TRANSFORMAÇÕES DE METAIS E LIGAS
CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL DA LIGA DE ALUMÍNIO AA7050

Will Robson Ramalho Azambuja (PROVIC/Fundação Araucária/UEPG), Marcio Ferreira Hupalo (Orientador), e-mail: mfhupalo@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Materiais

Engenharia de Materiais e Metalúrgica. Metalurgia de Transformação; Metalurgia Física

Palavras-chave: AA7050-T7451, ligas de alumínio, endurecimento por precipitação, envelhecimento.

Resumo:

O presente projeto teve por objetivo a caracterização da liga AA7050 na condição inicial, com tratamento térmico T7451, além da realização de tratamentos térmicos de solubilização e envelhecimentos, natural e artificial, com a finalidade de investigar o endurecimento por precipitação que ocorre nessa liga. Foram utilizadas as técnicas de microscopia ótica e eletrônica de varredura, medidas de dureza Vickers e ensaios de condutividade elétrica.

Introdução

Historicamente, o alumínio tem sido o principal material utilizado na indústria aeronáutica, onde o principal parâmetro para a seleção de materiais neste ramo era o fator peso, e com o passar dos anos, o desempenho começou a ser quesito fundamental neste setor e começaram-se a desenvolver ligas com maior razão resistência mecânica por peso [2]. Isto, resultou no surgimento das ligas da série 2XXX, apresentando, cada uma conforme sua especificação, propriedades mecânicas e físicas diferentes [1].

A liga 7050-T7451, elemento de estudo do presente trabalho, foi desenvolvida na década de 1970 com o intuito de preencher a necessidade de uma liga que apresentasse elevada resistência mecânica em seções espessas, aliada a altas resistência à corrosão sob tensão e à esfoliação, além de tenacidade à fratura e resistência à fadiga, adequadas [2].

Materiais e Métodos

Materiais

O material de estudo do presente trabalho trata-se da liga de alumínio aeronáutico AA7050, recebida na condição T7451, i.e., duplamente envelhecida, em faixas de temperaturas de 115 – 126°C e 160 – 170°C, em períodos entre 3 – 6 h e 24 – 30 h, respectivamente, e submetida a uma deformação plástica nominal de 2%.

A composição química nominal do material conforme norma de fabricação aplicável (SAE AMS 4050) é em suas quantidades máximas e mínimas, constituída por: 0,12 de Si; 0,15 de Fe; 2,6 de Cu; 0,10 de Mn; 2,6 de Mg; 0,04 de Cr; 6,7 de Zn; 0,06 de Ti; 0,15 de Zr. E: 2,0 de Cu; 1,9 de Mg; 5,7 de Zn; 0,08 de Zr e o restante preenchido por Al, respectivamente.

Preparação para microscopia

Para caracterizar a microestrutura do material as amostras preparadas metalograficamente sendo estas, lixadas, polidas e atacadas quimicamente com reagente Keller.

Já as micrografias foram feitas com um microscópio ótico Olympus BX51 integrada ao analisador de imagens ImagePro Plus.

Tratamentos térmicos

As condições utilizadas foram, na Etapa 1, a Solubilização da amostra à 475°C/ 6h e em seguida as amostras foram tratadas termicamente sob as seguintes condições: Envelhecimento natural, 25ºC / 144h; Envelhecimento artificial 120°C/ 20h e à 120°C/ 5h. Colocou-se as amostras e os corpos de prova foram nos fornos. Após transcorrido o tempo de tratamento térmico as amostras foram retiradas do forno e resfriadas em água.

Medidas de condutividade elétrica

Antes de se iniciar o teste propriamente dito, utilizou-se o padrão de alumínio de alumínio com 58,2% IACS de condutividade para aferir o equipamento. As leituras foram realizadas em sala refrigerada, com temperatura em torno de 22°C, com as amostras e a chapa padrão já em equilíbrio térmico.

Dureza Vickers

As medidas de dureza foram realizadas em um durômetro Leica VMHT MOT, com carga de 200 gf e tempo de aplicação de 15 segundos. As amostras foram previamente lixadas e polidas antes da execução dos tratamentos térmicos. Tiveram sua dureza medida nas seguintes condições:

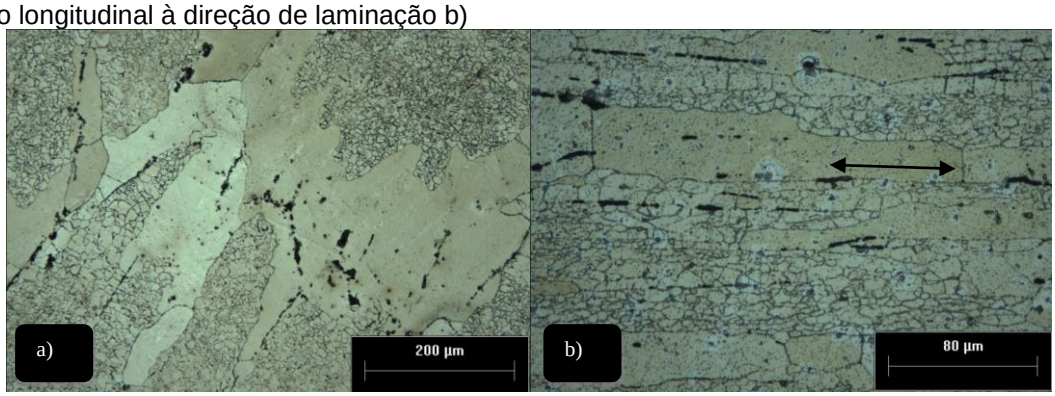
- Amostras no estado “como recebido” (T7451) e no estado solubilizado (W51);
- Amostras submetidas ao plano de tratamento térmico descrito anteriormente ;
- Amostras solubilizadas e envelhecidas naturalmente com os tempos de 1,25; 3; 7; 12; 24; 48; 72; 96; 120 e 144 horas.

Resultados e Discussão

Amostras no estado como recebido (T7451)

Antes da realização dos tratamentos térmicos nas amostras, foram realizadas micrografias da liga AA7050 em seu estado como recebido, ou seja, sob a condição superenvelhecida T7451. A Figura 1, mostram as micrografias das faces transversal e longitudinal ao sentido de laminação, respectivamente.

Figura 1 – Microestrutura da liga AA7050 na direção transversal à direção de laminação a) e na direção longitudinal à direção de laminação b)



Fonte: O Autor.

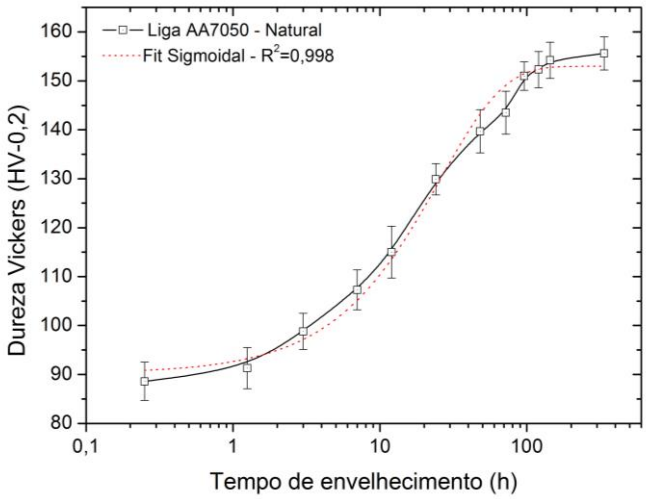
Na Figura 1 se pode observar que há uma diferença de tamanho de grão muito grande entre regiões vizinhas, essa heterogeneidade de microestrutura se deve ao processo de laminação a quente que levou ao crescimento anormal de alguns grãos.

Analisando as micrografias é possível ver que na Figura 1 (direção longitudinal), os grãos estão alinhados na direção de laminação, indicada pela seta. Isso é resultado da deformação plástica que o metal sofre no processo de laminação, que comprime os grãos deixando-os mais achatados.

Dureza Vickers e condutividade elétrica após envelhecimentos

O endurecimento por precipitação na liga AA7050, após solubilização, foi estudado tanto por envelhecimento natural como por envelhecimentos artificiais, onde a evolução dos valores de dureza passou de 89 HV para 156 HV. Tal evolução dos valores de dureza durante envelhecimento natural é apresentada no gráfico da Figura 2.

Figura 2 – Evolução dos valores de dureza Vickers da liga AA7050 durante envelhecimento natural à temperatura ambiente.



Fonte: O Autor.

A evolução dos valores de dureza durante envelhecimento artificial a 120ºC foram comentados anteriormente. Já na Tabela 3 são apresentados os resultados de medidas de condutividade elétrica para as mesmas amostras.

Tabela 1 – Evolução dos valores de dureza Vickers e da condutividade elétrica (%IACS) das amostras submetidas a envelhecimento artificial, realizado a 120°C, em função do tempo de tratamento térmico.

Tempo de envelhecimento (h)	Dureza (HV)	Condutividade elétrica (%IACS)
Solubilizada	89 ± 5	-
1	174 ± 4	28,4
2	181 ± 4	28,7
3	187 ± 3	29,2
4	192 ± 5	29,3
5	193 ± 4	29,5

6	195 ± 2	29,5
7	199 ± 4	29,6
8	198 ± 5	29,7
9	199 ± 2	29,9
10	198 ± 4	29,8
10,5	197 ± 2	30,3
12	199 ± 4	30,2
24	197 ± 4	30,4
36	205 ± 4	30,6
48	203 ± 2	31,0
100	211 ± 5	32,3

Como se pode verificar na 3, observa-se um aumento da dureza das amostras em função do tempo de tratamento térmico de envelhecimento ao qual foram submetidas. O aumento de dureza devido à formação de precipitados à base de zinco e magnésio resulta no aumento gradual da condutividade elétrica das amostras.

Este envelhecimento é mais intenso nas primeiras quatro horas de tratamento térmico, onde observam-se os maiores acréscimos na dureza do material, já com a amostra com 24 horas de tratamento há uma estagnação destes valores já nas amostras subsequentes, expostas respectivamente a 36 e a 48 horas de envelhecimento, apresentam leve aumento de dureza em relação à última amostra. Analisando os valores médios de dureza e conjunto com seus respectivos desvios-padrão, pode-se afirmar que a dureza da liga AA7050 envelhecida a 120ºC tende à estabilização a partir de aproximadamente 6 horas de envelhecimento.

Conclusões

A liga também contém partículas de intermetálicos que podem ser observados com a resolução do microscópio ótico. Essas partículas não são dissolvidas durante o tratamento térmico de solubilização. Tal solubilização resulta em aumento de 75% no valor de dureza da liga. O envelhecimento artificial, realizado a 120ºC, resultou no aumento da dureza e da condutividade elétrica da liga AA7050. Para tempos de até 100 horas de envelhecimento a 120ºC não foi observado o fenômeno de superenvelhecimento da liga, que resultaria na queda dos valores de dureza.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Marcio Ferreira Hupalo, que aceitou me orientar nesse tema de pesquisa. Ao Departamento de Engenharia de Materiais e ao CLABMU/UEPG pelas análises realizadas durante o desenvolvimento do projeto.

Referências

1 STARKE, E.A., STANLEY, J.T. Application of modern aluminum alloys to aircraft. **Progress in Aerospace**, v. 32, p. 131-172, 1996.

2 SHA, G., CEREZO, A. Early-stage precipitation in Al-Zn-Mg-Cu alloy (7050). **Acta Materialia**, v. 52, n. 15, p. 4503-4516, 2004.