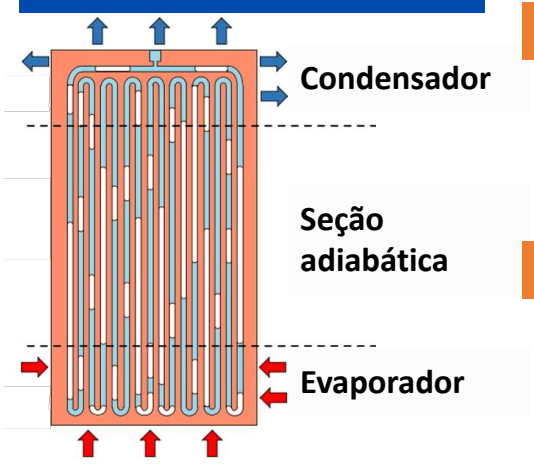
cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Desenvolvimento do processo de união por difusão com fase líquida transiente (TLP) em AA1100 com intercamadas de Cu e Si para manufatura de tubos de calor

Caldas, L.A.[1]; Aguilar, V.C.[1]; Spohr, H.[1]; Amaral, M.C.[1]; Muller, B.[1] ; Xavier, F.A.[1] , Mantelli, M.H.M.[1]
[1]Universidade Federal de Santa Catarina - EMC/UFSC

Introdução

Tubos de calor



O que são ?
- ✓ Dispositivos passivos;
- ✓ Transferir calor;
- ✓ Mudança de fase;

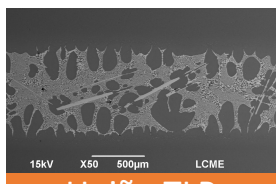
Principais vantagens
- ✓ Baixa complexidade;
- ✓ Elevada condutividade térmica;
- ✓ Elevada homogeneidade;

Aluminío



Soldagem

- Densidade
- Preço
- ✚ Resistência a corrosão



União TLP

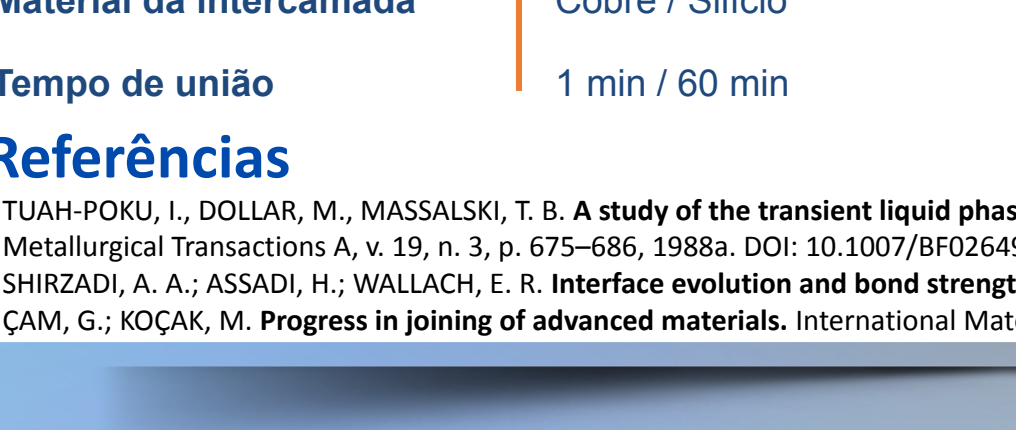
Obstáculo → Camada de óxido → Alternativa

União TLP

Adição de intercamada
Formação de fase líquida transiente

Parâmetros de união
Temperatura, tempo e pressão

Óxidos de elevada estabilidade
Fragmentação da camada de óxido



Objetivo

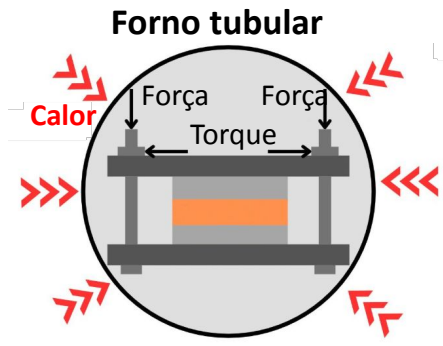
Desenvolver a técnica de união por difusão com fase líquida transiente para liga de alumínio AA1100 para manufatura de tubos de calor.

Metodologia

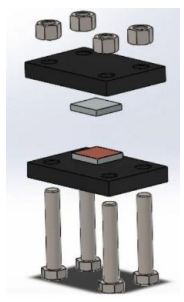
Parâmetros de união

Temperatura	600 °C
Pressão	8 MPa
Acabamento de superfície	Lixamento #220
Atmosfera	1 Atm. (95% Ar + 5%H_2)
Tipo de intercamada	Chapa metálica - 300 µm
Material da intercamada	Cobre / Silício
Tempo de união	1 min / 60 min

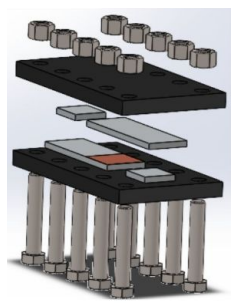
Fabricação das amostras



30 x 30 mm²



100 x 35 mm²



Ensaios realizados

- Inspeção visual
- Microscopia ótica
- Ensaios de cisalhamento

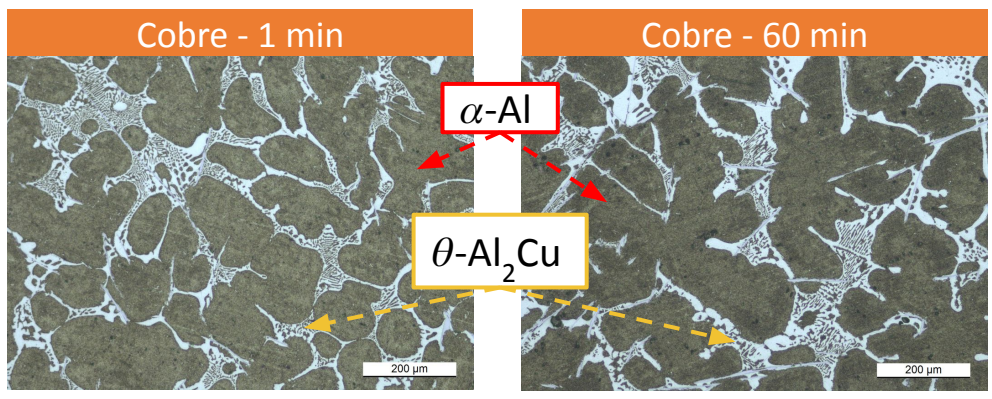
Resultados

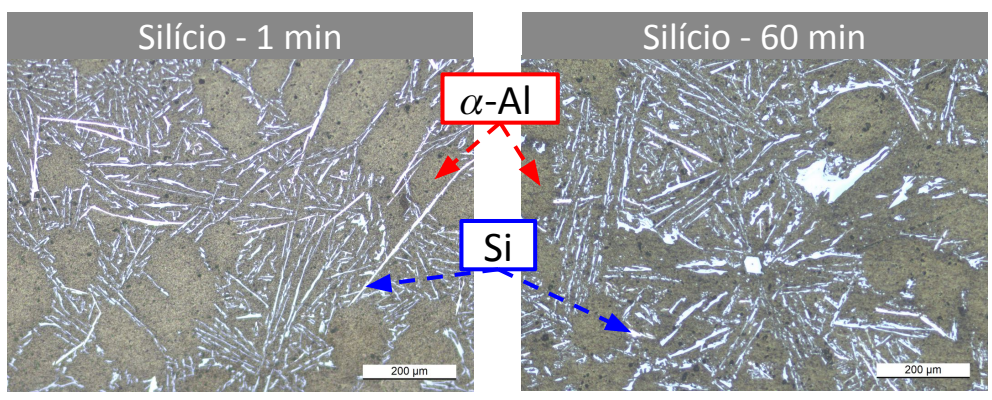
Inspeção visual



O que foi observado ?
- ✓ Difusão da intercamada;
- ✓ Formação excessiva de fase líquida;
- ✓ Perda de geometria;

Microscopia ótica





Ensaios de cisalhamento

Resistência máxima [MPa]	
Cu - 1 min	6,54 ± 3,11 MPa
Cu - 60 min	7,95 ± 0,89 MPa
Si - 1 min	Rompeu durante o manuseio
Si - 60 min	8,20 ± 1,15 MPa

↑ Tempo de união
↑ Solid. Isotérmica
↑ Resist. mecânica

Conclusões

Com exceção da condição Si - 1 min, as demais foram capazes de unir o par da liga de alumínio AA1100.

A espessura de intercamada de 300 µm demonstrou ser excessiva para ambas composições, causando vazamento do líquido e perda de geometria.

Para ambas intercamadas, o tempo de união de 60 minutos apresentou melhor desempenho, com maior valor médio de tensão máxima e menor desvio padrão.

Referências

TUAH-POKU, I., DOLLAR, M., MASSALSKI, T. B. **A study of the transient liquid phase bonding process applied to a Ag/Cu/Ag sandwich joint**. Metallurgical Transactions A, v. 19, n. 3, p. 675–686, 1988a. DOI: 10.1007/BF02649282
SHIRZADI, A. A.; ASSADI, H.; WALLACH, E. R. **Interface evolution and bond strength in diffusion bonding.** Surface and Interface Analysis, 2001.
ÇAM, G.; KOÇAK, M. **Progress in joining of advanced materials.** International Materials Reviews, 1998.