

PENGARUH TEKANAN , TEMPERATUR DIE PADA PROSES SQUEEZE CASTING TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PISTON BERBASIS MATERIAL BEKAS

Fuad Abdillah^{*)}

Abstrak

Squeeze casting sering juga disebut dengan liquid metal forging, merupakan suatu istilah yang dipakai untuk menggambarkan suatu proses dimana logam cair didinginkan di dalam cetakan tertutup sambil diberi tekanan luar yang biasanya berasal dari tenaga hidrolik. 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 Dhaihatsu dengan komposisi. 12.60 wt% Si, 2.80 wt% Cu, 1.58 wt% Ni, 0.87 wt% Mg, 0.36 wt% Fe, 0.15 wt% Mn, 0.076 wt% Zn, 0.016 wt% Pb, 0.009 wt% Sn, 0.006 wt% Ca dan selebihnya Al. Material dilebur pada 750 °C, benda uji dibuat dengan menggunakan teknik squeeze casting dengan jalan memvariasikan tekanan , temperature dan artificial Aging. 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 85.00 % dan memperbaiki kekerasan sebesar 5.30 % 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

PENDAHULUAN

Pengecoran *squeeze*, yang juga dikenal dengan istilah penempaan logam cair, merupakan suatu istilah yang dipakai untuk menggambarkan suatu proses dimana logam cair didinginkan di dalam cetakan tertutup sambil diberi tekanan luar yang biasanya berasal dari tenaga hidrolik. Tekanan yang diberikan serta kontak langsung antara logam cair dengan dinding cetakan akan menyebabkan terjadi perpindahan panas secara cepat yang memungkinkan untuk menghasilkan produk cor dengan porositas rendah serta memiliki ukuran butir yang halus dengan sifat mekanik yang mendekati produk tempa umumnya

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).

PROSEDUR PENELITIAN

1. Material

Bahan paduan untuk pembuatan benda uji diambil dari produk piston bekas Dhaihatsu . 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 prototipe (benda uji) dengan proses DSC.

^{*)} Dosen Fakultas Teknik Mesin UNIMUS

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.

3. Pembuatan Benda Uji

Untuk mewakili bentuk piston, benda uji dibuat berbentuk cup, Prosedur pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Persiapan material piston bekas sebelum dilebur dibersihkan dengan menggunakan larutan pembersih, dipoles dengan lembar abrasif untuk menghilangkan oksidasi permukaan dan kerak hasil pembakaran pada ruang bakar
2. Membuat ingot dengan menghancurkan piston bekas menjadi kecil-kecil untuk dijadikan ingot. Terlebih dahulu menimbang potongan piston bekas menjadi masing-masing 5 gram kemudian berlanjut pada pemanasan pada furnace.
3. Pemanasan awal furnace pada temperatur 100 °C, Pembuatan benda uji memerlukan 2 furnace, satu untuk memanaskan die dan punch, yang lain untuk meleburkan ingot.
4. Meleburkan ingot pada temperatur 750°C, dan ditahan selama 30 menit kemudian mengaduk dengan menggunakan kawat nikelin.
5. Memanaskan die dan punch yang telah diolesi dengan colloidal graphite pada temperatur 350°C,400°C,500°C dan ditahan selama 15 menit..
6. Menuangkan logam cair ke dalam die pada temperatur 700°C, lalu punch dimasukan dan langsung dipindahkan ke peralatan press
7. Melakukan penekan sampai 70,80,100,120 Mpa dengan durasi penekanan 75 detik.
8. Mengeluarkan benda uji dari die.
9. Membersihkan die dan punch untuk pembuatan benda uji selanjutnya.
10. Perlakuan panas (heat treatment) dilaksanakan.

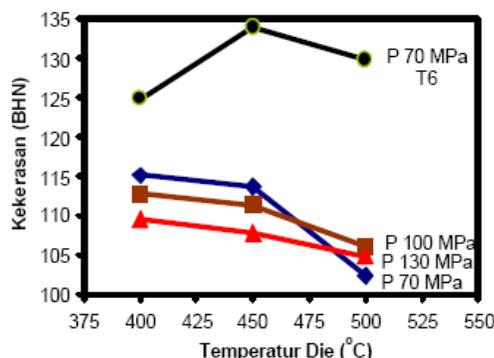
Setelah bahan uji yaitu piston sudah selesai semua dari beberapa variasi tempertur dan tekanan baru dilakukan proses heat treatmen dengan beberapa modifikasi berikut ini :

- a. Dipanaskan pada temperatur 503 K (230 °C) selama 7 jam, diquench dengan udara.
- b. Dipanaskan pada temperatur 773 K (500 °C) selama 9 jam, diquench dengan air dan dilakukan tempering pada temperatur 473 K (200 °C) diquench dengan udara.

PEMBAHASAN

1. Kekerasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekerasan benda uji pada tekanan konstan menurun dengan semakin tingginya temperatur die. Kekerasan maksimum sebesar 115 kg/mm² terjadi pada temperatur 450°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 450°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



Gambar2. 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, 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.

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.

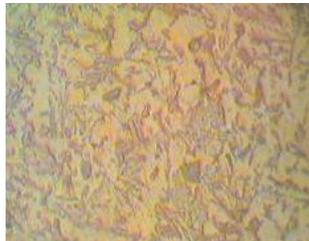


Gambar 3. Mikrostruktur dan porositas dari produk piston berbasis piston bekas Dhaihatsu

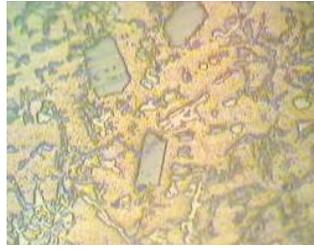


Gambar 4. Benda uji hasil direct squeeze Casting pada tekanan 70 MPa

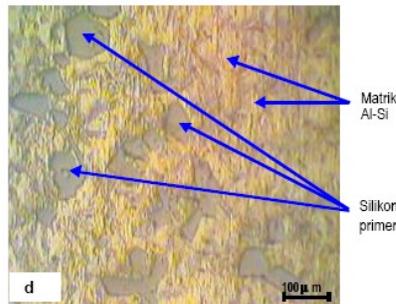
Karena pada uji komposisi terlihat adanya unsur Ca sebesar 0,006 %, merupakan unsur yang berfungsi sebagai penghalus butir hypoeutektik. Adanya unsur penghalus butir seperti Ca pada paduan eutektik Al-Si, akan menyebabkan struktur eutektik bergeser ke kanan sehingga struktur tersebut berubah menjadi 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 pada suhu 350 °C dan tekanan 70 Mpa.



Gambar 5. Pengaruh temperatur dan beban penekanan terhadap ukuran fasa silikon primer secara visual dengan mikroskop optik pada suhu 400 °C dan tekanan 80 Mpa.



Gambar 6. Pengaruh temperatur dan beban penekanan terhadap ukuran fasa silikon primer secara visual dengan mikroskop optik pada suhu 450 °C dan tekanan 80 Mpa

Ukuran dari fasa silikon primer membesar dengan naiknya temperatur di mana ukuran fasa paling besar didapatkan pada temperatur di 500°C. Penerapan tekanan sampai 120 Mpa pada temperatur di 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. Porositas

Hasil pengamatan dengan mikroskop optik memperlihatkan bahwa pada piston Dhaihatsu 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 nukleasi 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.

KESIMPULAN

Dari penelitian tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil produk squeeze casting terutama sifat kekerasan mengalami peningkatan sebesar 5,30 % 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 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 450 °C
4. Metode Direct squeeze casting secara signifikan dapat pengurangi cacat porositas yaitu sebesar 85 %

DAFTAR PUSTAKA

- Budinski., 2001, "Engineering Materials Properties and Selection," PHI New Delhi, pp. 517–536.
- Cole, G S., and Sherman, A. M., 1995, "Light weight materials for automotive applications," Material Characterization, 35 (1) pp. 3–9.
- Durrant, G., Gallerneault, M., Cantor, B., 1996, "Squeeze cast aluminum reinforced with mild steel inserts" J Mater Science, 31 pp. 589–602.
- Haque, M. M., et al., 2001, "study on wear properties of aluminum – silicon piston alloy," J Material processing technology , 118 pp. 69–73.
- Kim, W. J., et al 2005, "Corrosion performance of plasma sprayed Cast Iron coatings on Aluminum alloy for automotive component," Surface coating and Technology, 200 pp 1162-67.
- Noorsy. [2007], impor Aluminium akan melonjak, Sinar Harapan, 5542....

- Smith, F. William. 1995. *Material Science and engineering*. (second edition). New York: Mc Graw- Hill inc.
- Surdia, Tata & Saito, Shinroku. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik*. (edisi kedua). Jakarta: Pradnya Paramita.
- Viala, V. C., Peronnet. M., Bosselet F., Bouix, J., 2002, "Interface chemistry in aluminum alloy with iron base inserts," *Composites, Part A*, 33, pp. 1417– 1420
- Vaillant ,P., Petitet, J. P.,1995, "Interactions under hydrostatic pressure of mild steel with liquid aluminum alloys," *JMater Science* 30 pp 4659–4668
- Wang ,Y .,et al, 2005, "Scuffing resistance of coated piston skirts run against cylinder bores," *Wear* 259, pp. 1041–1047