

Autorzy: D. Wyszynski, K. Furyk, M. Janusz, J. Krajewska, M. Machno, M. Grabowski

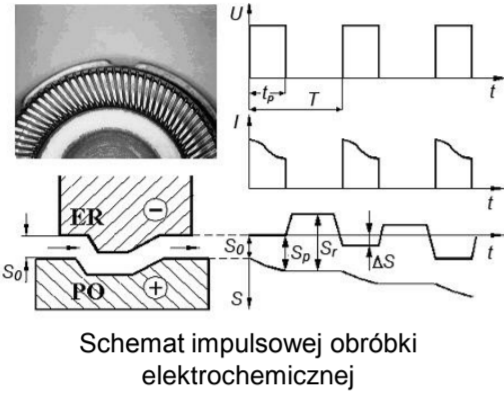
e-mail: wyszynski@mech.pk.edu.pl

Politechnika Krakowska, Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji  
**Oferta badawcza Laboratorium Mikro i Nanotechnologii**



**Mikroobróbka Elektrochemiczna**

- W mikroobróbce elektrochemicznej materiał jest usuwany w procesie roztrawiania anodowego ultrakrótkimi impulsami prądowymi.
- Materiał usuwany jest bardzo małymi porcjami (atom po atomie), bez mechanicznego oddziaływania na obrabiany materiał, co pozwala na wykonywanie miniatury elementów z materiałów przewodzących prąd elektryczny (np. stале, stopy metali nieżelaznych).



**Zwiększenie dokładności obróbki poprzez:**

- zmniejszenie szczeliny międzyelektrodowej,
- odpowiedni dobór elektrolitu,
- stosowanie izolacji lub układów wieloelektrodowych,
- zastosowanie bardzo krótkich impulsów napięciowych ( $t_i < 100 \text{ ns}$ )

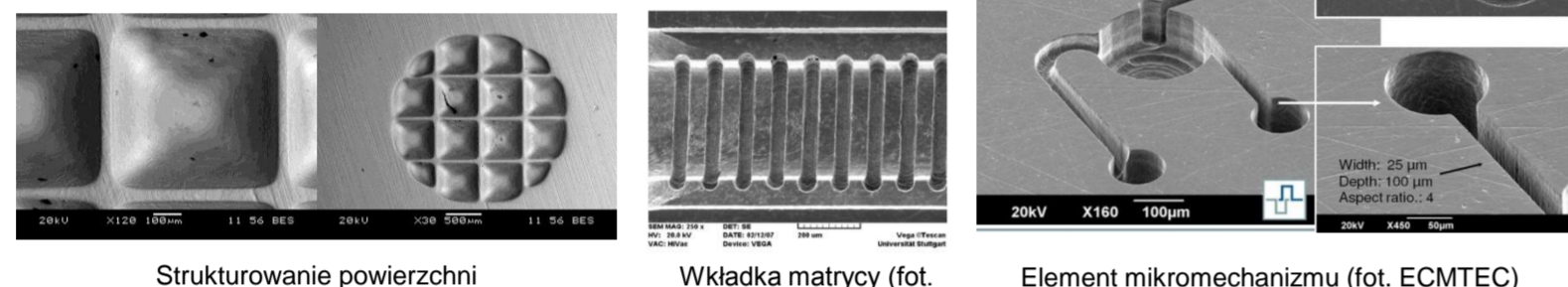
**Zalety :**

- brak zużycia narzędzia (elektrody roboczej),
- brak oddziaływań mechanicznych i termicznych w strefie obróbki, co nie wprowadza istotnych zmian w warstwie wierzchniej przedmiotu obrabianego,
- wysoka wydajność obróbki, która nie zależy od mechanicznych właściwości materiału obrabianego.

**Wady:**

- niski stopień lokalizacji procesu,
- nierównomierność roztrawiania faz strukturalnych materiału, co prowadzi do błędów kształtu.

**Przykłady zastosowania mikroobróbki elektrochemicznej**



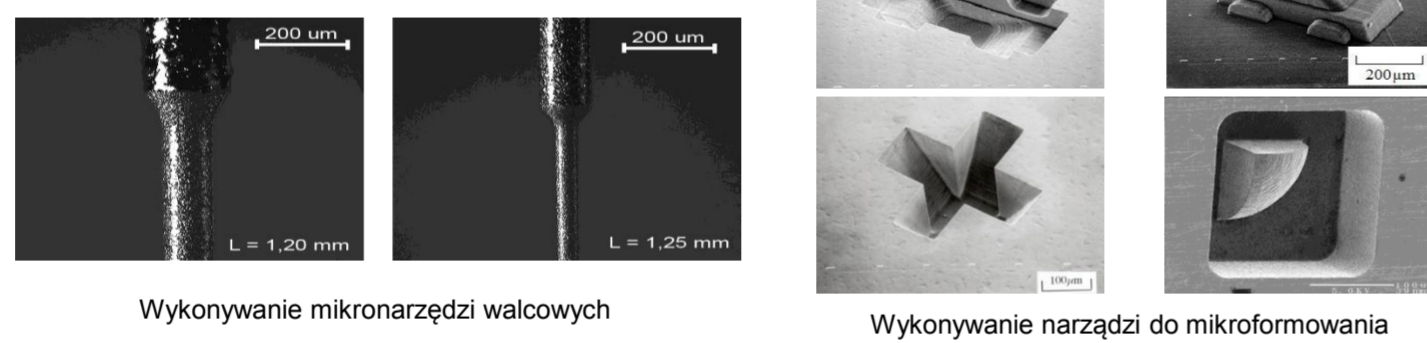
**Mikroobróbka Elektroerozyjna**

metoda kształtowania materiałów przewodzących prąd elektryczny przez usuwanie warstw zewnętrznych, w wyniku erozji elektrycznej, która zachodzi na skutek impulsowych wyładowań elektrycznych pomiędzy elektrodą roboczą (narzędziem) i przedmiotem obrabianym, oddzielonych warstwą dielektryka.

**Zalety EDMM:**

- uzyskanie dużej dokładności kształtowo wymiarowej;
  - możliwość obróbki elementów odczyszczeniowych o bardzo wąskich ścianach
  - obróbka materiałów kruchych;
  - możliwość pełnej automatyzacji;
  - duża niezawodność procesu;
  - obróbka metali i ich stopów oraz przewodzących materiałów kompozytowych niezależnie od ich struktury i właściwości mechanicznych.
- Wady:**
- mała wydajność obróbki w stosunku do np. obróbki elektrochemicznej;
  - szkodliwe oddziaływanie na środowisko naturalne dielektryków na bazie pochodnych ropy naftowej oraz łatwopalność
  - zużycie elektrody roboczej;
  - pogorszenie się właściwości warstwy wierzchniej ze względu na usuwanie nadadatków w wyniku topienia i parowania

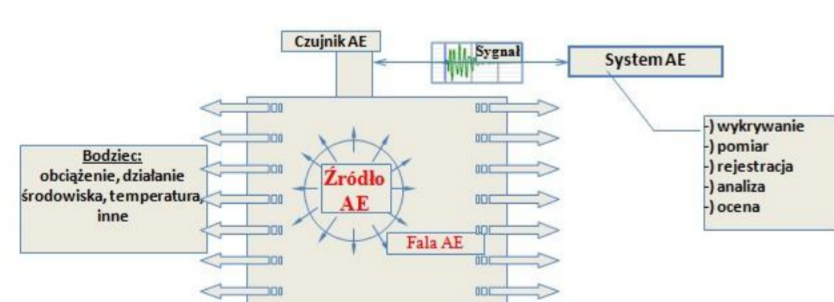
**Przykłady zastosowania EDMM**



**Diagnostyka precyzyjnej obróbki materiałów trudnoskrawalnych przy użyciu Emisji Akustycznej**

Stanowisko badawczo-dydaktyczne do precyzyjnej obróbki materiałów trudnoskrawalnych zostało wyposażone w specjalistyczne czujniki emisji akustycznej, które pozwalają na monitorowanie procesów w czasie i miejscu ich występowania. System składa się z konwertera RMS, filtra dolnoprzepustowego, wzmacniacza ładunku, siłomierza, czujnika emisji akustycznej oraz z komputera PC wraz z oprogramowaniem.

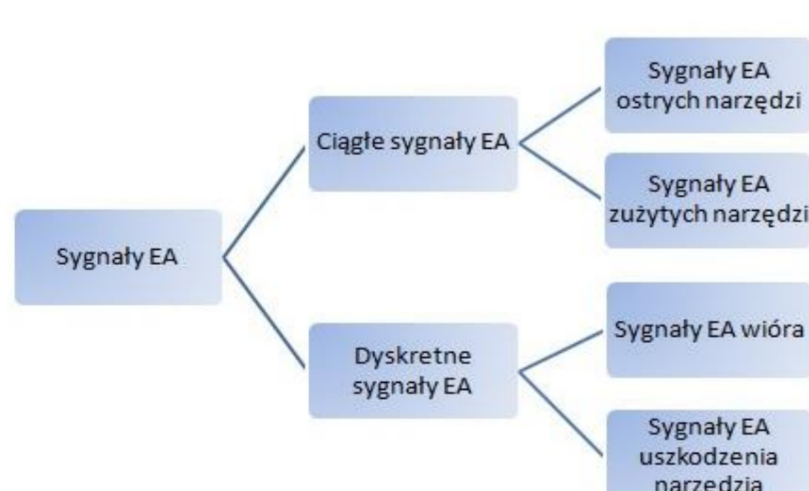
**Podstawy Emisji Akustycznej**



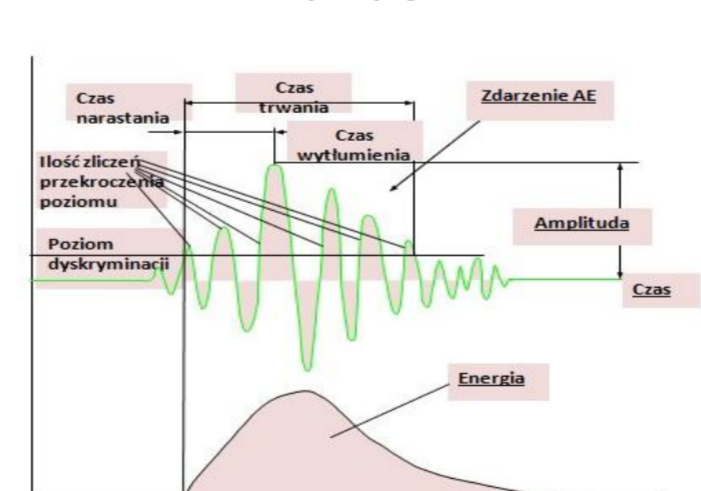
**Źródła Emisji Akustycznej**

Procesy korozyjne, pękanie korozyjne
Przecieki
Deformacja plastyczna, uplastycznianie
Rozwój pęknięcia, pękanie, rozwój uszkodzeń
Pękanie włókien, pękanie osnowy i delaminacja w kompozytach
Przemiany fazowe, ruch dyslokacji, bliźniakowanie
Inne procesy w tym zakłócenia

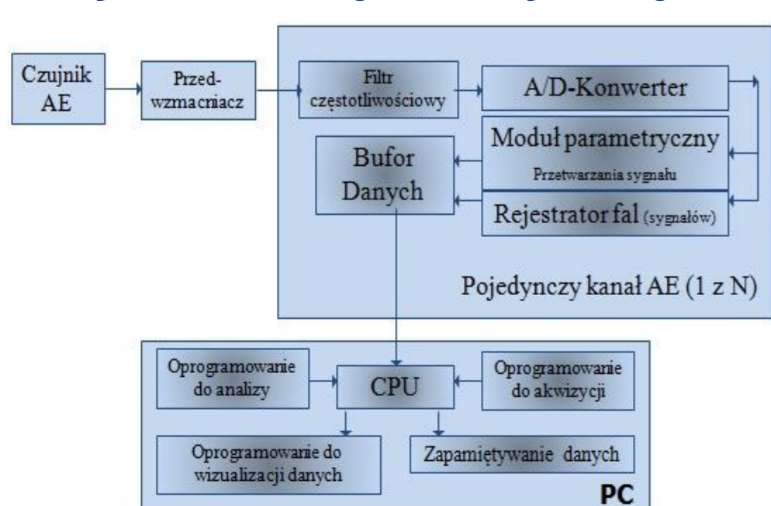
**Rodzaje sygnałów EA**



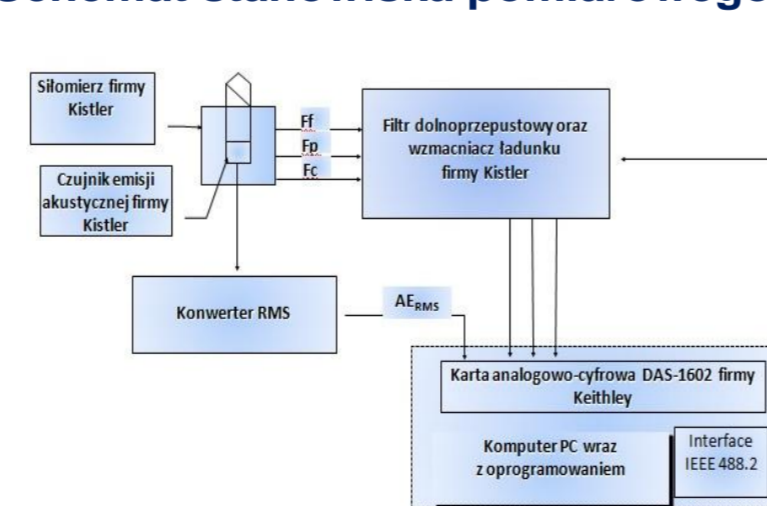
**Parametry sygnału AE**



**System Emisji Akustycznej**

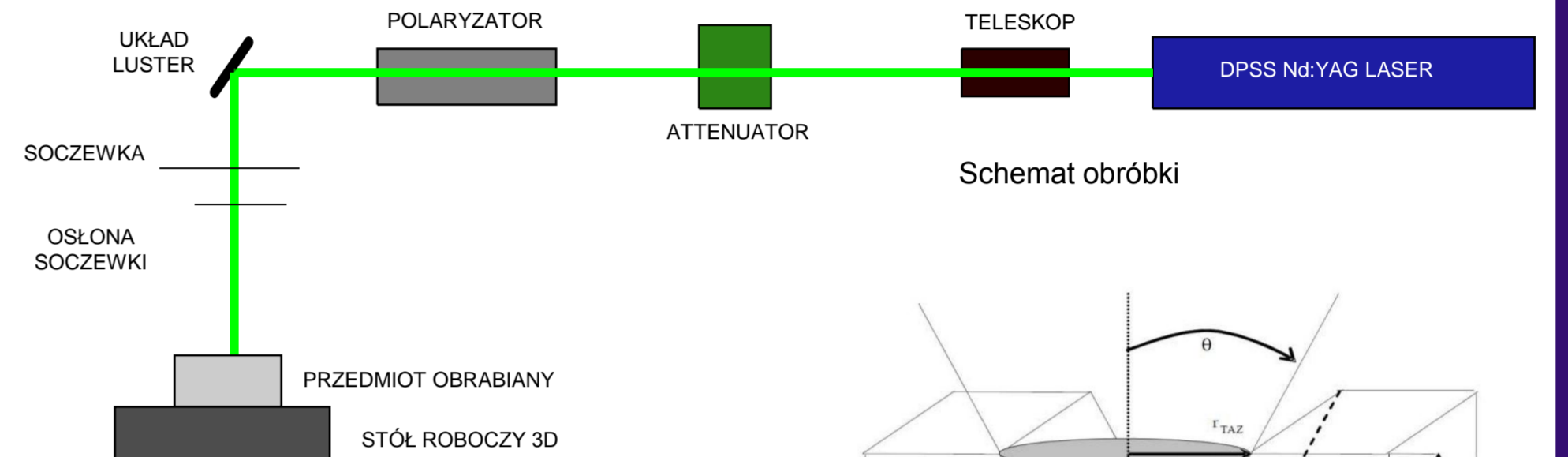


**Schemat stanowiska pomiarowego**



**Precyzyjna Obróbka Laserowa Materiałów Trudnoskrawalnych**

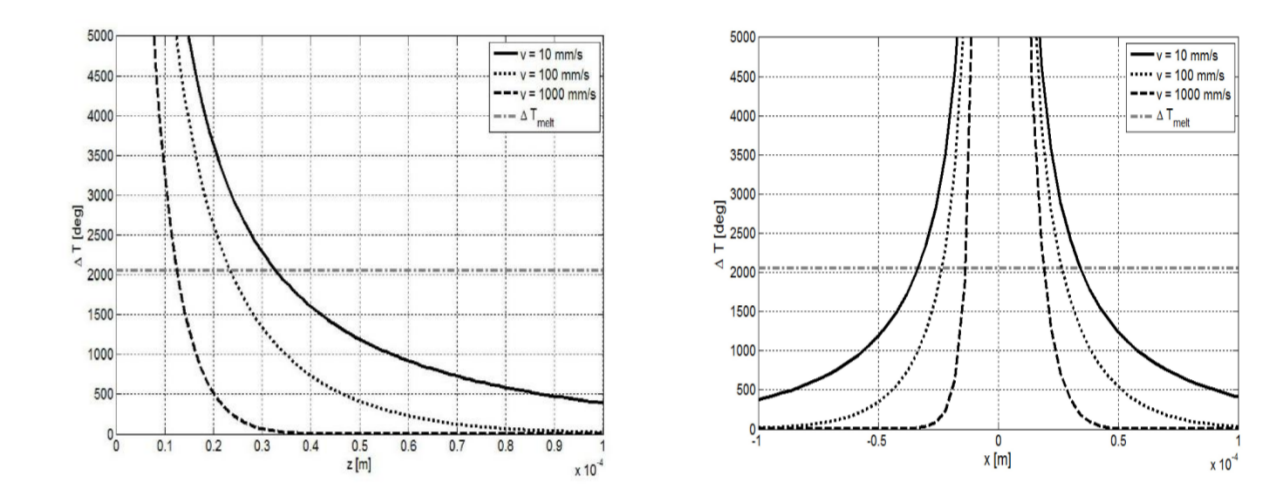
Stanowisko badawczo - dydaktyczne do precyzyjnej obróbki materiałów trudnoskrawalnych w naszym laboratorium zostało wyposażone w specjalistyczną głowicę laserową oraz układ napędów, które pozwalają na zastosowanie wiązki laserowej jako uniwersalnego i profesjonalnego narzędzia. System składa się z jednocelowego spolaryzowanego liniowo lasera impulsowego, optyki zapewniającej optymalną manipulację wiązką lasera oraz zespołu napędów liniowych i śruby toczonej.



**Charakterystyka głowicy laserowej**

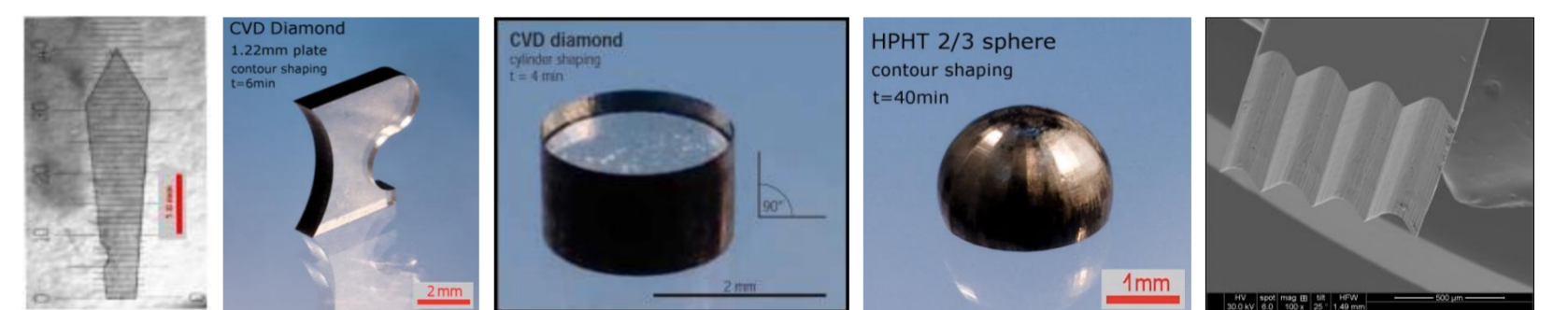
Typ lasera	DPSS Nd:YAG
Typ wiązki	TEM00
Długość fali $\lambda$	532 nm
Średnica wiązki skupionej $d_s$	8,7 $\mu\text{m}$
ogniskowa	77 mm
$M^2$ @9kHz	<1,3
Moc średnia@9kHz	20 W
Częstotliwość impulsów	9 kHz
Czas impulsu	80 ns
Energia w impulsie	2,3 mJ
Polaryzacja wiązki	liniowa

**Symulacja rozkładu pola temperatury dla monokrystalicznego szafiru**



Badania w projekcie finansowanym przez NCBIR pt. „Technologiczny system innowacyjnych metod obróbki materiałów o specjalnych właściwościach”.

**Przykłady elementów wykonanych z diamentu**

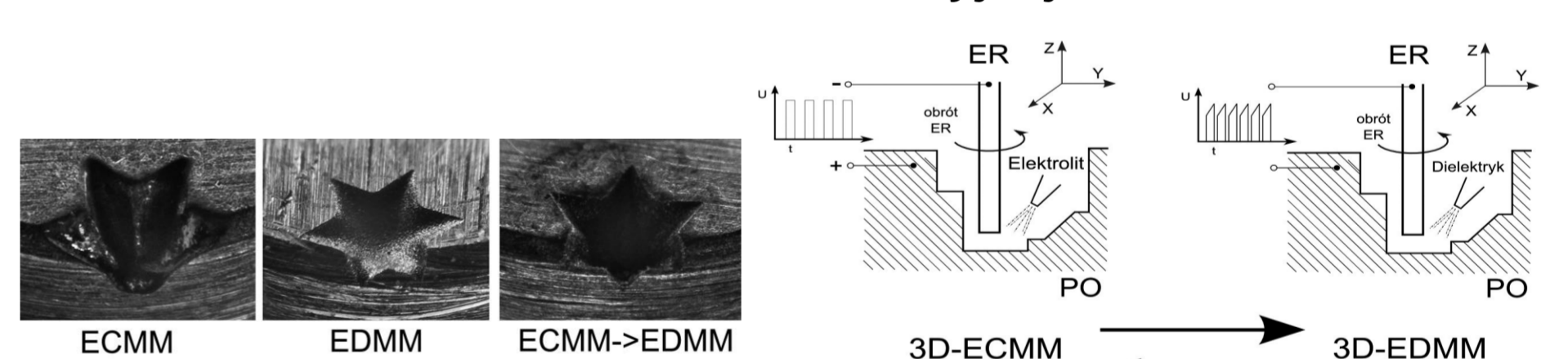


**Integracja technik wytwarzania**

**Hybrydowe procesy wytwarzania** to metody kształtowania materiałów wykorzystujące przynajmniej dwa zjawiska fizyczne, chemiczne lub termiczne do usuwania nadmiaru obróbkowego.

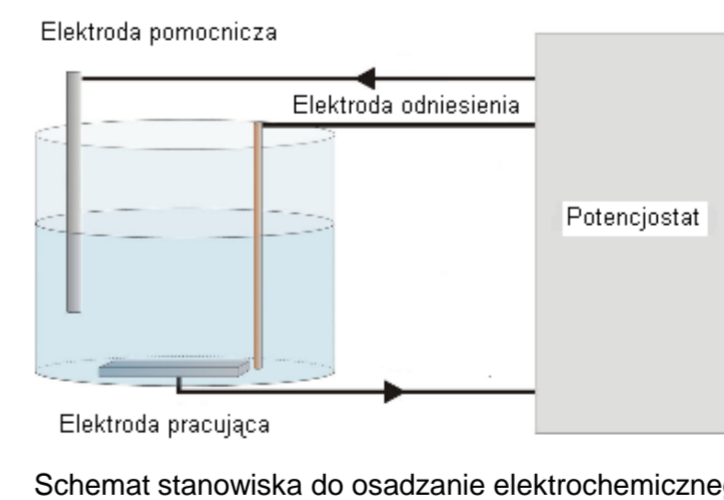
**Sekwencyjne procesy wytwarzania** polegają na zastosowaniu przynajmniej dwóch procesów wytwarzania występujących po sobie i pozwalających w znacznym stopniu zredukować wpływ wad obu procesów na końcowe wskaźniki technologiczne, a w szczególności wielokrotnie skrócić całkowity czas obróbki.

**Proces sekwencyjnej mikroobróbki elektrochemicznej i elektroerozyjnej**



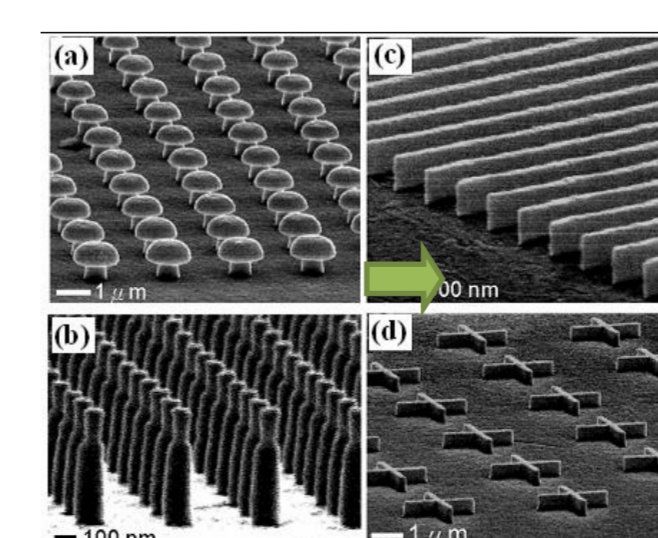
Zastosowanie obróbki elektrochemicznej i elektroerozyjnej w jednej sekwencji pozwala w znacznym stopniu zminimalizować ich wady, a jednocześnie w pełni wykorzystać ich zalety, co w efekcie prowadzi do istotnego podwyższenia wskaźników użytkowych procesu.

**Osadzanie elektrochemiczne struktur**

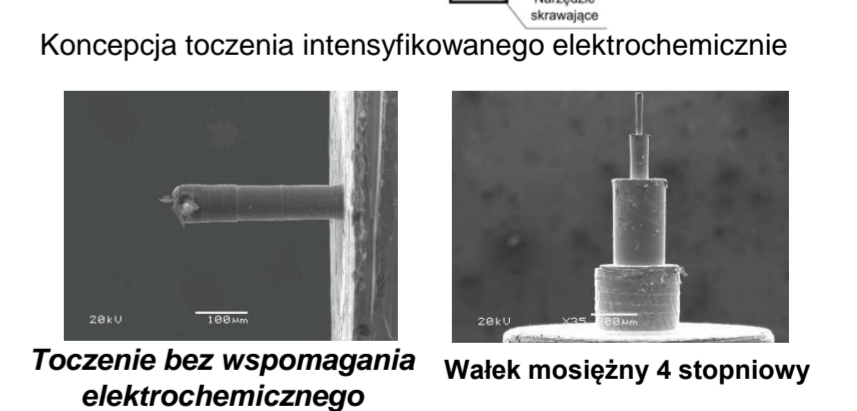
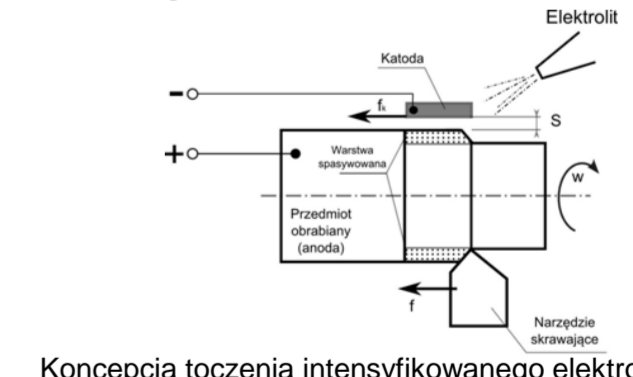


Istnieją trzy sposoby tworzenia struktur na materiale podstawowym :  
\* zastosowanie maski pomiędzy elektrodami,  
\* osadzanie na specjalnie uformowanej katodzie (materiał osadzany przyjmuje kształt elektrody),  
\* zlokalizowane osadzanie elektrochemiczne.

**Struktury utworzone metodą osadzania elektrochemicznego.**



**Toczenie mikroelementów wspomagane elektrochemicznie**



**Toczenie ze wspomaganiem elektrochemicznym**

Korzyści wynikające z wspomagania elektrochemicznego mikrotoczenia :  
obniżenie właściwości mechanicznych warstwy skrawanej  
zwiększenie wydajności przy równoczesnym zmniejszeniu sił skrawania, co zabezpiecza miniaturowe narzędzie oraz przedmiot obrabiany przed zniekształceniem czy uszkodzeniem.