ESTUDO DA FORMAÇÃO DE FASES INTERMETÁLICAS EM AÇO AISI H13 UTILIZADO NO PROCESSO HPDC IMERSO EM ALUMÍNIO LÍQUIDO

Geovanne S. Santana, Raul E. de Sousa, Athos H. Plaine

INTRODUÇÃO

O alumínio e suas ligas ocupam posição de destaque na fabricação de materiais metálicos não ferrosos, impulsionados substancialmente pelas demandas do setor automotivo. As propriedades únicas do alumínio tornam-no um material essencial para a indústria automotiva moderna, permitindo a criação de veículos mais leves, eficientes, seguros e sustentáveis. Atualmente, entre os processos de fabricação automotiva, a fundição sob pressão (High-Pressure Die Casting – HPDC) de alumínio é uma das tecnologias mais proeminentes, sendo as ligas hipoeutéticas da família Al-Si-Cu as mais utilizadas. No entanto, o contato contínuo entre a matriz de aço e o alumínio líquido sob altas pressões e temperaturas desencadeia o fenômeno conhecido como soldagem do molde (*die soldering*). Essa adesão ocorre quando o alumínio da liga reage com o ferro da matriz, formando camadas de fases intermetálicas frágeis que se depositam na superfície do molde. Esses intermetálicos dificultam a extração das peças, comprometem a qualidade superficial e reduzem drasticamente a vida útil da ferramenta. Diante desse desafio, o presente trabalho tem como objetivo investigar a cinética de formação e a evolução morfológica dessas fases intermetálicas formadas na superfície do molde por meio de ensaios de imersão.

DESENVOLVIMENTO

Amostras de aço AISI H13 foram confeccionadas em formato prismático e imersas em um banho de liga comercial de alumínio mantido a uma temperatura entre 720 °C e 725 °C. O tempo total de ensaio foi de 16 horas, distribuído em intervalos de exposição de 1 h, 2 h, 4 h, 8 h e 16 h para cada corpo de prova. O resfriamento e a preparação metalográfica seguiram procedimentos padronizados, utilizando-se Nital 3% para a revelação por ataque químico. A caracterização da interface foi realizada por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia de Dispersão de Energia (EDS).

RESULTADOS

Os resultados obtidos via MEV evidenciaram a formação de uma camada intermetálica contínua e heterogênea na interface aço/liga de alumínio em todos os tempos de imersão. Desde os intervalos iniciais de 1 h e 2 h, a interface apresentou a formação de três camadas intermetálicas distintas. Ao comparar as análises por elétrons retroespalhados (BSE-MEV) nas amostras de 1 h e 16 h de imersão (Figura 1), percebe-se que uma interface composta por duas subcamadas intermetálicas distintas, situadas abaixo do alumínio aderido, e uma terceira camada muito fina adjacente ao substrato, são formadas desde nos estágios iniciais de difusão atômica e se mantêm presentes durante todo o ensaio. O mapeamento de raios X por EDS (Figura 2) identificou três regiões principais na camada difusional Fe-Al-Si, exibindo patamares de concentração para Fe, Al e Si que se correlacionam com a morfologia observada no MEV. A zona de reação apresentou alta densidade de trincas transversais e longitudinais, delaminação de fases frágeis e poços erosivos na superfície do aço H13, onde o ataque químico da liga fundida comprometeu a integridade da matriz. Com o avanço do tempo, os poços de erosão coalesceram entre si, e as fases intermetálicas cobriram toda a superfície exposta ao alumínio, de forma que o próprio intermetálico isolou o substrato, estabilizando as reações químicas com o alumínio fundido. A aplicação do conjunto MEV/EDS mostrou-se fundamental para quantificar a cinética de crescimento e mapear as variações estequiométricas na zona de reação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o desgaste da matriz de aço AISI H13 no processo HPDC é impulsionado pela formação progressiva de camadas intermetálicas frágeis. O processo difusional ocorrido em apenas 1 h de imersão já é suficiente para a nucleação de uma zona multifásica, desencadeando mecanismos de trincamento e erosão que comprometem a vida útil da ferramenta. Este processo segue em avanço até o momento em que toda parte da amostra submetida ao alumínio fundido desenvolve os intermetálicos na superfície, os quais agem como estabilizadores do processo de difusão ocorrido, tornando-o mais lento, mas ainda contínuo.

Palavras-chave: aço AISI H13; fundição sob pressão; fases intermetálicas; soldagem do molde; MEV/EDS.

ANEXOS

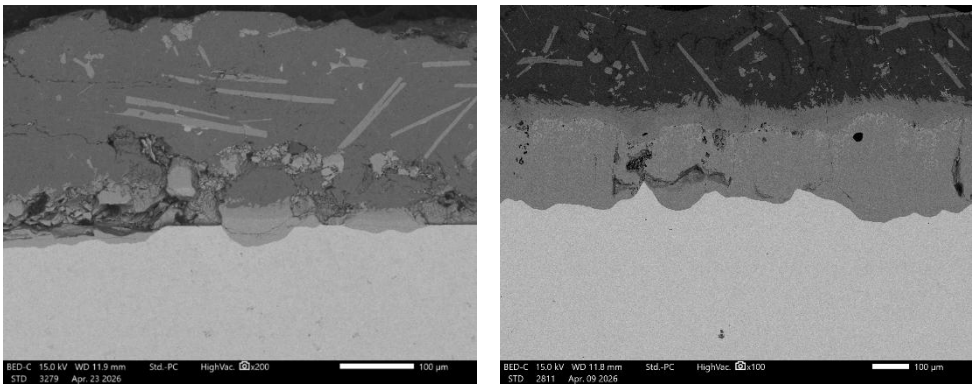


Figura 1. *Micrografias via MEV em seção transversal (BSE) das interfaces do aço H13 após 1 h e 16 h de imersão a 725 °C, mostrando a formação de duas camadas intermetálicas distintas e uma fina terceira camada próxima ao substrato, e seu crescimento no tempo.*

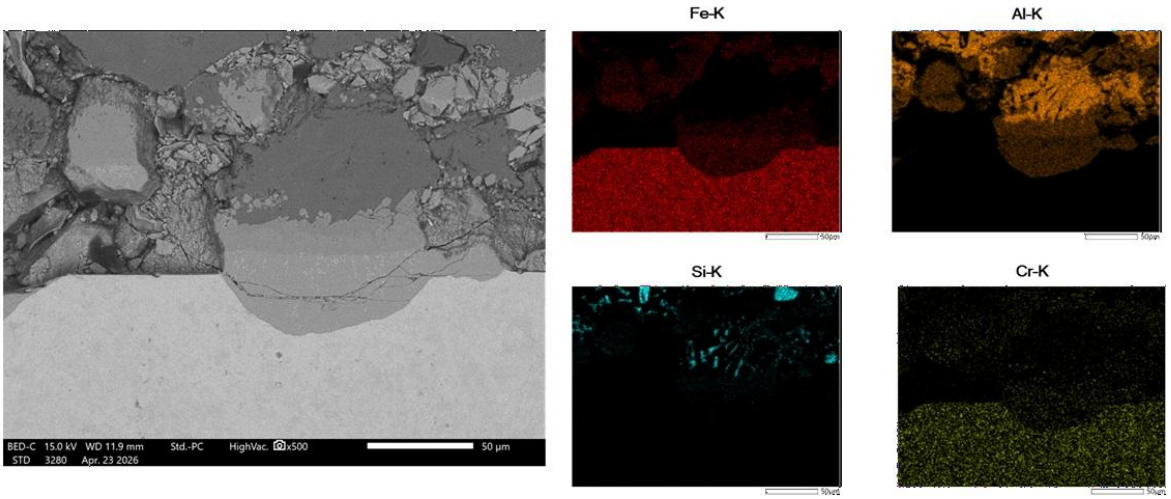


Figura 2. *Mapeamento via EDS da seção transversal da amostra de aço H13 após um teste de imersão de 1 hora.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HAN, Q. *et al. Dissolution of H13 Steel in Molten Aluminum*. In: NADCA Transactions, T15-053. West Lafayette: Purdue University, 2015.

SHANKAR, S.; APELIAN, D. *Die Soldering: Mechanism of the Interface Reaction between Molten Aluminum Alloy and Tool Steel.* Metallurgical and Materials Transactions B, v. 33, p. 465-475, 2002.

SONG, J. *et al. Evolution of Intermetallic Phases in Soldering of the Die Casting of Aluminum Alloys.* Metallurgical and Materials Transactions A, v. 47, p. 3163-3174, 2016.