

PLANO DE TRABALHO

Caracterização de materiais para otimização do processo de deposição de metais com energia direcionada (DED)

SOLICITAÇÃO DE BOLSA PIBITI INSPER 2018

Aluno: **Rafael Amoroso Marzolla**

Orientadora: **Prof.^a Joice Miagava**

1. Introdução

A manufatura híbrida (*Hybrid Manufacturing* – HM) tem se destacado como uma tecnologia emergente para a fabricação de peças com alta complexidade geométrica [1]. Ela representa a união da usinagem com a manufatura aditiva (*Additive Manufacturing* – AM) e, desta forma, combina as vantagens de cada técnica.

A AM se caracteriza por produzir peças de alta complexidade geométrica com menor perda de material do que a usinagem. No entanto, é um processo lento e que resulta em um acabamento superficial de baixa qualidade. Esse acabamento é resultado da sobreposição de camadas com diferentes taxas de resfriamento, que causa um efeito de “escada” e acarreta em imprecisão da geometria.

A usinagem, em contraposição, apresenta um baixo tempo de ciclo, alta repetibilidade e ótimo acabamento superficial. No entanto, o volume de matéria-prima necessária é elevada, pois até 98% do material é removido até que seja obtida a peça final [3].

A HM permite, portanto, fabricar uma peça com alta complexidade geométrica por AM, com baixa perda de material, e o sobremetal pode ser removido em um passe de acabamento de usinagem para obter a geometria especificada no projeto [4].

Diversos métodos compõem o espectro da AM. Dentre os quais, o processo por deposição com energia direcionada (*Direct Energy Deposition* – DED) se destaca pela possibilidade de trabalhar dentro de uma máquina ferramenta convencional e pela possibilidade de utilizar uma gama de materiais como matéria-prima [2, 5, 6]. Contudo, essa é uma tecnologia recente e, para o desenvolvimento de máquinas como essas, é

necessária uma caracterização completa das peças a serem fabricadas. Essa caracterização visa compreender quais parâmetros devem ser alterados no processo para a sua otimização.

2. Objetivos

Este trabalho será realizado em parceria com as Indústrias Romi S.A., tendo em vista que esta já está desenvolvendo uma máquina para HM. Tal máquina está sendo criada a partir da plataforma ROMI DCM 620-5X, um centro de usinagem capaz de trabalhar com cinco eixos, onde foi adicionado um cabeçote laser que torna possível o processo de AM [8]. O protótipo deste produto foi disponibilizado pelo fabricante com o intuito de gerar amostras para a pesquisa descrita. Assim, os objetivos desse trabalho são:

- Traçar uma estratégia de caracterização das peças fabricadas para verificar os parâmetros do processo de fabricação;
- Caracterizar as peças fabricadas e propor alterações no processo de fabricação para garantir que o material depositado tenha propriedades semelhantes a uma peça obtida por métodos convencionais de manufatura.

3. Metodologia

Os primeiros testes de deposição serão feitos com aço inoxidável 316 L devido a sua importância na engenharia em aplicações a altas temperaturas e em casos que é necessária elevada resistência a corrosão [4]. Parâmetros como composição da atmosfera, potência do feixe e velocidade de avanço serão sistematicamente alterados de modo a compreender a influência do processo na qualidade da peça.

Há a pretensão de trabalhar com o aço ferramenta H13 quando os estudos com o aço 316 L estiverem em estágio avançado. O aço H13 apresenta difícil usabilidade e, portanto, o uso de HM poderia reduzir significativamente o custo de fabricação das peças desse material.

Para avaliar o processo de deposição, a composição química, a microestrutura e as propriedades mecânicas devem ser caracterizadas. O escopo desse trabalho se limitará a verificar a composição química e microestrutura das amostras. A caracterização de propriedades mecânicas será feita em trabalho posterior, quando houver reprodutibilidade na microestrutura obtida e a porosidade for minimizada.

A porosidade e os cordões de deposição serão avaliados preliminarmente com o auxílio de lupa estereoscópica. A análise dimensional dos cordões tem a finalidade de otimizar a altura do laser de acordo com a sua distância focal [2].

A composição química do material depositado deve ser avaliada com o intuito de determinar se não há perdas de elementos determinantes para as demais propriedades da peça. Essa perda pode ocorrer, principalmente, devido à oxidação. A análise semi-quantitativa será realizada por fluorescência de raios-X (FRX) [1] e a análise de possível segregação será realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com detector de energia dispersiva de raios-X (EDS) [7].

As fases cristalinas do material também são determinantes para as propriedades do material. A temperatura combinada à atmosfera podem induzir a transformações de fases indesejadas [1, 7]. Para identificar as fases presentes será realizada a difração de raios-X (DRX) nas peças. Essa técnica permitirá, ainda, revelar possível anisotropia devido à extração direcional de calor.

4. Cronograma

Atividade	Mês											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Preparação das peças por deposição	■			■			■			■		
Caracterização das peças		■			■			■			■	
Ajuste de parâmetros do processo			■			■			■			
Pesquisa bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Redação de artigos e relatório				■				■				■

5. Bibliografia

- [1] DU, Wei; BAI, Qian; ZHANG, Bi. **A Novel Method for Additive/Subtractive Hybrid Manufacturing of Metallic Parts**
- [2] SHIM, Do-Sik; BAEK, Gyeong-Yun; SEO, Jin-Seon; SHIN, Gwang-Yong; KIM, Kee-Poong; LEE, Ki-Yong. **Effect of layer thickness setting on deposition characteristics in direct energy deposition (DED) process**
- [3] ALLEN, Jeff. **An Investigation into the Comparative Costs of Additive Manufacture vs. Machine from Solid for Aero Engine Parts**
- [4] LIU, Junyan; WANG, Xinjian; WANG, Yang. **A complete study on satellite thruster structure (STS) manufactured by a hybrid manufacturing (HM) process with integration of additive and subtractive manufacture**
- [5] KOIKE, Ryo; ASHIDA, Ryo; YAMAZAKI, Keiichi; KAKINUMA, Yasuhiro; AOYAMA, Tojiro; ODA, Yohei; KURIYA, Tatsuhiko; FUJISHIMA, Makoto. **Graphical evaluation method for void distribution in direct energy deposition**
- [6] FUJISHIMA, Makoto; ODA, Yohei; ASHIDA, Ryo; TAKEZAWA, Kotaro; KONDO, Masaki. **Study on factors for pores and cladding shape in the deposition processes of Inconel 625 by the directed energy deposition (DED) method**
- [7] CAROLL, Beth E.; OTIS, Richard A.; BORGONIA, John Paul; SUH, Jong-ook; DILLON, R. Peter; SHAPIRO, Andrew A.; HOFMANN, Douglas C.; LIU, Zi-Kui; BEESE, Allison M. **Functionally graded material of 304L stainless steel and inconel 625 fabricated by directed energy deposition: Characterization and thermodynamic modeling**
- [8] CENTRO DE USINAGEM ROMI DCM 620-5X HYBRID. ROMI. Disponível em: <http://www.romi.com/produtos/romi-hybrid/>>. Acesso em: 04 jun. 2018.