

# XXX. Jubileumi Nemzetközi Hegesztési Konferencia

## Programfüzet

2021. január 28-30.

Budapest



# **BIZOTTSÁGOK**

## **A KONFERENCIA FŐVÉDNÖKE**

**Dr. Palkovics László** akadémikus, Innovációs és Technológiai Miniszter

## **A KONFERENCIA ELNÖKE**

**Dr. Dr. h. c. Gáti József**, a MAHEG elnöke

## **A KONFERENCIA TÁRSELNÖKEI**

Gayer Béla, az MHE igazgatója  
Prof. Dr. Trampus Péter, a MAROVISZ elnöke  
Dr. Bíró Gyöngyvér, a MAE elnöke  
Aszman Ferenc, a MAGÉSZ elnöke  
Dr. Nyíró József, a MAJOSZ elnöke

## **PROGRAMBIZOTTSÁG**

Elnök: Gyura László, a MAHEG főtitkára

Tagjai:

Bakos Levente	Dr. Gáspár Marcell
Dr. Farkas Attila	Prof. Dr. Tóth László
Dr. Gáti József	Dr. Májlinger Kornél
Prof. Dr. Jármái Károly	Prof. Dr. Réger Mihály
Dr. Tóth László	Dr. Palotás Béla
Dr. Fábrián Enikő Réka	Dr. Kovács Tünde

Illyi János

## **TECHNIKAI és SZERVEZŐBIZOTTSÁG**

Elnök: Kuti János

Tagjai:

Gayer Béla  
Kiss Alexandra  
Dr. Varga Péter  
Nagyné Halász Erzsébet

**Magyar Hegesztési Egység**

maheg@maheg.hu

## TÁMOGATÓK

### A KONFERENCIA FŐ TÁMOGATÓI



### A KONFERENCIA KIEMELT TÁMOGATÓI



### A KONFERENCIA TÁMOGATÓI



### A KONFERENCIA MÉDIA TÁMOGATÓI



# KÖSZÖNTŐ



Tisztelettel köszöntöm a XXX. Jubileumi Nemzetközi Hegesztési Online Konferencia valamennyi résztvevőjét! A 2021-es év kiemelkedő hazai szakmai programja a Magyar Hegesztési Egyesület rendezésében, mely az eddigi legszélesebb együttműködéssel – a Magyar Hegesztéstechnikai és Anyagvizsgáló Egyesülés, a Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete, a Magyar Roncsolásmentes Vizsgáló Szövetség, a Magyar Acélszerkezeti Szövetség, a Magyar Járműalkatrészgyártók Országos Szövetsége és az Óbudai Egyetem közreműködésével – kerül lebonyolításra.

A kétévente megrendezésre kerülő szakmai rendezvénysorozat szervezői **a szerkezetgyártás korszerű anyagai és kötéstechológiái a XXI. században** témakört helyezték a konferencia tematikájának középpontjába. A résztvevőknek lehetőségük nyílik a plenáris előadások során áttekinteni a gazdaság és szakoktatás politika szakterületünkhöz közel álló legfontosabb témaköreit, és a legfrissebb szakmai információkat megismerni szekcióülések során. Az elhangzó magyar nyelvű előadások ISBN számmal ellátott online kiadványban kerülnek publikálásra.

Ezúton is köszönöm mindazon kollégák kitaró munkáját, akik tevékenységükkel hozzájárultak a konferencia előkészítéséhez és megszervezéséhez. Köszönöm az előadások szerzői, a szekciók elnökei felkészülését, a társszervezetek, a Programbizottság, a Technikai és Szervezőbizottság tagjainak, odaadó gondoskodását.

A Jubileumi Nemzetközi Hegesztési Konferencia alkalmat biztosít arra is, hogy a Magyar Hegesztési Egyesület nagyra értékelve és megbecsülve a hegesztő közösség szolgálatában, fejlődésének elősegítésében, az Egyesület érdekeinek előmozdításában kimagasló, példamutató tevékenységet végző szakembereket, elismerésben részesítse.

Az online Konferencia sikeres és magas színvonalú lebonyolítása érdekében a MAHEG szerződést kötött a Diamond Congress Kft-vel, aki biztosítja a Zoom Webinar technikai lebonyolítását, GDPR szabályok betartását.

Végezetül kívánok a XXX. Jubileumi Nemzetközi Hegesztési Konferencia valamennyi résztvevőjének sikeres szakmai tanácskozást, ismereteik, szakmai és baráti kapcsolataik bővítését, és nem utolsósorban az ismeretek hasznosítását mindennapi munkájuk során!

Budapest, 2021. január 10.

Dr. Dr. h. c. Gáti József

a Konferencia elnöke

# PROGRAM

2021. január 28. csütörtök

- 09:30 *Belépés a rendszerbe („Regisztráció” – szabályok ismertetése)*
- 10:00 **Konferencia ünnepélyes megnyitása**
- *Köszöntések (Dr. Gáti József - MAHEG elnök)*
  - *Dr. Nagy Ádám iparági stratégiáért és szabályozásért felelős helyettes államtitkár, Innovációs és Technológiai Minisztérium*
  - *Kitüntetések, díjak „átadása”*
- 11:15 *Szünet*
- 11:30 **Plenáris szekció (felkért előadókkal)**  
*Levezető Elnök: Dr. Gáti József*
- *A szakképzés új rendszeréről – felkért előadó: Bihall Tamás alelnök, Magyar Kereskedelmi és Iparkamara*
  - *Acélipari helyzetkép, az acéltermelés, felhasználás trendjei – felkért előadó: Bocz András műszaki és kereskedelmi igazgatóhelyettes, Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés*
- 12:30 **Ebédszünet**
- 13:30 **Délutáni szekció**  
*Levezető elnök: Dr. Palotás Béla*
- 13:35 *Jármai Károly, Erdős Antal, Petrik Máté, Nagy Szilárd, Hazim Nasir Ghafil: Hegesztett szerkezetek tervezésének kutatása a Miskolci Egyetemen*
- 13:55 *Koncsik Zsuzsanna, Lukács János, Nagy Gyula: Nagyszilárdságú acélok fizikai szimulációval előállított hőhatásövezeteinek törésmechanikai vizsgálatai*
- 14:15 *Gyura László, Gáspár Marcell, Balogh András: A gyakran használt lánggyengítési technológiák hőciklusai és hatásuk a hegesztett szerkezetek acéljaira*
- 14:35 *Lama Mkanna, Palotás Béla: Mechanical properties of welded and straitened joints produced from Advanced High Strength Steels*
- 14:55 *Spisák Bernadett, Bézi Zoltán, Szávai Szabolcs.: Numerical simulation to determine the effect of welding residual stress on operating stress of weld*
- 15:15 *Hirt Péter, Varbai Balázs, Katula Levente, Májlinger Kornél: The effects of different filler materials on the solidification crashing susceptibility in case of aluminum welding*
- 15:35 **Szünet**

- 16:00** **Kerekasztal megbeszélés**  
**Kiemelt támogató: Linde Gáz Magyarország Zrt.**  
 Moderátor: Dr. Gáspár Marcell  
**Digitalizáció a központi gázellátó rendszerek üzembiztonságának növeléséhez**
- 17:00** **Zárás**

**2021. január 29. péntek**

- 08:15 *Belépés a rendszerbe*
- 08:25** **Délelőtti szekció**  
 Levezető elnök: Dr. Fábíán Enikő Réka
- 08:30 *Trampus Péter: Globalizáció, digitalizáció, roncsolásmentes értékelés*
- 08:50 *Lukács János, Chován Péter, Koncsik Zsuzsanna, Török Imre: Mit és hogyan tanulhatunk a csőtávvezetékek körvarratainak káreseteiből?*
- 09:10 *Sas Illés, Lukács János, Gáspár Marcell: Fajlagos törésmunka és a bemetszés kinyílás vizsgálata S960QL acél előmelegítés nélkül és 150°C-os előmelegítési hőmérsékleten hegesztett kötésein*
- 09:30 *Ladányi Péter, Grósz Tamás, Grósz Gábor: Nukleáris kutatóreaktorokhoz gyártott berendezések minőségbiztosítása, hegesztése, korszerű anyagvizsgálata*
- 09:50 *Fücsök Ferenc: A roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatóságának mérése és fejlesztése*
- 10:10 *Kurucz né Prescher Viktória: Nagyméretű, hegesztett álló hengeres tartályok időszakos vizsgálatának problémái*
- 10:30 *Székely Ferenc: Különleges ötvözetek ipari alkalmazása. Hegesztési sajátosságai, valamint ezek szabványi háttere*
- 10:50 *Kovács Csaba, Nagy Ferenc, Petényi Imre: Hogyan teljesíthetők a minőségi követelmények a hegesztésben?*
- 11:10 *Bicsak Péter: Hegesztők minősítése ma és a jövőben*
- 11:30** **Szünet**
- 11:45** **Kerekasztal megbeszélés**  
**Kiemelt támogató: Messer Hungarogáz Kft.**  
 Moderátor: Kuti János  
**Ideje gázt adni! – Hegesztés, vágás és 3D-fémnyomtatás optimalizálása a Messer szakértői szolgáltatás programjával és újgenerációs védőgázkeverékeivel**
- 12:45** **Ebédszünet**

- 13:30 Délutáni szekció**  
 Levezető elnök: Dr. Farkas Attila
- 13:35 Halász Gábor: A fém additív gyártás aktuális helyzete, újdonságok és fejlesztési trendek
- 13:55 Asztalos Lilla: Additív gyártástechnológiák orvostechnikai alkalmazhatósága
- 14:15 Barabás Péter, Farkas Attila, Kérdy Áron, Uzonyi Sándor: Hegesztőrobotok alkalmazási határainak kibővítése korszerű módszerekkel
- 14:35 Lakos Szabina: Automatizált hegesztés peremfeltételei
- 14:55 Berencsi Bence: Hegesztő kobotok és hagyományos hegesztő robotcellák üzembe helyezésének jogi és biztonsági előfeltételei, valamint üzemeltetésére vonatkozó biztonsági előírások
- 15:15 Fábián Enikő Réka: Lyukkorrózió lézersugarason hegesztett korrózióálló acéloknál
- 15:35 Kovács Ferenc: Korrózióálló acélok szövetszerkezetében végbemenő változások a lézersugaras hegesztési paraméterek függvényében
- 15:55 Szünet**
- 16:10 Kerekasztal megbeszélés**  
**Kiemelt támogató: Flexman Robotics Kft**  
 Moderátor: Bakos Levente
- Hibrid kollaboratív robotok alkalmazása az ívhegesztésben**
- 17:10 Zárás**

**2020. január 30. szombat**

- 08:50 Belépés a rendszerbe
- 09:00 Délelőtti szekció**  
 Levezető elnök: Dr. Májlinger Kornél
- 09:05 Kovács Judit, Lukács János: A csővégek geometriai eltéréseinek és a körvarratok elkészíthetőségének kapcsolata terepi körülmények között történő hegesztéskor
- 09:25 Sas Illés, Gábriell Miklós: Hegesztett szerkezetek mérési lehetőségei FARO VantageE Laser Tracker és FARO FOCUS S70 Laser Scanner mérőrendszerekkel
- 09:45 Borhy István: Termomechanikusan hengerelt nagyszilárdságú acélok ellenállás-ponthegeesztett kötéseinek tönkremenetele nyíró-szakító és keresztirányú szakító terhelések hatására
- 10:05 Schramkó Márton, Kovács Tünde Anna: Az ultrahangos és az ellenállás ponthegeztés összehasonlítása

- 10:25 *Gáspár Marcell, Sisodia Raghawendera, Timcsák István: Összehasonlító elemzés az elektronsugaras és a huzalelektródás védőgázos hegesztés alkalmazásáról nemesített nagyszilárdságú acéloknál*
- 10:45 *Hodulova Erika, Kovarikova Ingrid, Simekova Beata, Sahul Miroslav: Quality evaluation of similar Ni, Inconel and dissimilar Ni-Ti joints by Electron Beam Welding*
- 11:05 *Sarkantyús Ádám: Védőgázkeverékek hatása ausztenites acél hegesztőanyag nélküli varratfémének nitrogén tartalmára*
- 11:25 *Kovács Judit: A 7075-T6 nagyszilárdságú alumínium ötvözet hőhatásövezete tulajdonságainak elemzése fizikai szimulátorral*
- 11:45 *Varbai Balázs: A nitrogén szerepe az X2CrNiMoN 22-5-3 duplex acél ívhegesztésekor*
- 12:05 Konferencia zárása**  
*Dr. Gáti József MAHEG Elnök*

Az előadásokra tervezett 20-20 perc magában foglalja a tényleges prezentációt (15-17 perc/prezentáció), valamint a prezentáció kapcsán felmerülő kérdések megválaszolására szánt, illetve szükséges időt. A kérdéseket a gördülékeny lebonyolítás érdekében a szóbeli előadás alatt egy chat felületen lehet írásban feltenni, amelyet/amelyeket a levezető elnök olvas fel közvetlenül minden prezentáció után.

Kerekasztal megbeszéléseinkhez kiemelt támogatóink adják meg az adott témában a felvezető szakmai ismertetőt, amely után egy interaktív beszélgetés keretében a résztvevőknek lehetőségük lesz szóban kérdezni, javaslatot tenni, véleményt nyilvánítani.



# TARTALMI KIVONATOK

## Additív gyártástechnológiák orvostechnikai alkalmazhatósága

Asztalos Lilla

Az additív gyártástechnológiák (AM) az ipar számos területén hódítanak egyre nagyobb területet maguknak, és nincs ez másképp az orvostechnikai eszköz iparágban sem. A technológia iránti érdeklődés nem véletlen, ugyanis számos olyan lehetőséget nyújt ez az újfajta gyártástechnológia, amelyet a hagyományos gyártási módszerekkel nem lehetne megoldani. Az AM technológiával a számítógépes modell közvetlenül átalakítható 3D-s objektummá, ami alapján a terméket az alkalmazott berendezés rétegről rétegre építi fel. Ez a technológia az 1980-as években jelent meg, és gyorsan megnövekedett fontossága annak érdekében, hogy személyre szabott eszközöket tervezzenek mind a betegek, mind az orvosok igényei alapján. A hagyományos gyártási technológiák széles körben ismertek, és az emberek jelentős ismeretekkel rendelkeznek az ilyen technológiák lehetőségeiről és korlátairól. Ezért érdekes elemezni azokat az okokat, amelyek miatt az AM technológiát használják az orvosi műszerek gyártására, valamint érdemes vizsgálni azokat a szempontokat is, amelyek inkább a hagyományos gyártástechnológiák irányába mutatnak. Az egyik fő ok a személyre szabás lehetősége. Az egyedi gyártásban, a beteg CT és röntgenfelvételei alapján készített eszközök méretükben vagy kialakításukban nem csak a beteg anatómiájának felelnek meg jobban, hanem a beavatkozást végző orvos intuitív ergonómia és felhasználóbarát igények kielégítését is szolgálja. A személyre szabott implantátumok növelhetik az implantáció sikerességét és felépülési idő is redukálódhat. Az additív gyártástechnológiával egyszerűen tudunk előállítani prototípusokat is, valamint a gyártás általában gyorsabb, mint hagyományos gyártástechnológiák esetében. A számos előny mellett érdemes azonban megvizsgálni a technológia korlátait is. Az innovációra törekvés tükrében sokszor szorul háttérbe a kérdés, hogy a hagyományos technológiák kiváltása additív gyártással rentábilis-e, azaz a kutatási folyamat végeredményének várható eredményei arányosak-e a befektetett erőforrásokkal.

Jelen kutatásban három széles körben alkalmazott implantátum (koszorúérszent, fogimplantátum, csípőimplantátum szár) esetében mutatjuk be a gyártási folyamat lépéseit hagyományos, és additív technológiával. Kitérünk az additív gyártástechnológia korlátjaira, mint például a gyártási pontosság, az elérhető felületi minőségek, sterilizálhatóság, biokompatibilitás. Bemutatjuk továbbá, hogy a gyártást követő technológiai lépések pl. hőkezelés, felületkezelés miképp módosulnak a forgácolt és additívan gyártott előgyártmányok esetében, majd az eddigi kutatások és az irodalomban talált adatok alapján számításokat végzünk el, hogy becsülni tudjuk a technológiaváltás költségeit.

## Medical applicability of additive manufacturing technologies

Additive Manufacturing (AM) technologies are gaining ground in many areas of the industry, and so is it in the medical device industry. Interest in these technologies is no coincidence, as these new production technologies offer many opportunities that traditional manufacturing methods would not solve. With AM technology, the computer model can be directly transformed into a 3D object, which builds the product layer by layer on the equipment used. This technology appeared in the 1980s, and the rapidly increasing importance of designing personalized devices based on the needs of both patients and physicians.

Conventional manufacturing technologies are widely known and people are well aware of the possibilities and limitations of such technologies. Therefore, it is interesting to analyze the reasons why AM technology is used in the manufacture of medical instruments, and to look at aspects that tend to move toward traditional manufacturing technologies. One of the main reasons for AM is the possibility of personalization. Custom-made devices based on the patient's CT and X-rays are not only better suited to the patient's anatomy, but also serve the intuitive ergonomics and user-friendly needs of the intervention physician. Personalized implants can increase the success of implantation and reduce recovery time. AM makes it easy to produce prototypes, and manufacturing is generally faster than traditional manufacturing technologies. In addition to the many benefits, however, it is worth examining the limitations of the technology. In the light of the pursuit of innovation, the question is often neglected, whether replacing traditional technologies with additive manufacturing is profitable, i.e. whether the expected results of the research process are commensurate with the resources invested.

In this study, we present and compare the conventional and additive manufacturing processes of three widely used implants (coronary artery, dental implant, hip implant stem). We address the limitations of additive manufacturing technology, such as manufacturing accuracy, available surface quality, sterilization, biocompatibility. We further demonstrate that post-production technological steps e.g. heat treatment, surface treatment are also different for machined and AM products, and then based on previous research and literature data, we can make calculations to estimate the cost of the technology change.

## **Hegesztőrobotok alkalmazási határainak kibővítése korszerű módszerekkel**

**Barabás Péter, Dr. Farkas Attila, Kérdy Áron, Uzonyi Sándor (Flexman Robotics Kft.)**

A hegesztőrobotok gazdaságos alkalmazási területe a hegesztendő munkadarabok sorozatnagyságát tekintve a közepes és nagysorozatok hegesztésére korlátozódik a köztudatban. Ez valóban sok évtizedig így is volt, azonban az utóbbi évek fejlesztései ennek a felfogásnak az újragondolására készítetnek bennünket. Ezek a fejlesztések főleg a hegesztőrobotok új és a korábbinál hatékonyabb programozási lehetőségeinek megjelenésében öltenek testet. Összeállításunkban erről adunk összefoglalást a Yaskawa fejlesztéseinek tükrében kitérve ennek néhány más összetevőjére is.

### **Expanding the application limits of welding robots with advanced methods**

According to public knowledge, the economical application area of welding robots –regarding the scale of production –is limited to mid- and large-scale productions. Although this was true for several decades, the developments of the last few years encourage us to reconsider this view. These developments are mainly taking shape in the appearance of opportunities –more effective than ever before –for programming welding robots. The following compilation summarizes this topic in the light of Yaskawa’s developments while covering some other components as well.

# **Hegesztő kobotok és hagyományos hegesztő robotcellák üzembe helyezésének jogi és biztonsági előfeltételei, valamint üzemeltetésére vonatkozó biztonsági előírások**

**Berencsi Bence**

Az előadásban tisztázzuk az ipari robotrendszerek és kollaboratív robotrendszerek jogi „besorolását”, értelmezését, valamint az egyes szereplők meghatározását a Gépdirektíva és egyéb EU-s jogszabályok alapján.

A vonatkozó definíciók alapján a hegesztő robotrendszerek un. „gépegyüttest” alkotnak, amely alapján a 2006/42/EK direktíva és további jogszabályok definiálják a gyártói feladatokat ezekkel kapcsolatban.

Sorra vesszük a szabályos üzembe helyezés előfeltételének, a CE jelölésnek követelményeit, eljárását majd az üzembe helyezés feladatait. Kitérünk az elvárt minimális biztonsági követelményeket adó európai szabványok körére, amelyek alapján pár példát, tipikus hibát is felvillantunk.

## **Legal and safety prerequisites for putting into service of the welding cobots and the conventional welding robot cells, as well as the safety requirements for their operation.**

The presentation will clarify the legal “classification” and interpretation of industrial robot systems and collaborative robot systems, as well as the definition of each participant based on the Machinery Directive and other EU legislation.

The welding robot systems are so called „assembly of machinery” according to the relevant definitions, therefore Directive 2006/42/EC and other legislation define the tasks of the manufacturer related to them.

We will check step by step the prerequisites for putting them into service, the requirements and procedure for CE marking and the tasks of putting them into service. We will talk about the European standards providing the expected minimum safety requirements and highlight some typical mistakes.

## Hegesztők minősítése ma és a jövőben

**Bicsak Péter**

Annak ellenére, hogy az acélhegesztők minősítésének szabványa, az MSZ EN ISO 9606-1 már több éve él, a szabványt még mindig érdemes áttekinteni.

Az áttekintés azért is érdemes, mert ez a szabvány az alapja az ISO 9606-os szabványtervezetnek, ami az MSZ EN ISO 9606-1, -2, -3, -4, -5 szabvány összeolvadása révén be lesz vezetve hamarosan.

MSZ EN ISO 9606-1:2017 szabvány alkalmazási tapasztalatok:

- Hozaganyagok alkalmazása (pl.: FM4 hozaganyagnál tapasztalt megoldások) - Hegesztési helyzetből eredő problémák ismertetése a korábbi minősítőszabványhoz képest
- Vizsgálati hosszok
- Időbeli érvényességből eredő kérdések (a hosszabbítás kritériumai) - További érvényességi tartományok értelmezése
- Vizsgálati lehetőségek ismertetése.

ISO 9606 szabvány bevezetésének terve:

- MSZ EN ISO 9606-1, -2, -3, -4, -5 szabvány összeolvadása
- Szabvány pontjainak ismertetése, részletesebben kitérve az érvényességi tartományokra.

Külföldi (szlovákiai) tapasztalat alapján, bemutatásra kerül az ott államilag előírt hegesztők személyi munkakönyve, melyben a hegesztő munkáltatói, a hegesztő által megszerzett minősítések, az orvosi vizsgálatok, a munkavédelmi oktatások (SCC) is fel vannak tüntetve.

Kérdés, hogy érdemes. lehet-e ilyen könyv bevezetése hazánkban.

# **Termomechanikusan hengerelt nagyszilárdságú acélok ellenállás-ponthegesztett kötéseinek tönkremenetele nyíró-szakító és keresztirányú szakító terhelések hatására**

**Borhy István**

A vasúti járművek szekrényvázát bordákkal merevített lemezhéjazat jellemzi, amely a járműre ható összes terhelést az alvázzal közösen viseli. Az egyes szerkezeti elemek lemezburkolatai maguk is részt vesznek a szerkezet merevségének kialakításában, valamint a jármű hossz tengelyével párhuzamos erők felvételében. A differenciált építési módú acélszerkezetek az elmúlt évtizedekben jellemzően kis szilárdságú, jól alakítható lágyacél ötvözetekből készültek. Az elmúlt évek anyagfejlesztései azonban lehetőséget biztosítanak a nagyszilárdságú termomechanikusan hengerelt acélok vasúti járműgyártásban történő alkalmazására. Jelen cikkünkben a VoestAlpine által fejlesztett Alform® 700 típusú nagyszilárdságú acélból készült vékonylemezek ellenállás-ponthegesztettségével összefüggő kutatási eredményeket ismertetjük, különös tekintettel az anyagszerkezeti változások figyelemmel kísérésére alapozott összetett hegesztéstechnológia kidolgozása érdekében elvégzett nyíró-szakító és keresztirányú szakító vizsgálatokra.

## **Behavior of resistance spot welded thermomechanically rolled high strength steels under tensile shear and cross tension loads**

The body structure of railway vehicles generally made by ribs-stiffened shell structures, this structure bear the load together with chassis. Each structural element of shell structure participates in insurance of the structure's stiffness, and they helps to presences the forces parallel to the longitudinal axis of the railway vehicle. The differential designed vehicle structures generally made of mild steel alloys, these alloys have smaller strength but have better ductility. The results of material development of the last years ensures to use thermomechanically rolled high strength steels in manufacturing of railway vehicles. We present in this lecture the results of our research in the field of resistance spot weldability of thin-walled height strength steel (type Alform® 700, developed by VoestAlpine) structures. The main scope of the research is to elaborate a complex resistance welding process for railway industry based on tensile shear and cross tension tests.

## Lyukkorrózió lézersugarason hegesztett korrózióálló acéloknál

Dr. Fábíán Enikő Réka

A korrózióálló acélokat szövetszerkezetük alapján korábban három csoportba sorolták: ferrites, martenzites és ausztenites korrózióálló acélok, napjainkban ezeket kibővítik a duplex acélok.

Az ausztenites és a duplex korrózióálló acél berendezéseknél, mint tartályok, csővezetékek stb. elsősorban öt lehetséges korróziós forma megjelenésével lehet számolni, úgy, mint: kristályközi korrózió, réskorrózió, késélkorrózió, lyukkorrózió (pitting), feszültség korrózió.

A lyukkorrózió kialakulása a korrózióálló acél passzív rétegének sérülésével, megszakadásával van összefüggésben. Ezt okozhatja mikroszerkezeti hiba (zárvány), felületi sérülés vagy halogenid ionok, főleg kloridionok jelenléte. Ezek az ionok áttörik a felületi védőréteget és intenzív lokális korrózió okoznak, a folyamat réskorróziós jelenség jelenléte, magasabb hőmérséklet esetén fokozódik. A fémek és ötvözetek lyukkorrózióra való hajlamát sokan *PREN szám* alapján ítélik meg. A *PREN* szám a pitting szempontjából releváns ötvözők súlyozott értékeinek összegeként állapít meg egy összehasonlító értéket. Az ausztenites rozsdamentes acélokon kisebb mértékű a lyuk-korrózió, mint a ferriteseken, ezért az ausztenitképző ötvözők jó hatásúak. A technológia terén lényeges a megfelelő tömörségű, pórus mentes varrat biztosítása, és fröcskölés mentes hegesztés, mivel ezek a lyukkorróziós jelenségeket társíthatják például a réskorrózióval.

Az ausztenites/ duplex korrózióálló acéloknak viszonylag rossz a hővezető képességük, szénacélokhöz képest nagyobb a hőtágulásuk és nagyobb a villamos ellenállásuk, ezért viszonylag kis hegesztési hőbevitellel kell hegesztetni, koncentrált hőforrásra van szükség, arra kell törekedni, hogy minél keskenyebb hősávot melegítsünk fel a hegesztés során. Ezért minél nagyobb energiasűrűségű eljárást (pl. elektronsugaras, plazmaívhegesztés, védőgázos fogyóelektrodás hegesztést (MAG), vagy semleges védőgázos volfrám elektródás ívhegesztést (AWI)) célszerű alkalmazni.

Lézersugaras hegesztéskor kimutatható a hegesztési sebesség növelésének pozitív hatása a korrózió mértékére.

Az ausztenites acélok lézersugaras hegesztéskor, annak ellenére, hogy keskeny a varrat hőhatásövezete, nem megfelelő gázvédelemkor, a varrat környezetében kialakulhat elszíneződés, amely összetétele más, mint a passzív rétegé. Kimutatható, hogy a lyukkorrózió megjelenése ezeken az elszíneződött helyeken jelentősebb, mint máshol. Pácolással eltüntetve elszíneződést mutató réteget, a tartomány lyukkorrózió érzékenysége csökken.

Duplex acélok hegesztésekor a varrat ferrit tartalma jelentősen megváltozik: a ferrit tartalom akár a 80%-ot is meghaladhatja. A vizsgálatok azt mutatták, hogy a lean duplex acélok (LDX2304, LDX2101) nagyon érzékenyek a lyukkorrózióra. Az újabb keletű LDX2404-es acél korrózióhajlama jelentősen kisebb, a korábban elterjedt LDX-eknél. A standard 2205 acélnál 72 órás vaskloridban való áztatás után is csak elvétve jelent meg lyuk.

Duplex acéloknál kimutatható, hogy a huzaladagolás csökkenti a varrat környezetének lyukkorrózióra való hajlamát.

## **A roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatóságának mérése és fejlesztése**

### **Fücsök Ferenc (MAROVISZ)**

A roncsolásmentes vizsgálati rendszerek megbízhatósága (M) a módszer belső adottságától (BA), az alkalmazott paraméterek hatásától (AP), és az emberi tényezőtől (ET) függ:

$$M = f(BA) - g(AP) - h(ET)$$

Általában a vizsgálati módszer belső adottságát, mint felső korlátot vesszük figyelembe, az alkalmazott paraméterek és az emberi tényező csökkenti a vizsgáló rendszer képességeit. Mindenki egyetért abban, hogy a megbízhatóság legfontosabb része az emberi tényező, és egyben ez a leggyengébb. A vizsgálók megbízhatósága sok tulajdonságtól függ, és gyorsan változik. Sok vizsgálatot végeztek már a megbízhatóság mérésére, és hogy miként változik a körülmények hatására.

Számos megoldás létezik a roncsolásmentes vizsgáló rendszerek megbízhatóságának mérésére és értékelésére, és hasonlóan a vizsgálók megbízhatóságának értékelésére. De az emberi tényezőnek van néhány sajátos tulajdonsága. A vizsgálók tudják, hogy vizsgálják őket, gondolkodnak a munkájukról, és a teljesítményük változó. Ezért nagyon nehéz a megbízhatóságukat mérni és még nehezebb fejleszteni azt.

Egy akkreditált ipari laboratóriumnak szüksége van a vizsgálók megbízhatóságának mérésére, hogy bizonyítsák a vizsgálók és az egész laboratórium teljesítményét, de a személyzetnek érteni is kell az értékelés eredményeit. Általában nem értik a matematikai kifejezéseket, de érdekli őket, hogy ki a legjobb. Ezért, és hogy növeljük a vizsgálatok megbízhatóságát, szükséges időről időre belső-, és laboratóriumok közötti vak jártassági vizsgálatokat szervezni, értékelni ezeket, és megmagyarázni az eredményeket a résztvevőknek.

Az MSZ EN ISO/IEC 17025 szabvány előírásainak megfelelően az akkreditált laboratóriumoknak biztosítani kell a vizsgálati eredmények minőségét. Az eredmények megfigyelésének egyik lehetséges módszere a jártassági vizsgálatokban való részvétel.

A Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség 2009 óta 10 jártassági vizsgálatot szervezett tagjai és az érdeklődő laboratóriumok részére. Ez a szolgáltatás megfelel az MSZ EN ISO/IEC 17043:2010 szabvány előírásainak. Az előadás bemutatja majd a jártassági vizsgálatok értékelési módszereit és eredményeit, különös tekintettel a hegesztések vizsgálatára.

## **The Measuring and Development of Reliability of Non-destructive Testing**

The reliability of an NDT system (R) depends on the intrinsic capability(IC) of the system, the effect of application parameters (AP), and the effect of human factors (HF):

$$R = f(IC) - g(AP) - h(HF)$$

The IC is generally considered as an upper bound, the AP and the HF are generally reducing the capability of the NDT system. Everybody agreed that the most important part of the reliability is the human factor and it is also the weakest part. It depends on many factors and changes rapidly. There were several tests to measure the reliability, and how it changes with the circumstances.



There are several solutions of measuring and evaluating the reliability of NDT systems and the evaluation of the reliability of operators is similar. But the human factor has some different features. He knows, that he is under test, he is thinking about his work and his performance is not constant; so it is a very hard problem to measure the reliability of the operator and it is harder problem to enhance it.

An accredited industrial laboratory needs to measure the operator's reliability to demonstrate both the operator's and the laboratory's performance, but the operators need to understand the results of evaluation. They don't understand mathematical expressions, but they are interested in who is the best. For this reason and to provide a reliable NDT it is necessary to organise inner- or inter laboratory blind proficiency tests from time to time, evaluate them, and explain the results to the participants.

In accordance with MSZ EN ISO/IEC 17025 standard the accredited laboratory shall ensure the quality of test results. One of the possible forms of monitoring the results is the participation in proficiency testing programmes.

Since 2009 the Hungarian Association for NDT (MAROVISZ) has organised 10 proficiency tests for its members and for any interested laboratories. This service is in compliance with the EN ISO/IEC 17043:2010 standard. The paper will present the evaluation methods and the results of proficiency tests, with attention to the tests of welding.

## **Összehasonlító elemzés az elektronsugaras és a huzalelektrodás védőgázos hegesztés alkalmazásáról nemesített nagyszilárdságú acéloknál**

**Dr. Gáspár Marcell, Sisodia Raghawendra P. S., Timcsák István**

Az elektronsugaras hegesztés új lehetőségeket teremt a nagyszilárdságú szerkezeti acélok jobb kötéstulajdonságokat eredményező és hatékonyabb hegesztésére. Az eljárás kimagasló minőségű varratokat eredményez meglehetősen széles lemezvastagság tartományban. A hagyományos ívhegesztő eljárásokhoz képest (pl. az MSZ EN ISO 4063 szabvány szerinti 135 eljárás) jelentősen nagyobb energiasűrűsége révén kisebb hőbevitelt, nagyobb hegesztési sebességet eredményez, amely a hőhatásövezet méretének csökkenéséhez és kisebb hegesztési maradó alakváltozáshoz vezet. A kisebb hőhatásövezetnek köszönhetően a mechanikai tulajdonságok romlása szempontjából kritikus hőhatásövezeti sávok mérete is csökken, amely nagyszilárdságú acélok hegesztésekor kimondottan előnyösnek bizonyul. Ugyanakkor a nemesített nagyszilárdságú szerkezeti acélokra jellemző viszonylag nagy karbonegyenérték miatt a technológiára jellemző intenzívebb hűtési viszonyok a hőhatásövezetben keménységnövekedéshez, ezáltal pedig fokozottabb hidegrepedési veszélyhez vezethetnek. A hegesztési kísérletek során vizsgált alapanyag az MSZ EN 10025-6 szabvány szerinti S960QL anyagminőségű 15 mm lemezvastagságú nemesített nagyszilárdságú szerkezeti acél volt. Az acéllemezeket PA pozícióban hegesztettük össze a huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés során V varratalakkal, 9 sorban; az elektronsugaras hegesztés esetén pedig I varratalakkal, beolvadó alátétlemezzel, hozaganyag nélkül, egy sorban. Az alkalmazott huzalelektroda az alapanyagéval közel azonos varratszilárdságot eredményező Union X96 volt. A hegesztett kötések tulajdonságait optikai mikroszkópos vizsgálattal, keménységvizsgálattal, szakítóvizsgálattal és ütővizsgálattal elemeztük.

### **Comparative study about the electron beam and gas metal arc welding of quenched and tempered high strength steels**

The electron beam welding (EBW) sets new possibilities for the effective welding of high strength structural steels with better joint properties. The technology ensures high-quality welded joints in a wider plate thickness range of structural steels. It has a high energy density in comparison to the conventional arc welding processes (e.g. GMAW). As a result of less overall energy input and higher velocity, the effect of welding on the base material in the heat-affected zone (HAZ) and the distortion is much smaller compared to conventional arc welding processes. The low heat input result in a small HAZ and a reduced extension of critical HAZ areas which can be favourable in high strength steels when the mechanical properties can drastically decrease in the HAZ. However, due to the relatively high carbon equivalents of quenched and tempered steels, the intensive cooling during welding may cause critical hardness peaks in HAZ indicating higher cold cracking sensitivity. The examined material was S960QL quenched and tempered structural steel according to EN 10025-6 with 15 mm plate thickness. The plates were welded in PA position. In case of GMAW V-shape butt welds were made in 9 weld passes, whilst one-pass I-shape weld was prepared during EBW without the application of filler metal. The applied wire electrode was the nearly matching type UNION X96. The properties of the welded joints were examined by optical microscopic test, hardness test, tensile test and Charpy V-notch impact tests.

## **A gyakran használt lángtechnológiák hőciklusai és hatásuk a hegesztett szerkezetek acéljaira**

**Gyura László, Dr. Gáspár Marcell, Dr. Balogh András**

A lángtechnológiák, elsősorban a lángvágás és a lángegyenesítés acélszerkezetek gyártásánál, így a nagyszilárdságú acélból készült szerkezeteknél napjainkban is gyakran alkalmazott eljárás. Az előadásban a nagyszilárdságú acélok legfontosabb jellemzőinek bemutatása mellett összefoglaljuk a lángtechnológiákhoz használható éghető és égést tápláló gázok fizikai jellemzőit, azok technológiai hatását, alkalmazásának előnyeit, hátrányait. Ismertetjük a technológiák legfontosabb jellemzőit, paramétereit, a leggyakrabban alkalmazott eszközeit. Különböző feltételekkel (eltérő technológiai paraméterek, eltérő eszközök, eltérő lemezvastagságok, eltérő ipari gázok, eltérő hűtési viszonyok stb.) vizsgáljuk a technológia hatására kialakuló hőmérséklet eloszlásokat, a munkadarabok egy-egy pontjában kialakuló hőciklusokat. A kimért hőciklusok alapján elemezzük azok lehetséges hatását az anyag szerkezetére, annak mechanikai tulajdonságaira.

### **Heat cycles of frequently used flamestraightening technologies and their effect on steels in welded structures**

Flame technologies, especially for flame cutting and flame *straightening*, are a common technique in the manufacture of steel structures, such as high-strength steel structures. In addition to presenting the most important characteristics of high-strength steels, the paper summarizes the physical characteristics of flammable and oxidation gases used in flame technologies, their technological effects, and the advantages and disadvantages of their application. We introduce the most important features and parameters of the technologies and the most frequently used tools. Under different conditions (different technological parameters, different devices, different plate thicknesses, different industrial gases, different cooling conditions, etc.) we examine the temperature fields resulting from the technology and the heat cycles at each point of the workpieces. Based on the measured heat cycles, we analyze their potential effect on the structure of the material and its mechanical properties.

## **A Fém Additív Gyártás aktuális helyzete, újdonságok és fejlesztési trendek.**

**Halász Gábor – Messer Hungarogáz Kft.**

Új szintre lép a Fém Additív Gyártás. A 3D fémnyomtatás (additív gyártás) technológiái tovább fejlődnek, adaptálódnak. Bemutatásra kerülnek a fejlődési előrejelzések, a 3D-s fémnyomtatás legforróbb trendjeit, az alapanyagtól a kész darabok ellenőrzéséig, amelyek elősegítik a feldolgozóipar új szintre lépését. Összefoglaló a fém additív technológiáknál használatos alapanyagok gyártásfejlesztéséről, új alapanyagokról, a 3D nyomtatáshoz használatos tervezési, szimulációs és üzemeltetési szoftverek fejlesztéseiről. Fém nyomtatási eljárás változatok áttekintése és összehasonlítása különös tekintettel azok sorozatgyártásba való alkalmazhatóságáról. Sikertörténetek és tovább lépési lehetőségek a digitális gyártás területén. Hol tart a rendszerszintű digitális iker szemlélet megvalósítása, AM integráció a teljes termelési folyamatba. Kihívások a fémnyomtatás alkalmazását illetően és válaszok a kihívásokra.

## **Current state of the Metal Additive Manufacturing, novelties and development trends.**

Metal Additive Manufacturing takes a new level. 3D metal printing (additive manufacturing) technologies have continued to evolve, adapt. They showcase the developmental predictions, the hottest trends in 3D metal printing, from raw material to finished product inspection, which help the manufacturing industry take it to the next level. Summary of the development of raw materials used in metal additive technologies, new materials, the evolution of design, simulation and operation software for 3D printing. Overview and comparison of metal additive process variants with particular regard to their applicability in serial production. Successstories and next steps in digital manufacturing. Where is the implementation of the system-wide digital twin approach, AM integration into the end to-end production workflow. Challenges in using metal printing and answers to the challenges.

## **Különböző hozaganyagok hatása a kristályosodási repedési érzékenységre, alumínium hegesztésekor**

**Hirt Péter, Dr. Varbai Balázs\*, Katula Levente, Dr. Májlinger Kornél**

A kutatómunkánk az alumíniumötvözetek kristályosodási repedésével foglalkozik. A kristályosodási repedés kialakulásának több oka lehet: a húzó maradó feszültségek, amelyek a kristályosodás és az az utáni hűlési folyamat közben jönnek létre, a síkfrontos kristályosodás, az előnytelen varratgeometria vagy a szennyezők szegregációja a varratfémekben. Alumínium ívhegesztésének esetében a megfelelő hozaganyag alkalmazása nagyon fontos szempont. A hozaganyag alkalmazásának hatására volfrámelektrodás semleges védőgázos ívhegesztés (TIG) esetében is megváltozik a varratfém kémiai összetétele. Ennek megfelelően a különböző típusú hozaganyagok különböző hatást gyakorolnak a varratfém kristályosodási repedéssel szembeni érzékenységére. A kutatásunk során ezeket a hatásokat vizsgáltuk három hozaganyag alkalmazásának esetében. Az 1450 típusú tömör TIG pálcát ötvözetlen alumínium TIG hegesztésére ajánlott, de a nagyobb titán (Ti) tartalmának köszönhetően elősegíti a szemcsefinomodást, és így csökkenti a kristályosodási repedéssel szembeni érzékenységet. A további két vizsgált hozaganyag (4043 és 4047 típusú) szilíciummal (Si) ötvözött. A 4043 típusú TIG pálcát a legáltalánosabb és legnagyobb körben alkalmazott hozaganyag alumínium ötvözetek hegesztésére. A 4043-as pálcát főként az AlMgSi típusú alumínium ötvözetek hegesztéséhez használják, ahol a körülbelül 7 %-os Si tartalomnak köszönhetően az ömledék folyóképessége megnő, így a szakirodalom szerint a kristályosodási repedéssel szembeni ellenállása is növekszik. A 4047 típusú hozaganyagot nagyobb, körülbelül 12 %, a Si tartalma. A 4047-es hozaganyagot eredetileg keményforrasztáshoz fejlesztették ki, de a nagy Si tartalomnak köszönhetően ezen hozaganyag használata a hegesztés során is jelentős előnyökkel bír. A 12 % körüli Si tartalom miatt csökken a varratfém likvidusz hőmérséklete, kisebb a kristályosodási hőköz és csökken a szegregációval szembeni érzékenység. Ezen hatások miatt a gyártók által kiadott katalógusok szerint jelentősen csökken a kristályosodási repedéssel szembeni érzékenység. A különböző hozaganyagok értékeléséhez Houldcroft-vizsgálatot, más néven halszákapróbát alkalmaztunk. A vizsgálat lényege, hogy egy megfelelően kialakított próbadarabon megmért repedéshosszal jellemezhető a kristályosodási repedéssel szembeni érzékenység minden hozaganyag esetében, majd a kiértékelést a mért repedéshosszak összehasonlításával lehet elvégezni. A vizsgálatok során a legelőnyösebb hozaganyagot a 4047 típusú adódott. Ezen kívül a varratalakot, mikrokeménységet és a varratfém szövetszerkezetét is összehasonlítottuk a 4043 és 4047 típusú TIG pálcával készült varratok esetében.

### **The effects of different filler materials on the solidification cracking susceptibility in the case of aluminum welding**

Our paper is focusing on the solidification cracking behavior in the case of arc welding of aluminum alloys. The reasons for solidification cracking can be various: tensile residual stress during solidification and subsequent cooling, presence of contamination, cellular solidification morphology, weld metal geometry, or segregation. In the case of aluminum arc welding, the usage of proper filler material is essential. Using filler material in case of tungsten inert gas (TIG) welding of aluminum alloys changes the chemical composition of the molten pool, thorough dilution. Thus, in our research, we focused on the influence of different filler materials on the solidification cracking behavior. For this research, three different types of

TIG filler rods were investigated, which were recommended in scientific literature to minimize the solidification cracking susceptibility. The 1450 type TIG rod is recommended for unalloyed aluminum TIG welding, but the higher titanium content promotes grain refinement and thus higher resistivity against solidification cracking. The other two TIG rods (4043 and 4047) are alloyed with silicon (Si). The 4043 TIG rod is one of the most widely used filler metal for aluminum TIG welding. This type of TIG rod is mainly used for the welding of AlMgSi alloys, where the 7 % Si content ensures the molten pool fluidity and the general resistivity against cracking according to the literature. The 4047 TIG rod has a higher Si content, ~ 12 %. This type of filler material was initially developed as a brazing alloy. Due to its higher Si content, the molten pool has a lower melting point, and narrower freezing range, which reduces the susceptibility to segregation, and thus, according to the welding handbooks, "the risk of hot cracking is significantly reduced". For the evaluation of using different filler materials, Houldcroft, also known as fishbone tests were performed. In the case of Houldcroft test, the crack length from the starting edge of the test specimen is used to indicate the susceptibility to cracking. For the specimen, different slots of varying depth is machined into the plates, which resulting in different thermal expansion and stiffness condition of the plate during welding. In our research, it was found that the best results were obtained using the high Si content 4047 TIG rod. Also, the weld geometries, microhardnesses, and microstructures were compared to the sample, welded with 4043 rod.

## **Quality evaluation of similar Ni, Inconel and dissimilar Ni-Ti joints by Electron Beam Welding**

**Erika Hodulova, Ingrid Kovarikova, Beata Simekova, Miroslav Sahul**

The scope of this study was to ascertain the weldability of similar joints prepared from Nickel 201, Inconel 625 and dissimilar Ni-Ti joints. The joints were prepared from 2.0 mm thick sheets welded by electron beam without an additional material at a flat position. The design of the experiment was focused on the selection of the base material and the selection of suitable parameters of electron beam welding, as well as tests carried out to determine the properties of welds and observe the integrity of joints. The used robotized device for electron beam welding is equipped with two electron beam cannons with the power of 30 kW, a vacuum chamber with dimensions of 1500 x 1500 x 2500 mm and the pumping system allowing reaching the vacuum of  $10^{-2}$  Pa within 25 minutes. The control system allows creating profiles of welding parameters and saving them. The welding parameters used for the weld joints production, such as accelerating voltage, beam current, focusing current and welding speed was changed. The heat input was calculated according to the relation. The influence of electron beam welding parameters on weld quality and mechanical properties of test joints was studied. The study of quality and mechanical properties of the joints were determined by metallographic evaluation, tensile and hardness tests.

## **Hegesztett szerkezetek tervezésének kutatása a Miskolci Egyetemen**

### **Dr. Jármái Károly, Erdős Antal, Petrik Máté, Nagy Szilárd, Hazim Nasir Ghafil**

A cikk bemutatja azokat a területeket, ahol a doktoranduszok segítségével a kutatás zajlik.

Vizsgáltuk az aszimmetrikus I-szelvények optimális méreteinek meghatározását a minimális zsugorodás függvényében. Az optimalás során a célfüggvény a tömeg (a keresztmetszet terület) minimalizálása volt, az ismeretlen paraméterek az I-szelvény geometriai méretei, míg az optimalási kényszerek pedig a feszültség, a helyi horpadás, valamint a hegesztési zsugorodás voltak. A számításokat különböző szilárdságú acélokra (235, 355, 460 MPa), valamint különböző szilárdságú alumíniumokra (90, 155, 240 MPa) végeztük el. A számítások során az alapanyag, a szelvényhossz és a terhelés értéke változott. Bemutattuk, hogy az optimális kialakítással és megfelelő előhajlítással a hegesztésből származó alakváltozások csökkenthetők is kiküszöbölhetők, valamint keresztmetszet-csökkentés is elérhető. Acélok esetén a költségmegtakarítás akár 31,4%, míg alumíniumok esetén akár 64,8% is lehet.

A mérnöki gyakorlatban sok helyen találkozhatunk tartószerkezetekkel például hidakkal, csapágyazott tengelyekkel, gerendákkal. Ezek a szerkezetek gyakran készülnek valamilyen nyitott keresztmetszettel, ilyen lehet például egy I-szelvény. Ebben a cikkben egyik végén befogott I-szelvényű gerenda vizsgálata kerül bemutatásra. Annak feszültségi, deformáció számítása, majd ennek alapján az optimalása kerül elvégzésre.

Ma már a GPU-k (Graphical Processor Unit) nem csak a grafikus megjelenítést és az azokhoz szorosan kapcsolódó számítások elvégzését támogatják. Olcsó és hatékony eszközei az általános célú, tudományos számításoknak. Sikeresen kiaknázzák az általuk nyújtott lehetőségeket a topológiai optimalásban, szerkezet optimalásban és gyártási folyamatok szimulálásában. A futódaru híd optimalása során nyerhető sebesség növekedés hasonlóan alakul a tesztfüggvényekhez.

Az Inverz Kinematika (IK) megoldás a robot végeffektorának speciális konfigurációjára, alapvető fontosságú funkció a vezérlőrendszerben. Az olyan optimalási algoritmusok, mint a részecske-csoport optimalás és a mesterséges méhcsalád garantálhatják a probléma optimális megoldását a célfüggvény differenciálhatósága miatt. Valós ipari alkalmazásokban azonban nem használhatjuk az optimalási algoritmusokat, mivel ezek bizonyos időt vesznek igénybe. Az ANN mesterséges ideghálók akkor is tökéletesen alkalmazhatók valós ipari alkalmazásokra, ha megoldásaik közelítőek és nem olyan pontosak, mint az optimaló algoritmusok megoldásai. A pontosság és a gyors közelítések között kell választanunk, különösen az érzékelőkkel felszerelt robotok esetében, amelyek gyors megoldásokat igényelnek, hogy a hirtelen eseményekre reagálni tudjanak. Ez ésszerű indok arra, hogy megfontoljuk az ideghálók alkalmazását egy robot inverz kinematikai problémájának megoldásánál.



## **Védőgáz mennyiség hatása a lézersugarasan hegesztett fúrókoronák varratainak minőségére**

**Kenéz Attila Zsolt, Bagyinszki Gyula CSc, Ph.D**

A gyémánt szemcséket tartalmazó szegmenseket többnyire oldhatatlan kötéssel rögzítik az acél szerszámtestekre, a hegesztés vagy a forrasztás különböző eljárásait alkalmazva. A lézersugaras hegesztés, mint a legdinamikusabban fejlődő eljárás alkalmas eltérő minőségű fémes anyagok, jelen esetben porkohászati úton előállított szegmensek és vékonyfalú acélcső összehegesztésére, vegyes kötést létrehozva. A fúrókoronák esetében is előnyösek a lézersugaras hegesztés kedvező tulajdonságai, mint a koncentrált, így fajlagosan alacsony hőbevitel, keskeny hőhatásövezet, kismértékű torzulás, nagy hegesztési sebesség, a pontosság, a megbízhatóság, a jó reprodukálhatóság és a könnyű automatizálhatóság. Emellett a hagyományos hegesztési eljárásokhoz képest mélyebb beolvadás érhető el. Egy korábbi cikkünkben már vizsgáltuk a kötési zónákat, egy másikban a lézersugaras hegesztés folyamatparaméterei közül a lézerteljesítmény és a fókusztávolság változásának hatását a kötésekre.

Jelen cikkünk tárgyát képező kísérletsorozatban egy Trumpf TruDisk 4002 (max. 4,0 kW teljesítményű, 1,03  $\mu$ m hullámhosszúságú) lézerforrással hegesztettük össze a 3,5 $\pm$ 0,2mm széles, Astaloy-Mo=99,8 %, Grafitpor=0,2% kémiai összetételű szegmenst a 2 $\pm$ 0,15 mm falvastagságú, E235+C (1.0308) anyagminőségű acélcsővel. A védőgázként használt Ar4.6 mennyiségének hatását vizsgáltuk a varrat alakra, szövetszerkezetre, keménységre és a töréserőre. A kapott eredményeket szeretnénk felhasználni egy faktoros kísérletben, ahol a korábban már megvizsgált folyamatparaméterekkel együtt keressük majd a legjobb kötést adó paraméterkombinációt.

### **Effect of Shielding Gas Volume on Welding Quality of Laser Beam Welded Drill Bits**

Segments containing diamond particles are attached to steel tool bodies mainly by insoluble bond, using different methods of welding or soldering. The laser beam welding process, as the most dynamically developing process, is suitable for welding of different quality metallic materials, in this case powder metallurgy segment and thin-walled steel tubes to form a mixed joint. The advantages of laser beam welding are also advantageous for drill bits, such as the concentrated one, like low heat input, narrow heat affected zone, low distortion, high welding speed, accuracy, reliability, good reproducibility and easy automation. Furthermore, deeper melting is achieved compared to conventional welding processes. In an earlier article we have already investigated the joining zones while in another article the laser beam welding process parameters have been studied and also the effect of changes in laser power and focal distance on the joints.

In the series of experiments that are the subject of this article, we used a Trumpf TruDisk 4002 (up to 4.0 kW power, 1,03  $\mu$ m wavelength) laser source was welded a 3.5  $\pm$  0.2mm wide, Astaloy-Mo=99,8 %, Graphite powder=0,2% chemical composition segment with a 2 $\pm$ 0,15 mm wall thickness E235+C (1.0308) material quality steel tube. The effect of the amount of Ar4.6 used as a shielding gas was investigated on the seam shape, microstructure, hardness value and brake-off value. We would like to use the obtained results in a factorial experiment, where we will search for the best combination of parameters together with the previously investigated process parameters.

Keywords: laser welding, powder metallurgy segment, shielding gas, material testing

## **Nagyszilárdságú acélok fizikai szimulációval előállított hőhatásövezeteinek törésmechanikai vizsgálatai**

**Koncsik Zsuzsanna, Dr. Lukács János, Nagy Gyula**

A korszerű nagyszilárdságú acélok alkalmazása a járműiparban jelentős és folyamatosan növekvő. Alkalmazásuknak köszönhetően az adott szerkezeti elem falvastagsága csökkenthető, amely együtt jár a tömeg csökkenésével és a szükséges hegesztett varratok csökkenésével egyaránt. A szilárdságnövelés leghatékonyabb módja a szemcseméret csökkentése. Az 1970-es években egy új módszert fejlesztettek ki, a termomechanikai hengerlést, amelynek segítségével különösen nagy szilárdság és jó hegeszthetőségi tulajdonságok érhetők el. A módszer segítségével a folyáshatár a kémiai összetétel változtatása nélkül növelhető, a hengerlési paraméterek megfelelő megválasztásával.

Meg kell azonban jegyezni, hogy az előnyös szilárdsági tulajdonságok mellett ezek az acélok gyakran tartalmaznak anyagfolytonossági hiányokat, például üzem közben keletkezett repedéseket, így a terhelés közbeni viselkedésük csak a törésmechanikai szemléletmód alkalmazásával jelezhető előre. Ezen kívül, nemcsak az alapanyag, hanem a hegesztett szerkezet – és benne a hegesztett kötés – maga is fontos a tervezőmérnök számára. Számos esetben nem lehetséges bizonyos hőhatásövezeti területek vizsgálata a valódi hegesztett kötésen, mert a valódi hegesztési folyamat hőgradiense olyan nagy az anyagban, hogy az erősen inhomogén mikroszerkezetet okoz, amely tízed mm-enként változik. Fizikai szimuláció alkalmazásával nagy számú, homogén szerkezetű minta készíthető, amelyek alkalmasak további mechanikai vizsgálatokra, mint például ütővizsgálat, törésmechanikai vizsgálatok, vagy mikroszerkezeti vizsgálatok.

A korszerű nagyszilárdságú anyagoknak van továbbá egy olyan előnyük is, hogy nagy szívóssággal rendelkeznek; a hagyományos törési szívósság értékek azonban nem határozhatók meg egyszerűen, éppen a szívós viselkedés miatt. Ezen viselkedés repedés-kinyílás (CTOD vagy  $\delta$ ) értékekkel jellemezhető a szimulációval létrehozott hőhatásövezetben, az ISO 12135 szabványnak megfelelően.

Vizsgálataink során a Gleeble 3500 fizikai szimulátorral létrehozott hőhatásövezeti zónák törésmechanikai vizsgálatait végeztük el Voestalpine Alform 960M (S960TM) termomechanikusan hengerelt acél mintákon. A különböző hőhatásövezeti zónák megfelelő szimulációja érdekében a mintákat 1350°C-ra hevítettük, majd különböző hűtési sebességekkel hűtöttük, az ezekhez tartozó jellegzetes hűlési idők 5s, 15s és 30s voltak. További mintákat is készítettünk, amelyeknél egy második hőciklust is alkalmaztunk, 775 °C-on, az interkritikus zóna vizsgálata érdekében. A szimulációt követően törésmechanikai vizsgálatok segítségével vizsgáltuk és értékeltük a mintákat, határoztuk meg az egyes hőhatásövezeti zónák sajátosságait.

### **Fracture mechanical investigations of physically simulated HAZ of high strength steels**

The application of the modern high strength steels obtains an important role in automotive industry. In such cases, the thickness of the structural elements can be decreased together with the mass of the structure and the welded joints. The most effective method of increasing the yield-strength, so the

production of high-strength steels is the decreasing of grain size. In the '70 years a new process, called thermomechanical rolling was developed to achieve outstanding strength and advanced weldability properties. In this case the yield strength can be increased without changes in chemical composition, due to appropriate selection of rolling process parameters.

In general, we can state that with the increasing of the yield strength, the applied thickness can be decreased, so the amount of the filler material and the time of the welding decrease, as well. On the other hand, it is important to note, that high strength steels often contain material discontinuities, e.g. cracks, and their behaviour under load can be predicted only by fracture mechanical data. Not only the base material, but the welded structure is also important for a designer. In many cases it is impossible to investigate certain heat affected zones of a real welded joint, because during the real process the thermal gradient is so high in the material, that strong inhomogeneous microstructure occur, which is changing in tenth mm-s. Applying physical simulation homogeneous samples in high amount can be prepared, aimed to following mechanical tests, like impact, fracture toughness and microstructural analyses.

Advanced high strength steels have the advantage, that they possess also high toughness. Common fracture toughness values are not simple to determine, due to

their ductile behaviour. Based on this properties crack-tip opening displacement (*CTOD* or  $\delta$ ) values can be characterised on the simulated heat affected zones, according to the standard ISO 12135.

During the investigation the fracture mechanical properties, crack tip opening displacement (*CTOD*) fracture toughness of Gleeble simulated HAZ of VOESTALPINE ALFORM 960M (S960TM) thermomechanically rolled high strength steel were investigated. In order to simulate the HAZ area, with the lowest toughness (CGHAZ=coarse grained heat affected zone), samples were heated up to 1350 °C and cooling specific cooling times were set to 5s, 15s, 30s. Furthermore, samples were created with the same parameters, in addition with a second heating cycle at 775 °C aiming to create ICGHAZ zone. After simulation the samples were tested and evaluated by fracture mechanical method aiming to analyse the properties of the different heat affected zones.

## Hogyan teljesíthetők a minőségi követelmények a hegesztésben?

**Kovács Csaba, Nagy Ferenc, Petényi Imre**

Tanulmányunkban azzal foglalkozunk, hogy a hegesztett kötésekkel, a varratokkal szemben támasztott szabványi vagy más megrendelői követelmények hogyan és milyen körülmények, feltételek mellett teljesíthetők, illetve hogyan könnyíthető meg azok teljesítése. Vizsgáljuk azt, hogy a minőségbiztosítást, minőségtanúsítást szolgáló eszközök fejlesztőit mi vezérli és mi az, amire a hegesztett szerkezetek gyártói igényt tartanak.

A fejlesztők a fejlesztéseik célkitűzéseiben abból indulnak ki, hogy a hegesztett szerkezeteket gyártó cégek be akarják és tudják tartani az előírásokat, illetve követelményeket. A gyártók ugyanakkor szembesülnek az emberi, gépi, anyagi lehetőségeiknek, a megélhetés szükségszerűségének és a követelményeknek az ellentmondásával. Ezen ellentmondások közepette próbálnak megfelelni az elvárásoknak és a minőségtanúsítás követelményeit összehangolni a lehetőségeikkel.

Néhány gyakorlati esetet alapul véve elemezzük azt, hogy milyen ellentmondás feszül a követelmények és azok teljesíthetősége között. Vizsgáljuk a követelmények, az elméleti lehetőségek és a gyakorlat viszonyát a minőségtanúsításban.

Tanulmányunk kiterjed mind az ívhegesztésre és ezen belül pedig a kézi és a gépesített, illetve robotizált ívhegesztésre, mind az ellenállás-hegesztésre, amely jellegénél fogva nem lehet „kézi”.

Végezetül megfogalmazzuk azt a következtetést, hogy milyen eszközök, illetve módszerek segítenek közelíteni a követelményeket és azok teljesíthetőségét. Az ívhegesztésben alkalmazhatjuk az ellenállás-hegesztés jellegéből adódó módszereket és építhetünk az abból levonható következtetésekre, miszerint a gépesítettség elősegíti a korrekt dokumentálhatóságot.

Megmutatjuk, hogyan lehet megfelelő korszerű gyártóeszközök alkalmazásával teljesíteni az elvárt minőséget és mindezt úgy, hogy nem gazdasági körülmények nem akadályozzák ezek alkalmazását.

# Korrózióálló acélok szövetszerkezetében végbemenő változások a lézersugaras hegesztési paraméterek függvényében

## Kovács Ferenc<sup>1</sup>, Fábíán Enikő Réka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, kovacsferi1996@gmail.com

<sup>2</sup>Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest Magyarország, [fabian.reka@bgk.uni-obuda.hu](mailto:fabian.reka@bgk.uni-obuda.hu)

Az X 2 CrNiMo17 13 2 anyagminőségű lemezek jól alakíthatók hidegen, jól hegeszthetők, engedélyezett a használata nyomástartó edényekhez is. Az alacsony karbontartalom miatt 400 °C-ig ellenáll a kristályközi korrózióknak. A molibdénnek köszönhetően jól ellenáll a klorid tartalmú anyagoknak és a nem oxidáló savaknak. Ezt az anyagminőséget gyakran alkalmazzák építőanyagként a vegyipari és textilipari berendezések építéséhez, valamint agresszív közegeket tároló, illetve szállító eszközöknél, sőt, az elmúlt évtizedben megjelent bizonyos építőelemek anyagaként is. Az ausztenites korrózióálló acélokat a jól hegeszthető acélok közé szokás sorolni. Ennek ellenére fontos szem előtt tartani, hogy az ötvözetlen acélokkal szemben lényegesen nagyobb a hőtágulásuk, sokkal rosszabb a hővezető képességük; sokkal nagyobb a villamos ellenállásuk viszont nincs beedződés a hegesztés hőfolyamatban. Ezekből az következik, hogy viszonylag kis hegesztési hőbevitellel kell hegeszteni, koncentrált hőforrásra van szükség, arra kell törekedni, hogy minél keskenyebb hősávot melegítsünk fel a hegesztés során. Ezért a lézersugaras hegesztés kedvező korrózióálló acélok hegesztésénél.

A lézersugaras eljárások közös tulajdonsága, hogy a hőbevitelt az abszorpciós és geometriai viszonyok is befolyásolják. Irodalmi adatokból ismert, hogy acéloknál a CO<sub>2</sub> lézersugaras kezeléskor a lézersugár abszorpciója 10% körül, míg dióda lézer alkalmazásával ez 30%-ra nő. A felület minősége szintén jelentősen befolyásolja a lézersugár abszorpciós tényezőjét, de míg a CO<sub>2</sub> lézersugaras kezeléseknél 4-80% között változik, addig a szilárdtest lézersugaras kezeléseknél még polírozott felületnél is eléri a 30%-ot. Vizsgálatainkhoz LDL 30-3000 típusú dióda lézerforrást használtunk, melynek energiaeloszlása erősen gaussos, a fókusz ovális alakú, hosszirányban 3 mm, keresztirányban 1 mm hosszú. A varratok készítésekor monitoron követhető volt a hegfürdő hőmérséklete, mely végig 1400 és 1500°C között változott. Hegesztéskor az alkalmazott teljesítmény 1000-1200 W között, a sebesség 4- 8mm/s között változott. A varrat védelmét argon gázzal biztosítottuk. Annak ellenére, hogy hozaganyagot nem használtunk a varrat ferrittartalma a koronarészen meghaladta a 3%-it, a csiszolatoknál ez valamivel kevesebbnek adódott. Azonos lemezvastagságnál, azonos hegesztési teljesítmény alkalmazásakor, kimutatható, hogy a varratok ferritszikkóppal mért ferrittartalma csökken a hegesztési sebesség növelésével. Mindegyik hegesztési sebességnél kimutatható, hogy a varratok keménysége az alapanyaghoz képest nő, de a hőhatásövezetekben mértük a legnagyobb keménységet, ami a deltaferrit mennyiségével hozható kapcsolatba.

## **A csővégek geometriai eltéréseinek és a körvarratok elkészíthetőségének kapcsolata terepi körülmények között történő hegesztéskor**

**Kovács Judit, Dr. Lukács János**

A magyarországi nagynyomású szénhidrogén-szállító csőtávvezeték rendszer különböző átmérőjű és falvastagságú csővezetékei mintegy 800 ezer darab körvarratot tartalmaznak. A rendszer legrégebben működő vezetékszakai több mint 60 évesek, ami azt jelenti, hogy különböző műszaki kultúrákban készült és különböző tulajdonságú csőszálak, különböző műszaki kultúrákban kerültek összehegesztésre. A körvarratok, ahogy arra több közlemény és a világszerte bekövetkezett káresetek egyaránt rámutatnak, potenciális veszélyforrások, nem véletlen, hogy az azokban lévő eltérések és hibák értékelésére a European Pipeline Research Group (EPRG) külön irányelvet is kidolgozott. Az irányelv tartalmaz átvételi (gyártmánykiviteli) és törésmechanikai szinteket, azok hazai adaptációja még várat magára, pedig arra mind az üzemelő körvarratok, mind a különleges körülmények között készülő körvarratok esetében nagy szükség lenne.

A csővezetékek kiváltása során mindenkor feladat a meglévő (több éve, vagy akár több évtizede üzemelő) és az új, beépítésre kerülő csőszakaszok végeinek összehegesztése. Az illesztés a terepi körülmények között nem egyszerű feladat, amit nehezít az a gyakorlati probléma, amikor a meglévő csővég alakhibás (például ovális), ami a kiváltás minőségét is veszélyeztetheti. Ilyenkor a helyszínen, a csővég alakításával kell a szükséges és elégséges körköröséget biztosítani. Ez történhet hideg vagy meleg eljárással egyaránt, és mindenképpen hatással van a csővég anyagszerkezettani sajátosságaira és mechanikai tulajdonságaira.

Kutatómunkánk során áttekintjük a csővégek lehetséges geometriai és anyagszerkezettani eltéréseit, azok mechanikai tulajdonságokra és a körvarratok elkészíthetőségére gyakorolt hatásait. Rendszerezve bemutatjuk azokat a terepen alkalmazható módszereket, amelyekkel a csővégekre vonatkozó geometriai követelmények biztosíthatók, majd erről az oldalról is számba vesszük az egyes technológiák mechanikai tulajdonságokra és a körvarratok elkészíthetőségére gyakorolt hatásait. A környezeti hőmérsékleten megvalósítható eljárások esetében az alakítás, konkrétan a hidegalakítás, a hőhatással járó technológiák esetében pedig a hőhatás tulajdonságmódosító hatásaira koncentrálnunk. Mindkét fő technológiai lehetőség során figyelembe vesszük az egyes anyagminőség kategóriák és a releváns átmérők, illetve falvastagságok befolyásoló hatásait. A megengedhető alakítási mérték, illetve hőbevitel értelmezésével és meghatározásával javaslatokat fogalmazunk meg az optimális módszer megválasztására, továbbá technológiai paramétereinek megválasztására.

## **Nagyméretű, hegesztett álló hengeres tartályok időszakos vizsgálatának problémái**

### **Kuruczné Prescher Viktória**

Az Iparban az atmoszferikus tároló tartályok szerepe erősen hangsúlyozott, különösen a petrokémiai területén.

Az Olajiparban a szokásos tároló tartály méretek: 500m<sup>3</sup>-nél kezdődnek, de jelentős számban megtalálhatóak az 5-10-20 és a 30.000m<sup>3</sup>-es, valamint nem ritkák a 40 és a 80.000m<sup>3</sup>-es tároló tartályok sem.

A berendezések hatósági felügyelet alá tartoznak és jogszabály írja elő a vizsgálati ciklusidőket, amelyek általában 5-10 évek indokolt esetben viszont 15 és 20 évre is meghosszabbítható az üzemeltető kérésére, a megfelelő vizsgálati terv és megfelelő üzemeltetés mellett, függően attól, hogy milyen a tárolt közeg.

Vizsgálati módszereink:

Rutin szerint végzett módszerek: vizuális módszerek, mágnesezhető poros vizsgálat, tömörségvizsgálat és az ultrahangos falvastagság mérés.

Ezekon kívül manapság alkalmazott új vizsgálatoknak számít a drón használata, amivel sok olyan kötést is meg tudunk vizsgálni, amihez eddig nehezen férünk hozzá, vagy állvány építését igényelte volna, ami plusz költségeket von maga után.

Egy-egy ilyen tartály vizsgálata sok esetben nem is a vizsgálati módszerek miatt, hanem a tartályok mérete és a nem mindig megfelelő körülmények miatt jelentenek kihívásokat, mivel ezek az acélszerkezetek nem emberi tartózkodásra lettek kialakítva.

Ezen tartályok vizsgálata, legfőképpen a tömörségi megfelelésre irányul, mivel a tartályokban tárolt anyagok veszélyesek, mérgezőek és korrozívak lehetnek, szabadba jutva komoly környezeti károkat okozhatnak és veszélyeztetik a talajban található vízkészleteket.

A jogszabályban előírt belső szerkezeti vizsgálatoknál a tartály leürítése jelentős költségeket jelent. Ezért érthető, hogy az ilyenkor esedékes vizsgálatoknak, és az azokból levonható következtetéseknek oly mértékig kell helytállóaknak lenni, hogy a következő, akár a 10 évet is meghaladó, ciklusban a berendezés üzemeltetése biztonságos maradjon.

## **Nukleáris kutatóreaktorokhoz gyártott berendezések minőségbiztosítása, hegesztése, korszerű gyártásközi anyagvizsgálati eljárások alkalmazásával**

**Dr. Ladányi Péter, Dr. Grósz Tamás, Grósz Gábor**

A HNF Technologies Kft. nukleáris kutatóreaktorokba beépíthető speciális berendezések, az ún. hidegneutron források létesítésével foglalkozik. Tevékenységi köre kiterjed a hidegforrások tervezésére, gyártására, beépítésére és üzembe helyezésére. Az aktív zóna közelében elhelyezkedő, alacsony hőmérsékletű cseppfolyós hidrogén vagy deutérium moderátor közeggel megtöltött tartályban a termikus neutronok leadják energiájukat, és lelassulnak. Az alacsony energiájú, nagy hullámhosszú hidegneutronok sokkal jobb felbontást, a kutatási lehetőségek jelentős kiterjesztését teszik lehetővé.

A hidegneutron forrás beépítése minden esetben egyedi tervezést és gyártást igényel figyelembe véve az adott kutatóreaktor paramétereit és a felhasználási területet. A neutronos számítások és szimulációk meghatározzák a moderátor közeg optimális helyét és alakját a lehető legnagyobb hatásfok eléréséhez. A termohidraulikus számítások adják a hélium hűtőközeg szükséges mennyiségét és áramlási viszonyait. A falvastagságokat mechanikus számítások határozzák meg, biztosítva a szükséges szilárdságot, de minimalizálva a sugárzással fűtött anyag mennyiségét. A berendezés optimális kialakítását több szakterület együttműködés eredményezi és a tervezés során a reaktor biztonság prioritást élvez.

A reaktor aktív zónája közelében elhelyezkedő berendezés extrém működési körülményei (intenzív ionizáló sugárzás, alacsony hőmérséklet) nagyon magas megbízhatósági követelményeket támasztanak. Ennek megfelelően választottuk ki a hegesztési eljárást és oktattuk a hegesztőket. Erről az előadás részletesen beszámol.

A gyártásnál használt műszaki specifikációk : ASME előírások (pl. B 807-02), PAEN G-07-008-89 sorozat, AD-Merkblatt 8/1, EN 13445-4, EN13480-4.

Anyagminőség: Al 5456, illetve AL Mg5 GOSZT 4784-1997, a használt pálcák minősége AIMg5 illetve Sv AIMg 63.

A berendezés jellemző falvastagsága 1,5 mm - 2 mm (!).

Kikísérleteztük a varratok tökéletes, hibamentes (legalábbis a szokványos anyagvizsgálati eljárásokkal) elkészítésének know-howját. A legalább tíz éves működési élettartamra tervezett hidegforrás központi funkcionális egysége, az alumínium ötvözetből készített hegesztéssel összeállított kettősfalú moderátor tartály nem javítható és esetleges meghibásodása a kutatóreaktor több hónapos nem tervezett leállítását tenné szükségessé. A gyártás során a szigorú elvárásokat kizárólag precíz munkaprogrammal, nagyon pontos és módszeres gyártásközi vizsgálatokkal lehet elérni. Hegesztőüzemünk tanúsítását és az alkalmazott hegesztési eljárások tanúsítását a TÜV Rheinland InterCert végezte. A teljes gyártási folyamatra kiterjedő minőségbiztosítási terv keretében a „szokványos” anyagvizsgálati eljárások mellett specifikus vizsgálatokat is végzünk, így nagy érzékenységgű héliumos tömörségvizsgálatot, hősokkolásos tesztet, illetve az elkészült berendezés kriotechnikai végellenőrzését.

Ilyen típusú berendezéseket kizárólag exportra, kínai és ausztrál kutató reaktorokba szállítottunk- a megrendelők teljes elégedettségére -, ez évben egy újabb, továbbfejlesztett berendezésre van külföldi megrendelésünk.



## **Quality assurance of production of welded devices for nuclear research reactors using advanced in-process material testing procedures**

The field of activity of HNF Technologies Ltd covers the implementation of cold neutron sources into research reactors including design, manufacturing, installing and commissioning of the special devices. The thermal neutrons are slowed down inside a vessel filled with low temperature liquid hydrogen or deuterium positioned near the reactor core. Low-energy, high-wavelength cold neutrons allow for much better resolution significantly extending of research capabilities.

The installation of a cold neutron source will in each case requires individual design and manufacture, taking into account the parameters of the research reactor and the field of application. Neutron calculations and simulations determine the optimum location and shape of the moderator medium for maximum efficiency. Thermohydraulic calculations give the required amount and flow conditions of helium refrigerant. Wall thicknesses are determined by mechanical calculations, providing the required strength while minimizing the amount of material heated by radiation. The optimal design of the equipment is the result of interdisciplinary cooperation and reactor safety is a priority in the design.

Extreme operating conditions (intense ionizing radiation, low temperature) of the equipment near the reactor core set very high reliability requirements. The applied welding procedures and the training of welders were selected accordingly to the strong requirements. It will be discussed in detail in the lecture

Technical specifications used in production: ASME specifications (eg B 807-02), PAEN G-07-008-89 series, AD-Merkblatt 8/1, EN 13445-4, EN13480-4.

Welding wire quality: Al 5456 and AL Mg5 GOSZT 4784-1997, the quality of the rod used is AlMg5 and Sv AlMg 63.

The typical wall thickness of the unit is 1.5 mm - 2 mm (!).

We have experimented the know-how of making perfect, error-free seams (at least by standard material testing procedures).

The main functional component of the cold source, designed for a service life of at least ten years, the welded double-walled moderator chamber made of aluminum alloy, cannot be repaired and its failure would require several months of unplanned shutdown of the research reactor.

The strong requirements during production can only be achieved with a strict work program and very precise and systematic in-process testing. The welding plant as well as the applied welding procedures have been certified by TÜV Rheinland InterCert.

In addition to the "standard" material testing procedures, specific quality tests are performed as part of the quality assurance plan for the entire manufacturing process, such as high sensitivity helium tightness test, heat shock test and final cryo testing of equipment.

We have supplied this type of equipment for export only for research reactors in China and Australia to the full satisfaction of our customers – this year we have a foreign order for another new advanced device.

## **Automatizált hegesztés peremfeltételei**

### **Lakos Szabina**

Az egyre növekvő piaci verseny és vevő igények minden gyártói területen jelentős szereppel bírnak. A megrendelés aláírásától a vevők szinte azonnal szeretnék a terméket kézhez kapni, adott esetben termelni vele vagy használatba venni. Lépést kell tartani a piaci versenyben és kellően rugalmasnak kell lenni ahhoz, hogy ki tudjuk szolgálni a megrendelőket. A fejlesztés az egyetlen lehetőség, ami kiváltja a kézi munkaerőt egy gyors, dinamikus és flexibilis eljárásra. A kézzel hegesztett termékeknél magas a gyártási idő és a varratok külalakja sem reprodukálható 100 %-ban. Ahhoz, hogy az összes igény egyszerre teljesüljön, nagyot kell lépni.

Sok esetben a robotos, automatizált hegesztés jelenti a legnagyobb ugrást a kézi hegesztéshez képest. Az automatizált hegesztés bevezetéséhez különböző peremfeltételeket kell biztosítanunk, mint például a jó munkadarab konstrukció, kedvező varratgeometriák és hegesztési pozíciók, átgondolt robot elrendezési terv és kivitelezés, jól képzett robotkezelők, programozók, munkavédelem. Ez a fejlesztési irány jelenti a jövőbeli versenyképesség alapját, a gyors vevői kiszolgálást, az átfutási és a gyártási idő minimalizálását. Az automatizálással járó előnyökkel, új technológiákkal tudunk lépést tartani a megnövekedett vevői igényekkel.

## **Preconditions of automated welding**

The increasing market competition and customer demands play an important role in all areas of manufacturing. After signing the order the customers would like to receive the product, or system and use it, start the production immediately. To keep step in the competition we need to be sufficiently flexible to be able to serve our customers. Development is the only option that replaces manual manpower for a fast, dynamic and flexible process. Hand-welded products have a high production time and the appearance of the seams is not 100 % reproducible. To meet all requirements great progress needs to be made.

In many cases, robotization, automated welding shows the biggest jump compared to manual welding. The introduction of automated welding must ensure various preliminary conditions, such as good workpiece construction, favourable seam geometries and welding positions, reasonable robot design and layout, well-trained robot operators, programmers, labour safety. This innovation guideline is the base for future competitiveness, fast customer service, and minimizing lead times and production times. With the benefits of automation and new technologies, we can keep up with the increased customer expectations.

## **Korszerű nagyszilárdságú acélok hegesztett és egyengetett kötéseinek mechanikai tulajdonságai**

**Lama Mkanna, Dr. Palotás Béla**

A hegesztett kötések készítésének velejárója a deformáció, amelyet sok esetben egyengetéssel csökkenteni kell. Az egyengetés egyik lehetősége a termikus egyengetés. Kevés ismeretünk van arról, hogy a nagyszilárdságú acélok tulajdonságai hogyan változnak termikus egyengetés után.

Az előadás bemutatja 3 különböző szilárdságú acél (690-960-1100 MPa folyáshatárú acél) esetében azt, hogy a hegesztett állapotban mért mechanikai tulajdonságok hogyan változnak termikus egyengetés hatására. Tekintettel arra, hogy a kötéseknel szemcsedurvulást tapasztaltunk, feltételezhető volt, hogy a mechanikai tulajdonság változnak, a szilárdság csökken és az alakváltozó képesség is romlik.

### **Mechanical properties of welded and straitened joints produced from Advanced High Strength Steels**

The deformation of welded joints is natural, which in many cases must be reduced by straightening. One option for straightening is the thermal one. Unfortunately, there is not enough knowledge about how the properties of high-strength steels change after thermal straightening.

The presentation shows how the mechanical properties measured in the welded state change with thermal straightening for 3 different steels (690-960-1100 MPa yield strength steel). In view of the fact that the joints exhibited grain coursing, it was assumed that the mechanical properties would change, the strength would decrease, and the deformability would also reduce.

## **Mit és hogyan tanulhatunk a csőtávvezetékek körvarratainak káreseteiből?**

**Dr. Lukács János, Chován Péter, Koncsik Zsuzsanna, Dr. Török Imre**

A csővezetékek, így a szénhidrogén-szállító csőtávvezetékek elemei is körvarratokkal kapcsolódnak egymáshoz. Ezeknek a körvarratoknak a jelentős hányada terepi körülmények között készül, a meghatározó hegesztéstechnológia a bevont elektródás kézi ívhegesztés. A vezeték építések kezdeti időszakában, világszerte, 25 éves élettartamban gondolkodtak a tervezők és az üzemeltetők, amely a későbbiekben, az üzemeltetői tapasztalatok birtokában, a vezeték különböző vizsgálatokkal bizonyított kedvező állapota ismeretében, valamint a működtetési és a gazdasági kényszerek miatt folyamatosan hosszabbodott. Ezek mellett fontos szerepe volt ebben a csőtávvezeték elemek, különösen a csövek, anyagminőség, gyártás- és korrózióvédelmi technológiai fejlesztéseinek, illetve a kivitelezési, majd az üzemeltetés közbeni vizsgálati technológiák fejlődéseinek is. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy az üzemelő vezeték körvarratai több műszaki kultúra sajátosságait hordozzák, egységes megítélésük ellentmondásos, hiszen ma már nem ritkák az eredeti tervnél kétszer, de akár háromszor hosszabb ideje üzemelő vezeték sem.

A nagyléptékű műszaki fejlődés ellenére, világszerte rendszeresen a körvarratok okozta meghibásodások, haváriák, amelyek jelentős károkkal járnak, emiatt pedig tevékenységeik újra- és átgondolásra készítetik a kivitelezőket, az üzemeltetőket, valamint a szabályokat előírókat egyaránt.

Az előadásban káreset statisztikákat mutatunk be a szénhidrogén-szállító csőtávvezetékek területéről, kitérve abban a körvarratok helyére és szerepére. Külföldi és hazai káresetek elemzése, közös és specifikus vonásaik megfogalmazása után bemutatjuk azokat az irányokat, amelyek a körvarratokban bekövetkező káresetek megelőzését szolgálhatják. A különböző lehetőségeket külön tárgyaljuk a már működő, illetve a kivitelezés alatt álló, még nem üzemelő vezeték esetekre. Kitérünk a kivitelezés (körvarrat hegesztés) – gyártmánykivétel vagy törésmechanikai alapú – átvételi kritériumaira, a működő vezeték roncsolásmentes vizsgálati lehetőségeire, különös tekintettel az intelligens görényes vizsgálatokra, a feltárások kínálta adatgyűjtés fontosságára és a körvarratokat tartalmazó kísérleti csőszakaszokon végzett ismétlődő igénybevitelű, valamint repesztő vizsgálatok során szerzett tapasztalatainkra. Bemutatjuk, hogy a komplex gondolkodás és az élenjáró műszaki megoldások alkalmazása együttesen növelheti csak a csővezetékek üzemeltetési biztonságát.

## **What and how can we learn from the girth welds damages of transporting pipelines?**

Pipelines, also the elements of hydrocarbon transporting pipelines are joined with girth welds. Considerable proportion of these girth welds is created under field circumstances; the main welding process is a manual metal arc welding. At the initial stage of pipeline constructions, worldwide, the designers and operators planned a 25 years lifetime, which later, due to operators experiences, knowing the acceptable condition of pipelines proven by different investigations, furthermore due to operational and economic impact get continuously increased. Beside these there was an important role on development of materials grade, production and corrosion protection technologies of the elements of pipelines, and furthermore, on development of investigation technologies during construction and later during operation. It also means that the girth welds of operating pipelines reflect the specialities of different

technological culture, their uniform assessment is contradictory, as for today the operation of pipelines for twice or three times longer time as it was planned, is not a rare phenomenon.

Despite of huge technical development, damages with significant losses, caused by girth welds are worldwide common, therefore the constructors, operators and rule prescribers are led to reconsider their activities.

In this paper damage statistics are introduced from the area of hydrocarbon transporting pipelines, focusing on the position and role of girth welds. Following the analyses of international and domestic damages, concluding their equivalent and specific properties, the tendencies are shown, which can result as prevention of damages in girth welds. The different possibilities are shown separated for pipelines which are already operating, and which are under construction, still not operating. In this presentation the discussed topics are as follows: the acceptance criteria for construction, based on workmanship and fracture mechanics

(welding of girth welds), the possibilities of non-destructive testing of operating pipelines, especially the intelligent pigging investigations, the importance of data collection at excavation, and our knowledge from full-scale tests of pipeline sections loaded with cyclic load and burst test. It is pointed out, that complex consideration and the application of high

tech technical solutions can only together improve the operation safety of pipelines.

# **A FAJLAGOS TÖRÉSMUNKA ÉS A BEMETSZÉS KINYÍLÁS VIZSGÁLATA S960QL ACÉL ELŐMELEGÍTÉS NÉLKÜL ÉS 150°C-OS ELŐMELEGÍTÉSI HŐMÉRSÉKLETEN HEGESZTETT KÖTÉSEIN**

## **EXAMINATION OF ABSORBED SPECIFIC FRACTURE ENERGY AND NOTCH OPENING DISPLACEMENT ON S960QL STEEL WELDED JOINTS WITHOUT PREHEATING AND WITH 150°C PREHEATING TEMPERATURE**

### **Sas Illés**

Elektro-MontőrING Kft.  
5100 Jászberény Monostori út 22.  
sas@elektromontoring.hu

### **Lukács János**

Anyagszerkezet-tani és Anyagtechnológiai Intézet,  
Miskolci Egyetem  
3515 Miskolc-Egyetemváros  
janos.lukacs@uni-miskolc.hu

*A nagyszilárdságú acélok hegesztéstechnológiájának egyik fontos paramétere az előmelegítési hőmérséklet. Az előmelegítés jelentős befolyással van a nagyszilárdságú acélok hegesztett kötéseinek mechanikai tulajdonságaira, valamint kedvező hatással van a hidegrepedés elkerülésére és a hegesztést követő maradó feszültségekre. A kísérletek során S960QL anyagminőségű nagyszilárdságú acélok előmelegítés nélkül és 150°C-os előmelegítési hőmérsékleten hegesztett kötések bemetszés kinyílását (NOD) és a fajlagos törési munka ( $W_c$ ) értékét hasonlítottuk össze.*

*Preheating temperature is one of important parameters of welding technology of high strength steels. Preheating has a significant influence on the mechanical properties of high strength steel welding joints, for an avoidance of cold cracking and for the residual stress field of the welded joint. During our experiments, S960QL high strength steel welded joints without preheating and with 150°C preheating temperature were compared using notch opening displacement (NOD) and absorbed specific fracture energy ( $W_c$ ) values.*

## **Az ultrahangos és az ellenállás ponthegeztés összeh**

**HEGESZTETT SZERKEZETEK MÉRÉSI LEHETŐSÉGEI  
FARO VANTAGE<sup>E</sup> LASER TRACKER ÉS FARO FOCUS S70 LASER SCANNER  
MÉRŐRENDSZEREKKEL**

**MEASUREMENT POSSIBILITIES OF WELDED STRUCTURES WITH FARO  
VANTAGE<sup>E</sup> LASER TRACKER AND FARO FOCUS S70 LASER SCANNER**

**Sas Illés**

Elektro-MontőrING Kft.

5100 Jászberény Monostori út 22.

sas@elektromontoring.hu

**Gábrriel Miklós**

SIDEX Trade Kft.

1224 Budapest Dózsa György út 105

faro3@sidex.hu

*Hegesztett acélszerkezetek mérése és ellenőrzése során a hagyományos mérési módszerek alkalmazása esetén számos problémával szembesülünk. A modern mérőrendszerek alkalmazása -akár érintéses akár érintésmentes mérési elveken alapulnak – azonban olyan lehetőséget adnak a mérés és ellenőrzés területén, mellyel a gyártás hatékonysága jelentősen javítható. Az egyik lehetőség, hogy teljes képet kaphatunk a hegesztés előtti és utáni állapot összehasonlításával a hegesztési deformációk mértékéről, melynek segítségével a hegesztési sorrend és annak hatása komplex szerkezeteken is vizsgálható.*

*We must deal with many problems during measuring and controlling of welded structures with conventional measuring methods. However, usage of modern measurement systems – based on either contact or non-contact measuring methods - give us great opportunities in the measuring and controlling processes, so the efficiency of the production could be significantly improved. One of these opportunities is getting a complete picture of the steel structures' deformations before and after the welding because with this information the welding order and its influence in complex welded structures can be analysed.*

## **Schramkó Márton, Dr. Kovács Tünde Anna**

Vékony lemezek hegesztésére, fémes kötés létrehozására számos eljárás alkalmas. Az autóiiparban, széles körben az ellenállás ponthegeesztést alkalmazzák annak ellenére, hogy a megfelelő kötések elérése érdekében körültekintően kell beállítani a paramétereket. Ezzel szemben előnyös, hogy az ellenállás ponthegeesztés jól automatizálható, robotokkal kiszolgálható. Az ultrahangos hegesztés még rövid múltra tekint vissza, alkalmazása általában a könnyű és színesfémek hegesztésében terjedt el, elektronikai alkatrészek fémes kötéseinek létrehozására. Az ultrahangos hegesztés automatizálása még nem terjedt el az ipari gyakorlatban, bár az ellenállás ponthegeesztésnél tapasztalt módon megvalósítható.

### **Comparison of the ultrasonic and the resistance spot welding**

Many welding processes are suitable for joining thin sheets and creating metallic joints. In the automotive industry, resistance spot welding is widely used despite the need to carefully set parameters to achieve proper joints. Even, it is advantageous that the resistance spot welding can be well automated and serviced by robots. Ultrasonic welding still has a short history, and its use has generally spread in the welding of light and non-ferrous metals to create metallic joints in electronic components. Automation of ultrasonic welding is not yet widespread in industrial practice, although possible like in the case of the resistance spot welding.



## **Egy hegesztett kötés maradó feszültségének üzemi feszültségre gyakorolt hatásának a meghatározása numerikus szimuláció segítségével**

**Spisák Bernadett, Bézi Zoltán, Szávai Szabolcs**

A hegesztés velejáróra a maradó feszültségek jelenléte, amely heterogén hegesztett kötések esetében még utóhőkezeléssel sem szüntethetők meg teljesen, ezáltal a bekövetkező hegesztési hibák vizsgálatokor figyelembe veendőek. Ebben a cikkben egy heterogén hegesztett kötés 2D szimulációs eredményeit mutatjuk be, ahol hőmérséklet és fázisfüggő anyagparaméterek kerültek beépítésre. Az eredmények felhasználhatók az adott komponens valós terhelési körülményeinek a meghatározására

### **Numerical simulation to determine the effect of welding residual stress on operating stress of a weld joint**

In the chemical industries for the joining of components in many cases welding is used. Welding is accompanied by the presence of weld residual stresses, which in case of dissimilar metal welds even with postweld heat treatment can not be removed therefore will affect the operational loads and should be taken into account when assessing possible welding defects. The measurement of the residual stress of a metal welding is a very complicated however with the modelling of these processes the residual stresses and the deformation of the components due to this manufacturing method can be determined. It is important to calculate these values as accurately as possible to specify the maximal load capacity of the structure. In this paper the results of 2D simulations of a dissimilar metal weld is introduced. In a DMW two metallic material with different properties are connected, therefore for example the unequal thermal expansion coefficient can cause high stresses in the components during operation. In the numerical analysis various loading scenarios are taken into consideration. In the first case the arising stresses are determined only from the operational loads which can be separated into mechanical and thermal loadings, then beside the operational conditions the welding residual stresses are also calculated where convection radiation boundary conditions combined with the Goldak's double ellipsoid method were used. Numerous times after finishing the welding heat treatment is also applied therefore in the third case the simulation of creep due to the heat treatment is also included with the usage of subroutine. To make the simulations as similar as possible to the real manufacturing process temperature and phase dependent material properties were implemented. The numerical analysis was made in the commercial finite element code MSC.Marc. The results can be used to determine the real load conditions of the given component.

## **Különleges ötvözetek ipari alkalmazása. Hegesztési sajátosságaik, valamint ezek szabványi háttere**

**Székely Ferenc**

Az előadás az ipar speciális területén, a vegyiparban, nyomástartó berendezések gyártásához (nyomástartó berendezések, csővezetékek) használatos néhány, különleges, nem vas-alapú ötvözetek (pl.: Ni és Co bázisú) alapvető tulajdonságait, valamint hegesztési sajátosságait foglalja össze. Valamint kitér ezen anyagok hegesztéstechnológiájához kapcsolódó szabványokra a nyomástartó berendezések jogilag szabályozott területén.

## **Globalizáció, digitalizáció, roncsolásmentes értékelés**

**Dr. Trampus Péter**

Az előadás a világban zajló radikális és folyamatos változások, úgymint a globalizáció, a digitalizáció és a technológiai forradalom hatását mutatja be a hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálatára/értékelésére terén lezajló változásokra. Érinti a következő területeket és gyakorlati példákat mutat be rájuk: vizsgálatok specializációja, roncsolásmentes technikák / eljárások integrációja, vizsgálati érzékenység növekedése, modellezés és szimuláció, 3D vizualizáció, gépi mély tanulás. Az előadás bemutatja továbbá a vizsgálati filozófia jelentős megváltozását., tárgyalja a vizsgálat megbízhatóság elemeit, a mikro- és nanotechnológia, valamint az informatika fejlődésének hatását, a roncsolásmentes vizsgálatok robotizálását, valamint a roncsolásmentes vizsgálatnak az Ipar 4.0 koncepcióhoz való igazodását. Végül az előadás kitér a vizsgálati eredményt befolyásoló humán szempontokra is.

## **Globalization, digitalization, non-destructive evaluation**

The presentation describes the impact of the radical and continuous changes world-wide such as globalization, digitalization, technology revolution on the changes in the field of non destructive testing (NDT) / non-destructive evaluation (NDE) of welded joints. The presentation covers the following areas and gives practical examples for that: specialization of NDT, integration of NDT techniques / procedures, increase of NDT sensitivity, NDT modelling and simulation, 3D visualization, deep machine learning. Besides this, the presentation deals with the changes in the testing philosophy, the elements of NDT reliability, the influence of the development in micro- and nanotechnology as well as in informatics, the robotization in NDT field, and the positioning of NDT to the Industry 4.0 concept. Finally, the presentation touches on the human aspects affecting the NDT results.

# Tartalom

BIZOTTSÁGOK.....	2
TÁMOGATÓK.....	3
KÖSZÖNTŐ.....	4
PROGRAM.....	5
TARTALMI KIVONATOK.....	9
Additív gyártástechnológiák orvostechnikai alkalmazhatósága.....	9
Asztalos Lilla.....	9
Hegesztőrobotok alkalmazási határainak kibővítése korszerű módszerekkel.....	11
Barabás Péter, Dr. Farkas Attila, Kérdy Áron, Uzonyi Sándor (Flexman Robotics Kft.).....	11
Hegesztő kobotok és hagyományos hegesztő robotcellák üzembe helyezésének jogi és biztonsági előfeltételei, valamint üzemeltetésére vonatkozó biztonsági előírások.....	12
Berencsi Bence.....	12
Hegesztők minősítése ma és a jövőben.....	13
Bicsak Péter.....	13
Termomechanikusan hengerelt nagyszilárdságú acélok ellenállás-ponthegesztett kötéseinek tönkremenetele nyíró-szakító és keresztirányú szakító terhelések hatására.....	14
Borhy István.....	14
Lyukkorrózió lézersugarason hegesztett korrózióálló acéloknál.....	15
Dr. Fábíán Enikő Réka.....	15
A roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatóságának mérése és fejlesztése.....	16
Fücsök Ferenc (MAROVISZ).....	16
Összehasonlító elemzés az elektronsugaras és a huzalelektrodás védőgázos hegesztés alkalmazásáról nemesített nagyszilárdságú acéloknál.....	18
Dr. Gáspár Marcell, Sisodia Raghawendra P. S., Timcsák István.....	18
A gyakran használt lángtechnológiák hőciklusai és hatásuk a hegesztett szerkezetek acéljaira.....	19
Gyura László, Dr. Gáspár Marcell, Dr. Balogh András.....	19
A Fém Additív Gyártás aktuális helyzete, újdonságok és fejlesztési trendek.....	20
Halász Gábor – Messer Hungarogáz Kft.....	20
Különböző hozaganyagok hatása a kristályosodási repedési érzékenységre, alumínium hegesztésekor.....	21
Hirt Péter, Dr. Varbai Balázs*, Katula Levente, Dr. Májlinger Kornél.....	21
Quality evaluation of similar Ni, Inconel and dissimilar Ni-Ti joints by Electron Beam Welding ..	23
Erika Hodulova, Ingrid Kovarikova, Beata Simekova, Miroslav Sahul.....	23
Hegesztett szerkezetek tervezésének kutatása a Miskolci Egyetemen.....	24
	44

Dr. Jármái Károly, Erdős Antal, Petrik Máté, Nagy Szilárd, Hazim Nasir Ghafil.....	24
Védőgáz mennyiség hatása a lézersugaras hegesztett fűrókoronák varratainak minőségére .....	25
Kenéz Attila Zsolt, Bagyinszki Gyula CSc, Ph.D.....	25
Nagyszilárdságú acélok fizikai szimulációval előállított hőhatásövezeteinek törésmechanikai vizsgálatai.....	26
Koncsik Zsuzsanna, Dr. Lukács János, Nagy Gyula.....	26
Hogyan teljesíthetők a minőségi követelmények a hegesztésben?.....	28
Kovács Csaba, Nagy Ferenc, Petényi Imre .....	28
Korrózióálló acélok szövetszerkezetében végbemenő változások a lézersugaras hegesztési paraméterek függvényében.....	29
Kovács Ferenc <sup>1</sup> , Fábián Enikő Réka <sup>2</sup> .....	29
A csővégek geometriai eltéréseinek és a körvarratok elkészíthetőségének kapcsolata terepi körülmények között történő hegesztéskor .....	30
Kovács Judit, Dr. Lukács János.....	30
Nagyméretű, hegesztett álló hengeres tartályok időszakos vizsgálatának problémái .....	31
Kurucz né Prescher Viktória .....	31
Nukleáris kutatóreaktorokhoz gyártott berendezések minőségbiztosítása, hegesztése, korszerű gyártásközi anyagvizsgálati eljárások alkalmazásával .....	32
Dr. Ladányi Péter, Dr. Grósz Tamás, Grósz Gábor.....	32
Automatizált hegesztés peremfeltételei.....	34
Lakos Szabina.....	34
Korszerű nagyszilárdságú acélok hegesztett és egyengetett kötéseinek mechanikai tulajdonságai ..	35
Lama Mkanna, Dr. Palotás Béla.....	35
Mit és hogyan tanulhatunk a csőtávvezetékek körvarratainak káreseteiből? .....	36
Dr. Lukács János, Chován Péter, Koncsik Zsuzsanna, Dr. Török Imre .....	36
A FAJLAGOS TÖRÉSMUNKA ÉS A BEMETSZÉS KINYÍLÁS VIZSGÁLATA S960QL ACÉL ELŐMELEGÍTÉS NÉLKÜL ÉS 150°C-OS ELŐMELEGÍTÉSI HŐMÉRSÉKLETEN HEGESZTETT KÖTÉSEIN .....	38
EXAMINATION OF ABSORBED SPECIFIC FRACTURE ENERGY AND NOTCH OPENING DISPLACEMENT ON S960QL STEEL WELDED JOINTS WITHOUT PREHEATING AND WITH 150°C PREHEATING TEMPERATURE .....	38
Sas Illés .....	38
Lukács János.....	38
Az ultrahangos és az ellenállás ponthegesztés összeh.....	38
HEGESZTETT SZERKEZETEK MÉRÉSI LEHETŐSÉGEI FARO VANTAGE <sup>E</sup> LASER TRACKER ÉS FARO FOCUS S70 LASER SCANNER MÉRŐRENDSZEREKKEL.....	39

MEASUREMENT POSSIBILITIES OF WELDED STRUCTURES WITH FARO VANTAGE <sup>E</sup> LASER TRACKER AND FARO FOCUS S70 LASER SCANNER .....	39
Sas Illés .....	39
Gábrriel Miklós.....	39
Schramkó Márton, Dr. Kovács Tünde Anna .....	40
Egy hegesztett kötés maradó feszültségének üzemi feszültségre gyakorolt hatásának a meghatározása numerikus szimuláció segítségével .....	41
Spisák Bernadett, Bézi Zoltán, Szávai Szabolcs .....	41
Különleges ötvözetek ipari alkalmazása. Hegesztési sajátosságaik, valamint ezek szabványi háttere .....	42
Székely Ferenc .....	42
Globalizáció, digitalizáció, roncsolásmentes értékelés .....	43
Dr. Trampus Péter .....	43