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

Produção e caracterização de compósitos Pb–Carbeto para a produção de grades metálicas positivas para baterias chumbo-ácido

Caio Marcello Felbinger Azevedo Cossú[1,*], Heverson Renan de Freitas[3], Monique Osorio Talarico da Conceição[1], Liana Alvares Rodrigues[2], Marcos Antonio Coelho Berton[3] e Carlos Angelo Nunes[2]

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro (FAT/ UERJ); 2. Universidade de São Paulo (EEL/ USP); 3. Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica (ISI-SENAI)

caio.cossu@fat.uerj.br

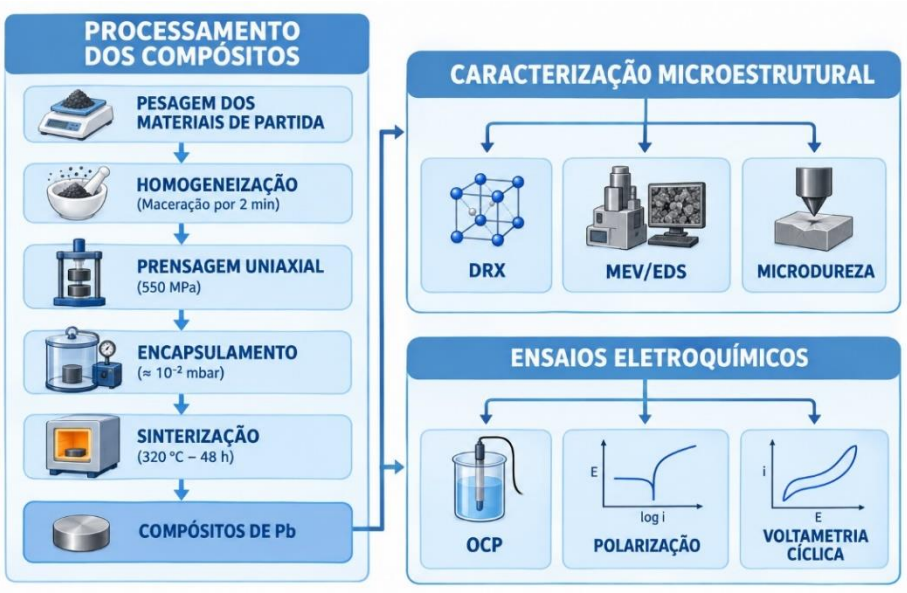
Introdução

As baterias chumbo-ácido são amplamente empregadas no armazenamento de energia por seu baixo custo, confiabilidade e facilidade de fabricação. Durante a descarga/carga, ocorre a formação e a redução de $PbSO_4$ nas placas (Teoria do Duplo Sulfato) [1,2]. O crescimento de cristais de $PbSO_4$ sobre os eletrodos provoca a sulfatação, que reduz a área ativa, aumenta a resistência elétrica e dificulta a reversão das reações, causando perda de capacidade, menor eficiência e menor vida útil [3]. A incorporação de partículas de SiC e TiC à matriz de Pb promove a inibição do crescimento dos cristais de $PbSO_4$ e melhorar, significativamente, a condutividade elétrica e as propriedades mecânicas das grades metálicas.

Objetivos

Produzir e caracterizar compósitos de chumbo com partículas de carbeto (TiC e SiC) pela rota de metalurgia do pó, avaliando sua influência na microestrutura, nas propriedades mecânicas e no comportamento eletroquímico, visando à fabricação de grades metálicas para baterias chumbo-ácido.

Metodologia



Conclusões

Os compósitos Pb–Carbeto, produzidos por metalurgia do pó e sinterizados a 320°C/ 48 h, atingiram densidade relativa de 93–95%, com dispersão de partículas de SiC e TiC na matriz de Pb. Constatou-se que os carbetos melhoraram as propriedades mecânicas e eletroquímicas: microdureza Vickers 10% superior à de ligas de Pb da literatura, E_{corr} próximo ao do Pb (−0,53 a −0,57 V vs ECS) e menor j_{corr}, indicando maior resistência à corrosão. Após 100 ciclos, houve deslocamento de +0,2 mV (vs ECS), reduzindo a evolução de O_2 nas grades positivas; o aumento de $i_{p,a}$ e $i_{p,c}$ indica melhor condutividade elétrica nas transformações $PbSO_4 \rightleftharpoons PbO_2$ e $Pb \rightleftharpoons PbSO_4$, com destaque para o compósito Pb-1TiC.

Resultados e Discussão

Fig. 1 – Difratrometria de raio X do Pb e do compósito Pb–1SiC, sinterizado (320°C/ 48 h), sob vácuo primário (10^{-2} mbar).

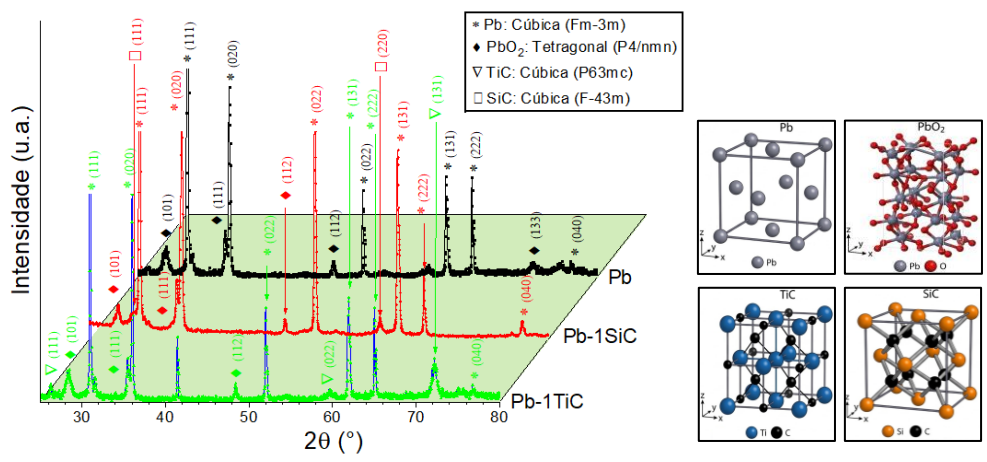


Fig. 2 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS) dos compósitos sinterizados (320°C/ 48 h), sob vácuo primário (10^{-2} mbar): (i) Pb–1SiC; (ii) Pb-1TiC.

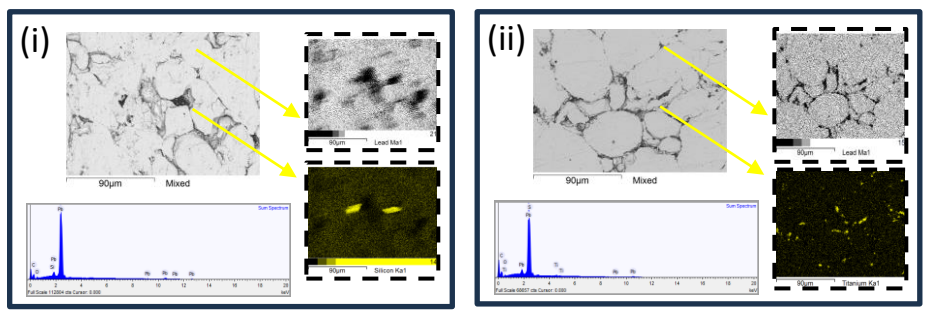


Fig. 3 – Comparação da microdureza Vickers entre ligas de Pb de referência para baterias chumbo-ácidas (VRLA), Pb laminado a frio e compósitos Pb sinterizados (320°C/ 48 h) sob vácuo primário (10^{-2} mbar)

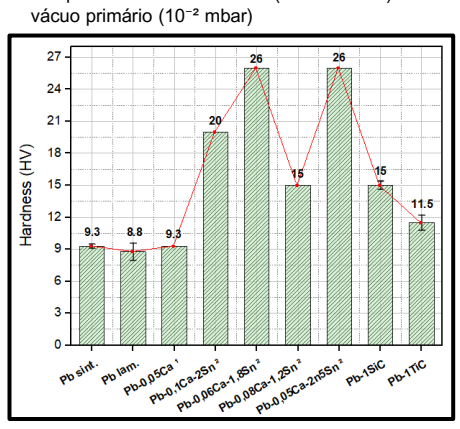


Fig. 4 – Comparação das curvas de OCP do Pb e compósitos Pb sinterizados (320°C/ 48 h) sob vácuo primário (10^{-2} mbar)

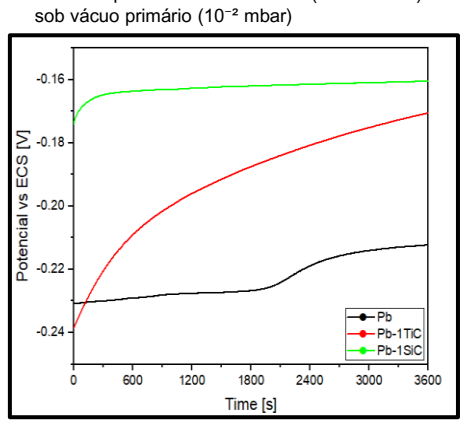


Fig. 5 – Comparação das curvas de polarização potenciodinâmica do Pb e compósitos Pb sinterizados (320°C/ 48 h) sob vácuo primário (10^{-2} mbar)

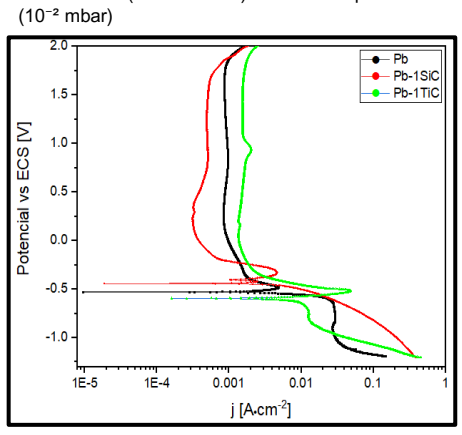


Fig. 6 – MEV dos compósitos Pb-Carbeto sinterizados (320°C/ 48 h) sob vácuo primário (10^{-2} mbar), após 100 ciclos em solução de 4,91 mol•L^{-1} H_2SO_4: (i) Pb-1TiC; e (ii) Pb-1SiC

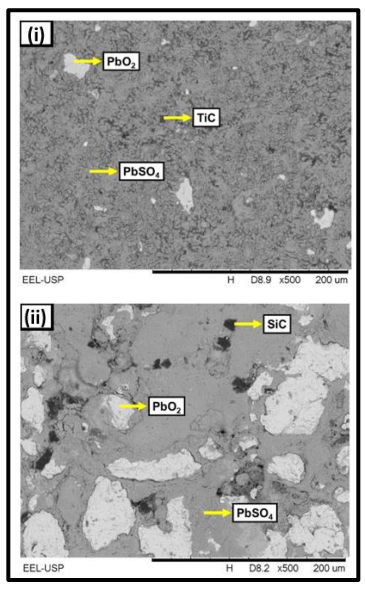
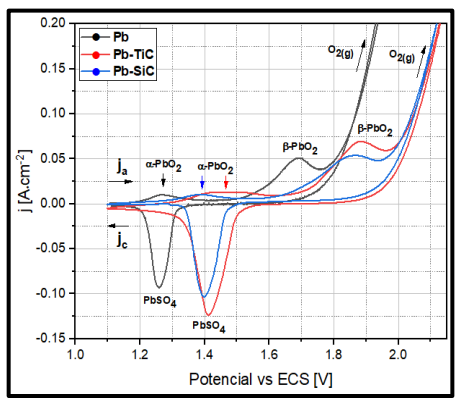


Fig. 7 – Comparação das curvas de voltametria cíclica após 100 ciclos em solução de 4,91 mol•L^{-1} H_2SO_4 do Pb e compósitos Pb sinterizados (320°C/ 48 h) sob vácuo primário (10^{-2} mbar)



Referências e Agradecimentos

[1] LUPI, C.; PILONE, D. New lead alloy anodes and organic depolariser utilization in zinc electrowinning. **Hydrometallurgy**, v. 44, n. 3, p. 347-358, 1997.

[2] HILGER, J. P. How to decrease overaging in Pb-Ca-Sn alloys. **Journal of Power Sources**, v. 72, p. 184-188, 1998.

[3] COSSU, C. M. F. A.; FREITAS, H. R.; CONCEIÇÃO, M. O. T.; RODRIGUES, L. A.; BERTON, M. A. C.; NUNES, C. A. Production and characterization of Pb-Carbon composite for manufacturing metal grids applied in lead-acid batteries. **Materials Research**, v. 27, e20240001, 2024.

Os autores agradecem ao CNPq pelo suporte financeiro e a infraestrutura das instituições FAT/UERJ e EEL/USP.