

# LASEROWA OBRÓBKA MATERIAŁÓW

Promieniowanie laserowe umożliwia wykonanie wielu dokładnych operacji technologicznych

- na różnych materiałach:
  - trudno obrabialnych takich jak diamenty, metale twarde,
  - miękkie w rodzaju gąbki,
  - kruche typu ceramiki,
- z wydajnością i dokładnością niejednokrotnie przewyższającą znacznie metody tradycyjne,
- charakteryzujących się:
  - bezkontaktowością:
    - duża czystość miejsca obróbki,
    - możliwość zdalnego operowania światłem poprzez przezroczyste osłony, w warunkach próżni, atmosfery gazowej lub pod wodą,
  - selektywnością:
    - promieniowanie laserowe może być skupiane do małych obszarów, nawet mikrometra. Sprzyja to otrzymywaniu ekstremalnie dużych gęstości mocy ( $>10^{14}$  W/cm<sup>2</sup>) oraz selektywnemu prowadzeniu obróbki w precyzyjnie wybranych obszarach materiału, bez obawy wpływu dostarczonego ciepła na elementy sąsiednie oraz deformacje detali,
  - możliwością pełnej automatyzacji.

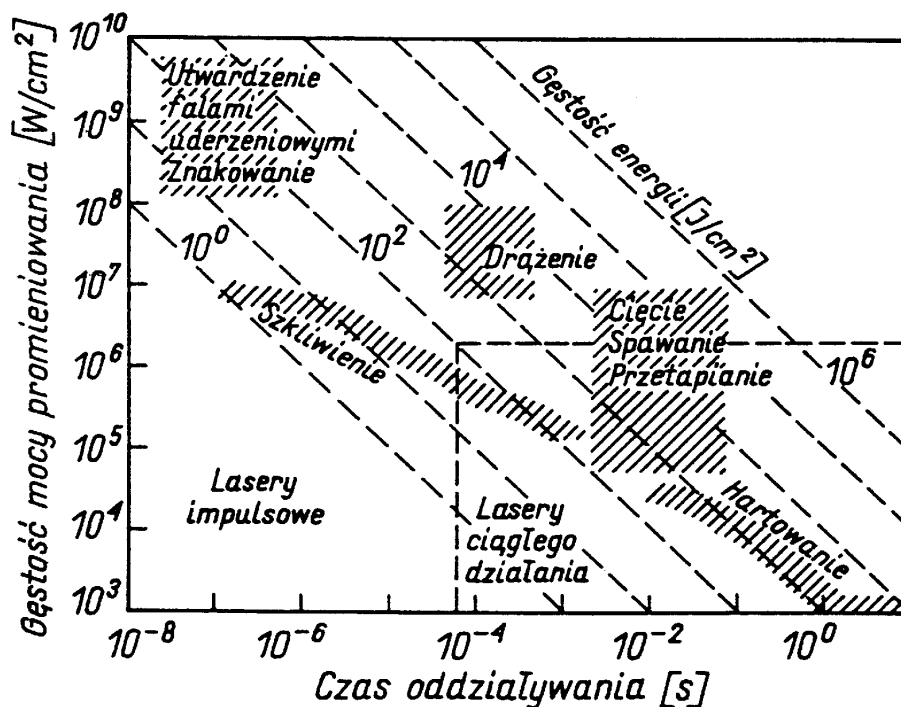
## Uniwersalność obrabiarki laserowej

Zmieniając moc promieniowania, a tym samym jego intensywność w miejscu oddziaływania, możemy:

- podgrzewać materiał prowadząc obróbkę cieplną,
  - polepszając w ten sposób jego własności mechaniczne oraz odporność na działanie czynników zewnętrznych,
  - zmiękczając materiał, co jest ważne np. w procesie toczenia,
- topić materiał, a więc spawać lub lutować,
- odparowywać materiał wykonując,
  - cięcie,
  - grawerowanie
  - drażnienie,
  - naparowywanie,
  - oczyszczanie powierzchni,
- za pomocą fal uderzeniowych poddawać materiał ekstremalnie dużym ciśnieniom, co może prowadzić do
  - likwidowania mikropęknięć,
  - utwardzenia materiałów,
  - zmian ich własności.

## Rodzaj operacji technologicznej a gęstość mocy i czas trwania impulsów laserowych

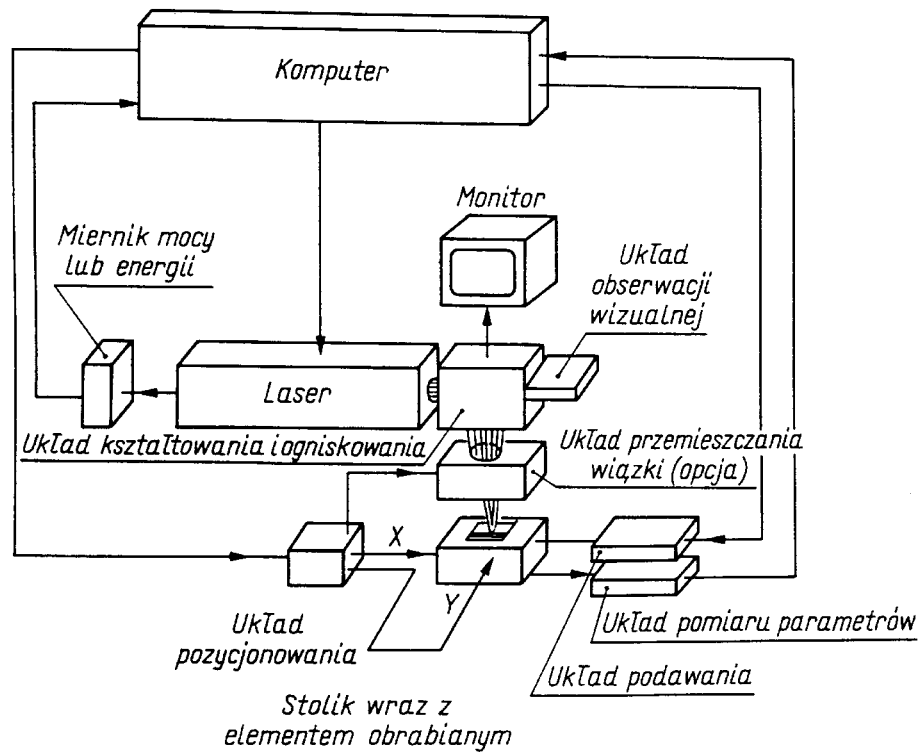
Odpowiedni dobór gęstości mocy promieniowania i czasu trwania impulsów laserowych pozwala tworzyć warunki do przeprowadzania tej czy innej operacji.



$< \sim 10^5 \text{ W/cm}^2$	Obróbka cieplna, np. hartowanie.
$\sim 10^5 \text{ W/cm}^2$	Przetapianie, spawanie
$10^6 - 10^7 \text{ W/cm}^2$	Cięcie, drażnienie, grawerowanie, usuwanie materiału
$10^8 - 10^9 \text{ W/cm}^2$	Znakowanie, utwardzanie za pomocą fal uderzeniowych generowanych na materiale na skutek rozszerzającej się plazmy

Istotne znaczenie ma dobór długości fali światła laserowego. Obecnie stosuje się promieniowanie w zakresie od ultrafioletu ( $\sim 0,2 \mu\text{m}$  dla laserów argonowo-fluorowych) do podczerwieni ( $10,6 \mu\text{m}$  dla laserów CO<sub>2</sub>)

## Obrabiarka laserowa, budowa i działanie



TRUMPF LASERCELL 1005. Laserowe modułowe centrum obróbcze z rezonatorem CO<sub>2</sub> do cięcia, spawania i obróbki powierzchni.

## Hartowanie

Polega na podwyższeniu twardości metali w warstwie przypowierzchniowej dzięki przemianom fazowym spowodowanym nagrzewaniem.

Chłodzenie nagrzanej warstwy odbywa się zazwyczaj samoistnie, dzięki przewodnictwu cieplnemu. Gwałtowny spadek temperatury warstwy prowadzi przy tym do wytworzenia się, w przypadku stali, przypowierzchniowej warstwy martenzytycznej o zwiększonej twardości.

### Zalety hartowania laserowego

- selektywne utwardzanie detali, również o skomplikowanych kształtach,
- utwardzanie wszystkich rodzajów żelaza odlewniczego, w tym stali trudno hartowalnych, stali narzędziowych, a nawet stopów aluminium,
- dzięki szybkiemu, naturalnemu chłodzeniu, w procesie hartowania nie występuje powstawanie tlenków na hartowanych powierzchniach,
- minimalne deformacje termiczne hartowanych elementów, powierzchnia hartowana w wielu przypadkach nie wymaga dodatkowej podwyższającej jej jakość obróbki mechanicznej.

Podgrzewanie metali wiązką laserową do temperatury bliskiej temperatury topnienia stosuje się też w celu zmniejszenia twardości materiału przed narzędziem skrawającym. Umożliwia to skrawanie materiałów nie obrabialnych w warunkach klasycznych, zmniejsza zużycie narzędzia.

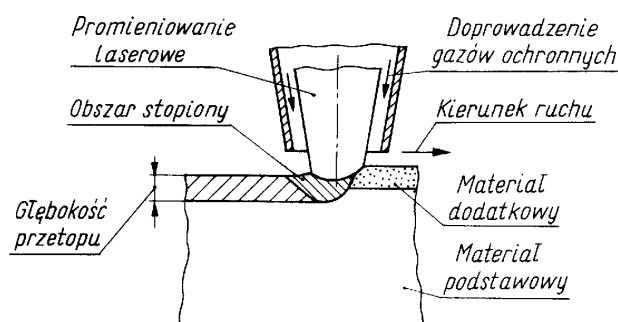
## Przetapianie warstwy powierzchniowej

Proces laserowego przetapiania warstw przypowierzchniowych pozwala na

- kontrolowane domieszkowanie, w postaci proszku lub gazu, różnego rodzaju środków uszlachetniających,
- wytwarzanie warstw amorficznych (szklwienie laserowe).

Domieszkowanie prowadzi do powstania warstwy materiału o niewielkiej grubości i specyficznych właściwościach

- odpornej na ścieranie, korozję i działanie środków chemicznych
- charakteryzującej się dużą twardością i wytrzymałością na zmęczenie.



Przykład laserowego domieszkowania materiałów

Zasadniczy wpływ na właściwości tak wytworzonych warstw ma szybkość ich ochładzania. Chłodzenie warstwy z szybkością np. rzędu  $10^8$  stopni/s prowadzi do utworzenia struktury amorficznej, o grubości ok.  $20 \mu\text{m}$  przypominającej szkliwo. Warstwy amorficzne charakteryzują się szczególnie dużą wytrzymałością mechaniczną, a także dużą odpornością na korozję.

## Spawanie laserowe

Do spawania materiałów wykorzystuje się głównie lasery CO<sub>2</sub> i Nd:YAG. Pozwala to na łączenie elementów za pomocą ciągłych spoin spawalniczych o głębokościach przetopu dochodzących do kilku centymetrów przy gęstościach mocy promieniowania  $10^5 - 10^7$  W/cm<sup>2</sup>.

### Zalety spawania laserowego

- duża czystość spoin,
- układanie szwów w materiałach z dużą prędkością i dokładnością, po skomplikowanej trajektorii,
- możliwość łączenia elementów znajdujących się w miejscach trudno dostępnych,
- możliwość realizacji połączeń większości stosowanych w praktyce materiałów.

### Wady

- takie materiały jak miedź, aluminium, mosiądz i większość stopów zawierających cynk (w odróżnieniu od kowaru, tytanu, inconelu, monelu i specjalnych gatunków stali nierdzewnej) nie gwarantują dobrej hermetyczności obudów spawanych laserowo.

## Spawanie laserowe, cd.



Spawarka laserowa HGL LWY60. (Chiny). Laser Nd:YAG (1,06  $\mu\text{m}$ , 60 W)



Spawarka laserowa Mitsubishi VZ2 wyposażona w laser CO2



## Cięcie laserowe

Za pomocą promieniowania laserowego możliwe jest cięcie praktycznie dowolnych materiałów: tkanin, azbestu, ceramiki, gumy, metalu, szkła i in.

Zalety cięcia laserowego:

- bezdotykowość,
- duża prędkość,
- możliwość obróbki skomplikowanych kształtów,
- dobra jakość krawędzi,
- niewielka strefa oddziaływania cieplnego.

Najczęściej stosowane lasery: CO<sub>2</sub>, Nd:YAG, przeważnie o działaniu ciągłym, ale również o działaniu impulsowym z dużą częstotliwością repetycji impulsu.

Typowa gęstość mocy:  $10^5 - 10^7 \text{ W/cm}^2$

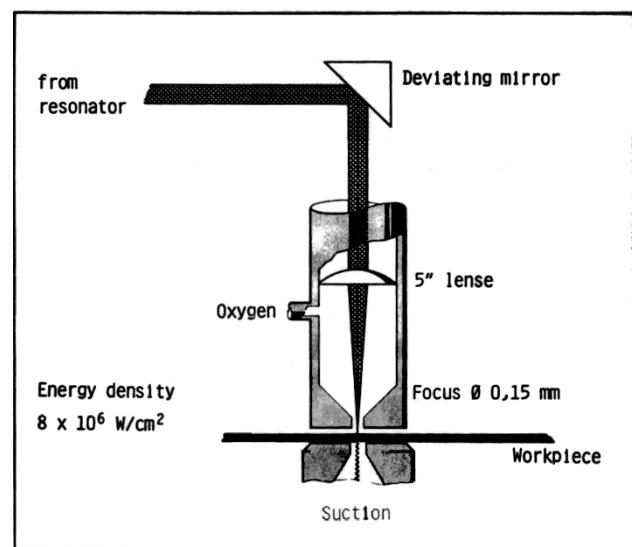
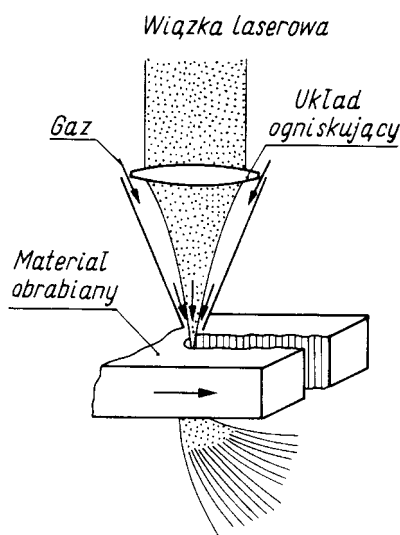
Czas oddziaływania: 0,1 - 0,001 s

Materiał	Moc lasera [W]	Grubość materiału [mm]	Prędkość procesu [m/min]
Żywica akrylowa	450	20	0,2
Tektura karbowana	400	8	5,0
Gips	300	9	0,5
Guma	300	5	0,5
Drewno	300	10	1,1
Stal miękka	1200	2	5,0
Stal nierdzewna	1200	3	5,0
Tytan	1200	2	2,2
Tkanina (wełna)	350	0,5 × 2	18

## Cięcie, cd.

W celu zwiększenia skuteczności oddziaływania promieniowania laserowego, cięcie materiałów często odbywa się w obecności gazu:

- aktywnego: tlen,
- obojętnego: azot, powietrze, argon.



Zadania spełniane przez gaz:

- ochrona powierzchni soczewki ogniskującej przed powstającymi podczas cięcia parami materiału,
- wydalanie wytworzonych par z powstającej podczas cięcia szczeliny,
- utlenianie materiału (szczególnie przy cięciu metali),
- ochrona brzegów szczeliny przed wpływem atmosfery,
- chłodzenie brzegów materiału,
- w przypadku materiałów łatwopalnych, zabezpieczanie materiału przed zapaleniem.



Wycinarka TCL 3050 z laserem CO<sub>2</sub> służąca do programowanego wycinania skomplikowanych kształtów w blachach, firmy TRUMPF. Wysoka prędkość cięcia do 40 m/min, duże możliwości obróbki różnych grubości blach: stal konstrukcyjna do 25 mm, stal szlachetna do 25 mm, aluminium do 15 mm.

