

CARACTERIZAÇÃO METALGRÁFICA DA LIGA DE ALUMÍNIO 2024 APÓS LAMINAÇÃO CRIOGÊNICA E ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL

Nadine Praxedes Guerra¹, Júlio César Dutra²

¹ Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

² Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Universitário FEI
nadine.praxedes@hotmail.com¹; jdutra@fei.edu.br²

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo estudar as consequências microestruturais de chapas da liga de alumínio 2024 após a realização do encruamento em temperatura ambiente e temperatura criogênica e do tratamento de endurecimento por envelhecimento natural e artificial. As amostras que possuíam maior dureza passaram pelo exame metalográfico. Notou-se que o tamanho médio de grão das amostras criolaminadas e envelhecidas artificialmente é menor que aquele das amostras criolaminadas e envelhecidas naturalmente, além dessa última ainda possuir grãos alongados.

1. Introdução

Ligas de alumínio submetidas ao processamento mecânico e tratamento térmico podem atingir um aumento considerável em suas propriedades mecânicas quando elas são submetidas ao tratamento térmico por envelhecimento (endurecimento por precipitação) com tempos e temperaturas controladas [1].

O endurecimento por precipitação ou endurecimento por envelhecimento em ligas metálicas é uma das técnicas utilizadas para aumentar a resistência e a dureza do material [2]. Ele ocorre em três etapas fundamentais: solubilização, resfriamento rápido e envelhecimento; o envelhecimento natural é feito em temperatura ambiente enquanto o artificial é feito em temperaturas elevadas e controladas [1].

Este endurecimento advém do desenvolvimento de partículas de segunda fase no interior da matriz. As partículas atuam como obstáculos ao movimento das discordâncias, e como consequência, aumentam a resistência mecânica da liga tratada termicamente [3].

Espera-se que o tratamento de envelhecimento posterior à laminação em temperatura criogênica resulte em uma estrutura ultrafina de grãos, aumentando sua resistência sem perder propriedades na ductilidade, quando comparada com aquela obtida pela laminação convencional a temperatura ambiente.

2. Metodologia

As amostras utilizadas neste projeto foram provenientes de outro projeto de iniciação científica realizado simultaneamente pelo aluno de Engenharia Mecânica Marcello Van Moorsel sob orientação do Professor Júlio César Dutra (PBIC 078/17) [4], que teve como objetivo acompanhar os valores da resistência e dureza sem que a ductilidade fosse comprometida por dois diferentes processamentos: solubilização, resfriamento rápido, laminação e envelhecimentos natural e artificial e solubilização, resfriamento rápido,

criolaminação e envelhecimentos natural e artificial. Naquele trabalho, foram processadas 12 amostras, divididas em 3 amostras para cada grupo.

A partir das medições de dureza daquele trabalho [4], as amostras que apresentaram maior valor de dureza (pico da curva de envelhecimento) foram submetidas à caracterização da microestrutura.

Para essa caracterização, as chapas da liga de alumínio 2024 foram submetidas à preparação metalográfica, do seguinte modo: escolha da seção a ser cortada, embutimento da amostra em resina a frio, lixamento mecânico nas lixas de granulação mesh 320, 400 e 600 seguido de polimento com pasta de diamante de 6 e 3 μm e final com sílica coloidal. O ataque químico para observação ao microscópio óptico foi feito com Keller, de acordo com Zipperian [5].

3. Resultados

A Figura 1 mostra a curva de envelhecimento dos grupos que alcançaram maior dureza e passaram pela caracterização metalográfica. Nota-se que as amostras do grupo G4 atingiram o maior valor de dureza após o envelhecimento artificial na temperatura de 200 °C.

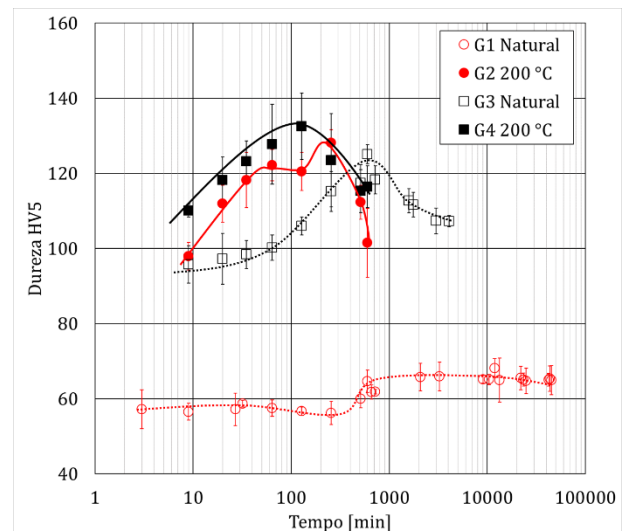


Figura 1 – Curva de envelhecimento das amostras que mostraram maior ganho de dureza. ○ ou ● (laminação convencional) e □ ou ■ (criolaminação).

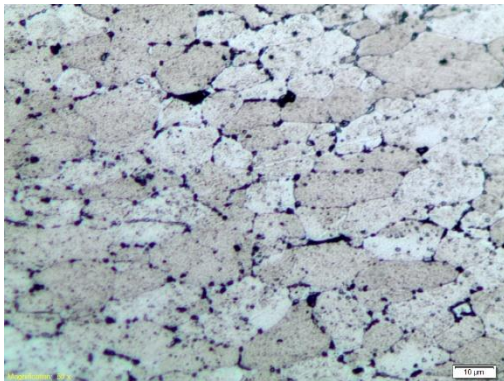
A dureza das amostras embutidas para a caracterização pode ser observada na Tabela I, a seguir. O processo G1 corresponde ao processamento envolvendo a laminação convencional e envelhecimento natural; já o processo G2 corresponde ao processamento

envolvendo a laminação convencional e envelhecimento artificial a 200 °C; o processo G3, por sua vez, corresponde ao processamento envolvendo a criolaminação e envelhecimento natural e finalmente o processo G4 corresponde ao processamento envolvendo a criolaminação e envelhecimento artificial a 200 °C. Nota-se que o maior valor de dureza corresponde ao processo G4 enquanto o menor valor encontrado foi o processo G1, ou seja, a criolaminação seguida do envelhecimento artificial levou a valores superiores de dureza nos tempos investigados por Moorsel e Dutra [4].

Tabela I – Dureza Vickers das amostras embutidas.

Processo	Recebido	G1	G2	G3	G4
Dureza	57	65	89	78	120

A Figura 1, a seguir, apresenta as microestruturas das amostras criolaminadas e envelhecidas naturalmente e artificialmente, ou seja, dos grupos G3 e G4. Nota-se que o tamanho médio de grão da amostra criolaminada e envelhecida artificialmente, cerca de 6 µm, é menor que aquele da amostra criolaminada e envelhecida naturalmente, cerca de 8 µm. Além disso, é possível notar que a amostra envelhecida naturalmente ainda guarda o formato apanhecado dos grãos, caracterizando o estado encruado. Além disso, parece haver mais partículas de segunda fase na amostra criolaminada e envelhecida artificialmente.



(a)



(b)

Figura 2 - Micrografias da liga criolaminada e (a) envelhecida artificialmente a 200 °C e (b) envelhecida naturalmente.

4. Conclusões

O presente trabalho permitiu depreender as seguintes conclusões:

O tamanho médio de grão das amostras criolaminadas e envelhecidas artificialmente é menor que que aquele das amostras criolaminadas e envelhecidas naturalmente;

A recristalização parece ter ocorrido de maneira profícua na amostra criolaminada e envelhecida artificialmente;

A amostra criolaminada e envelhecida naturalmente guarda uma estrutura de grãos encruados;

As partículas de segunda fase são nítidas e em maior quantidade para as amostras envelhecidas artificialmente.

5. Referências

- [1] M.H. Jacobs, **Precipitation Hardening**. (2014) TALAT Lecture. Birmingham: Talat.
- [2] R. Reed-Hill; R. Abbaschian, **Physical Metallurgy Principles**. (1992), Boston: Publishing Company.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. **Guia Técnico do alumínio: Tratamento térmico**. (2003), v.6, São Paulo.
- [4] M.V. Moorsel; J.C. Dutra, Desenvolvimento e avaliação do processo de solubilização, laminação em temperatura criogênica e envelhecimento da liga 2024. (2018) **Relatório Final de IC**, 55p.
- [5] D. Zipperian, **Metallographic Handbook**. Pace Technologies. (2001) v.1, USA.
- [6] T. Shanmugasundaram; B.S Murty; V. Subramanya Sarma, Scripta Materialia. 54 (2006) p. 1013-1017.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pelo financiamento do projeto de iniciação científica PBIC 158/17 e ao Laboratório de Materiais, pelo seus técnicos e equipamentos para a realização do estudo.

¹ Aluna de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 10/17 a 09/18.

² Professor Doutor do Departamento de Engenharia de Materiais do Centro Universitário FEI.