



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: Broušení**

**Autor: Ing. Kubíček Miroslav**

**Číslo: VY\_32\_INOVACE\_19 – 13**

**Anotace:** Slouží jako podklad pro výuku obrábění. Charakteristika broušení. Základní druhy a způsoby broušení. Popis nástroje a jeho hlavní části. Text určen pro studenty 2. ročníku střední odborné školy oboru strojírenství.

# BROUŠENÍ

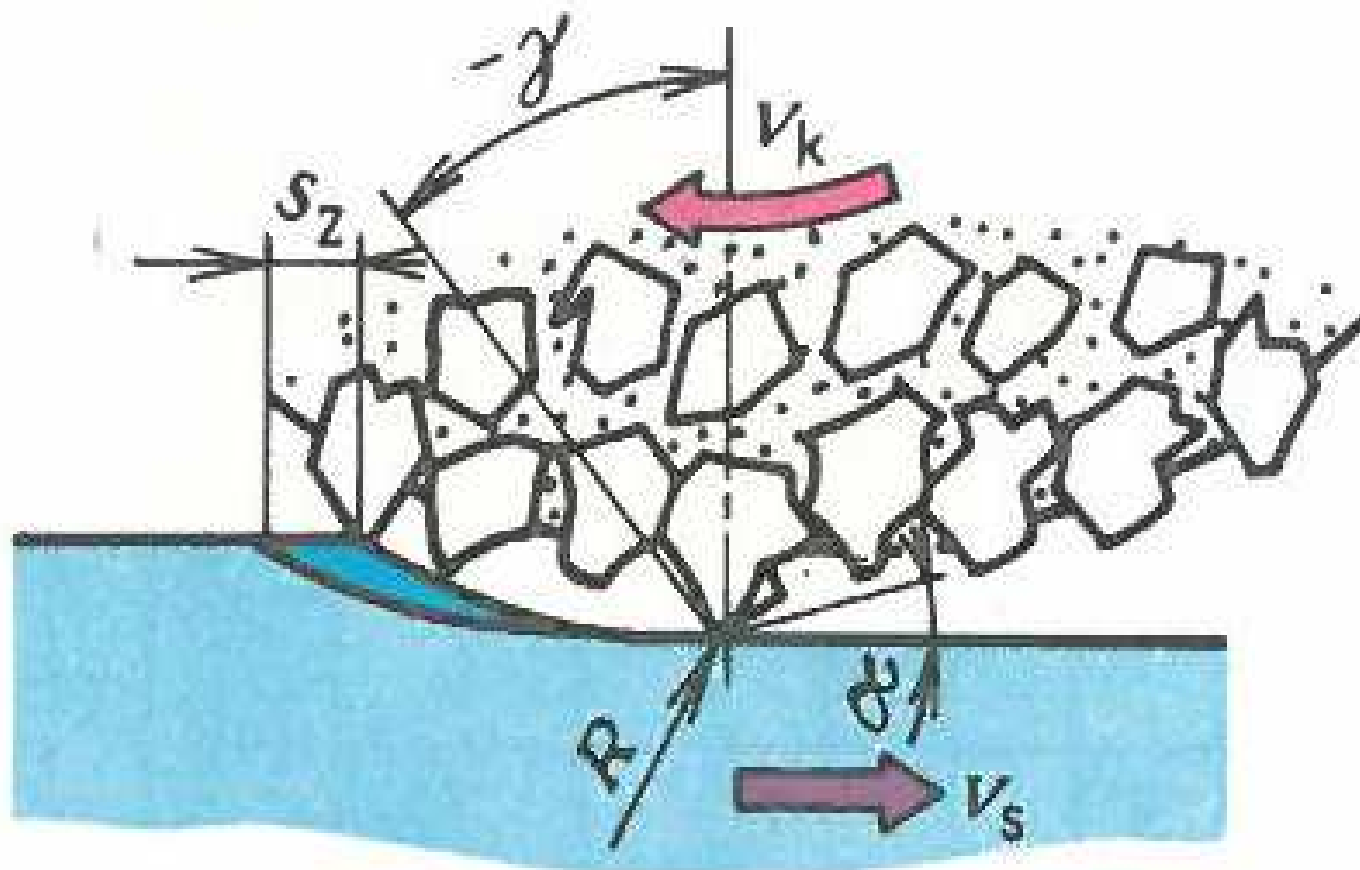
- **Definice** - je strojní třískové obrábění mnohobřítým nástrojem
  - brusným kotoučem , jehož břity tvoří zrna brusiva, která jsou po obvodu nástroje nepravidelně rozmístěna a mají nestejnou geometrii břitu
- **Účel** – plní tyto hlavní funkce:
  - opracování součástí na přesný geometrický tvar s přesnými rozměry a s vysokou jakostí povrchu, tzn. Převážně jako dokončovací operace
  - opracování takových materiálů, pro které je jiný způsob nemožný nebo obtížný
  - opracování takových součástí a materiálů, u nichž se jedná o nejehospodárnější způsob, tj. broušení se používá i jako hrubovací operace

# BROUŠENÍ

- **Charakteristika** – liší se od ostatních způsobů klasického třískového obrábění odlišuje zejména:
  - nepravidelným úběrem třísky jednotlivými zrny
  - geometrie brusného zrna je charakteristická **záporným úhlem čela**
  - při broušení dochází k samovolnému uvolňování brusných zrn tzv. **samoostření**
  - malé průřezy třísek ( $S =$  řádově  $10^{-3} \text{ mm}^2$ ) a vysoké řezné rychlosti ( $v_b = 30$  až  $100 \text{ m/s}$ )

# BROUŠENÍ

## ODDĚLOVÁNÍ TRÍSEK PŘI BROUŠENÍ



# BROUŠENÍ

- ROZDĚLENÍ

- PODLE OBRÁBĚNÝCH PLOCH

- **ROTAČNÍCH** – vnitřních a vnějších

- **ROVINNÝCH**

bezhroté

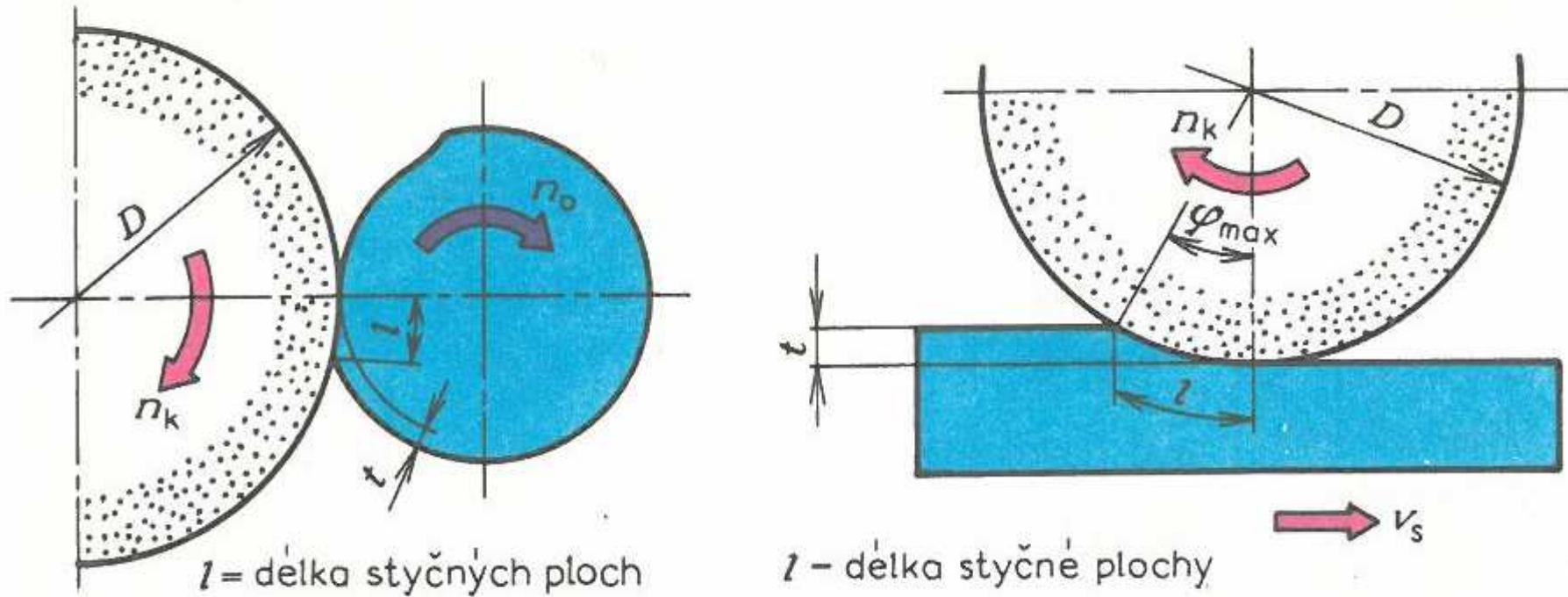
mezi hroty

- PODLE POUŽITÉ ČÁSTI NÁSTROJE

- **OBVODEM KOTOUČE**

- **ČELEM KOTOUČE**

# PRINCIP VÁLCOVÉHO A ROVINNÉHO BROUŠENÍ

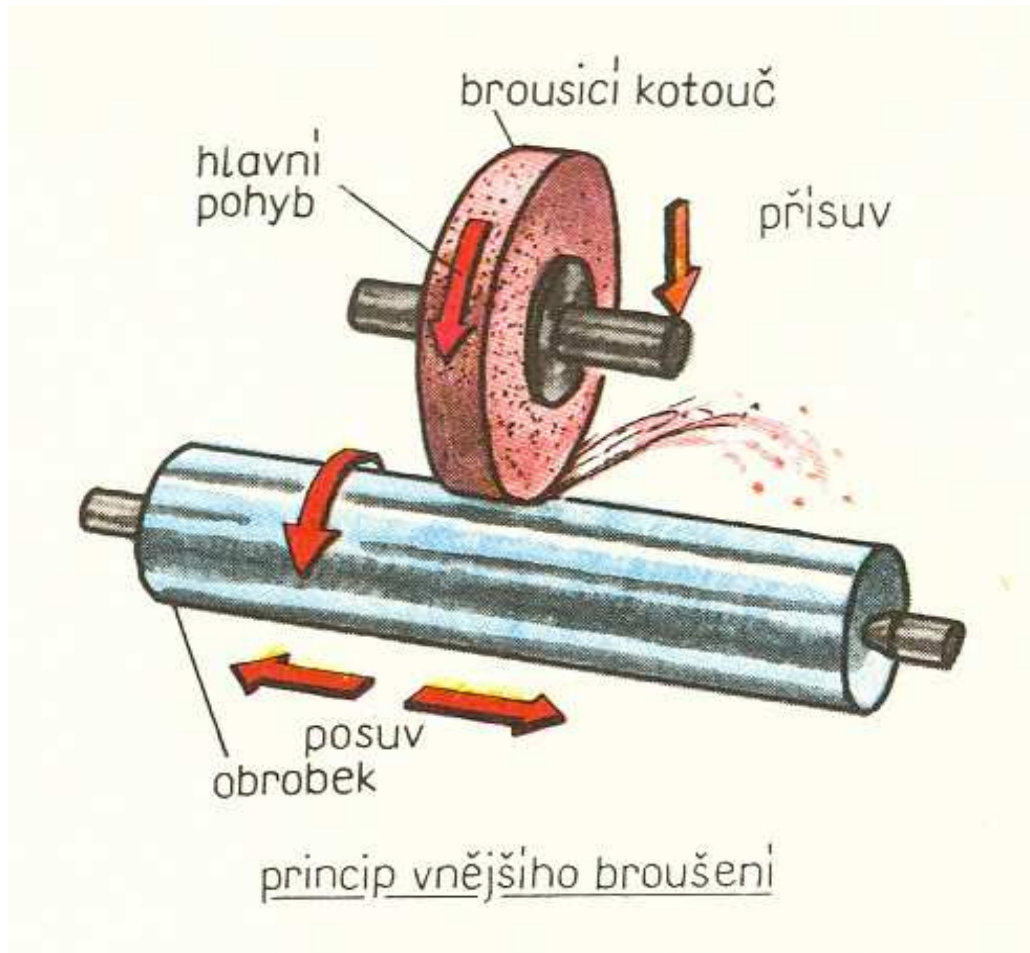


$D$  – průměr brusného kotouče  
 $n_k$  – otáčky brusného kotouče  
 $n_o$  – otáčky obrobku  
 $v_s$  – pohyb obrobku

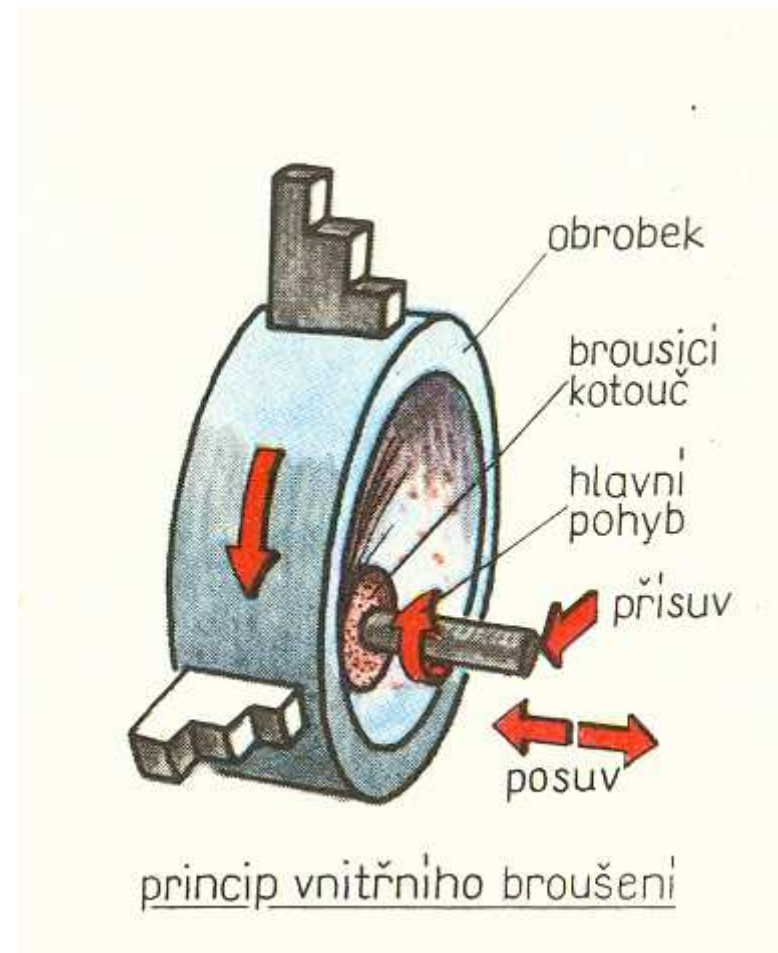
# BROUŠENÍ

- hlavní řezný pohyb je **rotační** a koná ho **nástroj**
- vedlejší pohyby posuv a přísuv koná obvykle **obrobek**, upnutý na stole stroje, ale mohou být také konány brusným kotoučem
- **Nástroj** se nazývá **brusný kotouč**
- **Stroj** se jmenuje **bruska**
- Použití - broušení lze použít jak v kusové, tak i v sériové a hromadné výrobě prakticky pro všechny druhy ploch
- Přídavek na brus – 0,2 až 0,6

# BROUŠENÍ



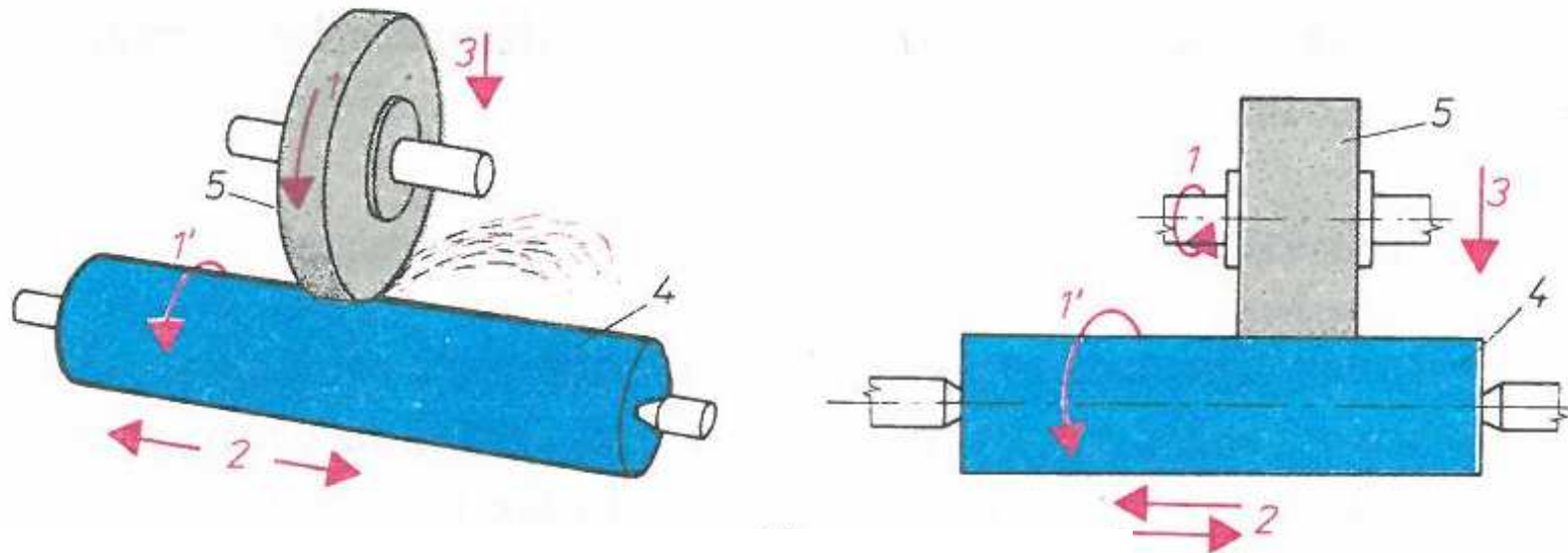
rotačních ploch obvodem kotouče



rotačních ploch obvodem kotouče

# BROUŠENÍ

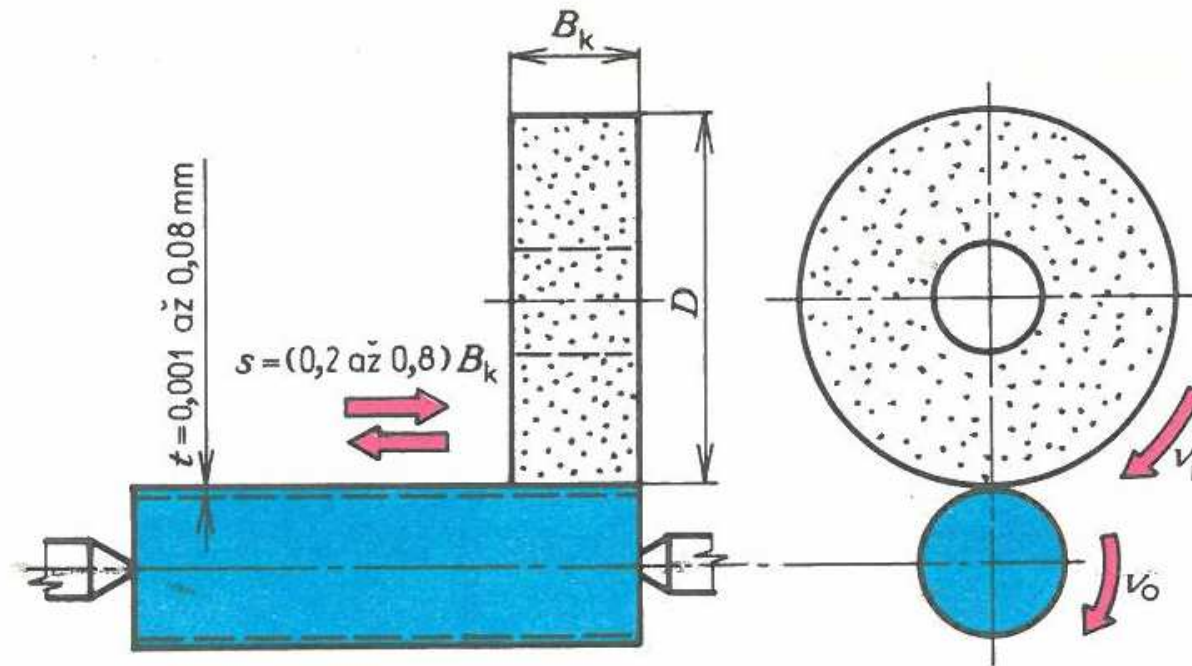
BROUŠENÍ VNĚJŠÍCH ROTAČNÍCH PLOCH - OBVODEM KOTOUČE MEZI HROTY



- |                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1 – hlavní pohyb nástroje | 3 – příšuv                  |
| 1' - pohyb obrobku        | 4 – obrobek                 |
| 2 – posuv-koná obrobek    | 5 – nástroj – brusný kotouč |

# BROUŠENÍ

BROUŠENÍ VNĚJŠÍCH ROTAČNÍCH PLOCH - OBVODEM KOTOUČE MEZI HROTY



HLAVNÍ ŘEZNÝ POHYB I POSUV KONÁ NÁSTROJ

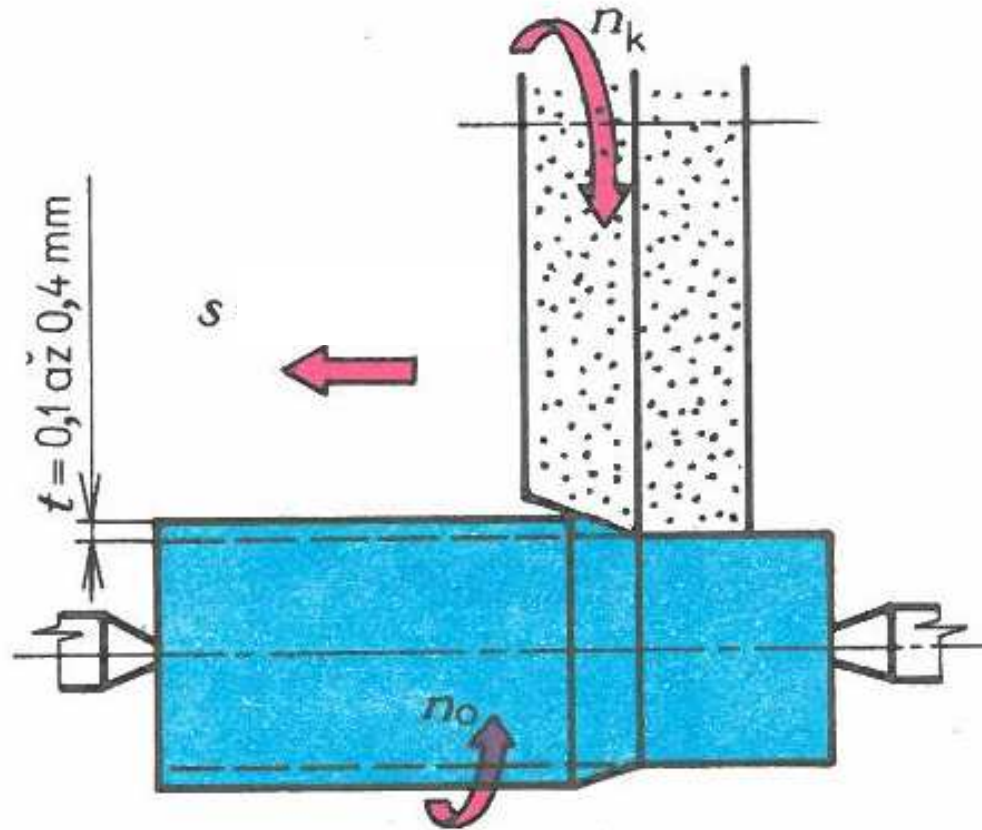
# BROUŠENÍ

BROUŠENÍ VNĚJŠÍCH ROTAČNÍCH PLOCH - OBVODEM KOTOUČE  
MEZI HROTY – HLOUBKOVÉ – pro kratší a tuhé obrobky

$n_k$  – otáčky nástroje

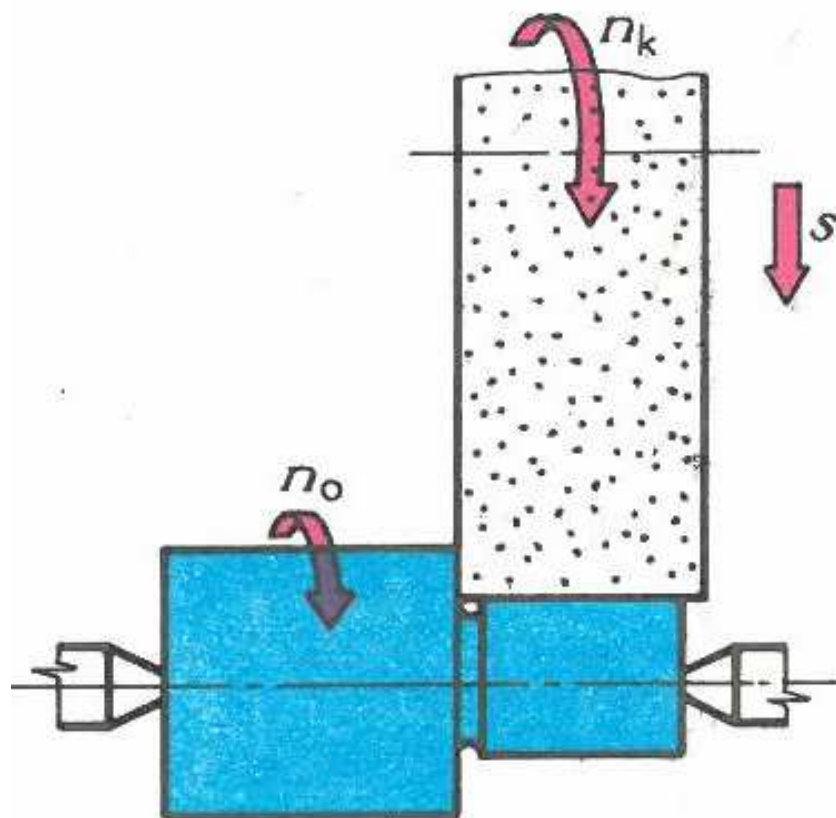
$n_o$  – otáčky obrobku

$s$  – posuv nástroje



# BROUŠENÍ

BROUŠENÍ VNĚJŠÍCH ROTAČNÍCH PLOCH - OBVODEM KOTOUČE  
MEZI HROTY – ZAPICHOVACÍ



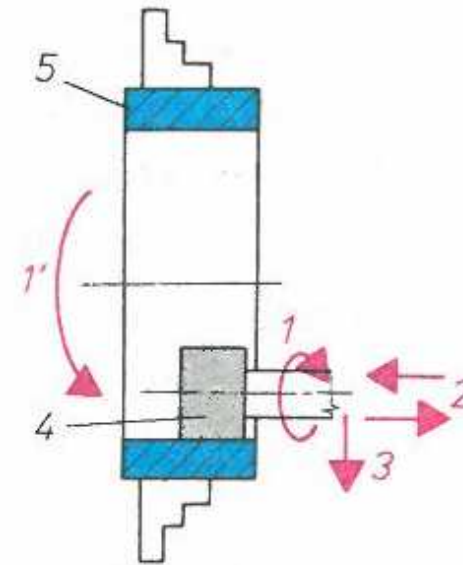
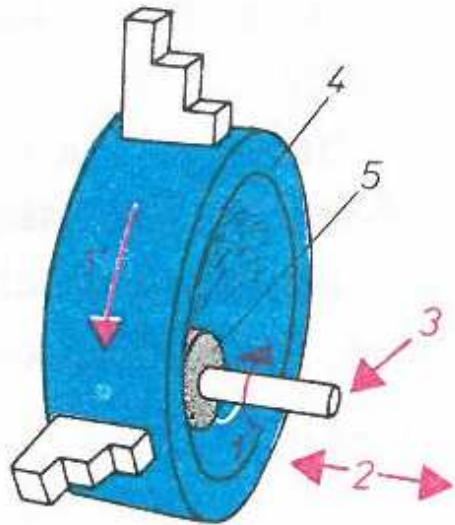
$n_k$  – otáčky nástroje

$n_o$  – otáčky obrobku

$s$  – příisuv

# BROUŠENÍ

## BROUŠENÍ VNITŘNÍCH ROTAČNÍCH PLOCH OTÁČEJÍCÍ SE OBROBEK

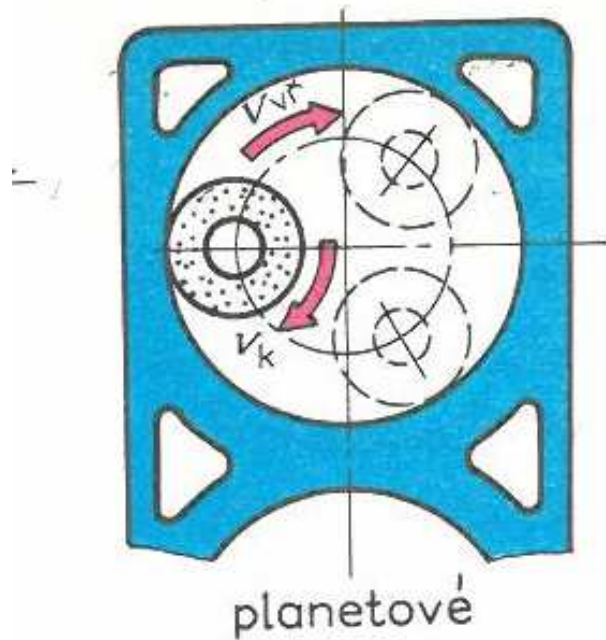


e)

- 1 – hlavní pohyb - nástroj
- 1' - pohyb obrobku
- 2 – posuv podélný - nástroje
- 3 – přísuv - nástroje

# BROUŠENÍ

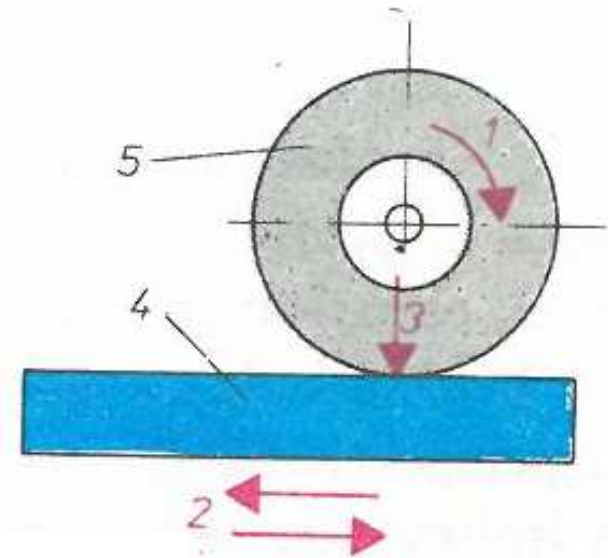
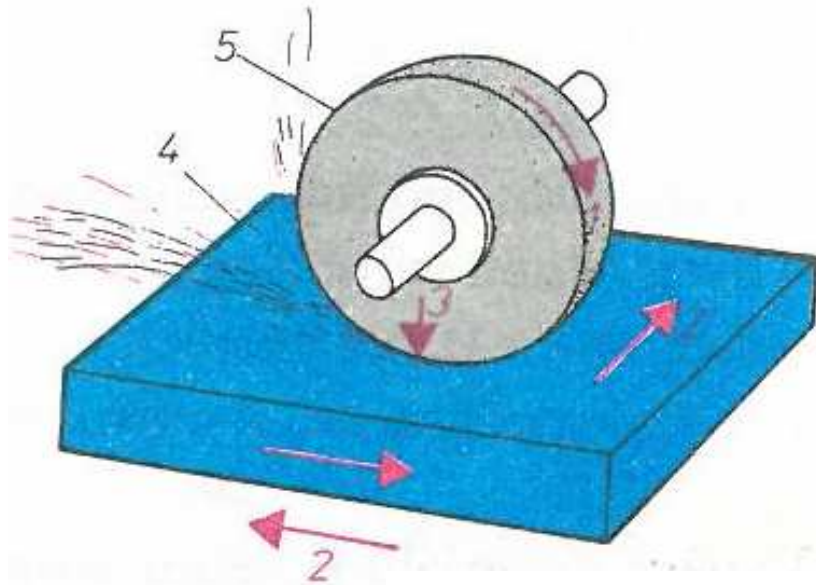
## BROUŠENÍ VNITŘNÍCH ROTAČNÍCH PLOCH PLANETOVÉ



- VHODNÉ PRO BROUŠENÍ OTVORU  
NEROTAČNÍCH SOUČÁSTÍ
- **NÁSTROJ KONÁ HLAVNÍ ŘEZNÝ POHYB  
A SOUČASNĚ I VEDLEJŠÍ POHYBY  
TJ. POSUV A PŘÍSUUV**

# BROUŠENÍ

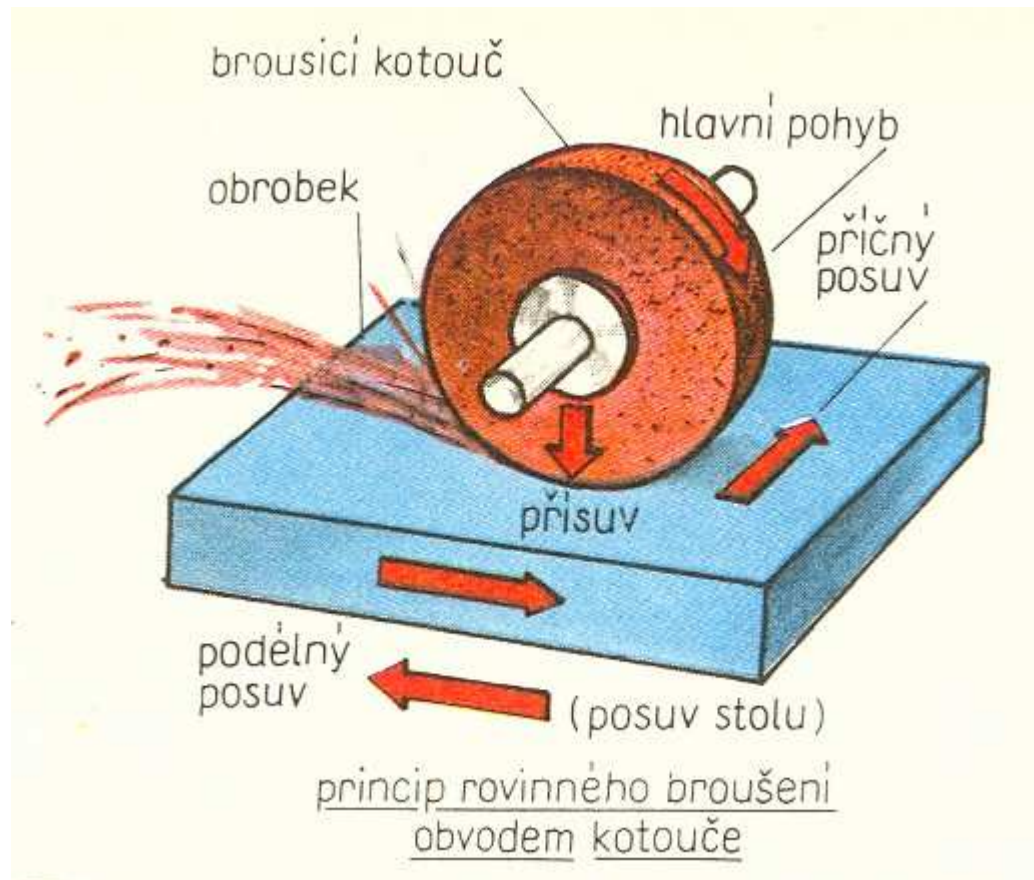
## BROUŠENÍ ROVINNÝCH PLOCH OBVODEM KOTOUČE



- 1 – hlavní pohyb nástroje
- 2 – posuv podélný    2' - posuv příčný
- 3 – přísuv nástroje    4 – obrobek    5 - nástroj

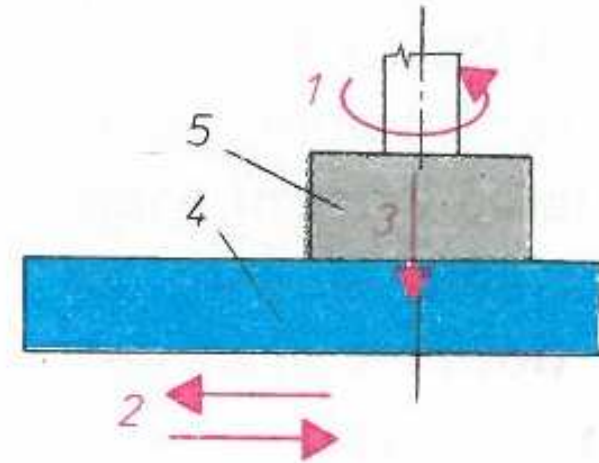
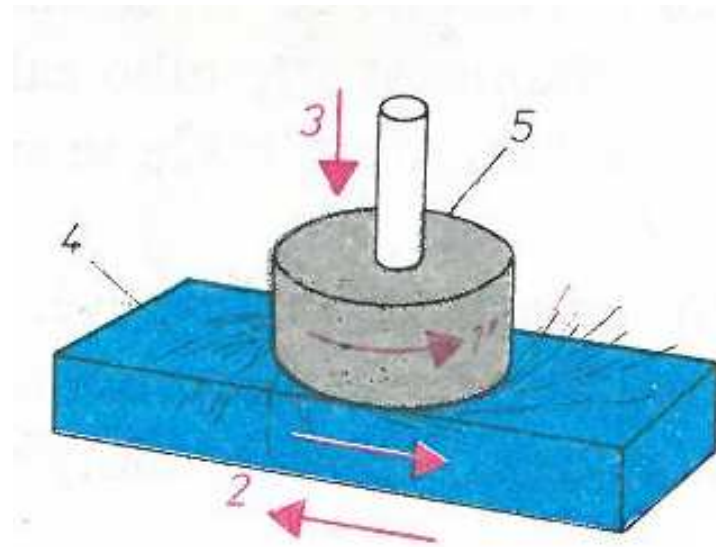
# BROUŠENÍ

## BROUŠENÍ ROVINNÝCH PLOCH OBVODEM KOTOUČE



# BROUŠENÍ

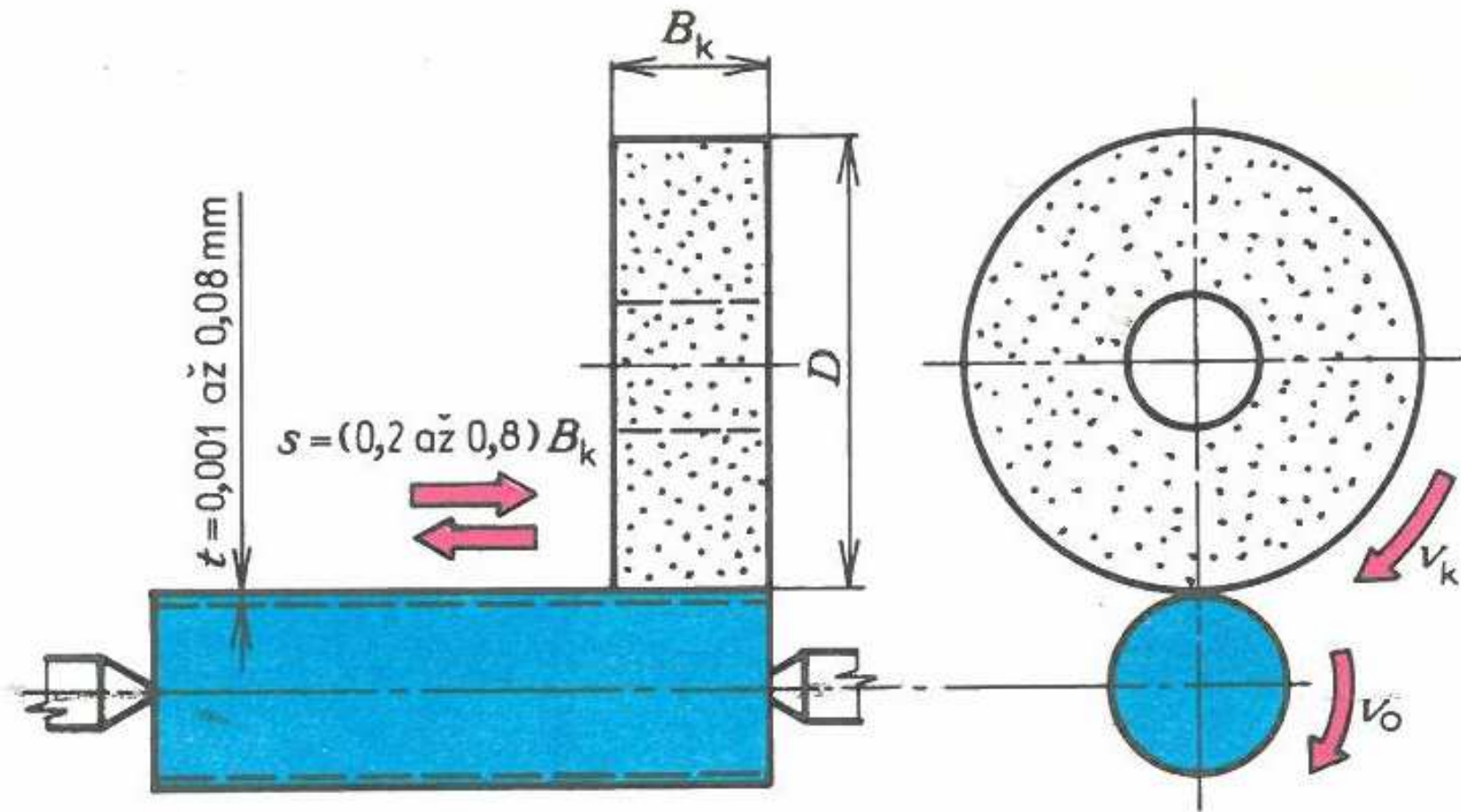
## BROUŠENÍ ROVINNÝCH PLOCH ČELEM KOTOUČE



- 1 – hlavní pohyb      1' - pohyb obrobku  
2 – posuv podélný    2' - posuv příčný  
3 – přísuv    4 – obrobek    5 - nástroj

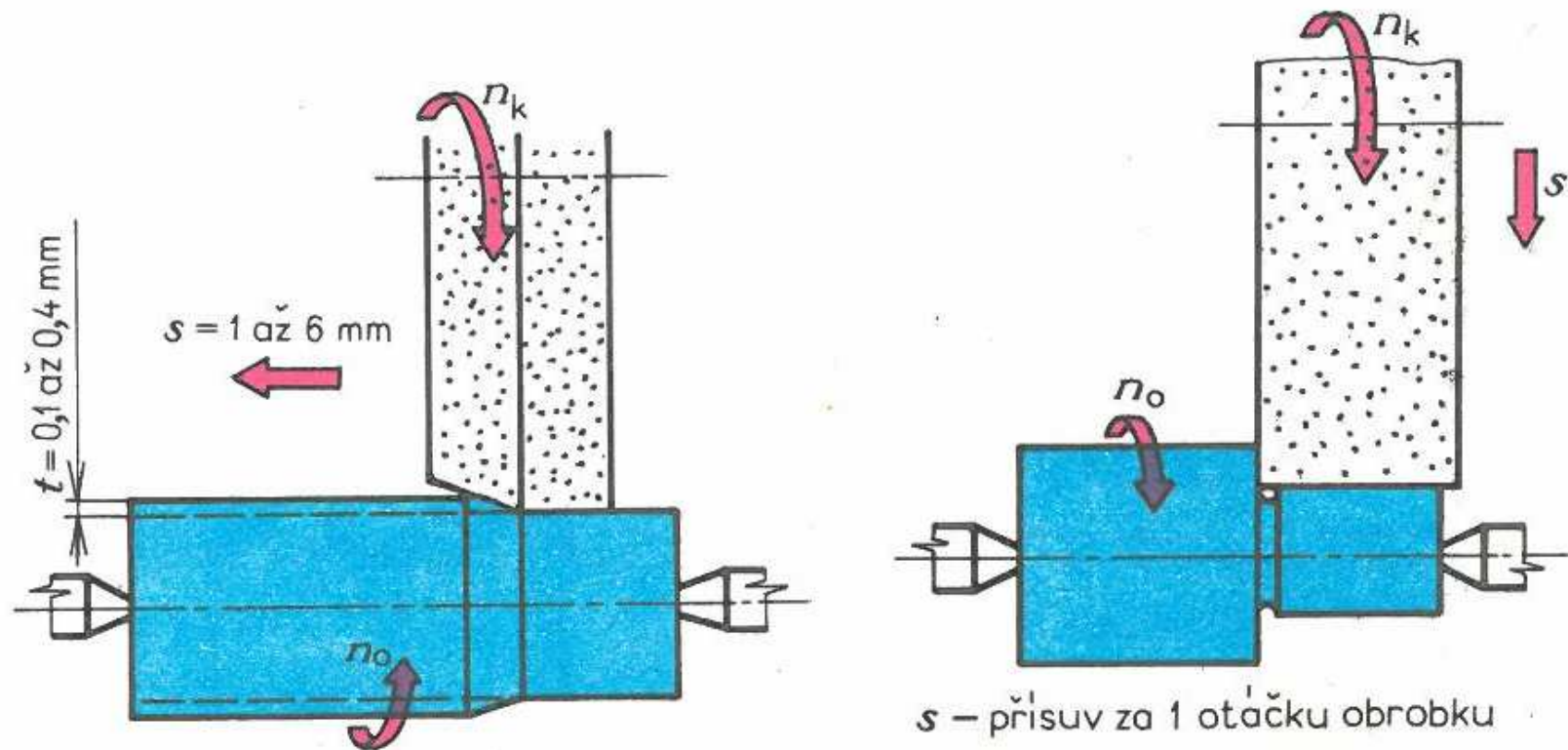
# BROUŠENÍ

## PODÉLNÉ BROUŠENÍ VÁLCOVÝCH PLOCH – POSTUPNÝ ÚBĚR



# BROUŠENÍ

## BROUŠENÍ VÁLCOVÝCH PLOCH HLOUBKOVÉ ZAPICHOVACÍ ZPŮSOB



# BROUŠENÍ

- BEZHROTÉ – má dva vřeteníky
  - **bousící** ( brusný kotouč  $n = \text{konst.}$ )
  - **podávací** (  $n = \text{měnitelné, ale menší než brousící}$ )
- PRŮBĚŽNÝ ZPŮSOB – pro hladké obrobky bez osazení
  - válečky, pístní čepy, atd.
- ZAPICHOVACÍ ZPŮSOB – pro součásti s nákrůžky



# BROUŠENÍ- NÁSTROJE

- Brousící nástroj tvoří zrna brusiva spojená pojivem **v tuhé těleso** vhodného tvaru, tvrdosti a struktury je charakterizován
  - druhem brousícího materiálu
  - zrnitostí brousícího materiálu
  - tvrdostí brousícího materiálu
  - strukturou nástroje
  - druhem pojiva
  - rozměry kotouče

# BROUŠENÍ- NÁSTROJE

- Hlavní části nástroje – **brusivo a pojivo**
- **zrna brusiva jsou pevně vázána pojivem**  
v tuhých či pružných tělesech různých velikostí  
a tvarů
- Brousící, řezací a drážkovací kotouče
- Brousící tělíka
- Superfinašovací a honovací kameny
- Brousící a obtahovací kameny a segmenty
- Brousící pilníky
- Brousící a leštící plátna a papíry.
- **volná zrna brusiva** používaná jako brousící,  
leštící a lapovací prášky i pasty

# BROUŠENÍ- NÁSTROJE

- DRUHY BRUSIVA
- **Přírodní**
- diamant, křemičitý písek, pískovec, přírodní korund, smírek, pazourek, pemza, granát
- Přírodní brusiva se používají pro méně náročné práce – na brousící papíry a plátna pro broušení dřeva apod.
- **Umělá**
- Uměly korund – oxid hlinitý  $Al_2O_3$  + příměsi oxidů titanu Ti, křemíku Si, železa Fe, zirkonia Zr (elektrit)
  - Hnědý, bílý, růžový – barva kotouče
- Karbid křemíku SiC (karborundum)- zelený , černý
- Karbid bóru  $B_4C$  (používá se hlavně jako volné brusivo k lapování a leštění slinutých karbidů)
- Polykrystalický kubický nitrid boritý PCBN -Kubický nitrid bóru - má různé názvy jako borazon, elbor, kubonit, anebo boronit. Používá se pro činné části nástrojů pro soustružení a frézování zejména pro CNC obráběcí stroje
- Polykrystalický syntetický diamant PCD

# BROUŠENÍ- NÁSTROJ- POJIVA

- **ANORGANICKÁ**
- **Keramická** - tato pojiva nejsou citlivá na vlhkost a teplotu , lze s nimi vyrábět brousící kotouče všemi známými technologiemi (lisování, lití, střešení, pění), snáší dobře i působení vysokého tepla při broušení, ale jsou křehká – smí se používat jen do obvodové rychlosti kotouče 60 m/s. Používají se :
  - **skelná** pojiva – pro brousící nástroje z umělého korundu
  - **porcelánová** pojiva – pro brousící nástroje z karbidu křemíku a pro zvláště rozměrné nástroje z umělého korundu
  - **hlinitá** pojiva – pro speciální účely
  - **Magnezitová** - lze s nimi vyrábět kotouče velkých rozměrů (až 2000 mm), používají se k ostření nástrojů z uhlíkové nástrojové oceli. Mezní obvodová rychlost leží v rozpětí 15 až 25 m/s
  - **Silikátová** - pouze pro práce za sucha
  - **Kovová** - pro nástroje z kubického nitridu bóru a diamantu

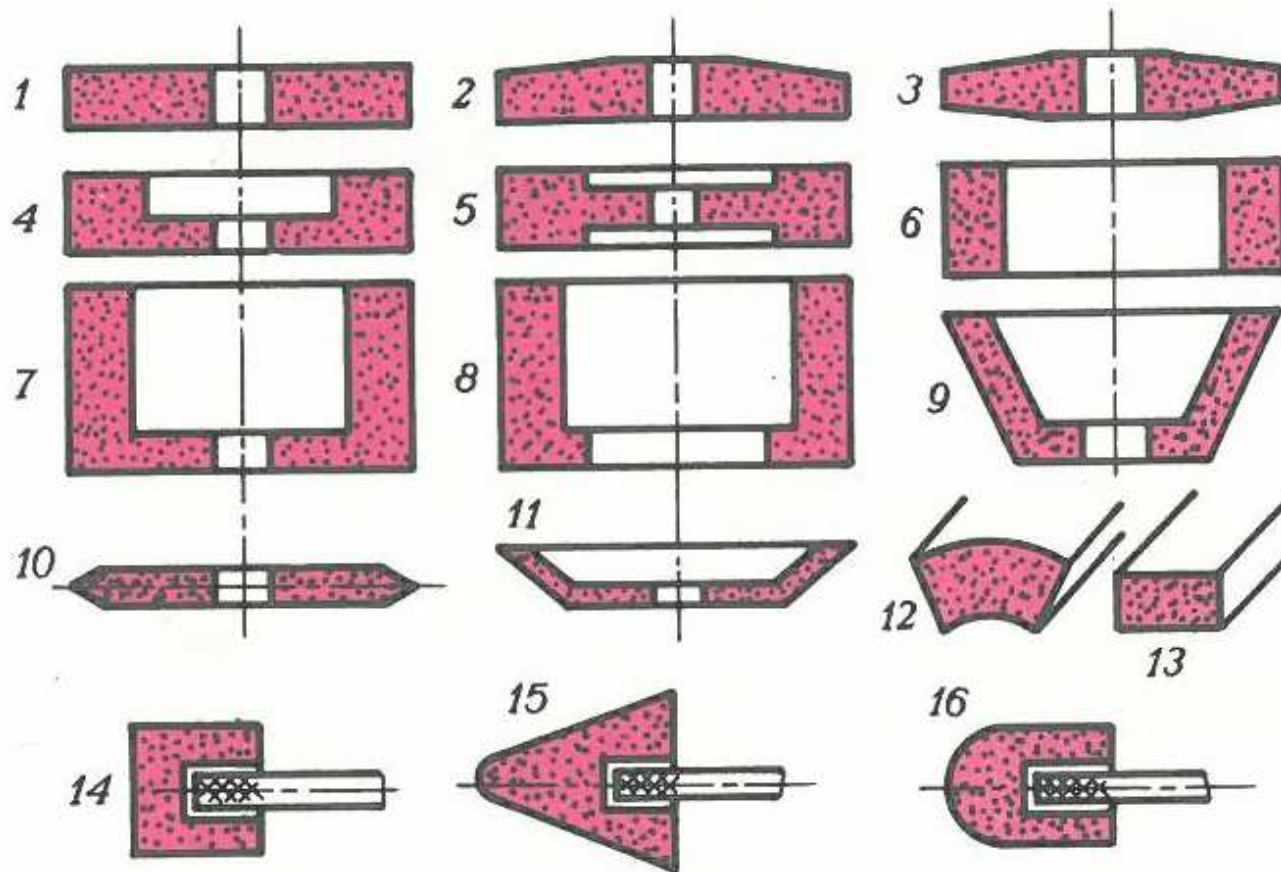
# BROUŠENÍ- NÁSTROJ- POJIVA

- **ORGANICKÁ**
- **z umělých pryskyřic** - pro výrobu řezacích kotoučů pro obvodové rychlosti až 100 m/s
- **Pryžová** - pro výrobu řezacích a drážkovacích kotoučů, leštících kotoučů a podávacích kotoučů pro bezhroté broušení
- Volba brousícího nástroje závisí
  - na materiálu obrobku (zejména na jeho pevnosti, tvrdosti, houževnatosti)
  - na druhu broušené plochy (válcové vnější nebo vnitřní, rovinné plochy atd. )
  - na podmínkách broušení (styková plocha mezi brusným kotoučem a obrobkem, je-li použito chlazení)
  - na obvodové rychlosti kotouče
  - na stroji atp.

# VOLBA DRUHU BROUSÍCÍHO MATERIÁLU

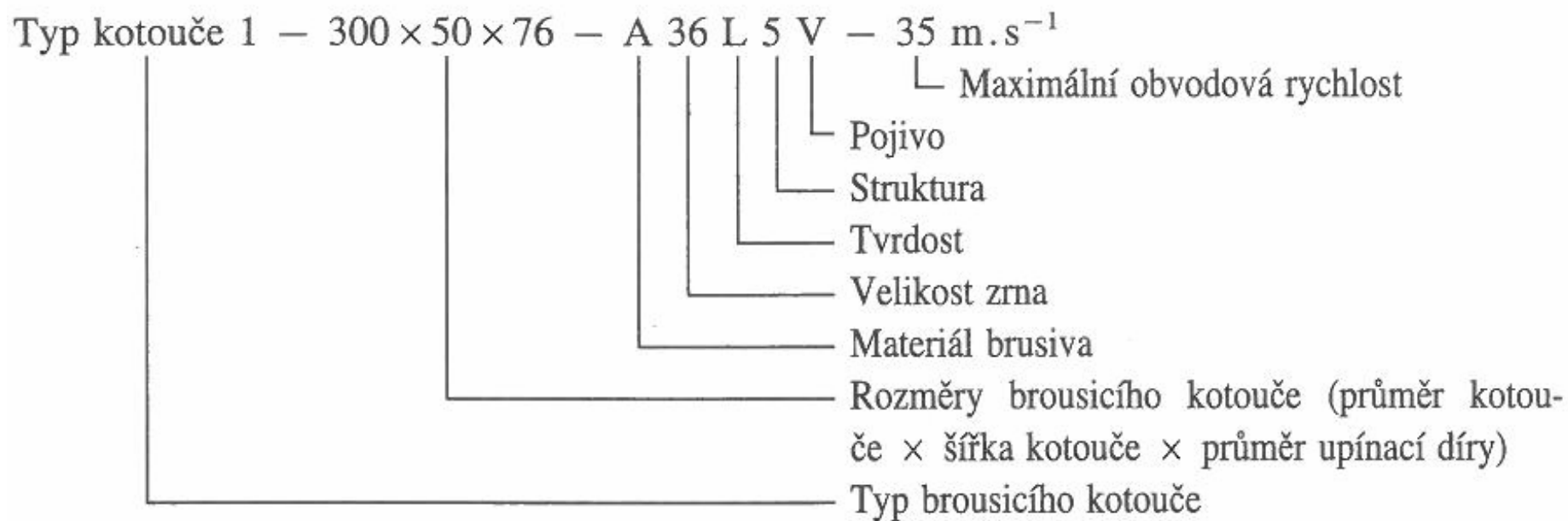
Materiál obrobku	Materiál brusiva
Ocel Ocel na odlitky Temperovaná litina Tvrdé bronzy	Umělý korund $Al_2O_3$
Litina s lupínkovým grafitem Mosaz Měkké bronzy Měď Lehké kovy a jejich slitiny Slinuté karbidy Sklo Keramika Kámen	Karbid křemíku SiC

# TVARY BRUSNÝCH KOTOUČŮ



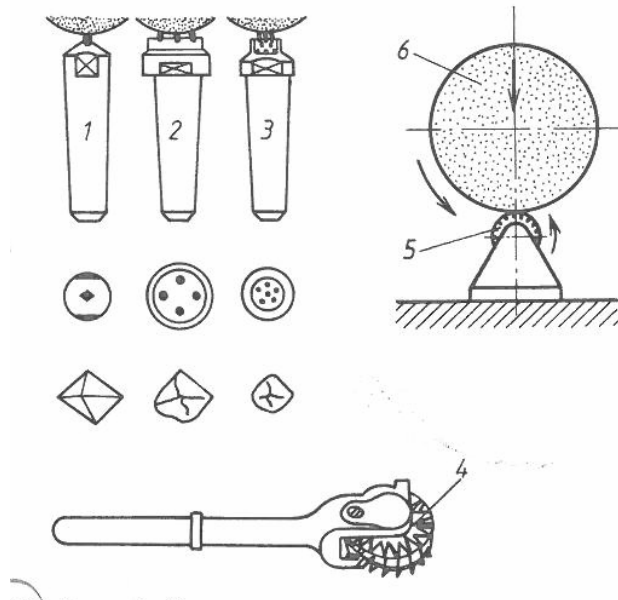
1 – plochý, 2 – jednostranně kuželový, 3 – oboustranně kuželový, 4 – s jednostranným vybráním, 5 – s oboustranným vybráním, 6 – prstencový, 7 – hrncový s malým otvorem, 8 – hrncový s velkým otvorem, 9 – miskový, 10 – oboustranně zkosený, 11 – talířový, 12 – vypuklý brousicí segment, 13 – plochý brousicí segment, 14 – válcové brousicí tělísko, 15 – kuželové zaoblené brousicí tělísko, 16 – válcové zaoblené brousicí tělísko

# ZNAČENÍ BOUSÍCÍHO KOTOUČE



# OROVNÁVÁNÍ BROUSÍCÍCH KOTOUČŮ

- Orovnáváním brousícího kotouče se odstraňují nerovnosti kotouče a odstraňují opotřebená zrna - kotouč tak získá potřebný tvar
- DRUHY
  - DIAMANTOVÉ – monokrystalické(1), polykrystalické(2), práškové(3)
  - DRTÍCÍ OROVNÁVACÍ KLADKY – kolečkové(5), kladkové(4)
  - OROVNÁVACÍ KAMENY – SiC s tvrdým pojivem
  - KONTINUÁLNÍ OROVNÁVAČE – kladka trvale v kontaktu s brousícím kotoučem

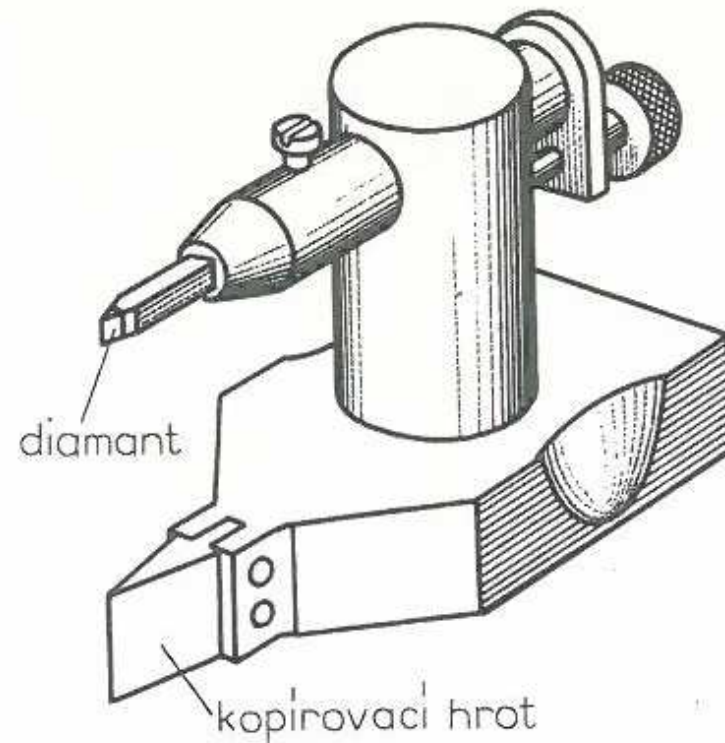
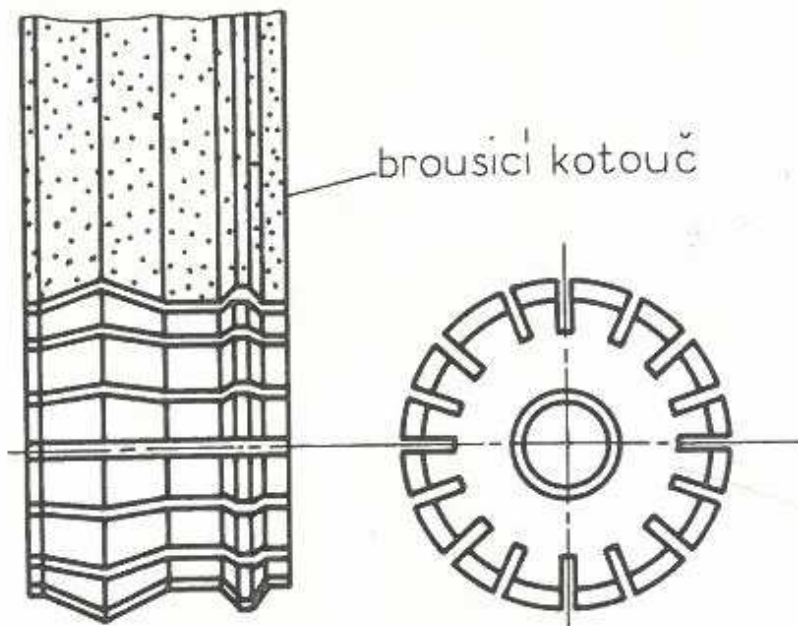


6 – brousící kotouč

# OROVNÁVÁNÍ BROUSÍCÍCH KOTOUČŮ

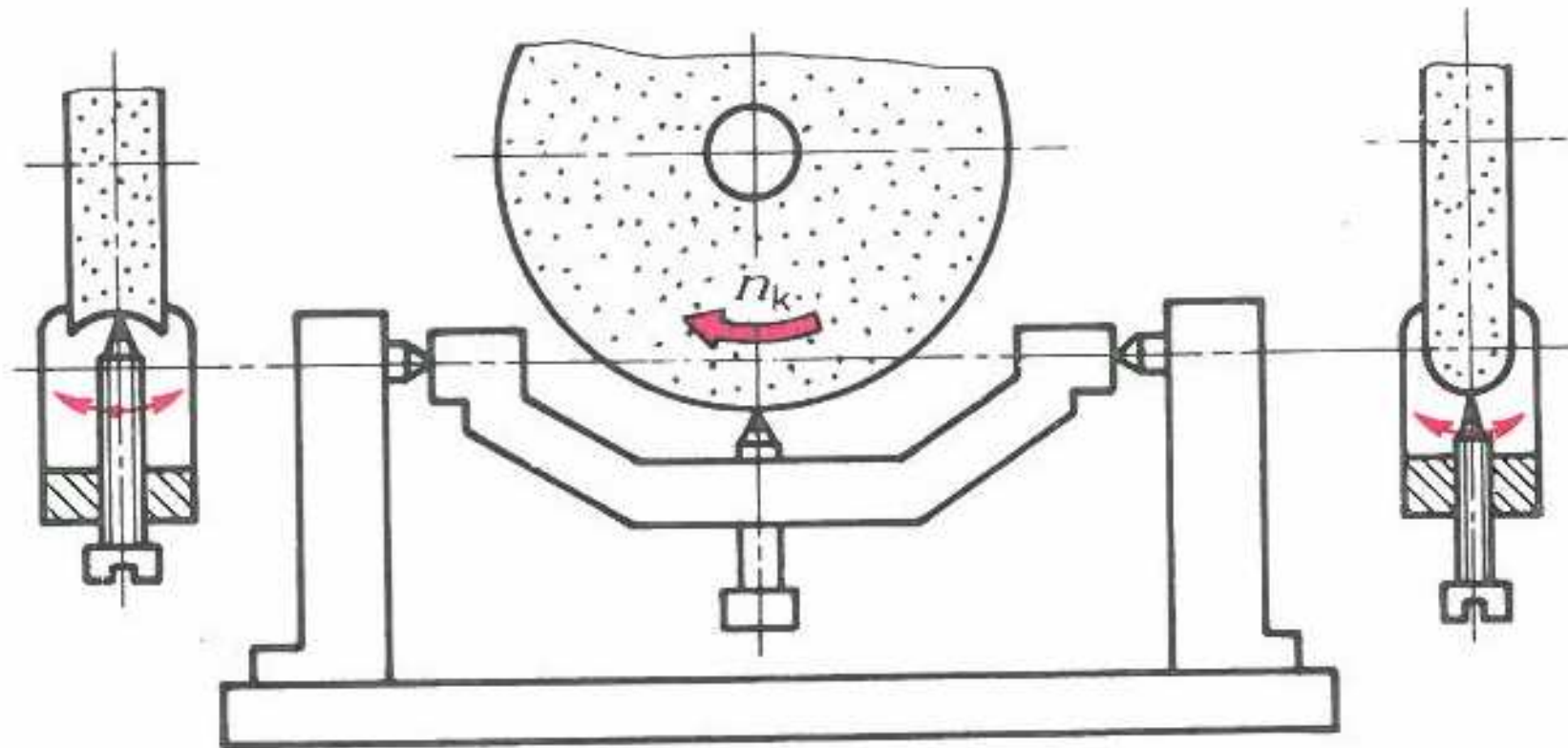
Zamačkávací ocelová kladka

Obtahovací přípravek



# OROVNÁVÁNÍ BROUSÍCÍCH KOTOUČŮ

## Brusičská kolébka



# BROUŠENÍ - STROJE

- Rozdělení

- **Podle účelu a způsobu práce**

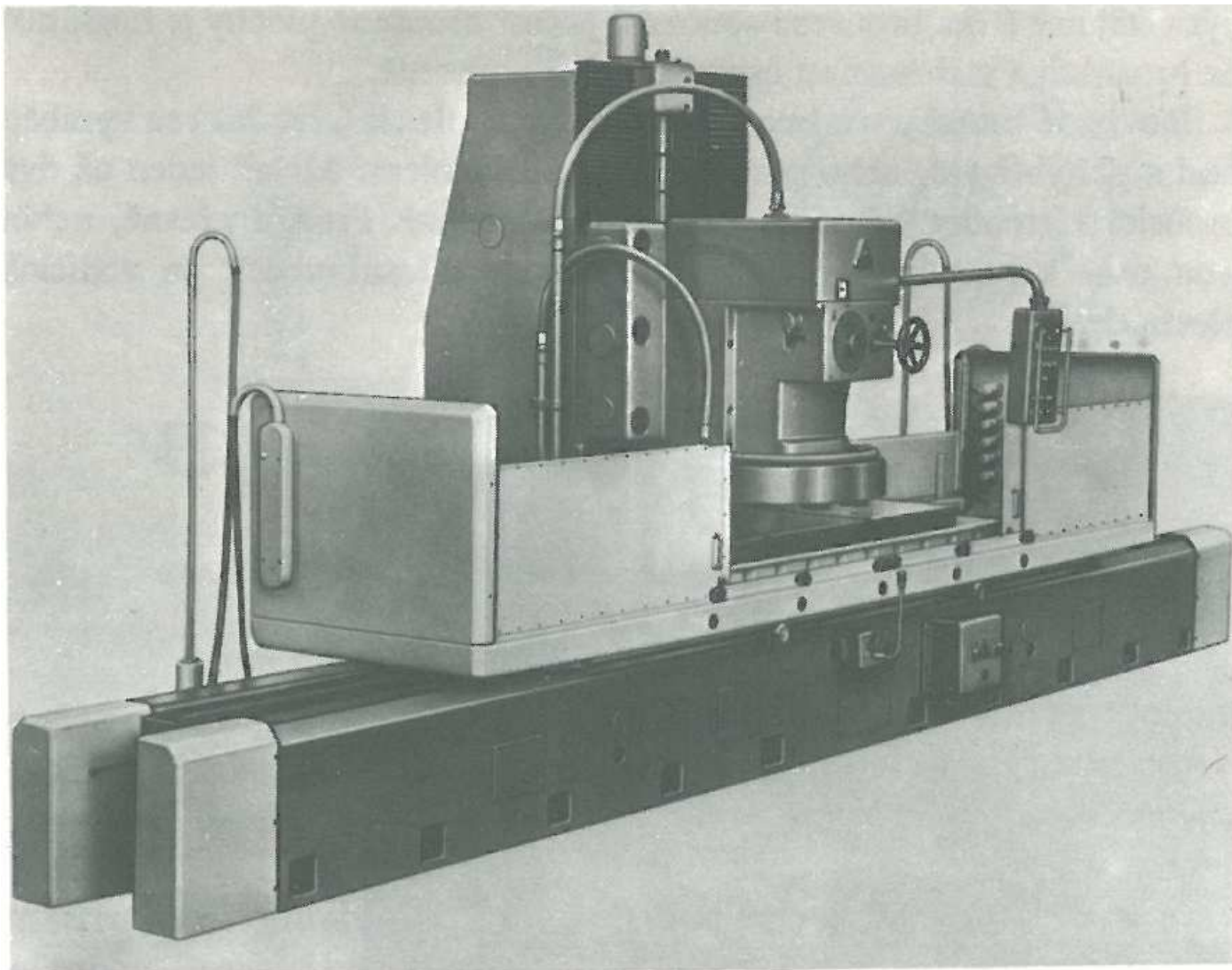
- hrotové
    - bezhroté
    - na díry
    - rovinné
    - nástrojové
    - speciální

- **Podle ubírání materiálu**

- Pro postupný úběr materiálu ( velký posuv a malý přísuv)
    - Brusky pro tzv. silové broušení ( celý přídavek se vybrušuje najednou )

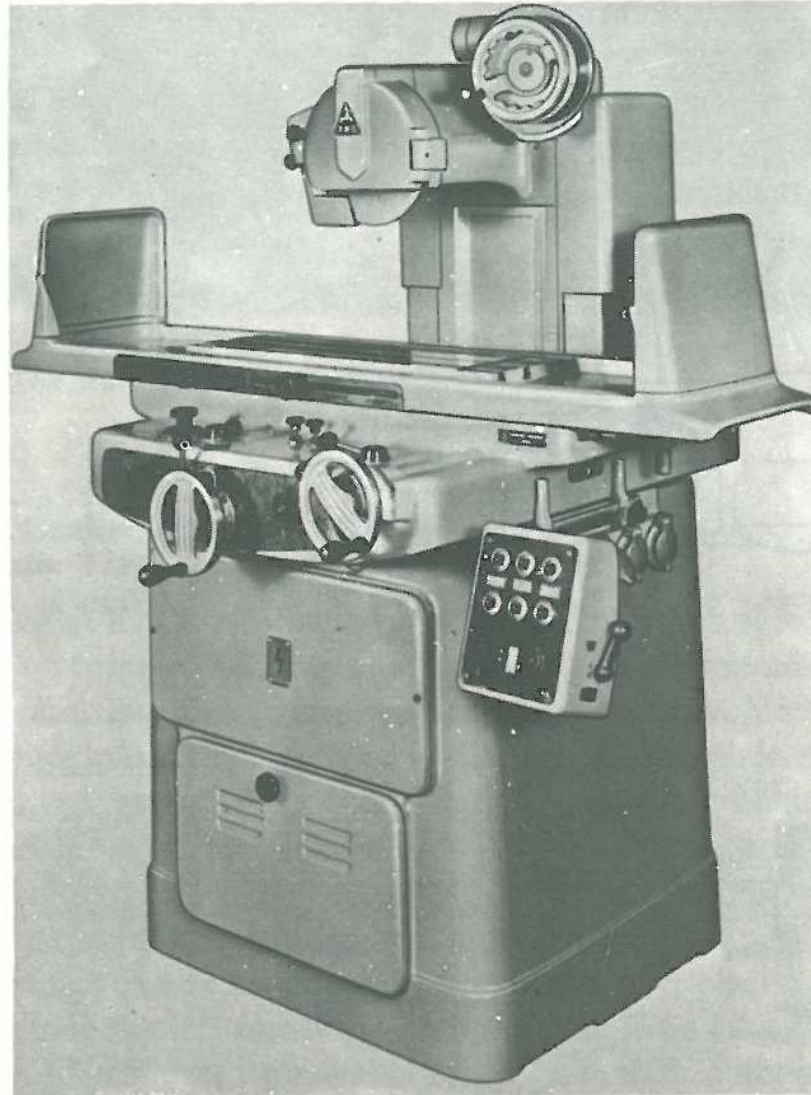
# BROUŠENÍ - STROJE

ROVINNÁ BRUSKA SE SVISLOU OSOU ROTACE



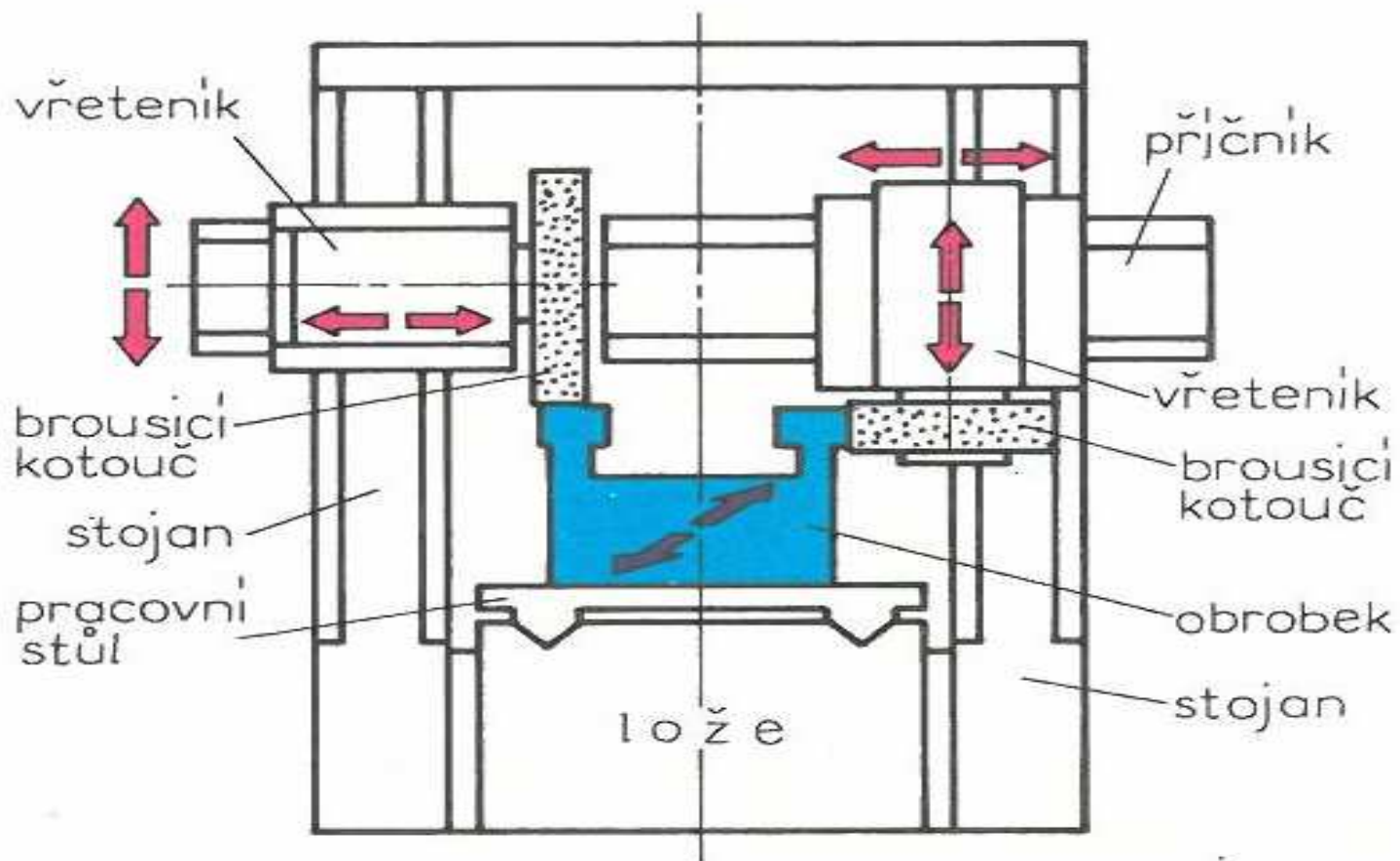
# BROUŠENÍ - STROJE

## VODOROVNÁ ROVINNÁ BRUSKA



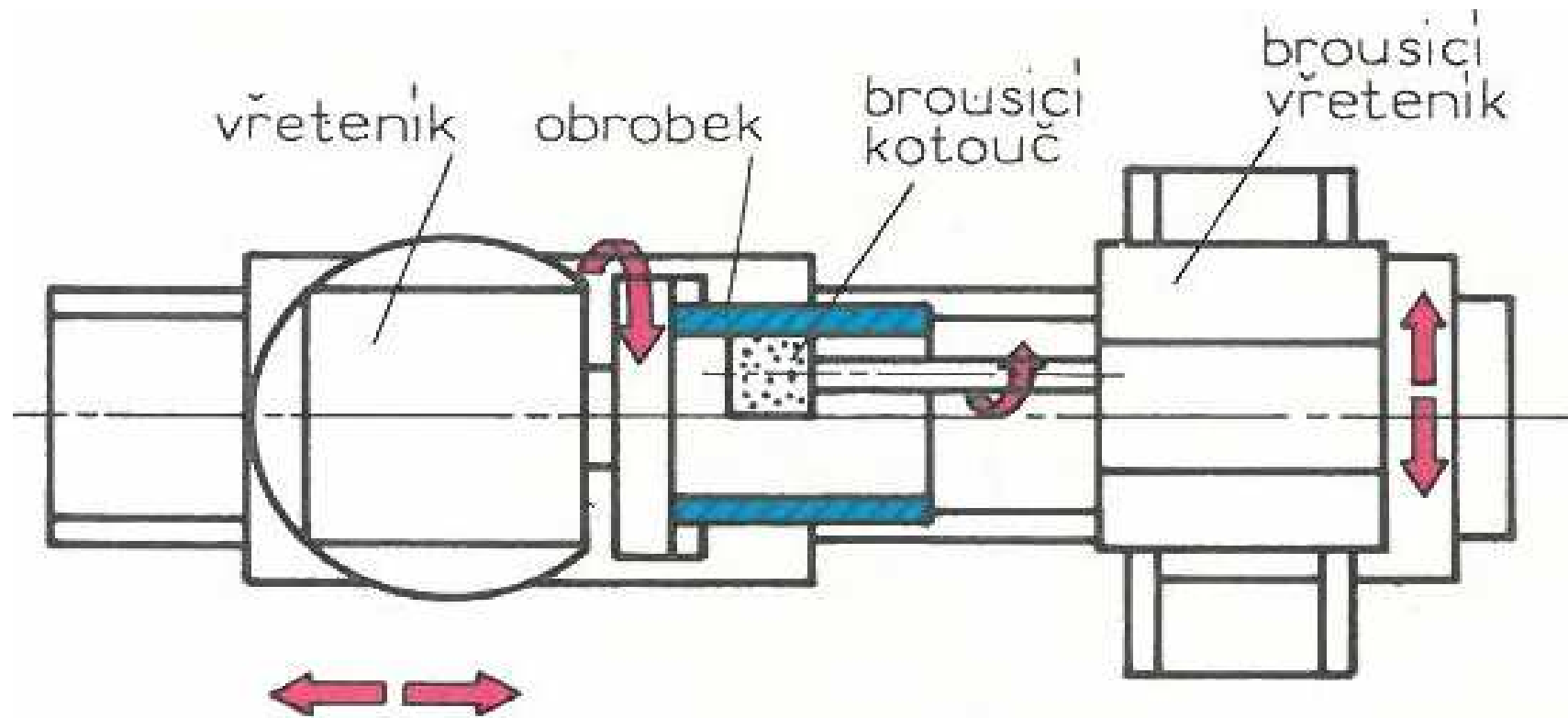
# BROUŠENÍ - STROJE

## SPECIÁLNÍ BRUSKA NA BROUŠENÍ VODÍCÍCH PLOCH



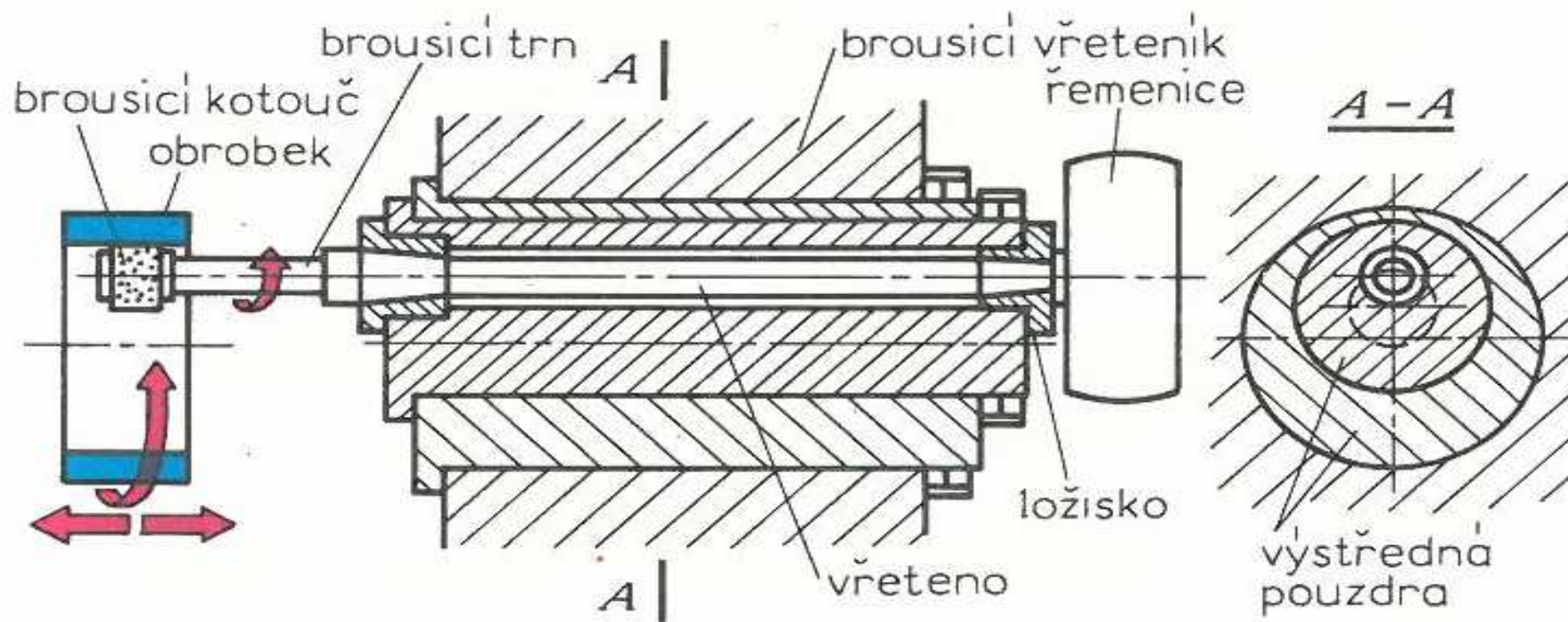
# BROUŠENÍ - STROJE

BRUSKA NA DÍRY S OTÁČEJÍCÍM SE OBROBKEM



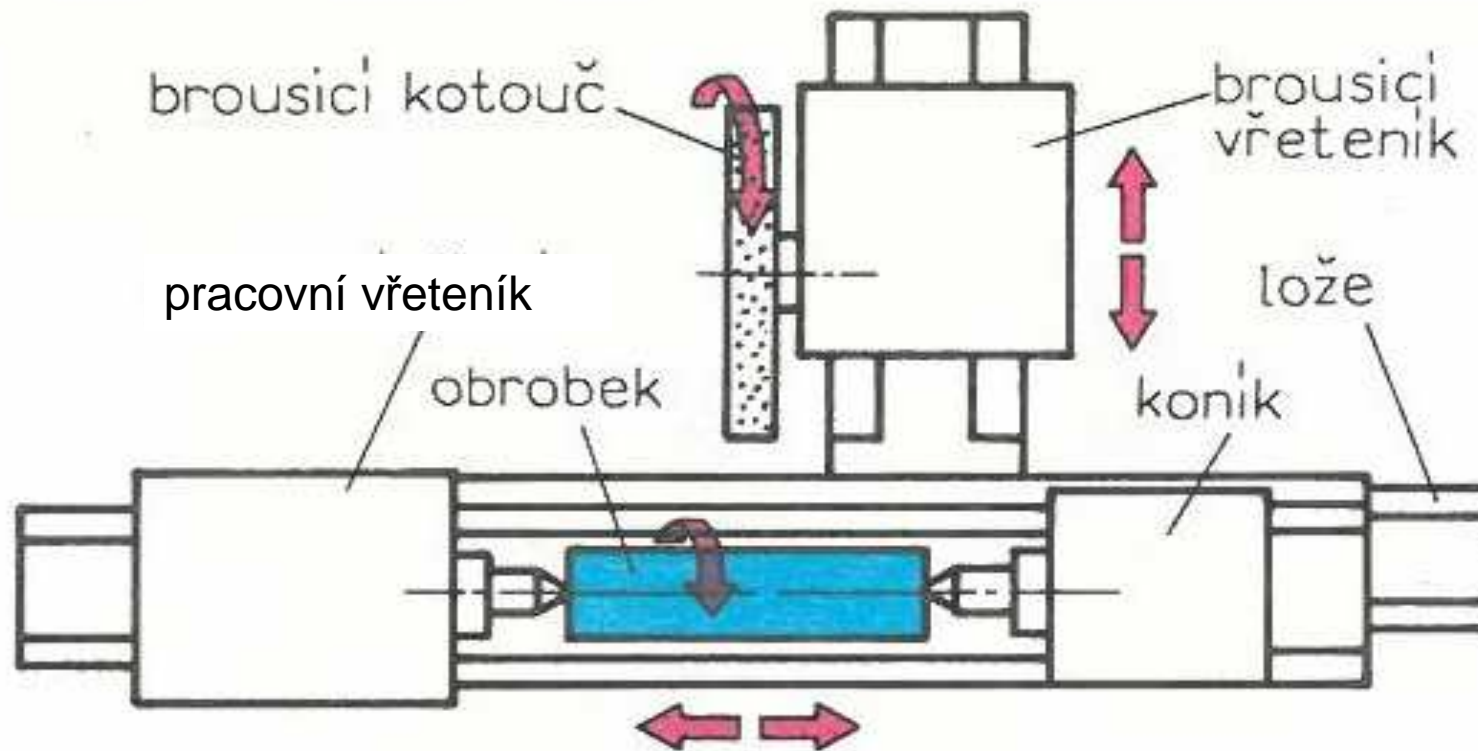
# BROUŠENÍ - STROJE

## BRUSKA NA DÍRY S PLANETOVÝM POHYBEM



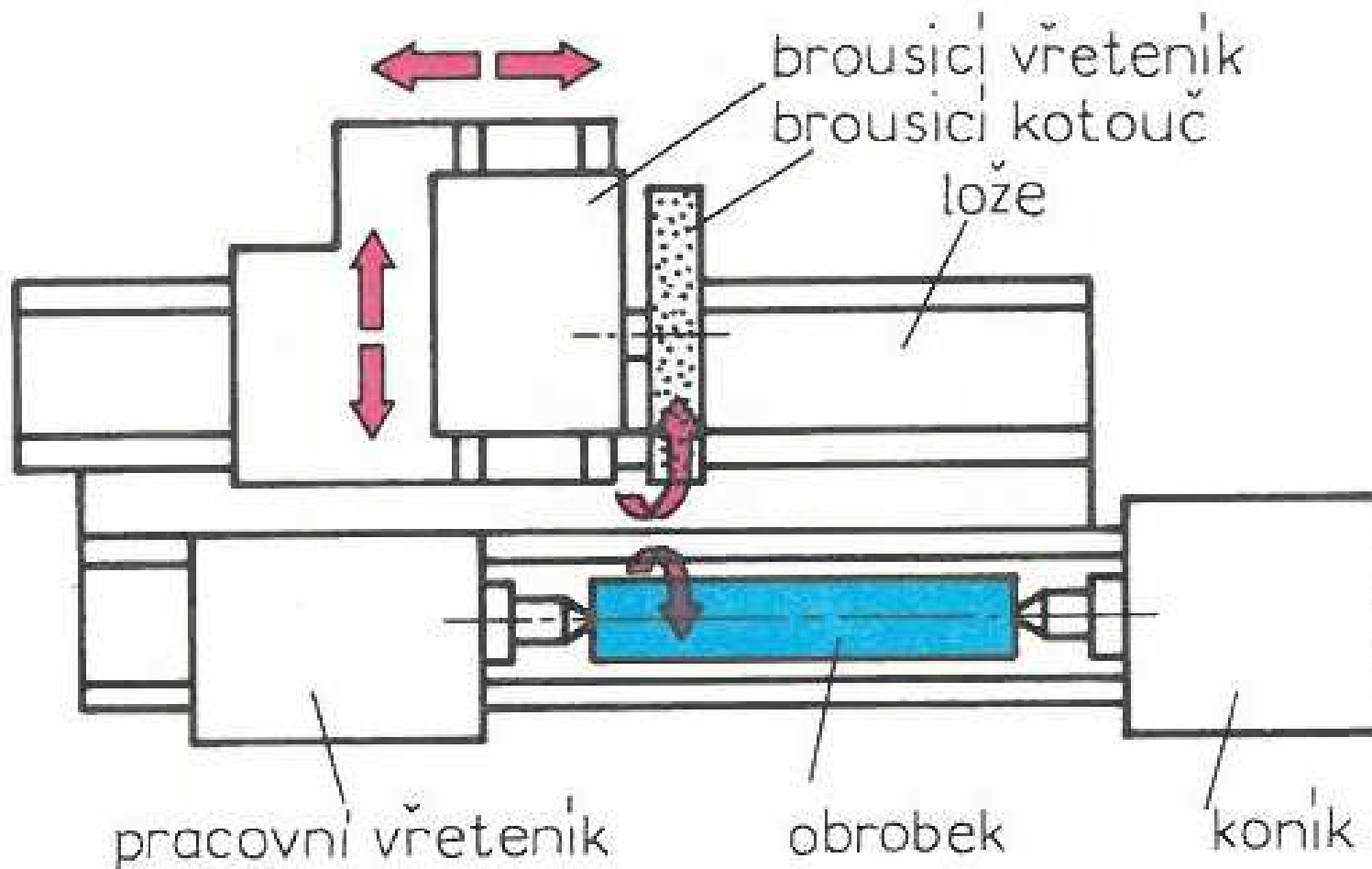
# BROUŠENÍ - STROJE

## HROTOVÁ BRUSKA S POSUVNÝM PRACOVNÍM VŘETENÍKEM



# BROUŠENÍ - STROJE

## HROTOVÁ BRUSKA S POSUVNÝM BROUSÍCÍM VŘETENÍKEM



# Zdroje:

- ŘASA J., GABRIEL V., STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE 3, DÍL 1. SCIENTIA, PRAHA, 2000, ISBN 80-7183-207-3
- HLUCHÝ A KOL., STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE, SNTL, PRAHA, 1969, 04-201-69
- NĚMEC A KOL., STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE 3, STROJNÍ OBRÁBĚNÍ, SNTL, PRAHA, 1979, 04-216-79