Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Januari 2014 (ISSN: 0216-7492)

PENGARUH PENAMBAHAN CU DAN *SOLUTION TREATMENT* TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO PADA ALUMINIUM PADUAN A356

Suherman dan Syahputra
Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Tanjungbalai
Kampus Jl. Sei Raja, Kel Sei Raja Kota Tanjungbalai - SUMUT
E-mail: herman_me_itm@yahoo.com

Abstrak

Tujuan penelitan ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahkan Cu dan Solution Treatment pada paduan A356 terhadap struktur mikro dan kekerasan pada hasil coran kepala silinder (head cylinder) sepeda motor 2 Tak yang dicor dengan metode lost foam casting (LFC). Aluminium paduan A356 sebelum dan sesudah penambahan Cu dilebur menggunakan dapur krusibel dan selanjutnya dituangkan kedalam pola styrofoam. Proses perlakuan panas solution treatment T-6 diterapkan dengan memanaskan hasil coran prototipe head cylinder pada temperatur 540 C dengan waktu tahan selama 4 jam dan selanjutnya dilakukan quenching kedalam media pendingin air hangat pada temperatur 70 C. Proses Age Hardening dilakukan dengan memanaskan kembali coran pada temperatur 170 C selama 2 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan Cu sebesar 3% pada paduan A356 meningkatkan nilai kekerasan benda cor baik pada bagian sirip maupun pada bagian alas dari hasil coran head cylinder. Perlakuan panas solution treatment pada benda hasil coran sebelum dan setelah penambahan Cu memberikan peningkatan nilai kekerasan benda cor. Dari hasil pengamatan stuktur mikro menunjukkan terjadi perubahan struktur mikro pada hasil coran paduan A356 setelah proses solution treatment pada paduan A356 baik sebelum dan sesudah penambahan Cu

***Kata kunci** : aluminium A356, head cylinder, lost foam casting, penambahan Cu*

1. Pendahuluan

Pengecoran *lost foam* merupakan langkah baru dalam memproduksi benda-benda dengan metode pengecoran. Pada saat ini belum banyak industri pengecoran logam yang menggunakan metode ini dalam memproduksi benda cor. Sedikitnya industri yang menerapkan metode pengecoran ini mungkin dikarenakan banyak industri pengecoran yang belum banyak mengetahui seluk beluk metode pengecoran *lost foam*.

Metode *lost foam casting (LFC)* menggunakan pola dari *styrofoam* atau busa *polystyrene* yang dimasukkan dalam pasir cetak. Salah satu kelebihannya adalah keleluasaan dalam desain pola coran. Coran dengan bentuk relatif rumit yang sulit dibuat dengan metode lain dapat dibuat dengan metode ini [1].

Logam cair dimasukkan melalui saluran tuang dan pola akan terurai karena panas logam cair saat masuk ke pola. Hasil uraian pola akan melewati lapisan dan keluar melalui pasir. Setelah cukup dingin, benda cor diambil dan dilakukan perlakuan panas jika diperlukan [8].

Dalam beberapa aplikasi, bagian-bagian pola dilem untuk mendapatkan bentuk keseluruhan dari benda yang komplek. Sistem saluran dirangkai dengan cara dilem menyatu dengan rangkaian pola. Beberapa pola dapat dilakukan pengecoran dengan dirangkai dalam satu sistem saluran.

Akhir-akhir ini paduan Aluminium A356 banyak dipakai terutama pada komponen otomotif karena mempunyai beberapa kelebihan bila dibanding dengan aluminium paduan lainnya. Kelebihan paduan ini antara lain lebih ringan dibanding dengan besi dan baja, ketahanan korosi yang baik, tahan terhadap retak panas *(hot tearing),* mampu mesin dan las yang baik [10].

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Januari 2014 (ISSN: 0216-7492)

Komposisi paduan dan pemilihan proses pengecoran sangat mempengaruhi struktur mikro dari aluminium paduan. Ada beberapa metode yang digunakan dalam proses pembuatan komponen automotif seperti dengan cetakan pasir, cetakan permanen, high pressure die casting dan dengan metode *lost foam casting*. Metode *evaporative (lost foam casting)* merupakan salah satu metode pengecoran yang dapat digunakan untuk menghasilkan produk dari bahan aluminium paduan.

Penambahan Cu pada aluminium paduan sebesar 4-10% Cu sangat luas penggunaannya terutama sekali untuk komponen automotif seperti blok dan kepala silinder. Penambahan Cu pada paduan aluminium memperbaiki kekuatan dan kekerasan hasil coran tanpa dan dengan perlakuan panas. Penambahan 4 -6% Cu sangat kuat terhadap respon untuk dilakukan *heat treatment*. Penambahan Cu umumnya mengurangi ketahanan terhadap serangan korosi, pada kondisi tertentu dan material tertentu sangat peka terhadap serangan korosi tegangan. Penambahan Cu juga mengurangi ketahanan terhadap retak panas *(hot tearing)* dan mengurangi mampu cor *(*castability) [1].

Pengecoran *lost foam* juga memiliki beberapa kekurangan seperti banyaknya cacat pada benda cor seperti porositas, cacat lipatan *(lipatan)*, *blister* (melepuh), adanya gap antara bagian yang satu dengan bagian yang lain pada pola yang dirangkai. Selain itu pada porositas pada benda cor yang dihasilkan dari pengecoran aluminium dengan pola *polystyrene foam* lebih tinggi dibandingkan dengan cetakan pasir. Hal ini menunjukkan bahwa sulit untuk mendapatkan kekuatan mekanik yang lebih baik pada pengecoran aluminium tanpa perlakuan *(treatment)* tertentu [6].

Proses pembersihan dan pemesinan dapat dikurangi secara dramatis [7]. Pencemaran lingkungan karena emisi bahan-bahan pengikat dan pembuangan pasir dapat dikurangi karena tidak menggunakan bahan pengikat dan pasir dapat langsung digunakan kembali [7].

Proses perlakuan panas (*heat treatment)* pada hasil coran sangat penting karena biasanya digunakan untuk meningkatkan sifat mekanis paduan aluminium cor. Perlakuan panas memperbaiki kekuatan dari aluminium paduan melalui proses yang dikenal sebagai pengerasan presipitasi yang terjadi selama pemanasan dan pendinginan dari paduan aluminium dan dimana presipitasi yang terbentuk di aluminium matriks.

Peningkatan sifat mekanik paduan Al akibat panas tergantung pada perubahan kelarutan konstituen paduan dengan temperatur tertentu.

Pertama sekali yang harus dilakukan adalah proses solution treatment pada suhu dibawah suhu eutektik dengan waktu cukup lama untuk memungkinkan dilakukan solution treatment tahap kedua dengan mecelupkan kedalam media pendingin. Selanjutnya dipanaskan kembali pada temperatur yang rendah dengan waktu tertentu. *Solution heat treatment* harus diterapkan untuk jangka waktu yang cukup untuk mendapatkan struktur jenuh homogen yang diikuti dengan *quenching* dengan tujuan mempertahankan struktur jenuh pada suhu kamar.

Perlakuan panas T6 yang diterapkan pada paduan aluminium Al-Si-Mg (A356) dengan penambahan *modifier* meningkatkan kekuatan tarik [4,12]. Selain meningkatkan kekuatan tarik, perlakuan panas T6 juga meningkatkan nilai kekerasan [12,13] dan kekuatan impak hasil cor [13].

Pada proses solution heat treatment T6 pada paduan Al-Si-Mg, temperatur pemanasan yang paling baik adalah pada temperatur 540-550 ^{o}C [9]. Temperatur pemanasan pada *age hardening* sangat mempengaruhi sifat mekanis dari aluminium paduan Al-Si. Temperatur pemanasan pada proses age hardening yang paling optimum antara 150 -200 C [5].

Oleh karena itu penambahan Cu dan solution treatment diharapkan mampu meningkatkan sifat mekanis *(mechanical*

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Januari 2014 (ISSN: 0216-7492)

properties) seperti kekerasan pada paduan aluminium A356 yang digunakan untuk membuat komponen automotif seperti kepala silinder.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan *styrofoam polystyrene* sebagai pola cetakan dan saluran turun untuk membuat kepala silinder sepeda motor 2 tak. *Styrofoam* diperoleh dari bekas packing alat-alat elektronik yang sudah tidak digunakan lagi dan *Styrofoam* lembaran. Bahan dari *styrofoam* dipotong menjadi bentuk sirip dan dasar kepala silinder dengan menggunakan pemotong listrik sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.

Potongan-potongan pola sirip dan dasar kepala silinder dirangkai dengan menggunakan lem *styrofoam.* selanjutnya masukkan pola cetakan kedalam kotak, kemudian timbun dengan pasir silika hingga seluruh permukaan pola cetakan tertutup oleh pasir silika hingga seluruh permukaan pola *styrofoam* tertutup oleh pasir silika.

Balik rangka cetak dan buka penutup rangka cetak bagian atas, seka pasir hingga tampak permukaan saluran masuk pola. Bersihkan pasir dipermukaan saluran masuk pola dan pola cetak siap untuk dituangi. Langkah selanjutnya adalah dengan mengguncang kotak tempat pola dan pasir silika diletak agar pasir silika benar-benar mengisi keseluruh rongga-rongga sehingga benar-benar padat.

Paduan aluminium A356 sebelum dan sesudah penambahan Cu dilebur didalam dapur krusibel pada temperatur tuang 750 ^{o}C. Untuk mengangkat kotoran-kotoran yang ada didalam aluminium cair digunakan flux dengan jenis coveral. Setelah paduan aluminium sudah mencair masukkan kawat tembaga kedalam cairan logam. Untuk menambahkan Cu sebesar 3% kedalam aluminium cair digunakan kawat tembaga murni yang dimasukkan kedalam aluminium cair dengan berat tertentu sehingga didapatkan porsentase Cu sebesar 3%.

Setelah temperatur tuang telah tercapai, tuangkan aluminium cair kedalam pola *styrofoam* dengan tenang dan perlahan sampai keseluruhan logam cair mengisi dari pola. Tunggu hasil benda cor benar-benar dingin, lalu keluarkan hasil coran dari pasir silika dan bersihkan hasil coran dari pasir yang menempel. Spesimen uji didapatkan dari hasil coran prototype kepala silinder dengan cara memotong pada pada bagian sirip dan alas dari benda cor kepala silinder. Benda cor sebelum dan sesudah penambahan Cu diuji komposisi kimia, kekerasan dan diamati struktur mikronya menggunakan mikroskop optik.

Selanjutnya spesimen uji diberi perlakuan panas T6 yaitu dengan cara memanaskan benda cor pada temperatur 540 ^{o}C selama 4 jam didalam *electric furnace* dan setelah itu secara cepat dicelupkan kedalam media pendingin air hangat dengan temperatur 70 C. Langkah selanjutnya adalah yaitu proses *age hardening* dimana spesimen dipanaskan kembali pada temperatur 170 dengan waktu tahan selama 2 jam.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Komposisi Kimia

Untuk mengetahui komposisi paduan Aluminium yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan spectrometer analisis. Hasil uji komposisi kimia bahan yang digunakan sebelum dan sesudah penambahan Cu sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1.

Dari hasil pengujian komposisi kimia bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah termasuk golongan aluminium paduan A356 *hypoeutectic* dengan jumlah porsentase Si sebesar 7%.

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Januari 2014 (ISSN: 0216-7492)

Tabel 1. Hasil pengujian komposisi kimia

Material	Al	Si	Fe	Cu	Mg	Zn	Ti	Pb	Sn	Sr	Sb
A356	90,9	7,70	0,36	0,01	0,37	0,13	0,29	0,02	0,01	0,05	0,01
A356 + Cu	87,9	7,80	0,44	3,13	0,24	0,09	0,22	0,01	0,01	0,02	0,01

3.2. Hasil Coran

Hasil pengecoran *prototype* kepala silinder (*head cylinder)* menggunakan metode pengecoran LFC sebagaimana ditunjukkan pada gambar (1). Penambahan Cu kedalam paduan Al-7Si tidak mempengaruhi hasil akhir dari benda cor prototipe kepala silinder sepeda motor 2 tak dengan metode LFC.

Dari hasil beberapa percobaan didapatkan beberapa paramater yang mempengaruhi keberhasilan dalam pembuatan prototipe kepala silinder sepeda motor 2 tak adalah ukuran pasir silika, proses penuangan dan temperatur tuang.



Gambar 1. Hasil benda cor a) dengan penambahan Cu dan b) tanpa penambahan

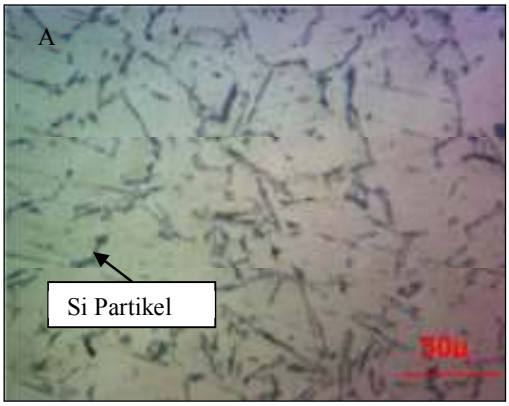
Proses penuangan yang tidak baik biasanya mengakibatkan cacat yang terbentuk pada benda cor dimana biasanya dikarenakan runtuhnya pasir silika sehingga masuk kedalam cairan aluminium.

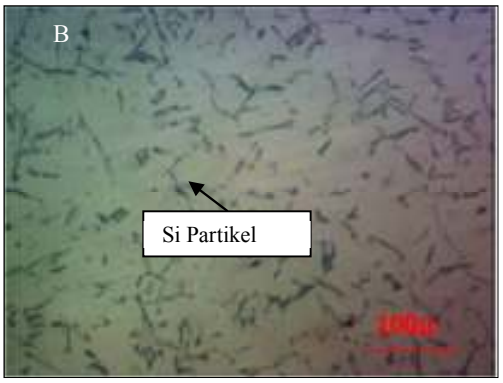
Selain itu cacat coran yang sering terjadinya adalah terjadinya *gap* antara beberapa pola yang dirangkai dengan menggunakan lem dan dekomposisi dari *polystyrene foam.*

4.2. Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik pada bagian alas dan sirip hasil coran untuk material sebelum dan setelah penambahan Cu sebesar 3% dengan pembesaran 400x.

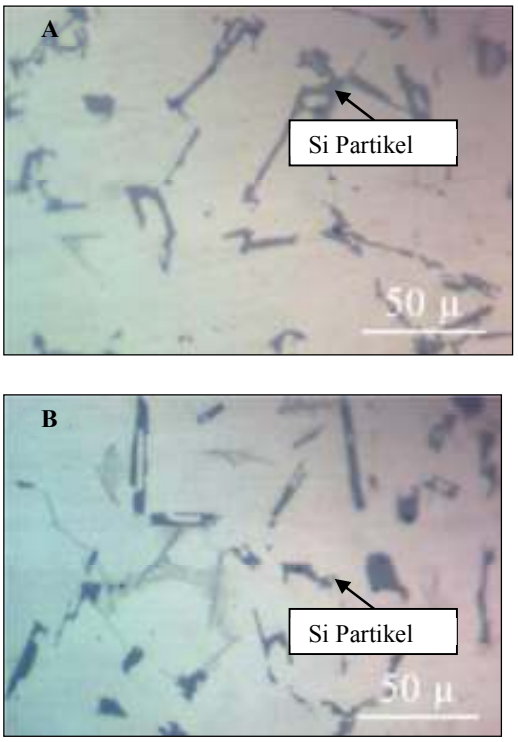
Pada Gambar (2.a dan 2.b) menunjukkan aluminium A356 sebelum penambahan Cu. Eutektik partikel silikon tersebar merata diantara dendrite α Al. Struktur dendrite α phase (terlihat terang) dan partikel eutektik silikon (berwarana gelap). Jumlah partikel silikon pada bagian sirip dan bagian alat tidak terlalu berbeda. Hal ini dikarenakan selisih ketebalan antara bagian alas dan bagian sirip tidak terlalu jauh. Pada paduan aluminium yang dicor menggunakan cetakan pasir menghasilkan struktur silikon eutektik berbentuk serpih *(platelike)* [2,3,11].



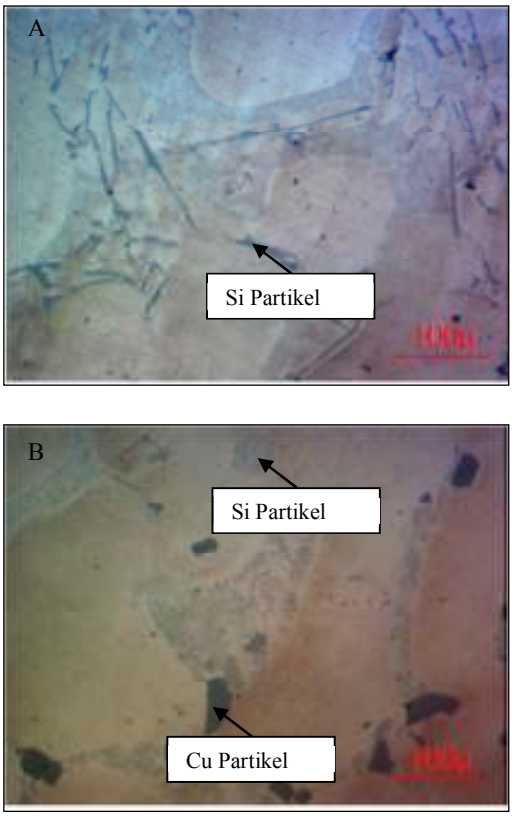


Gambar 2. Photo pengamatan struktur mikro A356 (a) bagian alas (b) bagian sirip

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Januari 2014 (ISSN: 0216-7492)



Gambar 3. photo pengamatan struktur mikro A356 dengan penambahan Cu (a) bagian sirip (b) bagian alas



Gambar 4. Photo paduan A356 + ST a) sebelum penambahan Cu dan b) sesudah penambahan Cu

Secara umum penambahan Cu sebesar 3% sedikit mempengaruhi mikrostruktur dari morfologi partikel autektik silikon, dimana terjadi perubahan pada bagian ujung dari partikel silikon. Partikel silikon setelah penambahan Cu terlihat lebih tumpul bila dibanding dengan material dasar sebagaimana disajikan pada gambar 3.

Perubahan mikro struktur pada benda cor juga terjadi pada paduan aluminium setelah dilakukan proses solution treatment sebagaimana terlihat pada gambar 4.a dan 4.b. proses solution treatment menyebabkan pengendapan partikel silikon pada batas butir baik sebelum dan sesudah penambahan Cu.

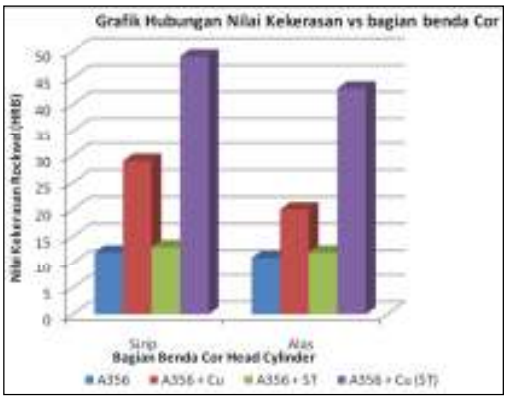
4.3. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan hasil coran dilakukan pada bagian sirip dan alas hasil coran dari prototype *head cylinder* sebelum dan sesudah penambahan Cu pada paduan A356 sebagaimana ditunjukkan pada gambar (5). Pengujian kekerasan pada hasil coran dilakukan dengan menggunakan mesin uji kekerasan Rockwell.

Penambahan Cu pada aluminium paduan A356 meningkatkan nilai kekerasan benda cor. Proses perlakuan panas yang diterapkan pada benda cor sebelum dan sesudah penambahan Cu juga semakin meningkatkan nilai kekerasan benda cor paduan A356 yang dicor dengan menggunakan proses pengecoran Lost Foam Casting.

Nilai kekerasan pada bagian sirip dan bagian alas hasil coran prototipe dari kepala silinder terjadi perbedaan untuk masing-masing variasi benda cor. Nilai kekerasan yang paling tingi adalah pada bagian sirip bila dibanding dengan pada bagian alas.

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Januari 2014 (ISSN: 0216-7492)



Gambar 5. Grafik nilai kekerasan paduan A356 sebelum dan sesudah penambahan Cu

Nilai kekerasan paduan A356 yang paling tinggi adalah pada bagian sirip paduan aluminium A356 yang telah ditambahkan Cu dan kemudian dilakukan proses *solution treatment* yaitu dengan nilai kekerasan sebesar 49 HRB sedangkan pada bagian alas yaitu sebesar 43 HRB [14].

Perbedaan nilai kekerasan antara bagian sirip dan bagian alas dari kepala silinder ini terjadi karena perbedaan kecepatan pendinginan dari benda cor. Perbedaan nilai kekerasan antara bagian sirip dan bagian alas dari kepala silinder ini terjadi karena perbedaan ketebalan benda cor sehingga mempengaruhi kecepatan pendinginan dari benda cor. Harga kekerasan benda cor sangat dipengaruhi oleh ketebalan, harga kekerasan menurun seiring dengan peningkatan ketebalan benda cor. Peningkatan kekerasan Brinell benda cor erat kaitannya dengan struktur mikro dan ukuran SDAS yang dihasilkan. Semakin kecil ukuran SDAS menghasilkan peningkatan harga kekerasannya. Harga kekerasan yang paling tinggi adalah pada benda cor yang paling tipis, karena berkurangnya ketebalan benda cor menghasikan struktur dendrite dan ukuran SDAS yang lebih halus. Ini disebabkan oleh kecepatan dari logam cair mengalami pembekuan yang menyebabkan ukuran SDAS semakin halus.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Penambahan Cu pada paduan aluminium A356 tidak signifikan mempengaruhi hasil benda coran prototipe *head cylinder* sepeda motor 2 tak yang dibuat dengan metode pengecoran LFC.
2. Penambahan Cu pada paduan aluminium A356 merubah bentuk dari partikel silikon, dimana sebelum penambahan Cu partikel silikon mempunyai ujung yang runcing dan setelah penambahan Cu bentuk partikel silikon menjadi lebih tumpul.
3. Nilai kekerasan hasil coran setelah penambahan Cu pada paduan aluminium A356 meningkat sebesar 40%. Sedangkan dengan melakukan proses solution treatment juga meningkatkan nilai kekerasan pada benda cor baik sebelum dan sesudah penambahan Cu.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih penulis ucapkan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dikti) yang telah memberikan dana untuk penelitian ini pada skema penelitian Dosen Pemula.

Daftar Pustaka

1. Davis, J.R., 1993. ASM Specialty Handbook : *Aluminum and Aluminum Alloys*,
2. Dahle, A.K., Nogita, K., McDonald, S.D., Dinnis, C. and Lu, L., 2005, “Eutectic Modification and Microstructure Development in Al-Si Alloys”, Material Science and Engineering , Elsevier A 413 – 414, p.p. 243 – 248.
3. Flemings, M.C., 1974, “Solidification Processing”, McGraw-Hill Book Company, New York.
4. Hua, P.J., Long, T.X., Ting, H.J., and Ying, X.D., 2011, Effect of Heat Treatment on microstructure on tensile Properties of A356 alloys, Transaction non Ferrous Metal,

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Januari 2014 (ISSN: 0216-7492)

Science Direct, Vol 21, pp 1950-1956.

5. Hurtalova, L., Belan, J., Tillova, E., and Chalupova, M., 2012. Changes in Structural Characteristics of Hypoeutectic Al-Si Cast Alloy After Age Hardening, Material Science, vol 18, pp 228-233.
6. Kim, K., and Lee, K. 2005. *Effect of Process* Parameters on Porosity in Aluminum Lost Foam Process, *Journal Material Scipta Technology.* Vol. 21 No.5, pp. 681-685.
7. Kumar, S., Kumar, P., Shan, H.S., 2007, Effect of evaporative pattern casting process parameters on the surface roughness of Al–7% Si alloy castings, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 182, pp. 615–623.
8. Matson, D.M., Venkatesh, R., And Biederman, S., 2007, Expanded Polystyrene Lost Foam Casting Modelling Bead Steaming Operation, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, Vol. 129, pp. 429-434.
9. Shivkumar, S., Ricci Jr., S., Keller, C., Apelian, D., 1990. Effect of solution treatment parameters on tensile properties of cast aluminum alloys. J. Heat Treating 8, 63–70.
10. Smith, W.F., 1993, Structure and Properties of Engineering Alloys", McGraw-Hill inc, Second Edition.
11. Shabestari, S.G. and Shahri, F., 2004, "Influence of Modification, Solidification Conditions and Heat Treament on The Microstructure and Mechanical Properties of A356 Aluminium Alloy", Kluwer Acedemic Publisher, Journal of Material Science 39, p.p. 2023 – 2032.
12. Wei, C.Z., Ying, M.C., and Pei, C., 2012, Eutectic Modification of A356 alloy with Li additonal Throught DSC and Miedema Model, Transactions of Non Ferrous Metals, Science Direct, Vol 22, pp 42-46.
13. Wahab, M.A., Madugu, I.A., Asuke, F., Fayomi, O.S.I., and Ayane, F.A., 2013, Effect of thermal ageing treatment on the mechanical properties of antimony-modified A356.0-type Al-Si-Mg alloy, JMES, Vol 4, pp 87-92
14. Zeren, M., and Karakulak, E., 2009. Studi on hardness and microstructure characteristic of sand cast Al-Si-Cu alloys, bull mater science, Indian Academic of Sciences. Vol 32, Pp 617-620.