

Evolução microestrutural e propriedades de ligas de Co processadas por manufatura aditiva

Orientador: Rodney Bertazzoli

Co-orientador: Alex Matos da Silva Costa

Unidade: Laboratório Nacional de Nanotecnologia – CNPEM

1 INTRODUÇÃO

A MANUFATURA ADITIVA (MA) é uma técnica de fabricação na qual componentes são projetados através de programas de modelagem computacional em 3 dimensões (3 D), por exemplo CAD, e fabricados em 3 D por camadas de material que são depositadas sucessivamente. Devido à possibilidade de fabricação de componentes com geometrias complexas, a MA vem ganhando força em diferentes setores industriais: automotivo, aeroespacial, médico e de bens de consumo^[1]. Babu et al.^[2] descreveram o processo de MA como uma tecnologia disruptiva porque quebra muitos paradigmas da manufatura convencional utilizada na produção e consumo de produtos. O entendimento e compreensão da influência dos parâmetros de processo na microestrutura “as-build”, na formação de defeitos de fabricação, nas propriedades mecânicas dos produtos manufaturados são de grande importância para o desenvolvimento do processo ajudando na disseminação da técnica^[3].

A evolução microestrutural e as propriedades mecânicas de amostras produzidas por MA têm sido estudadas amplamente nas ligas de Co para aplicações na indústria aeroespacial e médica^[4 – 7]. Entretanto ainda existe a necessidade de mais estudos nas áreas de desenvolvimento de materiais para aplicações específicas, de propriedades mecânicas dos componentes produzidos por MA e de transformações de fases que ocorrem durante o processamento dos materiais^[8–10]. Os desenvolvimentos importantes a serem realizados na MA não são somente em relação aos tipos de materiais. De acordo com a AM SRA (2014)^[11] a produtividade, o processo e estabilidade das técnicas, qualidade do produto, questões ambientais, criação de normas e treinamento e educação fazem parte de áreas estratégicas que envolvem a técnica de MA e devem ser estudadas detalhadamente.

Esta proposta de pesquisa tem como objetivo estudar os efeitos de tratamentos térmicos de alívio de tensões na evolução microestrutural e no comportamento mecânico de uma liga comercial do sistema Co-Cr-Mo processada por MA.

2 OBJETIVOS

2.1 Avaliar desde o ponto de vista microestrutural e mecânico a liga do sistema Co-Cr-Mo processadas por MANUFATURA ADITIVA (MA), antes e depois do tratamento térmico de alívio de tensões;

2.2 Estudar as diferenças das microestruturas formadas nas direções X, Y, e de crescimento (Z) e o efeito das microestruturas nas propriedades mecânicas.

3 METODOLOGIA

O material utilizado no projeto será a liga de Co-Cr-Mo, cuja a composição química (% em peso) é mostrada na Tabela 1. A construção dos corpos de prova será realizada em uma máquina EOSINT M280 através do processo DMLS (Direct Melting Laser Sintering), no qual o pó é espalhado e processado pela ação de um laser infravermelho em um ambiente inerte e controlado termicamente dentro de uma câmara. Então, devido à incidência do laser as partículas do material em pó são aquecidas através do processo de aglomeração e fusão das partículas. As camadas são formadas através da fusão e deslocamento da zona fundida causado pelo caminho descrito pelo feixe a laser. Este equipamento está disponível para uso no laboratório BIOFABRIS localizado na Faculdade de Engenharia Química da Unicamp.

Tabela 1. Composição química (% em peso) da liga de Co-Cr-Mo.

Cr	Cr	Mo	Si	Mn	Fe	C	Ni
60-65	26-30	5-7		0,07	Bal.	0,25	0,11

A caracterização das macroestruturas “as build” será realizada através de microscopia óptica de luz refletida (MO), utilizando os microscópios Zeiss AX10 e Olympus BX51M acoplados com sistemas de aquisição e análise de imagens. As caracterizações avançadas das microestruturas bem como a identificação do tipo de textura formada nas direções x, y e z nas estruturas “as build”, serão realizadas em um microscópio eletrônico de varredura (MEV) FEI Quanta 650 com detectores de Espectroscopia de Raios-X Dispersiva em Energia de (XEDS) e de Difração de Elétrons Retroespalhados - EBSD. Para a aquisição de dados para a análise da textura será utilizado

um detector NordlysF, software de aquisição AZtec HKL e software para a análise dos dados HKL Channel 5. Os mapas de orientação serão adquiridos nas direções paralelas e perpendiculares à direção de crescimento, usando 15 kV e um passo de 0,5 μm .

As propriedades mecânicas serão avaliadas através de compressão para estimar comportamento em serviço dessas ligas e ensaios de aquecimento até vários patamares para observar a evolução das fases e carbonetos. A seleção das temperaturas de análise será feita baseado nos diagramas de equilíbrio para esta liga obtidos por simulação termodinâmica. Estes ensaios serão realizados em um simulador físico Gleeble 3800. O simulador conta com um sistema hidráulico com capacidade de carga de 20 toneladas em compressão e 10 toneladas em tração. O aquecimento é feito por efeito Joule, o que fornece taxas de aquecimento de até 10.000 $^{\circ}\text{C/s}$. Além do módulo de tração/compressão, a Gleeble dispõe de um módulo que permite a realização de ensaios de torção a quente, com velocidade máxima de rotação de 1500 rpm e torque máximo de 56 Nm, podendo realizar até 90 revoluções consecutivas.

4 CRONOGRAMA

Para a realização desta pesquisa propõe-se o período de 24 meses, onde se prevê a realização das atividades de acordo com o seguinte cronograma.

Tabela 2. Cronograma de trabalho.

Atividades	Trimestres			
	1	2	3	4
Revisão bibliográfica	X	X	X	X
Produção de amostras e tratamento térmico	X	X		
Caracterização por MO e MEV-EBSD		X	X	
Usinagem dos corpos de prova para ensaios mecânicos		X		
Ensaio mecânico (Gleeble)		X	X	
Redação de artigos e relatório			X	X

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] MURR, L. E., et al. Fabrication of Metal and Alloy Components by Additive Manufacturing: Examples of 3D Materials Science. Journal of Materials Research and Technology v.1, (2012) 42 – 54.

- [2] BABU, S. S., et al. Additive manufacturing of materials: Opportunities and challenges. *MRS Bulletin* v.40, (2015) 1154 – 1161.
- [3] MUKHERJEE, T.; ZUBACK, J. S.; DEBROY, A. De &T. Printability of alloys for additive manufacturing. *Scientific Report*, (2016) 6: 19717.
- [4] SEIFI, M. et al. Overview of materials qualification needs for metal additive manufacturing. *JoM* v. 68, n.3 (2016): 747-764.
- [5] KAKIUCHI, S. et al. Hot Cracking Phenomena in Electron-beam-melted Surface Region of Co-Cr-Mo Alloy. *QUARTERLY JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY* 31.4 (2013): 100-103.
- [6] GAYTAN, S. M. et al. Comparison of microstructures and mechanical properties for solid and mesh cobalt-base alloy prototypes fabricated by electron beam melting. *Metallurgical and Materials Transactions A* 41.12 (2010): 3216-3227.
- [7] SUN, S. H. et al. Build direction dependence of microstructure and high-temperature tensile property of Co–Cr–Mo alloy fabricated by electron beam melting. *Acta Materialia* 64 (2014): 154-168.
- [8] MURR, L. E. Metallurgy of additive manufacturing: examples from electron beam melting. *Additive Manufacturing* 5 (2015): 40-53.
- [9] GAYTAN, S. M. et al. A TEM study of cobalt-base alloy prototypes fabricated by EBM. *Materials Sciences and Applications* 2, (2011): 355-363.
- [10] WEI, H. L.; MAZUMDER, J.; DEBROY, T. Evolution of solidification texture during additive manufacturing. *Scientific Reports* 5 (2015): 16446.
- [11] ADDITIVE MANUFACTURING: Strategic Research Agenda 2014. Consultant Document, AM-Platform. 64 p.