

SKALAND, TORBJORN\*

## Új módszer az üstben kezelt gömbgrafitos öntöttvas kérgesedésének és zsugorodásának szabályozására

A cikk az öntöttvas új gömbösítő kezelési módszerét ismerteti. A karbidképződés visszaszorítása a gömbösítő és beoltó, vagy módosító anyagok grafitcsíráképző képességeivel függ össze. A gömbösítő és módosító anyagok a gömbgrafitos öntöttvas zsugorodását is befolyásolják a dermedés során. Egyes ötvözetek jó védelmet nyújthatnak a zsugorodás ellen, míg mások nagyobb zsugorodást eredményeznek. Úgy találták, hogy a különböző ritkaföldfémek kimu-

tathatóan hatnak ezekre a körülményekre.

A színlantán használata a magnézium-ferroszilícium (MgFeSi) gömbösítő ötvözetekben növeli a gömbgrafitos üstkezelés eredményességét a cérium- vagy keverékfém (mischmetall)-tartalmú gömbösítő ötvözetek használatához képest. A csíráképző képesség lényegesen növekszik, a szendvics- vagy (üstfedeles) eljárással gyártott gömbgrafitos öntöttvas kérgesedési és zsugorodási kockázata a minimálisra csökken.

### Bevezetés

A jelen munka témaköre a gömbgrafitos öntöttvas üstben történő kezeléséhez használt lantán- és cériumtartalmú MgFeSi ötvözetek hatásának vizsgálata a gömbgrafitos öntöttvasok szövetének kialakulására, a grafit morfológiájára és a dermedési zsugorodására ellenőrzött laboratóriumi körülmények között.

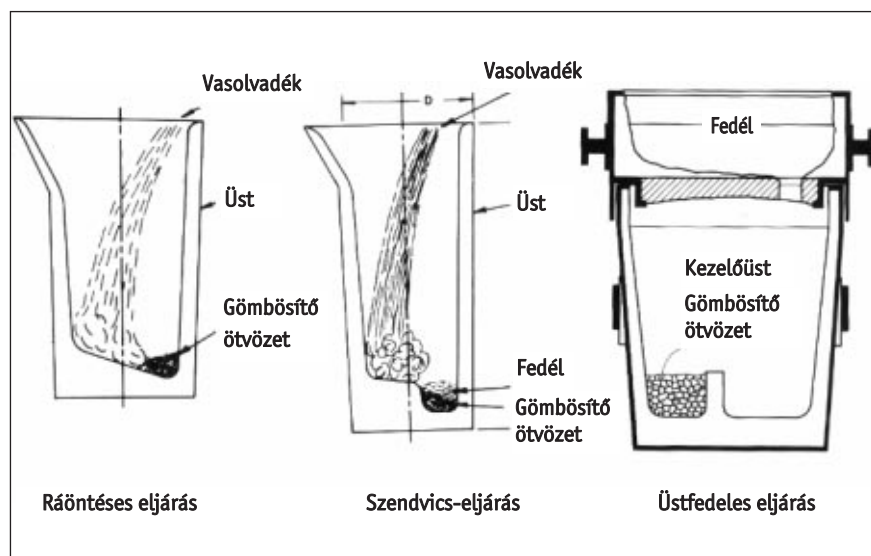
### Háttér

A korábbi kutatások során kimutatták, hogy a ritkaföldfémek (RFF), mint a cérium, a lantán, a praezodímium és a neodímium, az öntési körülményektől függően előnyös vagy káros hatással lehetnek a gömbgrafitos öntöttvasok szövetére és tulajdonságaira. Például kis mennyiségű ritkaföldfémeket gyakran használnak a gömbgrafitszám növelésére és a gömbalak javítására az Sb, Pb, Ti és más szennyező elemeket tartalmazó gömbgrafitos öntöttvasokban [1-3]. Másrészt viszont igaz, hogy a ritkaföldfémek túl nagy koncentrációja kérgesedési problémákhoz vezethet a kis

falvastagságú részekben, chunky-grafit (szétrobbant grafit) képződéséhez a vastagabb részekben, és számolni kell a mechanikai tulajdonságok ebből következő romlásával is [4-6].

Különböző kutatók megállapították a ritkaföldfémek nagy gömbszám és csökkent karbidképződés tekintetében optimális koncentrációját. A különböző kutatók szerinti optimális ritkaföldfém-koncentráció azonban nagymértékben eltérő.

Például Lalic, M. J. azt a következtést vonta le, hogy az optimális cérium-szint kb. 0,006 és 0,010% között van a kis cériumtartalmú ritkaföldfémek, és kb. 0,015 és 0,020% között a nagy cériumtartalmú ritkaföldfémek esetében [7]. Az általa közölt legkisebb értékek közel állnak a kereskedelmi forgalomban lévő öntvényekben található maradék cérium-szinthez, és így a gyakorlatban nehezen szabályozhatónak tűnnek.



1. ábra. Gömbösítő eljárások

\* Elkem ASA Foundry Products, Norvégia. A 66. öntészeti világtalálkozó (Istanbul, 2004. szept. 6-9.) díjnyertes előadása

1. táblázat. Magnézium-ferroszilícium gömbösítő ötvözetek vegyi összetétele

Gömbösítő	Si, %	Mg, %	Ca, %	Al, %	RFF, %	Ce, %	La, %
RFF-mentes	45,8	6,1	1,0	0,9	0,0	0,0	0,0
0,5% La	45,0	5,8	1,0	0,9	0,5	0,0	0,5
1,0% La	45,5	6,0	1,0	0,9	1,0	0,0	1,0
0,5% Ce	45,6	6,1	1,0	0,9	0,5	0,5	0,0
1,0% Ce	45,4	6,1	0,9	0,9	1,0	1,0	0,0
1,0% MM	45,0	5,9	1,1	0,8	1,0	0,5	0,25

\* Az RFF,% a teljes ritkaföldfém-tartalom (Ce, La, Pr és Nd összege), a többi Fe.

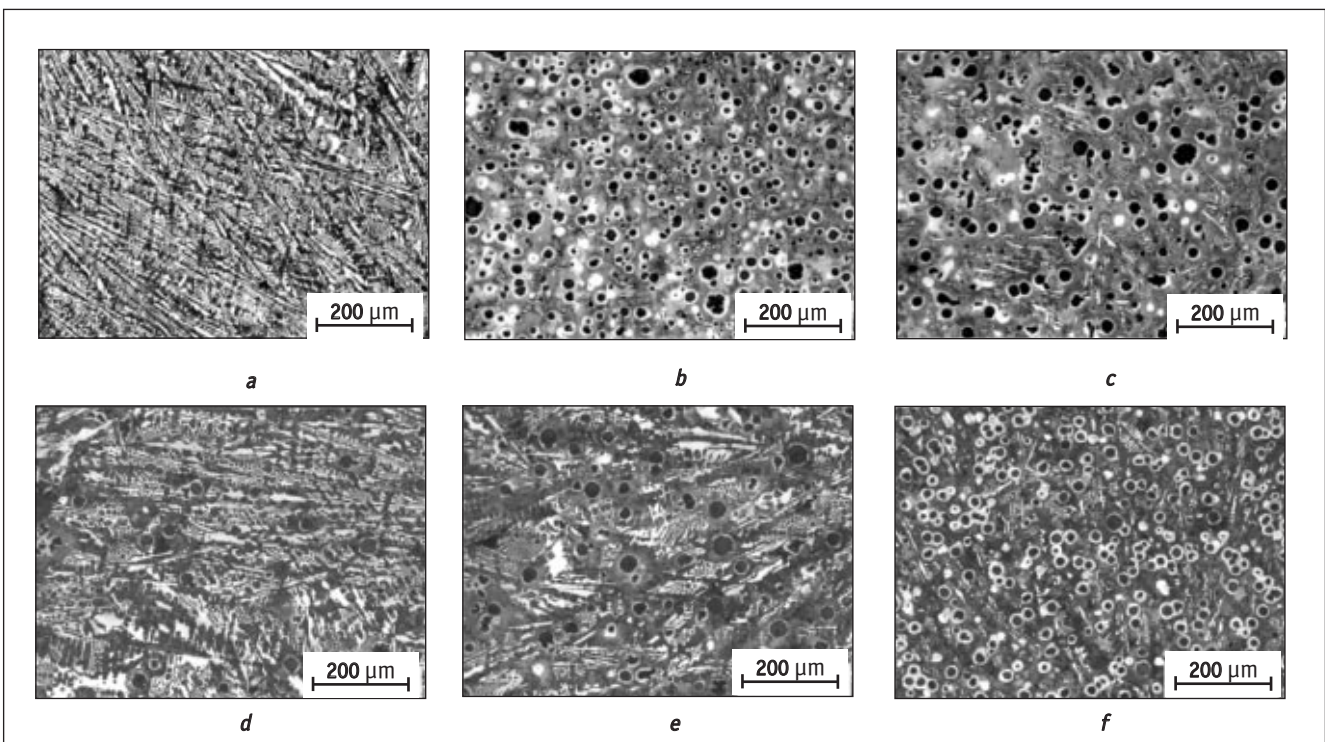
Ezzel szemben *Kanetkar, C. S.* és mások úgy találták, hogy a maximális gömbszám 0,032% cériumkoncentrációnál jön létre [8]. Szerintük a lantán, praeodímium és neodímium adalékok optimális gömbszámot eredményeznek az egyes elemek bizonyos koncentrációjánál. Az optimális gömbszám eléréséhez szükséges maradék értékek a következők voltak: 0,018% lantán, 0,007-0,010% praeodímium és 0,017% neodímium. Hasonló cérium és lantán értékeket állapítottak meg *Onsen, M. J.* és mások, azaz 0,035% cérium- és 0,017% lantántartalmat [9].

A gömbgrafitos öntöttvas dermedése során keletkező grafit típusa, mérete, for-

mája, valamint a grafit/vas-karbid arány befolyásolható bizonyos adalékanyagokkal, amelyek elősegítik a grafit képződését az öntöttvas megszilárdulása során. Ezek az úgynevezett gömbösítő és módosító anyagok, alkalmazásuk pedig a gömbösítés és a módosítás.

Vasöntvények öntésekor a kis falvastagságú részekben mindig fennáll a vas-karbid képződésének veszélye. A vas-karbid a kis falvastagságú részeknek a nagyobb falvastagságú területek lassúbb lehűléséhez viszonyított gyors lehűlése eredményeként keletkezik. Az öntöttvasban ilyen módon képződő vas-karbidot „kéregnek”, a jelenséget „kérgesedésnek” nevezik, és

azt a kéreg mélységének mérésével számszerűsítik. A gömbösítő vagy módosító anyag képessége a karbidképződés megelőzésére és a kéreg mélységének csökkentésére megfelelő módszert jelent a különböző gömbösítő és módosító anyagok teljesítményének mérésére és összehasonlítására. Mivel a csíráképződés pontos kémiai folyamatát és mechanizmusát, a módosító és gömbösítő anyagok működésének okait és módját nem teljesen ismerik, kiterjedt kutatások folynak az ipar új és fejlettebb ötvözetekkel való ellátása érdekében. A karbidképződés visszaszorítása a gömbösítő és módosító anyagok csíráképző tulajdonságaival függ össze. Csíráképző tulajdonság alatt az ötvözet hozzáadásakor kialakuló csírák számát értjük. Nagy számú csíra képződése növeli a hatékonyságot és elősegíti a karbid képződésének visszaszorítását. A magas csíraszám továbbá megnöveli a gömbösítés és módosítás utáni hosszú hőntartási idő esetén fellépő lecsengés előtti időt. A gömbösítő és módosító anyagok a gömbgrafitos öntöttvas dermedése során kialakuló zsugorodásra is hatnak. Egyes ötvözetek a zsugorodás ellenében hatnak, míg mások hajlamosak fokozni azt. A különböző ritkaföldfémek használata hang-



■ 2. ábra. Különböző gömbösítő ötvözetekkel kezelt 5 mm vastag lapok szövetszerkezete. a. RFF-mentes; b. 0.5% La; c. 1.0% La; d. 0.5% Ce; e. 1.0% Ce; f. 1.0% keverékfém (mischmetal)

2. táblázat. A kísérleti ötvények vegyi összetétele

Gömbösítő	C, %	Si, %	Mg, %	P, %	S, %	M, g%	Ce, %	La, %
RFF-mentes	3,73	2,51	0,46	0,027	0,009	0,046	<0,004	<0,004
0,5% La	3,75	2,28	0,43	0,020	0,008	0,043	<0,004	<0,008
1,0% La	3,73	2,25	0,42	0,024	0,010	0,040	<0,004	<0,015
0,5% Ce	3,70	2,38	0,45	0,020	0,007	0,041	<0,010	<0,005
1,0% Ce	3,71	2,35	0,45	0,021	0,008	0,045	0,016	0,007
1,0% MM	3,74	2,37	0,45	0,021	0,008	0,047	0,010	0,005

súlyozottan hathat erre a körülményre. A gömbösítő anyagok esetén az ötvözet összetétele olyan értelemben is fontos, hogy a legkisebb zsugorodást eredményezze a dermedés során.

A gömbösítést kétféle, alapján véve különböző módszerrel hajtják végre. Az úgynevezett „üstkezeléses módszer” szerint a gömbösítő ötvözetet az üst alján helyezik el, majd folyékony fémeket töltenek az üstbe. Attól függően, hogy a gömbösítő ötvözet hogyan helyezkedik el az üstben, beszélünk „ráöntéses”, „szendvics” vagy „üstfedezés” kezeléjeljárásokról. A módosítás általában a gömbösítő kezelés után következik, amikor módosító anyagot adagolnak a fémugárba a folyé-

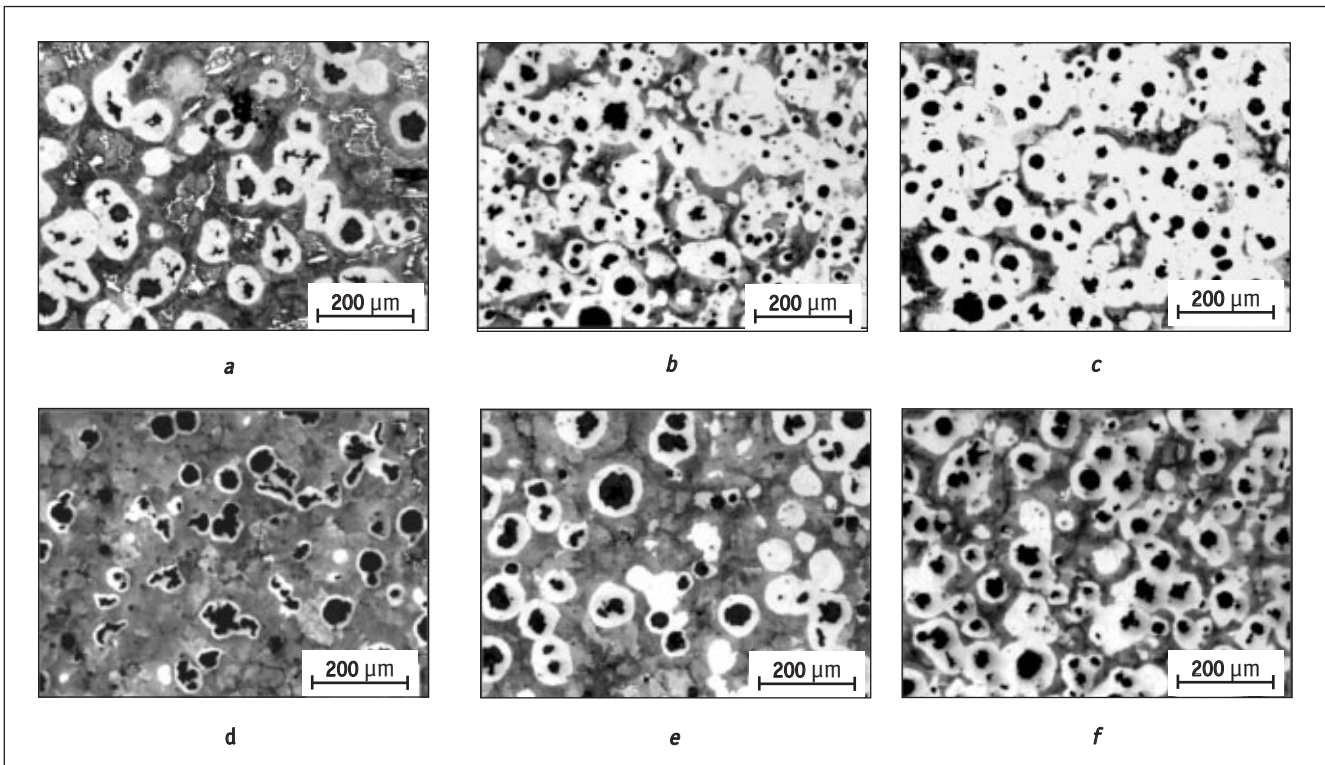
kony vas öntőüstbe vagy formába való öntésekor.

Formában történő kezeléskor a gömbösítés magában a formaüregben történik. Így a formában történő gömbösítés gyökeresen különbözik az üstkezeléstől. Dunks, C. M. szerint színlantán adagolása az MgFeSi-ötvözetrel együtt sikeresnek bizonyult a formában kezelt gömbgrafitos öntöttvas kérgesedésének és zsugorodásának csökkentésében [10]. A formában történő kezelés során a beömlőrendszerben elhelyezett MgFeSi-ötvözet egyidejűen gömbösítő és módosító anyagként is szolgál. Üstkezelés esetében ilyen integrált és kombinált gömbösítő és módosító eljárás még nem ismert.

## Anyagok és kísérleti munka

A kísérletek során az indukciós kemencében gyártott adagok betétje 50% acélból, 20% ötvénytöredékből és 30% nyersvasból állt. A karbon- és a szilíciumtartalom beállítása grafit és ferroszilícium hozzáadásával történt. Csapolás előtt 1,5% MgFeSi-ötvözetet helyeztek az üstbe, amelyet 0,5 kg acélnyiradékkal fedtek be, tehát szendvics-eljárással történt a gömbösítő kezelés. Az 1. ábrán látható a különböző kezelőüstök vázlata. A kezelés után két perccel a vasat átöntötték az öntőüstbe. Nem adtak hozzá módosító anyagot a gömbösítő kezelés után, hogy csak az egyes gömbösítő ötvözetek jellemző hatását mutassák ki. Érme alakú próbákat vettek az olvadákból a kémiai összetétel vizsgálatához, majd a kezelt vasat homokformákba öntötték egy 20 mm-es és egy 5 mm-es lap, egy ékpróba és egy kereszt alakú zsugorodási próba előállításához. Az előírt végső összetétel 3,7% C, 2,4% Si, 0,4% Mn, 0,010% S és 0,040% Mg volt.

Az 1. táblázat mutatja a kísérletben felhasznált különböző MgFeSi ötvözet ötvözetek vegyi összetételét. Az ötvözetek a vas mellett 45% FeSi-ot, 6% Mg-ot, 1% Ca-ot és 0,9% Al-ot tartalmaztak. A ritka-



3. ábra. Különböző gömbösítő ötvözetekkel kezelt 20 mm vastag lapok szövetszerkezete.

a. RFF-mentes; b. 0,5% La; c. 1,0% La; d. 0,5% Ce; e. 1,0% Ce; f. 1,0% keverékfém (mischmetal)

3. táblázat. Az 5 és 20 mm vastag öntött lappróbák grafitjának jellemző adatai

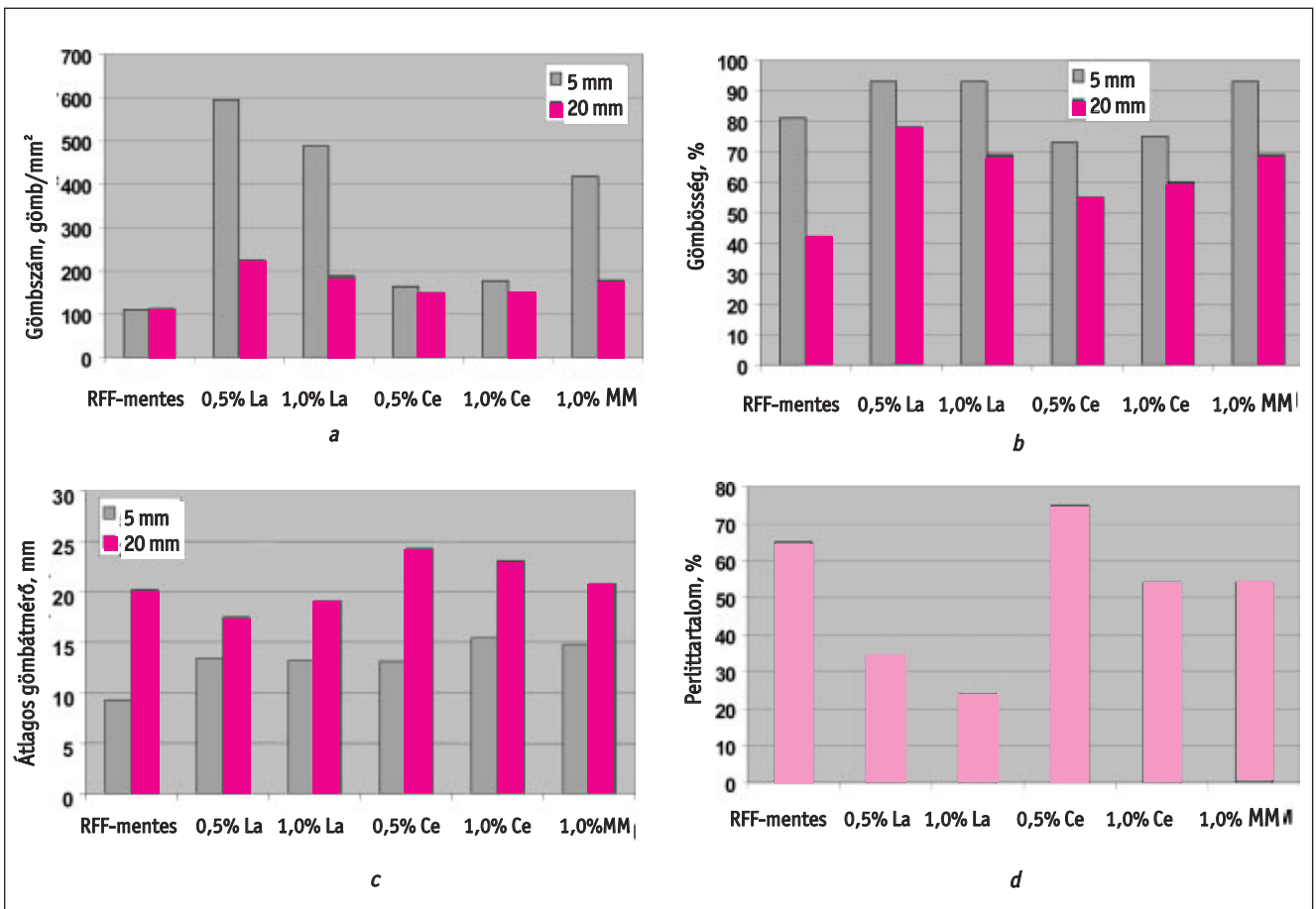
Gömbösítő ötvözet	5 mm vastag lapok				20 mm vastag lapok			
	Gömbszám (gömb/mm <sup>2</sup> )	Gömbösség %	Átlagos átmérő (m)	Átlagos alaktéteyző	Gömbszám (gömb/mm <sup>2</sup> )	Gömbösség %	Átlagos átmérő (μm)	Átlagos alaktéteyző
RFF-mentes	110	81	9,3	0,75	112	42	20,2	0,5
0,5% La	595	93	13,4	0,88	224	78	17,5	0,74
1,0% La	488	93	13,2	0,88	188	69	19,1	0,67
0,5% Ce	164	73	13,1	0,70	148	55	24,3	0,59
1,0% Ce	177	75	15,4	0,72	149	60	23,1	0,64
1,0% MM	418	93	14,8	0,86	178	69	20,8	0,675

feldfém-tartalom az 1. táblázat szerint változott. A 0,5% és 1,0% szírlantán, valamint a 0,5% és 1,0% szírcérium hatását összevetették egy ritkaföldfémmentes és egy hagyományos, 1,0% ritkaföldfém-tartalmú referenciaötvözetével, amelyben a ritkaföldfém 50% cériumtartalmú keverékfémként (CeMM) volt jelen. Termikus elemzést végeztek minden egyes adagnál az öntőüstből vett mintán. A folyékony fém szabványos Quick-cup tégelybe ön-

tötték, a hűlési görbét a Novacast ATAS<sup>®</sup> Verifier 4.0 szoftver használatával rögzítették a jellemző hőmérsékleti adatok elemzése céljából. A következő paraméterekeket emelték ki az ATAS adataiból, összehasonlítás céljából: alsó eutektikus hőmérséklet ( $TE_{low}$ ), felső eutektikus hőmérséklet ( $TE_{high}$ ), dermedési véghőmérséklet (TS), kritikus lehűlési pont (R), grafitteyző 1 (GRF1) és grafitteyző 2 (GRF2). Az érem alakú, fehérítőreű próba vegy-

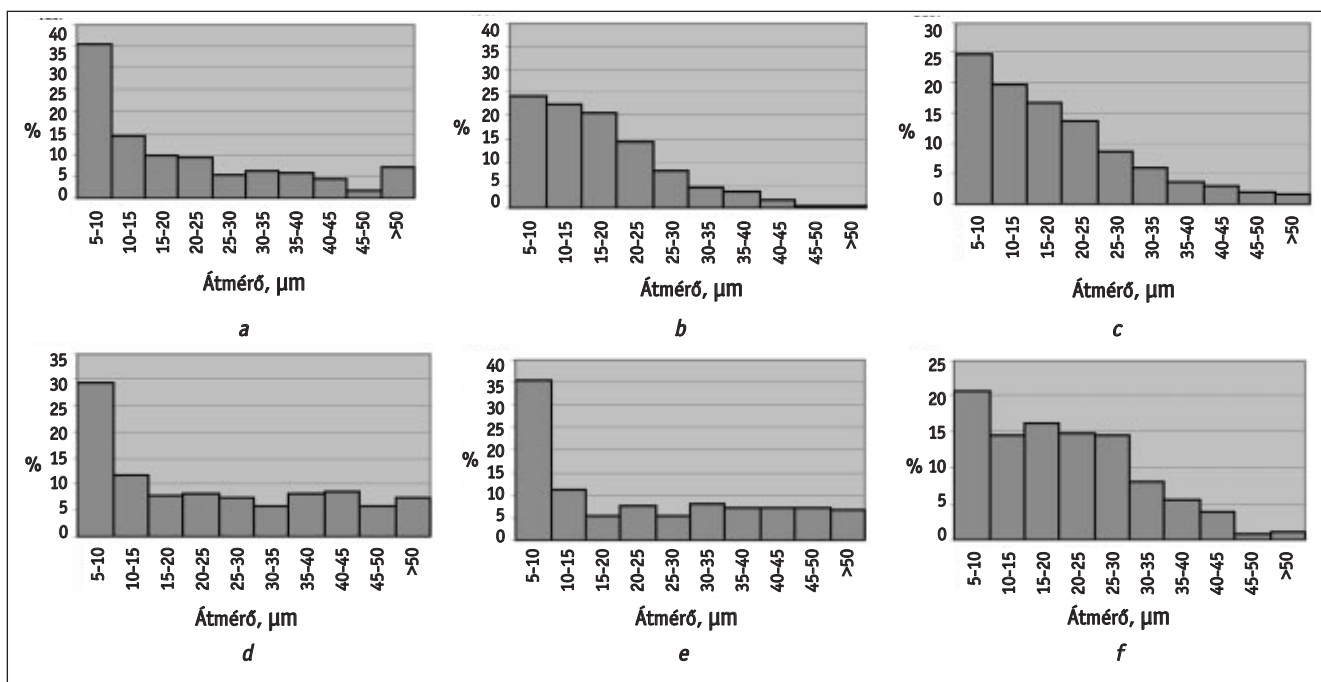
elemzését röntgenfluoreszcens módszerrel végezték. Az érempróbákat arra is felhasználták, hogy meghatározzák a karbon- és kéntartalmat Leco-készülékkel, valamint a magnéziumot atomabszorpciós spektroszkópiával. Minden kezelt öntőüstből vettek próbát.

A metallográfiai vizsgálathoz a mintákat az 5 mm ill. 20 mm vastag lapok közepéből vágták ki. A mintákat szabványos metallográfiai módszerrel készítették elő, azaz 1



4. ábra. 5 és 20 mm vastag lapok szövetszerkezete

a. Gömbszám; b. Gömbösség; c. Átlagos gömbátmérő; d. Perlittartalom (csak a 20 mm vastag lapé)



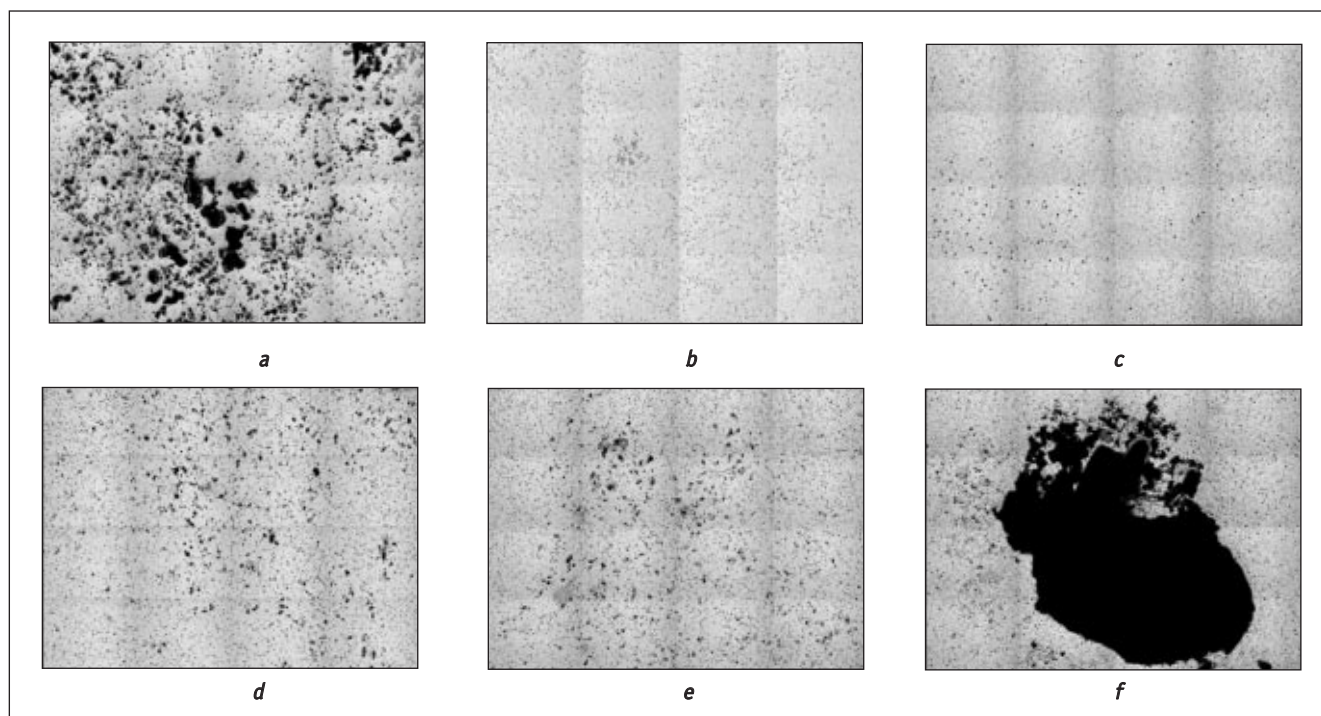
■ **5. ábra.** A gömbméretek eloszlása különböző gömbösítő ötvözetek esetén  
 a. RFF-mentes; b. 0.5% La; c. 1,0% La; d. 0,5% Ce; e. 1,0% Ce; f. 1,0% keverékfém (mischmetal)

μm-es gyémánporról csiszolták a grafit vizsgálata céljából. A grafitfázist magePro Plus képelemző rendszerrel jelenítették meg. A jellemző grafitadatok elemzésekor csak az 5 μm-nél nagyobb grafitgömböket mérték. A következő adatokat rögzítették: göbbszám, a grafit területi aránya, gömb-átmérő, gömbalaktényező és gömbösség,

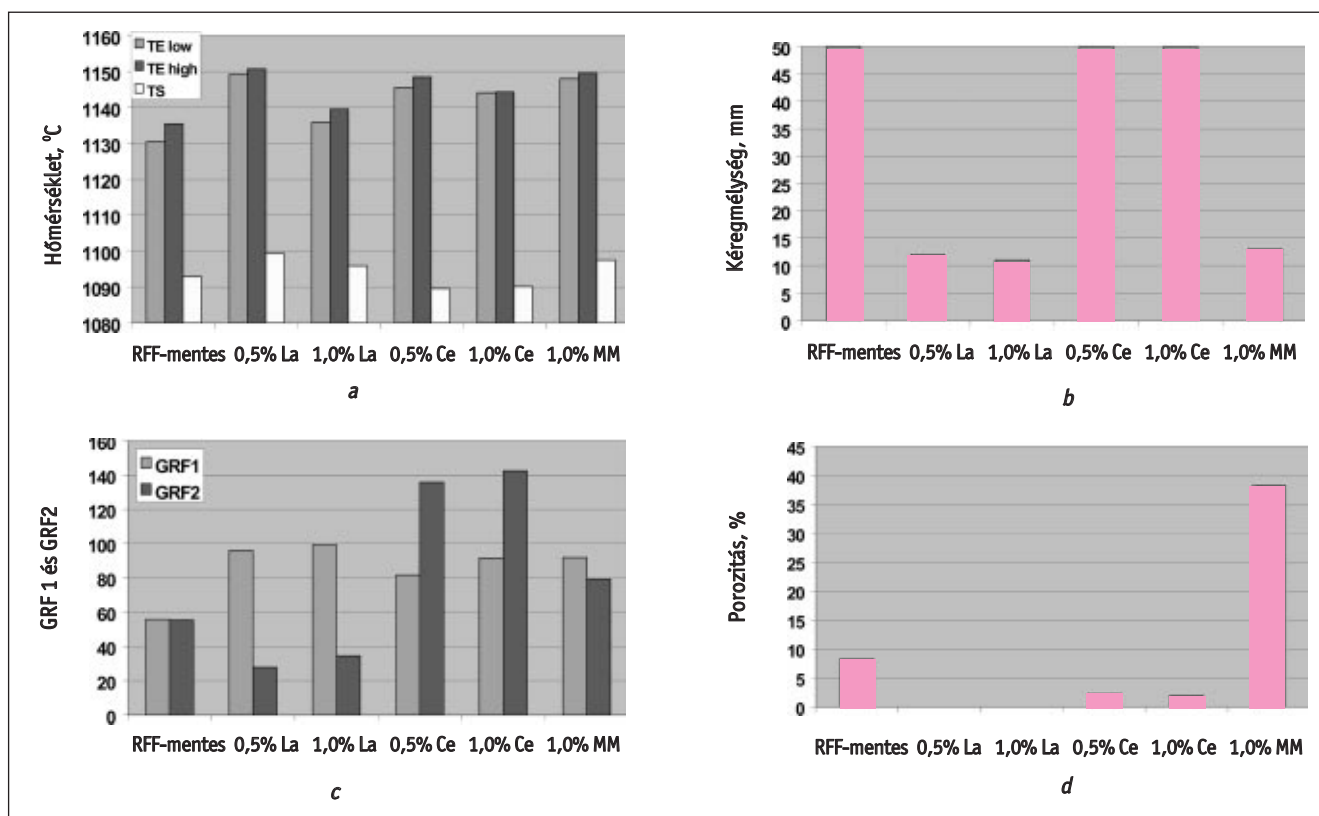
ahol a gömbösség azon grafitgömbök százaléka, amelyeknek az alak tényezője jobb, mint 0,65. A csiszolt mintákat ezután 2%-os Nitallal maratták az egyes szövetelemek, nevezetesen a ferrit, a perlit és a karbidok automatikus, képelemzéses mennyiségi meghatározásához. A kéregmélységet szabványos kérgesedési ékpró-

ba alapján értékelték. Két tulajdonságot mértek: L1, az a maximális mélység mm-ben, amelyben a próba teljes keresztmetszetében a metastabilis rendszer szerint dermedt (tisztá kérgesedés) és L2, az a maximális mélység, amelyben karbid található (teljes kérgesedés).

A kereszt alakú próbatesteket közep-



■ **6. ábra.** Zsugorodási porozitás keresztpróbaöntvényekben különböző gömbösítő ötvözetek használata esetén  
 a. RFF-mentes; b. 0.5% La; c. 1,0% La; d. 0,5% Ce; e. 1,0% Ce; f. 1,0% keverékfém (mischmetal)



■ **7. ábra.** Az ATAS termikus elemzés jellemző adatai. a.  $TE_{low}$ ,  $TE_{high}$ , TS, GRF1, b. GRF2, c. a kérgesedési ékpróba kérgemélysége, d. relatív zsugorodási porozitás

vízszintesen átmetszették a zsugorodási porozitás vizsgálatához. A próbákat köszörülték és 1  $\mu$ m-es gyémántporral csiszolták. A porozitást 12x12 mm-es referenciaterületen mérték, amelyet kézzel állítottak be a kereszt közepén. A porozitás területarányát a referenciaterülethez képest az ImagePro Plus képelemző rendszerrel határozták meg.

## Az eredmények és tárgyalásuk

### Vegyi összetétel

A különböző adagok vegyelemzésének eredményeit a 2. táblázat tartalmazza. Kiderült, hogy a 3,7% C, 2,4% Si, 0,4% Mn, 0,010% S és 0,040% Mg végleges célösszetételt minden kísérleti adag egészen jól elérte. A cérium és lantán mennyiségének változásai jelzik ezek különböző bevitelét a kísérletekhez használt MgFeSi ötvözetekből. A cériumtartalom 0,016% maradék értékig, a lantán pedig 0,015% maradék értékig változott a kísérletsorozatban.

### Szövetszerkezet

A grafit metallográfiai vizsgálatainak eredményei a 3. táblázatban találhatók.

Az 5 mm ill. a 20 mm vastag lap alakú próbaöntvények metszeteinek szövete a 2. és 3. ábrán látható. A 4. ábra hisztogramokat mutat a 20 mm-es lapból vett minták gömbszámáról, a gömbösödés mértékéről, átlagos gömbátmérőjéről és perlittartalmáról.

### Gömbszám

A 3. táblázatból és a 4. ábráról látható, hogy a ritkaföldfémmentes, cérium- vagy keverékfém-tartalmú MgFeSi ötvözetet alkalmazó módszerhez képest a gömbszám jelentősen növekedett abban a két mintában, amelyben színlantán használtak. Ez igaz a 20 mm vastag, és különösen igaz az 5 mm vastag lapok esetében.

### Gömbösség

A lantánnal kezelt próbákban a grafit gömbösségét is jobbnak találták. Az 5 mm-es lapban 93%-os gömbösséget ért el lantánnal és keverékfémalapú MgFeSi-ötvözetekkel, míg a cériumalapú ötvözetek csak mintegy 75%-os gömbösséget adtak. A 20 mm vastag lapokban a 0,5% lantánt tartalmazó ötvözet adta a 78%-os, a legjobb gömbösséget, míg a 0,5% cériu-

mot tartalmazó ötvözetrel csak 55%-os gömbösséget ért el.

### Perlittartalom

A perlittartalom a 20 mm-es lapban lényegesen eltér a különböző adagok között. A legkisebb, mintegy 25%-os perlittartalom az 1% lantánt tartalmazó ötvözet esetében mérhető. A perlittartalom a 0,5% cériumot tartalmazó ötvözet esetében volt a legnagyobb, körülbelül 75%. A 4.d. ábra mutatja az összes 20 mm-es próbalap perlittartalmát.

### A grafitgömbök méreteinek vizsgálata

Az 5. ábra mutatja az összes adag 20 mm-es lapprobáiban észlelt gömbméretek eloszlási hisztogramjait. Nyilvánvalóan jelentős eltérések mutatkoznak a grafitgömbök méreteinek eloszlásában a lantánt és a cériumot tartalmazó gömbösítő ötvözetek között. A két lantántartalmú adag esetében, az 5. b. és c. ábrán látható, hogy a grafitgömbök megoszlása a kisebb méretek felé tolódik el inkább, mint a cériumot tartalmazó adagok esetében – 5. d. és e. ábrák –, ahol a méreteloszlás sokkal egyenletesebb. Az 5.f. ábrán látha-

**4. táblázat.** A zsugorodási porozitás relatív térfülete a keresztpróbaöntvényekben

Gömbösítő ötvözet	A pórusok területaránya, %
RFF-mentes	8,3
0,5% La	0,0
1,0% La	0,0
0,5% Ce	2,3
1,05% Ce	2,0
1,05% MM	38,2

to, hogy az 1% keverékfém tartalmazó gömbösítő ötvözet használata szintén a kisebb átmérőjű grafitgömbök keletkezését eredményezi, de nem annyira, mint a színlantántartalmú ötvözet. A ritkaföldfémmentes gömbösítő ötvözet használata az 5.a. ábra szerint a gömbméretek egyenletes megoszlását mutatja, amely inkább a szincériumos esetekhez hasonlítható.

A gömbméretek megoszlása befolyásolja a zsugorodási hajlamot, mivel tükrözi a grafit képződését és a tágulást az egész dermedési folyamat során. A grafitgömbök kis mérete és a ferde eloszlás késői grafitképződésre, és így megfelelő védelemre utal a mikroporozitás ellen a dermedés legvégén. A nagyobb méretű gömbök és a lapos eloszlás több grafit kialakulására utal a folyamat elején és kisebb hatásra a végén, növelve ezzel a mikroporozitás kockázatát.

#### Kérgesedési hajlam

A 2. b. és c. ábrán látható, hogy a lantántartalmú MgFeSi gömbösítő ötvözetek használata nagymértékben csökkenti, szinte teljesen kiküszöböli a kérgesedést okozó karbidok megjelenését az 5 mm-es lapokban, és nem látható kérgesedés a 3.b. és c. ábrán mutatott 20 mm-es lapokban sem. A szincérium-tartalmú ötvözetek (2. d. és e. ábra) jelentős kérgesedést idéztek elő az 5 mm-es lapban, míg az 1% keverékfém tartalmazó ötvözet (2.f. ábra) csak mérsékelt karbidképződést eredményezett ilyen vastag lapban. A ritkaföldfémmentes gömbösítő (2.a. ábra) teljesen fehérítő 5 mm-es lapot eredményezett, és cellaközi karbiddúsulást idézett elő a 20 mm-es lapban, mint azt a 3. a. ábra mutatja.

A tiszta kéregméltség a kérgesedési ék-

próbákban a 7. b ábrán látható. Ez a hisztogram mutatja, hogy a ritkaföldfémmentes és a két szincérium-tartalmú gömbösítő ötvözet teljesen fehérítőre ékpróbatokat eredményezett egészen az ék tetejéig (50 mm). A lantántartalmú gömbösítő ötvözetek adták a legkisebb, csak kb. 11-12 mm mély kérget, míg a fémkeveréket tartalmazó ötvözet körülbelül 14 mm mély kérget eredményezett az ékben.

#### Zsugorodási porozitás

A 4. táblázat és a 6. b. és c. ábrák mutatják, hogy a zsugorodási porozitást teljesen kiküszöbölték, amikor színlantántartalmú MgFeSi gömbösítő ötvözetet használtak. A szincériumot tartalmazó ötvözetek mindkét esetben (6.d. és e. ábra) elszórt mikroporozitást eredményeztek a szövetben, körülbelül 2%-nyi mérhető pórusal. Az 1% keverékfém tartalmazó ötvözet használatakor (6. f. ábra) nagy zsugorodási üreg keletkezett a dermedés során fellépő elsődleges zsugorodási hatások következtében. A 6. a. ábrán jelentős elszórt mikroporozitás látható a ritkaföldfémmentes gömbösítő ötvözetrel kezelt próbában. A 7. d. ábra egy hisztogram, amely az összes vizsgált minta relatív zsugorodási értékét mutatja.

A kis kérgesedési és zsugorodási hajlam következtében, különösen a 0,5% lantántartalmú MgFeSi gömbösítő ötvözet esetében, az utólagos módosító anyag adagolásának szükségessége minimális, vagy az teljesen el is hagyható. Így a lantántartalmú MgFeSi-ötvözetet használó üstkezelő eljárás egyedülálló, új gömbösítő módszert jelent, amely abban az értelemben is költséghatékony, hogy az utólagos módosítás igénye minimális.

#### Termikus elemzési adatok

Az összes adagon ATAS® Verifier 4.0 szoftverrel végzett termikus elemzés fontos eltéréseket mutat az egyes felhasznált gömbösítő ötvözetek között. A 7.a. ábra mutatja a jellemző hőmérsékleti adatokat:  $TE_{low}$  alsó eutektikus hőmérsékletet,  $TE_{high}$  felső eutektikus hőmérsékletet és a TS dermedési véghőmérsékletet.

Látható, hogy a legnagyobb hőmérsékletet a 0,5% lantánt tartalmazó ötvözet használata esetén mérték, ami arra utal, hogy itt a legnagyobb az ellenállás a kérgesedéssel és zsugorodással szemben. A legkisebb TS-hőmérsékletet a cériumtartalmú és a ritkaföldfémmentes ötvöze-

tek alkalmazása esetén mérték. Az alacsony TS az erős zsugorodási hajlam jele. Ezek a termikus elemzési hőmérsékletmérési megfigyelések jól megfelelnek az öntött minták tényleges kérgesedési és zsugorodási méréseinek (7.b. és d. ábrák). A 7. c. ábra egy hisztogram a jellemző grafitfénytényezőkről (GRF1 és GRF2) a termikus elemzés alapján. Ezek a tényezők fontos információt nyújtanak a zsugorodási hajlamról. Nagy GRF1 és kis GRF2 kívánatos a legkisebb zsugorodási hajlam eléréséhez. Azt tapasztalták, hogy a két színlantánt tartalmazó ötvözet adta a legnagyobb, kb. 95-100-as GRF1, és a legkisebb, kb. 30-35-ös GRF2 értékeket. Inverz helyzetet észleltek a szincérium-tartalmú ötvözeteknél.

A grafitfénytényező méréseiből származó ilyen megfigyelések egybeesnek az öntött mintákon végzett tényleges zsugorodási mérések eredményeivel (7. d. ábra).

#### Összefoglalás

A kutatómunka eredményeiből az alábbi következtetések vonhatók le:

A színlantán-tartalmú MgFeSi gömbösítő ötvözetekkel üstben kezelt gömbgrafitos öntöttvas grafitgömbszáma kétszer-háromszor nagyobb, mint a szincérium-tartalmú ötvözetekkel kezelté.

A gömbösség mértéke 10-20%-kal nagyobb a színlantántartalmú MgFeSi-ötvözet esetén.

A perlitttartalom legfeljebb 50%-kal csökken a lantántartalmú ötvözetek esetén a szincériumos ötvözetek használatával szemben.

A grafitgömbök méretmegoszlása jobban tart a kis méretek felé a színlantántartalmú gömbösítő ötvözet használatakor.

A kérgesedési hajlam jóval kisebb a színlantánt tartalmazó MgFeSi gömbösítő ötvözet használatakor, a 0,5% lantántartalmú ötvözet esetén az 5 mm vastag öntvény gyakorlatilag karbidmentes módosíthatatlan állapotban is.

Színlantántartalmú MgFeSi ötvözet használatakor a keresztpróba melegfoltjában zsugorodási porozitás nem található.

A termikus elemzés adatai alátámasztják a metallográfiai eredményeket; a színlantántartalmú MgFeSi gömbösítő ötvözetrel végzett üstkezelés esetén jelentősen csökken a kérgesedési és a zsugorodási hajlam.

## Irodalom

- [1] *Bofan, Z., Langer, E. W.:* Scandinavian Journal of Metallurgy, 1984, 13, p 15.
- [2] *Stefanescu, D. M., Biswal, S. K., Kanetkar, C., Cornell, H. H.:* Proceedings of Advanced Casting Technology, Kalamazoo MI, USA, Nov. 1986, p 167.
- [3] *Udomom, U. H., Loper, C. R., Jr.:* AFS Transactions, 1985, 93, p 519.
- [4] *Itoufuji, H., Uchikawa, H.:* AFS Transactions, 1990, 98, p 429.
- [5] *Pan, E. N., Lin, C. N., Chiou, H. S.:* Japanese Foundrymen's Society Proceedings 2nd Asian Foundry Congress, 1994, p 36.
- [6] *Liu, P. C., Li, T. X., Li, C. L., Loper, C. R., Jr.:* AFS Transactions, 1989, 97, p 11.
- [7] *Lalich, M. J.:* Proceedings 2nd international symposium on the metallurgy of cast iron, Geneva, Switzerland, May 1974, p 561.
- [8] *Kanetkar, C. S., Cornell, H. H., Stefanescu, D. M.:* AFS Transactions, 1984, 92, p 417.
- [9] *Onsien, M. I., Grong, Skaland, T., Olsen, S. O.:* AFS Transactions, 1997, 105, p 147.
- [10] *Dunks, C. M.:* "In-the-mould Worldwide – Today and tomorrow", AFS Transactions, 1982.

## A világ öntvénytermelése 2002-ben, t

Összeállította dr. Lengyel Károly a Giesserei-Rundschau 2004. 1/2. sz. 36. old. alapján

Ország	Lennoxgrafitós vasöntvény	Gőnnygrafitós vasöntvény	Tempo öntvény	Acélöntvény	Bazaltapó öntvények	Alumínium öntvény	Magnézium öntvény	Cink öntvény	Egyéb nemvasfém öntvény	Összes
Ausztria	51.524	117.549 <sup>AB</sup>		13.630	4.121	102.912	5.917	10.661		506.504
Belgium	77.954	18.593	36.979	11.461	534	25.050		1.137	50	171.758
Brazília	1.219.207	493.652	23.189	87.156	13.735	122.048	4.074	7.578		1.970.631
Kanada*	684.000 <sup>AD</sup>			152.000		76.000 <sup>E</sup>				912.000
Kína	9.846.108	2.991.986	451.788	1.692.109	156.966	979.290 <sup>F</sup>		146.316		16.261.563
Hollandország	73.583	12.799	90	1.171	603	9.997		586	1.345 <sup>G</sup>	53.076
Csehország	247.009	42.783	9.851	81.911	1.706	55.839	2	1.935	56	441.152
Dánia <sup>I</sup>	52.853	31.144			1.322					88.619
Finnország	55.568	43.283 <sup>II</sup>		16.678	3.898	5.287 <sup>F</sup>		474	8	125.196
Franciaország	2.513.061 <sup>III</sup>			114.939		390.741 <sup>F</sup>				3.018.180
Szlovénia	2.253.278	1.276.751	48.277	181.358	89.993	660.548	24.506	66.624	4.157	4.595.442
Nagy-Britannia	545.000	326.000	15.300							886.300
Mexikó	56.435	12.375	53	5.576 <sup>E</sup>	2.312 <sup>E</sup>	63.401		2.491	116	136.759
India	2.379.000	360.000 <sup>II</sup>	46.000	525.000		142.000 <sup>F</sup>				5.262.000
Iszrael*	288.000	95.000 <sup>III</sup>	1.500	28.000	25.000	30.000		5.000		464.500
Észak-Korea	933.855	443.840	9.650	74.521	110.000	777.091	13.100	79.608		2.440.866
Japán	2.351.141	1.742.125	81.064	242.488	86.763	1.217.129	166	34.463	6.223	5.751.760
Korea	925.100	523.400 <sup>I</sup>	47.900	144.500	21.600	45.500			5.500 <sup>II</sup>	1.713.500
Mexikó	808.000 <sup>A</sup>	175.000		303.000	175.000	480.000		310.000		2.030.000
Hollandia <sup>I</sup>	66.100	60.300	5.200	700						132.500
Norvégia	19.606	44.247		3.483	3.458	23.278				94.072
Éngyelország	389.492	161.907	14.647	44.605	5.127	97.972	77	6.605	312	660.086
Portugália*	44.200	51.000	100	14.400	5.906	17.429	350	1.856	115	125.135
Rumánia*	255.173	20.736	5.810	53.799	9.984	18.130		1.568		365.491
Szlovákia**	4.408.000 <sup>AD</sup>			1.708.000		600.000 <sup>F</sup>				6.200.000
Szlovénia	57.616	25.616	4.200	22.420	3.488	21.882	5.519	2.925	281	143.856
Spanyolország	592.170	642.600 <sup>F</sup>	21.750	50.180	8.720	265.830		16.408		1.628.620
Ész.-Minea**	771.700	88.400	1.400	144.496	5.000	45.600		3.500	2.020	514.616
Svédország	156.800	57.000	39.800	10.000		37.100	1.600	4.708		287.500
Szvájc	29.020	51.373			2.319	17.083 <sup>F</sup>		1.736		101.531
Tajvan	722.600	235.000	8.000	62.700	49.000	767.090	5.000	50.000	1.840	1.441.140
Thaiföld	67.080	130.800	1.350	1.300		3.200			2.681	176.530
Törökország	629.000	139.000	7.600	113.500	2.120	41.350		1.540		921.600
USA	4.463.423	3.783.190	115.214	848.367	266.715	1.876.997	78.019	297.562	170.553 <sup>B</sup>	11.811.742
UKrajna	626.613	40.000	15.000	266.600	11.000	20.500				974.710
Összes	37.998.498	14.056.237	941.937	6.527.807	1.076.495	8.655.414	136.525	844.419	195.343	70.209.475

\* 2001. évi termelés

\*\* 2000. évi termelés

### Jelölésrendszer

A temperáltöntvényrel együtt

B lennoxgrafitossal együtt

C magnéziumöntvényrel együtt

D gönnygrafitós vasöntvényrel együtt

F nemvasfém öntvényekkel együtt

F acélöntvény

G leber törtöltő vasöntvényrel együtt

II 15 000 t évesen átváltott öntőrendszerrel együtt

(nagy króm tartalmú öntőanyag)

I csak vasalapú öntvények

J öntött csővel együtt

K precíziós öntvényekkel együtt

L nemvasfém öntvények közül csak a rezalapúak

