbi lehetőségek választhatók:

1.) készpénzzel az MhTE pénztárában

2.) belföldi postautalványon

3.) banki átutalással

ISSN 1215-8372

Fizetett hirdetések

AC Plymovent Kft.	67	Lincoln Electric Kft.	62
Böhler Kereskedelmi Kft. B. II.		Máttra Diagnosztika Kft.	30
Centrotool Kft. B. III.		Messer Hungarogáz Kft.	34
Cooptim Ipari Kft.	4	Polyweld Kft.	56
Corweld Plus Kft.	44, 61	Qualiweld Kft.	46
Crown Int. Kft.	54	Rechnen Kft.	45
ÉMI-TÜV Kft.	16	Rehm Kft. B. IV.	
Flexman Robotics Kft.	55	Welding Hungary	2
Géper Kft.	30	Weldotherm Kft.	3
Linde Gáz Mo. Zrt. B. I.			

FONTOS!

Kérjük azon hirdetőinket, akik kész hirdetést adnak le,

TIF-ben, EPS-ben vagy PSD-ben

készítsék el, CMYK-re színrebontra.

Színnyomatot kérünk mellé! Köszönjük!

Szerzőink figyelmébe!

Kérjük kedves szerzőinket, hogy a megjelentetni kívánt fény-

képeket ne word dokumentumba ágyazva küldjék el, hanem

külön állományként: jpg, jpeg, tif, eps, psd formátumban.

Emailon csatolmányként, vagy adathordozón (CD, DVD, stb.).

Csak így tudjuk biztosítani

a képek jó minőségét!



»OBSERVER«

**1084 Budapest, Auróra utca 11.
Telefon: 303-4738; Fax: 303-4744**