

DESAIN ULANG PLUNGER PADA PROSES *EQUAL CHANNEL ANGULAR PRESSING* LOGAM JENIS MAGNESIUM

Sigit Supriatno*¹, Wisnu Wijaya²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana
Jl. PHH. Mustopa No. 68, Bandung 40124

Abstrak

Penelitian ini membahas rekomendasi desain plunger untuk proses *Equal Channel Angular Pressing* (ECAP) logam jenis magnesium, sehingga dapat meminimalisir resiko kegagalan plunger saat proses berlangsung. Pada proses ECAP magnesium, plunger memiliki persentase kegagalan yang cukup tinggi. Pada percobaan ke-1 dengan sudut channel ECAP 90° dan material plunger EMS45, proses dihentikan pada kisaran beban 12-14 ton karena kegagalan plunger akibat tekukan. Pada percobaan ke-2, sudut channel diperbesar menjadi 120°, material plunger diganti dengan SKD11, dan panjang spesimen diubah menjadi setengah dari percobaan ke-1. Prediksi Beban maksimum yang terjadi pada proses ECAP menggunakan persamaan upperbound ECAP dan dilanjutkan dengan analisa kolom untuk plunger yang hasil akhirnya akan dibandingkan. Dari perbandingan tersebut, diperoleh hasil yaitu pada percobaan ke-1 terbukti beban tekan ECAP yang dibutuhkan lebih tinggi dari ketahanan material plunger sehingga menyebabkan plunger gagal. Sedangkan pada percobaan ke-2 plunger dinyatakan aman dari kegagalan tekukan dengan safety factor 7,7.

Kata kunci: plunger, ECAP, upper bound

Abstract

[PLUNGER REDESIGN ON THE EQUAL CHANNEL ANGULAR PRESSING PROCESS OF MAGNESIUM METAL TYPE] This study discusses the plunger design recommendations for the *Equal Channel Angular Pressing* (ECAP) process for magnesium metal, so as to minimize the risk of plunger failure during the process. In the magnesium ECAP process, the plunger has a fairly high failure percentage. In the 1st experiment with channel angle ECAP 90° and plunger material EMS45, the process was stopped at a load range of 12-14 tons due to plunger failure due to bending. In the 2nd experiment, the channel angle was enlarged to 120°, the plunger material was replaced with SKD11, and the specimen length was changed to half of the 1st experiment. Prediction of the maximum load that occurs in the ECAP process using the upper bound ECAP equation and followed by column analysis for the plunger whose final results will be compared. From this comparison, the results obtained are that in the 1st experiment it was proven that the required ECAP compressive load was higher than the resistance of the plunger material, causing the plunger to fail. Meanwhile, in the second experiment, the plunger was declared safe from bending failure with a safety factor of 7.7.

Keywords : plunger, ECAP, upper bound

1. Pendahuluan

Dewasa ini sedang berkembang mengenai potensi material magnesium sebagai plat implan tulang pada kasus fraktur. Walaupun saat ini sudah dipakai material yang tahan korosi dan memiliki sifat mekanis yang baik seperti *stainless steel* dan titanium namun penggunaannya harus tetap dilakukan operasi kedua untuk mengangkat plat implan tersebut setelah proses penyembuhan tulang selesai (Kwak et al. 2008). Oleh karena itu, magnesium dipilih karena keunggulannya

yang biodegradable, yaitu kemampuan luruh dalam tubuh sehingga diharapkan tidak diperlukan operasi kedua untuk pengangkatan plat implan (del Valle and Ruano 2008).

Beberapa penelitian yang menggunakan metode ECAP dihimpun dan direkap data parameter yang mereka gunakan. Teramati bahwa parameter yang mereka gunakan tidak seragam bahkan ada yang tidak menyebutkannya dengan lengkap (Djavanroodi et al. 2012). Hal ini menyebabkan data kenaikan sifat mekanis yang mereka dapatkan tidak dapat diintegrasikan antara satu dengan penelitian yang lainnya sehingga harus dilakukan ECAP ulang dari

*Penulis Korespondensi.

E-mail: sigitsupriatno@gmail.com

awal setiap akan meneliti sifat mekanis lain (Djavanroodi and Ebrahimi 2010).

Dari hasil rekap penelitian yang sama, hanya beberapa saja yang menyebutkan jenis material plunger dan dies yang digunakan. Diantaranya ada yang menggunakan SKD11, Orvar, dan HSS, selebihnya tidak disebutkan dalam jurnal penelitian yang mereka tulis. Kebanyakan penelitian itu lebih terfokus pada hasil perbaikan sifat mekanis material dibanding mengurai secara terperinci kondisi ECAP yang mereka lakukan (Furuno et al. 2004; Komura et al. 2001; Kuswarini 2012; Lee 2000; Wei et al. 2015). Dengan informasi yang terbatas itu, menjadikan kesulitan bagi peneliti penerus yang hendak mengulang atau mengembangkan proses ECAP.

Dalam penelitian ini akan dibahas tentang plunger yang akan digunakan dalam proses ECAP yang berkaitan dengan mekanika kekuatan material dan perancangan batang tekan sebagai kolom sebagai parameter yang membatasi prestasi material yang mengalami beban tekan.

2. Metode Penelitian

2.1 Prosedur Eksperimen

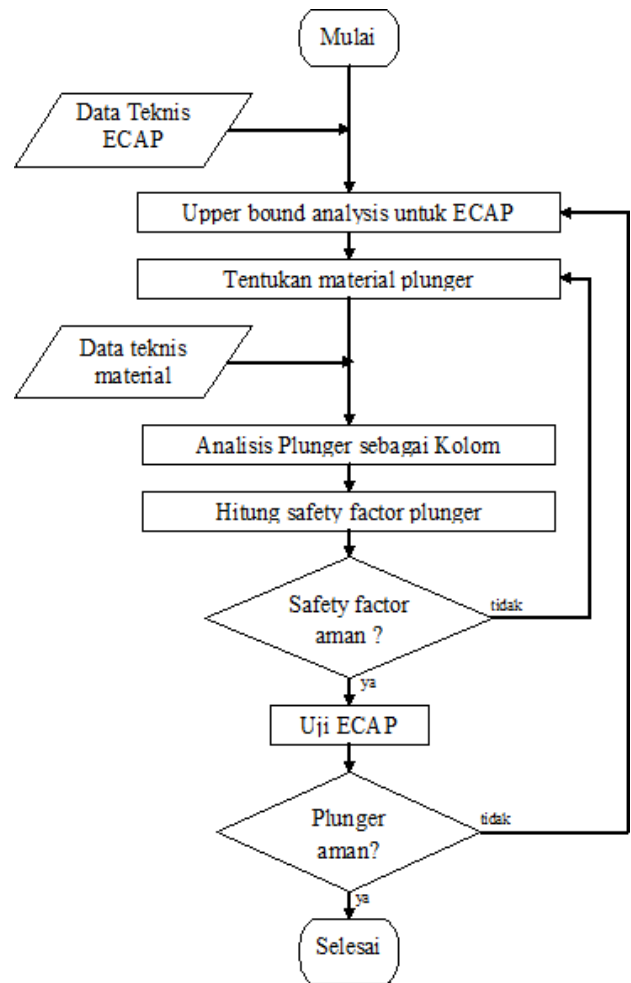
Dilakukan dua eksperimen ECAP magnesium murni. ECAP pertama sebelum analisa upper bound dan yang kedua setelah analisa upperbound dengan parameter sbb:

ECAP pertama dengan parameter (ϕ) = 90°, (Ψ) = 20°(R6), L = 150mm, d = bujur sangkar 20x20mm, material dies = EMS45, material plunger = EMS45.

ECAP kedua dengan parameter (ϕ) = 120°, (Ψ) = 22°(R8), L = 75mm, d = bujur sangkar 20x20mm, material dies = EMS45, material plunger = SKD11.

Perbedaan antara parameter ECAP kedua dengan ECAP pertama adalah pada parameter (ϕ) yang diperbesar, L diperpendek, dan mengganti material plunger dengan material yang memiliki yield lebih tinggi.

Kedua eksperimen ECAP tsb sama sama dalam kondisi suhu ruang, tanpa pelumas, dan tanpa kecepatan ram yang terukur.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil eksperimen didapat bahwa:

ECAP pertama dihentikan dan dinyatakan gagal. ECAP dihentikan karena didapati plunger gagal berupa tekukan plastis (*buckling*). Material tidak masuk ke saluran keluar. Beban tekan yang terbaca saat ECAP dinyatakan dihentikan dan terjadi buckling adalah 12-14 ton.



Gambar 2. Kondisi spesimen pada ECAP pertama



Gambar 3. Hasil ECAP Kedua

ECAP kedua juga tidak sempurna karena magnesium terjadi crack tetapi plunger dinyatakan aman tanpa *buckling*. Beban tekan puncak yang terbaca selama ECAP adalah 8.5 ton.

Dari hasil analisa upper bound (Eivani and Karimi Taheri 2007), didapat bahwa dengan parameter ECAP pertama, gaya puncaknya adalah 16.6 ton.

$$P = \frac{\sigma_y(1+m)}{\sqrt{3}} \left\{ 2 \cot \left[\frac{\phi + \beta}{2} \right] + \beta \right\} + \frac{4m\sigma_y(l_E + l_S)}{\sqrt{3}d} \quad (1)$$

Sedangkan dari analisa kolom (Robbert. L. Mott, 2004),

$$P_{cr} = AS_y \left[1 - \frac{S_y \left(\frac{KL}{r} \right)^2}{4\pi^2 E} \right] \quad (2)$$

Didapat bahwa beban kritis plunger hanya berada di 13.7 ton. Dari data ini jelas bahwa kekuatan plunger di bawah gaya upper bound, sehingga menyebabkan plunger gagal sebelum ECAP terlaksanakan (Wei et al. 2015).

Untuk mengurangi beban puncak dan memperbesar

kemungkinan keberhasilan plunger, maka pada percobaan ECAP kedua, (ϕ) diperbesar dari 90° ke 120° dan panjang spesimen dibuat diubah menjadi setengah dari percobaan pertama yaitu 75 mm.

Dengan parameter ECAP kedua, hasil analisa upper bound menunjukkan bahwa perkiraan beban puncaknya adalah 8 ton. Sedangkan pada hasil percobaan beban yang terbaca adalah 8.5 ton. Dengan koreksi faktor gaya gesek (m) dari 0.18 menjadi 0.195, maka hasil persamaan upperbound semakin mendekati 8.5 ton, sesuai dengan hasil percobaan.

4. Kesimpulan

- Dalam proses ECAP magnesium dengan sudut channel (ϕ) 120°, sudut tepi (β) 22°, diperlukan material plunger yang memiliki tegangan yield yang lebih tinggi dari EMS45 yaitu lebih dari 343MPa, dalam kesempatan ini material SKD11 sudah cukup memenuhi syarat.
- Faktor rancangan yang dibutuhkan adalah minimal 3. Bila menggunakan material SKD11 faktor rancangannya adalah 4,2 untuk panjang spesimen 150mm dan 7,7 untuk panjang spesimen 75 mm.
- Dari hasil percobaan ECAP kedua, dengan faktor rancangan 7,7 plunger dinyatakan aman dalam pembebanan.

Daftar Pustaka

- Djavanroodi, F., and M. Ebrahimi. 2010. "Effect of Die Channel Angle, Friction and Back Pressure in the Equal Channel Angular Pressing Using 3D Finite Element Simulation." *Materials Science and Engineering A* 527(4-5). doi: 10.1016/j.msea.2009.09.052.
- Djavanroodi, F., B. Omranpour, M. Ebrahimi, and M. Sedighi. 2012. "Designing of ECAP Parameters Based on Strain Distribution Uniformity." *Progress in Natural Science: Materials International* 22(5). doi: 10.1016/j.pnsc.2012.08.001.
- Eivani, A. R., and A. Karimi Taheri. 2007. "An Upper Bound Solution of ECAE Process with Outer Curved Corner." *Journal of Materials Processing Technology* 182(1-3). doi: 10.1016/j.jmatprotec.2006.09.021.
- Furuno, Kazuko, Hiroki Akamatsu, Keiichiro Oh-Ishi, Minoru Furukawa, Zenji Horita, and Terence G. Langdon. 2004. "Microstructural Development in Equal-Channel Angular Pressing Using a 60° Die." *Acta Materialia* 52(9). doi: 10.1016/j.actamat.2004.01.040.
- Komura, Shogo, Minoru Furukawa, Zenji Horita, Minoru Nemoto, and Terence G. Langdon. 2001. "Optimizing the Procedure of Equal-Channel Angular Pressing for Maximum Superplasticity." *Materials Science and Engineering A* 297(1-2). doi: 10.1016/S0921-5093(00)01255-7.
- Kuswarini. 2012. "Penghalusan Butir Material Kuningan Melalui Proses Equal Channel Angular Pressing Dengan Sudut Cetakan 120°." *Universitas Indonesia*.
- Kwak, Eun Jeong, Cheon Hee Bok, Min Hong Seo, Taek Soo Kim, and Hyung Seop Kim. 2008. "Processing and Mechanical Properties of Fine Grained Magnesium by Equal Channel Angular Pressing." *Materials Transactions* 49(5). doi: 10.2320/matertrans.MC200725.
- Lee, Dong Nyung. 2000. "Upper-Bound Solution of Channel Angular Deformation." *Scripta Materialia* 43(2). doi: 10.1016/S1359-

Desain Ulang Plunger Pada Proses *Equal Channel
Angular Pressing* Logam Jenis Magnesium

6462(00)00377-8.

del Valle, J. A., and O. A. Ruano. 2008. "Influence of Texture on Dynamic Recrystallization and Deformation Mechanisms in Rolled or ECAPed AZ31 Magnesium Alloy." *Materials Science and Engineering A* 487(1-2). doi:

10.1016/j.msea.2007.11.024.

Wei, Kunxia, Ping Liu, Zhijun Ma, Wei Wei, Igor V. Alexandrov, and Jing Hu. 2015. "An Upper Bound Analysis of T-Shaped Equal Channel Angular Pressing." *Acta Metallurgica Slovaca* 21(1). doi: 10.12776/ams.v21i1.539.