

EROSÃO LASER 3D – TECNOLOGIA DE MICROMAQUINAÇÃO

Silva, A.J.; Dias, S.A.S.; Osório, A.M.B.A.

Departamento de Materiais e Tecnologias de Produção
Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P.

RESUMO

Caracteriza-se e descreve-se a tecnologia de erosão por laser, evidenciando algumas das suas potencialidades e possíveis áreas de aplicação. Faz-se referência à máquina DML 40 SI do INETI, utilizada na experimentação, com indicação das características do laser nela instalado. Segue-se a apresentação de um conjunto de resultados experimentais em que se analisa a influência da espessura das camadas, da frequência e da velocidade de varrimento do laser, na qualidade da superfície. Concluiu-se que os melhores resultados são obtidos para uma espessura de camada de 2 μm , frequência de 30 KHz e velocidade de 300 mm/s, se bem que a taxa de remoção de material nestas condições seja baixa.

1- INTRODUÇÃO

O rápido avanço da tecnologia relacionada com os laser, tem conduzido pela sua eficiência, precisão e flexibilidade, a variadas aplicações práticas na área da engenharia mecânica. Entre tais aplicações encontra-se a maquinação por laser, actualmente em crescente desenvolvimento devido às potencialidades demonstradas na maquinação de novos materiais, como sejam as superligas, os compósitos e os cerâmicos.

A maquinação por laser é uma tecnologia de remoção de material por camadas, realizada a partir da interacção de um feixe laser com o material a maquinar. Ao absorver a energia disponibilizada pelo feixe incidente, sob a forma de energia térmica, o material das peças a maquinar volatiliza-se, sendo os produtos resultantes recolhidos por uma boca de aspiração localizada na vizinhança da área de trabalho.

O INETI adquiriu no âmbito do projecto mobilizador FRF uma máquina de erosão por laser “LASERTEC – modelo DML 40 SI” do fabricante DECKEL MAHO de origem alemã. O laser instalado nesta máquina é um laser Nd:YAG com 100 W de potência, sendo esta potência média transmitida ao material a maquinar por impulsos com potências incidentes que

podem atingir os 200 kW. Um interruptor denominado de Q-Switch possibilita a regulação da potência efectiva dos impulsos e um controlo perfeito sobre as condições de corte.

Em condições standard de trabalho, o foco do feixe de laser tem um diâmetro de 0,04 mm, conduzindo a uma elevada densidade de energia e a esforços desprezáveis sobre o material a maquinar. Resulta daqui não só a capacidade de fundir materiais de alto ponto de fusão, mas também a possibilidade de maquinar superfícies com formas complexas e muito delicadas em termos de resistência mecânica, impossíveis de fabricar pelos processos tradicionais de corte.



Fig 1- Vista geral da Máquina DML 40 SI

A elevada precisão e a boa qualidade superficial das superfícies maquinadas por erosão laser 3D, fazem com que esta tecnologia possa ser aplicada como

tecnologia de fim de linha, para a grande maioria das aplicações industriais relevantes.

2-DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo de erosão por laser 3D inicia-se com o desenho em formato STL da geometria de partida, que é o volume de material a remover e não a geometria da peça a executar.

Este volume, trabalhado pelo software de programação da máquina (LpsWin), é automaticamente subdividido em camadas com uma espessura considerada adequada ao tipo de acabamento e de rigor pretendido. No caso do fabrico de cavidades moldantes em aço para moldes de injeção é normal utilizarem-se camadas de 2 μm de espessura.

De modo a proceder a um corte uniforme das camadas, é necessário distribuir uniformemente os impulsos sobre a superfície a erodir. Para realizar essa operação tem que se recorrer a duas novas variáveis: distância entre as linhas de hatching e velocidade de varrimento associada com a frequência de pulsação escolhida.

Estas duas variáveis terão que ser seleccionadas de modo a que exista uma dada sobreposição das impressões realizadas pelo feixe de laser à superfície do material. Condições standard de erosão aconselham a adoptar uma distância entre linhas de hatching de 10 μm e, conseqüentemente, uma velocidade de varrimento derivada da frequência imposta ao Q-Switch e tendo como objectivo produzir um espaçamento entre impulsos também da ordem de 10 μm nessa direcção.

Após terem sido escolhidos o conjunto de parâmetros anteriormente referidos, haverá que ajustar a intensidade da corrente na lâmpada de modo a criar as condições optimizadas para a erosão das camadas com a espessura pretendida. O processo consiste em erodir pequenas cavidades no material definitivo, com igual espessura de camada, ajustando por tentativa e erro a intensidade da lâmpada; para tal torna-se necessário proceder à medição sistemática das espessuras de

material removido de modo a avaliar da necessidade de incrementar ou de diminuir a intensidade de corrente aplicada. Uma rotina específica disponibilizada pelo software que acompanha a máquina permite realizar esta determinação de uma forma automática desde que se disponha de uma estimativa razoável para o ponto de funcionamento pretendido.

Para além da definição da tecnologia de corte a utilizar, a maquinação de uma peça passa por uma fase prévia de programação, em que se define a estratégia a seguir, tendo em atenção as dimensões e a forma do volume a erodir, nomeadamente a existência de paredes verticais. Esta programação é realizada com o já referido software LpsWin, que a partir do ficheiro STL do material a retirar e após especificação de um conjunto de atributos, gera automaticamente o programa de maquinação (ficheiro L4d).

A maquinação de cada camada, na sua forma mais elaborada, processa-se em duas etapas definidas aquando da programação. Na primeira é removido o material do interior da cavidade a produzir até às proximidades do contorno (hatching area), seguindo-se-lhe a maquinação da banda remanescente com o laser a descrever trajectórias paralelas aos contornos (border cuts). Esta segunda etapa, indispensável no fabrico de cavidades com paredes verticais, torna-se desnecessária sempre que as paredes da cavidade são pouco inclinadas, prolongando-se neste caso o “hatching area” até aos contornos.

3-ENSAIOS EXPERIMENTAIS E RESULTADOS

Se bem que tenham sido indicados os valores dos parâmetros de maquinação normalmente aceites como standard no fabrico de cavidades moldantes em aço para moldes de injeção, a utilização integral da potência do laser permite remover camadas com espessuras entre 4 e 5 μm , aumentar o valor do hatching, ou ainda da velocidade de varrimento, aumentando desse modo a taxa de remoção de material.

Dado que existirão aplicações que toleram um maior efeito de escada e

valores superiores para a rugosidade, revelou-se interessante conhecer a influência dos parâmetros de corte na qualidade das superfícies maquinadas, quer em termos de rugosidade quer em termos de profundidade da zona termicamente afectada.

Com tal objectivo realizou-se um factorial completo de experiências, fixando o valor do hatching em 10 μm e tomando como variáveis (três níveis) a espessura das camadas, a frequência de pulsação e a velocidade de varrimento do laser. O material usado foi o aço PM 300 impax supreme, temperado e revenido, equivalente ao DIN 40 CrMnNiMo 8-6-4.

Na figura 2 apresenta-se a influência da espessura das camadas e da frequência na rugosidade das superfícies erodidas.

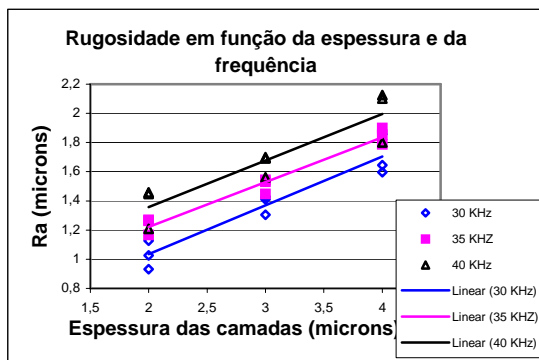


Fig 2 – Influência da espessura das camadas e da frequência na rugosidade

Nas figuras 3 e 4 apresentam-se as topografias das superfícies correspondentes, respectivamente, ao mínimo e ao máximo de rugosidade.

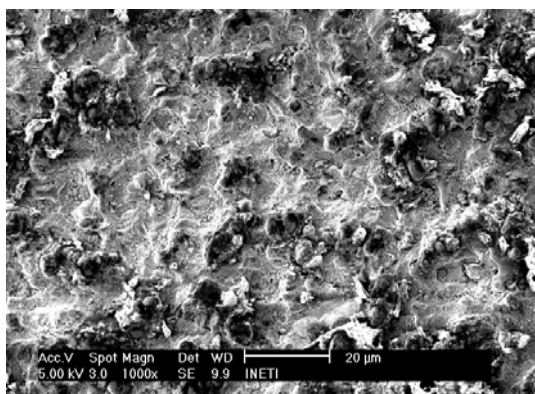


Fig 3 – Topografia da superfície com menor rugosidade ($R_a = 0,93 \mu\text{m}$; $t.\text{rem.} = 0,37 \text{ mm}^3/\text{min}$)

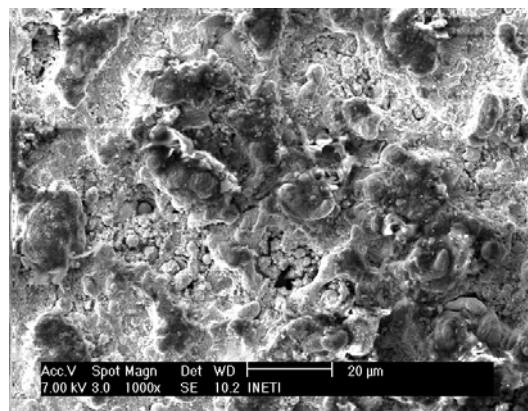


Fig 4 – Topografia da superfície com maior rugosidade ($R_a = 2,10 \mu\text{m}$; $t.\text{rem.} = 0,92 \text{ mm}^3/\text{min}$)

Por fim, apresenta-se na figura 5 a micrografia do corte da mesma superfície da figura 4, onde é visível a zona termicamente afectada pela maquinação.

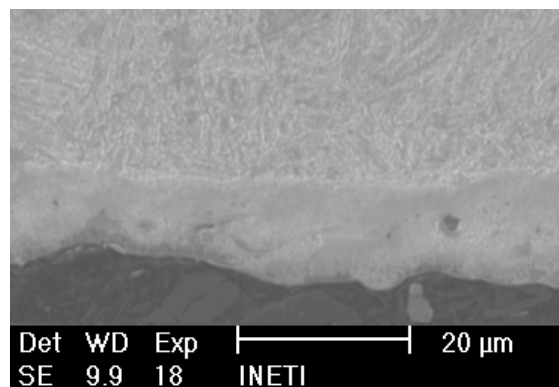


Fig 5 – Micrografia numa secção perpendicular à superfície erodida

4 – CONCLUSÕES

Da análise dos resultados experimentais obtidos conclui-se,

a) A rugosidade das superfícies aumenta com:

- A espessura das camadas.
- A frequência de pulsação do laser.

b) A velocidade do laser deve ser escolhida por forma a que a distância entre impulsos seja igual ao hatching.

c) A espessura da camada termicamente afectada é da ordem de 10 μm , sendo insignificante qualquer variação relacionada com a energia envolvida no corte.

Agradecimentos: Agradece-se ao Projecto Mobilizador INATEC do PRIME.