

## Influência da temperatura na cinética de envelhecimento da liga de Alumínio AA6061

Otávio Fabris Gama<sup>1\*</sup>, Danielle Cristina Camilo Magalhães<sup>2</sup>, Vitor Luiz Sordi<sup>3</sup>

1. Estudante de IC da Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, São Carlos/SP; \*otaviofg@gmail.com

2. Doutoranda do PPG-CEM / UFSCar - Co-orientadora

3. Professor do Departamento de Engenharia de Materiais - Orientador - UFSCar, São Carlos/SP

Palavras-Chave: Cinética, Precipitação, Alumínio 6061

### Introdução

AA6061 é uma liga comercial (Al-Mg-Si) que pode ser endurecida por precipitação por meio de tratamentos térmicos de envelhecimento, a partir da solução sólida supersaturada (SSSS) obtida após solubilização e resfriamento rápido. A cinética de precipitação desta família de ligas tem sido extensivamente estudada, porém os efeitos da combinação de deformação e tratamento térmico ainda são pouco compreendidos. A seqüência de precipitação pode ser descrita como: SSSS → clusters de Mg e de Si → dissolução dos clusters de Mg → formação de co-clusters de Mg/Si →  $\beta''$  → B' e  $\beta'$  →  $\beta$ -Mg<sub>2</sub>Si, sendo que a fase  $\beta''$  é associada com a máxima resistência atingida [1]. Este trabalho procura analisar a influência da temperatura de envelhecimento na cinética de precipitação desta liga; insere-se no grupo de pesquisa como a etapa inicial de um projeto que visa estudar a conformação desses materiais em temperaturas próximas à do Nitrogênio líquido, como uma estratégia para a supressão parcial dos efeitos da recuperação dinâmica e consequente aumento da densidade de defeitos gerados na deformação. Tais defeitos atuam como pontos de nucleação para a precipitação, o que se reflete diretamente nas propriedades mecânicas. O objetivo final é estabelecer as condições de deformação e de tratamentos térmicos que maximizem o par resistência - ductilidade.

### Resultados e Discussão

Amostras da liga AA6061 com dimensões 10x10x10 mm foram solubilizadas a 530 °C durante duas horas, seguido de resfriamento rápido em água. Na seqüência, as amostras foram envelhecidas a: 25 °C (temperatura ambiente), 100 °C (em banho de óleo) e 170 °C (banho de sal fundido). Neste trabalho todas as amostras partem da condição SSSS e não sofrem conformação mecânica. Os tempos de tratamento variaram de 0,5 h a 3000 h e foi registrada a variação da dureza Vickers com o tempo de envelhecimento, conforme mostra a Fig. 1.

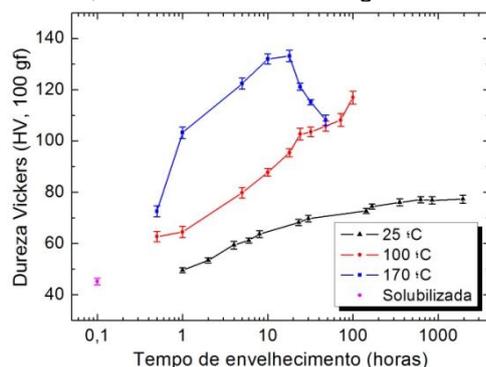


Fig. 1 - Cinética de envelhecimento da liga AA6061 em diferentes temperaturas.

Nota-se, que a dureza aumenta rapidamente no tratamento a 170 °C, atingindo a máxima dureza em torno de 18 horas (formação de  $\beta''$ ). Já nas curvas de 25 °C e 100 °C, este pico de dureza não foi atingido, sendo a cinética retardada em função da temperatura. Para o caso do envelhecimento natural (25 °C), a dureza aumentou rapidamente nas primeiras horas estabilizando em torno de 300 h; esse efeito pode ser associado com a formação de co-clusters de Mg e Si.

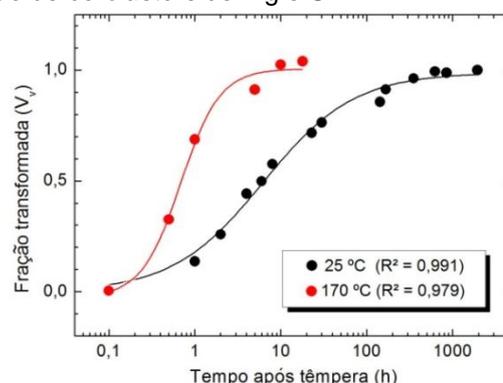


Fig. 2 - Fração transformada de precipitados no envelhecimento da liga AA6061, com os respectivos ajustes sigmóides.

A Fig. 2 mostra a fração transformada de precipitados com o tempo de envelhecimento, obtida a partir da normalização dos dados da Fig. 1. Os dados para 100 °C foram omitidos uma vez que, com os tempos de envelhecimento empregados, não foi alcançada uma estabilização ou pico de dureza. Nota-se que a fração transformada equivalente a 50% é atingida em menos de uma hora a 170 °C; a 25 °C esta mesma fração é alcançada em seis horas, indicando que há forte influência da temperatura na cinética de precipitação.

### Conclusões

Verificou-se que, no envelhecimento natural (25 °C), a dureza estabiliza a partir de 300 horas e que, com o controle da temperatura de envelhecimento, pode-se acelerar o processo e elevar os picos de dureza máxima. A partir desses resultados, será aplicada a deformação criogênica, com qual espera-se modificar a cinética de precipitação e obter níveis mais elevados de dureza e resistência mecânica.

### Agradecimentos

À FAPESP e ao CNPq pelo suporte financeiro ao Grupo.

### Referências

[1] EDWARDS, G. A. *et al*, **The Precipitation Sequence in Al-Mg-Si Alloys**. Acta Materialia, v. 46, n. 11, p. 3893-3904, 1998.