

Pengaruh Penambahan Scrap, Modifier (Al-Sr) Dan Grain Refiner Terhadap Nilai Fluiditas Pada Ingot Alumunium-AC2B

Bambang Suharno, Bustanul Arifin dan Edo Nugraha Anshara
Alloying Design & Casting Research Group dan Departemen Metalurgi & Material Fakultas Teknik
Universitas Indonesia
Kampus UI Depok 16424, Telp (021) 7863510
E-mail: suharno@metal.ui.ac.id

Abstrak

Dalam pembuatan komponen otomotif dengan bahan baku alumunium, faktor fluiditas alumunium cair memegang peranan penting pada proses pengecoran baik dengan gravity ataupun melalui die casting. Rendahnya fluiditas dari alumunium cair merupakan salah satu faktor yang menyebabkan terbentuknya cacat / reject misalnya gas porosity, shrinkage, misrun / cold shut, dan hard spot. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fluiditas alumunium cair dengan parameter umpan 100% ingot (0% scrap) dan 50% ingot (50% scrap), penambahan grain refiner AlTiB (0,05 % - 0,6%), dan penambahan modifier AlSr (0,001% - 0,02%) dengan menggunakan variasi temperatur tuang (680°C, 700°C, 720°C, 735°C, dan 750°C) dari 2 ingot lokal alumunium tuang AC2B. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas ingot memegang peranan yang penting terhadap nilai fluiditas. Ingot yang memiliki sedikit inklusi memiliki nilai fluiditas yang tinggi. Pada penambahan grain refiner AlTiB dari kadar 0,05 - 0,8 %, dari kedua ingot nilai fluiditas optimum dicapai saat penambahan 0,6%. Sedangkan penambahan modifier AlSr dari kadar 0,001 - 0,02 %, nilai fluiditas optimum dicapai saat penambahan 0,01%.

Kata kunci: Modifikasi, penghalus butir, fluiditas dan paduan alumunium AC2B

Abstract

In manufacturing of component of automotive with use aluminum material, fluidity factor of aluminum liquid play a part important at moulding process with gravity and or die casting. Low fluidity liquid aluminum represent one of the factor causing to be formed defect / reject for example gas of porosity, shrinkage, misrun / shut cold, and spot hard. This research aim to know aluminum liquid fluidity with parameter charging material 100% ingot (0% scrap) and 50% ingot (50% scrap), addition of AlTiB refiner grain (0,05 - 0,6%), and addition of AlSr modifier (0,001% - 0,02%) by using temperature variation (680°C, 700°C, 720°C, 735°C, and 750°C) from 2 local ingot of aluminum AC2B. From result of this research indicate that the quality of ingot play a part important to fluidity value. Ingot with little inclusion have high fluidity value. At addition of AlTiB grain refiner 0,05 - 0,8 %, from both ingot assess reached by optimum fluidity of addition moment 0,6%. While addition of AlSr modifier of rate 0,001 - 0,02 % for reached by optimum fluidity value of addition moment 0,01%.

Keywords: Modifier, grain refiner, fluidity and aluminum alloy AC2B

1. Latar Belakang

Industri otomotif yang membuat komponen Alumunium dengan cara casting (gravity atau die casting) sering mengalami inefisiensi produksi karena tingginya tingkat reject akibat dari cacat yang terbentuk.

Timbulnya cacat pada produk bisa disebabkan oleh banyak faktor, salah satu diantaranya akibat dari rendahnya fluiditas atau mampu alir dari material yang diproduksi[1]. Pengaruh temperatur dan kandungan inklusi material umpan merupakan salah satu hal yang

mempengaruhi nilai *Fluiditas* suatu material. Sifat mampu alir aluminium cair akan meningkat dengan kenaikan temperatur tuang, Namun sayangnya hal ini justru akan berakibat pada masuknya gas hidrogen dalam jumlah yang besar pada aluminium cair yang pada akhirnya dapat membentuk cacat porositas pada produk[2]. Sedangkan kandungan inklusi yang relatif banyak menyebabkan nilai fluiditas suatu material menurun[3]. Tetapi pada Aplikasi di Industri sulit dicapai material dalam kondisi bersih (sedikit inklusi) karena penambahan scrap dengan persentasi tertentu banyak dipakai, guna menekan harga produksi[4].

Untuk mengantisipasi permasalahan tersebut, perlu dicari proses yang sesuai sehingga nilai fluiditas dapat ditingkatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku *fluiditas* material terhadap penambahan grain refiner serta modifier pada material umpam.

2. Dasar Teori

2.1. Fluiditas

Fluiditas atau mampu alir adalah kemampuan logam cair untuk mengisi rongga-rongga cetakan yang tersedia pada proses pengecoran logam[5]. *Fluiditas* logam cair merupakan faktor penting dalam pengecoran, khususnya untuk menghindari cacat-cacat yang sering terjadi pada benda cor [3].

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai fluiditas pada dasarnya terdiri dari interistik cairan dan kondisi casting. Interistik cairan terdiri atas viskositas, tegangan permukaan, karakteristik dari permukaan lapisan oksida pada permukaan, kandungan inklusi, dan komposisi material, sedangkan kondisi casting terdiri dari faktor cetakan, desain cetakan, karakteristik dari permukaan cetakan, material cetakan, laju penuangan, *part configuration*, pengukuran fisik dinamika fluida dari sistem[1]. Diantara faktor itu pengaruh fluiditas pada umumnya

dipengaruhi oleh komposisi dan temperatur [6].

2.2. Perlakuan Pada Logam Cair

Pada dasarnya perlakuan pada logam cair adalah penambahan unsur atau paduan tertentu kedalam logam cair sehingga meningkatkan nilai fluiditas dari material[7]. Setiap penambahan unsur maupun paduan kedalam logam cair ada titik optimumnya dimana pada penambahan tertentu nilai fluiditas dari material tidak meningkat tetapi menurun. Perlakuan pada logam cair ada 2 cara yaitu dengan penambahan grain refining dan modifier[7].

2.2.1. Grain Refining

Grain refining adalah suatu proses untuk menghaluskan ukuran dan bentuk butir logam menjadi lebih kecil dan homogen dengan melakukan perlakuan terhadap cairan logam pada saat proses pengecorannya[7].



Gambar 1.
Proses Pembentukan Inti Dari Reaksi Peritectik Pada Al-Ti[7].

Perlakuan yang dilakukan yaitu dengan penambahan elemen-elemen tertentu kedalam paduannya. Elemen yang ditambahkan untuk proses grain refining antara lain Titanium (Ti), Boron (B), dan Zirkonium (Zr) atau gabungannya. Penambahan unsur-unsur tersebut menciptakan nukleus atau benih titanium borida, titanium karbida, aluminium borida, atau senyawa intermetalik kompleks

lainnya dalam cairan logam. Nukleus yang banyak secara langsung mempercepat laju nukleasi dan menahan laju pertumbuhan kristal yang pada akhirnya terbentuk butir yang halus dan merata ketika benda cor membeku [7].

2.2.2. Modifikasi

Modifikasi adalah penambahan unsur-unsur *modifier* pada paduan Aluminium silikon tuang yang bertujuan untuk menghambat pertumbuhan kristal-kristal silikon pada fase eutektik [8]. Dengan semakin bulat struktur eutektik keenceran meningkat sehingga Fluiditas juga meningkat [7].

Modifikasi paduan aluminium silikon ini dilakukan dengan memberikan unsur-unsur tertentu pada cairan paduan aluminium, seperti kalsium, stronsium, dan antimony yaitu pada kelompok paduan aluminium silikon hipoeutektik. Sementara, untuk paduan aluminium silikon hipereutektik, unsur *modifier* yang diberikan khusus, yaitu berupa fosfor atau antimony [7].

Pada gambar 2 terlihat pengaruh penambahan modifier terhadap pembentuk dari kristal silikon. Gambar 2A tanpa penambahan modifier terlihat kristal silikon berbentuk lamel-lamel atau jarum-jarum kasar sedangkan gambar 2B dengan penambahan modifier terlihat kristal silikon berbentuk granular.

3. Metode Penelitian

Komposisi kimia dari kedua ingot lokal yang digunakan oleh PT.X yaitu Y2BSV yang juga equivalen dengan AC2B, JIS H 5202- 1978 [10]. Terlihat pada tabel 2 komposisi pada kedua ingot lokal.

Proses pengujiannya dimulai dengan peleburan ingot AC2B atau campuran ingot dan scrap sejumlah 20 Kg dalam dapur krusible hingga temperatur melting mencapai 770°C dan kemudian diberi fluxing sebanyak 0,1%.

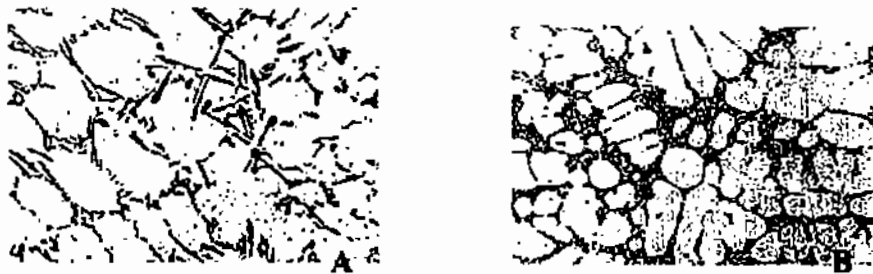
Table 1.
Perbandingan Komposisi Kimia Dari 2 Ingot Lokal AC2B (wt%)

(%) unsur	Jenis Ingot			
	AC2B	Y2BSV	Ingot A	Ingot B
Cu	2,0-4,0	2,5-3,0	2,62	2,75
Si	5,0-7,0	6,0-7,0	6,81	6,34
Mg	0,5max	0,15-0,25	0,209	0,2186
Zn	1,0max	0,1max	-	-
Fe	1,0max	0,34max	0,285	0,241
Mn	0,5max	0,1max	0,058	0,0605
Ni	0,3max	0,1max	-	-
Sn	-	-	-	-
Pb	-	0,1max	0,002	-
Ti	0,2max	0,1max	0,007	-
Cr	-	0,1max	0,002	-
Al	Sisa	Sisa	Sisa	Sisa

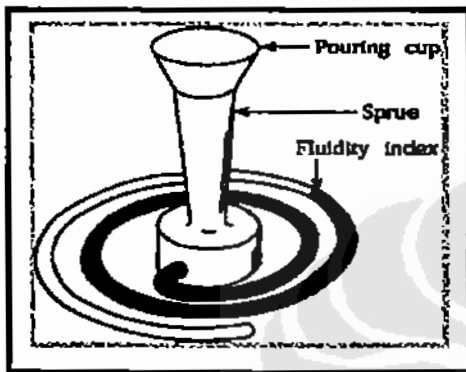
Setelah itu dilakukan pengujian nilai fluiditas aluminium tuang tipe AC2B pada berbagai temperatur (680 – 750°C) dan dengan variasi ratio ingot : scrap 100:0 dan 50:50. Pengujian nilai fluiditas ini dilakukan dengan metode Spiral Fluidity Test, seperti yang terlihat pada gambar 3 sedangkan gambar 4 menunjukkan hasil dari pengujian fluiditas.

Pada kondisi rasio charging 50% ingot dan 50% scrap kemudian ditambahkan Grain refiner, AlTiB (0,05 – 0,8 %) serta ditambahkan modifier AlSr (0,001 -0,02%), untuk mengetahui nilai fluiditas yang terjadi

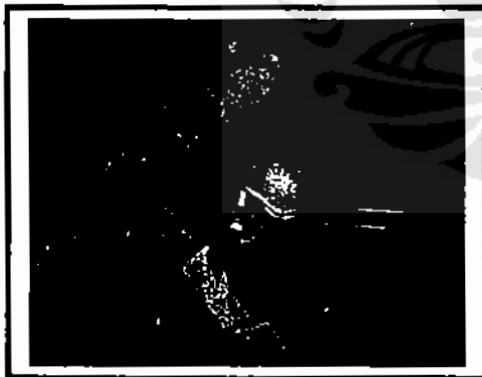
Pengujian fluiditas ini ditujukan untuk membandingkan nilai fluiditas masing-masing *charging* material pada komposisi 100% ingot : 0% scrap dan 50% ingot : 50% scrap dengan rentang temperatur 680°C-750°C. Proses pengujian yang dilakukan tanpa melibatkan scrap (material input adalah ingot 100%) adalah untuk mengetahui kemampuan mampu alir material dalam keadaan murni. Sedangkan untuk penambahan scrap hingga 50% menunjukkan pengaruh inklusi terhadap penurunan nilai fluiditas pada material.



Gambar 2.
Pengaruh Penambahan Modifier Pada Mikrostruktur (A)
Tanpa Penambahan Modifikasi dan (B) Dengan Penambahan Modifikasi [9].



Gambar 3.
Sketsa Cetakan Spiral Untuk Uji Fluiditas[5]



Gambar 4.
Hasil Coran dari Uji Fluiditas

4. Hasil Penelitian

4.1. Pengaruh temperatur terhadap fluiditas material AC2B

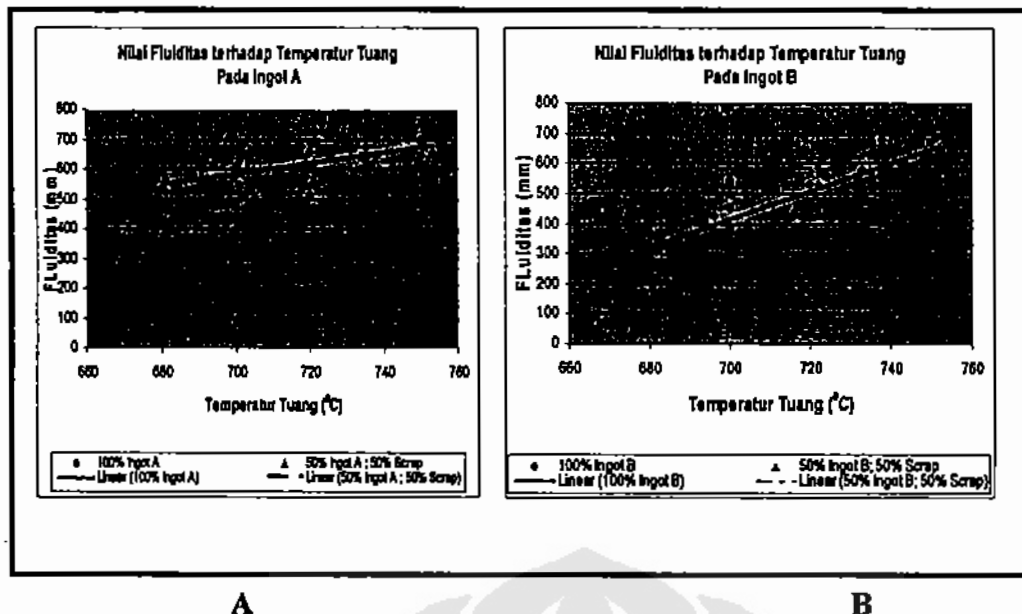
Tampak pada Gambar 5 nilai fluiditas aluminium AC2B cenderung meningkat dengan semakin tingginya temperatur tuang[7]. Hal ini menunjukkan adanya

hubungan antara fluiditas dengan temperatur *superheat*, yakni meningkatnya temperatur *superheat* maka meningkat pula fluiditas logam murni maupun paduan[1]. Derajat *superheat* menentukan efek fundamental proses solidifikasi dalam mengendalikan durasi aliran, yaitu berupa kuantitas panas yang dilepas sebelum proses solidifikasi. Selain itu, pengaruh perubahan temperatur tersebut terhadap nilai fluiditas paduan aluminium tuang AC2B juga berkaitan dengan viskositas[1]. Dengan semakin meningkatnya temperatur, maka ikatan antar atom paduan aluminium AC2B akan semakin lemah sehingga pergerakan atom akan semakin bebas dan hasilnya adalah semakin menurunnya nilai viskositas logam cair sehingga cairan akan semakin encer dan berakibat meningkatnya fluiditas logam cair[11].

Meski dengan meningkatnya temperatur tuang, nilai fluiditas yang didapat juga akan semakin tinggi pada kedua jenis ingot, akan tetapi temperatur cairan yang semakin tinggi menyebabkan semakin tingginya kelarutan gas Hidrogen di dalam Aluminium cair yang akan menyebabkan cacat porositas gas[5].

4.2. Pengaruh kualitas ingot terhadap nilai fluiditas aluminium AC2B

Pada Gambar 5A dan 5B terlihat bahwa dengan temperatur tuang yang sama, nilai fluiditas 100 % ingot A relatif lebih besar dari pada nilai fluiditas 100 % ingot B. Sebagai contoh pada temperatur 720°C, nilai fluiditas ingot A adalah sekitar 620 mm, sedangkan ingot B nilai fluiditasnya sekitar 500 mm.



Gambar 5.

Nilai Fluiditas Pada komposisi 100% Ingot (%0 Scrap) dan 50% Ingot (50% Scrap) Dengan Variasi Temperatur 680°C, 700°C, 720°C, 735°C, dan 750°C Fenomena ini Diduga Karena Pengaruh Impurities yang Jenis dan Jumlahnya Berbeda Pada Masing-masing Ingot, Sehingga akan Berakibat Pada Perbedaan Nilai Fluiditas Pada Masing-masing Ingot. Dengan Makin Banyaknya Impurities Dalam Bentuk Inklusi, Maka akan Menurunkan Nilai Fluiditas Karena Impurities akan Menghambat Aliran Logam Cair[1].

4.3. Pengaruh Penambahan Scrap Terhadap Nilai Fluiditas Aluminium AC2B

Penambahan scrap sebesar 50% pada material charging untuk ingot A memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap penurunan nilai fluiditas hal ini bisa dilihat pada gambar 5A. Sedangkan untuk ingot B (gambar 5B), pengaruh penambahan scrap sebesar 50% pada material charging menyebabkan peningkatan nilai fluiditas. Dapat diasumsikan bahwa inklusi yang didapat pada ingot B relatif lebih besar dengan inklusi yang terdapat pada scrap dengan kata lain kualitas ingot B relatif lebih jelek bila dibandingkan dengan ingot A.

4.4. Hasil Evaluasi Kualitas Ingot Berdasarkan Pengamatan SEM dan EDAX.

Proses pengamatan SEM & EDAX dilakukan pada masing-masing ingot dari berbagai supplier. Pada gambar 6 tampak

hasil pengamatan SEM dan EDAX pada kedua ingot.

Inklusi yang terdapat pada ingot A adalah C, O, Na, Ti, Si, K, dan juga sedikit Cl. Keberadaan unsur O akan menimbulkan *non metallic inclusion* karena dapat bereaksi dengan Al membentuk Al_2O_3 dan dengan Si membentuk SiO_2 [12]. Kehadiran oksida tersebut dapat menurunkan fluiditas akibat dari tegangan permukaan yang diberikan[13]. Unsur C membentuk non metallic inklusi yang berupa karbida (Al_3C_4). Sedangkan unsur Na, K, Cl membentuk senyawa Na-K-Cl misal Na dan Cl membentuk partikel garam NaCl[12]. Diduga adanya unsur ini akibat dari pemisahan yang tidak sempurna saat proses fluxing.

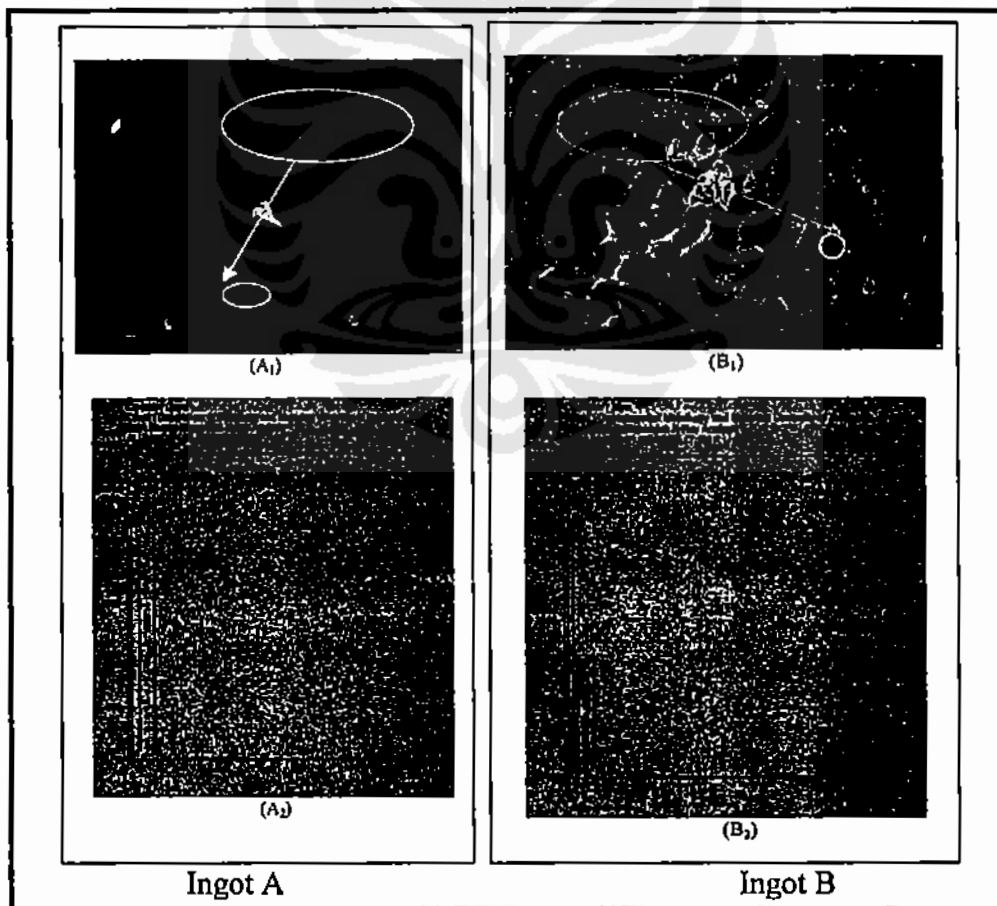
Pada ingot B tampak jumlah kandungan pengotor relatif lebih banyak dibandingkan dengan ingot A. Pada ingot B mengandung inklusi O, Cl dan Si. Keberadaan unsur O ini dapat berikatan dengan Al membentuk Al_2O_3 yang merupakan non metallic dan

dengan Si membentuk SiO_2 . Kehadiran inklusi oksida tersebut yang dapat menyebabkan turunnya nilai fluiditas akibat dari tekanan permukaan yang diberikan. Unsur Cl membentuk senyawa Chloride. Kemungkinan adanya unsur ini akibat dari pemisahan yang tidak sempurna saat proses fluxing[12]

4.5. Pengaruh Penambahan Grain Refiner (Al-Ti-B) Terhadap Nilai Fluiditas Alumunium AC2B

Percobaan dilakukan pada komposisi ratio *charging* ingot : scrap; 50% : 50% pada temperature tuang pada temperature 720°C , sementara T cetakan pada temperatur 280°C dengan variasi penambahan Grain refainer antara 0,05 - 0,8% .

Tampak dari Gambar 7 nilai fluiditas meningkat dengan meningkatnya kadar *grain refiner* (TiB) pada semua jenis ingot. Pada ingot A menunjukkan nilai fluiditas yang menurun dari konsentrasi 0,05-0,1% dan kemudian naik pada persentase antara 0,4- 0,6% sedangkan pada ingot B memperlihatkan efek yang fluktuatif, menurun nilai fluiditasnya dari 0,1-0,4% kemudian naik pada penambahan 0,6% setelah itu kemudian turun lagi jika konsentrasi AlTiB yang diberikan lebih dari 0,6%. Jadi nilai fluiditas optimum dicapai saat kadar *grain refiner* 0,6%. Ingot A tanpa *grain refiner* 519 mm dan dengan penambahan *grain refiner* 0,6% = 551,8 mm atau mengalami kenaikan sebesar 6,3% sedangkan ingot B tanpa *grain refiner* 395,3 mm dan dengan penambahan *grain refiner* 0,6% = 423.

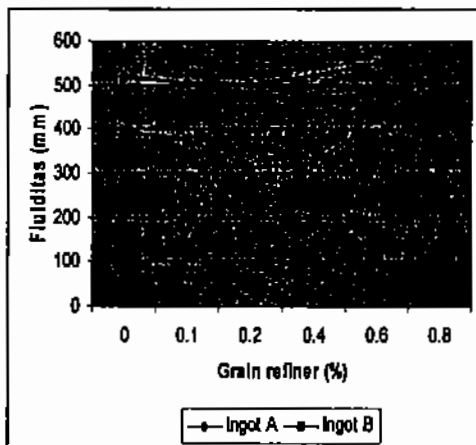


Gambar 6.

Hasil Pengujian SEM Pada Kedua Ingot Dengan Perbesaran 500X Daerah Inklusi dan *Impurities* Ditunjukkan Oleh Anak Panah, Sedangkan yang Dilingkarkan Menunjukkan Daerah untuk EDAX (A₁ dan B₁ Menunjukkan Hasil SEM Sedangkan A₂ dan B₂ Menunjukkan Hasil EDAX)

Percobaan dilakukan pada komposisi ratio *charging* ingot : scrap; 50% : 50% pada temperature tuang pada temperature 720°C, sementara T cetakan pada temperatur 280 °C dengan variasi penambahan Grain refainer antara 0,05 - 0,8% .

Tampak dari Gambar 7 nilai fluiditas meningkat dengan meningkatnya kadar *grain refiner* (TiB) pada semua jenis ingot. Pada ingot A menunjukkan nilai fluiditas yang menurun dari konsentrasi 0,05-0,1% dan kemudian naik pada persentase antara 0.4- 0.6% sedangkan pada ingot B memperlihatkan efek yang fluktuatif, menurun nilai fluiditasnya dari 0,1-0,4% kemudian naik pada penambahan 0.6% setelah itu kemudian turun lagi jika konsentrasi AlTiB yang diberikan lebih dari 0,6%. Jadi nilai fluiditas optimum dicapai saat kadar *grain refiner* 0.6%. Ingot A tanpa *grain refiner* 519 mm dan dengan penambahan *grain refiner* 0,6% = 551,8 mm atau mengalami kenaikan sebesar 6,3% sedangkan ingot B tanpa *grain refiner* 395,3 mm dan dengan penambahan *grain refiner* 0,6% = 423 mm atau mengalami kenaikan sebesar 7%. Penambahan TiB lebih dari 0.6% pada semua jenis ingot membuat nilai fluiditas yang menurun dari nilai optimumnya. Penurunan ini terjadi karena TiB menjadi element impurities atau pengotor setelah ditambahkan lebih dari nilai optimumnya.

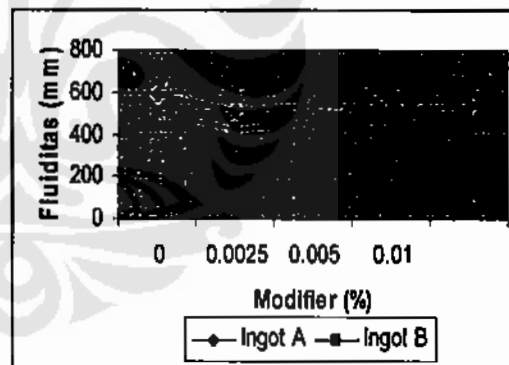


Gambar 7.
Nilai Fluiditas Dengan Penambahan Grain Refainer Pada Kedua Ingot

4. 6. Pengaruh penambahan Modifier Strontium (Al-Sr) terhadap Nilai Fluiditas Alumunium AC2B

Parameter yang sama pada pengujian pengaruh grain refainer ditetapkan pula pada pengujian dengan variable penambahan Modifier Sr antara 0,001-0.02%

Pada gambar 8 terlihat bahwa penambahan modifier (Al-Sr) dari 0.001 hingga 0.02% terhadap ingot A tidak memberikan efek terhadap peningkatan nilai fluiditasnya, bahkan cenderung untuk menurunkan nilai fluiditas. Sedangkan pada ingot B, penambahan modifier sebesar 0,01% dapat meningkatkan nilai fluiditas (tanpa modifier 508 mm dengan modifier 595 mm atau mengalami kenaikan sebesar 17,1%) Peningkatan nilai fluiditas pada ingot B terjadi karena terhambatnya pertumbuhan Si primer kasar dan menjadikan bentuknya lebih bulat sehingga nilai fluiditas meningkat.



Gambar 8.
Nilai Fluiditas Dengan Penambahan Modifier Sr : (a) Ingot A, dan (b) Ingot B

4. Kesimpulan

1. Secara umum nilai fluiditas dipengaruhi oleh temperatur, komposisi, dan inklus
2. Peningkatan temperatur memberikan efek terhadap peningkatan fluiditas yang mana ini ditunjukkan oleh setiap *charging* (penuangan) baik untuk penuangan 100% dan 50% ingot nilai fluiditas mengalami kenaikan.

3. Material umpan yang terkontaminasi banyak inklusi memiliki nilai *fluiditas* yang rendah sebagai contoh ingot A yang relatif lebih bersih dari ingot B pd temperatur tuang 720°C nilai *fluiditas* ingot A 620 mm sedang ingot B 500 mm.
 4. Penambahan scrap pada kedua ingot A dan B, cukup memberikan perbedaan terhadap nilai *fluiditas*. Misal penambahan 50% scrap pada material charging untuk ingot A dapat meningkatkan *fluiditas* sedangkan B sebaliknya.
 5. Hasil SEM menunjukkan bahwa jumlah pengotor ingot A lebih sedikit bila dibandingkan dengan ingot B.
 6. Dengan penambahan grain refainer AlTiB dari kadar 0,05% - 0,8% menunjukkan nilai optimum *fluiditas* pada kedua ingot didapat pada penambahan 0,6%.
 7. Dengan penambahan *modifier* AlSr dari kadar 0,001% - 0,02% menunjukkan nilai optimum *fluiditas* pada ingot B didapat pada penambahan 0,01% sedangkan ingot A tidak memberikan efek terhadap peningkatan *fluiditas*.
 8. Pengaruh inklusi cukup besar walaupun telah dilakukan perlakuan pada logam cair baik dengan Grain refining maupun dengan Modifier.
- [6]. Mondolfo, L.F. *Aluminum Alloys : Structure and Properties*, Butterworth, London, 1979.
 - [7]. Gruzleski, John E., Bernard M. Closset, *The Treatment of Aluminum-Silicon Alloys*, Americans Foundrymans Society, Inc, USA, 1990.
 - [8]. ASM Volume 2, *Properties and Selection : Nonferrous Alloys and Special Purpose Material*, 1992
 - [9]. *Metals Handbook Ninth Edition. Volume 15., Casting, ASM International* :Metal Park, Ohio. 1978.
 - [10]. JIS Handbook. *Non-Ferrous Metals and Metallurgy*. Japanese Standards Association. 1978
 - [11]. David, J.R, ASM Specialty Handbook, *Aluminum and Aluminum Alloys*, David & Associated, 1994.
 - [12]. C.E. Eckert, *Inclusion in Aluminum Foundry Alloys*, AFS, Inc, USA, 1991
 - [13]. James M. Boileau, *An Examination Of Inclusions In A Quiescent Metal Furnace*, American Foundry Society, 200

Daftar Acuan

- [1]. P.R. Beeley, B.Met, Ph.D, FIM, *Foundry Technology*, Butter Worth, London Boston, 1972.
- [2]. Hatch, John E. *Aluminum Properties and Physical Metallurgy*. Ohio : American Society for Metal, Metal Park, 1984
- [3]. ASM handbook, *Aluminum Alloy Castings: Properties, Processes, and Applications*
- [4]. Campbell, J. - *Castings* - Butterworth Heinemann, 1991
- [5]. *Alumunium Casting Technology*, AFS, Des Plaines, Illinois, 1986.