

PLANO DE USINAGEM DE CORPOS DE PROVA METÁLICOS FABRICADOS POR MANUFATURA ADITIVA EM ESTUDOS DE FADIGA

André Luiz Brito Novelino, Universidade de Brasília, andre_novelino@hotmail.com

Déborah de Oliveira, Universidade de Brasília, oliveira.deborah@unb.br

Maksym Ziberov, Universidade de Brasília, mzyberov@unb.br

José Alexander Araújo, Universidade de Brasília, alex07@unb.br

Resumo. A aplicação de processos de manufatura aditiva em aplicações industriais vem se tornando cada vez mais comum, devido a evolução das tecnologias que envolve o processo, e ainda a ampliação da gama de produtos e empresas no ramo, com a possibilidade do processo de fabricação de componentes de geometrias complexas e com grande economia de material. Para a aplicação em materiais metálicos, diferentes tecnologias podem ser utilizadas tendo como base a manufatura do pó ou a deposição com arame, com o uso de uma fonte laser ou elétrica para o aporte térmico. Porém, devido a complexidade envolvida no processo de deposição e solidificação do material de adição, torna-se difícil determinar com clareza as características mecânicas do material fabricado, devido a anisotropia e a presença de defeitos, inclusões e vazios. Com isso, a análise da resistência do material torna-se necessário a fim de compreender os efeitos das inclusões e defeitos na resistência do material, especialmente no regime cíclico. Esse trabalho apresenta um plano de usinagem de corpos de prova normalizados para ensaios de fadiga que foram fabricados por manufatura aditiva com deposição a arco (MADA), apresentando as etapas de corte e as dimensões e tolerâncias para o corpo de prova.

Palavras-chave: Manufatura Aditiva, MADA, Usinagem, Preparação de Corpos de Prova, Fadiga

1. INTRODUÇÃO

Diante as novas tecnologias que estabeleceram no mercado ao longo das últimas décadas, a manufatura aditiva tornou-se um processo de fabricação viável, ganhando cada vez mais importância no setor, com ampliação de pesquisas, equipamentos e fornecedores na área (Wu, *et al*, 2018). Dentro do âmbito de materiais metálicos, o processo já obtém diferentes opções de tecnologia para aplicação, utilizando pó metálico ou arame na deposição e uma fonte de energia direta, sendo laser ou arco elétrico para a fusão do material. Atualmente, o setor já apresenta um mercado de 13,84 bilhões de dólares, com uma previsão de crescimento de 20,80% do montante até 2030 (Precedence Research, 2022).

Um dos processos é o processo de Manufatura Aditiva com Deposição a Arco (MADA), também conhecido internacionalmente como *Wire + Arc Additive Manufacturing*, que se destaca pela acessibilidade econômica, capacidade do processo de fabricar largas peças, além de uma alta taxa de deposição de material. Porém, pelo fato do processo ainda estar em desenvolvimento para aplicações na Indústria, ainda é preciso compreender as características mecânicas em peças fabricadas pelo método. O grau de anisotropia da microestrutura, a presença de defeitos em peças fabricadas pelo processo, e além das tensões residuais resultantes na solidificação e resfriamento ainda necessitam ser melhor compreendidos, dada a complexidade destes fatores (James Paul, 2022).

Com isso, torna-se necessário um estudo da influência da trajetória e dos parâmetros de deposição utilizados nas características mecânicas do material, além de determinar a influência de defeitos internos e superficiais na nucleação de trincas no material. Sendo assim, este trabalho busca apresentar um plano de usinagem para preparação de 38 corpos de prova a partir de uma peça fabricada pelo processo MADA-CMT que estejam de acordo com a normatização para ensaios de fadiga.

2. PLANO DE FABRICAÇÃO

Com o intuito de fabricar corpos de prova para os ensaios de fadiga do material, foi depositado uma peça matriz utilizando a estratégia de deslocamento “zig-zag” alternado entre as camadas 0°-90°, realizada através de um robô cartesiano Schneider Electric MAXR23-S42- H42-C42 e uma fonte Fronius TransPuls Synergic 5000. A tecnologia utilizada para deposição foi o processo *Cold Metal Transfer* (CMT), que apresenta um maior controle de transferência de material comparado com outras tecnologias MADA (Novelino, 2022). O processo de deposição consistiu na deposição de 15 rotinas de deslocamento, com a deposição de 4 camadas cada, como apresentado na Figura 1, contabilizando 30 horas de deposição.

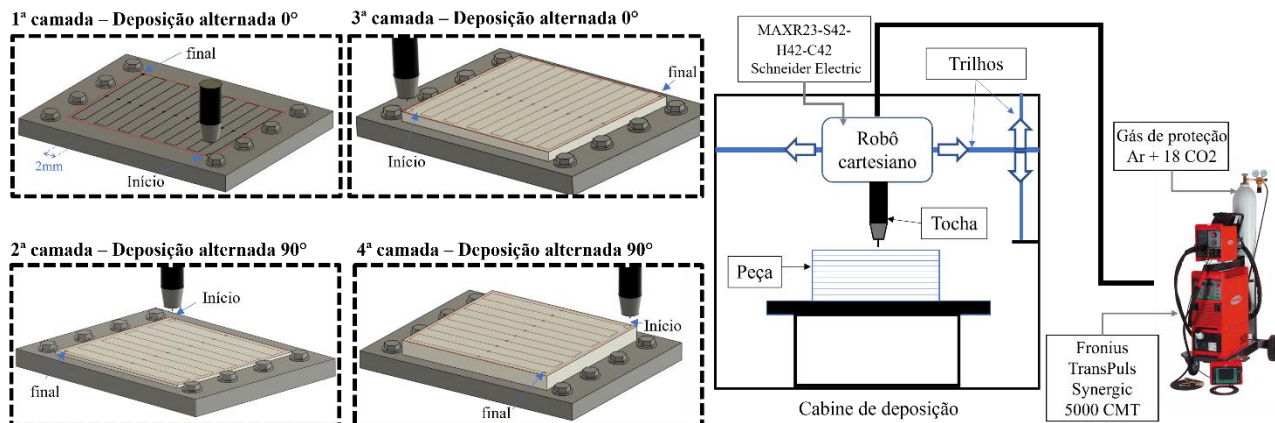


Figura 1 - Sistema CMT-MADA utilizado para a deposição da peça matriz, utilizando a estratégia de deposição “zig-zag” alternado 0°-90°

Ao final da deposição, a peça matriz apresentou as dimensões de 158x140x193 mm. Para o planejamento de ensaios, determinou-se que os corpos de prova devem ser orientados nas direções vertical e horizontal em relação a direção normal das camadas e distribuídos ao longo de toda a seção. O objetivo é verificar possíveis variações na resistência mecânica ao longo de toda a peça, e comparar posteriormente os mecanismos de falha entre os corpos de prova entre as extremidades e o interior da peça. Ao todo, 38 corpos de prova foram fabricados, sendo 18 para cada direção (vertical e horizontal), além de 2 corpos de prova direcionados na diagonal. Com isso, a configuração determinada para a usinagem dos corpos de prova está presente na Fig. 2.

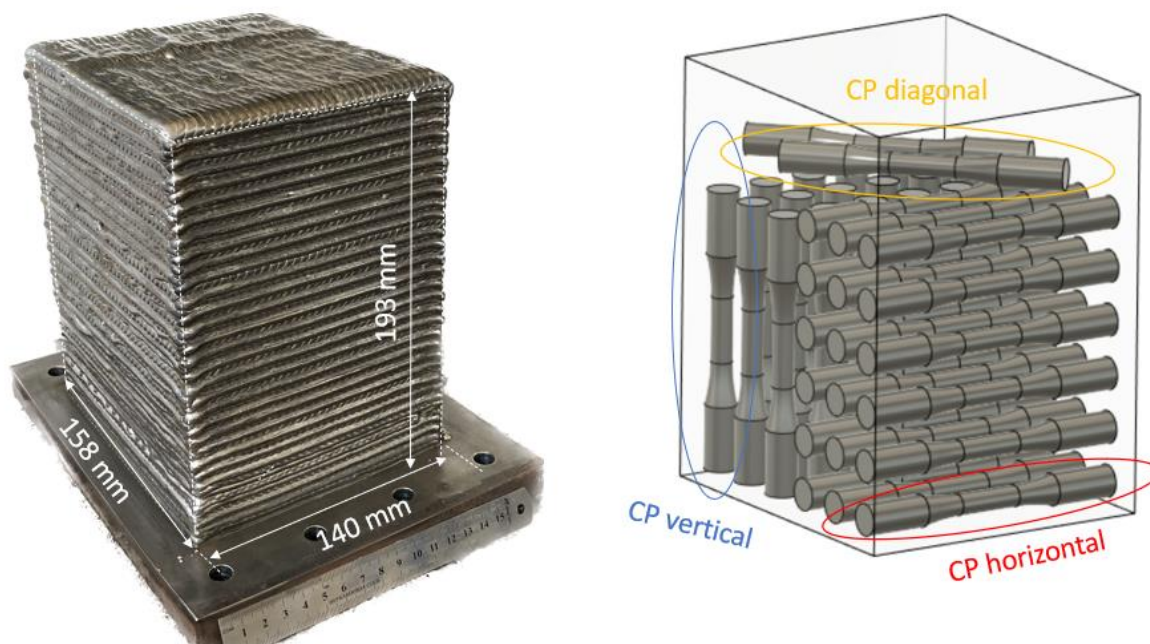


Figura 2 - Peça matriz depositada para a fabricação dos corpos de prova, juntamente com a orientação para usinagem dos corpos de prova

Para a divisão e corte das peças para usinagem individual, definiu-se 4 regiões, sendo uma para cada direção e ainda uma para retirada de amostras para análise microestrutural. Para possibilitar o corte sem prejudicar a usinagem posteriormente, definiu-se uma distância entre os corpos de prova de 8 a 10 mm, possibilitando o corte utilizando uma serra fita Franho FM-500 utilizando uma lâmina 500 bi-alfa cobalt e fluido lubrificante, de forma a garantir que não haja um aquecimento excessivo e influencie na microestrutura do material. O posicionamento e a ordem dos cortes das seções estão disponíveis nas Figs. 3 e 4.

O dimensionamento dos corpos de prova, presente na Fig. 5, deve seguir a norma ASTM E-466 (2015), considerando uma padronização da rugosidade no limite superior de Ra 0.2, de forma a evitar que o acabamento superficial seja um fator atuante na nucleação das trincas. As tolerâncias nas extremidades também devem ser respeitadas para que se mantenha uma pressão de fixação do corpo de prova adequado em ambos os lados.

A usinagem será realizada utilizando um torno CNC Index MC200, utilizando uma pastilha de torneamento Sandvik CP-B1108-H3 4325 posicionada com um ângulo de inclinação de 25°, com velocidade de corte de 325 m/min, profundidade de corte de 1 mm, e avanço por rotação de 0,15 mm. Para o acabamento superficial, foi escolhido a aplicação da ferramenta CP-A1108-L3 4325 posicionada a 115°, com a utilização da velocidade de corte de 345 m/min, profundidade de corte de 0,50 mm, e avanço por rotação de 0,22 mm.

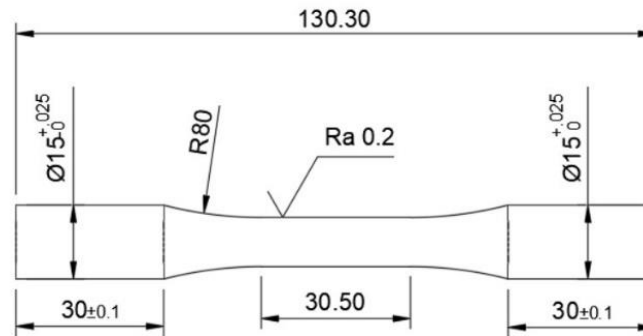


Figura 5 - Corpo de prova cilíndrico dimensionado de acordo com a norma ASTM E-466 para ensaios de fadiga

A aplicação destas orientações de usinagem contribuirá com a qualidade necessária dos corpos de prova e ajudarão na compreensão da resistência a fadiga de peças fabricadas pelo processo MADA. Além disso, será possível determinar o grau de anisotropia e presença de defeitos na peça fabricada a partir dos ensaios realizados ao longo das direções e posicionamentos.

3. REFERÊNCIAS

- ASTM E466-15, 2015. Standard Practice for Conducting Force Controlled Constant Amplitude Axial Fatigue Tests of Metallic Materials. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- James Paul, M., 2022. Mechanical anisotropy in additive manufactured materials. PhD thesis, UNSW Sydney, <https://doi.org/10.26190/unsworks/24675>
- Novelino, A.L.B., Carvalho, G.C. and Ziberov, M., 2022. Influence of WAAM-CMT deposition parameters on wall geometry. *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering*, Vol. 5, 100105, ISSN 2666-9129, <https://doi.org/10.1016/j.aime.2022.100105>.
- Precedence Research, 2023. Metal Additive Manufacturing Market – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook and Forecast 2022-2030. *Precedence Research*. Disponível em: <<https://www.precedenceresearch.com/metal-additive-manufacturing-market>>.
- Wu, B., Pan, Z., Ding, D., Cuiuri, D., Li, H., Xu, J., Norrish, J., 2018. A review of the wire arc additive manufacturing of metals: properties, defects and quality improvement. *J. Manuf. Process.* 35 (February), 127–139, <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2018.08.001>

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento da Engenharia Mecânica (ENM), Faculdade de Tecnologia (FT), Programa de Pós-Graduação em Ciências Mecânicas (PCMEC) da Universidade de Brasília (UnB), a Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), CNPq e CAPES pelo apoio e suporte laboratorial/financeiro.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.