

# Teknologi Pembuatan Material *Shot Blast* untuk Mendukung Industri Pengecoran Logam Nasional

Fajar Nurjaman

UPT LIPI. Balai Pengolahan Mineral Lampung

Email: nurjaman\_80@yahoo.com

## ABSTRAK

Material *shot blast* merupakan material pendukung pengecoran logam yang digunakan pada proses *surface finishing* benda cor logam. Saat ini belum ada satupun industri nasional yang memproduksi material *shot blast*, karena itu tujuan penelitian ini untuk mengurangi ketergantungan penggunaan material *shot blast* impor dengan membuat material *shot blast* yang nilai kekerasannya melebihi material *shot blast* impor. Penelitian ini menggunakan bahan baku *scrap* besi dengan komposisi: C (3,2%), Si (1,18%), Mn (6,1%), Cu (0,35%) Fe (88,7%). *Scrap* dilebur dalam tungku induksi hingga mencair (*hot metal*), lalu *hot metal* (1200°C) di tuang ke dalam *runner* yang terhubung dengan *pan crucible* yang terdiri dari 107 buah lubang berukuran Ø10 mm. *Hot metal* yang keluar dari lubang tersebut diinjeksi oleh air bertekanan 1,1 atm dengan kecepatan 0,8 m/s, hingga diperoleh butiran material *shot blast*, lalu butiran itu masuk ke dalam bak air bertemperatur 40°C. Dari kajian termodinamika, untuk menghindari terjadinya resiko ledakan yang timbul akibat diferensiasi temperatur yang tinggi saat proses injeksi, maka besarnya nilai perbandingan massa air dan *hot metal* sebesar 1:4,6. Dari penelitian ini diperoleh material *shot blast* berukuran Ø0,8-3,2 mm dengan struktur metalografi yang didominasi oleh struktur martensit dengan sebaran sementit dan sedikit austenit. Nilai kekerasan material ini adalah 54,8 HRC, dimana nilai ini melebihi nilai kekerasan material *shot blast* impor (45-50 HRC).

**Kata kunci:** *Shot blast, induction furnace, nozzle, hot metal*, pengecoran logam.

## ABSTRACT

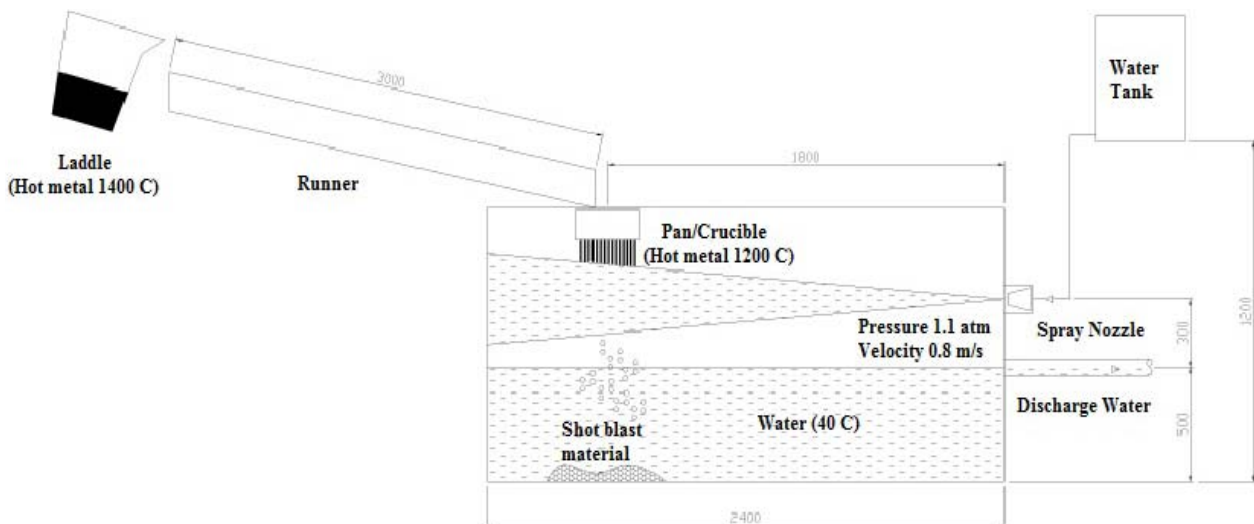
*Shot blast material is a supporting material in foundry which is used at surface finishing process of metal casting. Recently, there is no one of national industry that produce shot blast material, in consequence, the purpose of this research is to lessen the dependence of using shot blast material import by making a shot blast material which improve its hardness exceed the shot blast material import. This research use the raw material from scrap iron with the following composition: C (3.2%), Si (1.18%), Mn (6.1%), Cu (0.35%), Fe (88.7%). The scrap is melted in induction furnace untill melt (hot metal), then the hot metal (1200 °C) is tilted into a runner which is connected with pan crucible, which is consisted of 107 holes with diameter of each holes is 10 mm. Hot metal that is leave from the holes, is injected by pressurized water 1.1 atm with the velocity 0.8 m/s, untill obtained grains of shot blast material, then these grains goes into the water tank which it has temperature 40°C. From thermodynamic study, to avoid the happening of the explosion that is arising out because the effect of high temperature difference at injection process between water and hot metal, hence the comparison value between the mass of water and hot metal equal to 1:4.6. From this research is obtained shot blast material Ø0.8-3.2 mm with the metallography structure with martensite domination and dispersion of cementite and a little austenit. The hardness value of this material is 54.8 HRC, where this value is larger than shot blast material import (45-50 HRC).*

**Keywords:** *Shot blast, induction furnace, nozzle, hot metal, foundry.*

## PENDAHULUAN

Material *shot blast* atau yang lebih sering dikenal dengan istilah *steel shot* merupakan salah satu material pendukung pengecoran logam yang hingga saat ini pengadaanya masih 100% impor, dimana material ini sebagian besar digunakan pada

proses *surface finishing* benda cor logam. Material *shot blast* berbentuk butiran bola baja dengan struktur kristal kasar berupa martensit dengan sedikit austenit. Berdasarkan ukuran (diameter), material *shot blast* dibagi ke dalam tiga kelompok, yaitu: ukuran halus (Ø0.5 mm), medium (Ø2 mm), dan kasar (Ø3.6 mm). Berdasarkan ukuran tersebut



Gambar 1. Skema Sistem Pembuatan Material Shot Blast

pula, material *shot blast* dikelompokkan menjadi tiga dalam penggunaannya.  $\text{Ø}0,3\text{-}0,8$  mm, digunakan untuk membersihkan permukaan benda cor logam berukuran kecil dan preparasi permukaan logam sebelum dilapisi oleh galvanis.  $\text{Ø}0,8\text{-}1,5$  mm, digunakan untuk membersihkan permukaan benda cor logam pada suku cadang kompresor, mobil, mesin diesel, serta *hardening* pada pegas daun.  $\text{Ø}1,4\text{-}3,0$  mm, digunakan untuk membersihkan permukaan benda cor yang berukuran besar [1].

Dalam penggunaannya material *shot blast* dimasukkan ke dalam sebuah mesin *shot blast* (baik tipe *rotary* atau *stationary*), dimana kemudian butiran-butiran material *shot blast* tersebut dilempar/ditembakkan pada material (benda cor) yang telah diletakkan dalam mesin tersebut melalui sebuah sudu pelempar. Pada industri pengecoran logam berskala kecil dan menengah, biasanya proses *surface finishing* benda cor logam dilakukan dengan menggunakan *grinding machine* [2], dimana cara ini memiliki banyak kekurangan, diantaranya waktu pengerjaan yang cukup lama sehingga mengakibatkan membengkaknya biaya operasional. Selain itu material *shot blast* dapat digunakan untuk menghilangkan karat, serta dapat meningkatkan *strength* dari suatu material besi/baja. Teknologi pembuatan material *shot blast* ini telah banyak dikembangkan oleh negara maju seperti Cina dan Jepang, dengan kapasitas pabrik yang cukup besar, namun di negara Indonesia belum ada satupun pabrik yang bergerak dalam pembuatan material *shot blast*.

## METODE PENELITIAN

### Metode Pembuatan Material Shot Blast

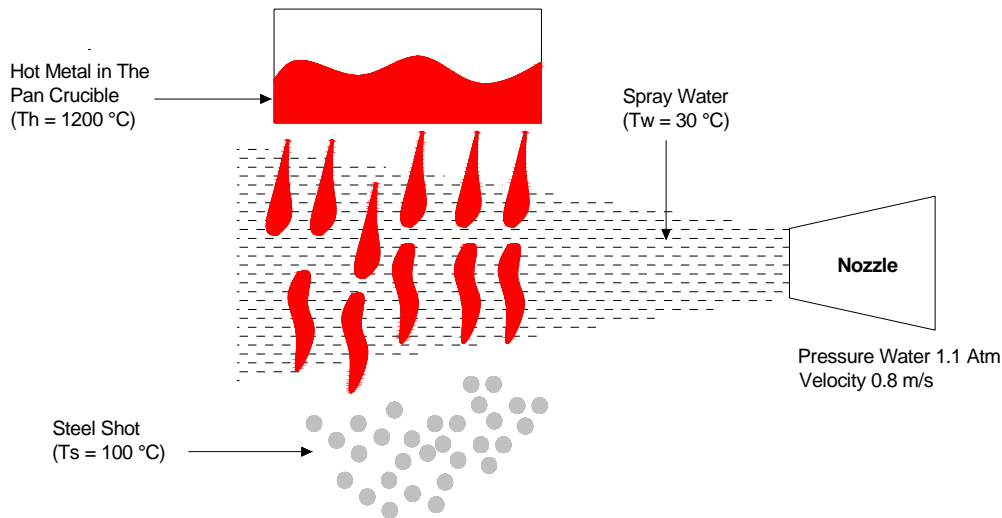
Proses pembuatan material *shot blast* dilakukan dengan menginjeksi *hot metal* dengan air bertekanan

tinggi [3]. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan material *shot blast* dengan menggunakan bahan baku berupa *scrap* dengan komposisi sebagai berikut: C (3,2%), Si (1,18%), Mn (6,1%), Cu (0,35%), Fe (88,7%), selanjutnya *scrap* tersebut dilebur dalam tungku induksi hingga mencair (*hot metal*) pada temperatur  $1200^{\circ}\text{C}$ , lalu *hot metal* tersebut dituang ke dalam *runner*/saluran yang terhubung dengan *pan crucible* berukuran  $\text{Ø}300 \times 130$  mm dengan 107 buah lubang (*staggered align*) berukuran  $\text{Ø}10$  mm. Selanjutnya *hot metal* keluar melalui lubang-lubang tersebut dan diinjeksi oleh air bertekanan 1,1 atm dengan kecepatan 0,8 m/s. Akibat proses injeksi ini maka terbentuklah butiran-butiran bola baja/material *shot blast*, selanjutnya butiran tersebut diberi perlakuan panas berupa *quenching* dengan cara memasukan material tersebut ke dalam bak air bertemperatur  $40^{\circ}\text{C}$  untuk meningkatkan kekerasan dari material *shot blast* tersebut [1] [4].

Berikut ini adalah skema dari sistem/alat pembuatan material *shot blast* berdasarkan metodologi di atas.

### Kajian Termodinamika pada Pembuatan Material Shot Blast

Teknik pembuatan material *shot blast* dengan menggunakan metode injeksi air terhadap *hot metal* memiliki resiko terjadinya ledakan yang sangat besar apabila massa air dan *hot metal* tidak berimbang. Ledakan terjadi apabila energi yang dilepaskan oleh *hot metal* saat diinjeksi oleh air tidak sebanding dengan energi entalpi pembentukan *vapor*/uap air yang diberikan oleh air ( $h_v$ ) [5]. Berikut ini adalah kajian/perhitungan termodinamika yang merupakan pendekatan untuk meminimalisasi resiko terjadinya ledakan dalam pembuatan material *shot blast*.



Gambar 2. Skema Proses Injeksi Air pada *Hot Metal*

Asumsi:

- *Steady State Condition*
- Temperatur akhir material *shot blast* setelah diinjeksi oleh air,  $T_s = 100^\circ\text{C}$  (sama dengan temperatur didih air pada 1 atm)

Besarnya nilai kalor ( $Q$ ) yang diperlukan akibat perubahan temperatur *hot metal* pada  $T_h = 1200^\circ\text{C}$  menjadi  $T_s = 100^\circ\text{C}$ , dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = m_h \cdot C \cdot \Delta T \quad (\text{kJ}) \quad (1)$$

Dimana,

$C$  : kalor jenis/*specific heat* dari *hot metal* (kJ/kg.K)

$m_h$  : massa *hot metal* (kg)

$\Delta T$  : perubahan temperatur :  $T_h - T_s$  (K)

Nilai kalor jenis ( $C$ ) untuk *hot metalliron* adalah 0.45 kJ/kg.K [3], dengan memasukkan nilai  $C$  ke Persamaan 1, maka diperoleh:

$$Q = m_h \cdot 0.45 \text{ kJ/kg.K} \cdot (1473 \text{ K} - 373 \text{ K})$$

$$Q = m_h \cdot 495 \text{ kJ/kg} \quad (2)$$

Besarnya nilai kalor yang terjadi untuk pembentukan uap air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = m_w \cdot h_{fg} \quad (\text{kJ}) \quad (3)$$

Dimana,

$m_w$  : massa air yang berubah menjadi uap (kg)

$h_{fg}$  : entalpi pembentukan uap air (kJ/kg)

Dan berdasarkan tabel saturated water-pressure [3], maka besarnya nilai entalpi pembentukan uap ( $h_{fg}$ ) adalah 2257 kJ/kg<sub>water</sub>. Dengan memasukkan nilai  $h_{fg}$  ke Persamaan 2 maka diperoleh:

$$Q = m_w \cdot 2257 \text{ kJ/kg} \quad (4)$$

Dengan mengasumsikan kondisi adiabatik dan *steady state* pada Gambar 11, maka Persamaan 3 sama dengan Persamaan 4, sehingga:

$$m_h \cdot 495 \text{ (kJ/kg hot metal)} = 2257 \text{ (kJ/kg water)} \cdot m_w$$

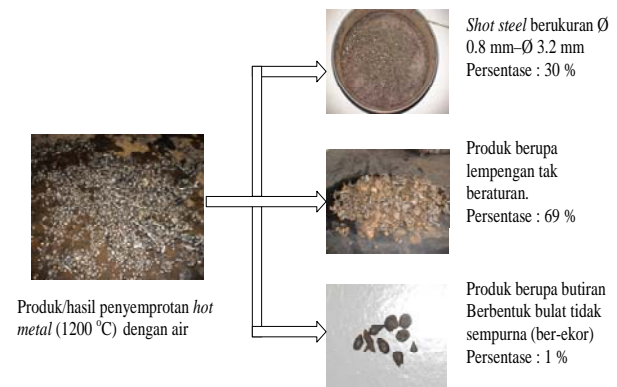
$$m_w/m_h = 4,6 \text{ (kg water/kg hot metal)} \quad (5)$$

Dengan mengacu pada Persamaan 5, maka ledakan dalam sistem pada Gambar 11 tidak akan terjadi apabila,

$$m_w/m_h > 4,6 \quad (6)$$

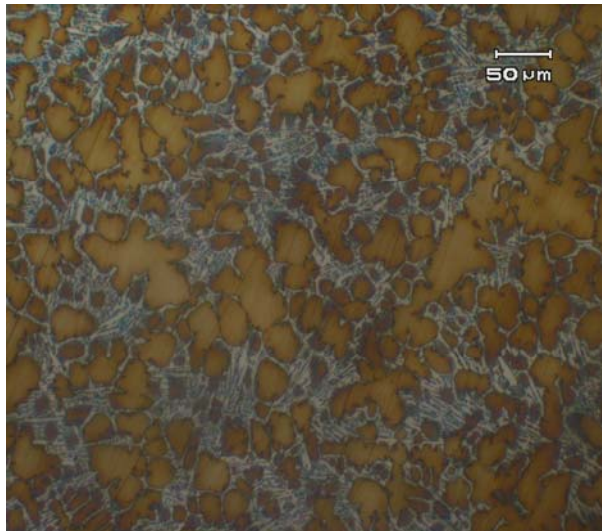
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian ini diperoleh butiran material *shot blast* berbentuk bulat sempurna sebanyak 30% dari total *hot metal* yang dituang ke dalam sistem pembuatan material *shot blast* ini. Berikut ini adalah foto/gambar butiran *shot blast* hasil penelitian.



Gambar 3. Produk Hasil Penelitian

Dari Gambar 3, selain material *shot blast*, juga diperoleh produk berupa lempengan tak beraturan dengan persentase berat 69% serta produk berupa butiran bulat tidak sempurna (ber-ekor) sebanyak 1% dari berat total keseluruhan *hot metal*. Berikut ini adalah hasil analisa berupa komposisi dengan menggunakan spektrometer tipe *spark* serta struktur metalografi material *shot blast* dengan menggunakan mikroskop dan etsa nital 2%.



Gambar 4. Hasil Analisa Struktur Metalografi dari Material Shot Blast dengan Menggunakan Etsa Nital 2%.

Tabel 1. Hasil Analisa Komposisi Material Shot Blast

Unsur	C	Si	Mn	Cu	Fe
Persen	2.82763	1.03685	5.76439	0.21	89.54

Sedangkan berdasarkan uji kekerasan dengan menggunakan alat uji kekerasan *rockwell* dengan menggunakan metode pengujian ASTM E (10-98) terhadap material *shot blast* diperoleh hasil kekerasan sebesar 54.8 HRC.

#### Efisiensi Perolehan Produk Ditinjau dari Aspek Ekonomis

Pada Gambar 3, tampak bahwa produk berupa lempengan tak beraturan yang dihasilkan pada penelitian ini sebanyak 69% dari total *hot metal*. Produk ini dapat dilebur kembali (*recycle*) ke dalam tungku induksi untuk dibuat kembali menjadi material *shot blast*. Minimnya perolehan produk material *shot blast* dalam penelitian ini dikarenakan *hot metal* di dalam *ladle* tidak dalam kondisi *steady state*, sehingga temperatur dari *hot metal* terakhir yang berada di dalam *ladle* saat penuangan ke dalam *runner* kurang dari 1200°C. Untuk memperoleh kondisi mendekati *steady state* dapat dilakukan dengan penggunaan alat pendukung lain berupa *ladle metallurgy/converter ladle* (tidak dilakukan dalam penelitian ini karena masih dalam tahap pengembangan). Namun bila ditinjau dari segi aspek ekonomis, maka efisiensi perolehan produk material *shot blast* sebesar 30 % dari total *hot metal* memiliki nilai ekonomis yang tidak terlalu buruk (dengan menggunakan harga acuan produk material *shot blast* impor Rp. 14.000,-/Kg). Dan berikut ini adalah rincian biaya operasional untuk pembuatan material *shot blast* dengan menggunakan tungku induksi (kapasitas 500 Kg/heat).

- Scrap: 30% x 500 kg x Rp 4.500,- = Rp. 600.000,-
  - Solar: 150 liter x Rp 5.500,- = Rp. 825.000,-
  - Listrik/PLN (start up):  
450 KVA x 1 jam x Rp 800,- = Rp. 360.000,-
  - Tenaga Kerja:  
3 orang x 1 hari x Rp 40.000 = Rp 120.000,-
- Total biaya peleburan tungku induksi kapasitas 500 kg = Rp 1.905.000,-

Dengan demikian, biaya produksi per kg material *shot blast* yang dihasilkan adalah:

$$\text{Biaya produksi} = \frac{\text{Rp}1.905.000,-}{150\text{kg}} = \text{Rp } 12.700,-/\text{kg},$$

$$\text{Keuntungan} = \text{Rp } 14.000,- - 12.700,- = \text{Rp } 1300,-/\text{kg}$$

Proses pembuatan material *shot blast* di atas berlangsung selama 3 jam, sehingga bila tungku dioperasikan selama 24 jam, maka total keuntungan per hari adalah: (30% x 500 kg) x (24 jam/3jam) x Rp. 1.300,-/ kg = Rp 1.560.000,-  
Maka perolehan keuntungan selama satu bulan (30 hari) = Rp 46.800.000,-  
Dan perolehan keuntungan selama satu tahun (12 bulan) = Rp 561.600.000,-

#### Kualitas Produk Ditinjau dari Nilai Kekerasan

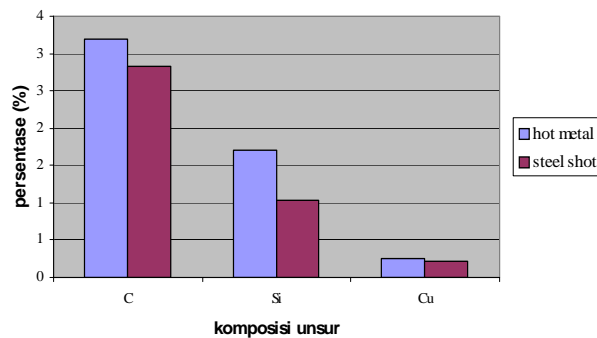
Ditinjau dari segi penggunaan material *shot blast* pada proses *surface finishing*, maka sifat mekanik yang terpenting dalam material *shot blast* adalah ketahanan gesek, dimana sifat tersebut dapat terinterpretasikan oleh sifat kekerasan yang dimiliki oleh material *shot blast* tersebut. Dan dari hasil uji kekerasan *Rokwell*, diperoleh bahwa material *shot blast* hasil penelitian memiliki nilai kekerasan sebesar 54.8 HRC, sedangkan dari Tabel 1 tampak bahwa material *shot blast* asal impor memiliki nilai kekerasan 40-50 HRC, hal ini menunjukkan bahwa material *shot blast* hasil penelitian memiliki kekerasan yang lebih besar dibandingkan dengan material *shot blast* impor.

Selain itu dari hasil pengamatan metalografi pada produk hasil penelitian ini, pada Gambar 4, tampak bahwa struktur martensit (berwarna kuning kecoklatan) terlihat lebih dominan bila dibandingkan dengan struktur sementit (berwarna putih terang). Dimana hal ini akan berpengaruh dalam ketahanan patah/pecah dari produk tersebut, dimana struktur martensit memiliki kekuatan tarik yang lebih baik bila dibandingkan struktur martensit yang bersifat keras namun getas (mudah pecah) [6] [7].

#### Efek Injeksi Air terhadap Komposisi Perubahan Unsur dalam Hot Metal

Dari hasil penelitian tampak bahwa penginjeksi-an air bertekanan 1,1 atm dengan kecepatan 0,8 m/s. terhadap *hot metal* di dalam bak

menimbulkan efek oksidasi terhadap beberapa unsur yang terkandung dalam *hot metal*, diantaranya 12% untuk C, Si dan Cu, sedangkan unsur Mn, dan Fe tidak teroksidasi.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Injeksi Air Terhadap Komposisi Unsur Dalam *Hot Metal*

### KESIMPULAN

Efisiensi perolehan material *shot blast* dengan metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebesar 30% dari total logam cair, dimana material *shot blast* yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki struktur metalografi yang didominasi oleh struktur martensit, dengan sebaran sementit (*Carbide*) dan sedikit austenit di sekelilingnya, serta memiliki nilai kekerasan 54.8 HRC, dimana nilai kekerasan material *shot blast* hasil penelitian ini melebihi nilai kekerasan dari material *shot blast* impor, yaitu 45-50 HRC. Selain itu proses injeksi air

terhadap logam cair dalam metode ini mengakibatkan beberapa unsur yang terkandung di dalamnya seperti C, Si, dan Cu mengalami oksidasi sebesar 12%, sedangkan unsur Mn dan Fe tidak mengalami oksidasi.

### DAFTAR PUSTAKA

1. B.A Dvoryadkin, et al, *Effect of Heat Treatment on Cyclic-Wear Resistance for Steel Shot*, *Metallovedenie I Termicheskaya Obrabotka Metallov*, No. 8, pp. 60-61, August, 1986.
2. Beumer, B. J. M., *Ilmu Bahan Logam (Materialkunde)*, PT. Bhartara Niaga Media, Jakarta, 1994.
3. A.A Brosev, et al, *Granulation of Steel Shot*, *Metallurgi*, No. 8, p. 27, August, 1984.
4. International, ASM, *Metals Hand Book Volume 1, Tenth Edition, Properties and Selection : Irons, Steels, and High Performance Alloys*, United State of America, 1990.
5. Cengel, A, Yunus, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, Mc Graw Hill Inc., Singapore, 1989.
6. Smallman, R. E, *Metals and Materials; Science, Process, Applications*, Butterworth-Heinemann, 1995.
7. International, ASM, *Metals Hand Book Volume 9, Metallography and Microstructures*, United State of America, 1992.