

# Caracterização Microestrutural de Solda por FSW (Friction Stir Welding) em ligas não-ferrosas (Liga de Alumínio ASTM 6060 T5 e liga de Cobre ASTM-B-Liga 110)

## 1. Introdução

O processo de soldagem por fricção (*Friction Stir Welding* - FSW) é uma tecnologia recente e em desenvolvimento, que permite a união de estruturas metálicas. A solda é feita através do calor gerado pelo atrito de uma ferramenta não consumível em alta rotação e a chapa, ocorrendo uma mistura mecânica entre os materiais.

Soldas por fricção ocorrem no estado sólido, e, com isso, reúnem algumas vantagens sobre os processos convencionais de soldagem por fusão. Problemas associados com o resfriamento e solidificação da poça líquida são eliminados. Como por exemplo, absorção de gases, porosidade, segregação de soluto, trinca de solidificação, entre outros.

Por ser um processo de grande praticidade e facilmente automatizado, a técnica de soldagem por FSW possui um grande potencial de aplicação na indústria automobilística, naval e aeroespacial.

Este trabalho tem por objetivo caracterizar a junta soldada de chapas sobrepostas de alumínio e cobre pela técnica FSW. Para tal foi realizada investigação metalográfica, e perfis de microdureza Vickers.

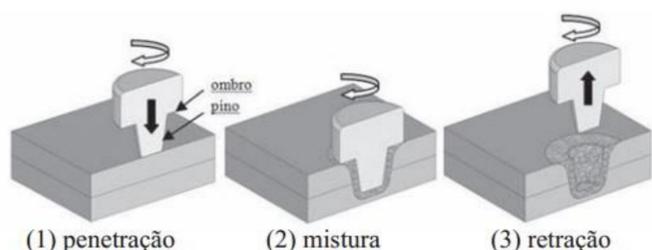


Figura 1. Desenho esquemático do processo.

## 2. Materiais e Métodos

Os materiais escolhidos para a soldagem foram liga de Cobre ASTM-B-Liga 110 (material praticamente puro), sobreposto pela liga de Alumínio ASTM 6060 T5. As composições químicas estão representadas pela tabela 1. Para a soldagem das chapas utilizou-se a Máquina de Processos por Fricção (Centauri D 800 Romi), localizada no laboratório de usinagem em Alegrete.

Material	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Ti	Zn	Cr	Outros
Alumínio	0,10	0,10 0,30	0,35 0,60	0,10	0,30	0,10	0,10	0,050	0,150
Cobre	99,90	-	-	-	-	-	-	-	0,10

Tabela 1: Composição química dos componentes (% em massa)

Os parâmetros de soldagem foram: velocidade de avanço 10 mm/min, profundidade de penetração 4,4 mm, ângulo da ferramenta 3,2° e rotações de 800, 900 e 1000 rpm.

Foram realizados perfis de microdureza Vickers, com carga de 0,3 Kgf e espaçamento de 0,4 mm, nas seções transversais e longitudinais conforme indica a figura 2. Utilizou-se dois tipos de reagentes para revelação microestrutural: 0,5% de ácido fluorídrico para atacar o Alumínio e uma mistura de mesma proporção de (H<sub>2</sub>O + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + Hidróxido de Amônia) para atacar o Cobre.

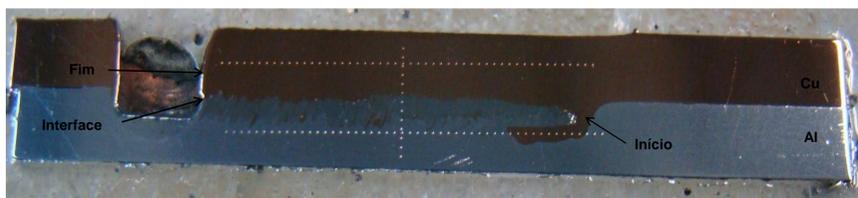


Figura 2. Imagem indicando o início e o fim da solda, a região da interface e a localização dos perfis de microdureza na amostra longitudinal.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Análise Macroestrutural

Na análise macroestrutural observam-se descontinuidades, ao longo de toda solda. Dentre as três rotações testadas, a de 1000 rpm resultou em um melhor resultado. Na região da interface nota-se que há uma mistura entre os dois materiais, com partículas de cobre no alumínio, característica da soldagem por FSW.

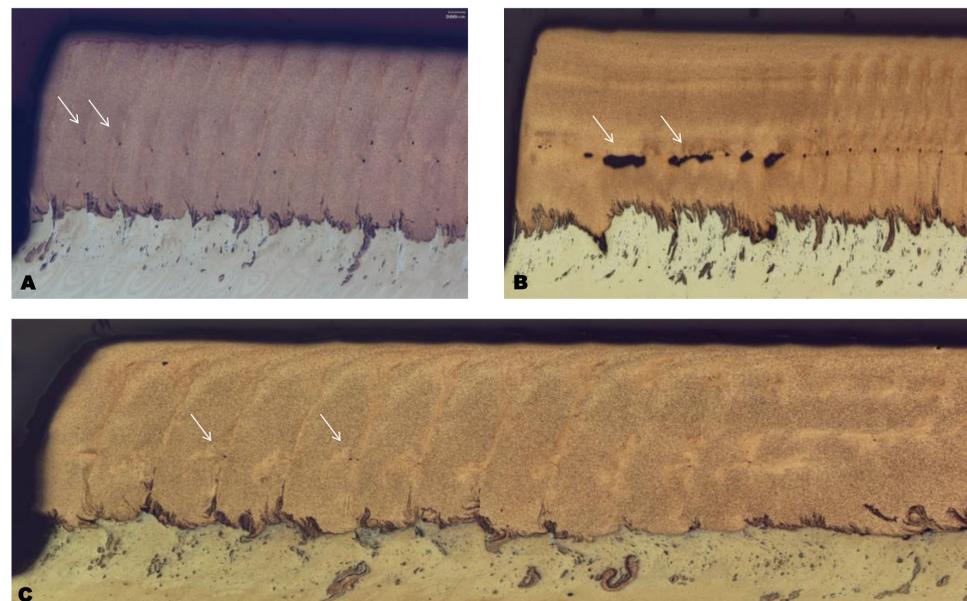


Figura 3. Macrografias evidenciando as descontinuidades na zona central da chapa de cobre (A) 800 rpm; (B) 900 rpm; (C) 1000 rpm.

### 3.2 Análise Microestrutural

O resultado das análises microestruturais mostram um refinamento tanto da microestrutura do cobre quanto do alumínio na zona processada. Na interface, além de vazios, constatou-se a formação de uma fase intermetálica, o que ficou comprovado pela elevada dureza apresentada pela mesma.

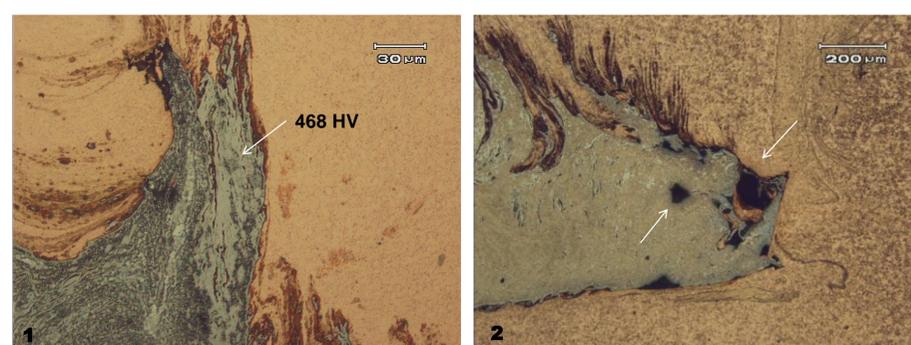


Figura 4. A imagem 1 apresenta a fase intermetálica e valor da microdureza medida (468 HV), indicado pela seta. Na imagem 2 observa-se a presença de vazios no início da solda indicado pelas setas.

## 4. Considerações Finais

- Não houve união metalúrgica satisfatória, apresentando significativa quantidade de descontinuidades na junta soldada.
- Foi verificado refino microestrutural na região processada da solda e não foi observado mudança significativa de microestrutura nos materiais ao variar a rotação.
- Na análise microestrutural verificou-se a existência de uma fase intermetálica (região indicada pela seta na figura 4), o que foi comprovado pelo ensaio de microdureza realizado, no qual a fase apresentou uma dureza mais elevada do que os substratos.