

AValiação DAS PROPRIEDADES MECâNICAS E ELÉTRICAS DAS LIGAS Al-Mg DEFORMADAS A FRIO, MODIFICADAS COM TEORES DE SILÍCIO¹

Emmanuelle Sá Freitas²
Alberto Luiz Mendes Macapuna²
Washington Luis Reis Santos²
Kazuo de Almeida Kamizono³
José Maria do Vale Quaresma⁴

Resumo

O presente estudo tem como objetivo investigar a influência de diferentes teores de silício (0,4% e 0,8%) na condutividade elétrica, no limite de resistência a tração e na trabalhabilidade das ligas Al-0,6%Mg-0,05%Cu, sendo estas vazadas em coquilha de aço carbono com o formato de “U” que permite avaliar a ação do elemento de liga sobre a liga base metálica a ser modificada além de possibilitar a obtenção de corpo de prova com dimensões suficientes para gerar corpos longos e de secção circular a partir da usinagem dos braços do “U”. Os corpos de prova foram posteriormente laminados e trefilados para serem caracterizados mecânica e eletricamente. Desta forma, estabeleceu-se a correlação entre a característica mecânica (limite de resistência à tração - LRT) e elétrica (IACS%) do material para fins de transmissão e distribuição de energia elétrica. Os resultados do presente estudo proporcionam o entendimento de que os teores de silício crescente, em ligas de alumínio, podem contribuir para melhorar as características mecânicas, mas não favorecem o aspecto da condutividade elétrica

Palavras-chave: Liga Al-Mg; Propriedade mecânica; Condutividade elétrica; Trabalhabilidade.

MECHANICAL AND ELECTRICAL EVALUATION OF PROPERTIES OF Al-Mg ALLOY COLD DEFORMED, MODIFIED WITH CONTENT IN SILICON

Abstract

This study aims to investigate the influence of different content of silicon (0.4% and 0.8%) in the electrical conductivity, in stress and workability of the Al-0,6%Mg-0,05%Cu alloys, and these castings in chill of carbon steel with “U” shaped for assessing the effect of an alloying element on the metallic base alloy to be modified, addition to enabling the achievement test specimen are large enough to generate long sample and of round from the machining of the arms of "U". the test specimen were rolled and drawn for mechanical and electrical characterization. Thus, there was a correlation between the mechanical characteristics (tensile strength - LRT) and electrical (IACS%) the material for transmission and distribution of electric energy. The results of this study provide the understanding that the increasing contents of silicon, in aluminum alloys, can improve the mechanical characteristics, but does not favor the appearance of electrical conductivity.

Key words: Al-Mg alloy; Mechanical property; Electrical conductivity; Workability.

¹ Contribuição técnica ao 46º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 27 a 30 de outubro de 2009, Santos, SP.

² Mestrando em Eng^a.Mecânica, Universidade Federal do Pará.

³ Graduando em Eng^a.Mecânica, Universidade Federal do Pará.

⁴ Doutor Professor em Eng^a.Mecânica, Universidade Federal do Pará.

1 INTRODUÇÃO

As ligas de alumínio são bastante utilizadas em diversas aplicações industriais, graças a sua elevada resistência e solidez. Os elementos mais comumente encontrados nas ligas comerciais de alumínio são silício, cobre, magnésio e zinco. Todos esses elementos, com exceção do Si apresentam valores significativos de solubilidade sólida no alumínio, e em todos os casos a solubilidade aumenta com o aumento da temperatura. As adições de elementos de liga são importantes nas ligas de fundição devido à melhoria das características de fundição, tais como aumento da fluidez e redução da fragilidade à quente e, também, devido à melhoria da resistência mecânica e trabalhabilidade. A busca por aprimoramentos de propriedades culminou no desenvolvimento de inúmeras ligas com as mais diversas combinações de elementos.⁽¹⁾

As ligas de alumínio da série 6xxx são utilizadas em uma ampla variedade de aplicações, desde o uso em perfis de arquitetura, como é o caso das ligas mais diluídas e conseqüentemente de menor resistência mecânica, como a 6063 e a 6060, até as chamadas ligas de aplicação estrutural com maiores teores de elementos de liga e maior dureza, como a 6061 e a 6351, com grande potencial de aplicação na indústria automobilística.⁽²⁾ As ligas 6101 e 6201 são as mais utilizadas da série 6xxx, no fabrico de fios e cabos para transmissão (Tx) e distribuição (Dx) de energia elétrica. Nos estudos desenvolvidos neste trabalho, serão mostrados os comportamentos de ligas da serie 6000 com adição de 0,05% de cobre, investigando a influência dos diferentes teores de silício (0,4% e 0,8%) no limite de resistência a tração, na trabalhabilidade e na condutividade elétrica das ligas.

Sabendo se que algumas propriedades dos metais são alteradas pelo encruamento, que é obtido nos produtos metálicos, através de processos de conformação plástica realizados com um trabalho a frio. Do ponto de vista prático, isso se traduz em um aumento da resistência mecânica e conseqüentemente da dureza do material.⁽³⁾ Segundo Padilha⁽⁴⁾ podemos concluir que o comportamento elétrico para um material que sofre deformação, ou seja, encruamento o qual gera regiões de intenso emaranhado de discordâncias, poderá apresentar maior resistividade considerando se cristais reais, visto que nestes existem vários tipos de imperfeições tais como: átomos de impurezas, lacunas, discordâncias entre outros, que espalham os elétrons e portanto contribuem para elevar a resistividade elétrica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As ligas a serem estudadas foram preparadas por fundição utilizando se alumínio comercial, sendo fundido em um cadinho de carbetto de silício, em um forno tipo mufla, da marca BRASIMET, Figura 1(a), posteriormente foi adicionado o Si nos teores de [0,4 e 0,8]% no banho de alumínio. Para a realização do vazamento utilizou se uma lingoteira metálica, mostrada na Figura 1(b) em forma de “U”, recoberta com uma fina camada de solução de caulim para facilitar o desmolde. A utilização do molde “U” além de permitir avaliação da ação do elemento de liga sobre a base metálica a ser modificada possibilita a obtenção de corpo de prova com dimensões suficientes para gerar amostras longas e de secção circular a partir da usinagem e deformação dos braços do “U”, facilitando a obtenção dos fios com os quais foram feitas a caracterização mecânica e elétrica das ligas.

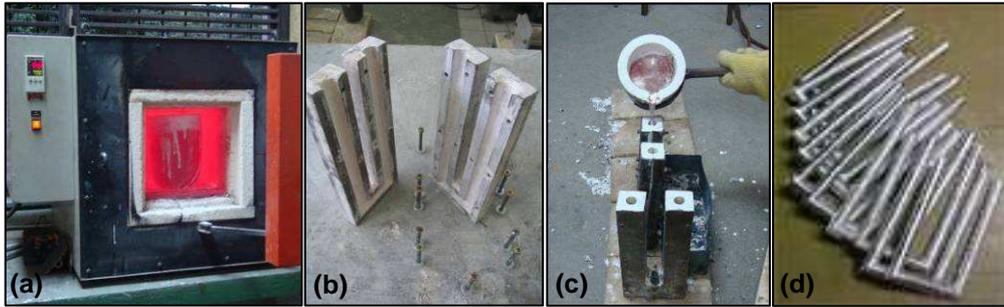


Figura 1. a) Forno tipo mufla; b) Molde com formato em “U”, c) Vazamento e d) Lingotes desmoldados.

O lingote obtido em formato de “U” é cortado na base, sendo usinados os maiores comprimentos “braços” até o diâmetro [ϕ] de 18,5 mm, em seguida são laminados à frio em um laminador duo elétrico com canal circular e posteriormente trefilados até chegar-se aos diâmetros desejados. Estas etapas encontram-se ilustradas na Figura 2.

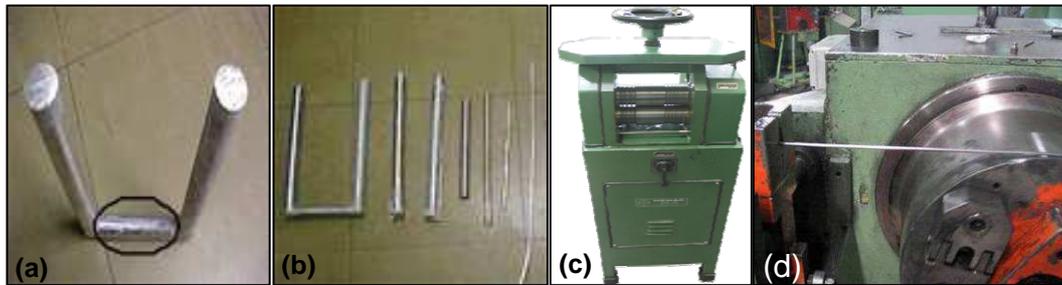


Figura 2. (a) Região de corte do lingote, (b) Etapas de preparação e deformação da liga nos diâmetros de usinagem ($\phi=18,5$ mm) e laminação com diâmetros variados, (c) Laminador e (d) Trefiladora.

Após o processo de deformação os corpos de prova obtidos são caracterizados eletricamente através do ensaio de resistividade/condutividade no qual, utiliza-se um Micro Homímetro, marca MEGABRAS, modelo MPK – 2000e, obedecendo a norma NBR-6814.⁽⁵⁾ A caracterização mecânica realiza-se através de ensaios de tração segundo a norma NBR-6810,⁽⁶⁾ utilizando-se uma máquina Kratos, modelo KE 3000 MP. Estes equipamentos podem ser vistos na Figura 3.

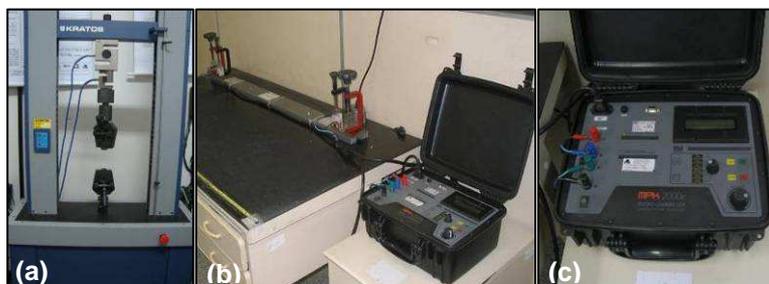


Figura 3. Equipamentos para a Caracterização Mecânica [KRATOS] e Elétrica [Micro Homímetro].

3 RESULTADOS

3.1 Caracterização Mecânica e Elétrica das Ligas Solidificadas no Molde em “U” pós Laminação e Trefilação.

Na Figura 4, encontra-se representado o gráfico com os perfis das funções que descrevem a evolução do limite de resistência a tração (LRT) para as ligas estudadas.

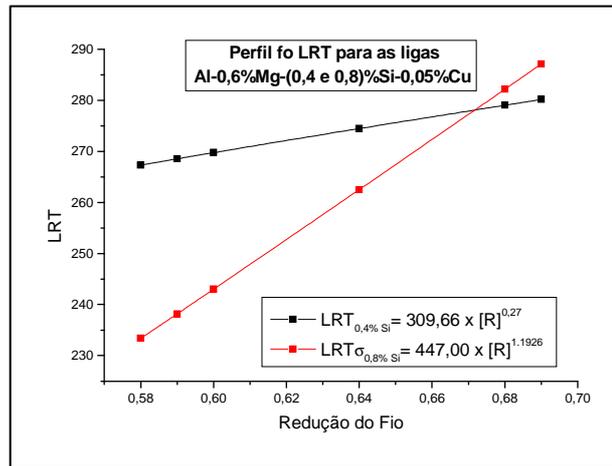


Figura 4. Resumo descritivo da evolução das características mecânicas das ligas Al-0,6%Mg-(0,4 e 0,8)%Si-0,05%Cu solidificadas no molde “U”.

Os resultados que se encontram plotados na Figura 5 são os resultados obtidos para a resistividade e condutividade elétrica em função do aumento da redução sofrida pelos fios.

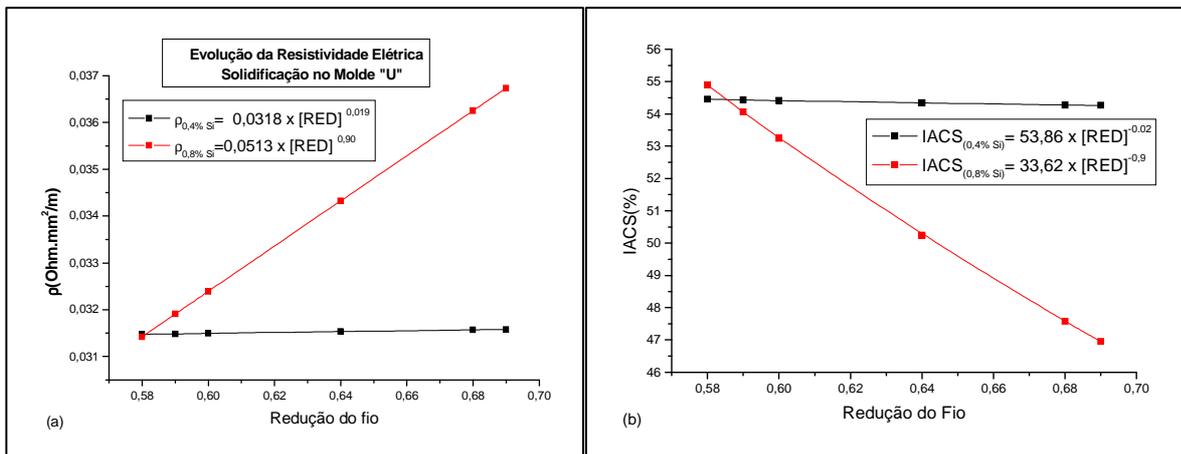


Figura 5. Evolução das propriedades Elétricas: (a) Resistividade Elétrica e (b) Condutibilidade Elétrica.

4 DISCUSSÃO

Os perfis das curvas apresentadas nas Figuras 4 e 5 estão em função do grau de deformação a que o material foi submetido e, desta forma, permitem os seguintes comentários:

- A liga com menor teor de Si [0,4%], apresentou comportamento quase que uniforme para as duas propriedades avaliadas. Por outro lado, a liga com maior teor de Si [0,8%], apresentou comportamento reativo ao grau de deformação aplicado.

Se o grau de deformação maior pode ser associado a maior grau de emaranhamento das discordâncias:

- no primeiro caso, este fenômeno não é perceptível devido à pequena variação no LRT que, por sua vez, está associada também à pequena variação na condutividade elétrica; e
- no segundo caso, este fenômeno é bastante perceptível devido a grande variação do LRT que, por sua vez, está associada também a grande variação na condutividade elétrica.

5 CONCLUSÃO

Como mostrado nos resultados dos gráficos das Figuras 4 e 5, pode-se construir a seguinte conclusão:

- elevados graus de deformações ao estarem associados a elevados graus de emaranhamentos de discordâncias, podem elevar o grau de encruamento do material, mas podem contribuir drasticamente para diminuir a sua condutividade elétrica.

Agradecimentos

Os autores agradecem as instituições de fomento a pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico nas figuras do CNPq, ELETRONORTE e UFPA.

REFERÊNCIAS

- 1 GARCIA, A. Solidificação: Fundamentos e Aplicações, Editora da Unicamp, São Paulo, Brasil, 2001.
- 2 BLECIC; et al. Extrusion technology of AlMgSi alloys, In: 5th International Aluminum Extrusion Technology Seminar, v.II, p.595-602, may.1992.
- 3 SANTOS, R.G. Transformações de Fases em materiais metálicos. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, p. 320, 2006.
- 4 Padilha, A. F.; Siciliano Jr, F. Encruamento, Recristalização, Crescimento de Grão e Textura. ABM, São Paulo, p. 120, 1996.
- 5 ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas – Fios e cabos elétrico -Ensaio de resistência elétrica, Rio de Janeiro, Mar. 1986, NBR 6814.
- 6 ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas – Fios e cabos elétricos – Tração à ruptura em componentes metálicos, Rio de Janeiro, Ago. 1981, NBR 6810.