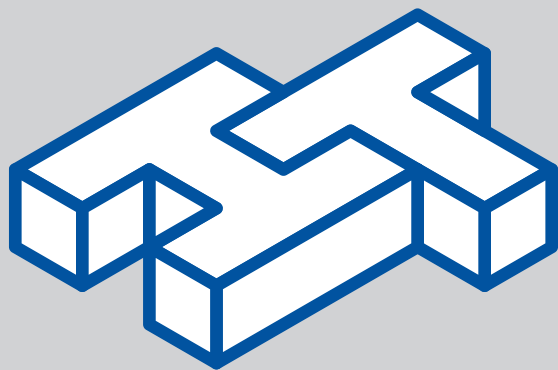




HEGESZTÉS- TECHNIKA

XXXV. évfolyam 2024. / 3.

A Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés Folyóíráta

Making our world more productive



Linde Green

A Linde Green gázok
előállításához 100%-ban
megújuló energiát használunk.

www.lindegas.hu

WHITE SHARK WELDING WIRE

WHITE SHARK WELDING WIRE

WHITE SHARK WELDING WIRE

WHITESHARK.HU



Welding Hungary



WHITE SHARK WELDING GROUP

WHITE SHARK WELDING GROUP

WHITE SHARK



W E L D I N G W I R E

TARTALOM

1 Hírek News Nachrichten

Újdonságok a XXXII. Nemzetközi Hegesztési Konferencián	3
Beszámoló a Nemzetközi Hegesztési Intézet (IIW) 77. Közgyűléséről	8
Nemzetközi hegesztőmérnökök végeztek a Miskolci Egyetemen	12
Lezárult az első IWSD, hegesztettszerkezet-tervező szakmérnök képzés	12
Lezárult a hegesztőspecialista és a hegesztőtechnológus képzés az Óbudai Egyetemen	14
Gyémántoklevelet vett át Dr. Gremesberger Géza ny. főiskolai tanár	15
Híradás a 11. Anyagvizsgálat a gyakorlatban konferenciáról	17
Dr. habil. Palotás Béla a Miskolci Egyetem ATI tiszteletbeli professzora	20
PhD fokozatot szerzett Kovács Judit a Miskolci Egyetem tudományos segédmunkatársa	20
A Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés által tanúsított fémeket hegesztők oktató- és felkészítőhelyei	22
MHTE Akadémia - 2024. évi képzési terv	22
A Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés által tanúsított műanyagot hegesztők oktató és felkészítőhelyei	23
A Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés által az MSZ EN ISO 9712 szerinti vizsgálók képzésére tanúsított helyek	23
Magyar Meghatalmazott Nemzeti Testület által EWF/IIW oktatás bonyolítására jóváhagyott bázisok	23
DIN-Közlemény – szabvány használatra	24
Nemzetközi / Európai Kiemelt hegesztő tanfolyam vizsgázói	26
Nagy hőállóságú hegesztett termoplasztok rövid- és hosszú-távú tulajdonságai	28
Tallózás a hegesztési szaklapokban	33
A hegesztés és rokon eljárásai szakterületen 2024. második félévére tervezett programok	36
Hegesztési/Ragasztási Felelősök XXV. Országos Tanácskozása	37
Szabványosítási hírek	37

2 Tudományos Publikációk Scientific Publications Wissenschaftliche Veröffentlichungen

Budaházy Viktor, Kollár Dénes, Borhy István	
Második generációs hőforrás modell kidolgozása MAG-hegesztés eljárásváltozataihoz	41
Development of second generation heat source model for MAG welding process variants	41

3 Kutatás-Fejlesztés Research and Development Forschung und Entwicklung

Gáspár Marcell, Raghawendra P. S. Sisodia	
Offshore acélok tulajdonságai és hegeszthetősége	53

Kovács Attila, Somogyiné Molnár Judit, Jármay Károly	
Hegesztő berendezések hatása a villamos energia minőségére	63
The effect of welding machines on the quality of electricity	63

4 Pályázatok

Nemzetközi / Európai Kiemelt hegesztő tanfolyam vizsgázói	70
Centre of Vocational Excellence in Welding and Non-Destructive Testing COVE-WENDT Project célkitűzéseinek ismertetése	
Project 101143944 — COVE-WENDT — ERASMUS-EDU-2023-PEX-COVE	70
iQMet projekt	71
FivE Projekt	71
IQVet projekt (Innovative Quality of Vocational Educational and Training) – Innovatív minőségi szakoktatás és szakképzés	73

Címlapon: Linde Gáz Mo. Zrt.

A Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés szakfolyóirata
Periodical of the Hungarian Association of Welding Technology and Material Testing
Zeitschrift der Ungarischen Vereinigung für Schweißtechnik und Material Prüfung



Hegesztőmérnöki szolgáltatás, hegesztési felügyelet biztosítása, hegesztéstechnológiai szaktanácsadás, technológiavizsgálatok és hegesztőminősítések koordinálása, hegesztési és vizsgálati tervek készítése, hegesztési munkarendi előírások (WPS-ek) megalkotása.



Tartályvizsgálói szolgáltatás, állóhengeres tárolótartályok gyártása, kivitelezése és helyszíni technológiai szerelése közbeni műszaki felügyelet biztosítása, gyártásközi ellenőrzések lefolytatása, műszaki dokumentáció összeállításában való közreműködés.



Műszaki felügyeleti terv kidolgozása, kickoff meeting és projektmegbeszélések szervezése, műszaki felügyeleti terv gyártókkal és kivitelezőkkel történő megismertetése, beszállítói auditok kidolgozása és lefolytatása, helyszíni munkavégzés felügyeletének dokumentálása.



Tanúsító cégek megbízásából akkreditált eljárásban, vagy kijelölés alapján végzett megfelelőségértékelési tevékenység, üzemtanúsítás (ISO 3834-2/3), terméktanúsítási tevékenység (PED és SPVD), technológia- és személytanúsítás (ISO 15614 és 9606 szabványsorozat).



Hegesztő szakemberek minősítővizsgára való felkészítése, gyártócégek minőségirányítási, karbantartási és műszaki menedzsmentjének képzése hegesztéstechnológia területen, hegesztési felelősök és kísérleti hegesztések szakmai támogatása, komplex technológiai szaktanácsadás.



Újdonságok a XXXII. Nemzetközi Hegesztési Konferencián

2024. június 6-8. között immár 32. alkalommal a Dunaújvárosi Egyetemen került megrendezésre a Magyar Hegesztési Egyesület rendezésében a Nemzetközi Hegesztési Konferencia, a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés, a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség, a Magyar Acélszerkezeti Szövetség együttműködésében.

A szervezők az „új eredmények a hegesztés és rokon eljárásainak alkalma-

zásában, a gépesítés és automatizálás, a biztonságos, az egészséget nem veszélyeztető munkavégzés” gondolatok köré szervezték a plenáris és a szekció előadásokat.

A Konferenciát **Dr. Gáti József**, a Magyar Hegesztési Egyesület és a Konferencia elnöke nyitotta meg, kiemelve, hogy a rendezvénysorozat története egészen 1955-ig nyúlik vissza, amikor első alkalommal került hazánkban megrendezésre az Országos

Hegesztési Tanácskozás. Köszöntötte a konferencia résztvevőit **Süli János** országgyűlési képviselőt, a házigazda Dunaújvárosi Egyetemért Alapítvány elnökét, valamint a társegyesületek képviselőit **Dr. Trampus Péter** professzor emeritust, a Magyar Roncsolásmentes Szövetség elnökét.

Megnyitó ünnepség keretében kerültek átadásra azon kitüntetések, mellyel a hegesztő közösség szolgálatában, fejlődésének elősegítésében kimagasló, példamutató tevékenységet végző szakembereket ismeri el az Egyesület. **Életmű Díjat** vehetett át **Dr. prof. em. Palotás Béla** okl. gépészmérnök, hegesztő szakmérnök, a MAHEG alapító tagja, **Gayer Béla** okleveles gépészmérnök, műanyag-felhasználó-, atomerőművi- és nemzetközi hegesztőmérnök, a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés igazgatója.

Az Egyesület **Zorkóczy Béla Emlékermet** adományozott **Dr. habil Gáspár Marcell Gyula** okl. gépészmérnök, nemzetközi hegesztőmérnök, tanszékvezető, egyetemi docens, és **Dr. habil Májlinger Kornél** okl. gépészmérnök, hegesztő szakmérnök, egyetemi docens, az Egyesület Elnökségi tagjai részére. **Magyar Hegesztésért Kitüntetett Oklevelet** vett át **Makk Piroska**, a Crown International Kft., a Carl Cloos Schweissttechnik GmbH kizárólagos magyarországi képviselete tulajdonos ügyvezető igazgatója, az Egyesület korábbi elnökségi tagja, valamint **Jobbágy Mihály** hegesztő műszaki szakember, minősített hegesztő, nemzetközi kiemelt hegesztő. **Kaiser Ute** külkereskedő, a Dincox-H Kft. korábbi ügyvezetője akadályoztatása miatt későbbi időpontban veheti át az elismerést.



Az elnökség tagjai jobbról balra: Bíró László MHE igazgatóhelyettes, Dr. Gyura László MAHEG alelnök, Dr. András István DUE rektora, Dr. Gáti József MAHEG elnök, Süli János a Dunaújvárosi Egyetemért Alapítvány elnök, Dr. Trampus Péter MAROVISZ elnök, Aszmann Ferenc MAGÉSZ elnök, Kuti János MHEG főtitkár



Az Életmű Díj kitüntetettjei: Palotás Béla és Gayer Béla

Gayer Béla 1949-ben született Budapesten, középiskolai tanulmányait követően a Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskola képlékenyalakítási szakán üzemmérnöki oklevelet, majd 1980-ban a Nehézipari Műszaki Egyetem, gépgyártástechnológus szak hegesztő ágazatán gépészmérnök diplomát szerzett. 1978-ban ZIS/Halle Központi Hegesztéstechnikai Intézetben műanyagfelhasználó szakmérnök, majd atomerőművi hegesztőmérnök képesítéssel gazdagodott. Európai és nemzetközi hegesztőmérnök, minőségirányítási auditor, ezen felsoroltak mellett több szakmai továbbképzésen bővítette ismereteit.

Életpályája során számos munkahelyen és beosztásban dolgozott, nagyrészt vezető hegesztő beosztásban. 1973-tól 1995. januárjáig a Gyár- és Gépszerelő Vállalatnál dolgozott, ahol kezdetben hegesztő technológus, majd vezető technológus, hegesztőmérnök, technológiai osztályvezető és vállalati felelős hegesztőmérnök munkakörben látta el feladatait. Vezetője volt a Minőségbiztosítási és Hegesztésfejlesztési Főosztálynak, a vállalat Oktatási Osztályának. Ismereteit, tapasztalatait kiválóan kamatoztatta külföldi szerelési munkák irányítása során, így a lubmini atomerőműben hegesztési felelősként, a tengizi olajgyűjtő állomás szerelésénél hegesztőmérnökként, illetve hazatérve a Paksi Atomerőmű hegesztés-technológiáinak készítése, illetve ellenőrzése terén.

1995. januárjától a Magyar Hegesztéstechnikai Egyesülésnél dolgozott, mint igazgatóhelyettes. Az Egyesülés irányításával sikeresen oldotta meg feladatait a fémhegesztés és kötéstechonológiák, a hegesztőüzemek minőségbiztosítása, a fémszerkezetek gyártásának és szerelésének normatechnológizálása, a hegesztő és anyagvizsgáló szakképzés, oktatás, vizsgáztatás, illetve a fém- és műanyaghegesztők minősítése terén.

Palotás Béla 1978-ban szerzett okleveles gépészmérnöki, 1983-ban hegesztő szakmérnöki, majd 1987-ben gépészeti elektrotechnikai szakmérnöki diplomát. 1985-ben egyetemi doktori, 1995-ben műszaki tudomány kandidátusi, 1996-ban PhD fokozat, majd 2017-ben Dr. habil cím birtokosa lett.

Palotás Béla az egyetem elvégzése után 1978–1981 között a Magyar Hajó- és Darugár, Angyalföldi Gyáregység dolgozott és szerzett üzemi tapasztalatot, alkalmazott kutatási gyakorlatot. A „hajógyári” tapasztalatok után 1981-től 2009-ig a Budapesti Műszaki Egyetem Mechanikai Technológia Tanszék oktatója, egyetemi docens, számos szakmai tárgy gondozója, előadója. Az Egyetemen hozta létre 1979-ben Hegesztési szakosztályt, mely azóta is működik, számos hegesztőszakembert adva az országnak. A szakosztályon keresztül és azon kívül is folyamatos tehetséggondozást folytatott. Általa vezetett hallgatók számos témát dolgoztak ki a tudományos diákköri konferenciákra.

Számos K+F feladat kidolgozásában vállalt szerepet. Kutatási területe a hegesztés, az anyagok hegeszthetősége, a hegesztés modellezése. Nevéhez fűződik több szakkönyv, könyvrészlet írása, lektorálása.

2019. januárjától a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés igazgatójaként fő feladata az érdekvédelmi, szolgáltatási és támogatói feladatok ésszerű koordinációja és irányítása. Irányításával az Egyesülés számos területen ért el sikereket. Így pl. közreműködése az Európai Hegesztési Szövetség teljeskörű tagságának elérésében, a NAT/NAH személy és terméktanúsítási akkreditációja, a brüsszeli elismerések megszerzése, a nemzetközi szakmai diplomák kiadása és cégek tanúsítása, 2000-től az EWF/IAB felhatalmazott szervezeti egységének működtetése, a nemzetközi kapcsolatok fejlesztése, mely állandó nemzetközi pályázatokban, rendezvényeken és fejlesztési eredmények elterjesztésben nyilvánul meg, a vizsgálatminősítések és tanúsítások a paksi atomerőmű primerköri szerkezetein, a „Magyar hegesztésért és anyagvizgálatért” Alapítvány létrehozása.

Gayer Béla számos hazai és nemzetközi szervezet tagja, részt vesz a Magyar Szabványügyi Testület munkájában, hat éven keresztül ellátta a Műszaki Bizottság elnöki feladatait. Tagja volt a Hegesztő Minősítő Testületnek, 2008-ig az MHE Értékelés és Módszertani Központjának vezetői feladatait látta el, elnöke a Paksi Atomerőmű Vizsgálatminősítő Testületének, tagja és oktatási szakértője a Budapesti Kereskedelmi és Iparkamara Oktatási Bizottságának. Magyarországi képviselője az Európai Hegesztési Szövetségnek.

Széleskörű tevékenysége és az Egyesülettel kialakított szakmai kapcsolat és együttműködés elismerésül 2022-ben MAHEG Magyar Hegesztésért elismerő oklevelet vehetett át. 2023-ban kiemelkedő szakmai munkájáért és kamarai tevékenységéért a Budapesti Kereskedelmi és Iparkamara elismerő oklevélben részesítette, ugyanazon évben az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Jubileumi Arany Díszoklevél kitüntetésére került birtokába.

2010. és 2018. között a Dunaújvárosi Főiskola főiskolai tanára, tudományos és kutatási rektorhelyettese. Oktató-kutatói munkássága során több mint 200 szakmai publikációt alkotott. Tevékenysége elismerésül a Dunaújvárosi Egyetem Szenátusa 2018-ban Professzor Emeritus címet adományozott részére. Jelenleg a Dunaújvárosi Egyetemért Alapítvány Kuratóriumának tagja.

1971 óta folytat szakmai közéleti tevékenységet, kezdetben a Gépipari Tudományos Egyesületben, ahol Egyesület Hegesztési Szakosztályának vezetőségi tagjaként tevékenykedett. Több éven keresztül látta el az MTA Anyagtudományi és Technológiai Bizottsága Hegesztési Albizottság elnöki feladatait is.

A Magyar Hegesztési Egyesület alapító tagja, egy cikluson át az Elnökség munkájába is bekapcsolódott, a Zorkóczy Béla Emlékérem kitüntetés birtokosa. A MAHEG Ifjúsági Fórum megalakulása óta folyamatosan támogatta annak munkáját, segítette a hallgatói közösségek szakmai programjait előadásokkal, tanácsokkal. Az ifjúság érdekében hasznosította a hazai és nemzetközi kapcsolatrendszerét. Ezirányú tevékenysége elismerésül elsőként kapta meg a MAHEG Ifjú Hegesztő Szakemberekért kitüntető címet. Az elmúlt 40 évben számos IIW és más nemzetközi rendezvényen képviselte hazánkat.



A Zorkóczy Béla Emlékérem és a Magyar Hegesztésért kitüntetés díjazottjai

Ifjú Hegesztő Szakemberekért kitüntetető címet adományozott az Egyesület **Bakos Levente** nemzetközi hegesztőmérnök, a MAHEG korábbi al-elnöke, jelenlegi elnökségi tagja részére. A **2023. Év Kiemelkedő Együttműködő Partnere** elismerés birtokosa a **Flexman Robotics Kft.** lett, mely oklevelet **Dr. Farkas Attila** ügyvezető tulajdonos vett át. A **2023. Év Legaktívabb Egyesületi tagja** elismerést **Barta Sándor** okl. gépészmérnök, hegesztő szakmérnök, a Mig-Tig Kft. ügyvezetője vette át.

A Magyar Hegesztési Egyesület két-évente, a konferenciát megelőzően

Rittinger János nevével fémjelzett pályázatot hirdet a magyar nyelven oktató egyetemeken alapképzési, mesterképzési vagy hegesztő szakmérnöki oklevelet szerzett hallgatók részére. **Rittinger János díjat** vehetett át ez alkalommal **Kiss Dominik**, a Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Anyagszerkezet-tani és Technológiai Intézet CAD/CAM szakirányú MSc szakon végzett gépészmérnöke, és **Sárossy Áron**, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék alapképzési szakon végzett gépészmérnöke. Az elismerő okleveleket

Rittinger János díj kitüntetett ifjú szakemberei

Gáti József, az értékes díjakat **Bodorkós Gergely**, a **Rechnen Hegesztőház Kft.** ügyvezetője adta át.

A megnyitót követő plenáris ülésen három átfogó szakmai előadás hangzott el, elsőnek **Felföldiné Kovács Ágnes**, a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés fenntarthatósági igazgatóhelyettese **„A világ- és a hazai acélipar helyzete”** című előadását követhette nyomon a hallgatóság.

Dr. Trampus Péter prof. em., a MAROVISZ elnöke **„A roncsolásmentes vizsgálat hozzájárulása a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbításához”** témakörébe kalauzolta a hallgatóságot.

A plenáris előadások sorát **Vigassy Csaba**, a Magyar Hidrogénteknológiai Szövetség ügyvezető igazgatója **„A hidrogénteknológiák helyzete és lehetőségei a világban és Magyarországon”** című előadása zárta.

A nyitó napot követő pénteken egész nap, és szombaton délelőtt szekcióülésekre került sor, melyek közül egy angol nyelven folyt. Az előadások mellett a program lehetőséget biztosított a felmerült kérdések meg-



Az Ifjú Hegesztő Szakemberekért, 2023. Év Kiemelkedő Együttműködő Partnere és a 2023. Év Legaktívabb Egyesületi tagja elismerés tulajdonosai

válaszolására is. A hét szekcióülésen 32 előadást követhettek nyomon a résztvevők, többek között a különböző szerkezeti és rozsdamentes acélok, alumínium ötvözetek, polimerek hegeszthetőségéről, egyes acélminőségek hegesztett varratainak vizsgálatairól, a kézi lézeres hegesztés biztonsági kérdéseiről, és gyakorlati hegesztési tapasztalatairól, a hegesztésszimulációról, a mesterséges intelligencia alkalmazásáról a képalkotó vizsgálatok értékelése során.

A szervezők a konferenciák történetében először – az Egyetem kedvező adottságait kihasználva – az első nap délelőttjétől gyakorlati bemutatót is rendeztek a Hegesztő bázison, melynek látogatási lehetőségét a konferencia résztvevőin túl, minden érdeklődő számára lehetővé tették. Az első két napon a Flexman Robotics Kft., CROWN International Kft, a Ped-Weld Kft., a Rechen Hegesztőház Kft. és a Tridragon Hegesztéstechnikai Kft. munkatársai mutatták be működés közben a legújabb hegesztő berendezéseiket és eljárásaikat. A program lehetőséget adott az érdeklődők számára az új alkalmazások kipróbálására, személyes konzultációra a jelenlévő szakemberekkel.



Dr. Gyura László megnyitja a gyakorlati bemutatót

A gyakorlati bemutatókkal párhuzamosan lehetett látogatni a konferenciaterem előterében felállított kiállításokat is, melyek betekintést adtak a KL System Kft., a Panelectrode, a CLOOS Magyarország – CROWN International Kft., a QUALIWELD Welding & Trade Kft., a Soyer Magyarország Kft., valamint a SYRIUS-WELDTECH Zrt. újdonságaiba, széleskörű kínálatába, illetve szolgáltatásaiba.



A kiállítások látogatói

Szombaton, a XXXII. Nemzetközi Hegesztési Konferencia zárásán Dr. Gáti József elnök köszönetet mondott valamennyi plenáris és szekció előadónak és résztvevőnek az érdeklődő részvételért, a szervezőknek a gondos előkészítésért és lebonyolításért, a Dunaújvárosi Egyetemnek a feltételek biztosításáért. Külön is kiemelte Kuti János, a Szervezőbizottság elnöke érdemeit, a mindenre kiterjedő, gondos házigazdai feladatellátásért.

A tanácskozás előadási anyaga ISBN számmal ellátott elektronikus kiadványban jelennek meg, mely felkerül a MAHEG honlap Tudástárába is. A Programbizottság által szakmai szempontok alapján kiválasztott közlemények szerzői felkérést kapnak eredményeik részletesebb kifejtésére, amelyek a Hegesztéstechnika folyóirat Tudományos Rovatában, vagy angol nyelvű cikk esetén az impaktfaktoros Periodica Poly-

technica Mechanical Engineering folyóiratban kerülhetnek publikálásra.

A konferencia színvonalas lebonyolítását, a részvételi díjak korlátozott értékének tartását a fő támogatók, így a **Linde Gáz Magyarország Zrt.**, a **Crown International Kft.**, a **Flexman Robotics Kft.** és a **Messer Hungarogáz Kft.** szponzorálása tette lehetővé.

A jelenlévők véleménye alapján sikeres tanácskozásra került sor, mely nemcsak a szakmai ismeretek átadását biztosította, hanem időbeosztása révén lehetőséget adott a gyakorlati bemutatók látogatására, a kiállítások megtekintésére, a konzultációkra, mindemellett a kapcsolatok kialakítására és bővítésére, a kötetlen baráti beszélgetésekre.

Találkozunk két év múlva, 2026. tavaszán, a XXXIII. Nemzetközi Hegesztési Konferencián!

Dr. Gáti József



XXXII. Nemzetközi Hegesztési Konferencia résztvevői



WELDOTHERM KFT.
HEGESZTÉSTECHNIKA
HŐKEZELÉS



High-tech Németországban **High-tech Magyarországon**

Egyenletes hőbevitel függetlenül 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 múlttal párosítva = WELDOTHERM

Beszámoló a Nemzetközi Hegesztési Intézet (IIW) 77. Közgyűléséről

1. rész

Az IIW 77. Közgyűlését és Nemzetközi Konferenciáját (Annual Assembly and International Conference) Görögországban, Rodosz szigetén rendezte meg 2024. július 7-12. között személyes részvétel formájában. A rendezvény házigazdája a Welding Greek Institute (WGI) volt. A program társszervezői feladatait a Cyprus Welding Institute (CWI) látta el. A rendezvény helyszínén a tagállamok képviselőiben több, mint 1000 fő regisztrált résztvevő vett részt (e tekintetben az elmúlt évtized legsikeresebb rendezvénye volt az ide).

A hazai szakembereket, a hegesztésben érintett szakmai közösségeket Prof. Jármái Károly egyetemi tanár (Miskolci Egyetem), a MAHEG IIW MNB elnöke, Borhy István a MAHEG IIW MNB titkára, Prof. Lukács János egyetemi tanár (Miskolci Egyetem), dr. Kovács Judit tudományos segédmunkatárs (Miskolci Egyetem), Pap Ádám PhD. hallgató (Miskolci Egyetem), dr. Raghawendra Pratap Singh Sisodia egyetemi docens (Miskolci Egyetem), dr. Kővágó Csaba tudományos munkatárs (Állatorvostudományi Egyetem) és Tóth Tamás tudományos munkatárs (Technische Universität Braunschweig) képviselte.

A szakemberek részvételét az MHTÉ Alapítvány támogatta, a beérkezett



A rodoszi rendezvény fő oldala (<https://iiw2024.com/>)

nagylelkű felajánlások – MAHEG, Linde Gáz Magyarország Zrt., Crown International Kft., Froweld Kft. – révén.

A konferencia helyszínéül a Rodosz történelmi óvárosától megközelítőleg 5 km távolságra, az Égei-tenger partján elhelyezkedő Rodos Palace Hotel szolgált. A közel 50 éves múlttal rendelkező Rodos Palace számos nemzetközi elismeréssel rendelkezik a turizmus és különösen a konferenciaturizmus területén, Görögország egyik jelentős üdülő- és konferencia-központjának számít.

General Assembly (GA)

2024. július 7-én került sor a General Assembly ülésre, ahol Magyarországot és a magyar tagszervezetet (MAHEG) Prof. Jármái Károly, Prof. Lukács János és Borhy István képviselték. A Közgyű-

lés a nemzeti delegátusok részvételével az előzetes napirend szerinti előterjesztéseket megtárgyalva, majd szavazással döntve hatékony és eredményes munkát végzett (GA-457-2024 - Minutes of the meeting of the IIW General Assembly). A Közgyűlésen összesen 40 tagszervezet Delegátusai vettek részt.

A Közgyűlésen Prof. Dr.-Ing. Thomas Böllinghaus (DVS) elnöki köszöntőjét és megnyitóját követően a résztvevők meghallgatták az elnök beszámolóját (GA-450-2024 - Annual Report of the IIW President) az elmúlt évi tevékenységről. Az elnök tájékoztatta a közgyűlést az IIW 2023-2028-as stratégiájával összhangban végrehajtott kulcsfontosságú tevékenységekről. Az elnök beszámolóját a Közgyűlés egyhangúan elfogadta.



Magyar szakemberek a rendezvény helyszínén



A rendezvény helyszíne, a Rodos Palace Hotel komplexuma



Magyar delegátusok
a General Assembly ülésén

Az elnök ismertette, hogy a Genoa-i székhelyű Istituto Italiano della Saldatura-val (IIS) az IIW titkársági feladatainak ellátására vonatkozó szerződés 2024. december 31-én lejár, egyúttal a szerződés 2025-2029 közötti időszakra történő meghosszabbítására tett javaslatot. Kiemelte a IIS profizmusát és a költségek csökkentésére tett intézkedéseit. A javaslatot a Közgyűlés egyhangúan elfogadta.

A résztvevők ezt követően meghallgatták a kincstárnok 2023. évi jelentését a gazdálkodásról (GA-0451-2024), valamint a könyvvizsgáló – dr. Alessandro Pinto – által ellenőrzött és jóváhagyott mérleget. Elfogadásra került a 2025. évi költségvetés (GA-0454r-2024), illetve ennek részeként a 2025. évi tagsági díjak (GA-0455-2024), mely Magyarország esetén 5.043 EUR-t jelent (gyakorlatilag megegyezik a 2024. évi tagdíj értékével). A 2024. évi tagdíjat Magyarország a megadott határidőig megfizette.

Az ülésen sor került a Board of Directors, valamint a Technical Management Board (TMB) tagjai megbízásának megújítására és új tagok megválasztására. A Közgyűlés egyhangú szavazással elfogadta a Hegesztés fizikájával foglalkozó új műszaki bizottság (C-XIX – Physics of Welding) megalakulását. A MAHEG IIW MNB várja az érdeklődő hazai szakemberek (Delegátus és Szakértők) jelentkezését az új munkabizottságba.

Dr. D. Luciani, mint a Working Group Governance elnöke tájékoztatta a Közgyűlés résztvevőit az IIW Alapszabályával kapcsolatos tervezett változásokról.

A legfontosabb javaslatok:

- Az IIW igazgatótanácsának kibővítése 2 alelnökről 3 alelnökre;
- A TMB és az IAB elnökeinek szavazati joggal való felruházása;
- Az IIW éves közgyűléseinek szervezésére vonatkozó új eljárások kidolgozása (professzionális rendezvényszervező bevonása („Project2026”));
- A megfigyelői tagság és a vállalati tagság bevezetése (szavazati jog nélkül);
- A levélben történő (táv)szavazás bevezetésének lehetősége.

A résztvevők beszámolót hallgathattak meg a IIW Jótékonyági Alap (IIW Charity Fund) elmúlt éves tevékenységéről. Az orosz-ukrán háborús helyzet miatt az Alapot továbbra is a Kijev-i székhelyű Paton Electric Welding Institute 2024. évi tagdíjának fedezésére használták fel.

Az elnökség beszámolt az IIW David Landon Future Leaders Programm eredményeiről, amely a fiatal szakembereknek a szervezet vezetésébe történő bevonását célozza meg annak érdekében, hogy megfigyelőként megismerjék az IIW irányításával összefüggő feladatokat és folyamatokat. 2024. évtől kezdődően Hitesh Narsia (India) és Dr. Constantinos Goulas (Hollandia) képviseli a fiatal szakembereket. A programban való részvételre a 35 év alatti magyar szakemberek is pályázhatnak a jövőben.

A résztvevők döntöttek továbbá a 2025-2026. évi Közgyűlések helyszínéről: 2025. évben Olaszország (Genoa), míg 2026. évben Ausztria (Salzburg) fog otthont adni az IIW Annual Assembly-nek. A 2027. évi rendezvény megrendezése iránt Mexikó – konkrét helyszín megjelölése nélkül – jelezte érdeklődését. Az IIW szervezeti és irányítási struktúrájának javítása érdekében tett lépésként az éves Közgyűlés szervezésébe egy gyakorlott rendezvényszervező (Aristea s.r.l.) került bevonásra 2026.-tól (3 éves időszakra).

Opening Ceremony

A 77. Közgyűlés és Nemzetközi Konferencia megnyitó ünnepségére 2024. július 7-én került sor. A rendezvény keretében kerültek átadásra az IIW kitüntetései.

Prof. Dr. Jármái Károly egyetemi tanár, a MAHEG IIW MNB elnöke 30 éves fáradhatatlan és magas szakmai színvonalú tevékenységének elismeréseként **Fellow of the IIW Award 2024**, valamint 30 éves jubileumi kitüntetésben részesült.



Prof. Jármái Károly a kitüntetésekkel



Kitüntetés átadása
az Opening Ceremony keretében

A kitüntetést az Opening Ceremony keretében a TMB elnöke, Prof. Xiaoyan Li adta át. Az elismerés mind a kitüntetett részére, mind a magyar hegesztési társadalom részére komoly elismerést jelent, hiszen magyar szakember ezt megelőzően utoljára 1990-ben kapott kitüntetést az IIW-től.

Jármái Károly professzor a kitüntetéssel az IIW a hegesztési tudomány és technológia területén elért egyéni kiemelkedő teljesítményét, valamint a szakterület

szakmai előmozdítását és fejlesztését ismerte el. Professzor úr 1993-ban kapcsolódott be az IIW tevékenységébe. Az elmúlt évtizedekben aktívan közreműködött a C-XIII és C-XV Bizottságok munkájában, 1998. óta a XV-F tervezés, gyártás és gazdaság albizottság elnökeként tevékenykedik. 2003-2006 között a TMB tagjaként támogatta az IIW tevékenységét. A Welding in the Word folyóiratban több, mint 30 publikációja jelent meg. Számos nemzetközi – IIW által támogatott – konferencia szervezője. 2019 óta tölti be a MAHEG IIW Magyar Nemzeti Bizottság elnöki tisztségét. További munkájához sok sikert és jó egészséget kívánunk!

Young Leaders munkacsoport (WG-YL)

2024. július 8-án a *Young Professional Night* A Working Group Young Leaders (WG-YL) munkacsoport 2024. július 9-én megrendezett programján Tóth Tamás képviselte a MAHEG Ifjúsági Fórumát.

Az WG-YP ülést dr. Luca Costa (IIW CEO) és Prof. Dr.-Ing. Thomas Böllinghaus (IIW elnök) nyitotta meg. Motiváció céljából sor került egy rövid, szakmai előadásra is elnök úr jóvoltából, amely során kitért a jövőt nagyban meghatározó hidrogén alapú infrastruktúrára és annak a fejlesztés szempontjából vett kihívásaira is. Ezt követően Dr. Kittichai Sojiphan, a munkacsoport leköszönő elnöke és Dr. Ghazal Moeini, annak titkára és újonnan megválasztott elnöke vették át a szót és foglalták össze az elmúlt év eseményeit. Végezetül Tóth Tamás mutatta be az első online YPIC főbb eseményeit és statisztikáit. Az ülést egy rövid, Activity-hez hasonló Ice Breaker zárta, majd azt követően a Young Professional Night elnevezésű összejövetelre került sor a tengerparton, mely program nyújtott kiváló lehetőséget a 35 év alatti fiatal kutatók, mérnökök számára a kötetlen ismerkedésre és a személyes kapcsolatok kialakítására.

A munkacsoport vezetése ettől az évtől kezdve az elnökségből és az őt támogató Steering Committee-ből áll, melyben Tóth Tamás is aktívan közreműködik. A Steering Committee nyitó ülésére 2024. augusztus 1-én került sor. Ezen fe-

lül megkezdődött a második YPIC online szervezése is, mely előreláthatólag 2025. februárban kerül megrendezésre az IIW által biztosított Zoom platformon. Terv szerint egy kétnapos rendezvényre kerül sor annak érdekében, hogy – tekintettel a különböző időzónákra – a programokat a 13:00 és 17:00 közötti időszámban lehessen lebonyolítani, hasonlóan a 2024-es YPIC online rendezvényhez.

Regionális Aktivitás munkacsoport (WG-RA)

Az IIW RA Regionális Aktivitás munkacsoport ülésére 2024. július 7-én került sor. A bizottság elnöke Dorothee Schmid (DVS). Az ülés keretében áttekintésre kerültek az IIW keretében, illetve támogatásával lezajlott, illetve közeljövőben megvalósuló események. Az ülésen Prof. Jármay Károly, Borhy István és Tóth Tamás képviselte a magyar szakembereket.

A WG-RA ülésen számos, az IIW szempontjából örömteli hírt jelentettek be. A közösség két új tagországgal, Namíbiával és Egyiptommal bővült. Áttekintésre került ezen túlmenően az IIW által létrehozott jótékonyági alap (Charity Fund), mellyel a feltörekvő országokat, a háború sújtotta Ukrajnát, illetve a fiatalokat kívánják támogatni. Bemutatásra kerültek az elmúlt év eseményei, például a Bangalore-ben megrendezett International Congress (IC), illetve az első online YPIC, melyről Tóth Tamás számolt be az érdeklődőknek. Előadásában kitért a résztvevőkről készített statisztikára (résztvevő országok, előadások témái stb.), a rendezvény felépítésére és az ott szerzett tapasztalatokra is.

A szervező bizottság képviselőjében Prof. Steffen Keitel (SLV Halle) számolt volna be a 2024. május 8-9-én Budapesten megrendezett JoinTrans 2024 7th European Conference "Joining and Construction of Railway Vehicles" konferenciára (IIW Associated Event) eseményeiről és eredményéről. Keitel Prof. az európai légtérben 2024. nyarán kialakult kaotikus viszonyok miatt nem érkezett meg a tervezett időben a rendezvényre, így előadását elektronikus formában kapták meg a résztvevők.

Mindezekon túlmenően az elkövetkező időszak IIW által támogatott eseményei kerültek bemutatásra, például az ez év novemberében, Isztambulban megrendezésre kerülő WAM 2024, illetve 2025-ben, Essenbe szervezett nemzetközi hegesztési verseny (International Welders Competition). Az ülésen külön hangsúlyt kapott a jó gyakorlatok bemutatása, mely segít a szervezőknek a rendezvények előkészítésében és lebonyolításában.

Intelligent Welding Manufacturing Symposium

2023. július 7-én került megrendezésre az Intelligent Welding Manufacturing Symposium, melyen K. Jármay: Optimization of welded structures minimizing cost and environmental effects simultaneously poszter előadásával vettünk részt.

Nemzetközi Konferencia

A 2023. július 11-12-én megrendezett Nemzetközi Konferencián (Energiainfrastruktúra és tengeri szállítás) a Miskolci Egyetem munkatársai előadásai hangzottak el, így:

- J. Lukács, N. Nagy: Influence of hydrogen exposure on the behaviour of transporting pipeline sections;
- R. P. S. Sisodia, M. Gáspár, F. Hareancz, G. Juhász, F. Tajti: Investigation of welded joint properties of 1200M steel by laser beam welding;
- J. Kovács, L. Lukács: Factors affecting the integrity of pipelines transporting hydrogen containing media címmel.

A konferencia közlemények a következő linken érhetők el: <https://www.eras-muscorp.gr/IIW2024/html/sessions.html>

A magyar szakemberek az egyes IIW Bizottságokban az alábbi dokumentumokat mutatták be:

- Á. Meilinger, P. Z. Kovács, J. Lukács: Comparison of the high cycle fatigue behavior of aluminium/steel clinched and resistance spot welded joints (III-2260-2024), WitW közlésre javasolva;
- J. Lukács, N. Nagy: Mechanical and microstructural characteristics of pipeline girth welds after long time hydrogen exposure, WitW közlésre javasolva;
- A. Y. Dakhel, J. Gáti, Zs. Koncsik, J. Lukács: Fatigue and burst tests of pi-

pipeline girth welds under simple and complex loading conditions, WitW közlésre javasolva;

- M. Gáspár, J. Kovács, J. Sainio, H. Tervo, V. Javaheri, A. Kaijalainen: Physical simulation-based analysis of multipass welding in S500 shipbuilding steel (IX-L-1294-2024), WitW közlésre javasolva;
- J. Kovács, J. Lukács: Systematic review of factors influencing the integrity of pipeline girth welds exposed to hydrogen (X-2068-2024), WitW közlésre javasolva;
- L. Uhlenberg, T. Tóth, K. Dilger: Fracture properties of power beam welded 20MnCr5 case-hardening steel (X-2077-2024), WitW közlésre nem javasolták;
- T. Tóth, E.M. Westin, M. Köhler, K. Dilger: Enhancing austenite formation in directed energy deposition-arc fabrication of duplex stainless steel using nitrogen-bearing shielding gas (IX-2850-2024), WitW közlésre javasolva;

• K. Jármái: Annual Report of IIW Sub-commission XV-F (C-XV-1674-24), WitW közlésre nem javasolták;

• K. Jármái, M. Hasanali, K. Andisheh, M. Karpenko: Structural optimization of a welded and bolted reusable frame (C-XV-1679-24), WitW közlésre javasolva.

Az egyes Bizottságokban végzett szakmai munkáról és a magyar delegátusok által benyújtott dokumentumokról a Hegesztéstechnika 2024/4. számában számolunk be részletesen.

A Bizottsági ülések keretében John C. Lippold professzor, a Welding in the World folyóirat szerkesztője beszámolt a folyóirat jelenlegi helyzetéről, tudományos értékéről, és a publikációs lehetőségekről. A folyóirat jelenleg Q2-es minősítésű és 2,4 Impact Factor-al rendelkezik. 2023. évben több mint 600 publikáció került benyújtásra, a megjelenésig átlagosan körülbelül 150 nap telik el.

A MAHEG Delegátus - a MAHEG 2024. május havi Közgyűlésén kapott felhatalmazás alapján - megbeszélést folytatott az IIW Titkárságának képviselőivel (dr. Luca Costa, dr. Rosario Russo) az IIW Közgyűlésének lehetséges jövőbeli magyarországi megrendezésével összefüggésben. A Titkársága MAHEG rendelkezésére bocsátja mindazon dokumentumokat, amely alapján megkezdődhet a koncepció kialakítása.

Természetesen az IIW rendezvényeinek kulturális aspektusát sem lehetett figyelmen kívül hagyni. A rendezvény kiváló lehetőséget jelentett a történelmi Rodosz nevezetességeinek és kulináris különlegességeinek megismerésére.

Borhy István,
Dr. Jármái Károly,
Dr. Lukács János,
Dr. Kovács Judit,
Tóth Tamás



Géper
Láng, plazma és lézervágó technika

CNC vezérlésű lézer-, plazma-, vízsugár- és lángvágó gépek forgalmazása, vevőszolgálat. Kézi plazmavágók, hegesztő célgépek forgalmazása, vevőszolgálat.

Forgalmazás – Vevőszolgálat – Felújítás – Szerviz
Sok éves tapasztalattal állunk az Önök rendelkezésére

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

Nemzetközi hegesztőmérnökök végeztek a Miskolci Egyetemen

A Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kar Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézetének szervezésében 2023. februárban indult el a 28. hegesztő szakmérnöki évfolyam. A 1,5 éves képzés során a hallgatók a szerdai és a pénteki napokon online vettek részt az előadásokon, a gyakorlati órák pedig személyes jelenlét keretében valósultak meg.

Az 1961-ben indult és a közelmúltban megújult szakirányú továbbképzés összesen 480 tanórát tartalmaz, amelyből 361 óra előadás és 119 óra gyakorlat. A képzésre beiratkozott 23 hallgatóból a 2024. június 17-18. között szervezett záróvizsgán 18 ipari szakember szerzett oklevelet.

Az MHTE által kijelölt vizsgabizottság tagjai: Dr. Török Imre (1. modul), Dr. Varga Ferenc (2. modul), Farkas László (3. modul), Pelcz József (4. modul), az

egyetemi záróvizsga bizottság tagjai: Dr. Meilinger Ákos (1. modul), Dr. Gáspár Marcell (2. modul), Prof. Dr. Lukács János és Prof. Dr. Jármái Károly (3. modul), Dr. Gremesberger Géza (4. modul).

A képzés résztvevői az alábbi vállalatok részéről kerültek ki: BMW, Mihó Kft., MVM Mátra Gép Kft., Szimmetria Kft., MVM Mátra Energia Zrt. Bükkábrányi

Bánya, Magyar Földgáztároló Zrt., Bor-sodChem Zrt., Knorr-Bremse VJRH Kft., Miskolci Egyetem, Mirrotron Kft., MOL Petrolkémia Zrt., Vetraforce Kft.

A következő évfolyam 2025. februárban indul, amelyre az intézmény 2024. november 15. határidővel várja a jelentkezéseket.

Dr. Gáspár Marcell



Lezárult az első IWSD, hegesztettszerkezet-tervező szakmérnök képzés

2024 júniusában a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen a Hidak és Szerkezetek Tanszék szervezésében végzett az első IWSD és Hegesztettszerkezet-tervező szakmérnök évfolyam. Az Nemzetközi Hegesztési Intézet (IIW) által elismert nemzetközi diplomát tizennégyen, míg magyar szakmérnöki diplomát tízen szereztek.

Utóbbi megszerzéséhez a hallgatóknak egy szóbeli záróvizsgán kellett számot adni tudásukról, illetve egy szakdolgozatot is kellett készíteniük, melyet meg kellett védeniük a kijelölt bizottság előtt.

A képzésre jelentkezett hallgatók rendkívül sokszínű csapatot alkottak, magukban foglalva magasépítésben és hídépítésben dolgozó építőmérnököket, valamint repülőgép- és járműter-

vezőként dolgozó gépészmérnököket is. Ennek megfelelően a szakdolgozatok témái is változatosak voltak: számos esetben a fáradás került a középpontba, a teherbírásra vonatkozó tanulmányok mellett pedig gazdasági kérdések is előtérbe kerültek. Emellett olyan specifikus témák is megjelentek, mint UAV légi jármű hegesztett teherhordó szerkezetének tervezése és gyártása, vala-

mint hegesztett és csavarozott kötés együtdolgozásának vizsgálata.

Az IWSD-C (átfogó) szint esetén összesen 7 modulból kellett írásbeli vizsgát tenni, az évfolyam három legjobban teljesítő hallgatója a következő eredménnyel zárta a képzést: Dr. Farkas Csaba 91%, Rácz Balázs 91%, Skultéty László Ádám 88%.

Dr. Kollár Dénes





Tevékenységek:

- technológiai gép- és csőszerelés,
- nyomástartó berendezések gyártása,
- tárolótartályok gyártása és javítása,
- élelmiszeripari cső- és gépszerelés,
- nagytisztaságú rendszerek kiépítése és orbitális hegesztése,
- acélszerkezet gyártás,

- cső- és idomhengerítés,
- lemezmegmunkálások, (darabolás, élhajlítás, hengerítés)
- vízsugaras vágás,
- lézervágás,
- CNC esztergálás.

Tanúsítások:

- MSZ EN ISO 9001:2015 szabvány előírásainak megfelelő minőségirányítási rendszer tanúsítása,
- 8/2018.(VIII.17.) ITM rendelet szerinti hegesztett szerkezetek gyártására, szerelésére, javítására vonatkozó alkalmasság tanúsítása,
- MSZ EN ISO 3834-2:2006 szabvány előírásainak megfelelő hegesztéssel kapcsolatos minőségirányítási rendszer tanúsítása,
- 216/2019.(IX. 5.) Kormányrendelet alapján végzett minősítő eljárás szerinti veszélyes folyadékok vagy olvadékok tárolására szolgáló, nyomástartó edényeknek nem minősülő tartályok gyártására, helyszíni szerelésére, javítására és átalakítására vonatkozó alkalmasság tanúsítása,
- 44/2016. (XI.28.) NGM rendelet és a 2014/68/EU direktíva G, B+F modulja szerinti nyomástartó berendezések és csővezetékek gyártásra és szerelésére vonatkozó alkalmasság tanúsítása,
- MSZ EN 1090-2:2018 szabvány szerinti acélszerkezetek gyártására, szerelésére és megmunkálására való alkalmasság tanúsítása.

WNT Technológiai Szerelő és Szolgáltató Kft.

- 📍 4002 Debrecen, Richter Gedeon u. 39.
- ☎ +36/ 52/ 502- 507, +36/ 52/ 502- 508, +36/ 30/ 963- 6353
- ✉ info@wntkft.hu
- 🌐 www.wntkft.hu
- 📘 facebook.com/wntkft



Lezárult a hegesztőspecialista és a hegesztőtechnológus képzés az Óbudai Egyetemen

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kara Gépészeti és Technológiai Intézetének Anyagtechnológiai Intézeti Tanszéke – 5 saját oktatója és 8 külső, illetve meghívott előadó bevonásával – 2024. február 23-án indította az IIW/EFW által jóváhagyott IAB-252r5-19 dokumentum tematikája szerinti, 189 elméleti + 60 gyakorlati tanórából álló IWS (International Welding Specialist, azaz Nemzetközi Hegesztőspecialista) képzését.

A hegesztési gyakorlatokra május 03. és május 18. között, a Mátrai Hegesztéstechnikai és Szakképzési Kft. visontai telephelyén került sor. Az anyagvizsgálati gyakorlatok pedig részben az AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző ZRt. csepeli telephelyén, részben a tanszéki laborokban valósultak meg május 25-én és 31-én. A képzés 1. része után esedékes – az első három 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 vizsga szakaszai az alábbiak voltak:

- a 2024. június 26-án lebonyolított - 4 modulból és modulonként 30 kérdésből álló - EWF tesztvizsga;
- a 2024. június 27-én lezajlott - 4 modulból és modulonként 30 kérdésből álló - MhtE tesztvizsga;
- a 2024. június 28-án teljesített - 4 modulból és modulonként húzott tételpár ismertetéséből álló - szóbeli vizsga.

A tesztvizsgákon és a szóbeli vizsgán elért eredmények alapján 12 fő – Bátorfi László, Demeter Roland, Fazekas Gábor, Gonda Tamás Csaba, Homó István, Horváth Szabolcs, Kormos Patrik, Nógrádi Gergő, Pocsai János, Ruszó Alex, Sziklasi Gábor, Zavodnyik László – szerzett IWS, illetve EWS oklevelet.

A szóbeli vizsganap végén készült – fotón az újdonsült Nemzetközi/Európai Hegesztőspecialisták a Vizsgabizottság tagjaival láthatók.

Az Anyagtechnológiai Intézeti Tanszék – 4 saját oktatója és 11 külső, ill. nyugdíjas szakember (meghívott előadó) bevonásával – 2024. február 1-jén indította az IIW/EFW által jóváhagyott IAB-252r5-19 dokumentum tematikája szerinti, 309 elméleti + 60 gyakorlati tanórából álló IWT azaz Nemzetközi Hegesztőtechnológus képzését.

A hegesztési gyakorlatokra május 9. és június 21. között, a tanszéki hegesztő laborokban került sor. Az anyagvizsgálati gyakorlatok pedig részben az AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző ZRt. csepeli telephelyén, részben a tanszéki laborokban valósultak meg június 6. és 13. között. A képzés 1. része után esedékes – az első 3 modul kijelölt témaköreiből, 25+25+10 kérdésből álló – online tesztet is sikeresen kitöltötték a résztvevők. A képzést lezáró vizsgaszakaszok az alábbiak voltak:

- a 2024. július 3-án lebonyolított – 4 modulból és modulonként 20 kérdésből álló - EWF tesztvizsga;
- a 2024. július 4-én lezajlott – 4 modulból és modulonként 70 kérdésből álló – MhtE tesztvizsga;
- a 2024. július 5-én teljesített – 4 modulból és modulonként húzott tételpár ismertetéséből álló – szóbeli vizsga.

A tesztvizsgákon és a szóbeli vizsgán elért eredmények alapján 28 fő – Barkovics Tamás, Bencze Imre Richárd, Botta Ervin, Bösze Edina Gabriella, Czákó Mihály, Debreczeni Bence, Fehér László, Ferge Zsolt, Furda Roland, Gyöngyösi Bence Gábor, Gyurkó Zsolt, Hadobás Dániel, Hajdók Gábor, Illés Péter, Jankovics Márton, Khaled Alex, Kiss József, Kónya László, Lipták György Lóránt, Lukács Nikolett, Mészáros Balázs, Nagy-Czirok Bálint, Nagy István, Németh Tamás, Papp Gergely, Szűcs Gábor, Tanács Gábor, Tóth Gergő szerzett IWT, illetve EWT oklevelet.



A szóbeli vizsganap végén készült fotón az újdonsült Nemzetközi/Európai Hegesztőtechnológusok mellett a Vizsgabizottság tagjai is láthatók.



**Az Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és
Biztonságtechnikai Mérnöki Kara
Nemzetközi / Európai
Hegesztőmérnök (IWE / EWE)
különbözeti képzést indít**



A képzésre azok jelentkezhetnek, akik a 309 elméleti + 60 gyakorlati tanórából álló Nemzetközi / Európai Hegesztőtechnológus (IWT / EWT) képzésben korábban már részt vettek és annak záróvizsgáján IWT / EWT diplomát szereztek.

Az IIW és az EWF IAB-252r5-19 tematikája szerint folyó képzés 112 elméleti tanórából áll, ami magában foglalja az IWE és az IWT képzésekre előírt 448, illetve 369 tanóra 79 tanórányi témakülönbözetét + 33 tanórányi rendszerező összefoglalást.

Az elméleti tanórák, valamint a teszt és szóbeli vizsgák négy tantárgyi modulba rendeződnek:

1. Hegesztési eljárások és berendezések; 2. Anyagok és viselkedésük a hegesztés során;
3. Méretezés és tervezés; 4. Gyártás, mérnöki (ipari) alkalmazások.

A képzés 2024. október 3. és november 29. között, csütörtök délutáni és pénteki napokon, az Egyetem Népszínház utcai épületében zajlik.

További információk és a jelentkezési adatlap a <https://bgk.uni-obuda.hu/gti/att/a-tanszek-nemzetkozi-hegesztomernoki-iwe-kulonbozeti-kepzeke/> oldalon található.



Gyémántoklevelet vett át Dr. Gremesberger Géza ny. főiskolai tanár

A Miskolci Egyetemen július 6-án megrendezésre került jubileumi diplomaátadó ünnepségen és évfolyamtalálkozón gyémántoklevelet vett át

Dr. Gremesberger Géza ny. főiskolai tanár, aki 60 évvel ezelőtt szerzett gépész-mérnöki oklevelet az akkori Nehézipari Műszaki Egyetemen.

Újdonságok a TÜV Thüringen Hungary Kft.-nél!

Örömmel értesítjük partnereinket, hogy tovább bővítettük a TÜV Thüringen Hungary Kft.-nél elérhető tanúsítási szolgáltatások körét, párhuzamosan nemzeti akkreditációval, kijelöléssel, és notifikációval szélesítettük jogosultságainkat, nemzeti szinten is megerősítve legitimitásunkat.

Új szolgáltatásaink nemzeti akkreditáció, nemzeti kijelölés és brüsszeli notifikáció (NB 3046) alapján:

- EN ISO 3834 szerinti tanúsítások
- 305/2011 EU (CPR) /EN 1090-1 szerinti tanúsítások
- 8/2018 (VIII.17) ITM rendelet szerinti feltételek meglétének igazolása

Új már Magyarországon is elérhető szolgáltatásaink a TÜV Thüringen vállalatcsoporti jogosultságok alapján:

- AD 2000 Merkblatt HP0 szerinti tanúsítás az AD 2000 Merkblatt G1 4.1 pontja szerinti jogosultsággal
- EN 15085-2 szerinti tanúsítás
- AD 2000 Merkblatt W0 szerinti tanúsítás
- Betonacél hegesztők minősítése, tanúsítása, technológia tanúsítás
- Préselési technológiák és személyzet tanúsítása

Továbbra is teljes körű tanúsítási szolgáltatásokat nyújtunk NB 0090 számú Notified Bodyként az alábbi területeken:

- 2014/68/EU (PED) – tervengedélyezés, helyszíni átvétel és tanúsítás valamennyi modul szerint (pl: A2, C2, B, F, G), hegesztők, forrasztók tanúsítása, hegesztés-, forrasztástechnológia tanúsítása
- 2010/35/EU direktíva (TPED) – típusengedélyezés, gyártóművi átvétel, időszakos vizsgálat

Híradás a 11. Anyagvizsgálat a gyakorlatban konferenciáról

Huszonkét évvel az első és három évvel az előző után Győrött gyűltek össze az anyagvizsgálati szakma minden ágának képviselői: 2024. júniusában zajlott le a 11. Anyagvizsgálat a gyakorlatban szakmai konferencia és kiállítás, vagyis a 11. AGY. Az időpont kiválasztása „olyan jól” sikerült, hogy csaknem teljes átfedéssel zajlott a hegesztési konferencia is, ezért az igazán elszántaknak vállalniuk kellett a menet közbeni konferenciaváltást.

A Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete (MAE) a Diamond Congress Kft.-vel, közösen rendezte meg ennek a konferenciasorozatnak a legújabb rendezvényét, ezzel is új pályára állítva az AGY konferenciák szervezését. 22 évvel ezelőtt és utána még jó sokáig elég volt néhány lelkes – de egyben persze komoly szervezeteket, cégeket irányító – anyagvizsgáló szakmérnök a sikeres szervezéshez. Ma már azonban elengedhetetlen az olyan szervezési-rendezési tapasztalat, amelyet az egyesület lelkes de amatőr szervezői nem tudnak hozni, csak egy komoly és tapasztalt konferenciaszervező. Így sikerült az AGY konferenciát kiállításal is kiegészítve megrendezni, s így helyet adni a mai magyar ipar gyártó vállalatai és tudományos kutatóhelyei

igényeit kiszolgálni képes, legjelentősebb hazai kereskedőházaknak.

A résztvevők száma meghaladta a száz főt, az előadásoké pedig egy híján elérte a negyvenet. Az ipari, kutatási és kereskedelmi szolgáltatói szervezetek szoros kapcsolata viszszaosztotta az előadók tevékenységi területét tekintve is: az ipari gyártók és a kereskedőházak – akik egyben kiállítók is voltak – részéről egyaránt 9-9 előadás hangzott el, az egyetemi szférából jött az előadók egyharmada, az ipari K+F szektorból pedig öt előadás. Kifejezetten meglepetésnek számít azonban az, hogy az anyagvizsgálati laboratóriumokat mindösszesen egyetlen egy cég – az ÁEF Anyagvizsgálati Laboratórium Kft. – képviselte; egymaga három előadással. Ez utóbbinak az értékét különösen megnöveli, az egyedüliségen túl, az a tény, hogy az ÁEF kezdettől az AGY konferenciák törzsgárdatag résztvevője.

A konferencia megnyitó előadását Czinege Imre tartotta *Az anyagvizsgálat kihívásai a hazai járműipar fejlődésének tükrében* címmel. Czinege professzor a Széchenyi István Egyetem alapító rektoraként, a hazai járműiparhoz kapcsolódó kutatás-fejlesztési hálózat kiépítésének meghatározó vezetőjeként és

a MAE előző elnökeként a szakterület fejlődését nem csak átfogóan megismerte, de alakította is. Előadásával jól megalapozta a konferencia fő témaköreiben elhangzó későbbi előadásokat, amelyek fő vonulata a villanykocsik akkumulátorainak fejlesztésében és gyártásában meghatározó szerepet játszó, képző mikroszerkezetvizsgálati és mikroanalitikai eljárások legújabb alkalmazásainak bemutatása volt.



Czinege Imre plenáris előadása közben

Czinege professzor mellett még két fontos témakör áttekintésére kértek fel tekintélyes előadót a szervezők. Egyikük Szabó József, a Magyar Szabványügyi Testület főosztályvezetője, volt, aki az anyagvizsgálati szabványosítás folyamatosan bővülő és megújuló jellegére és az új anyagvizsgálati szabványokra hívta fel a figyelmet. Külön is kiemelte az MSZ EN ISO 6892-1:2020 *Fémek. Szakítóvizsgálat 1. rész: Vizsgálati módszer szobahőmérsékleten* című szabványnak a 2024. január 1-jén meghirdetett, magyar nyelvű változatát, amely számos anyagvizsgálati szakkifejezésnek és azok jelölésének a valóban helyes meghatározását tartalmazza magyarul.



Anyagvizsgálat a gyakorlatban konferencia három alapítója:
Harnisch József, Fodor Olivér, Csizmaziáné Antal Ágnes



Kirchkeszner Csaba előadása közben

A másik meghívott Major Zoltán, a linzi Johannes Kepler Universität professzora volt, aki Material characterization and simulation of conventional and thermoplastic carbon fiber sheet molding compounds című előadásában tekintette át a szénszálak lemezekből hőformázással előállítható termékek anyagszerkezeti, anyagvizsgáló, gyártástechnológiai és alkalmazási jellemzőit. Major professzor mellett további négy előadás tárgyalta a műanyagok körében alkalmazott anyagvizsgáló módszerek újabb tapasztalatait.

Létezik e-mobilitás és biztonságos lítiumion akkumulátorgyártás korszerű műszeres analitika nélkül? címmel

tartott előadást Kirchkeszner Csaba, aki az UNICAM Kft. – a konferencia legnagyobb kiállítója és főszponzora részéről ismertette a mai magyar ipar talán legjelentősebb technológiai előrelépésének anyagvizsgáló kihívásait.

Laurent Vasse, a JEOL Europe SAS szakértője JEOL solutions for battery analysis címmel mutatta be a JEOL által kifejezetten az akkumulátorgyártás igényeire kifejlesztett anyagvizsgáló rendszereit. Ugyancsak a képző mikroszerkezetvizsgáló és mikroanalitikai eljárások és alkalmazásaik álltak Igaz Antal (Carl Zeiss Technika Kft.) Korszerű szkennelési elektronmikroszkópos módszerek az anyagvizsgálatban című előadásának középpontjában.



Varjú Patrícia és kollégája Takács Viktorral beszélget a kiállításon

A hagyományos metallográfia alapvető fontosságú része a metallográfiai előkészítés; ennek a tevékenységnek a fejlődését és lehetőségeit tekintette át Pálfi Géza (IGS-Kontakt Kft.) A metallográfiai előkészítés újdonságai című előadásában.

A legkevésbé sem mondható túlzónak Varjú Patrícia előadásának címe, Korszakováltás a képző mikroszerkezetvizsgálatban és a mikroanalitikában, ugyanis cége, az Image-Science Kft. ennek a szakterületnek a teljes tartományát s benne a mai csúcstechnológia eszközeinek és gyártóit képviseli Magyarországon. A kiállításon bemutatta az AtomTrace hordozható LIBS-spektrométerét.

Doboviczki István, a SPECTRONICS Kft. vezetője kiállításon is és előadásban is bemutatta – Szivárgások és energiavesztések felmérése, LDAR-megoldások, gyakorlati esetek címmel – az általuk szerzett tapasztalatokat, amelyek a nagy kiterjedésű rendszerek állapotfelügyeletében kínálnak hasznos megoldásokat. Ugyancsak ezt a mérettartományt teszi vizsgálhatóvá, méghozzá szinte térbeli korlát nélkül, az a drónra kapcsolt vizsgálórendszer, amelyet Horváth Márk (IEM Kft.) mutatott be 3D-s eszközdigitálizálás, ultrahangos falvastagságmérés és hosszú távú eszközmenedzsment drón segítségével című előadásában.

A hegesztéssel végzett gyártás elengedhetetlen kísérője az anyagvizsgálat; kifejezetten ilyen témakörben szerzett tapasztalatokról számolt be Eperjesi Krisztina (AVL Hungary Kft.) Alumíniumszerkezetek hegesztett kötéseinek kifáradási analízise című előadásában, valamint Máté Dorottya és Zsoldos Zsuzsanna (ÁEF Anyagvizsgáló Laboratórium Kft.) Makrohibák megjelenési formái hegesztett kötések vizsgálata során című előadásában.

A 11. AGY konferencia előadásai, a szerző döntésétől függően, hamarosan megjelennek a Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete által kiadott, képernyőn megjeleníthető konferenciakötetben, illetve az Anyagvizsgálók Lapja című folyóiratban.

Dr. Dobránszky János

ÚJ Miller

Deltaweld 350 és 500 hegesztőberendezések

Tökéletes gyártási megoldás fejlett AFI/MIG eljárásokkal



Egy komplett rendszer BÁRMILYEN munkára!

Elérkezett a várva várt pillanat!

Bemutatjuk az ívhegesztés jelenét és jövőjét megváltoztató innovációkat, a Deltaweld sorozatot!

A tökéletes gyártási megoldásként megalkotott Deltaweld 350 és 500 az Intellx Elite huzaladagolóval kombinálva, Insight CenterPoint 10 adatgyűjtő és elemző, felügyelti rendszerrel kiegészítve újra definiálja az ívhegesztés pontosságát és hatékonyságát.

A legfontosabb jellemzők az alábbiak:

- Fejlett MIG folyamatok a páratlan hegesztési teljesítményre szabva
- Minden képzettségi szintű hegesztő számára jó választás a könnyű kezelhetőség miatt
- Intellx Elite huzaladagoló, amely kimagasló vezérlést és pontosságot biztosít
- Nagy kihozatalú AFI/MIG (HD MIG) eljárás
- Accu-Pulse® technológia
- RMD® (Regulated Metal Deposition = kis energiájú, gyökhézagok áthidalására is alkalmas eljárás, ami az AVI/TIG eljárásnak jóval gyorsabb alternatívája)

Csatlakozzon hozzánk a hegesztési technológia jelenének és jövőjének fejlesztéséhez az ÚJ Miller Deltaweld sorozattal. Ez nem csak egy újabb eszköz – ez az a gyártási megoldás, amely minden szinten képessé teszi a szakembereket a hatékonyabb és eredményesebb munkavégzésre.

Egy teljesen felszerelt új Miller Deltaweld 500-as hegesztőberendezés Insight CenterPoint 10 adatgyűjtő és elemző, felügyelti rendszerrel már rendelkezésre áll tesztelésre nagytarcsai telephelyünkön, amit igény esetén szívesen bemutatunk az érdeklődő partnereknél is!

Várjuk érdeklődésüket.



Dr. habil. Palotás Béla a Miskolci Egyetem ATI tiszteletbeli professzora

Az Anyagszerkezet-tani és Anyagtechnológiai Intézet előterjesztésére a június 27-én tartott diplomaátadó szenátusi ülésen Dr. habil. Palotás Béla a Dunaújvárosi Egyetem professzor emeritusa „**Professor Honoris Causae Facultatis Artium Mechanicarum et Rerum Informaticarum Universitatis Miskolciensis**” kitüntető címet vett át.

Dr. habil. Palotás Béla korábban a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, jelenleg a Dunaújvárosi Egyetem részéről aktív szakmai kapcsolatot ápol hegesztési területen a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kar Anyagszerkezet-tani és Anyagtechnológiai Intézetének kollégáival.

A megvalósult közös kutatási és oktatási feladatok mellett az évek során több alkalommal részt vett bizottsági tagként és bírálóként a Sályi István Gépészeti Tudományok Doktori Iskola által szervezett doktori védéseken (Gáspár Marcell 2016, Dobosy Ádám 2018, Gyura László 2021, Kovács Judit 2024), továbbá vizsgáztatóként a komplex vizsgákon.

Nyugdíjba vonulása előtt a Dunaújvárosi Egyetem tudományos és kutatási rektorhelyetteseként dolgozott, jelenleg az



egyetemet fenntartó alapítvány kuratóriumának tagja. A Magyar Hegesztési Egyesület egyik alapítója, több éven keresztül elnökségi tagja, az Életmű Díj kitüntetettje. A jelentős publikációs teljesítményét fémjelzi, hogy Magyar Tudományos Művek Tárában 223 publikációja szerepel.

PhD fokozatot szerzett Kovács Judit a Miskolci Egyetem tudományos segédmunkatársa

Kovács Judit, a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kara Anyagszerkezet-tani és Anyagtechnológiai Intézetének tudományos segédmunkatársa 2024. június 27-én „summa cum laude” minősítéssel védte meg PhD értekezését. Disszertációjának címe: A hőbevitel hatása ultra-nagyszilárdságú acélok tulajdonságaira huzalelektrodás védőgázos ívhegesztéskor. Értekezésében a termomechanikusan kezelt (S1100M) és a nemesített nagyszilárdságú (S1300Q) szerkezeti acélok hegesztési, hegeszthetőségi kérdéseivel, valamint azok ismétlődő igénybevétellel szembeni ellenállásával foglalkozott.

A kísérleti program keretében hőhátasövezeti szimulációkat végzett Gleeble 3500 típusú fizikai szimulátoron, valamint – alapanyagokon és hegesztett kötésekben – nagyciklusú fárasztóvizsgálatok és fáradásos repedésterjedési sebesség vizsgálatok segítségével elemez-

te az ismétlődő igénybevételek hatását. Témavezetőként Dr. Lukács János professzor és társ-témavezetőként Dr. Gerald Wilhelm, a Müncheni Alkalmazott Tudományok Egyetemének professzora segítette az értekezés elkészítését.

Kovács Judit egyetemi tanulmányait 2012-ben kezdte meg a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karán, ahol 2017-ben gépészmérnöki alapszakon, minőségbiztosítási specializáción BSc oklevelet, 2019-ben gépészmérnöki mesterszakon, anyag- és hegesztéstechnológiai specializáción MSc diplomát szerzett. Tanulmányait szisztematikusan folytatva, posztgraduális képzés keretében, 2020-ban hegesztő szakmérnöki, valamint európai hegesztőmérnöki (EWE) és nemzetközi hegesztőmérnöki (IWE) diplomát vehetett át.

Kiváló képességeit, szorgalmát és tehetségét bizonyítja, hogy MSc és EWE/

IWE oklevele kitüntetéses oklevél, valamint az, hogy MSc és EWE/IWE, illetve EWE/IWE és PhD tanulmányait részben átfedéssel végezte. Doktori tanulmányai során tovább mélyítette szakmai tudását, elsajátította az eredményes kutatómunkához szükséges ismereteket, magasabb szintre emelte a napjaink tudományos kutatásához nélkülözhetetlen általános és konkrét (Gleeble és MTS anyagvizsgáló rendszerek, Sysweld rendszer) informatikai ismereteit. Aktívan bekapcsolódott az Intézetben folyó ipari K+F munkák teljesítésébe, hegesztési és anyagvizsgálási témakörű feladatok megoldásában vett részt. Elnyerte az Új Nemzeti Kiválóság Program (ÚNKP) Doktori Hallgatói Ösztöndíját. Kovács Judit a Miskolci Egyetem elkötelezett kutatója, aki képességei és szorgalma alapján a hazai és a nemzetközi tudományos élet ismert és elismert szereplőjévé válhat.

X5 FASTMIG

Kimagasló hatékonyság a hegesztésben

A Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés által tanúsított fémeket hegesztők oktató- és felkészítőhelyei

Megnevezés	Működési hely	Kapcsolattartó	Telefonszám
MSZC Andrassy Gyula Szakgimnáziuma és Szakközépiskolája	Miskolc	Molnár Péter	46/412-444
ANDRITZ Kft.	Tiszaécske	Csóke Róbert	76/542-130
Arany és Társai Hegesztőiskola Kft.	Szekszárd	Arany János	74/416-204
BSZC Csiha Győző Szakgimnázium és Szakközépiskola	Hajdúnánás	Pappné Fülöp Ildikó	52/570-533
BSZC Eötvös József Szakgimnázium Szakközépiskola Szakiskola Központi Tanműhely	Berettyóújfalu	Berczi Lajos	54/402-092
DUNAGÁZ Oktatási és Minősítő Zrt.	Dorog	Gáspár Zsanett	33/513-100
Kaposvári SZC Eötvös Loránd Műszaki Szakközépiskola, Szakiskola és Kollégium	Kaposvár	Krénuszt Ernő	82/419-246
Magyar Máltai Szeretetszolgálat Esterházy Miklós Technikus, Szakképző Iskola és Kollégium Oktató Bázisa	Dombóvár	Borbély Sándor	74/465-725
Zalaegerszegi SZC Ganz Ábrahám Technikum	Zalaegerszeg	Molnár Tibor	20/326-4274
Mátrai Hegesztéstechnikai és Szakképzési Kft.	Visonta	Benus Ferenc	37/328-093
MEZEI. M-WELD Kft.	Paks	Mezei Mihály	30/331-6607
Géza fejedelem Ipari Szakképző Iskola	Esztergom	Juhász István	33/510-006
KVV Zrt.	Siófok	Balogh Endre	84/505-300
LINDE GÁZ MAGYARORSZÁG Zrt.	Budapest	Dr. Gyura László	1/347-4785
MVM OVIT Zrt. Erőművi Gépgyártási Üzletigazgatóság	Kiskunfélegyháza	Sári András	20/348-63-88
SIEMENS Zrt – SIEMENS Képzési Központ	Budapest	Dr. Gmóser Anikó	30/311-4831
SZTÁV Felnőttképző Zrt.	Budapest	Szűcs Jenő	20/773-4092
BGSZC Szily Kálmán Műszaki Szakgimnáziuma, Szakközépiskolája és Kollégiuma	Budapest	Bujdosó Balázs	1/280-6382
Termelés-Logistic-Centrum Kft.	Balatonfüred	Bíró Tamás	20/279-0944
Kecskeméti SZC Virágh Gedeon Technikum	Kunszentmiklós	Mező Sándor	76/550-180
FGF Kereskedelmi és Képviseleti Bt.	Budapest	Magony László	1/363-6959
Knorr-Bremse Vasúti Jármű Rendszerek Hungaria Kft.	Budapest	Jenei Attila	1/289 4100
Faller Jenő Technikum Szakképző Iskola – Tanműhely	Várpalota	Schmidt József	88/471-744

Aktualizálva 2024. 07. 23.

MHtE Akadémia - 2024. évi képzési terv

Képzés megnevezése	Kezdési időpontok és egyéb információk	Árak	Célcsoport
Alapismeretekkel rendelkező Nemzetközi Hegesztési Gyártásfelügyelő (IWI-B) tanfolyam	www.mhte.hu	Tanfolyam díja: - WI modul: 180.000 Ft + ÁFA/fő - WT+WI modul: 365.000 Ft + ÁFA/fő Vizsgadíj: 85.000 Ft + ÁFA/fő EWI-B diploma: 8.000 Ft + ÁFA Bélyegző: 8.000 Ft + ÁFA/db	IWP/EWP végzettségű szakemberek
Általános ismeretekkel rendelkező Nemzetközi Hegesztési Gyártásfelügyelő (IWI-S) tanfolyam	www.mhte.hu Tervezett indulási időpont: 2024.09.20.	Tanfolyam díja: - WI modul: 265.000 Ft + ÁFA/fő - WT+WI modul: 440.000 Ft + ÁFA/fő Vizsgadíj: 95.000 Ft + ÁFA/fő EWI-S diploma: 8.000 Ft + ÁFA Bélyegző: 8.000 Ft + ÁFA/db	IWS/EWS végzettségű szakemberek
Átfogó ismeretekkel rendelkező Nemzetközi Hegesztési Gyártásfelügyelő (IWI-C) tanfolyam	www.mhte.hu Tervezett indulási időpont: 2024. 09. 20.	Tanfolyam díja: - WI modul: 360.000 Ft + ÁFA/fő - WT+WI modul: 525.000 Ft + ÁFA/fő Vizsgadíj: 105.000 Ft + ÁFA/fő EWI-C diploma: 8.000 Ft + ÁFA Bélyegző: 8.000 Ft + ÁFA/db	IWE/EWE, EWT/IWT végzettségű szakemberek

Aktualizálva: 2024. 07. 23.

A Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés által tanúsított műanyagot hegesztők oktató és felkészítőhelyei

Megnevezés	Működési hely	Kapcsolattartó	Telefonszám
DUNAGÁZ Gázipari Oktatási és Minősítő Zrt.	Dorog	Gáspár Zsanett	33/513-100
VILLOX-VS Felnoítképzési, Vállakozásfejlesztési Szaktanácsadó és Szolgáltató Kft.	Budapest	Illés Zoltán	1/269-2589
OPUS - TIGÁZ Zrt. Műszaki Oktatóbázis	Miskolc	Naszrai Tamás	52/558-189
UMUNDUM Kft.	Budaörs	Pető László	23/889-748
FGF Bt.	Budapest	Rozsnyai Kálmán	1/363-6559
HIDROFILT Kft.	Nagykanizsa	Borsos Krisztina	93/536-500

Aktualizálva: 2024. 07. 23.

A Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés által az MSZ EN ISO 9712 szerinti vizsgálók képzésére tanúsított helyek

Megnevezés	Működési hely	Kapcsolattartó	Telefonszám
AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Zrt.	Budapest	Klausz Gábor	1/276-8945
ORSZAK Novum Kft.	Budapest	Veszelák Olivér	20/326-4291
SZTÁV Zrt.	Budapest	Hoffmanné Piskó Beáta	20/773-4023
Hidra Felnoítképző Központ Kft.	Budapest	Lantos Nikolett	20/952-5819
AGMÜSZK 2000 Kft.	Szekszárd	Kozma József	20/218-2821

Aktualizálva: 2024. 07. 23.

Magyar Meghatalmazott Nemzeti Testület által EWF/IIW oktatás bonyolítására jóváhagyott bázisok

Oktatóhely neve	Tanfolyamok	Tanúsítvány érvényességi ideje
Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest	Nemzetközi/Európai Hegesztőtechnológus (IWT/EWT)	2029. 01. 17.
	Nemzetközi/Európai Hegesztőspecialista (IWS/EWS)	
	Nemzetközi/Európai Hegesztőmérnök (IWE/EWE)	
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest	Nemzetköz/Európai Hegesztőmérnök (IWE/EWE)	2026. 01. 21.
Mátra Hegesztéstechnikai és Szakképzési Kft., Visonta	Nemzetközi/Európai Kiemelt Hegesztő (IWP/EWP)	2026. 01. 20.
	Nemzetközi/Európai Hegesztő (IW-T/EW-T)	
	Nemzetközi/Európai Hegesztő (IW-E/EW-E)	
	Nemzetközi/Európai Hegesztő (IW-G/EW-G)	
	Nemzetközi/Európai Hegesztő (IW-M/EW-M)	
Miskolci Egyetem Felnoítképzési Központ, Miskolc	Nemzetközi/Európai Hegesztőmérnök (IWE/EWE)	2028. 10. 01.
	Európai Ellenálláshesztő EWP-RW	
	Európai Ellenálláshesztő specialista EWS-RW	
Nyíregyházi Egyetem Műszaki Alapozó és Gépgyártástechnológiai Tanszék	Nemzetközi/Európai Hegesztőtechnológus (IWT/EWT)	2024. 07. 22.
	Nemzetközi/Európai Hegesztőmérnök (IWE/EWE)	Audit: 2024. 09.
MHTE Akadémia	Nemzetközi/Európai Hegesztési Gyártásellenőrző (IWI -B; S; C/EWI-B,-S,-C)	2029. 02. 18.
Dunaújvárosi Egyetem	Nemzetközi/Európai Hegesztőtechnológus (IWT/EWT)	2027. 10. 22.
	Nemzetközi/Európai Hegesztőspecialista (IWS/EWS)	
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Hidak és Szerkezetek Tanszék	Nemzetközi Hegesztétszerkezet-tervező (IWSD)	2028. 10. 05.
SVV Praha s.r.o., Komárom	Európai Ragasztó (EAB)	2028. 01. 05.
	Európai Ragasztó Specialista (EAS)	
	Európai Ragasztó Mérnök (EAE)	

Aktualizálva: 2024. 07. 22.

DIN-Közlemény – szabvány használatra

Dr. Gremesberger Géza

Az idegen nyelvű szabványok fordításkor néha előfordul, hogy az eredeti nyelvi kifejezés fordítása bár nyelvtanilag helyes, de tartalmát tekintve eltér az eredeti szövegben használt kifejezés valóságos jelentésétől.

Ennek eredménye, hogy a hivatalosan kiadott szabványban levő szakkifejezés az adott esetre vonatkozóan félreérthető és ha megvalósítják akkor az eredmény az, hogy a termék, művelet nem éri el a kijelölt minőségi szintet és/vagy jelentősen megnövelheti a termék előállítás önköltségét. Erre lehet példa a DIN – lentebb bemutatott eljárása.

Az történet, hogy a szabvány a hegesztett varratra vonatkozó elvárást ír elő. Ez pedig a szabvány és a gyakorlat szerint úgy értelmezhető, hogy a hegesztett varrat felületén a hegesztett kötést jellemző varrat domborulatot el kell távolítani, pl. síkba kell pl. köszörülni úgy, hogy a korona oldali varrat felületét le kell köszörülni, hogy az az alapanyaggal egy síkban legyen.

Ezt az eljárást kifogásolták az ipar képviselői és felszólaltak, mert pl. da-rugém esetében kb. akár 20 m varrat köszörülését is el kell végezni a szállítási szerződésben hivatkozott téves értéket tartalmazó szabványra hivatkozva. A vevő egyszerűen nem veszi át a terméket, mert az nem felel meg a szerződésben hivatkozott szabványnak, mert a varrat korona nincs a varrat felületéről lemunkálva, hiszen a szabvány is ezt tartalmazza. Ez pedig műszakilag helytelen és néhány más szabvány – ezen a területen – viszont helyes, korrekt értékeket tartalmaz.

A szabvány korrekciója megkezdődött, de szabvány átdolgozása kb. 3 évet is igényelhet és ezen időtartam alatt a DIN által hivatalosan megjelentetett jelen műszaki indoklást kell, lehet alkalmazni.

Tehát a korrigált szabvány a DIN szakvéleménye szerint használható 3 évig, amíg a hivatalos úton a módosított szabvány meg nem jelenik. Így elkerülhető a téves, a felesleges energia és termelési időtartam és minőségromlás. A DIN ezt az esetet dolgozta fel és ad hasznos példát véleményem szerint.

A DIN – eljárásáról készített beszámoló fordítása

20212-06 Bundesverband Korrosionsschutz. (NAB)

Der DIN- Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen P3

Klarstellung zum Oberflächenvorbereitungsgrad P3 nach DIN EN ISO 8501-3 bzw. DIN EN ISO 12944-3

A P3 felületelőkészítési fokozat értelmezése a DIN EN ISO 8501-3, illetve a DIN EN ISO 12944-3 alapján

A felületbevonó korróziós védőrendszerek alkalmazásának időtartama többek között függ a kötések, az élek, a szegélyek és a hegesztési varratok felületének előkészítésétől. Az acélszerkezetek tervezése és az ehhez igazodó korrózióvédelem tervezése együttesen jelentősen befolyásolják a bevonat és a munkadarab élettartamát. A DIN EN ISO 12944-4-ben meghatározott szabványos-előkészítési fokozatok mellett a DIN EN ISO 8501-3-ban is felületelőkészítési fokozatos követelményeket írtak elő a hegesztési varratokra, az élekre, a szélékre, az egyéb felületekre és a felületi szabálytalanságokra vonatkozóan. Az itt említett P1, P2 és P3 felületelőkészítési fokozatok olyan követelményeket határoznak meg, amelyeket az

acélszerkezet, mint termék előállításakor a tényleges felületelőkészítés előtt azért végeznek el, mert így a bevonó-rendszert szakszerűen tudják alkalmazni. A bevonó anyagok folyékony állapotban vannak és így viszik fel a bevonandó felületre. Ezek ott szilárd összefüggő bevonatot képeznek. Ezt a folyamatot filmképzésnek nevezik és ez a bevonat minőségére alapvető hatással van. A filmképződéskor, ha az élek nincsenek szakszerűen előkészítve olyan járulékos feszültségek alakulnak ki, amelyek az élettartam alatt a korrózióvédelmi rendszerben fokozatosan gyenge helyeket alakítanak ki. Ebből következik, hogy a DIN EN ISO 12944-4-ben utalások vannak a szegélyek, a szélék és a hegesztési varratok kialakítására. A DIN EN ISO 8501-3 felületelőkészítési szabvány célja a hegesztési varratokra, az élekre, a szélékre és egyéb felületi rendellenességű felületekre vonatkozóan az, hogy csökkentse az élek és néhány a film kialakuláskor képződő járulékos feszültségeket, amelyek negatív hatással vannak a védelmi időtartam hosszára. Innen adódik, hogy a korrózióvédelmi kategória és az időállóság, a védelmi időtartam függvényében kell a P1-től P3-ig terjedő felületelőkészítő fokozatot a munkadarabhoz igazodva meghatározni.

Németországban a DIN EN ISO 12944:2018 szabványsorozat megjelenését követően felerősödött az egyet nem értés a szerződő felek között a DIN EN ISO 8501-3 alapján a hegesztési varratoknak a P3 felületelőkészítő tényezővel végzett értékelésére vonatkozóan. Éppen ezért itt különböző elképzelések vannak a hegesztési varrat lemunkálására vonatkozóan úgy, hogy azok feleljenek meg a P3 felületelőkészítési fokozatnak.

Az angol nyelvű EN ISO 8501-3 szabvány az alapvető változat a német nyelvű fordításhoz. A hegesztési varratokhoz előírt és a szabvány 1. Táblázat 1.2 sorában a P3 felület előkészítési fokozatra vonatkozó szöveg a következő:

„Surface shall be fully dressed, e.i. smooth.”

Ennek az angol nyelvű mondatnak német nyelvű és a szabványban megjelent változata a következő:

„Die gesamte Oberfläche muss bearbeitet werden, d.h. glatt sein.”

Ezt a német nyelvű fordítási változatot a gyakorlatban úgy értelmezik, hogy a munkadarab felületén a hegesztési kötések síkba kell köszörülni. Ez így nem korrekt, mivel az angolban a «plane»-nek és nem a «smooth»-nak kellett volna nevezni.

A DIN EN ISO 8501-3 gondozására felhatalmazott német munkacsoport ezzel összhangban megállapítja és világossá teszi, hogy a „glatt” nem „eben” (plane). Ez azt jelenti, hogy a hegesztési varrat felülete a bevonó anyag szórása előtt „glatt”, de nem kell „eben” -nek lenni (lásd a D.6c ábrát, ISO 12944-3). Az ábrán a hegesztési varrat kismértékű kidomborodása figyelhető meg. Ez pedig a P3 felület előkészítési fokozatra megengedett.

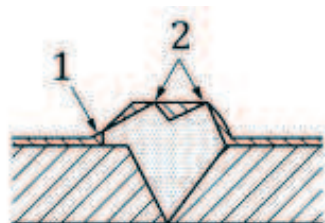
A DIN EN ISO 5817 szerint a B értékelési csoportnál a hegesztési „fedő” varratok esetében a varrat kiemelkedés, dudorodás előírt mértékben megengedett. A varrat a hatékony varrat keresztmetszet fölött is megtartható. Ennek felületének azonban olyannak kell lenni, ami egyenletes rétegvastagság felhordását biztosítja. Lágú, törés mentes átmenetet kell kialakítani. Ezzel a DIN EN ISO 8501-3 -ban a P3 felület előkészítési fokozatra előírt követelmények úgy telje-

sülnek, hogy a hegesztési varratot a hegesztett lemezek síkjába nem kell lemunkálni.

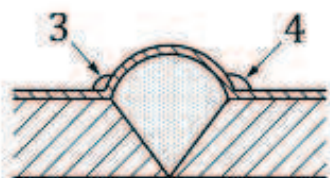
A német delegáció az illetékes munkacsoport ülésén 2019. januárban az ISO 8501-3 átdolgozását bejelentette azért, hogy a félreértést a felület-előkészítési-fokozatból eltávolítsák. Ezt a javaslatot a munkacsoport és a felsőbb vezetési grémium az ISO/TC 35/SC 12 is elfogadta és csatolta az ISO 8501-3 jelenleg folyó átdolgozási eljárásához.

Mivel a szabványok átdolgozása általában három évet vesz igénybe így ezzel az utalással a szerződő felek az ügy tisztázását a szabványbizottságtól kézbe vehetik, alkalmazhatják.”

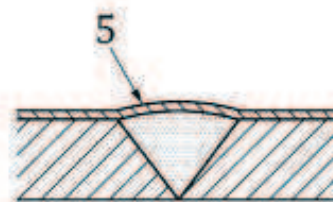
Dr. Benjamin Zirnstien Projektmanager
DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB)
Telefon: +49 30 2601-2739
E-Mail: Benjamin.Zirnstien



a) schlecht



b) besser



c) gut

Legende

- 1 Beschichtungssystem
- 2 Unebenheiten
- 3 Schweißnaht nicht eben genug
- 4 Schmutzansammlung
- 5 glatte Schweißnahtoberfläche

Bild D.6 — Vermeiden von Oberflächenfehlern an Schweißstellen

D.6. ábra A hegesztési helyeken a felületi hibák elkerülése

A jelmagyarázat:

- 1. bevonó rendszer,
- 2. (felületi) egyenetlenségek,
- 3. a hegesztési varrat felülete nem elég egyenletes,
- 4. szennyeződés felhalmozódás,
- 5. sima hegesztési varrat felület.

a/rossz; b/jobbb; c/jó

Nemzetközi / Európai Kiemelt hegesztő tanfolyam vizsgázói

A Mátrai Hegesztéstechnikai és Szakképzési Kft.-nél 2024. 03. 04. - 2024. 05. 21. között szervezett tanfolyam résztvevői 2024. 05. 22-én sikeres Nemzetközi/ Európai Kiemelt Hegesztő vizsgát tettek.

Friss IWP/EWP diplomások:

Albertzs Tibor, Gábor József Brendon,
Heiszman János, Mészáros Norbert, Nagy Imre.

A Vizsgabizottság tagjai:

Dr. Varga Ferenc vizsgabizottság elnöke, Modul 3;
Matus Gábor Modul 4, Benus Ferenc Modul 2,
Ifj Benus Ferenc Modul 1.



IWIP-S
IWIP-C

NEMZETKÖZI GYÁRTÁSELLENŐR KÉPZÉS

ÁLTALÁNOS
ISMERETEKSEL
RENDELKEZŐ HEGESZTÉSI
GYÁRTÁSELLENŐR

Tanfolyam kezdete:
2024. szeptember 20.
Jelentkezési határidő:
2024.09.17.



+36 70 400 2767

www.mh-te.hu

**A technológia
az átalakuláshoz itt van.**



IPAR NAPJAI

12. Nemzetközi ipari szakkiallítás



2025. május 13-16.



hungexpo



**IPAR NAPJAI Nemzetközi
ipari szakkiallítás**

Társrendezvény: AUTOMOTIVE HUNGARY
Nemzetközi járműipari beszállítói szakkiallítás

**Jegyezze fel naptárába:
2025. május 13-16.!**

Helyszín: HUNGEXPO Budapest Kongresszusi
és Kiállítási Központ

Bővebb információ: www.iparnapjai.hu

Nagy hőállóságú hegesztett termoplasztok rövid- és hosszútávú tulajdonságai

Főszerkesztői előszó

Az elmúlt időszakban a műanyagok műszaki célú felhasználása folyamatosan növekedett. A közművek területén a műanyag csövek használata igen széleskörű, és az ipar területén is gyakran alkalmaznak műanyag csőrendszereket, valamint műanyag tartályokat és berendezéseket. Ezzel a fejlődési folyamattal összhangban az alkalmazott műanyagok (elsősorban PE, PP és PVC) hegesztési eljárásait ma már a szakemberek széles köre alkalmazza. A rendelkezésükre álló mai hegesztőberendezések finoman szabályozhatóak a hegesztett anyagokhoz, eljárásokhoz, tovább adatokat rögzítenek, melyek könnyen integrálhatóak belső vagy közérdekű rendszerekbe. Öröndetesen terjed a szakmai igényesség, és ezzel együtt a műanyaghegesztők képzése és minősítése iránti igény.

A „szokványos” műanyagok alkalmazhatósága mechanikai, hőtechnikai, éghetőségi stb. okokból korlátos. Számos területen (pl. a járműiparban) huzamos ideje alkalmaznak nagy teljesítőképességű műanyagokat (High Performance Plastics, HPP), melyeket adott esetben erősített formában (üvegszállal, szénzállal stb.) kerülnek gyártásra és megmunkálásra. Ezen anyagokból készült alkatrészek gyártása során is gyakran van szükség he-

gesztési eljárások alkalmazására. Bár ezek eljárások alapelvek szintjén nagyon hasonlóak a műanyagcsövek és -lemezek hegesztése során alkalmazott eljárásokhoz, gyakorlati megvalósításuk újszerű, és szakmailag nagyon érdekes kihívásokkal jár.

Az UMUNDUM Kft. 20 esztendeje elkötelezetten támogatja a műanyagok magas színvonalú műszaki alkalmazásait. Nem véletlen, hogy felfigyeltek egy korábbi számunk „Tallózás a hegesztési szaklapokban” rovatában a Welding in the World szakfolyóirat 2023. évi 67. számában megjelent „The short- and long-term properties of welded high-temperature-resistant thermoplastics” című cikkekre, melynek szerzői Sascha Vogtschmidt és Volker Schoeppner, a Paderborni Egyetem munkatársai. Az eredeti cikk 9 ábrát és 10 irodalmi hivatkozást tartalmaz. Tekintettel arra, hogy a nagy sorozatszámú gyártási eljárásokban alkalmazott nagy teljesítményű műanyagok hegesztése szakmai szempontból egyre inkább előtérbe kerül, Dr. Bendl János, vegyészmérnök, az UMUNDUM Kft. alapítója és tanácsadója, elkészítette az eredeti cikk fordítását, amit kivonatossan ismertetünk.

Dr. Gáti József

Dr. Bendl János

Összefoglalás

A nagy teljesítőképességű műanyagok (High-performance plastics) – mint pl. a polifenilén-szulfid és polftálamid – kiemelkedő hőtechnikai és mechanikai jellemzőik miatt egyre újabb és újabb, komoly igénybevételt jelentő területeken kerül felhasználásra. A műanyag alkatrészekkel szemben támasztott egyre fokozódó követelmények (geometria, funkcionalitás stb.) miatt az általában fröccsöntéssel gyártott elemeket gyakran egy további technológiai lépésben össze kell hegesztetni. Ráadásul számos esetben speciális követelmények állnak fel a tisztaság tekintetében, és emiatt egyre jobban érdeklődik az ipar az érintkezésmentes hegesztési eljárások iránt. Egyes eljárások azonban több lépésből állnak, és a technológiai lépések között az alkatrészek korábban ömledékállapotba került részei lehűlhetnek.

A magas ömledék-hőmérsékletű anyagok esetében ez a körülmény nem megfelelő varratminőséghez vezethet.

A vizsgálat célja ezért az volt, hogy újabb ismeretekhez jussunk a nagy hőmérsékletállóságú műanyagok hegesztésére használt technológiákról, megállapítsák az optimális hegesztési paramétereket, valamint a varratok rövid- és hosszútávú mechanikai jellemzőit. Ezen túlmenően a szerzők összehasonlították a kétlépéses technológiákat az egylépéses vibrációs hegesztéssel, ennek során külön figyelmet fordítottak a minél rövidebb átállási időkre. Bebizonyosodott, hogy szoros korreláció áll fenn az átállási idő, az olvadási hőmérséklet és a kialakuló varrat szilárdsága között. Úgy tűnik, hogy magasabb vizsgálati hőmérsékleten a hegesztési technológia megválasztása, és ezáltal a hőközlés módja befolyással van a hegesztett kötés hosszútávú jellemzőire.

1. Bevezetés

A műanyagok kiemelkedő tulajdonságai (csekély súly és jó mechanikai jellemzők) miatt a gépjárműgyártásban egyre nagyobb mértékben cserélik a fémalkatrészeket műanyag-alkatrészekre, és ezáltal könnyebb konstrukciókat hoznak létre, miközben csökkentik a CO₂-kibocsátást. A súlycsökkentésre vonatkozó követelmény a hagyományos, belsőégésű motorokkal felszerelt, és az elektromos hajtású járművek esetén egyaránt fennáll, hiszen a tömegcsökkentés mindkét megoldás esetén lényeges kisebb gördülési, gyorsulási és lejtőellenállást eredményez. Műanyagokat azonban nem csak a járműiparban használják elterjedten, hanem a sok más területen, így az elektromos berendezésgyártásban, a gyógyászati eszközökben és a csomagolóiparban is.

A műanyag alkatrészeket primer alakítással, azaz extrudálással, fröccsön-

téssel és számos más eljárással állítanak elő. Bonyolult alkatrészek sorozatgyártásának elsődleges technológiája a fröccsöntés. Ezzel az alakítási eljárással azonban bizonyos geometriákat nem lehet egy lépésben előállítani. Ebből az következik, hogy a fröccsöntött alkatrészeket, adott esetben egy villamosipari burkolat egyik felét hegesztéssel kell egy komplex zárt alkatrésszé alakítani. Az ilyen alkatrészekkel szemben támasztott követelmények (tömörség valamely közeggel szemben, mechanikai terhelhetőség) anyag-anyag kötésekét részesítenek előnyben.

A műanyag munkadarabokat összehegesztve anyag-anyag kötés jön létre. A műanyagok számos eljárással hegeszthetők; az eljárások elsősorban a hőbevitel módjában különböznek egymástól. Minden egyes eljárásnak vannak előnyei és hátrányai, pl. a ciklusidő, a hegeszthető anyagok és a beruházási költség tekintetében. A hegesztési eljárásnak összhangban kell lennie a hegesztendő alkatrész anyagával.

A nagy mechanikai terhelésnek és egyidejűleg hőhatásnak (pl. belsőégésű motorral ellátott járművek motortere, elektromos járművek egyes zónái stb.) kitett alkatrészek előállítására egyre elterjedtebben használnak nagy hőállóságú, szálerezítésű termoplasztokat. Ez az oka annak, hogy ez a kutatás nagy hőállóságú termoplasztok hegesztésére, valamint a képződő varratok rövid és hosszútávú jellemzőinek vizsgálatára irányul. A vizsgálat kiterjed két olyan eljárásra, mely átállást tartalmaz (HG és IR), és ezeket összevetik az egy lépéses vibrációs hegesztéssel. Alapvető kérdés, hogy az átállás miképpen hat a varrat szilárdságára.

2. Hegesztési eljárások

Az alábbiakban ismertetjük a vizsgálat során alkalmazott hegesztési eljárásokat.

2.1 Vibrációs hegesztés infravörös sugárzásos előmelegítéssel

A vibrációs hegesztés során a két munkadarab összeillesztendő felületét oszcilláló súrlódó mozgás hevíti fel.

Az alkalmazott nyomóerő és a fellépő súrlódási hő hatására a műanyag ömledékállapotba kerül, és így létrehozható a kötés. A súrlódási mozgás jellege szerint az eljárásnak három változata van: lineáris vibrációs hegesztés, kéttengelyű (biaxiális) vibrációs hegesztés és szögbeli hegesztés (angle welding).

A lineáris vibrációs hegesztés jellemzője az, hogy a két munkadarab közül az egyik csak egy irányban mozog amplitúdóval (a). Ezt az eljárást általában 0,25-2,5 mm amplitúdóval, és 80-300 Hz frekvenciával alkalmazzák.

A szilárd súrlódási fázisban a vibrációs hegesztés során részecskék képződhetnek, és ez – elsősorban valamilyen közeget szállító rendszerekben – gondot okozhat. Infravörös előmelegítéssel ez a szilárd súrlódási fázis elkerülhető, és így a részecske-képződés szinte megszűnik. A hegesztendő felületeket infravörös hőforrásokkal olvadáspontig melegítik. Ezt követi az átállási szakasz, amikor az IR hőforrásokat eltávolítják, és az ömledékállapotú felületeket egymáshoz szorítják. Ez a lépés kis erőbehatással történik, nehogy az ömledéket kiszorítsuk a hegesztendő felületekről. Ekkor indul a vibrációs mozgás, és megkezdődik a vibrációs hegesztés tranziens ömledék-képződési fázisa. Az infravörös hevítést követő lépések megegyeznek a hevítés nélküli vibrációs hegesztés lépéseivel. Az infravörös előmelegítés következtében csökkenthető az alkatrész tömege, a ciklusidő viszont növekszik.

2.2 Infravörös hegesztés

A karbantartást nem igénylő és kóppással nem járó, infravörös sugárral történő hegesztésre nagy energiasűrűség és nagy hatékonyság jellemző. Ráadásul – tömegtermékként – alacsony a költsége a többi hegesztési sorozatgyártási eljáráshoz képest. Hátránya, hogy az IR sugárzás pontos fókuszálása nem oldható meg, és ennek következtében a pontos megömlesztés – különösen rövid hullámhosszú sugarakkal – csak egyes anyagok esetében valósítható meg.

Az infravörös sugárzás az elektromágneses sugárzási spektrum rész,

hullámhossza a 0,8 μm -tól 1,0 mm-ig terjed. Ez azt jelenti, hogy az IR sugárzás tartománya a látható fény és a mikro-hullámú sugárzás közé esik. A hegesztés vonatkozásában a legfontosabb az infravörös sugárzás termikus tartománya a legfontosabb, mert a legnagyobb energiabevitel a 2-15 μm tartományban figyelhető meg.

A kísérletekre használt berendezés igen gyors sugárzóelem-eltávolítást tesz lehetővé. A gyakorlat szerint erre a műveletre 0,8 s elegendőnek bizonyult.

A hegesztési nyomást az ömledék viszkozitásának függvényében kell megválasztani, hiszen a hegesztési zónában kialakuló hőmérsékleti viszonyok döntően befolyásolják a varrat tulajdonságait. Tekintettel arra, hogy az IR-hegesztés mechanizmusa nagyban hasonlít a többi kétlépcsős hegesztési eljáráshoz, ezért a hegesztési nyomás megválasztása ezeknél az eljárásoknál azonos módon történik.

2.3 Forrógázos tompahegesztés

A forrógázos tompahegesztés (HG) alternatívát jelent az ultrahangos, a vibrációs és a hevítőelemes hegesztéshez képest, és alacsony emissziójú, részecskementes eljárásnak számít. Az IR-hegesztéshez hasonlóan sorozatgyártásra alkalmas eljárás, a hevítőelem használatával a hegesztendő felületek érintkezésmentesen felhevíthetők. A hevítés fizikai alapelve a konvekció. A forrógázos hegesztés segítségével a hevítőelemes hegesztés két fő hátránya kiküszöbölhető. Egyrészt nincs szükség hosszú ciklusidőkre, másrészt ez az eljárás alkalmas kis viszkozitású, magas olvadáspontú polimerek hegesztésére. A HG hegesztéssel magas hőállóságú termoplasztoknál optikailag megfelelő és nagy szilárdságú varratok készíthetők. Ráadásul a HG hegesztésnél a hevítési idők rövidebbek, mint az IR hegesztésnél.

A forrógázos tompahegesztés abban különbözik az IR hegesztéstől, hogy az IR sugárzó-elemek helyett forrógázos hevítőelemeket használnak. A végrehajtott vizsgálatok során nitro-

gengázt alkalmaztak, amit hőmérsékletvezérelt fűtőelemek melegítettek fel. A forró gázt alkalmas fúvóka-elrendezéssel irányították a megömlészen-dő felületre.

Ezen eljárás alkalmazása során a hevítés több paramétere is változtatható: a gáz hőmérséklete, a térfogatárama és a hevítés ideje is hatással van a kialakuló ömledékréteg vastagságára. Az átállási idő ebben az esetben is nagyban függ a mozgatandó tömegtől. Mivel ennél az eljárásnál az IR-hez képest nagyobb a hevítőelem tömege, ezért a min. átállási idő 0,9 másodpercre adódott.

3. Vizsgálatok

A hegesztési vizsgálatokat 130 x 70 x 3 mm-es fröccsöntött próbadarabokkal végezték, melyeken a hegesztési felület 390 mm² volt. A rövidtávú szilárdságot szakítóvizsgálattal (DIN EN ISO 527), a hosszútávú viselkedést a hagyományos kúszási vizsgálattal (DIN EN 12814-3) mérték, azzal a módosítással, hogy a gyakorlati terhelési viszonyokhoz közelítve 100 °C felett végezték ezt a mérést.

A rövidtávú vizsgálat a varrat erősségét a szakítási szilárdság révén jellemzi. Az üvegszál-erősítésű anyagok esetében arra lehet számítani, hogy a törés a varratban következik be. A hegesztett mintán mért szakítási feszültség és az alapanyagra vonatkozó szakítófeszültség aránya alapján a kiszámítható a hegesztési jóságfok (S_p). Ha a hegesztési tényező 1, akkor a varrat szilárdsága megegyezik a kiindulási anyag szilárdságával. Következésképpen magas hegesztési tényezőkre kell törekedni, hiszen így a hegesztési varrat nem lesz az alkatrész gyenge pontja.

A cikkben bemutatott vizsgálatba a következő nagy hőállóságú műanyagokat vonták be:

- Poliftálamid, 35 % üvegszállal, szer- ves hőstabilizátorral (PPA EF GF35), $T_m = 301,04$ °C,
- Poliftálamid, 35 % üvegszállal, szer- vetlen hőstabilizátorral (PPA HSL GF35), $T_m = 301,00$ °C,
- Polifenilénszulfid, 40 % üvegszállal (PPS GF40), $T_m = 282,50$ °C,

- Poliamid 6.6, 30 % üvegszállal, hősta- bilizátorral (PA66 GF30), $T_m = 262,40$ °C,
- Poliamid 6.6, 20 % szénszállal, hősta- bilizátorral (PA66 CF20), $T_m = 263,00$ °C.

A kétlépéses eljárások esetében a kö- vetkező paraméterek hatását vizsgálták:

- az ömledékréteg vastagsága,
- az átállási idő,
- az illesztési és hűlési nyomás.

A vibrációs hegesztés során a legfon- tosbab paraméterek:

- a hegesztési idő,
- a vibráció amplitúdója, és
- az illesztési vagy hegesztési nyomás.

3.1 Rövidtávú jellemzők

A hegesztési folyamatok paramétere- it statisztikai kísérlettervezési módszer- rel változtatták annak érdekében, hogy megállapítsák, hogy mely paraméterek- nek van szignifikáns hatásuk a hegesz- tés szilárdságára.

Az első körös eredmények alapján az egyes eljárások paramétereit (átállási idő, hegesztési nyomás, optimalizálták. (Az optimalizálás egyes anyag/eljárás kombinációkban megkísérelte a var- rat szilárdságát.) Az elért legjobb ered- ményeket az 1. ábra foglalja össze.

Az eredmények jól mutatják az egy- és kétlépéses eljárások különbségét. Különösen a PPA esetében volt hangsú- lyos az átállás (IR és HG esetén) szerepe, mert ilyenkor a megömlött felületek jelentős mértékben lehűlnek. Ráadásul kiderült, hogy az IR hevítés jobb ered- ményekhez vezet, mert az magasabb ömledékhőmérsékletet ér el.

3.2 Hosszútávú jellemzők

A hosszútávú vizsgálatok során a kúszási jellemzőket két különböző ter- helésnél (15 és 20 MPa) vizsgálták, és a nyúlást, valamint a törésig eltelt időt mérték. Az eredmények azt mutatták, hogy adott terhelés mellett a nyúlás mértéke lényegében nem függött a hegesztési eljárástól. Más volt a helyzet a törésig eltelt idő vonatkozásában: a kétlépéses eljárással hegesztett min- tadarabok szignifikánsan hamarabb törtek el, mint az egy lépéses (vibrációs) eljárással hegesztettek. Ez jól rámutat arra, hogy a rövidtávú vizsgálat mellett

milyen fontos a hosszútávú vizsgálatok elvégzése: számos esetben a rövidtá- vú vizsgálat 1-es hegesztési tényezőt adott, de a hosszútávú jellemzőkben az eltérés nagyon jelentős volt.

A 2. ábra a PPA HSL GF35 kúszási vizs- gálatának eredményeit mutatja. Míg a PA66 esetében a rövidtávú jellemzők minden eljárás esetén hasonlóak, ennél az anyagnál nem minden eljárással le- het nagyon jó rövidtávú eredményeket elérni. A PPA HSL GF35 esetén a kétlé- péses technológiák hátránya a hosszú- távú vizsgálat során teljesen nyilvánva- lóvá válik: a kúszási vizsgálat során már 2 óránál rövidebb idő alatt bekövetke- zik a törés, így a kúszási görbe szinte fel- sem rajzolható. Ezzel szemben vibrá- ciós hegesztéssel készült mintánál 15 MPa terhelés mellett 5,3 %-os szakadási nyúlás, és átlagosan 725 óra utáni meg- hibásodás mérhető.

A kb. 280 °C olvadáspontú PPS a „leg- türelmesebb” anyag, és az összes vizs- gált eljárással hegeszthető, és eredmé- nyül jó hegesztési tényezők adódnak (3. ábra). A hosszútávú jellemzők is kedve- zőek, 15 MPa terhelésnél igen tekinté- lyes meghibásodási idők (300-800 óra) adódnak.

4. Összefoglalás és következte- tések

Bonyolult műanyag-tárgyak vagy -alkatrészek gyártása során rendsze- rint az egyik utolsó művelet a hegesz- tés. Tekintettel arra, hogy a hegesztési varrat nem lehet a végtermék gyenge pontja, a hegesztési folyamatra igen nagy figyelmet kell fordítani. A gépko- csi-gyártás területén például min. 15 éves élettartamra van szükség. Emi- att a rövid és hosszú távú szilárdságra egyaránt nagy figyelmet kell fordítani. Ráadásul mind a belsőégésű, mind az elektromos motorral működő jármű- vekben magas üzemelési hőmérsék- lettel kell számolni. Mivel a hegesztett kötésre a hőmérséklet nagy hatással van, ezért ilyen területeken egyre el- terjedtebben alkalmaznak nagy telje- sítőképességű (high-performance), ill. hőstabilizált műanyagokat. Ezekre az

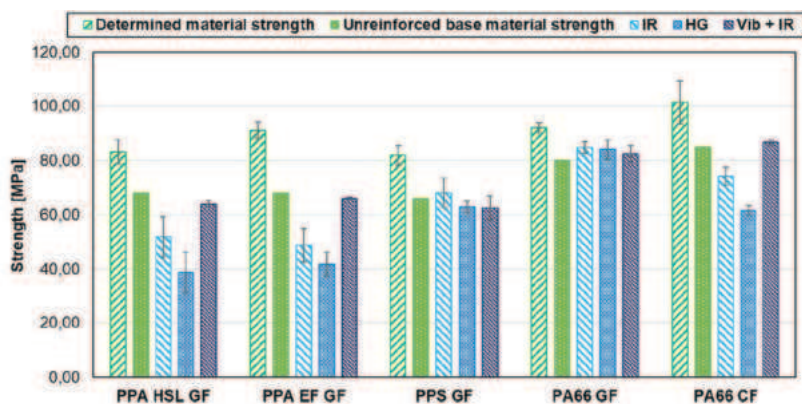
anyagok jellemzően magas olvadásponttal rendelkeznek, ami egyrészt hőállóság szempontjából kedvező, másrészt viszont komoly kihívást jelenthetnek többlépcsős hegesztési technológiák alkalmazása esetén.

Ebben a munkában különböző nagy hőállóságú hőre lágyuló műanyag hegeszthetőségét vizsgálták. A kutatásban két kétlépéses eljárást (forrógázos és infravörös hegesztést), valamint egy egylépéses eljárást (vibrációs hegesztés infravörös sugárzásos előmelegítéssel) vontak be. A kísérletek során statisztikai kísérlettervezéssel állapították meg az optimális technológiai paramétereket, valamint vizsgálták ezen anyagok hevítési és technológia lépések közötti (changeover) viselkedését. Megállapították, hogy a kétlépéses eljárások esetén a hegeszthetőség erősen függ az olvadási hőmérséklettől. Minél magasabb az olvadási hőmérséklet, a váltási műveletnél annál nagyobb mértékű a hűlés, és emiatt csökken a varrat szilárdsága. Ez a hatás mérsékelhető nagyobb illesztési nyomással (joining pressure) és nagyobb ömledékvastagsággal. A nagyobb illesztési nyomás biztosíthatja, hogy a lehűlt anyag benyomódjon a varratba. Megfelelő hegesztési paraméterek választása esetén nagy olvadáspontú anyagok is jó hatásfokkal hegeszthetők. Abban az esetben, ha nagy szilárdságú hegesztési varratokra van szükség, akkor előnyösebb lehet egylépéses technológia alkalmazása. Vibrációs hegesztés alkalmazásával az összes vizsgált anyag esetében magas hegesztési tényezőt lehetett elérni.

Dr. Bendl János, UMUNDUM Kft.

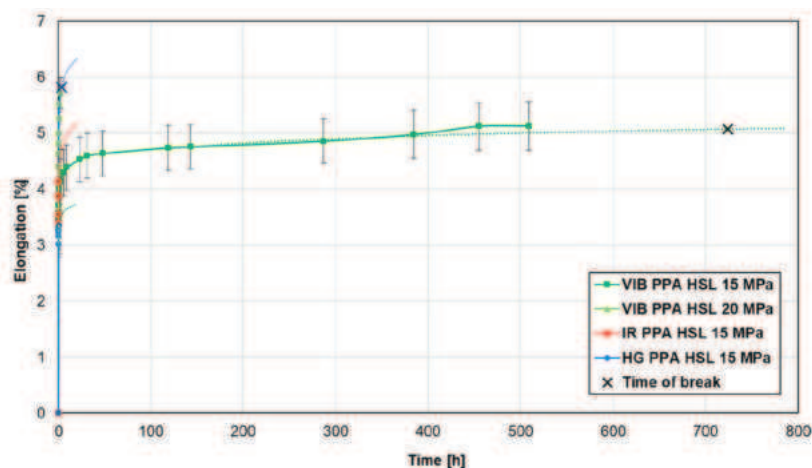
Open Access

A jelen kivonatos ismertetés a *Welding in the World* (2023) 67:2811–2821, <https://doi.org/10.1007/s40194-023-01595-3> cikk alapján készült. Az eredeti cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) jogvédelme alatt áll.



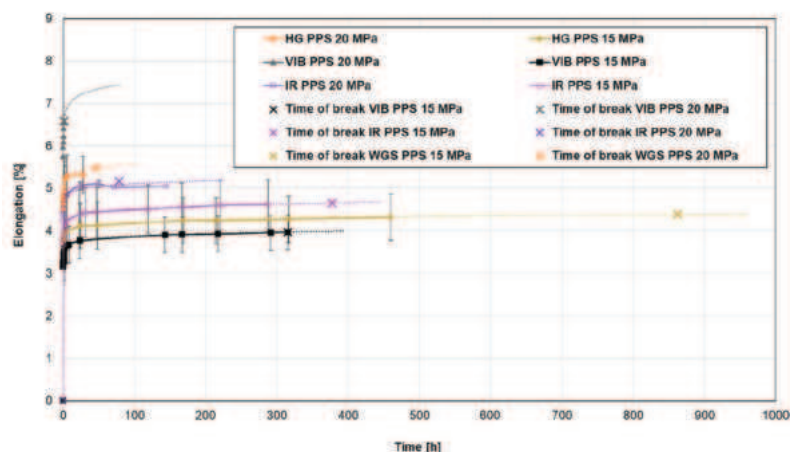
Angol	Magyar
Determined material strength	Mért anyagszilárdság
Unreinforced base material strength	Alapanyag szilárdsága erősítés nélkül
Strength	Szilárdság

1. ábra A maximális hegesztési varratszilárdság összehasonlítása az alapanyag szilárdságával



Angol	Magyar
Elongation	Nyúlás
Time	Idő
Time of break	Törésig eltelt idő

2. ábra A poliftálamidből készült hegesztett mintadarab hosszútávú viselkedése



Angol	Magyar
Elongation	Nyúlás
Time	Idő
Time of break	Törésig eltelt idő

3. ábra A polifenilénszulfidból készült hegesztett mintadarab hosszútávú viselkedése

INE KMD gépcsalád

Olasz gyártmányú processzorvezérelt inverteres multifunkciós (huzalelektroda, kézi ívhegesztés, HF impulzusos AWI) áramforrások. Felhasználóbarát kezelés, full szinergikus vezérlés, színes érintőkijelző, programmentés és azonnali programváltó gomb, teljes mellékparaméter állítási lehetőség.



Pulsrun, Double Pulsrun

Nagysebességű impulzusos irányított anyagátmenetes hegesztőprogram.

- Kimondottan stabil ív
- Az áram és a hegesztőfeszültség a szabad huzalhossztól független
- 30%-kal gyorsabb hegesztősebesség a hagyományos impulzushegesztéshez képest
- Emiatt 30%-kal kevesebb hőbevitel
- Kisebb vetemedés
- Korrozóálló acélok esetén kisebb a szemcsedurulás esélye
- Kisebb energiaigény

Dynamic Pulse, Dynamic Double Pulse

Speciális impulzus és duplaimpulzus program, ami különösen jól bírja a szabad huzalhossz gyors változásait, illetve kimagasló minőséget garantál hosszú szabad huzalvégnél is.

INE Root

Speciális gyökhegesztő program minden pozícióhoz.

INE Soft

Szinergikus MIG program kimondottan vékony lemezek deformációmentes hegesztéséhez.

CD5 digitális távszabályzó

Digitális, nyomó-, és forgatógombokkal, valamint érintőkijelzővel felszerelt távszabályzó. Alkalmas a hegesztőáram és a feszültségkorrekció állítására, valamint gázteszt és huzaleltolás funkcióval is rendelkezik. A kijelzőjén leolvasható az aktuális program minden fontosabb paraméterével.



DGT100 távszabályzó hegesztőpisztoly

Hétszegmenses kijelzővel és digitális távszabályzóval ellátott hegesztőpisztoly. A következő paraméterek láthatók a kijelzőn, és állíthatók a gombokkal:

- hegesztőáram
- huzalsebesség
- feszültségkorrekció
- aktuális Job

SENFENG

Lézerhegesztés – a jövő technológiája

Kézi lézerhegesztők magyarországi raktárról. Magyar szervizhálózat, magyarországi alkatrészellátás.

- » 1500 W, 2000 W, 3000 W teljesítményben
- » 10 m hosszú pisztolykábel
- » huzaltolóval (3000-es géphez dupla tolóval)
- » aggregátoros vízhűtéssel
- » hegeszthető anyagok: szénacél, korrozóálló acél, hőálló acél, alumínium ötvözetek
- » magyar nyelvű menü, magyar nyelvű kézikönyv

Qualiweld
Welding & Trade Kft.

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

Tallózás a hegesztési szaklapokban

Welding in the Word Volume 68. Issue 7.

Dual optimization of energy-absorbing intermediate layer for diversified enhancement of heterogeneous brazed joints

Ying Zhu, Yu Zhang, Kui Li, Wei Guo, Yanqiang Xu, Tianwei Shao, Weimin Long, Qiang Jia, Hongqiang Zhang, p. 1641-1651.

Thermal and microstructural analysis of intersections manufactured by wire arc additive manufacturing (WAAM)

Bruno Maciel Sousa, Fagner Guilherme Ferreira Coelho, Givan Martins Macedo Júnior, Hellen Cristine Prata de Oliveira, Nilo Nogueira da Silva. p. 1653-1669.

Effect of appropriate vibration frequency on microstructure and properties of laser cladding Co-based self-lubricating composite coatings

Lianjie Bi, Hua Yan, Peilei Zhang, Qinghua Lu, Haichuan Shi, Zhiyuan Li, p. 1671-1683.

The microstructure and wear behavior of WC-reinforced diamond composite coating

Qilong Wu, Weimin Long, Lei Zhang, Chenying Zhu, p. 1685-1692.

Micro-macro modeling of tensile behavior of a friction stir welded hybrid joint of AISi10Mg parts produced by powder bed fusion and casting

Aravindh Nammalvar Raja Rajan, Marcel Krochmal, Thomas Wegener, Alexander Hartmaier, Thomas Nienendorf, Ghazal Moeini, p. 1693-1705.

Numerical simulation of multi-field coupling behavior and heat and mass transfer mechanism in laser additive manufacturing process

Xing Han, Chang Li, Han Sun, Yichang Sun, p. 1707-1730.

Laser welding of additively manufactured Al-Si10Mg and conventionally manufactured Al6061 alloy

A. K. Vishwakarma, D. Debnath, M. D. Pawar, V. Muthiyan, B. Gautam, R. Khatirkar, Himanshu Shekhar, V. D. Hiwarkar, p. 1731-1745.

Achievement of defect-free and high-properties multilayer copper foils flexible connection by friction stir welding

Zihang Li, Yongfang Deng, Jincheng Zeng, Liang Hu, Yutao Zhou, Zherui Qiu, p. 1747-1756.

Understanding the bonding mechanism in short-time resistance projection welding: a comprehensive analysis

Johannes Koal, Martin Baumgarten, Jörg Zschetzsche, Hans Christian Schmale, p. 1757-1768.

Effect of innovative faying surfaces on dissimilar metal welds made with friction rotary joining

S. Senthil Murugan, P. Sathiyu, p. 1769-1781.

Clarify the forming mechanism and affecting factors of defects in semi-stationary shoulder bobbin tool friction stir welding

Wen Quan, Li Wenya, Di Xiaogang, Ren Shouwei, Zhao Jing, Klusemann Benjamin, p. 1783-1790.

Quality monitoring for a resistance spot weld process of galvanized dual-phase steel based on the electrode displacement

M. Ullrich, M. Wohner, S. Jüttner, p. 1791-1800.

Exploring the boundaries of refill friction stir spot welding: influence of short welding times on joint performance

Jonathan Draper, Sebastian Fritsche, Andrew Garrick, Sergio T. Amancio-Filho, Athanasios Toumpis, Alexander Galloway, p. 1801-1813.

The weldability in dissimilar joints of AA5052 and SPFC780DP steel by hybrid friction stir welding

Hee-Seon Bang, Dong-Min Park, Bum-Su Go, Kyoung-Hak Kim, p. 1815-1823.

Study on precise weld diameter validations by comparing destructive testing methods in resistance spot welding

Christian Mathiszik, Johannes Koal, Jörg Zschetzsche, Uwe Füssel, Hans Christian Schmale, p. 1825-1835.

Enabling magnetic pulse welding for dissimilar tubular arrester cable joints

M. Graß, N. Sommer, S. Böhm, p. 1837-1852.

Effect of welding speed on micro-friction stir lap welding of ultra-thin aluminium and copper sheets

Moumen Mahmoud Jazayerli, Chee Kuang Kok, Kamil Sued, Kia Wang Por, Chin Chin Ooi, Kia Wai Liew, p. 1853-1867.

Effect of copper interlayer in dissimilar TA6V/AU4G rotary friction weld joints

Houssem Eddine Lakache, Abdelghani May, Riad Badji, Nathalie Poirot, Slimane Nasre Eddine Reguieg Yssaad, p. 1869-1879.

A review on recent developments in ultrasonic welding of polymers and polymeric composites

Sandeep Bose, H. Chelladurai, K. Ponappa, p. 1881-1903.

Feasibility analysis for the application of conduction tracks on textiles by means of laser radiation

F. Brackmann, M. Brosda, M. Seidenberg, J. Sonnenschein, p. 1905-1912.

Effects of different heating strategies on the joint properties during infrared welding of glass fiber reinforced polyamide 6

Karina Gevers, Lucas Schraa, Paul Töws, Julia Decker, Volker Schöppner, Kai Uhlig, Markus Stommel, p. 1913-1927.

Welding in the Word Volume 68. Issue 8.

Microstructural and mechanical properties of electron beam welded super duplex stainless steel

Tamás Tóth, Ann-Christin Hesse, Viktor Kárpáti, Valéria Mertinger, Klaus Dilger, p. 1929-1940.

Evaluation of methods used for simulation of heat-affected zones in duplex stainless steels

E. M. Westin, L. G. Westerberg, p. 1941-1963.

Comparative study about the results of HAZ physical simulations on different high-strength steel grades

J. Kovács, M. Gáspár, J. Lukács, H. Tervo, A. Kajjalainen, p. 1965-1980.

Plasma wire arc additive manufacturing and its influence on high-carbon steel substrate properties

Matthias Moschinger, Thomas Vauderwange, Norbert Enzinger, p. 1999-2011.

Evaluation of microstructure and toughness of SAW steel weld metals with optimum Al/O ratio

Kangmyung Seo, Yongjoon Kang, Hee Jin Kim, Byungchul Kim, Namhyun Kang, p. 2013-2021.

Influence of classified pore contents on the dynamic strength of the welded joint in gas metal arc welding with different process variants made of galvanized and uncoated complex-phase (CP) steel

M. Sarpe, V. Wesling, K. Treutler, p. 2023-2043.

Study on microstructure and mechanical properties of continuous drive friction-welded joints of bainitic rail steel

Jiaqi Xie, Han Zhang, Chang'an Li, Zhiming Zhu, p. 2045-2056.

Low-temperature mechanical properties of slotted and normal terminals using ultrasonic wire harness welding

Wanlu Hong, Zeshan Abbas, Lun Zhao, Long Xu, Kai Ye, Hafiz Abdul Saboor, Md Shafiqul Islam, p. 2057-2069.

Effect of various rotational speeds on the inhomogeneous distribution of microstructure and toughness in friction stir weld joint of Q1100 ultra-high strength steel

Yawen Hu, Zheng Wang, Tingfang Tao, Shuai Chen, Hongbo Cui, p. 2071-2081.

Welding of additive manufacturing AlSi10Mg alloys using a laser metal deposition process with different heat inputs

Jingchuan Li, Li Cui, Defan Wu, Can Wang, Zhenfu Shi, Dingyong He, Qing Cao, p. 2083-2101.

Microstructure and hydrogen embrittlement of Q690 bainitic steel welded using electron beam

Pengcong Yang, Kuijun Fu, Yumin Wu, Jiayi Wang, Fengya Hu, Yulai Song, p. 2103-2108.

Effect of different regions on fatigue crack growth behavior of 6005-T6 aluminum alloy metal inert gas (MIG) butt welded joint: experimental and numerical study

Chao Wang, Bing Yang, Tao Zhu, Shuwei Zhou, Shoune Xiao, Guangwu Yang, p. 2109-2123.

Fatigue behaviour of automatically HFMI-treated welds

Lea Wendler, Daniel Löschner, Imke Engelhardt, p. 2125-2139.

Fatigue life evaluation of welded joints under multiaxial loading for different stress concepts using an extended Gough-Pollard criterion

N. M. Bauer, J. Baumgartner, M. Fass, p. 2141-2155.

Fatigue and failure behaviour of friction welded steel joints under normal and shear stresses

Jörg Baumgartner, Lorenz Uhlenberg, Frank Trommer, Ann-Christin Hesse, Markus Köhler, Klaus Dilger, p. 2157-2166.

Comparison of fatigue crack growth design curves on GMAW and EBW joints of high strength steels

R. P. S. Sisodia, M. Gáspár, J. Lukács, p. 2167-2185.

Local relaxation of residual stress in high-strength steel welded joints treated by HFMI

Yuki Ono, Heikki Remes, Koji Kinoshita, Halid Can Yildirim, Alain Nussbaumer, p. 2187-2202.

Fatigue design of stress relief grooves to prevent weld root fatigue in butt-welded cast steel to ultra-high-strength steel joints

Juho Havia, Kalle Lipiäinen, Antti Ahola, Timo Björk, p. 2203-2216.

Effects of pin size and of using an interlayer on interface bonding and fatigue strength of AA2024 to Ti6Al4V lap joints made using friction stir welding

Shamzin Yazdanian, Steve Ales, Zhan Wen Chen, p. 2217-2233.

Thermal fatigue cracks in WC-10Ni + AgCuTi composite coatings

Jintian Shi, Yizheng Feng, Jiawei Zhu, Xiangping Xu, Chunzhi Xia, Li Chen, p. 2235-2246.

Der Praktiker

76. Jahrgang, 2024. 6. szám

Plasma-Fasenschneidmaschine mit Industrie-4.0-Funktionalität in der Greiferproduktion: Spart Zeit beim Vorbereiten und Schneiden

Gudrun Schul. p. 28-31.

Der passende Einstieg in die Automatisierung: Cobots oder Roboter – Was funktioniert besser?

Dipl.-Ing. Walter Lutz, p. 32-35.

Einsatz der Ki-Basierten Objektdetektion in der Fertigung am Beispiel eines Engspaltschweißprozesses: Neue Möglichkeiten

Dipl.-Ing. Karsten Niepold, SFI, p. 38-43.

Einfluss der Atmosphäre auf das Korrosionsverhalten von Stählen: Schädigungsmechanismen und deren Vermeidung

Dr.-Ing. Ulrich Killing, p. 44-51.

Der Praktiker 76. Jahrgang 2024. 7-8. szám

Nichtrostende Stähle im Brückenbau - Langlebig und kostengünstig im Vergleich

Dr. Sebastian Heimann, p. 32-36.

Titan – Eigenschaften, Normen, schweißtechnische Verarbeitung - Werkstoff mit Zukunft

Thomas Disch, p. 38-47.

Torsionales Ultraschallschweißen in der Fertigung von Batteriezellen: Schnell und umweltfreundlich in der Serienproduktion

Axel Schneider, M. A. Ellen-Christine Reiff, p. 50-51.

Wärmeeinflusszone (WEZ) – Vergleich zwischen den prozessen Lichtbogenhand-, Metall-aktivgas- und Impuls-Laserstrahlschweißen: WEZ – Die meistgefürchtete „Danger Zone“ der Schweißtechnik

Prof. Dr. Gerd Kuscher, Stephan Thimonds, p. 52-56.

Wasserstoff – Was ist aus Sicht der Schweiß- und Werkstofftechnik zu beachten? - Von Vorteilen und Problemen

Dr.-Ing. Ulrich Killing, p. 58-66.

Összeállította Dr. Gáti József

NEW SIEGMUND MUNKAASZTAL

Forradalmasítjuk a munkasztalok piacát azáltal, hogy egy közönséges munkasztal minőségét egyesítjük Siegmund hegesztőasztalaink erősségeivel és a kiterjedt moduláris rendszerrel. Ez egy innovatív munkasztalt eredményez mindenki számára – a Siegmund munkasztalt.



A rendkívüli Siegmund kialakítású, alumínium profilokból készült robusztus alapkeret a munkasztalunk alapja. A jól bevált Siegmund perforált lemezzel felszerelve könnyen rögzíthet különféle tartozékokat, például ütközőket, rögzítőket vagy akár asztali satut is a munkapadra, hogy biztonságosan rögzítse a munkadarabot. Az állítható magasságú lábakkal a munkadunknál megszokott, ergonomikus munkahelyet is alkalmazzuk.

- ✓ könnyű és robusztus alapkeret
- ✓ állítható magasságú lábak
- ✓ precíz munkafelület
- ✓ exkluzív Siegmund formatervezés
- ✓ Rugalmasság a rendszerfuratok révén
- ✓ kompatibilis a Siegmund tartozékokkal



A hegesztés és rokon eljárásai szakterületen 2024. második félévére tervezett programok

Rendezvény megnevezése	Rendezvény időpontja	Rendezvény szervező	Rendezvény helyszíne
Hegesztési felelősök XXV. Országos Tanácskozása	2024. szeptember 19-20.	MHTE	Thermál Hotel Visegrád
XXXI. Hőkezelő és Anyagtudomány a Gépgyártásban Országos Konferencia és Szakkiállítás	2024. október 9-10-11.		Balatonfüred, Blaha Lujza Hotel
44. Balatoni Ankét	2024. november 14-16.	GTE MOL Nyrt. Százhalombattai szervezet, MAHEG	Siófok, Hotel Magistern

FELHÍVÁS!

Örömmel értesítjük a hegesztő szakmai közönséget és a szakma iránt érdeklődőket, hogy a
Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgálati Egyesülés
idén is megrendezi a

HEGESZTÉSI FELELŐSÖK XXV. ORSZÁGOS TANÁCSKOZÁSÁT

A tanácskozás időpontja:

2024. szeptember 19-20. (csütörtök-péntek)

Helyszín:

THERMÁL HOTEL VISEGRÁD (2525 Visegrád, Lepence völgy 2.)

Időbeosztása:

szeptember 19. csütörtök:

- 12⁰⁰ - 13⁴⁵ érkezés, regisztráció, ebéd
(csomagmegőrzés lehetséges)
- 14⁰⁰ - szobák elfoglalása
- 14³⁰ - 14³⁵ megnyitó
- 14³⁵ - 17⁴⁰ előadások
- 17⁴⁰ - 20⁰⁰ szabadidő (wellness stb.)
- 20⁰⁰ - 22⁰⁰ vacsora, baráti beszélgetés
- 22⁰⁰ - 24⁰⁰ vacsora utáni szabad beszélgetés, az
étterem 24⁰⁰ h-kor bezár.

szeptember 20. péntek:

- 7⁰⁰ - 8⁵⁵ reggeli, szabadidő, (wellness stb.)
- 8⁵⁵ - 9⁰⁰ második nap folytatása
- 9⁰⁰ - 12⁰⁵ előadások, konzultáció
- 12⁰⁵ - ebéd és hazautazás

(A földszinten rendelkezésre áll az ONIX terem, ahol a csomagokat be tudják pakolni, amennyiben még nem készült el a szobájuk.)

A tanácskozásra ezúton tisztelettel meghívom Önt és munkatársait, de további kísérő részvételére is van lehetőség (teljes létszám: max. 150 fő).

Amennyiben a konferencia előtt, vagy utána szeretne igénybe venni még egy-két napot, kérem azonnal jelezze, hogy továbbítani tudjuk igényét, mert a hotel befogadóképessége véges.

A szállóvendégek részére igénybe vehető a külső és belső élményfürdő, 32-38°C, szabadtéri úszómedence 20 m-es és a wellness részleg és egyéb szolgáltatásai.

A hotel körül 150 db parkolóhely található, ezt érkezési sorrendben tudják a vendégek elfoglalni. A hotellel szemben a 11. sz. főút túloldalán (3 perc séta) további parkolóhelyek találhatók (kb. 50-60 férőhely, ingyenes),

A konferencia díja tartalmazza:

- igény szerint egyágyas, vagy kétágyas elhelyezést, félpanzióval (svédasztalos reggeli, vacsora),
- svédasztalos két ebéd, első nap büféfogyasztás,
- szállóvendégek részére a hotel szolgáltatásai (termál-fürdő és wellness használata),
- gépkocsi parkoló igénybevétele,
- idegenforgalmi adó,
- konferencia részvétel, teremár, technika, technikai személyzet, szervezési költségek stb.
- A konferencia díj tartalmazza két ebédhez 1-1 üveg, vacsorához 1 üveg ásványvíz fogyasztását.

Amennyiben nem gépkocsival kívánja megközelíteni a helyszínt, lehetőség van távolsági busz igénybevételére, indulási pont Újpest-Városközpont, leszálló hely a hotel előtt (kb. 80 perc).

A jelentkezés esetén kérjük a „**JELENTKEZÉSI LAP**”-ot kitöltve legkésőbb **2024. augusztus 15-ig** pbea@mhte.hu e-mail címre visszaküldeni szíveskedjen.

A „Jelentkezési lap” letölthető a www.mhte.hu honlapról.

A részvételi költségről díjbekérőt küldünk, kiegyenlítés-kor előleg számlát állítunk ki. A végösszeg a teljesítés után kerül leszámolásra.

A jelentkezési lapon kérem megadni a számla befogadási e-mail címet, a számlát e-mailen távszámla formájában is van lehetőségünk megküldeni.

Kérjük, hogy a számlán megjelölt határidőre a számla kiegyenlítéséről gondoskodni szíveskedjék, mert a részvételi költség teljes kiegyenlítése a konferencia részvétel feltétel.

Várjuk szíves jelentkezésüket és az újbóli személyes találkozást.



Hegesztési/Ragasztási Felelősök XXV. Országos Tanácskozása

2024. 09. 19-20.

No.	Idő-beosztás	Előadás címe	Előadó neve
1.	14.30 - 14.35	Megnyitó	Dr. Gyura László levezető elnök
2.	14.35 - 14.55	Csőtávfűtési körvarratok vizsgálata komplex mechanikai terhelés és hidrogén kitértesség esetén	Prof Dr. Lukács János
3.	14.55 - 15.15	Innovatív hegesztett szerkezetek tervezése	Prof.Dr. Jármay Károly
4.	15.15 - 15.35	Folyamatfelügyelet a felrakóhegesztésen alapuló additív gyártástechnológiában (WAAM)	Nagy Krisztián
5.	15.35 - 15.55	Tájékoztató a Join-Trans konferencián elhangzott szakmai előadásokról	Borhy István
6.	15.55 - 16.20	Kávészünet	
7.	16.20 - 16.40	A nyitható vasúti híd acélszerkezetgyártási és szerelési munkáinak sajátosságai	Antal Csaba
8.	16.40 - 17.00	Műanyagcső hegesztés minőségbiztosítása	Illés Gábor
9.	17.00 - 17.20	A Robinson híd acélszerkezet kivitelezése	Pogonyi Tibor
10.	17.20 - 17.40	Mi a minőség, a válasz egyszerű?	Erik Engh Tolmács: Bakos Levente

No.	Idő-beosztás	Előadás címe	Előadó neve
1.	8.55 - 9.00	Második nap megnyitása	Pelcz József levezető elnök
2.	9.00 - 9.20	A nióbbium szerepe az atomerőművi főberendezések hegesztésénél	Babits Péter Pál
3.	9.20 - 9.45	DIN EN ISO 3834 ellenőrzési tapasztalatai	Rene Bullert
4.	9.45 - 10.05	A mesterséges intelligencia fejlődésének kihatásai a robothegeztésre	Dr. Farkas Attila
5.	10.05 - 10.25	Változások a ragasztóüzemek megítélésében	Marian Krivanek
6.	10.25 - 10.45	Poradagolásos lézersugaras hegesztés és alkalmazási lehetőségei	Prof. Dr. Buza Gábor
7.	10.45 - 11.05	„Hegesztőhiány Megoldása – Új Perspektívák és Lehetőségek”	Pausits Valér
8.	11.05 - 11.25	GANZ 35T típusú úszódaru „Hull extension”	Sümei Tamás
9.	11.25 - 11.45	A hegesztési és ragasztási szabványokról	Szabó József
10.	11.45 - 12.05	Nemzetközi hegesztésszerkezet-tervező képzés a BME-n - Milyen előnyökkel jár az IWSD diploma?	Dr. Kollár Dénes

Szabványosítási hírek

Hegesztés és rokon eljárásaihoz kapcsolódó új szabványok megjelenése 2024. június-július

(Forrás: Magyar Szabványügyi Testület Hírlevele)

Nemzeti szabványállomány változásai

MSZ EN ISO/ASTM 52945:2024 Autóipari additív gyártás. Minősítési elvek. A PBFLB/M folyamatok általános gépértékelése és kulcsfontosságú teljesítménymutatói (ISO/ASTM 52945:2023)

MSZ EN ISO 14373:2024 Ellenállás-hegesztés. A bevonat nélküli és a bevonatos, kis karbontartalmú acélok ponthegesztési eljárása (ISO 14373:2024)

MSZ EN ISO 9455-17:2024 Lágyszerkezet-folyósítók. Vizsgálati módszerek. 17. rész: A folyósítószer-maradványok felületi szigetelési ellenállásának fésűs vizsgálata és elektrokémiai migrációs vizsgálata (ISO 9455- 17:2024)

MSZ EN ISO 6508-1:2024 Fémek. Rockwell-keménységmérés. 1. rész: Mérési eljárás (ISO 6508-1:2023)

MSZ EN ISO 6508-2:2024 Fémek. Rockwell-keménységmérés. 2. rész: A

keménységmérő gépek és a behatolótestek igazoló ellenőrzése és kalibrálása (ISO 6508-2:2023)

MSZ EN ISO 6508-3:2024 Fémek. Rockwell-keménységmérés. 3. rész: A keménység-összehasonlító lapok kalibrálása (ISO 6508-3:2023)

MSZ EN 10088-1:2024 Korrózióálló acélok. 1. rész: A korrózióálló acélok jegyzéke

MSZ EN 10088-3:2024 Korrózióálló acélok. 3. rész: Az általános felhasználású, korrózióálló acél félgyártmányok, rudak, hengerhuzalok, huzalok, idomacélok és fényes termékek műszaki szállítási feltételei

MSZ EN 10305-3:2024 Nagy méretpontosságú acélcsövek. Műszaki szállítási feltételek. 3. rész: Hegesztett, hidegen alakított csövek

MSZ EN ISO 8256:2024 Műanyagok. Az ütve húzó szilárdság meghatározása (ISO 8256:2023)

MSZ EN ISO 20753:2024 Műanyagok. Vizsgálati próbatestek (ISO 20753:2023)

MSZ EN ISO 16486-1:2024 Műanyag csővezetékrendszerek éghető gázok szállítására. Kemény poliamid (PA-U) csővezetékrendszerek hegesztett és mechanikus 14 csatlakozással. 1. rész: Általános előírás (ISO 16486- 1:2023)

Magyar nyelvű szabványok megjelenése

MSZ EN ISO 13857:2020 Gépek biztonsága. Biztonsági távolságok a veszélyes terek felső és alsó végtagokkal való elérésének megakadályozására/megelőzésére (ISO 13857:2019)

MSZ EN ISO 4007:2019 Egyéni védőeszközök. Szem- és arcvédelem. Szakasztár (ISO 4007:2018)



LASLINE, NITROCUT, OXYCUT

VÉDŐGÁZOK LÉZERSUGARAS
HEGESZTÉSHEZ ÉS VÁGÁSHOZ

Szakértő partnerük a vágástechnológiákban

CUTTING
WELDING

SINCE 1898



**Made in
Germany**

Since 1898

**A ZINSER minden alkalmazási
területre csúcsmínőségű
vágórendszert biztosít.**

Nálunk személyre szabott szoft-
vermegoldásokat, kiváló minő-
ségű CNC-vezérlőket, szakszerű
szervizt, valamint rendkívül széles
választékot talál kiegészítőkben
és egyéb opciókban.



Lángvágás



Plazmavágás



Lézervágás



Fúrás, súllyesztés,
menetfúrás



Marás



Leélezéses vágás



Nr. 2468
Jelölés



3D Csővágás



Szkenelés,
leolvasás



> 300 mm
Nagy teljesítményű
lángvágás

Magyarországi képviselő: Invent Welding Kft.



+36 20 247 4919



iroda@inventwelding.hu



www.zinser.hu

AKÁR **50%-S**
KÖLTSÉGCSÖKKENTÉS

**KIEMELKEDŐ
TERMELÉKENYSÉG**

**MEGBÍZHATÓAN
ROBOSZTUS**

**KIVÁLÓ
ERGONÓMIA**

**5 ÉV
GARANCIA***

* áramforrásokra vonatkozik:
3 év normál garancia
2 további év a végfelhasználó
regisztrációjától számítva.

SPEEDTEC® PULSE RANGE

TÖKÉLETES TELJESÍTMÉNY

Az új SPEEDTEC® 400SP és 500SP harmadik generációs, többfunkciós áramforrások, amelyek kiemelkedő minőségű hegesztéssel és magas hatékonyságú eljárásaikkal növelik a termelékenységet és a újabb lépést jelentenek a professzionális hegesztés jövőjének útján.

- **Speed Short Arc**: gyorsabb hegesztés alacsonyabb hőbevitel mellett.
- **High Penetration Speed™** a mély beolvadású hegesztési folyamatokhoz.
- **Soft Silence Pulse™** csökkenti a zajt és egyértelműen jobban nedvesíti a rozsdamentes acélt.
- **MECHAPULSE™** kiváló minőségű varratok pikkelyezett varrat megjelenéssel.
- Magas bekapcsolási idejű, többféle eljárásra alkalmas áramforrások.
- Mindkétoldalon teljesen szigetelt PCB, kiválóan ellenáll a pornak, nedvességnek, rázkódásnak vagy rezgésnek.
- 5 éves garanciával megerősített igazán nagy teherbírás.
- Moduláris koncepció bármilyen követelmények megfelelő konfiguráció kiépítéséhez.
- Az ergonómikus tervezés megkönnyíti a hegesztők munkáját.

☎ +36 70 610 9582
✉ svegso@lincolnelectric.eu
www.lincolnelectriceurope.com

**LINCOLN®
ELECTRIC**

Budaházy Viktor¹, Kollár Dénes^{1*}, Borhy István²

Második generációs hőforrás modell kidolgozása MAG-hegesztés eljárásváltozataihoz

Development of second generation heat source model for MAG welding process variants

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Hidak és Szerkezetek Tanszék

² TÜV Rheinland InterCert Kft.

* kollar.denes@emk.bme.hu

Absztrakt

Acélszerkezetek ömlesztőhegesztésekor az anyagban jelentős átalakulások mennek végbe, melyek során megváltozik a hegesztés környezetében a szövetszerkezet, illetve a termofizikai és mechanikai tulajdonságok. Az ömledék megszilárdulása utáni hűlés miatti térfogatváltozások és fázisátalakulások a kialakuló maradó feszültségek és torzulások elsődleges forrásaként nevezhetők meg, meghatározásuk összetett vizsgálatokat igényel. Jelen cikkben bemutatunk egy olyan hőforrás modell családot, mely különböző huzalelektrodás aktív védőgázos ívhegesztés eljárásváltozat modellezésekor alkalmazható termomechanikai szimulációkban. A hőforrás modell különböző anyagátviteli módok és védőgázok figyelembevételével került kidolgozásra: a torzulások, a beolvadás és fázisátalakulások tekintetében megfelelően írják le az egyes eljárásváltozatokat. A modell alapja egy komplex kísérleti program, melynek eredményei részletesen kiértékelésre kerültek.

Kulcsszavak: MAG-hegesztés eljárásváltozat; hegesztésszimuláció; termomechanikai analízis; hőforrás modell

1. Bevezetés

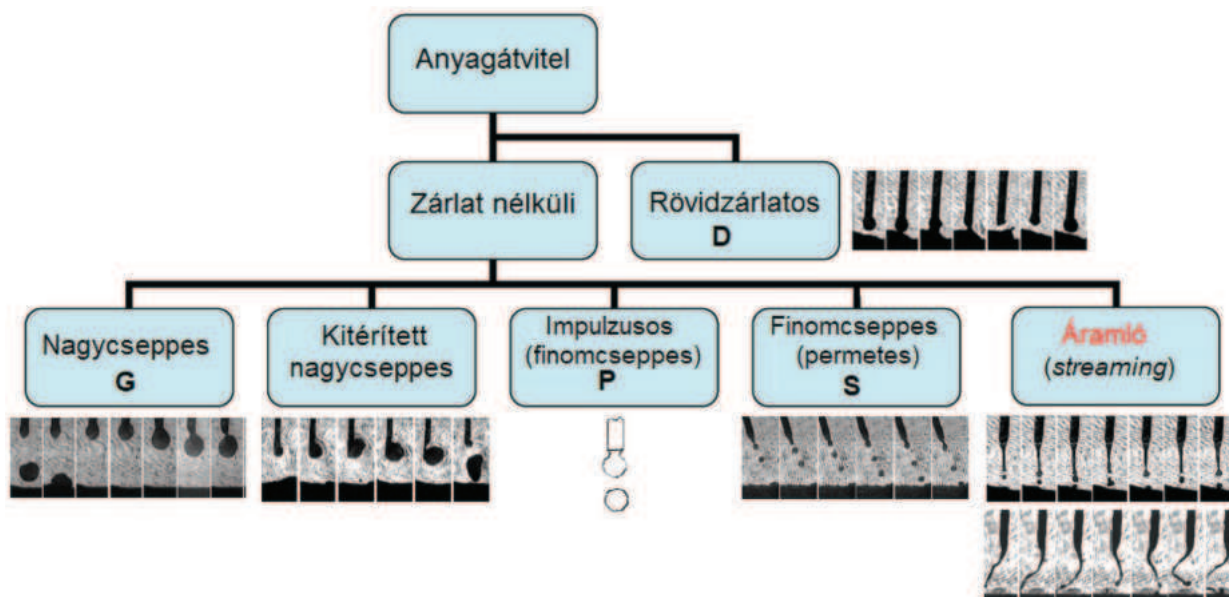
Acélszerkezetek ömlesztőhegesztése során a hozaganyag és az alapanyag egy része folyadék halmazállapotba kerül. A környezet intenzív hőelvonásának köszönhetően azonban a hőforrás elhaladtával – vagy a hőbevitel megszüntetésével – az olvadt állapotba került hegfürdő gyors hűlésnek indul, és megszilárdul. A már szilárd, de forró varratfém természetes hűlése során végbemenő térfogatváltozást a környező alapanyag gátolja, így kialakul az adott varratra jellemző sajátos deformációs és sajátfeszültség állapot. A deformáció és sajátfeszültség mellett a hűlés időtartama, illetve a nem megömlő, de felmelegedő alapanyag hőciklusai további kristályszerkezeti átalakulásokhoz vezetnek. Mindezek a hegesztett szerkezet, illetve a hegesztéstechnológia tervezése során figyelembe veendő. A he-

gesztéssel kapcsolatos ismeretanyag bővülésével számos, kézi számítás szintjén használt közelítő képlet került kidolgozásra, mind a torzulások, mind pedig a szövetszerkezeti változások megbecslésére gyártástervezés során. Összetettebb szerkezetek esetén hatékony, de komplex és számításigényes vizsgálat az úgynevezett hegesztésszimuláció, mellyel a hegesztés során jelentkező – általában differenciálegyenletekkel felírható – fizikai folyamatokat közelítő numerikus módszerrel oldunk meg.

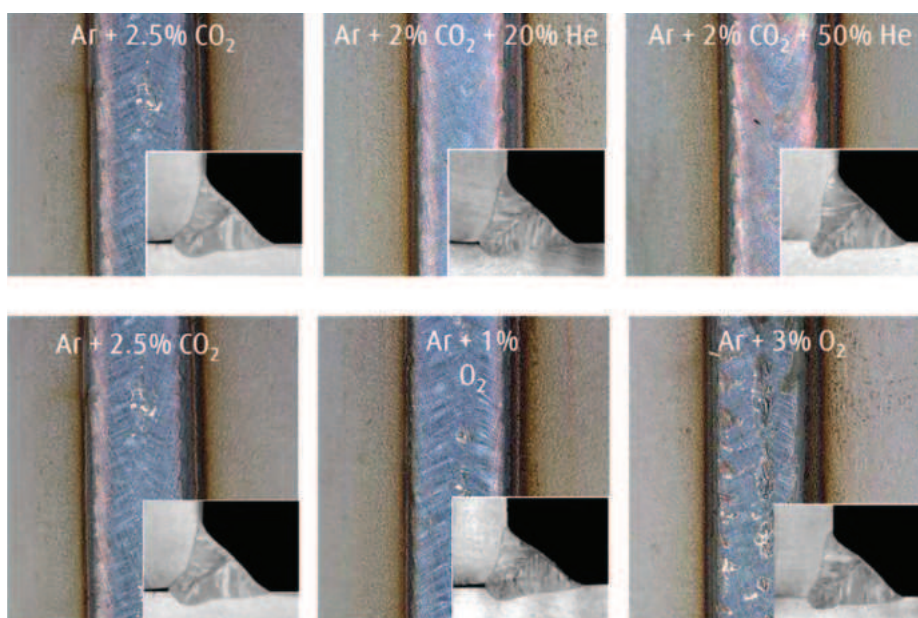
Ívhegesztő eljárásokon belül találjuk a huzalelektrodás védőgázos ívhegesztést (MSZ EN ISO 4063:2023 szabvány szerinti 13 jelű eljárások [1], ahol a villamos ívet biztosító elektróda egyben a hozaganyag forrása is. A huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés eljárásváltozatait az anyagátviteli mód alapján csoportosíthatjuk. Alapvetően kétféle anya-

gátviteli módot különböztetünk meg, Kristóf [2] szerinti elnevezéseket használva: (i) a rövidzártas, melynek során a huzal a hegfürdőhöz érve rövidzárlatot alakít ki, így megszűnik az ív, jelentősen megnő az áramerősség és a huzal alsó szakasza gyorsan leolvad; illetve (ii) a zárlat nélküli, amely kategóriában a cseppméret alapján csoportosíthatjuk az eljárásváltozatokat, ebben az esetben az ív folyamatosan ég, és nincs megszakítva. Jellemzően ezen eljárásváltozatok nagyobb hőbevitelt igényelnek. A cseppméret, leválás és anyagátviteli mód alapján az anyagátvitel lehet nagycseppes, impulzusos, finomcseppes, vagy áramló (1. ábra).

Huzalelektrodás ívhegesztés egyik kulcsfontosságú eleme a megfelelő – aktív vagy semleges – védőgáz megválasztása. A védőgáz hatással van az anyagátvitel módjára, a varratalakra,



1. ábra A 13-as jelű hegesztési eljárások morfológiai rendszere az anyagátviteli módokkal [2] alapján



2. ábra Argon alapú védőgázokkal készített sarokvarratok [5]

a beolvadásra, a megvalósítható hegesztési sebességre, a fröcskölésre és az esztétikára [3, 4]. Szerkezeti acélok hegesztése során az eltérő összetételű argon alapú védőgázok eltérő beolvadás-profilú hegesztési varratokat eredményezhetnek. A varrat alakja, a beolvadás mélysége és a hozaganyag-nak az alapanyaggal való keveredése is tág határok között változhat. Az argon gázhoz adagolt hidrogén vagy hélium növeli a leolvadási teljesítményt és a hegesztési sebességet, valamint hatással van az varrat alakjára, esztétikájára (2. ábra).

Jelen cikkben, a gyakorlatban széles körben elterjedt huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés eljárásváltozataihoz dolgozunk ki második generációs hőforrás modellt kísérleti eredmények alapján termomechanikai analízisben való alkalmazáshoz. Háromféle fajlagos hőbevitelt vizsgálunk a kísérleti programban, mely különböző anyagátviteli módot eredményez (nagycseppes (G), finomcseppes (P) és permetes (S)), mindegyik anyagátviteli módhoz három különböző védőgázt használva (2.5% szén-dioxid és 97.5% argon,

18% szén-dioxid és 82% argon, illetve 4.5-ös tisztaságú szén-dioxid). Az alkalmazott védőgázok eltérő hővezetéssel, ionizációs potenciállal rendelkeznek, és eltérő módon változtatják az ömledék viszkozitását, így befolyásolva a keveredést és a varratalakot is. A kidolgozott hőforrás modell alapja a szimulációs gyakorlatban széleskörben alkalmazott Goldak-féle dupla ellipszoid hőforrás modell [6], illetve az Nguyen [7] nevéhez köthető hibrid hőforrás modell, mely két eltérő méretű és hőáramsűrűségű Goldak-féle dupla ellipszoid modellt szuperponál, ezzel lehetővé téve gomba alakú hegfürdő modellezését is. Az újszerű hőforrás modell lehetővé teszi a későbbi szimulációk során az anyagátviteli módnak és az alkalmazott védőgázoknak megfelelő, pontosabb eredmények meghatározását egy szélesebb tartományban is.

2. Kísérleti program

Jelen cikkben ötvözetlen, normálszilárdságú szerkezeti acélból készülő acélszerkezetek huzalelektrodás ívhegesztésével, illetve az ívhegesztés hőforrás modelljével foglalkozunk. A gyakorlatban előforduló hegesztési beállítások száma még hagyományos üzemű

áramforrások esetén is nagy, így jelen publikáció ennek egy szűkebb, de gyakran előforduló szeletével foglalkozik. Összesen háromféle eljárásváltozatot vizsgálunk háromféle hőbevitel esetén, mindhárom eljárásváltozat az MSZ EN ISO 4063:2023 szabvány szerinti 135 jelű eljáráshoz tartozik. A numerikus modellben alkalmazható hőforrás modell fejlesztéséhez a kísérlet alatt vagy után olyan fizikai paramétereket mérünk, amely a numerikus modellel meghatározható, így a mért és számított értékek közötti korreláció adja a kalibráció alapját. Ennek megfelelően a kísérleti programban a következő méréseket, illetve vizsgálatokat végezzük el:

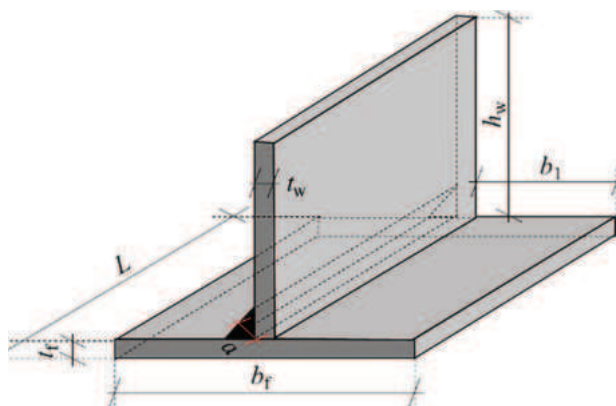
- hegesztési változók (hegesztési sebesség, huzalelőtolási sebesség, feszültség, áramerősség, védőgáz áramlási sebesség) dokumentálása,
- hegesztésből adódó torzulások meghatározása koordináta mérőgéppel történő alakméréssel hegesztés előtti és utáni állapot alapján,
- alapanyaghányad, valamint varrat-fém keresztmetszeti méretének és alakjának vizsgálata makrociszolatok alapján,
- szövetszerkezet vizsgálata,
- Vickers-keménységmérés (HV10).

2.1. Próbatetek kísérleti hegesztése

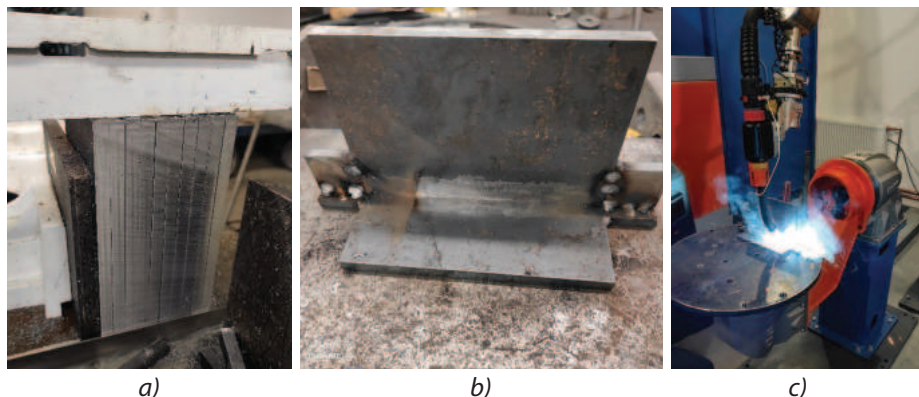
A vizsgált T-kötések egy varratsorral, egyoldali sarokvarrattal kerültek kialakításra (3. ábra), az alkotólemezek alapanyaga MSZ EN 10025-2 [8] szerint S355J2+AR. A műbizonylat szerint minimális folyáshatára 421 MPa, szakítószilárdsága 552 MPa, szakadási nyúlása 29%. Széntartalma $C = 0.13\%$, szénegyenértéke $(CE = C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15)$ az IIW ajánlása szerint $CE = 0.39\%$, így hegesztése nem igényel előmelegítést. Az alapanyag szabványos próbatetekken végzett minimális ütőmunkája 144 J volt -20°C fokon. A robotizált hegesz-

tés EN ISO 6947:2020 [9] szerinti PB hegesztési pozícióban történt tömör huzalelektrodás, aktív védőgázos ívhegesztéssel (MAG, 135 jelű eljárás). Az alkalmazott hozaganyag EN ISO 14341-A-G 42 4 C1/M21 3Si1 volt, átmérője 1.0 mm. A hozaganyag műbizonylata szerint a szabványos próbatetekken végzett vizsgálatok alapján a folyáshatár 446 MPa, a szakítószilárdság 553 MPa, a szakadási nyúlás 27%, míg a minimális ütőmunka 90 J volt -40°C fokon. A hegesztett próbatet 200 mm hosszú, az öv és a gerinc is $200 \times 150 \times 10$ mm méretű lemezből készült. Az alkotólemezek első körben lézervágással kerültek kivágásra egy táblából, majd a termikus vágásból adódó hőhatásövezetet mechanikus fűrészgéppel távolítottuk el (4. ábra a) részlete). A hegesztés során $40 \times 40 \times 10$ mm méretű kifutólemezek alkalmazására is sor került. Az alapanyag lemezeit és a kifutólemezeket mechanikai úton tisztí-

tottuk K80 szemcseméretű lamellás csiszolótárcsával elsősorban a hegesztés 25 mm-es környezetében, majd a T-kötés egyik oldalán (a nem hegesztett oldalon) kerültek fűzővarratokkal rögzítésre (4. ábra b) részlete). A próbatetek hegesztését (4. ábra c) részlete) a CLOOS GmbH magyarországi képviselőjénél, a Crown International Kft. nagytarcsai telephelyén végeztük el. A hegesztést hagyományos üzemű áramforrás beállítás mellett végeztük el. Áramforrásként CLOOS gyártmányú QINEO Champ WD készüléket alkalmaztunk – amely rendszeresen karbantartott és validált hegesztőberendezés – DC+ egyenárammal, fordított polaritással. A hegesztést egy QRC 350 álló robotmechanikájú hegesztőrobot végezte el előre meghatározott pályán, a hegesztés korrekciója, vezérlése ívszenzor alapján történt. Hegesztés során a környezeti hőmérséklet $20-22^\circ\text{C}$ volt. A hegesztés során három Linde



3. ábra T-kötés elvi kialakítása
($L = 200$ mm; $b_f = h_w = 150$ mm; $b_1 = 70$ mm; $t_w = t_f = 10$ mm)



4. ábra Gyártás lépései:
a) alkotólemezek levágása, b) lemezek összefűzése és c) robotizált hegesztés

gyártmányú védőgázzal készültek el a próbatetek:

- Cronigon 2 (ISO 14175 – M12 – ArC – 2,5): 2.5% szén-dioxid, 97.5% argon;
- Corgon 18 (ISO 14175 – M21 – ArC – 18): 18% szén-dioxid, 82% argon;
- Szén-dioxid 4.5 (ISO 14175 – C): 99.995% szén-dioxid.

A hegesztés során feljegyeztük az I áramerősséget, az U feszültséget, a $Q_{\text{gáz}}$ gázáramlási sebességet és a v_{huzal} huzalelőtolás sebességét, melyek átlagértékeit táblázatosan is összefoglalunk (1. táblázat). A v hegesztési sebesség minden esetben 30 cm/min volt. A fajlagos hőbevitelt $q = \eta UI/v$ képlettel határoztuk meg, ahol η a termikus hatásfok. MAG hegesztés esetén EN 1011-1 [10] szerinti értéke a védőgáz összetételétől függetlenül 0.80 (habár ez nem feltétlenül igaz az eltérő hővezetési tényezők miatt), mely később közvetlenül megjelenik a numerikus szimulációknál is, mint a hőforrás modell bemeneti paramétere. Háromféle hőbevitelt használtunk minden védőgáz esetén, amelyhez eltérő huzalelőtolási sebességek társultak, a hegesztési sebességet állandó értéken tartva ez eltérő gyök-méreteket eredményezett. Az egyes huzalelőtolási sebességekhez rendelt áramerősségek alapján durvacseppes, finomcseppes, és permetes anyagátviteli mód valósult meg. Megjegyzendő, hogy tiszta szén-dioxiddal történő hegesztés során permetes anyagátviteli mód nem tudott kialakulni.

2.2. Eredmények kiértékelése

A mérési eredmények kiértékelésének célja a különböző védőgázok hatásának elemzése. A kiértékelés alapját az elvégzett torzulásmérések, a makrocsiszolatok, szövetszerkezeti elemzések, illetve Vickers-ke-ménységmérések adták. A kísérleti eredmények továbbá fontos alapot nyújtanak a későbbi numerikus modellezés szempontjából.

1. táblázat

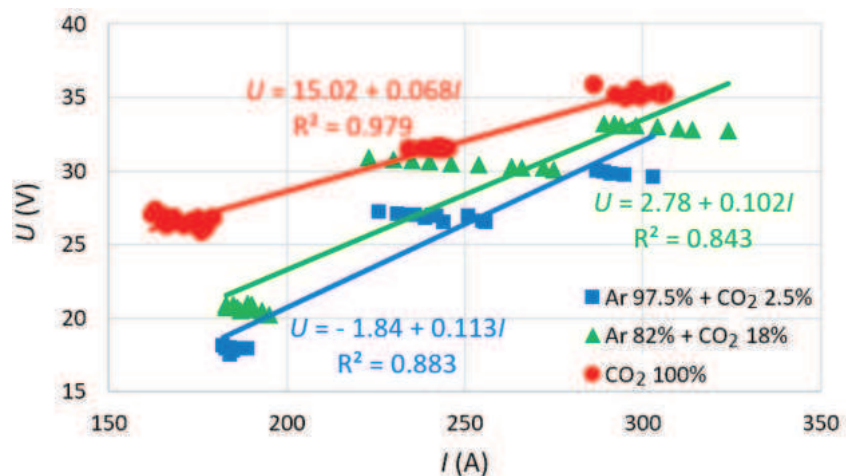
Próbatest jele	v_{huzal}	I_{mean}	U_{mean}	v_{heg}	q	$Q_{\text{gáz}}$	Védőgáz típusa
	(m/min)	(A)	(V)	(cm/min)	(J/mm)	(l/min)	
T2	8.1	188	20.7	30	623	16	18% CO ₂ + 82% Ar
T3	12.1	250	30.5	30	1222	16	18% CO ₂ + 82% Ar
T4	16.1	303	33.0	30	1600	16	18% CO ₂ + 82% Ar
T5	8.1	185	17.9	30	530	14	2.5% CO ₂ + 97.5% Ar
T6	12.1	241	26.9	30	1039	13.5	2.5% CO ₂ + 97.5% Ar
T7	16.1	293	29.8	30	1397	13.5	2.5% CO ₂ + 97.5% Ar
T9	8.1	171	26.6	30	728	28	CO ₂
T10	12.1	240	31.5	30	1210	27	CO ₂
T11	16.1	298	35.3	30	1683	27	CO ₂

Hegesztési változók az egyes próbateteknél

2.2.1. Hegesztési változók

A kilenc próbatest hegesztése során rögzítettük a berendezés által kijelzett feszültség-áramerősség pontpárokat, mindezeket kiértékeljük. Az 5. ábra mutatja be az egyes védőgázok és hőbevitelre esetére (így összesen kilenc adatcsoport különböztethető meg) az áramforrás aktuális beállításához tartozó statikus munkapont mozgásait és a munkatartományokat. A pontok az egyes próbateteknél 2-5 másodpercenként leolvasott pontpárokat jelölik. Megfigyelhető, hogy a munkafeszültség függvény a három védőgáz mellett egészen eltérő módon alakul az alkalmazott feszültségtartó áramforrás esetén (munkapontokhoz húzott érintők laposak). Szén-dioxid védőgáz esetén a három fajlagos hőbevitelből meghatározható munkapontok gyakorlatilag egy egyenesre fektedtek (R^2

= 0.979), viszont az argon tartalmú védőgázok esetén a kapcsolat kevésbé volt pontosan leírható lineáris összefüggéssel (R^2 = 0.843 és 0.883). Az MSZ EN IEC 60974-1:2019 szabvány szerinti, MAG hegesztő áramforrásokra vonatkozó, 600 A alatti áramerősség mellett meghatározott egyezményes munkafeszültség függvény ($U = 14 + 0.05I$) meredeksége a legjobban a szén-dioxid védőgázzal történő hegesztés függvényével ($U = 15.02 + 0.068I$) egyezik meg. Az argont is tartalmazó védőgázok esetén a függvények meredeksége több, mint kétszerese ennek az értéknek (0.102I, illetve 0.113I). Az egyes próbatetekre vonatkozóan a későbbi numerikus szimulációknál nem az illesztett egyeneseket használtuk fel, hanem az átlag feszültség és áramerősség párokat alkalmaztuk a hőbevitel meghatározásánál.



5. ábra Hegesztés során rögzített feszültség (U)-áramerősség (I) pontpárok

2.2.2. Hegesztés hatására bekövetkező torzulások

A hegesztés hatására bekövetkező torzulás a hegesztett szerkezetre gyakorolt hatásának egyik legfontosabb mérőszáma, így a hőforrás modellek kalibrációjának egyik alapja. Deformációt alapvetően csak valamilyen referenciához képest lehet mérni, így a deformációmérésnek jelen esetben két lépése van. Első lépésként a fűzővarratokkal összeállított, próbatest hegesztés előtti geometriai méretei kerültek meghatározásra, majd ezt követően a hegesztés utáni alak is rögzítésre került. A hegesztés hatására bekövetkező torzulás a két eset különbségéből határozható meg. Maga a deformációmérés diszkrét pontokon valósult meg, a méréshez FaroArm mérőkart használtunk CMM (koordináta mérőgép) mérőfejjel, amely képes a mérőkar origójához képest a diszkrét pontok térbeli koordinátáját meghatározni ± 0.018 mm pontossággal.

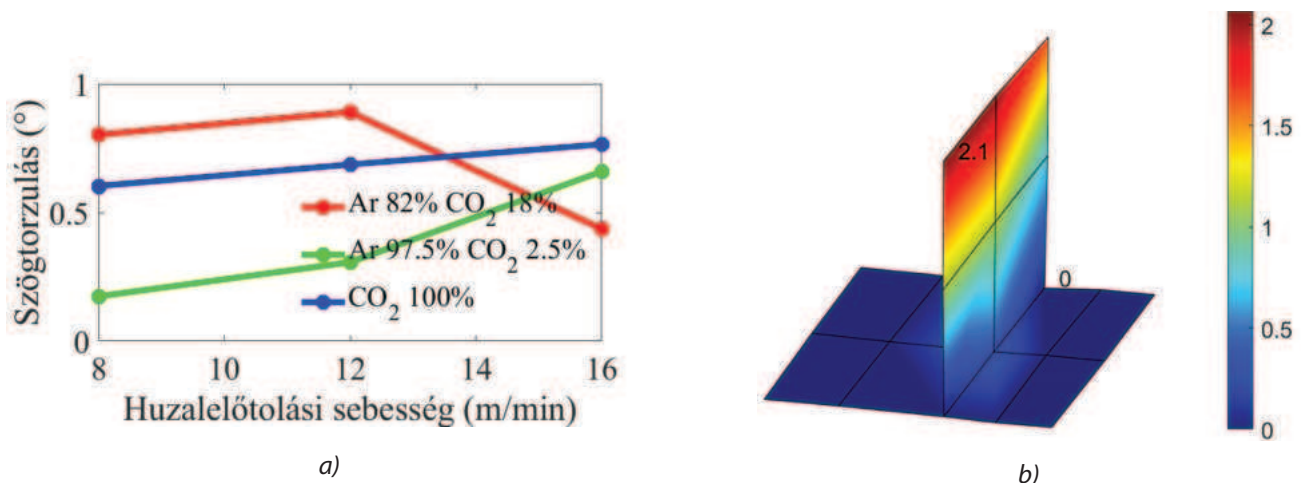
A kialakított egyoldali sarokvarrat a hegesztés során jól meghatározható alakváltozást mutatott. A hegesztés hatására bekövetkező deformáció elsősorban a T-kötés talp és gerinclemeze között mérhető szög megváltozását jelentette, az egyes próbatestekre értelmezhető legnagyobb szögtorzulásokat a 6. ábra a) részletén ábrázoltuk. A legnagyobb keresztirányú torzulás

(6. ábra b) részlete) – és ezáltal a szögtorzulás maximuma – minden esetben a T-kötés végkeresztmetszetében adódott. Általánosságban kijelenthető, hogy a hőbevitel növekedésével a szögtorzulás mértéke is nő. 2.5% szén-dioxidot és 97.5% argont tartalmazó védőgázzal történő hegesztés során a szögtorzulás mértéke és a huzalelőtolási sebesség között határozott, közel lineáris kapcsolat állítható fel, tiszta szén-dioxiddal történő hegesztés során is hasonló tendenciát kaptunk.

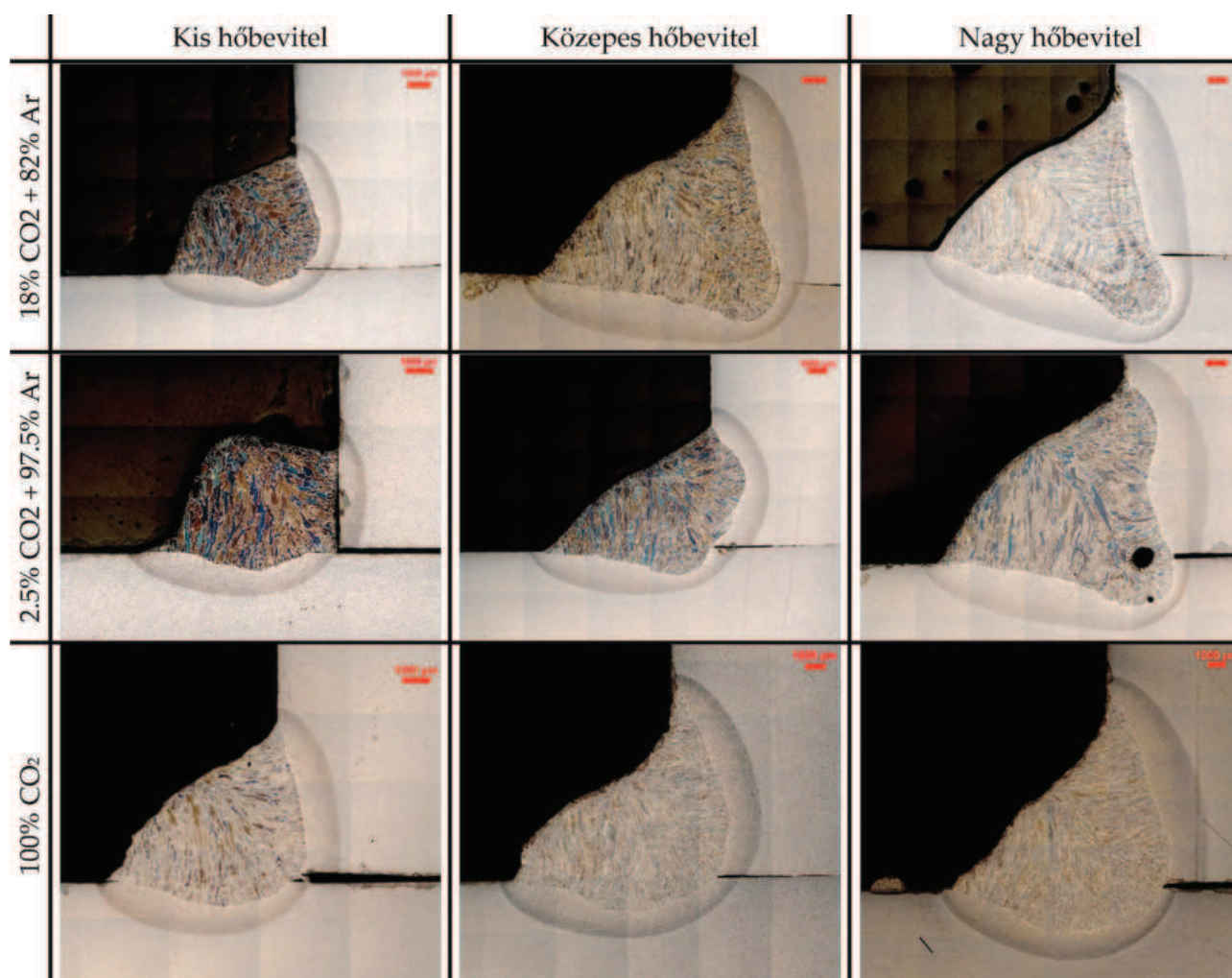
2.2.3. Makrociszolatok elemzése

Minden próbatestből kimunkáltunk egy szakaszt a próbatest közepén a makrociszolatokhoz (7. ábra) és keménységméréshez. Megállapítható, hogy nagyobb hőbevitel esetén nemcsak a sarokvarrat gyökmérete lett nagyobb, hanem a beolvadás is növekedett. Tiszta szén-dioxid védőgáz használata esetén volt a legnagyobb a beolvadás, itt keletkezett a legnagyobb alapanyaghányad a varratban (8. ábra). Azt is megállapítottuk, hogy a hőbevitel növelésével növekedett nemcsak a beolvadás, hanem az alapanyaghányad is, tehát a hő nagyobb része fordítódott az alapanyag megolvasztására. A teljes varrat keresztmetszeti területe és a

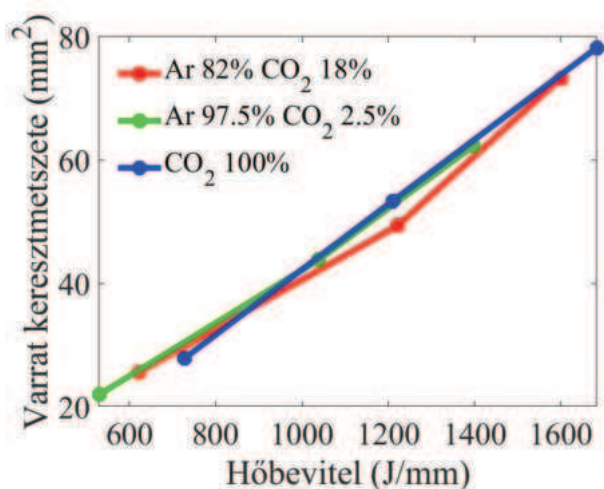
fajlagos hőbevitel között jó közelítéssel lineáris a kapcsolat, az alapanyaghányad és a hőbevitel között azonban nem. Ebből arra következtethetünk, hogy a hőbevitel alapján a varrat keresztmetszeti területe meghatározható, a varratalak azonban a védőgáz függvénye. A huzalelőtolási sebesség és a hegesztési sebesség minden gáz esetén egyforma volt, tehát elméletileg leolvadó hozaganyag keresztmetszeti területe minden esetben meg kellett, hogy egyezzen. Mégis a CO_2 védőgázzal végzett hegesztés során kisebb varratkeresztmetszeteket mértünk, mivel a hozaganyagnak egy kimérhető része fröcskölés miatt kárba veszett. A varratalak is sajátosan alakult. Széles, a varrat koronájánál is szélesebb megömlött zóna alakult ki szén-dioxid esetén, a hegfürdő alakja pedig ellipszissel jól leírható. 18% szén-dioxidot és 82% argont tartalmazó védőgázzal végrehajtott hegesztés esetén gomba alakú hegfürdő keletkezett, melynek leírása alapvetően két ellipszoiddal lehetséges. További érdekes megfigyelés volt, hogy a hőhatásövezet mérete nem a legnagyobb hőbevitelű szén-dioxid esetén jelentkezett, hanem 18% szén-dioxidot és 82% argont tartalmazó védőgázzal hegesztett próbatestek esetén. Ebből arra következtethetünk, hogy a varrat alakja,



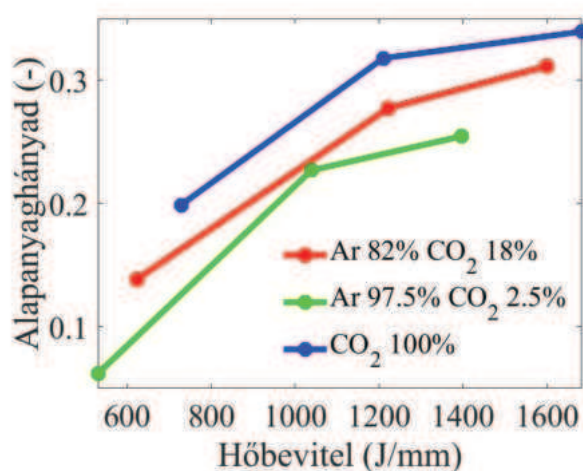
6. ábra a) Szögtorzulások maximuma (°) és b) jellemző keresztirányú torzulás (mm) hegesztés hatására



7. ábra Makrosziszolatok a kilenc próbatestre (piros mérethasáb = 1 mm)



a)



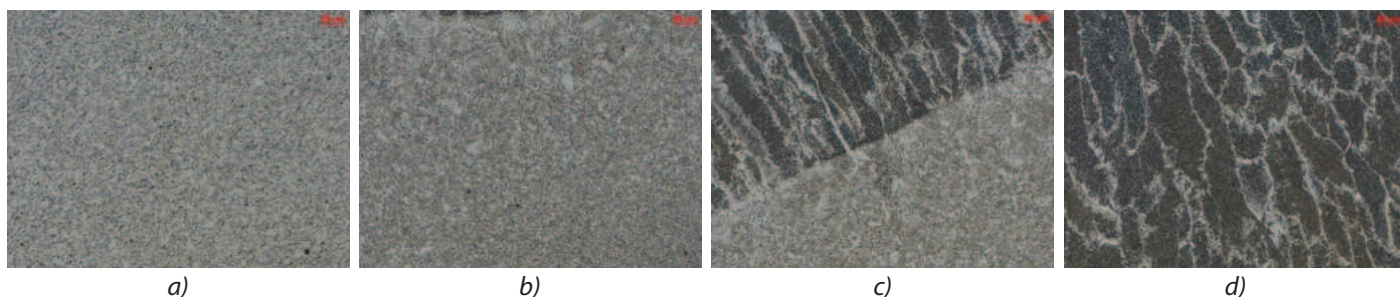
b)

8. ábra Egyes eljárásokkal keletkezett a) varratfelületek és b) alapanyaghányad a hőbevitel függvényében

illetve elsősorban az ömlesztési vonal hossza határozza meg a hőhatásövezet méretét, nem a hőbevitel. Porozitás szempontjából a legjobb minőségű varratok szén-dioxiddal készültek. 18% szén-dioxidot és 82% argont tartalmazó védőgázzal

készült varratok esetén, különösen nagyobb hőbevitel során rengeteg 20-100 μm -es zárvány/ buborék keletkezett, különösen az ömlesztési vonal közelében. 2.5% szén-dioxidot és 97.5% argont tartalmazó védőgázzal készült varratok esetén a

zárványok ritkábbak voltak, azonban itt talákoztunk 1000 μm -es zárvánnyal is, illetve kis hőbevitel esetén a beolvadás elégtelen volt a gerincen. Ebben az esetben is a magasabb hőbevitelnél tapasztaltunk több/nagyobb zárványt.



9. ábra Felvételek szövetszerkezeetről: a) alapanyagban, b) hőhatásövezetben, c) ömlesztési vonal környezetében, és d) varratban (T2 próbatest: $q = 623 \text{ J/mm}$, 18% CO_2 + 82% Ar, piros mérethasáb = $50 \mu\text{m}$)

2.2.4. Szövetszerkezeti analízis

Csiszolatokról készült felvételeket mutat be a 9. ábra példaként. A mikroszkópi vizsgálatok optikai fémmikroszkópon kerültek elvégzésre 100-szoros nagyítás alkalmazása mellett. A felvételek alapján megállapítható, hogy az alapanyag szövetszerkezete ferrit-perlites, az átlagos szemcseméret $15\text{--}20 \mu\text{m}$. A hőhatásövezet alapanyaghoz közel eső részén $4\text{--}10 \mu\text{m}$ szemcseméretű finomszemcsés szövetszerkezet alakul ki (nagyobb hőbevitel esetén kisebb szemcsemérettel) több perlitel, míg a varrathoz közel megfigyelhető a szemcsedurvulás. A szemcsedurvulás mértéke a hőbevitel emelésével növekszik. Argon keverékkel kis hőbevitel esetén a szemcsedurvulás eredményeképpen $40 \mu\text{m}$, szén-dioxiddal kis hőbevitel esetén $70\text{--}80 \mu\text{m}$, nagy hőbevitel esetén akár $100 \mu\text{m}$ szemcseméretű durvaszemcsés szövetszerkezet is kialakult. Az ömlesztési vonal

mentén kisebb, a varratfémbe viszonylag nagyméretű kristályok fejlődését figyelhetjük meg. Jellemzően ferrites-perlites szövetszerkezet, esetenként megjelenik a bénit. A hőbevitel növekedésével – és ezáltal a lehűlési sebesség csökkenésével – egyre kevesebb bénit keletkezését figyelhetjük meg. A megszilárdult varratfém kristályainak iránya, orientációja párhuzamos a hőelvonás irányával.

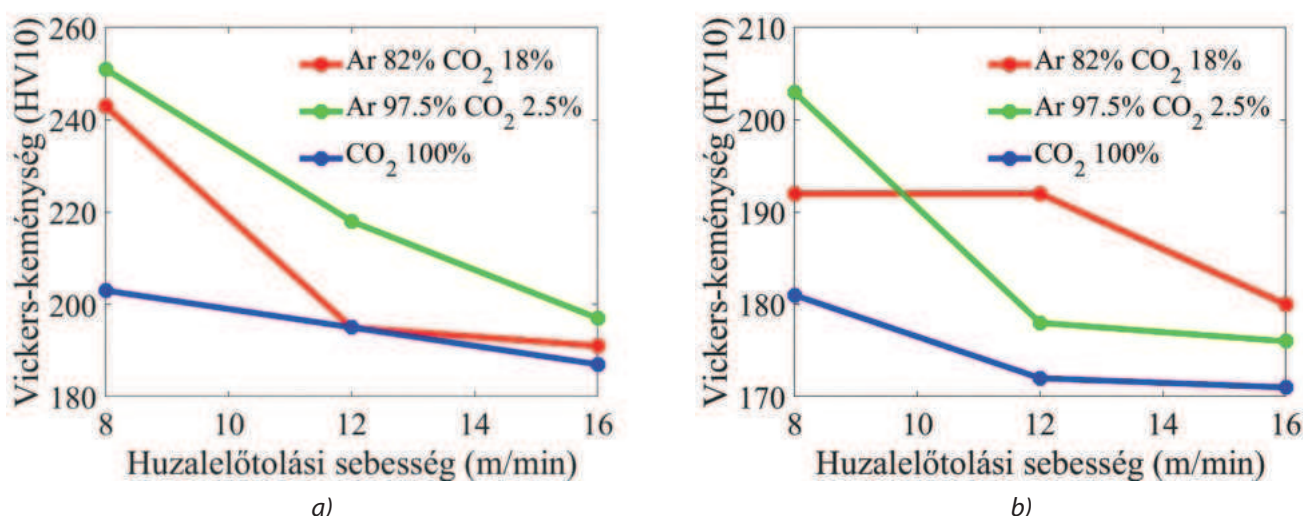
2.2.5. Vickers-keménységmérés eredményei

Az elkészített makrociszzolatokon HV10 keménységet mértünk az MSZ EN ISO 9015-1 [11] szerint. A maximális keménységet minden esetben a varratfémbe mértük, a hőhatásövezetben a keménység kisebb volt, melynek oka vélhetően a hozaganyag vegyi összetételével (alapanyaghoz viszonyított magasabb szilícium és mangán tartalom) magyarázható. Általános esetben

a hőhatásövezetben jelennek meg a legnagyobb keménység csúcsok, a vizsgált esetekben a jelenség a hozaganyag összetételével, ötvöző elemeivel magyarázható. A keménység a hőbevitel nagyságával fordítottan arányosan alakult (10. ábra). Ennek oka a hűlési sebességben keresendő. A kis hőbevitelű hegesztések hűlési sebessége nagyobb, így keményebb szövetszerkezeti elemek nagyobb hányadban keletkezhetnek (elsősorban bénit). Ez a megállapítás összhangban van a makrociszzolatoknál tapasztalt szövetelem arányokkal.

3. Numerikus vizsgálatok

A hegesztés hatásának vizsgálatára nemcsak valós kísérleteket hajtottunk végre, hanem numerikus modelleket is alkottunk. A hegesztésszimuláció célja a hőmérsékleti mezők, hegfürdő méret, sajátfeszültségek, illetve torzulások meghatározása a különböző védőgázok esetén.



10. ábra Maximális Vickers-keménységek a) varratfémbe és b) hőhatásövezetben

3.1. Numerikus modell bemutatása

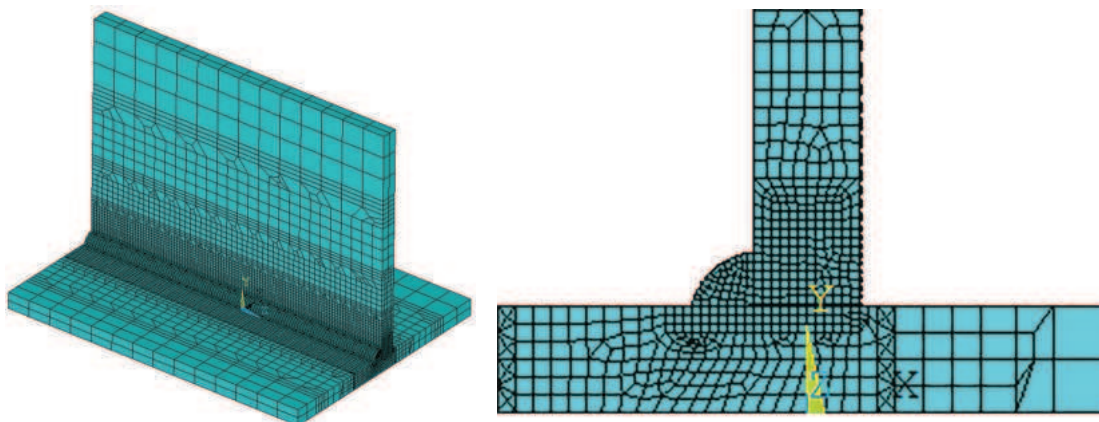
A hegesztési folyamat numerikus szimulációjához háromdimenziós tranziens, különválasztott termomechanikai analízist futtattunk, ehhez ANSYS v19.0 általános vége-selemes szoftverben alakítottunk ki egy erre alkalmas keretrendszert [12]. Lineáris nyolc csomópontú testeleme- ket alkalmaztunk, a hegesztési varrat- tok körül mind a keresztmetszetben, mind a tengely mentén finomabb hálózattal (11. ábra). Az alkalmazott hőmérsékletfüggő termikus és me- chanikai anyagtulajdonságok az EN 1993-1-2:2005 szabványon alapul- nak. A szabvány redukciós tényezőket használ a hőmérsékletfüggő rugal- massági modulus, a folyáshatár és a feszültség-nyúlás görbék meghatáro- zásához. A hozaganyag modellezését az ún. "birth and death" és a "quiet ele- ment" technikák kombinációjával mo- delleztük a termikus és az azt követő

mechanikai analízis során. A termikus peremfeltételeket, mint konvekció, emissziós tényező, a környezeti hő- mérséklet és a próbatestek kezdeti hőmérséklete, a kísérletekkel össz- hangban modelleztük. A mechanikai analízisben a nagy elmozdulások elvét is figyelembe vettük. A kifejlesztett gyártási keretrendszer háttere megta- lálható a [13] folyóirat cikkben.

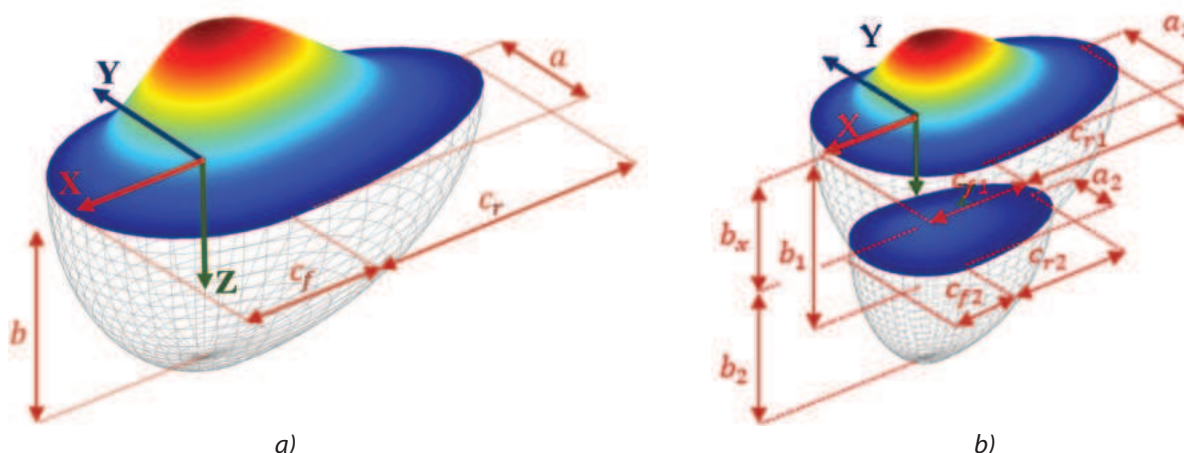
A kísérleti program kiértékelése- kor megállapítottuk, hogy a varrat keresztmetszeti területe arányos a hőbevitellel, illetve a valós varrat- geometria sok esetben nagyban el- tér a tervezés során figyelembevett, elméleti háromszög alakú varratgeo- metriától, ezért a numerikus szimu- láció során a varratdudort minden vizsgált esetben olyan körccel mo- delleztük, melynek területe meg- egyezett a makrociszolatok alapján mért keresztmetszeti területtel (ld. keresztmetszet a 11. ábrán). Az öv és gerinc közötti rést is modelleztük

oly módon, hogy a numerikus prob- lémák elkerülése végett nagyságren- dekek kisebb hővezetési tényezőjű és merevségű anyagot feltételeztünk [13]. A hőforrás figyelembevételéhez kétféle modellt alkalmaztunk: szén- dioxid védőgáz – és a szabályos, fé- lellipszisszel leírható megömlesztett övezet alak – esetén dupla ellipszoid alakú hőforrás modellt (12. ábra a) részlete), a keverékgázoknál – sza- bálytalan alakú beolvadás esetén – hibrid hőforrás modellt (12. ábra b) részlete) alkalmaztunk. A hőforrás modellek geometriai paramétereit ki- zárólag a kísérletek során mért, és il- lesztett geometria alapján vettük fel.

Goldak és társai [6] korábban azt tapasztalták, hogy ellipszoid hőforrás modellt alkalmazva a szimulációval megjósolt hőmérséklet-változás az ív előtti szakaszon nem olyan mere- dek, mint amit kísérlettel tapasztal- tak, míg a hőmérséklet csökkenése az ív mögötti szakaszon meredekebb,



11. ábra Alkalmazott vége-selemes modell és a hálózás



12. ábra A két alkalmazott hőforrás modell és a jelölések: a) Goldak-féle dupla ellipszoid és b) hibrid hőforrás modell

mint amit a mérések igazoltak. Az eltérés kiküszöbölésére alkották meg az úgynevezett dupla ellipszoid hőforrás modellt. Ennek egyik sajátossága, hogy könnyen megváltoztatható a kis behatolási mélységű ívhegesztés és a mélyebb behatolású, nagy hőenergiásűrűségű hegesztési eljárásokhoz is. A hőforrás elülső és hátulsó fele egy-egy ellipszoid alakú hőforrás kvadránsa. A beolvadási képet makrosziszolatokból megismerve a hőforrás paraméterei kalibrálhatók. Első közelítésként Goldak azt feltételezte, hogy ésszerű lenne felvenni a hőforrás előtti távolságot a hegesztési varrat szélességi méretének felére, míg a forrás mögötti távolságot ennek a kétszeresére. Az ellipszoidon belüli energiasűrűséget jelölje $Q_f(x,y,z)$ és $Q_r(x,y,z)$ az elülső és hátulsó kvadránsban. Ezen kívül további paraméter a , b , c_f és c_r , amelyek az ellipszoid féltengelyeit jelölik az X , Y és Z tengellyel párhuzamosan. Ezek alapján az energiasűrűség az elülső és hátulsó kvadránsban a következőképpen adható meg:

$$Q_f(x,y,z) = Q_{f,max} \cdot e^{(-3x^2/a^2 - 3y^2/b^2 - 3z^2/c_f^2)} \quad (1)$$

$$Q_r(x,y,z) = Q_{r,max} \cdot e^{(-3x^2/a^2 - 3y^2/b^2 - 3z^2/c_r^2)} \quad (2)$$

A keverékgázoknál indokolt volt az Nguyen [7] nevéhez köthető hibrid (kettős), alsó és felső dupla ellipszoidból álló hőforrás modell alkalmazása, mivel ezeknél a próbatesteknél már nem mondható el, hogy az összeolvadási vonal leírható lenne egy

félellipszissal, sokkal inkább két egymásra szuperponált félellipszissal. A modellt leíró paraméterek megegyeznek a Goldak-féle modellel, annyi különbséggel, hogy a felső és alsó dupla ellipszoidok egy 1-es és 2-es alsó indexet kapnak. Ezen felül szükséges kalibrálni a termikusan hasznosuló teljesítmény arányait a két ellipszoid között, ezzel is befolyásolva a beolvadás alakját. A hibrid hőforrás modellt az alábbi egyenletek írják le:

$$q_{f1}(x,y,z) = q_{max} \cdot e^{(-3x^2/a_1^2 - 3y^2/b_1^2 - 3z^2/c_{f1}^2)}, \quad \text{ha } (z \leq b_x, 0 \leq x) \quad (3)$$

$$q_{r1}(x,y,z) = q_{max} \cdot e^{(-3x^2/a_1^2 - 3y^2/b_1^2 - 3z^2/c_{r1}^2)}, \quad \text{ha } (z \leq b_x, x < 0) \quad (4)$$

$$q_{f2}(x,y,z) = q_{max} \cdot e^{(-3x^2/a_2^2 - 3y^2/b_2^2 - 3z^2/c_{f2}^2)}, \quad \text{ha } (z > b_x, 0 \leq x) \quad (5)$$

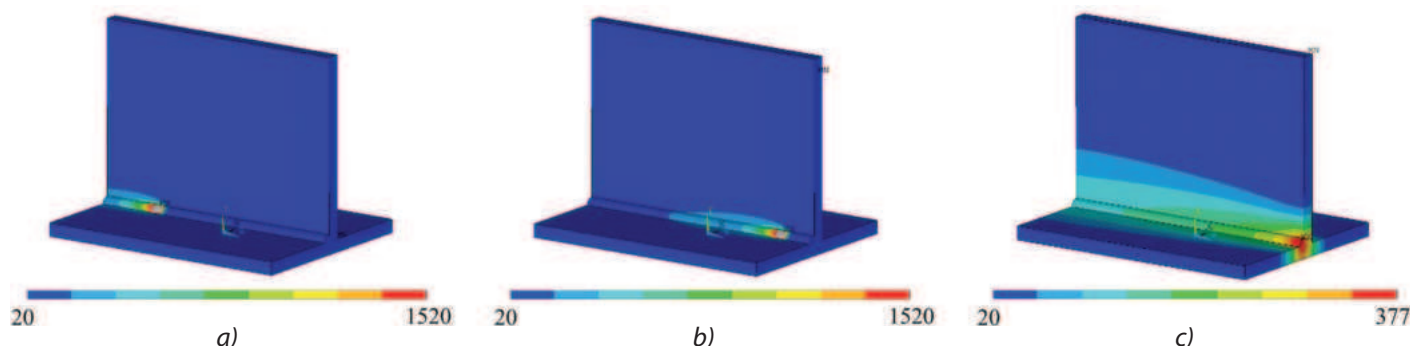
$$q_{r2}(x,y,z) = q_{max} \cdot e^{(-3x^2/a_2^2 - 3y^2/b_2^2 - 3z^2/c_{r2}^2)}, \quad \text{ha } (z > b_x, x < 0) \quad (6)$$

3.2. Numerikus eredmények

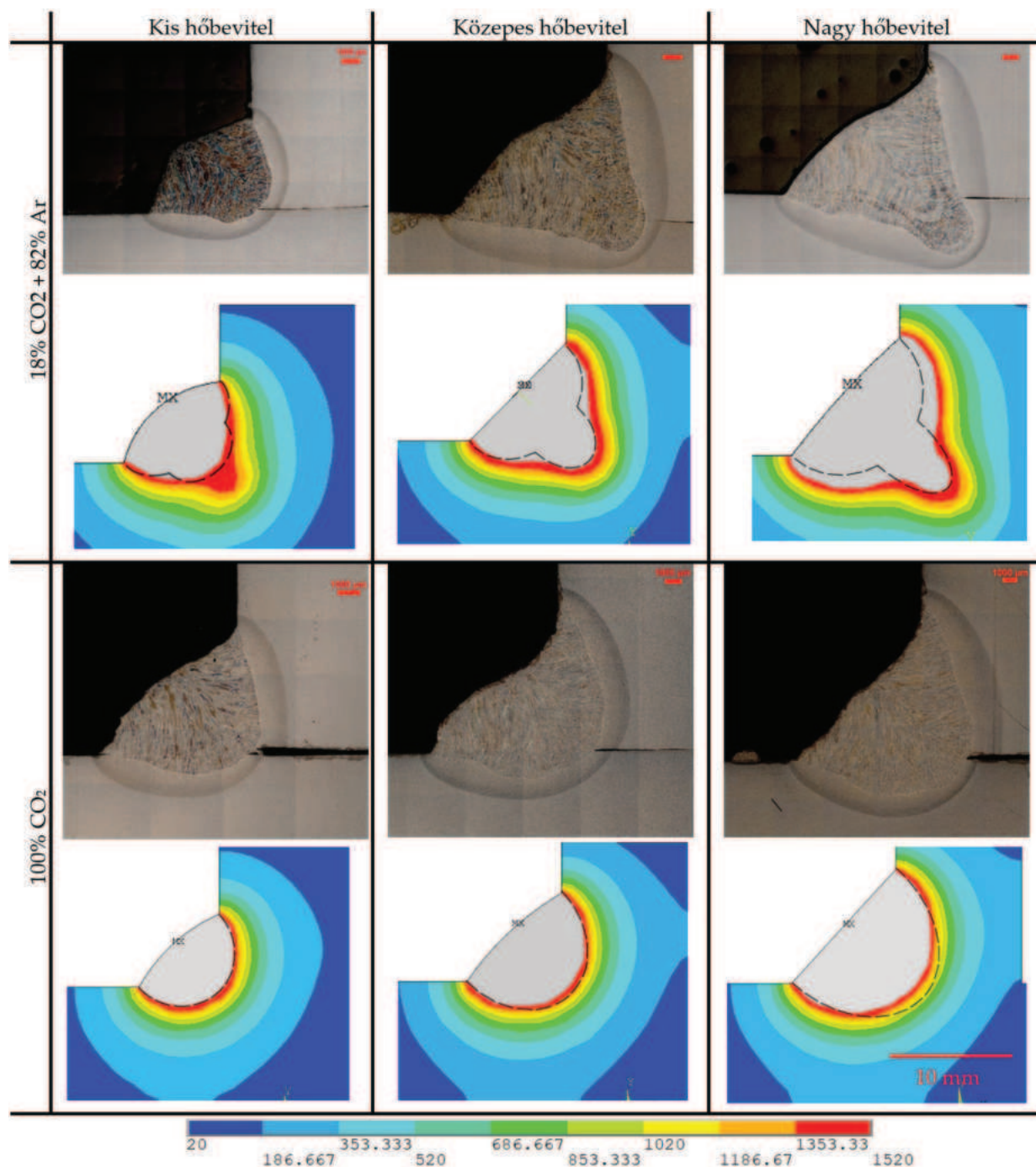
Először egy termikus analízist hajtottunk végre, amelyet a mechanikai analízis követett. A hőforrás előrehaladását (amely a hőbevitelt jelenti a szimuláció során) és így a hegesztés egyes lépéseit mutatja be a 13. ábra. Az 1520°C foknál (feltételezett likvidusz hőmérséklet) magasabb hőmérsékletű részek – vagyis a hegfürdő – szürke színnel kerültek ábrázolásra. Az alkalmazott hőforrás modell geometriai méreteit az ábrákon szürke szaggatott vonalakkal ábrázoltuk. Megfigyelhető,

hogy a hőforrás előtt a szerkezet hőmérséklete alig melegszik, a hőforrás elhaladtával pedig a szerkezet lehűl. A hegesztés végezetével a hőmérséklet kiegyenlítődik. A hőhatásövezeteket és az ömlesztési vonalakat a 14. ábra mutatja be a T2-T4 (18% CO₂ + 82% Ar) és T9-T11 (szén-dioxid 4.5) jelű próbatestekhez a kalibrált hőforrás modellek alkalmazása mellett (2.5% CO₂ + 97.5% Ar védőgáz próbatestjeinél további finomítások szükségesek még a numerikus modellben, ezért azok nem kerültek bemutatásra).

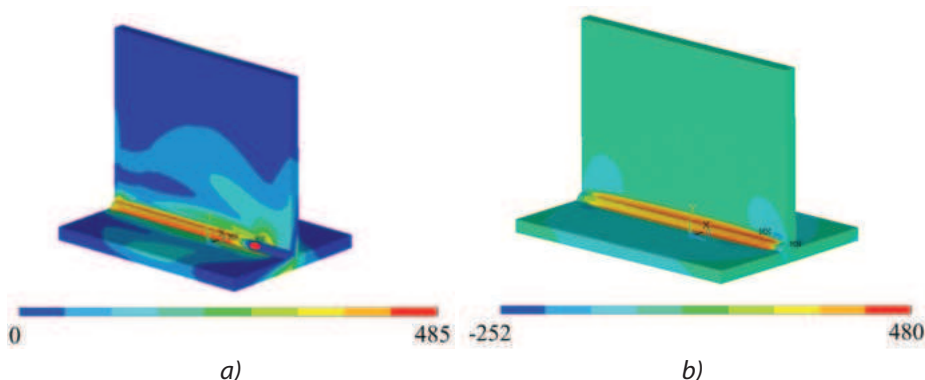
A termikus analízist a mechanikai analízis követte. A varratanyag csak abban az esetben jelenik meg a számítások során érdemi merevséggel, ha elérte az olvadáshoz tartozó hőmérsékletet és onnan elkezdett lehűlni. A 15. ábra a) részlete szemlélteti a hegesztés közben megjelenő von Mises feszültségeket. Láthatjuk, hogy a hőforrás elhaladása után bizonyos hőmérséklet alatt jelenik meg csak érdemi feszültség, viszont a kialakuló feszültség meglehetősen magas, bizonyos helyeken (tipikusan a varratban és varratszáron) magasabb, mint a tényleges folyáshatár. A hűlés következtében képlékeny alakváltozások jönnek létre. Ugyanezen az ábrán a b) részlet a hosszirányú sajátfeszültségeket mutatja be a kihűlt próbatesten. A varratban megjelenő hosszirányú feszültségek ellensúlyozására és a belső egyensúly biztosítására az alkotóelemekben (a varrattól távolabb) többnyire nyomó sajátfeszültségek ébrednek, kivéve a függőleges gerinc felső zónáját.



13. ábra Termikus szimuláció egyes lépései és a hőmérsékleti mezők (°C):
a) hegesztés kezdete, b) állandósult állapot a hőforrás környezetében, és c) lehűlés

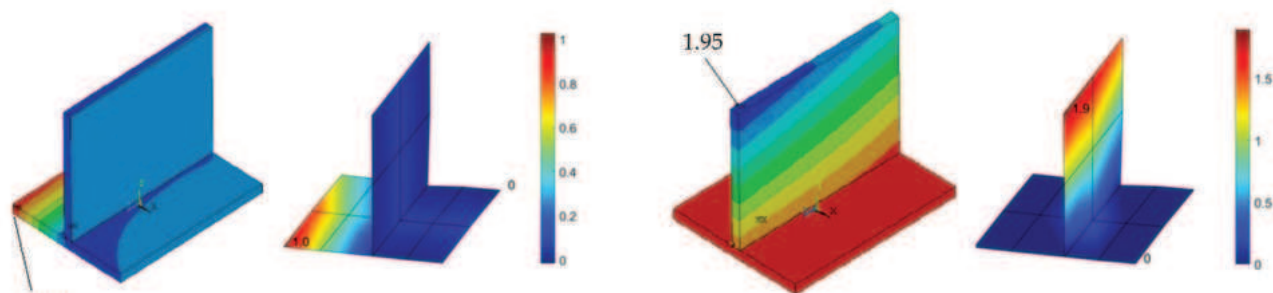


14. ábra Numerikus eredmények (varratfém szürke színnel jelölve) és mért ömlesztési vonalak (°C)



15. ábra a) Hegesztés közben kialakuló von Mises feszültségek (MPa) a hőforrás modell aktuális pozíciójával (piros ponttal jelölve), illetve b) hosszirányú sajátfeszültségek (MPa) a hegesztést követően

Utóbbi esetén a nyomatéki egyensúly biztosítása érdekében kismértékű húzó sajátfeszültségeknek kell kialakulniuk. A lemezelemekben megjelenő nyomófeszültségek csökkentik a hegesztett szerkezetek stabilitással szembeni ellenállását. A hegesztés hatására kialakuló sajátfeszültségek mellett kiértékeljük a keletkező torzulásokat, és összehasonlítottuk a koordináta mérőgéppel mért értékekkel. A numerikus és kísérleti eredmények jó egyezést mutattak, mivel az eltérés mértéke nem haladta meg az 5%-ot



a) függőleges torzulások: szimuláció és mérés

b) keresztirányú torzulások: szimuláció és mérés

16. ábra Hegesztést követő torzulások (mm) a szimuláció, illetve a mérés során (T2 próbatest - 18% CO₂ + 82% Ar, kis hőbevitel)

függőleges és keresztirányú torzulások esetén sem T2 próbatestnél (18% CO₂ + 82% Ar, kis hőbevitel).

4. Összefoglalás

A különböző hőbevitellel és védőgázokkal megvalósult, S355J2+AR szerkezeti acél alapanyagból készült hegesztett T-kötések kísérleti vizsgálatai és végelelemes hegesztésszimulációja alapján a következő megállapításokat tesszük:

- A keletkező szögtorzulások jellemzően arányosak a hőbevitel mértékével, azonban az egyes védőgázok deformációra gyakorolt hatása eltérhet, ami a keletkező varratalakra vezethető vissza. Ugyanolyan hőbevitel esetén mélyebb, de keskenyebb hegesztési varrat nagyobb torzulásokat okoz.
- Tiszta szén-dioxiddal történő hegesztés során széles és mély, körhöz közeli ellipszissel jellemezhető az ömlesztési vonal, míg argon tartalmú védőgázok esetén a beolvadás alakja gombaszerű. Ez az alak közelítőleg egy kisebb és egy nagyobb félellipszis szuperpozíciójaként állítható elő.
- Kidolgozásra és validálásra került egy második generációs hőforrás modell, mely komplex alakú ömlesztési vonal esetén (tipikusan a vizsgált argon tartalmú védőgázoknál) nyújt pontosabb eredményeket a beolvadások és torzulások terén, mint a modellezési gyakorlatban sűrűn alkalmazott dupla ellipszoid alakú hőforrás modell. Mindez későbbiekben felhasznál-

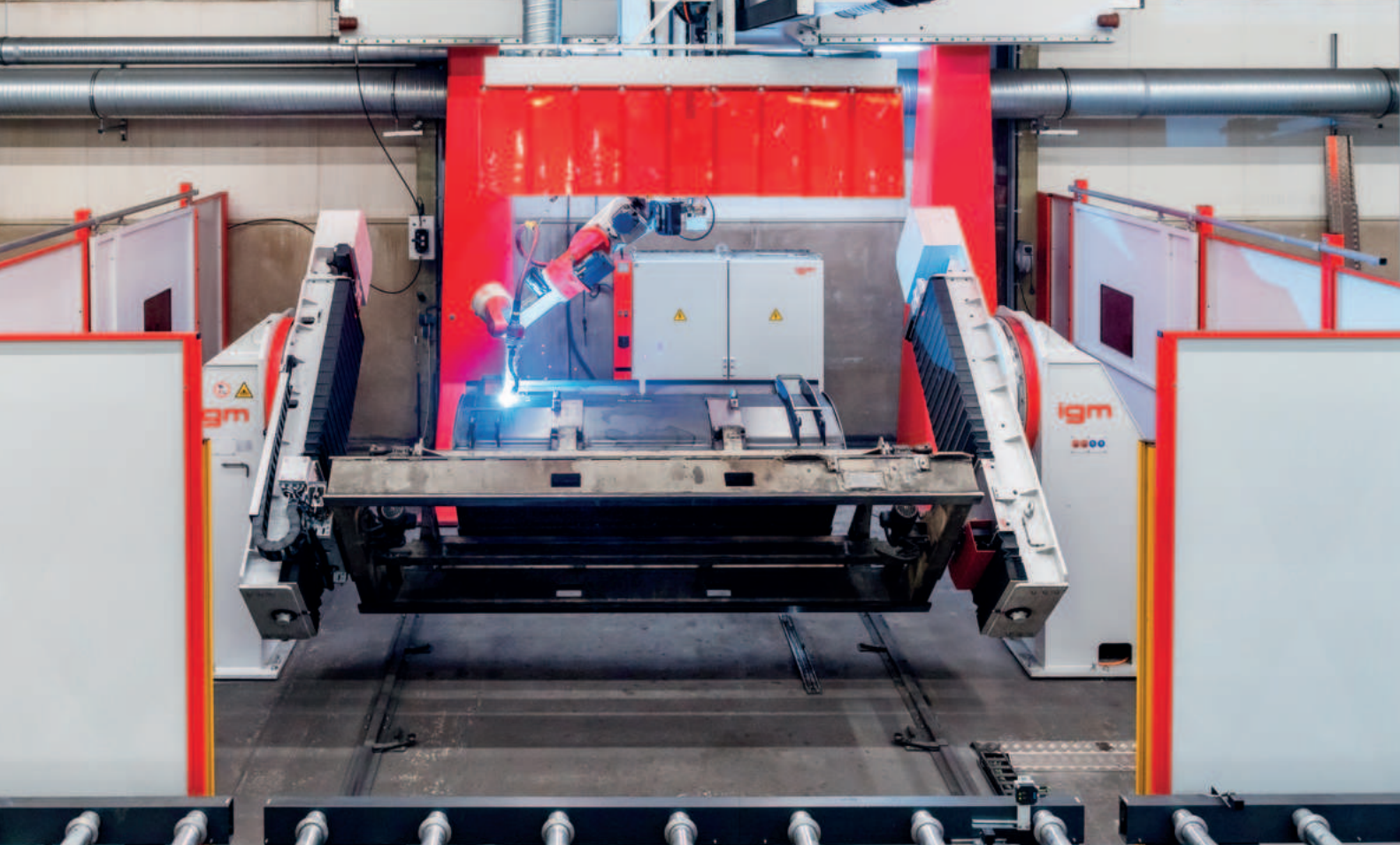
ható és kamatoztatható gyártás-tervezésnél, illetve hegesztett szerkezetek fejlett, végelelemes modell alapú tervezésénél, ellenőrzésénél.

5. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk a Crown International Kft.-nek a CLOOS GmbH. magyarországi képviselőjének, hogy segítségével magas minőségben, robotizált hegesztéssel elkészülhettek a kísérleti próbatestek. Köszönjük továbbá dr. Gyura Lászlónak és a Linde Gáz Magyarország Zrt.-nek a védőgázokat és a védőgázokkal kapcsolatos meglátásokat, valamint Bíró Istvánnak, a BME Gyártástudomány és -technológia Tanszék munkatársának a deformációmérési lehetőséget. Köszönet illeti a Magyar Tudományos Akadémiát, hogy lehetővé teszi az MTA-BME Lendület Új Generációs Acélhidak Kutatócsoport anyagi finanszírozását és a Lendület programon (LP2021-06/2021) keresztül erkölcsi megbecsülést ad a hídépítési témájú acélszerkezeti kutatásoknak.

6. Hivatkozások

- [1] MSZ EN ISO 4063:2023 "Hegesztés, forrasztás és termikus vágás. A hegesztési eljárások megnevezése és azonosító számuk."
- [2] Kristóf, Cs. "MIG/MAG-hegesztés eljárásváltozatai" BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Hegesztő technológus szakirányú továbbképzési szak, előadás anyag, 2020.
- [3] Szunyogh L. "Hegesztés és rokon technológiák kézikönyv" Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, ISBN 978-963-420-910-2, 2007.
- [4] Gyura L. "Védőgázos Hegesztések" Hegesztő technológus szakirányú továbbképzési szak oktatási segédanyag, 2019.
- [5] Gyura L. "Huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés (1.8.1) MIG/MAG" Hegesztő technológus szakirányú továbbképzési szak, oktatási segédanyag, 2019.
- [6] Goldak J.A. és Akhlaghi M. "Computational welding mechanics" Springer Science & Business Media, New York, ISBN: 978-0387-23287-4, 2005.
- [7] Nguyen N.Y., Mai W. és Ohta A. "Analytical solution for a new hybrid double-ellipsoidal heat source in semi-infinite body" WIT Transactions on Engineering Sciences, 28, 1970.
- [8] MSZ EN 10025-2:2020 "Melegen hengerelt termékek szerkezeti acélokból – 2. rész: Ötvözetlen szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei"
- [9] MSZ EN ISO 6947:2020 "Hegesztés és rokon eljárások. Hegesztési helyzetek"
- [10] [MSZ EN 1011-1:2009 "Hegesztés. Ajánlások fémek hegesztéséhez. 1. rész: Általános irányelvek ívhegesztéshez"
- [11] MSZ EN ISO 9015-1:2011 "Fémek hegesztett kötéseinek roncsolásos vizsgálatai. Keménységvizsgálat 1. rész: Ívhegesztéssel készített kötések keménységvizsgálata"
- [12] Kollár D. "Welding simulation in advanced manufacturing and design of steel structures." PhD disszertáció, BME Hidak és Szerkezetek Tanszék, 2020.
- [13] Kollár D., Kövesdi B., Völgyi I. és Bíró I. "Assessment of deformation in bridge bearing areas using measurements and welding simulation." Journal of Constructional Steel Research, 194, Paper 107305, 2022.



HEGESZTŐROBOTOK

Szakmai gyárlátogatásra jelentkezés:

Email: gyoer@igm-group.com

T: +36 96 511 980

igm Robotersysteme AG
2355 Wiener Neudorf, Österreich
www.igm.at

igm Robotrendszerek Kft
9027 Győr, Magyarország
www.igm-group.com/hu

igm



Gáspár Marcell¹, Raghawendra P. S. Sisodia²

Offshore acélok tulajdonságai és hegeszthetősége

¹Egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Anyagszerkezzettani és Anyagtechnológiai Intézet, Szerkezetintegritási Intézeti Tanszék

Cím: 3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: marcell.gaspar@uni-miskolc.hu

²Egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Anyagszerkezzettani és Anyagtechnológiai Intézet, Mechanikai Technológiai Intézeti Tanszék

Cím: 3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: raghawendra.sisodia@uni-miskolc.hu

1. Bevezetés

A szerkezeti acélokon belül az tengeri (offshore) szerkezetekhez használt acélok területén folyamatos fejlődés ment végbe az elmúlt években, amely elsősorban a szövetszerkezet és a szívóssági tulajdonságok javítására irányult [1, 2]. Az offshore acélokat jellemzően olajfúró platformokhoz, tengeren üzemelő szélerőművek tengeri alapjához és szerkezeti elemeihez használják, ahol a szerkezetek meglehetősen viszontagságos időjárási körülményeknek, továbbá fokozott mechanikai igénybevételnek vannak kitéve [3]–[9]. Az MSZ EN 10225-1 szabvány [10] foglalkozik az offshore szerkezetekben alkalmazott szerkezeti acélokkal. A szabvány pontos megnevezése „Hegeszthető szerkezeti acélok rögzített tengeri szerkezetekhez”. Gyakran a hajógyártásban is megjelennek hasonló tulajdonságokkal bíró acélok. Az offshore acélok rokonának tekinthető hajóacélok mechanikai tulajdonságukat és szövetszerkezetüket tekintve nagyon hasonlóak, ugyanakkor rájuk más szabvány vonatkozik.

A kedvezőtlen éghajlati változások miatt az elmúlt évtizedekben drasztikusan csökkent a sarkvidéki jég, ami új lehetőségeket nyitott a sarkvidéki nyersanyag-kutatásban. Az új tengeri olajmezők és ipari létesítmények megnyitása megnövelte a sarkvidéki viszonyoknak ellenálló acélok iránti keresletet. Az acélgyártók különféle típusú acélokat kínálnak az offshore

ipar számára, beleértve a normalizált (N), a termomechanikusan hengerelt (TMCP), valamint a nemesített (Q+T) szerkezeti acélok offshore célokra szánt változatait [10], [11].

A rendelkezésre álló számos acéltípus ellenére a legnagyobb szívósságú offshore acélokat jellemzően termomechanikus hengerléssel gyártják, amely rendkívül finomszemcsés szövetszerkezetet eredményez. Ezzel

az acélgyártási módszerrel kedvező szilárdságot és szívósságot érünk el, miközben a kis karbon- és a csekély ötvöztartalom, összességében a kis karbonegyenérték (CEV), jó hegeszthetőséget biztosít. A termomechanikusan kezelt acélokra viszonylag kis primer ausztenit szemcseméret jellemző, a hengerlést követő gyors hűtés következtében finomszemcsés ferrites, bénites vagy martenzites



1. ábra Offshore acélok jellemző alkalmazási területei [7]–[9]

szövetszerkezet, illetve ezek keveréke jellemzi ezeket az acélokat [12]. A hőbevitellel járó gyártástechnológiák (például a hegesztés) azáltal, hogy megváltoztatják a hőhatásövezet szövetszerkezetét, a mechanikai tulajdonságok romlását eredményezik [13]. A hőhatásövezet szívósságának romlása ismert probléma a tengeri szerkezetekben alkalmazott acélok-nál. Kihívást jelent továbbá annak garantálása, hogy a többrétegű, dendrites kristályosodású varratban az ütőmunka elérje a finomszemcsés és mikroötvözött acéllemez szívósságát, amely az acélgyártás során meghatározott hengerlési folyamatokon megy keresztül. Az alkalmazott alapanyag, valamint a hegesztéstechnológia tanúsításával foglalkozó szabványok különböző előírásokat tartalmaznak a hőhatásövezet szívósságára vonatkozóan, amelyet ütvizsgálatok, valamint törésmechanikai (elsősorban CTOD) vizsgálatok elvégzésével kell meghatározni [10]. Egyes esetekben a törésmechanikai vizsgálatok kiértékelése kihívást jelenthet, mivel a nagyobb szilárdságú termomechanikusan kezelt acélok képlékeny viselkedése miatt a törési szívósság meghatározása nem egyszerű kisméretű próbatesteken [13]. Ilyen acélok esetén az eredmények értékelhetősége és megbízhatósága javul a vizsgálati hőmérséklet csökkenésével.

Jelen cikk célja, hogy áttekintést nyújtson az offshore acélok gyártási folyamatairól és szövetszerkezetéről, továbbá az ezen acélok hegesztésével kapcsolatos kihívásokról.

2. Offshore acélok és hegesztésük

2.1. Gyártási módszerek és acéltípusok

A szerkezeti acélok általános és széles körben ismert gyártási módjait (N, TMCP, Q+T) alkalmazzák offshore acélok előállításához azzal a különbséggel, hogy ezeknek az

acéloknak más felhasználási terület-hez képest speciális hegeszthetőségi és szívóssági követelményeket kell teljesíteniük. Az MSZ EN 10225-1 [10] szabványban az offshore acélok 690 MPa szilárdsági (folyáshatár) kategóriáig szerepelnek, a szívósságra vonatkozó előírásokat az előírás -40 °C-ig tartalmazza. A szabványban szereplő összesen 11 offshore acél vegyi összetételét és mechanikai tulajdonságait az 1. és 2. táblázatok tartalmazzák. A felsorolt acélok közül egy a normalizált acélok csoportjába tartozik, négy termomechanikusan kezelt acél és hat nemesített szerkezeti acél. A jelölésükben szereplő O a tengeri (offshore) alkalmazásra utal. A vegyi összetétel tekintetében érdemes kiemelni, hogy a normál szerkezeti acélokhöz képest az offshore acélokra vonatkozó szabvány kevesebb karbontartalmat enged meg, és a szennyezőtartalomra vonatkozó előírások is szigorúnak tekinthetők. Bár a szab-

vány nem tesz különbséget ezeknél az acélminőségeknél az ütőmunkára vonatkozó követelményben, feltételezhető, hogy a közepes szilárdságú termomechanikusan kezelt acélok a legnagyobb szívósságú típusoknak tekinthetők. Továbbá, azt is érdemes figyelembe venni, hogy az acélgyárak rendszerint biztonsággal túlteljesítik a szabványban szereplő ütőmunka követelményeket. Az acélgyártók tájékoztatása alapján egyre nagyobb a kereslet a nagyszilárdságú acélok iránt a tengerhez köthető alkalmazási területeken is [11]. Napjainkban az offshore acélok nagyszilárdságú változatai egyes acélgyártók kínálatában már a 620-1300 MPa folyáshatár tartományban is elérhetők, 27-69 J, -40 °C-on garantált ütőmunka értékek mellett [10]. Ezeket a kategóriákat általában nemesített állapotban szállítják. A közepes szilárdsági tartománynak tekintett 355 és 500 MPa folyáshatár intervallumban lévő offs-

1. táblázat Offshore acélok vegyi összetétele az MSZ EN 10225-1 szerint (maximális értékek, néhány kivételtől eltekintve) [tömeg%]

Acél	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N	Al	Cu	Nb	Ti	V	Nb+V	Nb+V+Ti
S355NLO	0,14	0,55	1,00 1,65	0,25	0,70	0,08	0,010	0,015 0,055	0,30	0,050	0,025	0,060	0,06	0,08
S355MLO	0,14	0,55	1,00 1,65	0,25	0,70	0,08	0,010	0,015 0,055	0,30	0,050	0,025	0,060	0,06	0,08
S420MLO	0,14	0,55	1,65	0,25	0,70	0,25	0,010	0,015 0,055	0,30	0,050	0,025	0,080	0,09	0,11
S460MLO	0,14	0,55	1,70	0,25	0,70	0,25	0,010	0,015 0,055	0,30	0,050	0,025	0,080	0,12	0,13
S500MLO	0,14	0,55	2,00	0,30	1,00	0,25	0,010	0,015 0,055	0,35	0,050	0,025	0,080	0,12	0,13
S420QLO	0,14	0,55	1,65	0,25	0,70	0,25	0,010	0,015 0,055	0,30	0,050	0,025	0,080	0,09	0,11
S460QLO	0,14	0,55	1,70	0,25	0,70	0,25	0,010	0,015 0,055	0,30	0,050	0,025	0,080	0,12	0,13
S500QLO	0,14	0,55	1,70	0,30	1,00	0,25	0,010	0,015 0,055	0,40	0,050	0,025	0,080	0,12	0,13
S550QLO	0,16	0,55	1,70	0,40	1,00	0,60	0,008	0,015 0,10	0,40	0,050	0,025	0,080	0,12	0,13
S620QLO	0,20	0,55	1,70	1,00	2,00	0,60	0,008	0,015 0,10	0,40	0,050	0,025	0,080	0,12	0,13
S690QLO	0,20	0,55	1,70	1,00	2,00	0,60	0,008	0,015 0,10	0,40	0,050	0,025	0,080	0,12	0,13
S355NLO és S500QLO között $P_{max}=0,020\%$, $S_{max}=0,010\%$														
S550QLO és S690QLO között $P_{max}=0,015\%$ és $S_{max}=0,050\%$														

2. táblázat

Offshore acélok karbonegyenértékei és mechanikai tulajdonságai az MSZ EN 10225-1 alapján

Acél	CEV	R_{eH} [MPa]	R_m [MPa]	R_{eH}/R_m max. [-]	A [%]	CVN	
						[°C]	[J]
S355NLO	0,43	355	470-630	0,87	22	-40	50
S355MLO	0,39	355	470-630	0,93	22	-40	60
S420MLO	0,42	420	500-660	0,93	19	-40	60
S460MLO	0,43	460	520-700	0,93	17	-40	60
S500MLO	0,47	500	560-740	0,95	15	-40	60
S420QLO	0,42	420	500-660	0,93	19	-40	60
S460QLO	0,43	460	520-700	0,93	17	-40	60
S500QLO	0,44	500	560-740	0,93	15	-40	60
S550QLO	0,47	550	590-750	0,93	15	-40	60
S620QLO	0,65	620	720-890	-	14	-40	60
S690QLO	0,65	690	770-940	-	14	-40	60

hore acélokat többnyire termomechanikus hengerléssel állítják elő.

A következő részben alapvetően a TMCP offshore acélok tulajdonságaira és hegeszthetőségére koncentrálnunk, mivel ezek a legígéretesebbek kedvezőtlen környezeti körülmények között.

2.2. Szövetszerkezeti jellemzők és ötvözők

A közepes szilárdságú offshore acélok általában kis karbonegyenértékűek, finomszemcsés, bénites-ferrites szövetszerkezetűek, negatív hőmérsékleti tartományban kiemelkedő szívóssági tulajdonságokkal [3]–[5], [14], [15]. Napjainkban az acélgártók számára már nem jelent nehézséget ezen acélok kiemelkedő mechanikai tulajdonságainak elérése; inkább kihívást jelent, hogyan lehet olyan offshore acélt kifejleszteni, amely a hőhatásövezetben képes megőrizni kiemelkedő szívósságát. Az offshore szerkezetekben többnyire vastagabb lemezeket használnak, amelyeket többretegű varratfelépítéssel hegesztenek, aminek eredményeként meglehetősen komplex hőhatásövezeti zónák alakulnak ki.

Az optikai mikroszkópos vizsgálatokat régóta alkalmazzák a hagyományos acélok szövetszerkezetének jellemzésére és az egyes szövetelemek

mennyiségének meghatározására. A tengeri acélminőségekre jellemző bénit-ferrites szövetek azonban rendkívül összetettek, ebből adódóan hagyományos mikroszkópi technikával csak korlátozottan vizsgálhatók. Fejlettebb mikroszerkezet vizsgáló eljárások alkalmazásával, mint például a visszaszórt elektron-diffrakciós vizsgálat (EBSD) az egyes szövetelemek és azok morfológiai jellemzői pontosan beazonosíthatók [17].

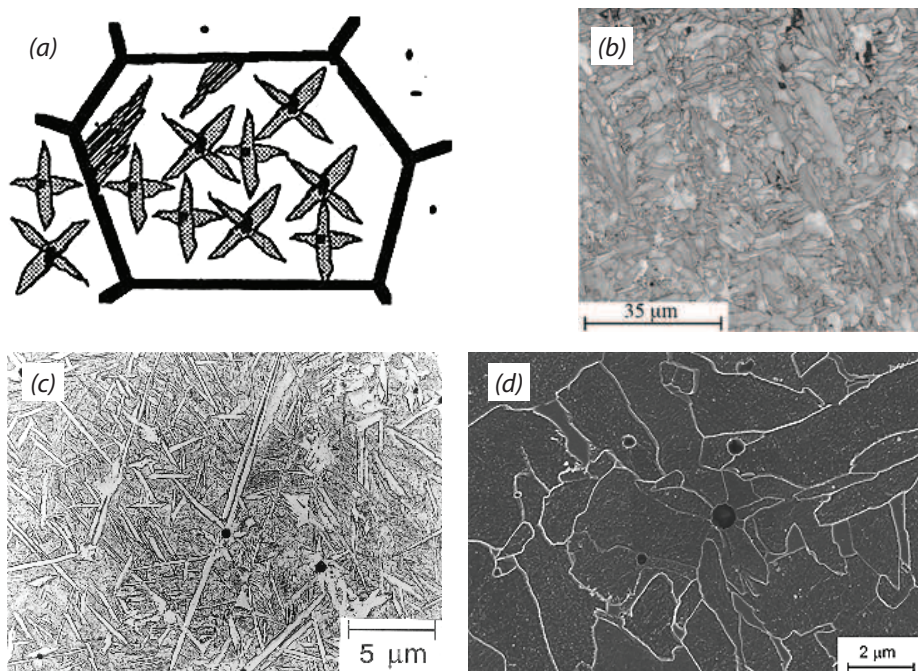
A tengeri acélok hegesztett kötéseinek szívóssági tulajdonságai szempontjából döntő jelentőségű, hogy a hegesztett kötésben a hegyes, illetve tűs ferrit (acicular ferrite) jelen legyen. A hegesztett kötésekben a kisméretű nemfémes zárványokból, mint kristályosodási csírákból sugárirányban kiinduló ferrittűk jelentős mértékben hozzájárulnak a szívóssági tulajdonságok javításához. Ezért számos kutatás foglalkozik a mikroötvözők, valamint az azok részvételével kialakuló zárványoknak a tűs ferrit kialakulására gyakorolt hatásával. A hegyes, illetve tűs ferrit sematikus ábrázolását, valamint a tűs ferritről készült tényleges mikroszkópi felvételeket a 2. ábra szemlélteti [4], [15], [16].

Tervo és szerzőtársai 500 MPa szilárdsági kategóriájú offshore acélok hegesztett kötésének szimulált

durvaszemcsés hőhatásövezeti zónájának szívósságát vizsgálták [3]. Kísérleteik során arra a következtetésre jutottak, hogy a nagyméretű titán-nitrideket tartalmazó S500M-LO acél ütőmunkája és törési szívóssága is kisebb, továbbá az egyes vizsgálatok eredményeinek szórása pedig nagyobb, mint a nagy mennyiségben kalcium alapú zárványokat tartalmazó, titán-nitridektől mentes acélé. A próbatestek töretfelületének vizsgálata során kimutatták, hogy a legkisebb szívósságú mintákban a törést kiváltó okokat a durva titán-nióbium-nitridek jelenlétére lehetett visszavezetni. A durvaszemcsés zóna ridegségének elkerülése érdekében ezért kis hőmérsékleten üzemelő berendezéseknél használt acéloknál az acélgártási folyamat során kerülni kell a nagyméretű nitridek kialakulását.

Egy másik közleményben kísérleti úton igazolták, hogy hegesztéskor a hőhatásövezetben kialakuló tűs ferrit kedvező a szívósság szempontjából [4]. A szerzők három kísérleti acélt tanulmányoztak annak érdekében, hogy megtalálják az optimális feltételeket a tűs ferrit kialakulásához a durvaszemcsés övezetben. Az egyik acélt az acélgártás során alumíniummal, míg a másik kettőt titánnal dezoxidálták. A vizsgálat arra irányult, hogy a dezoxidációs gyakorlat befolyásolja-e a tűs ferrit kialakulását a szimulált durvaszemcsés zónában. A titánnal dezoxidált acél hőhatásövezetének szemcsedurvult részében jelentős mennyiségű tűs ferritet találtak, amelynek mennyisége a $t_{8/5}$ hűlési idővel nőtt. Ebben az acélban a zárványok főként kisméretű (1–4 μm) TiO-MnS vegyületekből álltak.

Egy másik tanulmányban [5] a tűs ferrit változó mennyiségének (0–49 térfogat%) szívósságra gyakorolt hatását vizsgálták három kísérleti acél szimulált durvaszemcsés hőhatásövezeti zónájában. Két



2. ábra (a) tűs ferrit (AF) sematikus ábrázolása [15],
(b) 74% tűs ferrit a hőhatásövezetben [4], (c) tűs ferrit a varratban [16]
(d) nemfémes zárványból kiinduló tűs ferritlemezek elektronmikroszkópos felvétele

acélt titánnal, egyet alumíniummal dezoxidáltak. A szövetszerkezet jellemzését pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM), energiadiszperzív röntgen spektrometriával (EDS), visszaszórt elektron-diffrakciós vizsgálattal (EBSD) és röntgendiffrakciós (XRD) módszerekkel végezték el. A tűs ferrit hányada a Gleeble termomechanikus szimulátorban alkalmazott hőbevitel és hűlési idő függvényében változott. A tűs ferrit az egyik titánnal dezoxidált acélban az összes alkalmazott hűlési idő mellett jelen volt, mennyisége pedig a hűlési idő növekedésével nőtt. A többi acélnál azonban csak kis mennyiségű (13–22%) tűs ferrit volt jelen, és az is csak akkor, amikor a leghosszabb hűlési időt alkalmazták. A szimulált hőhatásövezeti zónák szívósságát műszerezett ütővizsgálattal elemezték. Az előzetes várakozásokkal ellentétben a legnagyobb szívósságot a hagyományos, alumíniummal dezoxidált acélban mérték, amelynek a szövetszerkezetében kevés tűs ferrit volt jelen, miközben a legnagyobb mennyiségben tűs ferritet tartalmazó mintákon kisebb ütőmunkát mértek. Arra a következtetésre jutottak, hogy a tűs ferritet tartalmazó acélok dur-

vaszemcsés övezetének szívóssága a durvább mikroszerkezetnek és a nagyobb méretű zárványoknak köszönhető, valamint a tűs ferrit mennyisége sem lehetett elegendő ahhoz, hogy érdemben javítsa a vizsgált acélok durvaszemcsés zónájának szívósságát.

Ilman szerzőtársaival különböző nitrogén- és börtartalmú C-Mn-Ti ötvöztetésű acél varratában végbemenő fázisátalakulásokat vizsgálta [18]. Az eredmények alapján kis mennyiségű, jellemzően 40 ppm bór hozzáadása egy C-Mn-Ti ötvöztetésű acélnál elegendőnek bizonyult az átalakulás kezdeti hőmérsékletének, valamint a szemcsehatáron kiváló ferrit mennyiségének csökkenéséhez, és egyidejűleg a tűs ferrittartalom növeléséhez. Az átalakulás kezdeti hőmérsékletének további csökkenését figyelték meg a börtartalom 160 ppm-re történő növelésével, amely bénites szövetszerkezet kialakulását eredményezte. Az ezt követő 240 ppm körüli nitrogén hozzáadása a vizsgált acél esetében megnövelte az átalakulási hőmérsékletet, és módosította a kialakuló varrat szövetszerkezetét, amelyben szemcsés ferrit és a „TiO” típusú többfázisú

zárványok környezetében kialakuló tűs ferrit volt jelen. Ezekben a többfázisú TiO-tartalmú zárványok felületén bór-nitrid volt megfigyelhető, amely az eredmények alapján elősegítette a tűs ferrit kialakulását.

Seo és szerzőtársai a titántartalomnak a varrat szövetszerkezetére, mechanikai tulajdonságaira és a zárványok jellemzőire gyakorolt hatását vizsgálták bénites szövetszerkezetű varratokban [19]. Eredményeik alapján a titán hozzáadása elősegítette a tűs ferrit képződését, amelynek maximális mennyiségét 0,07% Ti mellett érték el. A titántartalmú varrat szövetszerkezetének kedvező irányú változását az ütővizsgálati eredmények is igazolták, mivel a legnagyobb tűs ferrit mennyiséget biztosító 0,07 % Ti tartalom mellett volt a legkisebb a varrat átmeneti hőmérséklete. A zárványok környezetében végzett transzmissziós elektronmikroszkópos (TEM) és pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálatok segítségével sikerült kimutatni, hogy a varratban a maximális tűs ferrittartalom főként a mangánszegény zóna (MDZ) kialakulásának tulajdonítható, amelyhez a Ti_2O_3 -ban domináns nemfémes zárványok képződése társul.

Ilman és szerzőtársainak sikerült kimutatniuk, hogy 160 ppm alumínium hozzáadása egy alacsony vagy „normál” nitrogéntartalmú Ti-B-N mikroötvöztetésű acél esetében felgyorsította az átalakulás kinetikáját, ami a szövetszerkezet jelentős részében tűs morfológiájú ferritet eredményezett [20]. Amikor az alumínium mennyisége 560 ppm-re nőtt, az átalakulás lelassult, amely felső-bénites szövetszerkezetet eredményezett. A nitrogén kedvező hatást fejtett ki a Ti-B-N mikroötvöztetésű acélokban 560 ppm alumíniumtartalom esetén is, amikor a nitrogén mennyiségét egy közepes szintre, azaz 120 ppm-re emelték. Ezzel ellentétes hatás érvényesült akkor, amikor a nitrogén

szint 240 ppm-re emelkedett, mivel ilyenkor a tús ferrit mellett a szemcsehatárok mentén hagyományos ferrit keletkezett.

A [22] közleményben a rétegek közötti hőmérséklet szövetszerkezetre és mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatását vizsgálták 550 MPa szilárdsági kategóriájú offshore acél fedettívű hegesztésekor. Az optimális mechanikai tulajdonságokat 130 °C-nál érték el. A rétegek közötti hőmérséklet 130 °C-ról 80 °C-ra csökkentése a szilárdsági és a keménységi jellemzőket megnövelte a keménybénit és a martenzit tartalmú szövetelemek megjelenése miatt. A rétegek közötti hőmérséklet 130 °C-ról 250 °C-ra történő emelése nagymértékű martenzit-auszténit szigeteket eredményezett és megnövekedett a távolság a nagyszögű szemcsehatárok között, ami a szívósság romlását eredményezte. Ezen túlmenően az eredeti auszténit szemcsehatárok mentén elhelyezkedő martenzit-auszténit szigetek az ütésenergia csökkenéséhez járultak hozzá az újrahevített zónában.

3. Hegeszthetőség

Az offshore acélok esetében rendszerint csekély repedésérzékenységgel kell számolni, továbbá az ilyen acélkategóriáknak speciális hegeszt-

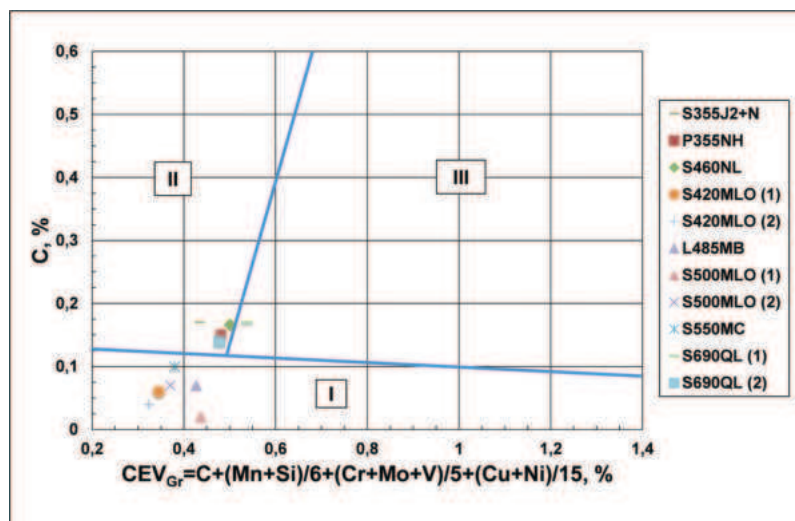
hetőségi követelményeket kell teljesíteniük a hagyományos szerkezeti acélokhoz képest, ezzel biztosítva a dinamikus igénybevétellel szembeni ellenállásukat negatív hőmérsékleten.

Amikor egy adott szerkezeti acél hegeszthetőségét vizsgáljuk, első lépésként célszerű annak elhelyezkedését megvizsgálni a Graville-diagramon. A diagramnak három tartománya van, amelyekbe az egyes szerkezeti acélok hegeszthetőségi tulajdonságai szerint sorolhatók be: az I tartományba a könnyen hegeszthető acélok tartoznak, a II zónában lévő acélok hegesztésénél már körültekintéssel kell eljárni, a III tartományba pedig a nehezen hegeszthető acélok tartoznak [23]. A diagram jól szemlélteti, hogy a karbon egyenérték növelésével a repedési veszély nő, valamint kiemeli a karbontartalom hegeszthetőségre gyakorolt negatív hatását. A 3. ábrán a különböző szerkezeti acélminőségek, köztük néhány offshore acél elhelyezkedését határoztuk meg, különböző acélgyártóknak az MSZ EN 10204 szerinti 3.1 típusú alapanyag tanúsítványában szereplő információi alapján. A diagramon a TMCP acélok, közöttük az S420MLO és S500MLO offshore acélok, a kevésbé problémás első területbe sorolhatók, amely kis hidegrepedési érzékenységet jelez, míg a hagyományos nor-

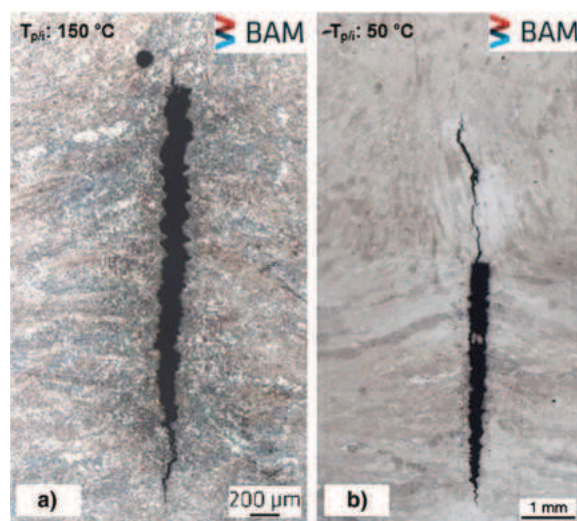
malizált szerkezeti acélok a II zónába esnek, így várhatóan nagyobb hidegrepedési érzékenységgel kell számolni a hegesztésük során. Ahogyan haladunk a nagyobb szilárdsági kategóriák irányába, az S690QL acélok egyes típusai már a Graville-diagram legkockázatosabb III zónájába esnek.

Bár a legtöbb offshore acél esetében csekély hidegrepedési érzékenység prognosztizálható, a hegesztett szerkezetekben alkalmazott nagy keresztmetszetek miatt mégis körültekintéssel kell eljárni.

Németország energiastratégiájában szerepel a tengeri szélenergia növelése [6]. A szélenergia alkatrészei hegesztett acéllemezekből készülnek, akár 200 mm lemezvastagságban. A szélenergia építésére vonatkozó alapvető szabványokban és műszaki ajánlásokban szerepel az úgynevezett minimális várakozási idő (MWT) fogalma, amely a hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata (NDT) előtt szükséges várakozási időre vonatkozik. Ennek oka, hogy a hidrogén diffúziójával összefüggésbe hozott hidegrepedések megjelenésének nagyobb a kockázata a nagy falvastagságú lemezek miatt. A jelenlegi előírásokban szereplő min. 48 óra időtartamú várakozási idő a szélenergia telepítéskor jelentős költségvonzat-



3. ábra Szerkezeti acélok a Graville diagramban néhány TMCP offshore acéllal együtt



4. ábra Repedés offshore acél varratában a varratsor végén [6]

tal jár (például aránytalanul magas költségek a szerelőhajók esetében, valamint szárazföldi tárolási problémák). Ebben a tanulmányban [6] a szerzők S355ML típusú acélból és S460 G2+M offshore acélminőségből készült hegesztett kötések vizsgáltak. A kísérleti munka célja a roncsolásmentes vizsgálatok előtti várakozási idő csökkentése volt, figyelembe véve a változó hőbevitelt és a hidrogénkoncentrációt. A hidegrepedések megjelenéséig szükséges késleltetési idő számszerűsítésére akusztikus emissziós (AE) vizsgálatokat alkalmaztak közvetlenül a hegesztés utáni 48 órán keresztül. A hegesztési eltérések főként a varratok elején és végén jelentkeztek. Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokkal sikerült igazolni, hogy a roncsolásmentes és a metallográfiai vizsgálatok során talált repedések alapvetően a melegrepedések kategóriájába tartoznak. Ezekből a varrat lehülésekor kialakuló melegrepedésekből indultak ki a hegesztés után megjelenő hidegrepedések, amelyet a szemcséken áthaladó rideg töretfelület igazolt [6]. Mivel a hidegrepedéseknek az indulását az első varratsor végkráterében lévő melegrepedések segítették, ezért önmagukban valószínűleg nem fordultak volna elő (4. ábra). A repedések kialakulására utaló akusztikus emissziós jel minden esetben a hegesztés után legfeljebb 14 órán belül megjelent. Ez azt jelenti, hogy a szabványokban szereplő MWT (min. 48 óra) talán túl konzervatívnak tekinthető. Ennek megbízható igazolására azonban további vizsgálatok elvégzése indokolt.

4. Hozaganyagok

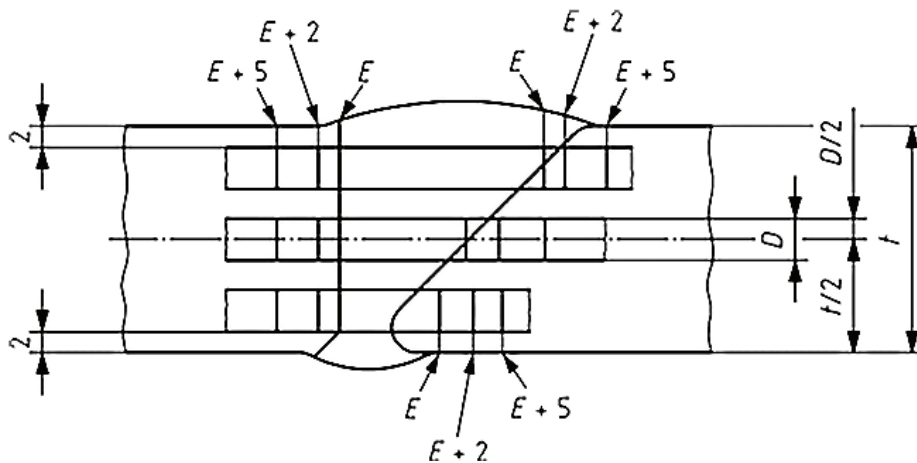
Az offshore acélokhoz való hozaganyagok tekintetében elengedhetetlen a negatív hőmérsékleten mért nagy ütőmunka. Csak olyan hozaganyagok alkalmazhatók, amelyek előzetesen nagy törésmechanikai értékeket mutattak $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on.

Sainio diplomatervében [11] két S420 szilárdsági kategóriájú offshore acélt vizsgált, amelyeket több rétegben hegesztett meg változó mechanikai paraméterekkel és különböző hozaganyagokat. A cél annak vizsgálata volt, hogy a hegesztési paraméterek hogyan befolyásolják a hőhatásövezet szívóssági tulajdonságait, illetve, hogy a különböző kémiai összetételű hozaganyagoknak milyen hatása van a varrat tulajdonságaira. A varrat és a hőhatásövezet szívósságát Charpy-féle ütővizsgálattal és CTOD vizsgálatokkal elemezték. A szövetszerkezetben és a hőhatásövezetben elforduló martenzit-ausztenit szigetekben (M-A részek) tapasztalt hasonlóságok miatt a hegesztési paraméterek változása nem befolyásolta jelentős mértékben a hegesztési varratok szívóssági tulajdonságait. Minden hegesztési paraméter kombináció kedvező szívóssági tulajdonságokat mutatott mind dinamikus, mind kvázi-statisztikus terhelései körülmények között. A kutatómunka során a szerző az alábbi hozaganyagokat vizsgálta: ESAB OK Autorod 13.27 huzalelektroda és OK 10.62 fedőpor, Lincoln LNS 165 huzalelektroda és P240 fedőpor, Bavaria BA-S2Ni3 huzalelektroda és BF 10 MV fedőpor, valamint Nippon Y-204B huzalelektroda és NB-250H fedőpor. A vizsgált hozaganyagok különböző szövetszerkezetet eredményeztek a teljes tűs ferrittől a szemcsehatárok elhelyezkedő és oldallemezek formájában jelenlévő ferritig. A varratok minden esetben jó törési szívósságot mutattak. Ugyanakkor, amikor a varrat nagyrészt tűs ferrites volt a törési útvonal az alapanyag irányába tért el a CTOD vizsgálatnál, ezért az eredmények csak korlátozottan értékelhetők anélkül, hogy tudnánk a próbateszt pontosan melyik régióból lettek kimunkálva.

5. Hegesztési követelmények

Az EN 10225-1 szabvány alapján az offshore acélok tipikusan fedett ívű hegesztéssel és huzalelektrodás védőgázos ívhegesztéssel hegesztik, de esetenként önvédő, porbeles huzalelektrodás ívhegesztés és kézi ívhegesztés is előfordulhat a megrendelő és a gyártó erre vonatkozó megállapodása alapján. A szabvány B melléklete foglalja össze a hegeszthetőségi vizsgálatokat és a tompakötések mechanikai anyagvizsgálatait. A hegesztéstechnológia MSZ EN ISO 15614-1 szabvány szerinti tanúsításakor az egyes offshore acélok besorolhatók az MSZ CEN ISO/TR 15608 szabvány 1., 2. és 3. csoportjába. A szabvány hegeszthetőségi vizsgálatokat követel meg a huzalelektrodás védőgázos ívhegesztéssel és az önvédő porbeles, porbeles huzalelektrodás ívhegesztéssel, $0,8 \pm 0,2\text{ kJ/mm}$ fajlagos hőbevitellel készült kötések. Utóhőkezelt állapotban ilyen vizsgálatok elvégzése nem szükséges. Fedett ívű hegesztés esetén utóhőkezelés nélküli és utóhőkezelt állapotban is el kell végezni a vizsgálatokat a $3,5 \pm 0,2\text{ kJ/mm}$ fajlagos hőbevitel esetén. Továbbá az 5 kJ/mm fajlagos hőbevitel hatását is meg kell vizsgálni az S355 és S420 offshore kategóriáknál hegesztett és utóhőkezelt állapotban egyaránt. Az általánosan megkövetelt minimális rétegek közti hőmérséklet $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, miközben a maximális $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Szükség esetén más követelmények is megadhatók a rétegek közti hőmérsékletre.

A próbadarab vastagságának meg kell felelnie a szállítandó anyag legnagyobb vastagságának. A lemezek hegesztési irányának párhuzamosnak kell lennie a hengerlés fő irányával. A hegesztett próbadarab szélessége nem lehet kisebb 500 mm -nél vagy a vastagság 10-szeresénél, de legfeljebb 750 mm . Az élkialakítással kapcsolatban követelmény, hogy az egyik oldal leélezés nélküli legyen a lehetőleg egyenes beolvadási vonal



5. ábra A Charpy-féle ütőpróbatestek elhelyezkedése a hegesztett kötésben

létrehozása érdekében, valamint, hogy a hőhatásövezet merőleges legyen a beolvadási vonalra (5. ábra). A másik oldalon a javasolt leélezési szög ne legyen nagyobb 45° -nál. Az illesztési rés ne haladja meg a 10 mm értéket.

A Charpy-féle ütővizsgálattal kapcsolatban pozícióként három próbatestet kell megvizsgálni. A próbatestek pozíciójának a hengerlési irányra merőlegesnek kell lenniük -2, 0, +2 és 5 mm távolságra a beolvadási vonaltól a korona oldalon, a közepes falvastagságnál és a gyökoldalon. Az S355 minőségek esetében legalább 36 J átlag és 26 J egyedi érték szükséges; az S420 kategóriánál a megkövetelt átlagérték 42 J és a minimális egyedi érték 29 J, az S460-as acélnál az elvárt átlagérték 46 J és a minimális egyedi érték 32 J. Az S500-tól az S690-es kategóriáig a minimális átlag 46 J és a minimum egyedi érték 32 J.

A törésmechanikai vizsgálatokat, beleértve a próbatestek helyét (a hengerlési irányra keresztirányban), a kritikus hőhatásövezeti sávok (durvaszemcsés övezet, interkritikus/szubkritikus övezet) figyelembevételével kell elvégezni a többretegű varratokban. Pozícióként három vizsgálatot kell elvégezni -10°C -on. A keménység és a szakítóvizsgálatra vonatkozó követelmények összhangban vannak az MSZ EN ISO 15614-1 szabvánnyal. A gyártónak

CTS (Controlled thermal severity tests) vizsgálatokat kell elvégeznie a hőhatásövezet hidegrepedési hajlamanak jellemzése céljából.

6. Összefoglalás

1. Napjainkban az offshore acélokat normalizálással (N), termomechanikus hengerléssel (TMCP) és nemesített állapotban (Q+T) is gyártják, ugyanakkor a közepes szilárdsági tartományba tartozó TMCP-acélok szívóssága a legnagyobb a kis karbontartalmú bénites-ferrites szövetszerkezet miatt.
2. A közepes szilárdságú offshore acélok hegesztett kötésének hőhatásövezetében kialakuló tűs, illetve hegyes ferrit meghatározó a szívósság szempontjából. Ennek kialakulásában alapvető szerepe van a mikroötvözőknek, amelyekből képződött zárványok a tűs ferrit kristályosodási csírájaként szolgálnak a varratban és a hőhatásövezetben.
3. Számos tanulmány vizsgálja a tűs ferrit kialakulását és szívósságra gyakorolt hatását a hőhatásövezetben, azonban a varratokra vonatkozóan kevesebb információ áll rendelkezésre a szakirodalomban.
4. Az offshore acélok új generációira kis hidegrepedés-érzékenység jellemző, ezért a roncsolásmentes vizsgálatokra (NDT) vonatkozó követelményeket, különösen a minimális várakozási időre vo-

natkozó előírásokat, érdemes lehet a jövőben felülvizsgálni.

5. Offshore acéloknál a leggyakrabban a fedett ívű és a huzalelektrodás védőgázos ívhegesztést alkalmazzák.
6. Az acélgyártóknak ütő, törésmechanikai és hidegrepedési hajlam vizsgálatok elvégzését írják elő speciális követelményekkel az offshore acélokra vonatkozóan.
7. Csak olyan hozaganyagok alkalmazhatók, amelyek korábban nagy törésmechanikai értékeket mutattak -10°C -on a CTOD vizsgálatok során.

7. Köszönetnyilvánítás

A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-5-ME/5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti, Kutatási, Fejlesztés és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



Irodalomjegyzék

- [1] M, Gáspár *et al.*, "Challenges and opportunities in the arc welding of offshore steels," in *Proc, 76th IIW Annual Assembly and International Conference on Welding and Joining*, Singapore, pp. 567-574, 2023.
- [2] Gáspár, M., Sisodia, R.: Offshore acélok és hegesztésük, In: Koncsik, Zsuzsanna; Lukács, János (szerk.) *Kutatási eredmények a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karának Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézetében*, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézet (2023) 214 p. pp. 51-60.
- [3] H, Tervo *et al.*, "Low-temperature toughness properties of 500 MPa offshore steels and their simulated coarse-grained heat-affected zones," *Mat. Science & Eng. A*, vol. 773, 2020, Art. no. 138719, doi: 10.1016/j.msea.2019.138719.

- [4] H, Tervo *et al.*, "Characterization of Coarse-Grained Heat-Affected Zones in Al and Ti-Deoxidized Offshore Steels," *Metals*, vol. 10, 2020, Art. no. 1096, doi: 10.3390/met10081096.
- [5] H, Tervo *et al.*, "Comparison of Impact Toughness in Simulated Coarse-Grained Heat-affected Zone at Al-Deoxidized and Ti-Deoxidized Offshore Steels," *Metals*, vol. 11, 2021, Art. no. 1783, doi: 10.3390/met11111783.
- [6] E, Wilhelm, T, Mente, M, Rhode, "Waiting time before NDT of welded offshore steel grades under consideration of delayed hydrogen-assisted cracking," *Weld. in the World*, vol. 65, pp. 947-959, 2021, doi: 10.1007/s40194-020-01060-5.
- [7] Salzgitter Mannesmann Stahlhandel, "Offshore hollow sections" [on-line] Available: <https://salzgitterstahlhandel.pl/en/products/hollowsections/offshore-hollow-sections/>
- [8] Big Blue Ocean Cleanup, "Are Offshore Wind Farms a Friend or Foe of Marine Life?" [on-line] Available: <https://www.bigblueoceancleanup.org/news/2022/2/16/are-offshore-wind-farms-a-friend-or-foe-of-marine-life>
- [9] J, du Plessis, "Welding of Offshore Structures" [online] Available: <https://www.spesmet.co.za/wp-content/uploads/2016/09/Welding-of-Offshore-structure-2012.pdf>
- [10] Hegesztető szerkezeti acélok rögzített tengeri szerkezetekhez. Műszaki szállítási feltételek. 1. rész: Lemezek, MSZ EN 10225-1, 2020.
- [11] SSAB, "SSAB products for offshore and marine industries," [online] Available: <https://www.ssab.com/-/media/files/en/industries/offshore-marine-energy/ssab-strenx-offshore-and-marine-applications-low.pdf?m=20180604074654>
- [12] J, Sainio, "Effects of welding parameters and consumables on CVN and CTOD toughness of S420 steels," MSc Thesis, Mechanical Engineering, University of Oulu, Finland, 2021.
- [13] Zs, Koncsik, Gy, Nagy, J, Lukács, "Fracture Mechanical Analysis of Gleeble Simulated Heat Affected Zones in High Strength Steels," *Per. Poly. Mech. Eng.*, vol. 66, no. 1, pp. 83-89, 2022, doi: 10.3311/PPme.19077.
- [14] D, A, Porter, K, E, Easterling and M, Y, Sherif, *Phase Transformations in Metals and Alloys*, Fourth ed., 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, CRC Press, 2021.
- [15] H, Bhadeshia and R, Honeycombe, *Steels: Microstructure and Properties*, Fourth Edition, Amsterdam, Netherlands, Elsevier, 2017.
- [16] R, A, Ricks, P, R, Howell, G, S, Barrite, "The Nature of Acicular Ferrite in HSLA Steel Weld Metals," *J. of Mat. Science*, vol. 17, pp. 732-740, 1982.
- [17] A, Elramady *et al.*, "Characterization of steel weld metal in multi-pass submerged arc welds after post-weld heat treatment using electron backscatter diffraction," *Weld. in the World*, vol. 66, pp. 195-211, 2022, doi: 10.1007/s40194-021-01216-x.
- [18] M, N, Ilman, R, C, Cochrane, G, M, Evans, "Effect of nitrogen and boron on the development of acicular ferrite in reheated C-Mn-Ti steel weld metals," *Weld. in the World*, vol. 56, pp. 41-50, 2012, doi: 10.1007/BF03321394.
- [19] J, S, Seo, K, Seo, H, J, Kim, "Effect of titanium content on weld microstructure and mechanical properties of bénitic GMA welds," *Weld. in the World*, vol. 58, pp. 893-901, 2014, doi: 10.1007/s40194-014-0168-1.
- [20] M, N, Ilman, R, C, Cochrane, G, M, Evans, "The development of acicular ferrite in reheated Ti-B-Al-N-type steel weld metals containing various levels of aluminium and nitrogen," *Weld. in the World*, vol. 59, pp. 565-575, 2015.
- [21] X.L. Wang, Y.T. Tsai, J.R. Yang, Z.Q. Wang, X.C. Li, C.J. Shang, R.D.K. Misra, "Effect of interpass temperature on the microstructure and mechanical properties of multi-pass weld metal in a 550-MPa-grade offshore engineering steel," *Welding in the World* 61 (2017) 1155-1168.
- [22] D, Leroy Olson, T, A. Siewert, S. Liu, *Metals Handbook*, Vol. 6, Welding, Brazing and Soldering, ASM International, USA, 1995.
- [23] *Fémtermékek. A vizsgálati bizonylatok típusai*, MSZ EN 10204, 2005.

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 Testületként 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 üzemmalkalmassági 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 állítani a tanúsítványt.

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

e-mail: kszakacs@mh-te.hu, telefon: +36-70-400-2767

WARRIOR EDGE 500 DX



WARRIOR EDGE 500 DX

egy könnyen használható, nagy teljesítményű, multi-process hegesztőgép, amely speciális eljárásváltozatokat kínál a minőség- és termelékenység fokozása érdekében.



A **THIN** eljárásváltozat csökkenti a fröcskölést és segít csökkenteni a vetemedést vékony lemezek hegesztésekor

A **ROOT** eljárásváltozat a gyökhegesztésre van optimalizálva

A **SPEED** eljárásváltozat fókuszált ívet biztosít, amellyel a hegesztő nagyobb haladási sebesség mellett növelheti a termelékenységet

Integrált **WeldCloud** csatlakozási lehetőség

ROBUSTFEED EDGE

A **TrueFlow**, az **ESAB** digitális gázáramlásszabályozó rendszere hatékonyan kezeli a védőgázt varratkezdéskor és hegesztés közben is

A **SpoolSafe**, a piacon egyedülálló szennyeződés/por elleni IP54 szintű védelem szárazon és tisztán tartja a huzalt



The SIAD Group
Industrial Gases, Engineering,
Healthcare, LPG and Natural Gas.

siad.com

PRO

A MI KÜLÖNBSÉGÜNK,
AZ ÖN ELŐNYE.

A SIAD Welding PRO mindig
csúcsminőségű, amihez
egy extra is tartozik:
az Ön elégedettsége

ARGOPRO, **HYDRAPRO** és **HELIPRO** kialakítottuk
a Welding PRO termékcsaládot, amely a SIAD
szakértelmét hozza be a FÉMFELDOLGOZÁS
világába és a termékek minőségéhez egy olyan
szolgáltatás univerzumot ad, amelyet kifejezetten
hegesztők számára fejlesztettek.

Az értékesítési hálózat, a képzés, a termelékenység,
az innováció egy szóban egyesül:
PRO, az értéknövelő elem az összes hegesztési
igényéhez.

#SIADisEverywhere



NÉZZE MEG A VIDEÓT

ARGO
PRO

HYDRA
PRO

HELI
PRO

SIAD

Hegesztő berendezések hatása a villamos energia minőségére

The effect of welding machines on the quality of electricity

¹ PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Fizikai és Elektrotechnikai Intézet, Elektrotechnikai és Elektronikai Intézeti Tanszék

² Egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Fizikai és Elektrotechnikai Intézet, Elektrotechnikai és Elektronikai Intézeti Tanszék

³ Egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Vegyipari Gépészeti Intézeti Tanszék

Absztrakt

Ipari létesítményben számos elektromos fogyasztó befolyásolhatja a villamos energia minőségét. Ezért ezen eszközök és berendezések zavarforrásmentessége kulcsfontosságú lehet a minőségi és szünetmentes villamosenergia-elátáshoz. Lehetséges zavarforrások az elektromos hegesztő berendezések is. Az általuk keltett villamos harmonikus injektációk az elektromos hálózatba befolyásolhatják az adott elosztási pontokra csatlakoztatott más fogyasztók működését, indokolatlan túlmelegedéseket és lekapcsolásokat okozhatnak a hálózat egyes komponenseinél.

Kulcsszavak: villamos tranziensek; harmonikus torzítás; villamos hálózati zavarok; feszültség letörések; Teljes Harmonikus Torzítás (THD)

1. Bevezetés

A hegesztés különálló szerkezeti elemként készült fém, műanyag, üveg részegységek oldhatatlan kötéssel való összeerősítése. A vas esetében a kovácshegesztés több ezer éve, a vaskorszaktól ismeretes. A hegesztés igazi fejlődése azonban csak az 1800-as évek végén, az ipari forradalomkor kezdődött. A hegesztés egy kohéziós kötés. A hegesztési eljárásoknak az egyik fajtája a villamos ívhegesztés, a cikkben ilyen technológiát használó, tömör huzalelektrodás, semleges védőgázos ívhegesztő berendezéseket analizáltunk. Továbbá elemzésre került egy szilárdtest-lézert használó, lézersugaras mélyhegesztési technológiát alkalmazó CO₂ lézeres hegesztő berendezés [1], illetve megvizsgáltunk egy termikus vágás eljárás technológiát alkalmazó plazmasugaras-vágó berendezést is [2]. Ezen berendezések működésük során befolyásolják a villamos energia minőségét, hiszen villamos harmonikust injektálhatnak az elektromos háló-

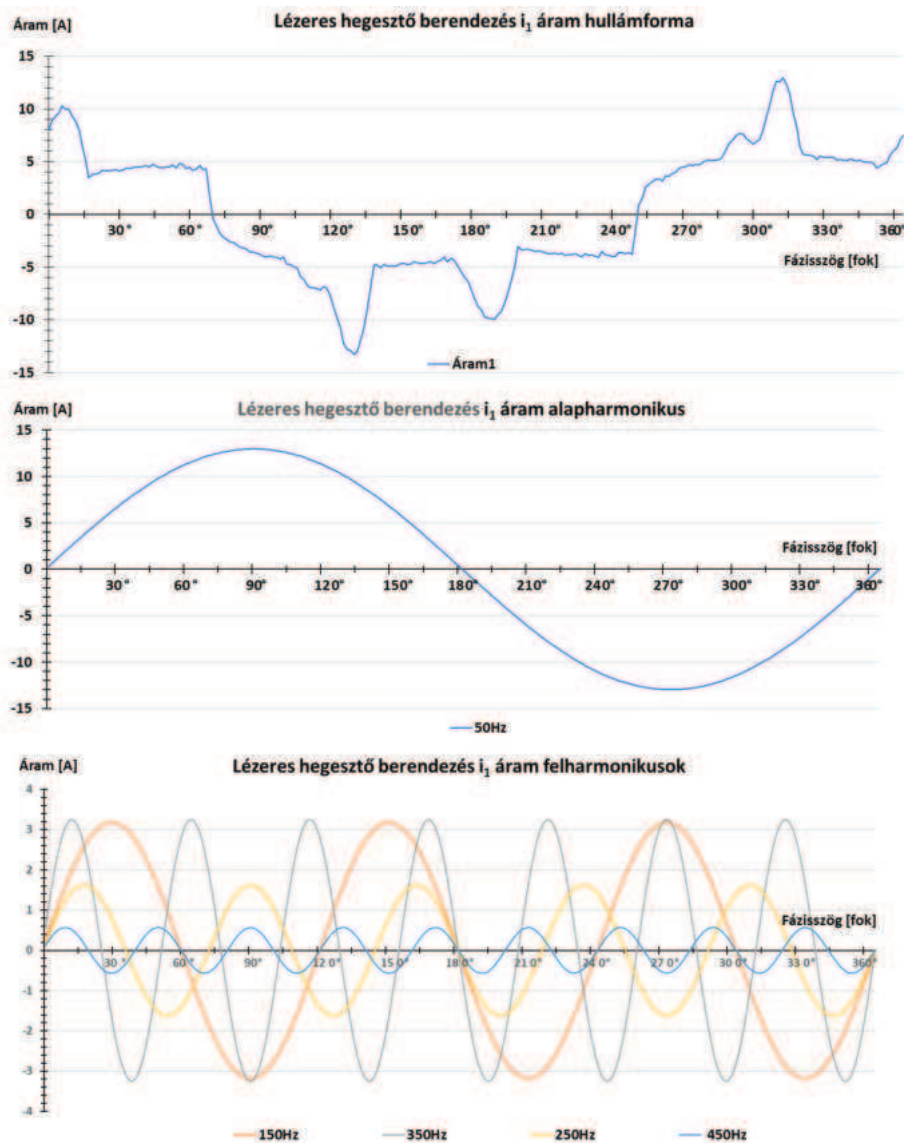
zatba, ami pedig hatással lehet más, az adott elosztási pontokra csatlakoztatott fogyasztók működésére. Tehát a villamos hálózatok analízise elengedhetetlen az üzemek zavartalan működéséhez és a szünetmentes villamosenergia-ellátáshoz.

2. A torzított áram szinuszhullám kialakulása

A villamos felharmonikusok jelenléte az elektromos hálózatban számos negatív következménnyel járhat. A nem lineáris terhelések miatt létrejövő áram és feszültség szinuszhullám torzulásokkal és azok lehetséges következményeire most nem térünk ki külön [3-10], hanem egy példán keresztül szeretnénk bemutatni, hogyan áll elő egy ilyen torzított áram szinuszhullám. Az 1. ábrán a vizsgált lézer hegesztő berendezés i_1 fázisáramának hullámformája, az alapharmonikus 50 Hz hullámalakja és az i_1 áram felharmonikus összetevői láthatóak egymás alatt. Az i_1 áram hullámformájának

lineáris áramfelvételnél szabályos szinuszos alakúnak kellene lennie. Mivel az adott berendezés nem lineáris elektronikus komponenseket tartalmaz, azaz időben nem állandó a hálózathoz történő áramfelvétele, ezért a felvett áram egy periódusidőn belüli megváltozása nem ideális szinuszhullám lesz. Ezt láthatjuk az 1. ábra felső fázisszög-áramerősség grafikonján.

Ez az i_1 áram hullámformája az alapszinuszos (50 Hz) komponens és a szinuszos felharmonikusok szuperpozíciójából állítható elő. Az i_1 áram áll egy 50 Hz frekvenciájú alapharmonikusból és a különböző rendű és alapharmonikusra vonatkoztatott amplitúdójú felharmonikusokból. Itt most csak a 9. (450 Hz) páratlan rendű ábrázoltuk azokat, de ezt meg lehet tenni akár több száz rendig is, így a szupraraharmonikus (2 kHz-150 kHz) tartomány is analizálható [11]. A frekvencia tartomány nagysága annak a függvénye, milyen adatokra van szükségünk. Ezek a felharmonikusok olyan



1. ábra Lézeres hegesztő berendezés torzított i_1 áramhullámforma alap- és felharmonikus összetevői saját mérés alapján

1. táblázat

IEEE 519-2022 szabvány ajánlás szerint lehetséges áramtorzítási határértékek 120 V-tól 69 kV-ig

I_{sc}/I_L	Harmonikus határértékek rendek szerint [%]	Harmonikus határértékek rendek szerint [%]	Harmonikus határértékek rendek szerint [%]	Harmonikus határértékek rendek szerint [%]	Harmonikus határértékek rendek szerint [%]	Teljes áram-igény szerinti harmonikus torzítás [%]
	$2 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD
<20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20<50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50<100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100<1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

szinuszos feszültségek vagy áramok, amelyek frekvenciája többszöröse az 50 Hz-es hálózati alapharmonikusnak.

A továbbiakban a mérési eredmények kiértékeléséhez alkalmazható mennyiségeket mutatjuk be. A „teljes harmonikus torzítás” (THD) kifejezés az összes jelenlévő harmonikus

frekvencia feszültségének effektív összegét írja le az alapharmonikushoz viszonyítva. A két legelterjedtebb torzítás mértékét megadó mutatószám az egyedi és a teljes felharmonikus torzítás, melyeket az (1) és (2) egyenletek írnak le. Az első megmutatja az adott h harmonikus rendszá-

mon jelenlévő komponensek arányát az alapharmonikushoz képest, míg a második a jel eredő felharmonikus tartalmát viszonyítja az alapharmonikushoz. A két mutatószám analóg módon határozható meg feszültségre és áramra egyaránt.

$$D_h = \frac{U_h}{U_1} \quad (1)$$

$$THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} U_h^2}}{U_1} \quad (2)$$

ahol,

U_h = h -adik rendszámú felharmonikus feszültség,

U = alapharmonikus feszültség,

D^1 = egyedi harmonikus torzítás,

THD_U = teljes harmonikus torzítás.

Az IEEE 519-2022 szabvány [12] ajánlásban szereplő teljes áramigény szerinti torzítás (Total Current Demand Distortion - TDD) a teljes harmonikus torzításnak (THD) a javasolt megengedett maximális értékét adja meg, amely a közös villamos hálózati csatlakozási pont (Point of Common Coupling – PCC) zárlati áramának (I_{sc}) és az adott eszköz terhelő áramának (I_L) az arányától függ, ezek a határértékek az 1. táblázatban láthatóak.

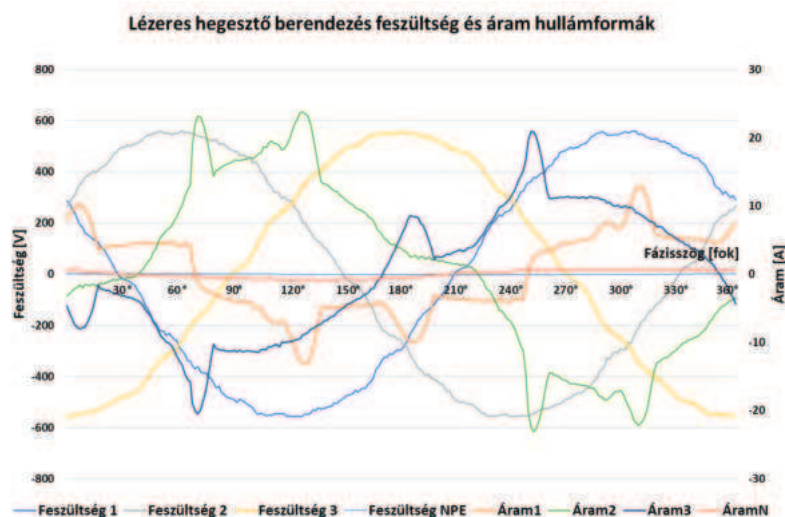
3. A hálózat analízis célja

Az analízis célja, hogy a nem lineáris elektronikai alkatrészek alkalmazása miatt nem lineáris fogyasztóknak tekintendő elektromos hegesztő berendezések áram és feszültség szinuszos hullámmainak torzulásait valós mérési körülmények között vizsgáljuk az adott berendezések villamos csatlakozási pontjain. Az analíziseket 2024.06. hóban végeztük egy meg nem nevezendő ipari létesítményben. A mért berendezések és eszközök használat közben, kiterhelt állapotban voltak. A mérések célja, hogy megvizsgáljuk a hegesztő berendezések áramharmonikus injektálását a közös villamos hálózati csatlakozási pontban (PCC). Ezáltal

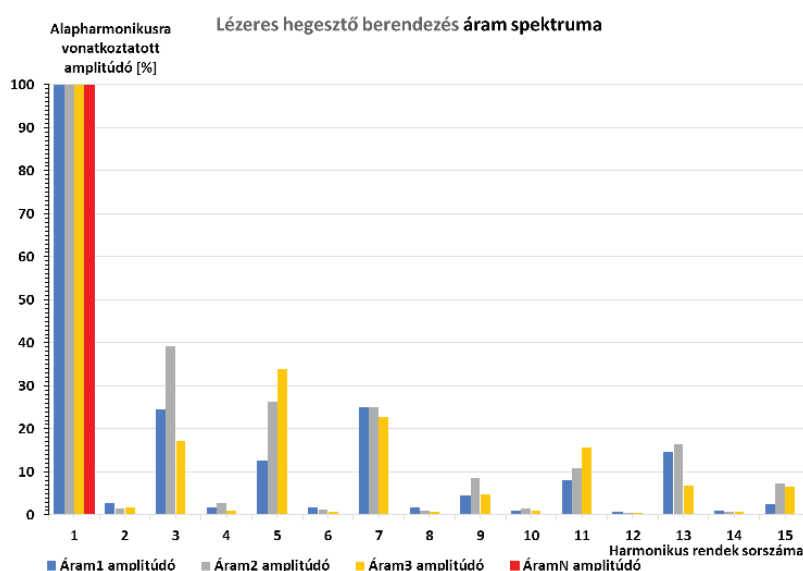
meg lehet állapítani, hogy mennyire tekinthetjük az analizált hegesztő berendezéseket a villamos hálózati szinuszos jelalak torzítóinak, mekkora szerepet játszanak a villamos energia minőségének esetleges romlásában. A méréseket a HT gyártó PQA824 típusú hálózat analizátorával végeztük [13]. A műszer beállítása a Rapas Kft. által készített használati útmutató [14] alapján, míg a rögzített értékek dokumentálása a HT Italia Topview 2.2.2.3 verziójú szoftverével történt [15]. A mérési eredmények saját feldolgozással, Gyors Fourier Transzformáció (Fast Fourier Transform - FFT) alkalmazásával kerültek kiértékelésre, adattranszformáció használatával.

3.1. DC045 típusú lézeres hegesztő berendezés

A DC045 típusú lézeres hegesztő berendezés műszaki paramétere: hálózati feszültség 3 x 400 VAC $\pm 10\%$, 50 / 60 Hz. Max./effektív áramfelvétel 95 A. A hálózat analízist a berendezés gerjesztett állapotában végeztük, normál gyártási körülmények között, behatolási hegesztés alkalmazása esetén. A 2. ábra a feszültség-áram hullámforma diagramot mutatja a lézeres hegesztő berendezés esetében. A fázisonkénti áramerősségek ugyan nem voltak teljesen egyformák, de mivel az egyes fázisok áramainak összharmonikus torzulása közel megegyezett, ezért a cikkben csak a legnagyobb i_2 áramot elemeztük. Látható, hogy a nullavezető árama majdnem nulla volt, valamint az is, hogy minden feszültség és áram hullámalak is eltorzult. A mérés azt is megmutatja, hogyan torzítják el az áram szinuszos hullámformáját a harmonikusok a lézer hegesztőgép esetén, amiben jelentős a nem lineáris elemek, félvezetők, tekercsek, kondenzátorok alkalmazása. Ezek a hálózatelemzési eredmények is megfelelnek a harmonikus torzítások szakirodalmi leírásainak.



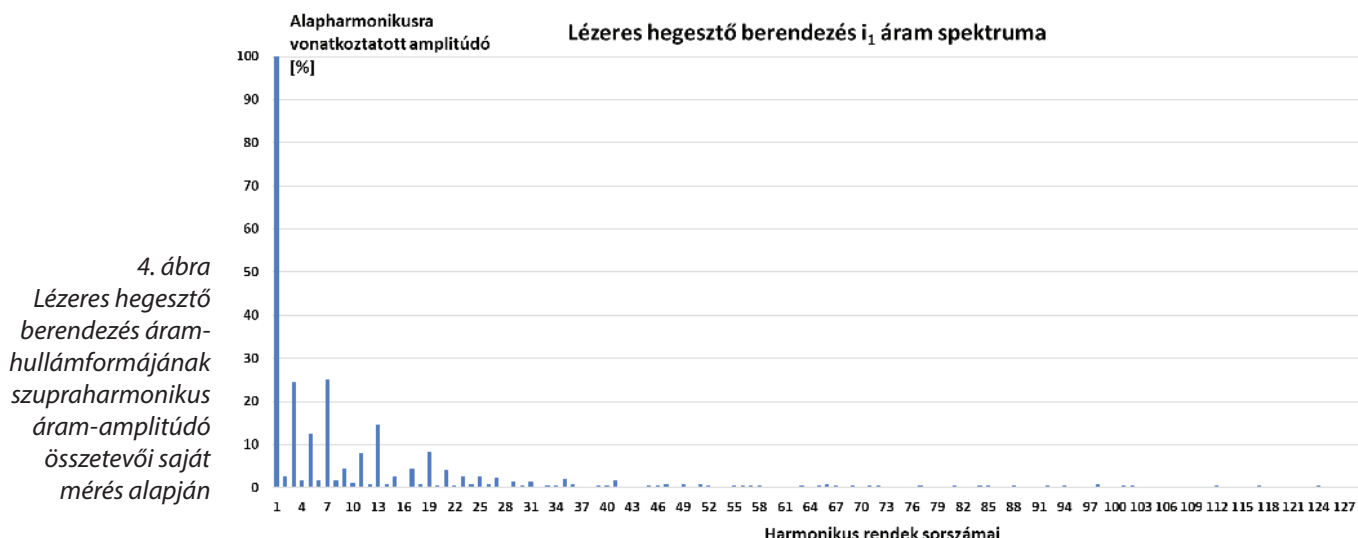
2. ábra Lézeres hegesztő berendezés torzított feszültség és áramhullámformák saját mérés alapján



3. ábra Lézeres hegesztő berendezés torzított áramhullámformájának a harmonikus áram-amplitúdó összetevői saját mérés alapján

A 3. ábrán látható a mérés frekvencia spektruma. A skáláról leolvashatóak a felharmonikusok alapharmónikusra vonatkoztatott amplitúdói. A felvett áramok fázisonként i_1 6 A, i_2 12,7 A, i_3 9 A volt. Ez nem mondható szimmetrikusnak, de az 2. ábrán láthatjuk azt is, hogy az áramszinuszos hullámforma nagyon eltorzult, a vizsgált i_2 áram esetében a teljes harmonikus torzítás (THD) értéke 27,89 % volt. Az IEEE 519-2022 szabvány szerinti ajánlás teljes harmonikus torzításának a javasolt megengedett maximális értékét a teljes áram-igény szerinti torzítás (TDD), értékével adja meg, amely ahogyan korábban már említettük, a közös villamos hálózati

csatlakozási pont (PCC) zárlati áramának és az adott eszköz terhelő áramának az arányától függ. Ez az arány most $630 \text{ A} / 27,89 = 22,58$, ezért a megengedett torzítás az 1. táblázat szerint csupán 8 % lehetne, így a THD 27,89 % több mint háromszorosa a javasolt maximális értéknek, a határérték túllépése 19,89 % volt. Viszont az is megállapítható a mérésből, hogy a 1. táblázat szerint a 11. felharmonikusig javasolt 7% helyett a 3. 5. 7. 9. és 11. harmonikusok esetében az áramtorzítási értékek 39,12 %, 26,19 %, 24,96 %, 8,70 % és 10,91 %, melyek az eseteként többszöröse az ajánlott határértéknek. A 11. harmonikustól a 17. harmonikusig az ajánlott 3,5 %



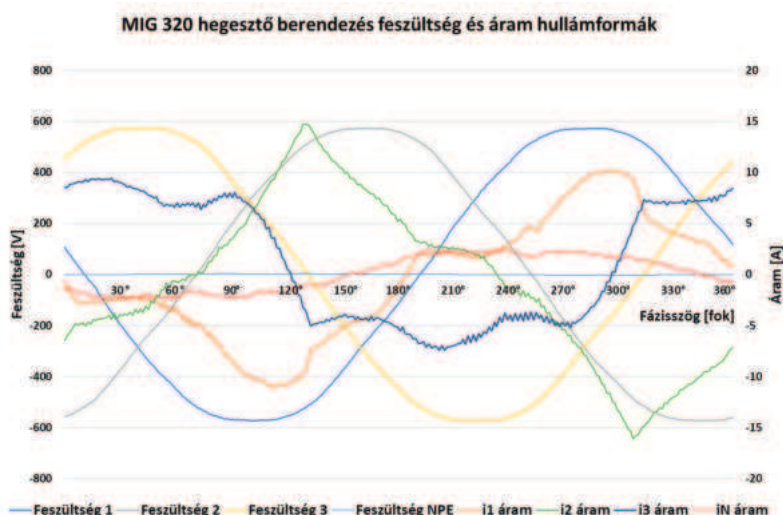
helyett a 13. harmonikusra 16,43 %, a 15. harmonikusra 7,24 % az amplitúdók nagysága. Az ezektől magasabb sorszámú harmonikus rendek esetében az áramok nagysága már elhanyagolható volt, ezért nem szerepelnek ebben az elemzésben. Az áram jelalak nagymértékű torzulása előre vetíti, hogy magasabb frekvenciákon is lehetnek kibocsátások, ezért megvizsgáltuk 2 kHz feletti, úgynevezett a szuprharmonikus tartományban (2 kHz - 150 kHz) is az áram spektrumát, mely az 4. ábrán látható. A 40. rendtől (2 kHz) a 127. rendig (6,35 kHz) megközelíti, sőt sok esetben meg is haladja a megengedett 3,5 %-os alapharmonikusra vonatkoztatott amplitúdónak a nagyságát. Ezért ebben az esetben fontos a szuprharmonikus jelenlétre érzékeny eszközök védelme, ilyenek például az informatikai, kommunikációs eszközök és vezetékek. A mérési eredmények alapján valószínűsíthetjük, hogy nem hatékony a benne lévő aktív harmonikus szűrő.

3.2. MIG 320 típusú hegesztő berendezés

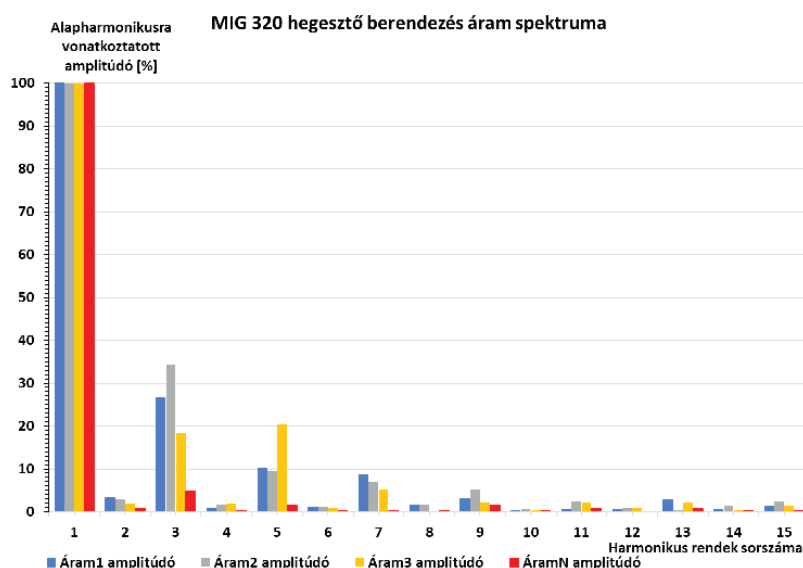
Egy másik, MIG 320 típusú, semleges védőgázos ívhegesztő berendezés feszültség és áram hullámformája látható az 5. ábrán. A berendezés műszaki paraméterei: hálózati feszültség 3 x 400 VAC $\pm 10\%$, 50 / 60 Hz. A hegesztőáram MMA hegesztésnél 70-300 A, míg MIG hegesztésnél 50-300 A. Max./effektív áramfelvétel MMA ese-

tén 19 A / 8,5 A, míg MIG-nél 18 A / 10,6 A. A műszaki specifikáció szerint az inverterben IGBT kapcsolóüzemű

teljesítmény tranzisztort használnak a nagy kapcsolási frekvencia elérése miatt. Ami előre vetíti, hogy itt is



5. ábra MIG 320 típusú hegesztő berendezés torzított feszültség és áramhullámformák saját mérés alapján



meghatározó lesz a nem lineáris terhelésből adódó harmonikus injektáció. Ebben az esetben az egyes fázisok áramainak és az áramok teljes harmonikus torzulásának (THD) a nagysága különbözik. A felvett áramok fázisonként 5,8 A, 7,8 A és 6,2 A között változtak, ezért ez nem mondható szimmetrikusnak, de terjedelmi okokból csak az i_2 áramot elemeztük azért, mert ez volt a legnagyobb i_L terhelő áram, így a teljes áram-igény szerinti harmonikus torzítás (THD) szabvány szerinti lehetséges értéke itt lehet az 1. táblázat szerint a legkisebb (ez lesz a legmeghatározóbb a kiértékeléskor). A hálózat analízist a berendezés terhelt állapotában végeztük, normál használati körülmények között. Az említett legnagyobb i_2 esetben az áram teljes harmonikus torzításának (THD) értéke 27,58 %. Az IEEE 519-2022 szabvány szerinti ajánlás teljes harmonikus torzításának a javasolt megengedett maximális értékét I_{sc} és I_L aránya szabja meg, amely jelen esetben $125 \text{ A} / 7,8 \text{ A} = 16,02$ -re adódott. Az 1. táblázat szerint a megengedett torzítás csupán 5 % lehetne, a határérték túllépése így 22,58 %. A nullvezető árama 0,9 A, ami ebben az esetben elhanyagolható, így a továbbiakban i_N -t nem elemezzük.

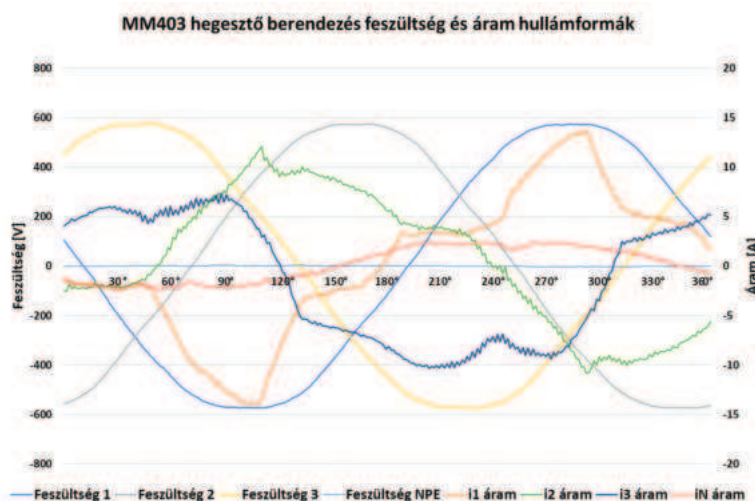
A 6. ábrán látható az 5. ábra fázisáramainak a spektruma. Az ábrán a vízszintes tengelyen a sorszámok a harmonikus rendek, az alapfrekvencia (50 Hz) egészszámú n -edik többszöröseit jelölik, míg a függőleges tengelyen az alapharmonikusra vonatkoztatott amplitúdót láthatjuk. Ha megnézzük az áram spektrumot, akkor láthatjuk, hogy az 3. 5. 7. és a 9. harmonikusok esetében 34,25 %, 9,36 %, 7,08 %, 5,2 % a felharmonikusok nagysága, ami minden esetben meghaladja a szabványban ajánlott, 11. harmonikusig maximálisan lehetséges 4 % értéket. A 11. harmonikustól a harmonikus rendek nagysága már elhanyagolható, ezért nem elemeztük. Összefoglalva, a harmonikus

torzítások nagysága esetenként meghaladja a szabványban megengedett szintet, emiatt szükséges azok szűréséről gondoskodni.

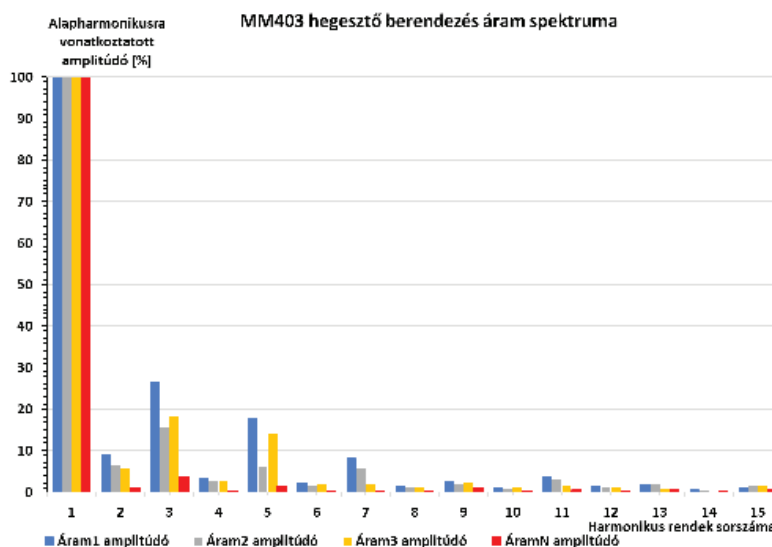
3.3. MM403 típusú hegesztő berendezés

Egy másik, MM 403 típusú semleges védőgázos ívhegesztő berendezés feszültség és áram hullámformája látható a 7. ábrán A berendezés műszaki paraméterei: hálózati feszültség $3 \times 400 \text{ VAC} \pm 10\%$, 50 / 60 Hz. Névleges hálózati teljesítmény 17 kVA. A névleges hegesztőáram 40-400 A. Az áramszinusztorzulása a hegesztő berendezés kapcsolózemű működtetését jellemzi, a

hegesztő áram nagysága nem konstans, azt a szabályozó elektronika a hegesztési körülmények szerint változtatja, emiatt eszerint változik a hálózat felé a harmonikus injektáció is. Az áramok hullámformájának a torzulása a hegesztőgép, hegesztő áram és hegesztő feszültség modulációja szerint változik. Nincsenek többszörös nullátmenetek, viszont a nullvezetőn is folyik áram az aszimmetrikus terhelés miatt, aminek maximális értéke eléri 3,7 Ampert, ez a maximális 12,97 A fázisáramhoz képest jelentős, így ügyelni kell a csatlakozási ponton a nullavezető megfelelő keresztmetszetének a biztosítására. Ebben az esetben is



7. ábra MM403 típusú hegesztő berendezés torzított feszültség és áramhullámformák saját mérés alapján



8. ábra MM403 típusú hegesztő berendezés torzított áramhullámformájának a harmonikus áram-amplitúdó összetevői saját mérés alapján

csak egy fázisáramot az i_1 -et analizáltuk. A TDD érték meghatározását itt is elvégeztük. Az áram teljes harmonikus torzításának (THD) értéke 35,16 % volt az i_1 áram esetében. A teljes áram-igény szerinti harmonikus torzítás (TDD), értéke $125 \text{ A} / 7,1 \text{ A} = 17,6$, de a 1. táblázat szerint a megengedett torzítás csupán 5 % lehetne, a határérték túllépése több mint ötszörös, 30,16 %.

A 8. ábrán látható a 7. ábra áramának frekvencia spektruma. A 3. 5. 7. felharmonikusok (150 Hz, 250 Hz, 350 Hz) igen magasak, ami a hegesztőgép frekvenciaváltójának a működési frekvenciája miatt lehet. A 2. táblázat szerint, a szabványban ajánlott, 11. harmonikusig a maximálisan lehetséges harmonikus rendenkénti értéke 4 % lehetne. Jelen esetben az áram-amplitúdó értékek csak a 3. 5. és 7. felharmonikusok esetében: 26,65 %, 17,83 % és 8,2 %, így eléri a javasolt maximális érték hatszorosát. A 11. harmonikus rendektől felfelé, ennél a berendezésnél is a rendek nagysága elhanyagolható, ezért ezt itt sem elemeztük. Összefoglalva, egyes frekvenciák a harmonikus torzítások nagysága többszöröse a szabványban megengedettnek, a harmonikusok kiszűrésére szükséges megoldást keresni ennél a hegesztő berendezésnél is.

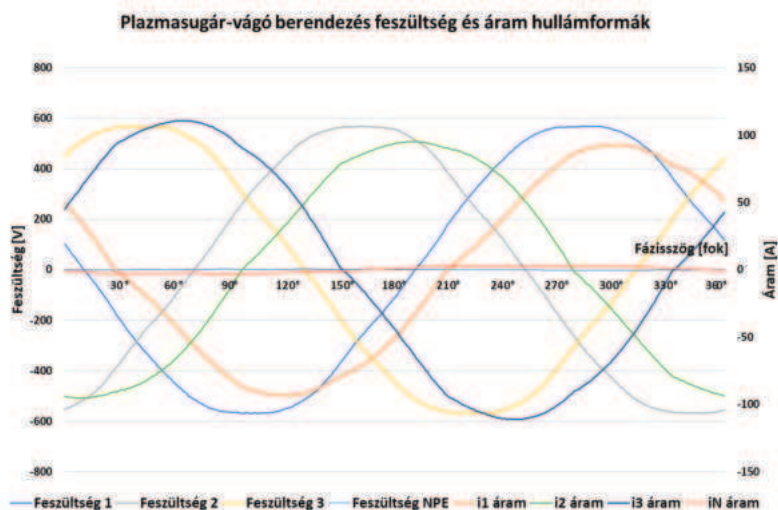
3.4. PLAS 140 típusú plazmasugar-vágó berendezés

A 9. ábrán egy PLAS 140 típusú sűrített levegős plazmasugar-vágó berendezés feszültség-áram hullámforma diagramja látható. A berendezés műszaki paraméterei: hálózati feszültség $3 \times 400 \text{ VAC} \pm 10 \%$, 50 / 60 Hz. Névleges hálózati teljesítmény 49 kVA. Maximális áramfelvétel 71 A. A névleges vágó áram 6-140 A. Vágható anyagvastagság acél esetén 45 mm. Mivel az egyes fázisáramok és az áramok teljes harmonikus torzításának nagysága ebben az esetben közel azonos, terjedelmi okok-

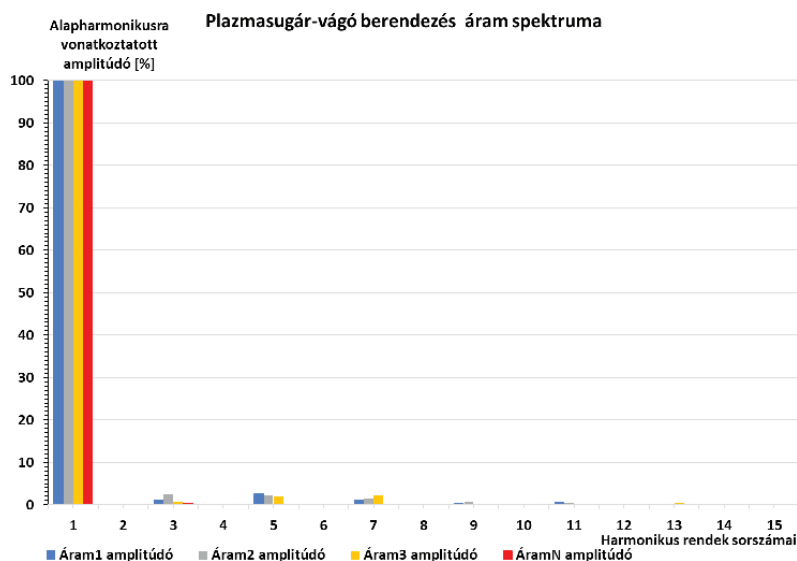
ból csak az i_1 fázisáramot elemeztük. A nullavezető áramerőssége nullának tekinthető, ezért nem lett elemelve. Mint a grafikonon láthatjuk, a feszültség és áram hullámalakok csekély hullámalak torzuláson estek át, így az elemzést követően, várhatóan elmondhatjuk majd, hogy a szabvány ajánlásnak megfelel és csekély, vagy semmilyen hatással nincs a berendezés a villamos hálózat áram és feszültség hullámformájára.

A 10. ábrán látható a mérés frekvencia spektruma. A skáláról leolvashatóak a felharmonikusok alapharmonikusra vonatkoztatott amplitúdói. A felvett áram fázison-

ként 65 A és 78 A között változott, ezért ez szimmetrikusnak mondható. de a 9. ábrán láthatjuk azt is, hogy az áramsinusz hullámforma alig torzul el, ezért az áram teljes harmonikus torzításának értéke 3,49 % az i_2 áram esetében, ami nagyon jónak mondható. Az IEEE 519-2022 szabvány szerinti ajánlás teljes harmonikus torzításának a javasolt megengedett maximális értékét a teljes áram-igény szerinti harmonikus torzítás értékével adja meg. Az arány most $125 \text{ A} / 65,3 \text{ A} = 1,91$, ezért a megengedett torzítás az 1. táblázat szerint csupán 5 % lehet, így a THD 3,49 % a javasolt maximális 5 % értéknél kevesebb, ha-



9. ábra PLAS 140 típusú plazmasugar-vágó berendezés torzított feszültség és áramhullámformák saját mérés alapján



10. ábra PLAS140 típusú plazmasugar-vágó berendezés torzított áramhullámformájának a harmonikus áram-amplitúdó összetevői saját mérés alapján

tárérték túllépés nincs. Ha megvizsgáljuk az egyes harmonikus rendek szerinti ajánlások betartását, akkor láthatjuk, hogy a 1. táblázat szerint a 11. felharmonikusig javasolt 4 % alatt van minden egyes harmonikus rend esetében az alapharmonikusra vonatkoztatott amplitúdó nagysága. Megállapíthatjuk, hogy ez egy igen jó minőségű berendezés harmonikus injektációs szempontból.

4. Konklúziók / Összefoglalás

A kutatás célja az volt, hogy megvizsgáljuk, az ipari létesítmény belső villamos hálózatára csatlakoztatott, különböző típusú és működési módú hegesztő berendezések áramharmonikus injektálását. A mérések során teljes harmonikus áram torzítást mértünk és azt összehasonlítottuk, az IEEE 519-2022 szabvány által megadott maximális lehetséges teljes áram-igény szerinti harmonikus torzítás értékével. Ezt a lehetséges, százalékban megadott torzulási értéket a szabványalkotó gyakorlati tapasztalatok figyelembevételével alkotta meg, hogy egyes villamos hálózatok áram és feszültség szinuszos hullámalakjára mekkora hatással lehetnek az egyes fogyasztók terhelő áramaival arányosan, milyen mértékben torzíthatják el azt. Egyértelműen bizonyított, hogy ha egy villamos csatlakozási pontra, annak maximális áramához képest minél kisebb terhelő áramú berendezéseket csatlakoztatunk, azok annál kisebb mértékben tudják a csatlakozási pont villamos áramának és ezáltal a rajta lévő feszültségnek a minőségét befolyásolni, harmonikus injektációs szempontból.

Bemutattuk, hogy a PLAS 140 típusú plazmasugar-vágó berendezés minden szempontból megfelelt a szabvány előírásainak, sőt túl is teljesítette azt. Ez a berendezés nagy valószínűséggel nem fog problémát okozni az ugyanezen hálózatra csatlakoztatott más elektronikát tartal-

mazó berendezések működésében. A legrosszabb eredményt az MM 403 típusú semleges védőgázos ívhegesztő berendezés harmonikus injektációja adta. A teljes harmonikus torzítás mértéke a lehetséges 5 % helyett 35,16 % volt. Ez az érték a DC 045 típusú lézersugaras hegesztő berendezés esetén 27,89 %, míg a MIG 320 típusú semleges védőgázos ívhegesztő berendezésnél 27,58 % volt, amik többszöröse az ajánlott megengedettnek. Itt emiatt számíthatunk esetleges működési problémákra más, ugyanerre a villamos csatlakozási pontra kötött berendezéseknél is.

Irodalomjegyzék

- [1] Morteza T., Hedayat M. S., Rajae A. „Laser Welding” 2022. DOI:10.5772/intechopen.102456 <https://www.intechopen.com/chapters/80478> (2024.07.10.)
- [2] Lincoln Electric. „How a Plasma Cutter Works” 2024. <https://www.lincolnelectric.com/en/welding-and-cutting-resource-center/plasma-cutting-resource-center/process-and-theory/how-a-plasma-cutter-works> (2024.07.10.)
- [3] Chapman, D. „Villamosenergia-minőség - Harmonikusok források és hatások” 2001. Alkalmazási segédlet, European Copper Institute. <https://www.muszeroldal.hu/measurenotes/harmonikusok.pdf> (2024.07.10.)
- [4] Aktif. „Problems Caused By Harmonics In Electrical Plants” 2021.02.02. <https://aktif.net/en/problems-caused-by-harmonics-in-electrical-plants/#> (2024.07.10.)
- [5] Caicedo, E. J, Romero, A. A., Zini, C. H. „Assessment of the harmonic distortion in residential distribution networks” 2017. Ingenieria e Investigación, 37(3), 72–84. <http://dx.doi.org/10.15446/ing.investig.v37n3.64913> (2024.07.10.)
- [6] Wang, H., Zhou, W., Qian, K., Meng, S. „Modelling of ampacity and temperature of MV cables in presence of

harmonic currents due to EVs charging in electrical distribution networks” 2019. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 112, 127–136.

<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.04.027> (2024.07.10.)

- [7] Sallam, A. A., Malik, P. O. „Electric Distribution Systems - Harmonics in Electric Distribution Systems” 2019. Wiley-IEEE Press. <https://doi.org/10.1002/9781119509332.ch14> (2024.07.10.)
- [8] Puklus, Z. „Teljesítményelektronika” 2007. Egyetemi jegyzet http://www.sze.hu/~szeliz/Teljesitmenyelektronika/Jegyzetek/Teljesitmenyelektronika_Puklus.pdf (2024.02.12.)
- [9] Tarnik, I. „Villamos hálózati zavarok” 2008. Jegyzet. <https://www.muszeroldal.hu/measurenotes/tarnikcikk.pdf> (2024.07.10.)
- [10] Lantos, T. „Torzító harmonikusok a hálózaton” 2016.11.08. <https://www.villanylap.hu/hirek/4248-torzito-harmonikusok-a-halozaton> (2024.07.10.)
- [11] Slangen, T., Cuk, V., & Cobben, S. „Summation of supraharmonic currents (2–150 kHz) from EV fast charging stations” 2023. Electric Power Systems Research, 220, Article 109371. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378779623002602> (2024.07.10.)
- [12] IEEE 519-2022, „IEEE Standard for Harmonic Control in Electric Power Systems” 2022. IEEE SA - IEEE 519-2022/ (2024.07.10.)
- [13] RAPAS KFT. „Hálózat analizátorok PQA400-PQA823-824” 2023. <https://rapas.hu/analizator/analizator-pdfs/pqa823-824.pdf> (2024.07.10.)
- [14] RAPAS KFT. „Használati útmutató PQA400-PQA823-824” 2007.
- [15] HT ITALIA. „Management software Topview” 2012. <https://www.ht-instruments.com/en/accessories/topview>

Nemzetközi / Európai Kiemelt hegesztő tanfolyam vizsgázói

A Mátrai Hegesztéstechnikai és Szakképzési Kft.nél 2024. 05. 27 – 2022. 07. 31. között szervezett tanfolyam résztvevői 2024. augusztus 5-én sikeres Nemzetközi/Európai Kiemelt Hegesztő vizsgát tettek.

IWP diplomások: Balogh Sándor, Barabás Péter, Kiss Bálint Márk, Komár Zsolt, Murzsicz Tibor, Pintér Levente, Szabó Krisztián, Tóth Imre, Urbán Szabó Gábor, Gerák István, Márkus Csaba

Vizsgabizottság tagjai: Dr. Varga Ferenc vizsgabizottság elnöke Modul 3, Pelcz József Modul 1, Benus Ferenc Modul 2, Gayer Béla Modul 4



Co-funded by
the European Union



Centre of Vocational Excellence in Welding and Non-Destructive Testing COVE-WENDT Project célkitűzéseinek ismertetése Project 101143944 — COVE-WENDT — ERASMUS-EDU-2023-PEX-COVE

A project célkitűzése

A projekt célja, hogy a meglévő szakképzési központok, kutatóintézetek és egyetemek tanárainak és oktatóinak, a hegesztési ágazat ipari vállalatainak és a Quadruple Helix egyéb érdekelt feleinek készségeit egyesítse, hogy létrehozza a CoVE-k nemzetközi hálózatát az európai szintű készségek ökoszisztémájának támogatása érdekében, a következő konkrét célkitűzések megvalósítása mellett.

01: A Quadruple Helix (négyeszes hélix) (tudomány, politika, ipar és társadalom) szereplői közötti együttműködési partnerség kiterjesztése az innováció és a közös alkotás fokozása érdekében a hegesztési ágazatban és a kapcsolódó technológiákban a helyi innováció és a regionális fejlődés érdekében;

02: Egy informatikai platform kifejlesztése, melyet nemzetközi együttműködési hálózatként használnak a különböző országokból származó CoVE-k a legjobb gyakorlatok cseréje és az új ismeretek terjesztése érdekében a szakoktatás és -képzés kiválóságának előmozdítása érdekében;

03: Innovatív oktatási anyagok kidolgozása és megfelelő képzési programok biztosítása a hegesztési ágazatban a zöld és a digitális átmenethez;

04: A szakoktatók kulcskompetenciáinak javítása a társadalmi kihívások kezelésére irányuló innovatív megközelítések kidolgozásában és végrehajtásában, az innováció előmozdítása az oktatásban a meglévő CoVE-k minőségének és hatékonyságának növelése érdekében.

A projekt során:

- Szakpolitikai anyagok (2 tanterv és iránymutatás) és 2 innovatív oktatási anyag kerül kidolgozásra a társadalmi kihívásokat kezelő, tanulóközpontú tanfolyamok biztosítása érdekében, a digitális és zöld hegesztési ágazat felé történő átmenet támogatása érdekében.
- 1 transznacionális informatikai platform kerül megvalósításra és felhasználásra a legjobb gyakorlatok cseréjére, találkozó, webináriumok és tanfolyamok szervezésére, valamint terjesztésre.

- 1 szakmai fórum megrendezése.
- 1 élő laboratóriumi hálózatot hoznak létre az innovatív ötletek, új termékek és technológiák tesztelésére.
- 24 digitális és zöld képzési esemény, 12 állásbörze, 2 oktatói képzés, 2 kampusz, 2 nemzetközi készségverseny, 16 terjesztési esemény kerül megszervezésre, és 4 CoVE infrastruktúrája kerül kialakításra.

Projektben résztvevő országok: Románia, Olaszország, Portugália, Magyarország.

Magyarországot a Miskolci Szakképzési Centrum és a Mátrai Hegesztéstechnikai Kft. képviseli.

Benus Ferenc

Mátrai Hegesztéstechnikai Kft.



Co-funded by
the European Union

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union. These projects have been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

iQMet projekt

Az iQMet (Új innovatív módszerek az ellenőrök képzésében a gyártásban alkalmazott minőségügyi életciklus kapacitás folyamatokhoz) Erasmus+ projekt július eleji budapesti találkozója egy fontos mérföldkő volt az előrehaladásunkban. Elkészült az első kimeneti anyag, amely a hegesztő és hegesztőellenőr képzések digitalizálásának alapvető harmonizált irányelveit foglalja össze, különösen a hegesztőszimulátorok szerepét a munkalapú oktatásban és a vegyes oktatás alkalmazhatóságának feltételeit. A találkozó során felmerült a projekthez egyedi logó készítése, és egységes sablonok alkalmazása a különböző prezentációkhoz, dokumentumokhoz és ütemtervekhez, amely a

láthatóságot kívánja növelni. Ennek kiválasztása jelenleg folyamatban van.

Továbbá meghatároztuk a következő, novemberi temesvári találkozóiig elvégzendő feladatokat. Ezekbe tartozik egy hegesztőszimulátor bemutató a releváns felnőttképzésben oktatók számára, azok előnyeinek és hátrányainak ismertetése, mind technikai, mind pedagógiai szempontokból. Emellett egy úgynevezett 'piloting' kurzust is tartunk, amely az elkészített alapvető irányelveket tartalmazó dokumentum részletes bemutatásáról szól, és célja az abban leírtak megvitatása tapasztalt oktatókkal, így a későbbi specifikus irányelvekhez bemeneti információkkal szolgálunk. Végül pedig a következő találkozó előtt

minden partner meghatározza a disszeminációs tervét a projekttel kapcsolatban, amibe beletartozik minden, a projekt szélesebb körben való hirdetése és megismertetése.

Projekt:

2023-1NO01-KA220-VET-000155256

Kemény Alexandra



Co-funded by the Erasmus+Programme of the European Union. These projects have been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



FivE Projekt

Az idő csak úgy rohan, első mérföldkövéhez érkezett a FivE Projekt.

Nemrég, idén januárban adtuk hírül, hogy elindíthattuk a FivE Projektet, máris már a projekt első évének féléves találkozóját ültük meg az elmúlt hónapban. Az összejeövetelre július 16-17-én került sor Lisszabonban az EWF projekt-partnerünk szervezésében.

A találkozón természetesen az összes projekt-partner képviseltette magát. Sorba vettük, áttekintettük és értékeltük az eddig történeteket. Összesítésre kerültek az eddigi disszeminációs teljesítések. Átnéztük és elfogadásra került az elkészült a Projekt Menedzsment kézikönyv, és a projekt hivatalos logója. A projekt elérhető hivatalos weboldalon is (www.stimuli2.no/project/five), ahol nyilvánosan is megtekinthető róla egy

rövid projekt-összefoglaló, továbbá előterjesztésre került a projekt nemzetközi plakátja és molinója is. Az első nap folytatásában még meghallgattuk a partner VET school-ok (szakképzési iskolák) „Best practice” sikersztorijait és felvetéseiket, hogyan válhatnának a szakképző iskolák által elért eredmények regionális vagy országos eredményekké. Majd a találkozó második napján a „hogyan tovább” kérdése került előtérbe, központi témaként a kommunikációs kézikönyv felépítése és az oktatási kézikönyv szerkezeti és tartalmi megvitatásáról folyt az egyezkedés. A találkozó zárásaként még részleteiben átbeszéltük és leosztottuk a konzorciumi partnerek között a következő félév főbb feladatait. A feladatok középpontjába elsődlegesen a kiválasztott CU-k kidolgozása fog kerülni.

Összességében a projekt a meghatározott ütemtervnek megfelelően halad, és jól körvonalazódik a kitűzött célok megvalósítása.

Fenti beszámoló készült a FivE projektben Magyarországot képviselő Inox Technology Kft. és Mátrai Hegesztéstechnikai Kft. összeállításában.



Co-funded by the Erasmus+Programme of the European Union. These projects have been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



2049 Diósd, Balatoni út 21/e
Tel.: +36-23-782-011



A VILÁG ELSŐ ÍVELT LÁTÓMEZŐS AUTOMATA HEGESZTŐPAJZSA.

CORWELDPLUS.HU

IQVet projekt (Innovative Quality of Vocational Educational and Training) – Innovatív minőségi szakoktatás és szakképzés

Az iQVet projekt harmadik munkaszakaszának lezárására 2024 júniusában került sor Siófokon. A munkaszakasz célja, az volt, hogy a partnerek által delegált szakoktatók megismerkedjenek a különböző partnerországokban alkalmazott oktatási és számonkérési módszerekkel, tapasztalatot cseréljenek, és a nemzeti legjobb gyakorlatokat beépítsék a saját képzési rendszerükbe. Az öt napos „oktasd az oktatót” típusú programon a partnerországokkal 25 fő vett részt.

Az első nap délelőttjén a projekt koordinátora, John B Stav, tartott előadást a szakoktatással kapcsolatos képzések kompetenciaegységekbe történő rendszerezésének európai gyakorlatáról. A délutáni szekcióban az MHTe szakértői három előadást tartottak az alábbi témákban: a munkaalapú oktatás jelentősége, a vizsgálati és ellenőrzési tervek rendszere a gyártmányellenőri munkakörben, és ezek alkalmazása a hegesztett

szerkezetek ellenőrzésére. Az első nap délutánja gyakorlati programmal zárult, amely során csoportos munkában kellett egy adott nyomástartó edény vizsgálati és ellenőrzési tervét kidolgozni, valamint egy additívan gyártott sarok- és tompavarraton a különböző hegesztési eltéréseket felismerni.

A második napon a részt vevők látogatást tettek a Sennebogen TLC Kft. telephelyén, ahol Bíró Tamás műszaki igazgató vezetésével betekintést nyertek a darugépek gyártási folyamataiba.

A harmadik és negyedik napokon a svédországi és norvégiai kollégák tartottak gyakorlati bemutatókkal kiegészített előadásokat az IWSD képzés kompetenciaegységekben történő oktatási módszertanáról, a hegesztett szerkezetek fáradási tönkremeneteléről, a CNC forgácsolórendszerek kezelésének „fordított osztályterem” típusú oktatásának eddigi tapasztalatairól.

Az utolsó, ötödik napok a szlovéniai kollégák osztották meg a hegesztő szakmérnöki képzés online rendszerben történő oktatásának és adminisztrációjának tapasztalatait, valamint betekintést nyehettünk egy képzésmenedzsment-rendszer (Learning management system), az „its learning” alkalmazásának lehetőségeibe a szakképzések szervezése és oktatása során.

A projekt záró, negyedik munkaszakaszának rendezvénye augusztus elején volt megtartva, a szlovéniai partner telephelyén.

Dr. Varbai Balázs



Co-funded by
the European Union

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union. These projects have been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



A résztvevők a Sennebogen TLC Kft. telephelyén, Litéren

IBOTone®



www.cooptim.hu



CLOOS | qineo

ArcBoT kollaboratív hegesztőrobot

Az optimális ember-robot együttműködés: lépjenek be egyszerűen az automatizált hegesztéstechnika világába!

- Intuitív működés: felhasználóbarát, érintőképernyős felület, kifejezetten hegesztési célokra kifejlesztett makrók segítségével. Nincs szükség speciális előzetes ismeretekre, 1-2 nap alatt elsajátítható a használata.
- Ívszenzoros varratkövetés: hegesztés közben folyamatosan ellenőrzi a munkadarab pozícióját, összevetve a beprogramozott útvonallal, így korrigálja az eltéréseket.
- Legmagasabb szintű precizitás: mind a hat tengelybe beépített nyomatékérzékelők révén a mozgatás és a programozás rendkívül egyszerűvé válik.
- Kiváló hegesztési minőség: reprodukálható hegesztési eredmények a maximális hatékonyság érdekében.
- Gyors programozhatóság: automatizált hegesztés már kis munkadarabszámtól és mérettől.
- Kiváló teljesítményű QINEO áramforrás és hozzá tartozó robotrendszereken kifejlesztett hegesztéstechnológia.



Kollégáink szíves rendelkezésükre állnak bármilyen felmerülő kérdés esetén:

 **+36 20 290 5582**  **robot-welding@cloos.hu**  **www.cloos.hu**

Tisztelt Ügyfelünk!
Kedves Olvasónk!

Szakfolyóiratunk az alábbi hirdetési lehetőségeket kínálja partnerei részére.

Az újság vágott mérete: 210x297 mm.

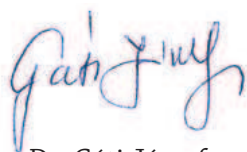
A hirdetések mérete		
A4	álló	210 x 297 mm (+ 3 mm kifutó körben, összesen 216 x 303 mm)
A5	fekvő	185 x 137 mm
A6	álló	89,5 x 137 mm
A7	fekvő	89,5 x 68,5 mm
Első borító	álló	210 x 217 mm (+ 3 mm kifutó körben, összesen 216 x 223 mm)

A 2024-re vonatkozó ÁFA nélküli hirdetési árak eFt-ban	Méret		
	A4	A5	A6
Címlapon	150	-	-
Hátsó külső borítón	140	-	-
Első belső borítón	130	-	-
Hátsó belső borítón	130	-	-
Belíven	120	105	95
PR-hírek és információ	35	30	-
MHtE honlapján	30		

Az MHtE tagvállalatai 10% kedvezményre jogosultak. Az a tagvállalat, amely egy naptári évben minden számban hirdeti az további 5% kedvezményre jogosult. Az a hirdető, aki nem tagja az MHtE-nek és egy naptári évben minden számban hirdeti 7,5% kedvezményre jogosult.

Hegesztéstechnika 2024. évi kiadói terve

	1. szám	2. szám	3. szám	4. szám
Lapzárta	02.19.	05.17.	08.02.	10.31.
Szerk. ülés	02.27.	05.28.	08.12.	11.12.
Nyomdába adás	03.08.	06.14.	08.30.	11.18.
Megjelenés	03.22.	06.28.	09.13.	12.04.



Dr. Gáti József
főszerkesztő

Hegesztéstechnika

A Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülés folyóirata

ISSN 1215-8372

Szerkesztőbizottság

Felelős kiadó: Gayer Béla, az MHtE igazgatója

Főszerkesztő: Dr. Gáti József

tel: +36 30/989-6108, gati@uni-obuda.hu

Tudományos rovat szerkesztők:

Dr. habil. Májlinger Kornél - welding@att.bme.hu

Dr. habil. Gáspár Marcell - gasparm@uni-miskolc.hu

Szerkesztőség

Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülés
1149 Budapest, Mogyoródi út 32.

tel: +36 1/769-0056, titkarsag@mhte.hu

Fedélterv, szedés, tördelés és nyomtatás:

a Katerlon Kft.-nél készült,

3528 Miskolc, Szrogh Sámuel u. 10.

Felelős vezető: Sonkoly Tamás, tel: +36 70/427-0552

Hirdetés szervező: Tóth Boglárka

tel.: +36 70/660-4942, hegesztestechnika.mhte@gmail.com

A folyóirat évente négy alkalommal jelenik meg. Előfizetés egész évre 5.000 Ft + 5 % ÁFA. Későbbi rendelés 1.250 Ft/db + 5 % ÁFA + postaköltség.

Hegesztési zsebkönyv 2 kötete 22.200 Ft + 5% ÁFA + postaköltség. Előfizethető a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülésnél, számla ellenében az előfizetési díj kiegyenlíthető készpénzben az Egyesülés pénztárában, postautalványon vagy banki átutalással.

Fizetett hirdetések

Böhler Kereskedelmi Kft. B IV	Linde Gáz Mo. Zrt. B I
Cooptim Ipari Kft. 74	Messer Hungarogáz Kft. 38
Corweld Plus Kft. 21, 72	PLTS Ipari Kft. 35
Crown International Kft. 75	Qualiweld Kft. 32
Géper Kft. 11	SIAD Hungary Kft. 62
ESAB Kft. 61	TÜV Thüringen Hungary Kft. 16
Flexman Robotics Kft. B III	Welding Expert Kft. 2
igm Robotrendszerek Kft. 52	Welding Hungary Kft. B II
Invent Welding Kft. 39	Weldotherm Kft. 7
Lincoln Electric 40	WNT Kft. 13

Szerzőink és hirdetőink figyelmébe

Az „Útmutató a Hegesztéstechnika folyóirat szerzői részére” tájékoztató elérhető az MHtE honlapján a www.mhte.hu felületen, a hirdetések megjelentetésére vonatkozó információkkal együtt. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a nagy felbontású képeket ne a word dokumentumba illesztve, hanem külön JPG, TIF, PNG, vagy PDF állományként juttassák el e-mailben csatolmányként, a szöveggel együtt. Az egyes közlemények hasábszerkezete a nyomdai kivitelezéstől függően változhat.

Kérjük azon hirdetőinket, aki kész hirdetést adnak le, TIF-ben, vagy PDF-ben készítsék el, CMYK színbontással. A képek legyenek legalább 300 dpi felbontásúak, ellenőrzés érdekében kérjük a JPG formátumú (RGB) képek megküldését is.



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

Lézersugaras hegesztő robotcella



- rendkívül kis hőbevitel
- nagy termelékenység
- kiváló varratminőség
- biztonságos munkavégzés
- szívócsenk füstelszíváshoz
- kompakt kivitel
- kis alapterület
- gyors telepíthetőség
- egyszerű áthelyezhetőség
- rövid szállítási határidő
- kedvező ár

Tekintse meg
videónkat a
robotcelláról!



YASKAWA

CO-BRO GUARD™ A MIG-MAG HEGESZTÉS FORRADALMIAN ÚJ KOLLABORATÍV ROBOTCELLÁJA



Műszaki adatok

Munka terület HxSZxM [mm]	2.000x1.000x1.200 vagy 2x1.000x1000x1.200 (osztott asztal)
Max. alkatrész súly [kg]	1.000
Hegesztő áramforrás	URANOS NX 5000 PME
Kollaboratív robotkar	Universal Robot UR10e
Füst elszívó rendszer	Integrált nagyvákuumos (elszívó pisztoly) rendszer (opcionális) Alacsony vákuum ready
Energia ellátás	220V AC - 50 Hz - 1000W - robotkar 220V AC 50Hz - 200W - vezérlő 3x400/230V±15% 50Hz 23.6/24.5 kVA hegesztő áramforrás
Egyéb tulajdonságok	Sűrített levegős betáplálás További kijelző a weldNet® Management rendszerhez
Méreték HxSZxM [mm] zárt	2.764x1.792(2.436)x2.460
Méreték HxSZxM [mm] nyitott	5.520x3.530x2.460
Súly [kg]	1.600

A **CO-BRO GUARD™** egy forradalmi, teljesen zárt, kollaboratív robotcella. Rugalmassága, könnyű kezelhetősége, mobilitás hozzáférhetősége, optimális hegesztési teljesítménye és a maximális egészség-, biztonság- és környezetvédelem különbözteti meg a **CO-BRO GUARD™**-ot a piacon kapható többi terméktől.