

LABORATORIUM LASEROWE TECHNIKI  
OBRÓBKI I WYTWARZANIA

Instrukcja do ćwiczenia 10 i 11

**ANALIZA WPŁYWU MOCY WIĄZKI LASERA I  
PRĘDKOŚCI PRZESUWU GŁOWICY LASERA NA  
PROCES CIĘCIA SZKŁA AKRYLOWEGO ZA  
POMOCĄ PLOTERA LASEROWEGO CO<sub>2</sub>**

## Zagadnienia do samodzielnego opracowania

- Parametry cięcia z zastosowaniem plotera laserowego.
- Procesy zachodzące podczas cięcia materiałów niemetalicznych.
- Wpływ parametrów ciętego materiału na głębokość cięcia.

Model teoretyczny cięcia materiałów niemetalicznych przy zastosowaniu lasera CO<sub>2</sub> małej mocy opisany został w pracy [1]. Zależność na głębokość cięcia  $D$  przy zastosowaniu lasera ma postać:

$$D = B \frac{\alpha}{RQ\rho\sqrt{\pi}} \left(\frac{P}{v}\right)^\omega, \quad (1)$$

gdzie:

$\alpha$  – absorpcja (przyjmujemy 1),

$R$  – promień wiązki w płaszczyźnie materiału lub szerokość cięcia (przyjmujemy 0,25 mm),

$Q$  – ciepło odparowania jednego grama ciętego materiału (2 kJ/g),

$\rho$  – gęstość materiału (1,18 g/cm<sup>3</sup>),

$B$  i  $\omega$  – dodatkowe parametry związane z właściwościami ciętego materiału, wyznaczone doświadczalnie,

$P$  – moc lasera,

$v$  – prędkość przesuwu głowicy.

W nawiasach podano zaczerpnięte z cytowanego artykułu wartości poszczególnych wielkości dla szkła akrylowego.

W celu dopasowania metodą najmniejszych kwadratów zastąpmy wszystkie własności materiałowe występujące we wzorze (1) wielkością  $\beta$ , czyli

$$\beta = B \frac{\alpha}{RQ\rho\sqrt{\pi}}. \quad (2)$$

Otrzymamy wtedy uproszczony wzór (1)

$$D = \beta \left(\frac{P}{v}\right)^\omega. \quad (3)$$

W celu zlinearyzowania powyższego wzoru zlogarytmujemy go obustronnie:

$$\ln D = \ln \beta + \omega \cdot \ln \frac{P}{v}. \quad (4)$$

Jeżeli teraz oznaczymy zmienne występujące w powyższym równaniu literami  $x$  i  $y$ , czyli

$$y = \ln D, \quad x = \ln \frac{P}{v}, \quad (5)$$

a stałe oznaczymy literami  $a$  i  $b$ , czyli

$$b = \ln \beta, \quad a = \omega, \quad (6)$$

to zamiast równania (4) otrzymamy równanie prostej,

$$y = b + ax, \quad (7)$$

które można użyć do linearyzacji wzoru (3) a zatem i wzoru (1).

Po dopasowaniu prostej do punktów pomiarowych  $x, y$  i otrzymaniu w ten sposób parametrów  $a$  i  $b$  można za pomocą wzorów (6) znaleźć parametry  $\beta$  i  $\omega$ , a za pomocą wzoru (2) można znaleźć parametr  $B$ .

## Opis doświadczenia

### 1. Przygotowanie próbek pomiarowych

Próbki pomiarowe wykonane zostały ze szkła akrylowego (szkło organiczne, potocznie plexiglas, pleksi, żargonowo pleksa) – przezroczyste tworzywo sztuczne, którego głównym składnikiem jest poli(metakrylan metylu) czyli PMMA) o grubości 4 mm.

Każda z próbek zawiera nacięcia wykonane za pomocą plotera laserowego uzyskane: I sposób – przy takiej samej prędkości  $v$  posuwu głowicy lasera ale przy różnych mocach (zapisane w tabeli poniżej);

II sposób – przy takiej samej mocy wiązki laserowej ale przy różnych prędkościach  $v$  posuwu głowicy lasera.

### 2. Pomiar głębokości nacięć $D$ w zależności od mocy wiązki laserowej i prędkości przesuwu głowicy lasera.

Pomiar głębokości nacięć wykonany zostanie przy pomocy oprogramowania mikroskopu z zainstalowaną kamerą cyfrową podłączoną do komputera. Zmierzyć należy głębokość nacięć patrząc od czoła próbki.

Lp.	$D$ , mm		$v$			
	$P$		10	20	30	40
	%	W	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s
1	20					
2	30					
3	40					
4	50					
5	60					
6	70					
7	80					
8	90					
9	99					

## Opracowanie wyników pomiarów

1. Na podstawie krzywej dopasowania otrzymanej w ćwiczeniu „Pomiar mocy wiązki lasera CO<sub>2</sub>” oraz na podstawie znajomości mocy wyrażonej w % obliczyć moc wyrażoną w watach. Wyniki zamieścić w tabeli.

2. Analiza uzyskanych wyników

a. narysować wykres  $\bar{D}(P)$  dla poszczególnych prędkości  $v$  lub

b. narysować wykres  $\bar{D}(v)$  dla poszczególnych mocy lasera  $P$ , odpowiednio do wybranego w doświadczeniu sposobu cięcia I lub II.

3. Porównanie danych doświadczalnych z modelem literaturowym.

Dla każdej pary moc-prędkość obliczyć  $x = \ln \frac{P}{v}$  oraz  $y = \ln D$ .

Nanieść otrzymane wartości na jeden wykres  $y(x)$ .

Do wszystkich punktów  $x, y$  (nie rozróżniając różnych mocy) dopasować prostą (np. za pomocą funkcji REGLINP w programie Excel), co jest równoważne ze znalezieniem współczynników  $a$  i  $b$  wraz z ich niepewnościami  $u(a)$  i  $u(b)$ .

Zaznaczyć tę prostą na powyższym wykresie  $y(x)$ .

Za pomocą wzorów (6) i (2) obliczyć parametry  $B$  i  $\omega$  znajdujące się we wzorze (1).

4. Na wykresach, na których umieszczone są punkty pomiarowe  $D(P)$  lub  $D(v)$ , narysować teoretyczne funkcje dopasowania według wzoru (1) dla każdej prędkości  $v$  lub odpowiednio każdej mocy  $P$  (w zależności od wybranego w doświadczeniu sposobu cięcia I lub II).
5. Na podstawie modelu teoretycznego danego wzorem (1), określić parametry cięcia, dla których przecięte zostanie szkło akrylowe o grubości 5 mm i 10 mm.
6. Zapisać wnioski z przeprowadzonego doświadczenia i obliczeń.

Literatura:

[1] Bai Hua Zhou, S.M. Mahdiwian, Experimental and theoretical analyses of cutting non-metallic materials by low power CO<sub>2</sub>-laser, Journal of Materials Processing 146 2004, 188-192.