

Simulação física da liga de magnésio AZ31 em condições de deformação e temperatura típicas de soldagem por atrito por pino não consumível

Pesquisador responsável: Maysa Terada

Unidade: Laboratório Nacional de Nanotecnologia

Período: 01/08/17 a 31/07/18

Introdução

O magnésio é o oitavo elemento mais comum na crosta terrestre, obtido por eletrólise de águas salinas ou por redução direta de minérios. As temperaturas de fusão e de ebulição do metal puro correspondem respectivamente a 650 e 1090°C. No seu estado fundido torna-se altamente reativo com o oxigênio. Apresenta uma estrutura cristalina hexagonal compacta que afeta de sobremaneira as propriedades mecânicas de suas ligas [1].

Sua característica de destaque está na relação de peso e propriedades mecânicas, ou seja, sua resistência específica. Suas propriedades físicas comparadas com alumínio e aço podem ser vistas na **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Com uma densidade de 1,73 g/cm³, sendo esta ligeiramente inferior à do alumínio (2,70 g/cm³) e significativamente inferior à do aço (7,87 g/cm³), trata-se do metal mais leve que pode ser utilizado em aplicações estruturais [2].

Dessa forma, as ligas de magnésio são muito atraentes em aplicações como transporte ferroviário, automotivo e aeroespacial devido à sua baixa densidade, boa usinabilidade e pelo seu potencial de reciclagem [3]

A soldagem por atrito de ligas de magnésio tem sido estudada nos últimos anos devido aos benefícios já anteriormente citados para implantação de estruturas leves na indústria automotiva e aeronáutica. Com relação ao processo de soldagem, muitos autores já obtiveram sucesso em processar e estudar ligas de magnésio [4–8].

Por ser um processo com envolvendo temperatura e deformação, há a influência do tamanho final de grão nas propriedades finais da junta. O tamanho de grão em ligas de magnésio conformadas a quente é na maioria dos casos determinado por recristalização, quer durante ou após a deformação. A conhecida influência do tamanho de grão nas propriedades mecânicas significa que a compreensão da recristalização em magnésio é vital para a otimização dos produtos elaborados.

Estado da arte

Soldagem por atrito com pino não consumível ou SAPNC (Friction Stir Welding) é um processo de soldagem no estado sólido em que consiste na união e processamento de materiais através do deslocamento e rotação de um pino rotativo, chamado de ferramenta. O processo foi concebido The Welding Institute em 1991 [9]

O calor gerado pelo atrito da ferramenta com o material e a deformação plástica gerada durante o processo provocam o amolecimento do material, possibilitando sua mistura e união. O material amolecido é então forçado a escoar pela movimentação da ferramenta a partir da parte dianteira para a parte traseira do pino onde resfria, consolida e resulta na formação da junta. O material amolecido é contido devido a uma ação conjunta de um anteparo abaixo do material e a aplicação de pressão axial na parte superior pela ferramenta [10].

Por ser um processo no estado sólido, na soldagem por atrito com pino não consumível a entrada de calor é significativamente menor do que métodos de soldagem por fusão, resultando em baixa distorção e tensão residual, baixa microsegregação e microestrutura finamente recristalizada [11, 12]. Outra vantagem da SAPNC é seu potencial em unir materiais diferentes, como diferentes ligas de alumínio [13, 14] , alumínio e aços [15] e ligas de alumínio e magnésio [16, 17]

Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é analisar a microestrutura de amostras da liga AZ31 deformadas a quente em temperaturas e taxas típicas encontradas durante o processamento de soldagem por atrito.

Metodologia

Os ensaios serão realizados no módulo de compressão do simulador termomecânico Gleeble 3800®, mostrado na Figura 1, instalado no LNNano/CNPEM. O sistema permite ensaios de compressão com temperatura controlada por termopares inseridos no corpo de prova. Para deformação duas formas de controles são permitidas: por força, aplicada por um sistema hidráulico ou por medida de deslocamento. O aquecimento é obtido através de um sistema de aquecimento resistivo.



Figura 1: Sistema de ensaios termomecânicos Gleeble 3800®

Ensaio de compressão isotérmica serão realizados em amostras cilíndricas com as seguintes dimensões: 7,5 mm de altura e 5 mm de diâmetro. No total foram ensaiadas 16 amostras em temperaturas variando entre 300, 400, 500 e 600°C e taxas de deformação variando entre 0,01 s⁻¹, 0,1 s⁻¹, 1 s⁻¹ e 10 s⁻¹. Os valores de deformação e temperaturas foram selecionados de acordo com dados de deformação e temperatura típicas de soldagens em magnésio encontradas na literatura [6, 18–20] .

Os corpos de prova utilizados para o ensaio de compressão serão cilindros com 7,5mm de altura por 5mm de diâmetro. A temperatura será controlada por meio de termopares tipo S soldados a superfície externa e centralizados em relação à altura do corpo de prova.

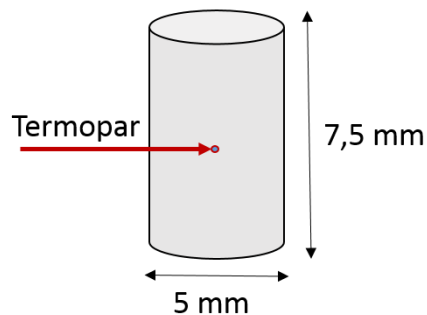


Figura 2: Corpo de prova com região de soldagem dos termopares em destaque.

A análise metalográfica será realizada na seção transversal das amostras ensaiadas.

As amostras serão embutidas a frio e submetidas aos procedimentos convencionais de lixamento (lixas d'água com granulometria entre 100 e 4000) e polimento (pasta de diamante 1 µm)

O microscópio óptico utilizado será da marca Olympus, modelo, BX-51M, acoplado com o software analisador de imagens PAX-it. O equipamento utilizado para Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi o FEI Quanta 650 FEG, instalado no LNNano/CNPEM. Este microscópio tem acoplados detectores de difração de elétrons retroespalhados (EBSD).

Os ensaios de dureza serão realizados no equipamento Micro-macrodurômetro Leco LMV-50V seguindo as normas da ASTM E92-19 Standard Test Methods for Vickers Hardness and Knoop Hardness of Metallic Materials, aplicando forças de 200 kgf por 15 segundos em cada indentação.

Referências

1. KLEINER, S.; UGGOWITZER, P. J. Mechanical anisotropy of extruded Mg – 6 % Al – 1 % Zn alloy. v. 379, p. 258–263, 2004.
2. KAINER, K. U. **Magnesium Alloys and Technologies**. [s.l.] Deutsche Gesellschaft fur Materialkunde, 2003.
3. LIU, L. **Welding and joining of magnesium alloys**. [s.l.] Woodhead Publishing Limited, 2010.
4. CHOWDHURY, S. H. et al. Friction Stir Welded AZ31 Magnesium Alloy: Microstructure, Texture, and Tensile Properties. v. 44, n. January, p. 41–44, 2013.
5. SINGARAPU, U.; ADEPU, K.; REDDY, S. Influence of tool material and rotational speed on mechanical properties of friction stir welded AZ31B magnesium alloy. **Journal of Magnesium and Alloys**, 2015.
6. DARRAS, B. M.; KHRAISHEH, M. K.; OMAR, M. A. Friction stir processing of commercial AZ31 magnesium alloy. v. 191, p. 77–81, 2007.
7. BABU, S. R. et al. Effect of Tool Shoulder Diameter During Friction Stir Processing of AZ31B Alloy Sheets of various Thicknesses. **Procedia Engineering**, v. 97, p. 800–809, 2014.
8. MIRONOV, S. et al. Microstructure evolution during friction-stir welding of AZ31 magnesium alloy. **Acta Materialia**, v. 100, p. 301–312, nov. 2015.
9. W.M. THOMAS, E.D. NICHOLAS, J.C. NEEDHAM, M.G. MURCH, P. TEMPLESMITH, C.J. DAWES, G. . **Patent Application No.9125978.8**Inglaterra, 1991.
10. MISHRA, R. S.; MAHONEY, M. **Friction stir welding and processing**. [s.l.: s.n.].

11. T. YASUI, Y. SHIMODA, M. TSUBAKI, M. F. **Proceedings of the fifteenth (2005) International offshore and polar engineering conference** 2005
12. KOSTKA, A. et al. Microstructure of friction stir welding of aluminium alloy to magnesium alloy. **Scripta Materialia**, v. 60, n. 11, p. 953–956, 2009.
13. COSTA, M. I. et al. Dissimilar friction stir lap welding of AA 5754-H22/AA 6082-T6 aluminium alloys: Influence of material properties and tool geometry on weld strength. **Materials & Design**, v. 87, p. 721–731, 2015.
14. GHOSH, M. et al. Optimization of friction stir welding parameters for dissimilar aluminum alloys. **Materials & Design**, v. 31, n. 6, p. 3033–3037, 2010.
15. KIMAPONG, K.; WATANABE, T. Lap Joint of A5083 Aluminum Alloy and SS400 Steel by Friction Stir Welding. **Materials Transactions**, v. 46, n. 4, p. 835–841, 2005.
16. FU, B. et al. Friction stir welding process of dissimilar metals of 6061-T6 aluminum alloy to AZ31B magnesium alloy. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 218, p. 38–47, 2015.
17. KHODIR, S. A.; SHIBAYANAGI, T. Dissimilar Friction Stir Welded Joints between 2024-T3 Aluminum Alloy and AZ31 Magnesium Alloy. **Materials Transactions**, v. 48, n. 9, p. 2501–2505, 2007.
18. AMMOURI, A. H. et al. Relating grain size to the Zener-Hollomon parameter for twin-roll-cast AZ31B alloy refined by friction stir processing. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 222, p. 301–306, 2015.
19. AMMOURI, A. H. et al. Mechanical and microstructural characterization of optimized friction stir welded twin roll cast az31b sheets. p. 1–6, 2014.
20. MAKSOUUD, I. A.; AHMED, H.; RÖDEL, J. Investigation of the effect of strain rate and temperature on the deformability and microstructure evolution of AZ31 magnesium alloy. **Materials Science and Engineering A**, v. 504, n. 1–2, p. 40–48, 2009.