ROTASI Jurnal Teknik Mesin
Available online at Website http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi

OPTIMASI DESAIN CETAKAN DIE CASTING UNTUK MENGHILANGKAN CACAT CORAN PADA KHASUS PENGECORAN PISTON ALUMINIUM

Susilo Adi Widyanto*, Yusuf Umardhani, Sri Nugroho, Syaiful, Bayuseno
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
*Email: Susilo70@yahoo.com

ABSTRAK

Komponen mekanis berbahan aluminium telah banyak digunakan sejak puluhan tahun yang lalu. Bahkan beberapa komponen dengan unjuk kerja tinggi juga terbuat dari bahan aluminium. Piston merupakan salah satu contoh produk aluminium yang bekerja pada temperatur dengan variasi beban yang tinggi. Paper ini membahas proses desain die casting produk piston dan optimasi proses casting untuk memperoleh kualitas produk cor terbaik dengan metode gravitasi maupun high pressure die casting (HPDC).

Penelitian diawali dengan proses desain die casting, pengujian aspek geometris cetakan, rancang bangun mesin HPDC dan pengujian pengecoran dengan gravitasi maupun dengan menggunakan tekanan (HPDC). Pada pengujian pengecoran, temperatur cetakan divariasikan yang meliputi 250, 300, 350 dan 400 derajat C. Sedangkan bahan baku menggunakan bahan baku aluminium bekas dan campuran dengan master alloy ADC 12.

Hasil penelitian menunjukkan dengan menggunakan saluran tuang yang sesumbu dengan geomteri piston, cacat terjebaknya gas dibawah cover merupakan cacat permanen yang sulit dihilangkan. Hal tersebut disebabkan karena aliran pembuangan gas berlawanan dengan arah aliran logam cair, sehingga proses pelepasan udara menjadi terhalang. Penggunaan saluran tuang samping merupakan solusi optimum untuk memperoleh produk piston yang bebas cacat terjebaknya gas.

Kata Kunci: *saluran tuang, saluran tuang samping, cacat pertemuan dingin, jebakan gas, die casting*

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan aluminium dalam proses rekayasa mengalami peningkatan yang luar biasa sejak berkembangnya teknologi dirgantara. Dengan menambahkan unsur paduan, dapat dihasilkan bahan aluminium yang memiliki sifat mekanis, sifat mampu mesin, sifat mampu las yang baik dimana kondisi tersebut sangat diperlukan dalam aplikasinya. Penerapan bahan aluminium pada kondisi kerja tertentu memerlukan rekayasa proses maupun bahan untuk memperoleh kinerja yang optimum.

Penerapan pengecoran aluminium dengan cetakan tetap (die casting) merupakan salah satu terbosan dalam rekayasa proses untuk memperoleh kualitas produk dan efisiensi proses yang baik. Salah satu komponen mekanis yang dikerjakan dengan proses die casting adalah piston sebagai komponen utama mesin motor bakar. Selain memiliki geomteri yang relatif kompleks, piston harus memiliki karakteristik material yang terbaik karena beban operasi yang tinggi. Mengacu pada pada kondisi tersebut, proses pengecoran piston harus dapat mengeliminasi cacat yang mungkin terjadi dengan mengoptimalkan desain cetakannya.

Dalam rekayasa bahan, berbagai penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanis aluminium, diantaranya adalah dengan penambahan paduan Ti-B untuk penghalusan butir yang dilakukan oleh Szajnar dan Wróbel, (2007). Bahan baku aluminium yang digunakan adalah EN AW-Al99,5 dengan penambahan sebesar 25 ppm Ti + 5 ppm B dari *master alloy* Al5Ti1B. Dengan pengecoran *die-casting*, visualisasi struktur mikro menunjukkan bahwa dengan penambahan TiB, butiran α-Al menjadi lebih kecil.

Goñi dan Eguizabal, (2004) meneliti AlSi8Cu3Fe dengan menambahkan 0,6 % TiB_2 pada proses HPDC. Mereka menyimpulkan bahwa kekerasan bahan dan kekuatan tarik tersebut meningkat dari 80 menjadi 85 HB dan dari 195 menjadi 215 (MPa). *Yield strenght* mengalami penurunan dari 176 ke 151 (MPa), sedangkan elongasi turun dari 2,7 ke 1,8 %.

Kashyap dan Chandrashekar, (2001), dalam penelitiannya menggunakan bahan baku aluminium AA 356 yang ditambahkan *master alloy* Al5Ti1B. Mereka mengamati pengaruh penambahan master alloy tersebut terhadap *holding time* dan perubahan ukuran butir. Variabel yang digunakan berupa *holding-time* 60, 50, 40, 30, 20, 10, menit. Pengaruh pada ukuran butir ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara *holding-time* dengan ukuran butir. Hasil penelitiannya menjelaskan bahwa makin singkat *holding-time* makin mengecil butir dan ukuran butir paling kecil didapatkan pada *holding-time* 10 s/d 15 menit.

Ginting, (1998) meneliti metode penguatan dengan penghalus butir pada paduan hipoeutektik Al-Si 9,4% Si, menggunakan proses *die-casting*. Parameter yang digunakan meliputi temperatur cetakan dengan variasi 100 ^{0}C, 200 ^{0}C, dan 300 ^{0}C dan penambahan Al-5Ti-1B dengan variasi 0,06 %, 0,12%, 0,18%, 0,24%. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur cetakan kekerasan menurun dan butir semakin kasar. Pada penambahan 0,18% TiB

diperoleh kekerasan 67,5 HB dan menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 153,39 N/mm^{2}. Akibat kandungan besi (Fe) > 0,7%, kekuatan paduan tidak dapat ditingkatkan karena terbentuk β-Al5FeSi pada batas butir berbentuk plate yang kasar dan rapuh.

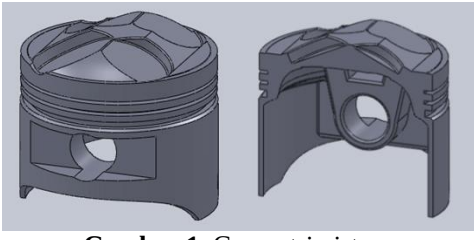
Karena pentingnya persoalan geometri cetakan die casting, paper ini akan membahas optimasi geometri cetakan dan temperatur cetakan die casting produk piston untuk memperoleh produk cor yang bebas cacat. Observasi kualitas dilakukan secara visual.

METODOLOGI PENELITIAN

Optimasi desain cetakan die casting dilakukan dengan memvariasi saluran tuang dan konfigurasi ventilator. Dampak perubahan desain geometri die casting dilihat dari hasil pengecoran terhadap cacat yang muncul. Untuk memastikan cacat hanya karena pengaruh geometri cetakan, tiap pengujian pengecoran dilakukan pemvariasian temperatur cetakan, yaitu: 250, 320, 350 dan 400^{o}C. Bahan yang digunakan dalam pengecoran adalah campuran antara bahan aluminium bekas (piston bekas) dan 15% berat bahan ADC 12.

a. Menentukan geometri produk piston yang dapat mewakili tingkat kompleksitas geometri

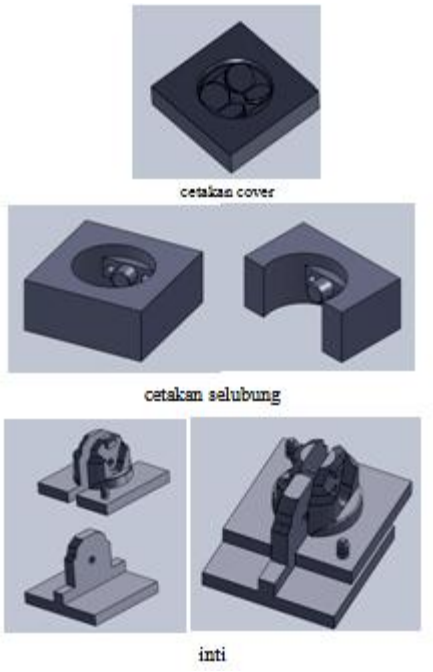
Produk piston yang akan dibuat merupakan piston salah satu jenis mobil yang ada dipasaran. Cover piston tidak rata tetapi berkontur dengan konfigurasi sudut tajam. Geometri piston dalam bentuk data geometri CAD seperti ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Geometri piston.

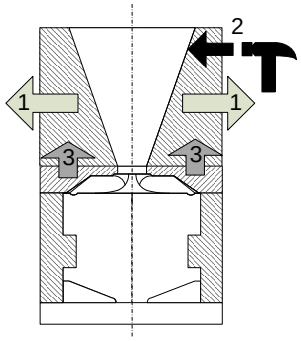
b. Mendesain cetakan die casting

Berdasarkan analisis geometri piston (Gambar 1), perancangan cetakan dilakukan dengan mempertimbangkan bidang pisahnya seperti ditunjukkan dalam Gambar 2. Cetakan piston terdiri dari tujuh komponen. Untuk membentuk bagian dalam, inti tersusun dari tiga bagian. Pelepasan cetakan inti diawali dengan melepas bagian tengah inti yang bersatu dengan bagian dasar cetakan. Pelepasan inti bagian samping dilakukan dengan memukul inti ke arah radial melalui lubang inti samping pada cetakan selubung.



Gambar 2. Cetakan die casting yang terbuat dari bahan baja karbon.

Berbagai metode proses pengecoran telah digunakan yang pada dasarnya menjelaskan bagaimana cara memasukkan logam cair dalam rongga cetak. Karena kondisi geometri produk yang memungkinkan, logam cair dapat masuk ke seluruh rongga cetak hanya dengan gaya gravitasi. Untuk itu pada tahap awal, saluran tuang dibuat segaris dengan sumbu piston dimana saluran masuk melalui cover piston. Komponen cetakan cover piston dibuat terpisah dengan saluran tuang (Gambar 3). Dengan mempertimbangkan geometri cover piston, cetakan cover piston dibuat menjadi satu komponen dengan mekanisme pelepasan ke arah atas. Sedangkan saluran tuang dibuat menjadi dua bagian. Mangacu pada susunan geometris tersebut, maka mekanisme pelepasan produk dilakukan dengan prosedur sebagai berikut: (1) melepas komponen cetakan saluran tuang , (2) mematahkan sisa pengecoran saluran tuang dan (3) mengangkat cetakan cover piston.



Gambar 3. Mekanisme pelepasan komponen cetakan cover piston: melepas saluran tuang, 2. Mematahkan sisa saluran tuang, 3. Mengangkat cetakan cover piston

Modifikasi minor akan dilakukan dalam tahapan proses manufaktur karena pertimbangan prosesnya

pengerjaannya. Hasil desain cetakan diuji aspek geometrisnya untuk memastikan setiap komponen mampu rakit dan mampu lepas ketika dalam rongga cetak telah terisi material aluminium. Dalam pengujian aspek geometris cetakan, lilin digunakan sebagai bahan cornya.

c. Proses pengendalian temperatur cetakan

Untuk memanaskan cetakan, dua plat pemanas digunakan yang menjepit cetakan pada kdua sisinya (Gambar 4). Sebuah sensor temperatur (thermocouple tipe K) dipasangkan pada bagian inti cetakan. Posisi termokopel tersebut menunjukkan temperatur referensi pengukuran, sehingga temperatur dinding-dinding cetakan dibagian luarnya memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan temperatur inti.

Gambar 4. Konstruksi sistem pemanas cetakan.

d. Pengujian pengecoran aluminium

Pengujian pengecoran dilakukan setelah aspek geometris cetakan berfungsi dengan baik. Pengecoran dilaksanakan dengan menentukan temperatur logam cair konstan yaitu 800^0 C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk pengecoran yang dilakukan pada pemanasan cetakan 250^0C menunjukkan bahwa beberapa bagian produk mengalami cacat pertemuan dingin dan beberapa lokasi terjadi kekosongan terutama pada bagian yang berdinding tipis. Dilihat dari posisinya, cacat terjadi diposisi ujung dari saluran utama. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa untuk menjangkau lokasi tersebut, logam cair telah mengalami penurunan laju aliran bahkan sudah mendingin. Penambahan material berikutnya akan mengisi rongga yang kosong, tetapi pada batas pertemuan tersebut terjadi sambungan dingin seperti ditunjukkan dalam Gambar 5. Cacat lainnya berupa terjebaknya gas dan penyusutan yang terjadi di bawah cover piston seperti ditunjukkan dalam Gambar .

(a)

(b)

Gambar 5. Cacat kekosongan dan pertemuan dingin yang terjadi pada dinding tipis

Pada pemanasan cetakan 320^0C seluruh rongga terisi dengan baik. Cacat pertemuan dingin maupun kekosongan tidak terjadi. Namun cacat terjebaknya gas dan penyusutan di bawah cover tetap terjadi. Sedangkan pada temperatur pemanasan cetakan 350 dan 400^0C permukaan hampir seluruh dinding piston bagian luar tidak rata dan cacat penyusutan terjadi di berbagai lokasi. Cacat terjebaknya gas dan penyusutan di bawah cover semakin besar. Dari kondisi ini disimpulkan bahwa peningkatan temperatur cetakan akan meningkatkan volume gas yang harus dibuat dari rongga cetak. Pada sisi yang lain proses pembuangan gas tidak begitu baik sehingga gas cenderung terjebak dalam produk cor.

Persoalan cacat yang terjadi di bawah cover piston antara lain menunjukkan bahwa pada lokasi tersebut terjadi penyusutan akibat laju pendinginan yang relatif lambat akibat keterlambatan suplai maupun ketebalan dimensi yang tinggi. Untuk mengatasi persoalan tersebut beberapa modifikasi cetakan dilakukan dengan pertimbangan sbb:

a. Suplai logam cair dipercepat dengan menambah saluruan tuang pada lokasi yang mendekati cacat. Hal ini dilakukan dengan mencabang saluran masuk pada komponen saluran tuang (Gambar 6).

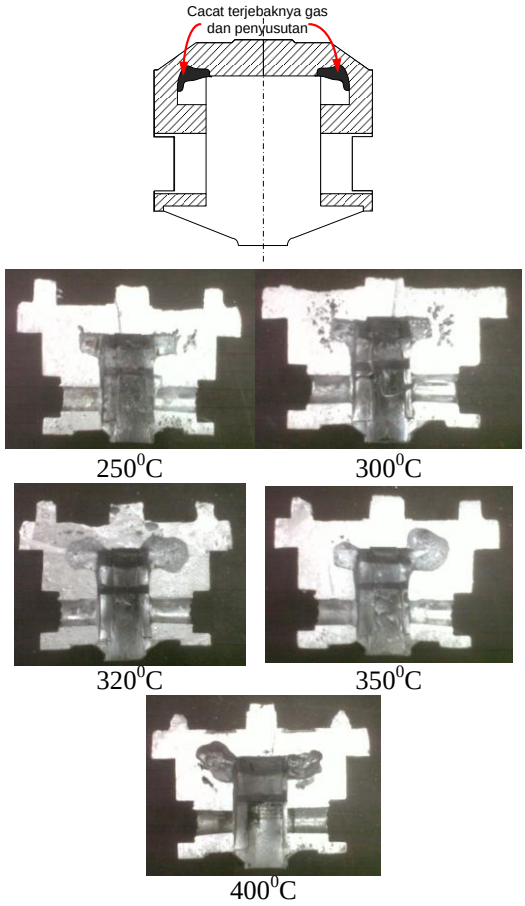
Gambar 6. Modifikasi saluran masuk untuk meningkatkan kecepatan pengisian rongga cetak

Dengan metode ini cacat tetap terjadi meskipun volume cacat dapat terkurangi. Dengan memvariasikan temperatur cetakan pada 250, 300, 320, 350 dan 400, volume cacat semakin besar sebanding dengan peningkatan temperatur pemanasan cetakan (Gambar 8).

b. Modifikasi kedua dilakukan dengan cara memperbesar volume saluran tuang (Gambar 7). Secara teoritis karena penyusutan aluminium relatif besar, maka sprue harus dibuat sebesar mungkin sehingga dapat berfungsi sebagai reservoir logam cair. Sampai beberapa saat setelah penuangan logam cair, bila disuatu lokasi mengalami penyusutan, maka pengisian logam cair di lokasi tersebut secara otomatis akan terjadi.

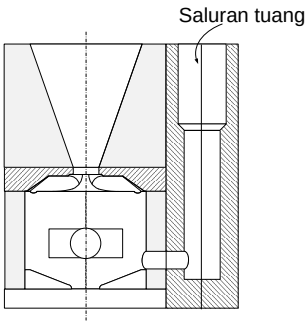
Gambar 7. Modifikasi dimensi sprue sebagai reservoir bahan pada saat terjadi penyusutan.

Dari hasil pengujian pengecoran diperoleh bahwa dengan memperbesar volume sprue, cacat di bawah cover masih tetap terjadi. Dari fenomena tersebut disimpulkan bahwa cacat terjadi akibat terjebaknya gas dalam rongga cetak. Pada konstruksi di atas, aliran keluarya gas dari rongga cetak melawan arah aliran logam cair. Di lokasi terjadinya cacat, ketebalan material paling tinggi sehingga rawan terjadinya penyusutan. Pada kondisi yang sama gas yang terjebak terkumpul di lokasi tersebut. Cacat yang terjadi merupakan gabungan akibat penyusutan dan terjebaknya gas seperti ditunjukkan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Cacat yang terjadi dibawah cover piston yang kondisinya dipengaruhi oleh temperatur pemanasan cetakan.

Dengan memperbaiki aliran logam cair dan aliran gas, cacat berpeluang besar untuk dihilangkan. Dengan mengubah arah aliran logam cair sehingga arah aliran tersebut turut mendorong gas keluar dari rongga cetak merupakan solusi atas terjadinya cacat tersebut. Modifikasi cetakan seperti ditunjukkan dalam Gambar 9. saluran tuang awal digunakan sebagai open riser, sedangkan saluran tuang baru ditambahkan pada sisi samping dan saluran masuk melalui dinding tipis bagian bawah piston.



Gambar 9. Modifikasi cetakan dengan menggunakan saluran tuang samping.

Hasil pengujian cor menunjukkan bahwa cacat di bawah cover piston tidak terjadi. Temperatur

optimal cetakan dicapai pada 320^{o}C. Pada kondisi tersebut diperoleh kualitas permukaan produk cor terbaik dan cacat dapat dihilangkan.

KESIMPULAN

Dalam desain cetakan die casting, kesesuaian arah aliran gas dan arah aliran logam cair merupakan aspek dominan untuk mencegah terjadinya cacat terjebaknya gas. Desain saluran tuang dari samping merupakan metode yang optimal untuk mencegah terjadinya cacat tersebut.

Dengan konstruksi cetakan piston tunggal dan metode pemanasan cetakan dari samping, temperatur optimal cetakan dicapai pada 320^{o}C. Pada pemanasan cetakan yang lebih tinggi, cacat porositas dominan terjadi pada sisi permukaan maupun pada bagian bawah cover. Dan bila temperatur cetakan di bawah 300^{o}C, cacat pertemuan dingin akan terjadi terutama di lokasi berdinding tipis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Goňi J. dan Eguizabal P., (2004), "High Pressure Die Casting (HPDC) of Advaned Reinforced Aluminium Alloys", *Ia Metallurgia Italiana*, pp. 45- 48.
2. Ginting., (1998), "Penguatan dengan Penghalusan Butir Pada Paduan Hipoeutektik Al-Si 9,4%Si", *Buletin IPT* No.5 Vol. III, Desember 1997 – Januari 1998, 132 ISN 0854 – 4700.
3. Kashyap, K.T. dan Chandrashekar, T., (2001), "Effect and mechanisms of grain refinement in aluminium alloys", *Bull Mater Sci*, Vol.4 no.4 August. 2001, pp. 345- 353.
4. Szajnar J. dan Wróbel T., (2007), "Inoculation of aluminium with titanium and boron addition", *JAMME Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol. 23. July 2007.