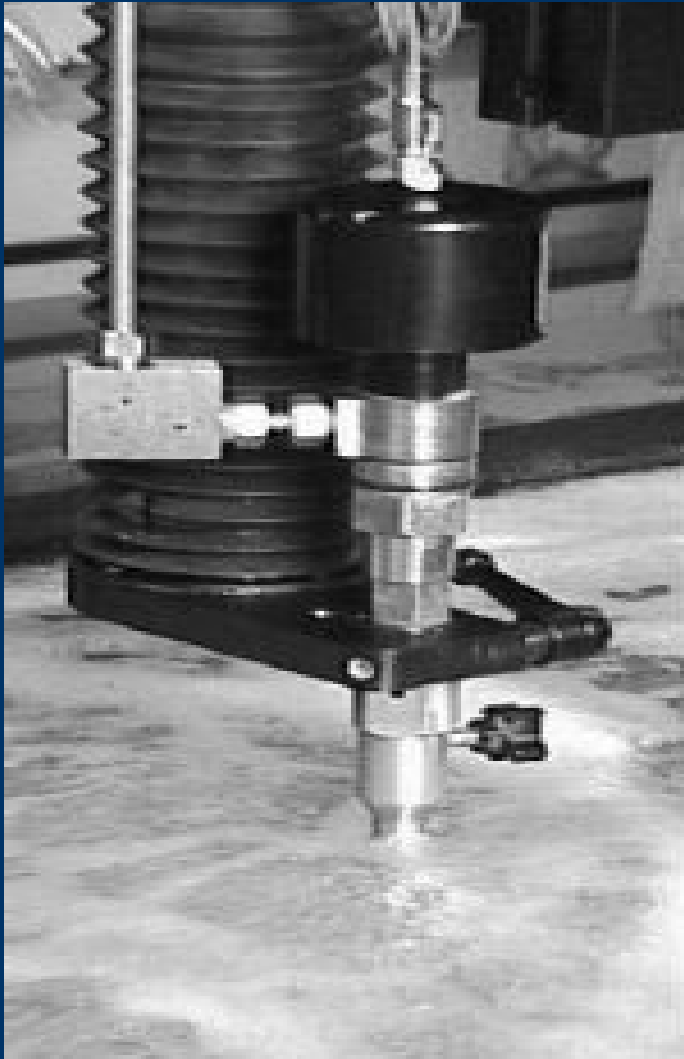


# Obrábanie vodným lúčom



- ekologický
- bezrázový
- efektívny
- studený rez
- rôzne materiály
  - kov,
  - keramika,
  - plasty,
  - potraviny,
  - iné...

# *Princíp obrábania vodným lúčom*

- erozívne pôsobenie vody – malý prietok , veľký tlak (viac ako 400 MPa),
  - Voda sa v mieste rezu správa ako pevná látka.
  - Pri rezaní tvrdých a krehkých materiálov sa do vody primieša abrazívum.
- 
-

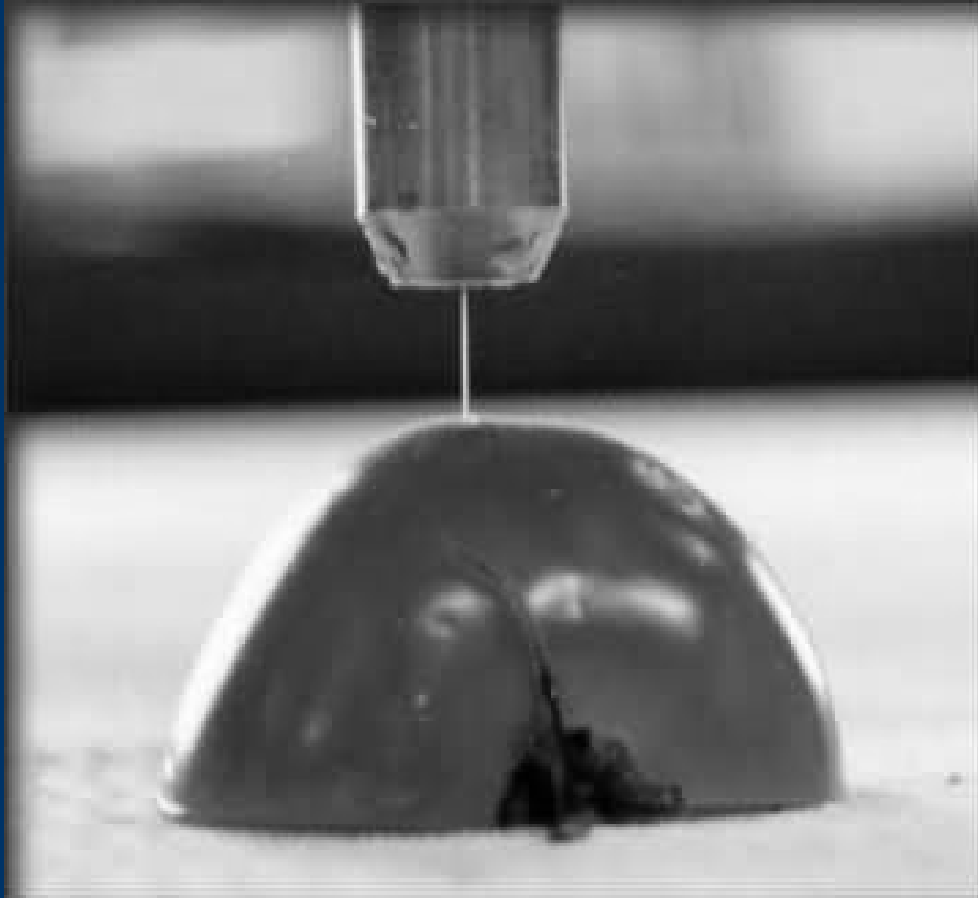
# *Princíp obrábania vodným lúčom*

- Podľa rezaného materiálu sa uplatňujú dva mechanizmy úberu materiálu:
  - **krhký materiál** – vznik a šírenie trhlín vznikajúcich pôsobením napätia od dopadajúceho vodného lúča,
  - **t'ážný materiál** – vznik klzného lomu v dôsledku šmykových napätí.
- 
-

# *Druhy vodného lúča*

- Kontinuálny
    - spojitý,
      - čistý,
      - kryogénny,
    - kavitačný,
    - abrazívny,
      - AWJ Abrasive Water Jet (okolo 500 MPa),
      - ASJ Abrasive Suspension Jet (do 100 MPa),
  - Diskontinuálny
    - nízkofrekvenčný,
    - vysokofrekvenčný
- 
-

# Čistý vodný lúč

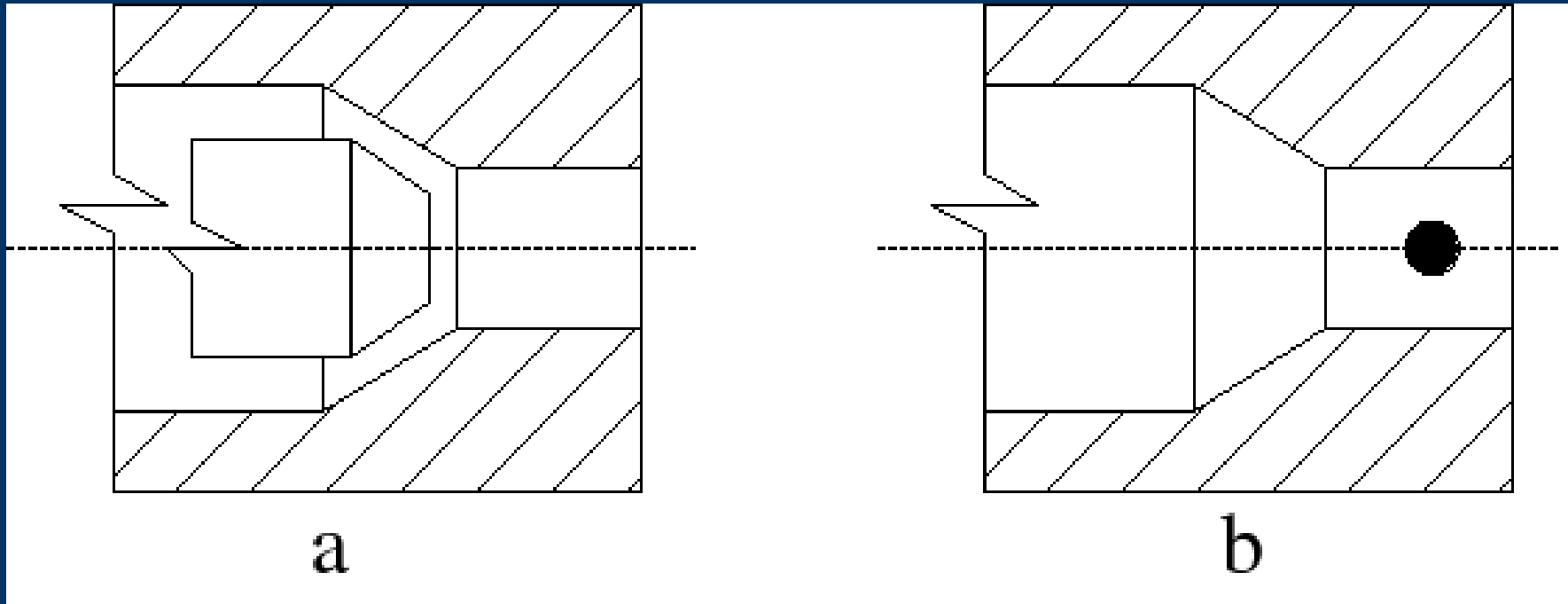


- Čistá voda bez prísad.
- Úprava vody – doporučená
- Materiál s nižšou pevnosťou (textil, potraviny, guma).
- Priemer lúča 0,1 až 0,3 mm, vzdialenosť dýzy od povrchu max. 15 mm

# *Kryogénny vodný lúč*

- Do vodného lúča sú počas expanzie primiešané kryštáliky ľadu z vody alebo CO<sub>2</sub> guľového tvaru.
- Používa sa v potravinárstve a v medicíne na rezanie bio materiálov.

# Kavitačný vodný lúč



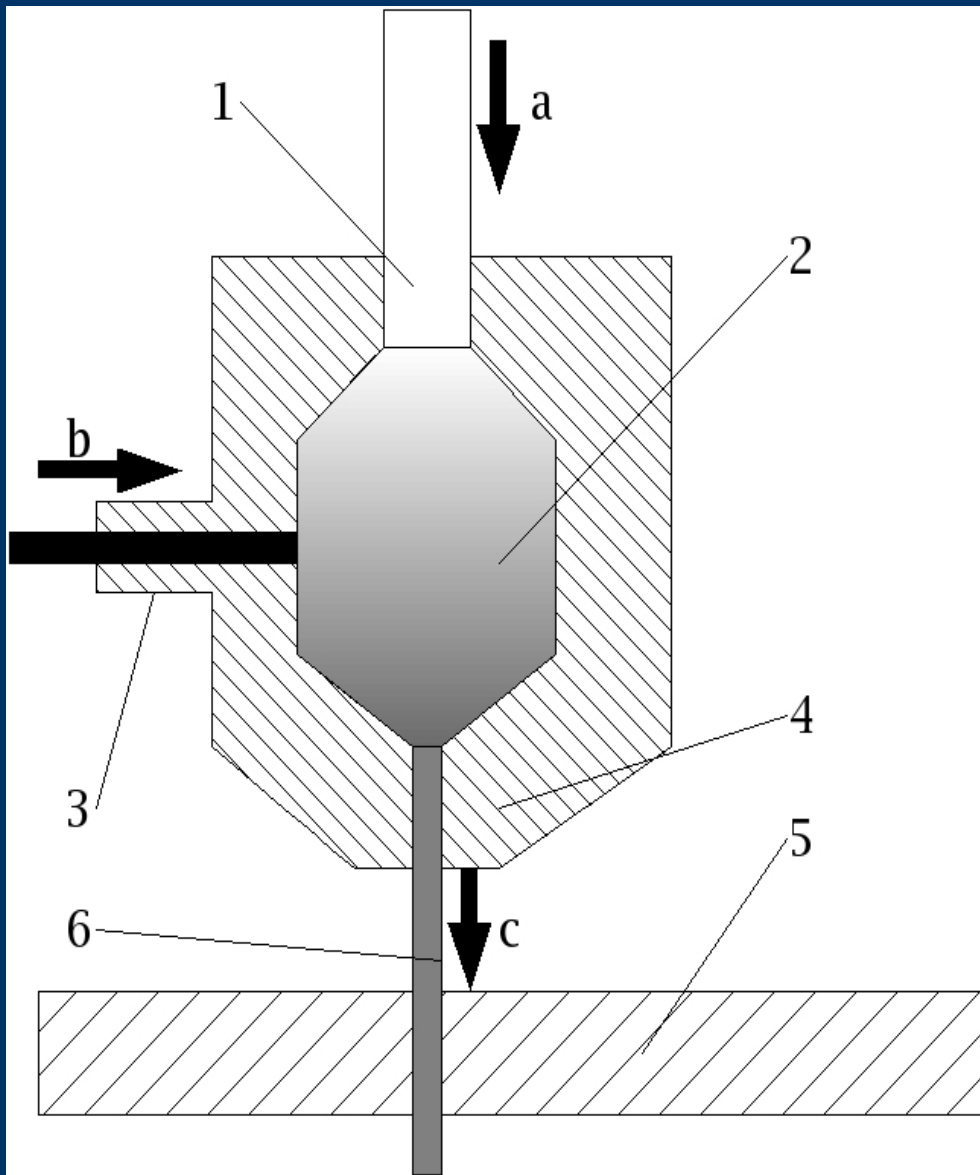
- Vo vodnom lúči sa nachádzajú kavitačné bubliny, ktoré pri náraze na materiál môžu spôsobiť lokálne aj 10 násobný nárast tlaku.
- Rezanie skla, hornín a podobne.

# *Abrázivny vodný lúč*

- Do vodného lúča sa primiešava vhodné abrazivo. Používa sa na tvrdé krehké, ťažko obrobiteľné materiály (300 – 500 MPa, čistá voda nad 1000 MPa).
  - **Abráziva:**
  - **ťažké:**
    - granát,
    - karbid kremíka (SiC),
    - oceľové piliny,
  - **ľahké:**
    - kremičitý piesok,
    - sklo.
- 
-



# AWJ – bočné primiešanie abrazíva



- a – prívod vody,
  - b – prívod abrazíva,
  - c – výstup abrazívneho vodného lúča
  - 1 – voda,
  - 2 – zmiešavacia komora,
  - 3 – abrazivo,
  - 4 – dýza s kolimátorom,
  - 5 – rezaný materiál,
  - 6 – vodný lúč s abrazivom
- Spotreba abrazíva: 0,5 až 20 kg/min

# ASJ

- Abrazívum je do tlakovej vody primiešané v tlakovej nádobe. Táto suspenzia je privedená do špeciálnej dýzy.
- Spotreba abrazíva: 1 až 3 kg/min

# *Diskontinuálny vodný lúč*

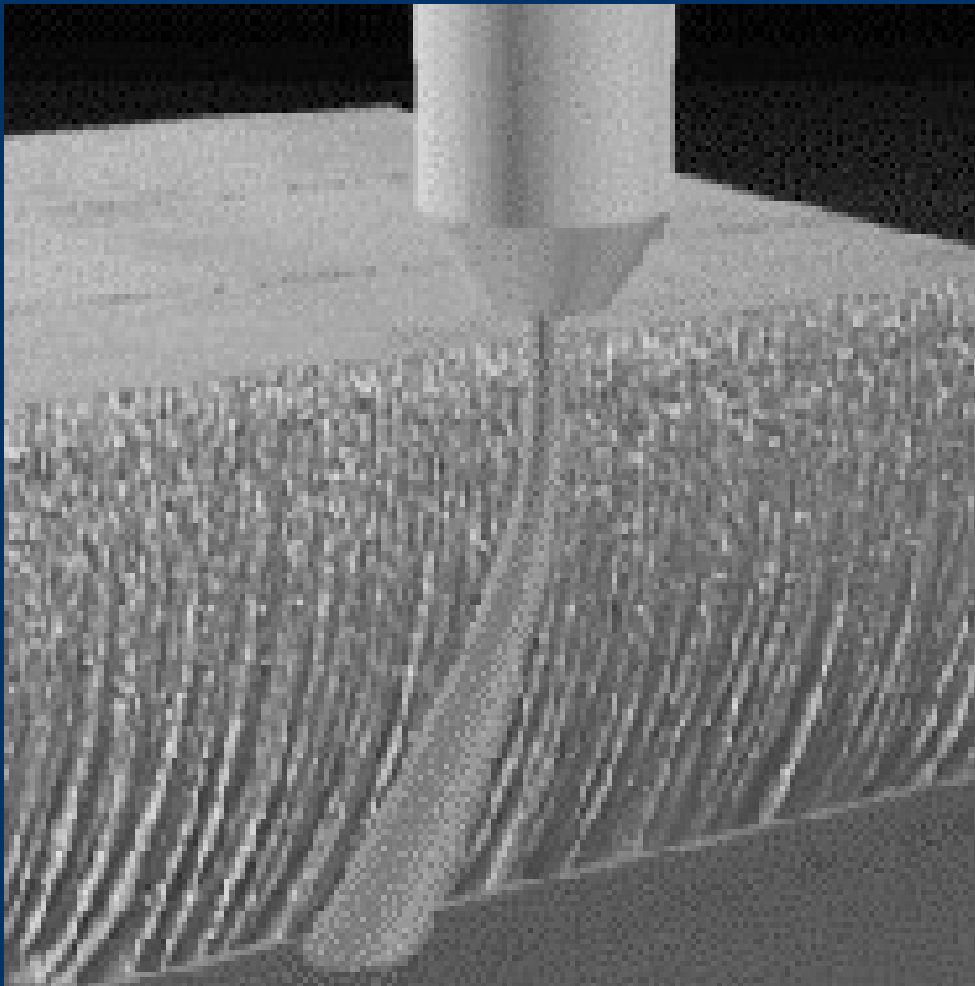
- Tlak generovaný nárazom pri dopade vodné stĺpca je niekoľko násobne vyšší ako tlak generovaný od kontinuálneho vodného stĺpca.
  - Dopadom diskontinuálneho (pulzujúceho) lúča vznikne nárazový tlak, ktorý následne klesne na nulu. Tento cyklus sa opakuje s istou frekvenciou.
  - pulzácie s nízkou frekvenciou,
  - prerušovaný lúč,
  - modulovaný lúč .
- 
-

# *Proces rezania vodným lúčom*

- Proces rezania pozostáva z dvoch fáz:
- pôsobením tlaku vody vzniká priehlbina, ktorá sa mení na otvor,
- vytváranie reznej medzery.



# Proces rezania vodným lúčom



- Zóny na reznej ploche:
- na strane vstupu – matný vzhľad  
drsnosť  $R_a = 2$  až  $5,5 \mu\text{m}$
- na strane výstupu – žliabkovanie s  
dĺžkou vlny 1 až 2 mm

# *Kvalita reznej plochy*

Kvalitnejšia rezná plocha:

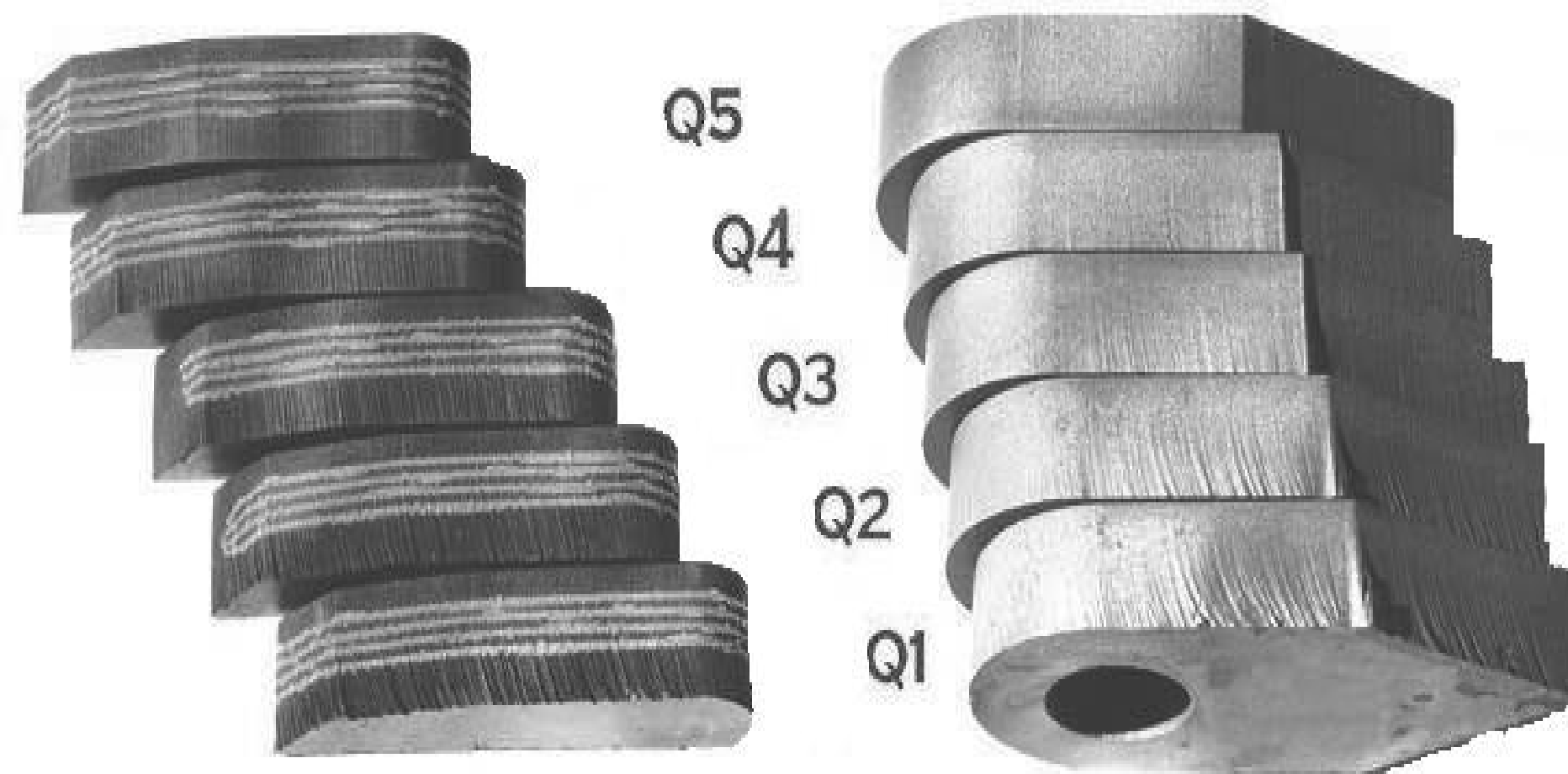
- zníženie reznej rýchlosti,
- zvýšenie tlaku,
- zvýšenie objemového prietoku abrazíva,
- zvýšenie dynamickej stability lúča.

Rôznym nastavením parametrov dosiahneme kvalitu reznej plochy, ktorá vyhovuje požiadavkám.

---

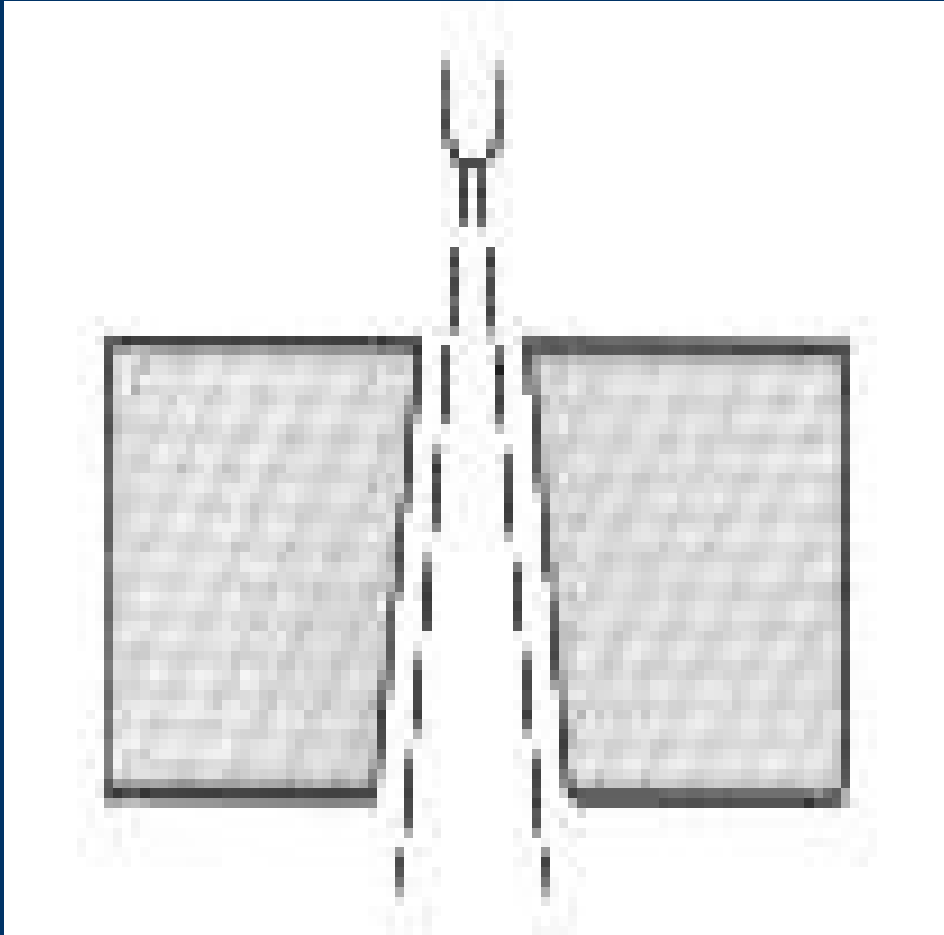
---

# *Kvalita reznej plochy*



Q1 – deliaci rez, Q2 – hrubý rez, Q3 – stredný rez  
Q4 – jemný rez, Q5 – najlepši rez.

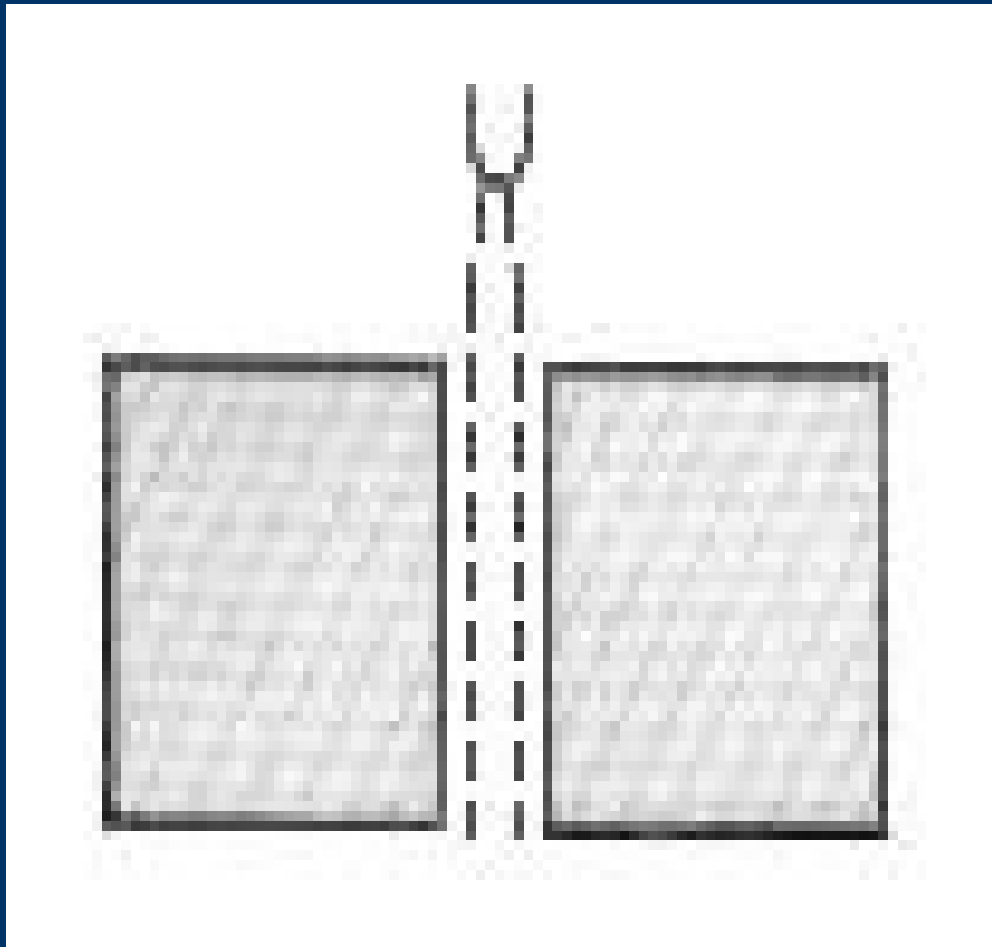
# *Tvar reznej plochy*



Rezná rýchlosť je vzhľadom na tvrdosť rezaného materiálu malá. Vodný lúč stihne vymliet reznú medzeru do svojho prirodzeného tvaru.

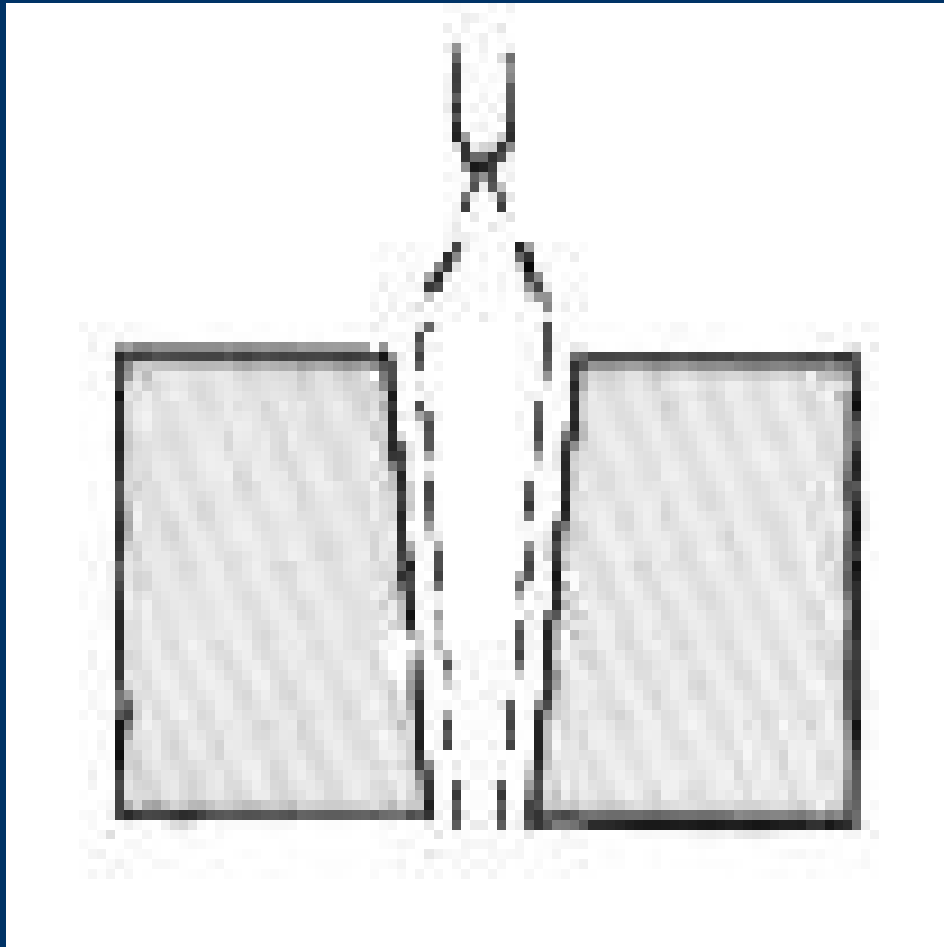


# *Tvar reznej plochy*



Rezná rýchlosť je správna, rezné plochy sú bez úkosu.

# *Tvar reznej plochy*



Rezná rýchlosť je vzhľadom na tvrdosť rezaného materiálu veľká. Vodný lúč nestihne dostatočne vymlieť spodnú časť rezu a ten sa smerom dole uzatvára.

# Zariadenia na rezanie vodným lúčom

- Príprava vody:
    - filtrácia,
    - deionizácia,
    - zmäkčovanie,
  - Vysokotlakové čerpadlo:
    - nízkotlakový olejový okruh,
    - vysokotlakový vodný okruh,
  - Rezacia stanica:
    - rezací stôl,
    - portál,
    - suport,
    - rezacia hlava s rezacou dýzou
- 
-

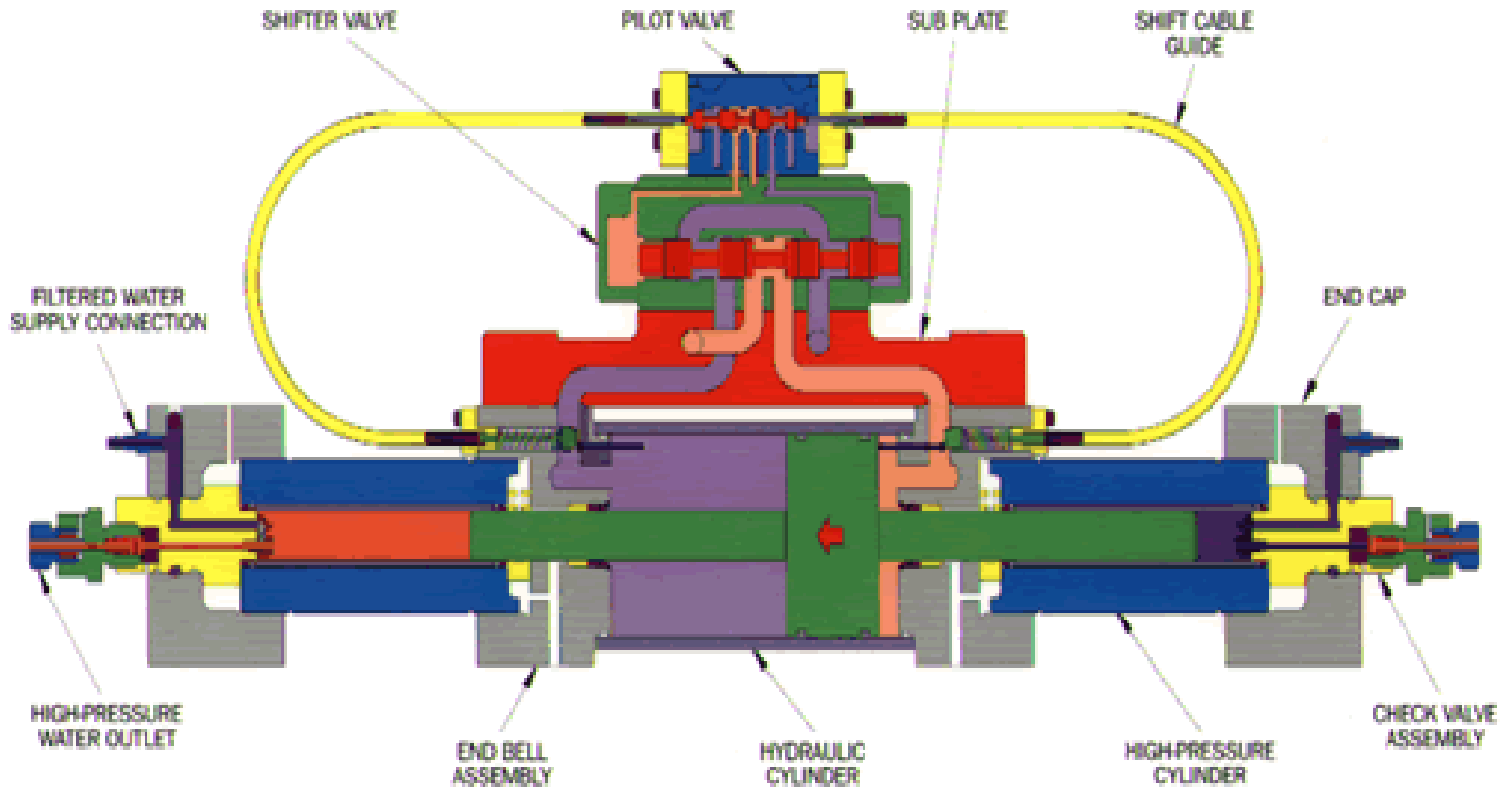
# Príprava vody

- **filtrácia** – mechanická úprava, odstráni častičky veľkosti okolo 1  $\mu\text{m}$ ,
  - **deionizácia** – odstránenie iónových nečistôt, výmena iónov,
  - **zmäkčovanie** – úprava tvrdosti vody, doporučuje sa používanie mäkkej vody,
  - **spätná osmóza** – voda je tlačaná cez polopriepustnú membránu, ktorá zachytáva rozpustené látky.
  - Vyššia životnosť zariadenia (dýza, čerpadlo), zlepšená kvalita reznej plochy.
- 
-

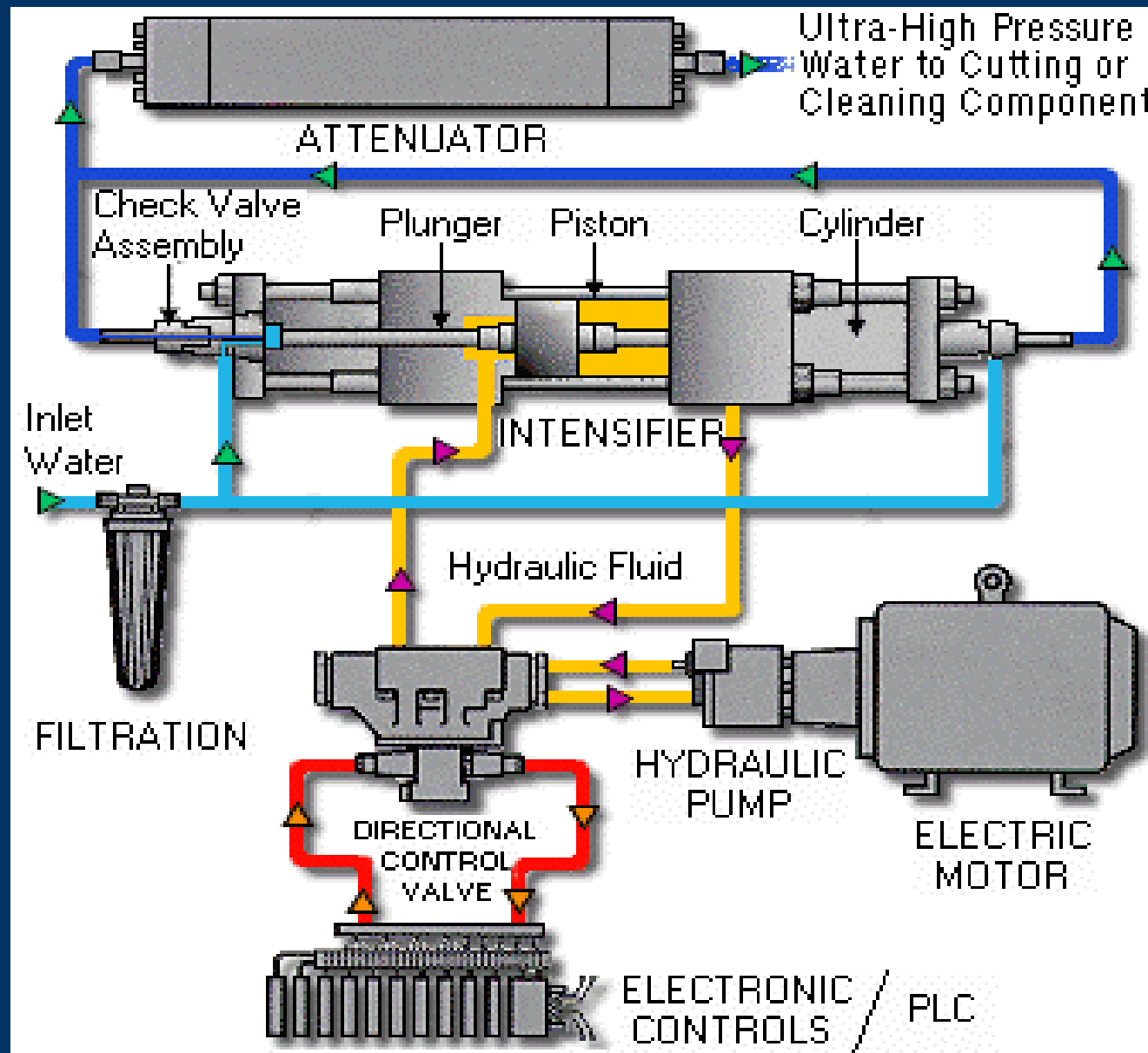
# Vysokotlakové čerpadlo

- **nízkotlakový olejový okruh** – tlak oleja je 15 až 35 MPa. Používajú sa bežné genrátory.
  - **vysokotlakový vodný okruh** – vytvára tlak reznej kvapaliny požadovanej hodnoty (100 až 500 MPa). Môže ich byť za sebou niekoľko.
  - Výhradne vysokotlakové prvky!!
- 
-

# Vysokotlakové čerpadlo



# Činnost vysokotlakového čerpadla

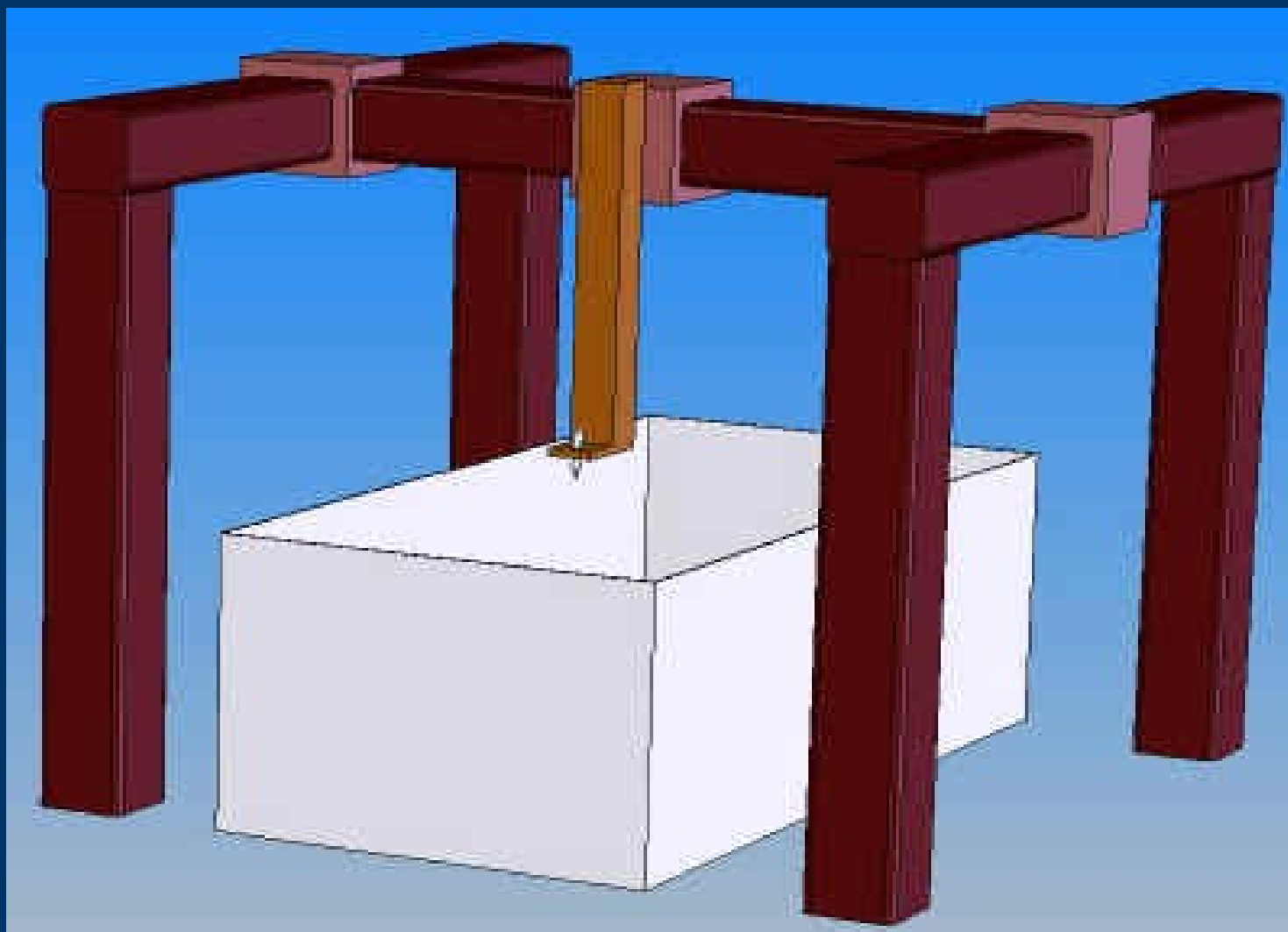


# Rezací stôl

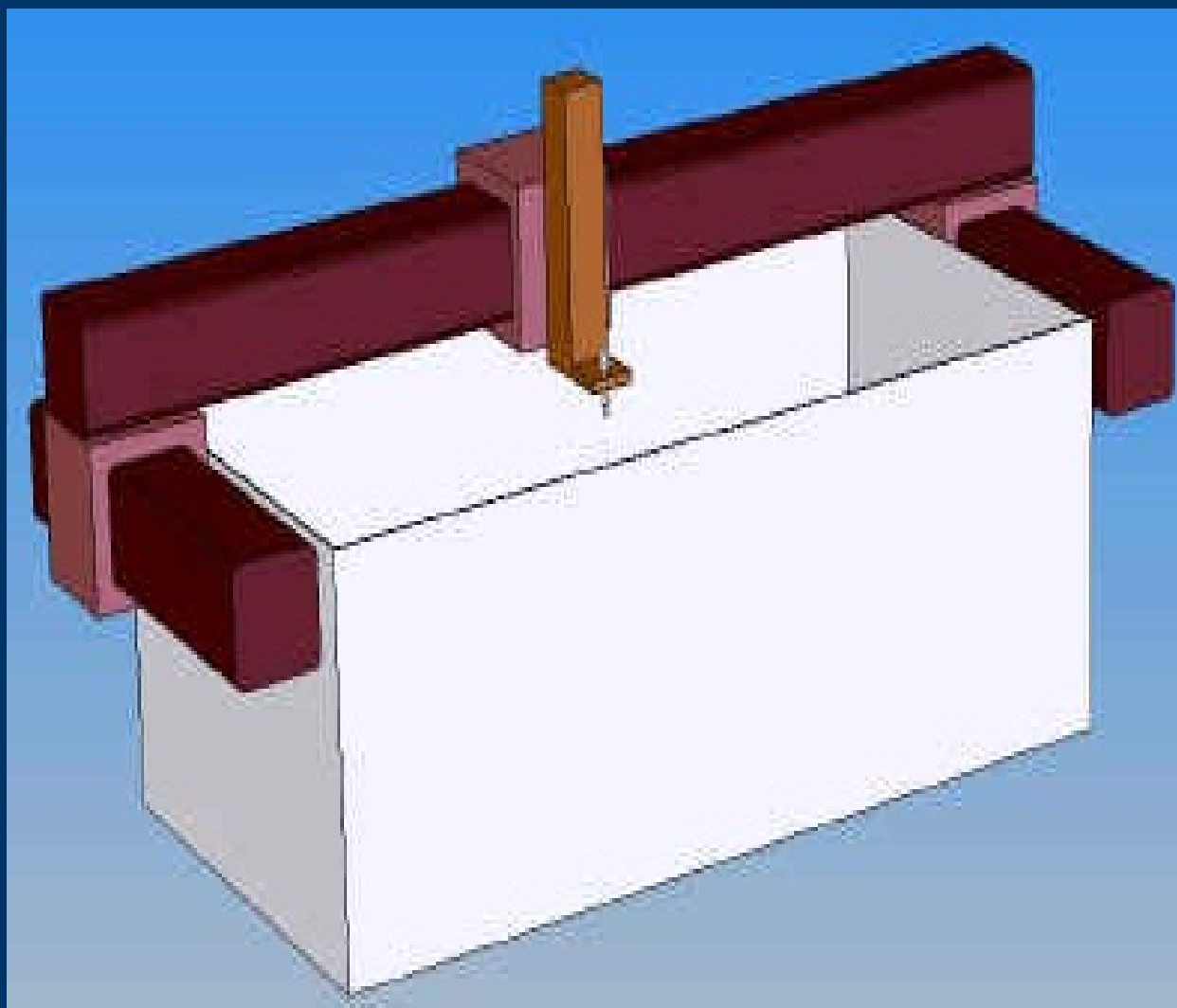
- plnený vodou, ktorá zachytáva energiu vodného lúča,
  - napustenie a vypustenie vody,
  - pevná konštrukcia,
  - konštrukčné vyhotovenie:
    - na podlahe montovaný systém s oddeleným rezacím stolom,
    - integrovaný systém stôl – portál,
    - konzolový systém s oddeleným rezacím stolom,
    - integrovaný systém stôl – konzola.
- 
-



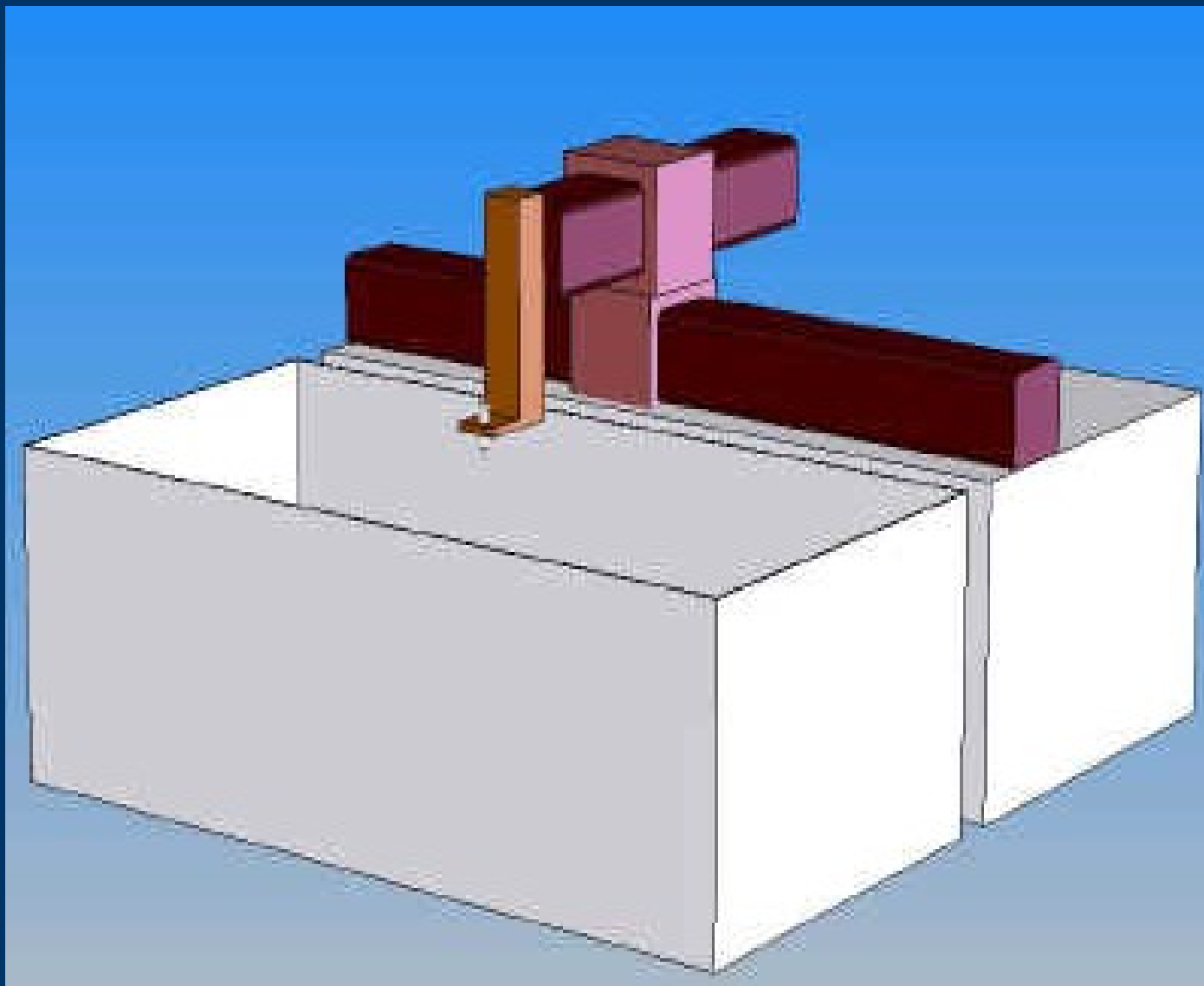
# *Na podlahe montovaný systém s oddeleným rezacím stolom*



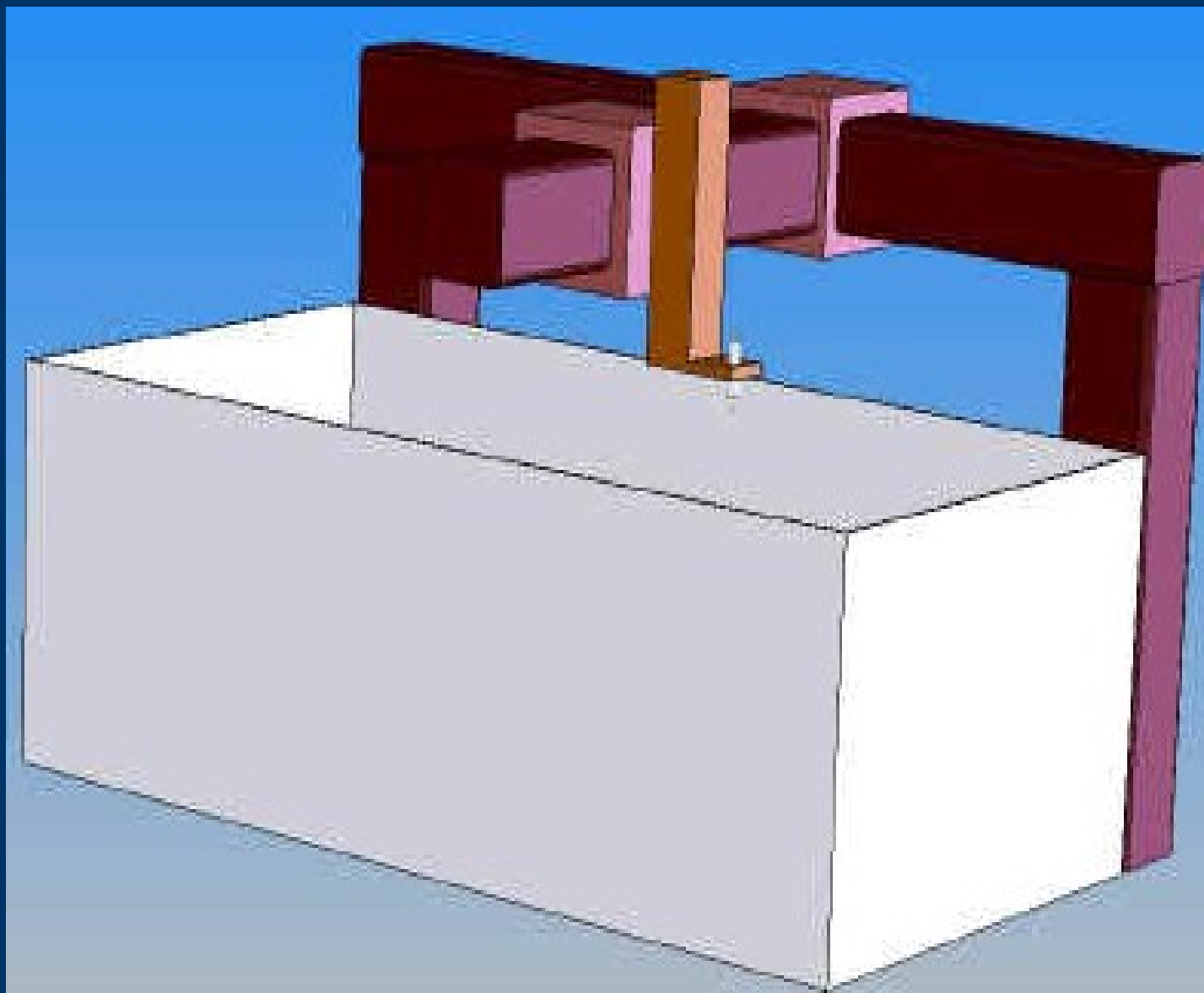
# *Integrovaný systém stôl – portál*



# *Konzolový systém s oddeleným rezacím stolom*



# *Integrovaný systém stôl – konzola*



# Ďalšie časti rezacieho zariadenia

- **Portál** – umožňuje pohyb suportu nad stolom, môže mať niekoľko rezacích hláv,
  - **Suport** – nesie rezaciu hlavu nad stolom, polohovanie pomocou servomotorov, rezacia hlava sa nastavuje aj výškovo v osi Z, rezacia hlava sa môže aj naklápať.
  - **Rezacia hlava** – je osadená dýzou, môžu byť rôzne tvary dýz,
- 
-

# Rezacie hlavy

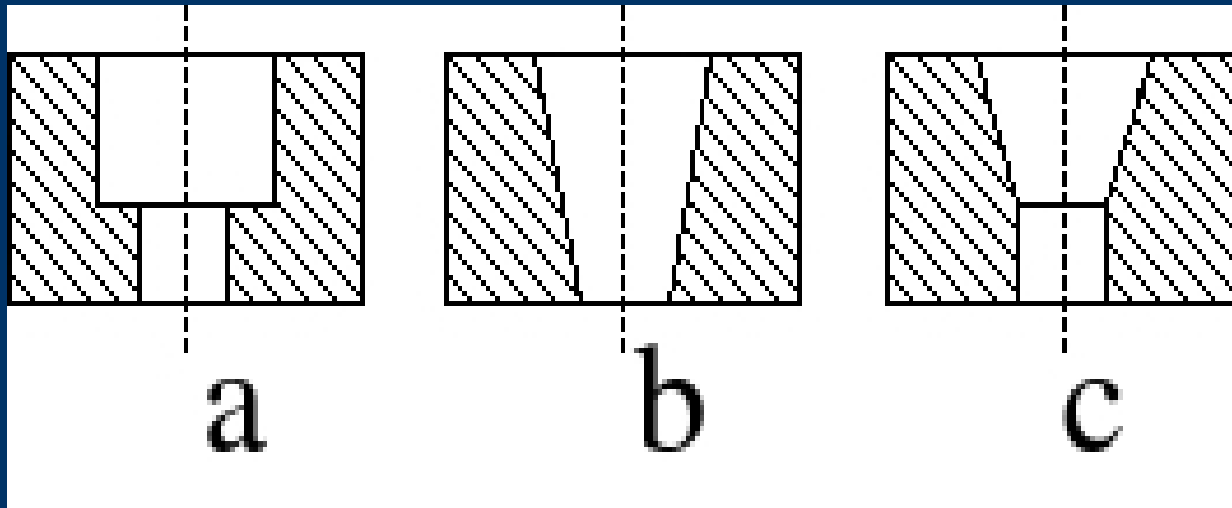


- na rezanie čistou vodou,
- na rezanie abrazívnim vodným lúčom

# *Dýza rezacej hlavy*

- na čistý vodný lúč – priemer 0,05 až 0,5 mm
    - spekaný karbid,
    - syntetický zafír,
    - syntetický diamant,
    -
  - na abrazívny vodný lúč – priemer 0,8 až 2,2 mm
    - wolfrám karbid (WC)
    - kubický nitrid bóru (KBN)
    - keramika
    - 
    - Životnosť okolo 100 hodín
- 
-

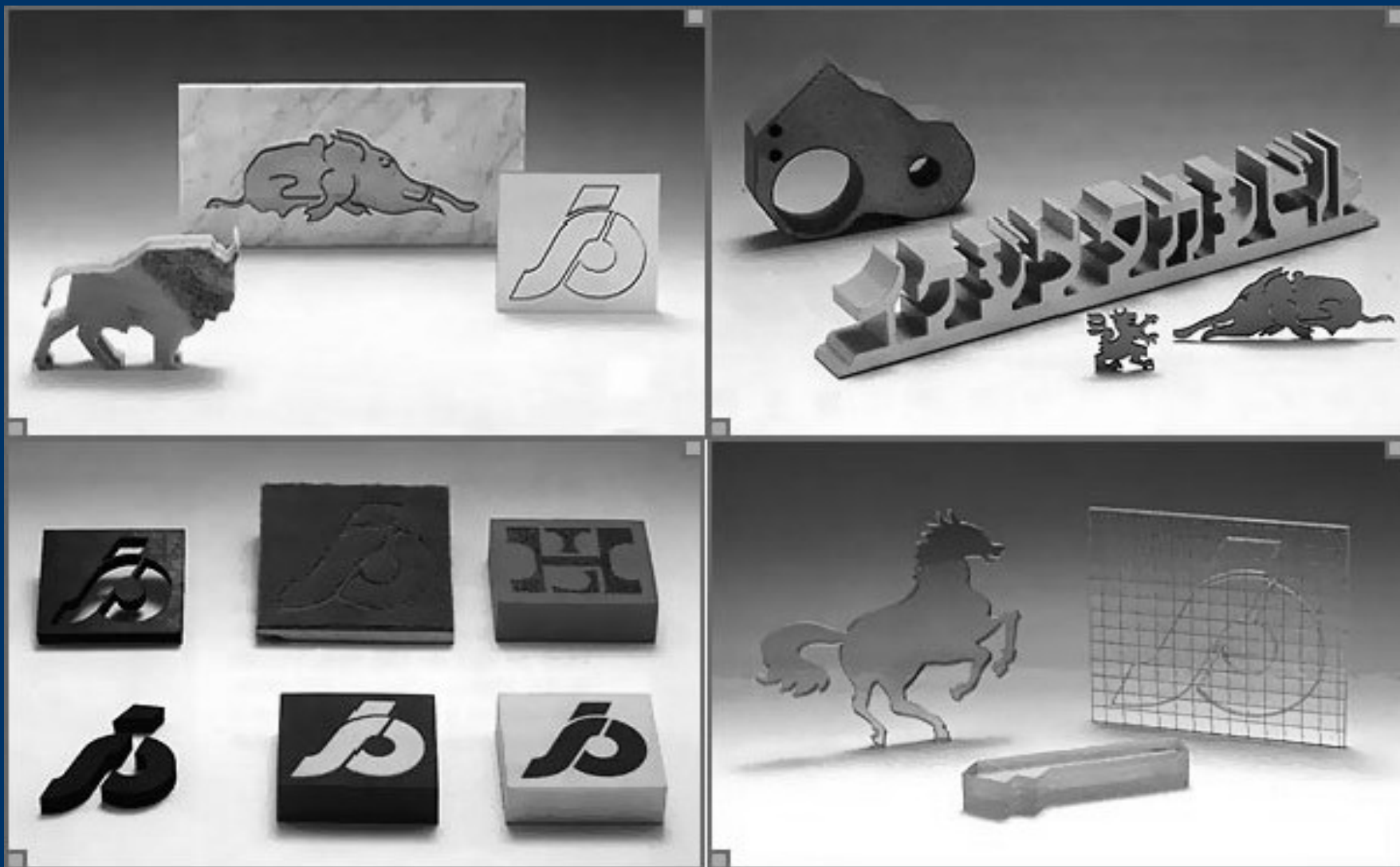
# *Tvary dýz rezacej hlavy*



- stupňovitá,
- kuželová,
- kombinovaná.



# Príklady použitia technológie



# *Príklady použitia technológie*



# *Príklad stroja s dvomi rezacími hlavami*

