

Caracterização da poça de fusão do processo de Deposição por Energia Direcionada (DED) através de processamento de imagens

Henrique Hiram Libutti Núñez

Kandice Suane Barros Ribeiro

Reginaldo Teixeira Coelho

Universidade de São Paulo

henrique.nunez@usp.br

Objetivos

Desenvolver um sistema para aquisição e processamento de imagem da poça de fusão gerada durante o processo de Deposição por Energia Direcionada (DED), voltado para condições de perda de foco. Esse estudo possui importância para a impressão 3D de componentes metálicos, tendo em vista que o monitoramento da poça de fusão fornece dados relevantes no contexto de inspeção de qualidade de peças.

Métodos e Procedimentos

O sistema DED utilizado foi uma máquina ROMI D800 Hybrid, equipada com uma câmera CMOS (modelo Genie Nano G3-GM10-M0800), que fornece uma visão de topo da poça de fusão. O material depositado foi o Aço Inoxidável 316L, e a vazão dos gases utilizada foi de 5, 6 e 12l/min, respectivamente para os gases *nozzle*, *carrier* e *shield*.

O sistema de monitoramento consiste em duas partes: o programa de aquisição de dados, que utiliza o SDK Saper, fornecido pela Teledyne DALSA, a fabricante da câmera, para interfacear com a câmera; e o programa de processamento de dados, que recebe dados gerados pelo programa de aquisição e aplica a binarização de imagem por *threshold* e contagem de pixels para obter informações da poça de fusão.

O valor de *threshold* é especificado pelo usuário, e foi encontrado após ensaios para calibração de imagem. Para o cálculo da área da poça de fusão, após as etapas de

binarização e contagem de *pixels*, uma constante multiplicativa nomeada K foi aplicada no resultado da contagem. Essa constante é definida conforme apresentado na Equação 1, onde P é o comprimento em pixels de uma região na imagem, e D é a distância real dessa região:

$$K = P/D$$

Equação 1: Definição da constante para o cálculo do comprimento do pixel.

O método utilizado para encontrar o fator multiplicativo é a criação de um caminho com laser, monitorando através das imagens, e medindo as marcas geradas pelo laser e os *pixels* encontrados nas imagens, é possível estabelecer a constante para o sistema óptico. A Figura 1 apresenta as imagens utilizadas no ensaio de calibração.

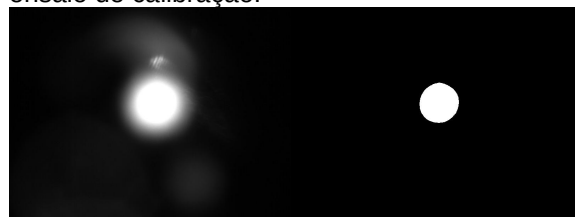


Figura 1: Imagem do laser durante a calibração (esquerda) e sua binarização (direita).

Para testar o sistema, dois conjuntos de camadas (A e B) foram construídos com condições de deposição em foco e com perda de foco, devido a distâncias maiores ou menores que as ideais. Os testes foram realizados com o intuito de verificar qual a influência dessas variações na área da poça de fusão medida, uma vez que a perda de foco é um dos fatores causadores de defeitos em

DED. Os parâmetros utilizados para a deposição foram uma velocidade de avanço de 500mm/min, potência de laser de 600W e vazão mássica de pó igual a 8,3g/min.

O conjunto "A" de camadas foi construído com um deslocamento no eixo Z (em relação ao ponto focal) de: -0.75, -0.5, -0.25, 0mm, enquanto o conjunto "B" teve os seguintes valores de deslocamento em Z: +0.2, +0.4, +0.6, +0.8, +1mm.

O valor calculado para a área em um dado quadro foi processado através da média móvel dos 20 últimos quadros, devido ao ruído obtido no conjunto de dados.

Resultados

Com a etapa de calibração, a relação métrica do pixel encontrada foi de aproximadamente 3164px/mm². Esse valor foi utilizado para calcular a área aproximada da poça de fusão. O programa de aquisição foi capaz de capturar imagens da poça de fusão durante os testes de deposição, como apresentado na Figura 2.

Com os resultados do programa de aquisição, o programa de processamento aplicou as etapas de binarização e contagem de pixels. A Figura 3 apresenta a série de dados gerada a partir do processamento das imagens do conjunto "B". Os deslocamentos em Z referentes a cada camada depositada estão indicados, em mm, nas regiões correspondentes do gráfico.

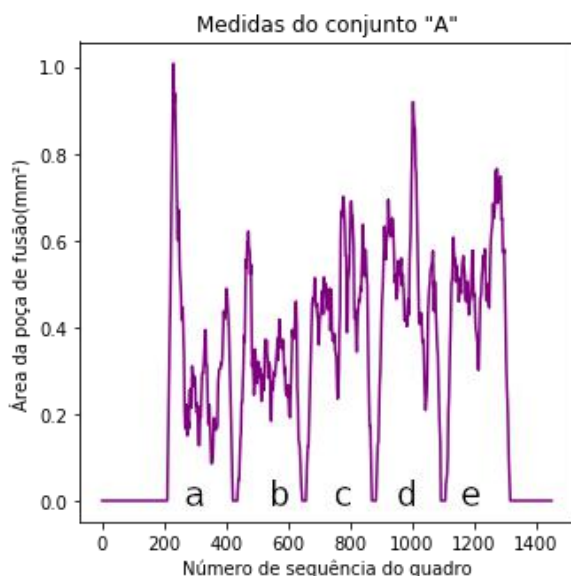


Figura 3: Área da poça de fusão calculada sobre as imagens binarizadas.

Com a informação da Figura 2 é possível observar que as medições da poça de fusão refletem uma alteração na área, provavelmente devida à variação de foco induzida pelos diferentes deslocamentos em Z usados.

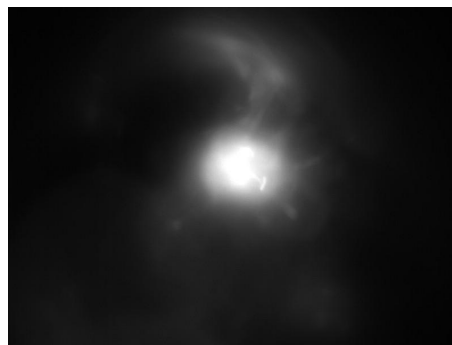


Figura 2: Exemplo de um quadro capturado durante o experimento de deposição.

Conclusões

Este trabalho apresentou um sistema de monitoramento para o processo DED que utiliza aquisição e processamento de imagens. Ele foi capaz de adquirir imagens e processá-las durante os testes, também de calcular uma estimativa da área da poça de fusão, que, através dos resultados, leva a concluir que é influenciada por fatores como a perda de foco. Trabalhos futuros devem ser realizados sobre a calibração das constantes métricas, e também no que tange o processamento de imagens, do qual a aplicação desenvolvida extrairia diversos benefícios, como a inclusão de outras informações como vetores normais à superfície da poça de fusão, como foi desenvolvido por Sampson et al., 2020, permitindo assim um cálculo mais preciso do valor de área da poça de fusão.

Referências Bibliográficas

Sampson, R., Lancaster, R., Sutcliffe, M., Carswell, D., Hauser, C., & Barras, J. (2020). An improved methodology of melt pool monitoring of direct energy deposition processes. *Optics & Laser Technology*, 127, 106194. doi: 10.1016/j.optlastec.2020.106194