
KARAKTERISTIK PENGECORAN *LOST FOAM* PADA BESI COR KELABU DENGAN VARIASI KETEBALAN BENDA

Sutiyoko dan Suyitno

Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM

Jl.Grafika No.2 Yogyakarta

e-mail: yoko_styk@yahoo.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik pengecoran *lost foam* pada besi cor kelabu dengan variasi ketebalan benda. Karakteristik yang diamati meliputi fluiditas cairan dalam cetakan, porositas, akurasi ukuran, kekerasan, struktur mikro dan kekasaran permukaan. Cetakan menggunakan pola styrofoam ketebalan 2 mm, 3,5 mm, 5 mm dan 6,5 mm ditanam dalam pasir silika kemudian dipadatkan dengan cara digetarkan. Cairan logam dituang ke dalam cetakan pada suhu sekitar 1350⁰ C -1375⁰ C.

Fluiditas besi cor kelabu pada ketebalan 2 mm dapat mencapai panjang 83 mm dan semakin meningkat dengan meningkatnya ketebalan benda yakni 148 mm, 283 mm dan 352 mm. Porositas benda semakin meningkat dengan meningkatnya ketebalan benda dengan indikasi massa jenis aktualnya semakin menurun yakni 7,508 gr/cm³, 7,290 gr/cm³, 7,156 gr/cm³ dan 7,109 gr/cm³. Nilai rata-rata kekasaran permukaan semakin besar dengan bertambahnya ketebalan benda yakni 4,56 μm, 5,93 μm, 7,90 μm dan 8,44 μm.

Akurasi ukuran benda mengalami peningkatan ukuran dari pola berturut-turut 16,11%, 10,65%, 10,59% dan 12,57%. Hal ini menunjukkan bahwa benda yang dibuat dengan pola styrofoam akan mengalami pembesaran ukuran dari pola yang dibuat. Kekerasan benda hasil cor semakin meningkat (Brinell Hardness Number berturut-turut 233, 274, 421, 551) dengan menurunnya ketebalan benda karena pendinginan yang lebih cepat sehingga terbentuk ledeburit lebih banyak.

Kata kunci: *lost foam casting*, styrofoam, fluiditas, porositas

1. PENDAHULUAN

Pengecoran *lost foam* merupakan salah satu jenis pengecoran yang menggunakan bahan *styrofoam* sebagai bahan untuk membuat pola dan ditanam dalam pasir silika menjadi cetakan. Ketika logam cair dimasukkan ke dalam cetakan, *styrofoam* akan mencair dan menguap sehingga tempat itu akan diisi oleh cairan logam (Askeland, 2001). Pengecoran *lost foam* logam aluminium ditemukan dan dipatenkan oleh Shroyer pada tahun 1958 (Sudhir Kumar dkk, 2008), sedangkan pada logam ferro mulai dikembangkan mendekati tahun 1990. Pengecoran *lost foam* selama tahun 1958 sampai dengan 1990 tidak mengalami perkembangan besar yakni sekitar 5% untuk aluminium dan 1% untuk logam ferro, namun mulai tahun 1990 metode pengecoran ini mengalami perkembangan pesat (Department of Energy Washington, D.C., 1998).

Pengecoran *lost foam* memiliki banyak keuntungan. Para pendesain dapat mengurangi proses pemesinan hasil cor sehingga mengurangi sampah benda padat. Pengecoran *lost foam* juga mampu untuk memproduksi bentuk-bentuk rumit yang sering sulit dilakukan dengan metode pengecoran lain (Department of Energy Washington, D.C., 1998). Pasir bekas cetakan dapat digunakan lagi dengan mudah karena tidak menggunakan bahan pengikat (Behm dkk, 2003). Penggunaan cetakan foam meningkatkan keakuratan dimensi dan memberikan peningkatan kualitas coran dibandingkan dengan cetakan konvensional (Monroe, 1992). Pengecoran *lost foam* tidak menggunakan pembagian cetakan atas dan bawah, mengurangi tenaga kerja dalam pengecorannya (Monroe, 1992).

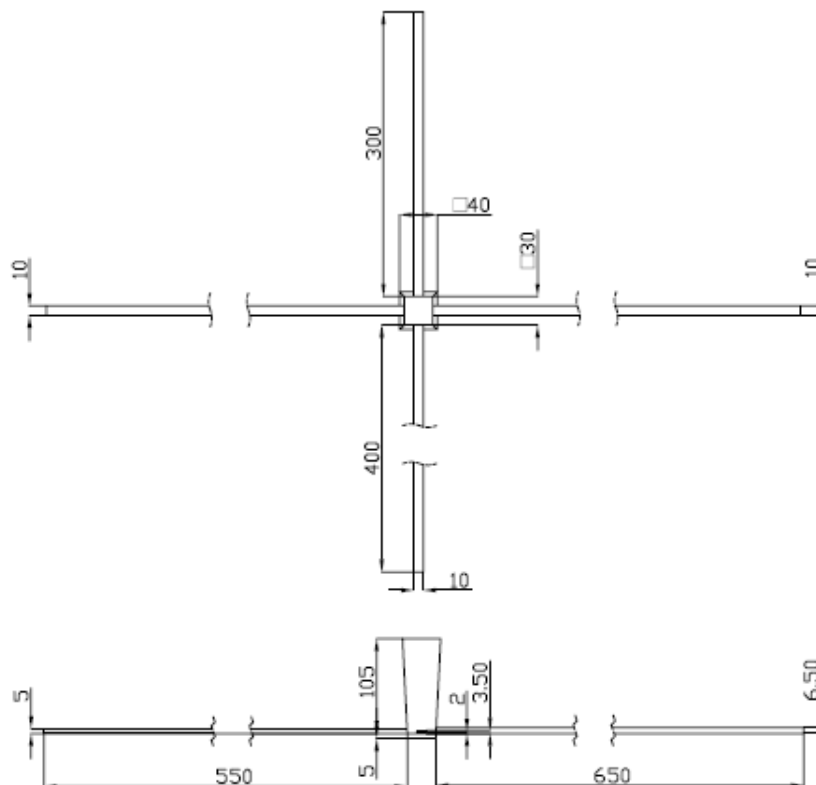
Kualitas hasil pengecoran *lost foam* dipengaruhi oleh banyak parameter. Parameter-parameter tersebut diantaranya temperatur penuangan, ukuran pasir silika, massa jenis *styrofoam*, lama penggetaran cetakan, ukuran benda dan komposisi material yang dituang. Temperatur penuangan aluminium semakin meningkat akan memberikan panjang mampu alir yang lebih baik (Shin dan Lee, 2004). Laju aliran logam paduan dengan temperatur tinggi akan menurun dengan meningkatnya temperatur karena volume gas meningkat secara signifikan dengan peningkatan temperatur (Khoda dan Parvin, 2008). Laju aliran logam meningkat sebanding dengan peningkatan temperatur hingga 1150⁰C (Shivkumar dkk, 1995). Ketebalan pola bertambah besar akan meningkatkan panjang mampu alir logam (Shin dan Lee, 2004). Temperatur tuang logam Al-7%Si

semakin tinggi akan menurunkan kekuatannya (Kumar dkk, 2008). Nilai AFS (*Average Fine Size*) *grain fine number* semakin besar dan waktu penggetaran cetakan semakin sedikit akan menurunkan kekuatan tarik Al-7%Si (Kumar dkk, (2008). Ukuran AFS *grain fine number* butiran pasir silika yang lebih tinggi akan menghasilkan kekasaran permukaan paduan Al-7%Si lebih halus (Sudhir Kumar dkk, 2007). Laju pembentukan produk degradasi polimer meningkat dengan meningkatnya massa jenis *styrofoam* (Kim dan Lee, 2005).

Produksi benda cor memiliki berbagai bentuk dan ukuran. Benda dengan ketebalan yang berbeda dituang dalam satu cetakan mungkin akan memiliki karakteristik berbeda. Perbedaan karakteristik ini akan menentukan hal-hal yang berkaitan dengan hasil benda cor seperti pengerjaan akhir, perlakuan lanjut, perancangan pola dan lain-lain. Penelitian pengecoran *lost foam* ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ketebalan pola terhadap fluiditas (panjang aliran maksimum cairan dalam cetakan), akurasi ukuran (bertambah atau berkurangnya ukuran benda hasil cor dengan ukuran pola), porositas, kekasaran permukaan, struktur mikro dan kekerasan besi cor kelabu.

2. METODOLOGI

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah besi cor kelabu, pasir cetak dari pasir silika ukuran AFS *grain fine number* berkisar 50, *styrofoam* dengan massa jenis 9 kg/m^3 dan lem *styrofoam*. Pola benda uji dibuat seperti pada Gambar 1. Pengecoran dilakukan dengan menuangkan logam besi cor kelabu ke dalam cetakan pada suhu $1350\text{-}1375^{\circ} \text{C}$. Pengukuran komposisi benda dilakukan dengan menggunakan sampel yang didinginkan dengan cepat pada cetakan *chill*. Benda hasil cor dilakukan pengukuran panjang maksimum tiap ketebalan, ukuran tebal dan lebar pada jarak 20 mm dari pangkal saluran turun.



Gambar 1. Pola benda cor (satuan ukuran mm)

Benda hasil cor dipotong sepanjang 3 cm untuk dilakukan pengukuran kekasaran permukaan, massa jenis aktual, kekerasan dan struktur mikro. Pengujian kekerasan permukaan dilakukan pada permukaan bagian atas dari benda cor dengan *stylus profilometer*. Benda ditimbang di udara dan di dalam air untuk mengetahui massa jenis aktual benda dengan persamaan:

Di mana: ρ_b = Massa jenis aktual benda

W_{udara} = Berat benda di udara

W_{air} = Berat benda di dalam air

ρ_{air} = Massa jenis air murni (1 gr/cm^3)

Pengujian kekerasan dilakukan dengan kekerasan Brinell kemudian pengujian struktur mikro dilakukan dengan mikroskop optik pembesaran 100x.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian komposisi benda cor diperoleh hasil pada Tabel 1.

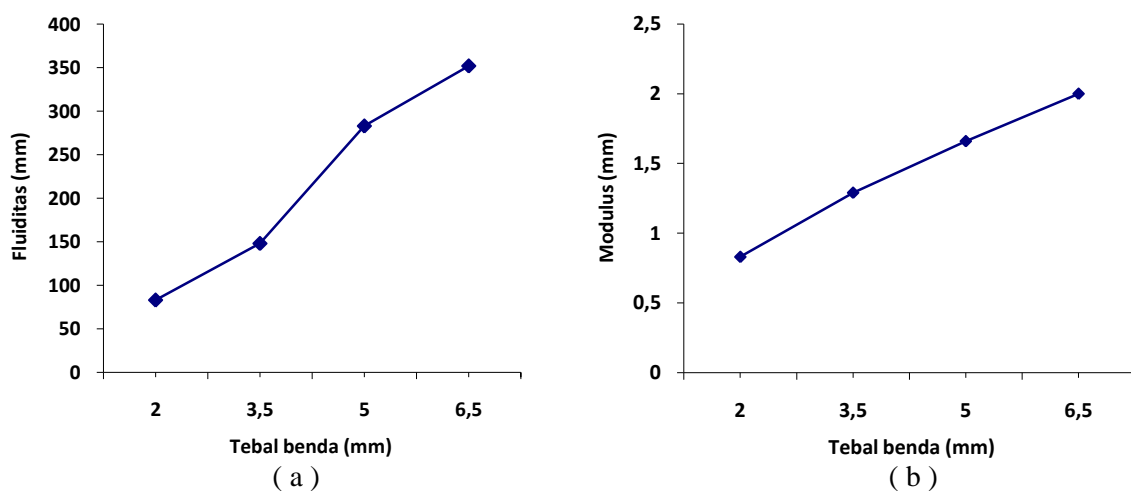
Tabel 1. Komposisi besi cor kelabu

Unsur	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
Prosentase	92.34	3.73	2.42	0.471	0.108	0.044	0.106	0.013	0.074	0.009
	B	Co	Cu	Mg	Nb	Pb	Sn	Ti	V	W
	0	0.008	0.19	0.019	0.01	0.0163	0.032	0.069	0.08	0.074

Hasil pengukuran dan pengujian dari empat variasi ketebalan benda hasil cor terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran dan pengujian benda cor

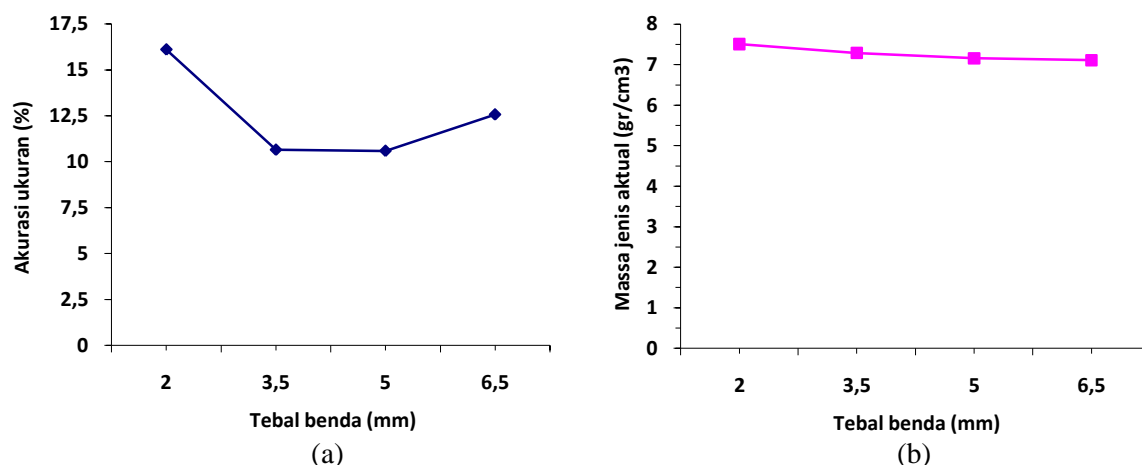
Tebal benda (mm)	2	3,5	5	6,5
Fluiditas (mm)	83	148	283	352
Akurasi (%)	16,11	10,65	10,59	12,57
Massa jenis aktual (gr/cm^3)	7,508	7,290	7,156	7,109
Kekasaran permukaan	4,56	5,93	7,90	8,44
Kekerasan (BHN)	233	274	421	551



Gambar 2. (a) Hubungan fluiditas dengan ketebalan benda cor (b) Hubungan modulus benda hasil cor dengan ketebalan benda

Hubungan Fluiditas besi cor kelabu dengan ketebalan benda tampak pada Gambar 2a. Fluiditas semakin besar dengan bertambahnya ketebalan benda. Ukuran benda cor mempengaruhi kecepatan pendinginan logam cair. Pengaruh ukuran benda terhadap kecepatan pendinginan dinyatakan dalam istilah *modulus*. *Modulus* adalah perbandingan antara volume benda cor dengan

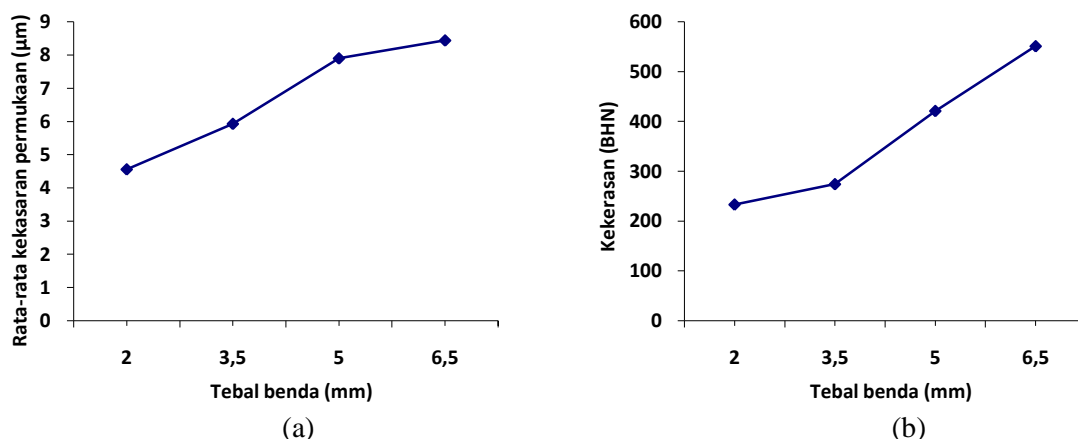
luas penampang pelepas panas aktif. Kecepatan pendinginan akan semakin berkurang dengan nilai *modulus* semakin besar. *Modulus* benda hasil untuk ketebalan 2 mm, 3,5 mm, 5 mm dan 6,5 mm adalah 0,83 mm, 1,29 mm, 1,66 mm dan 2,0 mm (Gambar 2b). Hal ini menunjukkan bahwa ketebalan benda cor semakin besar akan memperbesar nilai *modulus* sehingga kecepatan pendinginan berkurang. Kecepatan pendinginan yang lebih lambat akan menyebabkan fluiditas lebih besar.



Gambar 3 (a) Hubungan akurasi ukuran dengan ketebalan benda cor (b) Hubungan massa jenis aktual benda hasil cor dengan ketebalan benda

Akurasi ukuran benda besi cor kelabu dibandingkan dengan ukuran pola *styrofoam* tampak pada Gambar 3a. Benda hasil cor mengalami pembesaran ukuran dibandingkan dengan ukuran polanya. Hal ini berbeda dengan hasil pengecoran logam secara umum dimana benda hasil cor akan mengalami penyusutan dari ukuran polanya. Pembesaran ukuran ini disebabkan penambahan ukuran karena desakan logam cair terhadap pasir cetak. Pasir cetak terdesak keluar *cavity* sehingga mengakibatkan ukuran *cavity* mengalami pembesaran. Pembesaran ukuran karena desakan logam cair lebih besar dari penyusutannya sehingga mengakibatkan ukuran benda hasil cor lebih besar dari ukuran pola.

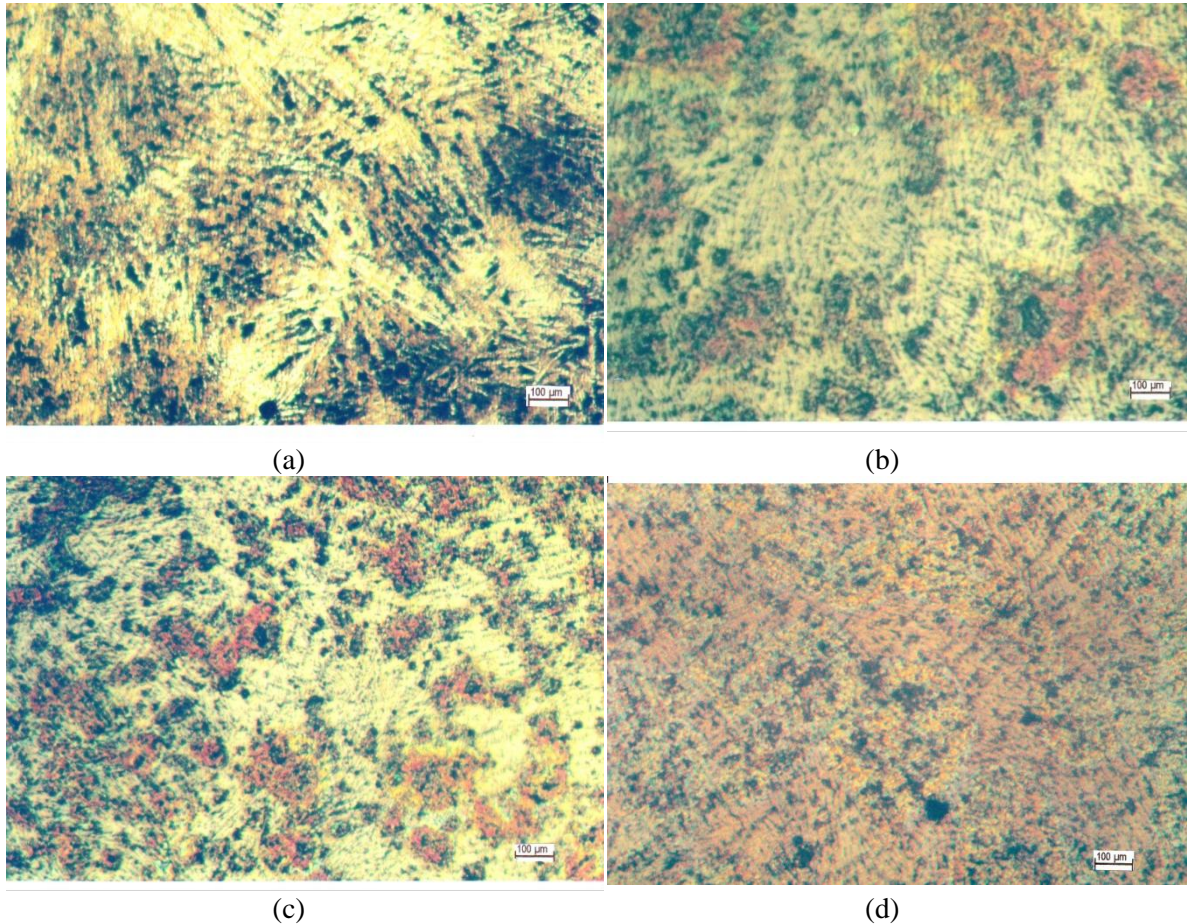
Massa jenis aktual benda hasil cor mengalami penurunan dengan bertambahnya ketebalan benda cor (Gambar 3b). Penurunan massa jenis aktual ini menunjukkan adanya porositas di dalam benda cor bertambah besar atau banyak. Bertambahnya porositas disebabkan probabilitas gas terperangkap dalam cairan meningkat jika ukuran benda cor lebih besar. Semakin banyak gas yang terperangkap dalam cairan akan menyebabkan pori-pori dalam benda cor bertambah sehingga porositasnya makin besar.



Gambar 4 (a) Hubungan nilai rata-rata kekasaran permukaan benda hasil cor dengan ketebalan benda cor (b) Hubungan kekerasan benda hasil cor dengan ketebalan benda

Nilai rata-rata kekasaran permukaan mengalami peningkatan dengan meningkatnya ketebalan benda cor (Gambar 4a). Peningkatan kekasaran ini berkaitan dengan grafit yang

terbentuk selama pendinginan. Grafit memiliki sifat ekspansif sehingga semakin banyak terbentuk grafit maka daya ekspansi di permukaan benda akan makin besar. Benda yang makin tebal akan mengalami kecepatan pendinginan yang lebih lambat sehingga grafit yang terbentuk semakin banyak. Jumlah grafit yang lebih banyak ini akan memberikan tekanan pada permukaan benda saat pendinginan sehingga permukaan benda hasil cor lebih kasar.



Gambar 5. Foto struktur mikro besi cor kelabu setelah dietsa, tebal benda cor (a) 2mm (b) 3,5 mm (c) 5 mm (d) 6,5 mm

Kekerasan benda meningkat dengan berkurangnya ketebalan benda (Gambar 4b). Benda yang lebih tipis mengalami kecepatan pendinginan lebih cepat sehingga grafit yang terbentuk semakin sedikit sebaliknya terbentuk ledeburit semakin banyak (Gupta, 2002). Pada ketebalan benda 2 mm terbentuk ledeburit paling banyak seperti tampak pada struktur mikro Gambar 5a. Semakin banyak ledeburit yang terbentuk menyebabkan benda semakin keras.

4. KESIMPULAN

Perbedaan ketebalan benda cor yang dibuat dengan metode pengecoran *lost foam* memiliki beberapa karakteristik. Semakin tebal benda cor akan memperbesar fluiditas dan kekasaran permukaan benda. Massa jenis aktual benda cor mengalami penurunan dengan meningkatnya ketebalan benda. Hal ini merupakan indikasi penambahan porositas jika benda cor semakin tebal. Ketebalan benda cor semakin kecil akan mendorong terbentuknya struktur ledeburit lebih banyak sehingga kekerasannya semakin bertambah. Ukuran benda hasil cor mengalami pembesaran dibandingkan dengan ukuran polanya. Bertambahnya ukuran ini tidak menunjukkan kecenderungan naik atau turun dengan bertambahnya ketebalan benda sehingga dalam desain dapat diambil harga rata-ratanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Askeland, D.R., 2001, *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*, Elsevier Science Ltd.
- Behm, S.U., Gunter, K.L. and Sutherland, J.W., 2003, An Investigation into The Effect of Process Parameter Setting on Air Emission Characteristics in The Lost Foam Casting Process, American Foundry Society.
- Department of Energy Washington, D.C., 1998, Industries of The Future Approach Advancing State-of-The-Art in Lost Foam Casting Process, USA.
- Gupta, R.B., 2002, *Material Science*, 11th Edition.”, Satya Prakashan, India.
- Khoda, M. and Parvin, N., 2008, Pressure Measurement and Some Observation in Lost Foam Casting, *Journal of Material Processing and Technology*, Vol.206, pp.1-8.
- Kim, K. and Lee, K., 2005, Effect of Process Parameters on porosity in Aluminium Lost Foam Process, *Journal Material Science*, Vol.21, No.5.
- Kumar, S., Kumar, P. and Shan, K.S., 2007, Effect of Evaporative Pattern Casting Process Parameters on The Surface Roughness of Al-7%Si Alloy Casting, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 182, pp. 615-623.
- Kumar, S., Kumar, P. and Shan, H.S., 2008, Optimization of Tensile Properties of Evaporative Casting Process through Taguchi’s Method, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol.204, pp.59-69.
- Monroe, R.M., 1992, Expandable Patterns Casting, *American Foundryman’s Society Inc.*, pp.96-97.
- Shin, S.R. and Lee, Z.H., 2004, Hydrogen Gas Pic-Up of Alloy Melt During Lost Foam Casting, *Journal of Material Science*, Vol.39, pp.1536-1569.
- Shivkumar, S., Yao, X. and Makhlof, M., 1995, Polymer Melt Interactions During Formation in The Lost Foam Process, *Scripta Metallurgica et Materialia*, Vol.33, pp.39-46.