

TOKÁR MONIKA – MENDE TAMÁS

Nyomásos öntvények szövetszerkezetének vizsgálata

A nyomásos öntvények tulajdonságait nagymértékben befolyásolja a benne található porozitás mértéke és eloszlása, a szekunder dendritág távolság (DAS), illetve az eutektikum finomsága. Nyomásos öntéssel készült alumíniumöntvény-metszetek vizsgálata során vékony- ill. vastagfalú részekről, felületről, illetve az öntvény belsőjéből vett csiszolatokat készítettünk. A mintavétel során főbb szempontok közé tartozott a megmunkált felületeken szemmel látható pórusok, az eltérő falvastagság okozta dermedési különbségek, ill. a forma és a mag eltérő hűtőhatásának a kialakuló morfológiára gyakorolt hatásvizsgálata. A próbadarabokat fénymikroszkóppal vizsgáltuk és scanning elektronmikroszkóppal elemeztük (jelen cikkünkben csak a fénymikroszkópos vizsgálatokat mutatjuk be), valamint puffasztásos vizsgálatot és keménységmérést végeztünk.

Amint az közismert, az öntés közben lejátszódó folyamatok jelentős hatást gyakorolnak az öntvény minőségére. A nyomásos öntvények tulajdonságait számos tényező befolyásolja, melyek közül a legfontosabbak: az ötvözet minősége és hőmérséklete, a szerszám minősége és hőmérséklete, a szerszám lefújása, a leválasztóanyag minősége, a beömlőrendszer méretei és geometriája, a formatöltési- és gépparaméterek beállítása, valamint a gép állapota és minősége. Az öntvényekkel szemben szigorú követelményeket támasztanak, ilyen például a nyomástömorség, a garantált szilárdság, a kiváló felületi minőség vagy a méretpontosság.

(Nyomástömör az öntvény, ha egy előírt nyomáskülönbséget meghatározott ideig megtart.) Ezen követelmények közül gyakran több együtt jelentkezik, ám mindegyiket más öntési paraméterekkel lehet teljesíteni, így megvalósításuk komoly mérnöki feladat.

Az öntvények tulajdonságainak változását elsősorban a bennük található porozitás mennyisége és eloszlása, a szekunder dendritág távolság és az eutektikum finomsága befolyásolják. Vizsgálataink során különös tekintettel voltunk a porozításra. A pórusok keletkezése leggyakrabban a formatöltés közben besodort levegőbezáródásokkal, az olvadék-

ban oldott gáz kiválásával, illetve a dendritágak közötti mikroszugarodási üregekkel hozható összefüggésbe. A leggyakrabban, pórusosságot befolyásoló technológiai tényezők közé soroljuk a helytelen szerszámkialakítást, a nem megfelelő öntvénygeometriát, illetve a nem megfelelően használt leválasztóanyagokat. Fontos megjegyezni, hogy a lokális hőcentrumok kialakulása szintén porozitást, valamint belső repedéseket is eredményez.

Jelen munkánk során DIN-230 szabványos összetételű Al-Si nyomásos öntvény-szeleteket vizsgálhattunk. A következőkben csupán a hibajelenségek, a szövetszerkezetek, illetve azok vizsgálati eredményeinek bemutatása a célunk.

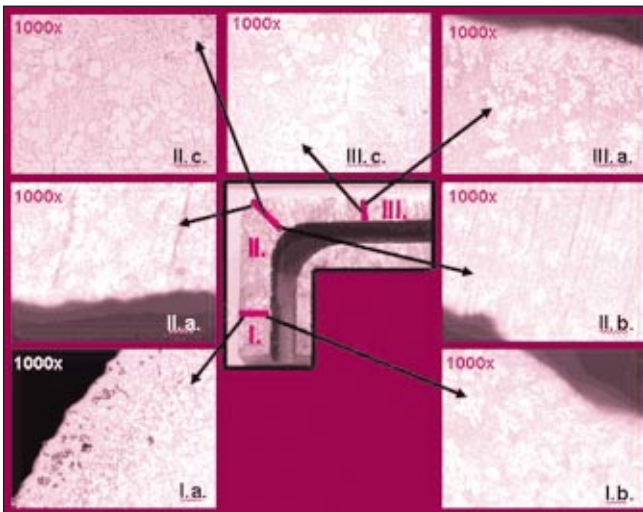
Mikroszkópos vizsgálatok

A próbadarabok öntészeti szempontból jellemző helyeiről vett mintából csiszolatokat készítettünk. A mintavételi helyek kiválasztása során a forma és a mag eltérő hűtőhatását, a „sarokhatást”, illetve a vékony- és vastagfalú részben a falvastagság-különbség okozta eltérő szövetszerkezetet vizsgáltuk.

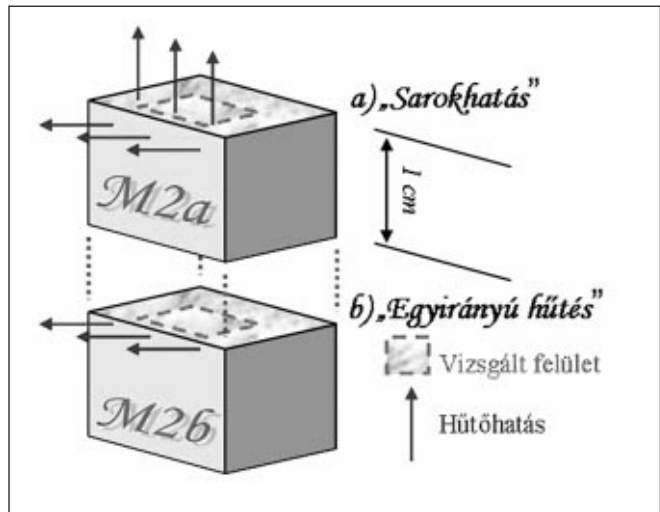
A formarészek hűtőhatásának vizsgálata során az volt a célunk, hogy összehasonlítsuk a külső, vastag formarész, valamint az olvadékkal körbevett belső formarész különböző hűtőhatása által kialakult eltérő szövetszerkezetet. Az 1. ábrán „I”-el jelölt vonalon, a külső formafallal határos részen a rendkívül sok levegő- és gázbezáródás (I.a) a formarész nem tökéletes kilevegőzésére, ill. a leválasztóanyag nem megfelelő alkalmazására enged következtetni (túl nagy mennyiség). Az „I”-es vonal jobb oldali végénél, a belső kontúron porozitás nem figyelhető meg (I.b). A darab középső íves részénél („II”-es vonal) a külső kontúr (II.a) tartalmaz kevés pórust, a belső kontúrnál (II.b) azonban ez

Tokár Monika 2005-ben érettségizett Kassán a Magyar Tannyelvű Középfokú Ipariskola és Kereskedelmi Akadémián. Jelenleg a ME Műszaki Anyagtudományi Kar 3. éves anyagmérnök BSc hallgatója, öntész – hőkezelő szakirányon. 2007 februárjában kezdett tudományos diákköri munkába a Metallurgiai és Öntészeti Tanszéken. Részt vett a GIFA 2007 Öntészeti Világkiállításon, előadást tartott a VIII. Fémkohászati Szakmai Napon, valamint a 19. magyar öntőnapokon. A novemberi TDK-konferencián elért kiemelkedő eredményével eljutott az országos TDK-konferenciára.

Mende Tamás 2005-ben végzett okleveles kohómérnöként a ME Műszaki Anyagtudományi Karon. Az Anyagtudományi Intézetben (régii Fémteni Tanszék) 2002 óta végez kutatómunkát a fázisdiagram-számítás területén. Eredményeit számos hazai és külföldi konferencián mutatta be. Többszörös egyetemi és országos TDK 1. helyezett. Tudományos tevékenységét az Iparfejlesztési Közalapítvány Kiváló Minősítésű Diplomamunka Díjjal, az OTDT, az MTA és az Oktatási Minisztérium 2005-ben Pro Scientia Aranyéremmel ismerte el. Jelenleg 3. éves PhD hallgató, doktorjelölt.



■ 1. ábra. A formarészek hűtőhatásának vizsgálata



■ 2. ábra. A vizsgált darabok elvi ábrája

itt sem figyelhető meg. A „III”-as vonalon az öntvény egyik széle sem porózus, ami ezen formarész jól megoldott kilevegőzésére utal (ill. a leválasztóanyag itt nem maradt meg feleslegben). A külső formarész intenzívebb hűtőhatása miatt a külső széleken (I-III.a) sokkal apróbb dendritok és jóval finomabb eutektikum alakult ki, mint a belső íven (I-II.b), vagy a durvább szövetű, még lassabban kristályosodó középső részen (II-III.c).

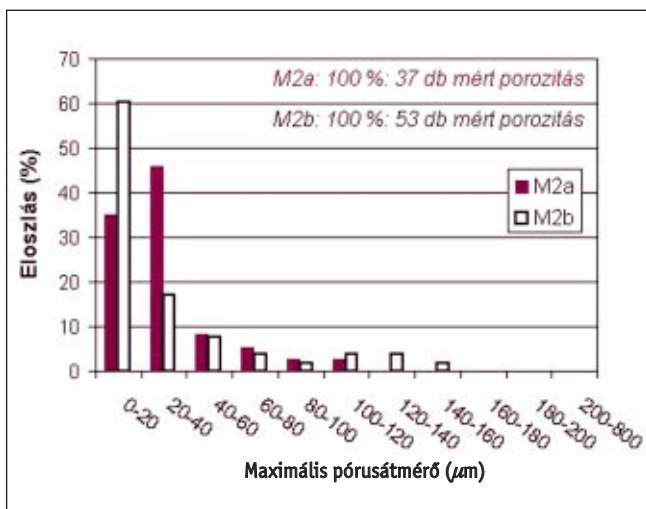
A „sarokhatás” kimutatásához az öntvény felületéről (M2a jelű öntvényrész), illetve a felülettől 1 cm-rel mélyebbről (M2b) munkáltunk ki darabokat, és a formafal öntvényrészekre gyakorolt hűtőhatását vizsgáltuk a pórusmennyiség, valamint a szekunder dendritág távolságok meghatározásával. A 2. ábrán látható, hogy az M2a jelű darab felületéről két

irányból történik a hőelvonás, míg az M2b vizsgált síkjából szignifikánsan csak oldalról történik.

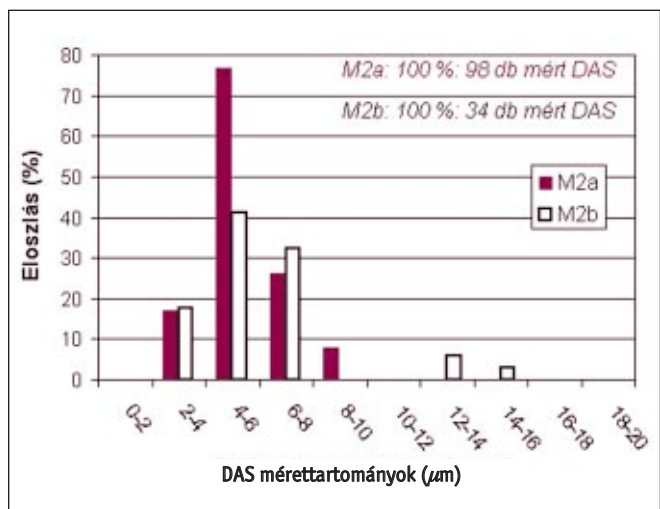
A felületről készített csiszolaton apróbb pórusokat, szívódási üregeket (0-60 μm) és levegőbezáródásokat tapasztaltunk (3. ábra). A felülettől 1 cm-rel mélyebben nagyrészt 10 μm alatti pórusokat találtunk, amiből arra következtettünk, hogy a kristályosodás során a dendritágak összenőttek, és ezzel a kapillárisokon át történő utántáplálást nem engedték végbemenni. A felületről vett minta esetében a szekunder dendritág távolságok jellemzően a 4-8 μm közötti tartományba esnek, maximumos görbe szerinti eloszlással (4. ábra). A felülettől 1 cm-rel mélyebben a felülethez hasonló, kisméretű szekunder dendritágak mellett megjelentek a durvább dendritok is, valamint cellás dendri-

tes szerkezetet is megfigyeltünk. Ez a lokális hőcentrummal, illetve a hőcentrumhoz való közelséggel magyarázható.

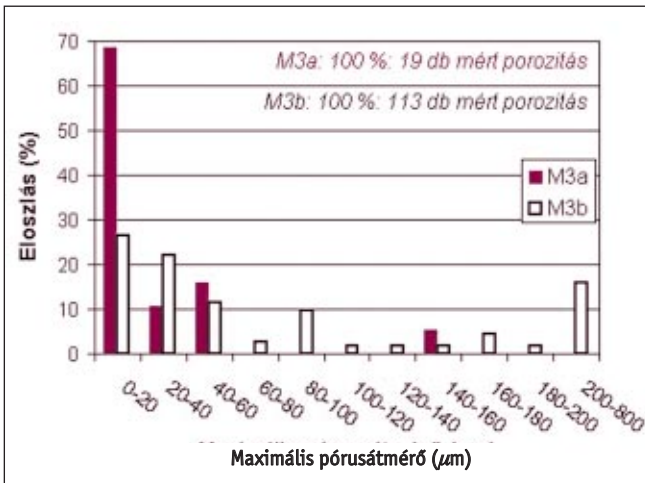
A vékony- és vastagfalú öntvényrész vizsgálatakor a lehűlési sebesség két véglete szerint kialakuló pórusmennyiségeket, szövetszerkezeteket hasonlítottuk össze. A vékonyfalú rész (M3a) esetében 20 μm alatti tartományban helyezkednek el az apró dendritközi porozitások (nincs kapillárisokon át táplálás), 30-60 μm közötti tartományban kis mennyiségben nagyméretű levegőbezáródások jelentek meg. (5. ábra) A vastagfalú rész (M3b) méréseiből kiderült, hogy a legkésőbb megdermedő helyen hatalmas (100-800 μm) levegő-, illetve gázbezáródások, valamint nagy, koncentrált szívódási üregek (gyakran a levegőbezáródásokkal együtt)



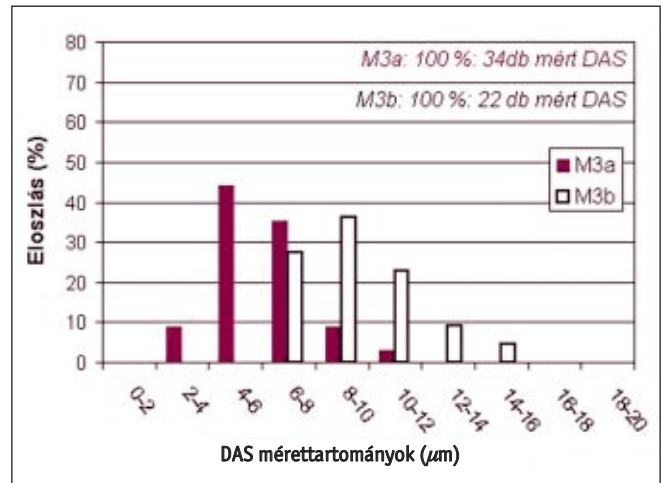
■ 3. ábra. Pórusok méret szerinti eloszlása



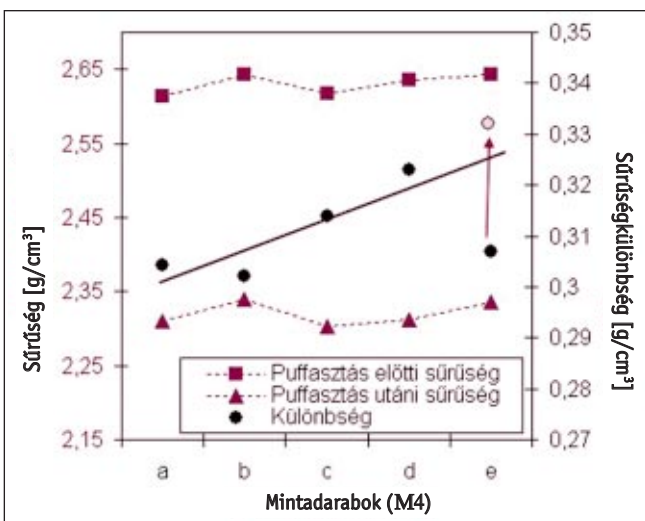
■ 4. ábra. Szekunder dendritág távolságok méret szerinti eloszlása



■ 5. ábra. Pórusok méret szerinti eloszlása



■ 6. ábra. Szekunder dendritág távolságok méret szerinti eloszlása



■ 7. ábra. Puffasztás előtti és utáni sűrűség, illetve a kialakult sűrűségkülönbség a különböző öntvénydarabokban

is megtalálhatóak, mivel ezen hely kitép-lálása, kilevegőzése, a hőcentrum kezelése nem volt megoldott. A vékonyfalú részben található jellemző szekunder dendritág távolságok 4-8 μm, a vastagfalú részben 8-12 μm közötti tartományba esnek, maximumos görbe szerint (6. ábra). Ez az azal magyarázható, hogy a hosszabb dermedési idő a nagyobb szekunder dendritág távolságok irányába, durvuló szövetszerkezet kialakulása felé tolja el az eloszlást.

Puffasztásos vizsgálat

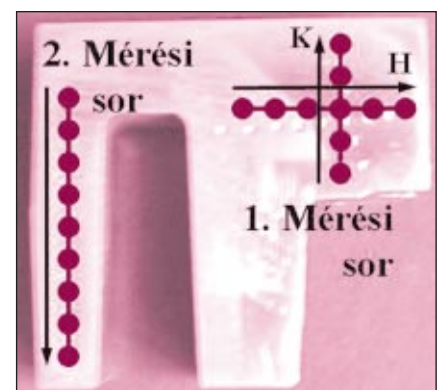
Az ún. puffasztásos vizsgálatot kell elvégezni ahhoz, hogy meg tudjuk vizsgálni, egy adott öntvényrésznel mekkora a levegőbezáródások mértéke, valamint meghatározzuk a bezáródások eloszlását az öntvényben. Erre a célra elkészítettünk egy mintasort az egyik öntvény szelet 5 részre vágásával (M4 a, b, c, d, e minták).

majd vízbe merítve mértük meg. Ezen súlymérések után kiszámoltuk a sűrűséget, majd laboratóriumi tokos kemencében elvégeztük a puffasztást. A metszete- ket 540 °C-on 1 órán át hevítettük. Ez alatt a nagy hőmérséklet hatására meglágyuló alumínium szerkezetet a pórusokban található – a nyomásos öntés 3. fázisának hatalmas nyomó ereje miatt összepréselt – levegő szétfeszíti. (A nyomásos öntészetre jellemzően az öntés, megszilárdulás során bezárt, összenyomott levegőbuborékokban jellemzően 300-500 bar nyomás van.) A folyamat eredményeként a darabok felhólyagosodnak, így a térfogatuk megnő, ami által sűrűségcsökkenés lép fel. Ez a sűrűségcsökkenés mérhető, és arányos az öntvényrészben található pórusmennyiséggel. A puffasztást követően levegőn hűtöttük a darabokat, majd újra megmértük a súlyukat levegőn és vízben,

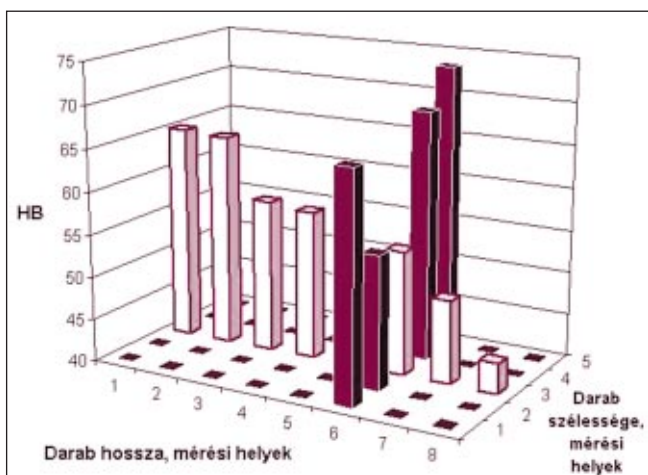
(Az M4e minta – amely mikroszkópos felvételekkel bizonyítottan a legpórusosabb része a darabnak – kétharmad részét tartalmazó levegőbezáródást, hőcentrumot tartalmazó rész nem szerepelt a puffasztásos vizsgálatunkban.) A mintadarabok súlyát először levegőn,

mely adatokból ismét sűrűség értékeket számítottunk.

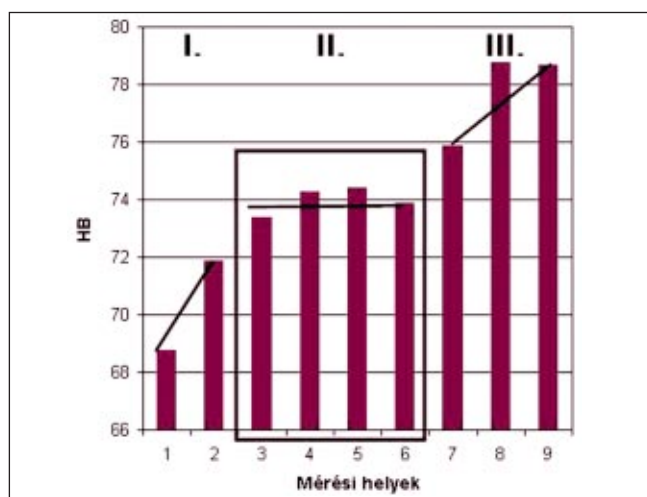
A különböző darabok eltérő sűrűségcsökkenése az öntvényrészek eltérő pórustartalmával magyarázható, ugyanis minél nagyobb a porozitás mértéke, annál nagyobb a puffasztás előtti és a puffasztás utáni sűrűség-különbsége. A 7. ábrán jól megfigyelhető, hogy az M4a és az M4b darabokban van a legkevesebb, az M4c-ben több, míg az M4d öntvényrészben volt a legtöbb porozitás (itt a legnagyobb a sűrűségcsökkenés). Azonban ha az M4e szelet – az egész öntvényt tekintve – legvastagabb részét előzetesen más vizsgálatoknak nem vetettük volna alá, hanem azt is puffasztottuk volna, akkor ott tapasztaltuk volna a legnagyobb sűrűségcsökkenést, a legnagyobb pórusmennyiséget, ahogyan azt a mikroszkópos felvételek alapján is megállapítottuk. Ha ezt a gondolatmenetet követjük, akkor a 7. ábrán az M4e mintához tartozó pont (fekete) a többi értéknél nagyobb különbséget mutatna (szürke pont).



■ 8. ábra. Keménységmérés, 1. és 2. mérési sor



■ 9. ábra. Keménységmérés a vastagfalú részben, hossz-, illetve keresztirányban (1. mérési sor)



■ 10. ábra. Keménységmérés a vékonyfalú részben (2. mérési sor)

Ugyanis ez az M4e mintadarab tartalmazza az öntvény hőcentrumát.

Vizsgálataink alapján egyértelműen kijelenthető, hogy az öntvényben a pórusmennyiség – a 7. ábrán és a szétvágás sorrendjében – balról jobbra (a rávágástól távolodva) növekszik (fekete vonal), ami mindenképpen technológiai felülvizsgálatot, módosítást igényel (öntési sebesség, kilevegőzés, hűtési viszonyok, geometria stb... vizsgálata).

A falvastagság és a keménység kapcsolata

A vizgálatra kimunkált mintadarabunkon Brinell keménységméréseket végeztünk (golyóátmérő: 2,5 mm, terhelőerő: 306 N). 2 mérési sort állítottunk össze. Az 1. mérési sornál az volt a célunk, hogy meghatározzuk a nagyobb falvastagságú rész közepe és széle közötti keménységkülönbséget, ezért hossz-, illetve keresztirányú méréseket végeztünk. (8. ábra) A 2. mérési soron hosszirányú méréseket végeztünk egy vékonyabb falú részen, ahol a keménység változását vizsgáltuk a vastagabb falú résztől a túloldali formafalig haladva. Az 1. mérési sornál azt tapasztaltuk, hogy hosszirányban (9. ábra, világos oszlopok) balról jobbra csökken a keménység. Fontos megjegyeznünk, hogy a darab tovább folytatódik ebben az irányban, azonban az öntvény azon részét nem kaptuk meg (levágták), amelyben a keménység csökkenő tendenciája alapján véleményünk szerint a hőcentrum (és így a legkevésbé kemény szövet) lehetett. A keménységmérés után mikroszkópon vizsgálva a darabot, a keménységcsökkenés irányában durvuló szövetszerkezet volt a jellemző. Keresztirányban (sötét oszlopok)

nagyon jól látható, hogy a keménység értékeknek minimuma van. A széleken intenzívebb a hűtőhatás dermedés közben, így finomabb szövetszerkezet alakul ki, melyet utólagos mikroszkópos vizsgálataink során is megfigyeltünk. A 2. mérési sor (10. ábra) 3 jól elkülöníthető szakaszra osztható. Az I. szakaszban a vastagabb falú rész (lokális hőcentrum) érezteti hatását. A lassabb dermedés következtében kis, a lokális hőcentrumtól távolodva folyamatosan növekvő keménység a jellemző. A III. szakaszban a vékonyfalú rész véglapjának hatása érződik, miszerint itt a hűtőhatás kifejezetten intenzívnek mondható, ezáltal ez a legkeményebb rész, a keménység a véglap felé folyamatosan növekszik. A II. szakaszban azonban sem a vastagrész, sem a véglap nem, csak az oldalsó, hosszú formarész hűtőhatása érződik, amely azonban mindenhol azonos. Ennek értelmében a II. szakasz egyenletes keménységet mutat, amely az I-es és III-as tartományok értékei közé esik. A két mérési sor eredményeit átlagolva az 1. mérési soron 55,4 HB-t, a 2. mérési soron 74,4 HB-t kaptunk. A két mérési sor átlagának különbsége tehát 19,0 HB. Ennek a jelentős különbségnek az okai az eltérő falvastagsággal, ezáltal a dermedés közben kialakuló eltérő szövetszerkezettel magyarázhatóak. A finomabb szerkezet nagyobb keménységet eredményez.

Összefoglalás

Méréseink során jelentős mennyiségben találtunk 60 µm alatti és számos 300-800 µm közötti pórusokat. Gázporozítás és szivódási üregek együtt jelentek meg, míg a

levegőbezáródások alak és jelleg alapján jól elkülöníthetőek voltak. A szekunder dendritág távolságok méreteloszlása maximumos görbe szerint változik, finom dendrites (4-8 µm), valamint durvább, cellás dendrites (14-16 µm) szerkezet is megtalálható. Puffasztásos vizsgálattal megállapítottuk, hogy jelentős eltérés van a különböző öntvényrészek pórustartalmában, a beömlőnyílástól távolodva a porozitás nagymértékben növekszik. Ez a probléma technológiai módosítást igényel (beömlőrendszer geometriájának felülvizsgálata, irányított dermedés megvalósítása bizonyos helyek intenzívebb hűtésével). A várható keménységeloszlást sikerült lemérnünk, a vastagfalú részben a szélek és középrész között 20 HB, a vékonyfalú részben a véglap hatása, ill. a lokális hőcentrum eredményeként 10 HB keménységkülönbség alakult ki.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani dr. Tóth Leventének, a Metallurgiai és Öntészeti Tanszék docensének, aki figyelemreméltó szakmai tanácsaival segítette munkánkat.

Irodalom

- [1.] Dr. Köves E.: Alumínium kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980
- [2.] V. Reimer: Nyomásos öntés, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978
- [3.] Dr. Varga F.: Öntészeti kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985
- [4.] F. Klein: Nyomásos öntvények optimális gyártási feltételei, BKL Öntöde, 1985, 36, 2.