



INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Obrábění

Téma: Fyzikální metody obrábění 1

Autor: Ing. Kubíček Miroslav

Číslo: VY_32_INOVACE_19 – 16

Anotace: Slouží jako podklad pro výuku obrábění. Princip a základní charakteristiky metod obrábění elektroerozivní, plazmou, paprskem laseru, paprskem elektronů. Text určen pro studenty 2. ročníku střední odborné školy oboru strojírenství.

FYZIKÁLNÍ METODY OBRÁBĚNÍ 1

- Fyzikální technologie obrábění jsou založeny na využití fyzikálního nebo chemického principu úběru materiálu
- Většinou jde o bezsilové působení nástroje na obráběný materiál, bez tvoření klasických třísek které vznikají při obrábění reznými nástroji
- Obrobitelnost materiálu u těchto metod je dána
 - Tepelnou vodivostí - Teplotou tání
 - Elektrickou vodivostí - Odolností proti elektrické erozi
 - Odolností proti chemické erozi - Vzájemnou vazbou atomů a molekul
- Vhodné pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů a pro složité (členité) tvary (vnější i vnitřní)

FYZIKÁLNÍ METODY OBRÁBĚNÍ 1

- ROZDĚLENÍ – dle účinků na oddělovaný materiál
 - **Tepelný účinek**
 - Elektroerozivní EDM
 - Plazmou PBM
 - Paprsek laseru LBM
 - Paprsek elektronů EBM
 - **Elektrochemický nebo chemický účinek**
 - Elektrochemické ECM
 - Chemické CM,CHM
 - **Mechanický účinek**
 - Ultrazvuk USM
 - Paprsek vody WJM,AWJM

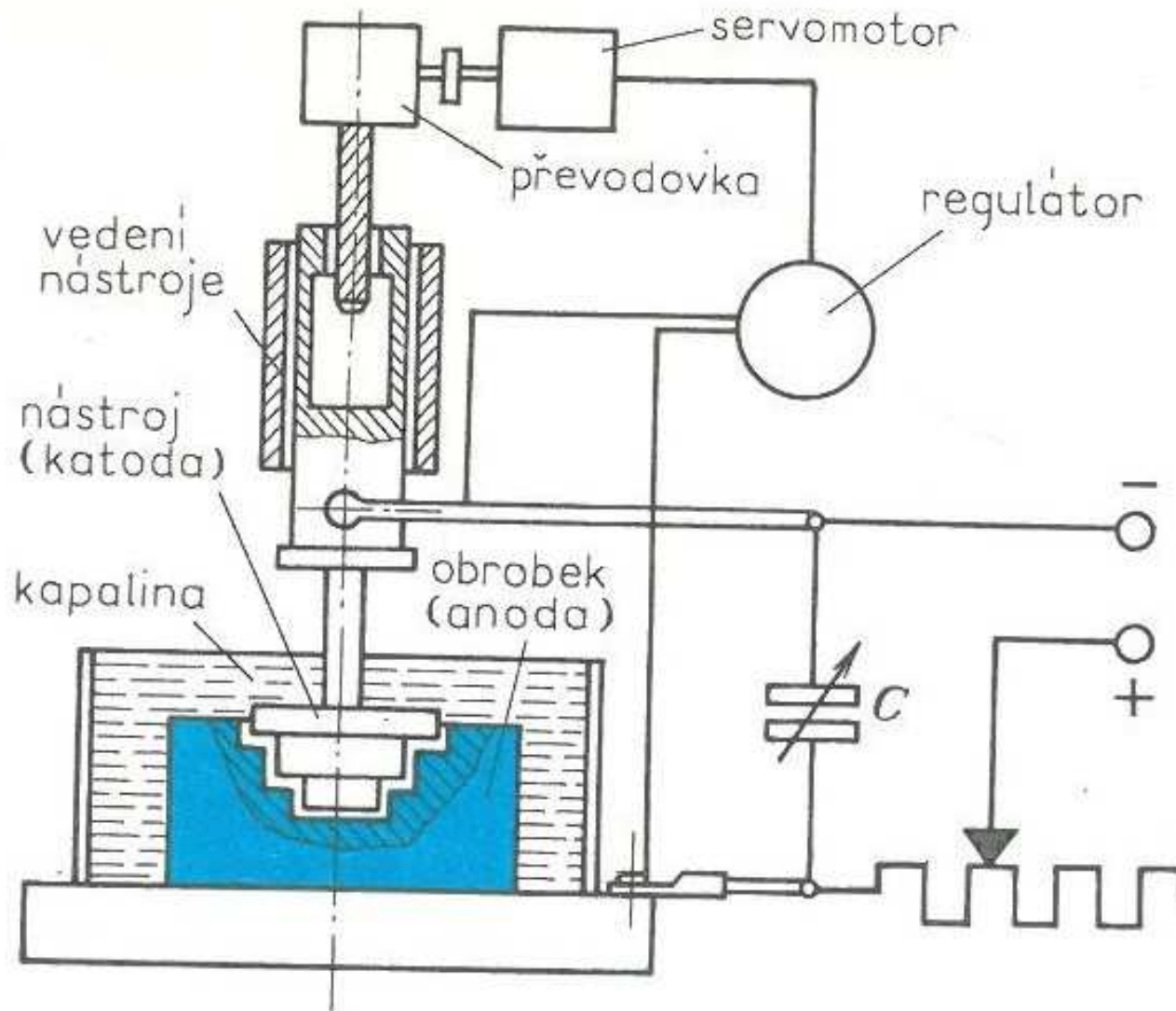
ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ

- Základem úběru materiálu je elektroeroze – vlivem vysoké koncentrace energie ($10^5 - 10^7 \text{ Wmm}^{-2}$) materiál taje a odpařuje se
- K úběru dochází elektrickými výboji mezi anodou (nástroj) a katodou (obrobek) ponořenými do dielektrika
- Vhodné pouze pro elektricky vodivé materiály
- Zákonitosti elektroeroze podléhají všechny vodivé materiály
- Pro hloubení dutin zápusťek a forem, složitých tvarových povrchů, leštění povrchů, výroba malých otvorů (mikroděrování)

ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ

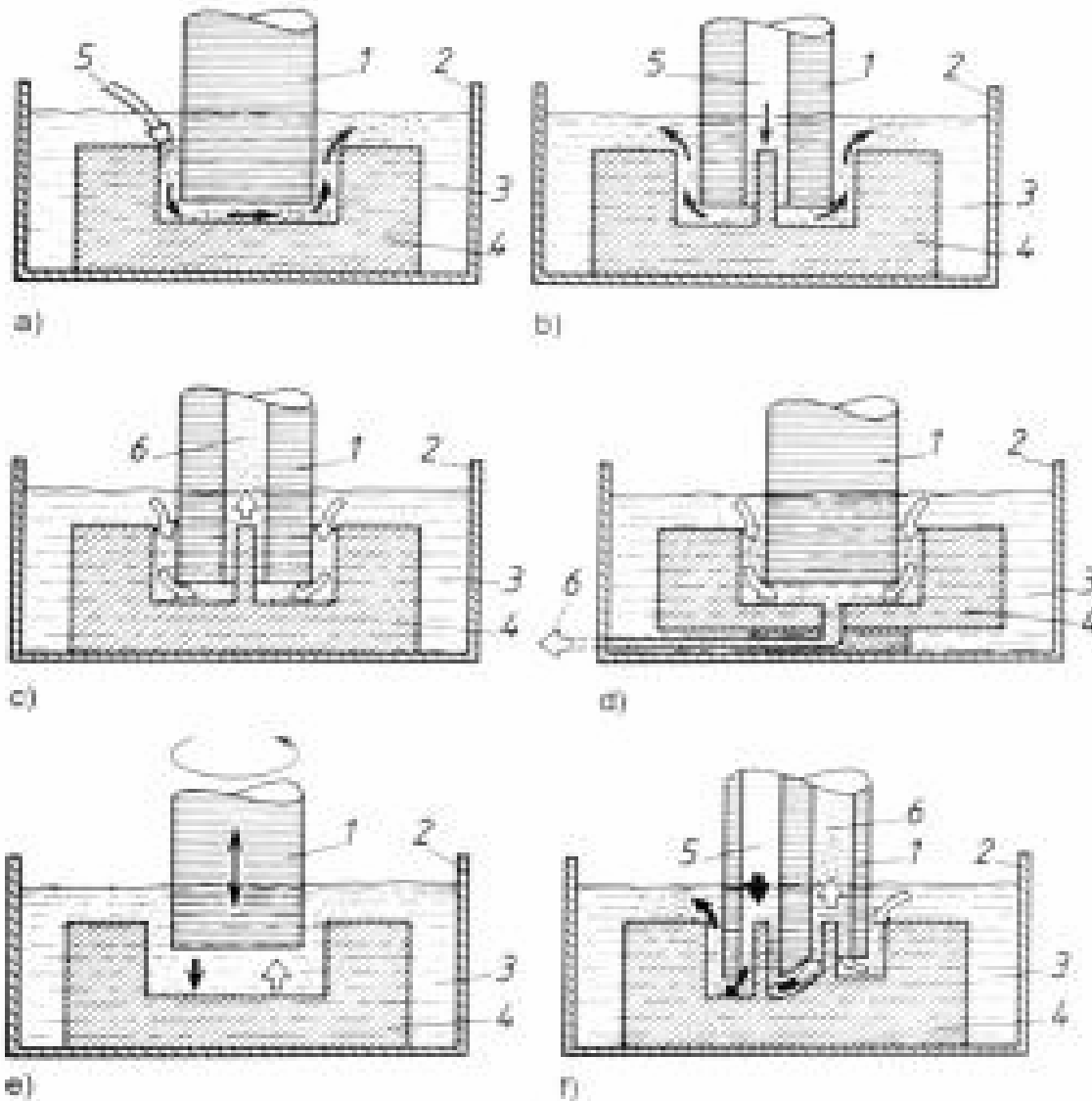
- **Dielektrikum** – strojní nebo transformátorový olej, petrolej, destilovaná voda, deionizovaná voda
- Materiál elektrody
 - **Kovové** – Cu, slitina W+Cu, slitina W+Ag, ocel, slitina Cr+Cu, mosaz,
 - **Nekovové** – grafit
 - **Kompozice** - grafitu a mědi
- Materiál elektrody volíme podle materiálu obrobku, použitého stroje a relativního objemového opotřebení nástrojové elektrody
- dosahovaný úběr materiálu je $8 - 10 \text{ mm}^3 \text{ min}^{-1}$

ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ



ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ

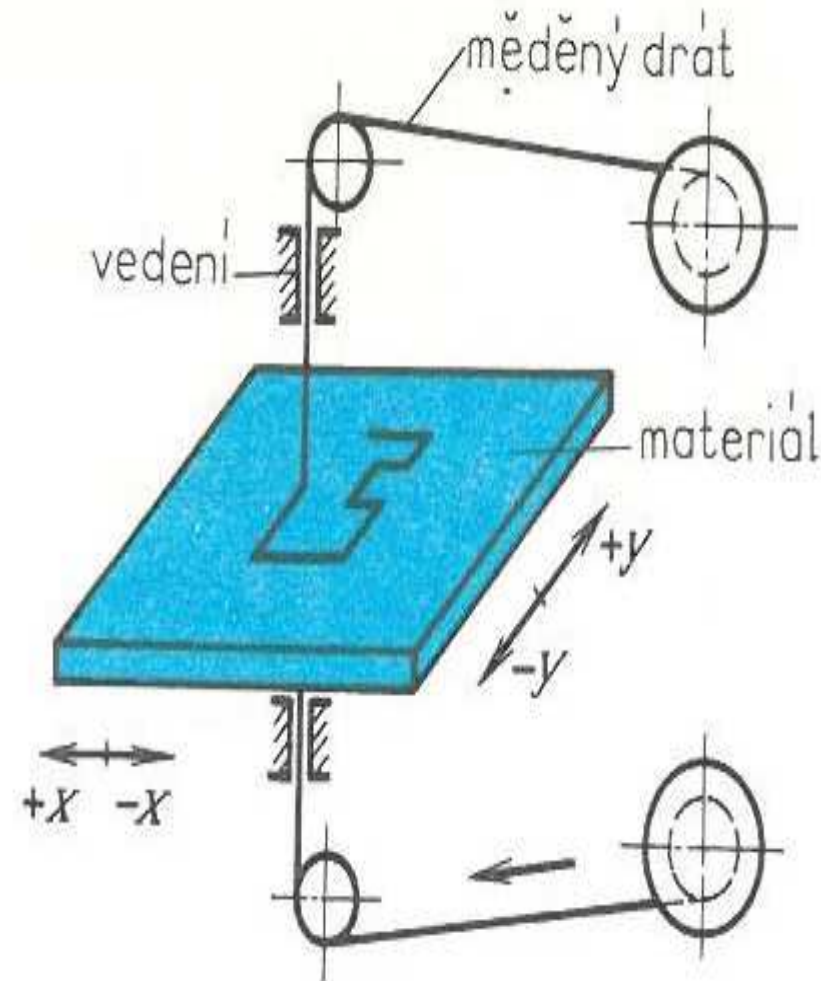
- Přívod dielektrika mezi obrobek a nástrojovou elektrodu –
vyplachování
a) vnější, b) tlakové
vnitřní, c), d)
odsávání, e)
pulzní, f)
kombinované
1 – nástrojová
elektroda, 2 –
pracovní vana, 3 –
dielektrikum, 4 –
obrobek, 5 – přívod
dielektrika, 6 –
odsávání dielektrika



ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ – drátová metoda

- Nástrojovou elektrodu tvoří tenký drát, většinou Cu, pro větší průměry mosazný a pro velmi jemné řezy molybdenový
- Přesnost je dána vlastnostmi stroje,
- přesností vedení drátu a napnutí drátu, vlastnostmi parametrů generátoru
- kvalitou přívodu a čištění dielektrika
- úběr – $30 - 200 \text{ mm}^2 \text{ min}^{-1}$
- $R_a = 0,1 - 0,4$
- Max. tloušťka řezaného materiálu 350 mm

Drát se z jedné cívky odvíjí a na druhou se navíjí



ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ – leštění

- U forem , kde je požadována jakost povrchu $R_a = 0,2$
- Používají se pulzy o nízké energii a velmi krátké době trvání (3 – 5 μs)
- **VÝROBA MIKROOTVORŮ**
- Používají se stejné generátory jak pro leštění
- Možné vrtat kruhové i nekruhové otvory rozměrů 0,02 – 5 mm do hloubky až 100 mm
- Nástrojové elektrody jsou z wolframového drátu
- Stroj je vybaven přípravkem pro přesné vedení elektrody a optickým zařízením pro polohování nástroje
- Nástrojová elektroda koná kmitavý pohyb, aby bylo zajištěno vyplachování

PLAZMA

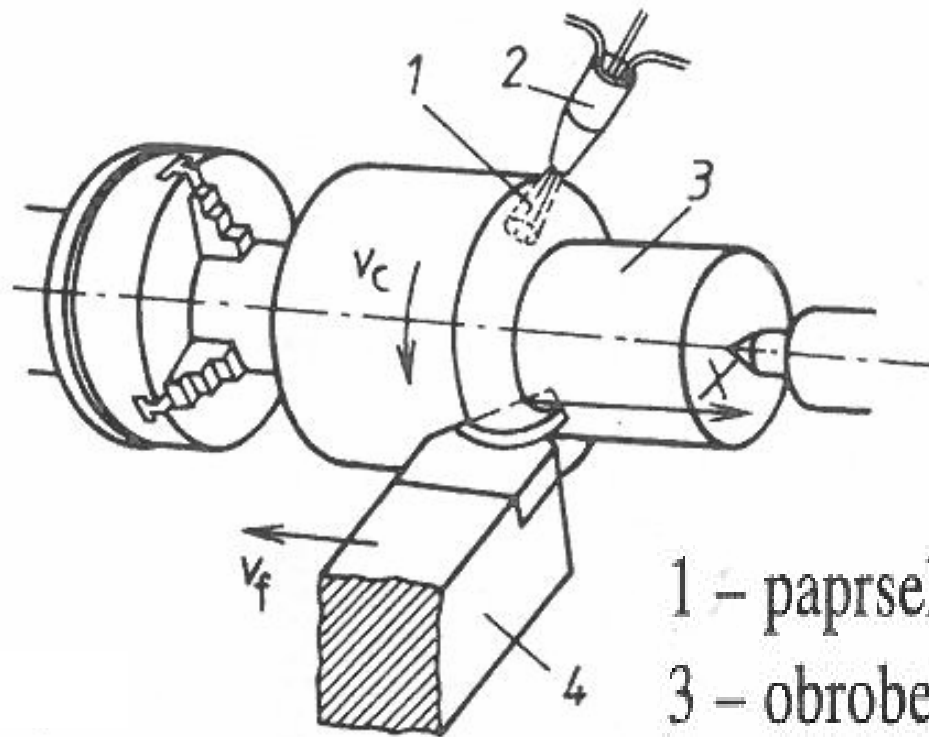
- Obrábění plazmou je založeno na ohřevu popř. tavení materiálu za extrémně vysokých teplot (nad 10 000°C)
- Oblouk hoří mezi netavící se katodou (z wolframu) a anodou (opracovávaný materiál nebo těleso hořáku)
- Z hořáku vychází vysokou rychlostí úzký paprsek plazmy (asi 1 mm)
- **Plazma je elektricky vodivý stav plynu, který nastává při elektrickém výboji mezi katodou a anodou – vzniká ionizovaný plyn**
- V plazmovém hořáku dochází k přeměně elektrické energie na tepelnou energii usměrněného proudu plazma

OBRÁBĚNÍ PLAZMOU

- Plazmový hořák lze použít dvojím způsobem
 - **Obrábění s předehřevem materiálu před břitem rezného nástroje** – změna vlastnosti ohřátého materiálu (mechanických i fyzikálních) ⇒ pokles pevnosti a tvrdosti ⇒ snadnější obrábění ⇒ snížení rezných sil ⇒ zvýšení trvanlivosti břitu nástroje až o 400 %
 - **Odtavování materiálu s povrchu obrobku** – materiál na povrchu obrobku se taví a proudem plynu odfukuje – vhodné pouze pro hrubování

OBRÁBĚNÍ PLAZMOU

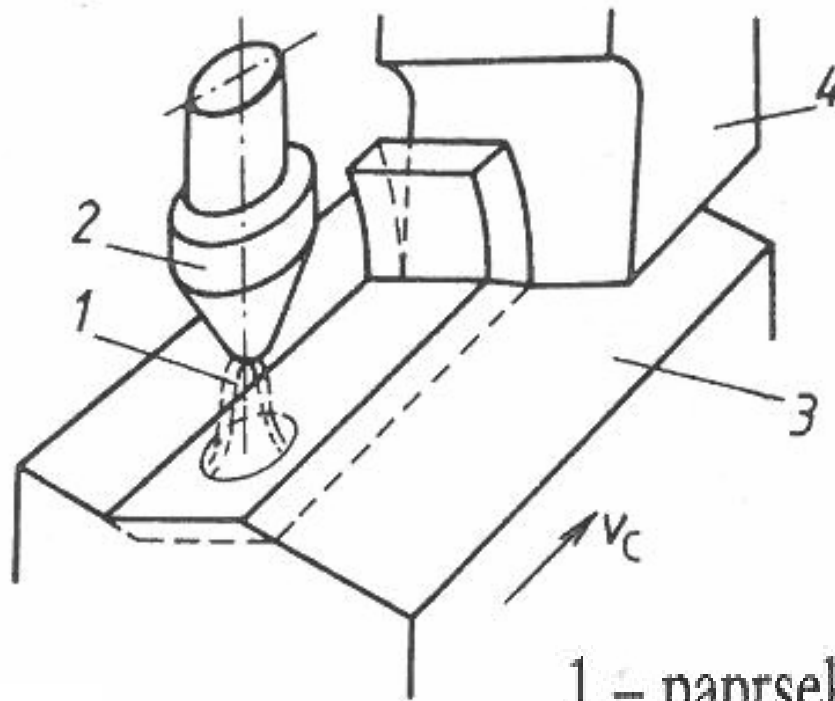
- Obrábění s předehřevem materiálu před břitem řezného nástroje – SOUSTRUŽENÍ



1 – paprsek plazmy, 2 – plazmový hořák,
3 – obrobek, 4 – nástroj

OBRÁBĚNÍ PLAZMOU

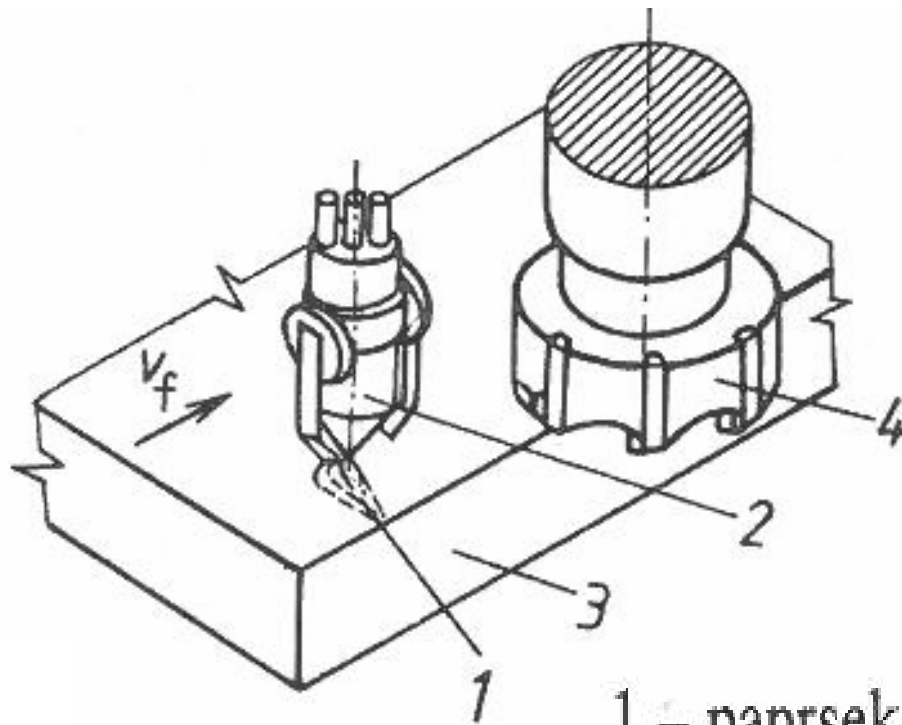
- Obrábění s předehřevem materiálu před břitem řezného nástroje - **HOBLOVÁNÍ**



1 – paprsek plazmy, 2 – plazmový hořák,
3 – obrobek, 4 – nástroj

OBRÁBĚNÍ PLAZMOU

- **Obrábění s předehřevem materiálu před břitem řezného nástroje - FRÉZOVÁNÍ**



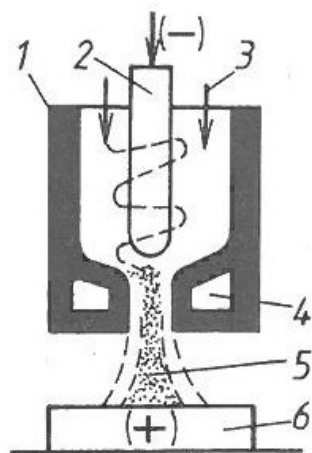
1 – paprsek plazmy, 2 – plazmový hořák,
3 – obrobek, 4 – nástroj

DRUHY PLAZMOVÝCH HOŘÁKŮ

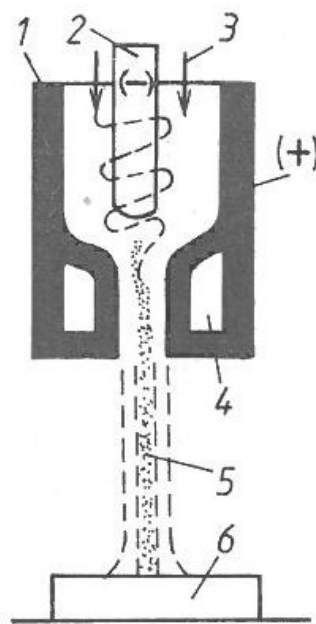
- V technické praxi se používají pro
 - řezání materiálu
 - Svařování
 - navařování
 - nástřik různých materiálů na strojní součásti
 - obrábění těžkoobrobitelných materiálů
 - rozpad škodlivých průmyslových odpadů

DRUHY PLAZMOVÝCH HOŘÁKŮ

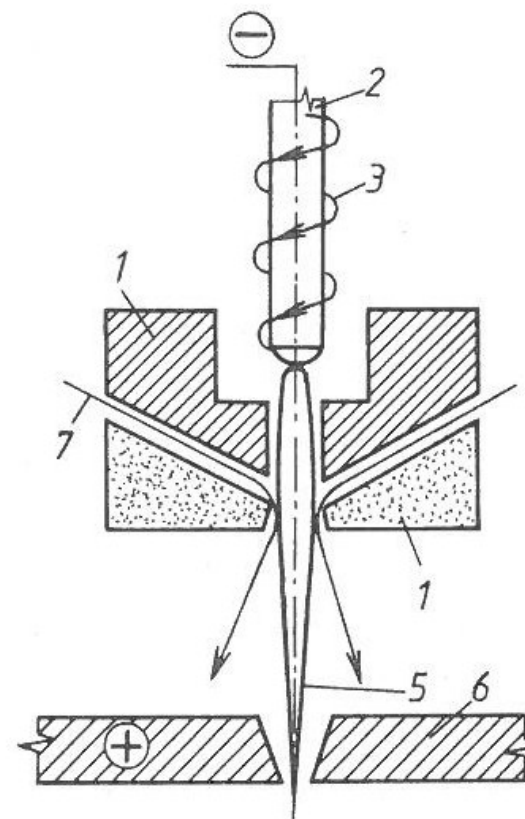
- a) s plynovou stabilizací s transferovým obloukem
- b) s plynovou stabilizací s netransferovaným obloukem
- c) s vodní stabilizací
- 1 – těleso hořáku
- 2 – katoda
- 3 – přívod plynu (argon)
- 4 – chlazení hořáku
- 5 – paprsek plazmy
- 6 - obrobek
- 7 – přívod vody



a)



b)

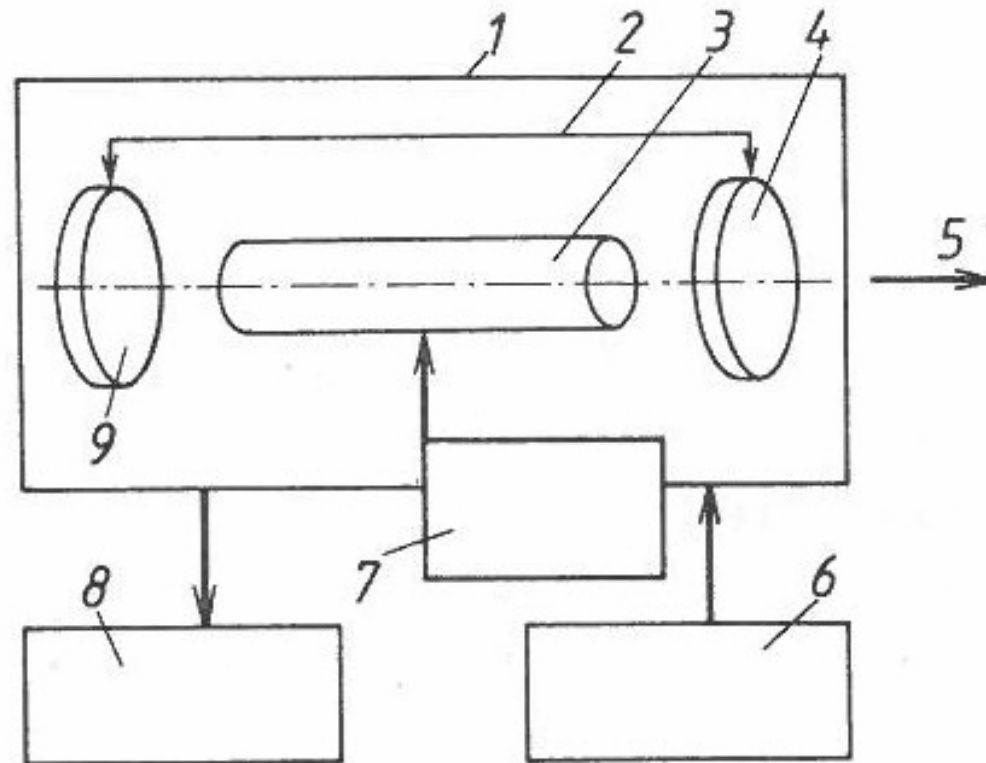


c)

PAPRSKEM LASERU

- KROMĚ OBRÁBĚNÍ (vrtání, soustružení, frézování)SE LASER V TECHNOLOGII POUŽÍVÁ TAKÉ PRO : popisování součástí, řezání, svařování, tepelné zpracování, nanášení povlaků
- Obrobitelnost materiálu laserem je dána:
 - Absorpcí – pohlcovat světelnou energii a měnit ji na kinetickou
 - Tepelnou vodivostí
 - Odrazivostí (reflexí) – je dána poměrem množství odražené energie k dopadající energii
- Obrábění je založeno na přeměně světelné energie na tepelnou energii
- Materiál se při kontaktu s paprskem ohřívá,taje a odpařuje
- PAPERSEK LASERU VYDÁVÁ MONOCHROMATICKÉ KOHERENTNÍ ZÁŘENÍ

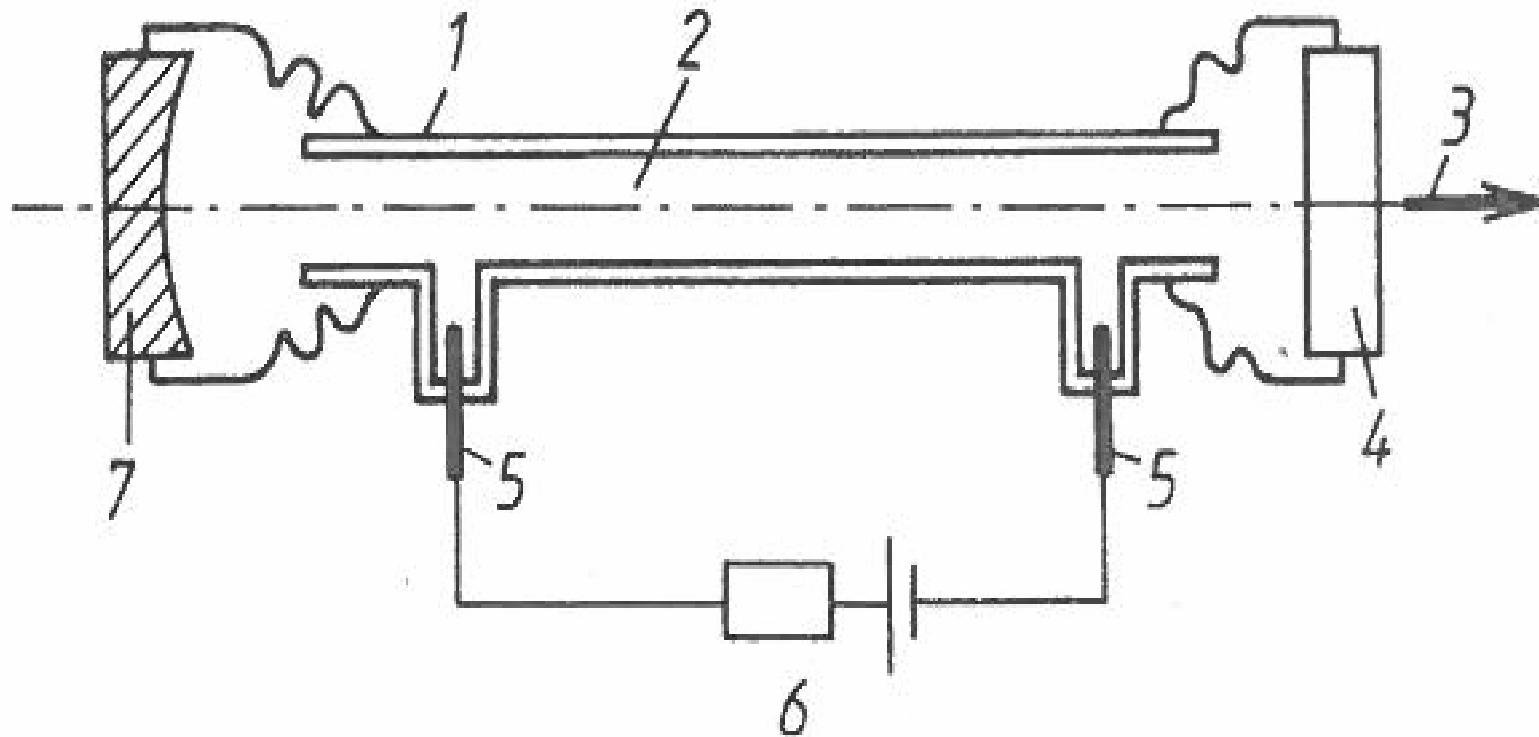
SCHEMA LASERU



- 1 – laserová hlavice, 2 – rezonátor,
3 – laserové médium, 4 – polopropustné
zrcadlo, 5 – výstupní záření, 6 – zdroj
energie buzení, 7 – budicí zařízení,
8 – chladič systém, 9 – nepropustné zrcadlo

BUDÍCÍ ZAŘÍZENÍ LASERU

OVLIVŇUJE pracovní režim laseru

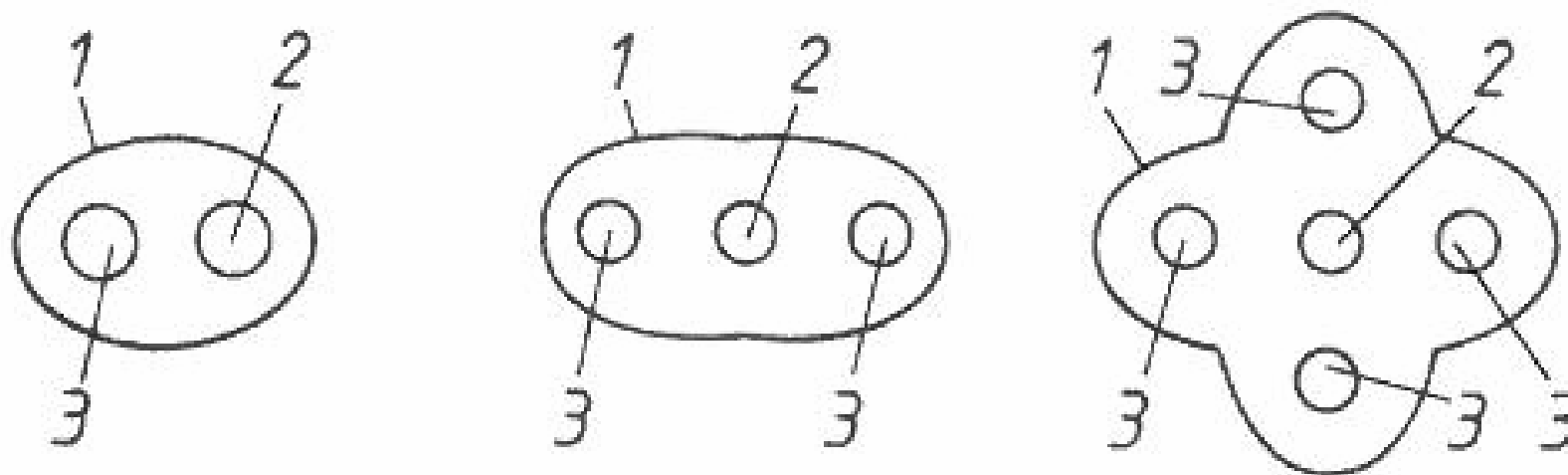


1 – laserová trubice, 2 – plynné laserové médium, 3 – výstupní záření,

4 – polopropustné zrcadlo, 5 – elektroda, 6 – budicí zařízení, 7 – nepropustné zrcadlo

BUDÍCÍ ZAŘÍZENÍ LASERU

Buzení výbojkami



1 – rezonátor, 2 – laserové médium
(krystal), 3 – budicí výbojka

DRUHY LASERŮ

- **LASEROVÉ MÉDIUM URČUJE DÉLKU VLNY ZÁŘENÍ**
- **MŮŽE BÝT**
 - PEVNÉ
 - KAPALNÉ
 - PLYNNÉ
- **REZONÁTOR – OPTICKÝ SYSTÉM-FORMUJE A ZESILUJE ZÁŘENÍ**

DRUHY LASERŮ

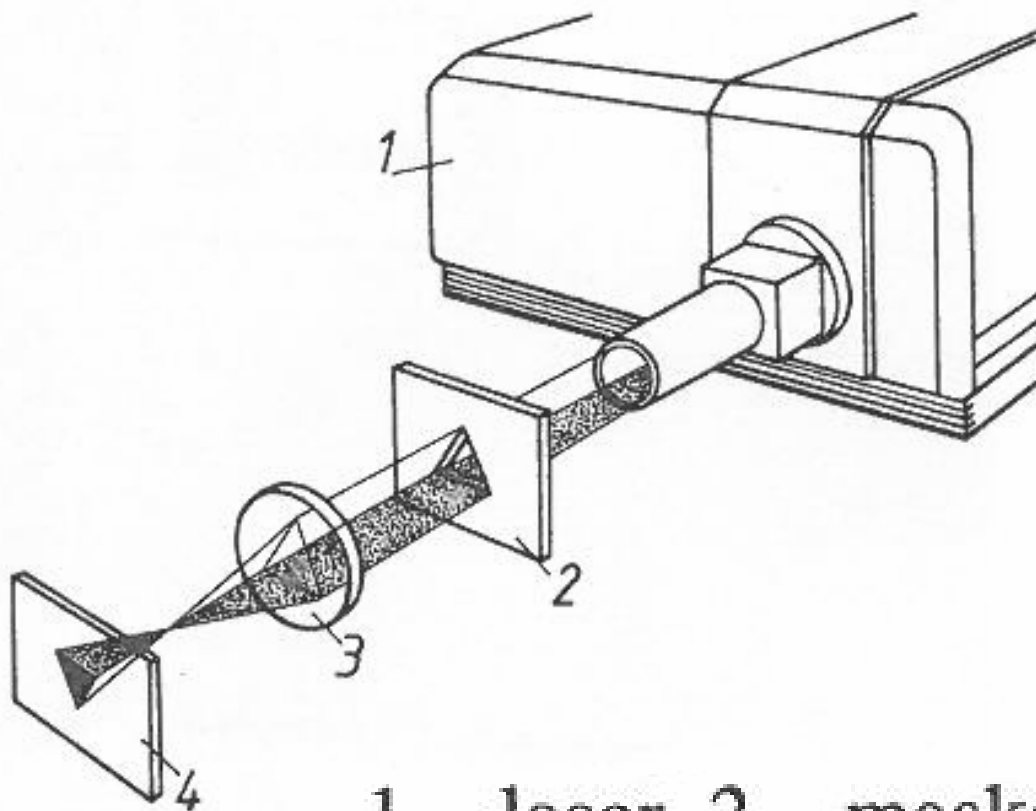
- Rozdělení podle média
 - **PEVNOLÁTKOVÉ** – vybroušený krystal rubínu, yttrium-aluminium-granátu dopovaného neodymem (Nd:YAG – v technologické praxi nejpožívanější), max výkon 4 kW, účinnost 3-8%
 - **PLYNOVÉ** – směs plynů,
 - lasery CO₂ (v technologii nejpožívanější směs plynů CO₂ + N₂ + He), max. výkon 25 kW, účinnost 10-15 %
 - Helium-neonový – max. výkon v mW
 - Měděný – páry Cu, výkon 40 W
 - Argonový, He-Cd,
 - **POLOVODIČOVÉ** – galium-arsenid (GaAs), kadmium-sulfid (CdS), kadmium-selen (CdSe)
 - **KAPALINOVÉ** – roztoky organických barviv

SROVNÁNÍ PARAMETRŮ LASERŮ

Vlastnosti		CO ₂ laser	Nd: YAG laser	Výkonný polovodičový laser
Délka vlny	(μm)	10,6	1,06	0,3 až 30
Účinnost	(%)	10 – 15	3 – 8	30 – 50
Velikost pracovní hlavy laseru	(dm ³)	10 ³	10 ²	1
Střední výstupní výkon	(kW)	do 30	do 4	do 2
Střední intenzita zaostřeného paprsku	(W/cm ²)	10 ^{6...30}	10 ^{5...9}	10 ^{3...5}
Interval údržby	(h)	1 000	500	2 000 až 10 000

POPISOVÁNÍ LASEREM

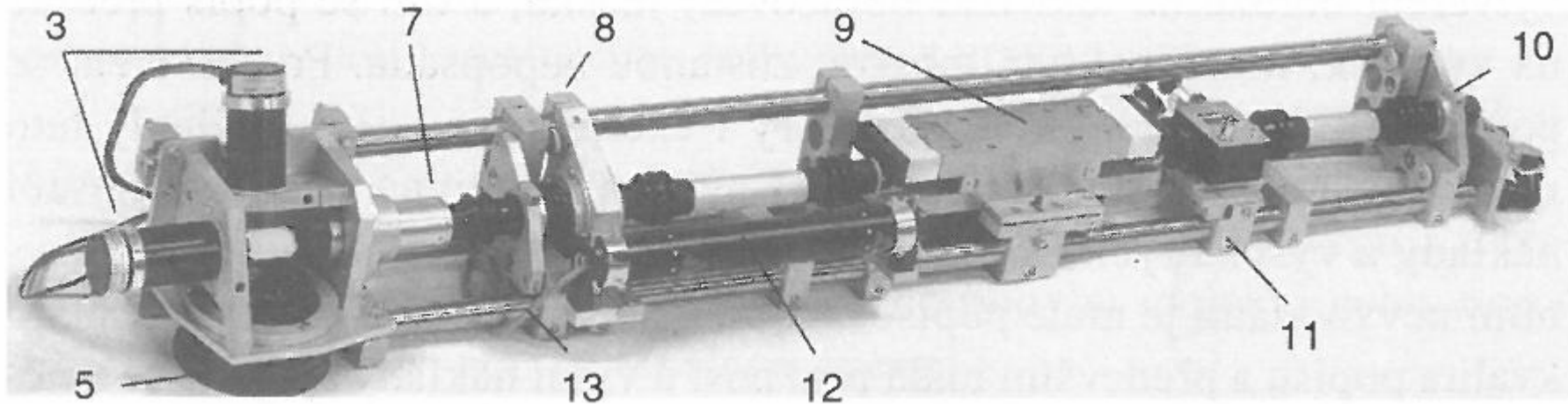
Princip popisování součástí laserem přes masku



1 – laser, 2 – maska, 3 – objektiv pro
zaostření paprsku, 4 – obrobek

POPISOVÁNÍ LASEREM

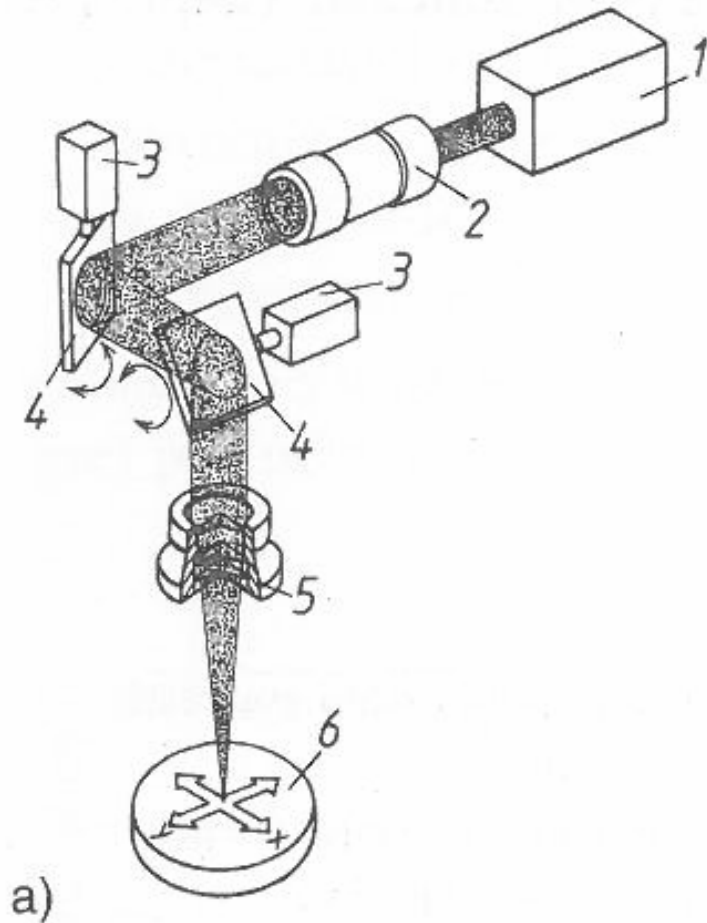
Konkrétní provedení laseru



- 3 – pracovní hlava
- 5 – objektiv
- 7 – expandér
- 8 – clona blokující výstup paprsku
- 9 – rezonátor
- 10 – nepropustné zrcadlo
- 11 – akustickooptický modulátor
- 12 – HeNe laser, tzv. pilot laser (naváděcí)
- 13 – výstupní polopropustné zrcadlo

POPISOVÁNÍ LASEREM

Princip



1 – laser

2 – optická cesta

3 – pracovní hlava

4 – vychylovací zrcátka

5 – objektiv

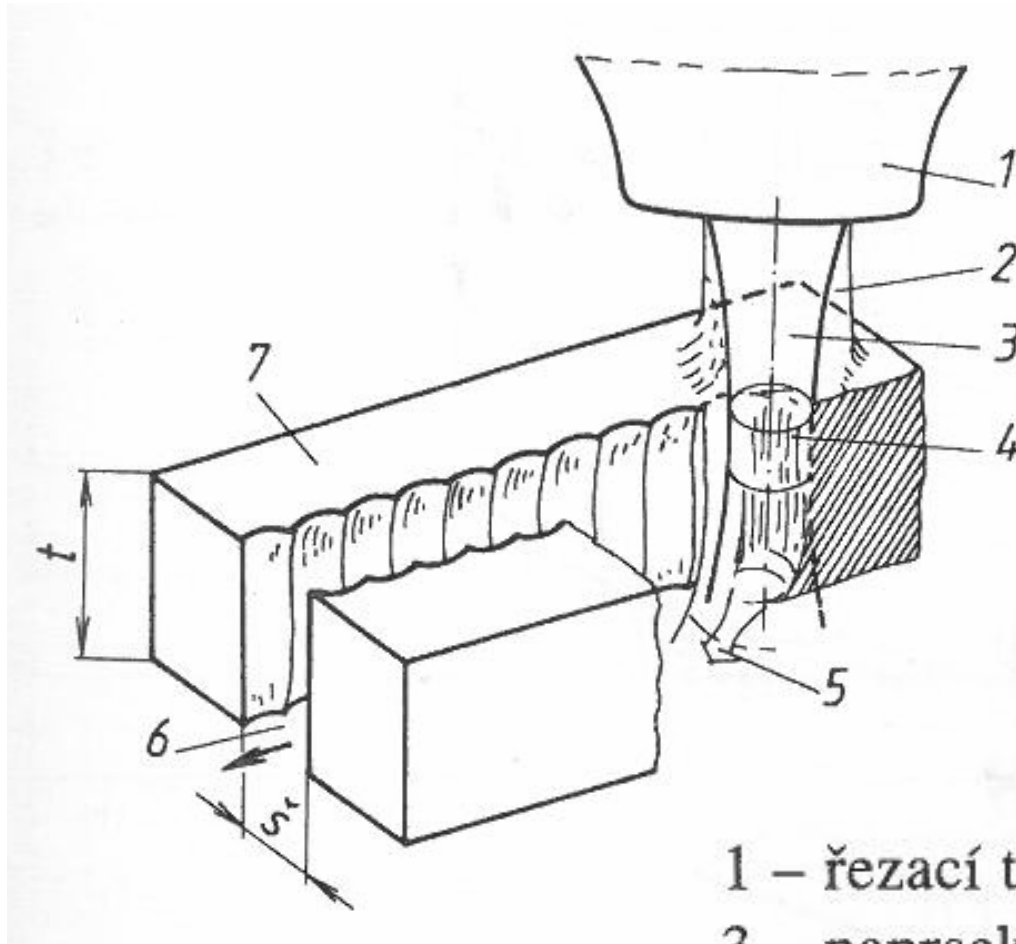
6 – obrobek

POPISOVÁNÍ LASEREM

Stroj na popisování

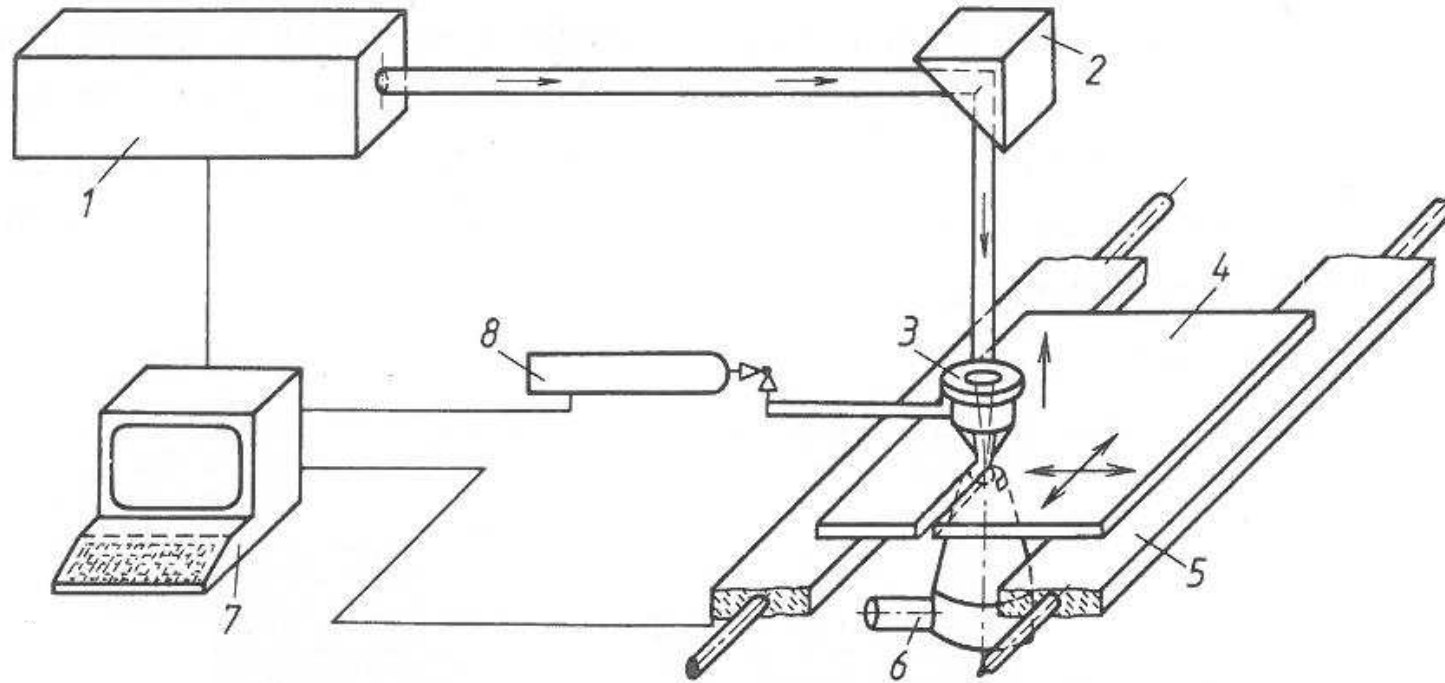


ŘEZÁNÍ LASEREM



1 – řezací tryska, 2 – asistentní plyn,
3 – paprsek laseru, 4 – poloha ohniska
zaostření paprsku laseru, 5 – odtavený
materiál, 6 – řezná spára, 7 – obrobek

ŘEZÁNÍ LASEREM - schéma stroje



1 – LASER

2 – ZRCADLO

3 – ŘEZACÍ HLAVA

4 – OBROBEK

5 – PRACOVNÍ STŮL STROJE

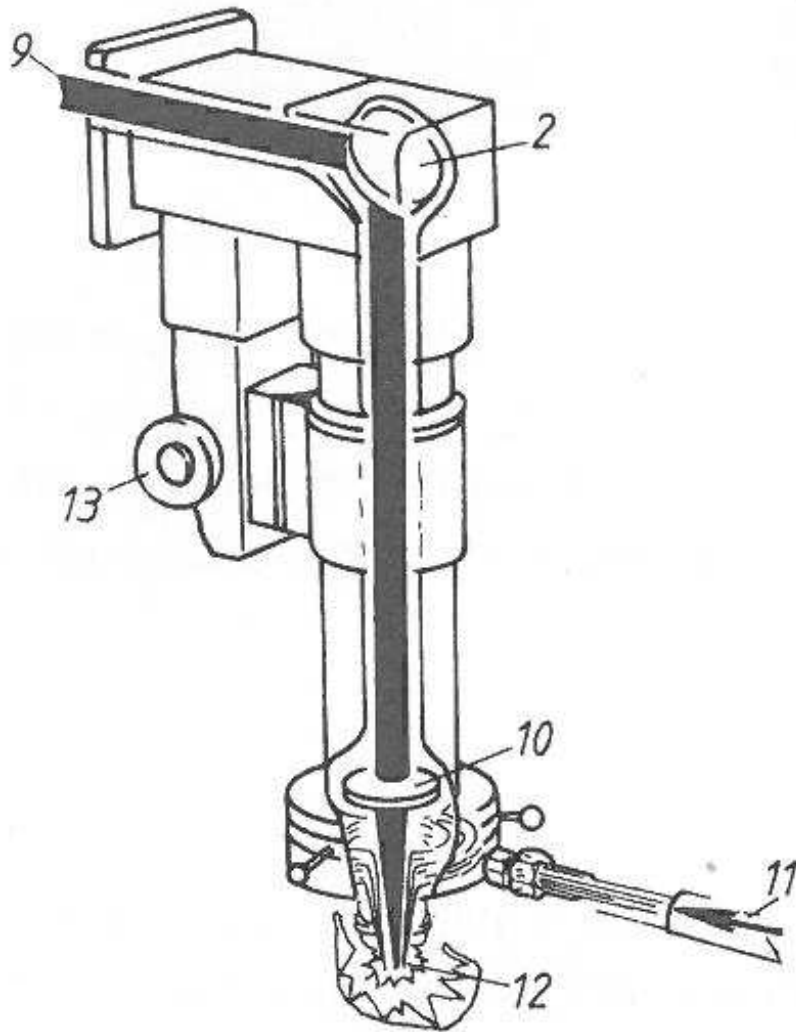
6 – ODSÁVÁNÍ SPLODIN

7 – CNC ŘÍDÍCÍ SYSTÉM

8 – ZÁSOBNÍK ASISTENTNÍHO PLYNU

ŘEZÁNÍ LASEREM

Konstrukce řezací hlavy



2 – zrcadlo

9 – paprsek vysílaný laserem

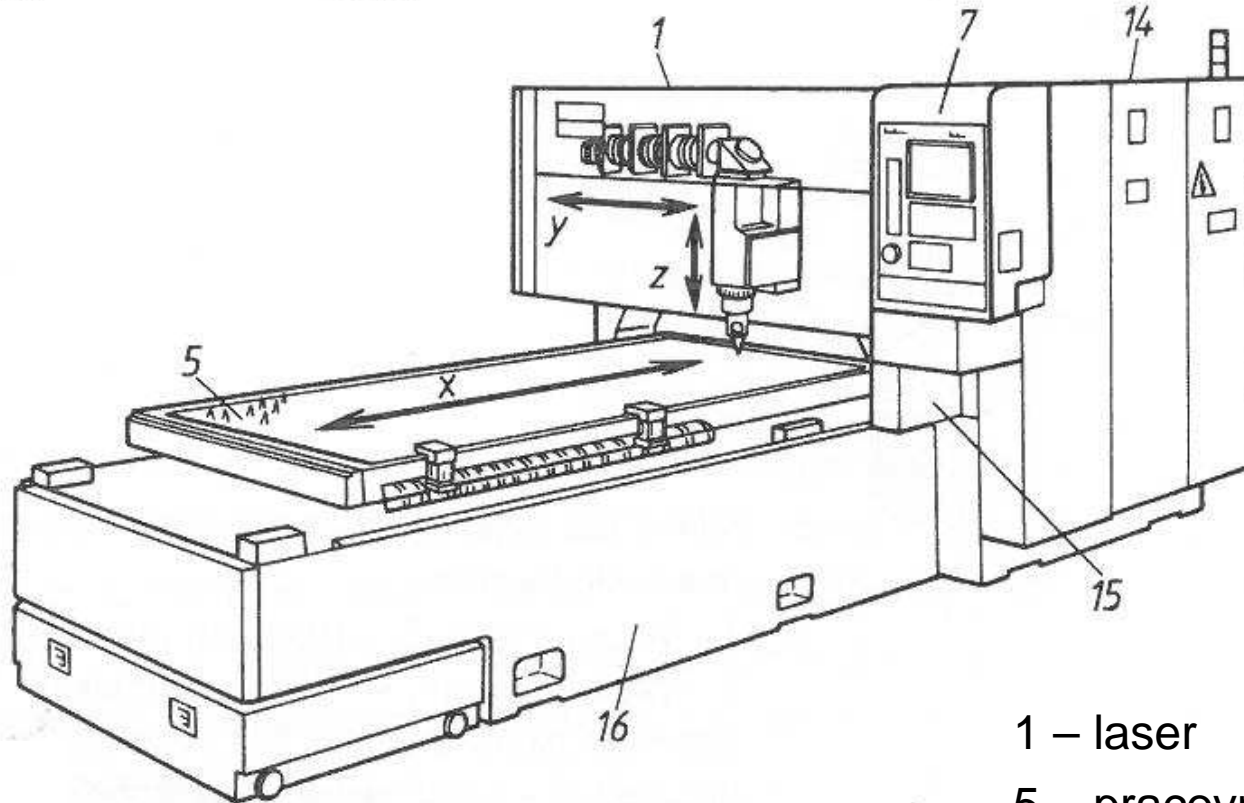
10 – objektiv

12 – stopa zaostřeného paprsku laseru

13 – systém pro zaostření paprsku

ŘEZÁNÍ LASEREM

Konkrétní provedení stroje



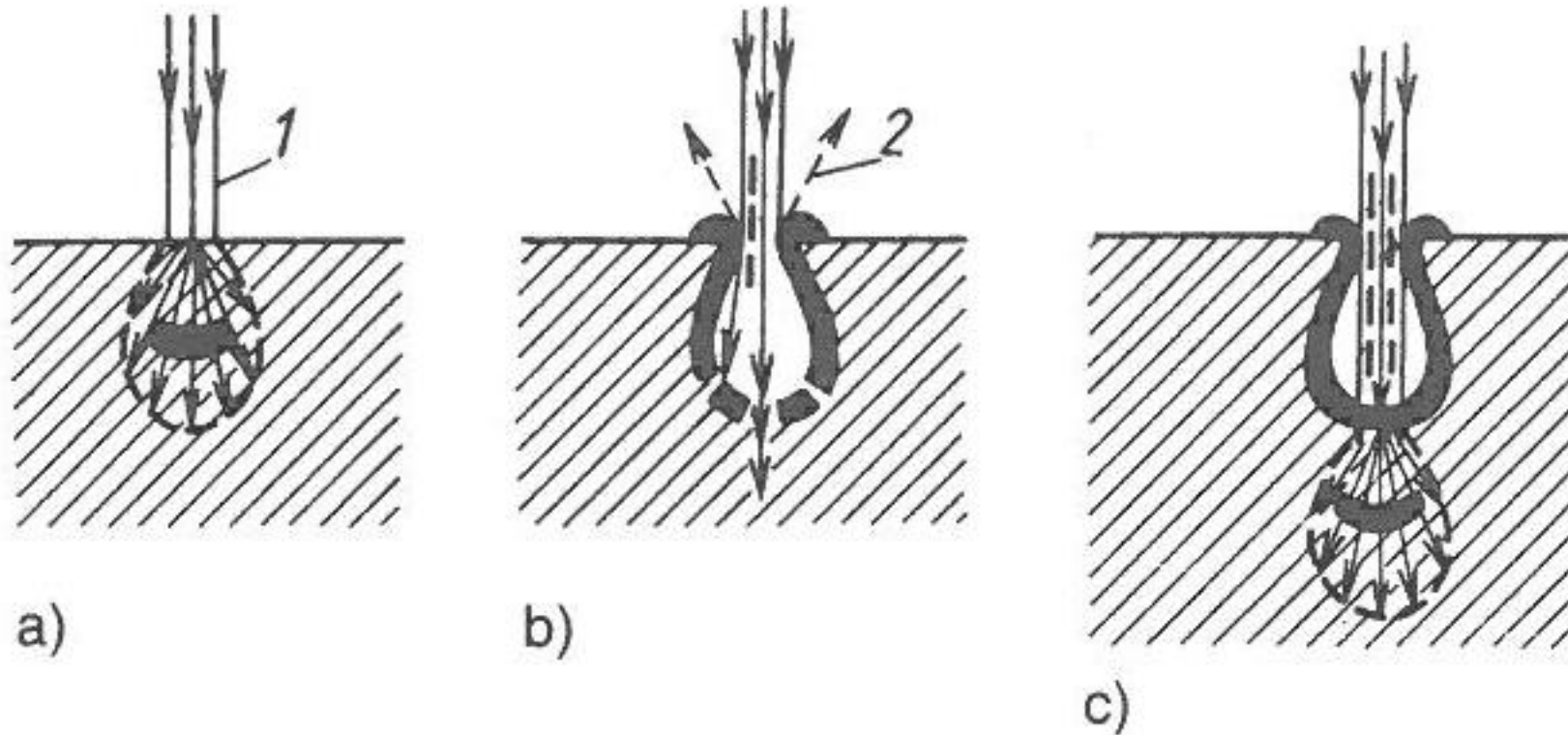
- 1 – laser
- 5 – pracovní stůl stroje
- 7 – CNC řídicí systém
- 14 – napájecí zdroj
- 15 – chladicí systém
- 16 – základní rám stroje

PAPRSEK ELEKTRONŮ

- Využití kinetické energie proudu urychlených elektronů
- V místě dopadu paprsku elektronů se jejich kinetická energie mění na tepelnou, materiál taje a odpařuje se,
- Pracovní režimy
 - **Kontinuální** (nepřetržitý) styk paprsků s materiálem
 - **Přerušovaný** – pulzní režim – pro přesné opracování (doba pulzu $2\mu\text{s} - 0,01\text{ s}$, frekvence $500 - 10\,000\text{ Hz}$)
- Využívá se pro
 - **Termické procesy** – obrábění, svařování, tepelné zpracování
 - **Netermické procesy** – v litografii při výrobě čipů

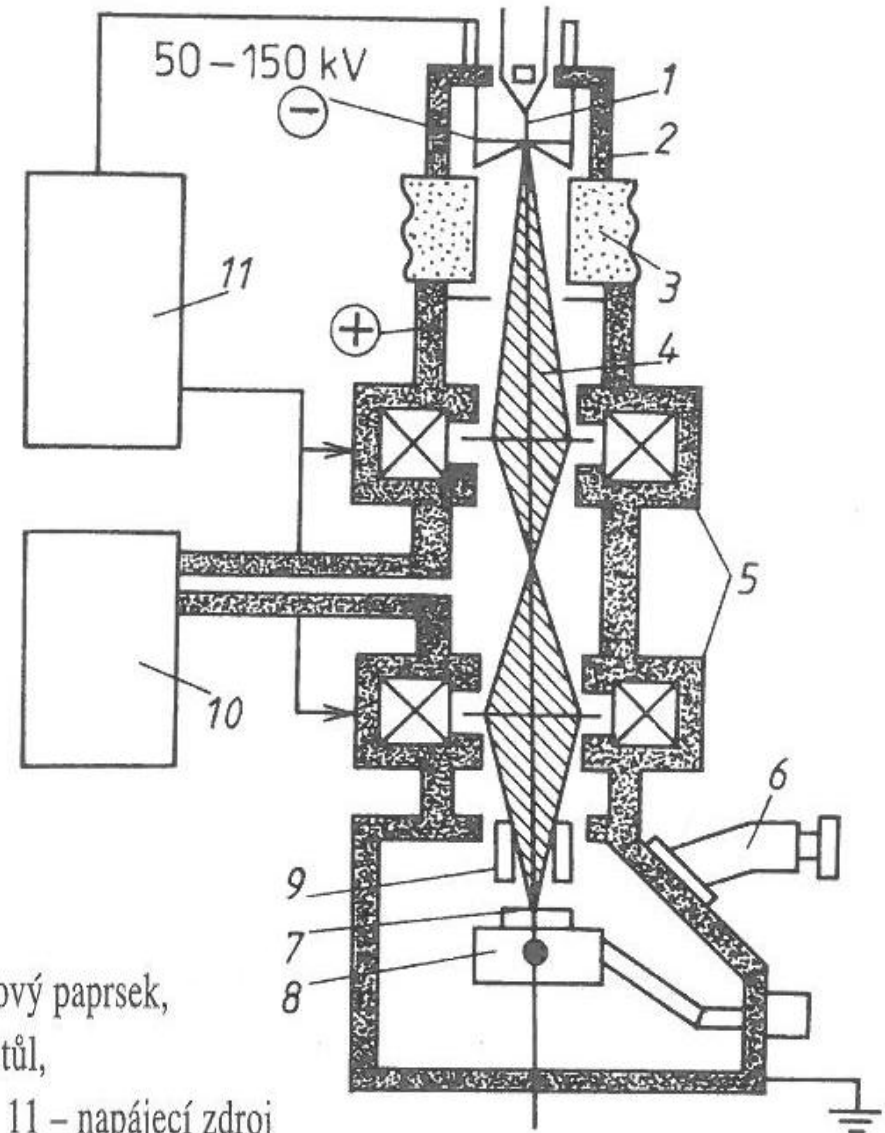
PAPRSEK ELEKTRONŮ

Princip obrábění elektronovým paprskem

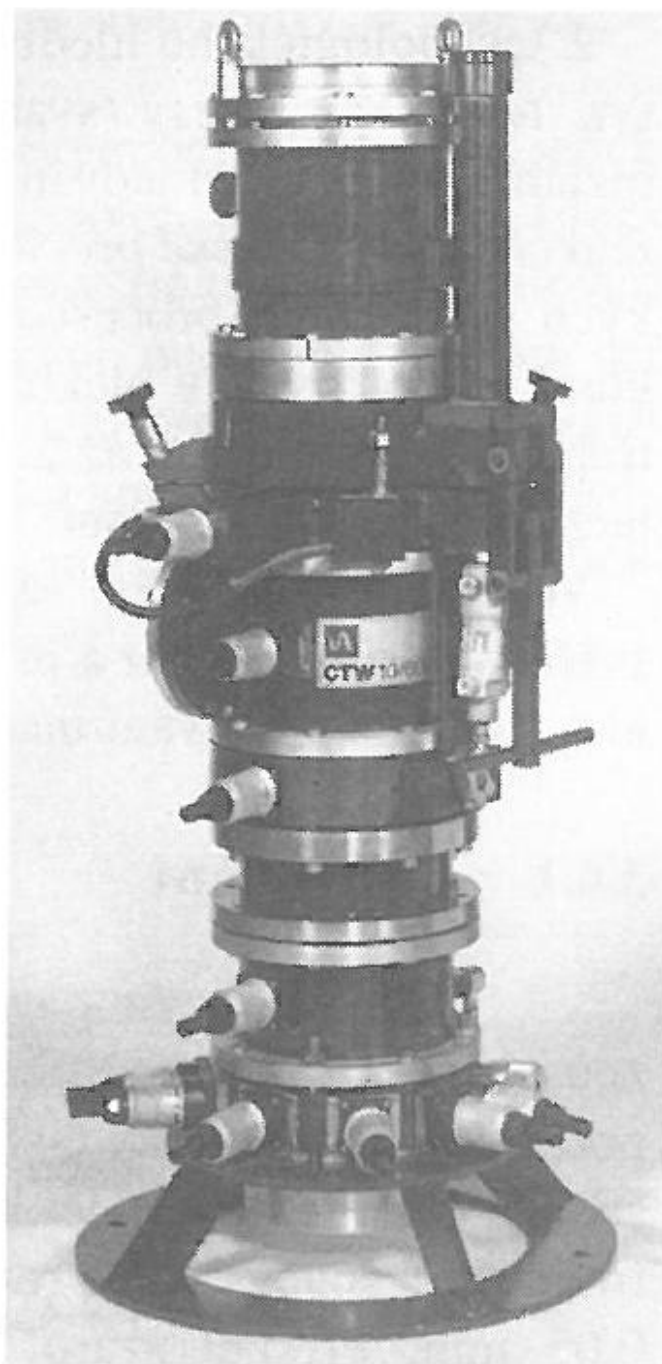


- a) vnik elektronů do materiálu obrobku, b) erupční odpařování materiálu,
c) opětový vnik elektronů do materiálu obrobku
1 – elektronový paprsek, 2 – páry odpařeného kovu

ZAŘÍZENÍ PRO OBRÁBĚNÍ PAPRSKEM ELEKTRONŮ



- 1 – wolframový drát, 2 – elektronové dělo, 3 – izolátor, 4 – elektronový paprsek,
5 – elektromagnetické čočky, 6 – průzor, 7 – obrobek, 8 – pracovní stůl,
9 – elektrostatické vychylování elektronového paprsku, 10 – vývěvy, 11 – napájecí zdroj



ZDROJ ELEKTRONŮ ELEKTRONOVÉ DĚLO

Zdroje:

- Řasa J., Pokorný P., Gabriel V., Strojírenská technologie 3, díl 2. SCIENTIA, PRAHA, 2001, ISBN – 80-7183-227-8
- Řasa J., Gabriel V., Strojírenská technologie 3, díl 1. SCIENTIA, PRAHA, 2000, ISBN 80-7183-207-3