

CORTES EM METAIS COM PULSOS LASER ULTRACURTOS

Leandro Matiulli Machado e Wagner de Rossi

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares / Centro de Laser e Aplicações

INTRODUÇÃO

A pesquisa na área de processamento de materiais a laser tem tido um desenvolvimento muito grande nos últimos anos. A maior velocidade e precisão dos sistemas de posicionamento têm feito com que muitos dos desenvolvimentos obtidos em laboratório passem ao setor produtivo, com grande aceitação em diversos setores industriais.

A escala de tempo característica para a relaxação elétron-fonon em metais, após irradiação com pulsos laser ultra-curtos está entre um e centenas de picosegundos. Assim, esta escala de tempo torna-se vital para o entendimento dos mecanismos envolvidos na ablação do material. Um estudo da intensidade de limiar de ablação para diferentes metais, com diferentes tempos de relaxação elétron-fonon, torna-se, portanto muito importante no entendimento da interação da radiação com metais nesta nova escala de tempo de trabalho.

OBJETIVO

Este trabalho tem como meta principal o estudo das características de cortes em metais utilizando-se pulsos laser ultracurtos, da ordem de femtossegundos.

METODOLOGIA

O experimento se propõe a determinar a distribuição espacial de energia do feixe laser através da determinação do limiar de ablação de uma película de um polímero chamado "KAPTON". Este experimento também servirá como teste preliminar às experiências que serão realizadas no sistema laser de pulsos ultracurtos, aqui chamado de T³, ou seja, "table top terawatt laser".

Na referência [1] são usados filmes finos de prata, e larguras temporais do pulso laser da ordem de nano e femtossegundos, sendo que o principal objetivo do trabalho é analisar a influência da largura temporal na taxa de

ablação e no acabamento obtido do processamento deste material. Esta mesma técnica, contudo, também pode ser utilizada para a determinação do coeficiente de distribuição gaussiana e do limiar de ablação do material. Em nosso trabalho, utilizamos a mesma técnica, porém com pulsos de microsegundos e um filme de KAPTON, de 0,025mm de espessura, o qual é um péssimo condutor de calor (uma condição necessária para esse procedimento).

Neste caso, o filme KAPTON simula uma interação muito rápida, onde não há condução lateral de calor, e o pulso mais longo não tem aquele efeito indesejado. A análise apresentada a seguir mostra as bases da física do experimento.

Seja a distribuição, gaussiana, da fluência do feixe,

$$\phi = \phi_0 e^{-\frac{2r^2}{\omega_0^2}} \quad (1)$$

onde r é o raio da distribuição da fluência do pulso, ω_0 é a constante de distribuição do feixe e ϕ_0 a fluência pico. A fluência pico em função da energia pico pode ser calculada assim:

$$E_p = \frac{2E_p}{\pi\omega_0} \quad (2)$$

A equação (2) representa a distribuição da fluência integrada em toda superfície de interação.

Para diferentes fluências do laser o diâmetro do furo no KAPTON corresponde à região da distribuição (considerada sempre gaussiana) onde a fluência é o limiar para a ablação do material. Então se igualam os seguintes parâmetros:

$$\phi(D/2) = \phi_{\text{lim}} \quad (3)$$

onde D é o diâmetro do furo e ϕ_{lim} é a fluência limiar para ablação, dessa igualdade resulta que:

$$D^2 = 2\omega_0^2 \ln\left(\frac{\phi_0}{\phi_{lim}}\right) \quad (4)$$

substituindo equação (2) em equação (4):

$$D^2 = 2\omega_0^2 \ln(E_p) + \ln\left(\frac{2}{\pi\omega_0^2\phi_{lim}}\right) \quad (5)$$

$$D^2 = A + B \ln(E_p) \quad (6)$$

Sendo assim, de acordo com equação (6), fazendo um gráfico do diâmetro do furo ao quadrado em função do logaritmo da energia do pulso do laser, pode-se determinar ϕ_{lim} e ω_0 .

Para a obtenção dos dados, foram feitas algumas séries de furos (FIG. 1 e 2) com diferentes energias variando entre 30mJ e 720mJ.

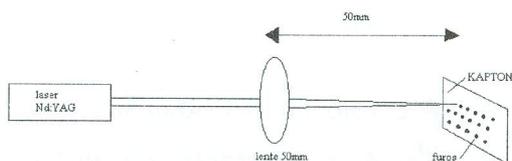


FIGURA 1 – Arranjo experimental para obtenção dos furos

Os diâmetros dos furos foram medidos e posteriormente analisados usando a relação da equação (6).

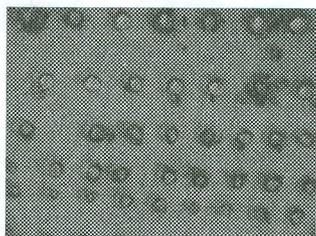


FIGURA 2 - Linhas de furos com mesma energia.

RESULTADOS

De acordo com a equação (6), fazendo o gráfico de D^2 versus $\ln(E)$, o coeficiente angular será $2\omega_0$. O cálculo de ω_0 foi feito

usando a FIG.3 e a equação (5). O resultado obtido foi: $\omega_0 = (103 \pm 40)\mu\text{m}$; o limiar de ablação do material encontrado foi $\phi_{lim} = (31 \pm 12) \text{J} / \text{mm}^2$

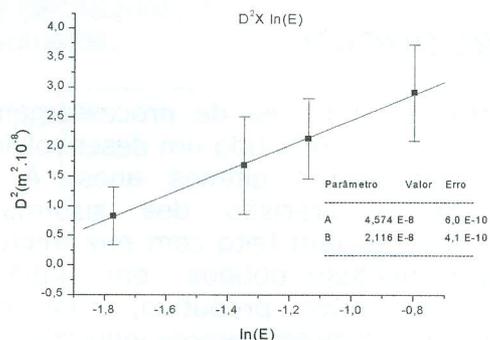


FIGURA 3 - Diâmetro ao quadrado versus ln da energia

CONCLUSÕES

O resultado encontrado para o coeficiente de distribuição gaussiana foi muito próximo do valor esperado, que era em torno de 0,1mm no ponto focal. O valor obtido para o desvio padrão pode ser considerado muito alto; isto provavelmente é um reflexo da condução de calor pelo filme de Kapton, causado pela longa largura temporal do pulso laser. Novas medidas a serem feitas com pulsos de largura temporal muito menores, nanosegundos e de femtosegundos, irão mostrar a influência da condução de calor neste tipo de medida.

Em seguida será dado início nas medidas de limiar de ablação de alguns metais escolhidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] P.T MANNION, S. FAVRE, D.S IVANOV, G.M O'CONNOR, T.J GLYNN. Experimental investigation of micromachining on metals with pulse durations in the range of the electron-phonon relaxation time (pico to sub-pico second). **Laser in Manufacturing 2005 - Proceedings of the Third International WLT-Conference on Laser in Manufacturing**, pp. 521 -526, Munich, Germany, June 2005.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC