

# *Elektrochemické obrábanie*

- použitie len na vodivé materiály, nezávisle od tvrdosti, húževnatosti,...
  - anodické rozpúšťanie – obrábaný materiál je anóda a nástroj je katóda,
  - nevzniká tepelné ani mechanické poškodenie materiálu,
  - zanedbateľné opotrebovanie nástroja,
  - kvalitu povrchu ovplyvňuje homogenita štruktúry,
  - v porovnaní s chemickým obrábaním sa dosahujú vyššie hodnoty úberu materiálu, tvarová a rozmerová presnosť sú tiež vyššie
- 
-

# *Elektrochemické obrábanie*

Elektrolýza prebieha v medzere medzi nástrojom a materiálom kde prúdi pod tlakom elektrolyt.

Použitím vyššieho tlaku elektrolytu sa zrýchli úber materiálu aj kvalita povrchu.

Úber materiálu je najintenzívnejší na mieste kde je medzera najmenšia – najväčšia prúdová hustota.

Nástroj má tvar budúceho obrobku.

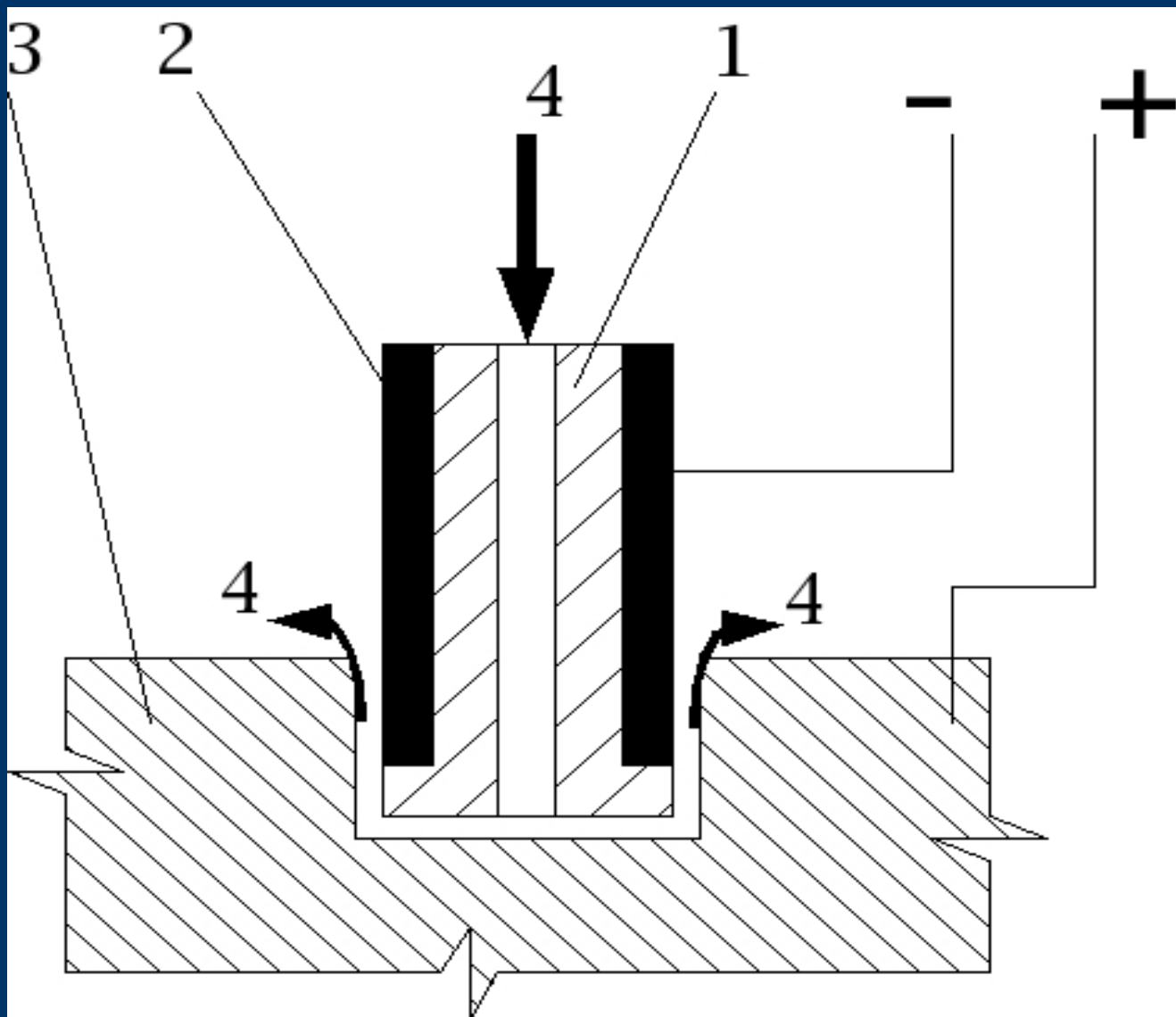
---

---

# *Elektrochemické obrábanie*

- elektrolyt – roztok HCl,
  - tlak elektrolytu je 0,5 – 1,5 MPa,
  - rýchlosť prúdenia elektrolytu je okolo 50 m/sec,
  - prúdová hustota je do 1000 A/mm<sup>2</sup>,
  - napätie do 30V, pri vyššom by mohol vzniknúť výboj,
  - rýchlosť úberu je 1 – 3,5 mm<sup>3</sup>/min.A,
  - posuv až 2 mm/min
  - jednotlivé fázové zložky sa rozpúšťajú rôznou rýchlosťou, každá fázová zložka má aj minimálne napätie pod ktorým sa proces zastaví
- 
-

# *Elektrochemické obrábanie*



# *Elektrochemické obrábanie*

Šírka medzery je 0,1 – 0,3 mm.

**väčšia medzera** – pomalší úber materiálu a horšia kvalita povrchu,

**menšia medzera** – vracia možnosť skratu a poškodenia materiálu a elektródy,

**konštantná medzera** – dosiahne sa plynulou reguláciou, priebežne sa meria veľkosť medzery a mení sa rýchlosť posuvu (adaptívne riadenie)

---

---

# *Elektrochemické obrábanie*

Nástroj je Cu elektróda.

Oplatí sa pri sériovej výrobe zložitých tvarových súčiastok.

Časti nástroja, ktoré sa nezúčastňujú obrábania sú izolované.

Stroje aj nástroje sú drahé, preto sa používa iba v odôvodnených prípadoch.

---

---

# *Elektrochemické obrábanie*

- výkon elektrochemického obrábania je množstvo rozpusteného kovu, riadi sa Faradayovými zákonmi,
  - rýchlosť úberu je hlavný faktor elektrochemickej obrobiteľnosti,
  - presnosť obrábania závisí medzielektródovej vzdialenosti, bežne IT 8 až IT 10,
  - kvalita povrchu (drsnosť) závisí od obrábaného materiálu, koncentrácie elektrolytu, elektrických, hydraulických parametrov, dosiahnuteľné  $R_a$  0,2
- 
-

# *Elektrochemické obrábanie*

Elektrolyt je najčastejšie roztok kyseliny, alebo rôznych solí.

Elektrolyt sa používa v koncentrácii 10 až 20%, teplota býva okolo 35 °C.

Elektrolyt zabezpečuje:

- vedenie elektrického prúdu,
  - odvádza vzniknuté teplo a nečistoty,
  - rozpúšťa obrábaný materiál
- 
-



# *Elektrochemické obrábanie*

Požiadavky na elektrolyt:

- vysoká elektrická vodivosť,
  - nesmú sa vylučovať katióny kovu, ktoré by sa mohli usadzovať na nástroji,
  - musí obsahovať ióny, ktoré budú rozpúšťať anódu,
  - reakčné produkty, ktoré sa z elektrolytu dajú odstrániť,
  - nízka kinematická viskozita, aby neboli zbytočné hydraulické straty,
  - musí byť agresívny vzhľadom na obrábaný materiál a musí rovnomerne rozpúšťať všetky jeho fázové zložky
- 
-

# *Elektrochemické obrábanie*

V priebehu obrábania sa kyslosť elektrolytu prudko zvyšuje, môže nastať **pasivácia** anódy (Fe a Ni zliatiny).

Pridáva sa kyselina dusičná, ktorá pôsobí ako stabilizátor pH.

Odstraňovanie splodín z elektrolytu.

---

---

# *Elektrochemické obrábanie*

- obrábanie homogénnym elektrolytom – medzielektródová medzera okolo 0,2 mm, menej presné obrábanie, potrebná korekcia činnej časti nástroja.
  - obrábanie zmesovým elektrolytom – zmes elektrolyt + vzduch, elektrolyt + CO<sub>2</sub>, medzera môže byť pod 0,1 mm (zvyčajne 0,05 – 0,08 mm), vysoká kvalita a presnosť povrchu aj pri zložitých tvaroch.
- 
-

# Spôsoby elektrochemického obrábania

Podľa spôsobu odstraňovania splodín rozpúšťania môžeme deliť:

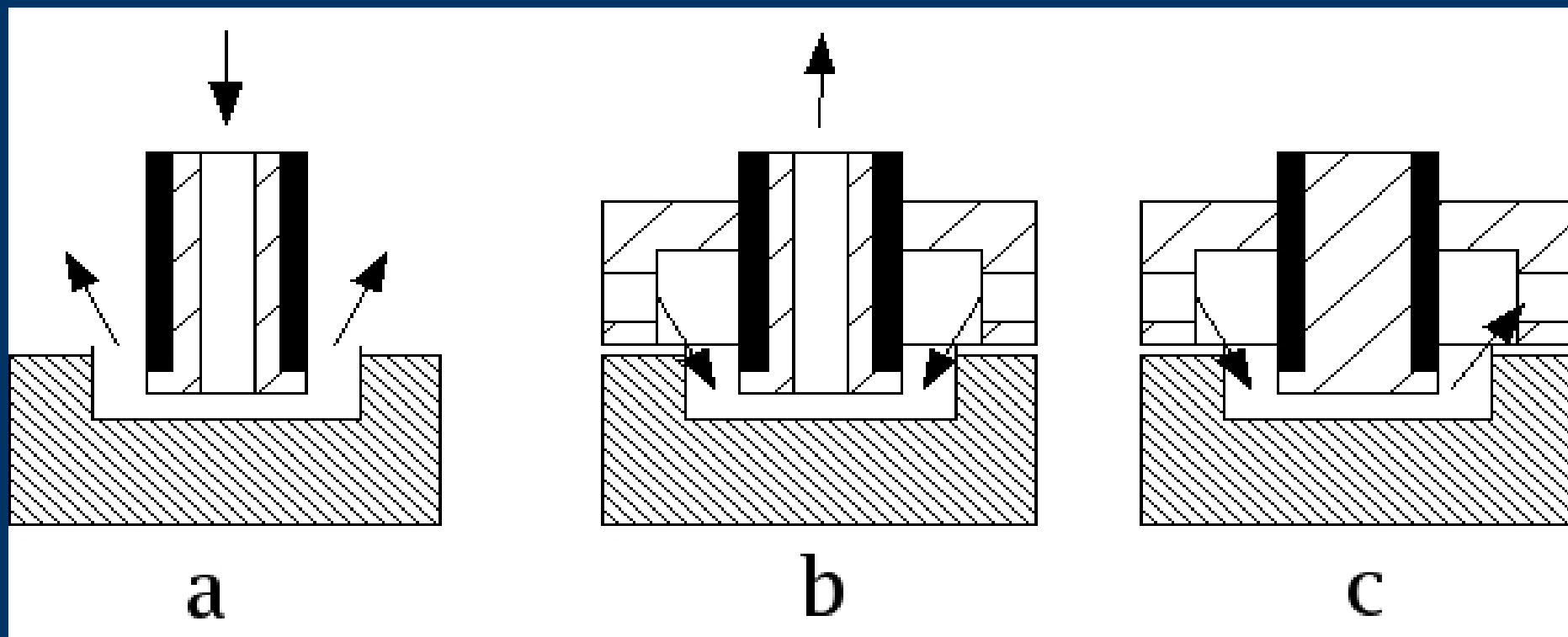
- s prúdiacim elektrolytom:
  - vnútorné,
  - vonkajšie,
  - priečne,
- mechanicky odstraňovanými produktmi reakcie.

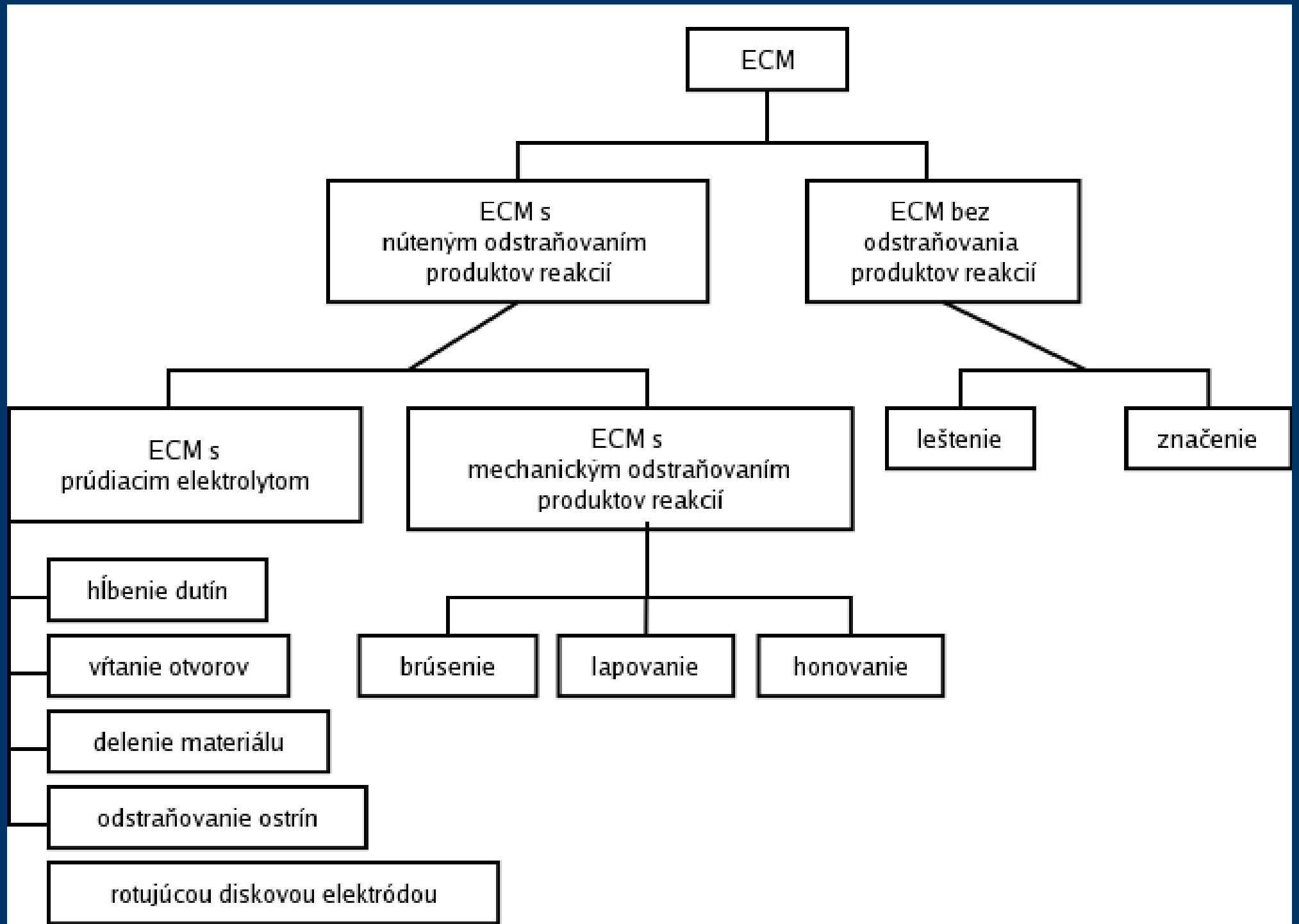
Pri nízkej prúdovej hustote (pod hranicou tvorenia pasivačnej vrstvy) nie je potrebné odstraňovanie splodín.

---

---

# Spôsoby elektrochemického obrábania





# *ECM hĺbenie dutín*

- vysoká prúdová hustota ( $1000 \text{ A/cm}^2$ ),
- vysoká rýchlosť prúdenia elektrolytu (okolo  $60/\text{sec}$ ),
- posuv nástrojovej elektródy  $0,5 - 10 \text{ mm/min}$ ,
- zmesový elektrolyt,
- drsnosť povrchu  $R_a$  menej ako 2

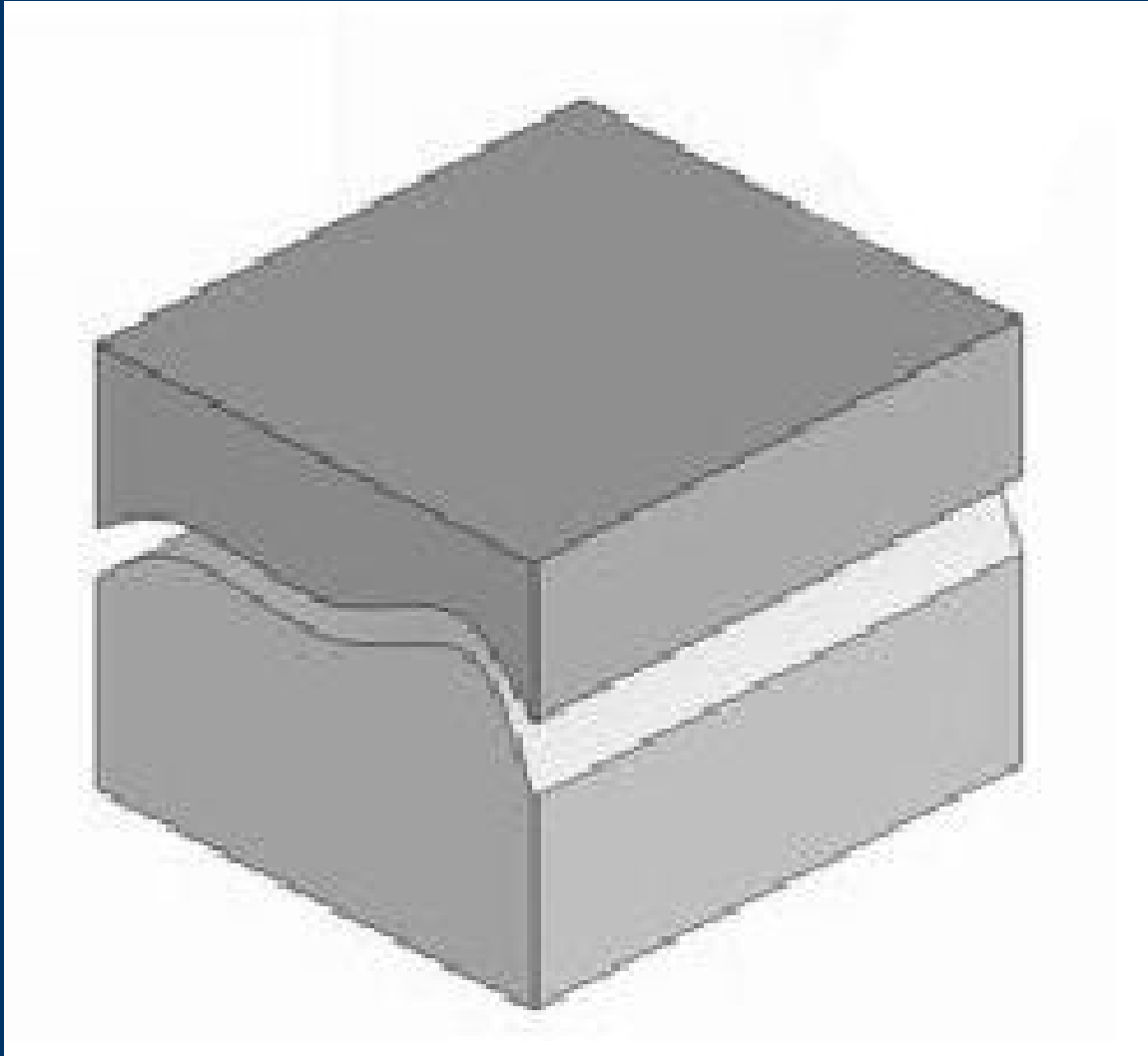
Ťažkoobrobiteľné, tvrdé, vysokopevné materiály.

Dutiny zápusťiek, lopatky turbín, ...

---

---

# *ECM hĺbenie dutín*





# *ECM hĺbenie dutín*



# *ECM hĺbenie dutín*

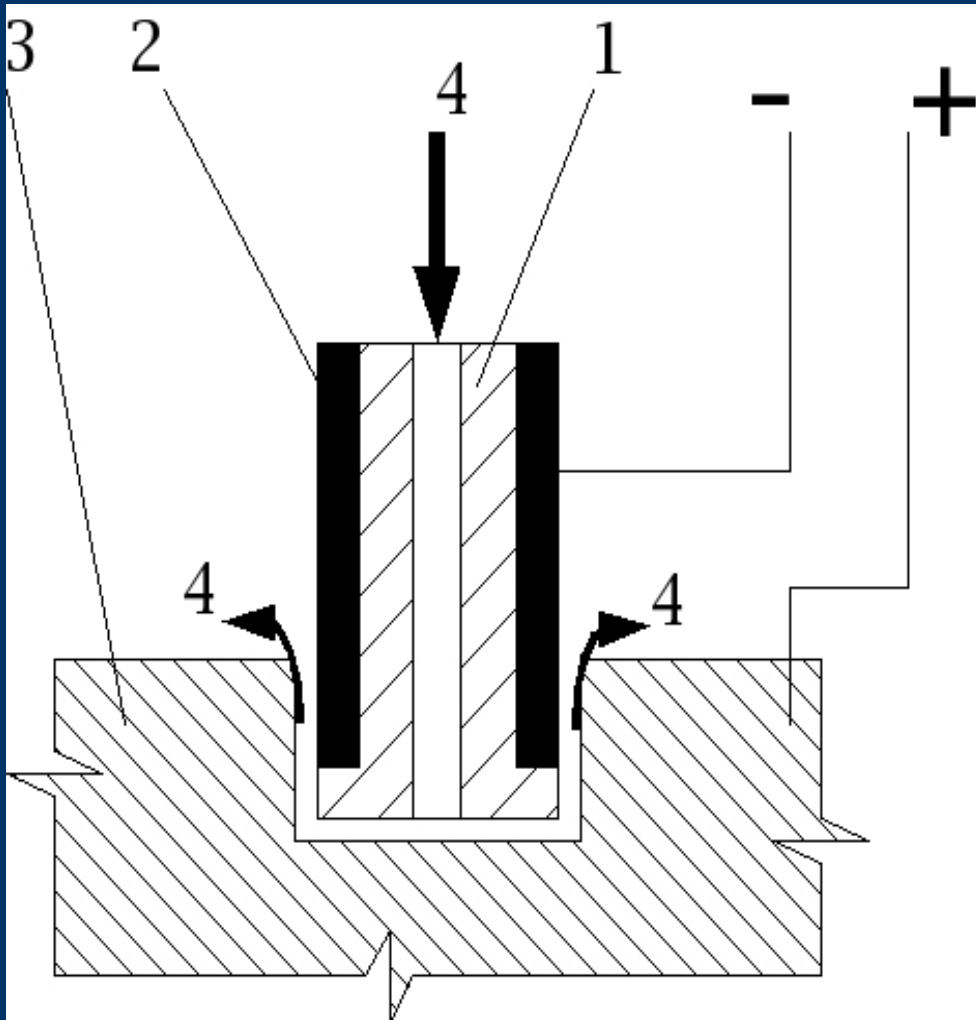


# *ECM vráanie*

Poznáme tri základné spôsoby výroby otvorov pomocou ECM:

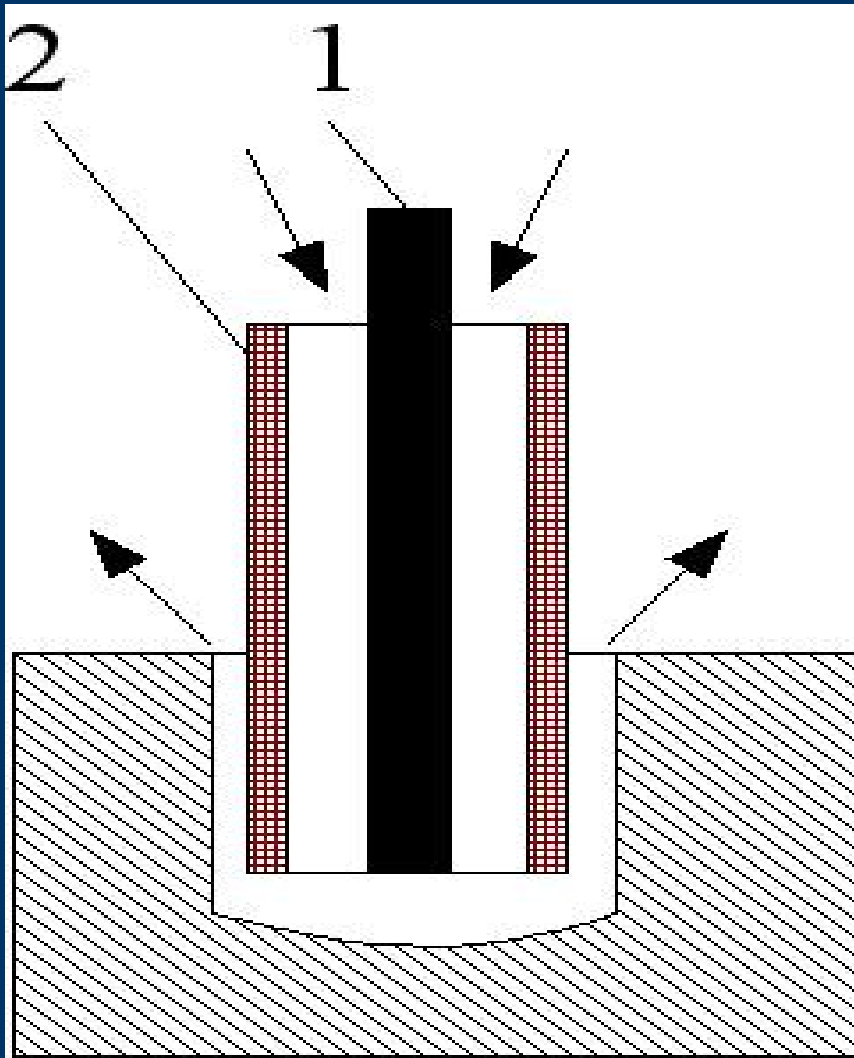
- **híbenie tvarovou rúrkou (STEM)** – rúrka tvarového prierezu (tvarové otvory),
  - **elektrolytické jemné vráanie (ECF)** – sklenená rúrka
  - **elektrolytické vráanie prúdom elektrolytu (ESD)** – sklenená rúrka s kapilárou
- 
-

# Híbenie tvarovou rúrkou



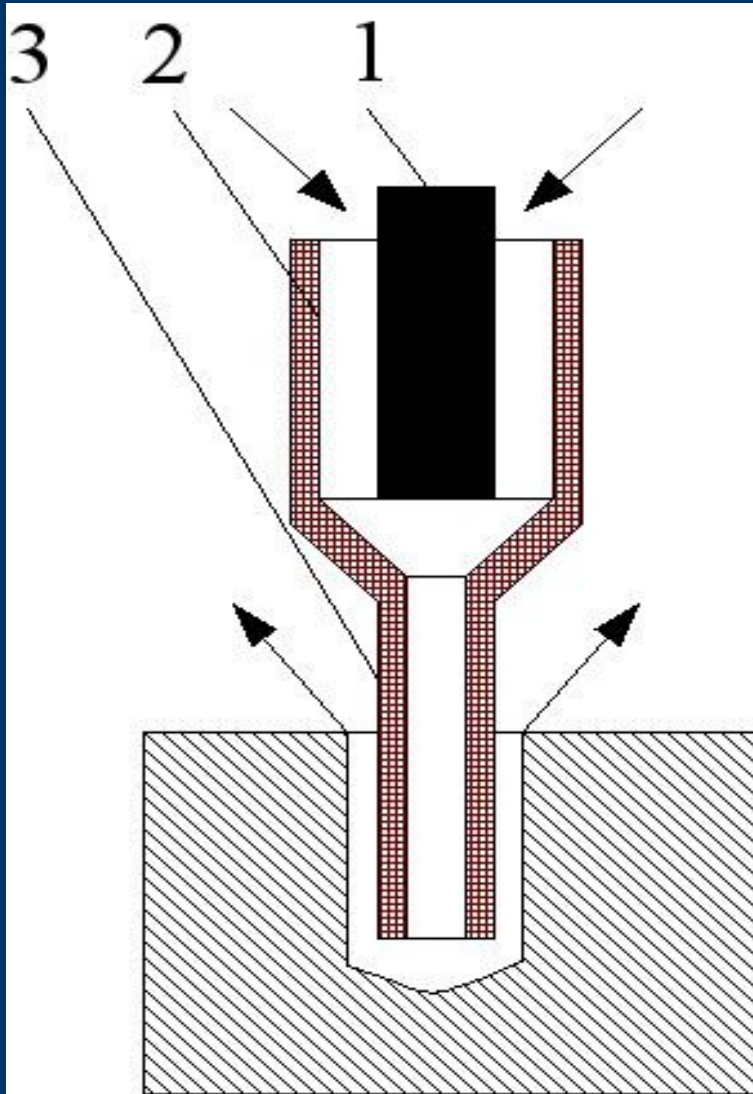
- priemer otvoru 0,5 až 5 mm,
- L/D viac ako 200,
- napätie 20 – 100 V,
- elektrolyt:
  - $H_2SO_4$ ,
  - $HNO_3$ ,

# Elektrolytické jemné vrátanie



- priemer otvoru 0,2 až 2 mm,
- L/D viac ako 100,
- napätie 100 – 500 V,
- elektrolyt:
  - $H_2SO_4$ ,
  - $HNO_3$ ,

# Elektrolytické vŕtanie prúdom elektrolytu



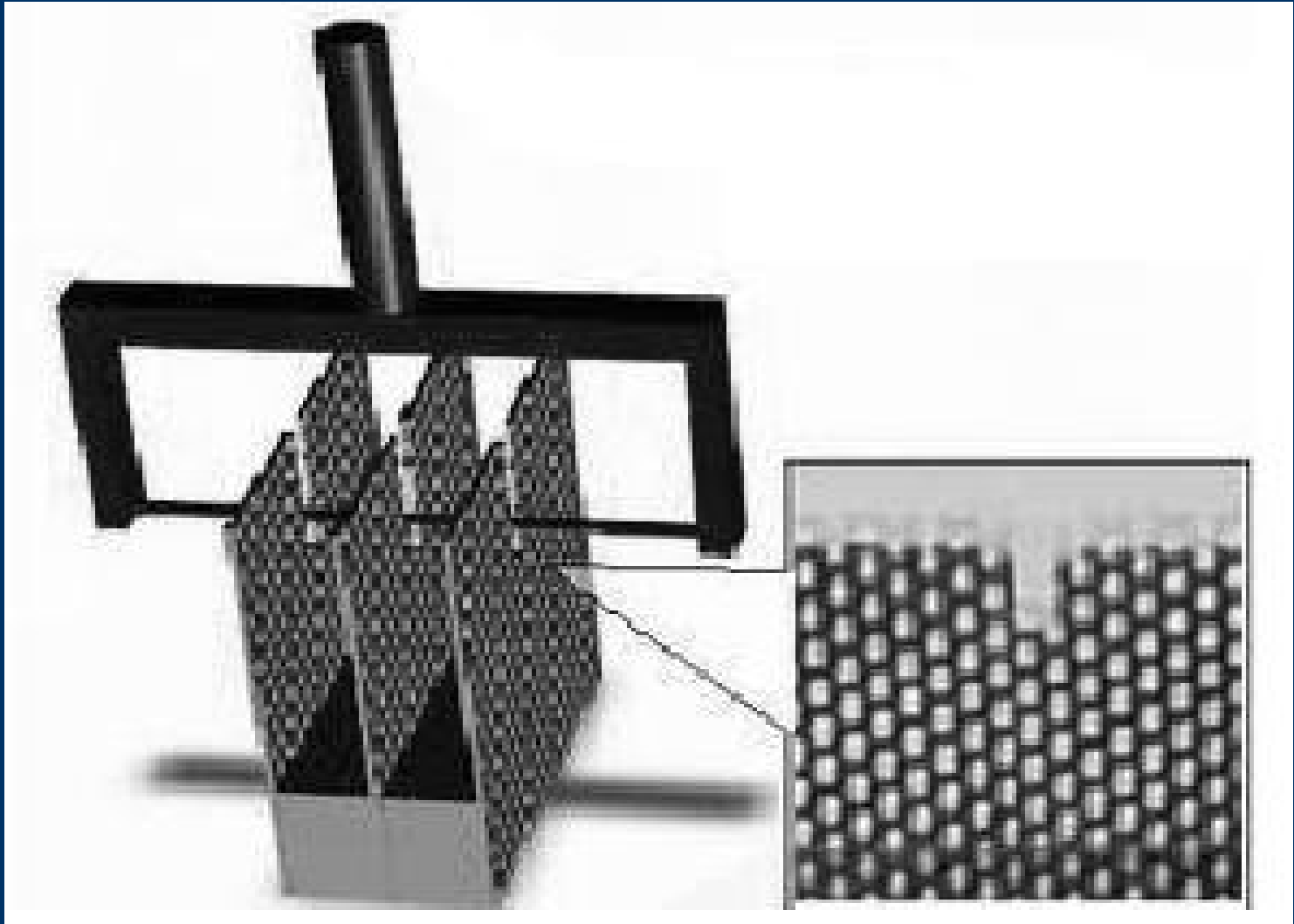
- priemer otvoru 0,1 až 1 mm,
- L/D do 50,
- napätie 300 – 600 V,
- elektrolyt:
  - $H_2SO_4$ ,
  - $HNO_3$ ,

# *Elektrochemické delenie materiálu*

Poznáme nasledovné spôsoby ECM delenia materiálu:

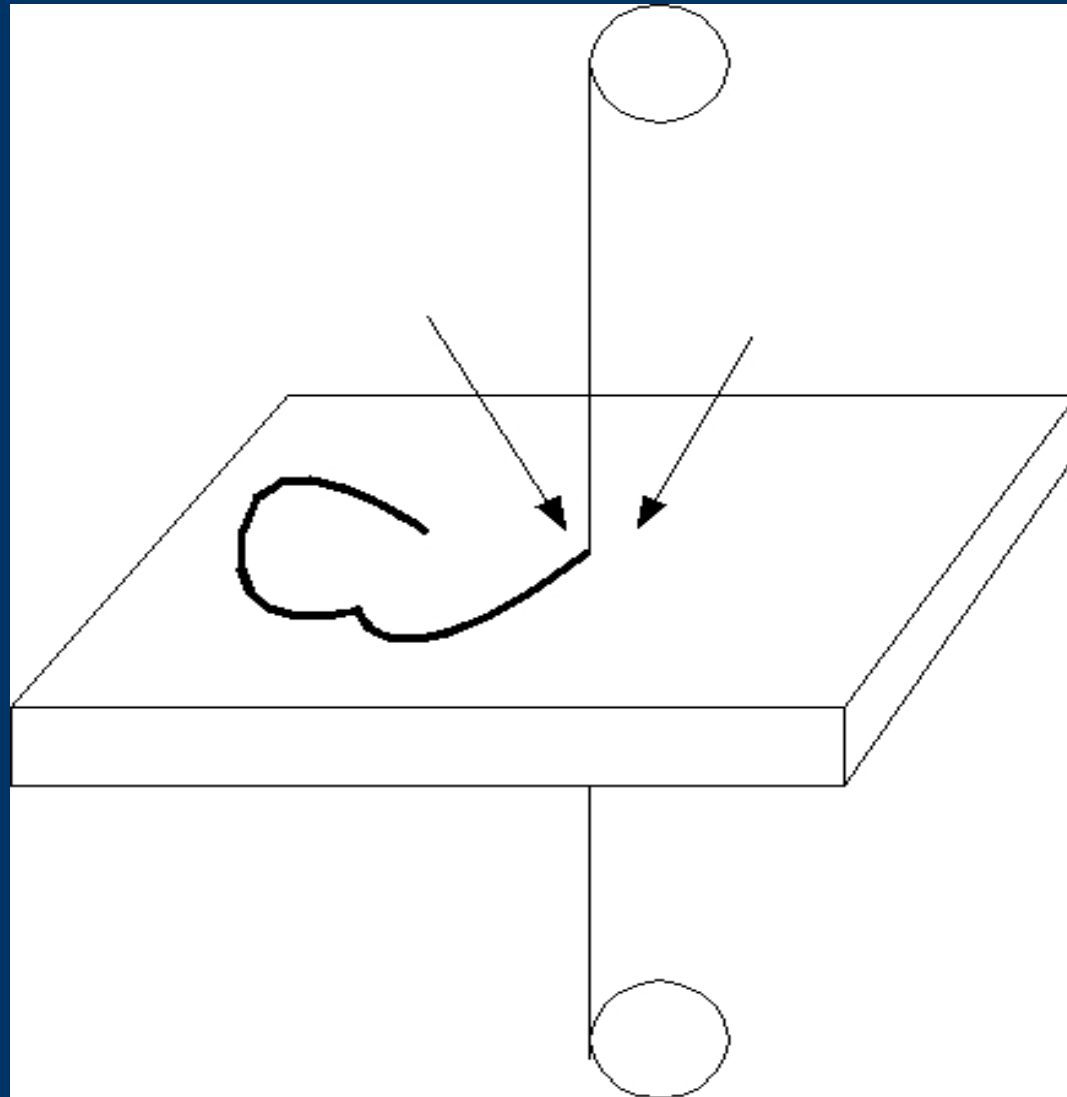
- **rotujúcim kotúčom** – kotúčová elektróda má boky pokryté izoláciou, stabilný úber
  - **štrbinovým nástrojom** – nástroj je rúrka na ktorej je štrbina odkiaľ vyteká elektrolyt, zložitejšie tvarové rezy,
  - **drôtovým nástrojom** – elektróda je drôt, do miesta rezu sa privádza elektrolyt hadičkou, hrúbka do 20 mm,
- 
-

# *ECM delenie materiálu štrbinovým nástrojom*





# *ECM delenie materiálu drôtovým nástrojom*



# *Elektrochemické obrábanie*

- **odstraňovanie ostrín** – elektrolyt sa nasmeruje na ostriny, na ostrých hranách je najväčšia prúdová hustota, ostriny sa anodicky rozpúšťajú,
  - **brúsenie** – kombinácia anodického rozpúšťania a mechanického brúsenia, do elektrolytu je primiešané brusivo,
  - **leštenie** – na vrcholoch nerovností je najväčšia prúdová hustota, malý úber materiálu, prúdová hustota okolo  $0,7 \text{ A/cm}^2$ , napätie do 12 V, katóda je z olova, veľká medzera, makronerovnosti sa môžu zväčšiť,
- 
-

# *Elektrochemické obrábanie*

- **značenie** – elektróda má tvar značky, označené miesto sa líši od okolia zahĺbením o 0,003 až 0,1 mm, značenie trvá len niekoľko sekúnd, nepôsobí sila, teplo ani deformácia, používa sa na tenké fólie, tvrdé a krehké materiály

# Zariadenia na elektrochemické obrábanie

- tuhý rám na presné vedenie nástrojovej elektródy,
  - číslicový riadiaci systém s vysokou presnosťou,
  - vysokopresné pohony,
  - max. hodnota úberu okolo  $50 \text{ cm}^3/\text{min}$ ,
  - vysoká spotreba el. energie ( $1\text{kW}/4$  až  $6 \text{ cm}^3$  odobrateého materiálu),
  - vysoká cena.
- 
-

# *Zariadenia na elektrochemické obrábanie*

