

IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK MEKANIS BANTALAN LUNCUR MOTOR STARTER DARI SERBUK TEMBAGA ALUMINIUM

Syamsul Rizal*, Amin Suhadi**

*Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, ** Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur, BPPT
Email: axs662@yahoo.co.uk, aminsuhadi@gmail.com

Abstract

There are many attempts to support the development of industry in Indonesia, especially on automotive sector, one of them is by replacing import components with local component products. Bushing is one of imported component that widely used on automotive application including motor strater. Bushing usually made of copper alloy such as brass, bronz or babbitt in a solid form by casting or extrusion process. In this research powder metal technology is used to process Cu-Al powder to become slide bearing of motor starter. It is expected that powder metal process not only increasing local content in automotive parts but also providing better quality by increasing life time of bushing compared to ordinary one. Cu-Al metal powder was compacted at various pressure, i.e: 250 MPa, 350 MPa and 450 MPa, and then all specimens were sintered at different temperatures : 400^oC, 500^oC dan 600^oC for 1 hour. After sintering specimens were air cooled to room temperature. After physical and mechanical test it can be deduced that bushing made by powder metallurgy method could increase its mechanical properties and as aresult improve its life time operation.

Kata kunci : *bushing, powder, compaction, sintering*

1. PENDAHULUAN

Pengembangan material untuk komponen otomotif khususnya bantalan selalu berkembang dan menuju tercapainya sifat-sifat fisis dan mekanis bahan yang lebih unggul dari sebelumnya, terutama keunggulan dalam hal penerapan diberbagai kondisi operasional. Salah satu tujuan terpenting dalam pengembangan material adalah mengoptimalkan struktur dan sifat-sifat material agar unjuk kerja dan usia pakai komponen yang terbuat dari material tersebut mencapai maksimum.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi karakteristik mekanis bantalan luncur motor starter yang dibuat dengan metode serbuk dari bahan baku campuran antara Tembaga dan Aluminium.

Tembaga merupakan material yang banyak digunakan pada berbagai komponen mesin terutama dalam bentuk paduan karena berbagai keunggulan sifatnya dibanding material lain. Beberapa keunggulan tembaga adalah tahan korosi, konduktifitas listrik baik, konduktifitas panas baik dan mempunyai keliatan (*ductility*) yang baik. Paduan Tembaga sudah banyak digunakan sebagai bahan baku bantalan, tetapi dibuat dengan cara metal forming, yaitu di canai (*rolling*) kemudian

di lengkung kan (*bending*) atau di cor. Di Indonesia masih belum ada proses pembuatan bantalan dari paduan tembaga yang menggunakan teknologi serbuk logam (*Powder Metallurgy*).

Metalurgi serbuk merupakan salah satu teknik produksi dengan menggunakan serbuk sebagai bahan baku untuk dibentuk sesuai benda jadi yang diinginkan. Prinsipnya adalah memadatkan serbuk logam menjadi bentuk yang diinginkan kemudian dipanaskan di bawah temperatur leleh. Sedemikian rupa sehingga permukaan partikel-partikel logam yang bersentuhan memadu karena mekanisme transportasi massa akibat difusi atom antar permukaan partikel. Metode metalurgi serbuk memberikan kontrol yang teliti terhadap komposisi dan penggunaan campuran yang tidak dapat dipadukan dengan proses lain seperti peleburan dan pengecoran. Selain itu ketepatan ukuran juga dapat dijamin dengan mengontrol dimensi cetakan dan penyelesaian akhir [1].

Bearing atau bantalan berfungsi untuk menumpu atau memikul poros agar poros dapat berputar terhadapnya. Ada beberapa jenis bantalan/bearing yaitu bantalan luncur (*Sliding*

Contact Bearing) dan bantalan gelinding (*Rolling Contact Bearing/Anti Friction*). Untuk jenis bantalan luncur mendapat gesekan yang besar dan biasanya dipasang pada poros engkol dan mampu memikul beban yang besar. Sedangkan untuk yang bantalan gelinding mendapat gesekan yang kecil dan biasanya dipasang pada poros lurus dan tidak untuk beban yang besar. Bantalan luncur yang dihasilkan dari proses metalurgi serbuk memiliki karakteristik tersendiri yaitu *self-lubricating* karena mengandung banyak pori-pori [1,2]. Dimana pori yang dihasilkan akan menjadi tempat untuk penyimpanan pelumas sehingga proses pelumasan terjadi secara impregnasi. Karena itu material bantalan luncur akan memiliki ketahanan aus yang tinggi dan umur pakai yang lama. Selain untuk menciptakan pori, proses ini digunakan karena memiliki kemampuan untuk memfabrikasi komponen dengan bentuk yang rumit dengan keakuratan hasil yang tinggi, konsumsi energi rendah dan penggunaan bahan baku yang efisien [1,2,3].

2. BAHAN DAN METODE

Paduan tembaga (Cu) dengan 3% aluminium menjadi pilihan karena densitasnya yang rendah dan ketahanan korosi yang baik, perkembangan kemudian adalah penggunaan paduan ini sebagai material bantalan luncur. Pada umumnya, material yang digunakan untuk aplikasi ini adalah *bronze bearing* (Cu-Sn) dan *iron grafit, chrom steel*, SAE 52100, merupakan salah satu material yang juga digunakan untuk aplikasi bantalan luncur. Penggunaan *self-lubricating bearing* pada awalnya digunakan pada industri otomotif dengan menggabungkan serbuk tembaga dengan timah untuk menghasilkan *bronze bearing* berpori yang mampu menyimpan pelumas pada pori tersebut dengan memanfaatkan [1,2,3]. Bantalan luncur yang terbuat dari proses metalurgi serbuk memiliki 20-25% pori, namun dengan adanya pori inilah komponen yang terbuat dari proses metalurgi serbuk ideal untuk digunakan pada aplikasi bantalan luncur [4]. Saat ini serbuk logam telah diproduksi dalam skala besar dan penggunaan sudah semakin luas, dimana masing-masing jenis bahan memiliki keunggulan tersendiri. Metalurgi serbuk mempunyai keunggulan dibanding proses produksi logam lainnya, baik keunggulan secara ekonomi maupun sifat-sifat fisik dan mekanisnya.

Metalurgi serbuk adalah teknik pembentukan komponen dari logam dalam keadaan padat tanpa melalui peleburan, dimana bahan logam dijadikan serbuk dengan ukuran partikel yang halus. Ukuran serbuk seperti halnya partikel yang halus, lebih besar dari partikel asap (0,01-1 µm) lebih kecil dari pasir (0,1 – 3 mm) biasanya berukuran 25 - 200

µm. Serbuk dengan ukuran yang telah dipilih dan dengan persentase paduan yang telah diukur dan ditentukan kemudian diaduk dan dicampur terlebih dahulu dengan alat pencampur sedemikian rupa sehingga distribusinya homogen. Tahapan proses berikutnya adalah pembentukan sesuai dengan bentuk yang dikehendaki, yaitu bahan serbuk yang telah dicampur dan diaduk tersebut dimasukkan ke dalam cetakan (*die*) kemudian dilakukan pemampatan dengan alat khusus yang disebut kompaksi dengan tekanan bervariasi sesuai dengan kepadatan yang diinginkan. Setelah dilakukan kompaksi serbuk yang kecil mengisi rongga rongga diantara serbuk dengan ukuran yang lebih besar sehingga secara keseluruhan menjadi padat dan membentuk *green body* yang sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan. *Green body* tersebut kemudian dimasukkan ke dalam alat pemanas dengan suhu tertentu, proses pemanasan ini disebut *sintering*. Tujuan dari pemanasan ini adalah agar terjadi proses difusi antar atom serbuk sehingga permukaan antar partikel serbuk akan menyatu seperti pada proses pengelasan, dan terbentuklah komponen serbuk logam yang padat dan menyatu. Proses metalurgi serbuk pada umumnya dapat menghasilkan porositas dalam logam dan porositas tersebut akan berpengaruh pada sifat fisis dan mekanisnya terutama berat jenis dan ketahanan aus dalam keadaan dengan lubrikasi.

Sifat fisis yang menjadi unggulan dari produk yang dibuat dengan teknik metalurgi serbuk ini adalah berat jenis atau densitas yang merupakan nilai perbandingan massa terhadap volume. Densitas teoritis dapat dihitung menggunakan persamaan *rule of mixture* [5,6]:

$$\rho_c = \rho_m \cdot v_{fm} + \rho_p \cdot v_{fp}$$

Dimana ρ_c : densitas paduan

ρ_m : densitas bahan utama (*matrix*)

v_{fm} : volume fraksi matriks

ρ_p : densitas bahan paduan

v_{fp} : volume fraksi bahan paduan

Densitas aktual diuji menggunakan teori Archimedes [5].

$$\rho = \frac{W_{udara}}{(W_{udara} - W_{fluida})} \times \rho_{fluida}$$

Dimana ρ : densitas aktual
 W_{udara} : berat di udara
 W_{fluida} : berat di fluida
 ρ_{fluida} : densitas fluida

Pengujian Kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai untuk mengetahui karakteristik mekanis bantalan yang dibuat dari serbuk logam. Pengujian kekerasan dipilih karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa mengalami kesulitan untuk membuat benda ujinya. Kekerasan adalah salah satu sifat mekanik dari suatu material yang harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan dengan material lain (*frictional force*)[7]. Nilai kekerasan diukur dari mudah tidaknya atom atom yang mengalami pembebanan plastis ketika diberikan indentasi (oleh alat uji kekerasan) bergeser dan kemudian dapat kembali ke kedudukan semula. Makin mudah bergeser atom atomnya berarti kekerasannya rendah, dan sebaliknya makin sulit bergeser berarti kekerasannya tinggi. Standar pengujian yang digunakan dalam pengujian kekerasan ini adalah ASTM E-10.

Pengujian keausan dilakukan dengan *metode pin on abrasive disc* dengan mengacu pada standar ASTM G 99 [6]. Laju keausan diukur dengan menghitung volume spesimen yang hilang akibat abrasi oleh piringan yang berputar pada 92,1 rpm. Laju keausan dihitung dengan rumus :[8,9]

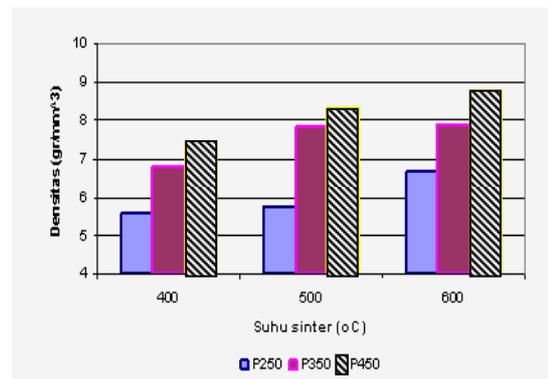
$$Wa = \frac{\Delta V}{F.S} (mm^3 / Nm)$$

Dimana Wa : laju keausan
 ΔV : volume material yang hilang
 F : beban yang diberikan
 S : panjang lintasan

Pengujian kekasaran permukaan benda adalah suatu metode untuk mengetahui kekasaran dari permukaan benda yang terbuat dari logam untuk keperluan perhitungan terhadap gaya gesek atau friksi dan pada akhirnya berpengaruh terhadap keausan benda uji. Pada penelitian ini pengujian kekasaran permukaan dilakukan untuk mengetahui kualitas benda yang dibuat dengan metode serbuk logam, serta digunakan untuk mengetahui ukuran butir serbuk yang tepat agar mendapatkan tingkat kekasaran permukaan benda yang diinginkan[7,8,9].

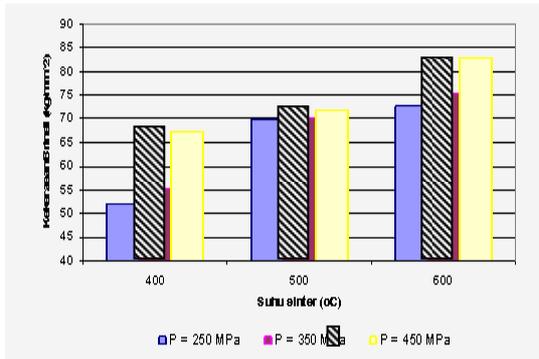
Nilai kuat tekan diperlukan untuk mengetahui kekuatan maksimum dari benda uji tersebut untuk menahan tekanan atau beban hingga mengalami keruntuhan dan dinyatakan dalam satuan MPa. Nilai kuat tekan benda uji bisa digunakan untuk memperkirakan kekuatan besarnya beban yang akan diterima oleh benda uji tersebut[10,11]. Standar pengujian kuat tekan yang digunakan adalah ASTM E-9-89a.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



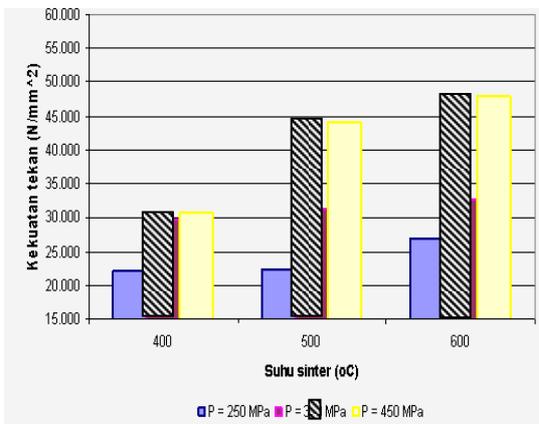
Gambar 1
 Grafik densitas terhadap suhu sinter

Hasil pengujian densitas aktual seperti ditunjukkan pada gambar 1. Pada gambar tersebut terlihat bahwa peningkatan nilai densitas seiring dengan peningkatan suhu sinter, didapat nilai densitas optimum adalah 8.77 gr/cm³ pada suhu *sintering* 600°C dan kompaksi 450 MPa, hal ini membuktikan bahwa makin besar tekanan yang diberikan makin padat tatanan serbuk logam dan makin tinggi temperatur sinter makin banyak permukaan partikel serbuk yang menyatu dengan serbuk yang lain sehingga pori porinya makin tertutup dan porositas sangat sedikit serta ikatan antar partikel makin baik. Sebagai perbandingan pengujian densitas juga dilakukan terhadap bantalan yang tersedia di pasaran. Hasilnya menunjukkan bahwa bahan bantalan luncur yang ada di pasaran, setelah diuji densitas aktual rata-rata diperoleh nilai optimum dari tiga buah specimen yang diuji adalah : 8.00 gr/cm³, sedangkan untuk pengujian yang sama pada bahan Brons adalah : 5.95 gr/cm³, kedua nilai bantalan luncur yang ada di pasaran jauh di bawah nilai densitas aktual paduan Cu – 3%Al.



Gambar 2
Grafik hubungan suhu sinter terhadap kekerasan Brinell

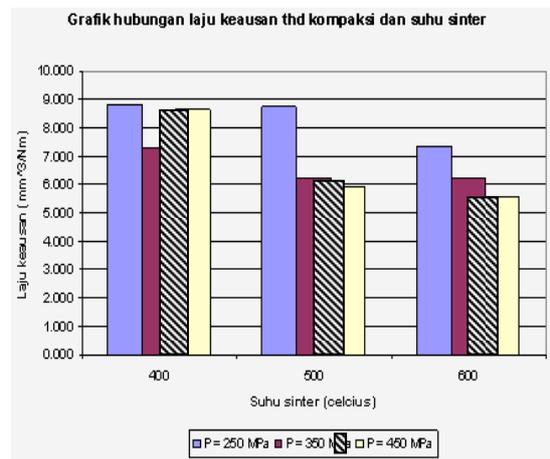
Hasil dari pengujian kekerasan terhadap bantalan yang terbuat dari serbuk Cu-3%Al dapat dilihat pada Gambar 2. Dari gambar tersebut dapat dilihat adanya peningkatan nilai kekerasan dengan meningkatnya beban kompaksi dan suhu sinter. Kekerasan tertinggi dicapai oleh benda uji pada kompaksi 450 MPa dan suhu sinter 600°C dengan nilai 83,079 kg/mm². Peningkatan ini disebabkan oleh makin padatnya tatanan partikel serbuk dengan makin besarnya gaya yang diberikan serta adanya *strain hardening* yang terjadi ketika partikel serbuk mengalami beban tekan yang menimbulkan deformasi plastis[12]. Selain itu makin tingginya temperatur *sintering* mengakibatkan luas permukaan kontak antar partikel yang melebur dan menyatu membentuk ikatan antar partikel yang kuat makin luas, sehingga jajaran antar partikel serbuk tidak mudah terpisah oleh beban ketika dilakukan pengujian kekerasan. Selain itu laju peningkatan kekerasan tampak lebih tajam setelah melampaui kompaksi 350 MPa terutama pada suhu sinter 400°C dan suhu sinter 600°C.



Gambar 3

Grafik hubungan suhu sinter terhadap kekuatan tekan

Gambar 3 menunjukkan peningkatan kekuatan tekan seiring dengan peningkatan suhu sinter, hal ini disebabkan karena semakin tinggi suhu sinter maka spesimen menjadi kuat. Adanya partikel Cu turut menambah kekuatan dari material tersebut, pembentukan fasa intermetalik yang keras dan kuat menjadi suatu alasan mengapa paduan tembaga aluminium memiliki kekuatan tekan yang tinggi.

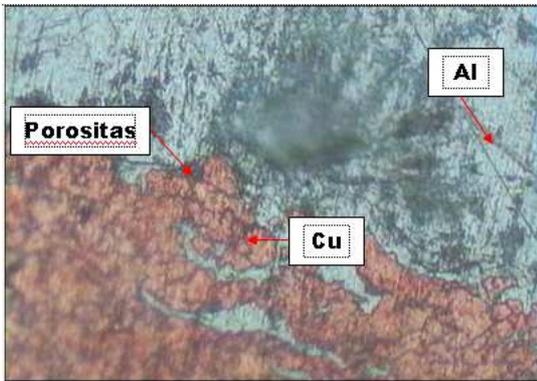


Gambar 4

Grafik hubungan laju keausan terhadap kompaksi dan suhu sinter

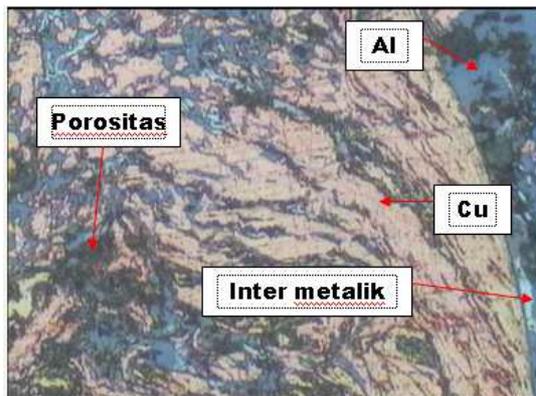
Pada gambar 4 ditampilkan hasil pengujian laju keausan terhadap berbagai beban kompaksi dan suhu sinter. Dari gambar tersebut terlihat bahwa laju keausan terendah dalam keadaan kering terjadi pada temperatur sinter 600°C dan beban kompaksi 450 MPa yaitu sebesar 0.0005586 mm³ / Nm dalam keadaan basah 0.0000779 mm³/Nm, yang menunjukkan ketahanan aus terbesar pada material Cu-3%Al. Hal tersebut sesuai dengan hasil pengujian kekerasan dan densitas, yang menunjukkan kekerasan dan densitas tertinggi juga terjadi pada temperatur 600°C dan kompaksi 450 MPa. Dari ke empat hasil pengujian tersebut nampak terbukti bahwa besar beban kompaksi dan temperatur sinter memegang peranan penting dalam peningkatan densitas, kekerasan dan kekuatan tekan yang pada pengaruh selanjutnya juga meningkatkan ketahanan terhadap keausan yang artinya meningkatkan umur pakai dari bantalan yang dibuat dengan metoda serbuk logam ini. Dari pengujian terhadap bantalan yang tersedia dipasaran pada densitasnya telah terbukti bahwa hasil dari pembuatan bantalan dengan metoda serbuk logam ini mempunyai densitas yang lebih tinggi. Dengan bukti bahwa densitas tinggi ternyata

meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus yang pada akhirnya meningkatkan masa pakai, maka terbukti bahwa pembuatan bantalan dengan motoda serbuk lebih tahan lama dibanding pembuatan bantalan dengan cara konvensional.



Gambar 5
Paduan Cu-3%Al, P = 250 MPa, Ts = 500°C,
pembesaran 500X

Hasil pemeriksaan metalografi didapat struktur mikro seperti ditampilkan pada gambar 5 dan 6. Pada gambar-gambar struktur mikro tersebut dapat dilihat bahwa setiap peningkatan suhu sinter dengan kompaksi yang sama, sangat terlihat jelas perbedaan struktur mikronya dan jumlah kandungan porositas terlihat semakin berkurang. Hal ini ditandai dengan berubahnya sifat mekanis dan fisis seperti densitas, kekerasan, kekasaran, keausan dan kekuatan tekan akibat berkurangnya porositas.



Gambar 6
Paduan Cu-3%Al, P = 350 MPa, Ts = 500°C,
pembesaran 500X

Dari hasil pemeriksaan mikro struktur yang terlihat pada gambar 5 menunjukkan bahwa penyebaran aluminium tidak merata, ini disebabkan

oleh karena proses pencampuran tidak sempurna hal ini akan mengakibatkan penurunan keuletan dari material tersebut. Timbulnya porositas dan retak-retak ditunjukkan pada gambar 6, hal ini disebabkan oleh karena titik leleh aluminium lebih rendah dari pada titik leleh tembaga, sehingga pada proses pemanasan aluminium mendekati titik lebur, sedangkan tembaga belum mencapai titik lebur, hal ini mengakibatkan sifat mekanik dari material berkurang dengan banyaknya porositas yang terjadi.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Dengan semakin meningkatnya beban kompaksi densitas beda uji meningkat.
- Dengan meningkatnya suhu sinter akan meningkatkan densitas benda uji.
- Kombinasi beban kompaksi dan suhu sinter yang baik akan memberikan sifat fisik dan mekanis bantalan yang tinggi
- Peningkatan waktu sinter akan memberikan nilai optimum tertentu, baik untuk densitas, kekerasan, kekasaran, keausan dan kekuatan tekan.
- Dari pengujian densitas terhadap bantalan yang sudah ada di pasaran menunjukkan bahwa produk dari teknik pembuatan dengan serbuk logam mempunyai densitas yang lebih baik, sehingga mempunyai masa pakai lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Specialty Handbook, 1990," Aluminium and Aluminium Alloys", Ohio, P.p.534.
- Amstead, B.H. et.al., (Sriati Djaprie), Teknologi Mekanik, Erlangga, Jakarta, Guneet Senth, *Microwave Sintering of Cu-12Sn*, Indian Institute of Technology, India.
- ASM Metals Handbook, 1984, *Powder Metallurgy*, Vol 7,9th ed. American Society for Metals, Metal Park Ohio 44073.
- A.Zulfia,A.A.Rizkiyani.,2008, *Pengaruh Kadar Grafit Terhadap Karakteristik Komposit Aluminium Grafit dengan Wetting Agent Tembaga*, Jakarta.

- ASTM Standards, 2003, *Metals Test Methods and Analytical Procedures*, Volume 03.01
- ASTM G99, *Standard Test Method for Wear Testing with a Pin on Disc Apparatus*, 2009.
- Bambang Ristanto, 2006, Pengaruh *Feeding* Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Pada Proses Penyekrapan Rata Dengan Spesimen Baja Karbon, Semarang.
- German R.M., 1994, *Powder Metallurgy Science*, 2nd edition, Metal Powder Industries Federation, Princton, New Jersey
- Goto, Ryuichiro, *Powder Metallurgy Growth in The Automotive Market*. American Powder Metals Industries International, 2003.
- J.B. Fogagnolo, F. Velasco, M.H.Robert., J.M.Torralbam, *Aluminium Matrix Composites Reinforced with Si₃N₄, AlN and ZrB₂*, Produced by conventional powder Metallurgy and Mechanical Alloying, Avenide de la Universid, 2004, 30-28911.
- L. Froyen, B. Verlinden, *Aluminium Matrix Composites Materials*. Talat 1402. Belgium. European Aluminium Associations (EAA), 1994.
- Visesla Rajkovic, Dusan Bozic, Alexandar Devecerski, 2007, *Copper Powder Containing 1wt.% Al*, Journal of Serb. Chem Society, 45-53, *The Properties of High energy Milled Pre-Alloy*