

# 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

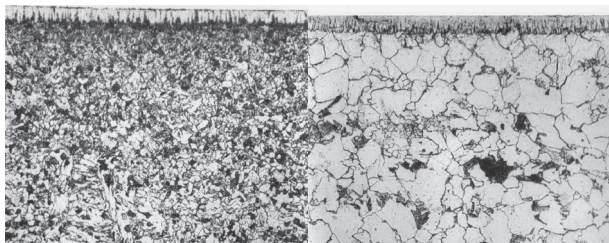
## 2. TERMOKÉMIAI KEZELÉSEK

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 eldurulásának 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 kiválasztott 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 hengerek azok pótlólagos kiegészítésével. [4, 5, 6]

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

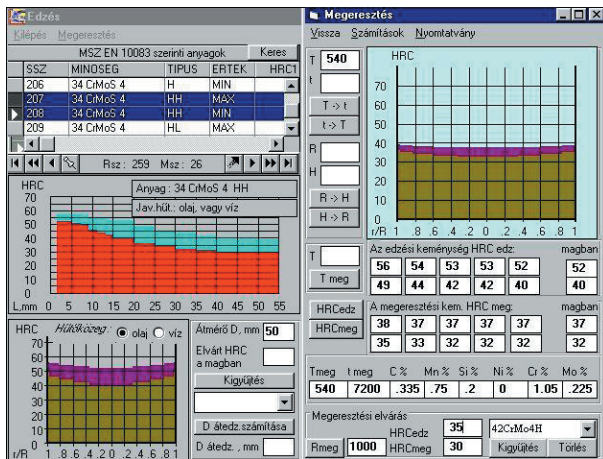
A duplex és szuperduplex acélok a korszerű korrózióálló acélok fejlett országokban gyorsan terjedő típusait képviselik. A tanszéki kutatómunka célja, hogy a szövetszerkezet vizsgálatával, illetve az újrakristályosodási diagramok felvételével újabb ismereteket és adatokat szolgáltatassunk ezen acélok 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-

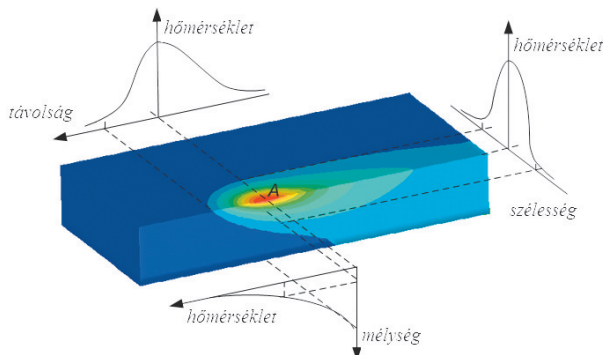
értésében, szemléltetésében, valamint konkrét gyakorlati feladatok megoldásában is [8].



2. ábra Anyagválasztás előírt magiszilárdság alapján

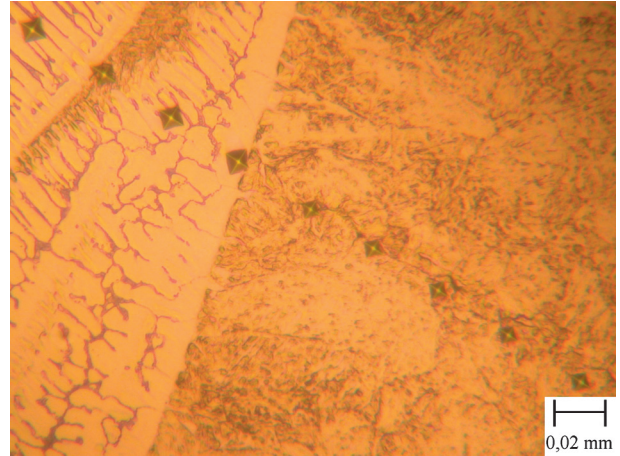
## 6. LÉZERSUGARAS FELÜLETTECHNOLÓGIÁK

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 időtávtalban a felületedzésre vonatkozó kutatások, a technológiai paraméterek optimális tartományának kiválasztására vonatkozó vége-selemes modellezés és ezek validálását célzó kísérletek a legjelentősebbek. A SYSWELD rendszerben készült modellezés lehetőséget kínál az összetett hatások kezelésére és optimalizálási 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

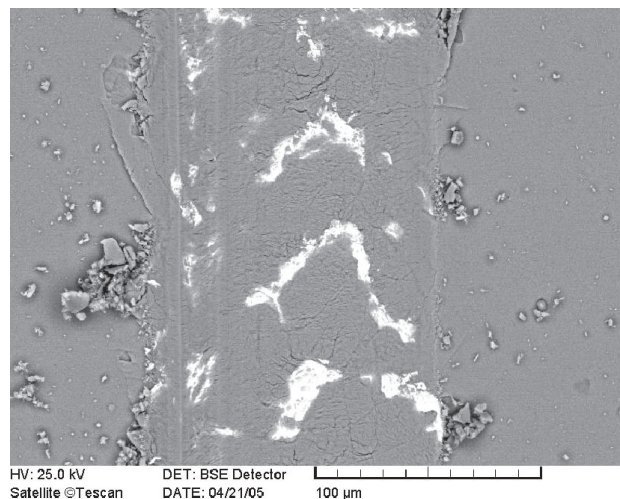
A lézeres felülettechnológiák egy másik, izgalmas és még számos kutatási feladatot kínáló területe a felületi rétegek ráolvasztásának lehetősége – az ún. cladding, amely a felrakó hegesztéssel rokon technológia. Különböző alapanyagokra, különböző technológiai berendezésekkel és különböző technológiai 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 és 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**