

# A MISKOLCI EGYETEM MECHANIKAI TECHNOLÓGIAI TANSZÉK HEGESZTŐ SZAKCSOPORTJÁNAK KUTATÁSI TEVÉKENYSÉGE A 2001–2010 KÖZÖTTI IDŐSZAKBAN

*Dr. Balogh András<sup>1</sup>, Dr. Béres Lajos<sup>2</sup>, Juhász Krisztina<sup>3</sup>, Juhász Dániel<sup>4</sup>,  
Dr. Komócsin Mihály<sup>5</sup>, Meilinger Ákos<sup>6</sup>, Dr. Török Imre<sup>7</sup>*

## 1. BEVEZETÉS

A szakcsoport szakmai és tudományos tevékenységének célja az, hogy egyetemi kutatóhelyi jellegéből eredően alapvetően a hegesztés tudományterületének a lehető legteljesebb lefedése, ugyanakkor egy-egy szűkebb szakterületen olyan mélységű tudományos munka végzése, amely lehetővé teszi, hogy a Szakcsoport a korábbi években kivívott hazai és nemzetközi elismertségét megőrizze, ill. tovább erősítse.

A kutatási fejlesztési munkák kapcsán kiemelés érdemel, hogy a szakcsoport tagjai elsősorban ipari megbízásokhoz kapcsolódóan igyekeznek mások által kevésbé művelt területekkel is foglalkozni.

A Szakcsoport széleskörű szakmai, tudományos tevékenységéből, a teljességre való törekvés nélkül kiemelünk néhány kutatási területet, ahol az elért eredményeink könyvek, könyvrészletek, szakkikkek, PhD értekezések, diplomatervek, szakdolgozat TDK dolgozatok formájában rendelkezésre állnak.

## 2. A HEGESZTÉSI FOLYAMATOK MODELLEZÉSE

A hegesztési terület művelői tudományos kutatómunkájukban a gyakorlati megfigyelési, a kísérleti és a modellezési módszerekre hagyatkozhatnak. A tanszéken folyó hegesztési kutatások során mi is e hármas egység minél előnyösebb kombinációjára törekszünk.

A szakcsoport tagjainak ipari kapcsolatai és a gyakorlati feladatokban való tevékeny részvétele teszi lehetővé az empirikus tapasztalatok érvényesülését. A nélkülözhetetlen kísérleti tevékenység terén az utóbbi évek nemzetközi törekvéséhez kapcsolódva a költséges kísérleti munka mennyiségi korlátozására, eredményességének javítására és jó előkészítésére törekszünk. Ennek érde-

kében számos esetben hatékonyságnövelő kísérleti (kísérlettervezési és statisztikai kiértékelési) módszereket alkalmazunk, matematikai optimalizálást és számítógépes modellezést végzünk [1, 2, 3].

Az elmúlt évek számítástechnikai beszerzései megteremtették a felsorolt technikák alkalmazásának hardware és software hátterét. A kidolgozott módszereket a különböző szintű oktatási tevékenységünkbe is beépítjük [4, 5].

## 3. JAVÍTÓ- ÉS FELRAKÓ HEGESZTÉS

Tanszékünk az elmúlt hat évtized során – hazai és nemzetközi viszonylatban egyaránt - meghatározó jelentőségű és iskolateremtő kutatóhelye lett a javító- és felrakó hegesztés szakterületének, amely területeken elért eredmények folyamatosan beépültek egyrészt az oktatás tananyagába, másrészt kidolgozott javító- és felrakó hegesztési technológiák révén az ipari gyakorlatba. Mind a felrakó-, mind pedig a kötőhegesztés területén gyakran alkalmaznak ausztenites szövetszerkezetű varratokat, különböző összetételű acélokon. A megvalósult kötés szövetszerkezete azonban gyakran eltér a Schaeffler féle diagram alapján előre becsülhetőtől. A kutatások során tisztáztuk a varratok tisztán ausztenites kristályosodásának feltételét a különböző acélok hegesztésekor és az eredmények alapján került sor a Schaeffler-diagram pontosítására.

A kutatásokból levont tapasztalatok alapján föltártuk az ötvözőelemeknek az Ms hőmérsékletre gyakorolt hatását és erre alapozva kidolgoztunk egy olyan általános érvényű összefüggést, amelynek felhasználásával az acélok Ms hőmérséklete a gyakorlat számára megfelelő pontossággal számítható. Az összefüggés ismeretében meghatározható az erősen ötvözött melegszilárd acélok martenzites hegesztésekor fellépő és eddig véletlenszerűnek tartott repedésérzékenységének oka és elhárításának lehetősége [6, 7, 8, 9].

## 4. ÍVHEGESZTŐ ELJÁRÁSOK ANYAG- ÁTVITELI FOLYAMATAINAK KUTATÁSA

A hegesztő eljárások körében az ömlesztő hegesztő eljárások aránya domináns, ezen belül is a fogyóelektró-

<sup>1</sup> egyetemi docens, balogh.andras@uni-miskolc.hu

<sup>2</sup> egyetemi docens, beres.lajos@uni-miskolc.hu

<sup>3</sup> mérnöktanár; hallg.krisztina@uni-miskolc.hu

<sup>4</sup> PhD hallgató, juhasz.daniel@uni-miskolc.hu

<sup>5</sup> egyetemi docens, metkm@uni-miskolc.hu

<sup>6</sup> mérnöktanár, metakos@uni-miskolc.hu

<sup>7</sup> egyetemi docens, szakcsoportvezető, metti@uni-miskolc.hu

<sup>1-7</sup> Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, www.met.uni-miskolc.hu

dás ívhegesztések meghatározóak. Ebből kiindulva, elemeztük az egyes eljárásokat, keresve azt a közös elemet, amelynek ismeretében és felhasználásával az eljárások fajlagos teljesítménye úgy növelhető, hogy a hegesztett kötések minősége ne romoljon, ellenkezőleg, ha lehetséges javuljon. Az elemzések azt mutatták, hogy számottevő eredmény érhető el az áram-átjárta huzalszakasz célszerű megváltoztatásával, a bevont elektródás ívhegesztés esetében annak csökkentésével, a fogyóelektródás ívhegesztések esetében a huzalszakasz növelésével. A magyar ipar igényeire tekintettel, részletesebben a CO<sub>2</sub> és az Ar+CO<sub>2</sub> védőgázás fogyóelektródás ívhegesztést vizsgáltuk.

Ennek kapcsán vizsgálatokat végeztünk a hegesztés adatainak a fröcskölés mértékére gyakorolt befolyásának megállapítására, porbeles elektródahuzalos, tömör huzalos, a hagyományos és impulzus-íves kevertgázás fogyóelektródás ívhegesztéskor. A leolvadás, a fröcskölés, a beolvadási profil vizsgálata igényelte az anyagátviteli folyamat alaposabb tanulmányozását. A különböző anyagátviteli módok elemzése után nagy zársebességű videokamerával több, mint száz különböző kísérleti beállítás mellett felvételeket készítettünk a leolvadási és az anyagátviteli folyamat tanulmányozásához, kevert védőgázás fogyóelektródás ívhegesztésnél. A kialakított újszerű vizsgálattechnika révén gyorsan és kis költséggel lehet az anyagátvitelt vizuálisan is tanulmányozni. A munka során olyan felvételekhez jutottunk, amelyek segítenek megérteni a hozaganyag leolvadásakor, az íven való áthaladásakor és a fürdőbe jutásakor végbemenő folyamatokat. Doktori kutatómunka keretében került sor a vizsgálatok eredményeinek feldolgozására és összefoglalására. Az anyagátvitel tanulmányozása kiterjedt az impulzus ívű, valamint a forgóívű védőgázás fogyóelektródás ívhegesztésre is [10].

Az anyagátviteli folyamatok kutatása keretében folytak és folynak kutatások alumínium és ötvözeti hegesztésével kapcsolatosan. Ennek kapcsán AWI, VFI és impulzus VFI eljárással készített kötések tulajdonságainak összehasonlító vizsgálatára került sor, meghatároztuk az előzőekben felsorolt eljárásoknál a hegesztett kötések jellemzően előforduló hibáit, elemeztük a hibák okait, elhárításuk lehetőségeit. Kísérleti eredményekre és irodalmi adatokra támaszkodva modulokból felépülő számítógépes programokat dolgoztunk ki alumínium és ötvözeti hegesztési technológiájának tervezéséhez [11, 12].

## 5. A SZAKASZOS ENERGIA-BEVITELLEL VÉGZETT HEGESZTÉS KUTATÁSA

A hegesztőgépek erősáramú egységének (áramforrásának) és különösen vezérlésének rohamos fejlődése lehetőséget biztosít a szabályozott energia bevitel hegesztési célú alkalmazására. Szabályozott energia bevitellel a hegesztő eljárások hőfolyamatai nagy pontossággal a

kívánt irányba befolyásolhatók, fogyóelektródás hegesztéseknél pl. lehetővé válik a kis hőáram - finomcsappes anyagátvitel kombinációjának alkalmazása. Olyan hegesztéseknél, ahol az anyagátmenetnek nincs kitüntetett szerepe, vagy egyáltalán nincs hozaganyag, a varrat hossz tengelyére vagy pontkötések középpontjára vonatkoztatott hőmérséklet gradiensek csökkentése érhető el. Közismertek ezen a területen az impulzuslézerekben rejlő lehetőségek, amelyek a szokásos mm-es lemezvastagságoktól a nanométeres tartományig bővítik az alkalmazási területet. Néhány ívhegesztési eset vizsgálatán túlmenően az ezredfordulót követően a figyelmet elsősorban a finomlemezek ellenálláspont- és dudorhegesztésére koncentráltuk.

Az ellenállás-ponthegesztés teljesíti mindazon mérnöki, gazdaságossági, esztétikai, minőségi, környezetvédelmi és automatizálhatósági szempontokat, amelyek a mai, korszerű tömeggyártáshoz elengedhetetlenek. Az eljárás kompetitív előnyei következtében várhatóan még több évtizedig nélkülözhetetlen lesz a személy- és teherautó, a repülőgép, a vasúti személyvagon és a háztartási tömegcikk gyártásánál.

A korszerű tömegtermelés automatákból, robotokból és célgépekből álló gyártóberendezéseket igényel, a termelékenység növelése pedig az átfutási idők minimalizálását kívánja meg. A gyártás során egyre gyorsabb mozgást végző gépek a tömegcsökkentés fontosságát szem előtt tartva kedvező szilárdság/tömeg viszonyal rendelkező, nagyszilárdságú szerkezeti anyagok és szerkezeti megoldások alkalmazását igénylik.

Jelen kutatási periódusban a figyelmet a következő résztémákra koncentráljuk.

- Az energetikai paraméterek (áramerősség, feszültség), a mechanikai paraméter (elektróderő) és az (elektródhoz kötött) geometriai paraméter változásának feltérképezése korszerű vezérlővel ellátott, programozható ellenállás-hegesztőgépen [13, 14, 15].
- Módszer kidolgozása a welding lobe felvételéhez, az elektródkopás és egyéb tényezők okozta tartománystabilitási problémák feltárásához és tanulmányozásához [16, 17, 18, 19].
- A munkatartományon belüli optimális beállítás megtalálása és stabilitás-vizsgálata szakaszos energia bevitellel végzett hegesztéseknél. A több szempontú optimalizálás tegye lehetővé több, egymástól akár jellemben is különböző elvárás figyelembevételét, különös tekintettel a nehezen hegeszthető modern szerkezeti anyagok (fémötvözetek és fémmátrixú kompozitok) hegesztésére [20, 21, 22].
- A hegesztési folyamat végeselemes analízise, az energifolyamat optimumának megkeresése és az eredmények kísérleti ellenőrzése. A szakaszos hőbevitellel ellenállás-ponthegesztési folyamat kapcsolt termikus-mechanikus-elektromos modellezése, a szimuláció révén kapott és a kísérletekből származó eredmények összevetése, elemzése [23, 24].

## 6. TECHNOLÓGIAI FOLYAMATOK OPTIMALIZÁLÁSA

A sokváltozós technológiai (köztük a hegesztési) folyamatok tervezésének legkedvezőbb módja a folyamat optimalizálását kívánja meg. Az optimalizálás nehézsége egyrészt abból fakad, hogy ezek az optimumok a legritkább esetben vezethetők vissza egy matematikai függvény szélsőértékének meghatározására, mivel a globális szélsőértékek (maximumok vagy minimumok), ha léteznek is, ritkán esnek a folyamatparaméterek beállítási tartományába. A másik nehézség, hogy a folyamatparaméterek nem matematikai, hanem sokkal inkább valószínűségi változóként viselkednek, amelyek fix értékre való beállítása többnyire megoldhatatlan.

A technológiai folyamatok optimalizálásának jellegzetessége, hogy a kívánt cél egy jellemzővel általában nem írható le, ezért ún. összetett célfüggvények kidolgozására van szükség. Az összetett célfüggvények a célváltozókon kívül különféle konstansokat (együtthatókat, kitevőket, stb.) tartalmaznak, vagyis komplex igények kifejezésére jól alkalmazhatók.

A több szempontú optimalizálás lehetővé teszi a mérnöki, minőségi, élettartamra vonatkozó és a gyártási költségeket is figyelembe vevő szempontok együttes érvényesítését és az adott szempontrendszernek legjobban eleget tevő technológiai változat kiválasztását.

A sajtólóhegesztések közé tartozó szilárd-fázisú hegesztés kutatásának, ezen belül az ellenállás ponthegesztés és a dörzshegesztés kutatásnak több évtizedes múltja van a tanszéken, amelyek elméleti és alkalmazott technológiai célzatúak. A kutatási tevékenység során először minden esetben a hegesztési technológia matematikai hátterű optimalizálásával, az adott esetben elérhető legkedvezőbb tulajdonságú kötések elkészítését célozzuk meg. Az optimalizálást egy vagy több szempontú célfüggvénnyel végezzük [24, 25].

Az utóbbi években diplomatervek és PhD értekezés készítése kapcsán kutató/fejlesztő tevékenység folyik a kis hőbevitelű (Cold Metal Transfer) – CMT eljárás változat alkalmazási körének tisztázására a hőre fokozottan érzékeny anyagok (pl. ferrites korrózióálló acélok) esetén.

A hazánkban alkalmazott korszerű hegesztés technológiák felhasználásával hegesztési kísérleteket végeztünk a kötéstulajdonságokat befolyásoló tényezők elemzésére alumínium és ötvözetek hegesztésekor. Vizsgáltuk a hegesztett kötések tulajdonságait, repedéssel rendelkező szerkezeti elemek ismétlődő igénybevétellel szembeni viselkedését. Számos alapanyag és hegesztési technológia felhasználásával készült hegesztett kötések összehasonlító vizsgálatokat végeztünk az ismétlődő igénybevétel hatásának elemzésére továbbá a repedéskeletkezési, illetve terjedési körülményeinek leírására [26, 27].

## 7. NAGYSZILÁRDSÁGÚ ACÉLOK HEGESZTHETŐSÉGÉNEK KUTATÁSA

Napjainkban egyre több hegesztett szerkezetet gyártanak korszerű, nagy szilárdságú, kis karbon tartalmú acélból. A nemesített és/vagy termo-mechanikusan kezelt acélok hegesztése több vonatkozásban eltér a hagyományos, ferrit-perlites ötvözetlen, vagy csak csekély mértékben ötvözött acélokétól. Mindaddig, amíg kellő felhasználói tapasztalat nem gyűlik össze, fejlesztő munka szükséges az ilyen acélok megfelelő hegesztési technológiájának kidolgozásához.

Az elmúlt években elsősorban nappali és szakmérnök hallgatók diplomatervei formájában 690..960 MPa folyáshatárú acélokon készített sarok- és tompavarratos kötések hegesztési technológiáját készítettük el. Törekvünk az, hogy az elkövetkezendő években a hazai alkalmazásra kerülő nagyszilárdságú acéloknál hegesztés hatására bekövetkező változásokat megismerjük és fémtani alapokon nyugvó ismeretek birtokában megfelelő hegesztési technológiák kidolgozására készüljünk fel [26, 27].

A vázolt témakörök bemutatásával jelezni kívántuk, hogy a tanszék az elmúlt évtized kutatásaiban igyekezett figyelembe venni a nemzetközi és hazai kutatási irányokat, igényeket és szerény eszközhátterével hozzájárulni a hegesztés fejlődéséhez. Szándékolt törekvésünk az, hogy az elért eredmények az elméleti megállapításokon túl gyakorlati alkalmazást is kapjanak.

## 8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A Szakcsoport tagjai ez úton is köszönetüket fejezik ki a közleményben felsorolt projektek által nyújtott támogatásért. Külön köszönetet mondunk azért, hogy egyes témakörök a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával folytatódhatnak.

## 9. IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] BALOGH A., KOMÓCSIN M.: Hegesztéstechnológiák számítógéppel segített tervezése., HEFOP tanfolyami jegyzet, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2005.
- [2.] BALOGH A.: Complex Optimisation of Process Parameters for Resistance Spot Welding, 6a Conferencia Europea Sobre Tecnologias de Soldeo, Unión y Corte, Santiago de Compostela, 2006. június 29-30. p. 105-115.
- [3.] JUHÁSZ D., BALOGH A.: Optimális munkarend meghatározása lágyacéllemezek szakaszos hőbevitellel történő ellenállás-ponthegesztése esetére, 25. Jubileumi Hegesztési Konferencia, Óbudai Egyetem, Budapest, 2010. 05. 19-21., p.:317-325.
- [4.] BALOGH A.: Hegesztett szerkezetek termikus eredetű deformációi és feszültségei, Numerikus modellezés és simuláció az anyagtudományban és az anyagtechnológiák-

- ban c. OTKA pályázat (témavezető: Tisza M.) résztema, 2008. pp.: 1-35
- [5.] BALOGH A., KOMÓCSIN M.: Hőkezelési és hegesztési technológiák számítógéppel segített tervezése, I. Hegesztés szakmérnöki jegyzet, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2006. p. 1-144.
- [6.] BALOGH A., BÉRES L.: A legújabban kifejlesztett martensites melegszilárd acélok ajánlott előmelegítési hőmérséklete, Gépgyártás, 2001. 11. 18-23.
- [7.] BALOGH A., BÉRES L., IRMER W.: Welding of Martensitic Creep-Resistant Steels. (The relationship between preheat and Ms temperatures was investigated) (in English), Welding Journal, 2001. 8. 191-195. p.
- [8.] BALOGH A. BÉRES L. IRMER W. KIRK C. S.: Behavior of Welded Joints of Creep-Resistant steels at Service Temperature, Welding Journal 2003. 8. 2 p. 1-7.
- [9.] BÉRES L., BALOGH A., IRMER W., KIRK C. S.: Behavior of Welded Joints of Creep-Resistant Steels at Service Temperature (Creep-resistant steels were examined in an attempt to reduce the probability of in-service cracking), Welding Journal, 2003. 11. p. 330-336.
- [10.] KOMÓCSIN M.: A védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés fejlesztése és az anyagátvitel, Hegesztéstechnika, 2003. 2. 6-9. P.
- [11.] BODORKÓS G.: A vonalenergia és a kisfrekvenciás impulzusáram hatása a varrat tulajdonságaira, Szakmérnöki diplomaterv, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2008. Konzulensek: Dr. Balogh A., Dr. Béres L.
- [12.] TÖRÖK I.: Hegeszthetőség II. Nemvas anyagok hegeszthetősége, EWE jegyzet, Miskolci Egyetem, 2010.
- [13.] BALOGH, A.: Szakaszos energia-bevitel ömlesztő- és sajtolóhegesztéseknél. Hegesztéstechnika. XX. (2009), 1. szám, p.: 7-12.
- [14.] TAKÁCS Z.: Tüzi horganyzott lemezek átlapolat kötéseinek hegesztése, Szakmérnöki diplomaterv, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2006. Konzulensek: Dr. Török I., Dr. Szabó P.
- [15.] MACZKÓ G.: Korrózióálló acéllemezek impulzusos ellenállásponthegesztése, Szakmérnöki diplomaterv, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2003. Konzulensek: Dr. Balogh A., Dr. Pirkó J.
- [16.] BOLYOS A.: Impulzusáramos ellenállásponthegesztés technológiájának optimalizálása, Szakmérnöki diplomaterv, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2006. Konzulensek: Dr. Balogh A., Dr. Török I.
- [17.] JUHÁSZ D.: Acélfinomlemez ellenállás-ponthegesztésének technológia-optimalizálása, TDK dolgozat, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2006. Konzulens: Dr. Balogh A.
- [18.] JUHÁSZ D.: A varratok közelállásának problémája ellenállásponthegesztéskor, TDK dolgozat, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2007. Konzulens: Dr. Balogh A.
- [19.] JUHÁSZ D.: Ellenállás-ponthegesztés munkatartományának szélesítési lehetősége több impulzusos hőbevitellel, TDK dolgozat, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2008. Konzulens: Dr. Balogh A.
- [20.] JUHÁSZ D.; BALOGH A.: Az ellenállás-ponthegesztés hegesztési munkatartománya, Hegesztéstechnika XX. évfolyam, 2009. 4. szám, p. 21-26
- [21.] JUHÁSZ D., BALOGH A.: Effect of Pulsed Energy Input on Welding Lobe of Resistance Spot Welding, Doktoranduszok Fóruma, Miskolci Egyetem, 2009. 11. 05., p.:65-70
- [22.] JUHÁSZ D., BALOGH A.: Problems of Close-Standing Spot Welds in Sheet Metal Constructions XXIV microCAD, International Scientific Conference, 2010. 03.18-20, Section M: Material Processing Technologies, p.:1-6
- [23.] JUHÁSZ D, BALOGH A.: A pontok közelállásának hatása a kötés mechanikai tulajdonságaira, XVIII. OGÉT, Nemzetközi Gépészeti Találkozó, Románia, Nagybánya, 2010. 04.22-25. p.: 211-214.
- [24.] TÖRÖK I.: Hegesztőeljárások II. Ellenálláshegesztés, EWE jegyzet, Miskolci Egyetem, 2010.
- [25.] SZABÓ P.: Vékonylemezek ellenállás-ponthegesztésének minőségcentrikus optimalizálása, PhD értekezés, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2002. Tudományos vezető: Dr. Balogh A., Dr. Pirkó J.
- [26.] J DOBI B.: Nagyszilárdságú, legfeljebb gyengén ötvözött acélok hegesztése, Szakmérnöki diplomaterv, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2006. Konzulensek: Dr. Balogh A., Dr. Béres L.
- [27.] GAÁL K.: A vonalenergia hatása nemesített állapotú nagyszilárdságú acél sarokvarratos kötésein, Szakmérnöki diplomaterv, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2008. Konzulensek: Dr. Balogh A., Dr. Török I.

# D

---

## DENDRIT KFT

Telephelyünk: 1135 Budapest, Reitter Ferenc u. 42

Elérhetőségünk: + 36 1 3508474

E-mail: dendrit@t-online.hu

**TEVÉKENYSÉGEINK:**

- **MÉRNÖKI SZOLGÁLTATÁSOK**  
(KÉSZÜLÉK TERVEZÉS, GYÁRTÁS)
- **CNC MARÁS, ESZTERGÁLÁS, KÖSZÖRÜLÉS**
- **HUZALSZIKRAFORGÁCSOLÁS**
- **KIS SZÉRIÁS GYÁRTÁS**
- **PRÉSELÉS, PLAZMA VÁGÁS**
- **AWI HEGESZTÉS**
- **KIVÁGÓ ÉS PRÉSELŐ SZERSZÁM GYÁRTÁS ÉS TERVEZÉS**

**AS9100 ÉS ISO 9001 MINŐSÍTÉSEK**



WWW.DENDRIT.HU