

# GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA



**60 éves**  
**a Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszéke**  
**1950-2010**



**50 éves**  
**a Hegesztő Szakmérnök-képzés**  
**1961-2011**





# JUBILEUMI TUDOMÁNYOS ÜLÉS

Miskolc, 2011. február 4.



60 ÉVES

A MISKOLCI EGYETEM MECHANIKAI TECHNIKAI TANSZÉKE

1950-2010

50 ÉVES A HEGESZTŐ SZAKMÉRNÖK-KÉPZÉS

1961-2011

## PROGRAM

- |       |   |       |   |
|-------|---|-------|---|
| 10.00 | Megnyitó: Dr. Tisza Miklós<br>60 éves a Mechanikai Technológiai Tanszék       | 11.45 | Kávészünet  |
| 10.10 | Dr. Tisza Miklós: A Mechanikai Technológiai Tanszék elmúlt 10 éve (2001-2010) | 12.00 | Dr. Tisza Miklós: 50 éves a Hegesztő Szakmérnök-képzés              |
| 10.40 | Dr. Lukács János: Az anyagvizsgáló szakcsoport kutatási tevékenysége          | 12.05 | Dr. Béres Lajos: A Szakmérnök-képzés beindításának időszaka         |
| 10.55 | Kocsisné Dr. Baán Mária: A hőkezelő szakcsoport kutatási tevékenysége         | 12.20 | Dr. Török Imre: A Hegesztő Szakmérnök-képzés 50 évének fő jellemzői |
| 11.10 | Dr. Tisza Miklós: A képlékenyalakító szakcsoport kutatási tevékenysége        | 12.40 | Dr. Artinger István: Hegesztő Szakmérnök-képzés a BME-n             |
| 11.25 | Hozzászólások   | 13.00 | Hozzászólások   |
|       |   | 13.30 | Állófogadás   |
|       |   | 15.00 | Műhely-, laborlátogatás   |

## POSZTER BEMUTATÓ

Babcsánné K. J., Marosné B. M., Wanderka N., Klaffke D., Schubert H.: Nagyenergiájú ion-implantációval módosított  $\text{Si}_3\text{N}_4$  kerámiák tribológiai viselkedése (2005)

Lukács J., Daróczy G.: Acél hidak integritása – megközelítési lehetőségek (2007)

Marosné B. M., Koncsik Zs., Balácsi Cs., Arató, P.:  $\text{Si}_3\text{N}_4$ /CNT nanokompozitok mechanikai tulajdonságainak jellemzése (2009)

Lukács J.: Fáradásos repedésterjedési sebesség vizsgálatok 321 típusú ausztenites korrózióálló acélon, korróziós közegben és növelt hőmérsékleten

Lukács J., Nagy Gy., Török I.: A folyamatmodellek, a folyamatdiagramok és az adatbázisok szerepe a nagyszilárdságú acél csővezeték rendszerek integritásában (2008)

Marosné B. M., Kaulics N., Arató P.:  $\text{Si}_3\text{N}_4$  kerámiák dinamikus törési folyamatának jellemzése (2006)

Koncsik Zs., Marosné B. M., Kuzsella L.:  $\text{Si}_3\text{N}_4$  nanokompozitok tribológiai vizsgálata (2008)

Béres L., Balogh A.: Melegsilárd acélok

vegyes kötéseinek megengedhető üzemi hőmérséklete

Juhász D., Balogh A.: Hegesztéstechnológiai válaszok az új szerkezeti anyagok kihívásaira

Juhász K., Juhász D., Török I.: Ponthegesztett kötések hőhatásövezetének modellezése

Tisza M., Kocsisné B. M., Marosné B. M.: Innovatív módszerek az anyagtudomány oktatásában

Schäffer J., Szabó E., Bíró A.: Termokémiai kezelések különböző gépipari alkalmazásokra

Kocsisné B. M., Rowshan R.: Lézersugaras felületmódosító technológiák és modellezésük

Tisza M., Kovács P. Z., Kiss A., Lukács Zs., Gál G.: Korszerű alakíthatósági vizsgálatok

Tisza M., Kovács P. Z., Lukács Zs., Gál G., Kiss A.: Innovatív alakító eljárások – Inkrementális lemezalakítás

Tisza M., Lukács Zs., Gál G., Kovács P. Z., Kiss A.: Végeselemes modellezés alkalmazása különféle alkatrészek technológiai tervezésénél

Tisza M., Török I.: A hegesztő szakmérnök-képzés 50 éve

# GÉP

## A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

műszaki, vállalkozási, befektetési, értékesítési, kutatás-fejlesztési, piaci információs folyóirata

### SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Dr. Döbröczöni Ádám

**elnök**

Vesza József

**főszerkesztő**

Dr. Jármái Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

**főszerkesztő-helyettesek**

Dr. Barkóczy István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercsey Tibor

Dr. Bukoveczky György

Dr. Czitán Gábor

Dr. Danyi József

Dr. Dudás Illés

Dr. Gáti József

Dr. Horváth Sándor

Dr. Illés Béla

Kármán Antal

Dr. Kulcsár Béla

Dr. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálinkás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Rittinger János

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

A szerkesztésben közreműködött:

Dr. Balogh András

Dr. Török Imre

### Kedves Olvasó!

A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszékének életében haladó hagyománynak tekinthető, hogy egy-egy kerek évforduló alkalmával a Tanszék oktatói, kutatói tudományos szeminárium keretében számolnak be az előző időszakban végzett oktató- és kutatómunkáról. Ennek jegyében rendeztük 1991-ben az 1986-1990 közötti időszakot lezáró Tudományos Szemináriumot, ennek folytatásaként került sor az 1991-1995 közötti időszak eredményeinek ismertetésére a tanszékalapító Zorkóczy Béla professzor tiszteletére rendezett Jubileumi Tudományos Ülésen.

A 2000. esztendőben a szokásos 5 éves időszakot lezáró Tudományos Ülésszakra a tanszék alapításának 50. évfordulója teremtett különleges alkalmat. Jól ismert az a tény, hogy a Miskolci Egyetem jogelődjeként 1949-ben alapított Nehézipari Műszaki Egyetemen az elsők között létesült 1950-ben a Gépészmérnöki Karon a Mechanikai Technológiai Tanszék, amely a gépészmérnök-képzés mindmáig egyik meghatározó szervezeti egysége. A tanszék alapításának 50. évfordulója az előzőekben említett öt éves kutatási ciklus záróévéhez köthető, így a szokásos tudományos szeminárium egyben a tanszék alapítására emlékező Jubileumi Tudományos Ülés megrendezéséhez is kapcsolódott.

2010-ben a tanszék több tekintetben is jubileumhoz érkezett, alapításának 60. és a hegesztő szakmérnök-képzés félév százados évfordulójával, amelynek méltó megünneplését a tanszék ismét egy olyan tudományos szeminárium megrendezésével kívánta emlékeztetést tenni, amelyen egy rövid történeti áttekintés után, a tanszék tudományos kutató tevékenységének átfogó ismertetése mellett, a hegesztő szakmérnök-képzés területén végzett tevékenységét is bemutatja.

E kettős Jubileumi Ülésen elhangzott előadásokból állítottuk össze a GÉP folyóirat különszámát. E különszám összeállításakor arra törekedtünk, hogy a jubiláló tanszék rövid történetének ismertetése mellett bemutassuk a tanszék oktatási, kutatási tevékenységét, az elmúlt öt év legfontosabb kutatási eredményeit, a kutatások infrastruktúrális és eszközháttérét, valamint a tanszék hazai és nemzetközi kutatási együttműködési kapcsolatait is.

Az összefoglaló cikkek mellett egy-egy kutatási területet részletesebben bemutató szakmai közleményt is beiktattunk a teljességre való törekvés igénye nélkül, amelyek természetesen a tanszék szerteágazó kutatási tevékenységének csak egy-egy szűk metszetét képesek bemutatni.



Dr. Tisza Miklós

A szerkesztésért felelős: Vesza József. A szerkesztőség címe: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.

Telefon/fax: +36-46/379-530, +36-30/9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Kiadja a Gépipari Tudományos Egyesület, 1027 Budapest, Fő u. 68. Levélcím: 1371 Bp. Pf.: 433.

Telefon: 202-0656, fax: 202-0252, e-mail: a.gaby@gteportal.eu, internet: www.gte.mtesz.hu

A GÉP folyóirat internetcíme: <http://www.gepujsag.hu>

Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Felelős kiadó: Dr. Igaz Jenő ügyvezető igazgató.

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Tel.: (46) 379-530, e-mail: gazdasz@chello.hu.

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága 1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknel, e-mailen: [hirlapelofizetes@posta.hu](mailto:hirlapelofizetes@posta.hu), faxon: 303-3440. További információ: 06 80/444-444

Egy szám ára: 1260 Ft. Dupla szám ára: 2520 Ft.

Külföldön terjeszti a Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat,  
H-1389 Budapest, Pf. 149. és a Magyar Média, H-1392 Budapest, Pf. 272.

Előfizethető még közvetlenül a szerkesztőségben is.

INDEX: 25 343

ISSN 0016-8572

# TARTALOM

1. Tisza M.:  
**60 éves a Mechanikai Technológiai Tanszék. A tanszék rövid története (1950-2010) .....3**  
*A tanszék 60 éves fennállása alatt az oktatás mellett jelentős energiát fordított a tudományos kutató munkára és az aktív ipari kapcsolatok építésére és fenntartására is. Ebben az időszakban a tanszék több mint 70 fő oktatót és kutatót és mintegy 80 fő szakdolgozót foglalkoztatott.*
2. Tisza M.:  
**Az oktatás-kutatás infrastrukturális és eszközháttere ....7**  
*A tanszék az egyszerű irodai munkától a bonyolult modellezésekig használható, oktatói és hallgatói hozzáférésű korszerű informatikai eszközökkel rendelkezik. A szakcsoportokhoz rendelt kutatást korszerű és széles spektrumú anyagvizsgáló, hegesztő, hőkezelő és képlékenyalakító géppark támogatja.*
3. Tisza M.; Török I.:  
**Ötven éves a magyarországi Hegesztő Szakmérnök-képzés .....11**  
*A Miskolci Egyetem jogelődjén, a Nehézipari Műszaki Egyetemen 1961. februárban indult meg az első magyar posztgraduális hegesztő szakmérnök-képző tanfolyam. A szakmérnök-képzés megalapozásában nagy érdemeket szerzett a tanszék alapító professzora, Zorkóczy Béla.*
4. Lukács J.; Cserjésné Sutyák Á.; Gál I.; Koncsik Zs.; Koritárné Fótos R.; Marosné Berkes M.; Nagy Gy.; Szávai Sz.; Tóth L.:  
**A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszéke Anyagvizsgáló Szakcsoportjának kutatási tevékenysége a 2001-2010 közötti időszakban .....17**  
*A cikk áttekintést ad a szakcsoport tagjainak 2001 és 2010 közötti időszakban végzett kutatómunkájáról és azok főbb eredményeiről. Szerzők kiemelik, hogy az elmúlt tíz évben több új anyagvizsgáló kutatási témával foglalkoztak és néhány hagyományos vizsgálatnál hangsúlyyeltolódást valósítottak meg.*
5. Balogh A.; Béres L.; Juhász K.; Juhász D.; Komócsin M.; Meilinger Á.; Török I.:  
**A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszéke Hegesztő Szakcsoportjának kutatási tevékenysége a 2001 – 2010 közötti időszakban .....25**  
*A Hegesztő szakcsoport az ipari partnerekkel szoros együttműködésben végzi kutató-fejlesztő munkáit. Kiemelést érdemel a hegesztési hő- és anyagátviteli folyamatok modellezése, a szakaszos energiabevitelű iv- és ellenálláshegesztés kutatása, a nagyszilárdságú acélok kötőhegesztésének és a tradicionális művelt felrakóhegesztésnek a témája.*
6. Balogh A.; Béres L.:  
**Új eredmények a melegsilárd acélok vegyes kötéseinek hegesztése terén .....29**  
*A mintegy 25 éves múltú visszatekintő kutatási projektben szerzők először a hagyományos, alacsony ötvöztetésű melegsilárd acélok hegesztési viselkedésével foglalkoztak. Az utóbbi 10 évben - külföldi partnerekkel együttműködve - a kutatások az újonnan kifejlesztett, erősen ötvözött melegsilárd acélok hegesztésére és üzemi viselkedésének előrejelzésére összpontosult.*
7. Juhász D.; Balogh A.:  
**Hegesztéstechnológiai válaszok az új szerkezeti anyagok kihívásaira .....33**  
*Az autógyártásban megjelenő nagyszilárdságú acél vékonylemezek hegesztése a hagyományos technológiai eszközökkel gazdaságosan nem oldható meg. A minőség és megbízhatósági követelmények korszerű hegesztési variánsokat igényelnek, amelyek közül a szabályozott energiabevitelű hegesztés érdemel kiemelt figyelmet.*
8. Juhász K.; Juhász D.; Török I.:  
**Ponthegeesztett kötés hőhatásövezetének modellezése .....36**  
*A Mechanikai Technológiai Tanszék által lízingelt és a fejlesztők által folyamatosan korszerűsített SYSWELD programrendszer jól alkalmazható hegesztési hőfolyamatok modellezésére. Szerzők a program lehetőségeit egy ellenállás-ponthegeesztett kötés hőhatásövezetének példáján keresztül mutatják be*
9. Kocsisné Baán M.; Frigyk G.; Kovács F.; Szabó E.:  
**A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszéke Hőkezelő Szakcsoportjának kutatási tevékenysége a 2001 – 2010 közötti időszakban .....38**  
*A 2001 és 2010 közötti időszakban a hőkezelő szakcsoport folytatta a több évtizede sikeresen művelt termokémiai kezelések (közöttük a gáznitridálás és a boridálás) kutatását és fejlesztését. A szakcsoporton belüli generáció váltás új területek, mint pl. a lézeres felületkezelések kutatását helyezte előtérbe.*
10. Kocsisné Baán M.; Rowshan Reza.:  
**Lézeres felülettechnológiák kutatása a Mechanikai Technológiai Tanszéken .....42**  
*A Mechanikai Technológiai Tanszéken hazai kutatóintézetekkel (BAY-ATI) együttműködve számos kutatási program valósult meg, amely a lézer ipari alkalmazásának lehetőségeit elemezte. Az összetett folyamatok jobb megismeréséhez a kísérleteken túlmenően a SYSWELD adta modellezési lehetőségeket is felhasználták.*
11. Bíró A.; Szabó E.; Tisza M.:  
**Betétedzésű acélok karbonitridálása .....46**  
*Szerzők a gáznitridálás technológiai időszükségletének csökkentését tűzték ki célul. A kísérletek szerint széndioxid adagolásával a nitrogén atomok adszorpciója, felgyorsítható. Az eljárás további előnye, hogy a betétedzésű acélok esetében a karbonitridált felületi réteg tulajdonságai a nitridálthoz képest előnyösen változnak.*
12. Tisza M.; Gál G.; Kiss A.; Kovács P. Z.; Lukács Zs.; Sárvári J.:  
**A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszéke Képlékenyalakító Szakcsoportjának kutatási tevékenysége a 2001 – 2010 közötti időszakban..... 50**  
*A képlékenyalakító szakcsoport az elmúlt 10 évben elsősorban a képlékenységtani alapkutatásokkal, valamint a gépipari alkatrészgyártó technológiákkal foglalkozott. A kutatási palettáról kiemelést érdemel az innovatív alakító eljárások vizsgálata, illetve a modellezés és szimuláció lehetőségeinek széleskörű alkalmazása.*
13. Tisza M.; Kovács P. Z.; Lukács Zs.; Cserjésné Sutyák Á.; Gál G.; Kiss A.:  
**Innovatív alakító eljárások – Inkrementális lemezalakítás ..55**  
*A Mechanikai Technológiai Tanszék a Ljubljana Egyetemmel és magyar, illetve szlovén iparvállalatokkal együttműködve kutatja az inkrementális lemezalakítást. A cikk röviden ismerteti az inkrementális alakítás alapjellemezőit és beszámol a közös kutatások eddigi eredményeiről.*

# 60 ÉVES A MECHANIKAI TECHNOLOGIAI TANSZÉK A TANSZÉK RÖVID TÖRTÉNETE (1950–2010)

*Dr. Tisza Miklós<sup>1</sup>*

Az 1950-ben alapított tanszék Zorkóczy Béla vezetésével a mai Földes Ferenc Gimnázium épületében kezdte meg oktató, nevelő munkáját a Nehézipari Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karán. Kezdetben a tanszék mindössze három főből állt, így meghívott óraadók bevonásával látta el oktatási feladatait.

A tanszék 1951 nyarán költözött át az Egyetemvárosba, ahol az elkészült főépület oldalszárnyában nyert elhelyezést. Itt került berendezésre a tanszék profiljához tartozó első labor- és műhelyrész, ahol az érdemi gyakorlati oktatás is elkezdődhetett. Ezen időszakban a tanszék a Gépészmérnöki Karon a Szerkezeti anyagok technológiája I., II., III., a Hőkezelés, a Hegesztés valamint a Forgácsolás megmunkálás tárgyak oktatását látta el, s ugyanakkor részt vett a Bányamérnöki Karhoz tartozó bányagépész hallgatók képzésében is az Anyagismeret I. és II. tárgyak oktatásával.

1952-ben vált ki a tanszékből a Mechanikai Technológiai II. Tanszék, amelyből a későbbiekben a mai Gépgyártástechnológiai, illetve Szerszámgépek Tanszék alakult.

A tanszék kezdettől fogva az oktatás, nevelés mellett jelentős energiát fordított a tudományos kutató munkára és az ipari kapcsolatokra is. Ezt is példázza, hogy Zorkóczy professzor másodállásban vezetője volt a Vasipari Kutató Intézet Hegesztési Osztályának. Ezen időszak kiemelkedő szakmai eredménye volt a bevonat-ötvezésű felrakó hegesztő elektródák kifejlesztése. A tanszéken és a Vasipari Kutató Intézetben végzett kiemelkedő szakmai munkájáért Zorkóczy professzor 1956-ban Kossuth-díjban részesült.

1958-ban a Magyar Tudományos Akadémia kezdeményezésére az egyetemen Nehézgépészeti Akadémiai Munkaközösség szerveződött. A több tanszékhez tartozó kutató csoportnak a vezetését a Mechanikai Technológiai Tanszék mindenkor vezetője látta el. E munkaközösség 1978-ban, átszervezés következtében megszűnt, a főállású munkatársak MM TKFA kereten, tanszékeik státuszán folytatták a kutató munkát.

A tanszék szervezésében és irányításával 1961-ben – hazánkban elsőként – megkezdődött a hegesztő szakmérnök képzés, amelynek keretében napjainkig több száz hegesztő szakmérnök szerzett, nemzetközileg is elismert hegesztő szakmérnöki oklevelet.

Az egyetem folyamatos fejlesztésének eredményeként 1965-ben elkészült az új műhelycsarnok, 1966-ban pedig az új főépület. A tanszék ezekben az években került

jelenlegi helyére, és alakította ki laboratóriumait, műhelyrészeit, amelyeket azóta is folyamatosan bővített, eszközeit korszerűsítette.

A tanszék vezetését 1968-ig Zorkóczy Béla professzor, 1968-90-ig Romvári Pál professzor, 1991-től Tisza Miklós professzor látta, illetve látja el.

A Gépészmérnöki Karon 1970-ben végrehajtott tantervreform keretében a tanszék elkészítette az ágazati irányú képzés új tanterveit, így a tanszék három ágazati irányú képzés, a hegesztés, a hideg-képlékenyalakítás és a hőkezelés szakvezetője lett. Az új tantervben megváltozott az eddigi tantárgyak képzésbeli sorrendje, óraszámja, követelményrendszere. Számos új szakmai tantárgy kidolgozására, bevezetésére került sor. Így a nappali és levelező tagozaton a tanszék ebben az időszakban mintegy 35 tantárgy gondozását látta el, amely jelentős lét-számfejléssel is járt.

Az ágazati irányú képzés bevezetése indokolta a tanszék szakmai oktatási feladatok szerinti átszervezését is. Így a korábban létrejött TKFA Kutató Csoport mellett, megalakult a GTI hegesztő kutató csoport is, míg a tanszéken belül négy szakcsoport - az Anyagvizsgáló, a Hegesztő, a Hideg-képlékenyalakító és a Hőkezelő Szakcsoport - jött létre. A szakcsoportok az oktatási feladatokkal párhuzamosan lényegében önállóan szervezték és végezték kutatási feladataikat.

A nappali tagozaton végrehajtott tanterv reform indokolta a tanszék Hegesztő Szakmérnöki szak tantervének reformját is. A Képlékenyalakító Szakcsoport kezdeményezésére pedig új szakmérnöki szakként, kidolgozásra került a Képlékenyalakító Szakmérnöki Szak tanterve, és 1984-ben a szakmérnöki szakon is beindult a képzés.

A tanszéken belüli szakmai tagozódás a hatékonyabb kutató munka feltételeit is megteremtette, amelynek eredményeként számottevően emelkedett a tudományos fokozatot, doktori címet szerzettek száma.

Az 1980-as évek első felében az egyetemen végrehajtott újabb oktatási reform keretében a Gépészmérnöki Karon bevezetésre került a modulrendszerű oktatás. Ez ismét változást hozott a tantárgyak tartalmában, elnevezésében, egymásra épülésében, valamint a követelményrendszerükben. Így a tanszék a modulrendszerű képzés keretében három főmodul (szakismereti blokk) szakvezetője lett, nevezetesen: az anyagtudományi, a hegesztéstechnológiai és a képlékenyalakító főmoduloké. Ezekon túlmenően a Gépészmérnöki Karon kialakított több főmodulban és mellékmodulban (kiegészítő szakismereti blokkokban) is jelentős oktatási feladatokat látott el a tanszék.

<sup>1</sup> egyetemi tanár, tanszékvezető, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, <http://www.met.uni-miskolc.hu>, e-mail: [tisza.miklos@uni-miskolc.hu](mailto:tisza.miklos@uni-miskolc.hu)

Az oktatási reformmal egyidőben a 80-as évek közepétől szervezett angol nyelvű képzésbe is intenzíven bekapcsolódott a tanszék. Így a tanszék alapozó, illetve szaktárgyai az angol nyelvű képzésben is szerepelnek.

A tanszék oktatási feladatai - a jelenleg érvényben levő tanterveknek megfelelően - kiterjedtek az akkori elnevezéssel Bányamérnöki és a Kohómérnöki Karra, valamint a Gazdaságtudományi Karon folyó nappali és levelező képzésre egyaránt.

Ezen időszakban az egyetemen folyó nappali és levelező oktatást magába foglaló képzésben, az ez idáig beindult főmodulokhoz kapcsolódva az egyes félévekben 54, illetve 59 tantárgy oktatását végezte tanszékünk. Összesen a graduális és posztgraduális képzés új rendszerének keretében tanszékünknek 132 tantárgy oktatására kellett felkészülnie.

Az oktatási feladatok módosulása a tanszék szervezeti felépítésének rugalmas módosítását is igényelte, így a főmodulhoz igazodva a szakcsoportok átszervezésére is sor került. Jelenleg az Anyagvizsgáló, a Hegesztő, a Hőkezelő és a Képlékenyalakító Szakcsoport keretében folyik a tanszéki oktató és kutató munka. A szakcsoportok összefogják és ellátják a főmodulokhoz igazodó oktató, nevelő munkát, valamint önállóan szervezik és végzik a szakterületükhöz tartozó kutatási feladataikat.

Az elmúlt 10 évben a tanszék oktatási feladatait döntően a bolognai rendszerű képzés bevezetése jelentette. A korábbi, ún. osztatlan egyetemi képzésről az áttérés a három ciklusú (BSc, MSc, PhD) képzési rendszerre fokozatosan valósult meg. Ennek első eleme a BSc szintű alapszak, amelyben a tanszék műszaki alapozó tárgyakat oktat és gondozza az Anyagtechnológiai szakirányt. A mesterképzésben a kari közös oktatási blokkban a tanszék 2 szakmai alaptárgyat oktat és öt szakirányban vállal jelentős oktatási feladatokat, ezen belül szakirány vezetője az Alkalmazott anyagtudományi, az Anyagtechnológiai és a Hegesztéstechnológiai szakiránynak.

A PhD képzésben a tanszék a Sályi István Gépészeti Tudományok Doktori Iskola programjában vállal jelentősebb feladatokat, de részt vesz a Hatvani József Informatikai Doktori Iskola munkájában is.

A tanszék oktatói és kutatói az oktatási feladatok mellett folyamatosan végeznek kutató munkát is. A kutatómunka mind a tudományos, mind az ipari-alkalmazott kutatást magába foglalja. A tanszék munkatársai lényegében a tanszék alapításával egyidőben megkezdtek a kapcsolatépítést számos ipari üzemmel, kutatóintézetrel, hazai és külföldi társintézményekkel.

Az utóbbi két évtizedben a kutatás-irányítás hazai és nemzetközi rendszerének változásaihoz igazodva, a kutatási pályázati rendszer keretében a tanszék jelentős feladatokat vállalt az országos, illetve tárcaszintű kutatási feladatok, valamint nemzetközi kutatási projektek feladatainak megoldásában. Így az elmúlt időszakban eredményes kutatások folytak különböző NKTH, GVOP, EUREKA, EU FP6, Copernicus, Leonardo, NATO SFP, stb. pályázati témakörökben.

E sokrétű kutatómunka eredményeként a tanszék minden lehetőséget kihasználva folyamatosan korszerűsítette, bővítette gép-, műszer- és számítástechnikai eszközeit, amely lehetőséget teremt magas szintű alap- és alkalmazott kutatások végzésére.

A tanszék hatvan éves működése során oktató-kutató munkáját mintegy 70 fő oktató, kutató és óraadó, valamint 80 fő nem oktató dolgozó segítette, látta el.

2010. december 31-én a tanszék munkáját 12 főállású oktató, 2 részfoglalkozású munkatárs, 1 fő tanszéki mérnök, 7 fő meghívott óraadó, 4 doktorandusz és 13 nem oktató dolgozó végzi. A következőkben a tanszék jelenlegi személyi állományához tartozók legfontosabb személyi, oktatási és kutatási adatait összegezzük.

## ANYAGVIZSGÁLÓ SZAKCSOPORT

**Cserjésné Sutyák Ágnes**, okleveles kohómérnök, okleveles hőkezelő szakmérnök, okleveles mérnök-fizikus, tanszéki mérnök.

*Fontosabb szakterületei:* anyagtudomány, anyagvizsgálat, hőkezelés, tulajdonságmódosító technológiák.

**Dr. Gál István**, okleveles gépészmérnök, okleveles anyagvizsgáló szakmérnök, egyetemi adjunktus, nyugdíjas (2008-tól).

*Fontosabb szakterületei:* roncsolásos és roncsolás mentes anyagvizsgálatok, anyagvizsgálati számítógépi programok fejlesztése, acélszerkezetek, nyomástartó rendszerek szakértői felülvizsgálata.

**Koncsik Zsuzsanna**, okleveles műszaki menedzser, okleveles német műszaki szakfordító, PhD abszolutórium (2009), tanársegéd (2009. szeptember 1-től).

*Fontosabb szakterületei:* Műszaki kerámiák mechanikai vizsgálata, tribológia, mikroszerkezet és kopási folyamatok morfológiai elemzése.

**Koritárné Fótos Réka**, okleveles műszaki menedzser, okleveles angol műszaki szakfordító, PhD abszolutórium (2010), tanársegéd (2010. szeptember 1-től).

*Fontosabb szakterületei:* Anyagvizsgálat, kockázat menedzselés.

**Dr. habil Lukács János**, okleveles gépészmérnök, okleveles hegesztő szakmérnök, a műszaki tudomány kandidátusa, egyetemi tanár, Széchenyi Professzori Ösztöndíjas (1998-2001), Bolyai Ösztöndíjas (2002-2005), dékánhelyettes (1994-2001), Humánpolitikai Igazgató (2001-2007).

*Fontosabb szakterületei:* törésmechanika, fáradásos repedésterjedés, szerkezetek és szénhidrogén szállító csőtávvezetékek integritása.

**Dr. Marosné dr. Berkes Mária**, okleveles gépészmérnök, okleveles mérnök-fizikus szakmérnök, Ph.D., egyetemi docens, Bolyai Ösztöndíjas (1998-2001, 2003-2006).

*Fontosabb szakterületei:* Anyagtudomány, anyagszer-

kezetten, anyagvizsgálat, károsodási folyamatok modellezése. Fémek: kisciklusú fáradás; Polimerek: alakváltozás és törés; Műszaki kerámiák: Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> alapú kerámiák műszerezett üto-, tribológiai és törésmechanikai vizsgálata.

**Dr. Nagy Gyula**, okleveles gépészmérnök, a műszaki tudomány kandidátusa, egyetemi docens, nyugdíjas (2010. december 28-tól)

*Fontosabb szakterületei:* a kisciklusú fáradás vizsgálata és alkalmazási kérdései; szerkezetek, berendezések további üzemeltethetőségének elemzése, káresetek elemzése.

**Szávai Szabolcs**, okleveles gépészmérnök, közgazdász *Fontosabb szakterületei:* szerkezetek integritása, állapotának és élettartamának elemzése, anyagok károsodása, numerikus-modellezés, tribológia, törésmechanika gyakorlati alkalmazása.

**Dr. habil Tóth László**, okleveles gépészmérnök, a műszaki tudomány doktora, egyetemi tanár (részfoglalkozású), Széchenyi Professzori Ösztöndíjas (1998-2001), Gábor Dénes-díjas (2005).

*Fontosabb szakterületei:* szerkezetek integritása, fémek törési folyamatai, a törésmechanika gyakorlati alkalmazása, kifáradás, kúszás.

## HEGESZTŐ SZAKCSOPORT

**Dr. Balogh András**, okleveles gépészmérnök, okleveles hegesztő szakmérnök, EWE/IWE mérnök, Ph.D., egyetemi docens, tanszékvezető helyettes.

*Fontosabb szakterületei:* sajtolóhegesztések (ellenállás hegesztés) kutatása, a hegesztési folyamatok modellezése, szimulációja és optimalizálása, a hegesztés minőségbiztosítása.

**Dr. Béres Lajos**, okleveles gépészmérnök, okleveles hegesztő szakmérnök, a műszaki tudomány kandidátusa, egyetemi docens, nyugdíjas (1995-től).

*Fontosabb szakterületei:* vasúti sínek és betonacélok termithegesztése, melegszilárd acélok hegesztése, felrakó hegesztés.

**Juhász Krisztina**, okleveles gépészmérnök, mérnök-tanár.

*Fontosabb szakterületei:* hegesztett kötések hőhatásövezetének vizsgálata, modellezése.

**Dr. Komócsin Mihály**, okleveles gépészmérnök, a műszaki tudomány kandidátusa, egyetemi docens, Széchenyi Professzori Ösztöndíjas (2001-2004).

*Fontosabb szakterületei:* hegesztő eljárások, hozaganyagok, anyagok hegeszthetősége, hegesztés gépesítése.

**Dr. Székely Ferenc**, okleveles gépészmérnök, okleveles hegesztő szakmérnök, egyetemi adjunktus, nyugdíjas (2010. december 29-től)

*Fontosabb szakterületei:* hegesztés, hegesztett szerkezetek gyártása, ellenőrzése, roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatok.

**Dr. Török Imre**, okleveles gépészmérnök, okleveles hegesztő szakmérnök, Ph.D., egyetemi docens, Széchenyi Professzori Ösztöndíjas (1999-2002), dékánhelyettes (1996-2001).

*Fontosabb szakterületei:* védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés kutatása, fejlesztése, alumíniumötvözetek hegeszthetősége, csővezetékek üzemeltetése és rehabilitációja.

## HŐKEZELŐ SZAKCSOPORT

**Dr. Frigyk Gábor**, okleveles kohómérnök, okleveles hegesztő szakmérnök, Ph.D., egyetemi docens, nyugdíjas (2009. decembertől)

*Fontosabb szakterületei:* termomechanikus kezelések, duplex acélok hegeszthetősége.

**Kocsisné dr. Baán Mária**, okleveles kohómérnök, okleveles hőkezelő szakmérnök, Észak-magyarországi Regionális Távoktatási Központ vezetője, Ph.D., egyetemi docens, Széchenyi Professzori Ösztöndíjas (2001-2004).

*Fontosabb szakterületei:* anyagtudomány, hőkezelés, bórral mikro-ötvözött acélok fémtani folyamatai és vizsgálatuk, felületmódosító technológiák, lézeres felületi kezelések, lézeres edzés.

**Kovács Ferenc**, okleveles gépészmérnök, okleveles hegesztő szakmérnök, egyetemi adjunktus, nyugdíjas (2004-től)

*Fontosabb szakterületei:* anyagvizsgálat, anyagismeret és technológia, hegesztési anyagismeret.

**Szabó Endre**, okleveles gépészmérnök, okleveles hőkezelő szakmérnök, egyetemi adjunktus, nyugdíjas (2003-tól)

*Fontosabb szakterületei:* szerkezeti és szerszámacélok hőkezelése, termokémiai kezelések.

## KÉPLÉKENYALAKÍTÓ SZAKCSOPORT

**Dr. Gál Gaszton**, okleveles gépészmérnök, okleveles képlékenyalakító szakmérnök, egyetemi adjunktus, nyugdíjas (2008-tól).

*Fontosabb szakterületei:* képlékenyalakítási eljárások és gyártási folyamatok kutatása, fejlesztése, tervezése, képlékenyalakító szerszámok fejlesztése, tervezése.

**Dr. Kiss Antal**, okleveles gépészmérnök, egyetemi adjunktus, nyugdíjas (2009. december 30-tól).

*Fontosabb szakterületei:* képlékeny hidegalakítás, alakíthatóság, cső- és profilhajlítás, egyengetés, hegesztett szerkezetek szilárdságtana: optimalás, mérés, modellezés.

**Kovács Péter Zoltán**, okleveles gépészmérnök, PhD abszolutórium (2004), egyetemi adjunktus.

*Fontosabb szakterületei:* képlékeny hidegalakítás, alakíthatósági vizsgálatok, alakító eljárások numerikus modellezése.

**Lukács Zsolt**, okleveles gépészmérnök, mérnök tanár.

*Fontosabb szakterületei:* képlékeny hidegalakítás, képlékenyalakító technológiák számítógépes tervezése és végelesemes modellezése.

**Dr. habil Tisza Miklós**, okleveles gépészmérnök, a műszaki tudomány doktora, egyetemi tanár, Széchenyi Professzori Ösztöndíjas (1998-2001), Gábor Dénes-díjas (1998), tanszékvezető (1991-től), fejlesztési rektor-helyettes (2000-2003).

*Fontosabb szakterületei:* a képlékenyalakítás elméleti megoldási módszerei, számítógépes mérnöki módszerek, CAD/CAM/CAE és a mesterséges intelligencia alkalmazása a képlékenyalakításban, számítógépes technológiai és szerszámtervezés, alakítási folyamatok fizikai modellezése és numerikus szimulációja.

## NEM-OKTATÓ MUNKATÁRSÁK

**Alexáné Farkas Marianna:** képezített könyvelő, pénzügyi előadó, gazdasági ügyintéző

**Bartók András:** szakmunkás, szakközépiskolai érettségi, gépszerelő, műszaki szolgáltató

**Csukás Géza:** villamosmérnök, műszaki ügyintéző

**Csurilláné Balogh Ágnes:** gimnáziumi érettségi, laboráns

**Habzsánszki Rudolfné:** szakmunkás, műszaki szolgáltató  
**Kecskés-Kristóf Sándor:** forgácsoló technikus, műszaki ügyintéző

**Kerekes Gábor:** műszaki menedzser, ügyvivő szakértő

**Kovács Ferencné:** laboráns, főmunkatárs, gimnáziumi érettségi, műszaki rajzoló, laboráns tanfolyam, nyugdíjas (2006-től)

**Pajtkó László:** műhelyvezető, gépipari technikus, felsőfokú hegesztőtechnológus, nyugdíjas (2009-től)

**Petrovics András:** szakmunkás, minősített hegesztő, műszaki szolgáltató

**Szántó Lászlóné:** szakoktató, igazgatási ügyintéző

**Szegeczki Tiborné:** ügyintéző titkár, igazgatási ügyintéző

**Szentpéteri László:** gépészmérnök, műszaki ügyintéző

**Vilk Jánosné:** 8 általános, műszaki szolgáltató

<http://www.met.uni-miskolc.hu>

## Miskolci Egyetem - Mechanikai Technológiai Tanszék



ANYAGVIZSGÁLAT \* HEGESZTÉS \* HŐKEZELÉS \* KÉPLÉKENYALAKÍTÁS  
OKTATÁS \* KUTATÁS-FEJLESZTÉS \* SZAKÉRTÉS

\*\*\*\*\*



MISKOLCI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR  
**MECHANIKAI TECHNOLOGIAI TANSZÉK**



ALKALMAZOTT ANYAGTUDOMÁNY\* TECHNOLOGIATERVEZÉS \*  
KONSTRUKCIÓSTERVEZÉS

\*\*\*\*\*

ANYAGTECHNOLÓGIAI (BSc SZAKIRÁNY) • HEGESZTÉSTECHNOLÓGIAI (MSc SZAKIRÁNY)

**NEMZETKÖZI HEGESZTŐ SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK IWE/EWE KÉPZÉS**

**SZÁMÍTÓGÉPES TERVZÉS ÉS GYÁRTÁS SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK**

3515 Miskolc-egyetemváros • Tel.: +36-46/565-164 •

Fax: +36-46/561-504 • [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu)



# AZ OKTATÁS-KUTATÁS INFRASTRUKTURÁLIS ÉS ESZKÖZHÁTTERE

*Dr. Tisza Miklós<sup>1</sup>*

A tanszék oktatási-kutatási programjait támogató infrastruktúrális háttér, az elmúlt években folyamatosan változó finanszírozási háttérnek megfelelően egyre inkább hazai és nemzetközi projektek segítségével fejlődött. Az időszak jelentős eredményeként a kutatásfinanszírozásban egyre jelentősebb szerepet kap a nemzetközi együttműködésben folyó programok finanszírozása.

Az elmúlt 10 évben, hasonlóan az előző időszakokhoz a tanszéki informatikai háttér folyamatosan fejlődött. A tanszéken minden oktató - kutató rendelkezik megfelelő számítási és grafikus teljesítményű számítógéppel, illetve állandó Internet-hozzáféréssel. A tanszéki munkát számottevően segítik a PC alapú UNIX szerverek, amelyek lehetővé teszik a tanszéki Internet és ftp szolgáltatások széleskörű alkalmazását, illetve a munkacsoportok közötti adatcserét megkönnyítő file-szerver működtetését. Az időszak során a tanszéki információ-áramlás szintje teljes egészében Internet, illetve e-mail alapúvá vált. Nagy segítséget nyújtott az ingyenes UNIX klón, a Linux terjedése, nagymértékű költségmegtakarítást téve lehetővé, de Windows alapú szervereket is működtetünk.

Erőteljesen növekedett a PC-s hálózat is, amely a UNIX szerverekre támaszkodva minden oktatót – kutatót bekapcsolt az információáramlásba. Ezt elsősorban a lokális (tanszéki) LAN, illetőleg az egyetemi Internet hálózathoz való csatlakozás teszi lehetővé.

Az elmúlt tíz év fontos eredménye a szoftver ellátottság javulása. Ezt jelzi, hogy az egyes szakcsoportok kutatási területeit lefedő programrendszerek kerültek beszerzésre. Így a képlékenyalakításban a lemezalakító AutoForm és a térfogatalakító DEFORM, a hegesztés-hőkezelésben a Systus+ és a Sysweld VEM rendszerek alkalmazását, illetve folyamatos licencelését kell megemlíteni.

Hasonlóan fontos szoftveres fejlesztés a tanszéki CAD labor kialakítása, amelyben piacvezető 3D testmodellező CAD programok kerültek installálásra. Tíz darab SolidWorks licence a fejlesztő cég által kiírt pályázat elnyerésével, míg Pro/Desktop licencek felsőoktatási támogatással kerültek a tanszékre. Kari szintű támogatás eredményeként a Gépészmérnöki és Informatikai Karon a legszélesebb körben alkalmazott 3D-s CAD rendszer az NX UniGraphics.

Az egyes szakcsoportok munkáját jelentősen segítették a nem-számítástechnikai jellegű beszerzések is.

Az anyagszerkezettel, anyagvizsgálattal kapcsolatos

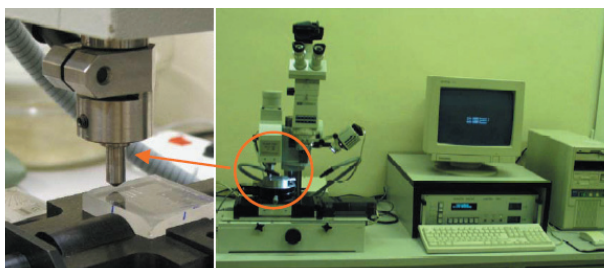
kutatások infrastruktúrális feltételeit javítja a TESLA gyártmányú Scanning electronmikroszkóp (1. ábra), az Axio Observer D1 kutató és stemi 2000C sztereo mikroszkóp, amelyek a tanszéki laborban kerültek installálásra. A berendezések lehetővé teszik a szubmikronos anyagszerkezet tanulmányozását. Részben erre épülve folynak a tanszéken a nemfém anyagok technológiájával, anyagfejlesztésekkel kapcsolatos kutatások is.



1. ábra. TESLA BS 343 scanning elektronmikroszkóp

Az 1. ábrán bemutatott, hordozható scanning elektronmikroszkóp tipikus alkalmazási területe az ipari minőségellenőrzési folyamatokban felmerülő feladatok megoldása, vagy például töretfelületek vizsgálata, károsodási folyamatok elemzése, mikro-méretű geometriai jellemzők meghatározása, stb. A berendezés helyhez kötött, nagyméretű berendezések felületvizsgálatára is alkalmas, így például hengerelt lemezek, nagyteljesítményű kazánok, hidak, atomerőművi reaktor tartályok hegesztett kötéseinek minőségellenőrzésére is.

A felületminősítések során alkalmazható az SP15-jelű karcvizsgáló berendezés, amely számítógéppel összekötve komplex vizsgálatokat tesz lehetővé (2. ábra).



2. ábra. SP15 karcvizsgáló berendezés

<sup>1</sup> egyetemi tanár, tanszékvezető, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, <http://www.met.uni-miskolc.hu>, e-mail: [tisza.miklos@uni-miskolc.hu](mailto:tisza.miklos@uni-miskolc.hu)

A karcvizsgáló kiválóan alkalmas bevonatolt felületek többrányú vizsgálatához. A különféle felületi rétegek, PVD, CVD, ill. egyéb bevonatok károsodási folyamatának leírására minőségi és mennyiségi mutatók határozhatók meg, pl. tapadó szilárdság, kopási tulajdonságok, súrlódási együttható, vagy a károsodási folyamat morfológiai jellemzői.

Speciális keménységmérési feladatok (pl. átédzhetősegi vizsgálatok, keménységeloszlás, fázisok, szövetelemek, vékony rétegek, bevonatok, fóliák keménységének meghatározása, kerámiák törési szívósságának meghatározása, stb.) végezhetőek fémes, keramikus és üvepróbákon a 3. ábrán látható, Mitutoyo típusú mikro-keménységmérő be-berendezés segítségével.



3. ábra. Mitutoyo mikro-keménységmérő berendezés

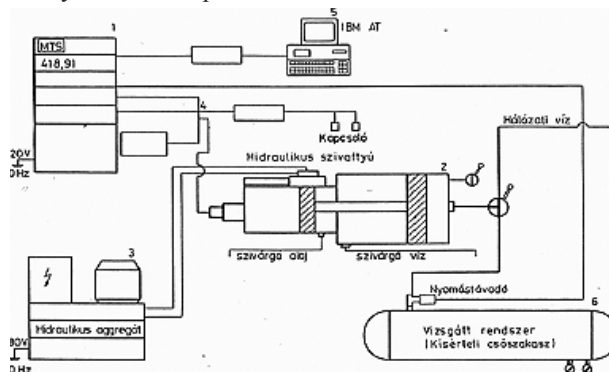
A tanszék anyagvizsgáló laboratóriuma a tanszék oktatási és kutatási tevékenységéhez kapcsolódó mechanikai anyagvizsgáló igények kielégítése mellett számos területen nyújt sokrétű szolgáltatást az ipar és más egyetemek, kutatóintézetek számára is.



4. ábra. MTS 810 típusú univerzális anyagvizsgálógép

A tanszéki anyagvizsgáló kutatások központi berendezése egy MTS gyártmányú, számítógéppel vezérelt, elektrohidraulikus, univerzális anyagvizsgáló berendezés (4. ábra), amelynek vizsgálati lehetőségei folyamatos fejlesztés, korszerűsítés révén állandóan bővülnek. A berendezés számítógéppel vezérelt mérő- és kiértékelő rendszerrel, 0-250 kN terhelési tartományban, kis (-130°C-ig) és nagy hőmérsékletű (1000°C-ig) vizsgálatok elvégzésére is alkalmas a mérnöki gyakorlatban előforduló legkülönbözőbb fém, polimer, kerámia és kompozit anyagú próbatesteken.

A laboratórium a diagnosztikai és mikroszerkezeti vizsgálatok, valamint a klasszikus, hagyományos roncsolásos vizsgálatok (kvázi-statisztikus, törésmechanikai, fárasztó-, ütés- keménységvizsgálatok) mellett olyan speciális szolgáltatásokra is felkészült, mint a csővezetékek és nyomástartó edények szerkezetintegritási vizsgálata. Ehhez biztosít korszerű vizsgálattechnikai háttérrel a nyomástartó rendszerek és csővezetékek vizsgálatára szolgáló, hazai vonatkozásban egyedülálló komplex vizsgálórendszer, amelynek elvi felépítési vázlatát az 5. ábrán látható.



5. ábra. Nyomástartó rendszerek komplex szerkezet integritási vizsgálatára alkalmas berendezés elvi vázlatát

Különös jelentőségük a valós méretű szerkezeti elemek vizsgálatai (full scale tests). Ehhez biztosít korszerű vizsgálattechnikai háttérrel az 5. ábrán bemutatott komplex vizsgálórendszer, valamint egy, a közelmúltban beüzemelésre került biaxiális MTS típusú szerkezetvizsgáló berendezés (6. ábra), amely a szerkezetintegritás témaköréhez kapcsolódó különféle feladatok megoldásában, a szerkezetek és berendezések komplex élettartam menedzselésében nyújt hatékony segítséget.



6. ábra. MTS 322 típusú, biaxiális szerkezetvizsgáló berendezés

Folyamatos fejlesztés révén bővül a dinamikus vizsgálatok végzésére alkalmas laboratóriumi egység, amelynek eredményeként a kisméretű műanyag és kerámia próbatestektől, a normál méretű fém próbatesteken keresztül, az egészen nagyméretű próbatestek műszerezett dinamikus ütő-, valamint műszerezett ejtősúlyos vizsgálataira is lehetőség nyílik. Az ütővizsgálatok 150/300J, illetve 2/15/25J maximális terhelhetőségű berendezéseken, változó terhelési sebesség mellett végezhető. Nemzetközi vonatkozásban is különleges lehetőség az elektro- és mágneses emissziós technikával kiegészített műszerezett ütővizsgálatok elvégzésének lehetősége.

A mechanikai anyagvizsgáló laboratórium kapcsán meg kell említeni, hogy a laboratórium *Komplex mechanikai anyagvizsgáló laboratórium* megnevezéssel a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal által kiírt pályázaton SKI (Stratégiai Kutatási Infrastruktúra) minősítést kapott.

A tanszék a mechanikai anyagvizsgálatok mellett széleskörű szolgáltatást nyújt a különféle roncsolásmentes hibafeltáró vizsgálatok (ultrahangos vizsgálat, radiológiai vizsgálatok), valamint a mechanikai technológiák (hegesztés, hőkezelés, képlékenyalakítás) technológiai vizsgálati terén is.

A képlékenyalakító laboratórium eszközparkjának kialakításakor és tovább fejlesztésekor elsődlegesen a szakcsoport oktatási, kutatási és ipari feladatainak megoldását tartottuk szem előtt. Ennek megfelelően találunk a képlékenyalakító laboratóriumban oktatási demonstrációs célú berendezéseket, tudományos kutatáshoz nélkülözhetetlen eszközöket és közvetlen, gyakorlati célú alkalmazásokat lehetővé tevő berendezéseket egyaránt.

A képlékenyalakító laboratórium legújabb és egyben legkorszerűbb berendezése egy komplex integrált lemezalakíthatósági vizsgáló rendszer, amely a Regionális Egyetemi Tudáscentrum támogatásával beszerzett elektro-hidraulikus, számítógép vezérlésű lemezvizsgáló gépet és egy automatizált optikai alakváltozás-mérő rendszerrel kiegészülve, a legkorszerűbb alakíthatósági vizsgálatok elvégzését teszi lehetővé.



7. ábra. Optikai alakváltozás mérő rendszerrel felszerelt komplex lemezvizsgáló berendezés

A 7. ábrán látható lemezalakíthatósági vizsgáló berendezés a lemezanyagok alakíthatósági jellemzőinek számítógéppel vezérelt vizsgálatán túlmenően, alakítási folyamatok alakítás közbeni elemzésére is alkalmas. E komplex alakíthatósági vizsgáló berendezés mind a tudományos kutatásban, mind pedig az ipari megbízások színvonalas teljesítésében fontos szerepet tölt be.

E korszerű alakíthatósági vizsgáló berendezés mellett a képlékenyalakítási kutatásokhoz és az e témakörhöz kapcsolódó oktatási tevékenységhez mechanikus (DKS-25 és DKS-40 típusú, DIGÉP gyártmányú) excenter prések, PYE-63 típusú, kettősműködésű hidraulikus mélyhúzó prés, NC vezérlésű táblaolló, valamint egy hengerkoordinátás alakító robotot és különféle FESTO adagoló-előtoló egységeket is tartalmazó, rugalmas alakító gyártócella (8. ábra) biztosítja a szükséges infrastrukturális hátteret.



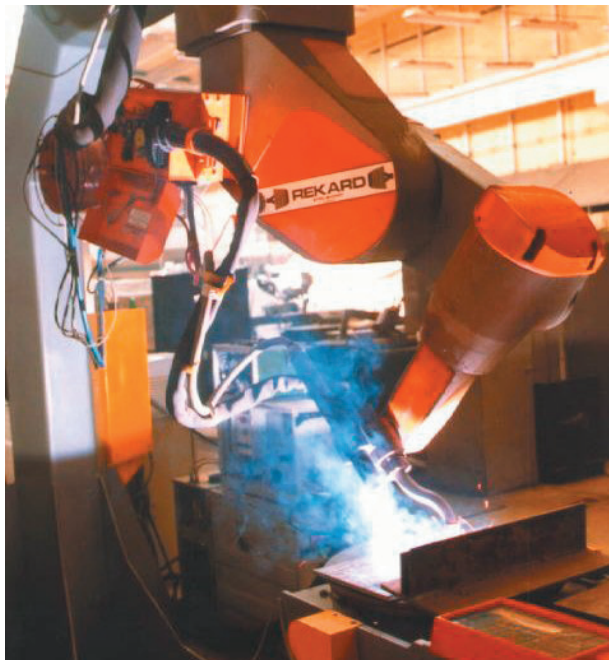
8. ábra. Rugalmas alakító gyártócella a képlékenyalakító laboratóriumban

A 2000-2010. közötti években a hegesztés témájú tárgyak élményszerző oktatásához és egyszerű megfigyelésekhez, szemléltetésekhez a hegesztő laboratóriumban végrehajtott fejlesztések biztosítják az ömlesztő- és sajtolóhegesztési alaptermotechnológiák bemutatását, gyakorlását, illetve hegesztési kísérletekhez szükséges feltételeket.

Bevontelektródás hegesztésre alkalmas invertereket állítottunk üzembe, amelyek digitális kijelzővel, valamint egyszerű beállítási és polaritás váltási lehetőséggel rendelkeznek. Biztosítva a hallgatók számára az eljárás gyakorlását. A környezetvédelmi és egészségvédelmi

követelményeknek új, nagyteljesítményű elszívó berendezések üzembe állításával és alsó elszívású demonstrációs asztalok beállításával tettünk eleget.

A hegesztő szakirányos MSc, valamint a hegesztő szakmérnök (EWE/IWE) képzés igényeihez igazodva korszerűbbre cseréltük a programozható manipulátorral ellátott ívhegesztő robot vezérlését (8. ábra).



9. ábra. 3D-s pályavezérlésű ívhegesztő robot

Beszerezésre került egy 160 kVA teljesítményű, programozható, impulzus üzemre is alkalmas ellenálláspont- és dudor-hegesztőgép, amely a demonstrációs célokon túl-

menően kiegészítő műszerezéssel (oszilloszkóp, erő- és árammérő cella) tudományos kutatásokra is jól alkalmazható. Az ellenállás hegesztés fejlesztése témájú kutatási projektünkhez kapcsolódóan megvásároltuk a gyártó legújabb vezérlőjét, amely az elektródkopástól és a külső zavarásoktól függetlenül állandó árammal, állandó teljesítményszinttel és állandó energiával képes egy-egy hegpontot meghegeszteni.

A folyó TIOP pályázat keretében nyílt lehetőségünk egy ESAB gyártmányú láng-és plazmavágó állomás (10. ábra) beszerzésére. A CNC vezérléssel rendelkező, korszerű láng- és plazmavágó berendezés portálrendszerű vágóasztallal, 5000 mm pályahosszal és 2000 x 3000 mm-es lemeztábla vágására alkalmas munkaterülettel rendelkezik. A különféle anyagokhoz többféle munkagáz alkalmazható. E berendezés üzembe állításával a vágási teljesítmény, a vágásminőség és a vágás gazdaságosságának az eddigieknél átfogóbb kutatására nyílik lehetőség. A berendezés reményeink szerint a régióban hegesztést végző cégekkel új kutatási-fejlesztési kapcsolatok kiépítését is lehetővé teszi.

Tanszékünk több évtizede élenjáró szerepet tölt be a felületmódosító termokémiai kezelések kutatásában, mindazok fejlesztésében, mind az eljárások hazai bevezetésének elterjesztésében. A tudományos kutatásokat és az ipari fejlesztést korszerű, kétkamrás, cserélhető retortás hőkezelő berendezés támogatja, amely nitridálásra, nitrocementálásra és cementálásra egyaránt alkalmas. A közelmúltban került sor a LINDE Kft-vel együttműködve a nitridáló rendszer új gázelosztó és programszabályozó egységének kiépítésére, illetve modernizálására. Az egyetemi oktatáshoz tartozó demonstráció feltételeit és a kutató-fejlesztő munka lehetőségeit több általános rendeltetésű kamrás kemence beszerzésével javítottuk.



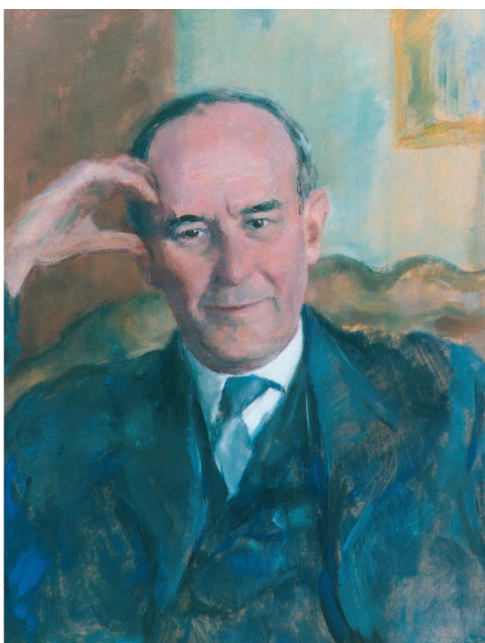
10. ábra. ESAB gyártmányú, CNC vezérlésű láng- és plazmavágó berendezés

# ÖTVEN ÉVES A MAGYARORSZÁGI HEGESZTŐ SZAKMÉRNÖK-KÉPZÉS

Dr. Tisza Miklós<sup>1</sup>, Dr. Török Imre<sup>2</sup>

## 1. AZ ALAPÍTÓ ZORKÓCZY BÉLA PROFESZ- SZOR ÉLETÚTJÁNAK RÖVID BEMUTATÁSA

Hatvan évvel ezelőtt alapította meg az akkori Nehéz-  
ipari Műszaki Egyetemen (ma Miskolci Egyetem) a Me-  
chanikai Technológiai Tanszékét Zorkóczy Béla profesz-  
zor, akit a Vallás- és Közoktatásügyi Miniszter 1950.  
szeptember 15-i hatállyal nyilvános rendes tanárnak ne-  
vezett ki a Gépészmérnöki Karra.



Dr. Dr. hc. Zorkóczy Béla (1898-1975)

Zorkóczy professzor elfogadva az egyetemi tanári és  
tanszékvezetői kinevezést, hatalmas energiával fogott  
hozzá a tanszék, illetve az oktatás szervezéséhez és  
korábbi oktatási és szakmai tapasztalatait felhasználva  
állította össze a tanszék tantárgyainak tananyagait [1].

Zorkóczy professzor szakmai, tudományos tevékeny-  
sége kezdetétől fogva intenzíven foglalkozott a hegesz-  
tés hazai helyzetével, fejlesztésének kérdéseivel és rend-  
re megfogalmazta javaslatait. Így például „Mit nyújt,  
és mit kíván az ívhegesztés?” című cikkében 1930-ban  
meghatározta elsőként a hegesztő szakmunkással, he-

gesztő technológiussal, hegesztő szakmérnökkel szem-  
beni elvárásokat és javaslatot tett a posztgraduális he-  
gesztő szakmérnök-képzés bevezetésére is [2], továbbá  
részt vett hazánk képviseletében Hágában az I. Nemzet-  
közi Hegesztési Kongresszuson és publikációjában [3],  
[4] összefoglalta annak tanulságait.

Tudományos életrajzában [1] Zorkóczy professzor az  
alábbiakat írta: „Tudományos munkám első célkitűzése  
volt, hogy a magyar gépipar műszaki szakembereinek  
véérébe beoltsam a metallográfia alapján végzett tudatos  
hőkezelés elveit. Tudományos tevékenységem egy részét  
ennek a célnak szenteltem. ... Tudományos munkám má-  
sodik célja a hegesztéstechnika hazai kifejlesztése volt.”

Részt vett a Vas- és Fémipari Kutatóintézet keretei kö-  
zött 1952-ben megalakult Hegesztési Tanácsadó Testület  
munkájában, a hazai Hegesztési Konferenciák szervezé-  
sében. Így Zorkóczy professzor szervezője és előadója  
volt a II. Hegesztési Konferenciának, amely javaslatára  
határozatot fogadott el, többek között:

- a GTE-n belül önálló Hegesztési Szakosztály létreho-  
zásáról, valamint
- a hegesztő szakmérnök-képzés elindításáról [5].

A Konferencia határozatának sikeres megvalósítása  
érdekében a Hegesztési Szakosztály elnöki tisztségét  
1958-1971-ig töltötte be és tiszteletbeli elnöke volt halá-  
láig: e tisztségében is élére állt a hegesztő szakmérnök-  
képzés megszervezésének [6]. Kezdeményezésére az  
NME Gépészmérnöki Kara 1958. június 5-én előterjesz-  
tést tett a Művelődésügyi Minisztériumnak a hegesztő  
szakmérnök-képzés megindítására, és az 1960. május  
12-én kelt, 28066/1960. Művelődésügyi Minisztériumi  
leirat kilátásba helyezte az 1960/61-es tanévben a képzés  
beindításának lehetőségét [7].

## 2. A HEGESZTŐ SZAKMÉRNÖK-KÉPZÉS ELSŐ IDŐSZAKA (1961-1976)

Az előzőekben ismertetett előzmények után az 1960-  
ban elfogadott tanterv alapján indulhatott a képzés az  
1960/61-es tanév II. félévében.

A tanterv kidolgozásához Zorkóczy professzornak,  
mint a szakvezető tanszék vezetőjének, sikerült meg-  
nyernie a fiatal Gépészmérnöki Kar négy – a képzéshez  
szakmailag elengedhetetlen – tanszékét és a tanszékek  
legjobb erőit. Az oktatásban így a kezdetektől részt vett  
az Elektrotechnikai, a Mechanikai, a Szállítóberendezé-  
sek, valamint az Ipargazdaságtani Tanszék. Az elfoga-  
dott tanterv részleteit mutatja be az 1. táblázat.

<sup>1</sup> egyetemi tanár, tanszékvezető, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, <http://www.met.uni-miskolc.hu>, e-mail: [tisza.miklos@uni-miskolc.hu](mailto:tisza.miklos@uni-miskolc.hu)

<sup>2</sup> egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tan-  
szék, <http://www.met.uni-miskolc.hu>, e-mail: [metti@uni-miskolc.hu](mailto:metti@uni-miskolc.hu)

1. táblázat A NME Gépészmérnöki Kar Hegesztő Szakmérnöki Szak tanterve és tárgyjegyzői (1960/61)

Tantárgy		Órák száma félévente			
Sorszám	neve	1	2	3	4
1.	Mechanika I-II.; Dr. Sályi István	20 k 20	10 k 10		
2.	Hegesztés villamos alapismeretek; Urai Vilmos	20 k 10			
3.	Hegesztési anyagismeret; Pogány Miklós	16 k 14			
4.	Hegesztéstechnológia I-II-III-IV.; Dr. Zorkóczy Béla	20 k 0	30 k 20	37 k 20	32 k 28
5.	Hegesztett szerkezetek tervezése I-II.; Vankó Richárd		22 k 8	24 k 16	
6.	Kézi hegesztőgépek; Urai Vilmos		12 k 8		
7.	Ellenálláshegesztő gépek; Urai Vilmos			13 k 10	
8.	Hegesztő automaták; Urai Vilmos				20 k 10
9.	Hegesztés anyagvizsgálata; Dr. Zorkóczy Béla				15 k 15
	Órák összesen	120	120	120	120

Az 1960-ban elfogadott tanterv a mérnöki alaptárgyi ismeretekre (mechanika, anyagtudomány, villamosság-tan) építve a hegesztés technológiáját, a hegesztett szerkezetek gyártását, vizsgálatát és tervezését megfelelő mélységben és terjedelemben tartalmazta a képzéshez. A 480 órás, diplomaterv készítéssel záruló képzés célja olyan hegesztő szakmérnökök képzése volt, akik alapos elméleti és gyakorlati ismeretekkel rendelkeznek a hegesztéstechnológiában, a hegesztett szerkezetek tervezésében, továbbá a hegesztés elektrotechnikai ismereteiben egyaránt. Ez a tanterv akkor az egyik legkorszerűbbnek volt tekinthető [8], [9].

A Nehézipari Műszaki Egyetem magyar nyelvű közleményei az elinduló képzésről így ír: „1961. február 13.: Ünneplés keretében indult meg az egyetem első szakmérnök-képző tanfolyama, a hegesztő szakmérnöki szak...„[10]

A négy érintett tanszék akkori vezetője a feladat fontosságára tekintettel felvállalta kezdetektől a szak építésének nem kis terheit, annak reményében, hogy egy szakmailag fontos területre képez a kar szakembereket. A szakvezető tanszék személyi állománya, a képzés elindulásakor nem tette lehetővé az oktatási feladatok teljes körű ellátását, ezért Zorkóczy professzor az oktatási színvonal biztosításához egy-egy témakör előadására felkérte az országban elérhető legfelkészültebb szakembereket, akik az oktatáshoz szükséges jegyzetek, tananyagok elkészítésében is részt vettek. Így a tanszék kezdeményezésére bekapcsolódott az oktatásba többek között Pogány Miklós, okleveles vegyészmérnök, Dr. Buray Zoltán, a FÉMKUT osztályvezetője, Becker István, az ERŐKAR laborvezetője, Molnár László és Dr. Tury Aladár, mindketten a VASKUT munkatársai.

A hegesztő szakmérnök-képzés előkészítése során rögzítésre került, hogy az előadók az előadások anyagát hétről-hétre leírják és a helyi jegyzetszorosító üzemben leszorosítva oktatási segédletként kerül a hallga-

tóság kezébe [7]. Az így kiadott segédletek gyűjteménye lett a későbbi jegyzetek alapja, és elkészült a képzés során az a ma is alapszámú számítógépes tananyag, amely a következő közel két évtized oktatását hatékonyan segítette és számos témakörben ma is szakmailag meghatározó.

A több mint 2000 oldal terjedelmű tananyag, amely szinte az első képzési ciklus végére elkészült és a hallgatók rendelkezésére állt, biztosította a korszerű képzés feltételeit, nem csak a Miskolci, hanem az időközben (1962) a Budapesti Műszaki Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszékén is beindult képzéshez.

A hegesztő szakmérnök-képzés első időszakában összesen a 10 évfolyamon 147 fő hegesztő szakmérnök végzett.

### 3. A HEGESZTŐ SZAKMÉRNÖK-KÉPZÉS MÁSODIK IDŐSZAKA (1977-1992)

A hegesztő szakmérnök-képzés első reformját az tette szükségessé, hogy a gépészmérnök képzésben 1974-ben megindult a szakirányos ágazati képzés, továbbá a hegesztés területének igen dinamikus fejlődése eredményeként újabb technológiák, új gyártási módszerek, korszerű hegesztőgépek és mindezekhez kapcsolódó számítástechnikai ismeretek megjelenése mind a korszerűsítés szükségességének irányába hatottak [8].

Ezt a helyzetet figyelembe véve – az időközben a tanszék éléről nyugállományba vonult Zorkóczy professzort váltó – Romvári Pál professzor irányításával a tanszék korszerűsítette a hegesztő szakmérnöki képzés tantervét [8]. Megtartva a négy féléves képzés egyenletes 120-120 órás órakeretét, a képzésbe bekerült a korszerű számítástechnikai ismeretek oktatása is [11].

A hegesztő szakmérnök-képzés második időszakában két évfolyamon 41 fő hegesztő szakmérnök végzett.



*Dr. Romvári Pál (1929-2008)*

A Gépipari Tudományos Egyesület Hegesztési Központi Szakosztálya – amelynek Zorkóczy professzor alapító elnöke és haláláig tiszteletbeli elnöke (1958-1975) volt – megalakulásának 25. évfordulója alkalmából (1983-ban) [12] Zorkóczy Béla Emlékéremet alapított „**A HEGESZTÉS FEJLESZTÉSÉÉRT**” elismerésére.

Tanszékünk 1990-ben a Hegesztő Szakmérnök-képzés területén végzett munkája elismeréséért kapta meg az alapító professzoráról elnevezett Emlékéremet.

#### **4. A HEGESZTŐ SZAKMÉRNÖK-KÉPZÉS HARMADIK IDŐSZAKA (1993-2008)**

Időközben létrejött az Európai Hegesztési Szövetség – European Welding Federation (EWF) – amely fő feladatának tekintette a hegesztő szakemberek egységes képzési-, vizsgáztatási- és minősítési rendszerének kidolgozását, azaz egy olyan tantervi és tananyag minimum követelmény meghatározását, amelynek oktatása egyenértékűvé teheti a tagországokban a hegesztés területén szerezhető diplomákat.

Az EWF első harmonizált irányelve a hegesztő szakmérnök-képzésre vonatkozott, mivel jelentős eltérés volt tapasztalható a tagállamokban a képzés idejében és tartalmában (pl. 180 -1350 óras képzési idő) [13]. A kidolgozott minimum követelmények elfogadására 1991-ben került sor. A tanszék 1993-ban módosított tantervét, amely az EWF (Doc.02-409-93) elvárásait maradéktalanul kielégítette, így ez alapján indította el a képzést.

E harmadik időszakra kidolgozott tanterv is megtartotta a 480 kontaktórás képzést és diplomaterv készítése kötelezettséget a hegesztő szakmérnöki diploma megszerzéséhez, amely kielégíti – és korábban is jó egye-

zőséggel fedte le – az EWF minimum követelményéhez rendelt 446 óras képzési időt [14].

Az érintett időszakban (1993-2008) induló 7 évfolyam során összesen 97 fő szerzett hegesztő szakmérnöki oklevelet.

#### **5. A HEGESZTŐ SZAKMÉRNÖK-KÉPZÉS NEGYEDIK IDŐSZAKA (2009-)**

Az Európai Unióhoz történő csatlakozást megelőzően a Bologna-folyamatra való áttérés, amely a felsőoktatás harmonizációjának megteremtésével biztosítja az egységes európai felsőoktatási rendszerbe való illeszkedést, átalakította a hazai műszaki felsőoktatás struktúráját. Kiepült a bolognai rendszer mindhárom szintje: alapképzés (7 féléves BSc), mesterképzés (4 féléves MSc), doktori képzés (PhD). Mivel az EWF tagországi döntő hányadában az EWE képzés bemeneti feltételeként a BSc diploma meglétét kérik, ezért hazánk is kezdeményezte a bemeneti feltétel módosítását, amelyet a Nemzetközi Felhatalmazó Testület (International Authorisation Board, IAB) 2007-ben elfogadott [15, 16].

Így a tanszék 2009-ben előterjesztést készített – az intézményi Szenátus támogató döntését követően – a Felsőoktatási Regisztrációs Központ felé az új képzési és kimeneti követelményekre építő saját tanterv alapján szervezett szakirányú továbbképzés nyilvántartásba vételére: „*Nemzetközi Hegesztő Szakirányú Továbbképzési Szak*” – ME megnevezéssel; ennek mintatantervét a 2. táblázat tartalmazza [17, 18].

Az új rendszerű Szakirányú Továbbképzési Szakon résztvevő, azt sikeresen teljesítő jelöltek a korábbi kurzusokat elvégzőkhöz hasonlóan kellő eséllyel vehetnek részt az EWE/IWE írásbeli és az azt követő közös szóbeli záróvizsgán [18].

A 2010 februárjában elindult új rendszerű képzésben, amely sorrendben a 20. évfolyam, jelenleg 21 fő folytat tanulmányokat.

#### **6. A HEGESZTŐ SZAKMÉRNÖK-KÉPZÉS MISKOLCI SAJÁTOSSÁGAI**

A négy időszakra tagolható, 50 éve folyó képzésben napjainkban a 20. évfolyam folytatja tanulmányait. A különböző időszakokban változó szerkezetben folyó képzések közös jellemzői közül kiemelést érdemelnek az alábbiak:

- a hazai hegesztő szakmérnök-képzés felvételi (bemeneti) követelménye egyetemi (gépész-, villamos-, építő- és közlekedésmérnöki) végzettség és két éves üzemi gyakorlat volt 2008-ig,
- a képzés minden esetben 5 féléves, mintegy 500 kontaktórás, 14-16 kollokviummal, diplomaterv készítéssel és záróvizsgán lefolytatott diplomaterv védéssel zárult,

2. táblázat. Nemzetközi Hegesztő Szakirányú Továbbképzési Szak tanterve és tárgyjegyzői (2009-)

<b>Tantárgy</b>		<b>Órák száma félévente (kredit)</b>		
<b>sorszáma</b>	<b>neve</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1.	Anyagszerkezetan Dr. Nagy Gyula	27 k (5)		
2.	Hegesztő eljárások I. Dr. Balogh András	40 k 5 (8)		
3.	Hegesztő berendezések Kristóf Csaba	26 k (5)		
4.	Hegeszthetőség I. Dr. Komócsin Mihály	42 k (7)		
5.	Hegesztési gyakorlat I. II. III. Dr. Székely Ferenc	30 (3)	20 (2)	10 (1)
6.	Hegesztő eljárások II. Dr. Török Imre		30 k 6 (7)	
7.	Hegeszthetőség II. Dr. Török Imre; Dr. Béres Lajos		40 k (7)	
8.	Hegesztett kötések vizsgálata Dr. Gál István; Dr. Székely Ferenc		34 k 6 (6)	
9.	Hegesztett kötések szilárdságtana Dr. Balogh András		34 k (6)	
11.	Hegesztett szerkezetek tervezése Dr. Farkas József			26 k (5)
12.	Hegesztett szerkezetek gyártása, minőségbiztosítás Dr. Gremesberger Géza			44 k (8)
13.	Automatizálás, robotok Dr. Komócsin Mihály; Dr. Jármái Károly			30 k (7)
14.	Esettanulmányok Dr. Török Imre			34 f (5)
16.	Diplomatervezés			26 f (8)
	Órák összesen	170	170	170

- az oktatásban résztvevő oktatók, iparban dolgozó és az oktatásba bevont szakemberek felkészültsége, tudományos fokozata (minősítése) mindenkor biztosította a magas szintű szakmai képzést és annak folyamatos fenntartását, amelyet mind a hazai, mind pedig a külföldi fejlesztésben, gyártásban dolgozó szakmérnökeink sikerei, elismertsége igazoltak, igazolnak,
- a képző intézmény mindenkor biztosította a kellő színvonalú tananyagokat, kezdetekben írásos formában (jegyzetek, oktatási segédletek), a későbbiekben, CD formában, amelyet átadott a képzésben résztvevőknek,
- az intézmény végzett szakmérnökei számára biztosította a folyamatos továbbképzést, a szakmai konzultációt és együttműködést és igényelte a visszacsatolás lehetőségét a képzés továbbfejlesztésére,
- a tanszék az EWF minimumkövetelményeinek figyelembevételével elkészítette az új rendszerű Nemzetközi Hegesztő Szakirányú Továbbképzési Szak három féléves, a BSc bemeneti feltételre épülő tananyagát, így a képzés 2010 februárjától e tanterv és tananyagok szerint folyik.

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

[1] A Nehézipari Műszaki Egyetem Közleményei III. sorozat Gépészet. 22. kötet 4. füzet, Miskolc, 1976. KSZ 76-1610 – NME, p. 175-256.

- [2] ZORKÓCZY B.: Mit nyújt és mit kíván az ívhegesztés? Műszaki Közlöny 2 (1930) dec. p. 4-5.
- [3] ZORKÓCZY B.: Az I. Nemzetközi Hegesztéstechnikai Kongresszus tanulságai, Anyagvizsgálók Közlönye, Budapest, 1932.
- [4] DR. TERPLÁN Z.: Zorkóczy Béla professzor tudományos és egyéb írásainak jegyzéke, Egyetemi Közlöny III. sorozat, Gépészet, 22. kötet, Miskolc, 1976. p. 227-242.
- [5] DR. RITTINGER J.: A Hegesztési Szakosztály rövid története X. Országos Hegesztési Tanácskozás, Siófok-Balatonszéplak-felső, 1998. április 23-24. GTE, p. 11-20.
- [6] Jegyzőkönyv a Nehézipari Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karának 1960. október 25-én tartott rendes Kari Tanács üléséről.
- [7] Jegyzőkönyv a Nehézipari Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karának 1961. január 10-én tartott rendes Kari Tanács üléséről.
- [8] DR. ROMVÁRI P. – DR. PIRKÓ J.: A hegesztő szakmérnök-képzés tapasztalatai a Nehézipari Műszaki Egyetemen, GÉP XXXV. Évf. 1983. 12. p. 475-476.
- [9] DR. TERPLÁN Z. szerk.: 50 éve Miskolcon, Fejezetek a Miskolci Egyetem történetéből Miskolc, 1999, MicroPress Kft. Miskolc, ISBN 963-661-384-2, p. 1-301.
- [10] DR. TERPLÁN Z. főszerk.: A Nehézipari Műszaki Egyetem Magyar Nyelvű Közleményei XVIII. Kötet, Miskolc, 1971. Borsod Megyei Nyomda, p. 1-239.



- [11] A Nehézipari Műszaki Egyetem Évkönyve 1981/82. tanév.
- [12] DR. GÁTI J.: Zorkóczy Béla Emlékérem. X. Országos Hegesztési Tanácskozás, Siófok-Balatonszéplak-felső, 1998. április 23-24. GTE, p. 9-10.
- [13] DR. D. BÖHME: A hegesztőszemélyzet minősítése – az európai harmonizálás jelenlegi helyzet. Hegesztéstechnika, 1995/2. p. 3-7.
- [14] DR. KOMÓCSIN M.: Euro hegesztőmérnöki diplomát adó képzés indult a Miskolci Egyetemen. Hegesztéstechnika, 1993/4. p. 57-63.
- [15] DR. KOMÓCSIN M.: A hegesztő szakmérnök-képzés múltja, jelene és jövője a Miskolci Egyetemen, Gépgyártástechnológia, XI. évf. 2000(8) p. 41-45.
- [16] DR. KOMÓCSIN M.: A nemzetközi (és európai) hegesztőmérnöki és hegesztőtechnológusi képzés megszervezése. Hegesztéstechnika, XVIII. évf. 2007(1) p. 79.
- [17] DR. PALOTÁS B.– DR. TÖRÖK I.: Új rendszerű Szakirányú Továbbképzési Szak a Hegesztő szakmérnök-képzésben. Hegesztéstechnika, XXI. évf. 2010(1), p. 93-94.
- [18] DR. TISZA M.-DR. TÖRÖK I.: A hegesztés oktatásának Bolognai folyamathoz igazítása a mérnök-képzésben. 25. Jubileumi Hegesztési Konferencia, Budapest, 2010. május 19-21. p. 13-24.



**Nemzetközi Hegesztő Szakmérnök**  
szakképzettséget adó képzés indul  
a MISKOLCI EGYETEMEN



**NEMZETKÖZI HEGESZTŐ SZAKIRÁNYÚ**  
**TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK**  
keretében

A Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kara kellő számú jelentkezés esetén rendszeresen indítja a Nemzetközi Hegesztő Szakirányú Továbbképzési Szakát. A képzés 3 féléves, diplomaterv készítéssel és záróvizsgával végződik, amelyen a jelöltek – sikeres vizsga esetén – **nemzetközi hegesztő szakmérnök** oklevelet szerezhetnek.

A hegesztő szakmérnöki képzés tanterve és tananyaga az EWF (Európai Hegesztési Szövetség) által előírt követelményeket maradéktalanul kielégíti, ezért a résztvevők a **NEMZETKÖZI HEGESZTŐMÉRNÖKI DIPLOMÁT (EWE/IWE)** is megszerezhetik.

A hegesztő szakmérnök képzés célja, hogy a hegesztés és rokoneljárásai területén megfelelő mélységű szakmai, tudományos és gyakorlati ismereteket adjon a következő témakörökben:

- anyagtudomány (anyagismeret és hegeszthetőség, anyagvizsgálat)
  - hegesztőeljárások és berendezések,
  - hegesztett szerkezetek tervezése,
- hegesztett szerkezetek gyártása és minőségbiztosítása.

A képzés önköltséges, a tandíj félévente 400 e Ft/fő (létszámfüggő), ami magába foglalja a képzési, a gyakorlati munka, a diplomatervezés konzultálási és tananyag átadás díját.

A záróvizsga és nemzetközi hegesztőmérnöki együttes vizsga díja 160 e Ft/fő.

A képzésben résztvevők félévenként négy alkalommal 5-5 napot töltenek az egyetemen, az első időszak várhatóan 2011. szeptember második fele.

A képzésre a bemeneti feltétel: gépészmérnöki (főiskolai, BSc, MSc szintű) diploma és két éves gyakorlat. További információkkal a tanszék készsége áll rendelkezésre.

A képzésre jelentkezni lehet: **Miskolci Egyetem, Felnőttképzési Regionális Központ**  
3515 Miskolc-Egyetemváros <http://www.felnottkepzes.uni-miskolc.hu>

# A hegesztési varratok szépsége belülről fakad!

- Csúcstechnológia
- Megbízhatóság
- Ergonómia

**REHM**  
Hegesztéstechnika

Az Ön partnere a hegesztésben!



**MCE**  
NYÍREGYHÁZA

MCE Nyíregyháza  
acélhidak gyártója

www.mce-smb.at

Az M43 autópálya Tisza-híd ártér feletti szakaszának eleme gyártás közben.

# A MISKOLCI EGYETEM MECHANIKAI TECHNOLÓGIAI TANSZÉKE ANYAGVIZSGÁLÓ SZAKCSOPORTJÁNAK KUTATÁSI TEVÉKENYSÉGE A 2001–2010 KÖZÖTTI IDŐSZAKBAN

*Dr. Lukács János<sup>1</sup>, Cserjésné Sutyák Ágnes<sup>2</sup>, Dr. Gál István<sup>3</sup>,  
Koncsik Zsuzsanna<sup>4</sup>, Koritárné Fótos Réka<sup>5</sup>, Dr. Marosné dr. Berkes Mária<sup>6</sup>, Dr. Nagy Gyula<sup>7</sup>,  
Szávai Szabolcs<sup>8</sup>, Dr. Tóth László<sup>9</sup>*

## 1. BEVEZETÉS

A Szakcsoport kutatási és oktatási munkájának középpontjába – az előző 10 esztendőben is – a szerkezetek integritását, élettartam gazdálkodását állította. E témakörben kialakult a Tanszék egyik, hazai téren elismert és a nemzetközi szakmai életben is elfogadott „arculata”. Ugyanakkor, és ezen belül, jól megfigyelhető néhány hangsúly eltolódás, illetve témakör megjelenés, amelyek a korábbi időszakra nem, vagy csak kisebb súllyal voltak jellemzőek. Ilyen az anyagminőség paletta szélesedése (kerámiák, kompozitok súlyának növekedése), a próbatertes vizsgálatok mellett a szerkezeti elemeken, szerkezeteken folyó vizsgálatok arányának növekedése, vagy a valós igénybevételek mind teljesebb megközelítése, természetesen egymással szoros összefüggésben.

A Szakcsoportban folyó kutató munka három fő tárgykör köré csoportosítható:

- szerkezetintegritás, élettartam gazdálkodás;
- károsodási folyamatok vizsgálata, terhelhetőséggel összefüggő elemzések;
- anyagtulajdonságok meghatározása, különös tekintettel a törésmechanikai mennyiségekre.

A közlemény célja a 2001-2010 közötti időszakban végzett kutatómunka és eredményeinek rövid bemutatása, a terjedelmi korlátok miatt a teljességre való törekvés igénye nélkül.

## 2. SZERKEZETINTEGRITÁS, ÉLETTARTAM GAZDÁLKODÁS

A szerkezetintegritással, élettartam gazdálkodással foglalkozó kutatások több dimenzióban folytak, átfogták

<sup>1</sup> egyetemi tanár, szakcsoportvezető, e-mail: janos.lukacs@uni-miskolc.hu

<sup>2</sup> tanszéki mérnök, e-mail: mechsagi@gold.uni-miskolc.hu

<sup>3</sup> egyetemi adjunktus, e-mail: metgal@uni-miskolc.hu

<sup>4</sup> tanársegéd, e-mail: metkzs@uni-miskolc.hu

<sup>5</sup> tanársegéd, e-mail: metkfr@uni-miskolc.hu

<sup>6</sup> egyetemi docens, e-mail: metmar@gold.uni-miskolc.hu

<sup>7</sup> egyetemi docens, e-mail: metnagy@gold.uni-miskolc.hu

<sup>8</sup> egyetemi adjunktus, e-mail: szavai.szabolcs@bay-logi.hu

<sup>9</sup> egyetemi tanár, e-mail: tlaszlo@bzlogi.hu

<sup>1-9</sup> Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, www.met.uni-miskolc.hu

a konkrét szerkezeti elemtől a teljes rendszerig terjedő skálát. A legösszetettebb feladatokat – ebben a tárgykörben is – a csővezetékek területén oldottuk meg.

A fém-polimer hibrid csövek élettartam gazdálkodása tárgyú kutató munka célja a fém-polimer hibrid csövek ciklikus, a különböző terhelésekből adódó fárasztó igénybevétellel szembeni ellenállásának meghatározása, továbbá a csövek élettartamának becslése volt. Irodalomkutatást végeztünk külső és belső megerősítésű hibrid csövek témakörben, kitérve az anyagminőségek, a megerősítési technológiák, a károsodási mechanizmusok, a károsodás detektálási lehetőségek és a méretezési (élettartam becslési) módszerek kérdéseire. Anyagjellemzőket és anyagi mérőszámokat gyűjtöttünk a kísérleti és a numerikus számítási feladatok megoldásához, kiegészítő anyagvizsgálatokat végeztünk hiányzó mennyiségek meghatározására [1, 2]. Fárasztó- és repesztő vizsgálatokat végeztünk polimer mátrixú kompozittal megerősített kísérleti csőszakaszokon (1. ábra), elemeztük a tönkremeneteli folyamatokat [3]. Összhangban a kísérleti munkával, végeselemes modelleket alkottunk megerősítés nélküli és megerősített csőszakaszokra, folyamatosan pontosítottuk azokat [4, 5], a kísérleti eredményeket összevetettük a számítások eredményeivel [6, 7]. A számításokkal egyúttal kialakultak a méretezési (élettartam becslési) módszerek is. Kidolgoztuk a hibrid csövek károsodása követésének technológiáját. A kutató munkában a Tanszék mellett, a BME Polimertechnika Tanszéke, továbbá a Széchenyi István Egyetem (Győr) Alkalmazott Mechanika Tanszéke és Informatika Tanszéke vett részt (OTKA T 049126).



1. ábra. Polimer mátrixú kompozittal megerősített hibrid csőszakasz fárasztó- és repesztő vizsgálat után.

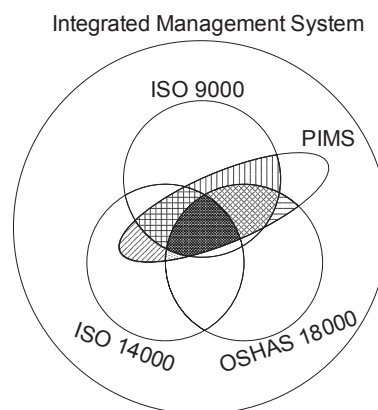
A polimer mátrixú kompozittal erősített hibrid csövek integritása tárgyú – az OTKA kutatáshoz szorosan kapcsolódó – munka keretében több szakaszban végeztük el a kitzűtött feladatokat. Ezek a következők voltak: adatbázis fejlesztések, az alapanyagok vizsgálati feladatainak megfogalmazása, vizsgálatok alapanyagokon; hibrid csövek vizsgálati feladatainak megfogalmazása, hibákat nem tartalmazó hibrid csövek vizsgálata, károsodott és megerősített hibrid csövek készítése; károsodott és megerősített hibrid csövek vizsgálata; méretezési, élettartam becslési és optimalizálási algoritmusok leírása, a károsodás követésére alkalmas technológia kidolgozása; ellenőrző számítások és vizsgálatok, a hibrid csövek időszakos felülvizsgálati technológiájának kidolgozása; disszeminációs konferencia [8], tananyagfejlesztés. A kutató munkában a Tanszék, a ME Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszéke, a BME Polimertechnika Tanszéke, Gép- és Terméktervezés Tanszéke, a SZE Alkalmazott Mechanika Tanszéke, Informatika Tanszéke, a Budaplast Műanyagipari és Kereskedelmi Zrt., valamint a POLINVENT Fejlesztő, Kivitelező és Értékesítő Kft. vett részt (GVOP-3.1.1.-2004-05-0215/3.0).

Döntéselőkészítő tanulmányt készítettünk a Csövezeték Integritás Irányítási Rendszer (Pipeline Integrity Management System = PIMS) hazai bevezetésére. Ennek keretében bemutattuk a téma fontosságát és időszerepességét; áttekintettük és összehasonlítottuk a napjainkra jellemző nemzetközi és hazai szabályozási háttérrel és gyakorlatot; javaslatot tettünk a MOL Rt. Földgázszállításnál bevezetendő PIMS tartalmára (2. ábra) úgy, hogy bemutattuk a PIMS feladatát, helyét és szerepét a szervezetben és annak működésében, elemeztük a nemzetközi szakirodalomban található PIMS modelleket, összegeztük a MOL Rt. Földgázszállítás üzemeltetési gyakorlatában meglévő és az onnan hiányzó PIMS elemeket, továbbá kitértünk a PIMS bevezetésének várható következményeire, végeztük pedig vázoltuk a PIMS bevezetéséhez szükséges további feladatokat és javaslatot tettünk a bevezetés menetrendjére [9].

A témát – évekkel később – folytattuk, akkor három kérdéskörre fókuszálva: a PIMS korábban javasolt koncepciójának áttekintése a vonatkozó nemzetközi és egyes hazai dokumentumoknak való megfelelés vonatkozásában; a súlyos balesetek megelőzési irányelvei, illetve a súlyos balesetek megelőzési dokumentuma meglétének, szükségességének vizsgálata, tartalmuk kidolgozása; a belső szabályzatok műszaki tartalmának elemzése, koherenciájának vizsgálata az újabb EU-s kívánalmakkal, illetve a PIMS korábbiakban javasolt tartalmával [10]. Az összehasonlításokat, elemzéseket referencia mátrixok segítségével végeztük el. A referencia mátrixokkal azt vizsgáltuk, hogy a különböző szempontok hogyan jelennek meg a mértékadónak tekintett dokumentumokban, vagyis milyen a gondolkodás, illetve a megvalósítás kapcsolata a különböző rendszerekben.

A munka során a következő referencia mátrixokat készítettük el és alkalmaztuk: irányítási rendszer, hiba,

adatgyűjtés, adatelemzés és adatrendezés, valószínűség, illetve műszaki állapot, következmény és irányítási rendszer referencia mátrix.



2. ábra. A PIMS elhelyezkedése az integrált irányítási rendszerben és kapcsolatai más irányítási rendszerekkel

Már a PIMS hazai bevezetésével foglalkozó kutatások is hordoztak kockázatelemzéssel, illetve kockázatbecsléssel kapcsolatos részeket. Ez a tevékenység – különböző együttműködések formájában – megjelent az atomerőmű szerkezeti elemek kockázat alapú elemzése tárgy-körében is [11, 12].

A csőtávvezetékek egyik fontos elemével, a körvarratokkal, külön kutató munka keretében is foglalkoztunk. Ennek során javaslatot tettünk a körvarratok, illetve a körvarratokban lévő eltérések elemzésére és megvizsgáltuk az EPRG (European Pipeline Research Group) irányelveinek hazai bevezethetőségét. A kutató munkát hat kérdéskör köré csoportosítva végeztük: az EPRG irányelvek szakmai háttérének és indoklásának bemutatása; a hazai rendszer körvarratairól rendelkezésre álló adatok összegyűjtése és feldolgozása, matematikai-statisztikai módszerekkel való elemzése; a külföldi üzemeltetőknél előfordult varrathibák adatainak, továbbá az irodalomban található repesztéses/robbantásos vizsgálatok eredményeinek összegyűjtése és elemzése; a hazai vezetékek körvarrataiban előforduló hibák értékelése az EPRG irányelvek alapján; az EPRG irányelvek alkalmazásához szükséges alapvető vizsgálatok elvégzése; az EPRG irányelvek bevezethető szintjének kijelölése, illetve annak vizsgálata, hogy milyen teendők elvégzése után vezethető be mindhárom szint (MOL Rt. Földgázszállítás) [13, 14].

Alkalmazott kutatási feladat volt a Tiszaújváros-Százhalombatta között készülő termékvezeték építési problémáinak és további üzemeltethetőségének az elemzése. Ennek során sokoldalúan vizsgáltuk az építéshez felhasznált csöveket, a vezeték kivitelezés szempontjából egyedi és sajátos jellemzőit, a vonali körvarratok hegesztésénél alkalmazott hegesztés-technológiákat; a varratok értékelésére vonatkozó és alkalmazott előírásokat, egyszerűsített ellenőrzést végeztünk fáradásra, továbbá fárasztó- majd repesztő-vizsgálatokat végeztünk

„megfelelt” és „nem megfelelt” körvartokat tartalmazó kísérleti csőszakaszokon (MOL Rt.) [15].

### 3. KÁRESETEK, KÁROSODÁSI FOLYAMATOK VIZSGÁLATA, TERHELHETŐSÉGGEL ÖSSZEFÜGGŐ ELEMZÉSEK

Folytatva a Tanszék és szakcsoportjai alapításuk óta végzett tevékenységét, a Szakcsoport az elmúlt 10 évben is számos káreset elemzésében, okainak felderítésében és későbbi, hasonló káresek megelőzésére vonatkozó javaslatok megfogalmazásában vett részt. Ilyenek voltak a különböző méretű (DN 200 – DN 800) csőtávvezetési csöveken és hegesztett kötéseikben, műtárgy kereszteseknél, különféle tároló tartályokban, lubrikátorcsövön, kompresszorok pulzációs edényében, vezérmű tengelyén és görgőin (MOL csoport), gázkutak főtölőzárjában (Zsana Földalatti Gáztároló Üzem), szállító csiga tengelyén (3. ábra, Ventifilt Kft.) [16], csőtávvezetékek hegesztésénél, Németországban (KVV Kőolajvezetéképítő Zrt.), egyengető hengereknél (Thyssen Krupp Silco-Inox Ltd.), továbbá réz szűkítőben (Észak-Zalai Víz- és Csatornamű Zrt.) bekövetkezett káresemények.



3. ábra. Szállító csiga károsodott tengelye.

A károsodási folyamatok elemzése tárgy körben a csőtisztító szerszámok fejlesztése témakört emeljük ki. Ennek keretében áttekintettük és jellemeztük a földgázszállító távvezetési rendszer releváns műszaki sajátosságait; bemutattuk a nemzetközi és a hazai gyakorlatban használatos vezeték tisztító eszközöket, azok – fém és polimer anyagú – kopó tömítő-tisztító tárcsáit, valamint összefoglaltuk a vonatkozó üzemeltetői tapasztalatokat; meghatároztuk a tisztító görények tárcsái igénybevételeinek jellegét; összegeztük a kopó tömítő-tisztító tárcsákkal szemben támasztott követelményeket, végezetül pedig definiáltuk a kopó tömítő-tisztító tárcsák elvárt, illetve kívánatos paramétereit, paraméter-tartományait (Földgázszállító Zrt.) [17].

A terhelhetőséggel összefüggő elemzéseink egyike a

terepi csőhajlítások szilárdsági méretezése volt. Ennek során – különböző források adatai alapján – feldolgoztuk a minimális hajlítási sugár-csőátmérő kapcsolatokat, a szénhidrogénszállító csőtávvezetéseknél járatos átmé-  
rőkre; megállapítottuk a különböző elvekre épülő adatok jó egyezését és határértékeket jelöltünk ki. Szilárdsági és alakhibára (ovalításra) vonatkozó ellenőrzéseket végeztünk, amelyekből megállapítottuk, hogy azok a kijelölt határértékek alkalmazhatóságát nem korlátozzák. Az alkalmazhatóság érdekében számításokat végeztünk rugalmas alakváltozású, vagyis önhajló esetekre, becsatlakozásokra, figyelembe véve a megrendelői gyakorlatban előforduló esetek tartományait, az eredményeket tervezési segédletbe illeszthető módon foglaltuk össze (MOL Rt. Földgázszállítás) [18].

Egy másik, terhelhetőségi elemzés polimer mátrixú kompozit anyagú tetőtartó elemekre vonatkozott. A tetőtartó elemeket több hőmérsékleten, nyomó- és szakítóvizsgálatnak (4. ábra) vetettük alá, a szerkezetben beépített terhelési feltételeket követő (modellező) módon. A vizsgálatok célja nem a hagyományos (szabványos) anyagvizsgálati mérőszámok meghatározása volt, a kivitelezésből következően nem is lehetett az, hanem arról szerettünk volna információt kapni, hogy a kétféle módon terhelt szerkezeti elem tönkremenetele milyen folyamat szerint zajlik le, továbbá karakterisztikus mérőszámokat kerestünk a tönkremenetel jellemzésére. Utóbbiak – természetesen – lehetővé teszik a más anyagminőségű és/vagy részben eltérő konstrukciójú szerkezeti elemekkel való összehasonlítást is, tehát egyfajta bázis adatul is szolgálnak, illetve szolgálhatnak (ME MAK Polimermérnöki Tanszék, Lindab Kft.).



4. ábra. Polimer mátrixú kompozitból készült tetőtartó elem nyomóvizsgálat után.

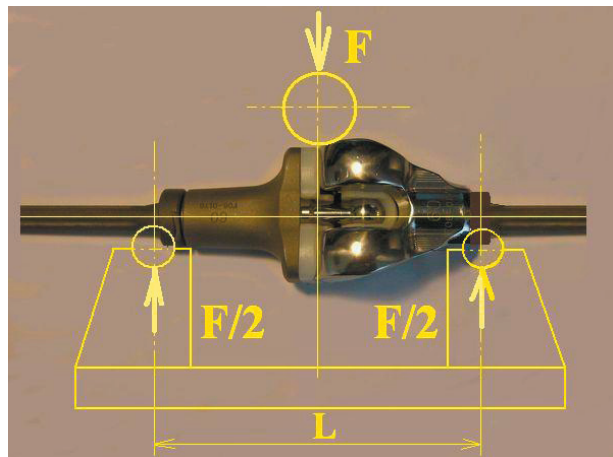
Egy harmadik terhelhetőségi elemzés – amely már lényegében átvezet az élettartam gazdálkodás tárgy körébe – a vezeték lyukadások javításának témaköre volt. Az üzemelő földgázszállító csővezetékek életkorának növekedésével mind nagyobb szerepe van az acélcsővek, valamint azok hegesztési varratai üzem közbeni javításának. Az üzembiztonságot csökkentő meghibásodások

megelőzése a fenntartási „filozófia” alapja, azonban a diagnosztikai módszerek mind szélesebb körű alkalmazása mellett is előfordulhatnak vezeték lyukadások. A lyukadások elhárítására üzem közben – elsősorban ideiglenes jelleggel – kerül sor, gyakran ennek eszköze az adott helyre-méretre az elhárítás keretében gyártott ideiglenes csőbilincs. A feladat ideiglenes javításra alkalmazható egyedi, „saját” gyártású (oldható kötésekkel felhelyezhető) csőbilincsek kialakítására, a szerkezetre és a tömítő rendszerre vonatkozó, szilárdsági méretezésre alapozott műszaki javaslattétel, majd – ennek elfogadása után – a megoldás megfelelőségének kísérletekkel való igazolása volt (5. ábra). A kísérletek tapasztalatait is felhasználva el kellett továbbá készíteni és engedélyeztetni kellett a gyártási típusterveket (MOL Rt. Földgázzszállítás) [19].



5. ábra. Csővezeték lyukadás időszakos javítására szolgáló csőbilincs (In memoriam Balogh Gábor)

Más jellegű – és anyagfejlesztést is magukba foglaló – terhelhetőségi elemzések köthetők az orvosi implantátumokhoz. Az emberi szervezetben leggyakrabban a csípő-, a térd- és a váll-ízületek kopnak, ezekre az ízületekre nagy mozgástartományban, nagy erőkarokkal, jelentős terhelések hatnak. Ha az ízületi porc kopását nem sikerül megállítani, a porc a csontos alapig is elkophat és szükségessé válik a műtétes terápia (leginkább protézis beültetés). Az eljárás lényege, hogy eltávolítják a degenerálódott, egyenetlen íz-felvételeket, és a helyükre fém, illetve műanyag komponensekből készült protézist ültetnek. A műtéti beavatkozások folyamatos fejlődése új minőségi elvárásokat támasztanak a protézisek anyagminőségeivel szemben, amelyek közül legfontosabbként a „szövetbarát” tulajdonságot, a biokompatibilitást kell kiemelni. Az új anyagminőségek kiválasztásánál további fontos követelmény az ízületi terhelések pontos ismerete. Az elmúlt évek során biomechanikai elemzésekre (6. ábra) és terhelhetőségi vizsgálatok eredményeire építve javaslatokat dolgoztunk ki az új, korszerű anyagminőségek alkalmazására, támogatva ezzel az orvostechnikai implantátumok hazai gyártásának fejlesztését is (Protetím Orvosi Műszergyártó Kft.).



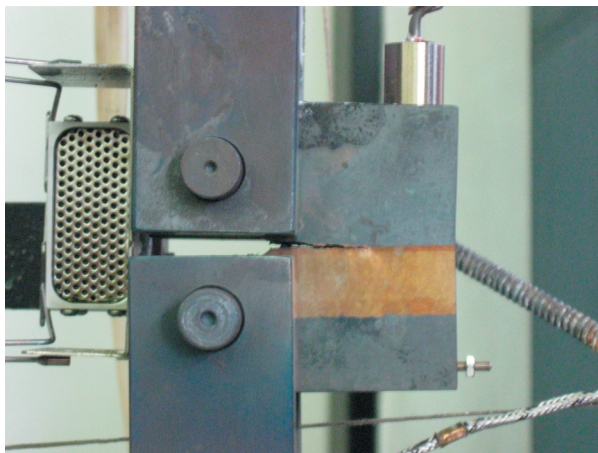
6. ábra. A térdprotézis oldalhajlítása – a térd oldalhajlásának modellezése.

#### 4. ANYAGTULAJDONSÁGOK MEGHATÁROZÁSA

A kisciklusú fáradás, a nagyciklusú fáradás és a fáradásos repedésterjedés – amely területen az első hazai vizsgálatot a Tanszék végezte – közötti kapcsolat feltérképezése érdekében fáradásos repedésterjedési sebesség vizsgálatokat végeztünk SiC részecske, illetve C szál erősítésű fém mátrixú kompozitokon, E-üveg szál erősítésű polimer mátrixú kompoziton és ultra nagy szilárdságú (UHSLA) acélon [20]. A vizsgálatok alapján alapadatokat határoztunk meg fáradásos repedésterjedésre érvényes tervezési görbékhez. Kapcsolatot találtunk a kisciklusú fáradás, a nagyciklusú fáradás és a fáradásos repedésterjedés között, anyagszerkezettani alapokon. Meghatároztuk a Manson-Coffin összefüggés kitevője, a Basquin összefüggés kitevője és a Paris-Erdogan összefüggés kitevője közötti kapcsolatot, a vizsgált anyagcsoportokra [21]. A közös anyagszerkezettani alap és az anyagi mérőszámok segítségével „tönkremeneteli felület”-et értelmeztünk ismétlődő igénybevételek esetére. Megállapítottuk, hogy a „tönkremeneteli felület”-ek segítségével a különböző anyagi mérőszámok átszámíthatók egymásba (OTKA T 034503).

Erőműi szerkezeti elemek élettartam gazdálkodásának támogatása céljából alap- és alkalmazott kutatási feladatokat egyaránt megoldottunk. Az alapkutatási feladatok körében elemeztük a hőmérséklet folyási határra, szakítószilárdságra és rugalmassági moduluszra gyakorolt hatását (08X18H10T, 15Mo3, mikroötvözött acél kazánobozhoz, 22K alapanyagok, SzV-10H16N25AM6 hegesztő hozaganyag), a hőmérséklet és a közeg befolyását ugyanezen anyagok fáradásos repedésterjedéssel szembeni ellenállására és K<sub>1c</sub> törési szívósságára, valamint vizsgálati és értékelési technikákat tanulmányoztunk a körben bemetszett hengeres (CRB) próbatest K<sub>1c</sub> törési szívósság vizsgálatokhoz való alkalmazása céljából. Az alkalmazott kutatási feladatok körében fáradásos repedésterjedési sebesség vizsgálatokat végeztünk korróziós

közegben, különböző névleges hőmérsékleteken (anyagminőségtől függően 100 °C, 296 °C, 300 °C, illetve 325 °C) [22], KIc törési szívósság vizsgálatokat végeztünk korróziós közegben, különböző névleges hőmérsékleteken (szintén anyagminőségtől függően 100 °C, illetve 300 °C, továbbá korróziós közeg nélkül 260 °C, illetve 410 °C) [23]. További fáradásos repedésterjedési sebesség vizsgálatokat végeztünk korróziós közegben, két különböző hőmérsékleten (100 °C, illetve 300 °C), 3 órás statikus terhelés közbeiktatásával, valamint két különböző hőmérséklet (296 °C, illetve 325 °C) között négyszög függvény szerint változó hőmérsékleteken, ugyancsak anyagminőségtől függően 7. ábra). Az értelmezhető törésmechanikai mennyiségek meghatározása mellett kritikus repedésméretet számítottunk egy-egy ismert, főgőzvezetékre, illetve kazánodra alkalmazható szerkezeti elem modell alapján (CORWELD Kft.).

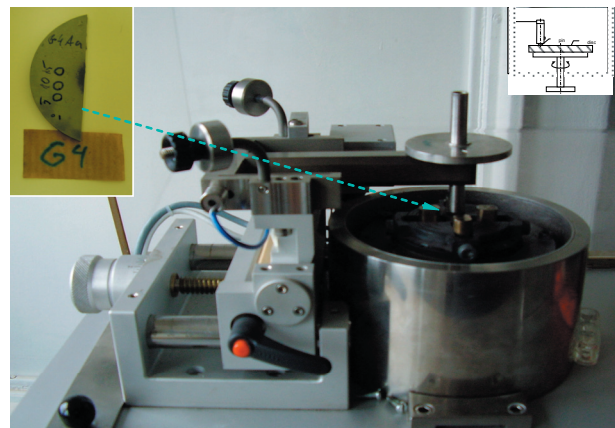


7. ábra. Hegersztett kötés összeolvadási vonalán terjedő fáradásos repedés terjedési sebességének vizsgálata növelt hőmérsékleten, injektált korróziós közegben

A Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> alapú kerámiák törésmechanikai és tribológiai jellemzőinek javítása, vizsgálata és modellezése témakörben különféle szilíciumnitrid alapú kerámiák dinamikus igénybevétellel szembeni és tribológiai viselkedésének elméleti és kísérleti tanulmányozására, a károsodási folyamatok anyagszerkezeti hátterének vizsgálatára, valamint a mechanikai, törésmechanikai és mikroszerkezeti jellemzők, illetve a kopási tulajdonságok és az anyagszerkezeti paraméterek kapcsolatának vizsgálatára került sor. Műszerezett ütővizsgálatokat végeztünk, elektro-emissziós méréssel kiegészítve, monolitikus és C-nanocsővel erősített Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> kerámiákon a KI<sub>Ic</sub> törési szívósság meghatározása sebességfüggésének elemzése és a dinamikus törési folyamat jellemzése céljából. Pin-on-disc kopásvizsgálatokat végeztünk (8. ábra), különféle mechanikai, mikroszerkezeti és fraktográfiai (SEM) vizsgálatokkal kiegészítve, C+ és N+ ionnal-implantált, illetve utóhőkezelt Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> kerámiákon, monolitikus Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-en és Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiC/grafit nanokompozitokon [24]. Sor került továbbá üvegek felületi rétegében kialakult gyártási maradó feszültségek elemzésére is (OTKA T

046467). A monolitikus és karbon nanocsővel erősített Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> kerámia kompozitok mechanikai (statikus és dinamikus) és tribológiai viselkedésének vizsgálata kétoldalú (KFKI MFAKI) [25, 26], az üvegek maradó feszültségének elemzése, a karcvizsgálat és a digitális képelemzés kapcsolatának kutatása pedig háromoldalú (DE Informatikai Intézet, ME MAK Anyagtudományi Intézet) együttműködés keretében folytatódott, illetve folytatódik [27, 28].

A Szakcsoport tagjai a modellezés és szimuláció az anyagtudományban és az anyagszerkezetekben tárgykörhöz kapcsolódóan inhomogén anyagszerkezetek repedéskeletkezési és repedésterjedési sajátosságait elemezték [29], továbbá fém és nemfém anyagok adatainak gyűjtését, elemzését és feldolgozását végezték el, végesselemez modellező szoftverek igényei szerint (OTKA T 037437, OTKA NI 61724) [30, 31].



8. ábra. Pin-on-disc kopásvizsgálat elve és elrendezése

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A közlemény bemutatta a Miskolci Egyetem 60 éves Mechanikai Technológiai Tanszéke Anyagvizsgáló Szakcsoportjában, az elmúlt 10 esztendőben folytatott kutatómunka legfontosabb elemeit és eredményeit. A terjedelmi korlátok még az érintett tárgykörök esetében sem tették lehetővé a teljes körű ismertetést, az egyes részletek az irodalomjegyzékben felsorolt forrásmunkákban megtalálhatók.

Szilárd meggyőződésünk, hogy korszerű egyetemi oktatás színvonalas és sokrétű kutatás nélkül nem képzelhető el. A Szakcsoport tagjai alkotó módon járultak hozzá a Bologna-rendszerű képzésre való átállás folyamatához, részesei voltak a teljes képzési struktúra, különösen pedig a tanszéki BSc és MSc irányok képzési szerkezetének kialakításának. Az elmúlt 10 esztendőben, lényegében folyamatosan, részt vettünk olyan oktatásfejlesztési projekteknél, amelyek célja a – bemutatott kutatási eredményeket is magukba foglaló – tartalomfejlesztés, ismeretmegújítás és módszertani fejlesztés volt, jellemzően párhuzamosan. A kapcsolódó oktatásfejlesztési projektek a következők voltak:

- Moduláris rendszerű virtuális gépészmérnök-képzés (Apertus Közalapítvány K1124/2001): Törésmechanikai virtuális laboratórium témakör;
- Advanced Engineering – Korszerű műszaki ismeretek angolul (Phare HU0008-02-01-0071): Engineering Lifetime Management – Műszaki Életciklus Menedzsment modul;
- Többnyelvű e-learning tananyagok és kurzusok fejlesztése és tesztelése a korszerű mérnöki tudományok területén, újrafelhasználható elemek, második generációs e-learning környezet és módszertan felhasználásával – e2ngineering (Leonardo da Vinci HU/04/B/F/PP-170029): IT in Materials Sciences modul;
- Miskolci Térségi Integrált Szakképző Központ (MISZK) létrehozása (HEFOP 3.2.2-P.-2004-10-0011): Élettartam gazdálkodás és Laboratóriumok akkreditálása című tananyagok;
- Moduláris rendszerű CAD/CAM/FEM kompetencia kurzusok felsőfokú végzettséggel rendelkezők át-, illetve továbbképzésére (HEFOP-3.3.1-P.-2004-06-012).  
A felsoroltak mellett a Szakcsoport tagjai részt vettek a Life-time management of engineering structures (Siemens Erőműtechnika Kft.), a Hegesztő szakmérnök (EWE/IWE), valamint a Nemzetközi hegesztett szerkezet tervező (IWS) képzésekben.

## 6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A Szakcsoport tagjai – ez úton is – köszönetüket fejezik ki a közleményben felsorolt projektek nyújtotta támogatásokért, amelyek segítségével a bemutatott kutatási feladatokat elvégezhetők, illetve az eredményeket elérhetők. Kiemelt 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 folytatódhattak, illetve folytatódhatnak.

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] CZÉL, G.; CZIGÁNY, T.: Tekercselt polimer kompozit csövek nedvességfelvételének merevségének és szerkezetének komplex vizsgálati lehetőségei. *Anyagvizsgálók Lapja*, (17) 2007. p. 13-19. ISSN 1215-8410.
- [2.] CZÉL, G.; CZIGÁNY, T.: Study of moisture absorption and mechanical properties of glass fiber / polyester composites – effects of specimen geometry and preparation. *Journal of Composite Materials*, 42 (2008), p. 2815-2827.
- [3.] LUKÁCS, J.; NAGY, GY.; TÖRÖK, I.: The Role of the External and Internal Reinforcing on the Structural Integrity of Damaged Steel Pipelines. *Procedia Engineering*, 10 (2011) p. 2521 – 2526. ISSN1877-7058.

- [4.] ÉGERT, J.: Acélcövek külső és belső körhibáinak kompozit szalagos javítása – végeelem analízis, *Gép*, 2008, 10-11. p. 30-35.
- [5.] PERE, B.; ÉGERT, J.; SZABÓ, T.: Reinforcement of inner and outer circular failures of pipes by textile composite layers, *Journal of Computational and Applied Mechanics*, Vol. 10., No. 1., (2009) p. 1-15.
- [6.] LUKÁCS, J.; NAGY, GY.; TÖRÖK, I.; ÉGERT, J.; PERE, B.: Experimental and Numerical Investigations of External Reinforced Damaged Pipelines. *Procedia Engineering*, 2 (2010) p. 1191–1200.
- [7.] LUKÁCS, J.; NAGY, GY.; TÖRÖK, I.; ÉGERT, J.; PERE, B.: Experimental and Numerical Investigations of Internally Reinforced Damaged Pipelines. 18th European Conference on Fracture (ECF18) – Fracture of Materials and Structures from Micro to Macro Scale, August 30-September 03, 2010, Dresden, Germany., *Proceedings on CD-ROM*. DVM, Berlin, 2010. p. 126-133.
- [8.] Polimer mátrixú kompozittal erősített hibrid csövek integritása. Szerk.: LUKÁCS, J. Miskolci Egyetem, Miskolc, 2008. p. 1-197. ISBN 978-963-661-831-5.
- [9.] Döntéselőkészítő tanulmány a Pipeline Integrity Management System (PIMS) hazai bevezetésére. Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 2002. p. 1-119. Témavezető: LUKÁCS, J.
- [10.] A Pipeline Integrity Management System kidolgozásának (PIMS) folytatása. Szakmai jelentés. Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 2004. p. 1-64. Témavezető: LUKÁCS, J.
- [11.] FÓTOS, R.; TÓTH, L.; TRAMPUS, P.: Assessment of failure occurrence probability as an input for RISI at Paks NPP. 8th International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurised Components, September 29 – October 1, 2010, Berlin, Germany.
- [12.] FÓTOS, R.; TÓTH, L.: Risk-based applications in industry. ASME 2009 Pressure Vessels and Piping Division Conference (PVP2009), July 26-30, 2009, Prague, Czech Republic.
- [13.] Javaslat a körvarratok, illetve a körvarratokban lévő eltérések elemzésére és annak vizsgálata, hogy az EPRG irányelveinek melyik szintje alkalmazható a hazai rendszerre. Szakmai jelentés. Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 2004. p. 1-56. Témavezető: LUKÁCS, J.
- [14.] NAGY, GY.; LUKÁCS, J., TÖRÖK, I.: Assessment of Methods in Girth Welds of Steel Pipelines. *Materials Science Forum*, Vols. 473-474, (2005) pp. 243-248. Ed.: GYULAI, J. Trans Tech Publications, Switzerland, 2005. ISSN 0255-5476.
- [15.] Zárójelentés a MOL Rt. Tiszaujváros-Százalombatta között készülő termékvezeték építési problémáinak és további üzemeltethetőségének elemzése című témában. Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 2006. p. 1-91. Témavezető: NAGY, GY.



- [16.] NAGY, GY.; TÖRÖK, I.; LUKÁCS, J.: Szállító csiga tengelyének törése. Első Országos KÁRELEMZÉS Konferencia, Miskolctapolca, 2007. április 24-25. CD-ROM, BAY-LOGI, Miskolc, 2007.
- [17.] Kutatás-fejlesztési (K+F) zárójelentés a Csőtisztító szerszámok fejlesztése című munka keretében végzett tevékenységekről. Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 2009. p. 1-98. Témavezető: LUKÁCS, J.
- [18.] Kutatási zárójelentés a Terepi csőhajlítások szilárdsági méretezése című téma keretében végzett munkáról (kiegészített változat). Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 2004. p. 1-42. Témavezető: LUKÁCS, J.
- [19.] Vezeték lyukadások javítása. Szakmai jelentés. Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 2004. p. 1-37. Témavezető: TÖRÖK, I.
- [20.] LUKÁCS, J.; CSOMÓS, Z.; GÁCSI, Z.; KARCAGI, R.; MAGYAR, A.; TOMOLYA, K.: Fáradásos repedésterjedés különböző típusú kompozitokban. Anyagvizsgálók Lapja, (14) 2004/4. p. 122-126. ISSN 1215-8410.
- [21.] NAGY, GY.; LUKÁCS, J.: Connection among the Characteristics of the Low Cycle Fatigue, High Cycle Fatigue and Fatigue Crack Growth. The Mechanical Behavior of Materials X. Key Engineering Materials, Vols. 345-346, Eds.: NAM, S. W. et al. Trans Tech Publications Ltd, 2007. p. 533-536. ISSN 1013-9826.
- [22.] LUKÁCS, J.: Fatigue Crack Growth Tests on Type 321 Austenitic Stainless Steel in Corrosive Environment and at Elevated Temperature Procedia Engineering 2 (2010) 1201–1210.
- [23.] LUKÁCS, J.: Determination of Plane-Strain Fracture Toughness Using Cracked Round Bar Specimens and their Applicability for Reliability Assessment Calculations. Procedia Engineering, 10 (2011) p. 2527 – 2532. ISSN1877-7058.
- [24.] MAROS, B. M.; KONCSIK, ZS.; BALÁZSI, CS.; ARATÓ, P.: Mechanical characterization of Si3N4/CNT nanocomposites, VII. Országos Anyagtudományi Konferencia, Poster session, short oral session, Balatonkenese, 2009. 10. 11-13.
- [25.] MAROS, B. M.: Si3N4 kerámiák mechanikai viselkedése I. Kvázistatikus és dinamikus terhelési jellemzők. Műszaki Tudomány az Észak Alföldi Régióban 2010. Ed.: POKORÁDI, L. Debrecen, p. 233-239. ISBN 978-963-7064-23-4.
- [26.] KONCSIK, ZS.: Si3N4 kerámiák mechanikai viselkedése II. Tribológiai jellemzés. Műszaki Tudomány az Észak Alföldi Régióban 2010. Ed.: POKORÁDI, L. Debrecen, p. 241-246. ISBN 978-963-7064-23-4.
- [27.] SZEGHALMY, SZ.; KONCSIK, ZS.; MAROS, B. M.; FAZEKAS, A.; BARKÓCZY, P.: Üvegfelületek elemzése képelemző módszerrel kiegészített karcvizsgálattal, CD Proceedings of KEPAF 2009. pp. 9.
- [28.] MAROS, B. M.; FAZEKAS, A.; BARKÓCZY, P.; SZEGHALMY, SZ.; KONCSIK, ZS.: Qualifying glass surfaces by scratch test with integrated image processing, Key Engineering Materials Vol. 413. Online at <http://www.scientific.net>, Trans Tech Publications, Switzerland, 2009. p. 267-274.
- [29.] KONCSIK, ZS.: Inhomogén anyagszerkezetek repedéskeletkezési és repedésterjedési sajátosságainak elemzése különös tekintettel a korszerű kerámia és kompozit anyagokra. Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 2008. p. 1-15. Témavezető: TISZA, M.
- [30.] KAULICS, N.; KONCSIK, ZS.; KOVÁCS, P.; LUKÁCS, ZS.; MAROS, B. M.; TISZA, M.: Anyagjellemzők adatbázisának kidolgozása anyagtechnológiai folyamatok végeselemes modellezéséhez. Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 2007. p. 1-64. Témavezető: TISZA, M.
- [31.] KONCSIK, ZS.: Fémes és nemfémes anyagok adatainak gyűjtése, elemzése és feldolgozása a végeselemes modellező szoftverek igényeinek figyelembevételével. Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 2008. p. 1-15. Témavezető: TISZA, M.



## Komplex mechanikai anyagvizsgáló laboratórium



<b>Rövid név:</b>	<b>ME MTT Avi_Lab</b>
<b>Szervezet:</b>	Miskolci Egyetem
<b>Kapcsolattartó:</b>	<b>D. Lukács János</b>
<b>A KI honlapja:</b>	<a href="http://www.met.uni-miskolc.hu/hu/kutatas/tudkut/avikut.html">http://www.met.uni-miskolc.hu/hu/kutatas/tudkut/avikut.html</a>
<b>Tudományterületek:</b>	<b>műszaki tudományok : szilárd testek ...</b>

A komplex mechanikai anyagvizsgáló laboratórium több, különböző kapacitású, komplex mechanikai anyagvizsgálatok végzésére alkalmas berendezésből áll. Fő elemei: MTS elektrohidraulikus számítógép-vezérelt univerzális anyagvizsgáló berendezés; névleges kapacitás: 250 kN; biaxiális vizsgálatokra alkalmas MTS gyártmányú berendezés statikus, dinamikus és ismétlődő igénybevételekre; névleges kapacitás: 250 kN; ZD típusú hidraulikus anyagvizsgáló berendezések 100-1000 kN névleges kapacitással; műszerezett ütővizsgálatokra alkalmas dinamikus ütőművek. A vizsgálorendszer további fontos elemei: 1.) Nyomástartó rendszerek és csővezetékek vizsgálatára alkalmas szerkezetvizsgáló berendezés, 2.) Komplex alakíthatósági vizsgáloberendezés különféle anyagok standard és speciális alakíthatósági vizsgálatának végzésére, amely egy számítógép-vezérelt hidraulikus vizsgáló berendezésből és a vizsgálat közbeni kiértékelést is lehetővé tevő 4 CCD kamerás optikai alakváltozás mérő berendezésből áll. ...

# BAYZOLTÁN

## Alkalmazott Kutatási Közalapítvány

Tervezés és üzembiztonság analízis  
Mechanikai anyagvizsgálat



**BAY ZOLTÁN**  
Alkalmazott  
Kutatási Közalapítvány

Akkreditált laboratóriumunkban elvégezhető vizsgálatok:

- Szakító-, nyomó- és hajlító vizsgálatok (alacsony-, szoba- és emelt hőmérsékleten)
- Fárasztó vizsgálatok (LCF, HCF)
- Törésmechanikai vizsgálatok
- Szerkezet-fárasztó vizsgálatok
- Biaxiális vizsgálatok (axiális/torziós) – statikus és váltakozó terheléssel
- Technológiai vizsgálatok (heg. varratok, kötőelemek, stb.)
- Ütővizsgálat (300 J), ejtővizsgálat (2700 J)
- Műszerezett keménységvizsgálat (HV, HRC) – helyszíni is hordozható eszközzel!
- Helyszíni keménységvizsgálatok (HV, HB, HRC, SHORE)
- Felületi érdességmérés
- Fajsúlymérés

Vizsgálati hőmérsékletek: -150...1400 °C

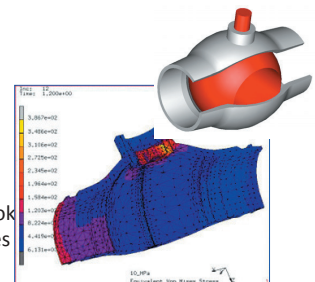
A tervezés és üzembiztonság analízis szolgáltatás a következő területekre terjed ki:

- Szerkezetek és berendezések konstrukciós és technológiai tervezése és optimalizálása, üzemelési állapotának modellezése numerikus módszerek alkalmazásával (mechanikai, áramlástan, hőtani, technológiai szimulációk)
- A szerkezeti anyagokban a végbemenő károsodási folyamatok vizsgálata és elemzése
- Szerkezetek, berendezések biztonságos üzemeltethetőségi feltételeinek vizsgálata (hibák veszélyességének értékelése, élettartambecslés, terhelési állapotok numerikus modellezése végelemes módszerrel)

### TERVEZÉS



### MEGBÍZHATÓSÁG



# 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 acélok. 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> mérnökstanár; 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> mérnökstanár, 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 sajtólőhegesztések 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.: Tüzihorganyzott 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

Telephelyünk: 1135 Budapest, Reitter Ferenc u. 42

---

## DENDRIT KFT

Elérhetőségünk: + 36 1 3508474

---

**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

# ÚJ EREDMÉNYEK A MELEGSZILÁRD ACÉLOK VEGYES KÖTÉSEINEK HEGESZTÉSE TERÉN

Dr. Balogh András<sup>1</sup>, Dr. Béres Lajos<sup>2</sup>

## 1. BEVEZETÉS

A Mechanikai Technológiai Tanszéken 2000. és 2010. évek között tovább folytatódott a mintegy 25 éves múlt-ra visszatekintő, A melegszilárd acélok hegesztése és a kötések üzemi viselkedése c. kiemelt kutatási projekt dr. Béres Lajos egyetemi docens vezetésével és dr. Balogh András egyetemi docens közreműködésével. Az utóbbi tíz évben a kutatás elsősorban a hagyományos gyengén ötvözött acélok mellett az erősen ötvözött, új minőségek hegesztéssel létrehozott ún. vegyes kötéseire és ezek üzemi viselkedésére összpontosított.

Az időközben nemzetközivé bővült kutatási programban részt vett az Otto von Guericke Universitát, Magdeburg (Prof. Irmer Werner), University of Bath (research fellow Chris S. Kirk), Berlin, Technische Universitát (Institut für Schweisstechnik), Braunschweig, Mátrai Erőmű Zrt., Visonta, Tiszai Vegyi Kombinát NyRt., Tiszaújváros, Kiskunfélegyházi Vegyipari Gépgyár. A kutatási eredményeinket nemzetközi és hazai konferenciákon mutattuk be, valamint olyan tekintélyes folyóiratokban publikáltuk, mint a Welding Journal (Miami), Schweissen und Schneiden (Düsseldorf) Schweisstechnik (Wien), Sudura (Temesoara) és a Hegesztéstechnika (Budapest) [1, 2].

## 2. MELEGSZILÁRD ACÉLOK CSOPORTOSÍTÁSA

A melegszilárd, vagy másképpen kúszásálló acélokat elsősorban a hőerőművekben, a gáz és olajfeldolgozó

iparban, valamint fűtőművekben, hőcserélőkben alkalmazzzák, túlnyomó részben csövek formájában.

Az igénybevételek hasonlóságából következően az acélok világszerte, jó közelítéssel közel azonos, vagy hasonló csoportokba sorolhatók, az 1. táblázat szerint.

## 3. A MELEGSZILÁRD ACÉLOK ELŐMELEGÍTÉSE ÉS HEGESZTÉST KÖVETŐ MEGERESZTÉSE

Az 1. táblázatból jól látható, hogy az egyes csoportokba tartozó acélok hegesztése egymástól eltérő hőkezeléseket igényel.

Az F+P csoportba tartozó acélokat csak 15...20 mm falvastagság fölött melegítik elő 150...250°C-ra és a hegesztést követően 600...650°C-on feszültségsökkenőt hőkezelés ajánlható.

A B+M csoportba tartozó acélok előmelegítést igényelnek. Az előmelegítés célja az, hogy a hőhatásövezet g-a átalakuláson átesett részei és a varrat a hegesztési ciklus közben 300 HV-nél ne legyen keményebb.

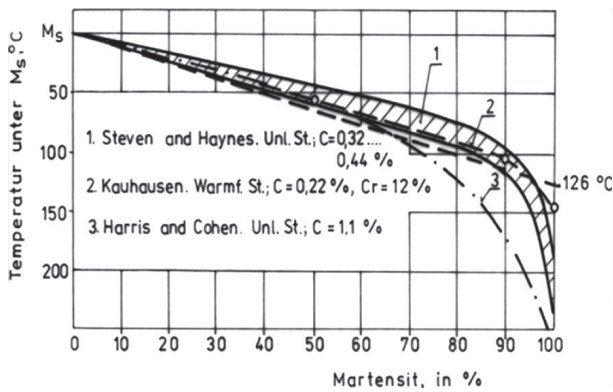
A martensites (M) csoportba tartozó acélok hegesztéséhez leggyakrabban az ún. „martensites hegesztést” alkalmazzzák. A hegesztést úgy végzik, hogy ezeknek az alacsony karbontartalmú acéloknak a kötéseiben a martensit-tartalom az 50%-ot ne haladja meg.

Régóta ismert az, hogy az Ms hőmérséklet alatt a martensit szövet részaránya az 1. ábra szerint változik.

Acélcsoport	Összetéltípus	Kémiai összetétel tömegszázalékban					Üzemi hőmérséklet °C
		C	Mn	Cr	Mo	Ni	
Ferrit-Bainites	0.15C 0.8Mn	0,12-0,25	0,40-1,20				480
F+P	0.15C 0.8Mn 0.3Mo	0,12-0,20	0,40-1,00		0,20-0,40		500
Bainit-Martensites B+M	0.15C 0.6Mo 0.3V	0,10-0,20	0,40-0,70	0,30-0,60	0,40-0,70		560
	0.15C 1.1Cr 0.6Mo	0,10-0,20	0,40-0,70	0,70-1,30	0,40-0,70		560
	0.15C 2.2Cr 1Mo	0,07-0,18	0,40-0,70	2,00-2,50	0,80-1,20		560
Martensites M	0.10C 5.0Cr 0.6Mo	0,08-0,14	0,30-0,60	4,50-6,50	0,45-0,65		600
	0.20C 12Cr 1.0Mo	0,17-0,25	0,40-0,70	10,0-12,5	0,80-1,20		600
	0.10C 9.0Cr 1.0Mo	0,07-0,14	0,40-0,70	7,50-9,50	0,80-1,10		600
Austenites A	0.06C 16Cr 13Ni	0,04-0,10	0,80-1,50	15,0-17,0	1,50-2,00	12,0-13,5	750
	0.06C 16Cr 16Ni	0,04-0,10	0,80-1,50	15,0-17,0		15,0-16,5	750

<sup>1</sup> egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu), [balogh.andras@uni-miskolc.hu](mailto:balogh.andras@uni-miskolc.hu)

<sup>2</sup> egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu), e-mail: [beres.lajos@uni-miskolc.hu](mailto:beres.lajos@uni-miskolc.hu)



1. ábra: Különböző vegyi összetételű acélok martensit-tartalma az  $M_s$  alatti hőmérsékleteken

Az  $M_s$ - $M_f$  hőköz legalább 90%-ára érvényes) közelítést, amely szerint

$$M_f = M_s - 126^\circ C$$

így az előmelegítés hőmérséklete:

$$T_e = M_s - 60^\circ C$$

A Schaeffler diagramban az A és az A+M mező határvonala az adott összetételű acélok  $M_s$  hőmérsékletének, az A+M és az M mezőé az adott összetételű acélok  $M_f$  hőmérsékletének tekinthető. Kutatásaink eredménye alapján az acélok  $M_s$  hőmérséklete jó közelítéssel számítható.

A legfeljebb 0,35 % C tartalmú melegsziárd acéloknál ez az összefüggés a következő:

$$M_s = 454 - 210 \cdot C + \frac{4,2}{C} - 27 \cdot Ni - 7,8 \cdot Mn - 9,5(Cr + Mo + 1,5Si + W + V) - 21 \cdot Cu$$

E számítás segítségével a hegesztésre kerülő acéladag összetételéből az  $M_s$  hőmérséklet mintegy  $10^\circ C$  pontossággal számítható, amelynek ismeretében az előmelegítés hőmérséklete úgy tervezhető, hogy a hegesztés mindig azonos martensit-tartalmú acélokon folyjon. Az előzőkből következik, hogy a gyártók által ajánlott (konkrét adagösszetételtől független) előmelegítési hőmérsékleti intervallumon belül az acél martensit-tartalma akár 30-40%-kal is változhat, ami kellő magyarázat az esetenként megfigyelt repedésérzékenységet okozó okát illetően.

A hegesztés befejezése után a kötést az  $M_f$  hőmérséklet alá kell hűteni (közbenső lehűtés), hogy az austenit martensit alakuljon, majd a szokásos magas hőmérsékletű megeresztést kell alkalmazni.

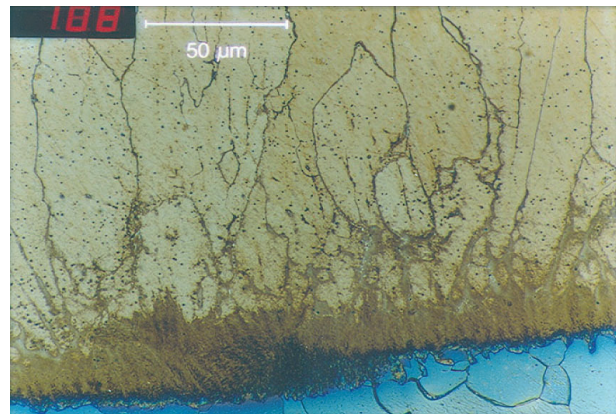
Az austenites melegsziárd acélok (A) hegesztése az austenites korrózióállókéval azonos.

#### 4. DIFFÚZIÓS RÉTEGEK A HETEROGÉN KÖTÉSEKBE

Az erőművekben elkerülhetetlen, hogy a csövekben áramló közeg eltérő hőmérsékletének megfelelően különböző összetételű anyagminőségeket kelljen összegezeszteni. Ilyenkor a két alapanyag összetétele eltér egymástól, a hegesztő anyag pedig preferáltan austenites Ni-Cr ötvözet (pl. 70 % Ni+20 % Cr), vagy olyan edződő acél, amelynek összetétele az egyik alapanyagéval azonos, vagy a két alapanyag közötti. Ezek az anyagokban heterogén, röviden ún. heterogén kötések.

Az egymástól eltérő összetételű varrat és alapanyag között az összetételbeli különbség és a hőmérséklet növekedés hatására egyre gyorsuló diffúziós folyamatok indulnak meg. Ennek során elsősorban a C atomok diffúziója a meghatározó, amely az alacsonyabb Cr tartamú anyagrészekről a nagyobb Cr tartalmúak felé irányul. Így módon a C-ban elszegényedő részek ferritessé válnak, a C-ban dúsult részben pedig apró karbidszemcsék tömege jelenik meg. A diffúziós folyamat eredményeként a varrat-hőhatásövezet határfelület egyik oldalán ferrit réteg, a másikon pedig karbidokban dús réteg alakul ki. A diffúziós folyamat következtében a ferrit réteg melegsziárdsága erősen csökken, a karbidokban dús réteg keménysége megnő, ami a kötés idő előtti tönkremeneteléhez vezet.

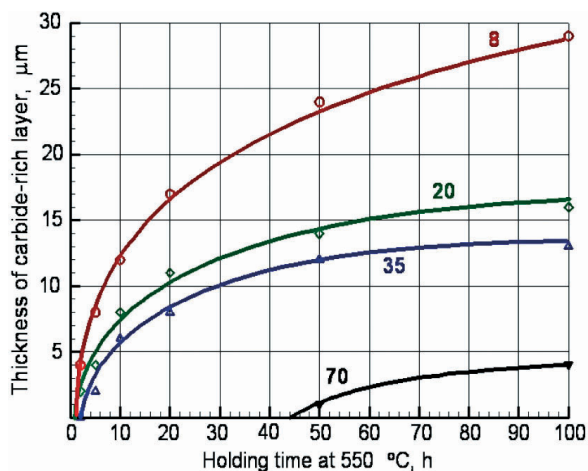
Ilyen kötést mutat a 2. ábra, amelyet a kutatási programunkat segítő Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung, Berlin készített.



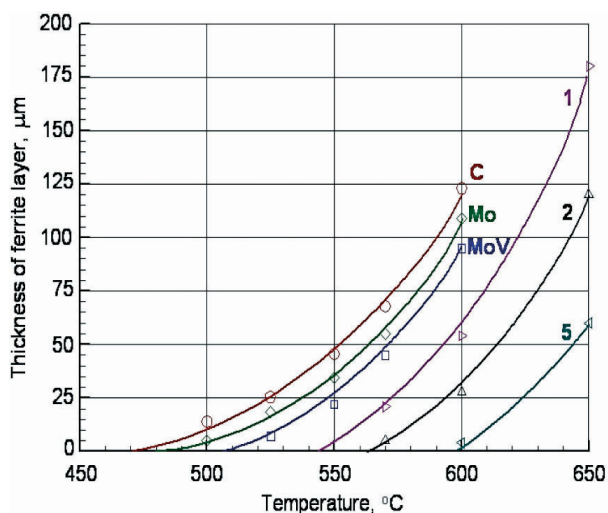
2. ábra. Melegsziárd acélok heterogén hegesztett kötését jellemző mikroszkópi kép. Alapanyag: 0,15 C-1,1 Cr-0,6 Mo. Elektroda: 20 Cr-10 Ni. Hőhatás:  $600^\circ C/50h$ . Marószers: királyvíz.

A diffúziós rétegek növekedési sebességének meghatározására irányuló kísérleteink azt mutatták, hogy egy adott üzemi hőmérsékleten az austenites hegesztőanyaggal készített kötésekénél pl. a karbidokban dús réteg vastagsága a 3. ábra, a ferritrétegé a 4. ábra szerint növekszik.





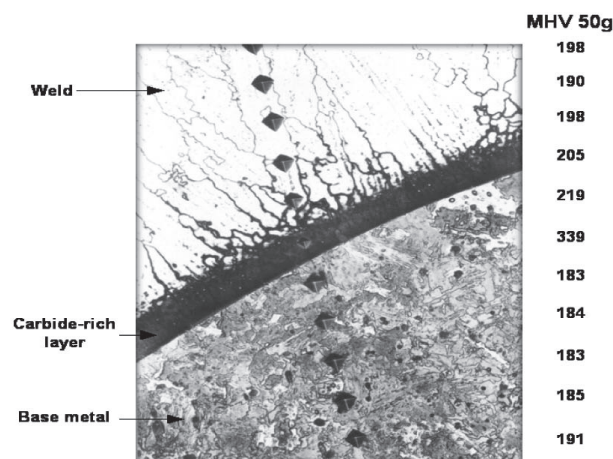
3. ábra. A karbidokban dús réteg vastagsága 550 C-os izzítás után. Alapanyag: 0,15C 1,1Cr 0,6Mo. Hozaganyag: 8: 18Cr 8Ni; 20: 22Cr 20Ni; 35: 20Cr 35Ni; 70: 70Ni 20Cr



4. ábra. A ferritréteg vastagsága különböző hőmérsékleteken végzett, 100 h-s időtartamú hőntartás után. Alapanyagok: C: 0,15C 0,8Mn; Mo: 0,15C 0,8Mn 0,3Mo; MoV: 0,15C-0,5Cr-0,6Mo-0,3V; 1: 0,15C-1,1Cr-0,6Mo; 2: 0,15C-2,2Cr-1Mo; 5: 0,1C-5Cr-0,6Mo. Hozaganyag: minden esetben 70Ni -20Cr

- A 3. és 4. ábrából az alábbi következtetések vonhatók le:
- A varrat Ni tartalmának növekedésével a rétegvastagság növekedése erőteljesen lassul. A más hőmérsékleten is elvégzett kísérletek eredményei azt mutatják, hogy kb. 300°C üzemi hőmérsékletek fölött csak a 70 % Ni + 20 % Cr tartalmú hegesztőanyagok használata ajánlható.
  - A diffúziós utak növekedése következtében a rétegek növekedési sebessége csökken. A 10 000 órás ellenőrző kísérleteink szerint a legmagasabb üzemi hőmérsékletnek az a hőmérséklet ajánlható, amelyen 100 óra elteltével a réteg kialakulásának megindulása a 250x-es nagyítású mikroszkópi képen már megfigyelhető.

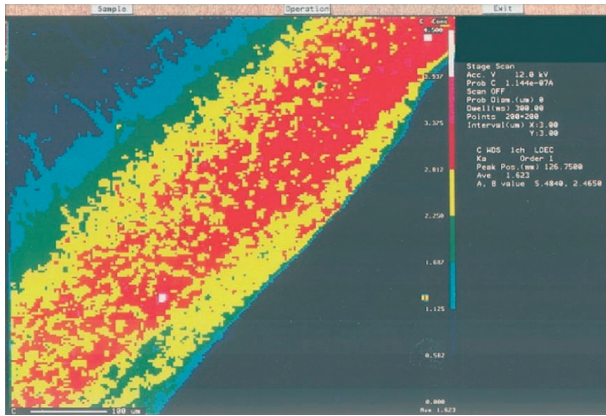
A diffúziós rétegek mikroszerkezetét az 5. és 6. ábra illusztrálja. A 6. ábrán jól látható, hogy az ajánlható üzemi hőmérséklet fölött, mintegy 600-650°C-on kb. 160.000 órán át üzemelő kötésben, a karbidokban dús rétegben, a C-tartalom akár 3% fölé is emelkedhet (Techn. Univ. Braunschweig)



5. ábra. Előzetesen 35 000 h-t üzemelt fő gőzgyűjtőcső heterogén hegesztett kötését jellemző mikroszkópi kép keménységeloszlással. Alapanyag: 0,15C-0,5Cr-0,6Mo 0,3V. Hozaganyag: 70Ni-20Cr. Üzemi körülmények: 520 C hőmérséklet és 120 bar nyomás. Marószers: királyvíz. Nagyítás: 250x

Az alapanyag összetételi típusa	Az alapanyag Cr tartalma, tömegszázalék	A varrat Cr tartalma, tömegszázalék	Ajánlott üzemi hőmérséklet (legnagyobb érték) °C
0.15C 2.2Cr 1Mo	2,2	9	490
0.15C 0.8Mn 0.3Mo	2,2	11	490
0.15C 2.2Cr 1Mo	2,2	5	560
0.10C 9.0Cr 1.0Mo	9,0	5	600
0.20C 12Cr 1.0Mo	12,0	5	590
0.10C 9.0Cr 1.0Mo	9,0	2,2	560
0.20C 12Cr 1.0Mo	12,0	2,2	540

2. táblázat Az alapanyag és a varratanyag Cr tartalmának hatása az ajánlott üzemi hőmérsékletre



6. ábra. A diffúziós réteg karbontartalmának illusztrálása 0,3% C tartalmú acél 20Cr/10Ni típusú austenites acél hegyanyaggal készített kötésében

A különböző Cr tartalmú alapanyagok és hozaganyagok párosításával végzett kísérleteink eredményeiből a gyakorlatban előforduló anyagpárosításokra az ajánlott üzemi hőmérséklet kellő biztonsággal kijelölhető (2. táblázat). Az alapanyag-hozaganyag kombinációjánál tekintettel kell lenni a hegesztést követő magas hőmérsékletű megeresztés (HTT) hőmérsékletére is: az elkészült kötés csak olyan acélfajtákból állhat, amelyek mindegyikére kedvező a megeresztési hőmérséklet. Ennek az elvnek megfelelően hegesztett kötést semmiképpen se készítsünk pl. 0,15 C-1,1 Cr-0,6 Mn és 0,10 C-9 C-1,0 Mo típusú acélok között, mert az előző előírt megeresztési hőmérséklete  $680\pm 20^{\circ}\text{C}$ , az utóbbié pedig  $750\pm 20^{\circ}\text{C}$ . Ilyen esetekben a két acélcso között célszerű betervezni egy kb. 3-4 m hosszú, 0,15 C-2,2 Cr-1 Mo összetételű csövet, mert ebben az esetben ennek egyik oldalán a kötés megeresztési hőmérséklete pl.  $700^{\circ}\text{C}$ , a másik oldalán pedig  $750^{\circ}\text{C}$  lehet.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

1. A minőségbiztosítás alapelveiből következik, hogy a hegesztett kötések bármely időben reprodukál-

hatóan és a legjobb minőségben kell elkészíteni. A melegsizlárd acélok homogén kötéseinek ez annyit jelent, hogy az alapanyagokat a vegyi összetételük által meghatározott előmelegítési hőmérséklet-tartománnyal kell meghegeszteni. Fontos, hogy a repedésérzékenység minimális legyen hegesztés közben, mivel a hegesztést követő megeresztés nem képes kiegyenlíteni a kötés különböző részeinek keménység-eltéréseit.

2. A jelentős Cr koncentráció különbség miatt erős diffúziós mozgás megy végbe a varrat és a hőhatásövezet között. Ez a diffúziós folyamat felgyorsul, amennyiben a kötést az ajánlottnál magasabb üzemi hőmérsékleten működtetik. Mind a ferrites, mind a karbidokban dús rétegek nemkívánatosak a hegesztett kötésben, mivel hozzájuk jelentős repedésérzékenység kapcsolódik. Az alapos metallográfiai vizsgálatok alapján kívánatosnak tartjuk, hogy körültekintően írjuk elő a varratra és a hőhatásövezetre vonatkozó követelményeket és módszereket, hogy megelőzhető legyenek a heterogén kötések üzemi repedései.

## 6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutatómunka 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 valósul meg.

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

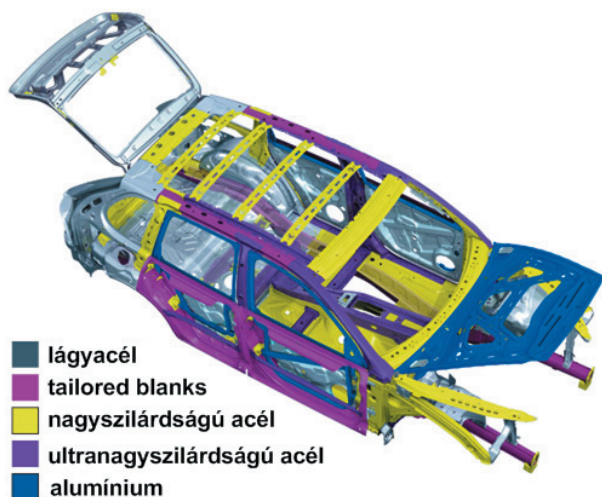
- [1.] BALOGH A., BÉRES L.: A legújabban kifejlesztett martensites melegsizlárd acélok ajánlott előmelegítési hőmérséklete, Gépgyártás, 2001. 11. 18-23.
- [2.] BALOGH A., BÉRES L., IRMER, W.: Welding of Martensitic Creep-Resistant Steels. (The relationship between preheat and Ms temperatures was investigated) (in English), Welding Journal, 2001. 8. 191-195. p.

# HEGESZTÉSTECHNOLÓGIAI VÁLASZOK AZ ÚJ SZERKEZETI ANYAGOK KIHÍVÁSAIRA

Juhász Dániel<sup>1</sup>, Dr. Balogh András<sup>2</sup>

Az ellenállás-pont- és dudor-hegesztéssel készített pontkötéseket előszeretettel alkalmazzák a vékonylemez konstrukciókban. Az alkalmazási toplistát a személyautó-gyártás vezeti, egy-egy önhordó autókarszériában akár 5000-6000 kötés is előfordul.

A tömegcsökkentés követelményeinek a személygépköcsi-gyártók egyrészt nagyszilárdságú acélelemek felhasználásával, másrészt könnyűfém karosszéria-elemek alkalmazásával tesznek eleget. Egy modern személygépköcsi karosszériájában megtalálható anyagokra mutat példát az 1. ábra.



1. ábra. Modern autókarszériában előforduló anyagok

## 1. SZABÁLYOZOTT ENERGIABEVITELŰ HEGESZTÉS - MEGOLDÁS A KORSZERŰ ANYAGOK HEGESZTÉSÉRE

A szabályozott energia-bevitellel végzett hegesztés az anyagba történő hőenergia bevitelének különleges módja. Lényege, hogy az egyesítendő darabok hegesztéséhez szükséges hőenergiát nem folyamatosan, hanem előre tervezhető adagokban juttatjuk a hegesztés helyére. Ellenállás-ponthegesztés során a munkadarabok hegesztéséhez szükséges hőenergia magában a hegesztendő munkadarabban keletkezik.

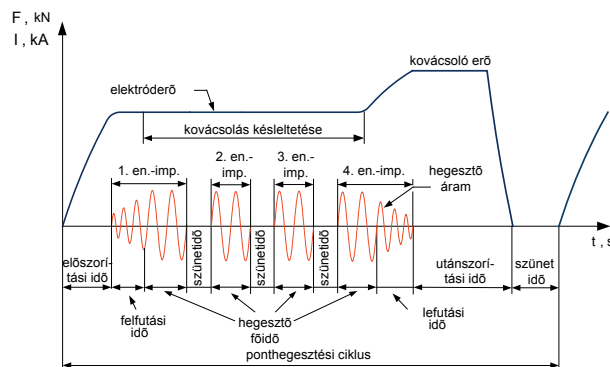
Az adagokban történő energia-bevitellel, a szünetek közötti hőelvezetés hatását kihasználva, a folyama-

tos hőbevitelű (ami más nézőpontból egyimpulzusos hegesztésnek tekinthető) ponthegesztéshez képest, a hegesztendő anyagba anélkül tudunk több energiát bejuttatni, hogy a hegesztés során az anyagot helyileg túlhevítsük.

Mind a nagyszilárdságú acélok, mind az alumínium-ötvözetek ellenállás-ponthegesztése a szokásos lágyacéllemezekhez képest jóval összetettebb feladat.

A nagyszilárdságú anyagok a kedvező mechanikai tulajdonságaikat többnyire különleges gyártástechnológiák (termomechanikus hengerlés, hőkezelés), illetve különböző ötvöző elemek révén nyerik el, hegesztésük, hegesztési tartományuk (Welding Lobe) ezáltal a lágyacélokéhoz képest jóval szűkebb területre koncentrálódik. Sorozat-hegesztéskor a szűk tartományon belül lévő, stabil munkapontot adó paraméter-kombináció az elektródok kopásából, illetve szennyeződéséből következően könnyen eltolódhat. Ez csökkent szilárdságú kötés kialakulásához (hideg hegedés), kötéshibához (kifröccsenéshez) vezethet, ami a nem megfelelő/nem elfogadható kötések számát, így a gyártás költségét is nagymértékben növeli.

Az említett hegeszhetőségi problémákra választ a szabályozott energiabevitellel való ponthegesztés jelenthet.



2. ábra. Szabályozott energiabevitelű ponthegesztés ciklusdiagramja

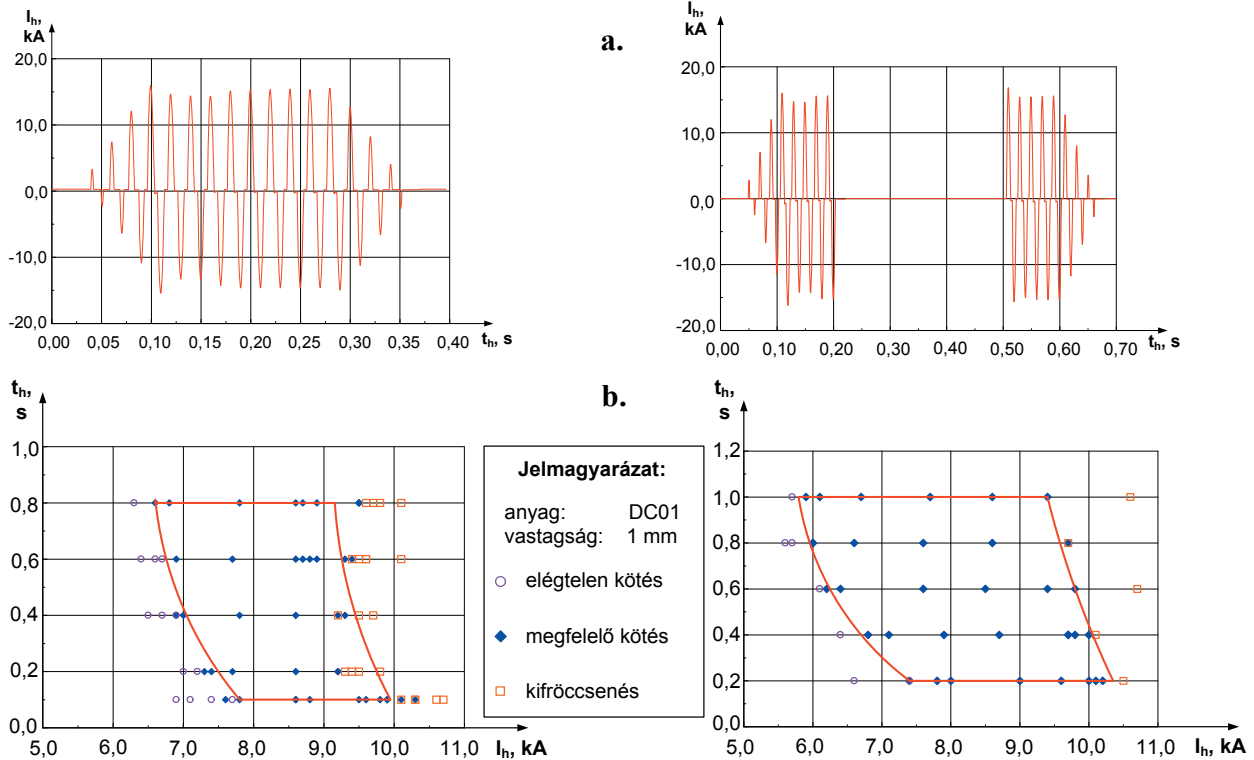
## 2. SZABÁLYOZOTT ENERGIABEVITEL HATÁSA A HEGESZTÉSI TARTOMÁNYRA

Az ellenállás-ponthegesztés munkatartományának ismerete egy ponthegesztési feladat sikeres megvalósításának elengedhetetlen feltétele.

Az automatizált gyártási folyamatok, illetve a nehezen hegeszthető anyagok esetében a folyamat-stabilitás kérdése kulcsfontosságú, a hegesztési tartomány alakjával és méretével függ össze. A technológiai folyamat stabi-

<sup>1</sup> PhD hallgató, e-mail: juhasz.daniel@uni-miskolc.hu

<sup>2</sup> egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tan-szék, www.met.uni-miskolc.hu, balogh.andras@uni-miskolc.hu



3. ábra. a.: Folyamatos- és szakaszos energiabevitel oszcilloszkóppal felvett áram-idő diagramja  
 b.: Hegesztési tartomány folyamatos- és szakaszos energiabevitel esetére

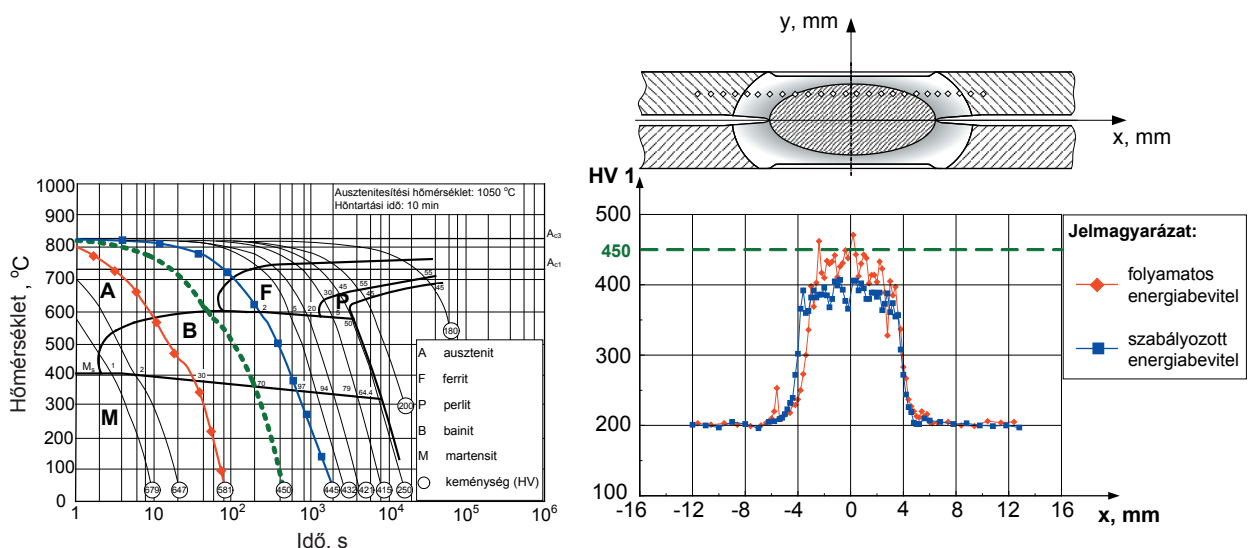
litásának javítása a tartományok szélesítésével és/vagy bővítésével biztosítható.

### 3. SZABÁLYOZOTT ENERGIA-BEVITEL HATÁSA A SZÖVETSZERKEZETRE

A nagyszilárdságú anyagok a kedvező mechanikai tulajdonságaikat többnyire különleges gyártástechnológiák, illetve különböző ötvöző elemek révén nyerik el. Hegesztésük, hegesztési tartományuk (Welding Lobe)

ezáltal a lágyacélokéhoz képest jóval szűkebb területre koncentrálódik. Sorozathegesztéskor a szűk tartományon belül lévő, stabil munkapontot adó paraméterkombináció az elektródok kopásából, illetve szennyeződéséből következően könnyen eltolódhat. Ez csökkent szilárdságú kötés kialakulásához (hideg hegedés), és/vagy kötéshibához (kifröccsenéshez) vezethet, ami a nem megfelelő/nem elfogadható kötések számát növeli. Ez szó szerinti ismétlés az első oldalról! Módosítandó!

A nagyszilárdságú acélok ponthegesztésekor, a folyamatos hűtésű átalakulási diagramot jobbra toló öt-



4. ábra. Keménységeloszlás a ponthegesztett kötésben folyamatos- és szakaszos energia-bevitel alkalmazása mellett

vözőelemeik miatt fokozottan kell ügyelni a hegesztési hőciklus időbeli lefolyására is.

Sorszám	Energiaimpulzusok száma (N)	Energiaimpulzusonkénti hegesztési idő (s)	Hegesztő áram (kA)
1	1	0,6	9,0
2	2	0,3	8,9

1. táblázat. A ponthegeztési paraméterek

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS - KÖVETKEZTETÉS

Kísérleteink eredményei alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a kedvezőtlen hűlési sebességből eredő rideg állapot szabályozott energiabevittel (szakaszos energiabevitel) kivédhető (4. ábra).

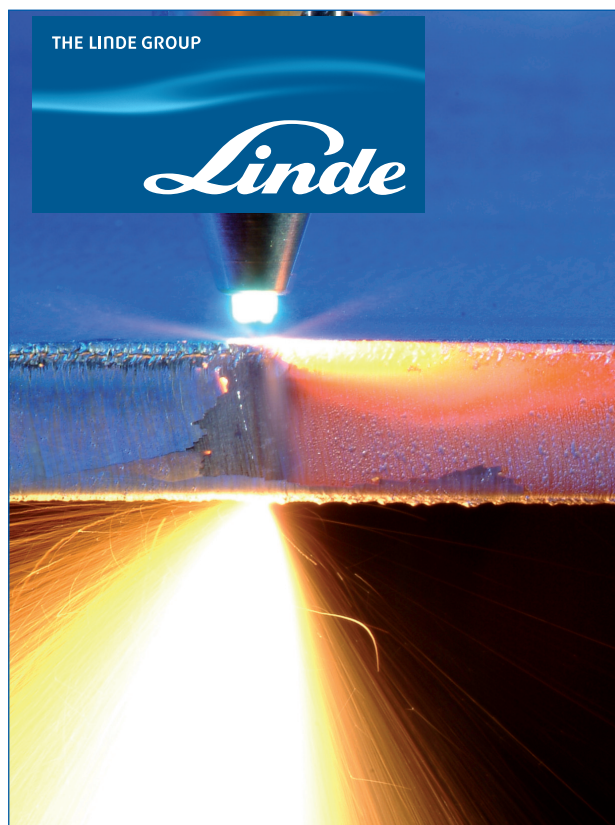
#### 5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutatómunka 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 valósul meg.

#### 6. IRODALOMJEGYZÉK

[1.] HERDEN G.: Hegesztési Kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973

- [2.] ORLOV B. D.: Ellenálláshegesztés, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980
- [3.] RWMA.: Resistance Welding Manual, Revised Fourth Edition, Philadelphia, 2003
- [4.] ZHANG, H.; SENKARA, J.: Resistance Welding Fundamentals and Application, Taylor and Francis Group, LLC, 2006
- [5.] BARÁNSZKY-JÓB I.: Hegesztési Kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1985
- [6.] SZUNYOGH, L.: Hegesztés és rokon technológiák; Kézikönyv, Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, 2007
- [7.] JUHÁSZ D.: Ellenállás-ponthegeztés munkatartományának szélesítési lehetősége több impulzusos hőbevitellel, TDK dolgozat, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, (konzulens: Dr. Balogh András), 2008; p.:1-49
- [8.] JUHÁSZ D., BALOGH A.: Possibilities for Widening of RSW Weldability Lobe by Multi-Pulse Welding, XXIII: microCAD, Nemzetközi Tudományos Konferencia, 2009, L szekció: Anyagtudomány és Mechanikai Technológiák, p.: 37-42
- [9.] JUHÁSZ D.: Szakaszos hőbevitel következményeinek vizsgálata ellenállás-ponthegeztéskor, egyetemi diplomaterv, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 2009, (Tervezésvezető: Dr. Balogh András)
- [10.] JUHÁSZ D., BALOGH A.: Az ellenállás-ponthegeztés hegesztési munkatartomány (Welding Lobe), Hegesztéstechnika, XX: évfolyam, 2009. 4. szám, p.: 21-26
- [11.] BALOGH A.: Szakaszos energiabevitel ömlesztő- és sajtolóhegesztéseknél, Hegesztéstechnika, XX: (2009), 1. szám; p.: 7-12



## Szakértelem és kiváló minőség

Szakembereink műszaki és gazdaságossági szempontok figyelembevételével a legmegfelelőbb műszaki gáz kiválasztásában, valamint a technológia kioldozásában nyújtanak segítséget partnereinknek.

Az ipari gázokat igénylő hegesztés- és vágástechnológiák, valamint a felületmódosító kezelések (fémszórás, bevonatolás, hőkezelő eljárások) teljes palettájával, és az általunk fejlesztett technológiák adaptálásával és megvalósításával állunk partnereink rendelkezésére.

Továbbá tevékenységünk kiterjed a helyszíni technológia szaktanácsadástól a gázellátó rendszer megtervezésén át az oktatási feladatokig. Az oktatást segíti az a hegesztéstechnológiai laboratórium, ahol vevőink részére folyamatosan ismeretmegújító bemutatókat, tanfolyamokat tartunk a gázok alkalmazhatóságát vizsgálva. Ehhez különböző hegesztő, és kiegészítő berendezések, hegesztőmunkahelyek, vizsgáló eszközök állnak rendelkezésünkre, valamint ebben a laboratóriumban egy speciális eszközzel a fogyóelektródás ívhegesztés anyagátmenetét is tanulmányozni tudjuk. Sok éves tapasztalattal rendelkezünk a hegesztők, forrasztók minősítése területén is (111, 131, 135, 136, 141, 311 eljárásokra). Nagy raktárkészlettel rendelkezünk különböző – a hegesztéstechnikához, a gázellátásokhoz tartozó – tartalék, ill. fogyó/kopó – alkatrészekből, a nyomásszabályzó berendezéstől a hegesztő anyagokig.

Linde Gáz Magyarország Zrt.  
www.lindegas.hu, linde-gas@hu.linde-gas.com

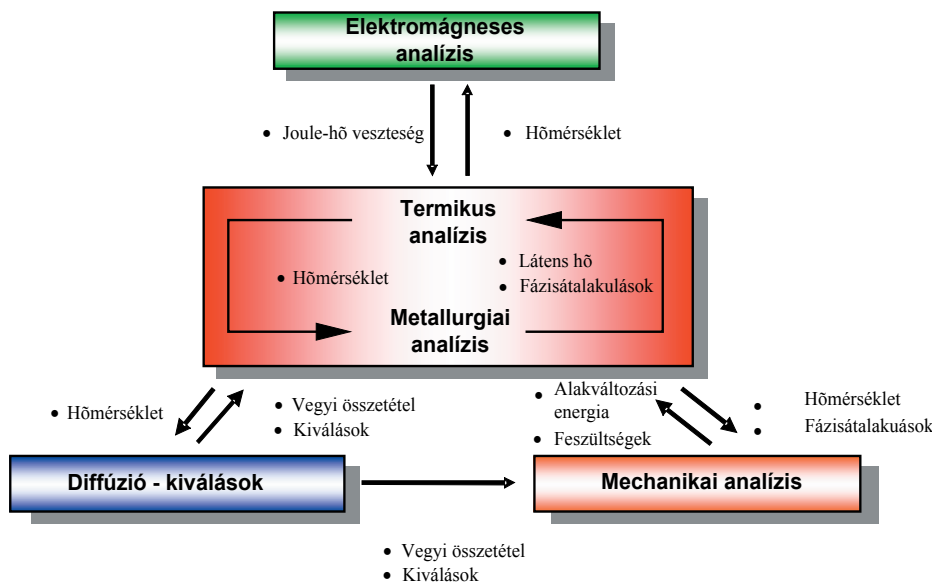
# PONTHEGESZTETT KÖTÉS HŐHATÁSÖVEZETÉNEK MODELLEZÉSE

Juhász Krisztina<sup>1</sup>, Juhász Dániel<sup>2</sup>, Dr. Török Imre<sup>3</sup>

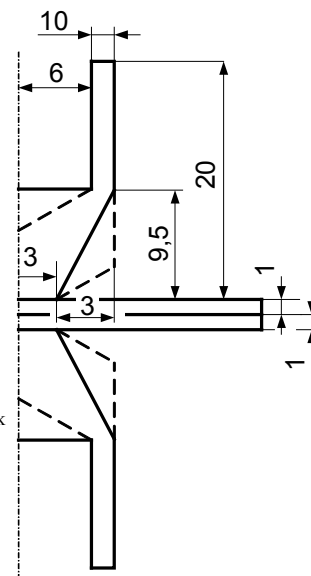
## 1. BEVEZETÉS

A mérnöki gyakorlatban egy-egy szerkezet, vagy folyamat tervezése kapcsán szinte mindennaposá vált a különböző végelelemes modellező szoftverek használata.

Segítségükkel, a mai számítógépek teljesítménye mellett, bonyolult, hagyományos analitikus módon csak nehezen, vagy egyáltalán nem megoldható feladatok is megbízhatóan kezelhetők, megoldhatók. Használatukkal a sokszor hosszú, idő- és költségigényes kísérletek száma nagymértékben redukálható, a tervezési- és/vagy kutatási folyamat során a legkedvezőbbnek talált megoldási változat kísérleti eredményekkel történő összehasonlítása általában elegendő.



1. ábra: A SYSWELD felépítése



2. ábra: Modellalkotás, geometriája

A SYSWELD végelelemes programrendszer alkalmas a termikus folyamatok komplex hatásainak elemzésére. Segítségével a különböző hegesztési-, hőkezelési-, diffúziós-, és különböző termomechanikus folyamatok, indukciós- és lézeres felületi kezelések, termikus szórások, egyéb felületi kezelések jól modellezhetők. A program az anyagban lezajló fázisátalakulások, szemcseméret és kémiai összetétel-változások kezelésére is képes, nemcsak

## 2. PONTHEGESZTÉSI FOLYAMAT VÉGESELEMES ANALÍZISE

Modellezett feladat:

Folyamatos energia-bevitel, szinuszos váltakozó áram

Vastagság:  $s=1$  mm;

Anyag: DC 04 (MSZ EN ISO 10130:2007);

Változó hegesztési paraméterek:

Hegesztő áram:  $I_h$  [kA]

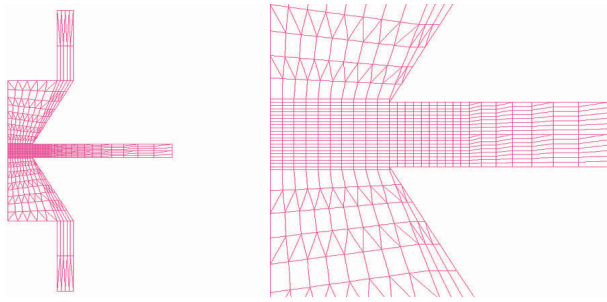
Hegesztési idő:  $t_h$  [s]

Elektród erő:  $F_e$  [kN]

<sup>1</sup> mérnöktanár, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu), e-mail: [hallg.krisztina@uni-miskolc.hu](mailto:hallg.krisztina@uni-miskolc.hu)

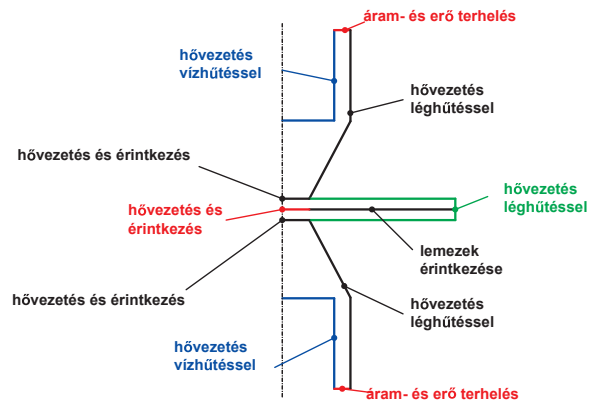
<sup>2</sup> PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu), e-mail: [juhasz.daniel@uni-miskolc.hu](mailto:juhasz.daniel@uni-miskolc.hu)

<sup>3</sup> egyetemi docens, szakcsoportvezető, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu), e-mail: [metti@uni-miskolc.hu](mailto:metti@uni-miskolc.hu)



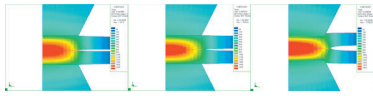
3. ábra: Háló generálása a modellhez

### 3. A VÉGESELEMES SZÁMÍTÁS EREDMÉNYE

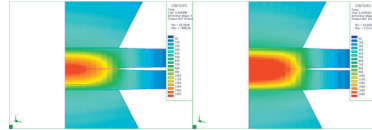


4. ábra: Peremfeltételek illesztése a hálóhoz

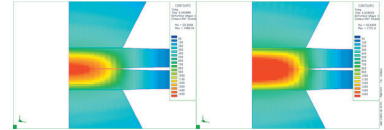
- **A sorozat:**  
 $I_h = 8,0 \text{ kA}$   
 $t_h = 0,2 \text{ s}$   
 $F_c = 1,5 \text{ kN}$   $F_e = 3,0 \text{ kN}$   $F_e = 5,0 \text{ kN}$  } **állandó**



- **B sorozat:**  
 $F_c = 2,0 \text{ kN}$   
 $t_h = 0,2 \text{ s}$   
 $I_h = 7,4 \text{ kA}$   $I_h = 8,7 \text{ kA}$  } **állandó**

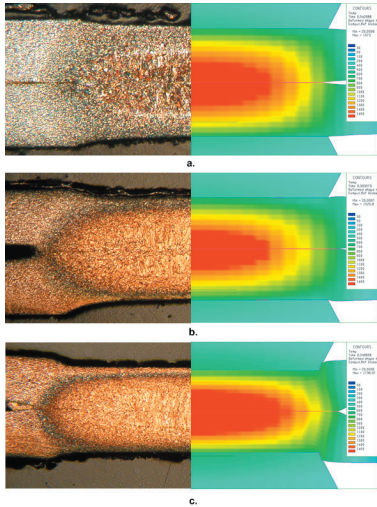


- **C sorozat:**  
 $F_c = 2,0 \text{ kN}$   
 $I_h = 8,0 \text{ kA}$   
 $t_h = 0,6 \text{ s}$   $t_h = 0,8 \text{ s}$  } **állandó**

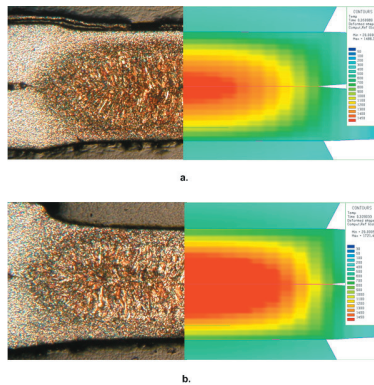


### 4. A VALÓS ÉS SZÁMÍTOTT EREDMÉNYEK ÖSSZEHOSONLÍTÁSA

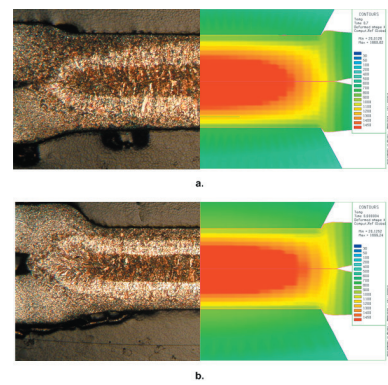
- **A sorozat:**



- **B sorozat:**



- **C sorozat:**



### 5. ÖSSZEZEGÉS

A modellezéssel kapott- és a kísérletekből nyert eredmények egymással jó egyezést mutatnak. A hőhatásövezet mérete és tulajdonságai ezek alapján becslhető.

### 6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertett kutatómunka 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 valósul meg.

### 7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] Sysweld 2003, SYSWELD Reference Manual, ESI Group
- [2.] Sysworld 2005, Technical Description of Capabilities, ESI Group
- [3.] ZHANG, H. ; SENKARA, J.: Resistance Welding Fundamentals and Application, Taylor and Francis Group, LLC, 2006
- [4.] JUHÁSZ D.: Szakaszos hőbevitel következményeinek vizsgálata ellenállás-ponthegesztéskor, egyetemi diplomatervezés, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 2009,

# A MISKOLCI EGYETEM MECHANIKAI TECHNOLÓGIAI TANSZÉKE HŐKEZELŐ SZAKCSOPORTJÁNAK KUTATÁSI TEVÉKENYSÉGE: 2001-2010

*Kocsisné dr. Baán Mária<sup>1</sup>, Dr. Frigyk Gábor<sup>2</sup>, Kovács Ferenc<sup>3</sup>, Szabó Endre<sup>4</sup>*

## 1. BEVEZETÉS

A hőkezelő szakcsoport több évtizede nemcsak regionálisan, de országos szinten is a termokémiai kezelések (cementálás, nitridálás, boridálás) kutatás-fejlesztésének meghatározó szereplője. Kutatási tevékenységében a súlyponti területet az elmúlt időszakban is e szakterület képezte. E kutatások zöme az ipari üzemekkel való szoros együttműködésben valósult meg, konkrét gyakorlati feladatok megoldását szolgálja. Az elmúlt években a Tanszék hőkezelő szakcsoportja jelentős volumenű, közvetlen ipari megrendelésre végzett szolgáltatást teljesített, s az ipari igények várhatóan a válságot követő időszakban jelentősen bővülni fognak. A szakcsoport kiváló ipari kapcsolatai bizonyítékkal szolgálnak arra, hogy versenyképes, a gyakorlatban is hasznosítható tudást és technológiákat fejlesztenek.

A hőkezelő szakcsoport személyi állománya az elmúlt évtizedben jelentős változáson ment keresztül: az iskola-teremtő szakemberek – Lizák József halála, Schäffer József és Szabó Endre nyugállományba vonulása indokolja a generáció-váltás szükségességét, fiatal szakemberek bevonását.

A generációváltás nemcsak a személyi állományt tekintve vált időszerűvé: a technológiai fejlesztések, a hatékonyság és a környezetvédelem követelményeinek fokozott figyelembevétele egyre korszerűbb megoldásokat igényelnek. Az elmúlt 10 éves időszakban a kutatási eszköz állomány bővítésére sajnos nem sok lehetőség volt. A közelmúltban benyújtott Kutatóegyetemi pályázat TIOP szegmense tartalmaz egy szerény összeget, amelynek révén nemzetközi együttműködésben, a marosvásárhelyi Plasmaterm céggel közösen meg kívánjuk valósítani egy plazmanitridáló berendezés megépítését.

A szakcsoport tevékenységét 2000-2004 között Schäffer József, majd 2005-2009 között Frigyk Gábor irányította. Tagjai ezen időszakban is előadások tartásával, szakcikkek írásával, szakmai egyesületekben végzett aktív munkával folyamatosan részt vettek a szakmai közéletben.

<sup>1</sup> egyetemi docens, szakcsoportvezető, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu), e-mail: [m.kocsis.baan@uni-miskolc.hu](mailto:m.kocsis.baan@uni-miskolc.hu)

<sup>2</sup> egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu), e-mail: [metfg@uni-miskolc.hu](mailto:metfg@uni-miskolc.hu)

<sup>3</sup> egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu), e-mail: [metkf@uni-miskolc.hu](mailto:metkf@uni-miskolc.hu)

<sup>4</sup> egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu)

A szakcsoport fontosabb kutatási területei az elmúlt időszakban a következők voltak:

1. Termokémiai kezelések
2. Termo-mechanikus kezelések
3. Duplex és szuperduplex korrózióálló acélok újrakristályosodásának vizsgálata
4. Számítógépes hőkezelés-technológiai tervezés
5. Lézeres felületkezelés
6. PVD bevonatok vizsgálata

## 2. TERMOKÉMIAI KEZELÉSEK

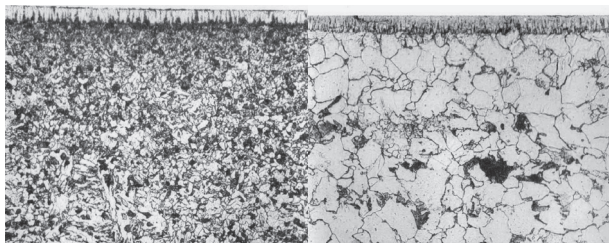
Nitridálás területén, a tanszéken elsősorban ipari kezdeményezésű kutatások folynak, amelyek rövid időtartam alatt hozzák meg a megrendelőknek a kívánt eredményt. Az ilyen jellegű kutatások általában egy-egy acélminőségre vonatkozó technológia kidolgozását jelentik. Az adott anyagminőségtől és az elvárt tulajdonságoktól függően a kidolgozott technológia lehet nitridálás, vagy karbonitridálás. Ipari megrendelőink, partnereink közül az elmúlt 10 évben a legjelentősebbek: Andritz Kft., Knorr-Bremse Kft., Hajdú Zrt., Hi-Tech Fémmegmunkáló Kft., Ross-Mould Kft., TIGÉP Kft., Ramp Formen Kft., Diósgyőri Fogazó Kft., D&D Drótáru ZRt., Technoplast McD Kft., Caroflex Kft., CERTA Kft., Civis-Acél Kft., Toolstyle Kft.

A HAJDU Autotechnika Ipari ZRt. számára végzett kutatás során hidegalakító szerszámok különböző sorozatnagyságokra vonatkozó anyagmegválasztási kérdéseit vizsgáltuk. A vállalat több évtizede folytatja a tevékenységi körébe tartozó ipari alkatrészek előállítására alkalmas lemezalakító szerszámok gyártását. A jelentősen megnövekedett sorozatszámok miatt az aktív alakító szerszámok két élezés között gyártott alkatrész darabszáma a legalapvetőbb szempont, amit az anyagmegválasztás során figyelembe kell venni. A másik jelentős elvárás a szerszámok előállításával függ össze. A lemezalkatrészek aktív szerszámokból készülnek, az alakítás után, ami általában forgácsolás, ezeket edzeni kell. Ezen szerszámok az edzés során a kész méretek túrését meghaladó mértékben vetemednek, ezért előállításuk egy nagyolással, majd az edzést követő készre munkálással oldható meg. A készre munkálás (simítás) során viszont a forgácsleválasztást már edzett, nagy keménységű állapotban végzik, ami nagy igénybevételt jelent a forgácsoló szerszámokra. Ezért az anyagvá-



lasztás fontos kritériumának tekintettük a javasolt szerzsámanyag lehetőség szerinti legkisebb vetemedését. Az eredmények tekintetében kijelenthető, hogy a javasolt új szerzsámanyag a közép- és nagysorozatok tekintetében gazdaságosan alkalmazható.

A tanszéki kollégák hosszabb idő óta rendszeresen végeznek technológia-fejlesztést szilárd közegű boridálás témakörében az Andritz Kft. (korábbi nevén TIGÉP) részére. A CrMoV és Mo ötvözésű melegsilárd acélból készült Siemens gázturbina vezérlőgörgők felületkezelése során az előírt rétegvastagság és rétegszerkezet figyelembevételével optimalizálni kellett a porkeverék összetételét, gazdasági és fémtani szempontokat mérlegelve kellett megválasztani a boridálási hőmérsékletet és az eltérő ötvözöttségű alapanyagokban a rétegnövekedés sebességét figyelembe véve, a szemcseszerkezet eldurvulásának megakadályozását is szem előtt tartva kellett meghatározni a hőkezelés időtartamát. A boridálás után előírt magas edzési hőmérsékletű nemesítés réteggárosodás nélküli végrehajtását egy ipari partnerrel együttműködve, vákuum hőkezeléssel valósítottuk meg [1].



1. ábra Boridált réteg mikroszkópi képe (200x, Nital)  
a) 21CrMoV571; b) 16Mo3

További, a termokémiai kezelések kombinációjára épülő kutatási feladatunk a növelt igénybevételű hajtómű-alkatrészek duplex termokémiai kezelése volt. A kiválóan keményedő Cr, Mo és V ötvözésű betétedzésű acélok betétedzését követően magasabb megeresztési hőmérsékleten végezhető nitridálás során a magzilárdságot gyakorlatilag nem befolyásolva, megfelelő kéregtulajdonságok hozhatók létre, az elegendő mennyiségű nitridképző ötvöző jelenlétének köszönhetően [2, 3]. A kísérleteket diplomaterv keretében is folytattuk. A kezelés folyamán az ötvözőelemek mennyiségétől és milyenségétől valamint a technológiai paramétereiktől függően összetett fémtani jelenségek játszódnak le és alakítják ki a kéreg maradó feszültség eloszlását és a kéreg-, illetve magszerkezeten keresztül az igénybevétel szempontjából mértékadó tulajdonságokat. Az optimalizálás, illetve a gyakorlati felhasználás törésmechanikai, fogaskerék modell, fogaskerék teszt és üzemi vizsgálatokat igényel.

### 3. TERMO-MECHANIKUS KEZELÉS

A termo-mechanikus kezelések alkalmazásának terjedését az utóbbi évtizedekben számos körülmény elősegítette: az acélszerkezetek, olaj- és gáztávvezetékek

anyagaival szemben megnyilvánuló fokozott elvárások, a súlycsökkentés lehetőségének bővítése, a gazdaságosabb technológiák fejlesztésének és alkalmazásának követelménye egyre inkább ráirányította a figyelmet ezeknek a technológiai megoldásoknak az előnyeire. A termo-mechanikus kezelések lényege, hogy a hengerlés hőmérsékletének csökkentésével, s az utolsó szűrások alakítási mértékének változtatásával a szilárdsági és alakváltozási mérőszámok növelhetők úgy, hogy az átmeneti hőmérséklet alacsonyabb hőfok felé tolódik. Ez irányú kutatómunkánkat növelt szilárdságú mikro-ötvözött, valamint austenites szövetszerkezetű korrózióálló acélokról terjesztettük ki. A kutatómunkát a Moszkvai Acél és Ötvözetek Intézetével, valamint a Dnyepropetrovszki Vasipari Kutatóintézetrel közösen végeztük. Laboratóriumi körülmények között kapott kedvező eredményeink alapján üzemi kísérleteket is végeztünk. Az itt nyert tapasztalatok egyértelműen igazolták a termo-mechanikus technológia bevezetésének lehetőségét a már meglévő hengersorokon azok pótlólagos kiegészítésével. [4, 5, 6]

### 4. DUPLEX ÉS SZUPERDUPLEX KORRÓZIÓÁLLÓ ACÉLOK ÚJRAKRISTÁLYOSODÁSÁNAK VIZSGÁLATA

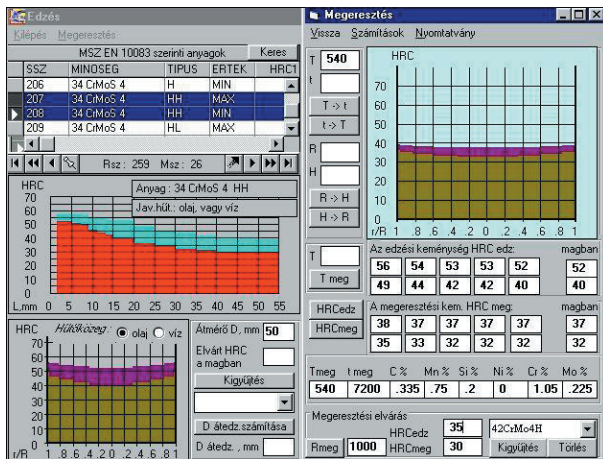
A duplex és szuperduplex acélok a korszerű korrózióálló acélok fejlett országokban gyorsan terjedő típusait képviselik. A tanszéki kutatómunka célja, hogy a szövetszerkezet vizsgálatával, illetve az újrakristályosodási diagramok felvételével újabb ismereteket és adatokat szolgáltatassunk ezen acélok metallográfiai jellegzetességeiről [7]. A kutatás eredményeként e témában számos szakkikk s egy doktori disszertáció is született.

### 5. SZÁMÍTÓGÉPES HŐKEZELÉS- TECHNOLÓGIAI TERVEZÉS

Tanszékünk munkatársai a személyi számítógépek megjelenése óta folyamatosan aktív szerepet játszanak a számítástechnika mérnöki alkalmazásainak fejlesztésében. A korábbi években kidolgozott C-görbe elemző program moduláris felépítése lehetővé teszi a folyamatos továbbfejlesztést, újabb programrészek kidolgozását és az alkalmazások körének bővítését. A program sokoldalúan támogatja az anyagkiválasztást, a hőkezelési technológiák tervezésénél lehetőséget nyújt az egyes acélok tényleges átalakulási viselkedésének figyelembevételére, csakúgy, mint az anyagminősítésre.

A program legújabb modulja a folyamatos hűlésű C-görbék információira építve alapadatokat szolgáltat a hőmérsékletváltozással járó folyamatok végeselemes modellezéséhez, komplex mérnöki problémák szimulációjához. Előnyösen felhasználható az oktatásban a technológiai eljárások során lejátszódó folyamatok meg-

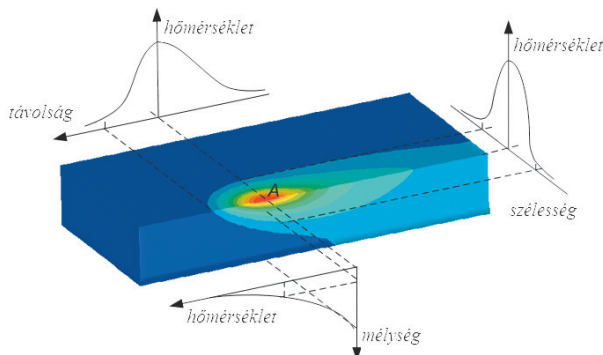
értésében, szemléltetésében, valamint konkrét gyakorlati feladatok megoldásában is [8].



2. ábra Anyagválasztás előírt magiszilárdság alapján

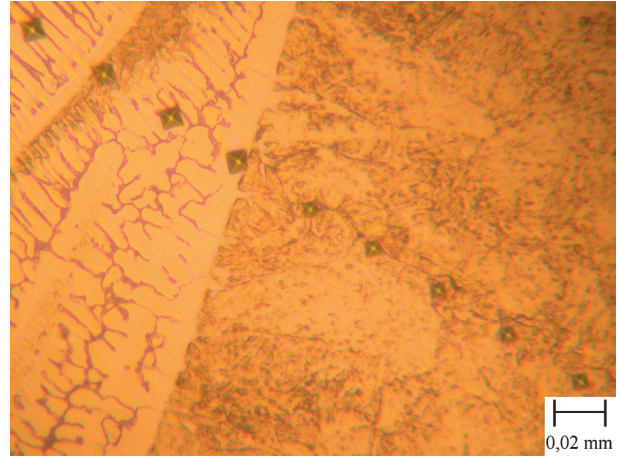
## 6. LÉZERSUGARAS FELÜLETTECHNOLÓGIÁK

A Mechanikai Technológiai Tanszéken az elmúlt évtizedben számos kutatási program valósult meg a lézer ipari alkalmazási lehetőségeinek elemzése céljából. A lézeres anyagtechnológiák közül a legjelentősebb eredmények a lézeres felülettechnológiák területén születtek. A BAY-ATI intézettel kialakított együttműködés révén megvalósított lézeres kutatásaink terén mind volumenben, mind időtávtatban a felületedzésre vonatkozó kutatások, a technológiai paraméterek optimális tartományának kiválasztására vonatkozó végeselemes modellezés és ezek validálását célzó kísérletek a legjelentősebbek. A SYSWELD rendszerben készült modellezés lehetőséget kínál az összetett hatások kezelésére és optimálási feladatok megoldására. A kidolgozott modell segítségével végső soron lehetőség van a bonyolult geometriájú munkadarabok, illetve átlapolódások hőfolyamatainak és fázisátalakulásainak modellezésére és szimulációjára, így az adatok visszacsatolásával egy virtuális szabályozási kört lehet létrehozni [9, 10].



3. ábra Lézeres edzés egyedi nyomvonalának hőmérséklet eloszlása

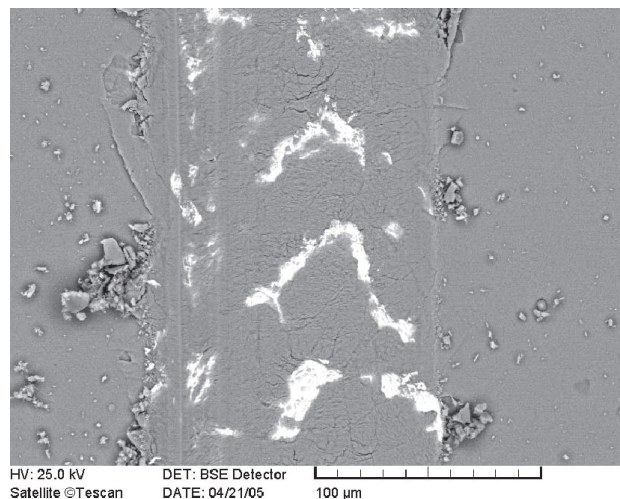
A lézeres felülettechnológiák egy másik, izgalmas és még számos kutatási feladatot kínáló területe a felületi rétegek ráolvasztásának lehetősége – az ún. cladding, amely a felrakó hegesztéssel rokon technológia. Különböző alapanyagokra, különböző technológiai berendezésekkel és különböző technológiai paraméter kombinációkkal készített bevonati rétegek esetén vizsgáltuk a keveredés mértékét, a bevonat geometriáját, hibamentességét és a keménységeloszlást [11].



4. ábra Stellite6 bevonat korrózióálló, martenzitesen edződő acél szubsztrát felületén – a bevonat- alapanyag átmenet, keménységmérési nyomokkal [11]

## 7. PVD BEVONATOK VIZSGÁLATA

A felülettechnológiák egy másik korszerű, és az ipari alkalmazását tekintve igen jelentős területén szintén egymást követő nyári gyakorlatok és diplomatervek keretében folytattunk vizsgálatokat fizikai gőzfázisú bevonatolás témakörében [12, 13]. A TS Magyarország (korábban HTS Kft.) magnetron porlasztásos vákuum-



5. ábra PVD eljárással készült TiAlN bevonat karcvizsgálata – a karcnyom SEM (pásztázóelektronmikroszkópos) felvétele [12]

plazma bevonatoló berendezésével készített, különböző anyagú, illetve eltérő felületi minőségű alapfémre felvitt bevonatok adszorpciós kötéserősségét a Mechanikai Technológiai Tanszék karvizsgáló berendezésével mértük, míg a rétegvastagság meghatározásához a cég gömbsüvegkoptató berendezését alkalmaztuk.

## 8. ÖSSZEFOGLALÁS

A hőkezelő szakcsoport a közelmúlt éveiben bekövetkezett generáció-váltást követően tovább kívánja folytatni a hőkezelés és felülettechnológiák terén eddig sikeres legfontosabb szakterületek – kiemelten a termokémiai kezelések és a lézeres felülettechnológiák – kutatásait. E két tématerület részletesebb bemutatását jubileumi kiadványunk két további cikke tartalmazza.

## 9. 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.

## 10. IRODALOM

- [1] SCHÄFFER J.: CrMoV és Mo ötvöztetésű melegszilárd acélok boridálása, XV. Hőkezelő Országos Konferencia, Dunajváros, 1993. 10. 19-21.
- [2] FRIGYIK G.: Kiválósági folyamatok a duplex acélban, XX. Hőkezelő és Anyagtudomány a Gépgyártásban Országos Konferencia, Kecskemét, 2002. 10. 16-18.
- [3] SCHÄFFER J., SZABÓ E., KÖRMENDI A.: Nagy igénybevételű fogaskerekek duplex termokémiai kezelése, XIX. Hőkezelő és Anyagtudomány a Gépgyártásban Országos Konferencia, Székesfehérvár, 2000. 10. 10-12.
- [4] ROMVÁRI P., BERNSTEJN M.L., FRIGYIK G., TÓTH L.: Kohászati termékjavítás termomechanikus kezeléssel, Borsodi Műszaki és Közgazdasági Hetek '88, Miskolc, 1988. 05. 25.-06. 01.
- [5] ROMVÁRI P., TÓTH L., NYITRAI D., SCHÖN P., BEKE J.: A termomechanikus kezelés alkalmazásának lehetősége a golyóscsapágyacéloknál, XIII. Hőkezelő Országos Szeminárium, Sopron, 1989. 10. 16-18.
- [6] BÉRES L., LADÁNYI P., TÓTH L., FRIGYIK G.: X 2 CrNiMoN 22 5 3 típusú acél rekrisztallizációs folyamatának vizsgálata, Fémek termomechanikus megmunkálása Konferencia a Moszkvai Acél- és Fémintézet rendezésében, Minszk, 1996. 10. 24-25.
- [7] FRIGYIK G., BÉRES L., LADÁNYI P.: Duplex acélok újrakristályosodásának vizsgálata, XVI. Hőkezelő Országos Konferencia, Székesfehérvár, 1995. 10. 10-12.
- [8] GÁL I., SCHÄFFER J.: Számítógépi program C-görbék elemzéséhez és hőkezelés-technológia tervezésében, Gépgyártás, 2001. 13-17. p.
- [9] R. ROWSHAN: Process controll during laser transformation hardening, Ph.D. Thesis, University of Miskolc, 2007
- [10] R. ROWSHAN-KOCSISNÉ B. M.: Az acélok lézeres felületkezelésének végelemes modellezése, Gép, LVIII. Évfolyam. 2007. p. 29-38.
- [11] BÍRÓ A.: Acél alapanyag lézersugaras bevonatolásának (cladding) vizsgálata, Diplomatervezés, Miskolci Egyetem, 2008
- [12] GILÁNYI A.: Kopásálló bevonatok előállításának kísérleti vizsgálata, 2005
- [13] SLEZSÁK I.: PVD bevonatok adhéziós kötéserősségének vizsgálata, 2009.



Az ESAB-nál mindent megtalál, ami a hegesztéshez és vágáshoz szükséges. Berendezések, alkatrészek, kellékek és személyvédő felszerelések teljeskörű kínálatával várják viszonteladóink az ország bármely pontján.

[www.esab.hu](http://www.esab.hu)

**STRENGTH THROUGH COOPERATION**

# LÉZERES FELÜLETECHNOLÓGIÁK KUTATÁSA A MECHANIKAI TECHNOLÓGIAI TANSZÉKEN

Kocsisné dr. Baán Mária<sup>1</sup>, Rowshan Reza<sup>2</sup>

## 1. ABSTRACT

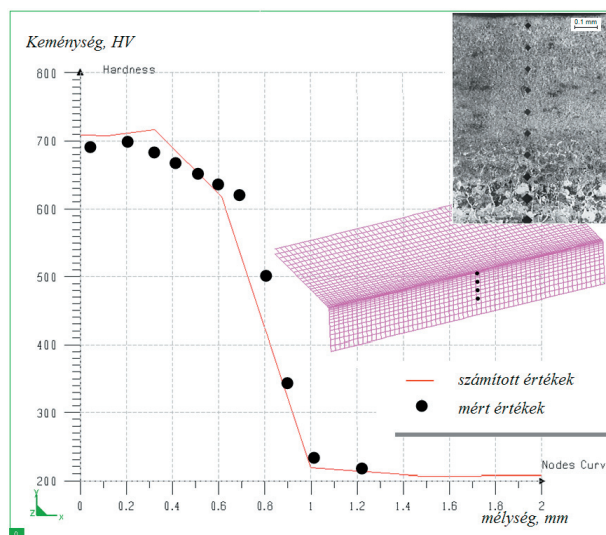
Napjaink egyik legnagyobb jelentőségű kérdése a technológia és tudástranszfer hatékonyságának növelése, s ennek révén a gazdasági versenyképesség fokozása. Cikkünk rövid áttekintést kíván adni arról, hogy egy sokoldalú, korszerű technológiai lehetőség, a lézerek ipari alkalmazása témakörében hogyan valósul meg a felsőoktatás és a kutatóintézetek együttműködése, a kutatási eredményeknek az oktatási programokba történő hatékony bevezetése, milyen sokoldalú kölcsönhatást gyakorolhat a nemzetközi együttműködés a felsőoktatás modernizációjára. A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszéke az elmúlt másfél évtizedben számos lézeres kutatási és tananyag-fejlesztési programban vett részt, melyek a tanszék szakterületeit szinte kivétel nélkül lefedték – vágás, hegesztés, felületkezelés – jóllehet a három szakterület lézertechnológiai kutatásai közel sem tekinthetők egyszilárdágúnak. Összefoglalónk hangsúlyt helyez annak bemutatására, hogy e kutatások hallgatóink (köztük külföldi diákok) aktív részvételével (TDK dolgozatok diplomatervek, PhD disszertáció), és a Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet (BAY-ATI) Lézertechnológiai osztályával kialakított szakmai tudományos együttműködés keretében valósultak meg.

A lézerral kapcsolatos tanszéki kutatómunkák legjelentősebb eredményeit a felülettechnológiák terén mutathatjuk fel, a felületi tulajdonságok befolyásolásának mindkét alapvető lehetőségét: a felület-módosítást és a felület-bevonást egyaránt alkalmazva. Előbbi esetben a lézeres felületedzés a láng- és indukciós edzéshez hasonlóan a felületre korlátozott austenitesítés és önedződés révén eredményez növelt élettartamot, a kifáradással szembeni növelt ellenállás és a kopásállóság fokozása következtében. A másik esetben a lézer segítségével igen változatos anyagpárosításokkal a tömbfémről eltérő anyagú új réteget vihetünk fel a szubsztrát felületére. A különböző anyagminőségeken, különböző technológiai paraméterekkel végzett kezelések eredményességét minden esetben csiszolatokon végzett mikroszkópi és mikro-keménységi vizsgálatokkal ellenőriztük.

## 2. LÉZERES FELÜLETEDZÉS KÍSÉRLETI VIZSGÁLATA ÉS MODELLEZÉSE

A lézeres felületedzés a lejártszódó extrém folyamatok miatt napjainkig igen bonyolult és nehezen algoritmizálható mérnöki feladatot jelent. A végelesemes modellezés lehetőséget nyújt az összetett hatások kezelésére és optimálási feladatok megoldására. A SYSWELD rendszerben készült modellezés eredményeinek validálása céljából, valamint a technológiai paraméterek optimális tartományának kiválasztása és szabályozása érdekében kísérleteket végeztünk a BAY-ATI Lézertechnológiai Osztályának TRUMPF TLC 105 típusú CO<sub>2</sub> lézérével: a felületedzés külső hűtőközeg nélkül, valamint az abszorpciós tényező javítása érdekében a kezelést megelőzően alkalmazott grafit-felszórással történt.

Az első kísérletsorozat egyedi nyomvonalak vizsgálatára irányult: C15-ös acélminőségre különböző teljesítmény és előtolási sebesség mellett vetettük össze a háromdimenziós termo-metallurgiai végelesemes modell hőeloszlás eredményeit a próbadarabokon mért keménységeloszlás adataival [1]. Ezt követően háromféle acélminőség lézeres edzésének (C45, C60, S100) egyedi nyomvonalait vizsgáltuk a modellezés verifikálása céljából [2]. A modellezés során a hőeloszlás metszeti és háromdimenziós ábrázolása mellett tetszőlegesen kiválasztott pontokra hőfok-idő diagramokat származtattunk, a fázisok mennyiségét és a keménységértékeket számítottuk (1. ábra).



1. ábra Számított és mért keménységértékek lézeres felületedzés nyomvonalának keresztmetszetében

<sup>1</sup> egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu), e-mail: [m.kocsis.baan@uni-miskolc.hu](mailto:m.kocsis.baan@uni-miskolc.hu)

<sup>2</sup> Assistant Director of Laboratories, New York University Abu Dhabi (NYUAD), Egyesült Arab Emírség, e-mail: [reza.rowshan@nyu.edu](mailto:reza.rowshan@nyu.edu)

A modellezés során arra is választ kerestünk, hogyan befolyásolják az eredményeket az energia eloszlás jellegére (Gauss-féle vagy kúpos eloszlás), illetve az abszorpciós együttható értékére vonatkozó becsléseink.

A lézeres felületedzés egyik alapvető problémája, hogy a nagy energiasűrűségű lézersugárral egyidejűleg csak viszonylag keskeny sávokban tudjuk felhevíteni az acélt, amely a lézersugár tovahaladását követően martensitesre edződik, a hideg belső tömeg hővezetéssel megvalósult hűtőhatásának következtében. Nagyobb kiterjedésű felületek kezelése egymás után felvitt nyomvonalak segítségével történhet, ahol az elsődleges kérdés a nyomvonalak közötti távolság, azaz az átlapolódás mértékének megválasztása. További kísérletsorozataink ennek vizsgálatára irányultak [3, 4, 5, 6], hasznosítva a korábbi, egyedi nyomvonalak vizsgálata során nyert tapasztalatokat is. A kísérletek célja az előtolási sebesség és a teljesítmény optimumának megválasztása volt különböző mértékű átlapolódás alkalmazásával, különféle acélminőségekre.

Az egymást követő nyomvonalak hőbevitelére esetén a felületedzésnél több hatásra is figyelemmel kell lenni, hiszen bizonyos zónákban így kétszeres edződés, míg más zónákban megeresztődés jelensége fordulhat elő. Egy másik tapasztalt probléma a hőtörődés jelensége, ami akár felületi megolvadáshoz is vezethet, vagy az anyagban felhalmozódott hő a nem kellő mértékű hőelvonást eredményezheti – azaz a martensit kialakulását veszélyezteti. Az átlapolódás eredményeként a megeresztés hatását mind a mikroszkópi képeken, mind a keménység-eloszlási görbéken egyértelműen észlelni lehetett.

A modellezés eredményeinek ellenőrzését célzó keménységeloszlás vizsgálati módszerét szükségesnek ítéltük alkalmasabbá tenni az inhomogén szerkezet megbízható leírására. A vizsgálattechnikai módszerek

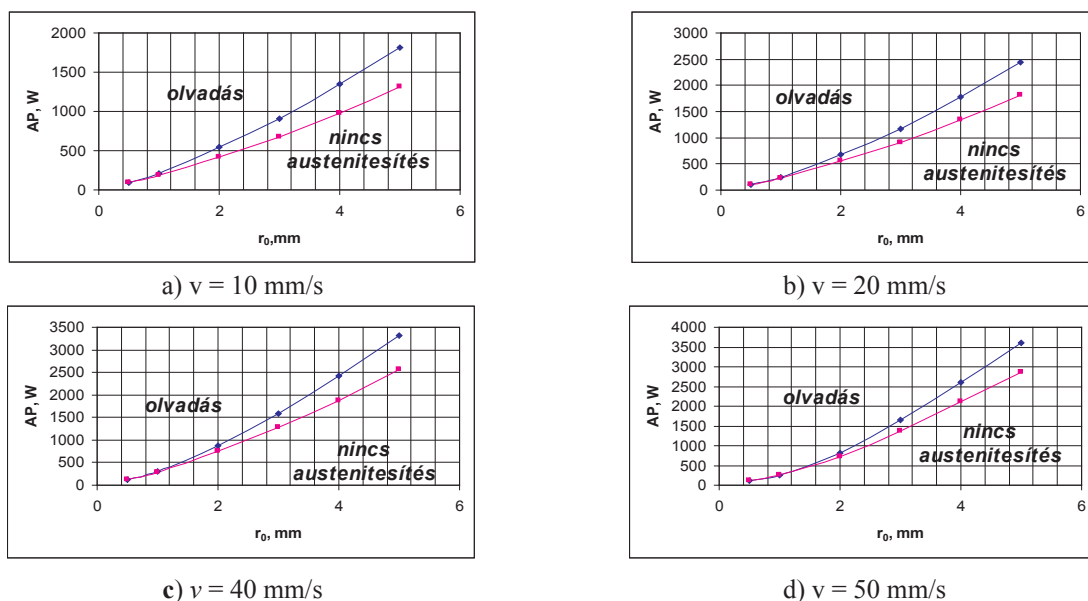
optimalizálása egy progresszív háló megalkotásával egy újabb diplomatervezési témája volt [7].

A kísérletekkel párhuzamosan egyre összetettebb problémák megoldására alkalmas szimulációs modellek kifejlesztésével folytatódott a munka egy PhD kutatás keretében [8], melynek főbb célkitűzései az alábbiak voltak:

- a szimulációk hőtechnikai eredményeinek segítségével megfelelő kapcsolat teremtése a kimenő és a bemenő paraméterek között, továbbá a lézeres felületedzés optimális paramétertartományainak meghatározása kvázi-statisztikus állapotok esetén,
- a lézeres felületedzési folyamatok során alkalmazható új optimális szabályozási stratégia kidolgozása, amelynek lényege, hogy a bemenő lézer energiát szabályozzuk az előírt hőmérséklet intervallum elérése, vagy a munkadarab bármely pontján egy adott, állandó hőmérséklet elérése érdekében,
- a lézeres felületedzési eljárások átlapolódási jelenségeinek részletes vizsgálata, figyelembe véve a lehetséges fázisátalakulási és megeresztési folyamatokat.

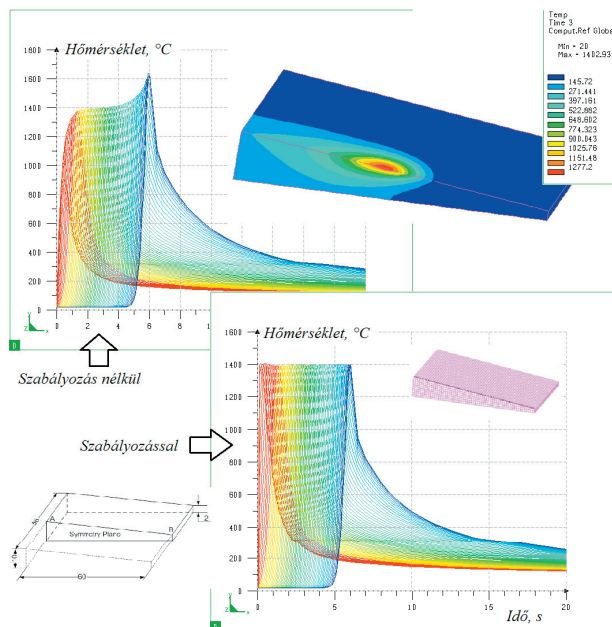
Szimulációs eljárásokkal elsőként lézeresen felületedzett egyedi nyomvonalak állandósult állapotú szakaszaira határoztuk meg az optimális paramétertartományokat (2. ábra), így bármely mélységben kiválasztott pontra az olvadás elkerülése mellett biztosítható a beedződés.

A SYSWELD VEM szoftverhez kapcsolódó Rendszer Interfész Nyelv (SIL) használatával a továbbiakban egy olyan hőmérsékletszabályozási stratégiát dolgoztunk ki, amelynek alkalmazásával a bevitt lézereenergia úgy szabályozható, hogy akár egy állandó hőmérséklet intervallum, vagy akár egy állandó hőmérséklet biztosítható a munkadarab bármely kijelölt pontján, tekintet nélkül a folyamat állapotára és a geometria komplexitására. A



2. ábra A lézersugár rádiusza és a teljesítmény függvényében számított működési terület C45 acélok lézeres felületedzésekor; különböző előtolási sebességeknél

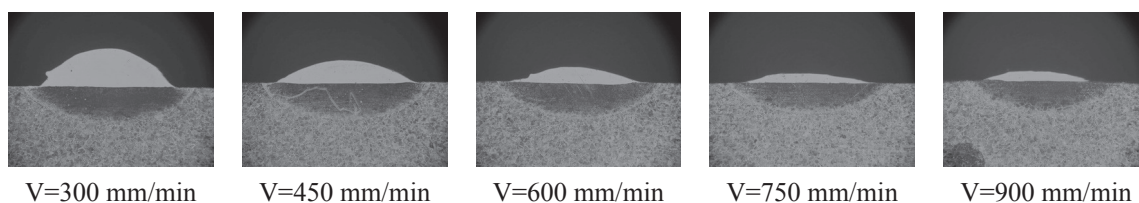
program egy tetszőlegesen kiválasztott pontra ellenőrzi, hogy a számított hőmérséklet az optimális intervallumba esik-e. Amennyiben ez nem teljesül, akkor a megadott matematikai képletek alapján a rendszer módosítja a hőáram-sűrűséget ( $q_0$ ), vagyis a lézer teljesítményét, és ezt alkalmazza a következő csomópont esetében kiindulási adatként.



3. ábra A hőmérséklet szabályozási stratégia alkalmazásával az ék alakú munkadarab felületén állandó hőmérséklet biztosítható.

A bonyolult geometriájú munkadarabok, illetve átlapolódások hőfolyamatainak és fázisátalakulásainak követésével és az adatok visszacsatolásával lényegében egy virtuális szabályozási kört lehet létrehozni, melynek segítségével a kívánt mélységű és kiterjedésű, az adott lehetőségeken belül egyenletes keménységeloszlást eredményezhet a felületkezelés [ 9, 10].

A numerikus számításokra alapozott optimális működési paramétertartomány meghatározhatósága hozzájárulhat a lézeres felületedzési folyamatok sokkal hatékonyabb és szélesebb körű alkalmazásához. A hőmérsékletnek a teljes folyamat során történő szabályozása hatásos eszköz lehet arra, hogy elkerüljük a felület megolvadását, mialatt biztosítjuk az ausztenitesítési hőmérsékletet a munkadarab felületének kívánt mélységében.



4. ábra Az előtolási sebesség hatása a bevonat geometriájára 1,5 kW teljesítmény esetén [11].

### 3. LÉZERES BEVONATOLÁS - CLADDING

Amikor az alapanyag felületén egy, az adalékanyag olvadáspontját meghaladó hőmérsékletű eljárás során, hozzáadott anyag ráolvasztásával úgy hozunk létre egy új réteget, hogy az csak nagyon kis mértékben keveredjen az alapanyaggal, bevonatolásról (cladding) beszélünk. A lézeres bevonatolás lényegében a felrakó hegesztéssel rokon eljárás. E technológiához kapcsolódó első kutatási programunkban C45-ös acélon vizsgáltuk az átlapolódás nélküli, egy lépéses technológiával létrehozott lézeres bevonatokat.

Próbatestenként öt különböző sebességgel (300 – 900 mm/min), azonos teljesítmény mellett felvitt bevonatokat vizsgáltunk, a kísérletet hat különböző teljesítményértéken (1,5 – 2,5 kW) megismételve térképeztük fel a kialakuló bevonati tulajdonságokat. A hozaganyag Cobázisú 45-75 $\mu$ m szemcseméretű Deloro Stellite 6 jelzésű por volt, minden próbatestnél azonos mennyiségben adagolva. Meghatároztuk a teljesítmény és az előtolási sebesség változásának hatására bekövetkező geometriai és elegyedési adatokat, kiválasztottuk a megengedett elegyedési mérték (3-6 %) elérését biztosító paraméterkombinációkat. A keménységértékek elemzése során megfigyelhető volt, hogy a bevonat alatti hőhatásövezetben nagy szilárdságú martensitesen átalakult réteg jön létre [11].

A további kutatások során X46Cr13 minőségű korrózióálló, martenzitesen edződő szubsztrátumra felvitt rétegeket vizsgáltunk. Ez esetben az előtolási sebesség állandósága mellett a teljesítményt és a por adagolás mértékét (5-11 g/min) változtattuk. A bevonatoláshoz Nd:YAG lézert alkalmaztunk, védőgázként Ar szolgált. Az eredmények alapján elmondható, hogy a bevonatok repedés- és pórusmentesek voltak, a poradagolás növelésével a keveredés mértéke csökken, így adott lézerteljesítményhez kijelölhető az a poradagolás, amely optimális keveredést biztosít [12].

### 4. KUTATÁSI EREDMÉNYEK BEVEZETÉSE AZ OKTATÁSBA

Tanszékünk kiemelt jelentőséget tulajdonít a kutatási eredményeknek az oktatási programokba való közvetlen beintegrálására. Egymást követő, EU pályázati támogatással megvalósult nemzetközi projektjeink keretében többnyelvű, a hőkezelés és felületkezelés témakörében fejlesztett tananyagok kidolgozásában vettünk

részt – a szakmai színvonalra az IFHTSE (International Federation of Heat Treatment and Surface Engineering) meghatározó szerepe biztosított garanciát [13, 14]. Kiemelést érdemel ezen projektek között a MinSE – European Master in Surface Engineering – ERASMUS projekt, amelynek keretében egy mester szintű, nemzetközileg elismert, akkreditált képzési program kidolgozása és tesztelése valósult meg, többnyelvű, e-learning kiegészítő elemekkel támogatott formában.



5. ábra A MinSE projekt oktatási portálja

Egy másik, befejezéshez közelítő, magyarországi projekt keretében szintén digitális tananyagelemeket fejlesztünk. A „Korszerű anyag-, nano- és gépészeti technológiákhoz kapcsolódó műszaki képzési területeken kompetencia alapú, komplex digitális tananyag modulok létrehozása és on-line hozzáférésük megvalósítása” című TÁMOP projekt egyik moduljában egy olyan interdiszciplináris ismeretanyagot összefoglaló tananyag született, amely a felhasználót először megismerteti a lézerfizika alapvető ismeretanyagával, majd arra építve a gépészetben alkalmazott technikák – diagnosztikai és gyártóberendezések – jelentős hányadát egységes szerkezetben tárgyalja.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A Mechanikai Technológiai Tanszéken az elmúlt másfél évtizedben számos kutatási program valósult meg, amely a lézer ipari alkalmazásának lehetőségeit elemezte. A BAY-ATI intézettel kialakított együttműködés keretében folytatott kísérleteken túlmenően ezeknek az összetett folyamatoknak a megismeréséhez nagyban hozzájárul a modellezés lehetősége is. Amint azt az előzőkben bemutatott kutatási programok és eredményeik is jól illusztrálják a lézer egy rendkívül sokoldalú anyagmégmunkáló eszköz, amely igen komplex műszaki szemléletmódot igényel, számos izgalmas kutatási témát tartogatva a jövő mérnökeinek.

## 6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A Szerzők ez úton is köszönetüket fejezik ki a közleményben felsorolt projektek által nyújtott támogatásért. Külön köszönetet mondunk azért, hogy egyes témakö-

rök 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.

## 7. IRODALOM

- [1.] R. ROWSHAN: Laser surface treatment and it's modelling by FEM, Degree Thesis, University of Miskolc, 1998
- [2.] M. MAHMOUD HONEINEH: Modelling of Laser Surface Treatment, MsC Thesis, University of Miskolc, 1999
- [3.] SÁRKÖZI T.: Lézeres felületedzés vizsgálata, Diplomaterv, Miskolci Egyetem, 2004
- [4.] LAPIS E.: Lézeres felületedzés átlapolódó nyomvonalainak vizsgálata, Diplomaterv, Miskolci Egyetem, 2006
- [5.] Stijn Vanderbeken: Investigation of Laser Transformation Hardened Surfaces, Szakdolgozat, ERASMUS program, 2006
- [6.] ROHÁLY V.: Lézeres felületedzés átlapolt nyomvonalai közötti megeresztődés vizsgálata, Miskolci Egyetem, 2007
- [7.] KERÉKES G.: Lézersugaras technológiák ipari elterjedésének és egyes műszaki problémáinak vizsgálattechnikai elemzése, Diplomaterv, Miskolci Egyetem, 2008
- [8.] R. ROWSHAN: Process controll during laser transformation hardening, Ph.D. Thesis, University of Miskolc, 2007
- [9.] ROWSHAN R. - KOCSIS B. M.: Thermal and metallurgical modelling of laser transformation hardened steel parts, Materials Science Forum Vols. 537-538 (2007) pp. 599-606, Trans Tech Publication Ltd 2007
- [10.] ROWSHAN R.-KOCSISNÉ B. M.: Az acélok lézeres felületedzésének végeeselemes modellezése, Gép, LVIII. Évfolyam. 2007. p. 29-38.
- [11.] TÓTH K.: Lézeres bevonatolás (cladding) technológiájának vizsgálata, Diplomaterv, Miskolci Egyetem, 2004
- [12.] BÍRÓ A.: Acél alapanyag lézersugaras bevonatolásának (cladding) vizsgálata, Diplomaterv, Miskolci Egyetem, 2008
- [13.] KOCSISNÉ BAÁN M.: Nemzetközi együttműködés a „European Master in Surface Engineering” tananyagfejlesztésben, XXIII. Hőkezelő és anyagtudomány a gépgyártásban országos konferencia, Balatonfüred, 2008. október 1-3. GTE, pp.76-81.
- [14.] M. KOCSIS BAÁN: How to teach, how to learn Heat Treatment and Surface Engineering, International Conference on Reduction of Energy Consumption in Heat and Thermochemical Treatment Technologies and Installations, ATTIS&IFHTSE, Poiana-Brasov, 4-5 November 2010

# BETÉTEDZÉSŰ ACÉLOK KARBONITRIDÁLÁSA

Biró Andrea<sup>1</sup>, Szabó Endre<sup>2</sup>, Dr. Tisza Miklós<sup>3</sup>

## 1. BEVEZETÉS

### 1.1. A gázközegű karbonitridálás technológiája

Az acélok kopásállóságának növelésére az egyik leg-hatékonyabb módszer a nitridálás. Összehasonlítva a másik legjelentősebb termokémiai eljárással - a betétedzéssel – azt mondhatjuk, hogy a nitridált kéreg magasabb hőmérsékletig őrzi meg kedvező kopási tulajdonságait, mint a cementálás során előállított felületi réteg. A kisebb technológiai hőmérséklet csökkenti a mérettorzulást. Ráadásul ez a mérettorzulás a technológia pontos szabályozhatósága miatt jól tervezhető, számítható így a nitridálandó alkatrész már nitridálás előtt készre munkálható. A mag szükséges tulajdonságai pedig a nitridálás előtt a kívánt értékre – általában normalizálással vagy nemesítéssel – beállíthatók [1].

A nitridálás technológiájának legnagyobb korlátja, hogy igen hosszú a technológiai idő. A réteg kialakulásának időszükséglete két tényezőtől függ: az egyik, az aktív/reakcióképes nitrogénatom megkötődésének (adszorpciójának) sebessége, a másik az adszorbeálódott nitrogén diffúziójának sebessége.

Karbonitridálással felgyorsítható a nitrogénatom adszorpciója. Nitridálás során a gáztérbe vezetett ammónia részlegesen disszociál az egyenlet szerint:



A képződött atomos reakcióképes nitrogén atomok egy része adszorbeálódik a nitridálandó darab felületén, míg a többi molekulává alakul és távozik a felülettől. Karbonitridálás során az ammónia mellé széndioxidot adagolnak. A technológia hőmérsékletén széndioxid nem stabil, így szénmonoxiddá alakulás közben az ammónia bomlásakor keletkezett hidrogéngázt vízgőz formájában megköti az egyenlet szerint.



Ennek köszönhetően az ammónia bomlásterméke gyorsabban távozik el a darab felületéről, ezáltal felgyorsul az adszorpció. Ahogy arra az eljárás elnevezése is utal, a hőkezelés során karbon is diffundál a felületbe – amely komplex karbonitrideket alkotva -, tovább növeli a felületi keménységet

### 1.2. A kialakult réteg szerkezete

A nitridálással kialakított igen bonyolult szerkezetű kéreg optikai mikroszkópon is jól megkülönböztethető két részből áll, nevezetesen a felületig terjedő, nitridekből (mikroszkópos vizsgálatnál fehérnek látszó vegyületi zónából) és az alatta lévő diffúziós zónából (belső nitridálási zóna).

Szobahőmérsékletre lehűlve a vegyületi zóna a felületen fázisból áll. A felülettől távolabb kétfázisú: és ' fázisokat találunk. A karbonitrid fázis kevésbé rideg és nagyobb kopásállósággal rendelkezik, mint az nitrid [1].

A belső nitridálási zóna a szilárd oldatból és az alapfém, valamint az ötvöző elemek nitridjeiből áll. Ezért tulajdonságait a mátrix tulajdonságai és a nitridek minősége, mennyisége, mérete, alakja, eloszlása határozza meg. Ennek megfelelően több lehetőség van a belső nitridálási zóna tulajdonságainak változtatására. Például adott acél nitridálási hőmérsékletének és idejének megfelelő variálásával különböző állapotban rögzíthetjük a kiválási folyamatokat, s ennek megfelelően különböző tulajdonságokat kapunk. [1].

## 2. KARBONITRIDÁLÁS

### 2.1. A kísérlet leírása

Mivel a nitridálás – és így a karbonitridálás – sok helyen a betétedzés helyettesítő eljárása ezért célszerű a kísérleteket betétedzésű acélokon elvégezni. Az 1. táblázat tartalmazza a kísérletekhez felhasznált 3 acélminőség összetételét.

A karbonitridálást gázközegben végeztük. A bevezetett gázkeverék: 250 l/h NH<sub>3</sub> + 10 l/h CO<sub>2</sub> + 50 l/h N<sub>2</sub>. A kísérlet során nitridált darabok méretei: BE1: 18x17x4,5 mm, BE2: 14x10x8 mm, BE3: 12x8x8 mm.

A karbonitridálást, állandó hőmérsékleten – 570 és 620 °C-on – végeztük, időtartama rendre 10-20-30-40-50 óra volt. A nitridálás után a darabokat nitrogéngáz-áramban hűtöttük 200 °C-ig, majd szobahőmérsékletig levegőn.

A hőkezelés után a darabokat egy erre a célra rendszeresített készülékbe fogtuk. Annak érdekében, hogy a további előkészítés során a kemény, rideg felületi réteg ne sérüljön, egy rézlapot tettünk a darabok mellé. A kéregmélység meghatározásához a darabokat köszörülés után megcsiszoltuk, majd polírozás után 2%-os Nitál-lal marattuk.

<sup>1</sup> PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu), e-mail: [biro.andrea@uni-miskolc.hu](mailto:biro.andrea@uni-miskolc.hu)

<sup>2</sup> egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu)

<sup>3</sup> egyetemi tanár, tanszékvezető, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, [www.met.uni-miskolc.hu](http://www.met.uni-miskolc.hu), e-mail: [tisza.miklos@uni-miskolc.hu](mailto:tisza.miklos@uni-miskolc.hu)



1. táblázat: A kísérlet során használt anyagminőségek kémiai összetétele

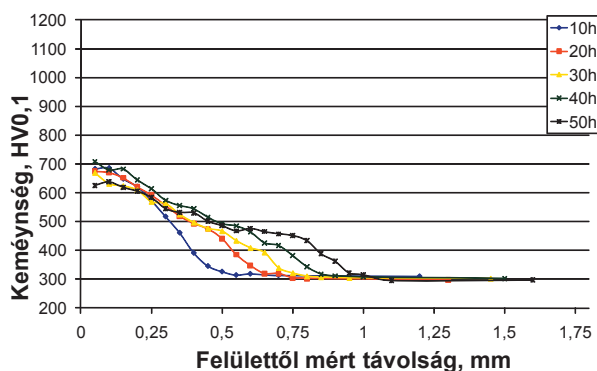
	C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Mo, %	V, %	Al, %
BE1	0,2	0,7-1,2	0,4-0,8	0,8-1,0	0,2-0,3	-	-
BE2	0,16-0,2	1,5-1,7	0,6-0,9	1,0-1,4	0,3-0,6	-	-
BE3	0,11	0,4	0,3	2,1	0,35	0,1	0,5

Ezek után a kéregmélység meghatározásához minden darabon 3-3 keménységmérést végeztünk, mikro-Vickers eljárással, 100 g-os terhelőerővel, 10 másodperces terhelési idővel. E három mérési sorozat átlagával készültek a későbbiekben bemutatott keménység-eloszlási diagramok.

A vegyületi réteg meghatározása a mikroszkópi kép alapján egyértelműen elvégezhető volt, míg a diffúziós zóna mélységét a keménységmérések eredménye alapján, az alapszövetnél 50 HV0,1-el nagyobb keménységi értékhez tartozó távolságnál határoztuk meg.

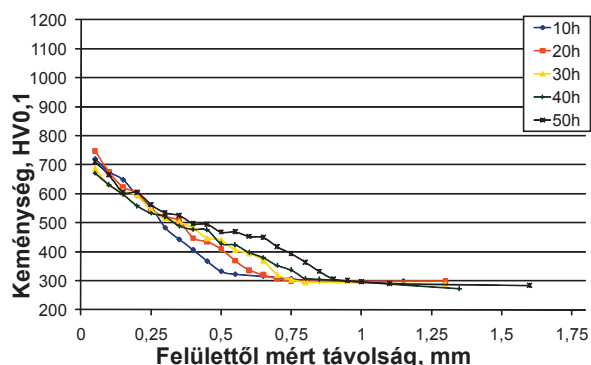
## 2.2. Az eredmények 570°C-os nitridálási hőmérséklet

A BE1, BE2, BE3 anyagminőségeken mért keménységeloszlást mutatja rendre az 1. ábra.



1. ábra A BE1 anyag keménységeloszlása különböző karbonitridálási idő után, 570°C

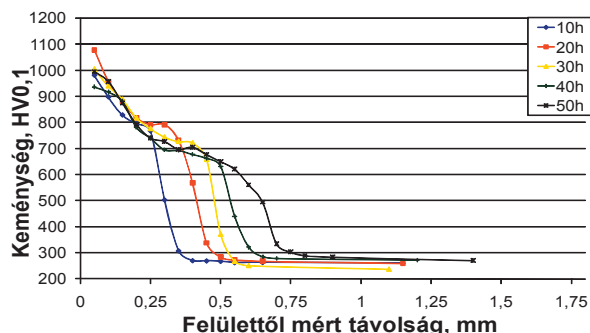
A BE2 anyagminőségen mért keménység-eloszlást mutatja a 2. ábra.



2. ábra A BE2 anyag keménységeloszlása különböző karbonitridálási idő után, 570°C

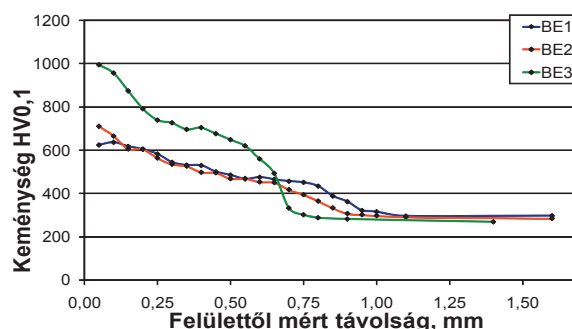
A BE3 anyagminőségen mért keménységeloszlást mutatja a 3. ábra.

A diagramokon jól látható, hogy a karbonitridálási idő növekedésével a kéregvastagság mindhárom esetben növekszik.



3. ábra A BE3 anyag keménységeloszlása különböző karbonitridálási idő után, 570°C

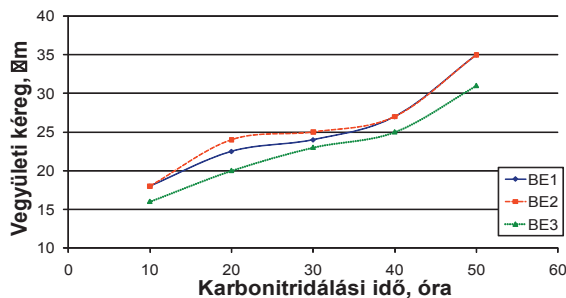
A három anyagminőséget összehasonlítva (4. ábra), az is látható, hogy a BE1 és BE2 jelű anyag hasonló összetétele hasonló keménységeloszlást eredményez.



4. ábra A három anyagminőség kéreglefutása 50h karbonitridálás után, 570°C

A BE3 jelű anyag jóval nagyobb arányban tartalmaz nitridképzőket, amelyek egyrészt növelik a diffúziós zóna keménységét, másrészt ez az oka a kéreg és az alapanyag határán lévő hirtelen keménységsökkenésnek.

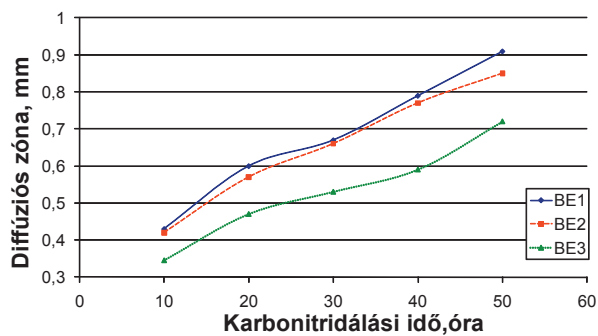
A mikroszkópi képen jól elkülöníthető vegyületi, ún. fehér réteg vastagságának alakulását a különböző anyagoknál az 5. ábra mutatja.



5. ábra A vegyületi kéreg vastagsága a karbonitridálási idő függvényében

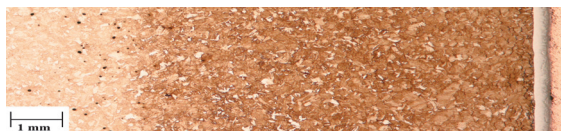
A vegyületi kéreg esetében „túl-nitridálás” (vagyis túl sok nitrogén felvétele) esetén prozítás fordulhat elő, amely jelentősen rontja a kopásállóságot. Ennek oka az, hogy a felületen olyan sok nitrogén kötődik meg, amely már nem képes diffúzióval a belsőbb rétegek felé haladni, hanem a felület közelében molekulává alakul, pórusokat hozva létre. Jelen esetben egyik próbatesten sem volt megfigyelhető porozítás a vegyületi rétegben. A pórusmentes vegyületi réteg nagymértékben javítja a felület kopásállóságát így növeli az alkatrész élettartamát. A diffúziós zóna már rosszabb kopási tulajdonságokkal rendelkezik, mint a vegyületi réteg, azonban a kopásállóságot ez a zóna is javítja. Az ábrából ismét jól látható, hogy a BE1 és BE2 anyagok közel azonosnak mondhatók nitridálás szempontjából, míg a BE3-as anyagminőségen jóval kisebb a vegyületi kéreg.

A diffúziós zóna mélységét a nitridálási idő függvényében ábrázolja a 6. ábra a három különböző anyagminőségnél.

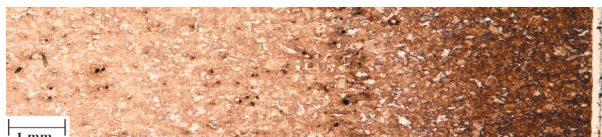


6. ábra A diffúziós zóna mélysége, mm

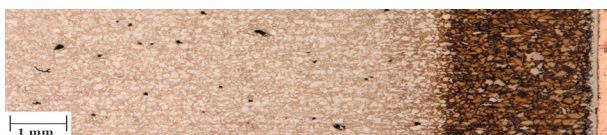
A 7-9. ábrán, 50h karbonitridálás alatt képződött felületi rétegek mikroszkópi képei láthatók.



7. ábra A felületi réteg mikroszkópi képe, BE1, 50h, 570°C



8. ábra A felületi réteg mikroszkópi képe, BE2, 50h, 570°C



9. ábra A felületi réteg mikroszkópi képe, BE3, 50h, 570°C

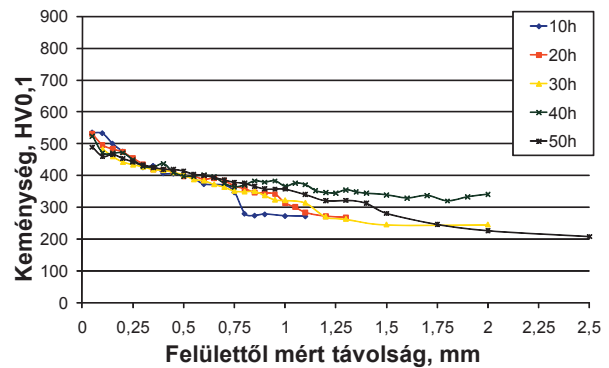
A képeken is láthatók a hasonlóságok a BE1 és BE2 anyagminőség között, valamint a BE3 anyagminőség esetében a jóval kisebb nitridálási mélység.

Hagyományos nitridálással általában 40 óra alatt érhető el 0,4 mm-es réteg [2, 3]. A kapott eredményekből látható, hogy karbonitridálással mindhárom anyagminőségnél ugyanennyi idő alatt nagyobb rétegvastagság volt elérhető.

### 620°C-os nitridálási hőmérséklet

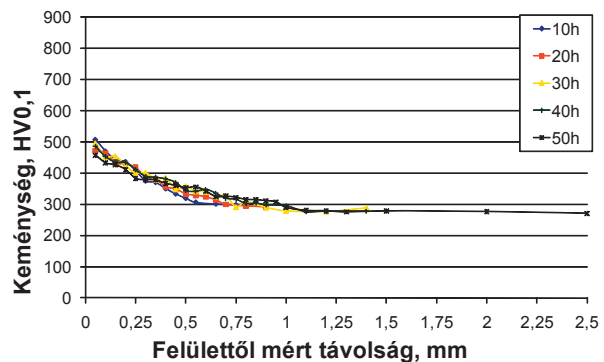
A nitridálás szokásos hőmérséklete 590°C alatt van, amely a vas-nitrogén állapotábrában az eutektoidos reakció hőmérséklete. Második kísérleti sorozatunkban e hőmérséklet fölé mentünk, s megnéztük, hogy milyen hatása van a magasabb hőmérsékletnek a kialakuló kéregre.

A három anyagminőség keménységtraverzét mutatja a 10-12. ábra. Amellett, hogy a karbonitridálási idő növekedésével növekedett a rétegmélység, az is jól látható, hogy a felületi keménység az idő növekedésével nemigen változott.

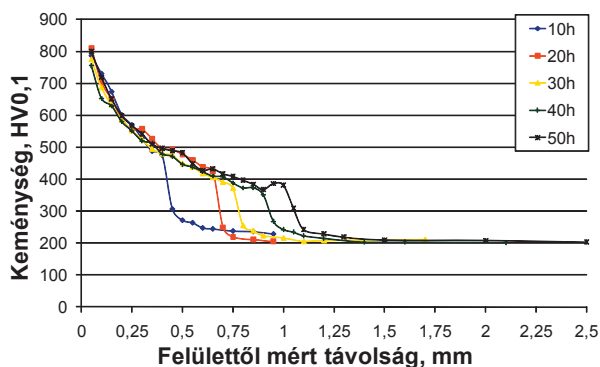


10. ábra A BE1 anyag keménységeloszlása különböző karbonitridálási idő után, 620°C

Fontos elmondani, hogy minden esetben porózus volt a vegyületi kéreg. E pórusos réteg aránya olykor meghaladta a vegyületi kéregmélységének felét. E pórusos rész eltávolítása után a vegyületi kéreg képes biztosítani a kopásállóságot, s így növelni az élettartamot

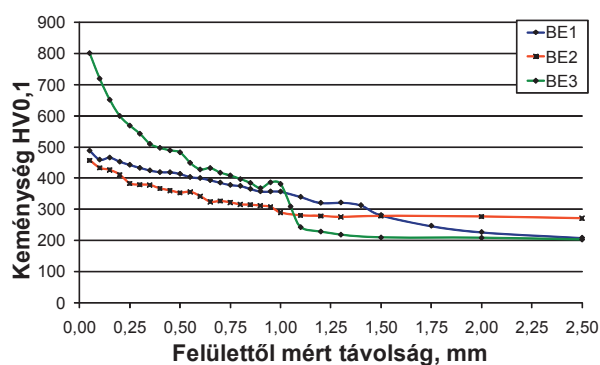


11. ábra A BE2 anyag keménységeloszlása különböző karbonitridálási idő után, 620°C



12. ábra A BE3 anyag keménységeloszlása különböző karbonitridálási idő után, 620°C

A 13. ábra mutatja mindhárom anyag kéreglefutását 50h nitridálás után.



13. ábra A kéreglefutás alakulása 50h, 620°C

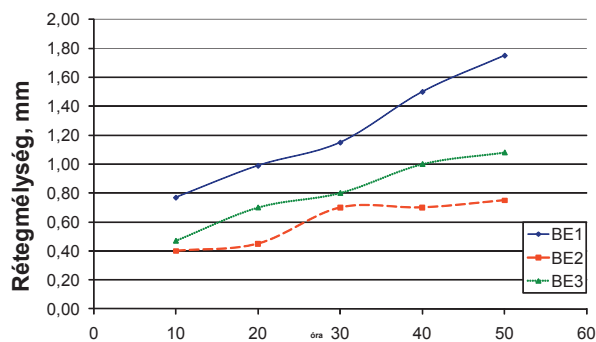
Az ábrák alapján elmondható, hogy a kéreglefutás jellege ezen a hőmérsékleten is hasonló volt, azonban a kéregkeménység értékében – természetesen – különbségek adódtak:

- A felületen mérhető maximális keménység csökkent. Ennek oka, hogy a nagyobb hőmérsékleten gyorsabb diffúzió következtében a felület közelében kevesebb nitrogén maradt.
- A kéregmélység nagyobb. Oka azonos az előzőekkel.
- A minimális keménység csökkent, melynek oka a magasabb hőmérséklet.

Az eredmények igazolták az előzetes elvárásainkat. Várható volt, hogy a magasabb hőmérséklet kedvező lesz a diffúzió szempontjából, s így a kéregmélység növekedni fog. Mivel az alapanyag betétedzésű acél, amelynek a magkeménysége igen alacsony, így bár lehetett számítani a mag lágyulására ezen a hőmérsékleten, de nem túl számottevő mértékben.

Az elérhető rétegmélységet a 14. ábra mutatja.

Látható, hogy az elérhető rétegmélység nagyobb, mint 570°C-on. Viszont ilyen magas hőmérsékletű nitridálás esetén fontos figyelembe venni azt is, hogy a mag jelentősen kilágyulhat. Főleg abban az esetben kell, ezzel számolni, ha nem ilyen kis karbontartalmú és gyengén ötvözött anyagról van szó.



14. ábra A rétegmélység alakulása 620°C-os karbonitridáláskor

### 3. ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott eredmények alapján megállapítható, hogy a karbonitridálás eredményesen alkalmazható eljárás betétedzésű acélok esetében. A kialakított kéregben a vegyületi zóna csak 570°C-on volt pórusmentes, 620°C-on porozitás jelent meg. A kísérleti eredmények azt is igazolták, hogy a karbonitridálással előállított kéreg mélysége meghaladja az ugyanannyi idő alatt hagyományos nitridálással elérhető kéregmélységet. Mivel a kopásállóság egyértelmű összefüggésben van a keménységgel, ezért az is kijelenthető, hogy a vizsgált anyagok kopásállósága karbo-nitridálással javítható. A kopásállóság pontosabb értékelése, minősítése érdekében célszerű átfogó kopásvizsgálatokat is végezni.

### 4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutatómunka 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 valósul meg.

### 5. IRODALOM

- [1] LIZÁK J.- ROMVÁRI P.- SCHÄFFER J.- SZABÓ E.: Szerkezeti-és szerszámacélok termokémiai kezelései A1 hőmérséklet alatt, Gépipari Tudományos Egyesület X. Országos Hőkezelési Szeminárium kiadványa, Miskolc-Tapolca, 1983. október 26-28.
- [2] SMÓLING K.: Az acélok és a vas hőkezelése, 2. átdolgozott kiadás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976. , p 117
- [3] G: KRAUSS: Steels: Heat Treatment and Processing Principles, ASM International, 1997. ISBN: 0-87170-370-X, p. 305-315

# AZ ME MTT KÉPLÉKENYALAKÍTÓ SZAKCSOPORT KUTATÁSI TEVÉKENYSÉGE A 2001-2010 KÖZÖTTI IDŐSZAKBAN

*Dr. Tisza Miklós<sup>1</sup>, Dr. Gál Gaszton<sup>2</sup>, Dr. Kiss Antal<sup>3</sup>,  
Kovács Péter Zoltán<sup>4</sup>, Lukács Zsolt<sup>5</sup>, Dr. Sárvári József<sup>6</sup>*

## 1. BEVEZETÉS

A képlékenyalakító szakcsoport kutatási tevékenysége az elmúlt 10 évben is – a korábbi évekhez hasonlóan – elsősorban a képlékenységtani alap kutatások, valamint a gépipari alkatrészgyártó eljárások, technológiák területére terjedt ki. A 2001-2010 közötti időszakban végzett kutatások ennek megfelelően az alábbi fő témacsoportokba sorolhatók:

1. Hagyományos alakító technológiák fejlesztése, speciális alakító technológiák és szerszámaik kidolgozása
2. Képlékenyalakítási technológiák és szerszámaik számítógépes tervezése
3. Alakítási technológiák modellezése és numerikus szimulációja
4. Korszerű anyagok képlékenységi jellemzőinek elméleti leírása, alakíthatósági vizsgálatok fejlesztése
5. Innovatív új alakító eljárások vizsgálata.

E fő témacsoportokhoz kapcsolódó sokoldalú pályázati tevékenység, OTKA, NKTH (OMFB), EU FP6, EU-REKA programok jelentősen hozzájárultak a tanszék, ezen belül a képlékenyalakító szakcsoport eszközparkjának továbbfejlesztéséhez is. A beszerzett számítógépek, software-ek, programozható logikai vezérlők (PLC) és kisebb műszerek a korábban beszerzett eszközökkel együttesen tovább javították az oktatási-kutatási feladatok megoldásának feltételeit, valamint a kutatás nemzetközi vérkeringésébe való intenzív bekapcsolódás lehetőségeit.

A következőkben röviden összefoglaljuk az egyes kutatási programok legfőbb célkitűzéseit, eredményeit.

## 2. HAGYOMÁNYOS TECHNOLÓGIÁK FEJLESZTÉSE, SPECIÁLIS TECHNOLÓGIÁK ÉS SZERSZÁMAIK KIDOLGOZÁSA

A hagyományos technológiák fejlesztése terén elsősorban konkrét ipari megbízások kapcsán felvetődő, elméleti és kísérleti vizsgálatokat is igénylő problémák megoldását végeztük el. Az ipari jellegű fejlesztések el-

sősorban a különféle lemezalakító technológiákhoz kötődtek, amelyek keretében speciális vágó-lyukasztó, hajlítót, mélyhúzó és alaksajtoló szerszámokat terveztünk, gyártási technológiákat dolgoztunk ki. Az 1. ábrán ipari megbízás keretében végzett nehéz gépjármű felni alakítási elemzésének eredményei láthatók [1].



1. ábra. Hagyományos technológiák fejlesztése  
Nehéz gépjármű felni alakítása

Egy következő megvalósított ipari fejlesztési témaként a Bakony Autóalkatrész Gyártó Zrt. részére végzett kutató munka eredményét mutatjuk be [2]. A megbízás személgépkocsi ablaktörlő motorház gyártási technológiájának fejlesztése és ipari megvalósítása volt. Ez a téma átmenetet képez a hagyományos és a számítógéppel segített technológiai tervezés között, mivel a sorozathúzó présre tervezett hagyományos alakító technológia megvalósíthatósági elemzését a DEFORM 3D végelelemes programcsomaggal, végelelemes modellezéssel igazoltuk. A kidolgozott technológiával megvalósított kísérleti sorozathúzási technológia eredménye látható a 2. ábrán.



2. ábra. Ablaktörlő motorház sorozathúzó présen való gyártásának technológiai sorrendterve

<sup>1</sup> egyetemi tanár, tanszékvezető, email: [tisza.miklos@uni-miskolc.hu](mailto:tisza.miklos@uni-miskolc.hu)

<sup>2</sup> egyetemi adjunktus, email: [metgalga@uni-miskolc.hu](mailto:metgalga@uni-miskolc.hu)

<sup>3</sup> egyetemi adjunktus, email: [metkis@uni-miskolc.hu](mailto:metkis@uni-miskolc.hu)

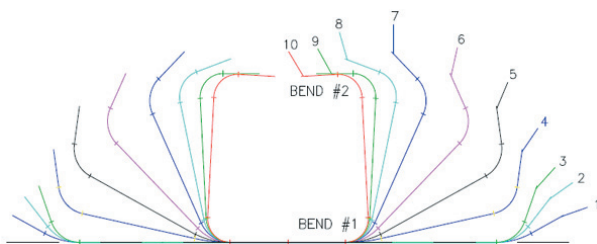
<sup>4</sup> egyetemi adjunktus, email: [metkpz@uni-miskolc.hu](mailto:metkpz@uni-miskolc.hu)

<sup>5</sup> mérnök-tanár, email: [lzsolt@kugli.met.uni-miskolc.hu](mailto:lzsolt@kugli.met.uni-miskolc.hu)

<sup>6</sup> főiskolai docens, email: [drsarvari@invitel.hu](mailto:drsarvari@invitel.hu)

<sup>1-6</sup> Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék <http://www.met.uni-miskolc.hu>

A hagyományosnak tekinthető lemezalakító eljárások mellett kísérleti kutató-fejlesztő munka folyik – a napjainkban reneszánszát élő eljárások – így többek között a hengerlő profilhajlítás és az elasztikus anyagokkal való alakítás témaköreiben is. A hengerlő profilhajlítással kapcsolatban folytattuk a profilozás, technológiai tervezés, valamint a görgőprofil szerkesztés támogatására szolgáló számítógépes program fejlesztését, figyelembe véve a felhasználói igényeket és a programozás technikai fejlődés nyújtotta lehetőségeket. E munkából készített kutatási jelentések lényegét oktatási segédletekben is összefoglaltuk [3], [4]. A 3. ábrán profilhengerléssel gyártott profil technológiai tervét bemutató, ún. virág-ábra látható.



3. ábra. Profilhengerlés technológiai terve

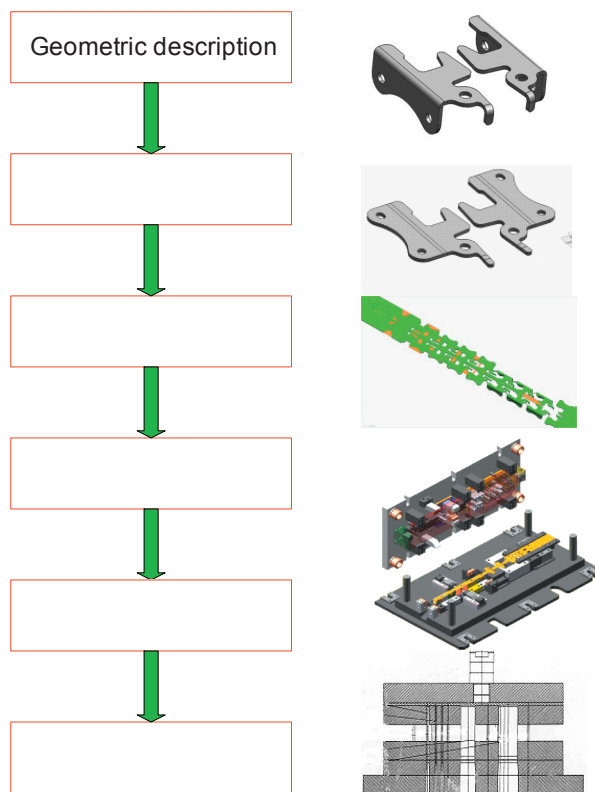
Az elasztikus anyagokkal való alakítás hazai ipari felhasználása nem széleskörű, így feladatunknak tekintjük ennek a kis- és közepes sorozatgyártásra egyaránt alkalmazható technológiának a kísérleti vizsgálatát, ipari bemutatását, népszerűsítését. Fontos ez ma, amikor a gyors prototípus készítés, a rugalmas alkalmazkodás elengedhetetlen része az ipari tevékenységnek. Bizonyítottuk, hogy ez az eljárás alkalmas vágó, hajlító, mélyhúzó és alakosajtoló műveletek megfelelő pontosságú elvégzésére, ugyanakkor az eljárás szerszámköltsége alacsonyabb, mint a hagyományos szerszámozásé és a szerszámok elkészítése is rövidebb időt igényel.

### 3. ALAKÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK ÉS SZERSZÁMAIK SZÁMÍTÓGÉPES TERVEZÉSE

E kutatási program közvetlen folytatása a korábbi években megkezdett, a technológiai folyamatok tervezésére alkalmas számítógépes eljárások fejlesztésével kapcsolatos kutatásoknak. E kutatások elsődleges célja a korszerű technológiai- és szerszámtervezési eljárások, a 3D-s CAD/CAM rendszerek oktatási bevezetése és minél szélesebb körű ipari alkalmazása.

A 80-as évek végén, országos tárcaszintű kutatási program keretében az OMFB támogatásával kezdtük meg a lemezalakító sorozatszerszámok számítógépes tervezőrendszerének kidolgozását. A fejlesztés első szakaszában a vezetőlapos szerszámházakban végezhető különféle vágó-jellegű műveletek komplex technológiai és szerszám tervezésére alkalmas rendszer készült el. A fejlesztés folytatásaként, kihasználva a rendszer modu-

lárís felépítését kidolgoztuk a vezetőoszlopos szerszámházakban végezhető, vágó, hajlító, peremező műveletek technológiai tervezésére alkalmas program-modult és a technológiai tervezés eredményét felhasználó szerszámtervező modult. A tervezőrendszer az AutoCAD grafikus programrendszeren alapul, kihasználja annak belső programozási lehetőségeit. A teljes tervezőrendszer a gyártandó lemezalkatrész geometriai leírásától, a lemezrendezési terv és a sávterv generáláson keresztül, az egyes műveletek technológiai paramétereinek meghatározását, a komplett összeállítási és alkatrészrajzok előállítását is beleértve igen nagymértékű támogatást nyújt a tervezőnek, radikálisan lecsökkentve ezzel a tervezéshez és a gyártáshoz szükséges idő- és munkaráfordítást egyaránt. A programrendszer által tervezett szerszám elemeinek NC/CNC megmunkáló gépeken való gyártásához szükséges NC-programok elkészítésére alkalmas programrendszerekhez való kapcsolódást szabványos DXF, illetve IGES interface-ken keresztül alakítja ki, ezáltal megteremtve a számítógépes tervezés és gyártás egységes rendszerbe való integrálását. Az integrált technológiai és szerszámtervező rendszer folyamatábrája látható a 4. ábrán [5]. A fejlesztés iparilag is hasznosítható eredményeket hozott, a teljes rendszert több hazai vállalat is sikerrel alkalmazta. Az ipari hasznosításon túl jelentős a programrendszer oktatási célú felhasználása is, mintegy tíz egyetem, főiskola (köztük külföldi intézmények) iktatta oktatási programjába a programrendszer alkalmazását, használatának elsajátítását.



4. ábra. Az integrált technológiai és szerszámtervező rendszer folyamatábrája

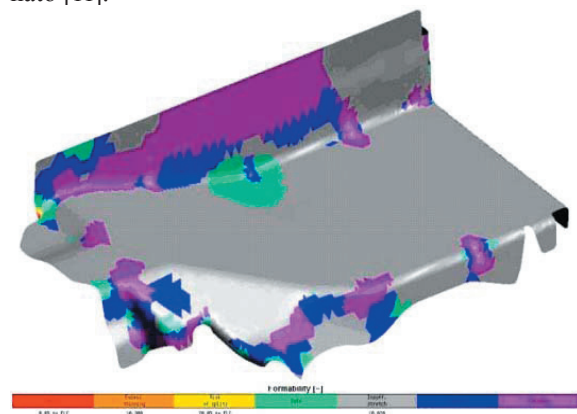
Az utóbbi években az AutoCAD programrendszer technológiai és szerszámtervezési lehetőségeit messze meghaladó fejlesztések valósultak meg a Pro-Engineer és a UniGraphics 3D-s tervezőrendszerekben, amelyek speciális modulokkal rendelkeznek a különféle lemezalkító technológiák integrált tervezésére is, így az utóbbi időben a tanszéki fejlesztések is elsősorban ezeken a területeken valósultak meg. A több évtizednyi fejlesztési tevékenység eredményeit számos hazai és külföldön megjelent tudományos közleményben ismertettük, illetve az eredmények alapján akadémiai doktori és PhD doktori értekezés született, amit szerzőik eredményesen védtek meg [6].

Az előző témakörök szorosan kapcsolódnak a szakcsoport Képlékenyalakítás és a CAD/CAM a képlékenyalakításban című tantárgyaihoz. A számítógépes technológia és szerszámtervezésben végzett kutatómunka oktatási alkalmazásának fő területe a nappali tagozatos képzésben kiadott technológiai és szerszámtervezési feladatok elkészítésének támogatása. Cél a hallgatók segítése, a feladat számítógéppel támogatott elvégzésének lehetővé tétele. A szükséges hardver és szoftver támogatást a Tanszék a korábban felsorolt pályázati támogatások segítségével valósította meg. Ennek keretében létrehoztunk egy tanszéki számítógépes laboratóriumot, amelyben nagyteljesítményű munkaállomások találhatóak a tanszéki lokális számítógépes hálózatba integrálva. A jelentős hardver fejlesztésekhez jelentős szoftver fejlesztések társultak. Az elmúlt években különféle pályázati forrásokból több korszerű testmodellező CAD/CAM rendszer (ProEngineer, I-DEAS, NX-UniGraphics) beszerzése és több felhasználás alkalmazása valósult meg [7].

#### 4. ALAKÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK MODELLEZÉSE ÉS NUMERIKUS SZIMULÁCIÓJA

A szakcsoportban folyó kutatómunka egyik kiemelt iránya a technológiai folyamatok modellezése és numerikus szimulációja. A technológiai folyamatok klasszikus „trial and error” módszerét egyre inkább az eljárások szilárd elméleti alapokon nyugvó numerikus modellezése, szimulációja váltja fel. A közelítő mechanikai – numerikus módszerek közül kiemelendő a végelelemes módszer, mint a jelenleg elérhető leghatékonyabb numerikus – mechanikai megoldási eljárás. Jelenleg a legtöbb technológiai folyamat modellezésére rendelkezünk kereskedelmi forgalomban kapható célorientált rendszereket. E tanszéki kutatási főirány célja olyan alkalmazástechnikai kutatások végzése, amely a klasszikus „kísérlet és korrekció” módszerét a technológiai folyamatok kontinuum-mechanikai alapokon nyugvó modellezésével, az alakító eljárások szimulációjával felváltva, az alakváltozási és feszültségi mezők pontosabb, megbízhatóbb és lényegesen költségtakaróssabb meghatározását teszi lehetővé. E kutatások alapját egy

14 ország egyetemi és ipari kutatóhelyeit magában foglaló európai kutatási projekt (Physical and Numerical Modelling of Material Forming Processes – PECO-NIS projekt) teremtette meg. Ezt számos sikeres további hazai és nemzetközi kutatási pályázat követte, amelyek közül kiemelendők: a Felsőoktatási Kutatási-Fejlesztési Programok keretében elnyert Végelelemes kutatások a mechanikai technológiákban című MKM-FKFP projekt, az OTKA pályázati rendszerében elnyert Végelelemes modellezés az anyagtudományban és az anyagtechnológiákban című Tudományos Iskola létesítését célzó projekt, továbbá az EU FP6 keretprogramon belül közel 30 országgal közösen elnyert Virtual Intelligent Forging kutatási projekt. Ezekben a kutatásokban a végelelemes modellezést a képlékenyalakítás mellett a hegesztés, hőkezelés és az anyagtudomány különböző területeire is kiterjesztettük. E projektek nagy értékű munkaállomások, valamint célorientált végelelemes programrendszerek (AutoForm, PAM-STAMP, MARC, DEFORM 3D+HT, SYSWELD) beszerzését és kutatási-oktatási alkalmazását is lehetővé tették. Az 5. ábrán egy iparilag megvalósított lemezalkatrész gyártásának az AutoForm rendszerrel megvalósított végelelemes modellezése látható [11].



5. ábra. Lemezalkatrész gyártásának végelelemes modellezése az AutoForm program rendszerrel

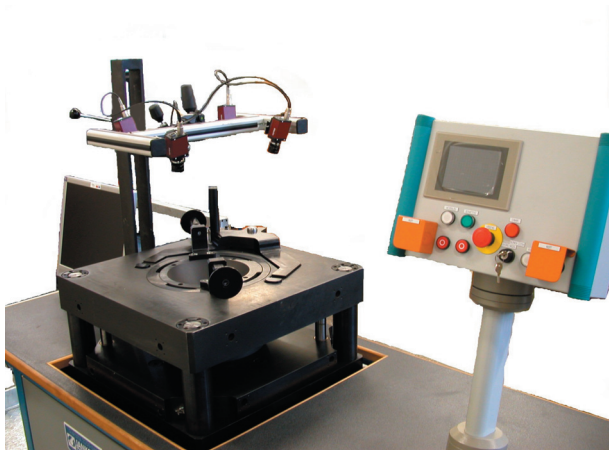
Az előzőekben vázolt kutatások hozzájárulnak az alakítási folyamatok mélyebb, pontosabb megértéséhez, oktatási bevezetésük pedig lehetőséget ad a hallgatók számára a korszerű tervezési és technológiai eljárások megismerésére. E kutatások keretében elért eredmények ezen kívül hozzájárultak több nemzetközi projekt elnyeréséhez. Így német, francia, szlovén, holland, japán és dél-koreai partnerekkel folytattunk közös kutatásokat technológiai eljárások modellezése és szimulációja témakörökben. E nemzetközi kutatási programok közül különösen kiemelendő az AutoForm lemezalkító modellező rendszert fejlesztő AutoForm Engineering GmbH-val folyó kutatási együttműködés. Ennek köszönhetően több, a rendszer fejlesztéséhez kapcsolódó diplomaterv is készült. A rendszer oktatási bevezetése hozzájárulhat a végző hallgatók munkaerő piaci helyeze-

tének javításához, mivel a program jelenleg az autópárban világszerte piacvezetőnek számít.

## 5. KORSZERŰ ANYAGOK KÉPLÉKENYSÉGI JELLEMZŐINEK LEÍRÁSA, ALAKÍTHATÓSÁGI VIZSGÁLATOK

Az elmúlt évtizedekben, elsősorban a gépipari, autópárban termékekkel szemben támasztott követelmények kielégítése céljából egyre nagyobb mennyiségben és széles körben alkalmazzák az anyagtudományi fejlesztések során létrehozott új anyagokat. Az előzőekben ismertetett numerikus rendszerek alkalmazása ugyanakkor megköveteli a modellezni kívánt új anyagok anyagjellemzők pontos leírását, illetőleg az anyagjellemzők alakváltozás során bekövetkező változásának elemzését. E kutatási program elsődleges célja olyan, numerikus rendszerekbe adaptálható elméleti eljárás kidolgozása, amely lehetővé teszi a képlékeny jellemzők pontosabb előrejelzését, a jellemzők változásának nyomon követését.

Az elmúlt években különböző pályázati forrásokból jelentős beruházásokat valósítottunk meg az alakíthatósági vizsgálatok legkorszerűbb módszereinek alkalmazására. Ennek keretében egy komplex integrált lemezalakíthatósági vizsgáló rendszert valósítottunk meg, amely egy elektro-hidraulikus, számítógép vezérlésű lemezvizsgáló gépet és egy automatizált optikai alakváltozás-mérő rendszert foglal magába [12]. A berendezés fényképe látható a 6. ábrán.



6. ábra. Komplex lemezalakíthatósági vizsgálórendszer

A megvalósított berendezés nagy értékű szoftver segítségével lehetővé teszi a különféle korszerű lemezvizsgálatok elvégzését és kiértékelését, az alakítási folyamatok megbízható végeleges modellezése szempontjából nélkülözhetetlen anyagjellemzők és összetett alakíthatósági jellemzők (alakítási határgörbék, alakítási határdiagramok) nagy pontosságú és jelentős mértékben automatizált meghatározását.

## 6. INNOVATÍV ÚJ ALAKÍTÓ ELJÁRÁSOK – INKREMENTÁLIS LEMEZALAKÍTÁS

A képlékenyalakítás területén az utóbbi időben számos új, innovatív alakító eljárás kidolgozása figyelhető meg. Ezek között az egyik figyelemre méltó kutatási terület az ún. inkrementális lemezalakítás, amely különösen a prototípus gyártásban és a kis sorozat gyártásban rendelkezik jelentős lehetőségekkel. E témakörben nemzetközi együttműködésben az Európai Unió által is támogatott EUREKA program keretében folyik átfogó kutatás a tanszéken [13]. A projekt átfogó célja az inkrementális lemezalakítás hatékonyságának fokozását elősegítő módszerek, valamint a szélesebb körű ipari alkalmazás feltételeinek kidolgozása. E célok elérése érdekében fő kutatási feladatként fogalmazzuk meg az alakítás kritikus paramétereinek megbízható meghatározását, az inkrementális lemezalakítás technológiai hatékonyságát fokozó módszerek kifejlesztését, az alakítási pontosság fokozását, az alakításhoz szükséges idő csökkentését és az alakítási határ kiterjesztését, az inkrementális alakítás numerikus modellezésére alkalmas végeleges modell és módszer kidolgozását.

A projekt fontos célkitűzése a potenciális hazai ipari alkalmazás megvalósítása, szélesebb körű ipari bevezetése, elterjesztése, amelyet a közreműködő hazai ipari partnerrel közösen kívánunk megvalósítani. Az eddigi kutatási eredményekből több rangos hazai és nemzetközi szakközlemény jelent meg.

Az e témakörben folytatott kutatásokról jelen kiadványban is külön cikkben számolunk be részletesen.

## 7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A Szakcsoport tagjai – ez úton is – köszönetüket fejezik ki a közleményben felsorolt projektek nyújtotta támogatásokért, amelyek segítségével a bemutatott eredményeket elérhették. Kiemelt 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 folytatódhattak, illetve folytatódhatnak.

## 8. IRODALOM

- [1] GÁL G., SÁRVÁRI J., TISZA M.: Kutatási jelentés Trilex típusú kerekek gyártási problémáinak elemzése, fejlesztése c. témában, Ples Zrt. Borsodnádásd, 2006. pp. 1-33.
- [2] GÁL G., LUKÁCS ZS., SÁRVÁRI J., TISZA, M.: Kutatási jelentés ablaktörő motor gyártási technológiájának fejlesztéséről, Miskolci Egyetem, 2003. pp. 1-122.
- [3] KISS A.: A profilgörgőzés technológiája és szerszámai, Oktatási segédlet, ME MTT, 2003. pp. 1-32.

- [4] KISS A.: A profilgörgőzés technológiája és szerszámai - Példatár, Oktatási segédlet, ME MTT, 2003. pp. 1-32.
- [5] TISZA M.: Integrated process planning and tool design, Proc. IDDRG 2007 Conf., Győr, 21-23. May 2007. pp. 407-416.
- [6] TISZA M.: Anyagtudományi eredmények és számítógépes módszerek a képlékenyalakításban, DSC értekezés, MTA, Miskolc-Budapest, 1995. pp. 1-85.
- [7] CHENOT, J. L., TISZA M. et al: Physical and Numerical Modelling of Material Forming Processes, PECO-NIS projekt, 1994-1998., Ny. sz.: ERBCIPDT 940632
- [8] TISZA M. et al.: Numerikus modellezés a mechanikai technológiákban, OTKA projekt, Ny.sz.: OTKA-037437. Miskolc-Budapest, 2002-2006.

- [9] TISZA M.: A végeelemes módszer alkalmazása az anyagtudományban és az anyagtechnológiákban, OTKA Tudományos Iskola projekt, Ny.sz.: NI 61724/2004., Miskolc, 2004-2008.
- [10] CHENOT, J. L. CHASTEL Y., TISZA M.: Virtual Intelligent Forging, EU FP6, Ny.sz.: NMPT2-CT-2004-507331, Sophia Antipolis, 2004-2008.
- [11] TISZA M., GÁL G., LUKÁCS ZS.: Lemezalakítás végeelemes modellezése,
- [12] KOVÁCS P., TISZA M.: Investigation of Forming Limit Diagrams, IDDRG 2009, Colorado, Golden, USA.
- [13] Inkrementális alakítás, EUREKA project, Ny. sz.: EUREKA\_HU\_08\_ISMFP\_ME, OMFB-220/2008.



# VILÁGÚJDONSÁG

**SOYER Magyarország Kft.**  
8000 Székesfehérvár Sereg u. 1-5.

Tel.: 22/504-427  
Fax.: 22/504-428

[www.soyer.hu](http://www.soyer.hu)  
[info@soyer.hu](mailto:info@soyer.hu)



Világújdonság  
Saját fejlesztés  
Soyer szabattalom

### A leggazdaságosabb megoldás az emberi hibák kizárására Gyártást támogató LED KIJELZŐ





Az új BMS-9 újra forradalmasítani fogja a csaphegesztési technológiát. Most először válik lehetővé, hogy a kezelő az üzemállapotot, egy, a forgalmi lámpák elvén működő LED segítségével gyorsan felismerhesse. Ha a csaphegesztő berendezés üzemkés, a LED zölden világít, amennyiben valamilyen zavar áll fenn, a LED pirosan világít. **A körívű LED kijelzőnek köszönhetően az üzemállapot bármilyen szögből leolvasható.** Ez nagymértékben megkönnyíti a kezelő munkáját, és ezzel tovább javítja a termelékenységet és a létrehozott hegesztések minőségét.

### High-Tech-Inverter BMK-12i Soyer pHelysúlyú csaphegesztő berendezés



**BMK-12i a következő előnyökkel bír:**

- 6.8 kg súly, ideális mobilis alkalmazásra
- új inverter technológia
- könnyű kezelés
- hegesztési áram 800 A
- tökéletes csaphegesztési eredmény M12 méretig
- magas teljesítmény, kompakt felépítés
- integrált védőgázos üzemmód
- minimális energiaszükséglet

### Új fejlesztésű - minőségellenőrző Externet szoftver

A minőségellenőrző rendszer már nem csak a CNC-rendszerek kiváltsága, hanem a továbbfejlesztett változata már a kézi pozicionálású berendezésekhez is elérhető. **A digitális kijelzésen kívül,** amennyiben a hegesztési eredmény **nem 100%-os,** a berendezés **nem engedi** a következő hegesztési folyamatot, vagyis csak a rossz eredmény törlése után enged továbblépni. A szoftver segítségével **nyomon követhetővé válnak** olyan fontos mérhető paraméterek, mint a hegesztő-áram, a hegesztési feszültség és idő, csap elemelése, bemerülési mélysége. Ezáltal lehetővé válik a hagyományos csaphegesztők teljesítőképességének - minőség-felügyelet nélküli -, olcsó átalakítása, a **DIN EN ISO 9000 szabványnak** megfelelően. A hegesztési eredmények számítógépre menthetőek, ami azonnali nyomon követést, dokumentálást, későbbi hegesztési eredmények dátumhoz kötött visszakeresését biztosítja.




A PS-9 hegesztőpisztolyhoz tartozó vadonatúj fejlesztésű csaptartó használatával egyszerűbbé válik a hegesztés. (Szabadalmi szám: DE 102010 001 629.2). A hagyományos csaptartókkal ellentétben, **az új típusú befogópatronnál nem szükséges** a csapkilógást egyesével beállítani és **a csaptartót a különböző hosszúságú (6-40mm) csapokhoz igazítani.** Így használatával nemcsak időt takarít meg, de egyben kizárja a csaptartó rossz beállításból eredő hibákat.



54

4. SZÁM

GÉP, LXII. évfolyam, 2011.



# INNOVATÍV ALAKÍTÓ ELJÁRÁSOK – INKREMENTÁLIS LEMEZALAKÍTÁS

Dr. Tisza Miklós<sup>1</sup>, Kovács Péter Zoltán<sup>2</sup>, Lukács Zsolt<sup>3</sup>, Cserjésné Sutyák Ágnes<sup>4</sup>,  
Dr. Gál Gaszton<sup>5</sup>, Dr. Kiss Antal<sup>6</sup>

## 1. BEVEZETÉS

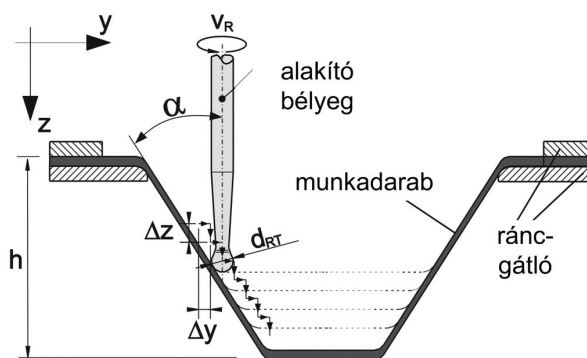
Az utóbbi években egyre erőteljesebb igény jelentkezik rugalmas, új innovatív alakító eljárások kidolgozására, egyre szélesebb körű alkalmazására. Az inkrementális alakítás egyike e követelményeket kielégítő új innovatív technológiáknak. A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszéke a Ljubljani Egyetem Gyártástechnikai Intézetével közösen EUREKA program keretében pályázati támogatást nyert el Hatékony inkrementális lemezalakító eljárások kidolgozása címmel. A projektben mindkét országból egy-egy iparvállalat is részt vesz: Szlovéniából az EMO Orodjarna d.o.o., Magyarországról az Industar Kft. Ebben a cikkben röviden ismertetjük az inkrementális alakítás alapjait, majd beszámolunk a közös kutatások eddigi eredményeiről.

## 2. AZ INKREMENTÁLIS LEMEZALAKÍTÁS ELVI ALAPJAI

A hagyományos képlékenyalakító eljárások általában egyszerű, merev szerszámokat alkalmaznak: a munkadarab alakját rendszerint a munkadarab alakjának megfelelően kiképzett alakító bélyeggel és matricával határozzuk meg, alakítjuk ki. Azonban különösen olyan esetekben, amikor a szerszámok költségeinek csökkentése fontos szempont, a szerszám nélküli (matrica nélküli), rugalmas alakító eljárások alkalmazása különösen előnyös lehet. Az inkrementális lemezalakításnál rendszerint egy egyszerű gömbvégződésű alakító szerszámmal (bélyeggel), matrica nélkül, az alakító szerszámelem mozgásának térbeli vezérlésével, elemi alakítási lépések sorozatával, bonyolult, nagymértékű alakváltozást igénylő alkatrészek viszonylag egyszerűen, költséghatékonyan gyárthatók.

Az eljárás sematikus vázlatát szemlélteti az 1. ábra, a főbb geometriai és technológiai paramétereket is feltüntetve.

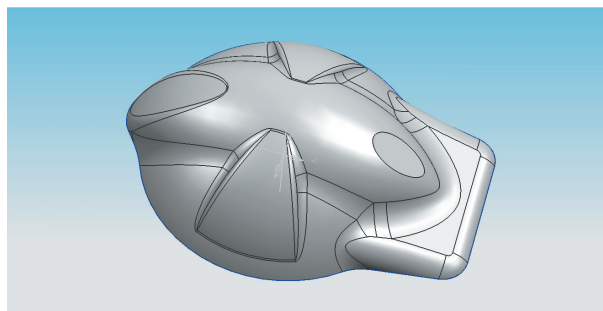
Az inkrementális lemezalakítás legfontosabb technológiai paramétereit a falszög ( $\alpha$ ) a lemezvastagság ( $t$ ), a szerszám átmérő ( $d$ ), a szerszám forgási sebesség ( $v_R$ ), valamint a bélyeg  $y$  és  $z$ -tengely irányú elmozdulásai ( $\Delta y$ , illetve  $\Delta z$ ) jelentik.



1. ábra. Egy pontos inkrementális alakítás elvi vázolata

## 3. AZ INKREMENTÁLIS ALAKÍTÁS FÉLÜZEMI-KÍSÉRLETI MEGVALÓSÍTÁSA

Az inkrementális alakítás elemzése érdekében különböző geometriai alakokon (csonka kúpon, csonka gúlán) tanulmányoztuk az alakítás fő technológiai paramétereit. Az így szerzett tudás birtokában egy prototípusként elkészítendő alkatrész kialakítását tűztük ki célul. A projektben egy általunk tervezett, bonyolult geometriájú, személyre szabott munkavédelmi sisak kialakítását valósítottuk meg. Ennek 3D-s modelljét a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra. Munkavédelmi sisak 3D-s modellje

A kísérleti feltételeket a projekt ipari partnerénél rendelkezésre álló ipari körülmények határozták meg. Mivel értelem szerűen célorientált berendezéssel - ehhez a

<sup>1</sup> egyetemi tanár, tanszékvezető, e-mail: tizsa.miklos@uni-miskolc.hu

<sup>2</sup> egyetemi adjunktus, e-mail: metkpz@uni-miskolc.hu

<sup>3</sup> mérnök tanár, e-mail: lzolt@kugli.met.uni-miskolc.hu

<sup>4</sup> tanszéki mérnök, e-mail: mechsagi@gold.uni-miskolc.hu

<sup>5</sup> egyetemi adjunktus, e-mail: metgalga@uni-miskolc.hu

<sup>6</sup> egyetemi adjunktus, e-mail: metkis@uni-miskolc.hu

<sup>1-6</sup> Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, <http://www.met.uni-miskolc.hu>

világszerte a kutatás kezdeti stádiumában lévő eljárás-  
hoz - nem rendelkezünk, az eljáráshoz általánosan alkal-  
mazott CNC vezérlésű marógépre terveztük a vizsgálá-  
tokat (3. ábra).



3. ábra. A vizsgálatok céljára kiválasztott  
CNC vezérlésű megmunkáló központ

Az Industar Kft. gépparkjának figyelembevételével  
egy HURCO VMX30 CNC megmunkáló központ, mint  
gépi berendezés alkalmazása mellett döntöttünk. A be-  
rendezés fényképe a 3. ábrán látható.

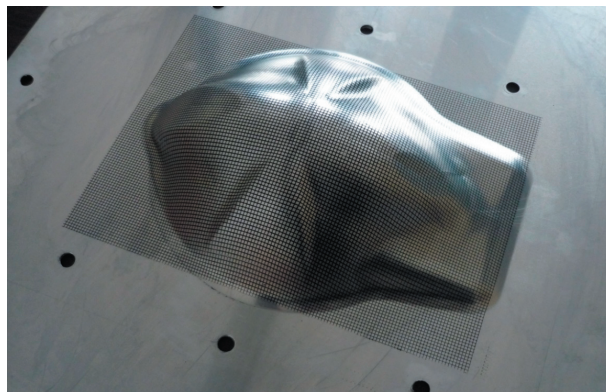
A kísérleti gyártás szerszámát egyrészt az alakító gép  
adottságainak, másrészt a választott kísérleti munka-  
darab geometriai kialakításának figyelembevételével  
terveztük meg. Az elkészült szerszámot a HURCO  
VMX30 megmunkáló központra felszerelt állapotban a  
4. ábra mutatja.



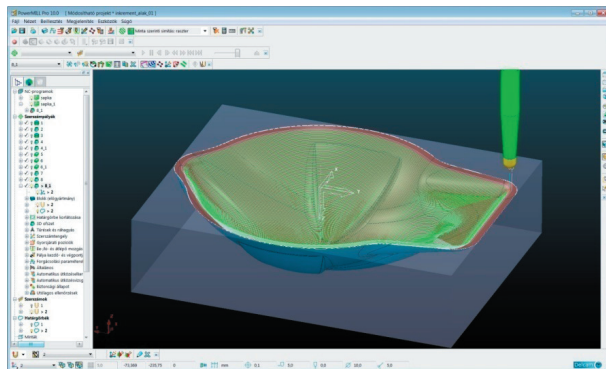
4. ábra. A kísérleti szerszám a szerszám a megmunkáló  
központ befogó elemeivel

Az előkísérletekhez jól alakítható alumínium ötvöze-  
tet választottunk. Ennek indoka, az alumínium jó alakít-  
hatósága mellett elsősorban az Al-ötvözet viszonylag kis  
alakítási szilárdsága, amelynek következtében az alakít-  
ás erőszüksége sem túl nagy, így a precíziós meg-  
munkálásokra alkalmazott CNC marógép orsóját nem  
terheljük túl. Mindezek alapján az Al 1050-A alumí-  
nium ötvözetet választottuk az előkísérletek anyagaként.  
A lemezvastagság 1,5 mm. Az elkészült, inkrementális  
alakítással alakított munkadarab az 5. ábrán látható.

Az inkrementális alakítással gyártott, bonyolult geo-  
metriájú munkadarabokhoz, az alakító bélyeg mozgását  
meghatározó CNC vezérlést a PowerMill programban  
készítettük el. A program lehetőséget ad a CNC vezé-  
rlőprogram virtuális kipróbálására is, amely a 6. ábrán  
látható.



5. ábra. Inkrementális alakítással készített munkadarab



6. ábra. Munkavédelmi sisak pályavezérlése

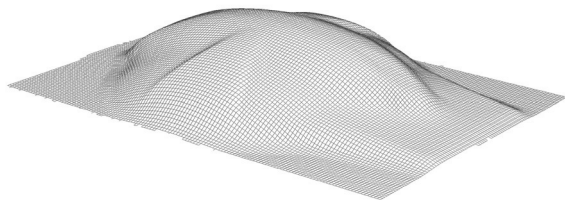
#### 4. AZ INKREMENTÁLIS ALAKÍTÁS VIZSGÁLATA

A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológia Tanszé-  
kén a Regionális Egyetemi Tudásközpont támogatásával  
egy integrált lemezalakíthatósági vizsgáló rendszert  
valósítottunk meg, amely egy elektro-hidraulikus, szá-  
mítógép vezérlésű lemezvizsgáló gépet és egy automati-  
zált optikai alakváltozás-mérő rendszert foglal magába.  
A képmérés technikája lehetővé teszi, hogy bizonyos  
pontok 3D-s koordinátáit a különböző nézetekből felvett

képekből egyértelműen meghatározzuk. Az AutoGrid mérőrendszer 4 CCD kamerát használ mobil mérőfejekkel. Az alakváltozásokat a munkadarab felületére felvitt 2×2 mm-es négyzetrácsos háló torzulásának mérésével határozhatjuk meg.

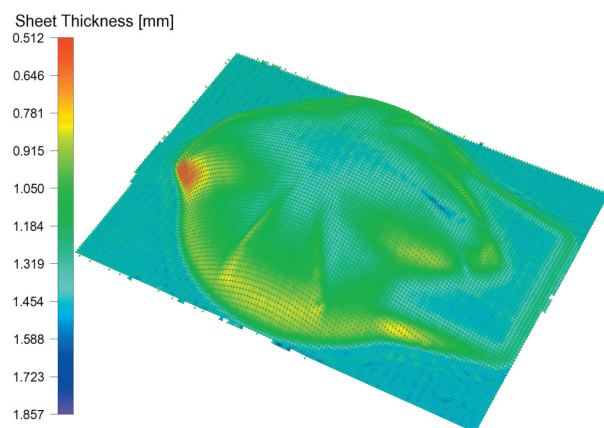
Az AutoGrid rendszerben a képek rögzítése kétféle módszerrel történhet: normál, illetve eljárás közbeni felvétellel. A normál felvételt alapvetően az alakítási eljárások utáni alakváltozási elemzésre használjuk. Az eljárás közbeni képrögzítési opció lehetővé teszi az alakítási folyamat közbeni alakváltozás mérését, kiértékelést is. Ezt a lehetőséget különösen az alakítási határgörbék meghatározásánál hasznosítjuk.

A képrögzítést követően, a képek automatikus kiértékelésével, az erre a célra kidolgozott szoftver segítségével meghatározhatjuk a rácspont koordináták 3D-s térbeli helyét, amelyből az alakváltozási értékek számíthatók. A képek rögzítésénél a 3D-s képet a 4 kamera képéből határozzuk meg. Az AutoGrid rendszerrel rögzített rácsháló 3D-s képét mutatja a (7. ábra.).

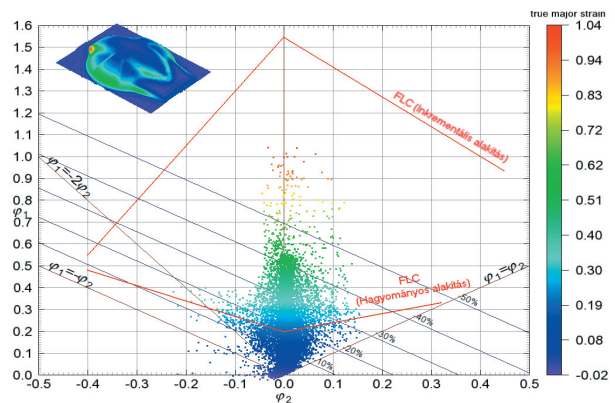


7. ábra. 3D-s háló

A mérés szoftveres elemzésével számos, az alakítási folyamat legfontosabb jellemzőit bemutató eredményt szolgáltatunk: főalakváltozások, falvastagság-eloszlás, nyúlások, stb. A falvastagság eloszlását mutatja a 8. ábra. Az inkrementális alakítással készült munkavédelmi sisak pontjaiban mért fő-alakváltozási értékeket a 8. ábra mutatja. A 9. ábrán látható alakítási határdiagramban feltüntettük a hagyományos és az inkrementális alakítás határgörbéjét is.



8. ábra. Falvastagság eloszlása inkrementális alakítással készített munkadarabon



9. ábra. Alakítási határ diagram

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az előadás egy magyar-szlovén EUREKA projekt keretében folyó inkrementális lemezalakító eljárások elemzésével foglalkozik. A bemutatott rövid ismertetésből is nyilvánvaló, hogy az inkrementális alakító eljárások számos előnnyel rendelkeznek. Az eljárás legfontosabb előnyeit röviden az alábbiakban összegezhetjük:

- Összetett, bonyolult alkatrészek gyorsan, egyszerűen gyárthatók közvetlenül az alkatrész CAD modelljéből előállított szerszám pálya vezérlő programmal.
- Az eljárás nem igényel különleges szerszámozást, sőt lényegéből fakadóan rendszerint csak egy viszonylag egyszerű, általánosan alkalmazható alakító bélyegre van szükség.
- Az előzőkből következően az eljárás kiválóan alkalmas gyors prototípus gyártásra és kissorozatú gyártásra egyaránt.
- Ugyancsak az eljárás lényegéből fakadóan a pillanatnyi képlékeny zóna kis kiterjedésű és növekményi természetéből következően az alakíthatóság jelentős növekedését eredményezi a hagyományos eljárásokhoz viszonyítva, ezáltal
  - egyrészt nehezen alakítható anyagok megmunkálására is alkalmas,
  - másrészt összetett geometriájú alkatrészek esetében az alakítás a hagyományos alakító eljárásokhoz viszonyítva kevesebb alakítási lépéssel megvalósítható.
- Nem igényel különleges megmunkáló gépet, az alakítás a legalább 3-tengelyes CNC vezérléssel rendelkező egyetemes megmunkáló gépeken is elvégezhető.
- A gyártandó alkatrész méretét lényegében csak a megmunkáló gép méretei korlátozzák.

## 6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az előadásban ismertetett inkrementális lemezalakító eljárások vizsgálatára az EUREKA\_HU\_08\_ISMFP\_ME (nyilvántartási száma: OMFB 220/2009) és a TÁMOP 4.2.1.B-10/2/KONV-2010 projekt közös finanszírozásában keretében került sor, amely támogatásért szerzők ezúton is köszönetüket fejezik ki.

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] LESZAK, E.: Apparatus and process for incremental dieless forming, US Patent, US 3342051A1, published 1967.09.19
- [2] JESWIET, J. et al: Asymmetric single point incremental forming of sheet metal, Annals of CIRP. v. 54. pages 623-650. 2005
- [3] BAMBACH, M., HIRT, G., JUNK, S.: Modelling and experimental evaluation of the incremental sheet CNC sheet metal forming, 7th Int. Conf. on Computational Plasticity, COMPLAS'2003, Barcelona, 7-10. April 2003.
- [4] HIRT, G.: Tools and Equipment used in Incremental Forming, 1st Incremental Forming Workshop, University of Saarbrücken, 9 June 2004. On CD-ROM.
- [5] MATSUBARA, S.: Incremental Backward Bulge Forming of a Sheet Metal with a Hemispherical Tool, Journal of the JSTP, v. 35, pp. 1311-1316, 1994.
- [6] AOYAMA, S., AMINO, H., LU, Y., MATSUBARA, S.: Apparatus for dieless forming plate materials, Europäisches Patent EP0970764, 2000.
- [7] TISZA, M., KOVÁCS, P. Z.: A complex measuring and evaluation system for determination of forming limit diagrams, Materials Science Forum Vol. 589 (2008) pp 233-238.
- [8] TISZA, M., KOVÁCS, P. Z.: Hatékony inkrementális alakító eljárások kidolgozása, Kutatási jelentés, Készült az EUREKA\_HU\_08 (OMFB 220/2009) projekt keretében, Miskolc, 2010. pp. 1-45.



**WEINBERG '93**  
FŐVÁLLALKOZÁS

**2010-ben a tanulóképzés  
kiemelkedő gazdálkodó szervezete**  
(Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Kereskedelmi és  
Iparkamara kitüntetése)

2003-tól biztosít tanulóknak számára  
gyakorlati szakképzést:

- **épületlakatos** szakterületeken
- **hegesztési** szakterületeken
- **gépész-, hegesztő-, építő- és  
építész mérnökhallgatók**  
nyári gyakorlati helyét biztosítjuk.

Eközben 2003 óta Magyarország egyik vezető  
fővállalkozója és acélszerkezet gyártója.

[www.weinberg93.hu](http://www.weinberg93.hu)

# CONTENTS

1. Tisza M.:  
**60<sup>th</sup> year anniversary of the Department of Materials Processing Technologies. Short history of the department from 1950 to 2010** .....3  
*During its 60 year-old existence the Department directed remarkable energy to scientific research work as well as to creating and maintaining active industrial business relations. In this period the department employed more than 70 staff members (researchers and lecturers) and some 80 other employees.*
2. Tisza M.:  
**Infrastructural and equipment background of education and research** ..... 7  
*The Department has modern informatics background available for staff members and students, suitable from simple office work to complex modelling. The research work connected to different groups at the departments is supported by modern and broad range of material testing, welding, heat treating and metal forming equipment.*
3. Tisza M.; Török I.:  
**The fifty years of training Welding Engineers in Hungary** ..... 11  
*The postgraduate course for training welding engineers in Hungary started in February of 1961 at the predecessor of the University of Miskolc (the Technical University of Heavy Industry). In the establishing of this postgraduate course the founder of the department, Prof. Béla Zorkóczy gained considerable merits.*
4. Lukács J.; Cserjésné Sutyák Á.; Gál I.; Koncsik Zs.; Koritárné Fótos R.; Marosné Berkes M.; Nagy Gy.; Szávai Sz.; Tóth L.:  
**Research activity of the Materials Testing Division of the Department of Materials Processing Technologies at the University of Miskolc between 2001 and 2010 years** ..... 17  
*This paper gives an overview about the research work and its main results carried out by the staff of the Materials Testing Division between 2001 and 2010. It is pointed out that in last ten years, the Division dealt with several new materials testing projects and at the same time they changed the emphasis of a few traditional testing methods.*
5. Balogh A.; Béres L.; Juhász K.; Juhász D.; Komócsin M.; Meilinger Á.; Török I.:  
**Research activity of the Welding Research Division of the Department of Materials Processing Technologies at the University of Miskolc between 2001 and 2010 years** ..... 25  
*The Welding Research Division carries out its research and developing work with close cooperation with industrial partners. It is worth emphasizing the modelling of thermal and material transporting of welding, the application of pulse energy input in arc and pressure welding processes, the joint welding of high strength steels and the surface welding research topics.*
6. Balogh A.; Béres L.:  
**New results in the field of welding heterogeneous joints of creep resistant steels** .....29  
*In the research project looking back on some 25 years history, the authors firstly dealt with the welding behaviour of the traditional, low alloy creep resistant steels. In the last ten years in cooperation with international partners researches were focused on the welding and prognostication the service behaviour of newly developed high alloyed creep resistant steels.*
7. Juhász D.; Balogh A.:  
**Technological responses to challenges of welding new structural materials** .....33  
*Welding of high strength steel sheets newly applied in automobile industry can not be economically carried out with traditional procedures. The quality and reliability demands require advanced welding methods, among them the welding with controlled heat input should be mentioned.*
8. Juhász K.; Juhász D.; Török I.:  
**Modelling of heat affected zone in spot welded joints** .....36  
*Continuously developed SYSWELD code taken on lease by the Department of Materials Processing Technologies can be well applied for modelling the heat processes of welding. Authors show the possibilities of the code through an example of the heat affected zone of a spot welded joint.*
9. Kocsisné Baán M.; Frigyk G.; Kovács F.; Szabó E.:  
**Research activity of the Heat Treating Division of the Department of Materials Processing Technologies at the University of Miskolc between 2001 and 2010 years** .....38  
*In the time interval between 2001 and 2010 the Heat Treating Division continued the research and development of thermochemical treating (among them nitriding and boriding) which has been successfully studied in many decades. With the generation change in the staff of the research group new investigation fields (such as laser surface engineering) came to front.*
10. Kocsisné Baán M.; Rowshan Reza.:  
**Research on laser surfacing at the Department of Materials Processing Technologies**..... 42  
*Cooperation with some Hungarian research institutes (e.g.: BAY and ATI) several research projects analysing the industrial application possibilities of the laser were carried out at the Department of Materials Processing Technologies. For better understanding the complex processes beyond experiments the modelling possibilities of SYSWELD code were also applied.*
11. Biró A.; Szabó E.; Tisza M.:  
**Carbonitriding of case hardenable steels** ..... 46  
*Authors aimed at to decrease the technological time of gas nitriding. According to the experiments performed at the Department, it can be stated that the adsorption of nitrogen atoms can be accelerated with charging carbon dioxide gas. Further advantage of this procedure that in case of case hardening steels the surface properties of carbonitrided layer are usually better than the same of nitride ones.*
12. Tisza M.; Gál G.; Kiss A.; Kovács P. Z.; Lukács Zs.; Sárvári J.:  
**Research activity of the Metal Forming Division of the Department of Materials Processing Technologies at the University of Miskolc between 2001 and 2010 years** ..... 50  
*In the past ten years the Metal Forming Division dealt first of all with metal forming basic researches and manufacturing processes producing sheet metal parts for engineering industry. Among the research subjects the investigation of innovative metal forming processes as well as the extensive use of possibilities of modelling and simulation should be emphasized.*
13. Tisza M.; Kovács P. Z.; Lukács Zs.; Cserjésné Sutyák Á.; Gál G.; Kiss A.:  
**Innovative forming processes – Incremental sheet metal forming** .....55  
*Together with the University of Ljubljana and also including Hungarian and Slovenian companies the Department of Materials Processing Technologies carried out research work in the field of incremental sheet metal forming. Paper briefly describes the basic characteristics of incremental sheet metal forming and presents the results of this joint research work*

# GÉP

## INFORMATIVE JOURNAL

for Technics, Enterprises, Investments, Sales, Research-Development, Market of the Scientific Society of  
Mechanical Engineering

Dr. Döbröczöni Ádám  
**President of Editorial Board**

Vesza József  
**General Editor**

Dr. Jármái Károly  
Dr. Péter József  
Dr. Szabó Szilárd  
**Deputy**

Dr. Barkóczi István  
Bányai Zoltán  
Dr. Beke János  
Dr. Beresey Tibor  
Dr. Bukoveczky György  
Dr. Czitán Gábor  
Dr. Danyi József  
Dr. Dudás Illés  
Dr. Gáti József  
Dr. Horváth Sándor  
Dr. Illés Béla  
Kármán Antal  
Dr. Kulcsár Béla  
Dr. Kalmár Ferenc  
Dr. Orbán Ferenc  
Dr. Pálincás István  
Dr. Patkó Gyula  
Dr. Péter László  
Dr. Penninger Antal  
Dr. Rittinger János  
Dr. Szabó István  
Dr. Szántó Jenő  
Dr. Tímár Imre  
Dr. Tóth László  
Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

Cooperation in the editing:  
Dr. Balogh András  
Dr. Török Imre

### DEAR READER,


It can be regarded as a progressive tradition in the history of the Department of Materials Processing Technologies at the University of Miskolc that on the occasion of a round year anniversary lecturers and researchers of the Department give an account on the education and research activities carried out in the previous period. In 1991 in the spirit of this principle, we organised a Scientific Seminar closing the time interval between 1986 and 1990, then continuing the celebrations, a Jubilee Scientific Meeting was held in honour of the founder of the department Prof. Béla Zorkóczy, when the results of the term from 1991 to 1995 were also reviewed.

In the year of 2000 the 50th anniversary of the foundation of the Department provided a special occasion to overview the 1995-2000 five-year period by organising a Scientific Meeting. It is well known, that at the Technical University of Heavy Industry (the predecessor of the University of Miskolc, founded in 1949) in 1950 among the first ones the Department of Mechanical Technology was established at the Faculty of Mechanical Engineering. The Department has been considered continuously as a decisive organisation unit for training of mechanical engineers. The fiftieth anniversary of the foundation of the Department was jointly commemorated with the previously mentioned five year research cycle, so the regular research seminar also joined to the organisation of the Jubilee Scientific Meeting remembering the Department foundation.

In 2010 the Department got to a double jubilees: on the one hand the 60th year anniversary of its foundation and on the other hand the 50th year anniversary of the foundation of postgraduate welding engineer training. For worthy celebration of these events a scientific seminar was also organised where after a short historical review and beside the comprehensive survey of the scientific activity of the department, the activities connected to the training of post-graduate welding engineers were also presented

This special number of the journal GÉP has been compiled from the lectures presented during this double Jubilee Meeting. Compiling this special issue, besides the presentation the short history of the Department it was also aimed at demonstrating the educational and research activities, the most important scientific results achieved during the past five years, the infrastructural and equipment background of researches as well as our national and international relations in scientific cooperation.

In addition to these survey papers some further publications on the research activities of each research field are also included without the aim of completeness, which of course are able to show only a small fragment of the diversified research activity of the department staff.

  
Prof. Miklós Tisza  
Head of Department

Managing Editor: Vesza József. Editor's address: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.  
Postage-address: 3501. Pf. 55. Phone/fax: (+36-46) 379-530, (+36-30) 9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Published by the Scientific Society of Mechanical Engineering, 1027 Budapest, Fő u. 68.  
Postage-address: 1371, Bp, Pf. 433  
Phone: 202-0656, Fax: 202-0252, E-mail: a.gaby@gteportal.eu, Internet: www.gte.mtesz.hu  
Responsible Publishere: Dr. Igaz Jenő Managing Director

<http://www.gepujsag.hu>  
Printed by Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67.  
Price per month: 1260 Ft.  
Distribution in foreign countries by Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat H-1389  
Budapest, Pf. 149. and Magyar Média H-1392 Budapest, Pf. 272.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

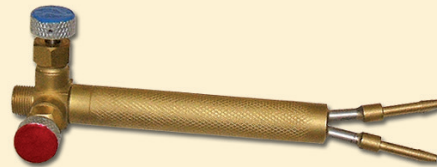


1971-2011

- ✓ gáz- és ívhegesztő eszközök HBSZ szerinti időszakos biztonságtechnikai felülvizsgálata

Akkreditáció sz.: NAT-1-1290/2007

- ✓ gázhegesztés (Varga), lángvágás (Toldi) és rokoneljárásaival kapcsolatos eszközök gyártása, javítása



- ✓ egyedi és hálózati biztonsági szerelvények fogalmazása



- ✓ hegesztő műhelyek, munkahelyek kialakítása, berendezése

- ✓ központi gázellátás,

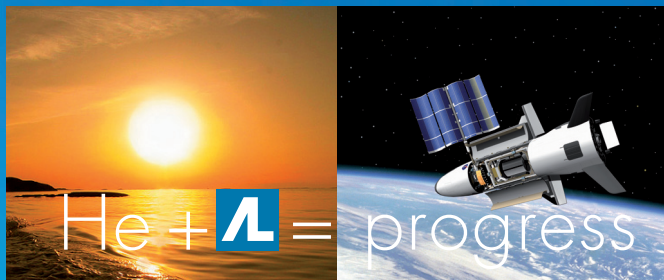
**AUTOMED Autogéntechnikai Kft.**

H-2120 Dunakeszi, Alagi-major  
Tel./fax: 27/342-091; 27/540-375

Honlap: [www.automed.hu](http://www.automed.hu)

**AUTOMED Autogéntechnikai Kft.**

# BECAUSE OUR LIFE KEEPS CHANGING, EVOLVING...



## LEADERSHIP IN ACTION

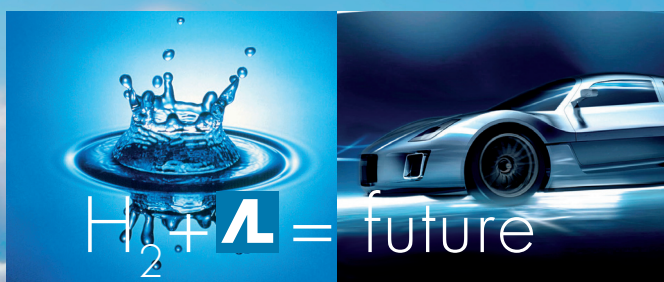
Close to its customers, Air Liquide demonstrates an outstanding mastery of its business, constantly reinventing it to move markets forward and enable progress.



## THE LONG-TERM PARTNERSHIP

Dynamic growth and steady performance underlie Air Liquide's development:

- Customers are guaranteed sustained commitment.
- Shareholders are offered long-term value creation.
- Employees are engaged in a process of career opportunities and professional development over the long term.



## THE TECHNOLOGICAL POWERHOUSE

With a deep knowledge of its customers' businesses and the ability to combine products and technologies, Air Liquide develops high value-added applications and services for customers and for society.



## THE STRENGTH OF DIVERSITY

The exceptional diversity of its customers, businesses and teams coupled with its broad international scope guarantee Air Liquide's reliable and sustainable development and allow it to constantly explore new markets, push back its own limits and build its future...

## AIR LIQUIDE IS ENTERING A NEW ERA

AIR LIQUIDE, THE WORLD LEADER IN GASES FOR INDUSTRY, HEALTH AND THE ENVIRONMENT

Air Liquide Hungary Kft.  
1013 Budapest, Krisztina krt. 39/b.  
[www.airliquide.hu](http://www.airliquide.hu)

