

MEZZÖLNÉ SINKA TÜNDE – DÚL JENŐ

Növelt szilárdságú gömbgrafitos vasöntvény előállítása

A dolgozat tárgya a növelt szilárdságú gömbgrafitos öntöttvas tulajdonságait befolyásoló tényezők hatásának vizsgálata annak érdekében, hogy az ilyen tulajdonságú öntvényeket megbízhatóan állíthassuk elő, a leggyakoribb és elkerülendő hibákat kiküszöböljük. A bemutatott eredmények a Busch-Hungária Kft.-től származnak egy jármű futóművébe szerelendő alkatrész gyártásának kísérleti és fejlesztési szakaszából. A féknyeregéből vett mintákat a Miskolci Egyetemen és a Busch-Hungária Kft. laboratóriumában vizsgáltuk.

1. Bevezetés

A tömegcsökkentés érdekében a járműipar a biztonsági öntvényalkatrészek gyártóitól a nagy szilárdság (R_m , $R_{p0,2}$, E_0) mellett a szabványoshoz képest nagyobb nyúlást (A_5) vár el. Ezeket a tulajdonságokat az öntvényből kimunkált szakítópálcán mérve követelik meg. Ilyen termék a Busch-Hungária Kft. által előállított féknyereg-öntvény, melyet EN-GJS 650-6 anyagminőségből kell gyártani.

A dolgozat összefoglalja ennek vevői specifikáció szerint módosított gyártásának metallurgiai viszonyait, és áttekintést nyújt a leggyakoribb metallurgiai hibákról.

A nagy szilárdságú, szívós gömbgrafitos vasöntvény üzembiztos gyártásához a metallurgiai és gyártástechnológiai paraméterek rendkívül szűk tartománya tartozik, melyet csak szisztematikus kísérleti program szerint lehet optimalizálni. Ezen öntvények gyártásakor különös figyelmet kell fordítani a nyersanyagok kiválasztására, erős felügyelet kell az olvasztási fázisban.

A megfelelő fémkezelési eljárás előírásainak betartása jelentheti csak a hibák megelőzésének módját.

A vizsgált gömbgrafitos vasöntvény leggyakoribb hibája az előírtnál kisebb szilárdság, melynek oka egyrészt a zsugorodási porozitás kialakulása, ami a formázóanyaggal, a tápfejekkel és a táplálórendszerrel hozható kapcsolatba, másrészt az olvadék nem megfelelő metallurgiai minősége, ami pedig a betétanyagoktól, az olvasztási technológiától és az olvadékkezeléstől függően változik [1].

A kísérleti gyártás során végzett üzemi vizsgálatokat kiegészítettük a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán végzett mikroszerkezeti vizsgálatokkal, és ezek alapján határoztuk meg a metallurgiai folyamatok optimális értékeit.

2. Növelt szilárdságú gömbgrafitos öntöttvas üzemi előállítása

Az olvasztás 8,5 tonna befogadóképességű indukciós kemencékben történik. A betét

nyersvasból, acélhulladékból, visszatérő hulladékból és felkarbonizáló anyagokból áll.

Az alapvas összetételét ARL 3460 spektrométerrel elemeztük, hőmérsékletét Keller und Heraus DigiTemp típusú bemártó piro-méterrel mértük. A 8,5 tonnás adagokat egy 70 tonna kapacitású, ASEA gyártmányú csatornás indukciós hőtartó kemencébe öntik át, ahol minden kezelésre kivett adag összetételét spektrométeres vizsgálattal ellenőrzik. Az öntési adag 2 tonna tömegű, a gömbösítő kezelést Tundish-üstben végzik. Kezelés után az üstöt targoncával viszik a formázószorhoz, ahol lesalakolják, hőmérsékletet mérnek, majd a benne levő fémét átöntik a 2,5 t kapacitású, Junker gyártmányú öntőgéphez. Átöntés után ismét salakolnak és hőmérsékletet mérnek. A beoltás öntés közben, a fém sugarba való porlasztással történik. Egy-egy adagot a gömbösítő kezelés után 12 percen belül leöntenek.

2.1 A vevő követelményei a termékkel kapcsolatban

A termékre előírt anyagminőség EN-GJS-600-6 mod. azzal a kikötéssel, hogy a szövetben a perlit > 60%, a karbid < 1% legyen.

A nagy szilárdsági értékek mellett a szabványoshoz képest nagyobb nyúlást az öntvényből 4 helyről kimunkált, 6 mm átmérőjű szakítópálcán mérve kell elérni. Ehhez biztosítani kell az öntvény porozitástól és egyéb metallurgiai hibáktól való mentességét. Az üzembiztos, ingadozásoktól mentes gyártáshoz erős felügyeletet kell biztosítani mind formázáskor, mind pedig az olvasztási és kezelési folyamatok végzésekor.

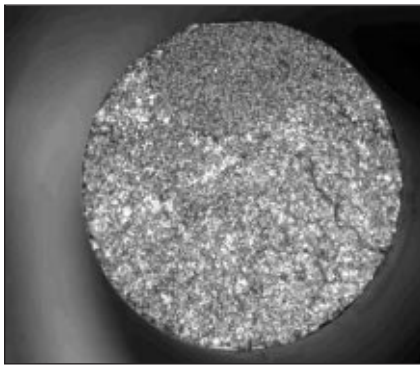
2.2 Kritikus pontok a gyártás során

2.2.1 Alapanyagok

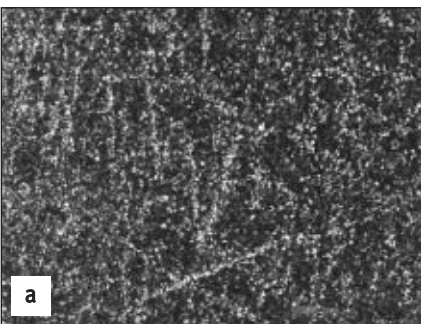
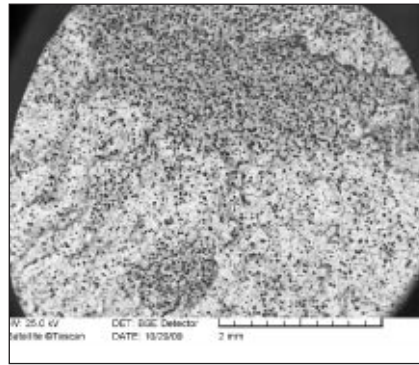
Az adott anyagminőség előállításának kísérleti fázisában hamar rá kellett jönnünk, hogy az előírt követelmények teljesítése ál-

Mezzölné Sinka Tünde 1999-ben szerzett műszaki menedzser diplomát a Miskolci Egyetem Dunaújvárosi Főiskolai Karán, majd 2001-ben öntő szakirányos kohómérnöki oklevelet a Miskolci Egyetem Anyag- és Kohómérnöki Karán. 2001-ben a RÁBA Rt. gömbgrafitos öntödéjében gyártástervező technológus mérnök, majd az AKG Zrt. acél- és gömbgrafitos öntödéjében kutatási-fejlesztési és technológiai osztályvezető. 2009-től a Busch-Hungária Kft. minőségbiztosítási vezetője, 2010-től a kutatás-fejlesztés vezetője. 2001-től a Miskolci Egyetem Kerpely Antal Doktori Iskola keretein belül PhD képzésben vesz részt, témavezetője dr. Dúl Jenő. Szakterülete a gömbgrafitos öntvénygyártás, kutatási témája a nagyszilárdságú gömbgrafitos öntvények előállítása.

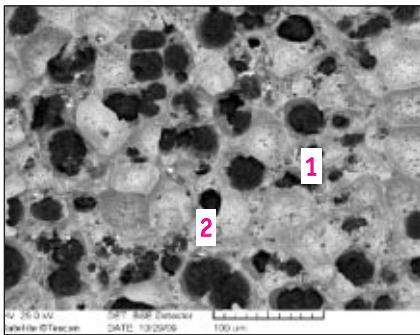
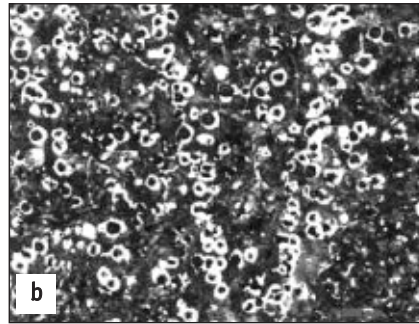
Dr. Dúl Jenő életrajzát a BKL Kohászat 2009. 5. számában közzéltük.



■ **1. ábra.** A hibás öntvényből kimunkált szakítópálca sötét foltos töretfelülete



■ **2. ábra.** Soros grafitkiválás a hibás rész csiszolatán. a: N = 50x, b: N = 100x



■ **3. ábra.** A sötét folton található ritkaföldfém-tartalmú zárványok

landó összetételű, nagy tisztaságú alapvasat kíván, így az alapanyag-beszállítóink felé nekünk is emelt szintű követelményeket kellett támasztani. Amíg ez nem valósult meg, addig az elvárt kémiai összetétel ugyan teljesült, de a mechanikai vizsgálat értékei nagy ingadozást mutattak, és nem volt kézben tartható a folyamat [6].

Ez az anyagminőség kizárólag tiszta és állandó összetételű betétalkotók felhasználásával gyártható üzembiztosan. A felhasznált alap- és segédanyagok állandóságát jól működő idegenáru-ellenőrzéssel és egy stabil minőségbiztosítási rendszer működtetésével lehet megvalósítani. Nem bizonyított összetételű betétalkotót semmi esetre sem szabad felhasználni. Előfordul-

hat, hogy még bizonyított összetételű hulladékba is belekerülhet a bálázás során olyan szennyező, mely lecsökkenti a szilárdsági és szilárdsági tulajdonságokat.

Az adagvezetések és a kezelések folyamatos kontrollja és dokumentációja elengedhetetlen az anyagminőség gyártástechnológiájának kifejlesztése során, de a folyamatos, ingadozásoktól mentes üzemmenethez is nélkülözhetetlen. A kísérleti fázisban a szokásosnál több ellenőrzési pont felállítása szükséges, a gyártással kapcsolatos minden tevékenységet részletesen dokumentálni kell, és egy szakmai, keresztfunkciós projektteam napi konzultációja is szükségesnek látszik.

A kísérleti gyártás során az öntvényből a kijelölt helyeken kivett szakítópálcák vizsgálati eredményei jellegzetes eltérést mutattak. Az öntési helyzet szerint az öntvény alsó részéből kimunkált szakítópálcákkal az előírt értékek teljesültek, a felső részen kimunkáltakon a nyúlás az elvártnál kisebb volt. Az öntvény öntési helyzetének megváltoztatása esetén ugyanilyen különbséget tapasztaltunk, ebben az esetben is a felső részen nem teljesültek az elvárt jellemzők.

2.2.2 Kezelés és salakolás

A felső részből kimunkált szakítópálcák területén jelentős kiterjedésű sötét foltot fi-

gyelhetünk meg a hibás öntvényeknél. A töretfelületről készített makrofelvételeket az 1. ábrán mutatjuk be.

A törésfelületen a sötét foltban síkba rendeződött grafitos felületet figyelhetünk meg.

A hibás részről mikroszkópos csiszolatot készítettünk, melyen soros jellegű grafitkiválást figyelhetünk meg (2. ábra) [3] [4].

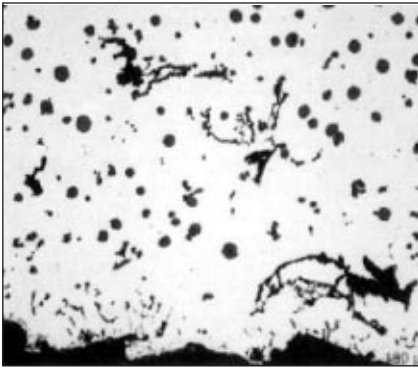
A töretfelületről raszter elektronmikroszkópos felvételeket is készítettünk, és az inhomogenitásokat scanning elektronmikroszkópos vizsgálattal elemeztük. A felvettelt a 3. ábrán mutatjuk be, a bejelölt pontokban az összetételt pedig az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A 3. ábrán bejelölt pontok összetétele

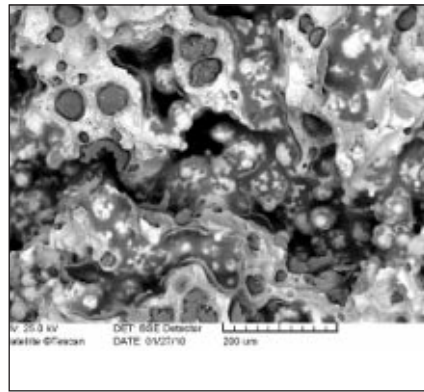
Összetétel, %	1. pont	2. pont
Mg	1,25	1,73
Si	1,76	1,44
S	14,03	19,83
La	25,61	32,05
Ce	12,4	16,24
Pr	0,00	1,43
Mn	0,00	0,00
Fe	43,43	24,12

A réteges jellegű grafitkiválás az olvadék és a salak reakciójának a következménye. Az inhomogenitás oka a salakos-szemetes olvadék, ami az öntökemencében lévő maradék olvadékhoz öntött, új kezeléssel származó olvadék által bemosódó, bekeveredő salak miatt jön létre a nagyobb ritkaföldfém-tartalmú, reakcióképes olvadékkal reagálva. Ez teszi bizonytalanná (néha jó, máskor rossz irányban) a gyártást. A salakbejutás feltétele és a salak eloszlása eltérő az öntvény alsó és felső részén, ezért eltérő a szakítóvizsgálat eredménye is a helyi viszonyoktól függően alul és felül. A ritkaföldfémek és zárványaik dúsulnak a maradék olvadékban, és az öntvény megszilárdulása közben annak belsejében fordulnak elő nagyobb mennyiségben. Ez dúsulás és nem felúszás.

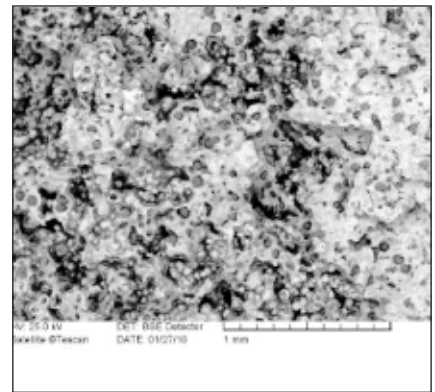
A jó eredményt mutató szakítópórápálcákban is benne van a nagyobb perlit- és ritkaföldfémzárvány-tartalmú folt, de nincs benne soros (réteges jellegű) grafit. A magnéziumos kezelőanyag és a beoltás az olvadék tulajdonságait (reakcióképességet) változtatja meg. Ez valószínűleg segít a hiba csökkentésében, de nem oldja meg a problémát. A hiba teljes kiküszöbölése a



■ 4. ábra. Salakzárványok a hibás rész csiszolatán, N = 100x



■ 5. ábra. Szívódási porozitás a szakadási felületen



salak bekeveredésének megszüntetésétől várható, ha az üzembiztosan megoldható [3], [4], [7].

Erre sajátos, a Tundish-üstben való kezeléshez illeszkedő többlépcsős salakeltávolítást alkalmazunk, melynek időpontját és időtartamát ki kellett kísérletezni. Másrészt optimalizálni kellett a gömbösítő kezelést, beleértve a kezelőanyag típusát, szemcseméretét és mennyiségét [5].

A kezelés paramétereit kéttonnás adagoként, a hőntartó kemence utolsó kémiai analízise alapján, számítógépes programmal határozza meg az olvasztásvezető. A program számol a csapolási hőmérséklet ingadozásával, korrigálja a kihozatalt, így a kezelőanyag mennyiségét a várható kihozatal függvényében. A korrekció alapja a tapasztalati úton, hosszas adatgyűjtéssel létrehozott adatbázis, mely speciálisan a Bush-Hungária Kft. kezelési eljárására jellemző. Jó minőségű, kevés oxigént és kenet tartalmazó alapvas esetében a kezelőanyag mennyiségét jelentősen csökkenteni lehet, így a kezelés mellékterméke, a salak és a magnéziumzárványok mennyisége is jelentősen csökkent.

Rontották a szilárdsági tulajdonságokat a 4. ábrán látható salakzárványok is, amelyek az alkalmazott habkerámia szűrő ellenére bejutottak a formaüregbe.

Helyes kezelési és öntési hőmérséklet alkalmazásával, a kezelőanyag mennyiségének redukálásával, valamint a többlépcsős salakeltávolítás bevezetésével bejutásuk megakadályozható lett [5], [7]. Más egyéb esetben a salakzárványok keletkezésének oka lehet még a formában fellépő turbulens áramlás vagy a ritkaföldfémek felűsülése is.

2.2.3 Formázás- és táplálástechnika

A leggyakrabban előforduló hibák közé tar-

tozik az öntészetben a szívódás és a porozitás (5. ábra). A nagy szilárdságú anyagok szívódási hajlama nagyobb. A hiba oka egyrészt a táplálásban, ill. a formázási paraméterekben keresendő, másrészt pedig az olvadék kezelésének körülményeitől és metallurgiai minőségétől függ [1]. A hiba az alábbi felsorolás tényezőinek felülvizsgálatával szüntethető meg:

- elégtelen formaszilárdság, mely dilataciót okoz;
- elégtelen fémutánáplálás, helytelen táplálórendszer;
- túl sok magnézium;
- kis karbonegyenérték;
- alul- vagy felüloltás.

Ezen okok közül behatóan foglalkozunk a táplálórendszer méretezésével [1]. Az alkalmazott táplálórendszer tapasztalataink szerint akkor jó, ha az olvadék turbulens áramlásoktól mentesen tölti meg a formaüreget, a salakot szűrő tartja vissza, és az alkalmazott tápfej nem szigetelő, hanem hőt leadó. Szerszámtervezéskor hagyjunk helyet az esetleges későbbi változtatásoknak. Sok időt és energiát takarítunk meg, ha szimulációval ellenőrizzük a tervezési fázisban a töltési és dermedési viszonyokat.

3. Összefoglalás

Összegezve tehát az alábbiak azok a legfontosabb tényezők, amelyeknek figyelembevétele elengedhetetlen a nagy szilárdságú és nagy szívósságú gömbgrafitos öntvények gyártásakor:

- nagy tisztaságú, bizonylatolt betétalkotók, alap- és segédanyagok használata;
- optimális táplálástechnika, gondos szerszámtervezés, formatöltés- és dermedésszimuláció;
- jó olvadékminőség (alapvas) elérése

megfelelő olvasztástechnológia és adagvezetés alkalmazásával;

- a túlhevítés hőmérsékletének ellenőrzése, a hőntartás minimalizálása, ezek hatásainak figyelembevétele;
- optimális kezelési paraméterek beállítása az alapvas összetételének és az alkalmazandó kezelési eljárásnak a függvényében;
- a Tundish-üstben való kezeléskor adagolt gömbösítő kezelőanyag típusának gondos kiválasztása és mennyiségének meghatározása az alapvas kéntartalmának és a végpróbából elemzett visszamaradó magnéziumtartalomnak a függvényében. Ez feltételezi, hogy az alapvas kémiai összetétele közel állandó, és a gömbösítő eljárás magnéziumkihozatala és reakciófaktora is csak adott határok között változik. Fontos a szükséges visszamaradó magnézium mennyiségének a meghatározása és a gömbösítő ötvözet túladagolásának elkerülése, amely egy alacsony, állandó kéntartalom betartásával biztosítható. Ezáltal csökkentjük a salak képződésének lehetőségét is;
- megfelelő salakkezelés. A magnéziumos kezelés célja, hogy a grafit gömb alakban való kristályosodásának elősegítésére a gömbösítő anyag reakcióba lépjen az olvadékban levő kénnel és oxigénnel. A kezelés közben melléktermékek keletkeznek. Ezek az olvadékban többféle formában vannak jelen, pl. magnéziumos salakképződmények, oxid- és szulfidzárványok. Mivel felülszási sebességük más és más, több lépcsőből álló salakeltávolítási eljárás alkalmazása szükséges a kezelés során fellépő reakciók jellegétől függően;
- anyagminőségtől és öntvényalaktól függő kezelési és öntési hőmérséklet beállítása.