

|                                                                |                |                       |                  |
|----------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|------------------|
| <i>Předmět:</i>                                                | <i>Ročník:</i> | <i>Vytvořil:</i>      | <i>Datum:</i>    |
| <b>PRA- NAS</b>                                                | <b>3.roč</b>   | <b>Antonín Dombek</b> | <b>28.8.2012</b> |
| <i>Název zpracovaného celku:</i>                               |                |                       |                  |
| <b>Strojní, nástrojařské a brusičské práce – broušení kovů</b> |                |                       |                  |

## Broušení kovů

### 1.1. Druhy brusných kotoučů pro broušení

Broušení nástrojů je jednou z nejvíce rozšířených oblastí techniky broušení. Z tohoto důvodu se v této oblasti používá často brusných kotoučů s normovanými rozměry ve standardních kvalitách. Jednoduché broušení se většinou provádí na kotoučové brusce. Co se týče použitých brousících nástrojů, jedná se většinou o rovné nebo jednostranně vybrané kotouče na kotoučové brusce. Na speciálních nebo univerzálních strojích pro broušení se používají normované kotouče dle DIN 69139, 69146, 69147, 69148 a 69149 pro opracování výstružníků, záhlubníků, fréz, šroubových vrtáků a závitníků. Na nožových bruskách se používají standardní hrncovité kotouče (s nebo bez tvrzených hran), pro nabroušení gravírovacích nožů a zážezných fréz.



### 1.2. Brusivo pro ruční broušení



Asi nejznámějšími ručními bruskami jsou úhlové brusky. Pro použití na těchto bruskách s vysokými otáčkami se vyrábějí naše rovné nebo konické brousící hrnce. Pro široké použití nabízíme rovné hrnce 80 mm a konické hrnce v rozměrech 110, 125 a 150 mm. Pro broušení obvodů na ručních bruskách a ohybných hřídelích se používají rovné nebo oboustranně konické brusné kotouče s pojivem umělopryskyřičným, přičemž konické kotouče se mohou používat díky samozajištění kvůli zkosení, bez ochranného krytu. Brousící tělíska jsou určena pro elektrické ruční nářadí nebo pneumatické nářadí, většinou na čistící práce a práce na odstraňování svárů. Také

pro broušení vnitřních zakulacení jsou vhodná brousící tělíska. Pro nejrůznější použití jsou k dispozici speciální tvary.

### 1.3. Broušení ploch a broušení vnějších průměrů pomocí kotoučů



V oblasti konstrukce forem v nejrůznějších výrobních odvětvích patří v současnosti „broušení ploch“ a „broušení vnějších kulatých ploch mezi špičkami“ ke standardním postupům. Používají se zde rovné kotouče, popř. kotouče s jednostranným nebo oboustranným vybráním. Pro speciální potřeby se provádí optimalizace pomocí speciálních výrobků. U broušení ploch se používají jak hrubé, tak i měkké kotouče, často s porézním pojivem pro zlepšení přívodu chladicí kapaliny a pro odvod pilin.

U broušení vnějších kulatých ploch se používají většinou kotouče střední tvrdosti a střední zrnitosti.

## 2.1. Broušení ploch pomocí hrnců, kotoučů a segmentů

V protikladu k obvodovému broušení pomocí rovných kotoučů se při výše uvedeném broušení používají kotouče, které brousí po stranách. Toto se často děje díky konstrukci stroje a dimenzím opracovávaného materiálu, vyžaduje to ale nižší pracovní rychlost. Hrnce a kotouče jsou v použití srovnatelné. Kotouč je možné považovat za hrnec bez dna. U velkých rozměrů se proto dává přednost kotoučům z důvodu hospodárnosti.



Brusné segmenty je možno považovat za kotouč s přerušeními. Brusný výkon je u tohoto tvaru často vyšší, jelikož se segmenty vyrábějí v hrubém provedení. Tyto mají přednosti při broušení hran. Kromě toho umožňují lepší přívod chladicí kapaliny.



## 2.2. Brousící pilníky, brousící kameny

Nerotující brousící tělíska se používají na odstraňování svarů nebo hlazení povrchů, jako dorovnávače pro konvenční a velmi tvrdé brusné prostředky tak jako nejrůznější tvary a rozměry jako pilníky (ručně vedené) nebo honovací kameny (strojně vedené).

## 2.3. Další druhy speciálních kotoučů



Pro šikmé zapichovací broušení broušení per broušení boků zubů (systém Maag, Höfler, Niles, Klingelnberg) broušení ozubených kol pomocí kotoučů (systém Klingelnberg a Gleason) Centerless-brusné a podávací kotouče brusné kotouče ze slinutého korundu broušení turbínových lopatek vysokoporézní kotouče kotouče s Nurei-drážkami brusné kotouče s průhledem kotouče na broušení CD, diatvaru a hloubkové broušení.

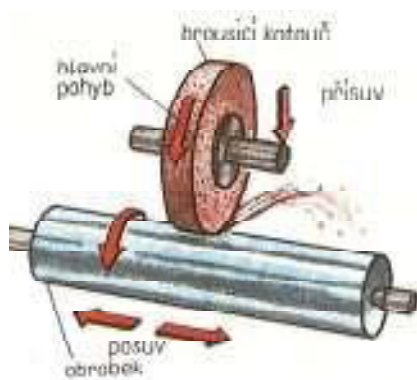


## Broušení

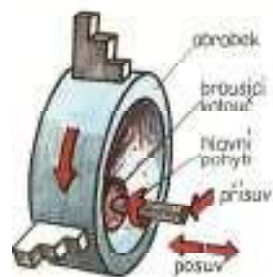
Broušením se dokončují součásti, které byly vyrobeny některými předchozími způsoby obrábění. Součásti tak dostanou velmi přesné rozměry a hladký povrch. Broušení se rovněž používá k ostření otupených

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

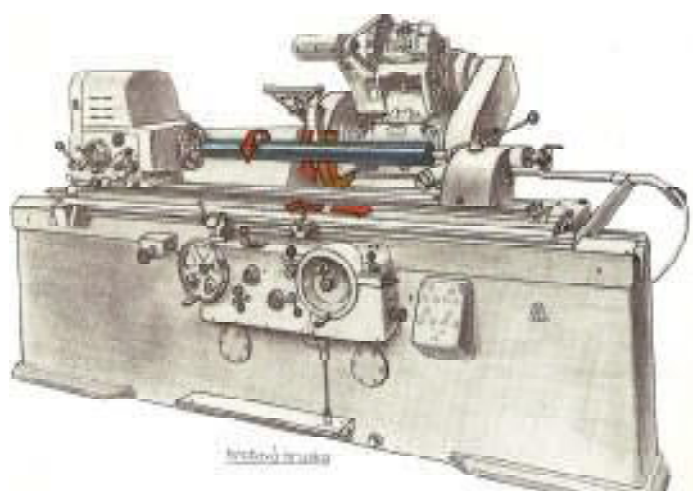
nástrojů. Nástrojem je **brousící kotouč**, jehož brusná zrna jsou stmelena pojivem v pevný celek. Brusná zrna mohou být přírodní (korund, smírek), ale nejčastěji jsou umělá (umělý kysličník hlinitý – umělý korund, karbid křemíku – karborundum). Brousící kotouče jsou normalizovány v rozmanitých tvarech.



Princip vnějšího broušení

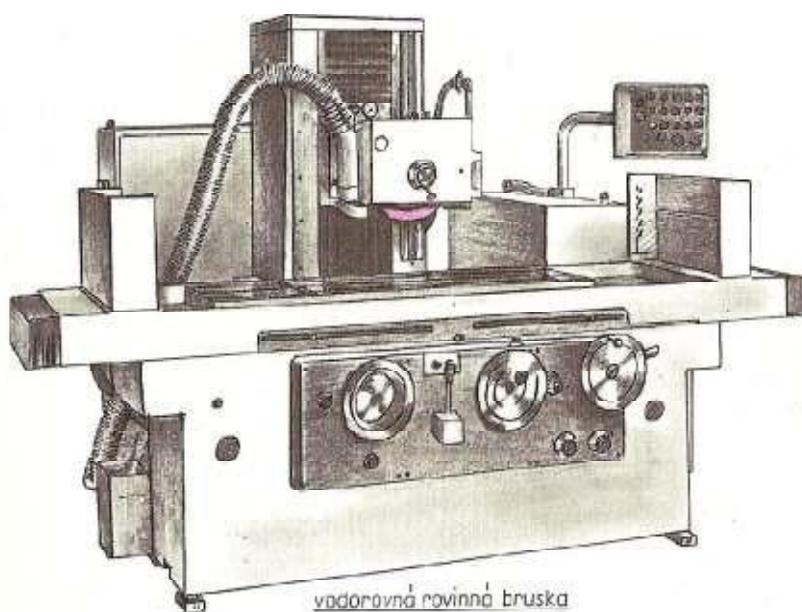
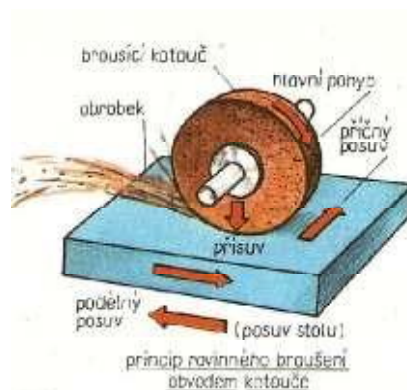
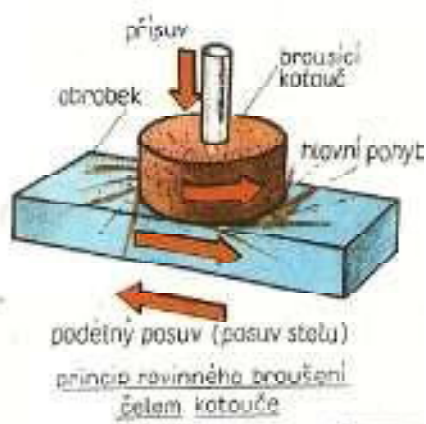


Princip vnitřního broušení



Obr. 1 – 25 Broušení válcových ploch – hrotová bruska

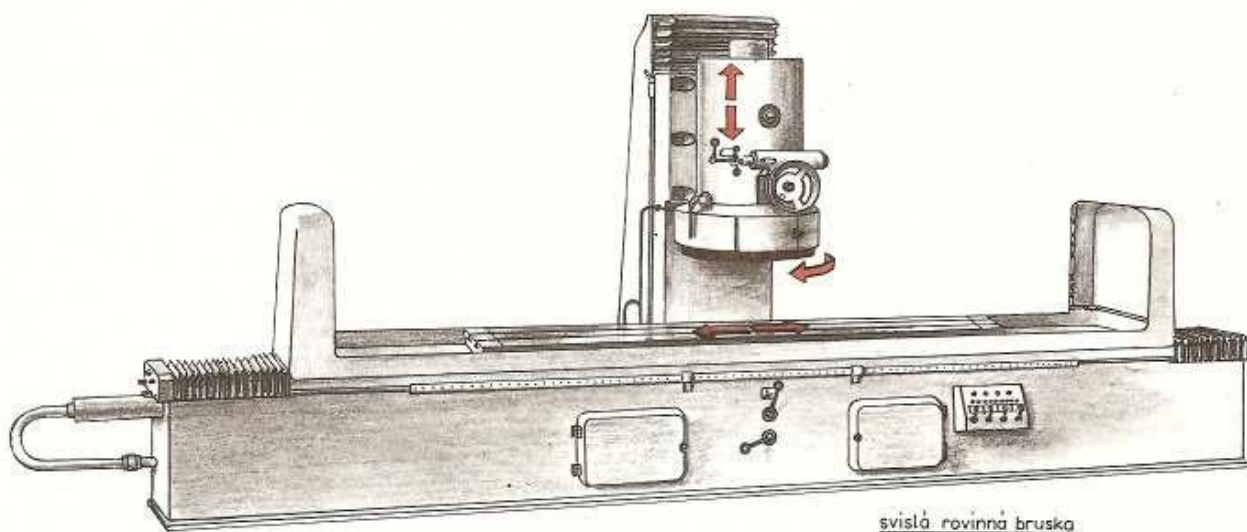
## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 1–26. Broušení rovinných ploch – rovinné brusky

Obráběcími stroji jsou **brousící stroje** (brusky). Podle způsobu práce rozeznáváme: **brousící stroje obráběcí** a **brousící stroje k ostření nástrojů**.

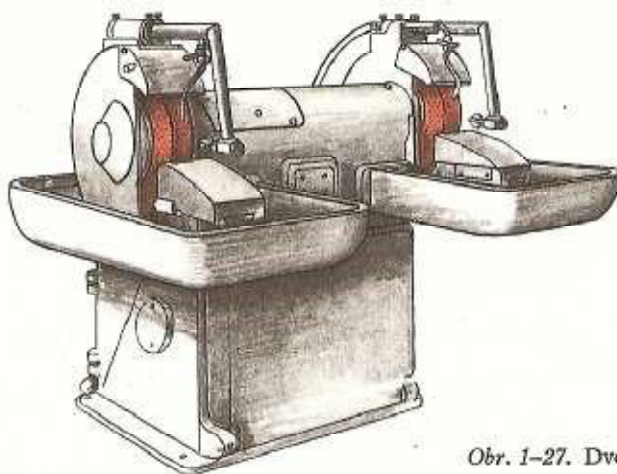




svislá rovinná bruska

Podle toho, zda brousíme plochy rotační, rovinné nebo speciální, dělíme brusky obráběcí na **brusky hrotové** (do kulata, obr. 1 – 25), (brusky na díry, brusky bezhroté), na **brusky rovinné** (na plocho, obr. 1 – 26), a na **brusky speciální** (na závity, ozubená kola apod.).

K ostření nástrojů používáme dvoukotoučových brusek (obr. 1 – 27), univerzálních nástrojařských brusek a speciálních brusek pro určité druhy nástrojů (brusky na šroubovitě vrtáky, frézy, apod.).



Obr. 1-27. Dvoukotoučová bruska

## Ostření nástrojů

Výkonnost řezných nástrojů má rozhodující vliv na pracovní podmínky, a tím i na výkonost obráběcích strojů, i na jejich technologickou využitelnost. Výkonnost nástrojů se musí udržovat a podle potřeby přizpůsobovat obráběnému materiálu. Při nedostatečné údržbě pronikavě vzrůstají náklady na nástroje a kromě toho se také častěji musí nástroje vyměňovat, což prodlužuje vedlejší časy. Naopak pečlivým a odborně správným ostřením lze nástrojům zachovat téměř nezmenšenou výkonost po celou dobu jejich používání. Ostření nástrojů je specializovaný obor, v němž se používá speciální strojní zařízení a brousící nástroje.

### Ostření nožů

Nože se nejčastěji ostří ručně na strojích se sklápěcími stoly. Nože z rychlořezné oceli se brousí obvykle dvěma korundovými kotouči, a to jedním na hrubo a druhým na dokončování. Rovinné plochy na noži se dají vybrousit jen čelem hrncovitého nebo prstencovitého kotouče (obr. č.33).

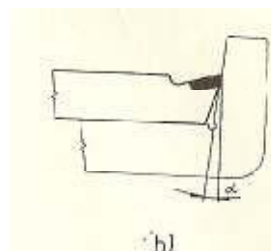
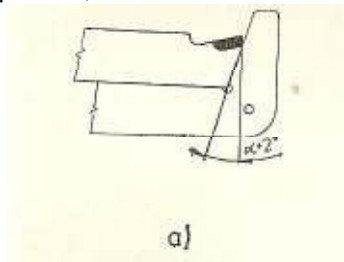


Obr. č. 33 - Ostření soustružnického nože

Nože s řeznými destičkami ze slinutých karbidů se brousí vícekrát a to podle míry otupení a předepsané jakosti ostří.

1. Ocelový *držák nože* (hřbet) se brousí korundovým kotoučem. Je-li kotouč plochý, má mít velký průměr (500mm), by výbrus byl co nejméně vydutý. Úhel hřbetu  $\alpha + 2^\circ$  se kontroluje úhlovou šablonou (obr. 34a).
2. *Hřbet řezné destičky* se brousí nahrubo karborundovým kotoučem. Úhel  $\alpha$  se kontroluje úhlovou šablonou (obr. č. 34b).
3. *Utvářecí třísek*, vybrušuje se broušením na čisto plochým karborundovým kotoučem.
4. *Čelo a hřbet* (řezné destičky) se na čisto brousí na prstencovém karborundovém kotouči. Úhel břitu  $\beta$  se kontroluje šablonou podle obr. č. 35a, úhel čela  $\gamma$  přístrojem s otočnými šablonami (obr. 35b).

Po vybroušení hřbetní plochy se špička zaobljuje poloměrem, který se rovná dvojnásobku až trojnásobku posuvu, s nímž má nůž soustružit.



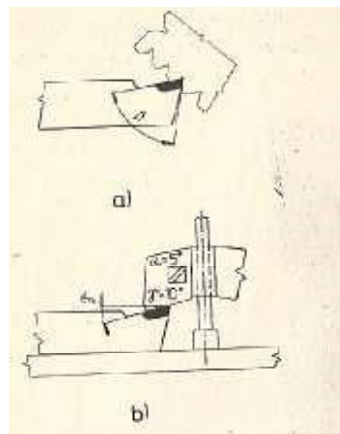
Obr. č.34 – Kontrola úhlu hřbetu šablony

Kontrola úhlu  $\alpha + 2^\circ$  u hřbetu držáku

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Kontrola úhlu  $\alpha$  na hřbetu řezné destičky

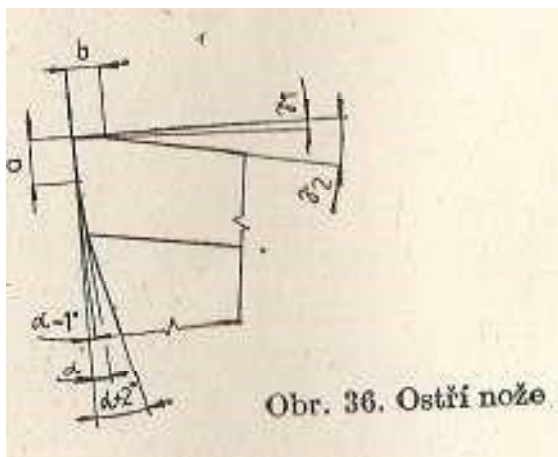
Obr. č.  
úhlu  
a čela



na úhel  $\beta$ , b) měřidlo úhlu  $\gamma$

35 –  
Kontrola  
hřbetu  $\beta$   
 $\alpha$ .  
Šablona

Nakonec se upravuje *ostří*. U hrubovacích nožů se brouskem zkosí ostří i zadní hrana utvářeče. U hladicích nožů na nejjemnější obrábění se na ostří vylapují plošky *a* a *b* (obr. č. 36).



Soustružnické nože s  
kopírovací bruskou na  
Lze na ni brousit

destičkami z SK se brousí  
nože.  
diamantovým brousícím  
kotoučem soustružnické nože, vyvrtávací nože a nože do frézovacích hlav. Pracovní možnosti stroje  
rozšiřuje zařízení pro vybrušování utvářečů třísek dodávané jako zvláštní příslušenství. Mezi přednosti  
patří univerzálnost, přesnost, krátké časy ostření, snadná obsluha, malé rozměry a použitelnost v  
dílenských podmínkách.

## Ostření fréz

Frézy a jiné nástroje se ostří na univerzálních bruskách na nástroje, které se vyznačují mnoha možnostmi vzájemného ustavení ostřené nástroje a brousícího kotouče. Této univerzálnosti se dosahuje různými konstrukčními řešeními.

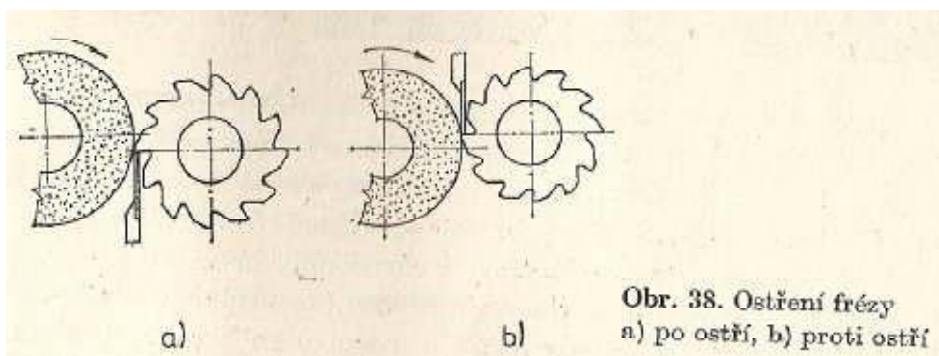
Frézy jsou drahé nástroje, a proto je důležité, aby se správně používaly a včas se ostřily, tj. dříve, než se příliš otupí.

Frézy s frézovanými zuby s nadměrně otupenými obvodovými břity lze ostřit:

- Předběžným válcovým obroušením: fréza nasazená na trn se upne mezi hrotové brusky, na které lze příliš otupené ostří ubrat nejrychleji. Brousící kotouč se přitom otáčí proti ostří, aby na něm nevznikal otřep. Nevýhodou je zmenšení průměru frézy. Takto rozšířená válcová ploška se pak opět zúží podbroušením hřbetu.
- Broušením na čelních plochách zubů: tímto pomalejším způsobem se značně otupené frézy naostří bez vnějšího zmenšení průměru. Brousí se na univerzální brusce na nástroje.

Frézy s frézovanými zuby s průměrně otupenými břity se zpravidla ostří broušením na hřbetních plochách zubů, také na univerzální brusce na nástroje.

Hřbet zubu (podbroušení) se brousí buď ostří (obr. č. 38a), nebo proti ostří (obr. 38b). Při broušení po ostří se plně využije opěry, kterou na univerzální brusce na nástroje ustavuje poloha ostřené zubu vzhledem ke kotouči, neboť zub je přitlačován na opěru. Při ostření proti ostří je od opěry naopak odtlačován, takže se k ní musí rukou přitlačovat. Při broušení po ostří se plně využije opěry, kterou na univerzální brusce na nástroje ustavuje poloha ostřené zubu vzhledem ke kotouči, neboť zub je přitlačován na opěru. Při ostření proti ostří je od opěry naopak odtlačován, takže se k ní musí rukou přitlačovat. Při broušení po ostří je tedy samočinné přitlačování k opěře výhodné, ale musí se dbát na to, aby se na ostří nevytvářel otřep a aby se nevyhřálo (musí být malý úběr). Proto se dává přednost méně choulostivému a výkonnému broušení proti ostří.

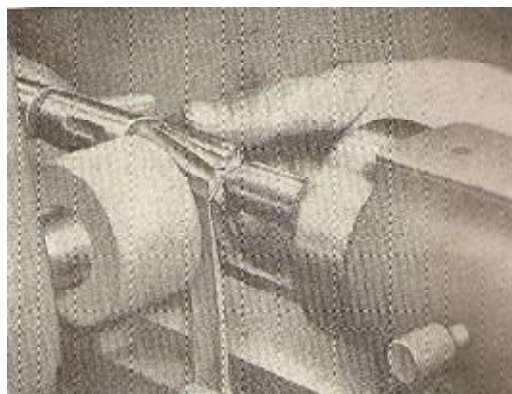


Obr. 38. Ostření frézy  
a) po ostří, b) proti ostří

Brousící kotouč, jímž se brousí hřbet zubů frézy, může být plochý (obr. 38a) nebo miskovitý popř. hrncovitý (obr. 39). Miskovitý a hrncovitý kotouč, který brousí čelem, nemůže vybrousit vydutou plochu. Plochý kotouč brousí obvodem, a proto vybrušuje vydutou plochu. Pokud průměr kotouče není velmi malý, není toto vydutí tak velké, aby bylo na závadu.



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

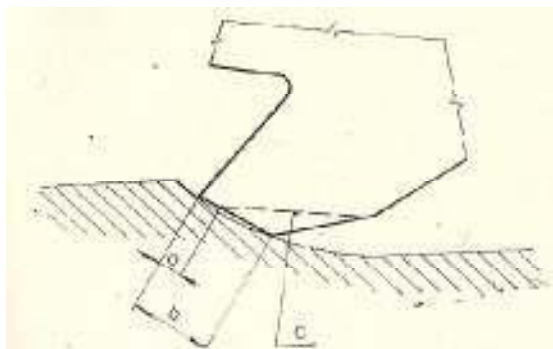


Obr.č. 39 - Ostření frézy hrncovitým kotoučem

Při broušení čelem hrncovitého nebo miskovitého kotouče se předepsaného úhlu hřbetu dosahuje ustavením osy frézy pod osou nebo nad osou kotouče (podle toho, v jakém smyslu se brousící kotouč otáčí). Příslušná vzdálenost  $x$  (obr. č. 40) se vyhledá v tabulkách sestavených pro různé průměry nástroje a různé úhly hřbetu (ve stupních) průměrem ostřeného nástroje (v milimetrech) a násobením výsledku číslem 0,0087. Tyto způsoby lze nahradit použitím stavěcího měřidla. U některých brusek je nastavovací měrka, s níž se úhel hřbetu rychle nastaví podle příslušných stupnic.



Obr. č. 40 Nastavení úhlu hřbetu frézky



Obr. č. 41 Úprava hřbetu frézy a – původní šířka, b – šířka po mnoha ostřeních, c – po úpravě přebroušením

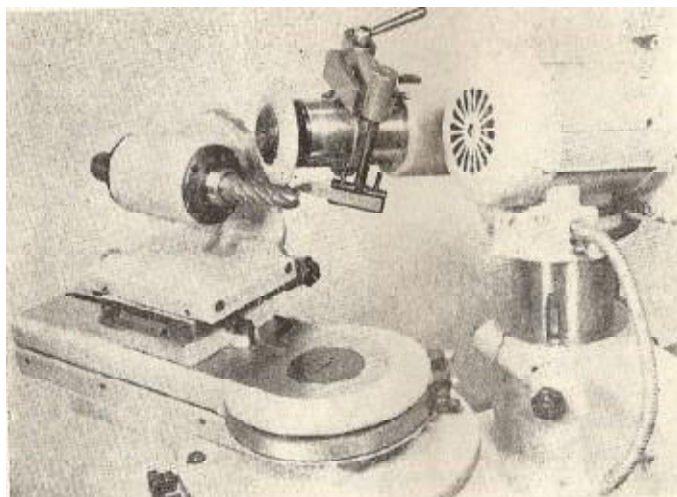
Nástrčné frézy se zuby ve šroubovici se nasazují na trn, který se upne mezi hrot brusky tak, aby se dal lehce otáčet. Stopkové frézy se upínají přímo mezi hroty. Aby se břit frézy ohříval co nejméně, natočí se brousící kotouč tak, aby brousil jen hranou.

Opěra, kotouč a fréza se ustaví na předepsaný úhel hřbetu  $\alpha$ . Při nastavování podle pevného měřidla, jehož rozměr je shodný s výškou hrotů brusky, se nastaví opěra na osu a stůl s frézou se zvedne o hodnotu  $x$ .

Hřbety zubů válcové frézy se ostří podle obr. 39, na němž je vyznačena poloha opěry i kotouče. Při broušení se fréz posouvá na trnu vratným pohybem. Po prvním doteku zubu a kotouče se kontroluje, zda je stroj seřízen na původní úhel hřbetu. Pak se všechny zuby obrousí malým postupným úběrem, který neohrožuje jejich tvrdost vyhřátím. Velmi důležitým je, aby všechny zuby měly stejnou výšku. Jelikož se však kotouč v průběhu ostření opotřebuje, ubírá poslední zub méně, a proto může být tento zub vyšší. Po obroušení všech zubů je tedy vhodné frézu pootočit o  $180^\circ$  a přebrousit ji malým úběrem ještě jednou. Nakonec se kruhovitost frézy kontroluje číselníkovým úchylkoměrem.

Šířka hřbetu se po několikerém ostření zvětší tak, že zub již není dost podbroušen (obr. č. 41). Pak se hřbet musí přebrousit pod úhlem  $25$  až  $30^\circ$ . Postupuje přitom podobně jako při ostření hřbetu.

Broušení čelních ploch zubů je nevyhnutelné u velmi otupených fréz s frézovanými zuby. Univerzální brusky na nástroje mají pro ostření fréz na čele jednak pevný trn (obr. 42), jednak trn upínaný mezi hroty. Fréza se ručně posouvá podél brousícího kotouče a čelní plocha všech zubů se čistě vybrousí bez ohledu na přesnost rozteče. Široké frézy se opírají o zubové opěry před kotoučem i za ním. Úzké frézy se nasazují na trn upínaný mezi hroty a pohybují se se stolem brusky; brousí se opěry. Na frézy s přímými zuby se používá přímé nebo kuželové strany talířovitého kotouče. Frézy s velkým stoupáním šroubovice se brousí kotoučem se zaoblenou hranou, nastaveným o  $2^\circ$  strměji než úhel stoupání šroubovice. Takto vzniklá vydutá čelní plocha je pro utváření třísek výhodná. Správný úhel čela se musí vyhledat zkusmo. U brusek s moderním zařízením pro broušení šroubovice se frézy, nasazené pevně na trn, otáčejí pohybem vázaným na podélný pohyb.

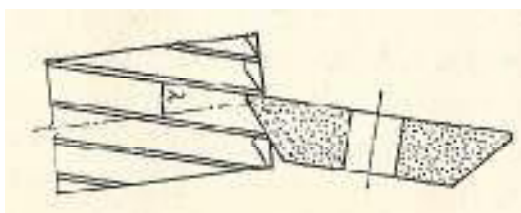


Obr. č. 42 Broušení frézy na čele zubu

U čelních válcových fréz je úhel čela  $\gamma_1$  obvodových zubů zároveň úhlem sklonu čelních zubů a úhel čela čelních zubů  $\gamma_2$  je roven úhlu stoupání šroubovice obvodových zubů  $\lambda$ . Při broušení obvodových zubů na čele se musí přibrousit i čelní zuby.

Nástrčné frézy se nasazují na trn, frézy stopkové se upínají v kleštinách nebo v kuželové dutině vřetená upínacího vřeteníku. Příslušná poloha se nastaví vykloněním osy frézy. Úhel hřbetu  $\alpha$  se nastavuje nakloněním osy frézy podle svislé stupnice u vřeteníku. Broušený zub se ustaví rovnoběžně s rovinou pohybu stolu otočením vřetená upínacího vřeteníku a podepře se opěrou na tělese vřeteníku. Aby bylo možno zuby směrem do středu frézy ubrousit asi o  $1^\circ$ , natočí se brousící vřeteník s kotoučem. Ustavený zub se pak vede podél okraje kotouče.

Když se opětovným broušením prostor pro třísky příliš zmenší, musí se prohloubit. U malých stopkových fréz, kde je to nejčastěji zapotřebí, se vybrousí úzkým kotoučem nové mezery podél čela zubů a pak se hřbety zubů upraví příslušně zkoseným kotoučem (obr. 44).



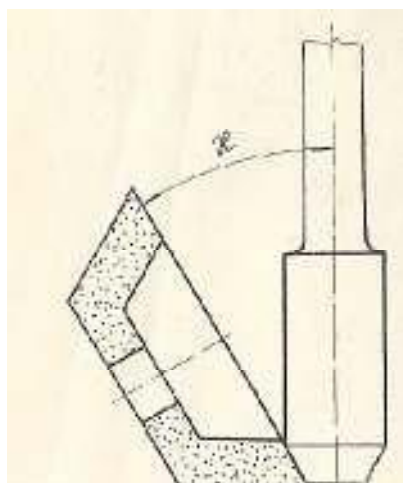
Obr. č. 44 - Prohlubování zubových mezer čelních zubů frézy.

## Ostření výstružníků

Výstružníky se obvykle ostří jen na *řezném kuželi*, na němž se vybrušuje úhel hřbetu  $\alpha$  a  $\alpha_0$ . Nástroj se upne mezi hroty univerzální brusky na nástroje, jejíž horní stůl se natočí o úhel sklonu řezného kužele  $\chi$ . Tento úhel  $\alpha$  je u ručních výstružníků  $30^\circ$  až  $4^\circ$ , u strojních  $20^\circ$  až  $45^\circ$ . Na úhel  $\alpha$  se bruska seřizuje snížením zubové opěry o hodnotu  $\chi$  stejně jako při ostření fréz. Zuby ostřeného výstružníku se postupně kladou na příslušně ustanovenou opěru a vedou se podél miskovitěho kotouče.

Na čele zubů se brousí jen nové výstružníky nebo při přebroušování opotřebovaných nástrojů na menší průměr, nebo pokud na zubech ulpí materiál. Přitom se má použít chlazení řeznou kapalinou nebo vzduchem. Výstružníky s přímými zuby se brousí rovnou stranou talířovitěho kotouče, kdežto výstružníky se zuby ve šroubovici kuželovou stranou.

Na válcovém průměru se brousí jen nové výstružníky nebo při přebroušování opotřebovaných nástrojů, ovšem možné jen na menší jmenovitý průměr. Dále se takto brousí stavitelné výstružníky, jestliže se nože radiálně přestavují o větší hodnotu.



Obr. č. 45 – Ostření řezného kužele

výstružníku

Řezný kužel se přebrušuje, jen při velkém otupení, pokud je průměr výstružníku ještě dostatečně velký (obr.č. 45). Postupuje se jako při broušení hřbetu zubů na řezném kuželi, ale brousí se proti ostří, takže se zrn musí přitlačovat k opěře.

Ostření kuželových výstružníků je obtížnější. Strojní kuželové výstružníky musí mít po celé délce kuželovou plošku širokou nejvýše 0,1 mm, která zaručuje, že všechny zuby zabírají současně. Ostří se na čele zubu; tím se ale ploška zužuje a výstružník se musí přebrušovat na obvodě, aby ploška byla opět dost široká. Ruční kuželové výstružníky, které tuto plošku nemají, se ostří na hřbetech zubů; na obvodě a podbroušením hřbetu, až ploška zmizí. Kuželové výstružníky se při ostření upínají v hrotovém přístroji nebo mezi hrot vřeteníku a koníku.

Lapování výstružníků je dokončovací operace, již se dosahuje soustředné polohy a hladkých ploch všech břitů a zároveň se na válcové plošce upravuje úhel hřbetu ( $1^\circ$  až  $3^\circ$ ). Lapované výstružníky jsou zejména trvanlivější a vystružují hladší díru. Přesně lapovat výstružníky lze jen na speciálním lapovacím stroji.

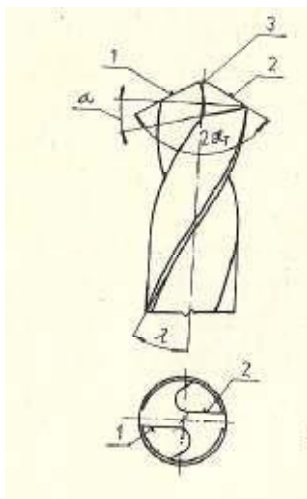
### Ostření vrtáků

Vrtáky jsou dvoubřité nástroje (obr. 46), jejichž ostří jsou určena úhlem sklonu šroubovice  $\lambda$ , vrcholovým úhlem  $\varepsilon = 2 \chi$  a úhlem hřbetu  $\alpha$ . Ostří jsou hlavní 1 a 2, která ubírají materiál, a příčné 3, které neřeže, ale jen stlačuje materiál. U správně naostřených vrtáků musí obě hlavní ostří svírat s osou vrtáků stejný úhel  $\varepsilon/2$  a musí být stejně dlouhá. Vrcholový úhel hřbetu  $\varepsilon$  musí být přizpůsoben vrtanému materiálu. Na ocel a litinu  $\varepsilon = 118^\circ$ , na neželezné kovy  $\varepsilon = 130^\circ$ , na plechy  $\varepsilon = 100^\circ$ . Na hřbetních plochách musí být vrták podbroušen pod úhlem  $\alpha = 6^\circ$  až  $18^\circ$  (podle druhu vrtaného materiálu). Při správném podbroušení svírá příčný břit s hlavními břity středový úhel  $\varphi = 55^\circ$  až  $60^\circ$ . Nakonec se hrot vrtáku musí vybrousit tak, aby se délka příčného břitu zmenšila; tím se dosáhne podstatného zmenšení osového tlaku a správného řezného úhlu ve špičce.

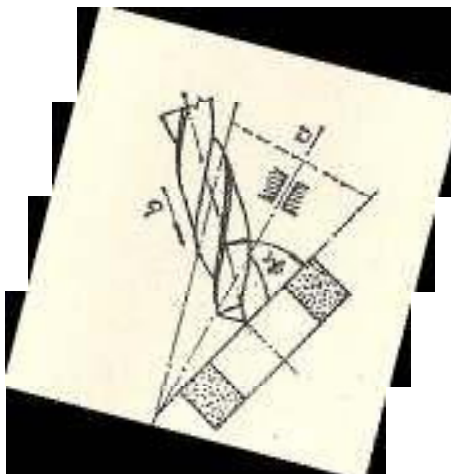
Ruční broušení vrtáků dosud mnohde používané, všechny tyto požadavky splnit nemůže. Nelze se při něm vyvarovat nesouměrnému vybroušení řezných hran, které pak způsobuje ujíždění vrtáků, větší, popř. i nekruhovou díru, jakož i předčasné otupení nebo ulomení jednostranně namáhaného vrtáku. Proto se vrtáky musí strojně alespoň podbroušovat.

Hřbetní plochy vrtáků jsou části pláště kužele. U běžných přídatných přístrojů a strojů na ostření vrtáků se vrták upíná v čelistovém nebo kleštinovém upínadle, kterému se pak uděluje kývavý pohyb kolem osy tohoto kužele (obr. č. 47). Nastavuje se vrcholový úhel  $\varepsilon$  a úhel hřbetu  $\alpha$ . Vrták se přisouvá ke kotouči ve směru své osy. Brousí se na čele kotouče s jednostranným vybráním a broušené ostří musí přitom ležet vodorovně.



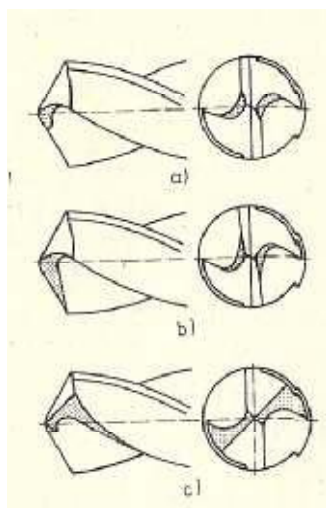


Obr. č. 46 – Geometrie břitu vrtáku  
1,2 – hlavní ostří, 3 – příčné ostří,  
úhel hřbetu,  $\lambda_r$  – hlavní úhel nastavení,  
šroubovice



Obr. č. 47 – Podbrušování hlavního ostří vrtáku  
 $\alpha$  – osa výkyvného pohybu,  $b$  = přísuv ve směru osy  $\alpha$  –  
vrtáku,  $\lambda_r$  – hlavní úhel nastavení  $\lambda$  – úhel sklonu

Příčné ostří se u vrtáků do průměru 10mm vybrušuje plochým kotoučem s hranami, u vrtáků s průměrem větším než 10mm zaobleným plochým kotoučem přiměřené velikosti. Tuto operaci lze dělat v ruce, ale s největší pečlivostí. Při správně vybrušené špičce musí být hlavní břit podbrušen a přitom zůstat přímý (obr. 48a), nikoli lomený (obr. č. 48b). Nesprávné vybrušení příčného ostří snadno způsobí rozštípnutí vrtáku.



Obr. č. 48 – Vybrušování příčného ostří vrtáku a) chybně, b), c) správně

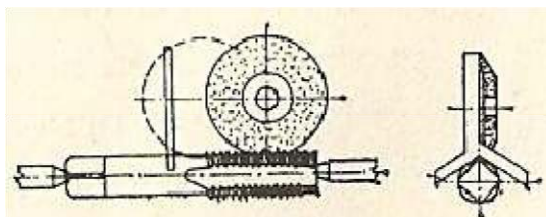
## Ostření závitníků

Všechny závitníky mají tři hlavní části: řezný kužel 1, vodící část 2 a stopku 3.

Závitníky, na nichž jsou patrné známky otupení (otěr, vylámané nebo zalepené závity), se mají ihned přebrousit, neboť tupé závitníky se snadnou lámou. Jednotlivé vylámané nebo zalepené zoubky na řezném kuželi nebo prodlouží-li se řezný kužel častým ostřením, odřízne se a vybrousí se nový. Závitníky se tedy podle stupně otupení ostří dvěma způsoby.

Málo otupené závitníky se ostří na čelních plochách. Na univerzální nástrojové brusce se závitník upne mezi hroty s dělicím zařízením. Talířovitý brousící kotouč se zavede do drážky závitníku (obr. 50a) čárkovaně vyznačená poloha). Středící šablonou postavenou na stopku závitníku se rovina brousícího kotouče nastaví do roviny jdoucí osou do závitníku. Pak se posune stůl o hodnotu  $x$  vyhledanou v tabulkách pro příslušný úhel čela  $\gamma$  (obr. 50b) a otočí se závitníkem tak, aby čelo zubu přišlo do styku s kotoučem; v této poloze se ostří. Doporučuje se však ještě pootočit kotouč o  $30'$  až  $1^\circ$  od směru osy závitníku, aby kotouč brousil jen svou přední polovinou.

Velmi otupené závitníky se ostří podbroušením na řezném kuželi buď na speciální brusce, nebo na univerzální nástrojové brusce s použitím přístroje na podbrušování řezného kužele závitníků.



Obr. č. 50 – Broušení závitníku na čelních plochách

- a) Ustavení brousícího kotouče do drážky závitníku,
- b) Posunutí o hodnotu  $x$

## Broušení drážkových hřídelů

Drážkové hřídele a náboje se používají v konstrukci strojů pro přenos točivého momentu, zejména v převodovkách. Výhodou je rovnoměrnější rozdělení tlaku na řadu stykových ploch, a proto jsou spolehlivější než hřídele s klínem, nebo perem.

Podle tvaru profilu rozeznáváme drážkování:

přímoboké – boky drážek jsou rovinné,  
evolventní – bok tvoří evolventa jemné – bok  
je rovinný, nebo evolventní.

Plochy na povrchu drážkového hřídele, nebo náboje lze podle jejich funkce rozdělit na:

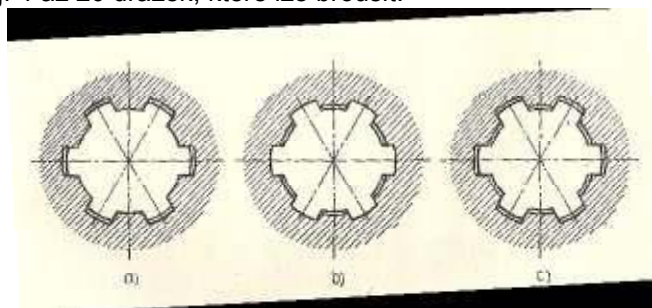
- nosné,
- středící, - volné.

Ve strojírenství se převážně používá přímoboké spojení, u něhož se většinou používá vnitřní středění podle obr. č. 51a, a to hlavně u tepelně zpracovaných hřídelů a nábojů, neboť oba středící průměry (v hřídeli i v náboji) lze snadno brousit.

Středění na vnější (velký) průměr (obr. 51b) se používá výjimečně, protože tento způsob vylučuje tepelné zpracování nábojů. Tvar drážek v náboji by se po tepelném zpracování deformoval a boky drážek v náboji nelze brousit.

*Středění na boky drážek* (obr. 51c) se používá tam, kde nezáleží na přesnosti středění, ale kde se přenášejí velké síly. Boky drážek jsou pak plochy středící i nosné.

Drážkové hřídele se frézují *dělicím*, nebo *odvalovacím způsobem*. Profily v nábojích se protahují. Drážkové hřídele mají 4 až 20 drážek, které lze brousit:

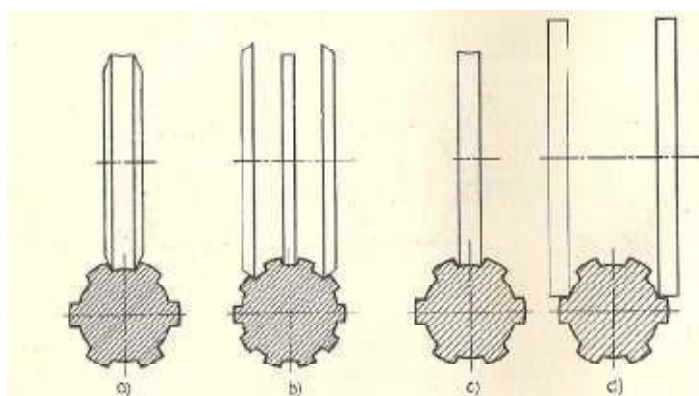


Obr. č. 51 Středění drážkových hřídelů

a) Vnitřní středění, b) vnější středění, c) středění na boky zubů

Brousícím kotoučem, který má tvar profilu drážky (obr. 52a) soustavou tří brousících kotoučů, z nichž krajní brousí boky drážek a střední dno drážky (obr. 52b),

Ve dvou operacích, a to nejprve dno drážky (obr. 52c) a potom boky drážek dvěma plochými kotouči (obr. 52d); tento způsob je obvykle v sériové výrobě. Drážkové hřídele se brousí na rovinných vodorovných bruskách vybavených vhodným *dělicím přístrojem*.



Obr. 52 Způsoby broušení drážkových hřídelů

a) Jedním kotoučem, b) soustavou kotoučů, c) a d) ve dvou operacích

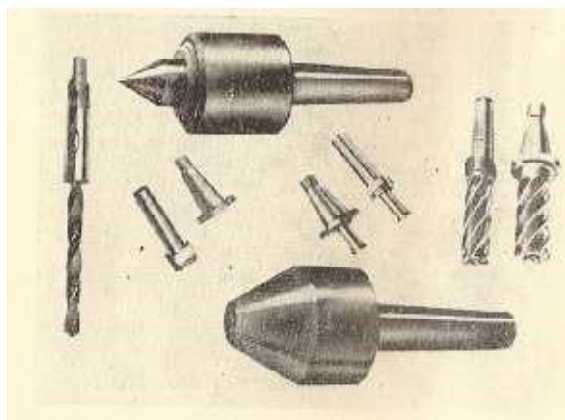
Speciální brusky na drážkové hřídele jsou odvozeny z rovinných brusek. Na stole brusky je upevněn pracovní vřeteník, který je konstruován jako dělicí přístroj. Bruska se seřizuje na samočinný cyklus, při kterém dělicí přístroj při každé úplné otáčce obrobku zapíná samočinný přísuv brousícího kotouče, a to nejprve hrubovací, potom dokončovací. Po skončení práce se stroj automaticky vypne. Přeběh stolu v úvratí, kde se provádí natočení obrobku, musí být dostatečně velký.

U nábojů se brousí pouze vnitřní průměr drážkové díry. Přídavek na boční stěnu drážky hřídele a na povrch vnitřního průměru bývá 0,1 až 0,2 mm. Brousící kotouč má být o jeden stupeň tvrdší než pro normální broušení válcových ploch.

## Broušení vnějších a vnitřních kuželových ploch

Vnější kuželové plochy jsou na upínacích stopkách nástrojů, jako jsou šroubovitě vrtáky, frézy, výstružníky, upínací trny, redukční vložky, středící hroty pevné i otočné a na mnoha jiných strojních součástech (obr. č. 53). Kuželové plochy se používají též k utěsňování u vodovodních a plynovodních armatur a k pevnému spojení strojních součástí, u nichž se požaduje přesná sousost.

Vnitřní kuželové plochy jsou např. v dutinách upínacích vřeten obráběcích strojů vrtaček, soustruhů, brusek.



Obr. č. 53 – Nástrojové kužele

Nástroje s kuželovou stopkou vložené do kuželové dutiny vřetene lze snadno a rychle do vřetene zatáhnout a vytvořit soustředné spojení bez vůle. U samosvorných kuželů dojde k pevnému spojení, které může přenášet velké výkony. Podmínkou je však přesné obrábění a naprostá čistota obou spojovaných ploch. Samosvorné nástrojové kužele jsou:

METRICKÉ – kuželovitost 1:20, vrcholový úhel  $2^{\circ} 51'$

MORSEOVY – kuželovitost je přibližně 1:20, vrcholový úhel  $2^{\circ} 51'$  až  $3^{\circ} 58'$ .

U moderních a výkonných obráběcích strojů byly zavedeny *samovolňovací strmé kužele* s kuželovitostí 3,5 : 12 s vrcholovým úhlem  $16^{\circ} 35' 40''$ . Tento kužel slouží pouze ke středění, potřebný výkon se přenáší unášecími kameny a výřezy na nákržku nástroje nebo upínacího trnu. Tato konstrukční úprava umožňuje přenášet velké výkony, odstranit zadírání kuželových stopek ve vřeteni, značně zrychlit upínání a zmenšit opotřebení upínacích dutin vřeten. Kromě těchto kuželů se v technické praxi používá řada dalších.

## Základní výpočty

Základní rozměry kužele a komolého kužele jsou na obr. č. 54. Důležitou hodnotou je kuželovitost:



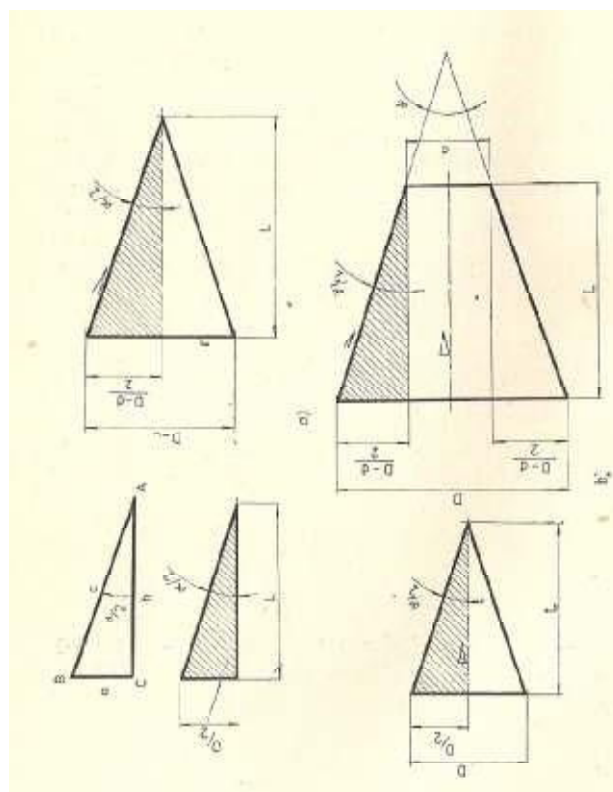
Pro kužel  $k = \frac{D}{L}$

Pro komolý kužel  $k = \frac{D - d}{L}$

Kuželovitost  $k$  se udává jako poměr dvou čísel, např. 1 :20, který udává, že na délce 20mm se průměr kužele mění o 1 mm. Sklon kužele je poloviční kuželovitost:

$$s = \frac{D}{2L}, \quad s = \frac{D - d}{2L} = \tan \alpha/2$$

Tato hodnota je důležitá pro výpočet úhlu sklonu kužele, který je třeba znát pro seřízení stroje. U normalizovaných kuželů jsou úhly sklonu uvedeny ve strojnických tabulkách (8) a není je proto třeba počítat.



Obr. č. 54 - Základní

- Výpočet sklonu
- Výpočet

rozměry kužele a výpočty

kuželovitosti

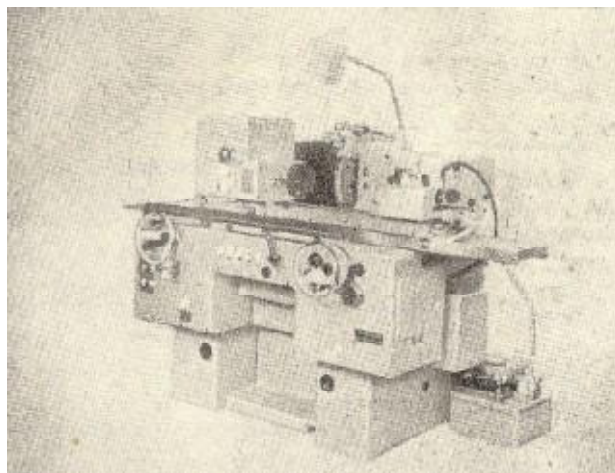
$D$  – velký průměr kužele,  $d$  – malý průměr kužele,  $L$  – délka kužele,  $A$  – vrcholový symbol kužele

### ***Základní způsoby broušení vnějších kuželových ploch***

Vnější i vnitřní kuželové plochy se brousí zpravidla na univerzálních hrotových bruskách. Způsoby broušení vnějších kuželových ploch jsou dány pracovními možnostmi univerzální hrotové brusky (obr. č. 55), která má:

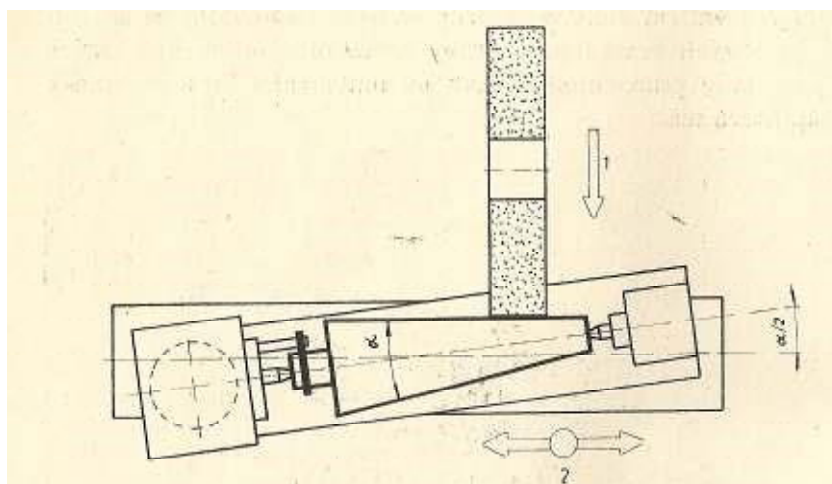
- brousící vřeteník oboustranně otočný o  $45^\circ$ , což umožňuje broušení kuželových ploch zapichovacím způsobem.
- pracovní (unášecí) vřeteník otočný zpravidla o  $90^\circ$ , u brusky BHU 32 o  $+95^\circ$  a  $-5^\circ$ , tedy celkem o  $100^\circ$ . Tato úprava umožňuje broušení strmých kuželů i čelních rovinných ploch obvodem brousícího kotouče,
- naklápěcí stůl (u brusky BHU 32 o  $+9^\circ$  a  $-5^\circ$ , tedy v rozsahu  $14^\circ$ ), který umožňuje vyrovnání úchylek válcovitosti a broušení vnějších i vnitřních dlouhých kuželů.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



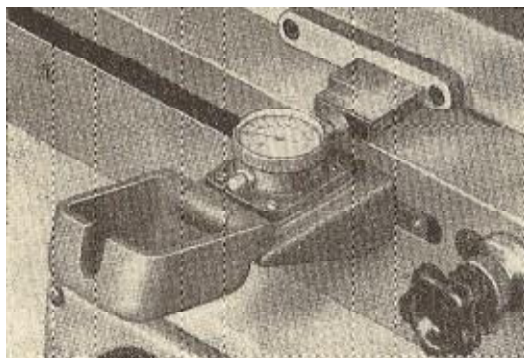
Obr. č. 55 - Hrotová bruska na broušení kuželů

*Dlouhé (táhlé) kužele a malým vrcholovým úhlem se brousí po natočení vrchního stolu brusky o úhel nastavení  $\alpha/2$  (obr. č. 56). Moderní brusky mají k přesnému nastavení požadovaného úhlu na stole přesné vestavěné číselníkové úchylkoměry (zpravidla dvoutisícinové), které dovolují velmi přesné seřízení.*



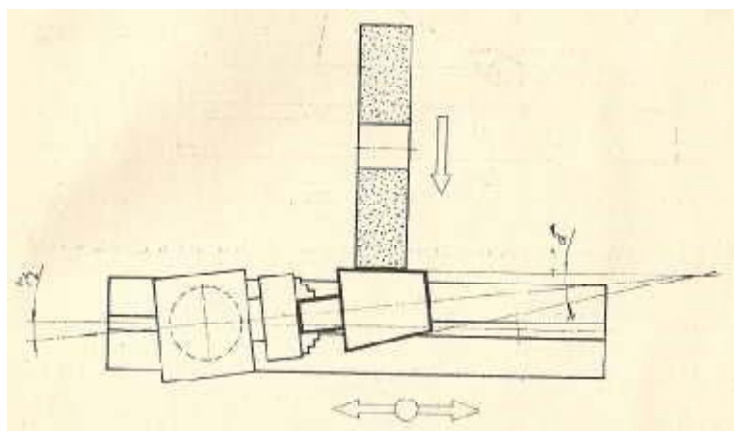
Obr. č. 56 - Broušení kužele natočením stolu brusky

K přesnému nastavení stolu se též používají základní měrky a přesné číselníkové úchylkoměry. Způsob nastavení je založen na principu sinusového pravítka (obr. č. 57). Měrky se nastavují podle tabulek, které se dodávají ke stroji. Kužel se pak brousí podélným způsobem stejně jako vnější válcové plochy.



Obr. č. 57- Přesné nastavení úhlu pomocí číselníkového úchylkoměru a základ úchylkoměru a základních měrek

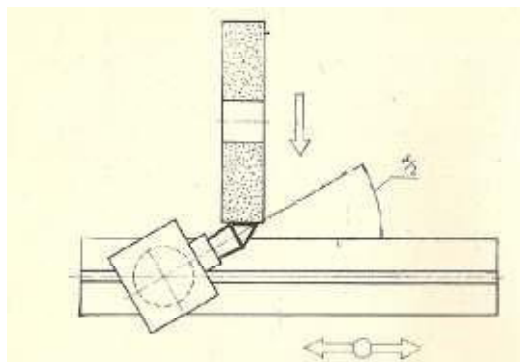
*Krátké (strmé) kužele a kuželové hroty lze brousit natočením pracovního vřeteníku při upnutí v univerzálním sklíčidle (obr. 58) nebo v kuželi vřetena (obr. 59). Přitom lze použít zapichovací i podélný způsob broušení. Pracovní vřeteník se opět otáčí o úhel  $\alpha/2$ . Při zapichovacím způsobu lze drsnost povrchu zlepšit oscilačním pohybem stolu brusky. Úhel se nastavuje podle úhломěrné stupnice a při přesných pracích se zpřesňuje dodatečným natáčením stolu brusky.*



Obr.č. 58 - Broušení kužele natočením pracovního vřeteníku při upnutí ve sklíčidle



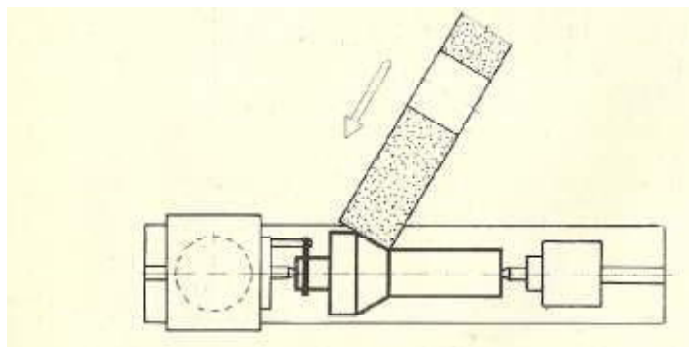
## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



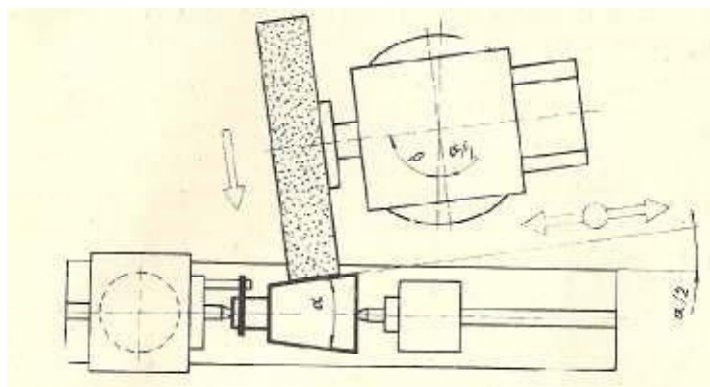
Obr. č. 59 – Broušení hrotu při natočeném pracovním vřeteníku a upnutí v kuželi vřetena.

Natočením brousícího vřeteníku lze brousit kužele *šikmým zapichovacím přísuvem* (obr. č. 60). Speciálními bruskami s podélným posuvem brousícího vřeteníku lze brousit kuželové plochy *podélným způsobem* (obr. č. 61).

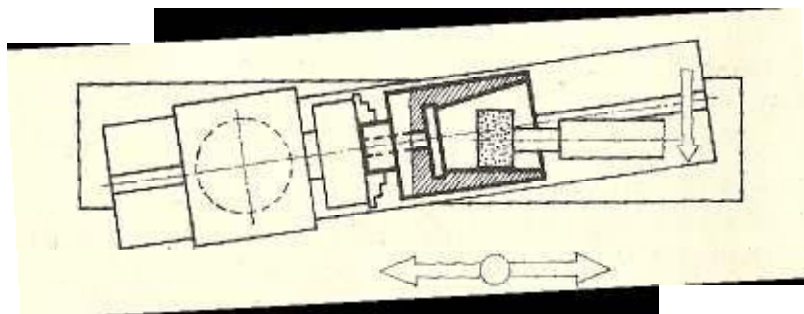
Při broušení vnitřních kuželových ploch je postup podobný jako při broušení vnějších povrchů. Podélný způsob broušení kuželových děr je na obr. č. 62. Při broušení kuželových děr na univerzální hrotové brusce používáme vřeteník na broušení děr. Po zvolení vhodného brousícího kotouče a nástavce se stůl brusky natočí o příslušný úhel  $\alpha/2$  a délka zdvihu stolu se vymezení nárazkami tak, aby kotouč vyjžděl z díry na obou stranách o více než  $1/3$  své šířky. U univerzálních hrotových brusek se pohybuje stůl s obrobkem (obr. 62), u brusek na díry koná podélný vratný posuv brousící vřeteník.



Obr. č. 60 – Broušení kužele šikmým zapichovacím přísuvem



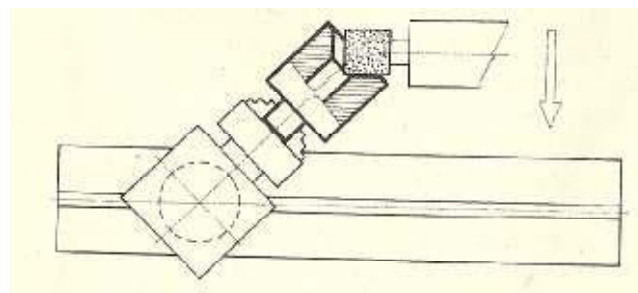
Obr. č. 61 – Broušení kužele podélným posuvem při natočeném brousicím vřeteníku.



Obr. č. 62 – Broušení kuželové díry při natočeném stole brusky

Stejně jako při broušení vnějších kuželů je třeba po obroušení první vrstvy kontrolovat kuželovitost díry kalibrem a zpřesňovat podle měření úhel nastavení tak dlouho, až kalibr lícuje po celé délce. To brusič pozná podle toho, že čára měkkou tužkou na povrchové přímce kalibru je po celé délce měrného kužele rovnoměrně smazána. Teprve po dosažení předepsané kuželovitosti se nejprve hrubuje a pak brousí načisto.

Krátké kuželové díry lze výkonněji brousit zapichovacím způsobem (obr. č. 63). Brousí se kotoučem, který je o něco širší, než je délka broušeného povrchu. Brousící vřeteník se pouze přisouvá do záběru. Při broušení načisto lze povrch zlepšit oscilačním pohybem stolu.

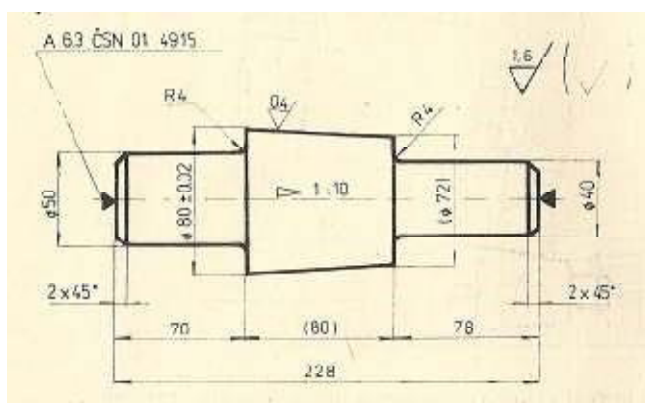


Obr. č. 63 – Broušení krátké kuželové díry zapichovacím způsobem

### **Postup při broušení kuželového čepu**

Brusič má brousit kuželovou část čepu podle obr.č. 64. Čep je z oceli 12 061,4 a zakalen na tvrdost HRC  $60 \pm 2$ .

Měřidla: třmenové mikrometry 50 až 75 mm, 75 až 100mm, kuželový kalibr  $\varnothing 80$ , kuželovitost 1:10.



Obr. č. 64 – Výkres kuželového čepu

Nástroje a pomůcky: brousící kotouč 350 x 40 ČSN 4512 A99 25 M 8V, unášecí srdce.

Pracovní postup:

1. Připravit stroj k broušení mezi hroty – důkladně očistit kuželové dutiny ve vřetenu, vložit očištěný upínací hrot. Pracovní vřeteník a koník ustavit doprostřed stolu podle délky obrobku.
2. Zvolit a upravit brousící kotouč – orovnat pro hrubování.
3. Natočit stůl stroje pro broušení kužele na úhel  $\alpha/2 = 2^\circ 51' 45''$ .

Stůl se natáčí tak, aby velký průměr kužele byl na straně pracovního vřeteníku. Povolí se upínací šrouby vrchního stolu a po natočení se opět utáhnou. Do konečné polohy se stůl nastaví až po obroušení kuželové části a kontrole kuželovým kalibrem.

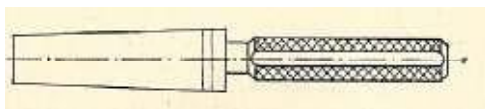
4. Upnout obrobek mezi hroty, očistit středící důlky, na válcový čep  $\varnothing 50$  upnout unášecí srdce, oba důlky namazat, obrobek upnout bez vůle mezi hroty tak, aby jím bylo možno volně otáčet rukou. Narážky podélného posuvu nastavit tak, aby kotouč přejížděl přes okraje kužele asi  $\frac{1}{2}$  své šířky, vyzkoušet naprázdno.
5. Brousit kužel na hrubo, vydatně chladit, po prvním přebroušení kontrolovat kuželovým kalibrem. Nepravidelné rozmazání příměrné barvy ukazuje, že kužel zcela nelícuje. Podle toho upravit natočení stolu. Po dalším přebroušení opakovat kontrolu kalibrem i několikrát, dokud kuželová část s kalibrem přesně nelícuje a teprve potom dokončit hrubování a na velkém průměru kužele nechat přídavek + 0,05mm pro broušení na čisto.
6. Brousit kužel na čisto – chladit. Brousící kotouč orovnat pro broušení na čisto zmenšit rychlost podélného posuvu stolu a ručním přísuvem při opakovaném měření dokončit na předepsaný rozměr – vyjiskřit. Měří se na velkém průměru kužele. Malý průměr se neměří, neboť při správném nastavení stolu se musí i zde dosáhnout správného rozměru.
7. Obrobek vyjmout, očistit, sejmout, unášení srdce, odevzdat technické kontrole.

### **Kontrola měření kuželových ploch**

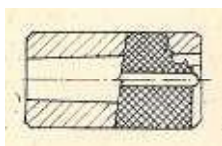
V dílenské praxi se ke kontrole a měření vnějších i vnitřních kuželových ploch nejčastěji používají kuželové kalibry (obr. č. 64) složené ze dvou částí, a to:

z kalibru na kontrolu kuželové dutiny (obr. 65a) z kalibru na kontrolu vnější kuželové plochy – stopky (obr. 65b).

a)



b)

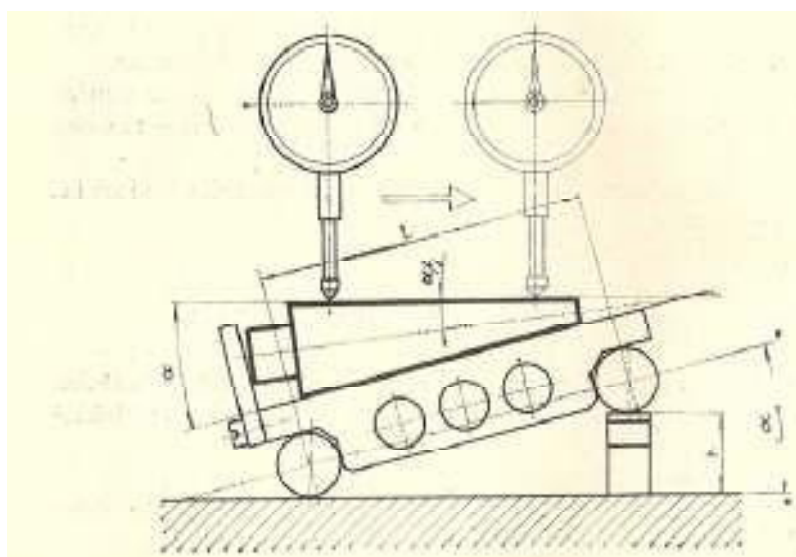


Obr. č. 65 – Kuželové kalibry a) na kuželové díry

b) na kuželové hřídele

Kuželovitost dutin se kontroluje trnem na barvu; používá se berlínská modř ředěná olejem. Pootočením kalibru se přenese barva na kontrolovanou součást.

Tak lze zjistit, jak lícuje kontrolovaná dutina s kontrolním kuželem. Při kontrole kuželových čepů je postup obdobný. Na kuželových kalibrech je v určité vzdálenosti od čela ryska, která slouží ke kontrole tolerance velkého průměru kuželové dutiny. Někdy má kalibr místo rysky tzv. toleranční stupeň. Obdobný toleranční stupeň bývá na kuželových kalibrových pouzdrech.



Obr. č. 66 – Kontrola úhlu sklonu na sinusovém pravítku  $h = L \cdot \sin \alpha$

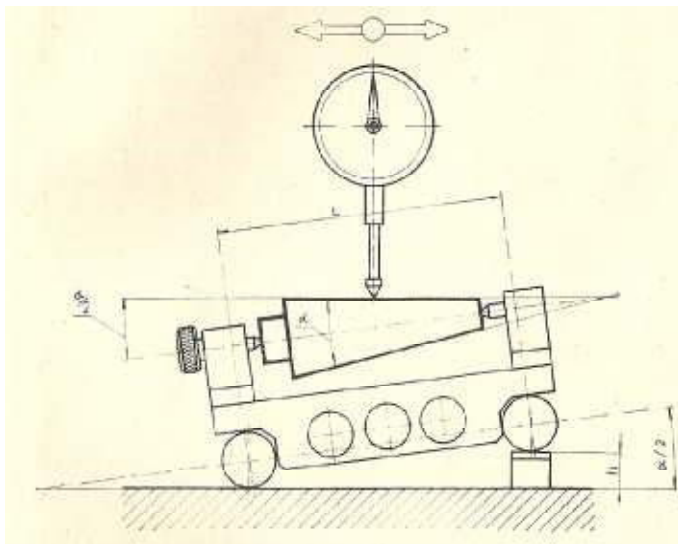


Poměrně jednoduše se kužele kontrolují na *sinusovém pravítku*. Kužel se klade přímo na pravítko podle obr. 66, nebo lze pro kontrolu použít sinusové pravítko s upínacími hroty (obr. 67).

Při kontrole kužele podle obr. 66 se kužel položí na sinusové pravítko a opře se o opěrku. U normalizovaných kuželů se podle tabulek vyhledá úhel nastavení  $\alpha/2$  a příslušná hodnota měrek pro nastavení tohoto úhlu. U nenormalizovaných kuželů se musí úhel sklonu přesně vypočítat. *Aby výsledek měření byl přesný, vycházíme zásadně z úhlu sklonu  $\alpha/2$ .* Odpovídající hodnota měrek se musí vynásobit dvěma. Je-li úhel sklonu správný, neukáže úchylkoměr, kterým pojíždíme po povrchové přímce kužele, žádnou výchylku.

**Pozor!** Při kontrole na sinusovém pravítku s hroty se pravítko podkládá měrkami pro odpovídající úhel  $\alpha/2$ ! Jinak je způsob měření a kontroly obdobný jako v předchozím případě. V praxi se postupuje takto:

- Otáčením kužele zjistíme nejvyšší místo plochy a v jedné krajní poloze nastavíme úchylkoměr na nulu.
- Úchylkoměr přesuneme do druhé krajní polohy a opět zjistíme úchylku.
- Při správném úhlu sklonu je úchylka nulová.



Obr. č. 67 – Kontrola úhlu sklonu na sinusovém pravítku s upínacími hroty  $h = L \cdot \sin(\alpha/2)$ .

### Broušení s opěrkami

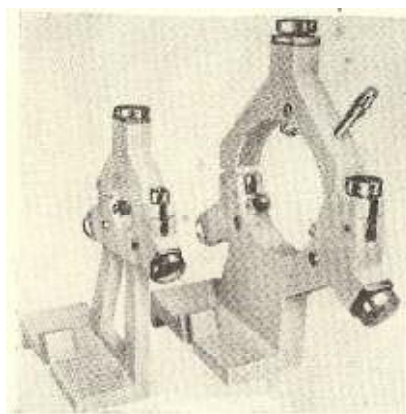
Opěrky (lunety) slouží k podpírání štíhlých obrobků, které by se při broušení tlakem kotouče prohýbaly. Otevřená dvoučelistová luneta se používá při broušení vnějších válcových ploch a umísťuje se na vodících plochách stolu brusky. U dlouhých štíhlých obrobků se používá více opěrek. Volba počtu opěrek

se určuje podle celkové délky obrobku s přihlédnutím na průměr nejdelší broušené plochy. Počet lunet při broušení válcových ploch je v tabulce.

Tříčelistové lunety (obr. č. 69) jsou uzavřené a používají se k podpírání dlouhých obrobků, např. při broušení děr, kdy je obrobek upnut jedním koncem ve sklíčidle, nebo v kuželu unášecího vřetena, a na druhém konci je podepřen lunetou. Čelisti lunet nesmějí zanechávat na obrobku žádné stopy. Jsou proto leštěné a zakalené, nebo mají vložky ze slinutého karbidu nebo z polyamidu. Dříve se tyto vložky dělaly z vlákniny nebo tvrdého dřeva. Ty se však rychle opotřebovávaly a luneta pak přestala plnit svoji funkci. Pozornost je třeba věnovat jak pečlivému a jemnému seřízení čelisti lunety, aby byl obrobek řádně vyrovnán, tak i namazání povrchu obrobku vhodným olejem, aby se povrch nepoškodil.

Tabulka

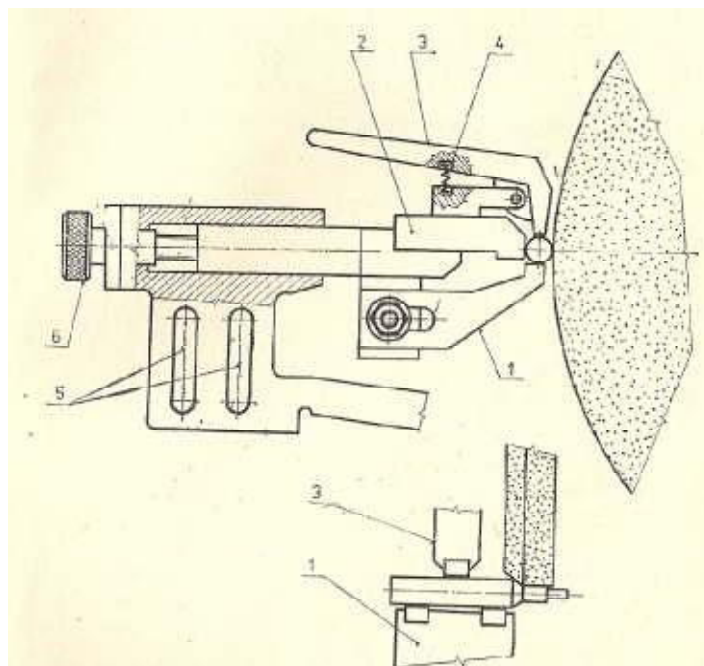
| Délka (mm) | Průměr obrobku (mm) |    |    |    |    |     |     |     |
|------------|---------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|
|            | 10                  | 16 | 25 | 40 | 65 | 100 | 160 | 250 |
| 250        | 1                   |    |    |    |    |     |     |     |
| 400        |                     | 1  | 1  |    |    |     |     |     |
| 650        |                     | 2  | 2  | 1  | 1  |     |     |     |
| 1 000      |                     |    | 2  | 2  | 1  | 1   |     |     |
| 1 500      |                     |    |    | 3  | 2  | 1   | 1   |     |
| 4 000      |                     |    |    |    | 4  | 3   | 2   | 1   |



Obr. č. 69 Tříčelistová luneta

Zvláštní význam mají opěrky při výrobě miniaturních součástí. Mají zvláštní konstrukci, jsou velmi tuhé a mají být mechanické a magnetické.

V mechanické dvoučelistové lunetě lze brousit válcové obrobky o  $\varnothing$  1 až 6mm, v magnetické lunetě pak přesné obrobky o  $\varnothing$  0,05 až 1mm. Mechanická luneta s přitlačnou čelistí (obr. č. 70) dovoluje broušení malých součástí délky od 30 do 150mm.



Obr. č. 70 Mechanická  
čelistí

luneta s přitlačnou

1 – spodní čelist, 2 – přední čelist, 3 – přitlačná čelist, 4 – pružina, 5 – výřezy pro svislé přestavení lunety, 6 – ruční kolečko pro jemné přestavení

#### Použité zdroje:

VACH Josef; Broušení nástrojů, [cit. 2011], dostupný z [www.tumlikovo.cz/brouseni.cz](http://www.tumlikovo.cz/brouseni.cz)