



**POLITECHNIKA  
RZESZOWSKA**  
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



**WYDZIAŁ  
BUDOWY MASZYN  
I LOTNICTWA**  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

**KATEDRA TECHNIK WYTWARZANIA  
I AUTOMATYZACJI**

## INSTRUKCJA DO ĆWICZEŃ LABORATORYJNYCH

Przedmiot :  
**OBRÓBKA SKRAWANIEM I NARZĘDZIA**

Nr ćwiczenia : **8**

Temat:  
**Obróbka elektroerozyjna i laserowa**

Kierunek: **Mechanika i Budowa Maszyn**

### 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studenta z procesem obróbki elektroerozyjnej i laserowej, zastosowaniem, parametrami procesu i sposobem ustalania i mocowania przedmiotów.

### 2. Wyposażenie stanowiska

- Elektrodrążarka wgłębna
- Elektrodrążarka do otworów (przebijarka do otworów startowych)
- Wycinarka laserowa
- Oprzyrządowanie do maszyn obróbkowych

### 3. Przebieg ćwiczenia

- Zapoznanie się z budową elektrodrążarki wgłębnej
- Zapoznanie się z budową przebijarki do otworów startowych
- Zapoznanie się z budową wycinarki laserowej
- Przeprowadzenie procesu drążenia wgłębnego,
- Przeprowadzenie procesu wykonania otworu,
- Przeprowadzenie procesu cięcia laserowego.

### Literatura:

- Poradnik inżyniera „Obróbka skrawaniem tom I” WNT Warszawa 1991 r.
- Dul – Korzyńska B. „Obróbka skrawaniem i narzędzia” OWPR Rzeszów
- Cichosz P. „Techniki wytwarzania obróbka ubytkowa” OWPW Wrocław 2002 r.

### Opracował:

**Uwagi:** Załącznikiem jest instrukcja szczegółowa

## 1. Wprowadzenie.

Obróbka elektroerozyjna i laserowa należą do grupy procesów obróbki erozyjnej, o niekonwencjonalnym sposobie kształtowania przedmiotu obrabianego. W obu przypadkach materiał zostaje rozdzielony poprzez zjawisko fizyczne bez bezpośredniego udziału narzędzia obróbkowego, czyli np. za pomocą wyładowania elektrycznego w cieczy dielektrycznej bądź za pomocą skoncentrowanej wiązki laserowej z gazem ochronnym.

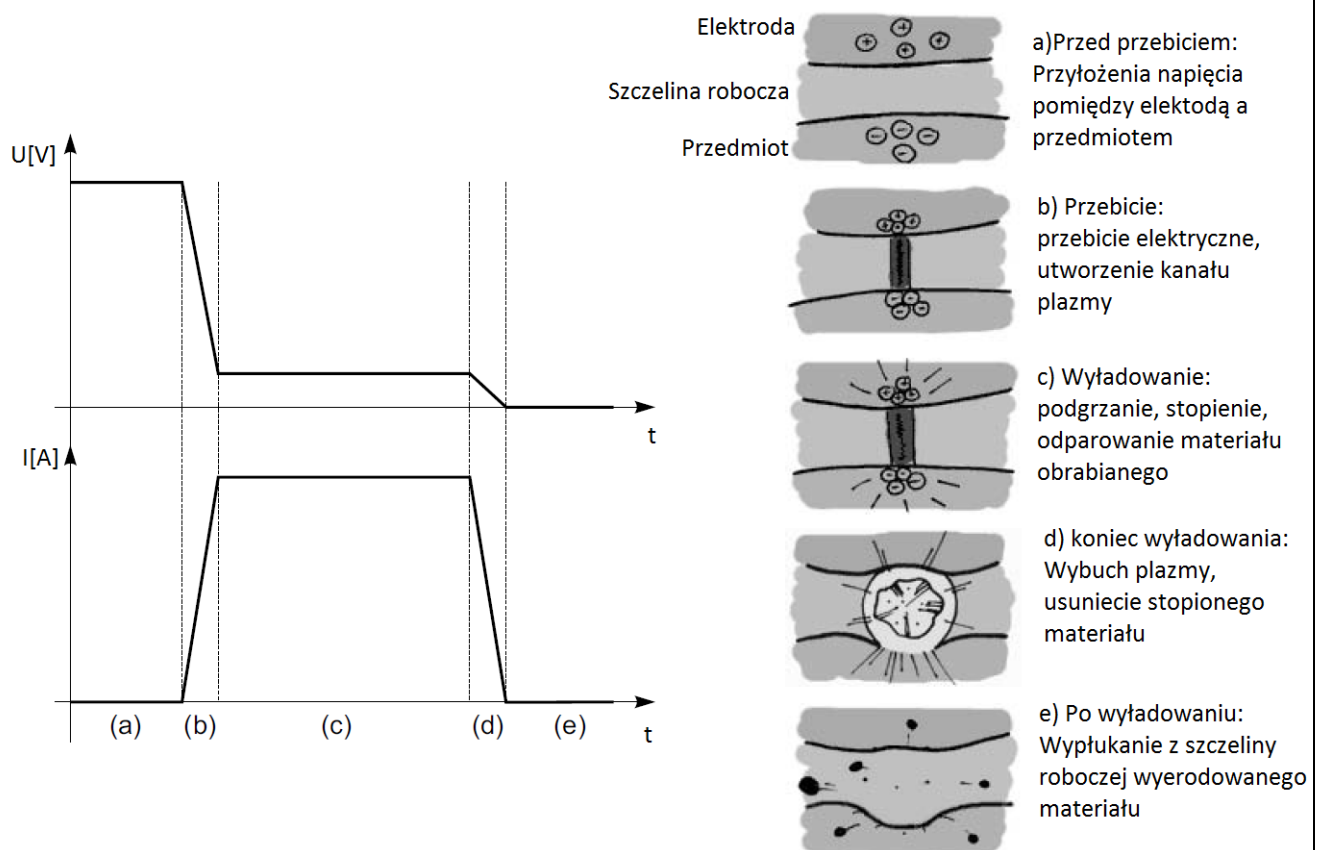
## 2. Obróbka elektroerozyjna.

W procesie obróbki elektroerozyjnej możemy wyróżnić następujące techniki kształtowania:

- Elektrodrażenie (EDM, Electric discharge Machining).
- Cięcie drutem (WEDM, Wire Electric discharge Machining).
- Wiercenie elektroerozyjne (Przebijanie otworów).

### Elektrodrażenie.

Elektrodrażenie jest procesem obróbki elektroerozyjnej, w którym ubytek materiału odbywa się poprzez wyładowania elektryczne pomiędzy elektrodą roboczą, a przedmiotem obrabianym. Kształt i geometria uzyskana po obróbce zależy głównie od geometrii narzędzia (elektrody roboczej). Na rys. 1 przedstawiono przebieg pojedynczego wyładowania elektrycznego pomiędzy elektrodą, a przedmiotem obrabianym.



Rys. 1. Przebieg pojedynczego wyładowania w czasie procesu obróbki elektroerozyjnej.

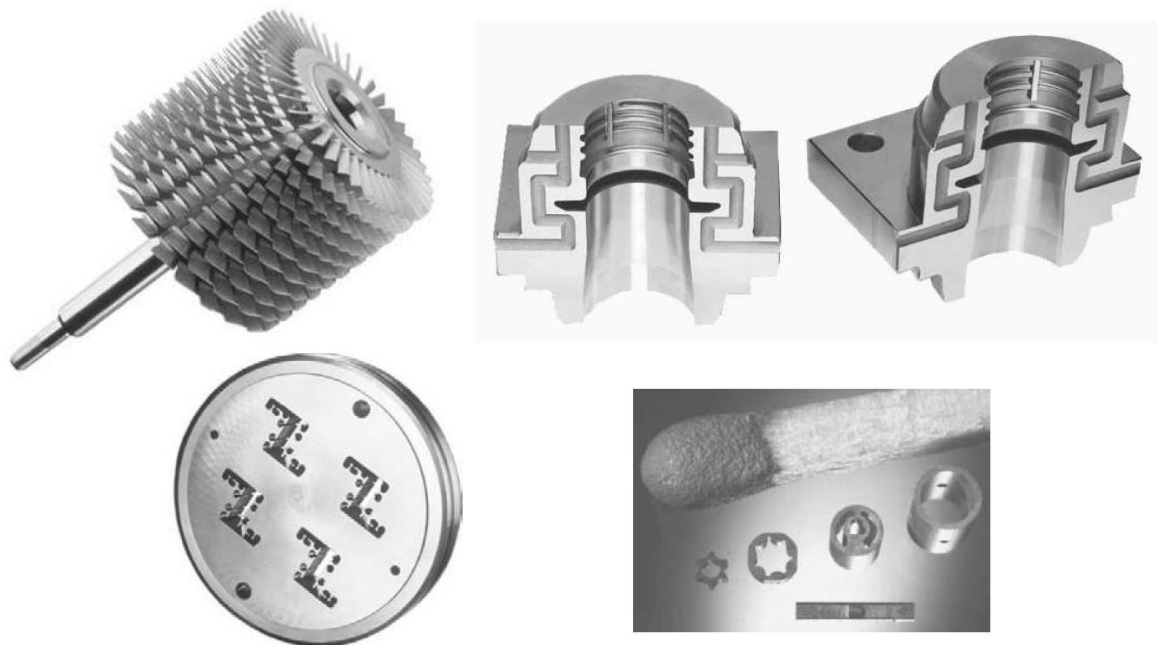
Przebieg pojedynczego wyładowania jest następujący:

- a) Przed przebiciem: w pierwszym etapie pomiędzy elektrodą a przedmiotem obrabianym zostaje przyłożone napięcie o zadanej wartości granicznej  $U_g$ . Elektroda robocza przemieszcza się w kierunku przedmiotu w wyniku tego przemieszczania pomiędzy elektrodą, a przedmiotem następuje wzrost pola elektrycznego. W miejscach, gdzie natężenie pola elektrycznego jest największe, następuje koncentracja

zanieczyszczeń występujących w cieczy, które w konsekwencji prowadzą do obniżenia wytrzymałości elektrycznej w szczelinie roboczej.

- b) Przebiecie: w wyniku osłabienia wytrzymałości elektrycznej w szczelnie roboczej pomiędzy elektrodą, a przedmiotem obrabianym następuje przebiecie elektryczne podczas którego następuje gwałtowny spadek napięcia i wzrost prądu elektrycznego. W wyniku tego zjawiska następuje jonizacja ośrodka i utworzenie kanału plazmy.
- c) Wyładowanie: w czasie wyładowania utrzymująca się wartość prądu zapewnia bombardowanie jonami i elektronami powierzchnię przedmiotu i elektrody roboczej. W wyniku takiego bombardowania następuje gwałtowny wzrost temperatury, topnienie, a nawet odparowanie cząstek materiału obrabianego.
- d) Koniec wyładowania: pod koniec wyładowania następuje gwałtowny spadek prądu przewodzenia, co prowadzi do zaniku kanału plazmy i wybuchu w wyniku zmian ciśnienia wokół wyładowania.
- e) Po wyładowaniu: następuje wypłukanie stopionego materiału i dejonizacja szczeliny roboczej.

Proces elektrodrążenia jest najczęstszym sposobem kształtowania materiałów trudno obrabialnych, materiałów po obróbce cieplnej i cieplno-chemicznej oraz wyrobów o skomplikowanych kształtach, gdzie możliwość obróbki metodami konwencjonalnymi za pomocą frezowania, toczenia, wiercenia jest utrudniona bądź nawet niemożliwa. Na rys. 2 przedstawiono przykłady wykonywania przedmiotów metodą elektrodrążenia.



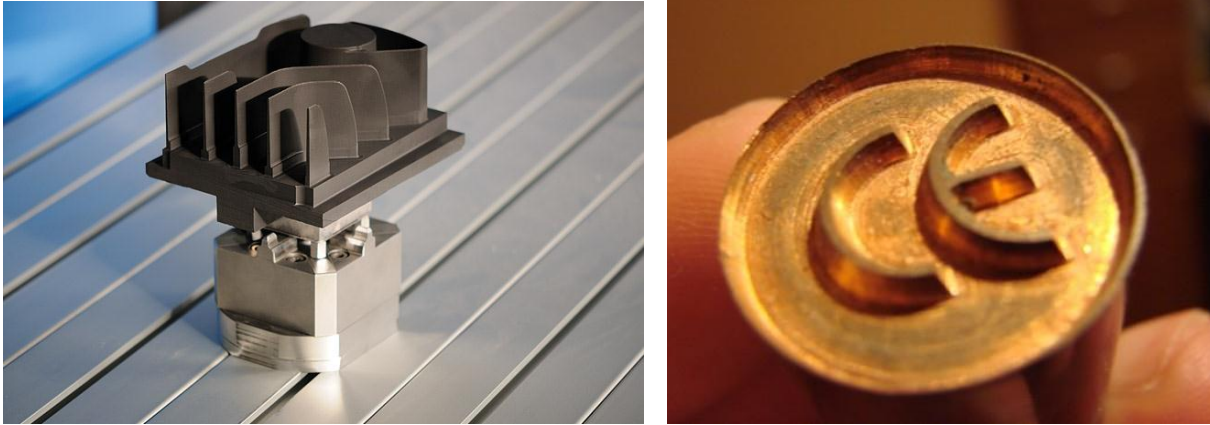
Rys. 2 Przykłady wykonania przedmiotów metodą drążenia.

### Narzędzia

Narzędziem podczas procesu drążenia jest elektroda. Kształt oraz wielkość elektrody jest uzależniona od pożądanego kształtu wyrobu. Materiałem stosowanym na elektrodę może być każdy materiał, który przewodzi prąd, natomiast do najczęstszych stosowanych materiałów na elektrody robocze zalicza się: miedź elektrolityczna, grafit, mosiądz, żeliwo, stopy cyny lub kompozyty.

Miedź elektrolityczna charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami elektrycznymi oraz łatwością kształtowania, natomiast grafit jest materiałem bardzo kruchym, o bardzo dobrych właściwościach elektrycznych. Wykonywanie elektrod grafitowych odbywa się na specjalnie przystosowanych do tego centrach obróbczych wyposażonych w systemy odprowadzania pyłu grafitowego. Największą zaletą elektrod grafitowych jest możliwość wykonania elektrod

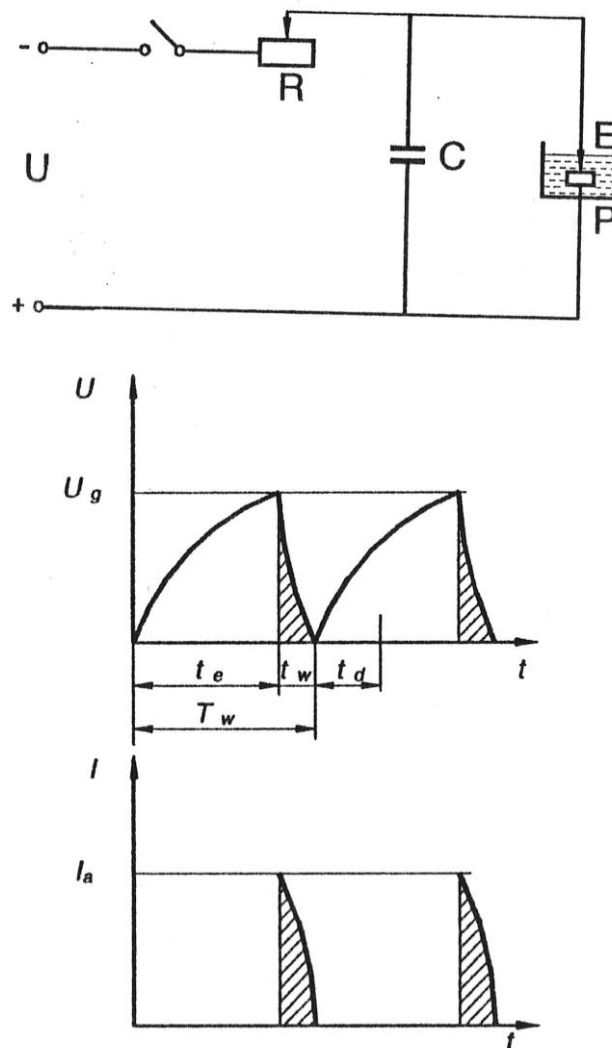
bardzo długich o małym przekroju poprzecznym. Na rys. 3 pokazano przykład wykonania elektrody miedzianej i grafitowej.



Rys 3. Przykłady elektrod: z grafitu, miedzi.

### Generatory impulsów elektrycznych.

Do wytwarzania impulsów prądowych prowadzących do wyładowań elektrycznych stosuje się generatory. Sposób ich działania jest podstawą klasyfikacji odmian obróbki elektroerozyjnej na obróbkę elektroiskrową i obróbkę elektroimpulsową. Wyróżniamy dwa podstawowe typy generatorów: generator zależny RC oraz generator niezależny. Schemat generatora zależnego oraz jego przebiegi czasowe przedstawiono na rys. 4.

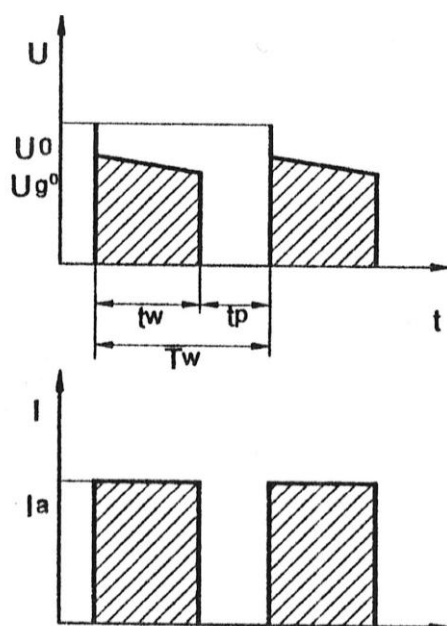
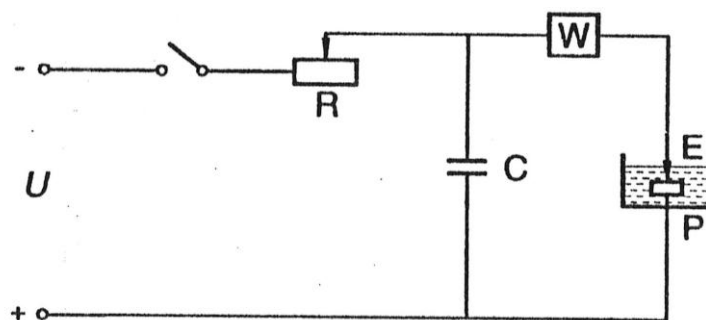


Rys 4. Schemat generatora zależnego oraz przebiegi czasowe ładowania i rozładowania.

Głównym elementem składowym generatora jest zasobnik ładunku elektrycznego – kondensator. Ładowanie kondensatora o pojemności  $C$  odbywa się aż do osiągnięcia napięcia granicznego  $U_g$ , przy którym jonizacja w szczelinie umożliwia utworzenie przeskoku iskry elektrycznej. Średnia energia pojedynczego wyładowania wynosi w przybliżeniu.

$$E_i = C \frac{U_g^2}{2}$$

Objętość usuwanego materiału przy użyciu tego typu generatora wynosi  $10^{-6} - 10^{-4}$  mm<sup>3</sup>/impuls, natomiast częstotliwość wyładowań jest w zakresie 50 – 500 kHz. Na rys. 5. przedstawiono schemat generatora niezależnego do obróbki elektroimpulsowej.



Rys. 5 Schemat generatora niezależnego oraz przebiegi czasowe wyładowania.

Energia elektryczna płynąca ze źródła prądu przez opornik  $R$  ładuje kondensator  $C$ . Za pomocą urządzenia sterującego  $W$  ( tranzystor) nagromadzona energia jest kierowana do szczeliny roboczej, gdzie wydzielana jest w postaci impulsu o dużej mocy. Generatory tego typu charakteryzują się możliwością sterowania czasem wyładowania  $t_w$  i czasem przerwy impulsu  $t_p$ .

Średnią energię pojedynczego impulsu można określić z zależności:

$$E_i = U_g I_a t_w [J]$$

### Ciecze dielektryczne.

Najczęściej stosowaną cieczą roboczą jest ropa naftowa, olej transformatorowy, olej wrzecionowy lub ich mieszaniny. Dobry dielektryk powinien się charakteryzować następującymi właściwościami:

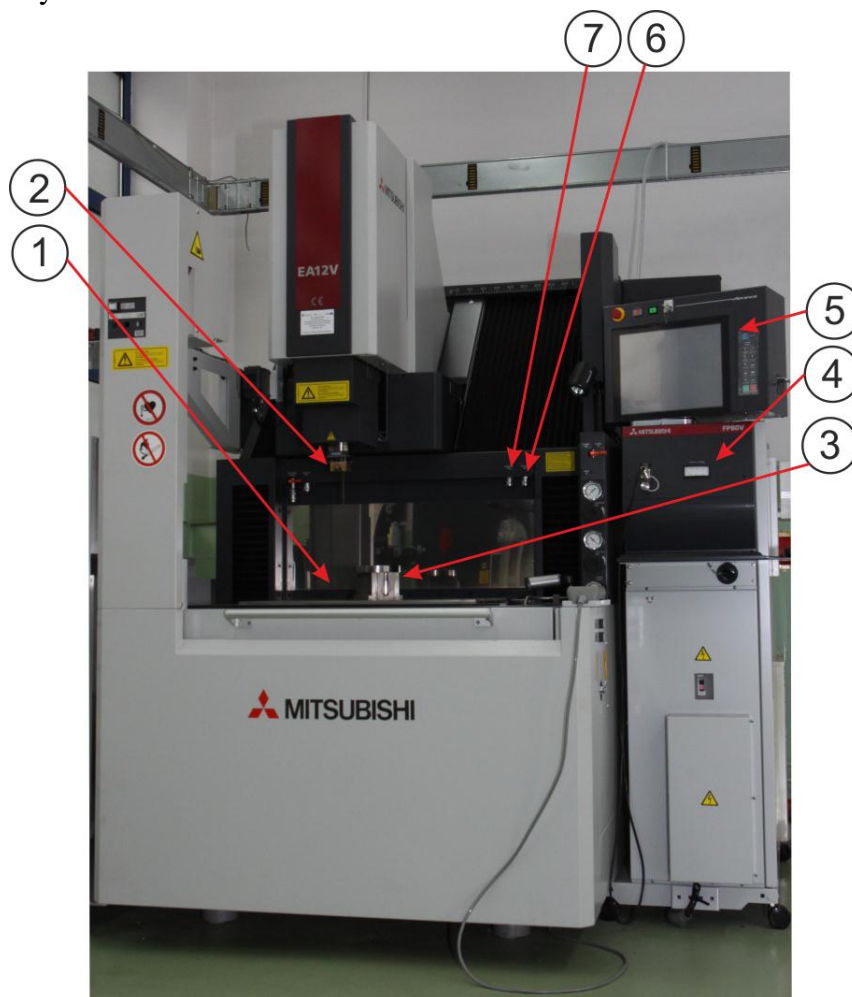
- Dużą opornością elektryczną
- Zdolnością gaszenia łuku elektrycznego
- Małą lepkością
- Dużą trwałością
- Nieszkodliwością dla obsługi

W celu prawidłowego i wydajnego przebiegu obróbki stosuje się różne metody doprowadzania cieczy dielektrycznej do strefy obróbki, do najczęściej spotykanych metod zalicza się:

- Emisję cieczy dielektrycznej przez elektrodę
- Wytworzenie podciśnienia i zasysanie cieczy dielektrycznej ze strefy obróbki.

### Budowa elektrodrażarki.

Na rys. 6 pokazano budowę 4 – osiowej elektrodrażarki firmy Mitsubishi EA12V ze sterownikiem CNC. Elektrodrażarka posiada możliwość drążenia wglębno na kierunkach podstawowych Z, X, Y oraz drążenie po zadanym wektorze kierunkowym (XY, ZX, YZ, XYZ). Wyposażenie elektrodrażarki w dodatkową oś sterowaną C, która wykonuje obrót wokół osi Z pozwala na wykonywanie uzębień wewnętrznych o linii śrubowej oraz gwintów o dowolnym zarysie.

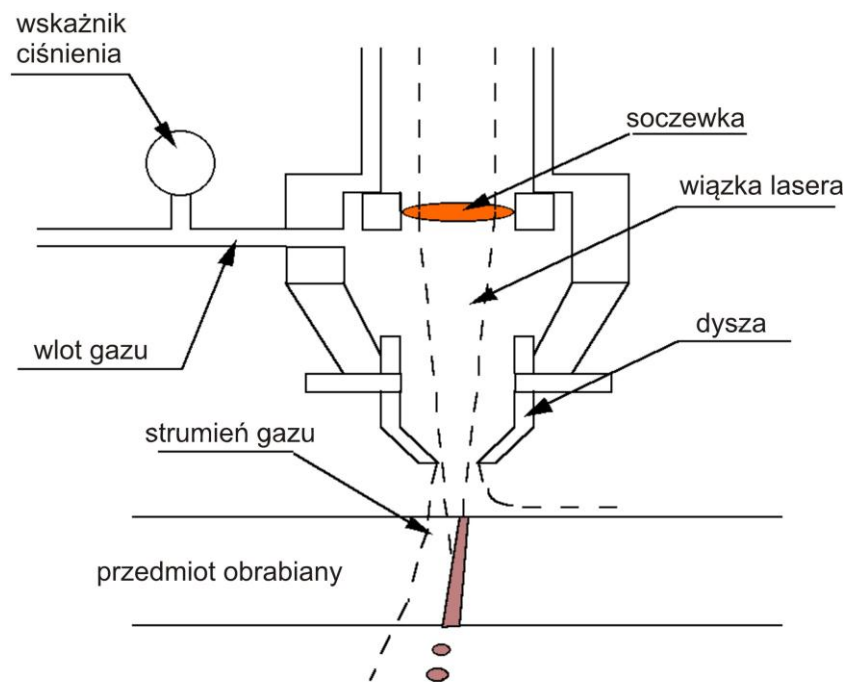


Rys. 6 Budowa elektrodrażarki wglębnej: 1- Przestrzeń robocza, 2 – elektroda robocza, 3 – przedmiot obrabiany, 4 – generator impulsów, 5 – sterownik CNC, 6 – szybko złącze zasysania cieczy dielektrycznej, 7- szybko złącze emisji cieczy dielektrycznej.



### 3. Obróbka laserowa.

Cięcie laserowe umożliwia uzyskanie dowolnych kształtów w różnych materiałach. W procesie obróbki laserowej kształtowanie przedmiotu obrabianego odbywa się skoncentrowaną wiązką światła laserowego o zadanych parametrach takich jak: moc wiązki laserowej, częstotliwość pracy impulsowej wiązki laserowej, prędkość przemieszczania się głowicy laserowej. Skoncentrowany promień światła laserowego o danej długości fali powoduje miejscowe nagrzanie materiału do stanu płynnego, a przepływający przez dyszę gaz pomocniczy powoduje oczyszczenie i schłodzenie strefy obróbki. Na rys. 7 przedstawiono schemat obróbki laserowej.



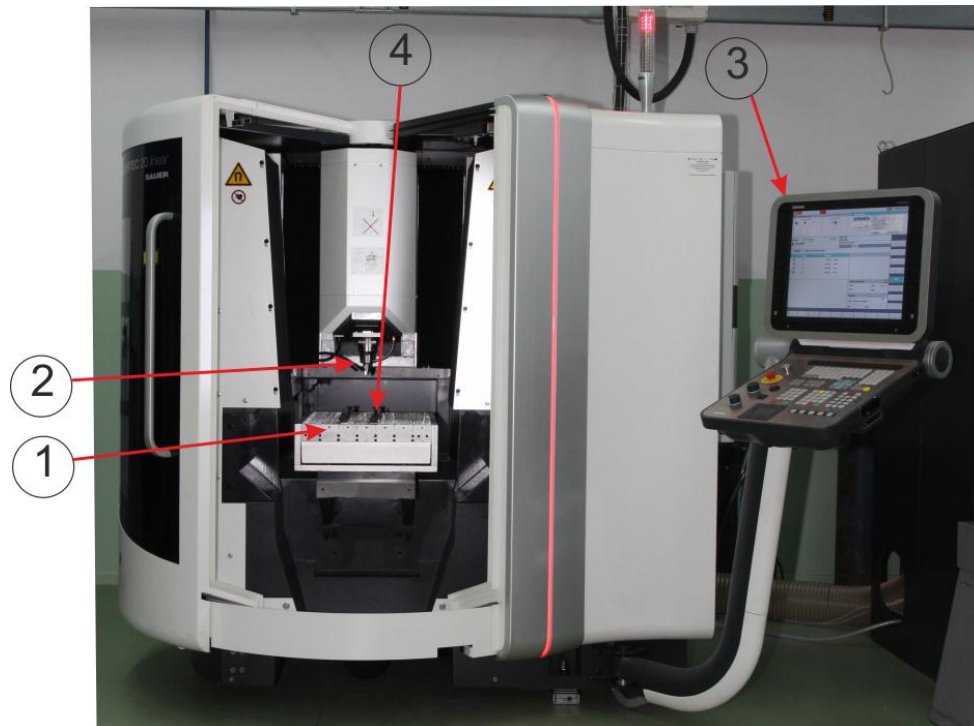
Rys. 7. Schemat cięcia laserowego.

Wiązka laserowa skupiana jest za pomocą soczewki i kierowana jest na powierzchnię ciętego przedmiotu. Ponadto do strefy obróbki doprowadzany jest gaz, który koncentrowany jest za pomocą odpowiedniej dyszy. Na rys. 8 przedstawiono widok procesu cięcia laserowego. Widoczna jest głowica tnąca oraz arkusz blachy ułożony na tzw. ruszcie, który umożliwia wytracenie energii wiązki laserowej po przejściu przez przedmiot.



Rys. 8. Widok cięcia laserowego.

Na rys. 8 widoczne jest centrum laserowe firmy DMG Lasertec Finecutting z laserem światłowodowym, w którym źródło światła skoncentrowanego wynika z promieniowania pierwiastka Iterbu (Yb). Moc lasera jest rzędu 200W, długość fali światła wynosi 1070 nm. Laser może pracować w trybie impulsowym o częstotliwość impulsów do 50kHz lub ciąglem. Centrum wyposażone jest w liniowe napędy osi sterowanych, które pozwalają na uzyskanie prędkości cięcia do 40 m/min. Ze względu na ograniczoną moc obrabiarka umożliwia cięcie przedmiotów o grubości do 1mm.



Rys. 7 Centrum laserowe: 1 – ruszt (stół), 2 – głowica tnąca, 3 – sterownik CNC Sinumeric 840D, 4 – listwy dociskowe przedmioty obrabiane.

#### 4. Pytania kontrolne

- Opisać proces elektrodrążenia.
- Wymienić właściwości dielektryków
- Scharakteryzować materiały stosowane na elektrody
- Opisać zasadę obróbki laserowej
- Scharakteryzować generatory impulsów elektrycznych