

Nº 179422

Análise microestrutural do aço inoxidável 17-4 PH processado por manufatura aditiva L-PBF e L-DED no estado como fabricado e pós-tratamento térmico.

**Erik Omar Tunqui
Wilmar Calderon
Hélio Goldenstein
Dany Michell Andrade Centeno**

*Palestra apresentada CONGRESSO
BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA
DOS MATERIAIS, 25., 2024, Fortaleza.
Pôster... 1 slide.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

PROIBIDO REPRODUÇÃO



Análise microestrutural do aço inoxidável 17-4 PH processado por manufatura aditiva L-PBF e L-DED: No estado como fabricado e pós-tratamento térmico

Erick Omar Tunqui Labra^a, Wilmar Calderon^b, Hélio Goldenstein^a, Dany Andrade Centeno^{a,c}

^a Universidade de São Paulo, ^b Instituto de Pesquisas Tecnológicas, ^c Instituto de Pesquisas Tecnológicas
eomartl@usp.br



Laboratório de Transformações de Fases



METMAT

Introdução

A manufatura aditiva (MA) é um processo, principalmente idealizado, para fabricação de peças de alta complexidade. Dentre os vários métodos usados, o mercado atual considera o Laser Powder Bed Fusion (L-PBF) e Laser Direct Energy Deposition (L-DED) como os principais métodos de fabricação baseados no uso de um laser. O aço inoxidável 17-4 PH é de particular interesse na manufatura aditiva devido a suas boas propriedades anticorrosivas e mecânicas. No entanto este tipo de aço quando processado por MA apresenta uma alta anisotropia, tensões residuais, fases metaestáveis e baixa precipitação coerente. Considerando a quantidade de defeitos provocados na manufatura aditiva e as diferenças microestruturais entre as peças fabricadas, inclusive entre aquelas produzidas com o mesmo método de manufatura, o tratamento térmico é desenvolvido com o objetivo de apagar esses defeitos a fim de otimizar o desempenho da peça e melhorar a repetibilidade dos processos de MA.

Materiais e Métodos

Foram impressos blocos de 12x52x16 mm do aço 17-4 PH pelos processos L-PBF e L-DED. Os parâmetros usados na MA (Tabela 1) foram escolhidos previamente a partir de um DOE com o objetivo de atingir peças com as menores características de defeitos e maior densidade possível. A composição do pó metálico do 17-4 PH é apresentada na Tabela 2. Ambos os processos foram trabalhados com atmosfera de gás argônio com a estratégia de varredura de 90° e 45° para o L-PBF e L-DED respectivamente (Figura 1).

Tab. 1. Parâmetros de manufatura.

	P(W)	V(mm/s)	H(mm)	T(mm)
L-PBF	250	650	0.105	0.030
L-DED	1175.5	8.47	1.49	1.053

Tab. 2. Composição do pó 17-4 PH.

	C	Cr	Cu	Nb	Si	Ni	Fe
L-PBF	0.02	16.35	3.98	0.30	0.43	4.58	Bal.
L-DED	0.02	16.25	3.99	0.30	0.52	4.13	Bal.

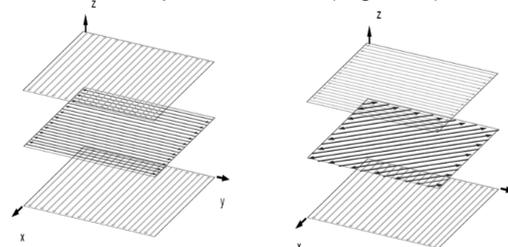


Fig. 1. Estratégia de varredura. (a) L-PBF 90° e (b) L-DED 45°

Para o tratamento térmico de homogeneização se usou a temperatura de 1150°C em atmosfera controlada por um tempo de 1.5 h e resfriado ao ar.

Principais resultados

Inicialmente, para a condição de apenas como manufaturado, as amostras apresentaram uma matriz completamente CCC para ambos os processos de MA, como apresentado nos mapas de EBSD (Figura 2(b) e 3(b)). No entanto, as diferenças microestruturais foram claras. O processo de MA L-PBF mostrou grãos de ferrita δ crescendo no sentido do gradiente térmico, paralelo ao sentido de construção (Figura 2(a) e 3(a)). Por outro lado, para o L-DED a matriz microestrutural mostrou-se preferencialmente martensítica com ferrita δ interdendrítica. Essa microestrutura é análoga com aquela produzida por processos de soldagem, caracterizada por ter diferentes tipos de solidificação com altas tensões residuais (Figura 3c).

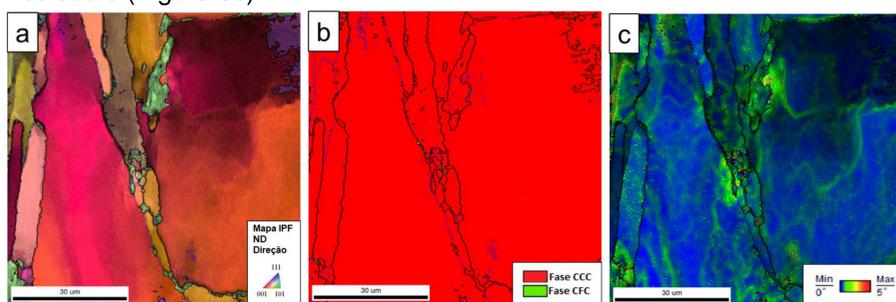


Fig. 2. Mapas de EBSD da amostra MA por L-PBF (a) IPF, (b) Mapa de fases e (c) KAM.

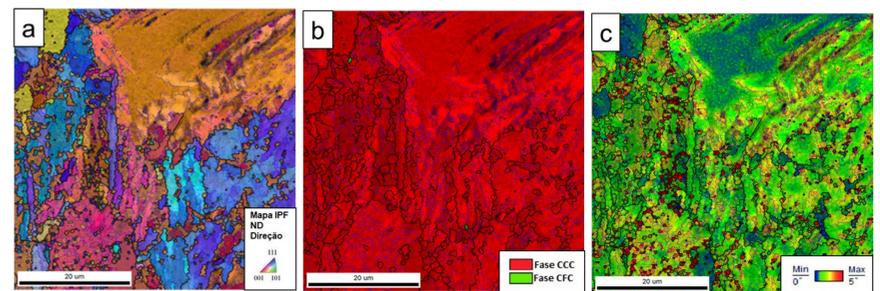


Fig. 3. Mapas de EBSD da amostra MA por L-DED (a) IPF, (b) Mapa de fases e (c) KAM.

Após o tratamento térmico de homogeneização ambas amostras mostraram uma matriz formada por martensita em ripas sem presença de austenita reversa na microestrutura (Figura 4). No entanto, para o L-DED observou-se uma segunda fase adicional de ferrita δ localizada nas zonas intergranulares (Figura 5). Essa ferrita δ mostrou ter partição de elementos, conjuntamente com precipitação de NbC e óxidos de Si nos contornos de grão (Figura 6).

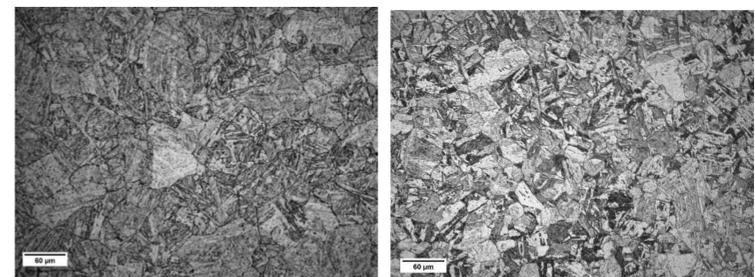


Fig. 4. Metalografia das amostras com homogeneização (a) L-PBF e (b) L-DED.

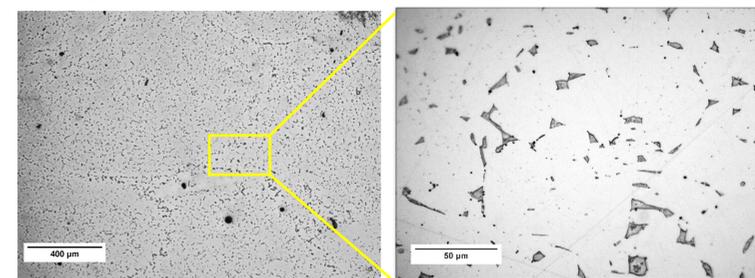


Fig. 5. Metalografia da amostra L-DED com homogeneização revelando a ferrita δ .

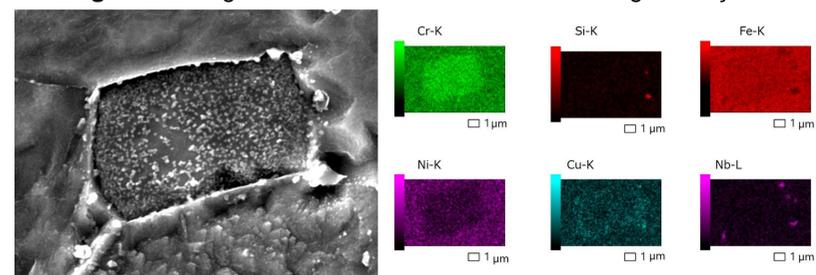


Fig. 6. Mapa de EDS do grão de ferrita δ .

Principais conclusões

Para o presente estudo, foi possível obter peças com porcentagens de austenita retida mínimas tanto para o L-PBF quanto para o L-DED. Após o tratamento térmico para o L-PBF a microestrutura foi completamente martensítica. Por outro lado, para o L-DED se teve um conteúdo de 3.5% de ferrita δ . Portanto, o ciclo de tratamento de 1150 °C por 1.5h não foi suficiente para eliminar o passo do laser e homogeneizar a microestrutura do L-DED.

Agradecimentos

À CAPES, ao Dr. Nathanael, ao IPEN