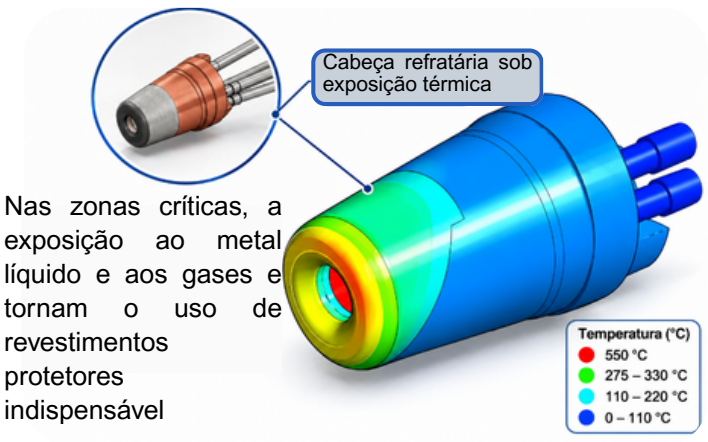
cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Utilização da liga de alumínio S6000 como alternativa sustentável na aluminização de cobre

Pedro da Silva Machado[1]; Bruno Abreu Bon[2]; Sinara Borborema[3]; Tessie Gouvêa da Cruz Lopes[1];
Renata Nunes de Oliveira[1]; Belmira Benedita de Lima-Kühn[1]
1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2. Universidade de São Paulo; 3.Universidade do Estado do Rio de Janeiro
psmachado@ufrrj.br

Introdução

A demanda por eficiência termomecânica em equipamentos que operam sob elevado gradiente térmico, impõe o uso de métodos eficazes contra a degradação por oxidação [1-3]. A busca por processos que reduzam custos operacionais impulsiona a substituição de materiais puros por alternativas viáveis. Diante disso, a liga de alumínio S6000 amplamente comercializada e passível de reciclagem atua como agente doador no processo de aluminização do cobre a 850 °C via cementação em pacote, permitindo o reaproveitamento de materiais metálicos na indústria sem comprometer a integridade metalúrgica do revestimento produzido [4].



Nas zonas críticas, a exposição ao metal líquido e aos gases e tornam o uso de revestimentos protetores indispensável

Figura 1. Ventaneira de Alto forno e sua distribuição de temperatura (adaptado de [1]).



Figura 2. Comparação de custos da liga S600 e o Alumínio puro (Adaptado de [4]).

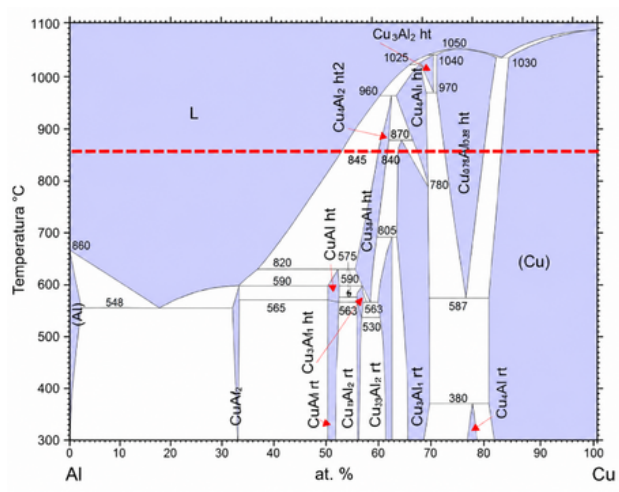


Figura 3. Diagrama de fases Al-Cu, com indicação da temperatura de processo de revestimento à 850°C [5].

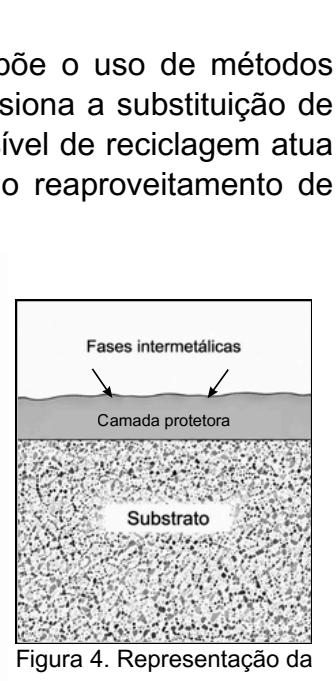
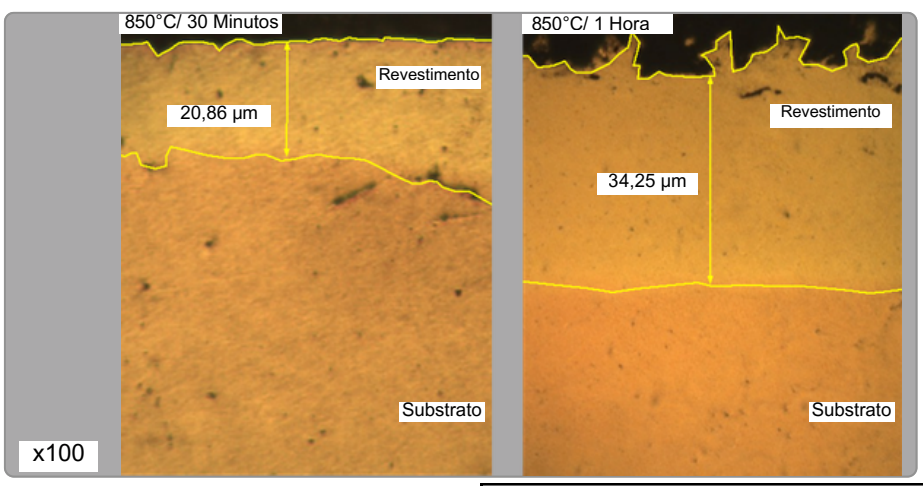


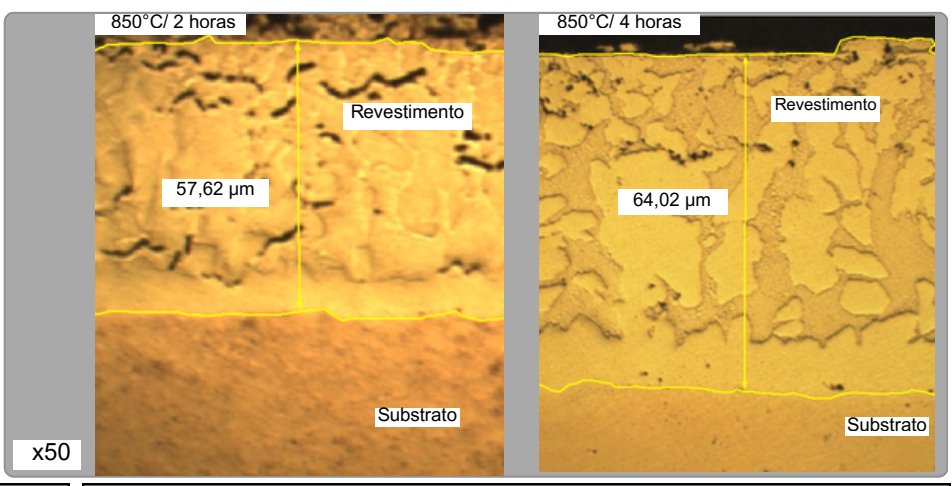
Figura 4. Representação da cementação em pacote (Adaptado de [2]).

Materiais e Métodos



Resultados e Discussão





Equação Geral de Kofstad

$$\Delta x^n = k \times t$$

$$\log_{10}(\Delta x) = n^{-1} \times \log_{10}(t) + C$$

Inclinação 1/n	n	R^2
0,56	1,77	0,94

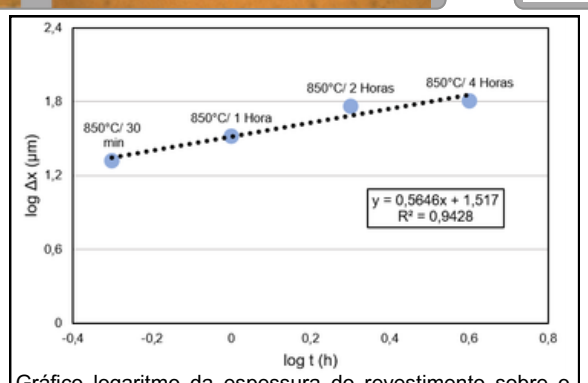
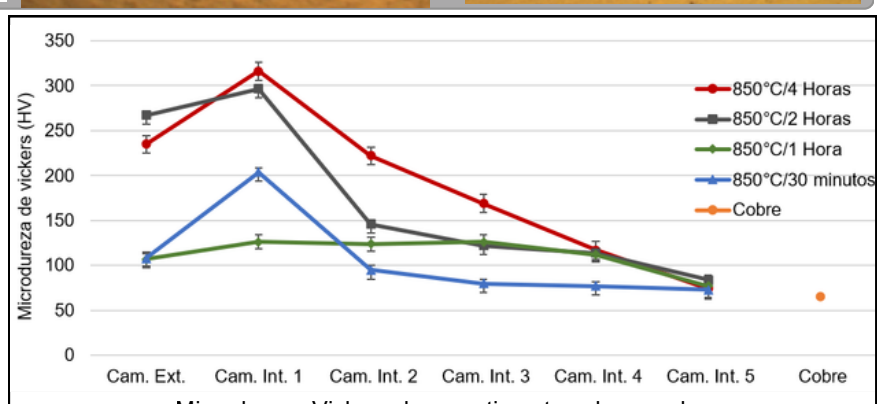


Gráfico logaritmo da espessura do revestimento sobre o cobre em função do tempo de 30 minutos, 1, 2 e 4 horas de deposição.



Microdureza Vickers do revestimento sobre o cobre

Conclusões

As análises de microscopia óptica e de microdureza confirmaram a formação de revestimentos com fases ricas em alumínio na superfície do cobre, resultando em um aumento da dureza superficial deste substrato. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a liga S6000 é uma alternativa viável a aluminização via cementação em pacote.

Referências

[1] VIEIRA JÚNIOR, E. et al. Análise do escoamento das ventaneiras dos altos-fornos da Ternium Brasil. In: 51º Seminário de Redução de Minérios e Matérias-Primas, São Paulo: ABM, 2023;
[2] GUOXIN, Zhengxia et al. Microstructure and corrosion resistance of simultaneous Al-Fe coating on copper by pack cementation. Surface and Coatings Technology, v. 203, p. 3392-3397, 2009;
[3] NUNNENKAMP, L. A. Aluminização via HAPC de cobre e liga de inconel modificada visando aplicação em ventaneiras de alto-forno. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, 2022;
[4] INDEXMUNDI. Alumínio - Preços de Mercado. Disponível em: https://www.indexmundi.com. Acesso em: 13 nov. 2026;
[5] ASM INTERNATIONAL. Al-Cu Phase Diagram. Alloy Phase Diagrams. Materials Park, Ohio: ASM International, 2018.

Agradecimentos

CAPES
CNPq
PROPPGI Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação
UFRRJ