

KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI UKURAN CETAKAN LOGAM TERHADAP PERUBAHAN STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK PRODUK COR ALUMINIUM

D. K. Pratiwi⁽¹⁾, N. Paramitha⁽²⁾

^(1,2)Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km.32
Indralaya-30662
E-mail : ⁽¹⁾pratiwi.diahkusuma@yahoo.com
⁽²⁾paramitha.hendri@yahoo.com

Ringkasan

Struktur mikro dan sifat mekanik pada suatu produk cor sangat tergantung dari ukuran cetakan produk cor tersebut. Pada penelitian ini menggunakan tiga jenis ukuran cetakan logam yaitu L-bow 1" (Als1), L-bow 1 ½" (Als2), dan L-bow 2" (Als3). Logam yang dicor adalah Aluminium skrap sedangkan tungku pengecoran yang digunakan adalah tungku krus dengan menggunakan bahan bakar batubara. Pengujian yang dilakukan dengan uji kekerasan, uji struktur mikro dan uji komposisi kimia. Hasil dari pengujian kekerasan yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa produk cor dengan ukuran terkecil yaitu Als1 memiliki nilai kekerasan tertinggi yaitu rata-rata 76,82 kgf/mm², sedangkan Als2 memiliki nilai kekerasan rata-rata 73,38 kgf/mm², dan Als3 memiliki nilai kekerasan rata-rata 72,57 kgf/mm². Jika dilihat dari proses pengujian, didapatkan hasil bahwa semakin kecil ukuran cetakan produk cor, maka nilai kekerasannya akan semakin tinggi. Demikian juga dengan pertumbuhan butir yang terbentuk, semakin kecil ukuran suatu produk cor, maka pertumbuhan butir yang terjadi pun akan semakin kecil.

Kata kunci : struktur mikro, ukuran cetakan, nilai kekerasan.

Abstract

Microstructure and mechanical properties in a cast product depends on the size of the mold cast product. In this study, using three kinds of metal mold size is L-bow 1 "(Als1), L-bow 1 ½" (Als2), and L-bow 2 "(Als3). Casted metal is scrap aluminum casting furnace while the furnace crucible used is by using coal fuel. Tests were conducted with hardness test, test microstructure and chemical composition test. Results of hardness testing has been done showed that the cast product with the smallest size that is Als1 has the highest hardness value is an average of 76.82 kgf / mm², while Als2 has an average hardness value of 73.38 kgf / mm², and has Als3 hardness value of the average 72.57 kgf / mm². If viewed from the testing process, showed that the smaller the size of the mold cast product, the hardness value will be higher. Similarly, the grain growth is formed, the smaller the size of a cast product, the grain growth that occurs would be even smaller.

Keywords: microstructure, print size, hardness value.

1 LATAR BELAKANG

Dewasa ini kemajuan industri berkembang sangat cepat, kemajuan ini didukung oleh mesin-mesin yang canggih. Industri pengecoran mampu menghasilkan berbagai bentuk pengecoran dengan dimensi yang berbeda-beda dan dengan menggunakan cetakan yang berbeda-beda pula.

Pada penelitian ini, digunakan Aluminium skrap untuk proses pengecoran dimana salah satu keuntungan dari Aluminium ialah mampu didaur ulang tanpa mengalami penurunan kualitas yang berarti mengalami banyak perubahan struktur mikro, dan proses daur ulang ini dapat dilakukan

berkali-kali. Mendaur ulang aluminium hanya mengkonsumsi energi sebesar 5% dari yang digunakan dalam memproduksi aluminium dan bahan tambang [1]. Di Eropa, terutama Negara Skandinavia, 95% aluminium yang beredar merupakan hasil daur ulang. Ukuran cetakan akan berpengaruh terhadap perubahan struktur mikro, dan sifat mekanik suatu produk cor. Oleh karena itu perlu dilakukannya penelitian mengenai pengaruh ukuran cetakan logam terhadap perubahan struktur mikro dan sifat mekanik pada produk cor aluminium.

2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian sehubungan dengan permasalahan yang terjadi diatas adalah :

1. Dapat mempelajari proses pengecoran logam.
2. Mengetahui pengaruh ukuran cetakan terhadap perubahan struktur makro, struktur mikro dan sifat mekanik pada produk cor Aluminium.

3 DASAR TEORI

Pengecoran merupakan proses pembentukan logam melalui pencairan kemudian dituang kedalam cetakan dan dibiarkan hingga membeku. Pada keadaan cair logam memiliki sifat dapat mengisi rongga-rongga cetakan sehingga bentuk coran akan sesuai dengan bentuk cetakan, oleh karena itu bentuk-bentuk yang rumit yang tidak dapat dibentuk dengan proses permesinan dapat dilakukan dengan proses pengecoran. Selain itu pada proses pengecoran juga dapat dilakukan perbaikan sifat logam melalui pemaduan beberapa jenis unsur untuk mendapatkan sifat fisik dan mekanik sesuai dengan yang diinginkan [3].

1. Teori Cetakan

Cetakan merupakan salah satu bagian terpenting dalam proses pengecoran logam, cetakan yang digunakan dalam proses pengecoran dapat dibuat dari pasir, keramik, tanah liat atau logam. Dalam penelitian ini digunakan cetakan logam yang merupakan cetakan permanen, dimana dari segi pertimbangan ekonomis pola ini dapat dipakai secara berulang-ulang dan tidak banyak memakan biaya perawatan.

Cetakan logam menghasilkan permukaan produk cor yang halus dan menghasilkan gradien temperatur yang besar pada permukaan produk cor. Kelebihan dari cetakan logam ialah lebih efisien jika digunakan untuk produksi masal, dan dapat dipakai pada proses semi otomatis. Sedangkan kekurangan dari cetakan logam adalah biaya pembuatan cetakan yang mahal, tidak dapat digunakan untuk benda kerja yang rumit, rawan terjadi cacat *blowhole* karena kurangnya permeabilitas cetakan [4].

2. Tungku Peleburan

Tungku yang digunakan untuk melebur logam ialah tungku krus. Konstruksi dinding tungku krus biasanya terbuat dari pasangan batu tahan api, karena batu tahan api berfungsi sebagai penahan panas, dan juga merupakan isolator yang baik. Bagian dalam tungku krus menggunakan kowi dari bahan grafit, yang diletakkan pada bagian tengah tungku dimana kowi ini merupakan tempat untuk meleburkan logam yang akan dicor. Bahan baku logam dalam bentuk aluminium skrap langsung dimasukkan kedalam kowi. Kalor yang digunakan dalam proses peleburan bersumber dari batubara.

Udara yang digunakan dihasilkan dari alam yang dialirkan melalui pintu udara. Logam yang sudah mencair dikeluarkan dengan menggunakan ladle yang terbuat dari baja.

Sifat khusus Tungku Krus [12] :

1. Merupakan tungku vertical
2. Konstruksinya sederhana
3. Proses pemanasan tidak secara langsung (logam yang dicairkan tidak mengalami kontak langsung dengan bahan bakar)
4. Operasi peleburan dapat dilakukan dengan mudah
5. Proses pemanasan digunakan dengan berbagai jenis bahan bakar
6. Dapat dipindah-pindah

3. Teori mengenai Aluminium

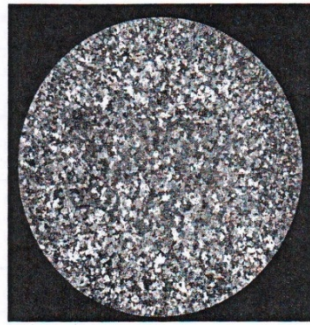
Aluminium yang digunakan dalam proses pengecoran ini merupakan skrap aluminium yang didapat dari pengepul barang bekas yang kemudian dilebur ulang. Aluminium banyak digunakan dalam semua sektor utama industry seperti angkutan, konstruksi, listrik, peti kemas dan kemasan, alat rumah tangga serta peralatan mekanis.

Aluminium memiliki sifat Ringan, Tahan Korosi, Merupakan konduktor panas yang baik, Mudah dibentuk dengan proses pengecoran, Mudah didaur ulang, dan lain-lain.

Tabel 1.: Sifat-sifat fisik Aluminium

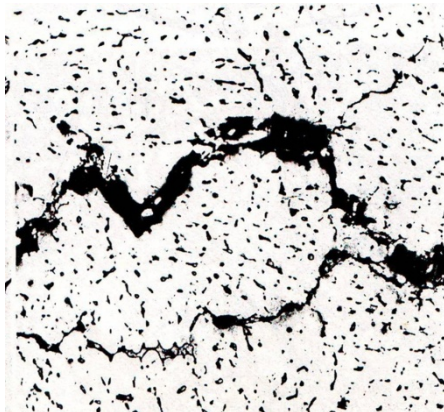
No	Sifat – sifat	Kemurnian Al (%)	
		99,996	>99,0
1.	Massa Jenis (20°C) kg/m ³	2698,9	2710
2.	Titik Cair (°C)	660,2	653-657
3.	Panas Jenis (cal/g°C) (100°C)	0,2226	0,2297
4.	Koefisien Pemuaian (20-100°C)	23,8x10 ⁻⁶	23,5x10 ⁻

Pada Aluminium cor dengan cetakan permanen, butir yang terjadi umumnya lebih halus, pendinginan yang cepat mengakibatkan tidak sempat terjadinya pertumbuhan butir.



Gambar 1: Pertumbuhan butir pertumbuhan butir yang terjadi akibat proses pendinginan cepat

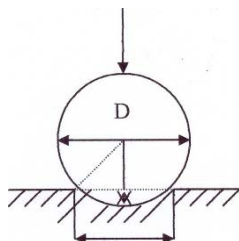
Cacat yang terjadi pada Aluminium cor dengan cetakan permanen biasanya berupa *Hot Tear* yaitu terjadinya pengerutan butir akibat adanya proses pendinginan.



Gambar 2: Hot tear yang terjadi pada produk cor Aluminium dengan cetakan Logam

4. Pengujian Kekerasan Brinell

Metode Brinell menggunakan Indentor bola baja dan bola karbida. Diameter bola dan beban ada beberapa macam, tergantung jenis dan tebal material. Indentor tersebut ditekan ke permukaan bagian yang diukur dengan beban P kgf dibagi luas bidang (mm^2) penekanan yang merupakan deformasi tetap sebagai akibat penekanan.



Gambar 3 : Pengujian Brinell

Angka kekerasan Brinell dihitung sebagai berikut :

$$BHN = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Dimana : D = Diameter bola
 d = Diameter bekas penekanan

Pengujian kekerasan dengan metode brinell pada Laboratorium metallurgi menggunakan standar JIS Z 2243, sedangkan untuk mesin uji Brinell menggunakan standar JIS B 7736.

5. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian ini bertujuan untuk melihat struktur mikro dari suatu material, karena hal ini sangat mempengaruhi sifat mekanik dari material tersebut. Pengujian ini termasuk dalam pengujian yang merusak.

4 METODE PENELITIAN

1. Persiapan Bahan

Aluminium yang berukuran besar dipotong kecil-kecil untuk mempermudah proses peleburan logam.

2. Persiapan Cetakan Logam

Cetakan logam yang digunakan adalah baja karbon rendah yang berbentuk L-Bow dengan tiga buah ukuran cetakan berbeda-beda yaitu 1 inchi, 1 ½ inchi, dan 2 inchi.

3. Persiapan Thermokopel

Sebelum digunakan thermokopel haruslah di kalibrasi dengan menggunakan thermometer sebagai pembanding dan menggunakan 2 (dua) suhu yang berbeda yaitu pada air mendidih dengan suhu 100° C dan air es dengan suhu 0° C sehingga dapat diketahui perbedaan pembacaan suhu antara thermometer dan thermocouple yaitu $\pm 2^\circ$ C.

4. Proses Peleburan Logam

Proses peleburan Aluminium dilakukan dengan menggunakan Tungku Krus sederhana.

5. Proses Penuangan Aluminium

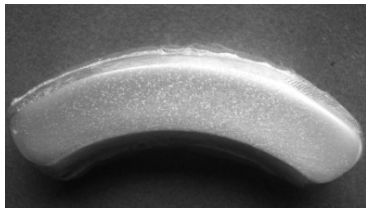
Logam dapat dituang ke dalam cetakan bila telah melampaui temperature tuang. Hal ini dikarenakan agar pada saat penuangan ke dalam cetakan, Aluminium dapat mengalir dan tidak mengeras di tengah jalan sehingga mengakibatkan proses penuangan logam menjadi terputus.

6. Proses Pembersihan dan penghalusan cetakan logam

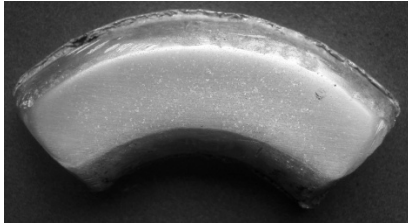
Dilakukan proses penggerindaan dan pengikiran untuk merapikan produk cor. Kemudian produk cor tersebut diamplas dengan menggunakan amplas kasar untuk menghaluskan permukaan produk cor.

7. Etsa Makro

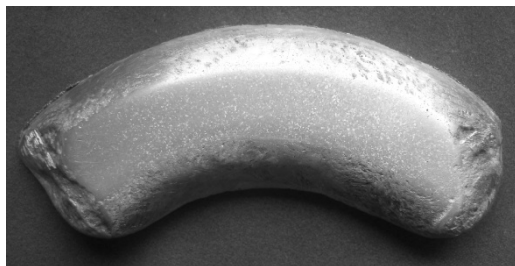
Proses pengetsaan makro berguna untuk melihat cacat-cacat yang terjadi dan juga untuk mengetahui laju pendinginan dari produk cor yang dihasilkan. Produk cor yang telah di etsa tersebut dikeringkan dengan udara panas lalu di foto dengan zoom beberapa kali.



Gambar 4 : Hasil etsa makro pada Als1



Gambar 5 : Hasil etsa makro pada Als2



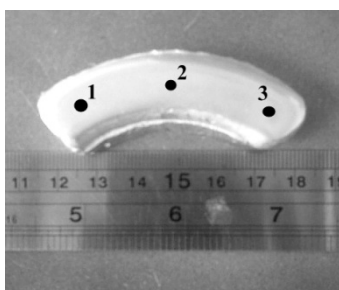
Gambar 6 : Hasil etsa makro pada Als3

Berdasarkan hasil foto diatas terlihat bahwa arah pembekuan pada ketiga produk cor tersebut dari arah dalam kearah luar, hal ini terlihat dari dendrit yang terdapat pada bagian pangkal specimen lebih kecil dibanding bagian tengah. Dendrit yang dihasilkan cenderung memiliki ukuran yang halus dikarenakan produk cor ini menggunakan logam sebagai cetaknya, dimana konduktivitas panas logam tinggi sehingga laju pendinginannya cenderung lebih cepat dan pertumbuhan butir tidak sempat terjadi.

8. Etsa Mikro dan uji struktur mikro

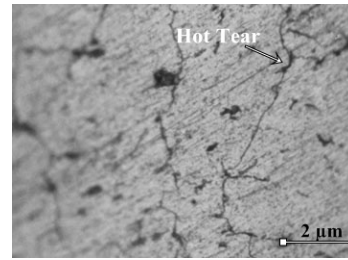
Pada setiap produk cor dilakukan 3 kali pengujian yaitu pada kedua ujung dan pada bagian tengah produk cor.

9. Hasil Uji Struktur Mikro Als1



Gambar 7 : Titik pengujian struktur mikro Als1

Foto hasil pengujian struktur mikro ketiga titik pengujian pada Als1 adalah sebagai berikut :



Gambar 8 :Struktur mikro titik 1 pada Als1 dengan pembesaran 400x



Gambar 9 :Struktur Mikro titik 2 pada Als1 dengan pembesaran 400x



Gambar 10 : Struktur mikro titik 3 pada Als1 pembesaran 400x

Ukuran butir pada bagian pinggir yaitu pada titik 1 dan titik 3 berkisar $\pm 1 \mu\text{m}$ sedangkan pada bagian tengah (titik 2) ukuran butir $\pm 1,5 \mu\text{m}$.

10. Hasil Uji Struktur Mikro Als2

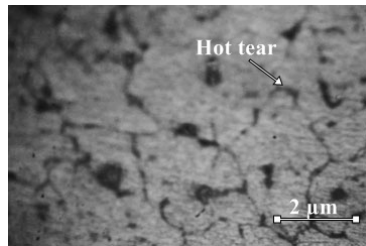


Gambar 11 : Titik pengujian struktur mikro Als2

Foto hasil pengujian struktur mikro ketiga titik pengujian pada Als1 adalah sebagai berikut :



Gambar 12 : Struktur mikro titik 1 pada Als2 dengan pembesaran 400x



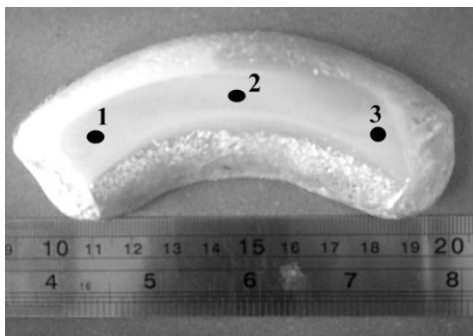
Gambar 13 : Struktur mikro titik 2 pada Als2 dengan pembesaran 400x



Gambar 14 : Struktur mikro titik 3 pada Als2 dengan pembesaran 400x

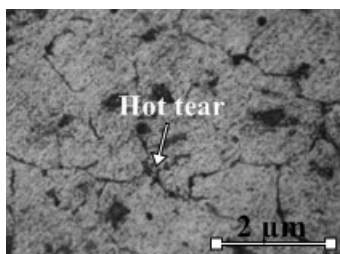
Ukuran butir pada bagian pinggir yaitu pada titik 1 dan titik 3 berkisar $\pm 1,5 \mu\text{m}$ sedangkan pada bagian tengah (titik 2) ukuran butir $\pm 2 \mu\text{m}$.

11. Hasil Uji Struktur Mikro Als3

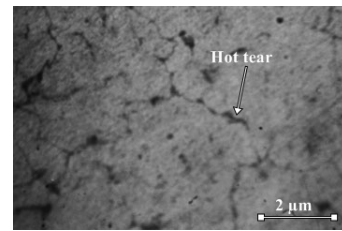


Gambar 15 : Titik pengujian struktur mikro Als3

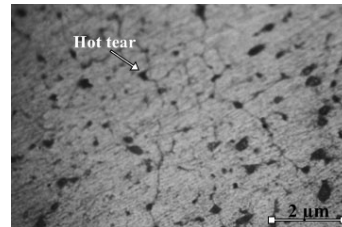
Foto hasil pengujian struktur mikro ketiga titik pengujian pada Als1 adalah sebagai berikut :



Gambar 16 : Struktur mikro titik 1 pada Als3 dengan pembesaran 400x



Gambar 17 : Struktur mikro titik 2 pada Als3 dengan pembesaran 400x



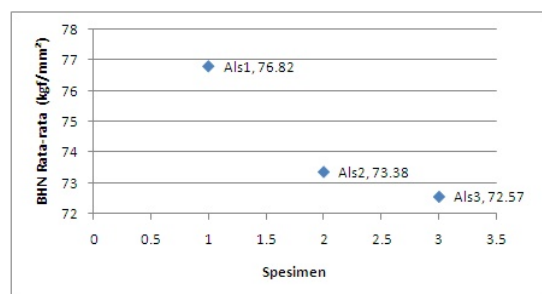
Gambar 18 : Struktur mikro titik 3 pada Als3 dengan pembesaran 400x

Ukuran butir pada bagian pinggir yaitu pada titik 1 dan titik 3 berkisar $\pm 2 \mu\text{m}$ sedangkan pada bagian tengah (titik 2) ukuran butir $\pm 2,5 \mu\text{m}$.

12. Data Hasil Pengujian Brinell

Tabel 2. Pengujian kekerasan Brinell

Spesimen	Titik Pengujian	P (kgf)	D (mm)	d (mm)	BHN	ΣBHN	BHN Rata-rata
Als1	1	500	5	2,7	79,61	307,28	76,82
	2	500	5	2,75	76,80		
	3	500	5	2,8	74,07		
	4	500	5	2,75	76,80		
Als2	1	500	5	2,8	74,04	366,93	73,38
	2	500	5	2,85	70,77		
	3	500	5	2,8	74,04		
	4	500	5	2,8	74,04		
	5	500	5	2,8	74,04		
Als3	1	500	5	2,85	70,77	435,42	72,57
	2	500	5	2,8	74,04		
	3	500	5	2,8	74,04		
	4	500	5	2,9	68,49		
	5	500	5	2,8	74,04		
	6	500	5	2,8	74,04		



Gambar 19: Grafik hasil uji kekerasan Brinell

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa ALs1 memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi. Hal ini dikarenakan Als1 merupakan produk cor dengan ukuran cetakan yang paling kecil mengakibatkan waktu pendinginannya paling cepat sehingga butir yang terbentuk halus, hal ini berdampak pada produk cor yang lebih keras. Sedangkan Als2 merupakan produk cor dengan ukuran cetakan yang sedang, sehingga waktu pendinginannya lebih lambat dibandingkan Als1 tetapi lebih cepat dari Als3 yang merupakan produk cor dengan ukuran

cetakan paling besar. Akibat waktu pendinginannya lambat mengakibatkan batas butir yang dihasilkan lebih besar dan membuat material tersebut lebih lunak. Dengan hasil ini diketahui bahwa semakin cepat waktu pendinginan suatu produk cor, maka butir yang terbentuk akan semakin halus, sehingga nilai kekerasannya makin tinggi.

5 KESIMPULAN

1. Proses penuangan Aluminium ke dalam cetakan dapat dilakukan pada temperatur $\pm 750^{\circ}\text{C}$, ternyata temperatur tuang harus lebih tinggi dari temperatur cair dimana pada Aluminium $\pm 660^{\circ}\text{C}$.
2. Berdasarkan hasil pengamatan struktur makro dan struktur mikro yang telah dilakukan, ternyata pertumbuhan butir atau *dendrite* yang terbentuk halus dan hampir sama besar pada ketiga jenis ukuran cetakan. Hal ini menunjukkan bahwa pendinginan yang terjadi berlangsung cepat, karena cetakan logam mempunyai konduktivitas termal yang tinggi yaitu $58\text{ w/m}^{\circ}\text{C}$ sehingga pendinginan yang cepat mengakibatkan tidak sempat terjadinya pertumbuhan butir.
3. Semakin kecil ukuran cetakan suatu produk cor, maka batas butir yang terbentuk juga akan semakin kecil.
4. Semakin cepat laju pendinginan maka butir yang dihasilkan akan semakin halus sehingga nilai kekerasan semakin tinggi.

6 SARAN

Bila melakukan proses pengecoran dengan menggunakan cetakan logam, karena proses pendinginan yang terjadi berlangsung cepat maka untuk komponen mesin yang vital sebaiknya dilakukan uji sampel terlebih dahulu, bila terjadi besar butir yang tidak merata karena ukuran yang berbeda maka dapat dilakukan proses homogenisasi.

7 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surdia, Tata., Kenji Chijiwa, 2006, *Teknik Pengecoran Logam*, cetakan kesembilan, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2] Pratiwi,DK.,2011,*Perancangan Tungku Pengecoran Kuningan Menggunakan Bahan Bakar Briket Batubara Non Karbonisasi : Optimasi Teoritis dan Eksperimental*, Universitas Indonesia, Depok.
- [3] Daryus, Asyari., 2008, *Diktat Kuliah Proses Produksi*, Jurusan Teknik Mesin Universitas Darma Persada, Jakarta.
- [4] Efendi, Simanjuntak, Rustam., 2004, *Rancang Bangun Tungku Krusibel Untuk Peleburan*

Logam Aluminium dengan Kapasitas 20 Kg Dengan Bahan Bakar Briket Batubara dan Arang. Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, Inderalaya.

- [5] Kusuma Pratiwi, Diah., Hendri Chandra, 2009, *Panduan Praktikum Material Teknik*, Laboratorium Metallurgi Universitas Sriwijaya, Inderalaya.
- [6] Voort, George, Vander., 1984, *Metallography Principles and Practice*, second editon, McGraw-Hill.Inc, New York.
- [7] ASM Handbook Committee, 1973, *Metals Handbook Metallography, Structures and Phase Diagrams*, eight edition, ASM international, Ohio.
- [8] ASM Handbook Committee, 1988, *Metals Handbook Casting*, volume 15, ninth edition, ASM international, Ohio.