

Čiščenje talin z vpihovalnim rotorjem za uvajanje čistilnih plinov v talino

Purification of Melts by Impeller for Introduction of Cleaning Gases into the Melt

J. Kostajnshek, Talum, Kidričevo

Tudi pri aluminiju se povečujejo zahteve po kakovosti materiala, kar zahteva učinkovito čiščenje taline. Izpiralni postopki, kjer z grafitnim rotorjem vpihujemo v talino ustrezno plinsko mešanico, imajo določene prednosti. Postopek je možno uporabiti v lončni peči ali talilnem loncu tik pred litjem. Z njim odstranujemo atomski vodik, nekovinske vključke kot npr. oksidne kožice ter neželjene elemente kot natrij, litij, kalcij. Izbira čistilne plinske mešanice (inertni plini z dodatki aktivnih plinov) zavisi od vrste nečistoče, ki jo odstanjujemo.

Članek opisuje postopke čiščenja, izdelavo vpihovalnega rotorja ter lastne poskuse in rezultate čiščenja.

Demands for higher quality of aluminium materials can be achieved by efficient purification of melts. Elutriation methods consisting of blowing suitable gas mixtures into melt by graphite impeller have some advantages. Procedure can be applied in crucible furnace or melting crucible just before casting. It enables to eliminate atomic hydrogen, nonmetallic inclusions like oxide films, and undesired elements like sodium, lithium, calcium. Selection of purifying gas mixture (inert gases with additions of active gases) depends on the type of impurity to be eliminated. Paper presents review of purification methods, construction of impeller, and own purification tests with results.

1 Onesnaženost in posledice onesnaženosti talin

Razvoj izpiralnih sistemov, v katerih mešanice inertnih in kemično aktivnih plinskih medijev delujejo v talini aluminija pri odstranjevanju nečistoč fizikalno in kemično, kaže precejšnje prednosti napram dosedanjemu načinu čiščenja talin. Vnašanje trdnih kemikalij v talino, npr. soli, ki večji del izločajo plinski klor, je zamenjalo vpihovanje plina s pomočjo posebne naprave—vpihovalnega rotorja, ki je prikazan na sliki 1.

Če teče proces elektrolize aluminija v elektrolitskih celicah normalno, lahko pričakujemo v aluminiju, razen oligoelementov, sledeče onesnaževalce:

- Vodik (0,20–0,50 cm³/100 g Al,
- Natrij (70–100 ppm),
- Litij (1–2 ppm, kolikor niso dodane spojine litija v elektrolitski proces),
- Kalcij (5–10 ppm),
- Nekovinske vključke:
 - oksidne (Al₂O₃, SiO₂, CaO, TiO₂),
 - karbidne (Al₄C₃),
 - nitridne (AlN) in
 - kompleksne narave.

Kolikor se načrpana kovina ne očisti že v transportnih loncih med elektrolizo in livarno, se količina vodika in predvsem oksidnih vključkov lahko močno poveča. Vzrok je nepazljivo, turbulentno prelivanje (oksidni) in visoke temperature elektrolitskega aluminija (vodik).

Natrij povzroča že v manjših količinah razpoke pri nadaljnji predelavi aluminija. Npr. pri toplem valjanju zlitin z več kot 2% Mg. Vzrok je prost natrij, ki se nabira v drobnih porah lite strukture. Ker povzroča povečan delež natrija v talini tudi večje navzetje vodika, ga je potrebno očistiti pod 5 ppm.

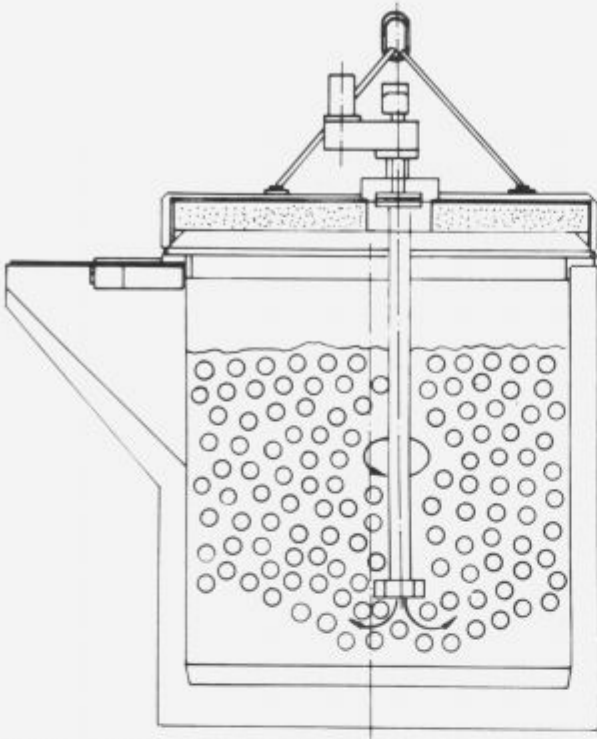
Vodik povzroča poroznost odlitkov in s tem znižuje mehanske lastnosti kovine. Po znanem mehanizmu, v kombinaciji z vključki in drugimi prekinitvami strukture kovine, povzroča po toplotni obdelavi mehurčavost. V aluminiju je atomsko topen; topnost s temperaturo narašča, pri čemer ostane pri nižjih temperaturah v strjeni kovini prenasičeno prisoten.

Vključke prištevamo tako kot pore in lunke k tvorcem mejnih površin v strukturi kovine. Tako nastale prekinitve znižujejo mehanske lastnosti. Trdi vključki povečajo obrabo orodij in luknjičavost folij.

2 Postopki čiščenja talin

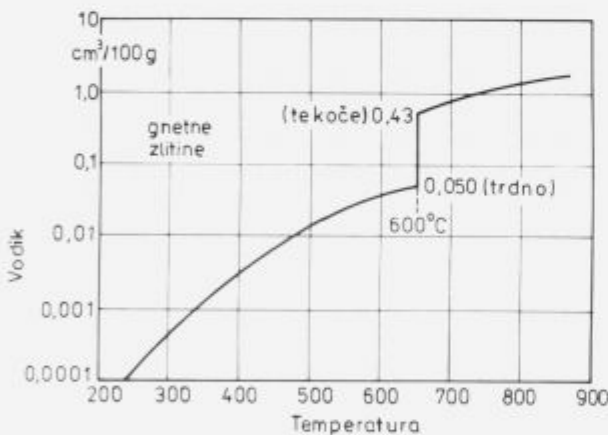
Vsak postopek čiščenja mora biti izbran in usmerjen glede na vrsto in količino nečistoč, ki jih talina vsebuje. Starejši načini, z vnašanjem kemičnih solnih reagentov v talino, ki večinoma sproščajo Cl₂, so problematični z vidika dejansko potrebnih količin vnešenega čistila. Lahko povzročijo nove solne vključke, ki zmanjšujejo efekte čiščenja. Ker količina nečistoč po posameznih fazah opravi v livarni lahko močno variira, so v zadnjem času pristopi usmerjeni predvsem v obdelavo taline pred vstopom v livarno in v tok taline tik pred livni stroj.

Novejši postopki čiščenja talin so osnovani na uvajanju nosilnih inertnih plinov v talino (Ar, N₂), ki se jim dodajajo kemično aktivni plini (Cl₂, CCl₂F₂, SF₆, itd.) v



Slika 1. Skica vpihovalnega rotorja na transportnem loncu v fazi uvajanja čistilnega plina.

Figure 1. Scheme of impeller on the transportation ladle during the introduction of purification gas.

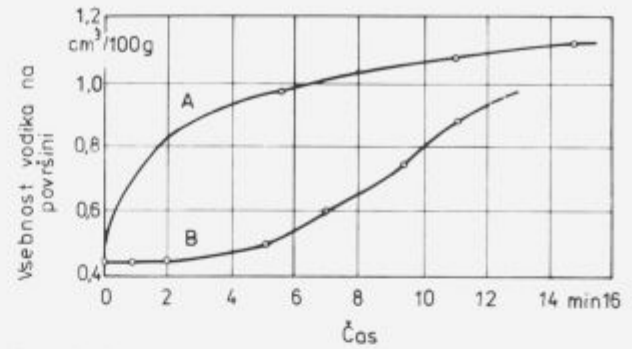


Slika 2. Učinek obdelave taline AlMgSi_{0,5} v 25 t talilni peči s tabletami heksakloreтана na količino nekovinskih vključkov.

Figure 2. Effect of AlMgSi_{0,5} melt treatment in a 25 t melting furnace by hexachloro-ethane tablets depending on the amount of non-metallic inclusions.

manjših količinah, blizu stehiometrične potrebe reakcij z nečistočami (5–8%). Uvajanje se vrši s pomočjo grafitnega rotorja, s posebno oblikovano rotorsko glavo z majhnimi izpusti za plin.

Pri rotaciji rotorske glave v talini izhajajo iz izpusta drobni mehurčki (do 5 mm). Tako ustvarjena velika površina plinskega medija je bistvena za mehanizem flotacije, s pomočjo katere se iznašajo vodik in nekovinski

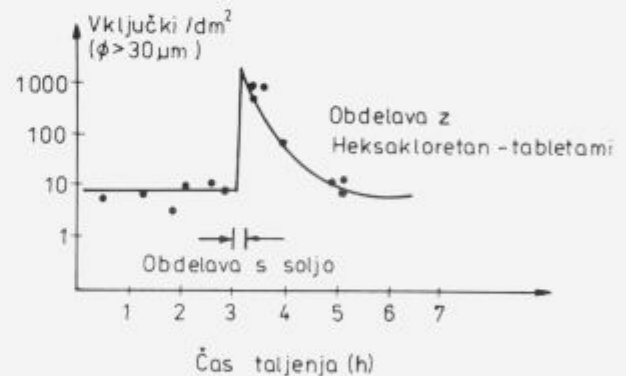


Slika 3. Primer spreminjanja količine vključkov pri izdelavi zlitine AlMgSi_{0,5} v 25 t talilni peči iz elektrolitske kovine in zlitinskih sestavin.

Figure 3. Variation of the amount of nonmetallic inclusions in single stages of preparing AlMgSi_{0,5} alloy in a 25 t melting furnace, using electrolytic aluminium and alloying additions.

vključki iz taline. Vodik prehaja v mehurčke z difuzijo, učinkovitost flotacije pa je odvisna od števila vključkov in mehurčkov, adhezije in zadrževanja vključkov v žilindri, ko se dvignejo na površino.

Dodatek aktivnega plina (npr. Cl₂, CCl₂F₂) z reakcijo prevede prisotne alkalije in zemljske alkalije v soli, ki izplavajo v žilindro. Praksa je pokazala, da poboljša tudi oprijemljivost vključkov na počasni se dvigujoče mehurčke. Uporaba mešanice argona s klorom ali Freonom 12 kaže prednosti pred uporabo dušika. Ne tvorijo se nitridi, žilindra je suha in v manjših količinah.



Slika 4. Vpliv različnih čistilnih plinov in plinskih mešanic na stopnjo razvodičenja.

Figure 4. Influence of various purification gases and gas mixtures on the degree of dehydration.

3 Izdelava vpihovalnega rotorja

V okviru razvojno-raziskovalne naloge je bila v razvojni službi TGA Kidričevo pripravljena projektna naloga s tehnološkimi osnovami za konstruiranje vpihovalnega rotorja. Konstrukcijo in izdelavo vpihovalnega rotorja je prevzela ITRO d.o.o., Železarna Štore.

Vpihovalni rotor sestavljata dva grafitna rotorja, montirana s pogonskim delom na pločevinasti pokrov, zaščiten s termobetonom. Pogon je izveden z elektromotorji in frekvenčnim regulatorjem vrtljajev. Plin je priključen preko

reducirnega tlačnega ventila, merilnika pretoka in vrtljivega spoja na vreteno rotorja. Celotna konstrukcija stoji na treh vertikalno pomičnih nogah, ki dovoljujejo potopitev rotorjev v talino.

Vpihovalni rotor se postavi v delovni položaj na lončni peči ali transportnem loncu s pomočjo žerjava. Čistilni plin prehaja v talino med rotacijo rotorja preko kanala v vretenu in izpustov v rotorjevi glavi.

4 Poizkusi čiščenja talin in rezultati

V TGA smo opravili več poizkusov čiščenja taline aluminija z opisanim prototipom vpihovalnega rotorja. Čistili smo taline Al 99,5 v 6 t indukcijski peči Elin z uvajanjem čistega plina N_2 pred legiranjem, po prelitju elektrolitskega aluminija v peč. Temperatura taline je znašala blizu $820^\circ C$, normativ porabe dušika pa $0,5 \text{ nm}^3/\text{t Al}$. Pretok dušika smo določili pri pritisku 1,5 bara z 50 l/min. za vsak rotor. Namen poizkusov prepričevanja s čistim dušikom je bil znižanje H_2 na sprejemljivo mero in odstranitev nekovinskih vključkov, prenesenih iz elektrolize. Število obratov rotorjev smo prilagodili tako, da je bila površina taline mirna, kar smo dosegli deloma tudi z nasprotno smerjo vrtenja obeh rotorjev. Pred poizkusi smo odstranili s površine taline žlindro. Med čiščenjem tvorbe večjih količin nove žlindre ni bilo opaziti.

Pred in po vsakem preizkusu čiščenja taline je bilo izvedenih več meritev količine vodika s pomočjo naprave Schmelztester, po metodi prvega mehurčka. Vse meritve so potrdile okvir zmanjšanja vsebnosti vodika v talini od začetnih $0,35\text{--}0,50 \text{ cm}^3/100 \text{ g Al}$ na končnih $0,10\text{--}0,15 \text{ cm}^3/100 \text{ g Al}$.

Pri nekovinskih vključkih in natriju tako velikega zmanjšanja po čiščenju, kot pri vodiku, nismo dosegli. Vzrok je relativno čist elektrolitski aluminij, ki je vseboval le $0,20\text{--}0,40 \text{ vključkov/cm}^2$, reda velikosti $10\text{--}50 \mu\text{m}$. Ostalih manjših vključkov v kovini nismo uspeli odpraviti. Enako je bilo z natrijem, ker čistilnemu plinu N_2 nismo dodali aktivne komponente.

Razen na indukcijski peči smo izvedli tudi poizkuse čiščenja taline v transportnih loncih z mešanici nosilnega in aktivnega plina. Uporabili smo pripravljeno mešanico Alu-clean firme AGA, ki vsebuje aktivni žveplov heksafluorid (SF_6) in mešanico firme Istragas, ki vsebuje aktivni Freon 12 (CCl_2F_2). Ker poizkusi še niso končani, žal danes ne moremo predložiti rezultatov.

5 Zaključki

Dosedanji poizkusi čiščenja taline s pomočjo vpihovalnega rotorja so pokazali, da je z opisanim načinom mogoče uspešno odpraviti vodik, ob uporabi aktivne mešanice plinov pa tudi ostale nečistoče. Onesnaženje okolja je zaradi majhnega dodatka aktivnega plina neprimerno manjše, kot pri uporabi soli (heksakloreten, itd.), ki jih dodajamo v kopeli v velikem prebitku.

Z novim načinom se je potrdila stara vizija čiščenja aluminijevih talin, po kateri je potrebno do določene stopnje očistiti vso elektrolitsko kovino pred vstopom v livarno in nadalje, pred litjem, v pretoku (in line), usmerjeno, v skladu z zahtevami kvalitete posameznih polizdelkov, oz. končnih izdelkov.

6 Literatura

- 1 G.K. Sigworth, A Scientific Basis for Degassing Aluminium, Reading Foundry Products, Exton, Pa. AFS

- Transaction. American Foundryman's Society, Inc. Golf & Wolf Rols, Des Plaines, Illinois 60016, USA, 1987, 73–78
- 2 A.R. Anderson, Rotary Impeller Degassing: Practical Observations, AFS, Transaction. Am. Foundrymen's Society, Inc. Golf & Wolf Rols, Des Plaines, Illinois 60016, USA, 1987, 533–536
- 3 F.R. Mollard, A Non-polluting Degassing Technique for Aluminium Alloy Melts, Consolidated Aluminium Corporation, St. Luis, Missouri, AFS Transaction, 78–116, 501–504
- 4 J. Bildstein, I. Ventre, Alpur Technology-Present and Future, Light Metals 1990, 755–763
- 5 F. Achard, Ch. Leroy, Pre-treatment in Potlines Crucibles: The Mixal Process, Light Metals 1990, 765–768
- 6 U. Hielscher: Qualitätsorientierte Schmelzprüfung in der Aluminiumgiesserei, Giesserei, Heft 23/1987, S. 695/700, Sonderdruck.
- 7 L.C.B. Martins, G.K. Sigworth, Inclusion Removal by Flotation and Stirring, Reading Foundry Products, Exton PA 19341, Am. Foundryman's Society, Inc. Golf & Wolf Rols, Des Plaines, Illinois 60016-2277, 1989, 16.1.–26.28.
- 8 D. Saha, Recent Trends in Aluminium Degassing, Light Metal Age, 12/1989, 17–20.
- 9 R.R. Corns, Sulfur Hexafluoride Successfully Degasses and Fluxes Aluminium, Light Metal Age, 12/1990, 28–30
- 10 H. Devaux, D. Heibel, Filtrationstechniken für Aluminium-Gusslegierungen, Giesserei 78, 5/1991, 141–145
- 11 D. Altenpohl, Aluminium und Aluminiumlegierungen, Springer Verlag, 1965, Berlin.