

# Szennyezőelemek változékonysága az öntészeti Al–Si-ötvözetekben

**Járműipari öntvények gyártásakor kiemelkedően fontos az alapanyagként használt ötvözet minősége, már kiválasztásával és az olvadék előkészítésével jelentős befolyással lehetünk a végső termék megfelelőségére. Az Al–Si-alapú öntészeti ötvözetek minősége összefügg a bennük előforduló szennyezőelemek mennyiségével. Az öntvénygyártásban egyre nagyobb arányban használnak fel szekunder (hulladékfém-ből gyártott) ötvözeteket, melyekben az előforduló szennyezőelemek hatása nem kellően ismert. Vizsgálatokat végeztünk gravitációs öntéssel gyártott járműipari öntvényeken annak érdekében, hogy a primer és szekunder ötvözetekben előforduló szennyezőelemek eloszlásának hatását és befolyását meghatározzuk.**

## Bevezetés

Napjainkban, amikor évente több millió személyautót, motorkerékpárt és más járművet gyártanak, valamint a környezetvédelmi előírások szigorítása is komoly kihívás elé állítja a konstruktöröket, minden olyan téma rendkívül aktuális, amely járműipari öntvényekkel, ill. ezen öntvények gyártástechnológiájának felülvizsgálatával, fejlesztésével foglalkozik. Egy gyártástechnológia megalkotása során a szigorúan vett műszaki kérdések mellett törekedni kell a költség- és környezethatékony megoldásokra.

A vevői elvárásoknak megfelelő öntvények gyártásának egyik fontos feltétele a jó minőségű olvadék biztosítása, ezen belül a szennyezőelemek mennyiségének, kedvezőtlen hatásának a csökkentése. A tapasztalatok szerint az öntvényekben előforduló zárványok kialakulása vagy pl. a porozitásképződési hajlam összefügg az olvadékok szennyező-

elem-tartalmával. Az üzemi gyakorlat a szennyezőelemek szabvány által előírt határértékeinek betartását követeli meg, ugyanakkor az alapanyagok előállítási technológiájától függően nagy eltérések tapasztalhatók ezen elemek előfordulásában. Kutatómunkánk jelenlegi szakaszában egy járműipari öntvény családjához használt, különböző alapanyagokból előállított olvadékokban előforduló szennyezőelemek mennyiségének statisztikai elemzését végeztük el annak érdekében, hogy az alapanyagokat és beszállítókat minősíteni tudjuk.

## Öntészeti Al–Si-ötvözetek szennyezőelemei relatív változékonyságának vizsgálata

A szabványos öntészeti ötvözetek szennyezőelemekre vonatkozó határértékei és az öntvényhibák kialakulása közötti összefüggések, különösen ismétlődő hőterhelésnek kitett járműipari öntvények esetén, nem kellően

ismertek. Az olvadékban megtalálható elemekkel kapcsolatban két paraméter van, amit az öntvény minősége szempontjából vizsgálni szükséges, az egyik a szabványban előírt értékek teljesítése, a másik az elemek mennyiségének szórása. Bizonyos elemek nagy szórása akkor is gondot okozhat, ha minden érték az előírtak szerinti, de a határértékekhez közeli tartományban van. A kutatómunka keretében azon elemek változékonyságát vizsgáltuk, amelyek az adott ötvözetek esetén az öntvényekben zárványok kialakulását okozhatják. A statisztikai vizsgálatokban a változékonyság azt jelenti, hogy az egyes mérési pontok – esetünkben az alapanyagként használt ötvözetekben a szennyezőelemek elemzési értékei – az átlaghoz és egymáshoz képest mennyire csoportosulnak, hol helyezkednek el a szabványban megadott határértékekben belül. A változékonyságot a szóródás vizsgálata során határozzuk meg. A vizsgálat alapján lehetőségünk volt azon elemek kiválasztására, amelyek a megengedett felső határérték közelében, vagy afölötti mennyiségben fordulnak elő.

A statisztikai elemzést öt különböző ötvözet esetében végeztük el. Az ötvözeteket alkotó elemeket csoportosítottuk az alapján, hogy a szabvány alsó és felső, vagy csak felső határértéket tartalmaz előfordulásuk mennyiségére. Néhány öntészeti ötvözet esetén az alsó és felső előfordulási határértékkel megadott elemek felsorolását az 1. táblázat tartal-

**Tokár Monika** 2009-ben végzett anyagmérnöki BSc-szakon a ME Műszaki Anyagtudományi Karán. A képzés keretein belül öntészeti és hőkezelési szakirányon fejezte be tanulmányait. 2011-ben szerzett kohómérnöki MSc-oklevelet öntészeti és anyagvizsgálati szakirányon. 2012-ben a képzés keretén belül elvégezte a minőségirányítási kiegészítő szakirányt. Jelenleg a ME Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola II. évfolyamos PhD-hallgatója.

**Tóth Márta** 2012-ben végzett kohómérnöki MSc-szakon a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán, öntészeti és anyagvizsgálati szakirányon. BSc-tanulmányai hőkezelés és képlékenyalakítás szakirányon folytak. 2010-ben Erasmus ösztöndíjjal töltött három hónapot Svédországban a Jönköping Tekniska Högskolan hallgatójaként. Felvételt nyert a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola nappali tagozatos képzésére.

**Dr. Dúl Jenő** életrajzát 2010/2. számunkban közöltük.

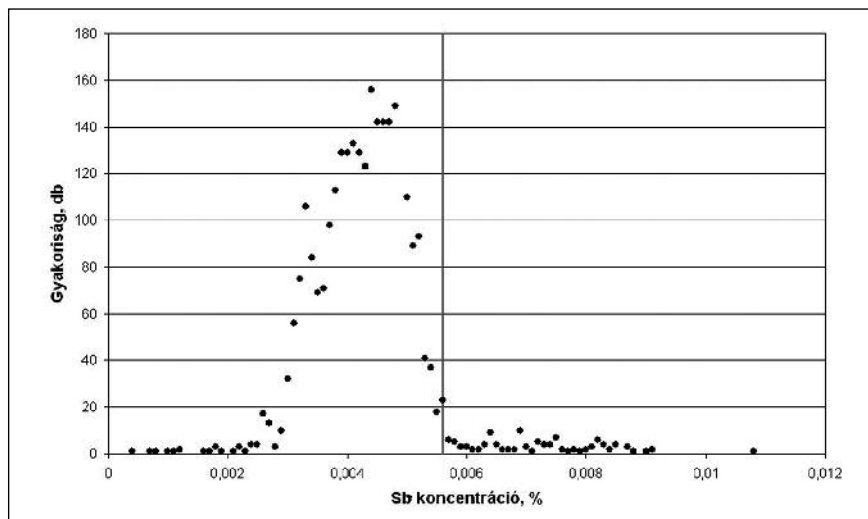
**Dr. Fegyverneki György** 2001-ben szerzett kohómérnöki diplomát a Miskolci Egyetemen, 2007-ben védte meg PhD-értekezését. 2010 óta a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának címzetes egyetemi docense, a Fémöntészet tantárgy jegyzője. Pályafutását a NEMAK Győr Kft. jogelődjeinél 2001-ben kezdte, jelenleg a Termék és Folyamatmérnökség vezetője. Érdeklődési területei: színesfém-öntéstechnológia, alumíniummetallurgia, hőkezelés, szerkezetvizsgálat, repedésanalitika.

mazza. Itt szerepeltetjük azokat az elemeket is, melyekre nem mindegyik ötvözet esetében van alsó határérték.

A táblázatban található ötvözőelemeken kívül a titán szemcsefinomító, a stroncium az eutektikum szilíciumfázisát finomító, nemesítő hatása miatt az előírt tartományban kell legyen.

A csak felső határértékkal megadott, jellemzően a szennyezőelemekre vonatkozó előírásokat a 2. táblázat tartalmazza.

Az elemek változékonyságának kiértékelését három hónapos időintervallumot magába foglaló spektrométeres adathalmazra végeztük el. Az üzemi adagok spektrométeres vizsgálatához szükséges mintákat a hőntartó kemencéből vették az öntésre való felhasználás előtt. Az elemekre külön-külön eloszlási görbe szerkeszthető, és ezzel bemutatható a határérték feletti, illetve alatti koncentrációk gyakorisága. Az 1. ábrán az antimon eloszlási görbéje látható.



1. ábra. Az antimonkoncentráció változása az A233-as ötvözetből gyártott adagokban

A felső határértéket (56 ppm = 0,0056%) nagy számú adag esetében haladta meg az antimon mennyisége.

Az elemek változásának összehasonlítása céljából kiszámoltuk az ötvözetekhez és elemekhez tartozó

határértékek alapján a relatív koncentrációt a következő összefüggés szerint:

$$C_{R_x,i} = (C_{x,i} - C_{x,min}) / (C_{x,max} - C_{x,min}), \quad (1)$$

ahol  $C_{R_x,i}$  a relatív koncentráció,  $C_{x,i}$  az adott elem adott adaghoz tar-

1. táblázat. A vizsgált ötvözetek elemeinek alsó és felső határértékei, tömeg%

Elemek és határértékeik, %	A vizsgált ötvözetek									
	A356 AISi7Mg		A226.10 AISi9Cu3		A319 AISi8Cu3		A319 LFe AISi8Cu3		A233 AISi10Mg	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Si	6,50	7,50	8,10	9,50	8,10	9,00	7,80	9,00	9,10	10,80
Cu	-	0,10	2,00	3,00	3,10	3,50	3,10	3,50	-0,33	
Mg	0,30	0,50	0,20	0,50	0,30	0,50	0,35	0,40	0,30	0,45
Ti	0,10	0,20	0,06	0,15	0,10	0,15	0,08	0,12	0,10	0,18
Sr	0,015	0,025	0,015	0,027	0,010	0,016	0,015	0,025	0,022	0,037
Mn	-	0,10	0,15	0,50	0,20	0,55	0,20	0,35	-0,38	
Zn	-	0,10	-1,00	-	0,80	0,39	0,61	-	0,30	

2. táblázat. A vizsgált ötvözetek elemeinek felső határértékei, tömeg%

Elemek %	A vizsgált ötvözetek				
	A356 AISi7Mg	A226.10 AISi9Cu3	A319 AISi8Cu3	A319LFe AISi8Cu3	A233 AISi10Mg
Na	0,005	0,005	0,005	0,030	0,002
P	0,0019	0,0019	0,0024	0,0015	0,0019
Sb	0,0040	0,0060	0,0076	0,0050	0,0056
Fe	0,15	0,70	0,75	0,50	0,55
Cr	0,05	0,05	0,05	0,03	0,05
Ni	0,05	0,31	0,30	0,30	0,10
Pb	0,051	0,110	0,120	0,200	0,100
Sn	0,05	0,11	0,11	0,10	0,10
Ca	0,0022	0,0025	0,0027	0,0020	0,0022
Cd	0,01	0,01	0,10	0,03	0,01
Bi	0,005	0,050	0,050	0,030	0,005
Li	0,0005	0,0007	0,0005	0,0005	0,0005
B	0,05	0,05	0,05	0,03	0,05
Zr	0,05	0,05	0,05	0,03	0,05

tozó összetétele,  $C_{x,max}$  a felső határérték, míg  $C_{x,min}$  az alsó határérték.

A relatív koncentráció értéke 0–1,0 között van az előírt határértékeken belül. A negatív és az egynél nagyobb értékek a szabvány szerint nem megfelelőek. Minden elemre a mérések számának megfelelő darabszámú adat került a diagramba, így az elemek tartományon belüli gyakorisága is nyomon követhető.

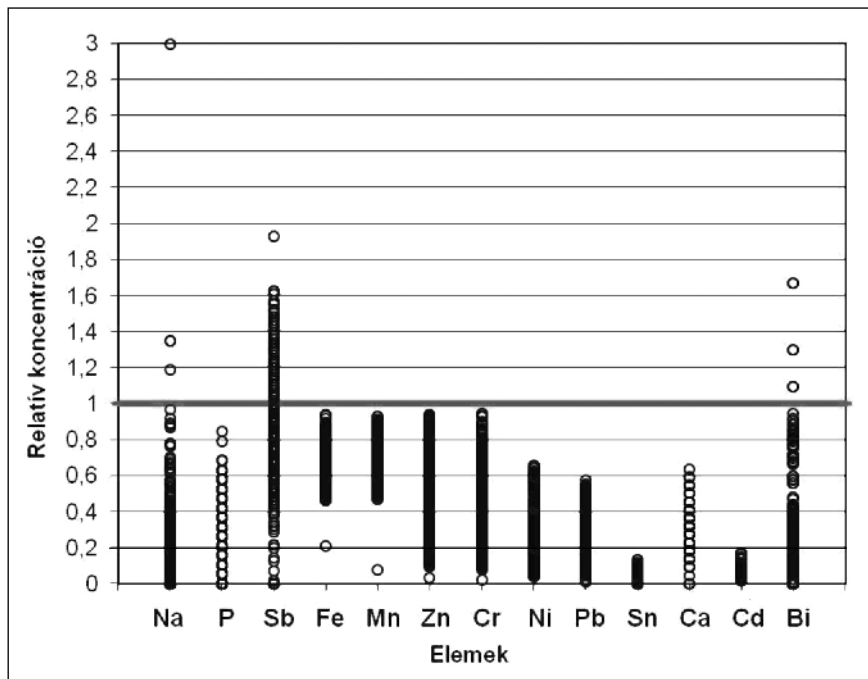
Az A233-as ötvözet elemeinek relatív koncentrációja látható a 2. ábrán.

Kiszámoltuk az elemek relatív koncentrációértékeinek átlagát és szórását. A 3. táblázat a relatív koncentráció átlagértékét tartalmazza %-ban a csak felső határértékkel megadott elemekre.

A táblázat adatai azt mutatják, hogy a szennyezők relatív előfordulása az A356 ötvözet esetében a legalacsonyabb. A szigorúbb előírásokkal megadott elemeket a beszállítók a felső határértékhez közeli tartományban tartják. A vizsgált elemek közül különös figyelmet érdemel a vas, a króm, az antimon és a cink.

### A pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálatok eredményei

A statisztikai elemzés eredményeként a szennyezőelemek mennyisége több esetben is kiugró értéket mutatott. Ez a későbbiekben problémát okozhat az ötvény szilárdsági tulajdonságaiban, ezért fontosnak tartottuk ezeket az értékeket tovább vizsgálni. A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokat az üzemi



■ 2. ábra. A szennyezőelemek koncentrációjának változékonysága az A233-as ötvözetből gyártott adagokban

körülmények között, illetve a tanszéki laborban leöntött próbákon végeztük. A célunk az volt, hogy a próbatestekben található szennyezőelemeket, az esetlegesen megjelenő intermetallikus fázisokat azonosítsuk és mennyiségüket meghatározzuk. A következőkben négy üzemi és két labor körülmények között öntött próbatest vizsgálatokor készült felvételeket mutatjuk be.

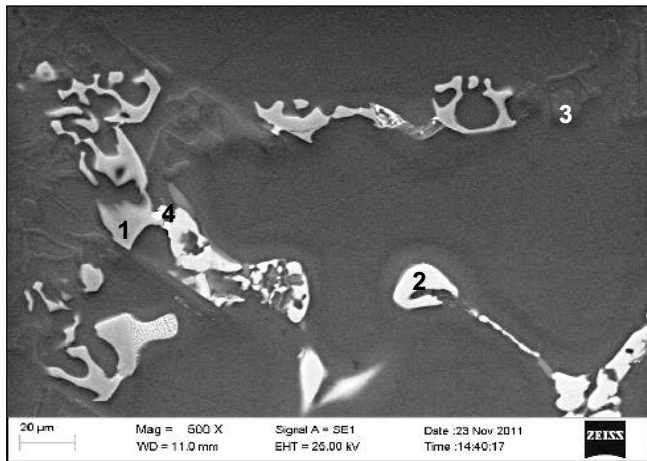
A 3. ábrán a behatárolt vastartalmú AISi8Cu3LFe ötvözetből öntött próbatest mért értékei összesítve figyelhető meg. Az 1-es mérési pontban kimutathatók a vastartalmú kiválások, ahol együtt található a vas (14,8%) és a mangán (10,5%). A táblázatból lát-

ható, hogy a 2-es mérési pontban kimutatható a bizmut, az ólom és az ón. Mindhárom elem szennyezőnek tekinthető, tehát jelenlétük az olvadéokban kedvezőtlen. Az ón 17,5%-ban, az ólom 14,5%-ban, míg a bizmut 4,56%-ban volt kimutatható a komplex zárványban.

A 4. ábra az AISi8Cu3 ötvözetből öntött próba vizsgálata során talált inhomogenitásokat mutatja. Az 1-es mérési pontban együtt található a nikkell és három iszapképző szennyezőelem is (vas, króm, mangán). (Iszapnak nevezik a tégely alsó részében összegyűlő, Fe-, Cr- és Mn-tartalmú intermetallikus vegyületekből álló, zárványokkal szennyezett olvadékot.)

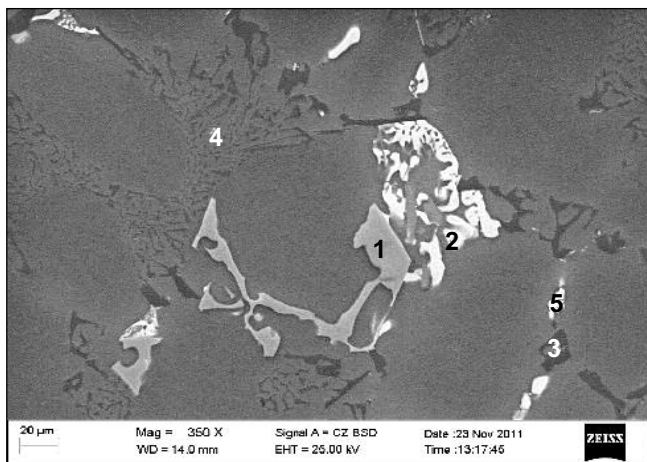
3. táblázat. A vizsgált ötvözetek elemeinek relatív koncentrációja, %

Elemek %	A vizsgált ötvözetek				
	A356 AISi7Mg	A226.10 AISi9Cu3	A319 AISi8Cu3	A319LFe AISi8Cu3	A233 AISi10Mg
Na	7,1	5,4	5,2	0,8	6,6
P	2,2	19,9	7,9	11,0	24,9
Sb	56,1	25,9	17,3	17,6	77,3
Fe	73,7	81,2	71,3	83,8	69,3
Zn	5,4	56,3	61,4	75,5	51,4
Cr	3,5	51,8	52,8	70,9	45,4
Ni	10,3	15,7	8,4	6,4	11,5
Pb	2,7	36,8	41,7	15,7	17,1
Sn	1,8	9,7	11,2	8,9	2,9
Ca	29,4	31,1	32,5	41,4	29,6
Cd	7,2	6,3	0,7	1,8	4,3
Összes	199,4	340,1	310,4	333,8	340,3



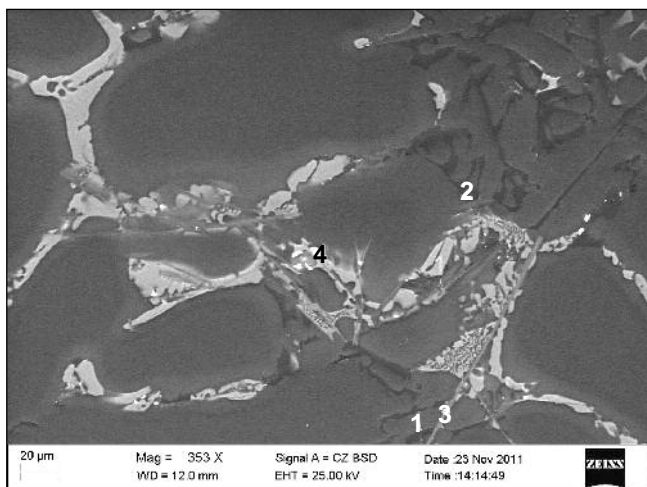
Elemek, %	1.	2.	3.
	pontokban		
Al	70,5	49,9	28,8
Si	0	2,45	<b>70,4</b>
Cu	3,36	6,22	0,76
Mg	0	0,93	0
Ni	0	0,33	0
Sr	0	2,68	0
Fe	<b>14,8</b>	0,91	0
Mn	<b>10,5</b>	0	0
Cr	0,82	0	0
Bi	0	<b>4,56</b>	0
Pb	0	<b>14,5</b>	0
Sn	0	<b>17,5</b>	0

■ 3. ábra. Az AlSi8Cu3LFe (A319LowFe) ötvözetben megtalálható ötvöző- és szennyezőelemek megoszlása fázisonként



Elemek, %	1.	2.	3.	4.	5.
	pontokban				
Al	58,7	48,6	6,9	78,5	18,5
Si	10,09	1,79	<b>93,1</b>	19,6	0,92
Cu	4,33	<b>48,0</b>	0	1,87	4,56
Ni	0	1,09	0	0	0
Fe	<b>16,1</b>	0,53	0	0	0
Mn	<b>9,26</b>	0	0	0	0
Cr	<b>1,45</b>	0	0	0	0
Pb	0	0	0	0	<b>76,0</b>

■ 4. ábra. Az AlSi8Cu3 (A319) ötvözetben megtalálható ötvöző- és szennyezőelemek megoszlása fázisonként



Elemek, %	1.	2.	3.	4.
	pontokban			
Al	52,7	19,2	78,6	10,8
Si	1,17	<b>79,9</b>	9,6	0
Cu	<b>44,5</b>	0,84	3,68	4,4
Mg	0	0	1,08	0
Ni	<b>1,62</b>	0	0	0
Fe	0	0	<b>6,06</b>	0
Mn	0	0	<b>0,99</b>	0
Pb	0	0	0	<b>84,8</b>

■ 5. ábra. Az AlSi9Cu3 (A226.10) ötvözetben megtalálható ötvöző- és szennyezőelemek megoszlása fázisonként

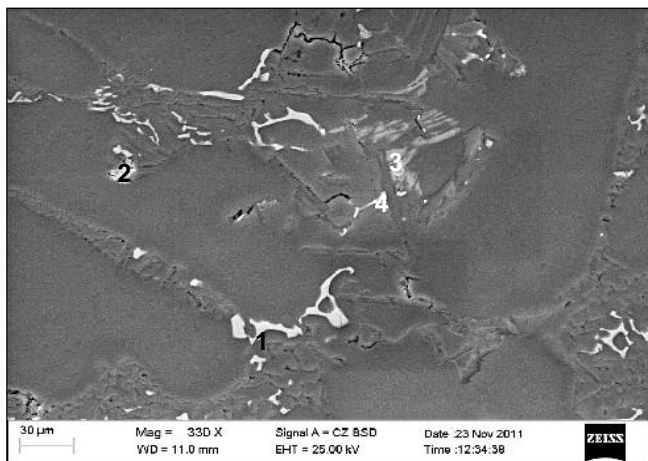
Ebben az ötvözetben is megtalálható az ólomtartalmú kiválás (5-ös mérési pont, 76%). A 2-es mérési pontban rezes fázis található.

Az AlSi9Cu3 ötvözet (5. ábra) esetében megtalálható a mangán, az ólom és a vas. Kiugró értéket az ólom esetében láthatunk a 4-es mérési

pontban (84,8%), az összes többi megtalálható szennyezőelem csak igen kis mennyiségben mutatható ki.

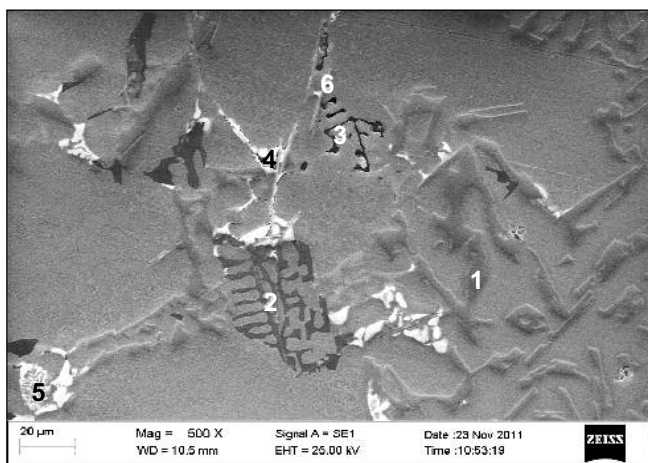
Az AlSi10Mg ötvözet esetében (6. ábra) az iszapképzők közül a vas a legnagyobb koncentrációban (11,1%) megjelenő szennyezőelem, ami együtt mutatható ki a krómmal

és mangánnal. A 2-es mérési pontban együtt található a stroncium, az antimon és a foszfor. Az eutektikum szilíciumfázisának finomítása céljából adagolt stroncium intermetallikus fázis formájában van együtt a szintén nemesítő hatású antimonnal. A komplex vegyületben kötött stroncium



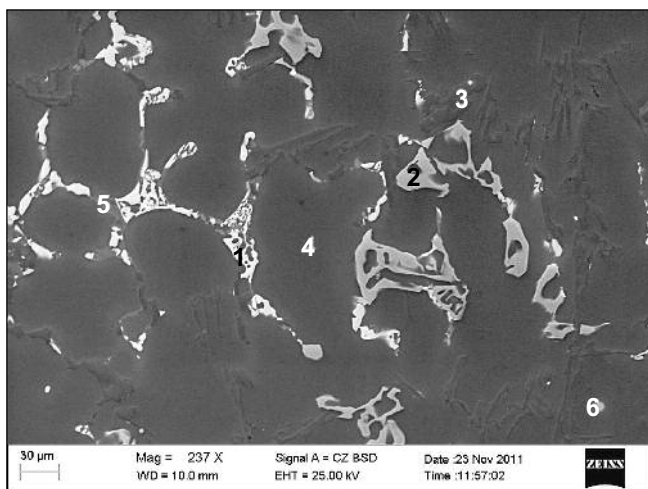
Elemek, %	1.	2.	3.	4.
	pontokban			
Al	70,3	60,0	70,2	20,8
Si	8,93	12,4	15,3	57,2
Cu	0,59	0,52	5,45	9,91
Mg	0,55	<b>3,59</b>	<b>8,96</b>	<b>3,44</b>
Ni	0	0	0	<b>7,51</b>
Sr	0	<b>11,1</b>	0	0
Sb	0	<b>7,29</b>	0	0
P	0	<b>1,57</b>	0	0
Fe	<b>11,1</b>	0	0	1,11
Mn	<b>7,71</b>	0	0	0
Cr	<b>0,79</b>	0	0	0
Bi	0	<b>3,23</b>	0	0

6. ábra. Az AlSi10Mg (A233) ötvözetben megtalálható ötvöző- és szennyezőelemek megoszlása fázisonként



Elemek, %	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	pontokban					
Al	40,2	59,8	85,5	53,2	63,3	72,1
Si	<b>58,8</b>	21,5	5,65	2,58	6,2	11,9
Cu	1	2,21	2,24	<b>42,4</b>	<b>23,9</b>	2,98
Mg	0	<b>11,1</b>	<b>6,46</b>	0,96	6,3	2,6
Fe	0	<b>5,37</b>	0,13	0,93	0,35	<b>9,22</b>
Mn	0	0	0	0	0	<b>1,12</b>

7. ábra. Az AlSi9Cu1 (A319-labor) ötvözetben megtalálható ötvöző- és szennyezőelemek megoszlása fázisonként



Elemek, %	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	pontokban					
Al	43,6	59,2	24,2	96,5	79,9	58,4
Si	0,34	9,49	<b>74,6</b>	1,24	6,87	18,98
Cu	<b>46,6</b>	3,19	0,81	1,43	3,47	<b>16,42</b>
Mg	0,21	0,23	0,32	0,8	<b>4,88</b>	<b>2,27</b>
Zn	0	0	0	0	<b>1,76</b>	<b>0,96</b>
Ni	<b>8,53</b>	<b>0,51</b>	0	0	<b>0,84</b>	<b>1,48</b>
Fe	0,72	<b>17,0</b>	0	0	<b>2,2</b>	<b>1,22</b>
Mn	0	<b>9,26</b>	0	0	0	0,32
Cr	0	<b>1,08</b>	0	0	0	0

8. ábra. Az AlSi9Cu3 (A226.10-labor) ötvözetben megtalálható ötvöző- és szennyezőelemek megoszlása fázisonként

cium csökkenti a módosításban szerepet játszó hatékony stronciumtartalmat.

A 7. ábrán az AlSi9Cu1 (A319-labor) ötvözet esetén a 2-es és 3-as jelű mérési pontban a magnézium mutatható ki nagyobb mennyiségben (11,1%, 6,46%), illetve két iszap-

képző szennyezőelem, a vas (5-ös jelű pont, 9,22%) és a mangán (1,12%). A 4-es és 5-ös jelű mérési pontban a réz koncentrációja is kiemelkedő (42,4% és 23,9%).

Az AlSi9Cu3 ötvözet (8. ábra) 2-es jelű mérési pontjában mért vas (17%) és mangán (9,26%) mellett megjele-

nik az 1-es jelű mérési pontban a nikkel (8,53%) és a réz (46,6%) a rezes fázisban. Megállapítható a vizsgálatok alapján, hogy a szennyezőelemek komplex kiválások formájában találhatóak, amint azt a 2-es, 5-ös és 6-os jelű mérési pontok elemzési eredménye mutatja.

## Összefoglalás

Üzemi viszonyok között fontos az olvadék ötvöző- és szennyezőelem-tartalmának nyomon követése a főbb technológiai lépések közben elvégzett spektrométeres mérések eredményeinek elemzésével annak érdekében, hogy elkerülhető legyen a kedvezőtlen hatású elemek koncentrációjának olyan mértékű megváltozása, amely már befolyásolhatja a termék megfelelőségét.

Megállapítható, hogy a statisztikai vizsgálati módszerrel kimutatott relatív koncentráció meghatározása alkalmas az elemek határértékhez viszonyított arányának és időbeli változásának a kimutatására.

A három hónap alatt gyártott több ezer adag vizsgálata során kimutattuk, hogy a megengedett határérték alsó tartományában van a Na, az Sn, a Cd, a P és a Ni. A megengedett tartomány felénél kisebb a Pb és a Ca koncentrációjának átlaga. Kimutattuk továbbá, hogy a Fe, a Zn és a Cr koncentrációjának átlaga mindegyik ötvözetben a megengedett felső határ

közelében van. Az Sb koncentrációja az A233-as és az A356-os ötvözetben szintén a megengedett felső határ közelében van, gyakran meghaladja az előírt értéket.

A zárványtartalom összefügg a szennyezőelem-tartalommal is. Kimutattuk, hogy a vizsgált adagok esetében a szennyezőelemek komplex vegyületfázisok formájában találhatóak a szövetben. A kristályosodási folyamat befolyásolása céljából adagolt elemek, pl. a stroncium előfordulása a komplex vegyületekben csökkenti az elvárt hatás kiváltásához tartozó mennyiséget.

További vizsgálatok elvégzését követően módosítható lesz az ötvözetek elemeinek határérték-előírása a beszállítókkal szemben és a belső üzemi folyamatokban is.

A publikációban bemutatott kutatómunka a GOP 1.1.2-08/1 „Mechatronikai és Anyagtudományi Kooperációs Kutatási Központ jövőbeli működésének fejlesztése és megerősítése” című projekt támogatásával valósult meg, melynek folytatását az Új

Magyarország Fejlesztési Terv TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű „A felsőoktatás minőségének javítása kiválósági központok fejlesztésére alapozva a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területein” című projekt támogatása biztosította.

## Irodalom

- [1] J. E. Hatch: Aluminum: Properties and physical metallurgy. Aluminium Association, American Society for Metals, 2005
- [2] J. Campbell: Castings. Elsevier Science Ltd., Oxford, 2003
- [3] L. Liu – F. H. Samuel: Effect of inclusions on the tensile properties of Al7%Si0,35%Mg (A356.2) aluminium casting alloy. Journal of Materials Science, 33 2269–2281, 1998
- [4] N. S. Stoloff – V. K. Sikka–Chapman – Hall: Physical metallurgy and processing of intermetallic compounds. London, 1995
- [5] Jónás P.: Könnyűfém-öntészeti ismeretek. Tananyag, Miskolc, 2011

GODZSÁK MELINDA – FEGYVERNEKI GYÖRGY – FARKAS GYÖRGY – SÓLYOM JENŐ – KOVÁCS ÁRPÁD – PEKKER PÉTER – GÁCSI ZOLTÁN

# AlSi10MgCu0,5 ötvözetből készült járműipari öntvények hőkezelésének időszerű kérdései

*Napjaink járműipari öntvényeinek egyre sokoldalúbb igényeket kell kielégítenie. A megrendelő részéről a beszállítókkal, öntődékkal szemben támasztott egyik legfontosabb követelmény az egyre jobb minőségű és teljesítményű, de ugyanakkor egyre kisebb tömegű alkatrészek kifejlesztése. Ahhoz, hogy az egyre kisebb tömeg mellé egyre nagyobb teljesítmény és minőség párosulhasson, eleget kell tenni az autóban lévő öntvényekkel szemben támasztott szigorú szilárdsági követelményeknek. Folyamatos gyártástechnológiai fejlesztésekre van szükség, a megfelelő tisztasági fokú, azaz kisebb hidrogén- és zárványtartalmú fémolvadék-előállításától kezdve a szemcsefinomításon és olvadék-nemesítésen túl, a különféle hőkezelési technológiáig terjedően.*

Nemak Győr Kft. között jött létre. Az ún. T6-os hőkezelés (homogenizálás, gyors edzés, majd mesterséges öregítés) és a szilárdsági tulajdonságok, illetve a mikroszerkezeti változások összefüggéseinek meghatározásával, a hőkezelés paramétereinek optimalizálásával, a hőkezelési idő minimalizálásával foglalkoztunk. Mindezekkel tulajdonképpen a nemesítő hőkezelés költségcsökkentési lehetőségeit vizsgáltuk, ugyanis egy adott technológia fejlesztésébe és bevezethetőségébe a műszaki megvalósíthatóság és paraméterek mellett egy mérnök számára sajnos gazdaságossági szempontok is befolyással bírnak.

## 1. Bevezetés

Kutatásainkban járműipari alumíniumöntvények gyártástechnológiájá-

nak fejlesztési lehetőségeit vizsgáltuk egy kutatási-fejlesztési szerződés keretében, mely a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kara és a