

GULYÁS JÓZSEF – HORVÁTH ÁKOS – LŐRINCZI JÓZSEF – SEBŐ SÁNDOR – SZÉLIG ÁRPÁD – VERŐ BALÁZS

Finomszemcsés nagy szilárdságú acélok termék-választékának bővítése a Dunafer Rt.-ben

A 700 MPA FOLYÁSHATÁRÚ ACÉLMINŐSÉG KIFEJLESZTÉSE

Az anyagtakarékossági szempontok megkövetelik az egyre nagyobb folyási határú, finomszemcsés acélok gyártását és alkalmazását. A Dunafer Rt. termék-választékából hiányzott a 700 MPa folyáshatárú acélminőség. A dolgozat e lemeztérkép sikeres fejlesztési folyamatát és a DE 700 bórral és nióbiummal mikroötvözött acélminőség tulajdonságait ismerteti.

1. Bevezetés

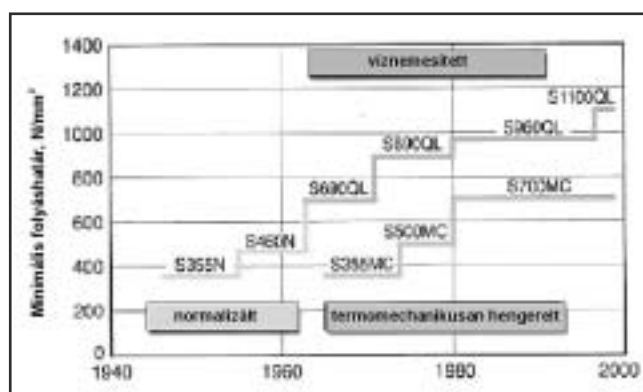
Az acélszerkezetek tömegcsökkentésének igénye, korszerű tervezési módszerekkel párosulva, a feldolgozóipart az egyre nagyobb szilárdságú finomszemcsés szerkezeti acélok alkalmazására készíti, és ösztönzi a gyártókat az egyre nagyobb folyáshatár elérésére. A korszerű EN szabványok megalkotásáig ezeket a nagy folyáshatárú acélokat a német SEW ágazati szabványokon kívül csak vállalati szabványok tartalmazták. Ugyancsak az EN szabványok tettek rendet a szállítási állapot és a feldolgozási követelmények kapcsolatrendszerében is. Az 1986-os Thyssen-katalógus szerint [1] termomechanikus hengerlés-

Szélíg Árpád okl. kohómérnök a Dunafer Rt. főmetallurgusa szakmai életrajza a BKL Kohászat 2000/1. számában található.
Sebő Sándor okl. kohómérnök 1977-ben a NME Kohómérnöki Kar alakítástechnológus szakán végzett. A meleghengerműben technológiai csoportvezetőként, majd osztályvezetőként dolgozott, jelenleg a Dunafer főtechnológusa. Kiemelkedően foglalkozik a meleghengelés és a szalaghűtés fémtani folyamatainak modellezésével.
Lőrinczi József szakmai életrajza a BKL Kohászat 2001/2. számában található.

Dr. Horváth Ákos okl. kohómérnök a Dunafer Dunai Vasmű főmérnöke munkásságát a BKL Kohászat 2000/9-10. szám tartalmazza.

Dr. Gulyás József 1954-ben végzett okl. kohómérnök, jelenleg a ME Anyag- és Kohómérnöki Karának professzora. Kiemelkedő elméleti munkásságot a hengerlés és annak mérés technikájának területén végez.

Dr. Verő Balázs okl. kohómérnök, a műszaki tudományok doktora, a Bayati tud. igazgatóhelyettese.



1. ábra. Normalizált és termomechanikusan hengerelt állapotú, nagy szilárdságú szerkezeti acélok kifejlesztése

sel gyártották a PAS 700 minőséget, a XABO 960 minőséget már edzőpréssel (víznemesítéssel) gyártották. A minőségjelekben a számok a minimális folyáshatárt jelentik. Ma már 1100 MPa folyáshatárú acélokat is alkalmaznak szerkezetekben, elsősorban a járműiparban. A vállalati szabványok mellett megjelentek a nagy szilárdságú acélokat tartalmazó EN szabványok is (EN 10149-2 szerinti S 700 MC vagy az EN 10137-3 szerinti S 690 AL és az EN 10137-2 szerinti S 960 QL minőségek). Publikációkban találkozhatunk a XABO 1100 és az S1100 QL minőségekkel is [2]. A termomechanikusan és normalizáltan hengerelt nagy szilárdságú acél-

1. táblázat

Szabvány	Minőségjel	Min.folyáshatár (MPa)
Hajólemez	EH 36 N	360
	EH 36 TM	360
EN 10025	S 355 K2G3	355
EN 10155	S 355 J2G3W	355
DASZ 210*	D-COR-TEN 510	355
EN 10113	S 460 ML	355
	S 460 NL	355
EN 10028	P 355 GH	355
	P 460 NL2	460
	P 460 ML2	460
DIN 17155	19 Mn 6	360
EN 10120	P 355 NB	355
NFA 36-205	A 52	360
EN 10208	L 485 MB	485
API SPEC 5L	X 70	485
DIN 17172	StE 480.7	480.7
SEW 092	QStE 550 TM	550
	QStE 460 N	460
DVSZ 197 *	DE 550	550
EN 10149	S 550 MC	550
	S 420 NC	420
EN 10137	S 550 AL	550

Alkotók (%)	WELDOX 700	S 700 ML (EN 10137-3)	S 700 MC (EN 10149-2)	SOLFORM 800	Ismeretlen eredetű minta
C	0,15	0,12	0,07	0,04	0,07
Mn	1,00	0,60	1,45	1,80	1,77
Si	0,29	0,22	0,23	0,25	0,44
Cr	0,36	-	-	-	-
Al	0,039	0,015	0,025	0,034	0,039
Nb	0,02	0,09	0,055	0,055	0,069
Ti	0,013	0,22	0,125	0,030	0,111
V	0,051	0,20	-	-	-
Mo	-	0,50	0,10	van	van
B	0,0012	0,005	0,002	van	0,0024

minőségek kifejlesztésének időrendi sorrendjét szemlélteti az 1. ábra.

A Dunai Vasműben gyártott finomszemcsés nagy szilárdságú acélok csúcsmínőségei az egyes nemzeti és EN szabványok szerint, az 1. táblázatban található.

A Dunai Vasműben elsősorban a spriláncgyártás követelménye, a nehézgépjárművek, autó- és hajódaruk gyártása már a 70-es években szükségessé tette a finomszemcsés acélok tulajdonságainak és gyárthatóságuknak tanulmányozását, gyárthatóságuk elméletileg is megalapozottá vált. A nemzeti szabványok a korszerű acélok szabványosításával nem tudták ezt a fejlődési folyamatot követni. Vállalatunknál ezt a hiányt a DVSZ 197-87 jelű szabvány pótolta, melyben a korábbi két évtizedes gyártási tapasztalatot foglalták össze. A szabvány két új – 500 és 550 MPa folyáshatárú – minőséget is tartalmazott. Ezeket az acélokat a tudatos anyagtervezés elvének a felhasználásával, a bórral mikroötvözött kopásálló acélok kifejlesztésével párhuzamosan ugyancsak titánnal és bórral való mikroötvözéssel fejlesztették ki.

A gyártási tapasztalatok sokasodásával sikerült csak nióbbiummal és vanádiummal végzett mikroötvözéssel és termomechanikus hengerléssel az 550 MPa-os folyáshatárt elérni. A kopásálló acélok gyártási tapasztalata alapján kifejlesztettünk és szabványosítottunk egy DVE 700 jelű víznemesítéses acélminőséget, a nemesítés a felhasználó feladata volt. Akkor sem a gyártó sem a feldolgozóipar nem volt igazán felkészülve ennek a minőségnek az alkalmazására, a DVSZ 205 szabvány visszavonásra került, és így az ilyen folyáshatárú acél hiányzott a Dunaferr Rt. termékvalasztékából. Itt kell megjegyezni, hogy a hazai tervezői gyakorlat szerint a szerkezeteket azóta is legfeljebb az S355J2G3 acélminőségből építik, finomszemcsés nagy szilárdságú, korszerű acélminőségeket nem alkalmaznak [3].

A minimálisan 700 MPa folyáshatárú acélminőség kifejlesztését csak a néhány éve telepített új csévlőberendezés tette lehetővé, de így is figyelembe kellett venni a tekerlefejtő darabolósori erőkorlátot.

2. A DE 700 minőség kémiai összetételének a meghatározása

A minimálisan 700 MPa folyáshatárú szerkezeti acélokat elsősorban a vállalati szabványokban, katalógusokban találhatjuk meg. Ilyenek a DOMEK 700 MC, WELDOX 700 E, RAEX 700 HSF, PAS 700, HSM 700, KODUR E 700 TS, SOLFORM 800. Nemzeti szabványokban is megtalálhatók, pl. az QStE 690 TM és a STAS C 690 ismert német és román acélok. Az egységes EU szabvány-

	C%	Mn%	Si%	Al%	Ti%	Mo%	Nb%	B%
A	0,03	1,29	0,32	0,016	0,006	0,41	0,003	0,0031
B	0,06	1,35	0,31	0,017	0,008	0,42	0,081	0,0041

rendszer is figyelembe vette S 700 MC (EN 10149-2) és az S 700 ML (EN 10137-3) minőségek formájában. A felhasználók a 2. táblázatban megadott minőségű próbákat bocsátották rendelkezésünkre.

A bórral való mikroötvözés metallurgiája már a 80-as évektől ismert és mindennapi gyakorlattá vált, mert a kopásálló triplex lemezek gyártását a DASZ 200 vállalati szabvány szerinti acélok váltották fel. HSLA acélként a bórral való mikroötvözést a DE 700 (QStE 690) gyártásához először alkalmaztuk. Az oldott bór hatására a ferritképződés időben eltolódik, azaz a C-görbét jobbra tolja. A bórral való ötvözéssel nyert bénites acél szilárdsága lényegesen nagyobb, mint a bört nem tartalmazó ferrit-perlites acélké, mert nem poligonális ferrit, hanem nagy diszlokációsűrűségű bénit keletkezik. A termomechanikus kezeléssel eredményesen befolyásolhatók a szilárdságnövelő elemek, a diszlokációsűrűség növelése, a szemcsefinomítás és a nitridek és a karbidok kiválása. A kis karbontartalom ellenére a molibdénnel és bórral való ötvözéssel érik el, hogy a szövet bénites legyen [4].

A kísérletre javasolt kémiai összetétel a 4,00–10,00 mm mérettartományban: C% = 0,05–0,08; Mn% = 1,30–1,60; Si% = 0,20–0,50; Al% = 0,02–0,06; Nb% = 0,04–0,06; Ti% = 0,03–0,07; Mo% = 0,20–0,40; B% = 0,001–0,005; P% < 0,025; S% < 0,010.

A kémiai összetételből számolva a javasolt acélminőség átalakulásainak jellemző hőmérsékletei:

T_{nr} (°C) : 1001–1158;

A_{r3} (°C) : 793–762;

A_{c3} (°C) : 881–878.

3. Modellkísérlet, az üzemi kísérleti gyártás előkészítése

A termék kifejlesztésében, a kísérleti program megvalósításában a Dunaferr Rt. szakemberein kívül részt vett a Miskolci Egyetem Mechatronikai és Anyagtudományi Kooperációs Kutatási Központjával kötött folyamatos szerződés keretében dr. Gulyás József egyetemi tanár, valamint dr. Verő Balázs, a Bayati igazgatóhelyettese is.

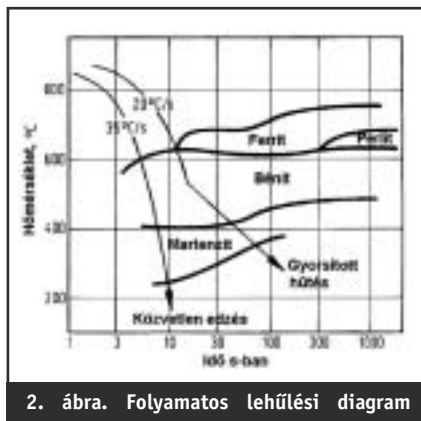
A Bayatiban kis indukciós kemencében két kísérleti adagot gyártottak le. A tuskókból 700×50×13 mm méretű csíkokat kovácsoltak. Az adagok kémiai összetételét a 3. táblázat tartalmazza. A két adag a Nb-tartalomban különbözik. A modellkísérlet célja kettős: egyrészt tisztázni a Mo-B, Mo-Nb-B együttes hatását, másrészt ismereteket szerezni ezek szilárdságnövelő hatásáról.

Mindkét adagból végeztünk szakítóvizsgálatot közvetlenül a kovácsolt és a 920 °C-on normalizált darabból (4. táblázat). A Nb újrakristályosodási határhőmérsékletet növelő hatása kb. 200 MPa-lal növeli a kovácsolt darab folyáshatárát, a gyártásnál természetesen hőmérséklet-szabályozásról nem beszélhetünk. Az „A” adagnál a Mo-B irodalomból ismert szilárdságnövelő hatása nem érvényesült, valószínűleg a bór vegyületként lekötődött.

Ez esetben a szabad és a kötött börtartalom tisztázása nem



szerepelt a prog-
ramban. A több ni-
óbiummal való
mikroötvözés ha-
tására elért 440
MPa folyáshatár
már biztató, sza-
bályozott hőmér-
séglet-vezetésű
hengerléssel és
gyors hűtéssel a
mátrixban bénites
szövetet tudunk
létrehozni, amely
további 250-300 MPa folyáshatár-növekedést jelent. A jellemző átalakulási diagramokat a 2. ábra szemlélteti. A modellkísérlet eredménye megnyugtató volt, mert biztatóvá tette a valószínű technológiai kísérlet sikerességét, melyet csak teljes konverteradaggal végezhetünk. Számunkra tanulság, hogy van értelme a modellkísérletnek még akkor is, ha az a modellezés szabályai szerint pontosan nem játszható le, de a valós folyamat egyes műveleteire következtetéseket lehet levonni. Célszerű lenne a Dunaújvárosi Főiskolán feléleszteni és továbbfejleszteni azokat a lehetőségeket, melyekkel az acélgyártást, meleghengerlést, hideghengerlést és az interkritikus lágyítást modellezni lehet.



2. ábra. Folyamatos lehülési diagram

4. Kísérleti gyártás LD-konverterben

Egy adagot gyártottunk a 9/2002. gyártmányfejlesztő program szerint. Minősége DE 700, minőségkódja 685001, vertikális gyártási utasítás száma 648. A legyártott adag adagszáma 689800, tömege 130,9 t.

A kémiai összetétele az alábbi:

C% = 0,058; Mn% = 1,37; Si% = 0,282; S% = 0,008; P% = 0,011; Cu% = 0,030; Cr% = 0,048; Ni% = 0,026; Mo% = 0,278; Al% = 0,045; Ti% = 0,055; V% = 0,003; Nb% = 0,051; Ca% = 0,029; B% = 0,004; N% = 0,0097; O% = 0,003.

A számított átalakulási hőmérsékletek:

$T_{nr} = 1063 \text{ °C}$

$A_{r3} = 785 \text{ °C}$

$A_{c3} = 881 \text{ °C}$

Az öntött brammák 1045x230x4200 mm méretűek voltak.

5. A hengerlés előkészítése

A brammákat 4,0 és 10,0 mm vastagságúra kívántuk hengerelni, a kísérleti program utolsó brammáit 6,0 és 8,0 mm vastagságúra. A szűrastervek előkészítését az ME Fémtechnológiai Tanszék közreműködésével végeztük. Miután Nb-Mo-Ti-B mikroötvözésű acélból hengerlési tapasztalattal nem rendelkezünk, a szűrasterv készítéséhez és a k_f értékek meghatározásához kiindulópontként a tanszéken vizsgált QStE 380 TM acélminőséget választottuk.

Az új acélban a Si, Mn, Mo hatására a ferrit szilárdsága a megnövekszik, a mikroötvözők az ausztenit újrakristályosodási hőmérsékletét növelik, ezért az ausztenitzemcsék elnyújtott állapotban maradványok az átalakulási hőmérséklet tartományába. Az elnyújtott ausztenit kristallitokból igen finom szemcsés ferrit képződik, továbbá a diszperz karbidrészesek-

4. táblázat

	A		A	
	K	N	K	N
$R_{p0,2}$ (MPa)	235	219	440	261
R_m (MPa)	441	440	642	521
A_5 (%)	32,6	34,2	23,2	31,0
Z (%)	73,9	74,3	67,7	68,5

K – kovácsolt, N – normalizált próba

mikroötvözött acélok hengerlésekor alkalmazott technológia lényegesen eltér a lágycélok és az ötvözetlen szerkezeti acélok hengerlési technológiájától. Oka az anyag alakítási szilárdságának eltérő volta.

A lágycélok alakítási szilárdságát az egyszerűsített McTegart-Sellars-modell írja le, amelyet a ME Fémtechnológiai Tanszéke módosított:

$$k_f = k_{f0} + A\phi e^{\frac{\phi}{\phi_{max}}} \text{ [MPa]}, \quad (1)$$

ahol

k_{f0} a kezdeti alakítási szilárdság, [MPa],

A a melegkeményedési tényező (a hőmérséklet és f függvénye), [MPa],

ϕ az aktuális alakváltozás,

ϕ_{max} az adott anyagminőségre jellemző alakváltozási akkor, ha a k_f -nek maximuma van, és a dinamikus újrakristályosodás kb. 30%-a már végbement.

Az ME Fémtechnológiai Tanszéke a Nb-mal mikroötvözött acél alakítási szilárdsági görbéi alapján javasolt egy összefüggést az alakítási szilárdság meghatározására:

$$k_f = k_{f0} + A\phi^{0,3765} \text{ [MPa]}, \quad (2)$$

ahol

$$k_{f0} = 0,98544 \dot{\phi}^{0,00612} \left[2,2125 \left[\frac{T}{100} \right]^3 - 56,844 \left[\frac{T}{100} \right]^2 + 479,32 \frac{T}{100} - 1162,7 \right]$$

T a hőmérséklet [°C],

A = $1565,66 \dot{\phi}^{0,17945} e^{-0,00283T}$,

$\dot{\phi}$ az alakváltozási sebesség [1/s]

A hengerlési erőt a k_{fk} értékkel számoljuk, ezért az alakítási szilárdság képletének az integrál-középtértékét használjuk:

$$k_{fk} = k_{f0} + \frac{A}{1,3765} \phi^{0,3765} \text{ [MPa]}. \quad (3)$$

A különböző alakváltozási sebességen felvett k_{fk} görbék szemlélteti a 3. ábra.

A szűrastervek tervezése során az alakváltozási sebességekre 6,8–32,2 s^{-1} értékeket kaptunk.

Termomechanikus hengerléskor a lágycélok és a normalizáló hengerléssel gyártott anyagokkal ellentétben a diffúziós folyamat lelassul és az újrakristályosodás már nem megy teljesen végbe a hengerrésben és az állványok közötti áthaladási időben.

A mikroötvözött anyagoknál az anyag az előző állványban szerzett keményedés egy részét magával viszi, különösen az utolsó két állványnál jelentős a keményedés.

A kilágyulás hányada:

$$x = 0,9 - e^{-\left[e^{\frac{8631}{T}} \right]} \cdot 282 t_{szk}^{0,13} + 0,02 \ln \dot{\varphi} + 98,5 \cdot (\varphi_{i-1} - 0,086) \cdot e^{-\frac{5436}{T}} \quad (4)$$

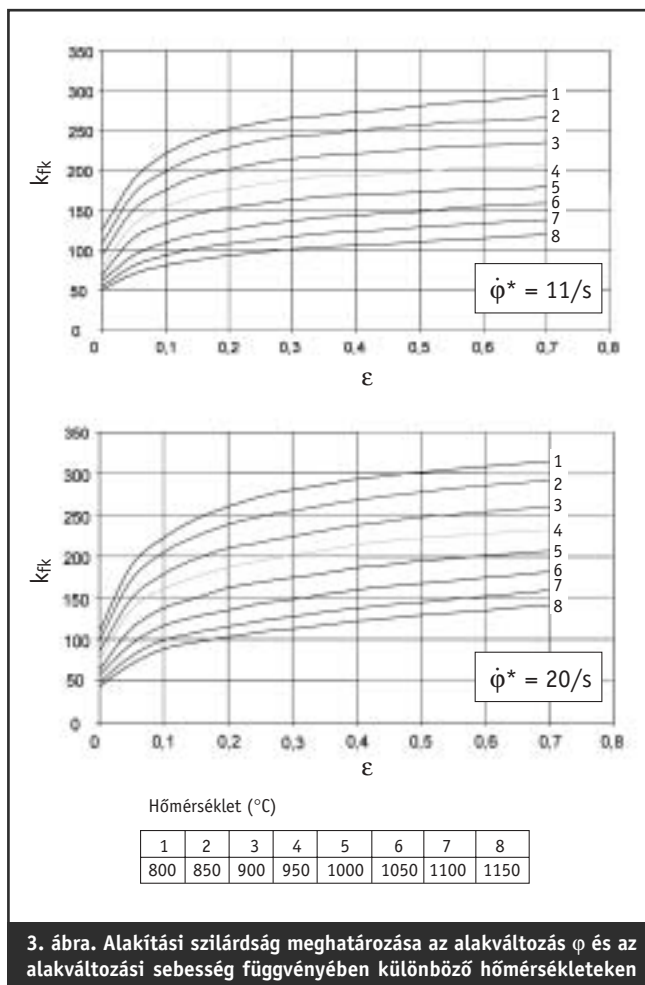
ahol

T a szalaghőmérséklet az i -ik szűrés után [°C],
 t_{szk} a szűrásköz ideje [s],
 $\dot{\varphi}_i$ az alakváltozási sebesség az i -ik szűrésben [1/s],
 φ_{i-1} az i -ik szűrést megelőző szűrés alakváltozása,
 $\varphi_{i-1} = \ln \frac{h_{i-2}}{h_{i-1}}$.

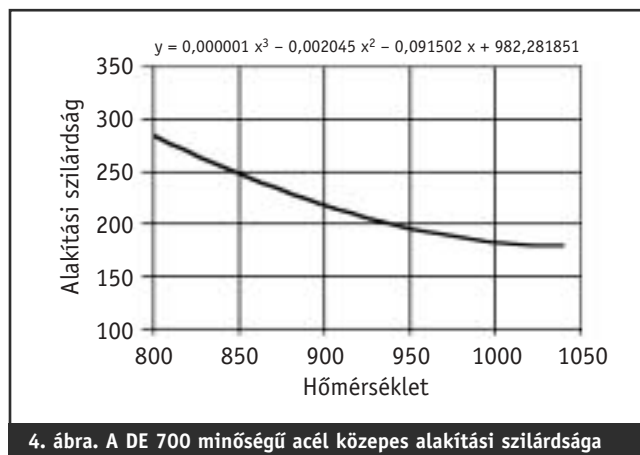
A szűrástervnél az utolsó előtti szűrésre 0,43, az előzőekre 0,95–0,98 kilágyulást kaptunk.

6. Hengerlési kísérletek

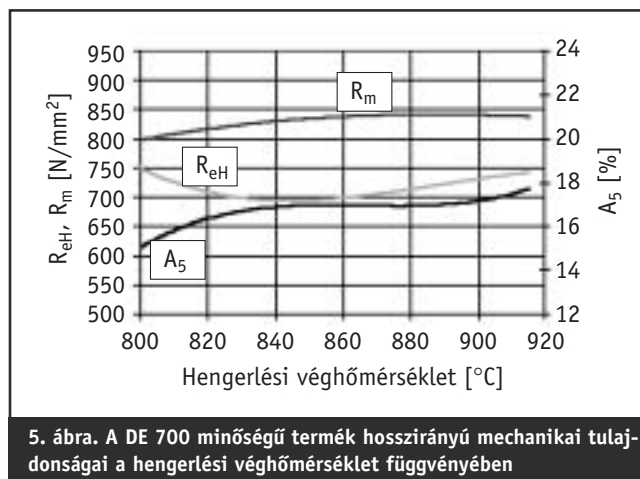
A 689800-as adag B10-es bugáiból 4,00 és 10 mm-es tekercseket hengereltünk, csak az utolsó 4 bugából hengereltünk 6,00 és 8,00 mm-es tekercseket. A tekercseket ledaraboltuk a számunkra mértékadó hőmérséklet-vezetéssel hengerelt tekercsből sűrített, a többitől tekercsenként vettünk kereszt- és



3. ábra. Alakítási szilárdság meghatározása az alakváltozás φ és az alakváltozási sebesség függvényében különböző hőmérsékleteken



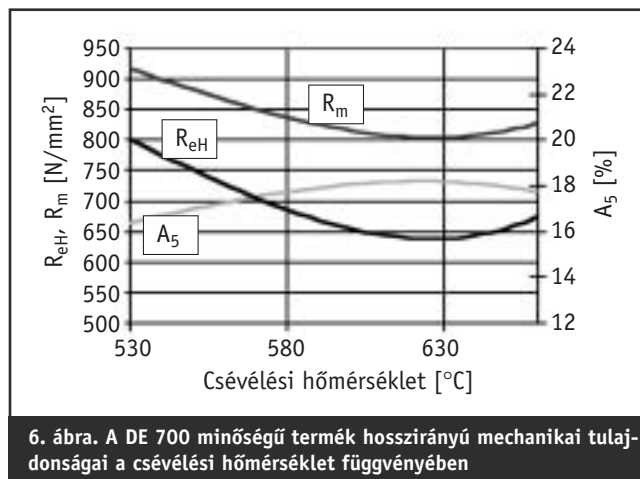
4. ábra. A DE 700 minőségű acél közepes alakítási szilárdsága



5. ábra. A DE 700 minőségű termék hosszirányú mechanikai tulajdonságai a hengerlési véghőmérséklet függvényében

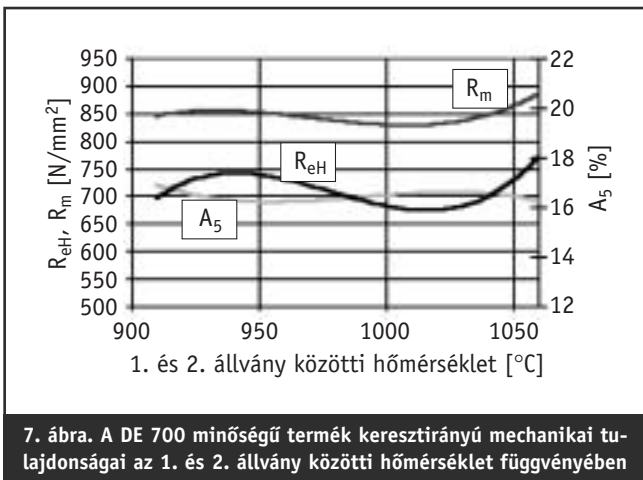
hosszirányú próbát. A hengerlés adataiból kiszámítottuk a közepes alakítási szilárdság állványonkénti értékét, mely a szűrásterv által meghatározott alakváltozási sebességtől való függését is tartalmazza (4. ábra).

Az 5., 6. és 7. ábra mutatja be a késztermék mechanikai tulajdonságait a hengerlési véghőmérséklet, a csévélési hőmérséklet és az 1-2. állvány között mért hőmérséklet függvényében. A nemzetközi szabványoknak megfelelően a hosszirányban mért mechanikai tulajdonságok a mértékadók. A DE 700 minőség folyamatos lehülési diagramján berajzoltuk a jellemző hűlési sebességet (2. ábra). Mint ahogy várható volt, az anyag



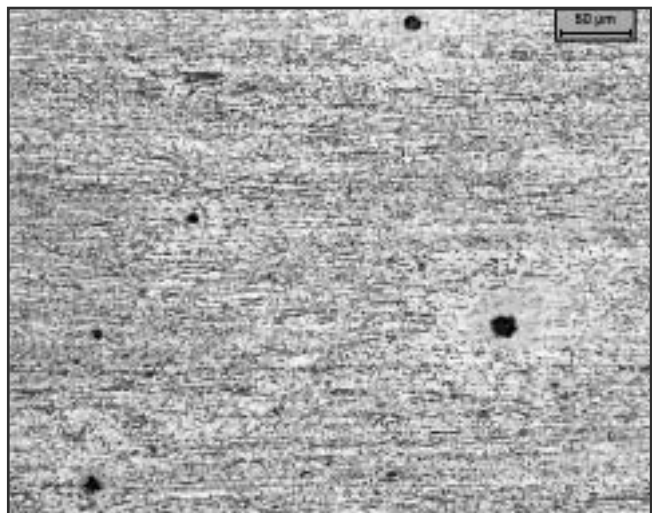
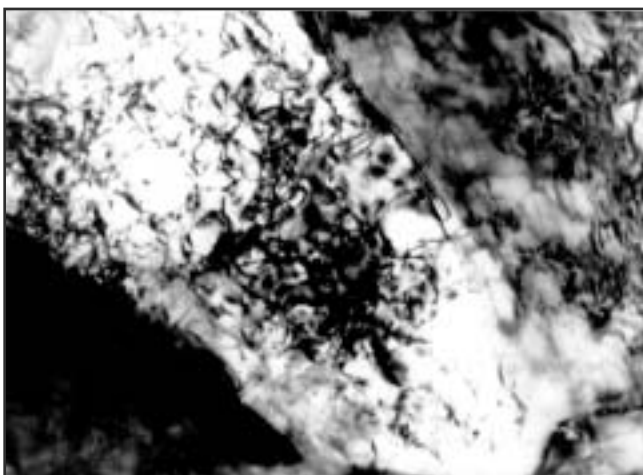
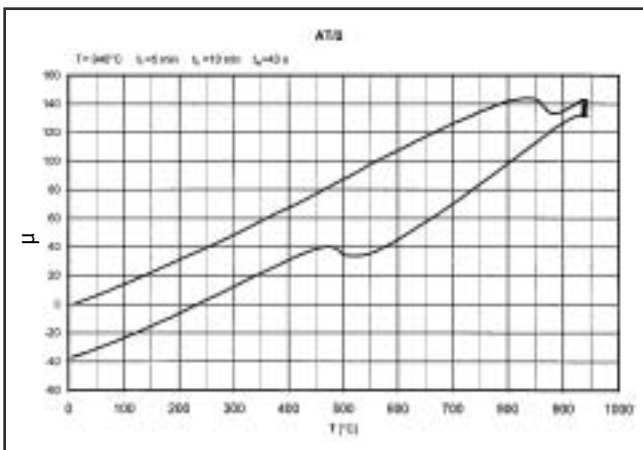
6. ábra. A DE 700 minőségű termék hosszirányú mechanikai tulajdonságai a csévélési hőmérséklet függvényében





bénites szerkezetű. A dilatométeres vizsgálat bizonyította az 500 °C alatti bénites átalakulást (8. ábra). Ez egybevág a hengerlési tapasztalatokkal is. A vékonyfóliás technikával készülő átvilágító elektromikroszkópos vizsgálatok egyértelműen mutatják a termomechanikus alakítás eredményeként az elnyújtott szemcséket és bennük a diszlokációk cellákba rendeződését (9. ábra).

A szövetképeken (10. ábra) látható pontszerű zárványok



5. táblázat A 4,0 mm-es szalag hengerlésének szűrőterve

Szűrés	S _i (mm)	h _i (mm)	T _i (°C)	F _i (t)	V _{hi} (m/s)	Σφ
0	-	24,00	980	-	-	-
1	13,92	17,58	955	1559	1,44	0,31
2	7,84	11,29	932	1471	2,24	0,75
3	5,00	8,06	890	1637	3,13	1,09
4	3,41	5,66	87	1153	4,47	1,44
5	2,05	4,28	852	1178	5,91	1,72
6	2,32	3,73	840	857	6,78	1,86
T _{cs}			550			
ḡ			29			

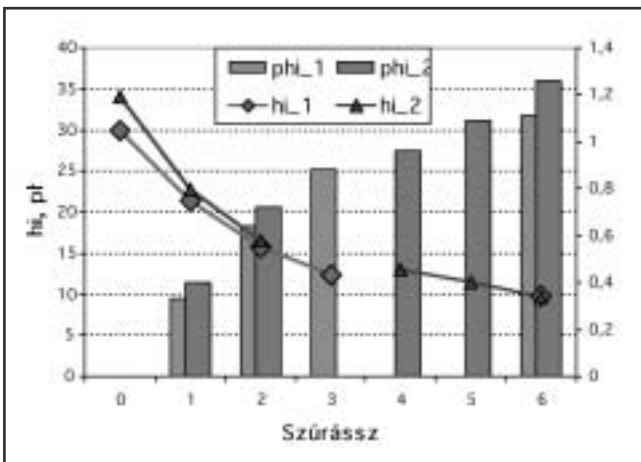
S_i hengerrés V_{hi} szalagsebesség
h_i szalagvastagság ḡ hűlési sebesség a hűtőszakaszok alatt
T_i hőmérséklet φ logaritmus alakváltozás

többsége komplex. A zárvány magja oxid, melyet titán-nitrid-burok vesz körül. Ezek a zárványok a lemezek alakítását nem zavarják. A 4,0 mm-es szalagok szűrőtervét az 5. táblázat, a 10 mm-es szalagok szűrőtervát az 6. és 7. táblázat és a 11. ábra szemlélteti. A 4,00 mm-es szalagok hengerlésénél azt tapasztaltuk, hogy az F2 állványtól számított alakváltozás éri el a 75%-ot, a készsorba beadáskor a szalaghőmérsékletnek 980 °C körülinek kell lennie, a hengerlési véghőmérsékletnek 840 °C-nak, a csévézési hőmérsékletnek 550 °C alatt kell lennie. 7,00 mm-től 10,00 mm-ig az összes alakváltozás megnövelése érdekében az előlemez-vastagságot 28 mm-ről 32 mm-re növeltük, 10 mm-től pedig 34 mm-re. A vastagabb előlemez-ből hengerelt szalagok esetén is az előlemez beadási hőmérsékletének kell 1000 °C alattinak lenni, elsősorban az ütőmunka miatt. A megnövelt előlemez-vastagság és csökkentett be-

6. táblázat A 10 mm-es szalag szűrőterve a 4,5 állvány kihagyásával

Szűrés	S _i (mm)	h _i (mm)	T _i (°C)	F _i (t)	V _{hi} (m/s)	Σφ
0	-	30,0	1030	-	-	-
1	17,82	21,40	990	1422	1,28	0,33
2	12,24	15,69	965	1349	1,79	0,64
3	9,3	12,38	940	1452	2,23	0,88
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-
6	7,81	9,84	910	953	2,8	1,11
T _{cs}			595			
ḡ			31			





11. ábra. A 10 mm-es szalag hengerlési változatainak összehasonlítása

7. táblázat

A 10 mm-es szalag szűrősterve az 3. állvány kihagyásával

Szűrőssz	S _i (mm)	h _i (mm)	T _i (°C)	F _i (t)	V _{hi} (m/s)	Σφ
0	-	34	1000	-	-	-
1	19,55	22,70	970	1349	1,41	0,40
2	13,75	16,42	942	1135	1,14	0,72
3	-	-	-	-	-	-
4	11,27	12,92	860	809	2,47	0,96
5	10,0	11,43	842	671	2,8	1,09
6	8,03	9,57	830	906	3,34	1,26
T _{cs}			594			
τ			13,8			

adási hőmérséklet biztosította a termomechanikus alakítás feltételeit, mely szükséges az ütőmunka szabványos értékeinek eléréséhez anélkül, hogy a szilárd oldatot alkotó elemek %-os értékét megnöveltük volna. Úgy ítéltük meg a mechanikai tulajdonságok, elsősorban a folyáshatár/szakítószilárdság hányados alapján, hogy jól alakítható, korszerű acélminőséget fej-

lesztettünk ki. Felhasználásra javasoljuk nehéz járművek, acél-szerkezetek tartóinak.

Összefoglalás

A szerkezetépítők, a feldolgozóipar egyre korszerűbb termékek felhasználására törekszik a nagyobb használati és esztétikai érték növelése és nem utolsósorban a tömegcsökkentés céljából. E cél érdekében került kifejlesztésre a Dunafer Rt.-nél a DE 700 minőségű, minimálisan 700 MPa folyáshatárú lemeztermék.

Irodalom

- [1] Thyssen Technische Berichte Heft 2/86. Warmgewalztes Blech und Band für den Nutzfahrzeugbau.
- [2] Stahl und Eisen 122 (2002) Nr. 5. 59. oldal
- [3] Dunafer Műszaki Gazdasági Közlemények 2002/3.
Dr. Domanovszky Sándor: A hazai nagyfolyami hídépítés új korszaka
- [4] BKL. 120. évf. 1987. 6. szám. Dr. Káldor Mihály: A szerkezeti acélok minőségének fejlesztéséről
- [5] Klaus Hulka Niobium Products Company GmbH, személyes konzultáció

Függelék

A fejlesztőmunka során a T_{nr} hőmérsékletnek az acél összetételéből való számítására az Interneten egy eddig számunkra ismeretlen összefüggést is találtunk, mely Ronaldo, A. N. M. névéhez fűződik. A dolgozatban alkalmazott összefüggéssel szemben ez a képlet figyelembe veszi a nióbium oldott (Nb_o) vagy precipitálódott (Nb_p) állapotát.

$$T_{nr} = 892 + 460 C + [645 Nb_o - 64 Nb_p] + [723 V - 230 V^{0,5}] + 887 Ti + 371 Al - 348 Si$$

Számításaink szerint ez az összefüggés a korábban alkalmazottnál 100 °C-kal kisebb T_{nr} értéket szolgáltat, ez az érték a gyakorlati tapasztalatainkkal jobban megegyezik. (F. I.)

Zsámbok Elemér

(1919–2003)



Sokak által ismert és tisztelt, nagy tudású mérnökember távozott a gyáralapítók közösségéből: életének nyolcvanötödik évében, 2003. április 16-án elhunyt Zsámbok Elemér. Egy szakmai feladatokban és sikerekben gazdag, kiteljesedett életpálya zárult le, amelynek eredményeit írásos formában is számos műszaki, ipartörténeti kiadvány őrzi meg az utókor számára.

Zsámbok Elemér ózdi munkásévek után, 1952-ben kezdett a Dunai Vasműben dolgozni, kohómérnöként. Első ottani munkahelye az akkori igazgatóság műszaki főosztálya volt. A későbbi évtizedekben a minőség-ellenőrzési és anyagvizsgálati főosztályon töltött be különböző vezetői beosztásokat, egészen 1980-as nyugdíjba vonulásáig.

A napi munka mellett mindig volt ideje és energiája a társadalmi-szakmai szervezetekben is munkálkodni. Kezdetől fogva vezetőségi tag-

ja volt az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület helyi szervezetének. Leginkább a nyugdíjas években szánt rengeteg időt azokra a gyártörténeti kutatásokra, amelyeknek keretében létrejött például a ma is látogatható gyártörténeti gyűjtemény. Legtöbbször a gyári történetírás krónikásként ismerték a mosolygós arcú, szerény, idős urat, aki tömött táskájában mindig kéziratosokat, szakmai olvasnivalót vitt magával. Egyik ötletgazdájára, majd később húsz évén át olvasószerkesztője volt a Dunafer Műszaki Gazdasági Közleményeknek. Műszaki emberként a humán értékekre is mindig odafigyelt. Munkásságának írásos emlékeit őrzi a Dunafer Dunai Vasmű Krónikája is.

Zsámbok Elemért a Dunafer saját halottjának tekinti. Hamvainak búcsúztatása és nyugalomba helyezése május 9-én volt az új katolikus főtemplom ünnepnapján.