

VERŐ BALÁZS – HIRKA JÓZSEF – HORVÁTH ÁKOS – ZSÁMBOK DÉNES

Ultrafinom és nanoszemcsés acélok

A szerkezeti acélok ferrit szemcsemérete meghatározó jelentőségű mechanikai tulajdonságaik szempontjából. Napjaink technikai és technológiai színvonalán a szemcseméret 5 μm -re csökkenthető. Az ultrafinom (5–1 μm közötti), de főleg a nanoszemcsés (<1 μm) acélok tulajdonságainak szemcsemérettől való függésével kapcsolatban kevés adat ismert. A dolgozat áttekinti az UFG- és NS-acélok lehetséges előállítási technológiáit, továbbá elemzi az ebbe a szemcseméret-tartományban a mechanikai jellemzők és a szemcseméret közötti kapcsolatot.

1. Bevezetés

Mérnöki gyakorlatunkra az atommag 10^{-15} m méretétől a nagy mérnöki szerkezetek (pl. hidak, tengerjáró hajók, csővezetékek) 10^2 – 10^5 m-es méretéig terjedő, vagyis mintegy 20 nagyságrendet átfogó tartomány a jellemző (1. ábra). Az utóbbi két évtizedben lezajlott, de nem előzmények nélküli fejlődés arra irányította a kutatók figyelmét, hogy a 10^{-9} , vagy a néhány-szor vagy legfeljebb 100-szor 10^{-9} m mérettel jellemezhető szerkezetű, ún. nanoszerkezetű anyagokhoz speciális tulajdonságok és viselkedés társul. A tapasztalat ugyanakkor azt mutatja, hogy nagyüzemi technológiákkal 5 μm -nél kisebb szemcseméretű anyag nehezen állítható elő, ezért az „ultrafinom” jelzőt akkor használjuk, ha a szemcseméret e gyakorlati határérték és a nanoméretű tartomány közé esik, vagyis 1 és 5 μm között van.

A nanoszerkezetűt ma már eléggé tág értelemben használjuk. Dolgozatunkban nanoszerkezetűnek azokat a fémeket, ötvözeteket tekintjük, amelyeket 1 μm -nél kisebb, nagyszögű szemcsehatárokkal elválasztott kristallitok alkotnak.

Dr. Verő Balázs okl. kohómérnök, a műszaki tudomány doktora 1967-ben szerzett technológus szakos oklevelet az NME-n. Jelenleg a Bayati tudományos igazgatóhelyettese. 1964 óta OMBKE-tag. Lapunk felelős szerkesztője.

Hirka József 1982-ben szerzett alakítástechnológus üzemmérnöki oklevelet a dunaujvárosi főiskolai karon, majd 1986-ban Miskolcon fémalkító szakos kohómérnök diplomát. Jelenleg a SILCO Rt. vezérigazgatója.

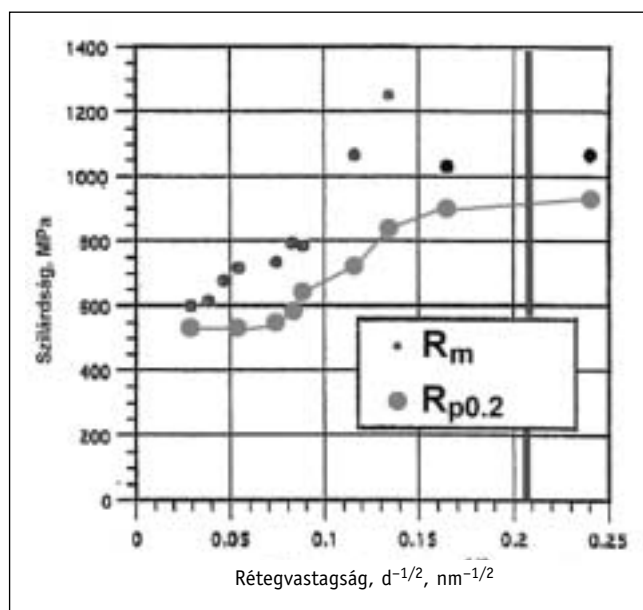
Dr. Horváth Ákos adatai lapunk 36. oldalán található.

Dr. Zsámbok Dénes okl. fizikus, több mint negyedszázada a Du-naferr kutatás munkatársa és közel tizenöt éve vezetője. Tagja az OMBKE-nek és a GTE-nek, továbbá több integráló műszaki-tudományos szervezetnek. Alapító elnökségi tagja a Magyar Anyagtudományi Egyesületnek. Az OAAAK szervezőbizottságának elnöke.

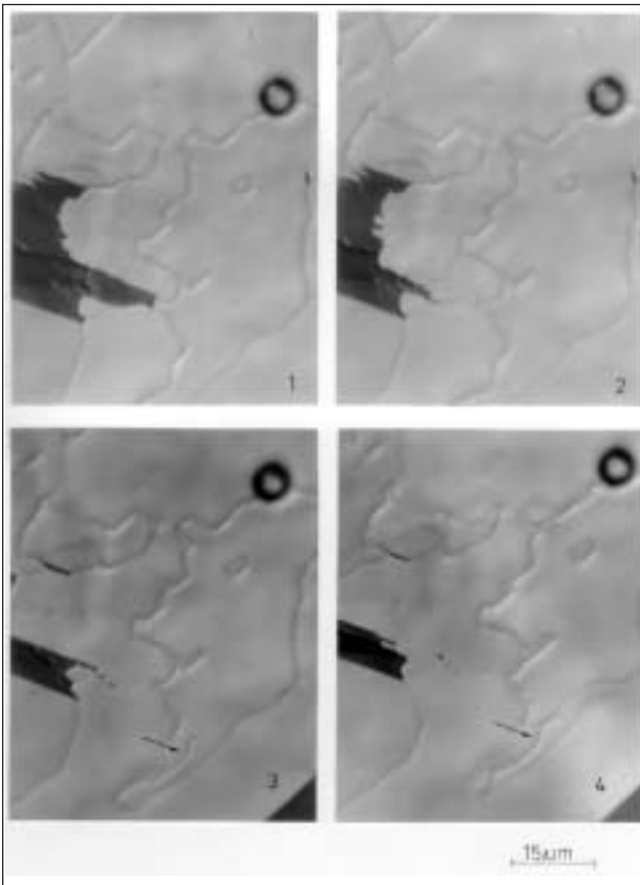


1. ÁBRA. A mérnöki alkalmazások mérettartománya

A méretbeli meghatározottságon túlmenően talán még fontosabb az a kritérium, amely a szemcseméret és a tulajdonságok közötti kapcsolat jellegéből adódik. Nanoszerkezetűnek akkor tekintünk valamely anyagot – és dolgozatunkban csak szerkezeti acélokkal foglalkozunk –, ha annak valamely tulajdonsága az előbb kijelölt kristallitméret alatt már nem a szokásos szemcseméretű anyagokra érvényesnek talált összefüggéseket követi.



2. ÁBRA. Mikor tekinthető egy anyag nanoszerkezetűnek?



■ 3. ÁBRA. A nagyszögű szemcsehatárok mozgásának emissziós elektronmikroszkópos vizsgálata

A folyási határ és a szemcseméret közötti kapcsolatot leíró *Hall-Petch*-összefüggést véve példaként, az adott fémét, ötvözetet viselkedése szempontjából akkor tekinthetjük nanoszerkezetűnek, ha a $\sigma_{0.2} \cdot d^{-1/2}$ koordináta-rendszerben ábrázolt (1) összefüggés egyenes vonala az 1 μm alatti szemcseméret-tartománynál töréspontot, illetve eltérő meredekséget mutat a görbe korábbi szakaszához viszonyítva (2. ábra).

$$\sigma = \sigma_{i0} + k \cdot d^{-1/2} \quad (1)$$

ahol σ a folyási feszültség, σ_{i0} és k anyagi állandók, valamint d a szemcseméret.

Ha ezt kísérletileg igazolni lehet, akkor az is feltételezhető, hogy a nanoszerkezetű anyagban a keményedés mechanizmusa más, mint a szokásos szemcseméretű anyagokban, vagyis a diszlokációk felsorakozásán alapuló mechanizmust valamilyen más mechanizmus váltja fel. Kérdés azonban az, hogy nanoszerkezetű anyagok esetén beszélhetünk-e alakítási keményedésről.

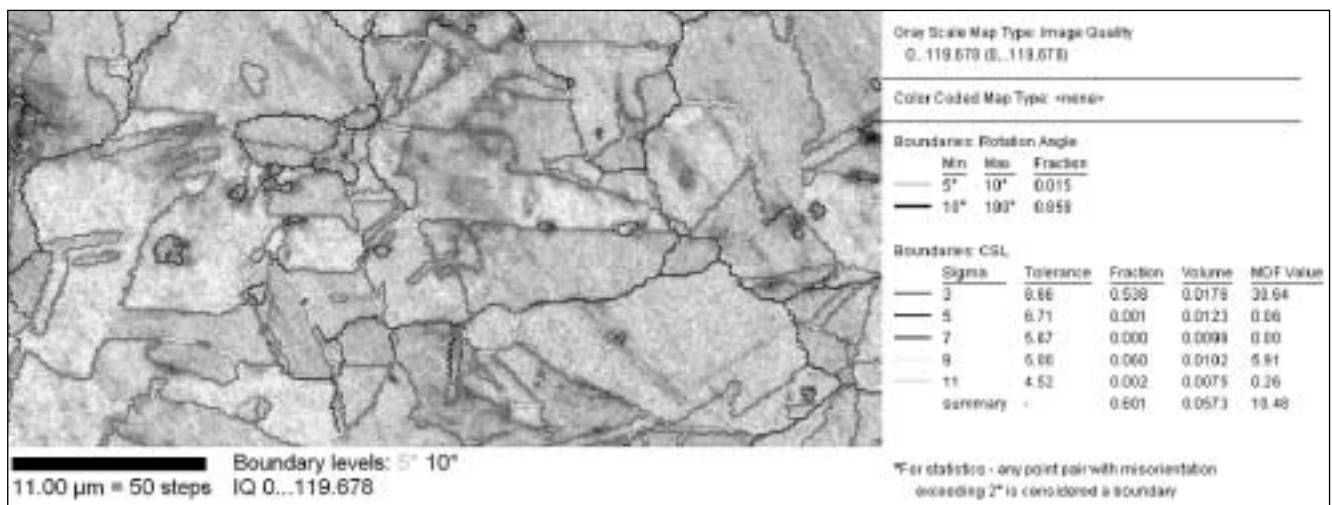
2. Szakmai előzmények

Szerkezeti anyagokkal, elsősorban acélokkal foglalkozó kutatók számára a szemcseméretnek kitüntetett jelentősége van, hiszen

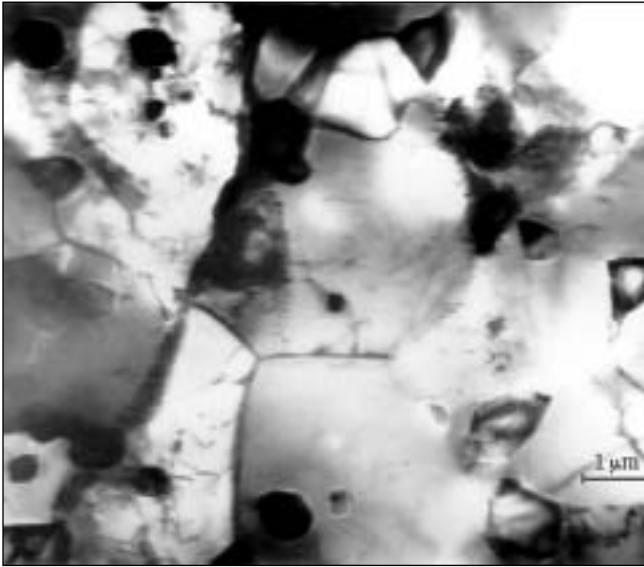
- a folyási határ
 - a keményedőképesség
 - a szívós/rideg átmenet hőmérséklete,
- valamint a szuperképlékeny állapot kialakulásának feltételei szemcsemérettől függőek.

Már a 70-es évek elejétől intenzív kutatómunka folyt a szemcsehatárok szerkezetének megismerésére, a *Kronberg-Wilson*, majd a *CSL*-modell széles körben elfogadottá vált. Ezeknek az eredményeknek a megismerése után a cikk egyik szerzője kandidátusi disszertációja témájául [1] az átalakuló acélok ausztenitjének sokkristályos állapotát, ennek emissziós elektronmikroszkóppal való tanulmányozását választotta. Az akkor elvégzett vizsgálatok – lásd pl. a 3. ábra felvételsorozatát – felhívták a figyelmet a speciális nagyszögű szemcsehatárok jelenlétére, azok egyedi mozgástörvényeire. Ma már hasonló értelmű vizsgálatok EBSD-technikával sokkal hatékonyabban végezhetőek el, persze nem nagy hőmérsékleten (4. ábra).

A szemcsehatárok szerkezetének, különösképpen pedig a szemcsehatár-diszlokációk szerepének megismerése tette lehetővé egyes alakváltozási mechanizmusok, így például a szuperképlékeny alakváltozás közben lejátszódó folyamatok értelmezését.



■ 4. ÁBRA. Ausztenites acél szemcsehatárainak EBSD értékelése



■ 5. ÁBRA. W9 acél „mikroduplex” állapotban

Alakváltozás sebesség $\times 10^{-5} (\text{sec}^{-1})$	Alakváltozás hőmérséklet [°C]		
	720	700	650
0,01	333,7%	34,3%	47,7%
1,0	385,7%		45,0%
2,0	361,7%	45,0%	34,7,3%
5,0	414,7%	393,7%	22,5%
10	335,7%	302,8%	207,7%

A szuperképlékeny alakítási hőmérséklet próbatestjei

■ 6. ÁBRA. W9 acél szuperképlékeny alakítási kísérleteinek próbatestjei

1988-ban publikáltuk a W9 minőségű, gyengén ötvözött szerszámacél szuperképlékeny állapotával kapcsolatos eredményeket [2]. Az akkor mikroduplex jelzővel illetett szövetszerkezeti állapotban (0,8 μm átlagos ferrit-szemcseméret, a szemcsékben 0,3 μm nagyságú karbidrögökkel – 5. ábra) A_{C1} hőmérséklet alatt, de annak közelében néhányszor $10^{-5}/\text{sec}$ kezdő alakváltozási sebességnél szuperképlékenyen viselkedett, közel 600%-os nyúlást mutatva (6. ábra).

Az m alakváltozási sebesség-érzékenységi kitevő megközelítette az ideális 0,5-es értéket, a képlékeny folyás aktiválási energiája pedig majdnem ugyanilyen mértékben megközelítette a vas szemcsehatármenti diffúziójának aktiválási energiáját. A nyúlás abszolút értéke, valamint az aktiválási energia 170 kJ/mól értéke világosan mutatja, hogy a vizsgált esetben az alakváltozás nem rácsdiszlokációk mozgásával, hanem szemcsehatármenti csúszással, ezen belül szemcsehatár-diszlokációk mozgásával játszódott le.

E dolgozat tárgya szempontjából nem a fémtani vonatkozások a legfontosabbak, hanem az a technológia, amellyel a W9

szerszámacél mikroduplex, mai fogalmaink szerint nanoszövetűvé tehető (7. ábra).

Az 1 μm -nél kisebb szemcseméretű és a szuperképlékeny alakítás hőmérsékletén is stabilis állapotot termomechanikus kezeléssel értük el. A 45x40x150 mm-es kisbugákat 950 °C-on 1 óráig ausztenitesítettük, majd fűjt levegővel 600 °C-ra hűtöttük azokat. E hőmérséklet elérését követően izotermikus körülmények között 11 mm-re hengereltük a darabokat. Az egyes szűrésök között 5 perces 600 °C-on végzett hőntartást iktatunk be.

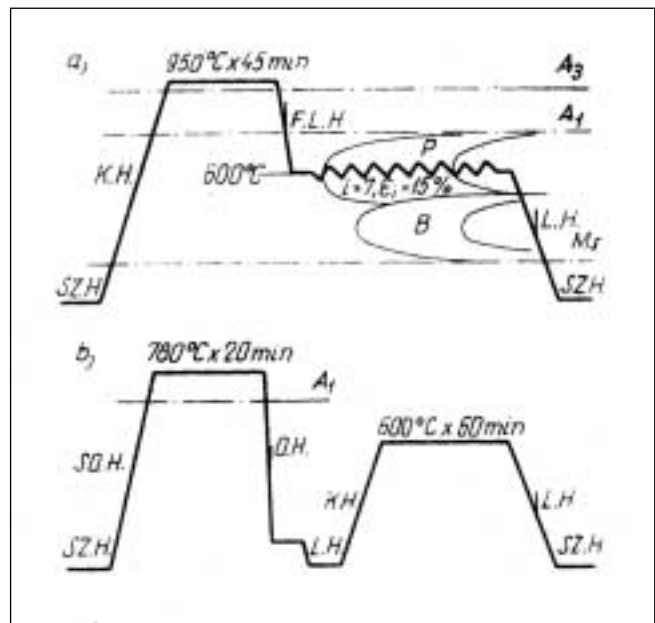
A W9 acél izoterm átalakulási diagramjának ismeretében tudtuk, hogy a hengerlés végére az átalakulás teljessé vált. A meleghengerlést további, kétlépcsős hőkezelés követte. Az első lépés 780 °C-on végzett 15 perces hőntartásból, majd ezt követő, 40 °C-os ásványolajban végzett hűtésből állt. Végül a darabokat 600 °C-on 1 óráig megeresztettük.

A termomechanikus kezelés eredményes voltát annak köszönhetjük, hogy a 600 °C-on végzett képlékeny alakítás hatására az eutektoidos átalakulás, a ferrit újrakristályosodása és a cementit koagulációja egyidőben, és az elérendő cél szempontjából kedvező kölcsönhatást eredményezve játszódott le.

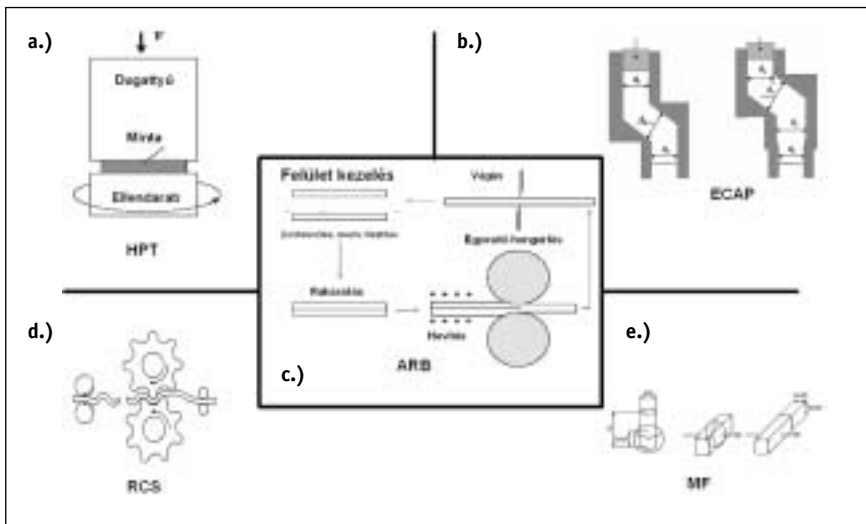
3. Tömbi nanoszerkezetű fémek és ötvözetek előállítási lehetőségei

Nanoszerkezetű fémek és ötvözetek előállítására a legváltozatosabb eljárások alkalmasak, ezek egy részét a már korábban is ismert eljárások (pl. porkohászat) képezik, míg másokat – például a ECAP-módszert (*equal channel angular pressing*) – már tudatosan, NSM-ek (*nanosstructured materials*) szempontjait figyelembe véve fejlesztették ki.

Ha az ipari vagy a tömegszerű gyárthatóság igényét is szem előtt tartjuk, akkor főleg azok az eljárások jöhetnek szóba, amelyeknél a kiinduló anyag is tömbi anyag. Anélkül, hogy részletekbe bocsátkoznánk, meg lehet állapítani, hogy a tömbi



■ 7. ÁBRA. Gyártástechnológia, amellyel a W9 acél „mikroduplex” (nanoszerkezetű) állapotba hozható



■ 8. ÁBRA. Tömbi nanoszerkezetű anyagok előállítási lehetőségei:
a) a HPT-, b) az ECAP-, c) az ARB-, d) az RCS- és e) az MF-módszer

nanoötvözetek előállítási módszerei közismert technikákra és technológiákra építenek, nevezetesen:

- nyomás alatt végzett csavarásra,
- kisajtoláson és húzáson alapuló módszerekre,
- hengerlésen alapuló módszerekre.
- kovácsoláson alapuló módszerekre (8. ábra).

Ezeknek a módszereknek közös jellemzője, hogy a kiinduló tömbi anyag erőteljes képlékeny alakváltozást szenved el (SPD = *sever plastic deformation*), és esetenként hőkezelő művelet is be kell iktatni, illetve maga az alakítás is növelt hőmérsékletű [3].

A HPT- (*high pressure torsion*), az ECAP-, az ARB- (*accumulative roll bonding*), az RCS- (*repetitive corrugation and straightening*) és az MF- (*multiple forging*) módszerre hívjuk fel a figyelmet (8.c. ábra), amelyek közül az első talán a legerjedtebb és mechanikai vizsgálatokra is alkalmas méretű nanoötvözetet produkál, míg az utóbbi alkalmasnak látszik – akár ipari méretű – NSM-szalagok gyártására is [4]. Amint már említettük, szokásos technológiai eljárásokkal legfeljebb 5 μm ferrit-szemcseméretű acélszalagok állíthatók elő, továbbiakban azt mutatjuk be, hogy milyen technológiai megoldásokkal lehet ennél finomabb szemcseméretet elérni. A bemutatandó

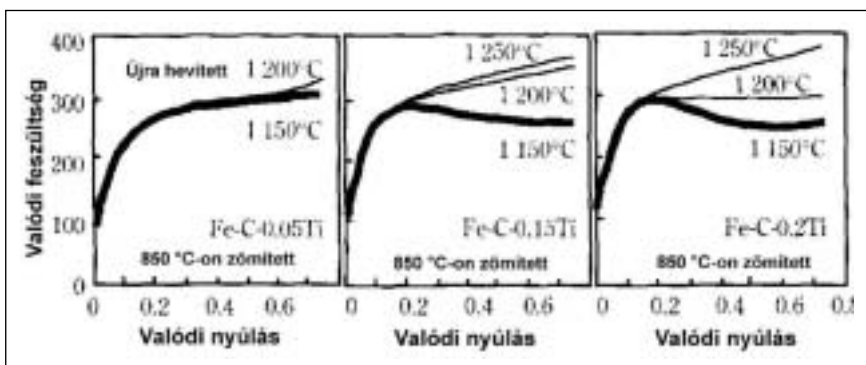
technológiák némelyikét már nagyüzemi körülmények között is alkalmazzák, de NS-acél iparszerű gyártásáról ma még nincsenek információk. Ennek az is oka lehet, hogy az NS-acélok mechanikai viselkedését ma még nem tudjuk teljes mélységben értelmezni.

4. Ultrafinom és nanoszerkezetű acélok

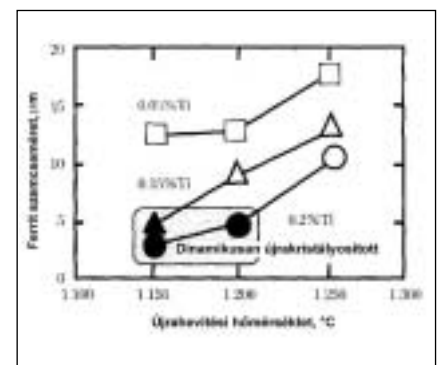
4.1. Super-HSLA acél

A nagy szilárdságú melegen hengerelt acélok széleskörűen használják a gépjárművek alvázaként. Ezekről a lemezekről nagy nyúlást és kiváló lyuktágítási arányt várunk el. Közismert, hogy az acéllemezek szemcseszerkezetének finomításával jobb lyuktágítási arányt érhetünk el. A szemcseszerkezet-finomítás lehetőségeinek tisztázása érdekében Japánban és tengerentúli országokban számos munka folyik. A szuper HSLA-acélok szemcsefinomítására a meleghengerlés közbeni dinamikus újrakristályosodást használják ki. A dinamikus újrakristályosodásnál kis diszlokációsűrűségű szemcsék képződnek és növekednek, melyek általában finomak és poligonálisak. Különösképpen igaz ez azokra a szemcsékre nézve, amelyek kis hőmérsékleten és nagy alakváltozási sebéségnél dinamikus újrakristályosodással jönnek létre. Ekkor ugyanis a szemcsék durvulási hajlama csekély. Amennyiben az acél összetételét nem tudatosan alakítjuk ki, akkor a dinamikus újrakristályosodás a meleghengerlés, kezdeti nagy hőmérsékletű szakaszára (előnyújtás) jellemző. Ahhoz, hogy a dinamikus újrakristályosodás a hengerlés utolsó szúrásaiban következzen be, megfelelően kis ausztenit-szemcseméretre kell törekedni. A Super-HSLA acéloknál a buga újrahevítése során bekövetkező szemcsedurvulást TiC részecskékkel akadályozzák meg.

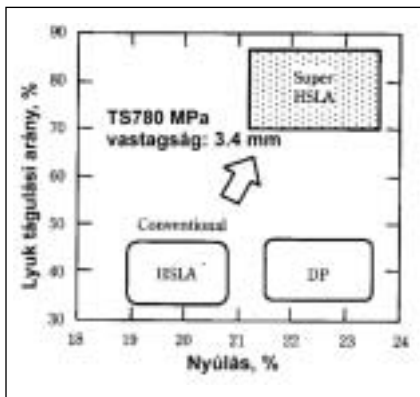
Bár a Nb mikroötvözésével is hasonló hatás lenne elérhető, mégis a Ti-nal való mikroötvözés jelenti a kedvezőbb megoldást, mert az ausztenitben oldott Ti nem gátolja az újrakristályosodás egyik változatát sem. Ez abban nyilvánul meg, hogy Ti ötvözés esetén a dinamikus, vagy statikus újrakristályosodás során keletkező ausztenitszemcsék poligonálisak, míg Nb-mal



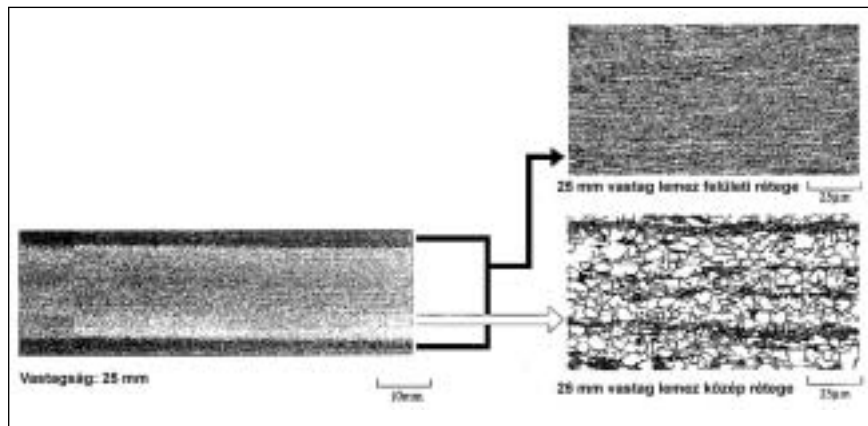
■ 9. ÁBRA. A valódi feszültség és a valódi alakváltozási görbe jellege Ti-nal különböző mértékben mikroötvözött acélok és eltérő újrahevítési hőmérsékletek esetén



■ 10. ÁBRA. A ferrit-szemcseméret az újrahevítési hőmérséklet függvényében



■ 11. ÁBRA. A Szuper-HSLA, a HSLA- és a DP-acélok összehasonlítása a mechanikai tulajdonságok alapján



■ 12. ÁBRA. A HIAREST-acéllemez makro- és mikroszerkezete

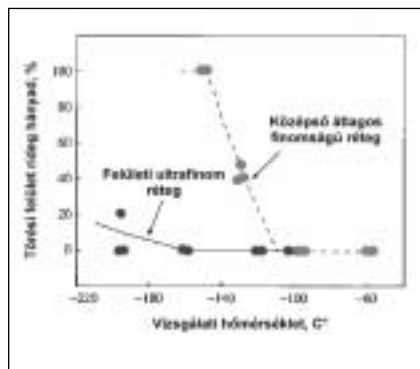
történő mikroötvözés esetén az ausztenitkristallitok nyújtottak maradnak. Az is ismert, hogy a lyuktágulási arány szempontjából a nyújtott ausztenitkristallitokból átalakulás után létrejövő és szintén bizonyos irányitottságot és nyújtottságot mutató ferrites szövet nem kedvező.

Különböző Ti tartalmú, kísérletileg előállított acélokat, különböző hőmérsékletre hevítettek és 850 °C-on zömítették, amely megfelel a meleghengelés utolsó szűrésnél érvényes hőmérsékletének. A valódi feszültség és a valódi alakváltozási görbe jellegét különböző Ti-tartalmú acélok esetén és eltérő újrahevítési hőmérsékletekre vonatkozóan vizsgálták (9. ábra). Amikor az anyagban dinamikus újrakristályosodás lép fel, akkor a valódi feszültség-alakváltozási görbe speciális alakot vesz fel, nevezetesen egy relatív maximum jelenik meg a görbén.

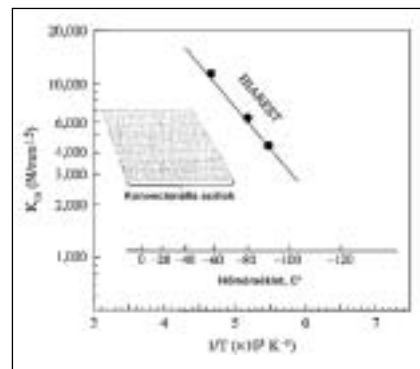
Az ábrák azt mutatják, hogy a dinamikus újrakristályosodás nagy Ti-tartalom mellett és kis újrahevítési hőmérsékletnél játszódik le. Ha az ausztenit szemcsemérete az alakítás utolsó fázisában 50 μm körüli volt, a kis karbontartalmú acélokban a mérések tanúsága szerint dinamikus újrakristályosodással lehet számolni.

A zömített minták ferrit szemcseméretét 0,7-es természetes alakváltozást kapott mintákon az alakítás hőmérsékletéről történő 50 °C/s-os lehülési sebesség mellett határozták meg. A ferrit szemcseméretét az újrahevítési hőmérséklet függvényében a 10. ábrán láthatjuk. A ferritszemcsék mérete azokban az anyagokban, ahol a dinamikus újrakristályosodás lejátszódott (az ábrán besatírozott terület) jelentősen kisebb, mint azokban az anyagokban, amelyekben statikus újrakristályosodás játszódott le.

A 11. ábra egyértelműen mutatja a szuper-HSLA-acél előnyeit a HSLA- és DP-acélokhoz képest. A szuper-HSLA-acélok előnyös tulajdonságai két okra vezethetők vissza, az egyik a nagyon finom 2-3 μm-es ferrit-szemcseméret, a másik pedig a ferritkristallitok közel poligonális volta. Amint már említettük,



■ 13. ÁBRA. A HIAREST-acél külső és belső rétegének a szívós-rideg átmenetre vonatkozó görbéi



■ 14. ÁBRA. A repedések terjedésével szemben mutatott ellenállás összehasonlítása HIAREST és konvencionális acélok esetében

az utóbbi tulajdonság a lyuktágítás szempontjából kiemelt jelentőségű.

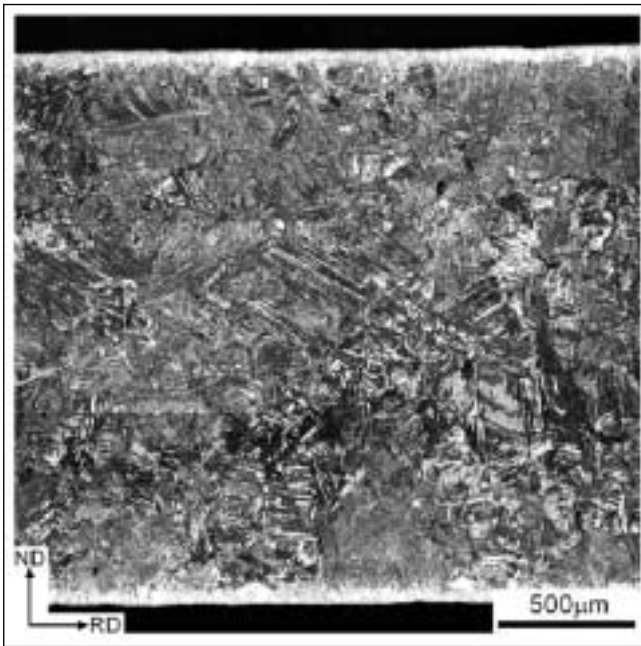
4.2. A HIAREST-acél (High Crack Arrestability Endowed Steel Plate)

A HIAREST-acél hibridszerkezetű acél, amelyben a belső, szokásos szemcseméretű réteget két külső, UFG-s (*ultra fine grained*) réteg fedi, amelyeknek nagy a repedésterjedéssel szembeni ellenálló-képessége. A két külső réteg jellemző ferrit szemcsemérete 1–3 μm. A 12. ábra a HIAREST-acéllemez makro- és mikroszerkezetét mutatja. A külső, finomszemcsés réteg vastagsága a lemez teljes vastagságának 1/6 része külön-külön. Ezt a felületi réteget surface ultra fine rétegnek nevezik [5]. A HIAREST-lemez alapanyagául a szokásos összetételű mikroötvözött, nagyszilárdságú acélok megfelelőek, a rétegek létrehozása nem támaszt különleges követelményt az acél összetételével szemben.

A HIAREST-acéllemez viselkedését akkor érthetjük meg, ha összehasonlítjuk a belső és a SUF-tartomány mély hőmérsékleten érvényesülő szívósságát.

A 13. ábrán a szívós/rideg átmenetre vonatkozó görbét látjuk e két rétegre vonatkozóan. Világosan látható, hogy a SUF-nak sokkal kisebb hőmérsékleten van az átmeneti hőmérséklete, mint a középsőé.

A HIAREST-acélokat elsősorban felhőkarcolókban, tengerjáró



■ 15. ÁBRA. Léces martenzit szövetségű acél

hajókban alkalmazzák. Ezeknél a mérnöki konstrukcióknál ugyanis nem zárható ki valamely, katasztrófát is okozható igénybevétel fellépése, ahol a szerkezeti acélnek a repedések terjedésével szemben nagy ellenállást kell mutatniuk (14. ábra).

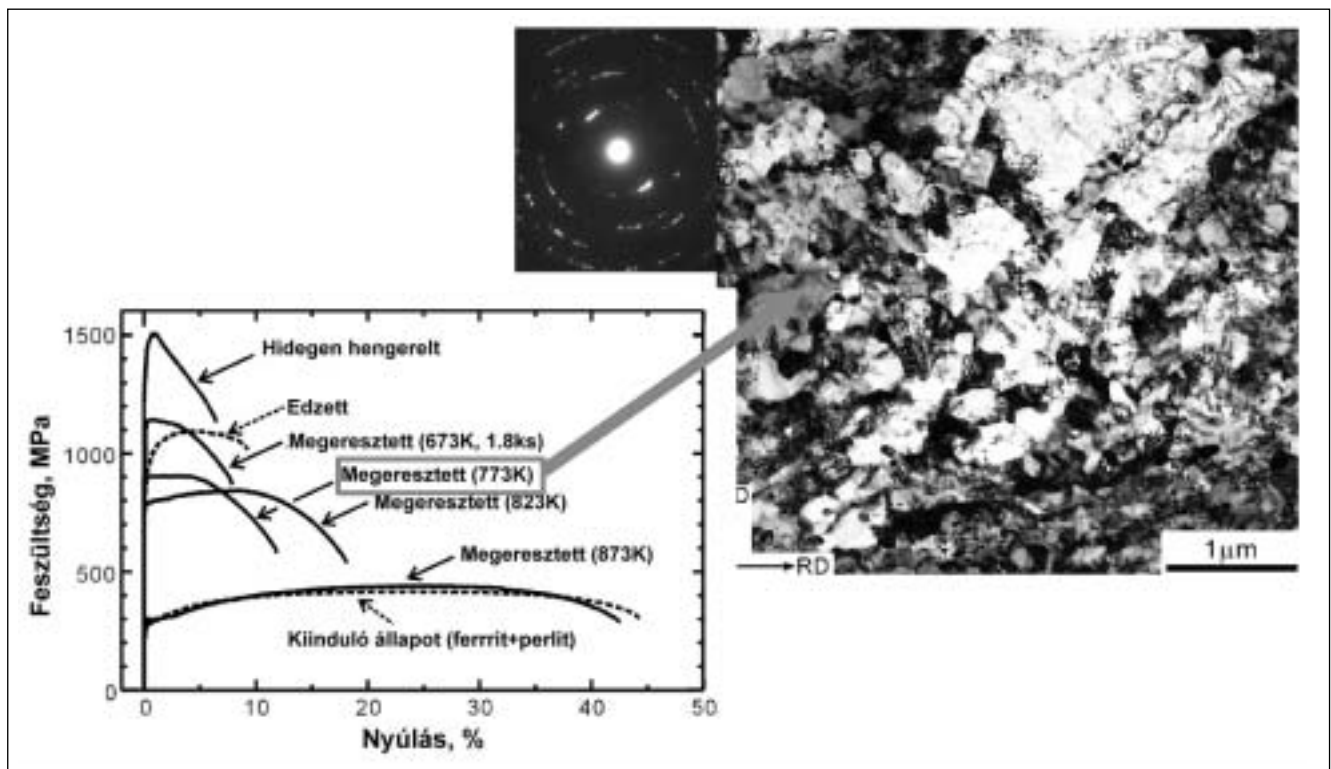
A HIAREST-acéllemez gyártástechnológiája speciális körülmények között végzett meleghengergelésen alapszik, és a szövet finomodása hőmérséklet-növekedés közben zajlik le. Meleg-

hengergelés közben – megszakítva a hengergelés folyamatát – a lemez két felületét intenzíven hűtik, majd ez a kialakult réteg a lemez középső, nagyobb hőmérsékleten maradt részének visszamelegítő hatása révén újra felmelegszik. Ha a következő szűrást, képlékeny alakítást a külső rétegek felmelegedése közben végezzük el, erőteljes szemcsefinomodást érhetünk el. Ennek a technológiának a megvalósítása az adott acél átalakulási folyamatának pontos ismeretét, valamint a lemez gyors hűtése és visszamelegedése közben lejátszódó termikus folyamatok számítógépes modellezését feltételezi.

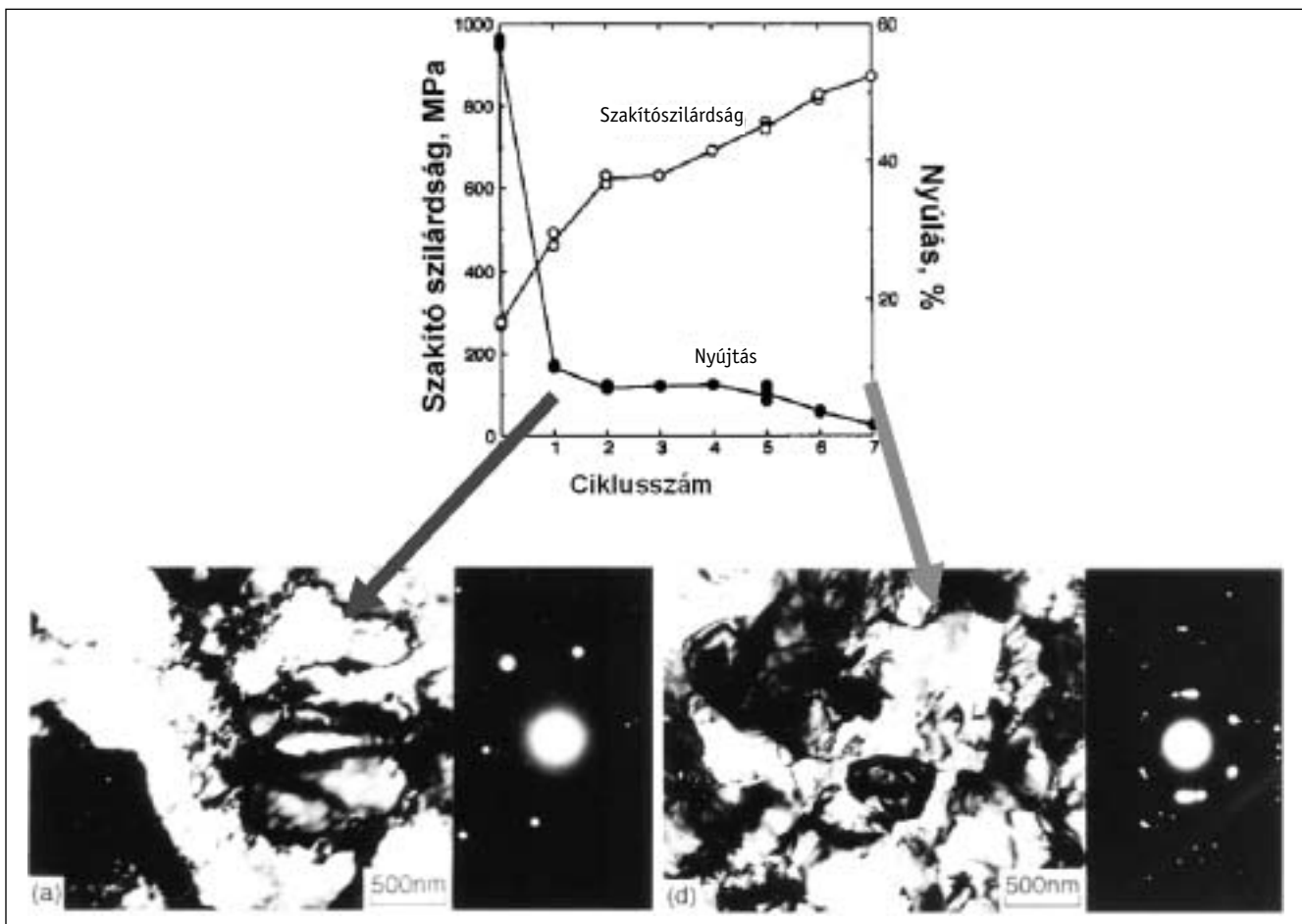
4.3. Utóhőkezelt, hidegen alakított, léces martenzites acél

Ezt a módszert az ARB-eljárás megalkotói fejlesztették ki. Kiindulási anyagként szokásos összetételű, ötvöztelen acél szolgál [5]. Az eljárás lényege az, hogy az eljárás első lépésében az acéllemez viszonylag nagy hőmérsékletre, 1273 K-ről leedzik, amely után a szövetet léces martenzit alkotja (15. ábra). A nagy edzési hőmérsékleten kialakuló eldurvult ausztenites szövet következtében az ötvöztelen szerkezeti acél edzhetőségének növekednie kell. Az edzési hőmérsékleten az ausztenit szemcsemérete 200 μm-nél nagyobb. A martenzites szövetségű lemezt 50%-os mértékben hidegen alakították (16. ábra), majd a lemezeket 473–973 K-en megeresztették, 1000 sec-ig.

Az eljárás során azért érhető el 1 μm alatti szemcseméret a relatíve kis mértékű (0,8) képlékenyalakítás esetén is, mert a léces martenzites szövet önmagában is nagy diszlokációsűrűségű. Az edzés mintegy kiváltja a hidegalakítást. Ezt a megállapítást jól alátámasztják a TEM-es vizsgálatok, amelyek során a léces martenzites szövetben jól felismerhető, a hengergelési irányba elnyúlt diszlokációs cellák figyelhetők meg, 60 nm-es átlá-



■ 16. ÁBRA. 50%-os mértékben hidegen alakított, majd 500 °C-on megeresztett próbatest szövetszerkezete és szakítódigramja



■ **17. ÁBRA.** IF-acélmintát ARB-eljárással hengerelve a TEM-felvételek azt mutatják, hogy a szövetet lényegében 470 nm-es, nagyszögű szemcsehatárokkal határolt szemcsék alkotják

gos szélességgel. A SAD-felvételek arról tanúskodnak, hogy az egyes diszlokációs cellák között nagy az orientációs eltérés. A 773 K-en lágyított minták szövetét kb. 160 nm-es, nagyszögű szemcsehatárokkal határolt szemcsék alkották. A megeresztés utáni szövetben is nagy orientációkülönbség tapasztalható az egyes ferritkristallitok között.

A teljesség kedvéért meg kell említeni, hogy a szövetben az NS-területek mellett blokkyszerű szerkezetet mutató tartományok is megfigyelhetők voltak, ahol hagyományos értelemben vett diszlokációs cellák és megeresztett léces martenzit volt jelen. A szövetben értelemszerűen a nm-es tartományba eső karbidkiválások is megjelentek. Ez a jelenség törvényszerű, hiszen a kiindulási állapotban a szövetet C-ban túlteltett martenzit alkotta. A finom karbidkiválások a szövet stabilitását fokozzák, hasonlóan a W9 szerszámacéllal kapcsolatban elmondottakhoz.

A léces martenzit szövetű, 50%-os mértékben hidegen alakított, majd különböző hőmérsékleten megeresztett minták szakítódíagramjait a 16. ábra mutatja. Látható, hogy 500 °C-os megeresztéskor a DP-acélokhoz hasonló tulajdonságeggyüttes adódik.

Jellemző adatok:

- 550 °C-on megeresztve a szakítószilárdság 870 MPa,
- az egyenes nyúlás 8%,
- a teljes nyúlás pedig 20%.

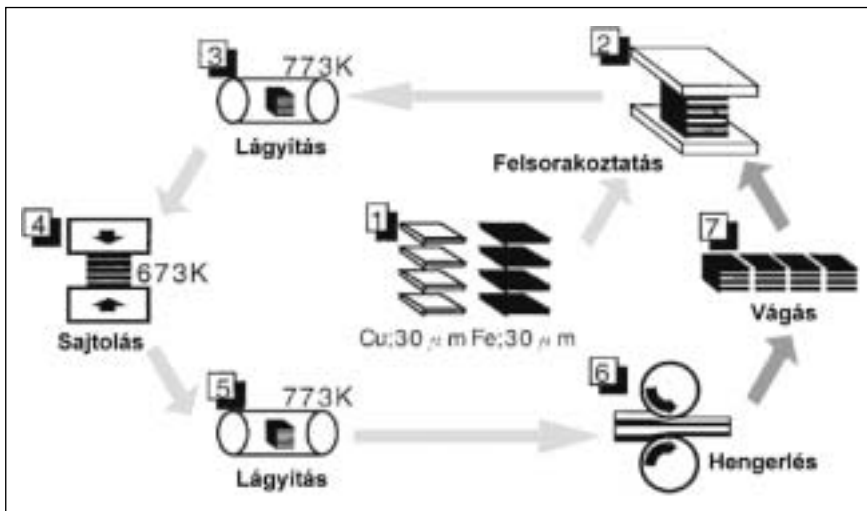
Az irodalomban az erősen alakított anyagban az alakítás ha-

tására kialakult, diszlokációs cellafallal határolt tartományoknak UF-szemcsékké való átalakulását in situ, vagy folyamatos újrakristályosodásnak nevezik. Ezek a fogalmak az alakított, léces martenzites szövetű acélban lejátszódó folyamatokra is alkalmazhatóak.

A martenzites állapotból kiinduló technológia hatékonyságát a szerzők azzal magyarázzák, hogy a léces martenzitnek morfológiai szempontból háromszintű felépítése van: lécek, blokkok és csomagok. Az egyes ausztenitzemcséken belül ennek a morfológiai helyzetnek megfelelően a belőle keletkező martenzitben a blokkok és a kötegek között nagyszögű szemcsehatár jön létre. Ez a bonyolult szerkezet vezet hidegalakításkor a már röviden jellemzett deformációs szerkezethez, majd megeresztés után az MS-hez. Megemlítjük, hogy ezzel a technológiai variációval laboratóriumi körülmények között a cikk szerzőinek és Dobránszki J.-nak sikerült MS-acélt előállítaniuk. Ezekről az eredményekről egy későbbi dolgozatunkban számolunk be.

4.4. ARB-eljárással előállított nanoszerkezetű IF-acél

Amint azt már a nanoszerkezetű fémek előállítási technológiájának tárgyalásakor is említettük, az egyik legígéretesebb eljárást az ARB-eljárás jelenti. Könnyűfém ötvözetekkel végzett sikeres kísérletek során japán kutatók [6] IF-acélokkal is megis-



■ 18. ÁBRA. Az ARB-eljárás egy ciklusának részfolyamatai

mételték a technológiai kísérleteket. Megfelelő méretű, 1 mm vastagságú IF-acéllemez kb. 50%-os mértékben alakítottak, majd a kétszeresére megnyúlt lemezt zsírtalanítás és drótkéfével történő felülettisztítás után egymásra helyezve ismét 50%-os alakváltozásnak vetették alá. Az alakítás hőmérséklete 773 K volt, vagyis ún. hideg-melegalakításról van szó. A hengerlési nyomás és az előbb megadott hőmérséklet együttes hatására a tisztított felületű lemezek között fémes kapcsolat alakult ki. Ez a folyamat tetszés szerint megismételhető, hiszen mindig visszakapjuk az eredeti vastagságot. Az egyes szűrások között esetenként kis hőmérsékleten végzett lágyítást is beiktattak. A folyamat hét-nyolcszori ismétlése után, amikor is az alakváltozás összértéke 5,6 körülire nőtt, azt tapasztalták a TEM-es vizsgálatok során, hogy a szövetet lényegében 470 nm-es nagyszögű szemcsehatárokkal határolt szemcsék alkotják (17. ábra).

Végző állapotában a szalag szilárdsága 870 MPa volt 8% egyenletes nyúlás és kb. 20% teljes nyúlás mellett. A 18. ábra diagramja a nanostruktúrájú IF-acél kialakulásának menetére is felvilágosítással szolgál, különösen akkor, ha a TEM-vizsgálatok eredményeit is figyelembe vesszük. A diagramon az egyes hengerlési műveletek után jellemzőnek talált értékeket tüntették fel egészen a 7. lépésig bezárólag. A szilárdság kezdeti erőteljes növekedése értelemszerűen a nyúlás rohamos csökkenésével jár együtt, majd a nyúlás viszonylag állandó értéken marad, annak ellenére, hogy a szilárdság tovább növekszik. Az utolsó ARB-lépések során a nyúlás ismételt csökkenése tapasztalható. A vékony fóliás TEM-es vizsgálatok azt mutatták, hogy ez utóbbi jelenség összefüggésben van a kb. 500 nm-es ferritkristallitok kialakulásával, melyek között az elvégzett SAD-mérések szerint jelentős, 15°-nál nagyobb orientációkülönbség van. A TEM-es felvételek ugyanakkor azt is bizonyították, hogy a kis orientációkülönbségű diszlokációs cellák – amelyek az ARB-folyamat korábbi szakaszában keletkeztek – nem tűntek el teljesen a szövetből.

Az ARB-eljárás alkalmasnak bizonyult tehát NS-acéllemez előállítására is, és meglepő módon az IF-acél NS-szövege nagy hasonlóságot mutatott a korábbi kísérletek során vizsgált Al-Mg és Al-Ag ötvözetek szövetével.

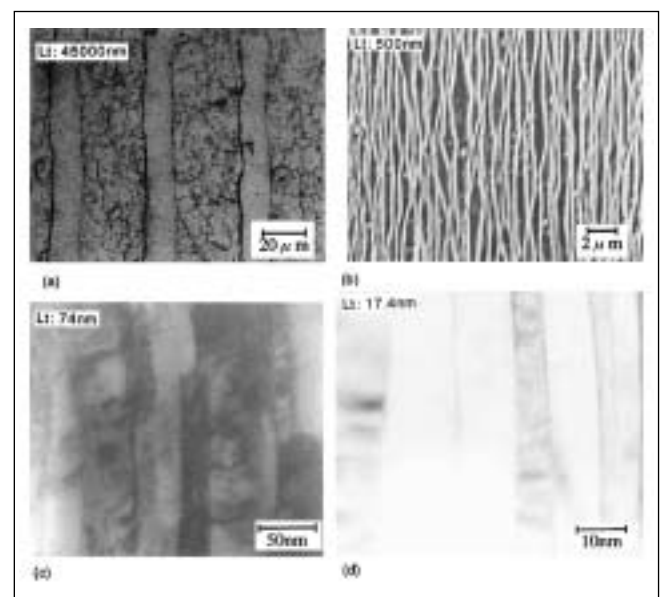
4.5. ARB-eljárással előállított, réteges nanoszerkezetű Fe-Cu ötvözet

A többrétegű szerkezetet ismételt alkalmazott sajtolással és hengerléssel állították elő, Fe- és Cu-fóliából kiindulva (18. ábra). A Cu-fólia vastagsága 30 μm, az Fe-fóliáé 60 μm volt kezdetben. A viszonylag kis méretű fóliákat, összesen 100 db-ot váltakozva egymásra helyezték, sajtolták, hőkezelték, majd hengerelték [7]. A réteges szerkezetnek az ARB-eljárás közbeni változását a 19. ábra szemlélteti. A szobahőmérsékleten végzett hengerléskor az alakítás mértéke 1/100 volt.

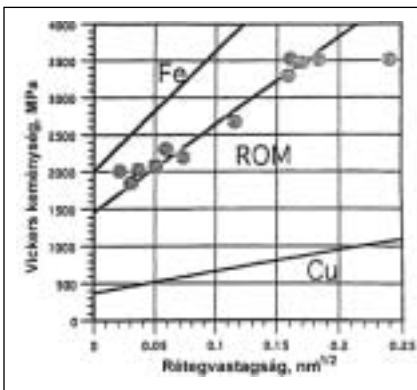
Két szűrás volt végül is szükséges ahhoz, hogy a rétegek vastagsága a nm-es tartományba essen. A sokrétegű Fe-Cu minták mechanikai vizsgálata az NS-anyagok néhány alapvető tulajdonságára irányítja a figyelmet. Ha az egyes rétegek vastagsága 100 nm alá csökkent, a rétegek rendezettsége, egymástól való elkülönülése már nem volt tökéletes a hőkezelés után. Ezért az utolsó szűrások között már nem hőkezelték a mintákat, és speciális hengerlési technikákat alkalmaztak.

Bár a dolgozatban egyes funkcionális tulajdonságoknak a rétegvastagság függvényében való változását is vizsgálták, most csak a mechanikai jellemzőkkel foglalkozunk.

A szakítóvizsgálatot különböző Fe-Cu-rétegvastagságú mintákon végezték el. Az 2. ábra a folyási határt és a szakítószilárdságot mutatja a rétegvastagság $-1/2$ -ik hatványának függvényében. 35 nm-nél nagyobb rétegvastagság esetén a már említett Hall-Petch-összefüggés érvényesnek bizonyult. Ha a rétegvastagság ez alá az érték alá csökkent, akkor a nagyobb rétegvastagság-tartományra érvényes trend már nem állja meg a helyét. Ez a megfigyelés összhangban van a Lehoczky nevé-



■ 19. ÁBRA. Fe és Cu fóliából ARB-eljárással előállított Fe-Cu többrétegű szerkezet



■ 20. ÁBRA. A keménység változása a rétegvastagság függvényében

szilárdság. A 20. ábra a keménységnek a folyási határhoz és a szakítószilárdsághoz hasonló viselkedését mutatja a rétegvastagság függvényében.

Ilyen réteges szerkezetű kompozit RS-technikával gyártott szalagokból is elképzelhető.

5. Következtetések

Dolgozatunk lényegét a következőkben foglaljuk össze:

- A tömbi NS-fémeket és ötvözeteket – így az acélokat is – a szokásos szerkezetű fémektől és ötvözetektől véleményünk szerint két kritérium alapján lehet, és kell megkülönböztetni:
 - a szemcseméretre vonatkozó kritérium,
 - a szemcseméret-tulajdonságok közötti kapcsolat jellegére vonatkozó kritérium.

Véleményünk szerint ez utóbbi kritérium meghatározó. Azt is célszerű figyelembe venni, hogy a nanoszemcséket nagyszögű szemcsehatároknak kell határolniuk, és így közöttük 15°-nál nagyobb orientációkülönbségnek kell lenni.

- A szerkezeti acélok esetén a szokásos technológiai eljárásokkal körülbelül 5 μm -es ferritszemcse érhető el. Világszerte tapasztalhatók törekvések a szemcseméret további csökkentésére egészen 1 μm -es ferrit-szemcseméretig. Olyan technológiai megoldások is ismertek, amelyek magukban hordozzák az ipari megvalósítás lehetőségét is.

hez fűződő elmélettel, amely szerint vékony rétegekből összetett anyagokban nincs mód a Frank-Reed diszlokációforrások működésére, pusztán méretbeli megkötöttségek miatt. Diszlokáció-szorosozódás hiányában nincs alakítási keményedés, ezért marad változatlan a szakító-

szilárdság.

- Speciális esetekben sikerült a 100 nm-es tartomány alá is lejutni, de acélok esetében az 150 nm-es szemcseméretnél kisebb tartomány elérése ma még nem valósult meg.
- Az NS-acélok viselkedését ma még nem ismerjük kellő részletességgel, mert eltérő szemcseméretű acélokat ebben a tartományban tudatosan nem sikerült előállítani, így a szemcseméret-tulajdonság kapcsolatra általában csak egy-egy egyedi adatkör ismert.
- A felhasználói igények növekedése tükrében a GSE-nek és a GSB-nek, vagyis a grains size- és a grain boundary engineering-nek egyre nagyobb jelentősége lesz.

Irodalom

- [1] Verő Balázs: Az átalakuló acélok auszteniájának sokkristályos állapota, Kandidátusi értekezés, Budapest, 1983
- [2] Li Myong Son, Verő Balázs: A W9 típusú, gyengén ötvözött szerszámacél szuperképlékeny állapota, Bányászati és Kohászati Lapok – Kohászat, 1988. 10
- [3] Krállics, György; Lenard, John G.: Manufacturing of ultra fine-grained materials by severe plastic deformation (A state-of-the-art review)
- [4] Sakata, Kei; Matsuoka, Saiji; Sato, Kazuhiro: Highly Formable Sheet Steels for Automobile through Advanced Microstructure Control Technology, Kawasaki Steel Technical Report, No.48, March 2003.
- [5] Ishikawa, Tadashi; Yuji, Nomiya; Yoshikawa, Hiroshi; Imai, Shiro and Inoue, Takehiro: Ultra High Crack-arresting Steel Plate (HIAREST) with Super-refined Grains in Surface Layer, Nippon Steel Technical Report, No. 75, November 1997
- [6] Tsuji, N.; Ueji, R.; Minamino, Y. and Saito, Y.: A new and simple process to obtain nano-structured bulk low-carbon steel with superior mechanical property, Scripta Materialia 46 (2002) 305–310
- [7] Tsuji, N.; Saito, Y.; Utsunomiya, H. and Tanigawa S.: Ultra-fine Grained Bulk Steel Produced by Accumulative Roll-bonding (ARB) Process, Scripta Materialia, Vol. 40, No. 7, pp. 795–800, 1999
- [8] Shingu, P.H.; Ishihara, K.N.; Otsuki, A. and Daigo, I.: Nano-scaled Multi-layered Bulk Materials Manufactured by Repeated Pressing and Rolling in the Cu-Fe System, Materials Science and Engineering A304–306 (2001) 399–402

A Vaskohászatért Emlékérem 2003. évi kitüntetettjei

Dr. Rempert Zoltán

1946-ban Sopronban szerzett kohómérnök, 1964-ben pedig Miskolcon műszaki doktori oklevelet.

Üzem- és ipari vezetőként tevékenykedett nyugdíjba vonulásáig Diósgyőrben, Csepelen és a Lőrinci Hengerműben.

1955 nyarától a Lőrinci Hengermű főmérnöke, majd műszaki vezetője volt 25 éven át. Irányításával valósult meg a gyár átdolgozásának pontosabbá tétele. Kiemelten:

- a bugadarabolás oxigénes alapokra helyezése,
- részletes anyagnormák kidolgozása,
- az energiagazdálkodás alapjainak lerakása.

A műszaki fejlesztések irányítójaként nevéhez fűződik:

- hőkezelő kemence építtetése,
- II. sz. tolókemence építtetése,
- az Erzsébet-híd anyagának gyártása,
- gömbtartályanyagok gyártásának bevezetése,
- Rába részéről igényelt minőségek gyártásának bevezetése.

A vaskohász szakmának nem csak a gyakorlata, hanem a tudománya és kultúrája is foglalkoztatja. Nyugállományba vonulása óta teljesen kitölti életét a szakma történetének kutatása és publikálása.

Számos könyv, könyvrészlet, szakcikk közül is kiemelhető a szakirodalom területéről:

- A hengerelt acélok szerkezete és tulajdonságai
- Durvalemezgyártás című könyve, amelyből generációk tanulták meg a lemezgyártás szakmai összefüggéseit. Gyártörténeti művei közül kiemelkedő
- A Lőrinci Hengermű 10 éve 1975–1984 (1986).
- A Lőrinci Hengermű 50 éve (2000)
- A Lipták gyár története 1911–1927 (2001).
- Szakmatörténeti művei:
- Magyarország vaskohászata az ipari forradalom előestéjén (1995)
- A Kárpát-medence vasgyártása a neoabszolutizmus korában (2004).



Munkájával általános elismerést váltott ki. Kitüntetései: a sokszoros Kiváló Dolgozótól a Kiváló Kohászig, beleértve az OMBKE kitüntetéseinek minden formáját.

Pálos Gábor 1972-ben a Veszprémi Vegyipari Egyetem szilikátkémiai ágazatán okleveles vegyészmérnökként végzett, majd a Budai Cserépipari Vállalatnál helyezkedett el.

1973-tól a Magnezitipari Műveknél vállalt munkát. Technológusként részt vett a speciális minőségű magnezitkróm vegyi kötésű bázikus téglá kifejlesztésében. A Lampart ZIM Vegyipari Gépgyár megkeresésére megoldotta a kemencefalazatok tartósságának és felületi szilárdságának növelését tűzálló védőbevonat alkalmazásával.

Az oxidkerámia üzem vezetőjeként kezdett el foglalkozni a cirkon-korund, cirkon-mullit tűzállóanyagokkal, amelyekre – munkatársaival együtt – szabadalmi oltalmat kapott.

Kutatómérnökként a hazai bauxitvagygon hasznosítása területén foglalkozott a savazott, nedves, nyers bauxit tűzálló alapanyagként való alkalmazásával. Erre az időszakra esik az Eljárás alumínium-oxid-dús kerámiák előállítására és az Eljárás kerámiatestek előállítására c. szabadalmának kidolgozása is, melyeket munkatársaival együtt dolgozott ki.

1988-tól a Magnezitipari Művek főtechnológusa, 1991-től a Rath Hungária Kft. üzemvezetője, majd 1993-tól ismét a MIM korábbi beosztásában dolgozik. 1997-től a Rath Hungária értékesítési vezetője.

1992-től rendelkezik szakértői engedéllyel a tűzállóanyagok gyártása és alkalmazása területén.

Dr. Markó István 1977-ben a Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetem elvégzését követően a Metalimpex Acél- és Fém Külkereskedelmi Vállalat közgazdasági osztályának dolgozója lett. Feladata döntően különféle piaci elemzésekre, prognózisokra, belső- és külső publikációkra koncentrált. Angol és orosz nyelvismeretének köszönhetően már akkor nemzetközi konferenciák gyakori résztvevője.

1981-től kezdődően az ENSZ Acélbizottságának munkacsoportjaiban több mint 15 éven át tevékenykedett.

1983-ban nemzetközi gazdasági szakértői másoddiplomát szerzett, amelyet követően doktori címét „A magyar vaskohászat és a tőkés acélpiac” tárgyában védte meg.

1985 és 1989 között a Gazdaságkutató Intézet munkatársa, 1989-től a Dunaferr Kereskedőház Kft. jogelődje, a Metalimpex-Dunaferr Külkereskedelmi Kft. főmunkatársa, majd 1994-től annak részlegvezetője. Vállalati adatbankot és információrendszerrel dolgozott ki.

Évek óta tagja az MVAE kereskedelmi szakigazgatói tanácsának.

Aktív érdekvédelmi tevékenységet folytat az Eurofer különböző fórumain a piacvédelem kérdésében, különösképpen a magyar melegtércsexport ellen indított dömpingeljárása során.

Igen jó kapcsolatokat épített ki különféle szakmai szervezetekkel, mint a MEPS, CRU, Metal Bulletin, amelyből nemcsak társasága, hanem az egész acélipar profitálhat.

Zombori István 1962-ben az Ózdi Kohászati Üzemek durvahengerművében kezdte pályafutását. 1963-tól a minőségellenőrzési főosztály anyagvizsgálója. 1972-ben a NME Kohó- és Fémipari Főiskolai Karán Dunaújvárosban metallurgus üzemmérnökként végzett. 1981-ig minőségellenőrzési csoportvezetőként a mechanikai, technológiai anyagvizsgálat, minőség-ellenőrzés, minőségvizsgálat területén dolgozott.

1982-ben a Budapesti Műszaki Egyetemen minőségellenőrzési szakmérnök képesítést szerzett, és 1992-ig a finomhengermű, durvahengermű és a Kohó-Acélmű területén minőségellenőrzési osztályvezetőként a mechanikai anyagvizsgálat és a végellenőrzés 200 dolgozóját irányította.

1992-től a Finomhengermű Munkás Kft. minőségbiztosítási vezetője, 1993-tól a TÜV Rheinland minőségügyi szakértője volt. 1995-ben a borsodi kohászati vállalatok közül elsőként szerzett a társaság ISO 9002 minőségtanúsítást, majd 1998-ban a 9001-es és az ISO 9001-2000 következett.

Saját szakterületén sokat tett a kohásban dolgozókért, több szakmai szervezetben végzett igen aktív munkát.

Számos Kiváló Dolgozó, Honvédelmi Érdemérem bronz fokozat és Kiváló Munkáért miniszteri kitüntetés birtokosa.

Az Európai Minőségügyi Szervezet tagja.

Tóth László 1967-ben kezdett dolgozni kohóipari technikusként a Dunai Vasműnél. 1975-ben metallurgus üzemmérnöki, 1996-ban mérnök-közgazdász diplomát szerzett.

Dolgozott technikusként, majd 1977–1981 között műszakos üzemvezető, 1982–1988-ig termelési előkészítő, 1988–1993 között pedig üzemvezető-helyettes a nagyolvasztómű ércelőkészítő darabosító üzemben. 1994–1999 között a nagyolvasztómű gazdasági és kereskedelmi vezetőjeként dolgozott, majd 1999-től a nagyolvasztómű gyárvezetője lett.

Igen széleskörű szervezeti és szakmai ismeretekkel rendelkezik. Részt vett az ércdarabosítás és a nyersvasgyártás

technológiájának kidolgozásában, a gazdaságossági mutatók meghatározásában, a legváltozatosabb alapanyag-ellátás esetén is a leggazdaságosabb kohói elegy számításának kidolgozásában. Kiválóan szervezi a fejlesztési beruházások előkészítését és lebonyolítását.

A Dunaferr Vállalatcsoport működését érintő szakértői feladatokban alapos szakmai tudását hasznosítva működik együtt a teammunkában. Legjelentősebb az Ércbeszerzési Szabályzat kidolgozásában való együttműködés. A Dunaferr Rt. érdekeinek képviselőjét a nemzetközi kapcsolatok során nagy magabiztossággal, magas színvonalon teljesíti.

Az ércszugorítás területén szakértői jogosítványt szerzett. Metallurgiai témakörben több elfogadott és bevezetett újítása van, legjelentősebb a konverter iszap újrahazsnoítása.

Kormos Gábor 1983-ban a NME Kohó- és Fémipari Főiskolai Karán alakítástechnológiai üzemmérnöki képesítést szerzett.

1976-tól a Salgótarjáni Kohászati Üzemeknél különböző beosztásokban dolgo-

zott. Az ott töltött első években különféle beruházások szakmai irányítását végezte. 1984-ben a csögyártás üzemvezetőjévé nevezték ki. Ezt követően a meglévő beosztása mellett az IKEA-val közös fejlesztésű csöbútorgyártást készítették elő, melynek termelési irányítását is ellátta 1990-től. 1993-tól előbb a csögyártás főmérnöke, majd 1994-től a gyáregység vezetője lett. A gyáregység főbb tevékenységi területei: hosszvarratos csövek gyártása; ASCON szállítópálya-rendszer tervezése, gyártása; csöbútorgyártás; RECK-nehézállványrendszer gyártása.

1999-ben a vállalati döntésnek megfelelően előkészítette a csögyár Bátorterenyéből Salgótarjába való áttelepítését, és annak megvalósítása után a gyáregység vezetőjévé nevezték ki.

2002-től, a Salgótarjáni Acélárugyár Rt. privatizációját követően az új tulajdonos először a vertikum termelési vezetőjévé, majd később termelési vezérigazgató-helyettesévé nevezte ki. Munkáját jelenleg is e beosztásban kiválóan végzi.

FÓKUSZBAN AZ ACÉLPIACI MOZGÁSOK

Meddig emelkednek az árak?

Az acélpiacon az árak mozgása az elmúlt fél évben még a szakembereket is meglepte. A folyamatos jelentős emelkedés és az ezt kiváltó áruhiány okai Keleten keresendők, hatásai viszont a hazai gyártóknál, felhasználóknál és kereskedőknél is nagymértékben jelentkeznek. A folyamat sokaknak káros, és keveseket érint kizárólag pozitívan. A kiváltó okról, az egyes területekre gyakorolt hatásokról, a kilátásokról több interjúalanyunkat kérdeztük meg, elsőként **Suri Józsefet**, a Dunaferr Rt. kereskedelmi vezérigazgató-helyettesét.

• A piacon olyan változások történtek nagyon-nagyon rövid idő alatt, amire nem igazán volt példa a múltban. Sok szakemberrel beszélgettem, és hasonló mozgást eddig nem tapasztaltak az acélpiacon. És nemcsak a mozgás gyorsasága, mértéke volt meglepő, hanem az is, hogy a nagyon nagy mértékű változások hosszabb távon követik egymást, hónap-



■ Suri József

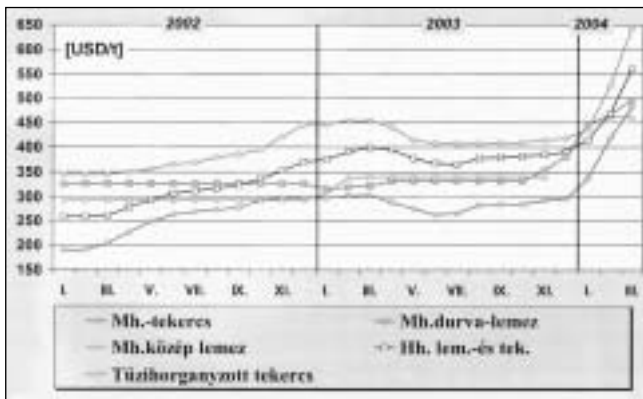
rül hónapra megismétlik önmagukat. Nagyon kiszámíthatatlan a piac. Emiatt a felhasználóink sem tudják eldönteni, hogyha elszenvednek egy nagyléptékű áremelést, akkor az azt jelenti-e, hogy

erre az árszintre kell berendezkedniük, vagy a következő hónapban esetleg még tovább fog emelkedni az ár.

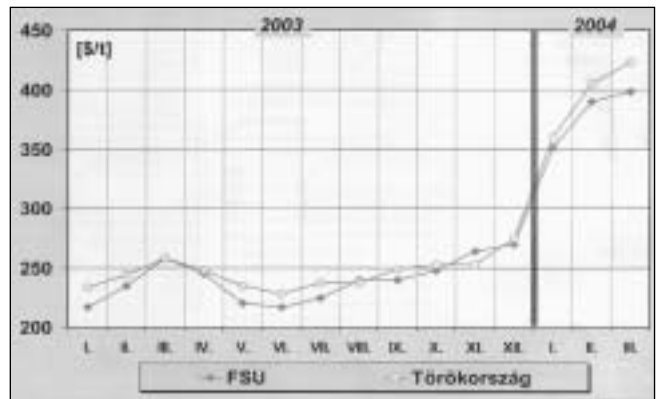
• *Lehet-e mégis előrejelzést adni a számukra?*

• Nagyon nehéz előrejelzést adni, pedig mindenki szeretné előre kiszámítani a piacot. Ugyanezt szenvedjük mi el az alapanyagok tekintetében is. Amikor egy nagy áremelést hajtanak végre az alapanyag-gyártók, és ezt próbáljuk kompenzálni a mi áremeléseinkkel, berendezkedve egy ilyen szituációra, akkor nagyon rövid időn belül, akár a megkötött szerződések felbontása miatt is új árkakkal vagyunk kénytelenek szembenézni.

Ha a mi felhasználóink azt mondják, hogy kiszolgáltatott helyzetben vannak, mert az acélszállító diktálja az árakat, akkor azt lehet mondani, hogy maga az acélgyártó még kiszolgáltatottabb. Míg acélgyártó elég sok van a piacon, addig az alapanyag-szállítók egy viszonylag szűkebb kört alkotnak. Tehát, ha velük nem tud megállapodni az acélgyártó, ak-



■ **1. ÁBRA.** Lemeztermékek Metal Bulletinben közölt nyugat-európai jegyzésairai. Forrás: MVAE



■ **2. ÁBRA.** Fob kikötői buga árak a Metal Bulletin adatai alapján. Forrás: MVAE

kor teljes mértékben alapanyag nélkül marad. És ennek a helyzetnek a következményeit tapasztaljuk is a környezetünkben. Többen kényszerültek arra, hogy akár koks-, akár érchiány miatt termelést fogjanak vissza, vagy termelési kapacitást szüneteltessenek. Azt az áremelkedést, amit mi a piacon próbálunk érvényesíteni, azt annak érdekében tesszük, hogy egyáltalán a termelést biztonsággal fenn tudjuk tartani. Tehát, ha a piac nem fogadja el ezeket az áremelési szándékokat, akkor a gyártó termelés-képtelen helyzetbe kerül. És akkor nem az a kérdés, hogy mekkora az ár, hanem az, hogy működik-e a cég, vagy sem. A szállítási pozícióinkat kell teljes mértékben feladni akkor, ha nem tudjuk végrehajtani az áremelést. Ennek a fényében érdemes mérlegelnie a vásárlóknak azt, hogy ezeket az árakat elfogadják-e vagy sem.

- Az előbb említettek is erősítik a piacra tapasztalható áruhiányt?

- Természetesen, az egész mozgást az indukálja, hogy nagyon nagy mértékben megnőtt az acélfelhasználás. Ehhez sokkal több alapanyagra volt szükség. Ennek nem csak Kína az oka. Kínában valóban rendkívül megnőtt az acélfelhasználás és az alapanyag-igény is a korábbi évekhez képest. India is kezd jelentős mértékű bővülést mutatni. Ugyanakkor a Közép-Kelet acélfelhasználása is nagymértékben nőtt. Az Egyesült Államokban a növekedés a korábbi évekhez képest ugyancsak felgyorsult, négy, négy és félszázalék körüli. Ott is meglehetősen nagy az igény. Európában még ez a felhasználás-növekedés nem látszik, azonban azok az árak, amelyek korábban ellepték az európai piacokat, ma sokkal kisebb mérték-

ben jelennek meg. A nagy Európába beszállító orosz, ukrán vagy akár indiai források máshol megtalálják a termékeiknek a helyét. És ezért az európai piacon is hiány lép fel annak ellenére, hogy itt az ipari növekedés nem olyan mérvű, mint az előbb említett régiókban.

Két oldalról is nagy a hiány. Egyrészt az acélhiány, másrészt az acélgyártók versengenek az alapanyagokért, azért, hogy egyáltalán a termelésüket fenn tudják tartani. És ennek megfelelően természetesen irdatlan magasságba szöknek az alapanyagárak. Lengyelországban már 320 euró/tonna a koks ár. Ha ehhez hozzáteszem, hogy tavaly az év vége felé 270 euró/tonna körül volt a melegekeres ár, akkor látszik, hogy ma az alapanyag drágább, mint korábban a késztermék volt. Az érceknek az ára is a tavalyihoz képest már a duplájánál tart.

És nem állt meg a nyomás az alapanyag-szállítók oldaláról. Még ilyen magas árszinten sem biztosított, hogy az alapanyag rendelkezésre áll, hanem továbbra is versenyfutás folyik az alapanyagokért. És ezt a szállítók kihasználva, még tovább srófolják az árakat.

- Mégis, meddig emelkedhetnek az árak?

- Több tényező hat az árakra. Azok, amelyek acélhiányos piacot idéztek elő, úgy tűnik, hogy nem csak egy átmeneti időszakra jelentkeztek, hanem hosszabb időn keresztül is fennállnak. Ezért ma mindenki azt mondja a piacon, hogy az év hátralévő részében további acélár-emelkedésre kell számítani. A nagy európai acélgyártók, köztük az Arcelor vagy a Corus százalékosan kétszámjegyű áremelkedést jelzett július elsejétől. Ami egy ilyen magas árszínvonalnál már szinte

megdöbbentő magasságokba viszi az acél árát. Ugyanakkor, ahogy tavaly is láttuk, egy-egy apró tényező is elmozdíthatja az acélárakat az ellenkező irányba. Tavaly májusban a kínai vásárlások időleges szünetelése az acélárakat drasztikusan levitte, és csak szép lassan kapaszkodtak onnan felfelé. Ma is lehet olyan tényező, amely a korábban vázolt prognózist, a növekvő acélárakat meg tudja akasztani. És erre is vannak tippek, erről is hallunk híreket. Ha Kína valamilyen ok miatt visszafogja acélfelhasználását, akkor azok a hatalmas készáru mennyiségek, amelyek abba az irányba áramoltak, elindulnak visszafelé. Az acélárakra ez drasztikus hatást tudna gyakorolni.

A kínai gazdaság teljes mértékben piacgazdaság, adminisztratív intézkedések is befolyásolják a felhasználást. És már volt egy-két olyan hír, hogy Kína ezt a nagyon fölfűtött gazdaságot szeretné lehűteni, mert ez számtalan kockázatot rejt magában. A hírek hatására az alapanyagok piacán már kialakult némi bizonytalanság. Ennek lehet olyan hatása, hogy az alapanyagok ára nem növekedik tovább, hanem esetleg csökken. Ma még erre túl korai bármit mondani.

Tulajdonképpen ma már tőzsdei mozgásokat ír le az acélpiac. Amire korábban azt mondtuk, hogy az acélpiac periodikus, a mozgások több évesek voltak, az utóbbi időben a ciklusok akár egy éven belül többször is jelentkezhetnek, nagyon kíméletlen amplitúdóval. Az igazán kedvezőtlen lenne számunkra, ha az acélárak torpannának meg, elindulnának lefelé, és az alapanyagárak nem esnének vissza. Sokszor hallok: milyen jó dolga van az acélgyártóknak ilyen acélárak

mellett, nagy nyereséggel tudnak dolgozni.

Azok az acélgyártók tudnak ebből a helyzetből igazán nagy hasznot húzni, amelyek nem szorulnak be az alapanyagszállítók és a feldolgozók közé. Ismerünk olyan acélgyártókat, amelyek szénbányákkal, alapanyagforrásokkal rendelkeznek. És azt feldolgozzák még magasabb feldolgozottsági szintig is, mint a Dunaferr. Ezeknek a cégeknek most jelentős a profitjuk. A Dunaferr viszont a bevételi oldalon ugyan nagyobb számokat realizál, ugyanakkor a kiadási oldalon elszenvedti az alapanyag árak emelkedését. A magas ár nem párosul hasonlóan nagy nyereséggel.

• *Hogyan fogadják a vevők az áremelkedéseket?*

• Ma azt lehet látni, hogy késztermékek tekintetében az acélárak szárnyalása még nem mutatkozik. Túl sok készterméket a Dunaferr nem gyárt, a mi késztermékünk elsősorban a radiátor, amely a legmagasabb feldolgozottságú termékünk. A radiátorárak nem változtak, vagy csak kis mértékben, és ugyanez igaz az acélt tartalmazó más elektronikai vagy gépipari termékekre, járművekre. A feldolgozó cégek – közülük a mi ügyfélkörünkben is sok van -- beszorulnak ebbe az áremelkedési boomba, vagy kiesnek a termelésből, vagy az erősebb és nagyobb tartalékokkal rendelkező cégek megpró-

bálják átvészelné ezt az időszakot. A tartalékaikat élék föl. Ennek is lehet egyfajta hatása, ha kiesik néhány felhasználó, az azt jelenti, hogy szűkül a piac, csökken az acélfelhasználás.

Ha ez jelentős méreteket ölt, hatása lehet az acélárakra. A Dunaferr ebben az egész folyamatban nem a mozgások irányítója, diktálója, hanem követi az ármovásokat.

Az a méret, amelyet a Dunaferr az acélpiacon képvisel, erre a követő magatartásra predesztinálja. Tehát a belföldi felhasználóinknak is azt az árat kínáljuk, amit a külföldön el tudunk érni.

☞ *Forrás: Acélpiac. 2004. II. negyedév*

■ KÖNYVISMERTETÉS

Két könyv a modern művészi kovácsolásról

Az ókori iratok szerzői legtöbbször az erő jelképeként idézik a vasat, s aligha tagadható, hogy azt ma is az erő társaként emlegetjük. A múlt években azonban két könyv is felhívta a figyelmet arra, hogy a vasat nem csak az erő, hanem a szépség testvéreként is tisztelhetjük. A két könyv ugyanis a szép vas és a kovácművészet területére viszi el az olvasót.

Seregi György – ifj. Seregi György: Iparművészet 1100 fokon. Kovácsolás a mai Magyarországon

A két Seregi (apa és fia) könyvalbuma, amelyet a TERC Kft. 2002 kiadó jelentetett meg igényesen, szép kivitelben, két részben. Első része a művészi kovácsolás mesterségét és annak tudományos háttérét ismerteti. Betekintést enged a vas történetébe, fémfizikájába, anyagvizsgálatába és korrózió elleni védelmébe. Foglalkozik a kovácsolás technológiájával, a kovácsolható ötvözetekkel, a szerkezetek statikai követelményeivel és szerkesztésével.

Az ismertetés széles anyag áttekintésére vállalkozott, természetesen számolva azzal, hogy ekkora terület átfogása nagy sűrítést igényel. Egyet kell értenünk azzal a megjegyzésével, amit a technológia ismertetése során bocsát előre, hogy a területről csak ízelítőt ad-



■ Modern kovácsolt nemesacél műtárgy: Millenniumi életfa, Nagymaros. Seregi György alkotása, 2001.

hat. Szövegét azonban bőségesen fűszerezi képekkel, ábrákkal, igazolva ismertetésének hitelességét. Még a szépirodalmat is segítségül hívja.

A második rész az építészethez kapcsolódó kovácsoltvas-művéség történeti áttekintéssel kezdődik, s a legszembeütőbb megjelenési formák, a kapuszerkezetek fejlődésén vezet végig az olvasót egészen máig.

A kor stílusjegyei legtisztábban a kapukon tanulmányozhatók. A bemutatott művek megbízhatóan igazolják, hogy a mai magyar kovácművészek elvetették a történeti stílusok szolgái másolását, vagy ezek stíuselemeinek eklektikus vegyítését, és keresik a mai ember szemléletvilágába illő megoldásokat. Ennek alapvető jellemzője az egyszerű konstruktív elemek alkalmazása, a szerkezet ráaggatott sallangoktól mentes bemutatása. Ma elfogadott művész az, aki képes egyszerű mértani elemekből szuggesztív tárgyakat alkotni. Egyre több és egyre szebb ilyen alkotással találkozunk; ezt igazolják azok a munkák, amelyek az album képein megjelennek, többségükben Seregi György alkotásaié.

A két Seregi könyve elsősorban díszalbum, célja nyilvánvalóan a tudatosított gyönyörködtetés; méltán keltheti fel ezért a szakmabeliekén kívül, a nagyközönség figyelmét is.

Válogatottan szép fotókkal illusztrálja

a kovácsolt korlátok, rácsok, kandeláberek, konzolok, díszkutat, síremlékrácsok és cégek, valamint belső berendezési tárgyak és képzőművészeti alkotások sorát, bizonyítva ezzel ennek az iparművészeti tevékenységnek sokoldalúságát, szépségét s a mai művészeti életünkben betöltött létjogosultságát.

**Vadas József –
Lehoczky János:
A vas metamorfózisa**

Miközben a két Seregi könyve történelmi közelítésen át jut el a ma kovácsművészetéhez, a Vadas-Lehoczky páros egy művészi pályafutáson és életmű bemutatásán keresztül érkezik el a mához. Vadas vállalja a narrátor szerepet, Lehoczky adja hozzá a tárlatot. Ezáltal együttesen jelenik meg a szövegben és képekben, kibontakozásában és fejlődésében a mai kovácsművészet.

A könyv előrebocsátja, hogy Lehoczky János a jelenkori magyar, sőt a kortárs európai kovácsművéség egyik legjelentősebb képviselője, s ezt a megállapítását a képanyaggal, majd a művész kiállításainak és kitüntetések ismertetésével bizonyítani is tudja. Az életrajzból nyílegyenes pályát tárul elénk. Lehoczky sorban: Bieber Károly inasa, a szentendrei múzeum restaurátora, az Iparművészeti Alap foglalkoztatottja, majd elhivatott kovácsművész. 1965-től már önálló kovácsművész vállalkozóként tevékenykedik, miközben újabb és újabb munkával szerze magának elismerést. A nyolcvanas-ki-



■ Modernség és elegancia: A győri püspöki kincstár és könyvtár belső kapuja. Lehoczky János alkotása, 1992.

lencvenes években a kitüntetések sem maradnak el. Miután többször szerez nívódíjat, 1995-ben Ferenczy Noémi-díjjal, 1997-ben Magyar Művészetért-díjjal tüntetik ki és ugyanazon évben adják át neki Szentendre város Pro Urbe-díját. Művészi pályáján úgy halad végig, hogy annak minden lépcsőfokán bizonyít. Pályafutása fényesen igazolja, hogy a tehetség képes túllépni a politikán, és a művészi elhivatottság nem ismer gátakat.

Műveiben a modernség és elegancia ad találkát egymásnak.

A nyolcvanas évtized elejére esik a mester legnagyobb művének, a Dunai Vasmű kapuegyüttesének megformálása. 1979-ben ugyanis Avignon után Dunaújvárosban is rendez tárlatot, ekkor fedezik őt fel a Vasmű vezetői, és bízzák meg a díszkapu elkészítésével. A kompozíció méreteire jellemző, hogy a három, 4x4 méter méretű kapu tizenkétezer egységből áll, és három évig készült. A kapun keresztül Lehoczky nem csak mestersége által, hanem alkotásával is szorosra fűzte kapcsolatát a vaskohászattal.

A könyv lapjain a művész alkotásai sorakoznak fel képekben, miközben a bemutató szöveg kibontakoztatja egy-egy mű készítésének folyamatát. Ezáltal a szellemi háttér is formát ölt, és a 20. század második felének művészi élete is megelevenedik. Lehoczky művészetével felső fokon vannak összhangban a bemutatott képek, Bujnovszky Tamás felvételei. A „Szentendre Művészetéért Alapítvány” kiadásában magyar és angol nyelven megje-

lentetett és gondosan szerkesztett képes album az olvasóban ünnepi hangulatot ébreszt, ezért forgatása mindenkinek ajánlható, aki a szépség iránt némi vonzalmat érez.

👉 **Lengyelne Kiss Katalin**

■ Mindkét könyv megvásárolható az Öntödei Múzeumban (Budapest, II., Bem J. u. 20. Telefon/fax: 06 1 201-4370).