

PREISKAVE KOMPONENT ZA AVTOMOBILSKO INDUSTRIJO

AN INVESTIGATION OF COMPONENTS MADE BY THE RHEOCASTING PROCESS

Matjaž Torkar¹, Bojan Breskvar¹

¹ Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Lepi pot 11, 1000 Ljubljana, Slovenija
matjaz.torkar@imt.si

Prejem rokopisa - received: 2002-11-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 2002-11-19

Preverili smo kakovost poskusno izdelanih komponent iz podevtektskih siluminov A 356 (ulito stanje) in A 357 (ulito in toplotno obdelano stanje T5). Pri obeh zlitinah smo določili interval strjevanja. Makroskopski pregled in rentgenski posnetki ulitkov niso pokazali opaznih površinskih napak, niti notranjih napak v obliki poroznosti ali večjih vključkov. Makro- in mikrostrukturne preiskave so pokazale odlično homogenost in dokaj enakomerno velikost globularnih zrn primarno strjene faze, ki pa se je na specifičnih področjih pričela raztapljati, najverjetneje zaradi lokalnega pregretja. Značilnost teh ulitkov je, da je ob površinah povečan delež eutektika.

Ključne besede: podevtektski silumin, "rheocasting", makro- in mikrostruktura, interval strjevanja, toplotna obdelava, trdota

The quality of components made from hypoeutectic silumin A 356 (as cast) and A 357 (as cast and heat treated T5) was checked. For both alloys the solidification range was determined. Macroscopic checks and x-ray analyses of the components did not reveal either surface defects or internal defects like coarser inclusions or porosity. Observation of the macro- and microstructure showed good homogeneity and a uniform size of the globular grains of the primary solidified phase. On specific regions the primary phase started to remelt, we suppose this is due to local overheating. A characteristic of the components is an increased content of the eutectic near the surface.

Key words: hypoeutectic silumin, rheocasting, macro- and microstructure, solidification range, heat treatment, hardness

1 UVOD

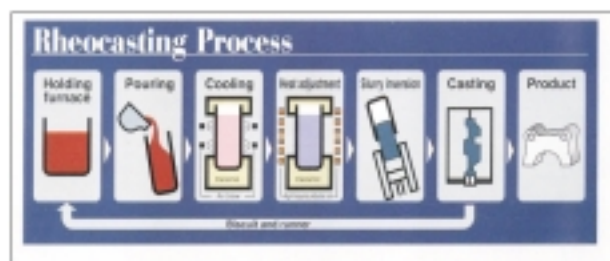
Inštitut za kovinske materiale in tehnologije sodeluje pri projektu 5. okvirnega programa RHEO-LIGHT: Rheocasting: an innovative & ecological process for light and cost effective application. Glavni cilj projekta je razvoj, preverjanje rezultatov ter ocena tega inovativnega in ekološko usmerjenega proizvodnega postopka. Značilno za ta postopek (podoben je postopkoma thixo in squeeze casting) je cenejša priprava surovcev, ki se neposredno preoblikujejo v testastem stanju. Na tem področju se v svetu opravljajo številne raziskave.

Postopek se prične z litjem zlitine v primeren lonček, globularna struktura pa se zagotovi s kontroliranim ohlajanjem taline v testasto stanje. Nato se izenači temperatura surovca, ki se ga nato v testastem stanju vloži v predkomoro vertikalne naprave "squeeze casting", kjer bat potisne material v orodje. Tu se material preoblikuje in do konca strdi. Shematični prikaz novega postopka je prikazan na **sliki 1**.

Zlitina z dendritno mikrostrukturo v dvofaznem področju ni primerna za NRC-postopek, ker material zaradi dendritov nima izotropnih lastnosti. Šele Flemingovo odkritje, da se kovinski material z globularno mikrostrukturo v dvofaznem področju ($L + \alpha$) vede tiksotropno¹⁻⁴, je omogočilo razvoj postopka thixocasting. Novi postopek rheocasting (NRC) izkorišča prednosti postopka thixocasting, vendar pa je prednost

NRC-postopka v tem, da preoblikovanje sledi ulivanju brez vmesnega ohlajanja in ogrevanja. NRC-postopek je zato tudi bolj ekonomičen. Ni potrebno namreč kontinuirno litje gredic z elektromagnetnim mešanjem, prav tako rezanje gredic in ni ponovnega ogrevanja materiala na temperaturo preoblikovanja v testastem stanju.

Globularno izoblikovanje primarne faze α_{Al} pri NRC-postopku se doseže z litjem taline v lonček, kjer hitremu začetnemu ohlajanju sledi kontrolirano ohlajanje do temperature, primerne za preoblikovanje. V tem trenutku je do 25 % mase surovca še staljene. Raziskave kažejo, da je postopek primeren tako za Al-zlitine kot tudi za Mg-zlitine³.



Slika 1: Shematični prikaz novega postopka Rheocasting z možnostjo in situ recikliranja materiala (Vir: projektna dokumentacija GRD1-2002-40422)

Figure 1: Schematic presentation of new rheocasting process with possibility of in situ recycling of material (From project documentation GRD1-2002-40422)

Tabela 1: Kemična sestava zlitine A 356 in A 357**Table 1:** Chemical analysis of A 356 and A 357 alloy

Zlitina	Cu (%) max.	Mg (%)	Mn (%) max.	Si (%)	Fe (%) max.	Zn (%) max.	Ti (%)	Sr (%)	Al (%)
A356	0,20	0,25-0,45	0,20	6,5- 7,5	0,20	0,20	0,05-0,20	0,01-0,03	ostalo
A357	0,20	0,40-0,70	0,20	6,5- 7,5	0,20	0,20	0,05- 0,20	0,01- 0,03	ostalo

Namen projekta je obvladovanje NRC-postopka in njegovo uvajanje v livarne po Evropi. To bo prispevalo k zmanjšanju stroškov in onesnaževanja, zaradi možnosti in situ recikliranja v obratu pa tudi k zmanjšanju količine odpadnega materiala.

Naloga Inštituta v okviru projekta je metalografska kontrola materiala in komponent ter neporušne preiskave komponent.

2 EKSPERIMENTALNI DEL

Za preiskavo smo dobili komponente (**slike 2 do 5**), ki so jih izdelali po NRC-postopku v podjetju STAMPAL, Torino. Pri izdelavi je bila uporabljena preizkusna naprava, ki jo izdeluje japonsko podjetje UBE. Napravo sestavljajo livni del s kontroliranim ohlajanjem, robot in tlačni stroj za "squeeze casting".

Za preiskavo smo dobili: surovec 1 iz zlitine A 356 in surovec 2 iz zlitine A 357, ki sta bila oba v testastem stanju prerezana in ohlajena v vodi, in sicer: komponento 1 (slika 4) - nosilec motorja iz zlitine A 357, T5, toplotno obdelano (6 h pri 170 °C, dosežena trdota HB 5/250 = 92 - 96), komponenti 2 in 3 (slika 5) - nosilca motorja (podobni ročni gredi) iz zlitine A 357, prva v litem stanju (HB 5/250 = 72-76) in druga toplotno obdelana T5 (4,5 h 170 °C, dosežena trdota HB 5/250 = 89 - 95). To so podatki proizvajalca. Podatke o kemijski sestavi zlitin smo dobili od proizvajalca, zato jih navajamo v **tabeli 1**.

Pregledali smo stanje površine, napravili rentgenske posnetke notranjosti s prenosno industrijsko rentgensko napravo YXLON SMART 225 kV (Andrex), izvršili metalografski pregled z optičnim mikroskopom Nikon



Sliki 2 in 3: Surovec 2 iz zlitine A 357, prerezan v testastem stanju
Figure 2 and 3: Slurry 2 from A 357 Alloy, cut in semisolid state

Microphot FXA, opremljenim z 3CCD- videokamero Hitachi HV-C20A in programom analySIS za analizo metalografskih slik. Izmerili smo trdoto po Brinellu in določili interval strjevanja zlitin A 356 in A 357 pri vzorcih, vzetih iz surovcev. Kontrolni material sta bila čisti Al in čisti Zn.

Od proizvajalca smo dobili še podatek o meritvi temperature v surovcih na treh mestih po višini (**tabela 2**). Namen te meritve je bil ugotoviti, ali ima surovec enakomerno temperaturo pred preoblikovanjem.

Tabela 2: Kontrola temperature na treh mestih po višini surovca
Table 2: Control of temperature at three points in the slurry

Zlitina	Temperatura v surovcu po višini (°C)		
	T _A	T _B	T _C
Surovec 1, zlitina A356	574	581	582
Surovec 2, zlitina A357	579	582	587

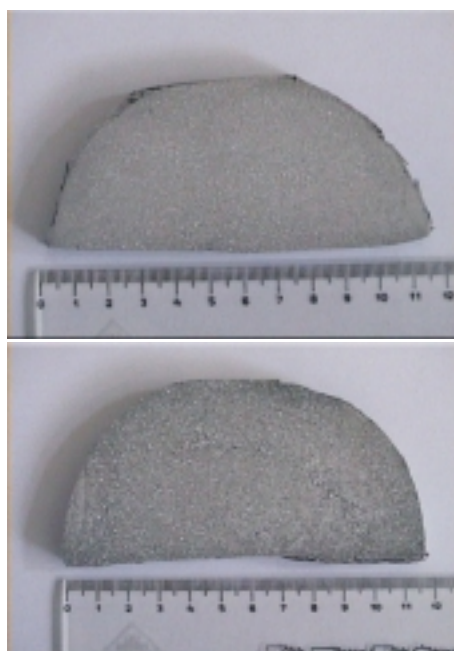
3 REZULTATI Z DISKUSIJO

Vizualni pregled površine komponent ni pokazal nikakršnih opaznih površinskih napak. Tudi pregled z rentgensko napravo ni pokazal nobenih notranjih napak



Sliki 4 in 5: Komponenta 1 (toplotno obdelana) in komponenta 2 (ulita), obe iz zlitine A 357

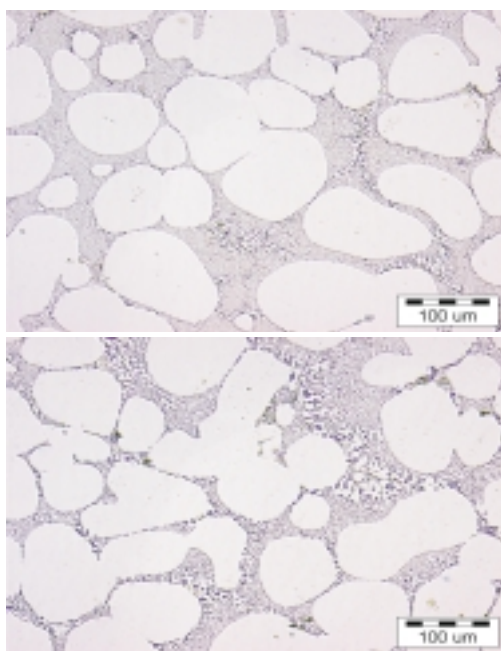
Figures 4 and 5: Component 1 (heat treated) and component 2 (as cast), both of A 357 alloy



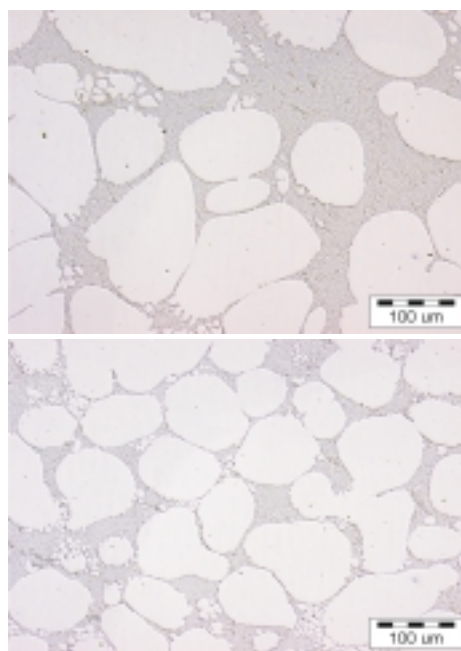
Sliki 6 in 7: Makrostruktura surovcev 1 in 2 iz zlitine A 356 in A 357
Figures 6 and 7: Macrostructure of slurry 1 and 2 of A 356 and A 357 alloy

v obliki poroznih mest ali velikih vključkov. Zato smo vzorce razrezali na mestu največje debeline in izvršili še metalografski pregled.

Surovca 1 in 2 sta bila prerezana na mestih merjenja temperature (T_A , T_B and T_C). Na **slikah 6 in 7** je prikazana makrostruktura, na **slikah 8 in 9** pa mikrostruktura na sredini surovca. Pregled makrostrukture in mikro-



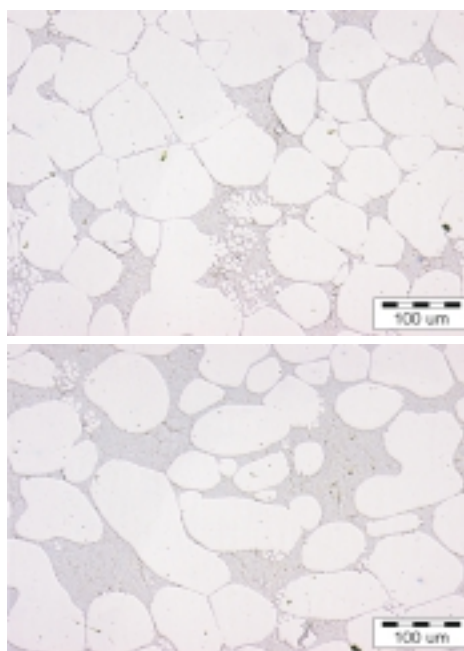
Sliki 8 in 9: Mikrostruktura surovca 1 iz zlitine A 356 in surovca 2 iz zlitine A 357
Figures 8 and 9: Microstructure of slurry 1 of A 356 alloy and slurry 2 of A 357 alloy



Sliki 10 in 11: Mikrostruktura komponente 1 (stanje T5, 6 h pri 170 °C) in komponente 2 (lito stanje), iz zlitine A 357
Figures 10 and 11: Microstructure of component 1 (T5, 6 h at 170 °C) and component 2 (as cast), from A 357 alloy

strukture na vseh treh prerezih ni pokazal razlik med njimi, čeprav so meritve pokazale manjše razlike pri temperaturah.

Mikrostrukturne preiskave so pokazale za postopek NRC značilna globularna zrna primarne faze α_{Al} ter enakomerno razporejen eutektik med zrnji. Na posa-



Sliki 12 in 13: Mikrostruktura komponente 3 (stanje T5, 4,5 h 170 °C) iz zlitine A 357
Figures 12 and 13: Microstructure of component 3 (T5, 4,5 h at 170 °C) from A 357 alloy

meznih globularnih zrnih smo opazili prstom podobne tvorbe (**slike 10 do 13**). Izvor tega še ni poznan, vendar pa domnevamo, da je to posledica lokalnega pregretja, ki povzroči nataljevanje primarne faze zaradi temperaturnega režima.

V območju blizu površine smo pri vseh vzorcih komponent opazili, da je med primarnimi zrni povečan delež evtektika. To je posledica gibanja evtektika med preoblikovanjem, pri čemer se več evtektika strdi pri površini komponente.

Izmerjena je bila tudi trdota komponent v litem stanju in po toplotni obdelavi. Rezultati meritev so prikazani v **tabeli 3**. Izmerjene vrednosti so v okviru pričakovanih.

Tabela 3: Trdota HB 5/250

Table 3: Hardness HB 5/250

Material	Trdota HB 5/250
Komponenta 1 (ohišje)	97,2
Komponenta 2 (nosilec v litem stanju)	75,8
Komponenta 3 (nosilec v toplotno obdelanem stanju)	96,1

S termografijo je bil določen talilni interval za obe zlitini A 356 in A 357. Rezultati so prikazani v **tabeli 4**. Za referenčna materiala smo uporabili čisti Al in čisti Zn.

Tabela 4: Talilni interval surovcev

Table 4: Melting range of slurries

Material	Talilni interval (°C)
A 356 surovec	570 - 624
A 357 surovec	570 - 615

4 SKLEPI

Izvršene so bile uvodne preiskave surovcev in komponent, izdelanih po NRC-postopku. Na podlagi opravljenih preiskav lahko naredimo naslednje sklepe.

Z rentgensko neporušno preiskavo smo ugotovili, da v komponentah ni nezveznosti.

Mikrostruktura zlitin je dokaj enakomerna in sestavljena iz globularnih zrn faze α_{Al} in evtektika.

Trdota komponent v litem in v toplotno obdelanem stanju je pričakovana.

Interval strjevanja kaže, da so v surovcu izmerjene temperature T_A , T_B in T_C blizu temperaturi tališča.

ZAHVALA

Avtorja se zahvaljujeva raziskovalnemu programu EZ za finančno podporo projekta po pogodbi GIRD-CT-2002-03012

5 LITERATURA

- ¹ H. Müller-Späth, P. R. Sahn: Razvojni dosežki na področju "Thixocasting" postopka na livarskem inštitutu RWTH Aachen, Livarski vestnik, 44 (1997) 2, 33-42
- ² H. Wabusseg, H. Kaufmann, A. Wahlen, P. J. Uggowitzer: Theoretische Grundlagen und praktische Umsetzung von New Rheocasting von Al-Legierungen, Druckguss-Praxis, 1 (2002), 16-19
- ³ H. Kaufmann, P. J. Uggowitzer: The Fundamentals of the New Rheocasting - Process for Magnesium Alloys, Advanced Engineering Materials, 3 (2001) 12, 963-967
- ⁴ K. Hall, H. Kaufmann, A. Mundl: Detailed Processing and Cost Consideration for New Rheocasting of Light Metal Alloys, Proceedings 6th International Conference on Semi-Solid Processing of Alloys and Composites, ed. G. L. Chiarmetta, M. Rosso, Torino, 2000, 23-28