

ABSTRAK

EVALUASI SIFAT FATIK SIKLUS RENDAH (*LOW CYCLE FATIGUE*) MAGNESIUM EKSTRUSI AZ31B UNTUK APLIKASI BAUT TULANG

Oleh
FAUZI IBRAHIM

Teknologi yang kian mumpuni membuat sejumlah manufaktur melirik logam ringan yang bisa dijadikan material biomedik yaitu magnesium. Contohnya magnesium AZ31B (Mg AZ31B) yang sedang populer dikalangan peneliti di seluruh dunia. Tipikal Mg AZ31B umumnya mengandung elemen padu: Al 2,71%, Zn 0,69%, Mn 0,32%, Fe 0,002%, Si 0,18%, Cu, Ni dan Ca 0,001% dibentuk melalui proses ekstrusi. Secara umum material ini memiliki sifat seperti kepadatan rendah, keuletan yang cukup, ketahanan korosi yang baik dan khususnya memiliki sifat *biodegradable*. Sifat *biodegradable* tersebut dapat digunakan untuk aplikasi baut tulang dengan syarat atau pengujian secara bertahap sesuai *roadmap* biomaterial, seperti karakteristik sifat fatik nya harus diketahui terlebih dahulu. Hal ini wajib dilakukan mengingat kondisi tulang manusia dapat mengalami beban tarik, tekan dan siklik pada kondisi berjalan atau berlari. Kelelahan yang terjadi karena deformasi plastis dapat dilakukan pengujian dengan mekanisme pembebanan siklik dalam kondisi tarik dan tekan, yang biasa dikenal dengan nama kegagalan fatik siklus rendah. Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat fatik siklus rendah magnesium ekstrusi AZ31B untuk aplikasi baut tulang dengan parameter: laju regangan konstan dengan $\Delta\epsilon_a = 0,004 - 0,01 \text{ mm/mm}$. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa umur fatik yang paling tinggi dalam pengujian fatik siklus rendah dialami magnesium pada $\Delta\epsilon_a = 0,004 \text{ mm/mm}$ dengan 5112 siklus, sebaliknya pada kondisi $\Delta\epsilon_a 0,01 \text{ mm/mm}$, umur fatik magnesium menurun secara drastis dengan regangan plastis yang dihasilkan lebih besar yaitu: 0.00451 mm/mm, dan regangan elastis 0.00549 mm/mm dengan rata – rata modulus elastisitas 44,35 GPa. *Cyclic softening* terjadi pada $\Delta\epsilon_a 0,005 - 0,006 \text{ mm/mm}$, dan *cyclic hardening* pada $\Delta\epsilon_a = 0,008 - 0,01 \text{ mm/mm}$ serta fenomena *Bauschinger effect* dapat diamati pada $\Delta\epsilon_a = 0,006 - 0,01 \text{ mm/mm}$ dan dihitung menggunakan persamaan *Bauschinger effect factor*, penurunan BEF sekitar 1,6% tiap kenaikan amplitudo regangan. Persamaan empiris untuk memprediksi fatik siklus rendah Mg AZ31B dapat dilakukan melalui pendekatan amplitudo regangan plastis-elastis terhadap jumlah kebalikan siklus (*reversal to failure*, $2N_f$) (Persamaan *Basquin-Coffin-Manson*), yaitu:

$$\frac{\Delta\epsilon_t}{2} = 0,01324(2N_f)^{-0,1464} + 8,1202(2N_f)^{-1,2827}$$

Keywords: magnesium AZ31B, fatik siklus rendah, tarik statis, baut tulang

ABSTRACT

LOW CYCLE FATIGUE PROPERTIES EVALUATION OF AZ31B EXTRUDED MAGNESIUM FOR BONE SCREW APPLICATIONS

By
FAUZI IBRAHIM

An advanced technology has made a number of manufacturers look for light metals that can be used as biomedical materials, including magnesium. For example AZ31B magnesium (AZ31B Mg) which is currently popular among researchers around the world. Typical AZ31B Mg generally contains an alloying element: 2.71% Al, 0.69% Zn, 0.32% Mn, 0.002% Fe, 0.18% Si, Cu, Ni and 0.001% Ca, formed by extrusion process. In general, this material has properties such as low density, sufficient ductility, good corrosion resistance and particularly biodegradable properties. These biodegradable properties can be used for bone screw applications, provided that they are tested in stages according to the biomaterial roadmap, such as the fatigue properties that must be known in advance. It must be done, considering the condition of human bones that can experience tensile, compressive and cyclic loads in walking or running conditions. Fatigue that occurs due to plastic deformation can be tested with a cyclic loading mechanism under tensile and compressive conditions, which is commonly known as low cycle fatigue failure. Based on the description above, this study aims to evaluate the low cycle fatigue properties of AZ31B extruded magnesium for bone screw applications with constant strain rate parameters with $\Delta\varepsilon_a = 0,004 - 0,01 \text{ mm/mm}$. The results of this study indicate that the highest fatigue life in the low cycle fatigue test is experienced by magnesium at $\Delta\varepsilon_a = 0,004 \text{ mm/mm}$ with 5112 cycles, in contrast to the condition $\Delta\varepsilon_a 0,01 \text{ mm/mm}$, fatigue life of magnesium decreased drastically with the resulting greater plastic strain, that is: 0.00451 mm / mm, and 0.00549 mm / mm elastic strain with an average modulus of elasticity of 44.35 GPa. Cyclic softening occurs at $\Delta\varepsilon_a 0,005 - 0,006 \text{ mm/mm}$, and cyclic hardening occurs at $\Delta\varepsilon_a = 0,008 - 0,01 \text{ mm/mm}$ and the Bauschinger effect phenomenon can be observed at $\Delta\varepsilon_a = 0,006 - 0,01 \text{ mm/mm}$ and calculated using the Bauschinger effect factor equation, the decrease in BEF is about 1.6% for each increase in strain amplitude. The empirical equation to predict the low cycle fatigue of Mg AZ31B can be done by approaching the amplitude of the plastic-elastic strain to the number of cycles reversal (reversal to failure, $2N_f$) (Basquin-Coffin-Manson Equation):

$$\frac{\Delta\varepsilon_t}{2} = 0,01324(2N_f)^{-0,1464} + 8,1202(2N_f)^{-1,2827}$$

Keywords: AZ31B magnesium, low cycle fatigue, static tensile, bone screw