

## ESTUDO DO DESEMPENHO DE UMA FERRAMENTA HÍBRIDA PARA O PÓS-PROCESSAMENTO POR ACABAMENTO ABRASIVO MAGNÉTICO DE PEÇAS METÁLICAS

Ayslan De Carvalho Maximiano

Eraldo Jannone Da Silva

Escola De Engenharia De São Carlos - Universidade De São Paulo

ayslan.carvalho@usp.br

### Objetivos

Analisar e avaliar os efeitos do pós-processamento de amostras depositadas de aço H13 produzidas pelo processo de Directed Energy Deposition (DED), aplicando o processo de fresamento como operação intermediária e utilizando uma ferramenta híbrida de Magnetic Abrasive Finishing (MAF) como operação de acabamento. Avaliar a viabilidade da utilização de polímeros termoplásticos como agentes ligantes na composição da ferramenta híbrida e medir as rugosidades do processo.

### Métodos e Procedimentos

Foi realizada a deposição das amostras de aço H13 com dimensões de 20 mm x 20 mm x 10 mm em um substrato de aço AISI 1020 utilizando a máquina da BeAM, módulo 250, com os seguintes parâmetros de deposição: a potência do laser utilizada foi de 750W, com uma taxa de alimentação de 5,0 g/min a uma velocidade de varredura constante de 450 mm/min. Como operação intermediária foi feito o fresamento das amostras no centro de usinagem Discovery 560 da ROMI, para o contorno das peças, foi utilizada uma fresa de aço rápido com 12 mm de diâmetro visando corrigir erros de forma e remover a superfície irregular deixada pelo processo de DED, evitando que partículas magnéticas e abrasivas alojem-se nos poros e cavidades da peça. Para o fresamento de topo, foi utilizada uma fresa

com 12 mm de diâmetro de metal duro da Sandvik, modelo 1P222-1200-XA 1630, utilizando as mesmas condições e parâmetros para todas as amostras, sendo eles: velocidade de corte (vc) 37,7 m/min, rotação (n) 1200 rpm, avanço por dente (fz) 0,025 mm/dente e profundidade de usinagem final (ap) 0,1 mm. A partir de um molde de geometria específica, as ferramentas híbridas foram conformadas e confeccionadas em um formato que permite a utilização das mesmas de forma segura. Os materiais testados foram: Poliestireno - PS (Tg = 100°C), Polietileno Tereftalato - PET (Tg = 69°C) e Poliamida 6 - PA6 (Tg = 40°C). As ferramentas de teste foram fabricadas utilizando apenas os polímeros e granalha de aço (para simular o efeito magnético nos testes prévios, evitando que a ferramenta de teste se soltasse quando submetida à rotação na máquina), já as ferramentas definitivas foram produzidas utilizando os polímeros, grãos abrasivos de alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) com 1 µm de diâmetro médio da marca Codemaq e partículas de ferro com 60 µm de diâmetro médio da marca Goodfellow. Com movimentos lineares sobre a amostra, o polimento foi realizado seguindo os seguintes parâmetros: velocidade de corte (vc) 113,1 m/min, rotação (n) 3000 rpm, velocidade de avanço (vf) 200 mm/min e profundidade de corte (ap) 4 mm. Para alcançar tal profundidade de corte sem danificar a ferramenta ou a máquina, o ap foi programado de forma incremental, ou seja, a cada 10 passes dados, a ferramenta avançava

0,1 mm sobre a peça. Com isso, no total foram dados 400 passes em cada amostra. A aferição das medidas de rugosidade foi realizada utilizando um Microscópio Laser 3D Confocal.

## Resultados

Apenas as ferramentas de Poliestireno (PS) foram usadas nos ensaios finais, pois se mostraram satisfatórias em sua confecção. Fácil de manusear e desmoldar, o PS permitiu a fusão e aglomeração de grãos abrasivos e magnéticos. As ferramentas de Polietileno Tereftalato (PET) apresentaram muitos defeitos, como bolhas de ar, tornando-as frágeis e quebradiças, além da dificuldade de desmoldar, mesmo com silicone spray, resultando em fraturas ao removê-las. Já as ferramentas de Poliamida 6 (PA6) foram as mais complicadas, devido ao longo tempo para fusão, rápida degradação e dificuldade de conformação ao molde. Após o polimento, foram obtidos resultados muito satisfatórios em relação a qualidade superficial das peças. Onde a rugosidade Ra obtida atingiu o valor médio de 11,5 nm com desvio padrão de 0,00152, além de uma notável redução de 93% da rugosidade em relação ao fresamento. Analisando a superfície das amostras após o fresamento, notou-se que o objetivo da fase fixa da ferramenta foi obtido com sucesso, pois conseguiu remover todas as marcas de processamento advindas do fresamento, deixando apenas as marcas causadas pelo movimento rotativo dos grãos abrasivos e magnéticos. Problema notado por Maximiano (2023), onde foi observado que empregando apenas o processo de MAF após o fresamento, o mesmo possui um comportamento de suavização da superfície fresada, conseguindo de fato diminuir a rugosidade mas sem corrigir as marcas de processamento mais acentuadas da operação anterior, comportamento que “evita” uma qualidade superficial ainda mais elevada.



Figura 1: Ferramenta Híbrida antes e após o processamento

## Conclusões

Apesar da baixíssima rugosidade obtida nos ensaios, os experimentos não foram bem-sucedidos, pois o polimento foi realizado apenas com a ferramenta em sua fase fixa. Analisando o comportamento da ferramenta durante e após o processamento, foi notado que a mesma não foi capaz de realizar a transição para a fase solta, o calor gerado foi suficiente apenas para deformá-la. Isso sugere que, para realizar a mudança de fase, não basta simplesmente alcançar a temperatura de transição vítrea do polímero, mas sim, sua temperatura de fusão, possibilitando que os abrasivos e partículas magnéticas atuem como uma ferramenta flexível. Ou seja, apenas o atrito da ferramenta com a peça, nas condições testadas, não foi capaz de gerar calor suficiente para que o experimento obtivesse sucesso total. Vale ressaltar que a utilização do PET e da PA6 como agentes ligantes não deve ser totalmente descartada, ao invés disso, é necessário encontrar uma nova maneira de processamento que seja mais adequada para esses materiais.

## Referências

MAXIMIANO, Ayslan de Carvalho. **Efeitos do Pós-Processamento Por Acabamento Abrasivo Magnético Em Peças Produzidas Por Manufatura Aditiva**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2023.

YAMAGUCHI, Hitomi et al. Hybrid tool with both fixed-abrasive and loose-abrasive phases. **CIRP Annals**, v. 64, n. 1, p. 337-340, 2015.