

Pengaruh Tekanan dan Temperatur Die Proses Squeeze Casting Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Material Piston Komersial Lokal

Duskiardi

Dosen Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin - Universitas Bung Hatta Padang

Soejono Tjitro

Dosen Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin - Universitas Kristen Petra

Abstrak

Squeeze casting sering juga disebut dengan *liquid metal forging* dimana logam cair dibekukan dibawah tekanan eksternal yang relatif tinggi. Terjadinya kontak antara logam cair dengan punch dan die pada saat penekanan memungkinkan terjadinya perpindahan panas yang cukup cepat. Ini akan menghasilkan struktur mikro yang lebih homogen serta perbaikan sifat mekanik.

Material yang digunakan untuk pengujian ini dan sekaligus sebagai pembanding diambil dari produk piston komersial lokal dengan komposisi bal. 12.62 wt% Si, 2.83 wt% Cu, 1.58 wt% Ni, 0.89 wt% Mg, 0.38 wt% Fe, 0.15 wt% Mn, 0.078 wt% Zn, 0.016 wt% Pb, 0.009 wt% Sn, 0.006 wt% Ca dan selebihnya Al. Material dilebur pada 700 ° C, benda uji dibuat dengan menggunakan teknik squeeze casting dengan jalan memvariasikan tekanan dan temperatur. Selanjutnya benda uji dikarakterisasi berupa kekerasan, porositas dan struktur mikro.

Pada pengujian yang dilakukan, laju pendinginan material akibat pengaruh tekanan dan temperatur die sangat signifikan pengaruhnya terhadap perbaikan sifat benda uji. Dari hasil pengamatan, proses ini mampu menurunkan porositas sampai 85.15 % dan memperbaiki kekerasan sebesar 5.29 % setelah dilakukan perlakuan panas T6. Tekanan serta temperatur die optimal didapatkan pada 70 – 100 MPa dan 400 – 450 °C.

Kata kunci: pengecoran *squeeze*, struktur mikro, kekerasan.

Abstract

Squeeze casting which often known as called *liquid metal forging* where molten metal is solidified under relatively high external pressure. Contact between molten metal with punch and die enable to increase the rate of heat transfer. The microstructure of the casting will be more homogenous and the mechanical properties will be improved.

The material used this investigation is taken from commercial piston product with the following composition bal. : 12.62 wt% Si, 2.83 wt% Cu, 1.58 wt% Ni, 0.89 wt% Mg, 0.38 wt% Fe, 0.15 wt% Mn, 0.078 wt% Zn, 0.016 wt% Pb, 0.009 wt% Sn, 0.006 wt% Ca dan Al. The material melted up to 700°C, the specimens were made using direct squeeze casting by combining pressure and temperature. Finally the specimens were examined through hardness, porosity and microstructure.

The results show the solidification rate significantly improves the properties of the specimen. The process decrease quantity of the porosity up to 85.15 % and increase the Britnell hardness 5.29% after heat treated (T6). The optimum pressure and temperature is 70 – 100 MPa and 400 – 700°C.

Keywords: *squeeze casting*, microstructure, hardness.

1. Pendahuluan

Proses *Squeeze casting* atau sering juga disebut penempaan logam cair (*liquid metal forging*) merupakan suatu proses yang meng-kombinasikan keuntungan-keuntungan proses

forging dan *casting*. Perlengkapan proses meliputi: *punch*, dan *ejector pin (direct)* serta *die*, *cavity*, *pouring hole*, *injection chamber plunger* dan *gating system (indirect)*.

Adanya kontak logam cair dengan permukaan *die* memungkinkan terjadinya perpindahan panas yang cukup cepat, menghasilkan struktur mikro yang homogen dengan sifat mekanik yang baik serta produk

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juli 2002. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 4 Nomor 2 Oktober 2002.

mendekati ukuran yang sebenarnya (*near-net shape*).

Penelitian pertama mengenai pengaruh tekanan terhadap perilaku logam cair (Al-Si) selama proses pendinginan dilakukan oleh Welter pada tahun 1931. Sejak itu tidak ada lagi penelitian yang mengenai *squeeze casting* hingga tahun 1960, yaitu penelitian mengenai sifat struktur paduan aluminium A356 setelah dilakukan *Squeeze casting* dengan berbagai kondisi pengecoran [2].

Yue et al.[2], mengelompokkan pengecoran *squeeze* menjadi dua kelompok berdasarkan mekanisme pengisian logam cair ke dalam *die*, yaitu: *direct squeeze casting* (DSC) dan *indirect squeeze casting* (ISC). Penelitian ini menggunakan proses *direct squeeze casting* (DSC).

2. Prosedur Penelitian

2.1 Material

Bahan paduan untuk pembuatan benda uji diambil dari produk piston komersial lokal yang didapatkan di pasaran. Produk piston tersebut dipotong menjadi beberapa bagian dimana sebagian untuk karakteristik awal dan sebagian yang lain untuk pembuatan *ingot*. *Ingot* ini akan menjadi bahan baku untuk pembuatan prototip (benda uji) dengan proses DSC.

2.2 Pembuatan Ingot

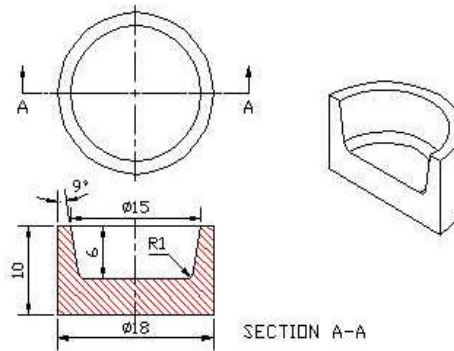
Pembuatan *ingot* bertujuan untuk memudahkan membuat benda uji dan mengontrol volume cairan logam yang merupakan salah satu parameter proses pengecoran *squeeze*.

Adapun prosedur pembuatan *ingot* sebagai berikut:

- Pemanasan awal dapur induksi (*furnace*) pada temperatur 100 °C.
- Menimbang potongan piston masing-masing seberat 5 gram, lalu dimasukkan ke dalam cawan tuang.
- Memasukkan cawan tuang ke dalam *furnace*, dan temperatur diatur 700 °C.
- Setelah temperatur mencapai 700 °C, mengaduk cairan logam dengan kawat nikelin, dan ditahan selama lebih kurang satu jam.
- Selanjutnya mendinginkan *ingot* pada temperatur ruang.

2.3 Pembuatan Benda Uji

Untuk mewakili bentuk piston, benda uji dibuat berbentuk *cup*, seperti yang diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Sketsa Bentuk Benda Uji Proses Pengecoran *Squeeze*

Prosedur pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Pemanasan awal *furnace* pada temperatur 100 °C, Pembuatan benda uji memerlukan 2 *furnace*, satu untuk memanaskan *die* dan *punch*, yang lain untuk meleburkan *ingot*.
2. Meleburkan *ingot* seberat 5 gram pada temperatur 700°C, dan ditahan selama 20 - 30 menit kemudian mengaduk dengan menggunakan kawat nikelin.
3. Memanaskan *die* dan *punch* yang telah diolesi dengan *colloidal graphite* pada temperatur 400°C, dan ditahan selama 10 menit. Mengulangi prosedur ini untuk temperatur 450°C dan 500°C.
4. Menuangkan logam cair ke dalam *die* pada temperatur 700°C, lalu *punch* dimasukkan dan langsung dipindahkan ke peralatan *press* dengan waktu 60-70 detik.
5. Melakukan penekan sampai 70 MPa dengan durasi penekanan 75 detik. Ulangi untuk penekanan 100 MPa dan 130 Mpa.
6. Mengeluarkan benda uji dari *die*.
7. Membersihkan *die* dan *punch* untuk pembuatan benda uji selanjutnya.

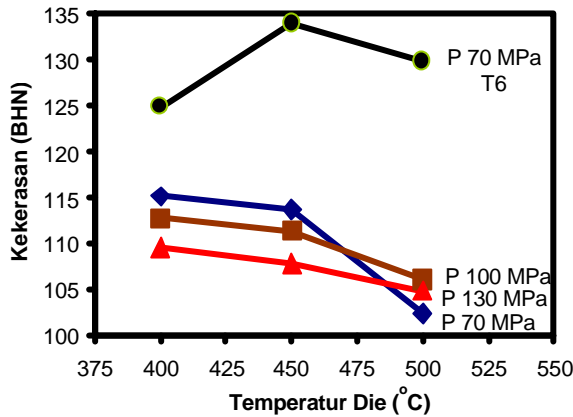
3. Pembahasan

3.1 Kekerasan

Hasil pengujian (gambar 2) menunjukkan bahwa kekerasan benda uji pada tekanan konstan menurun dengan semakin tingginya temperatur *die*. Kekerasan maksimum sebesar 115 kg/mm² terjadi pada temperatur 400°C dengan tekanan 70 MPa (*as cast*).

Kenyataan ini menunjukkan bahwa perubahan temperatur *die* sangat signifikan pengaruhnya terhadap kekerasan produk hasil *direct squeeze casting*. Hal ini mungkin disebabkan pada temperatur *die* 400°C pembekuan terjadi dengan laju pendinginan yang lebih besar. Selain karena penerapan tekanan, peningkatan kekerasan dan kekuatan produk

juga disebabkan perbaikan struktur mikro. Efek ini sama dengan meningkatnya laju pendinginan akibat meningkatnya laju perpindahan panas antar muka material dengan cetakan^[3].



Gambar 2. Pengaruh Temperatur Die dan Tekanan Terhadap Kekerasan

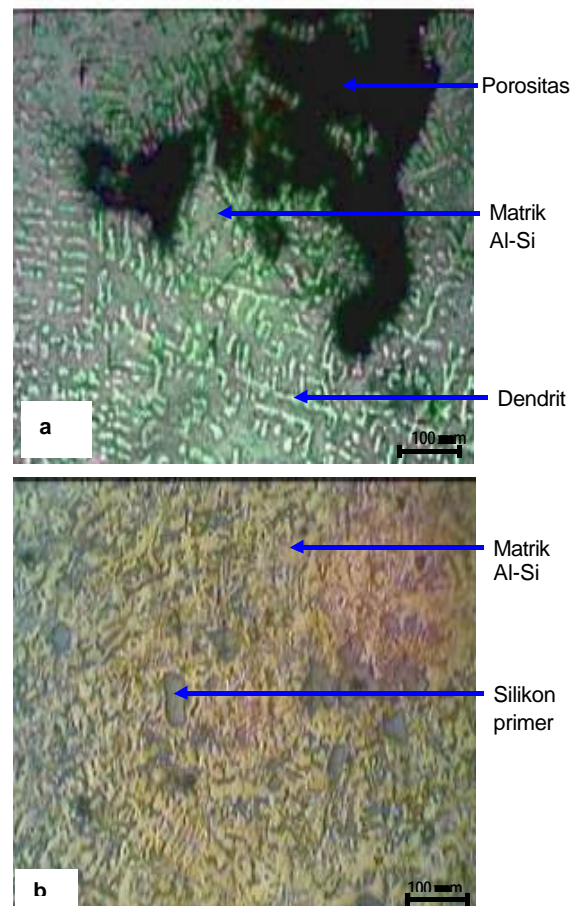
Penerapan perlakuan panas dan *artificial aging* (T6) terhadap benda uji dengan tekanan 70 MPa, mengalami kenaikan kekerasan hingga 134 kg/mm² pada temperatur die 450°C. Jika dibandingkan dengan kekerasan rata-rata piston komersial lokal sebesar 127 kg/mm², penerapan perlakuan panas mengalami kenaikan kekerasan sebesar 5,29%. Sedangkan benda uji pada 70 MPa dengan temperatur die 500 °C setelah dilakukan perlakuan panas (T6) terjadi kenaikan kekerasan sebesar 26,94%.

Pada temperatur die 500°C, kekerasan maksimum terjadi pada tekanan 100 MPa serta kekerasan minimum terjadi pada tekanan 70 MPa. Berdasarkan gambar 3.1 kekerasan pada tekanan konstan 130 MPa lebih rendah dibandingkan dengan tekanan yang lain. Hal ini cukup mendukung argumen yang dikemukakan oleh peneliti sebelumnya bahwa koefisien perpindahan panas mencapai nilai maksimum pada tekanan 100 MPa [2]. Namun demikian, fenomena ini hanya terjadi pada temperatur die 500°C. Sementara itu, pada temperatur die 400 dan 450°C tidak terjadi, hal ini mungkin disebabkan peningkatan laju pendinginan material pada tekanan 100 MPa, tidak sebanding dengan peningkatan laju pendinginan pada tekanan 70 MPa.

3.2 Struktur Mikro

Berdasarkan jumlah kandungan Si pada material piston komersial lokal sebesar 12,62 % menunjukkan bahwa paduan masih berada

pada kondisi aluminium silikon *eutektik*. Hasil pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik (gambar 3) memperlihatkan bahwa struktur *hypoeutektik* terdiri dari dendrit aluminium primer yang dikelilingi oleh campuran *eutektik* aluminium silikon.

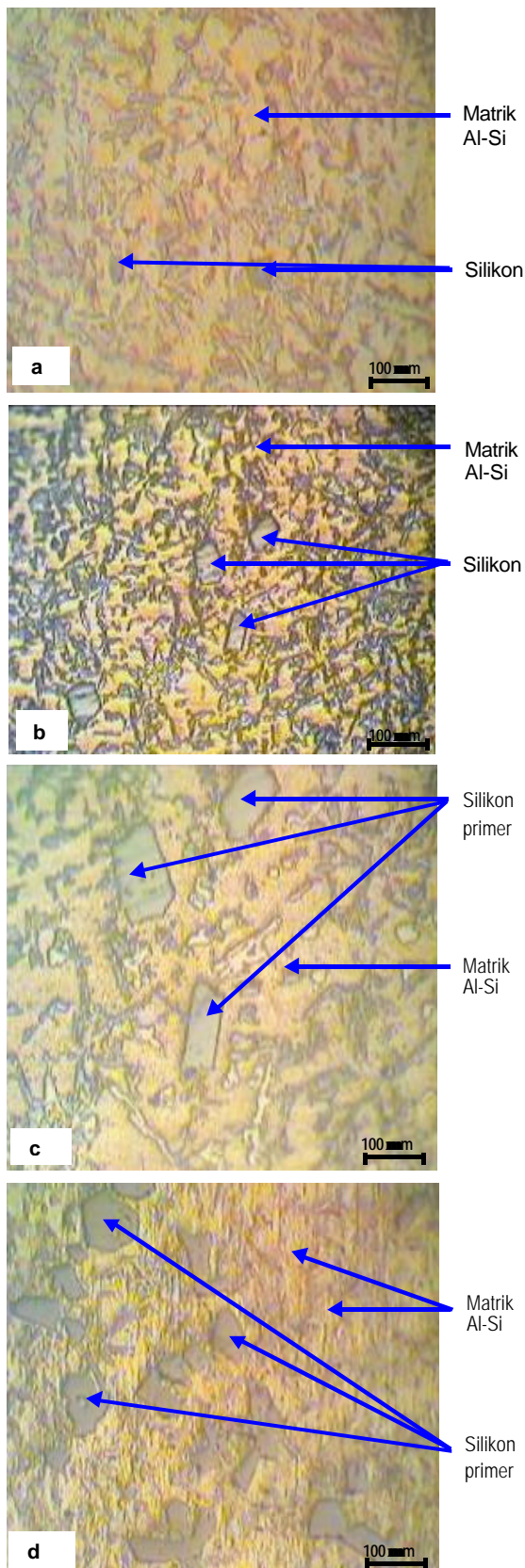


Gambar 3. Mikrostruktur dan porositas dari produk (a) piston komersial lokal, (b) benda uji hasil *direct squeeze casting* pada tekanan 70 MPa.

Karena pada uji komposisi terlihat adanya unsur Ca sebesar 0,006 %, merupakan unsur yang berfungsi sebagai penghalus butir *hypoeutektik*.

Adanya unsur penghalus butir seperti Ca pada paduan eutektik Al-Si, akan menyebabkan struktur *eutektik* bergeser ke kanan sehingga struktur tersebut berubah menjadi *hypoeutektik* [6]. Ada dugaan bahwa munculnya pertumbuhan dendrit akibat laju pendinginan yang rendah saat solidifikasi.

Perubahan temperatur die sangat signifikan pengaruhnya terhadap perubahan ukuran dari fasa silikon primer (gambar 4). Pada temperatur die 400 °C terlihat fasa silikon lebih kecil dibandingkan dengan fasa silikon hasil proses dengan temperatur die 450°C dan 500°C.



Gambar 4. Pengaruh temperatur dan beban penekanan terhadap ukuran fasa silikon primer secara visual dengan mikroskop optik, (a) 400°C dengan 70 MPa, (b) 450°C dengan 70 MPa, (c) 500 °C dengan 70 MPa dan (d) 500 °C dengan 130 MPa.

Ukuran dari fasa silikon primer membesar dengan naiknya temperatur die dimana ukuran fasa paling besar didapatkan pada temperatur die 500°C. Penerapan tekanan sampai 130 MPa pada temperatur die 450 dan 500°C tidak berpengaruh terhadap perbaikan ukuran fasa silikon. Fenomena ini jelas sekali bahwa dengan meningkatnya laju pendinginan, pertumbuhan fasa silikon primer terhalang akibat terbentuknya kristal aluminium yang membungkus kristal silikon sehingga menghasilkan distribusi yang relatif lebih merata terhadap pertumbuhan matrik.

3.3 Porositas

Hasil pengamatan dengan mikroskop optik (gambar 3), memperlihatkan bahwa pada piston komersial lokal ditemukan adanya *shrinkage porosity*. Sedangkan benda uji hasil DSC tidak memperlihatkan adanya *shrinkage porosity*. Penerapan tekanan selama solidifikasi pada *squeeze casting* mengakibatkan tekanan hidrogen akan jauh lebih rendah dibandingkan dengan tekanan luar sehingga pembentukan nuklasi gelembung gas tidak terjadi dan hidrogen terjebak atau larut dalam cairan logam serta dipaksa keluar lewat ventilasi die.

Pengaruh temperatur die terhadap prosentase porositas tidak terlalu signifikan meskipun terlihat adanya kecenderungan naik seperti pada temperatur 450°C dan 500°C.

4. Kesimpulan

Dari penelitian tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil produk *squeeze casting* terutama sifat kekerasan mengalami peningkatan sebesar 5,29 % setelah dilakukan perlakuan panas dengan T6
2. Kekerasan produk (benda uji) hasil *direct squeeze casting* (DSC) sangat dipengaruhi oleh penyetelan (*setting*) kombinasi tekanan dan temperatur die. Tekanan yang optimal pada proses ini diantara 70 – 100 MPa, dan temperatur die antara 400 – 450 °C.
3. Laju pendinginan sangat signifikan pengaruhnya terhadap perbaikan struktur mikro. Secara visual, hasil struktur mikro optimal didapatkan pada penerapan tekanan sebesar 70 MPa dengan temperatur die 400 °C
4. *Direct squeeze casting* mampu mengurangi cacat porositas.

Daftar Pustaka

1. Hu, B.H., et al, *Journal of Processing and Fabrication of Advanced Materials VI: squeeze casting of Al-Si-Cu-Fe-Mn-Mg Alloy*, Vol. 1, 1998.
2. Yue, T.M., Chadwick, G.A., *Journal of Material Processing Technology: squeeze casting of light alloys and their composites*, Vol. 58 No. 2 – 3 , 1996.
3. N.A. El Mahllawy, et al., *Journal of Material Processing Technology: on the microstructure and mechanical properties of squeeze-cast Al-7wt% Si alloy*, Vol 40, 1994.
4. Kalpakjian, Serope, *Manufacturing Engineering and Technology*, 3rd edition, New York : Addison Wesley, 1995.
5. _____, *Metal Handbook Ninth Edition*, Vol. 15, ASM, p. 323 – 326, 1993.
6. Mondolfo, L. F. *Aluminium Alloys Structure and Properties*, Butterworths & Co. Ltd., London, 1979.
7. Duskiardi, *Pengaruh Parameter Proses Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Produk Squeeze Casting*”, Tesis: Universitas Indonesia, Jakarta, 2001.