
KARAKTERISASI Al-Zn7 HASIL PELEBURAN DAPUR CRUCIBLE DENGAN TIPE PENUANGAN TUNGKIK

Ipung Kurniawan¹⁾, Bayu Aji Girawan²⁾, Imam Yulianto³⁾

¹⁾²⁾³⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap
Jln. Dr Soetomo No 1, Sidakaya, Cilacap
ipung.k.poltec@gmail.com

Abstrak

Kata Kunci:

Dapur Crucible,
Aluminium,
Struktur Mikro,
Kekerasan.

Aluminium saat ini banyak digunakan dan dimanfaatkan dalam kegiatan industri karena sifatnya yang ringan dan memiliki kekuatan mekanis yang baik. Pemanfaatan aluminium tidak harus terbatas pada pemanfaatan aluminium yang baru tetapi juga pada aluminium bekas. Tujuan utama dari penelitian ini adalah 1) Pengujian sifat fisis dan mekanik Al-Zn7 dari peleburan dapur crucible 2) Menganalisa dapur crucible peleburan Al-Zn7 dengan membandingkan hasil peleburan pertama dan kedua. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksperimen dan studi pustaka. Hasil pengujian kekerasan menggunakan metode Rockwell dengan nilai rata-rata masing-masing pengecoran pertama adalah 49,2 HRB dan pengecoran kedua adalah 50,3 HRB. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas dapur crucible baik karena tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Abstract

Keywords:

Crucible furnace,
Aluminium, Micro
structure, hardness

Nowdays, Aluminium is widely used and utilized in industrial activities because of light properties and having well mechanical strengths. The use of aluminium does not only limit on the use of new aluminium, but also the used one. The main purpose of this research, i.e., (1) testing of physical and mechanical properties of Al-Zn7 from the fusion of Crucible furnace; (2) analyzing crucible furnace of the Al-Zn7 fusion by comparing to the result of the first and second fusion. The method of this research was experimental research with the average value of each the first casting was 49,2 HRB and the second one was 50,3 HRB. Based on the test result showed that the quality of crucible furnace was good because it did not experience the significant changes.

✉Alamat korespondensi :

E-mail : ipung.k.poltec@gmail.com

ISSN : 2087 – 1627

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Industri logam khususnya pengecoran logam mempunyai peranan yang sangat penting dalam menunjang pembangunan saat ini. Berkembangnya industri di Indonesia menjadikan kebutuhan akan industri logam juga meningkat. Salah satu contoh adalah, saat ini sentra-sentra industri pengecoran menengah-kecil (UKM) banyak tersebar di Propinsi Jawa Tengah seperti Klaten, Pati, Tegal dan Surakarta.

Umumnya industri kecil pengecoran logam sekarang ini tidak menggunakan aluminium murni (*aluminum ingot*) sebagai bahan dasar, namun menggunakan material bekas/rongsokan (*sekrup*) dan komponen yang rusak (*reject materials*) dari pengecoran sebelumnya, yang dalam hal ini dikenal dengan proses tuang ulang (*remelting*) untuk memenuhi kebutuhan pasar seperti halnya komponen otomotif [1].

Perlu diketahui bahwa setiap komponen otomotif harus memenuhi persyaratan mekanik tertentu. Seperti halnya beban berulang dan kadang-kadang beban kejut maka komponen tersebut harus mendapatkan jaminan terhadap kerusakan akibat retak-lelah, aman dalam penggunaan atau bahkan mempunyai usia pakai (*life time*) yang lebih lama. Sehingga karakteristik material aluminium dari bahan bekas (*reject*) sangat penting untuk diketahui dan ditingkatkan [1].

Berdasarkan permasalahan diatas diperlukan kajian yang mendalam tentang pengujian material hasil peleburan aluminium bekas serta analisa dapur peleburan ketika penggunaan dilakukan secara berulang. Untuk itu pembahasan tentang karakterisasi Al-Zn₇ hasil peleburan dapur *crucible* dengan tipe penuangan tungkik diangkat sebagai topik dalam penelitian ini.

2. Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah:

- a. Melakukan pengujian sifat fisis dan mekanik Al-Zn₇ dari peleburan dapur *crucible*
- b. Melakukan analisa dapur *crucible* dari peleburan Al-Zn₇ dengan membandingkan hasil peleburan pertama dan kedua.

3. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah menambah khasanah ilmu pengetahuan tentang ilmu pengujian material Al-Zn₇ hasil peleburan dengan dapur *crucible* sehingga diharapkan proses pemanfaatan dapur *crucible* bisa menghasilkan produk sebagai barang produksi.

4. Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang pengecoran ulang aluminium pernah dilakukan oleh beberapa peneliti. Beberapa diantaranya menghasilkan kesimpulan

bahwa pengecoran ulang aluminium berpotensi meningkatkan jumlah porositas, menurunkan kekuatan dan kekerasan. Penelitian [2] untuk melakukan remelting aluminium paduan A320 (72,37% Al, 11,39% Si, 6,82% Mg, 2,77% Cu). Remelting dilakukan sebanyak tiga kali. Hasil uji tarik dan uji impak menunjukkan bahwa pengecoran ulang akan menurunkan kekuatan tarik, dan kekuatan impak.

Penelitian terhadap propeler dengan bahan aluminium bekas pernah dilakukan [3]. Penelitian dilakukan untuk mengetahui sifat propeler aluminium yang dibuat dengan proses pengecoran menggunakan crusibel berbahan bakar minyak dan dengan cetakan pasir. Sebelum peleburan, tidak dilakukan perhitungan dan pengukuran komposisi campuran bahan, namun sekedar perkiraan. Belum ada standar mutu yang dijadikan acuan untuk produk yang dihasilkan. Uji komposisi kimia dilakukan, dan menghasilkan data komposisi kimia bervariasi pada unsur-unsur dominannya, yaitu kandungan Al 68,02%-74,38%, Si 1,86-3,28%, Cu 11,2-12,2%, dan Mg 0-0,746%. Nilai kekerasan material bervariasi dari 59 HRB hingga 62 HRB.

Penelitian [4] dalam pengecoran ulang aluminium skrap salah satunya untuk menghasilkan bahan AlSi12 standar. Metode yang dilakukan dalam penghitungan komposisi awal bahan adalah menggunakan tabel simulasi dengan Ms. Excell. Skrap seberat 6000 gr sebagai bahan pengecoran terdiri dari 300g piston, 300g panci, 3000g aluminium siku, 900g aluminium plat, dan 1500g master alloy AlSi49. Bahan-bahan tersebut dilebur sampai suhu 725oC, diaduk selama 5 menit dengan penambahan covering flux, dan kemudian dituang dalam cetakan pasir. Uji komposisi dilakukan terhadap hasil pengecoran, dan didapatkan data komposisi yang bersesuaian dengan standar DIN EN1706. Hasil pengecoran mengandung porositas sebesar 1,88%. Porositas yang ada dipicu oleh adanya unsur Cu sebagai unsur pepadu. Unsur Cu berperan meningkatkan kelarutan gas hidrogen. Disisi lain keuntungan penambahan Cu pada paduan aluminium adalah meningkatkan kekerasan bahan.

Penelitian lain [5] dalam pembuatan propeler untuk kapal kayu dari pengecoran ulang aluminium bekas untuk menghasilkan ADC3 dengan variasi penambahan TiB sebagai *grain refiner* dilakukan pada saat peleburan. TiB yang ditambahkan mempunyai kadar Ti 5% dan B 1%. Metode perhitungan dengan simulasi Excel dilakukan untuk memperkirakan komposisi hasil pengecoran yang sesuai. Cetakan yang digunakan adalah cetakan pasir, dengan rongga cetakan silinder. Flux yang digunakan adalah garam yang berfungsi sebagai dressing flux. Suhu pelebur ditentukan 700 oC, sedangkan suhu penuangan ditentukan 650 oC. Pengujian yang dilakukan meliputi uji komposisi, uji densitas, uji kekerasan, uji tarik, dan uji struktur

mikro. Spesimen uji tarik, uji kekerasan dan struktur mikro. Hasil penelitian diperoleh 1) Tingkat porositas 3,3 % sampai 5,9 % akibat penggunaan cetakan pasir. 2) Penambahan TiB sebanyak 0,5% ke ADC 3 hasil pengecoran aluminium bekas berpengaruh pada penurunan ukuran butir hingga 50%, peningkatan kekerasan hingga 23%, peningkatan kekuatan tarik hingga 11%, serta penurunan keuletan hingga 20%. 3) Nilai kekerasan dan kekuatan ADC 3 hasil pengecoran masih dibawah harga kekerasan dan kekuatan ADC 3 standar. 4) Struktur mikro yang terbentuk dari hasil pengecoran ADC 3 adalah α Al dan Si eutektik yang merupakan struktur yang bisasa terbentuk pada paduan AlSi hipoeutektik dengan kadar Si kurang dari 12,5%.

Aluminium merupakan material yang luas penggunaannya. Hal ini disebabkan karena Aluminium mempunyai sifat yang istimewa dibandingkan dengan logam lainnya. Diantara kelebihan Aluminium adalah: ringan, ulet, kuat, ketahanan korosi tinggi serta mempunyai konduktivitas panas dan daya hantar panas yang baik.

Tabel 1 Sifat fisik Al [6]

Element	Symbol	Atomic weight	Melting point ($^{\circ}$ C)	Boiling Point ($^{\circ}$ C)
Aluminium	Al	26.97	660.4	2520

Latent heat of fusion	Mean specific heat 0-100 $^{\circ}$ C	Thermal conductivity
(kJ/kg)	(cal/g)	(kJ/kg.K)
386.8	92.4	0.917
		0.219
		238

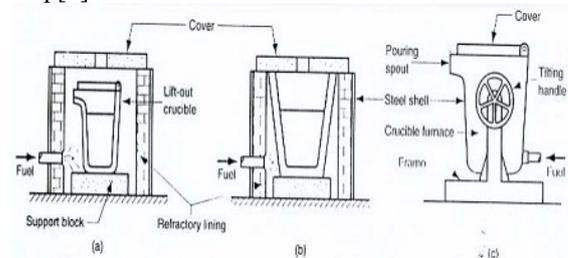
Resistivity (μ ohm.cm at 200C)	Vol. change on melting (%)	Density (g/cm 3)	Coeff. Of expansion ($\times 10^{-6}/K$)	Brinell hardness no.
2.67	6.6	2.70	23.5	17

Aluminium memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik pada beberapa kondisi lingkungan karena permukaan aluminium mampu membentuk lapisan alumina (Al_2O_3) bila bereaksi dengan oksigen. Struktur kristal yang dimiliki aluminium adalah struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*), sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Keuletan yang tinggi dari aluminium menyebabkan logam tersebut mudah dibentuk atau mempunyai sifat mampu bentuk yang baik.

Seperti logam murni lainnya, aluminium memiliki kekuatan yang rendah dan tidak dapat langsung diaplikasikan karena ketahanan deformasi dan patahnya kurang tinggi. Oleh karena itu perlu adanya penambahan elemen lain ke dalam aluminium. Sifat aluminium tergantung dari interaksi komposisi kimia dan struktur mikro yang berkembang selama solidifikasi, perlakuan panas, dan proses deformasi (untuk produk tempa) [7].

Dapur krusibel digunakan untuk peleburan logam non-besi seperti perunggu, kuningan, paduan seng dan aluminium. Kapasitas dapur umumnya terbatas hanya beberapa ratus pound saja. Dapur

krusibel adalah dapur yang paling tua yang digunakan dalam peleburan logam. Dapur ini mempunyai konstruksi paling sederhana. Dapur ini ada yang menggunakan kedudukan tetap dimana pengambilan logam cair dengan memakai gayung. Dapur ini sangat fleksibel dan serba guna untuk peleburan yang skala kecil dan sedang. Bahan bakar dapur Krusibel ini adalah gas atau bahan bakar minyak karena akan mudah mengawasi operasinya. Ada pula dapur yang dapat dimiringkan sehingga pengambilan logam dengan menampung dibawahnya. Dapur ini biasanya dipakai untuk skala sedang dan skala besar. Dapur Krusibel jenis ini ada yang dioperasikan dengan tenaga listrik sebagai alat pemanasnya yaitu dengan induksi listrik frekuensi rendah dan juga dapat dengan bahan bakar gas atau minyak, sedangkan dapur Krusibel yang memakai burner sebagai alat pemanas dengan kedudukan tetap[8].



Gambar 1 Tiga jenis dapur *Crucible*[8]

Dalam gambar 1 ditunjukkan tiga jenis dapur krusibel yang biasa digunakan :

- Krusibel angkat (*lift-out krusibel*),
- Pot tetap (*stationary pot*),
- Dapur tukik (*tilting-pot furnace*).

Krusibel angkat yaitu krusibel ditempatkan didalam dapur dan dipanaskan hingga logam mencair. Sebagai bahan bakar digunakan minyak, gas, dan serbuk batubaru. Bila logam telah melebur, krusibel diangkat dari dapur dan digunakan sebagai label penuangan. Dapur pot tetap Dapur tidak dapat dipindah, logam cair diambil dari kontainer dengan ladle. Dapur tukik Dapat ditukik untuk menuangkan logam cair.

METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini material yang digunakan adalah aluminium sekrap (limbah) yang diperoleh dari pengepul. Peleburan aluminium dilakukan pada temperatur 660 $^{\circ}$ C selama 1 jam dengan menggunakan dapur *crucible*. Dalam menyelesaikan penelitian ini, metode yang dilakukan adalah pengujian material hasil peleburan aluminium dan dilakukan kajian pustaka sebagai bahan pertimbangan untuk melihat kemungkinan dilakukan perbaikan-perbaikan.

Tempat pengujian; 1) Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap 2) Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium pengujian logam Universitas Gajah Mada. Pengambilan data pengujian kekerasan posisi

atas tengah dan bawah, dari data-data hasil pengujian yang dilakukan kemudian dibandingkan dengan data hasil pengujian yang dilakukan pada proses peleburan yang kedua kalinya.

Tabel 2 komposisi kimia aluminium sekrap

Al %	Zn %	Si %	Fe %	Cu %
89.52	7.71	1.84	0.489	0.146
Mn %	Ni %	Ca %	Ti %	Mg %
0.491	0.035	0.0027	<0.069	<0.0500
Sn %	Pb %	Cr %	V %	Zr %
<0.0500	<0.0300	<0.0150	<0.0100	<0.0030
Sr %	Be %			
<0.0005	<0.0001			

Alat dan Bahan

Tabel 1 Peralatan dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

No	Alat dan Bahan	Spesifikasi	Fungsi
1.	Aluminium sekrap 	Aluminium sekrap	Raw Material
2.	Dapur <i>Crucible</i> 	Dapur Peleburan dengan bahan bakar gas LPG.	Sebagai alat peleburan aluminium sekrap.
3.	Mikroskop optic 	Mikroskop Olympus PMEU serta dengan kelengkapannya	Digunakan untuk pengujian mikro struktur dari <i>specimen</i> .
4.	<i>Rockwell Hardness Tester</i> 	<i>Rockwell Hardness Tester</i> yang digunakan adalah <i>model VH-150</i>	Digunakan untuk pengujian kekerasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dan pembahasan dari proses pengecoran skrap aluminium menggunakan dapur *crucible* dengan pengujian yang dilakukan pada

material hasil peleburan, yaitu: struktur mikro dan kekerasan.

a. Pengujian Material

Pengambilan data hasil struktur mikro adalah menggunakan sampel pengujian dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah pada hasil pengecoran pertama.

Pengambilan data hasil uji kekerasan dilakukan menggunakan aluminium hasil peleburan pertama dan dibandingkan dengan hasil pengujian kekerasan peleburan kedua menggunakan metode *Rockwell*. Seperti ditunjukkan pada gambar 2 dan 3 berikut untuk material hasil pengecoran dengan dapur *crucible*.



Gambar 2 hasil pengecoran dipotong menjadi tiga bagian

Keterangan gambar:

Bagian 1 (bagian atas) digunakan untuk pengujian setruktur mikro dan pengujian kekerasan.

Bagian 2 (bagian tengah) digunakan untuk pengujian setruktur mikro dan pengujian kekerasan.

Bagian 3 (bagian bawah) digunakan untuk pengujian setruktur mikro dan pengujian kekerasan.



Gambar 3 hasil pemotongan material untuk *spesimen* pengujian

Hasil Pengujian

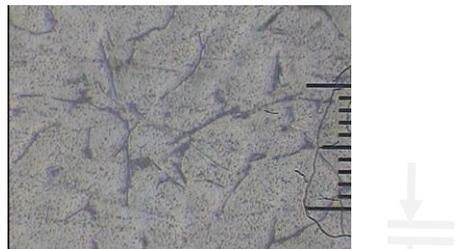
Pengujian struktur mikro dari pengecoran skrap aluminium menggunakan dapur *crucible* dengan menggunakan mikroskop merk Olympus PMEU dengan perbesaran 50x. Sehingga pada hasil foto diketahui satu strip pada foto adalah 5 mikro.



Gambar 4 *Spesimen* bagian atas (perbesaran 50x)

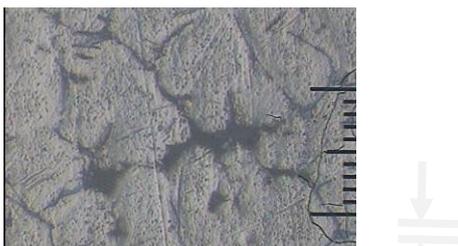


Gambar 5 *Spesimen* bagian tengah (perbesaran 50x)

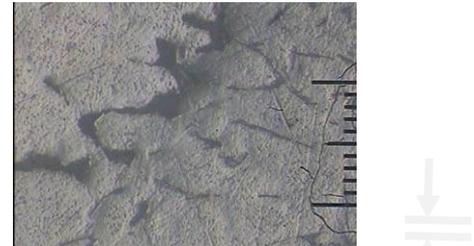


Gambar 6 *Spesimen* bagian bawah (perbesaran 50x)

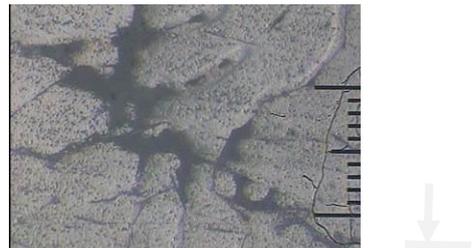
Dari gambar 4, 5 dan 6 tiga hasil foto mikro yang dilakukan pada bagian atas, tengah, dan bawah dari hasil pengecoran dengan menggunakan dapur *Crucible* dimana material menunjukkan hampir semua bagian berwarna putih dimana warna putih pada bagian tersebut adalah fasa Al (aluminium) 89,52% dan untuk warna hitam adalah paduan lainnya yang sebagian besar adalah Si (Silikon) 1,84% dan Zn (seng) 7,71%. Batas butir terlihat tidak beraturan baik di bagian atas, tengah, dan bawah.



Gambar 7 Porositas pada *spesimen* bagian atas (perbesaran 50x)



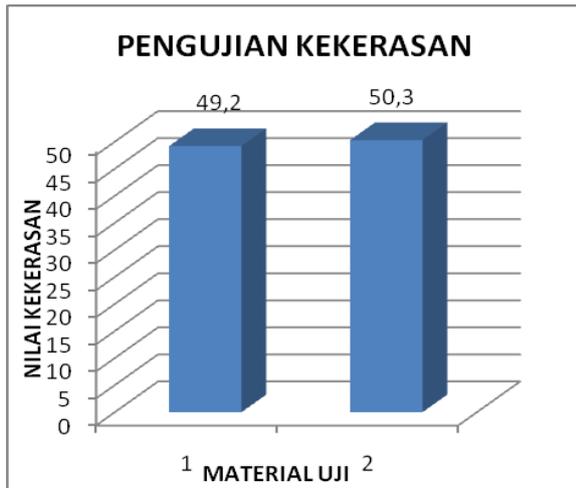
Gambar 8 porositas pada *spesimen* bagian tengah (perbesaran 50x)



Gambar 9 Porositas pada *spesimen* bagian bawah (perbesaran 50x)

Gambar 7 menunjukkan porositas pada *spesimen* bagian atas dimana porositas nilainya terlihat kecil, Gambar 8 menunjukkan porositas pada *spesimen* bagian tengah dimana porositas nilainya terlihat lebih besar nilainya daripada bagian atas, Gambar 9 menunjukkan porositas pada *spesimen* bagian bawah dimana porositas terlihat nilainya sangat besar. Kemungkinan porositas material pada bagian bawah terlihat dengan jelas karena nilainya sangat besar dikarenakan banyaknya udara yang terjebak dalam cetakan yang paling banyak ada di bagian bawah cetakan.

Pengujian kekerasan dari proses pengecoran skrap aluminium menggunakan Dapur *Crucible* menggunakan pengujian *Rockwell B*. Pengujian dilakukan menggunakan aluminium sekrap yang dilebur sebanyak dua kali pada masing-masing peleburan dilakukan pengujian. Adapun hasil perbandingan pengujian kekerasan dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Diagram perbandingan nilai kekerasan

Dari pengujian kekerasan menggunakan metode *Rockwell B* diperoleh nilai rata-rata kekerasan pada pengecoran pertama adalah 49,2 HRB dan pengecoran kedua 50,3 HRB mengalami perubahan kekerasan sedikit dimana pada peleburan kedua nilai kekerasannya meningkat lebih baik. Sedangkan seperti diketahui Aluminium hasil pengecoran menggunakan unsur paduan utamanya menggunakan Seng (Zn) diketahui umumnya akan meningkatkan sifat-sifat mekanik pada perlakuan panas, juga kemampuan mesin. Akan tetapi efek merugikan seng lainnya adalah menurunkan kemampuan cor, meningkatkan kecenderungan terjadinya *stress corrosion cracking*, *shrinkage*, dan retak karena panas.

KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Foto hasil struktur mikro menunjukkan bahwa kondisi paling baik diperoleh pada material bagian atas akan tetapi pada bagian bawah terjadi porositas yang besar seperti yang telah terlihat pada foto mikro dikarenakan banyaknya udara yang terjebak dalam cetakan ada di bagian bawah cetakan. Hasil pengujian kekerasan menggunakan metode *Rockwell* nilai rata-rata masing-masing

pengecoran pertama adalah 49,2 HRB dan pengecoran kedua 50,3 HRB.

2. Dapur *Crucible* yang digunakan sebagai alat pelebur aluminium sekrap tidak mempengaruhi sifat fisis dan mekanik hasil peleburan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiono, A., Widayat, W., Rusiyanto. 2010, "Peningkatan Sifat Mekanis Sekrap Aluminium Dengan Degassing", Universitas Negeri Semarang.
- [2] Purnomo, 2004, Pengaruh Pengecoran Ulang Terhadap Kekuatan tarik dan Ketangguhan Impak pada Paduan Aluminium 320, Jurnal Proceedings, Komputer dan Sistem Intelijen Auditorium Universitas Gunadarma, Jakarta hal 905-911.
- [3] Setiawan, Hera; 2014. "Pengujian Kekerasan dan Komposisi Kimia Produk Cor Propeler Aluminium"; Prosiding SNST ke-5 Unwahas, 31-36.
- [4] Titiek D., Rusnaldy., Gunawan DH., 2014. "Pembuatan Bahan Standar AlSi12 dari Skrap Aluminium, Studi Komposisi Kimia, Porositas, dan Sifat Kekerasan Bahan"; SNATIF Ke -1 Fakultas Teknik – Universitas Muria Kudus.
- [5] Suyanto, Kurniawan D. R, Wibowo R; 2016. "ADC3 yang Dibuat dengan Peleburan Ulang Aluminium Bekas Sebagai Bahan Propeler Kapal Kayu"; SIMETRIS, Vol 7 No 2.
- [6] John R. Brown,. 1994, *Feseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook* Eleventh edition Revised and edited.
- [7] Totten, George. E, 1999, *Handbook of Aluminium*, Vol. 1, Marcel Dekker, New York, Bassel.
- [8] Groover, M., 2000, *Fundamental of Modern Manufacturing*, Bradley University, New York.