#### M3-004 Pengaruh Ketebalan Coran pada Pengecoran *Squeeze* Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Paduan Al–6,4%Si–1,93%Fe

#### Helmy Purwanto, Suyitno, P.T. Iswanto

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang Jl. Menoreh Tengah X/22 Sampangan, Semarang 50236, Indonesia Phone: +62-24-8505680, FAX: +62-24-8505681, www.unwahas.ac.id , E-mail: helmy\_uwh@yahoo.co.id

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh ketebalan coran 10, 35 dan 70 mm terhadap struktur mikro dan kekerasan hasil pengecoran squeeze (squeeze casting) pada paduan Al–6,4%Si–1,93%Fe. Paduan dilebur pada dapur krusibel dan dituang pada temperatur 750°C pada cetakan yang berbentuk die-punch yang dipanaskan pada temperatur 400°C dan dengan tekanan squeeze 50, 75, 100 MPa.

Hasil pengujian terhadap spesimen menunjukan peningkatan tekanan berpengaruh terhadap porositas hasil pengecoran tetapi tidak signifikan terhadap struktur silikon, kekerasan naik 29,67%, pada pengecoran squeeze tekanan 100 MPa terhadap pengecoran tuang. Perbedaan ketebalan hasil pengecoran squeeze tidak berpengaruh secara signifikan terhadap struktur mikro dan kekerasan.

Kata kunci: pengecoran squeeze, ketebalan coran, struktruk mikro, kekerasan.

## 1. Pendahuluan

Pengecoran *squeeze* pertama kali diperkenalkan di Russia oleh Chernov pada tahun 1878 [1]. Dengan cetakan dari logam yang berbentuk *die-punch*, maka akan terjadi perpindahan panas yang relatif cepat serta dengan penekanan akan mengurangi cacat porositas dan penyusutan. Berdasarkan mekanisme pengisian logam cair kedalam *die*, pengecoran squeeze dibagi menjadi dua kelompok yaitu *direct squeeze casting (DSC)*, dan *in-direct squeeze casting (ISC)* [2]. Parameter-parameter dalam pengecoran *squeeze* yaitu : volume cairan logam, temperatur tuang, temperatur cetakan, selang waktu antara penuangan dengan awal penekanan serta besar dan lama waktu penekanan.

Pengecoran squeeze (squeeze casting) merupakan salah satu proses pengecoran untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanis. Pengecoran squeeze juga disebut squeeze forging atau penempaan logam cair adalah proses pengecoran dengan memberikan tekanan ekternal saat pembekuan dan merupakan penggabungan keunggulan proses tempa (forging) dan cor (casting). Proses squeeze, mampu meningkatkan sifat fisis dan mekanis terutama pada material dengan paduan dasar Aluminium dan Magnesium [3]. Squeeze pada paduan dasar aluminium mampu menghasilkan coran yang mempunyai propertis seperti hasil tempa [4].

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

#### Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Silikon (Si) merupakan salah satu unsur yang jika dipadu dengan aluminium mampu meningkatkan sifat mekanis, mampu cor (*castability*), mampu mesin. Al-Si banyak digunakan pada komponen otomotip melalui proses pengecoran.

Dalam industri pengecoran aluminium lokal, disamping menggunakan proses pengecoran tuang (*gravity casting*) material yang digunakan adalah Al-Si daur ulang dan dalam proses peleburan banyak menggunakan peralatan dari besi (mengandung unsur Fe) sehingga dalam proses unsur Fe akan bertambah pada paduan. Fe dalam paduan Al-Si merupakan unsur pengotor yang menyebabkan turunnya kekuatan dan ketahanan terhadap korosi [5], Fe lebih dari 2% pada Al–Si akan memicu terbentuknya fase intermetalik βAlSiFe yang dapat mengurangi kekuatan tarik [6], dan ini merupakan masalah yang utama dalam industri pengecoran aluminium daur ulang [7].

Penelitian ini menggunakan paduan Al–6,4%Si–1,93%Fe, dengan proses pengecoran *squeeze (direct squeeze casting)*, selanjutnya dipelajari pengaruh ketebalan coran terhadap struktur mikro dan sifat mekanis.

#### 2. Cara Penelitian

Paduan dalam bentuk ingot dilebur pada dapur krusibel dan dituang pada cetakan (*die*) yang telah dipanaskan dan dilapisi *die coat* dengan merk dagang "Acheson" *lubrication beyond oil* dari bahan vermiculite dan mica. Setelah paduan dituang diletakkan *punch* pada *die* dan ditekan dengan menggunakan penggerak tenaga hidrolis dan ditahan selama 100 detik. Dimensi cetakan dengan sistim *die-punch* ditunjukkan pada Gambar 1. Kombinasi ketebalan dan tekanan *squeeze* (Tabel 2.) dilakukan untuk mendapatkan spesimen pengamatan struktur mikro dan uji kekerasan.

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dan pengukuran kekerasan dengan mengunakan pengujian Brinell (*Brinell Hardness*) dengan indentor bola baja 2,5 mm dengan pembebanan 60 kgf.



Gambar 1. Disain die-punch

Si	6,43	Ti	0,1110
Fe	1,.933	Cr	0,0140
Cu	0,319	Ni	0,0206
Mn	0,0502	Pb	0,0429
Mg	0,0281	Sn	0,0096
Zn	0,3121	Al	90,72

**Tabel 1.** Komposisi kimia paduan (%)

N O	TUAN G (°C)	DIE S (°C)	Teb al (m m)	TEKAN AN (MPa)	Kod e
1	750	400	70	50	P1/7 0
2	750	400	70	75	P2/7 0
3	750	400	70	100	P3/7 0
4	750	400	35	50	P1/3 5
5	750	400	35	75	P2/3 5
6	750	400	35	100	P3/3 5
7	750	400	10	50	P1/1 0
8	750	400	10	75	P2/1 0
9	750	400	10	100	P3/1 0

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009 Tabel 2. Variasi perlakuan dan kode specimen

## 3. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Pengamatan Struktur Mikro



**Gambar 2.** Hasil pengecoran pada variasi ketebalan (a.) 70, (b) 35 dan (c) 10 mm, temperatur tuang 750°C, temperatur cetakan 400°C.



Gambar 3. Struktur mikro spesimen pada tekanan 0 (pengecoran tuang) ketebalan coran 70 mm pada jarak (a). 0 mm, (b). 12 mm, (c) 24 mm dari sumbu diameter coran



Gambar 4. Struktur mikro spesimen pada tekanan 50 MPa ketebalan coran 70 mm (P1/70)

pada jarak (a). 0 mm, (b). 12 mm, (c) 24 mm dari sumbu diameter coran



Gambar 5. Struktur mikro spesimen pada tekanan 75 MPa ketebalan coran 70 mm (P2/70) pada jarak (a). 0 mm, (b). 12 mm, (c) 24 mm dari sumbu diameter



**Gambar 6.** Struktur mikro spesimen pada tekanan 100 MPa ketebalan coran 70 mm (P3/70) pada jarak (a). 0 mm, (b). 12 mm, (c) 24 mm dari sumbu diameter coran

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

#### Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Struktur mikro paduan yang diperoleh pada jarak 0 mm, 12 mm dan 24 mm dari sumbu diameter coran hasil pengecoran tuang ditunjukkan Gambar 3 dan pengecoran pada variasi tekanan squeeze ditunjukkan Gambar 4–6. Struktur mikro pada pengecoran tuang terlihat porositas, dan semakin kecil fraksi porositasnya pada jarak 24 mm dari titik sumbu hasil pengecoran. Gambar 4 memperlihatkan struktur mikro pengecoran squeeze dengan tekanan 50 MPa, dimana terlihat sedikit porositas seperti yang dilaporkan Yue, (1997) [4] pada material AA7010 pada tekanan 50 MPa masih ditemukan porositas. Penambahan tekanan menjadi 75 MPa dan 100 MPa tidak ditemukan porositas seperti ditunjukan Gambar 5 - 6.



**Gambar 7.** Struktur mikro spesimen pada tekanan 50 MPa ketebalan coran 35 mm (P1/35) pada jarak (a). 0 mm, (b). 12 mm, (c) 24. mm dari sumbu diameter coran



**Gambar 8.** Struktur mikro spesimen pada tekanan 75 MPa ketebalan coran 35 mm (P2/35) pada jarak (a). 0 mm, (b). 12 mm, (c) 24 mm dari sumbu diameter coran



Gambar 9. Struktur mikro spesimen pada tekanan 100 MPa ketebalan coran 35 mm (P3/35) pada jarak (a). 0 mm, (b). 12 mm, (c). 24 mm dari sumbu diameter coran

Struktur mikro hasil pengecoran pada variasi tekanan dan ketebalan 35 mm ditunjukkan pada Gambar 7– 9. Hasil pengecoran squeeze pada tekanan 75 MPa masih ditemukan porositas, berbeda pada ketebalan coran 70 mm, pada tekanan yang sama tidak ditemukan porositas.



**Gambar 10.** Struktur mikro spesimen pada tekanan 50 MPa ketebalan coran 10 mm (P1/10) pada jarak (a) 0 mm (b) 12 mm (c) 24 mm dari sumbu diameter



**Gambar 11.** Struktur mikro spesimen pada tekanan 75 MPa ketebalan coran 10 mm (P2/10) pada jarak (a). 0 mm, (b). 12 mm, (c). 24 mm dari sumbu diameter coran



Gambar 12. Struktur mikro spesimen pada tekanan 100 MPa ketebalan coran 10 mm (P3/10) pada jarak (a). 0 mm, (b). 12 mm, (c). 24 mm dari sumbu diameter

Struktur mikro hasil pengecoran pada variasi tekanan pada ketebalan 10 mm ditunjukkan Gambar 10 – 12. Hasil pengecoran squeeze pada tekanan 75 MPa masih ditemukan porositas, seperti pada ketebalan coran 35 mm. Peningkatan tekanan pada 100 MPa tidak terlihat porositas tetapi terjadi penghalusan struktur silikon pada daerah tertentu terutama pada pengamatan jarak 24 mm dari sumbu. Dari hasil pengamatan ini, dengan tekanan *squeeze* 100 MPa dapat mengurangi atau menghilangkan porositas gas baik pada ketebalan coran 10 mm, 35 mm dan 70 mm.

#### 2. Secondary Dendrite Arm Spacin

Hubungan antara rata-rata *Secondary Dendrite Arm Spacing* (SDAS) dengan variasi tekanan *squeeze* pada temperatur tuang 750°C dan temperatur cetakan 400°C dengan ketebalan coran 70 mm, 35 mm dan 10 mm diperlihatkan Gambar 13.



Gambar 13. Harga SDAS pada variasi ketebalan coran dan tekanan

Rata-rata SDAS pada pengecoran tuang 38,80 µm dan pada tekanan *squeeze* 50 MPa adalah 28,58 µm atau turun 26,34 %, tetapi tidak berubah secara signifikan terhadap penambahan tekanan yaitu 27,39 µm dan 28,00 µm pada tekanan 75 MPa dan 100 MPa. Perbedaan ketebalan coran berpengaruh pada SDAS, semakin tipis coran, SDAS semakin kecil. Hasil ini menunjukkan dengan tekanan ekternal mampu memperkecil jarak struktur dendrit sekunder dan dimungkinkan juga memperhalus butir.

## 3. Hasil Pengujian Kekerasan Brinell



Gambar 14. Harga kekerasan Brinell pada variasi tekanan dan ketebalan coran

Gambar 14. menunjukkan hubungan antara tekanan squeeze terhadap kekerasan pada temperatur tuang 750°C dan temperatur cetakan 400°C pada hasil pengecoran dengan ketebalan t = 70 mm, t = 35 mm, dan t = 10 mm. Hasil pengujian kekerasan pada spesimen menunjukkan perbedaan yang signifikan pada pengecoran tuang dan pengecoran squeeze.

Kekerasan rata-rata pada pengecoran tuang adalah 52,74 BHN dan pada pengecoran *squeeze* 50 MPa adalah 63,98 BHN atau naik rata-rata 21,31%, tetapi kenaikan tidak terlalu signifikan pada tiap

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

#### Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

penambahan tekanan 75 MPa dan 100 MPa yaitu rata-rata 3,61% dan 3,15%. Kekerasan spesimen dipengaruhi oleh struktur silikon atau SDAS, ini ditunjukkan pada Gambar 3 pada pengecoran tuang dan Gambar 4 sampai Gambar 12 pada pengecoran *squeeze*. Semakin halus struktur silikon atau semakin kecil ukuran SDAS maka harga kakerasan akan semakin tinggi.

Hal ini berbeda seperti yang dilaporkan oleh Diskiardi dan Tjitro (2002) [1] pada material piston komersial lokal bahwa kakerasan turun pada tekanan 100 MPa setelah mencapai titik optimum pada tekanan 75 MPa. Tetapi Yue dan Chadwick (1995) [2] mengungkapkan bahwa pada tekanan 100 MPa sifat fisis dan mekanis akan mencapai titik optimum sehingga penambahan tekanan lebih dari 100 MPa tidak akan memperbaiki keunggulan material dan El-Khair (2004) [8] melaporkan bahwa tekanan 160 MPa didapat kekerasan tertinggi pada material Al–Si–Mg.

Distribusi kekerasan pada tiap-tiap bagian (atas, tengah, dan bawah) hasil pengecoran tuang dan pengecoran *squeeze* pada ketebalan 70 mm sangat berbeda. Kekerasan bagian atas pada pengecoran tuang menunjukkan distribusi yang besar dibandingkan kekerasan bagian tengah dan bawah, kekerasan coran pada bagian atas adalah 47,26 BHN kekerasan pada bagian tengah dan bawah masing-masing 53,77 BHN dan 57,18 BHN. Perbedaan kekerasan tersebut disebabkan pada bagian atas terjadi cacat penyusutan coran dan timbul porositas yang besar.

Hasil pengecoran *squeeze* tidak ditemukan penyusutan bagian atas dan kekerasan menunjukkan distribusi yang merata pada tiap-tiap bagian. Hal ini disebabkan pengaruh tekanan pada *squeeze* dapat menghilangkan penyusutan dan porositas pada bagian atas. Distribusi kekerasan tiap bagian pada pengecoran *squeeze* lebih merata terhadap pengecoran tuang, ini ditunjukkan penyimpangan kekerasan pada tekanan 100 MPa adalah 1 dan pada pengecoran tuang adalah 5,04.

Pengujian pada hasil pengecoran *squeeze* dengan ketebalan berbeda yaitu 35 mm dan 10 mm tidak menunjukkan perbedaan kekerasan yang signifikan. Hasil pengujian ini menunjukkan perbedaan ketebalan tidak berpengaruh secara signifikan pada kekerasan.

Pengecoran *squeeze* mampu meratakan distribusi kekerasan pada tiap daerah dan bagian coran, bahkan pada coran bagian atas kekerasan lebih tinggi dibandingkan pada coran bagian tengah dan bawah. Kenyataan ini menunjukkan bahwa pemberian tekanan pada saat pembekuan sangat berpengaruh terhadap distribusi kekerasan coran.

## 4. Kesimpulan dan Saran

#### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan proses pengecoran *squeeze* pada paduan Al-6,4%Si-1,93%Fe dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1. Peningkatan tekanan berpengaruh terhadap porositas hasil pengecoran tetapi tidak signifikan terhadap struktur silikon, kekerasan naik 29,67%, pada pengecoran *squeeze* tekanan 100 MPa terhadap pengecoran tuang.
- 2. Perbedaan ketebalan hasil pengecoran tidak berpengaruh secara signifikan terhadap struktur mikro dan kekerasan.

#### Saran

Saran-saran yang dibutuhkan untuk penelitian selanjutnya:

- 1. Perlu dilakukan penelitian serupa dengan memvariasikan kecepatan penekanan *squeeze* untuk mengetahui efek kehilangan panas pada logam cair
- 2. Perlu dilakukan penelitian serupa dengan paduan yang berbeda untuk mengetahui dan membandingkan sifat fisis dan mekanis pada paduan dengan titik beku dan komposisi paduan yang berbeda.

## Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada PT. Aneka Adhilogam Karya Ceper Klaten dan pimpinan serta karyawan industri pengecoran ED Aluminium Giwangan Yogyakarta.

## Daftar Pustaka

- [1] Tjitro,S., Firdaus, *Pengecoran Squeeze*, Jurnal Teknik Mesin Universitas kristen Petra, Vol. 2 No. 2, hal. 109-113, 2000.
- [2] Yue, T.M., and Chadwick G.A., *Squeeze Casting of Light Alloys and Their Composites*, Journal of Material Processing Technology, vol. 58, 1995. pp. 302-307.
- [3] Ghomashchi, M.R., and Vikhrov A., , *Squeeze Casting : an overview*, Journal of Materials Prosessing Technology vol. 101, 1998, Elseiver, pp. 1-9.
- [4] Yue, T.M., *Squeeze Casting of High-Strength Alumunium Wrought Alloy AA7010*, Journal of Material Processing Technology vol. 66, 1997, pp. 179-185.
- [5] Smith, W.F., Structure and Properties of Engineering Alloys, McGraw-Hill inc, Second Edition 1993.
- [6] Fang, X., Shao, G., Liu, Y.Q. and Fan, Z., *Effect of Intensive Forced Melt Convection on The Mechanical Properties of Fe-Containing Al-Si Based Alloys*, Brunel University, 2000, p.p.1-20.
- [7] Mondolfo, L.F., Aluminium Alloys: Structure and Propertie, Butterworths, London, 1976.
- [8] Abou El-khair, *Microstructure characterization and tensile properties of squeeze-cast AlSiMg alloys*, Journal of Materials Letters vol . 59, p.p. 894 900, 200