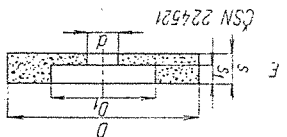
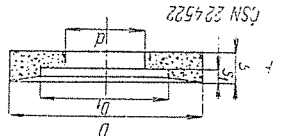
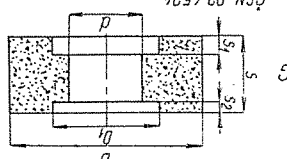
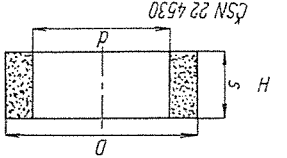
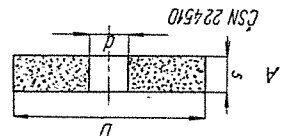
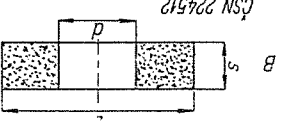
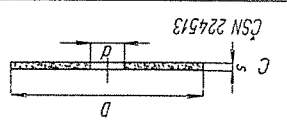
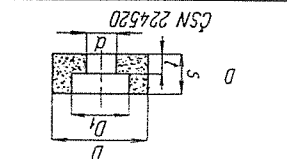
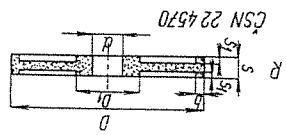
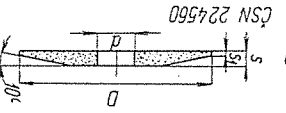
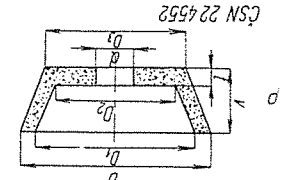
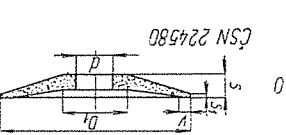


Yobrazeni, norma ČSN	Název, rozsah rozměrů v mm	Použití
 <p>ČSN 224521 D d<sub>1</sub> s H</p>	<p>Brusné kotouče na ostření vrtaček od <math>\varnothing</math> 150 × 32 do <math>\varnothing</math> 300 × 50 (<math>\varnothing D \times s</math>)</p>	<p>1 — na ostření vrtaček (brousi se tělem kotouče)</p>
 <p>ČSN 224522 D d<sub>1</sub> f s</p>	<p>Brusné kotouče se zkoseným vybráním od <math>\varnothing</math> 25 × 25 a 32 do <math>\varnothing</math> 750 × 63 až 100 (<math>\varnothing D \times s</math>)</p>	<p>1 — na vnější válcové povrchy na hrotových bruskách</p>
 <p>ČSN 224524 D d s G</p>	<p>Podávací kotouče pro bezhroté brusky od <math>\varnothing</math> 200 × 80 do <math>\varnothing</math> 350 × 200 (<math>\varnothing D \times s</math>)</p>	<p>1 — na přitlačování obráběcí k brusným kotoučům na bezhrotých bruskách</p>
 <p>ČSN 224530 D d H</p>	<p>Brusné kotouče prstencové od <math>\varnothing</math> 200 × 70 a 100 do <math>\varnothing</math> 450 × 125 (<math>\varnothing D \times s</math>)</p>	<p>1 — na rovinné povrchy na rovinných bruskách 2 — na ostření nástrojů</p>

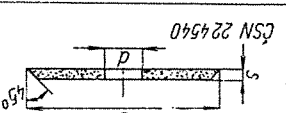
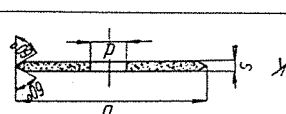
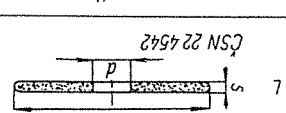
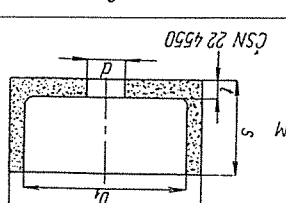
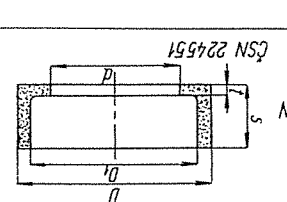
Polarizovaná tab. 5

Yobrazeni, norma ČSN	Název, rozsah rozměrů v mm	Použití
 <p>ČSN 224510 D d s</p>	<p>Brusné kotouče ploché od <math>\varnothing</math> 4 × 6 až 10 do <math>\varnothing</math> 1000 × 100 × 200 (<math>\varnothing D \times s</math>)</p>	<p>1 — na vnitřní rotační povrchy od <math>\varnothing</math> 4 × 6—10 mm do <math>\varnothing</math> 100 × 32 až 50 mm (<math>\varnothing D \times s</math>) 2 — na všeobecné broušení (ostatní) 3 — na vybrusování utvářečů třísek noží s břity ze slin. karbidu (<math>\varnothing</math> 200 × 8 mm) 4 — na broušení drážkových hřídelů</p>
 <p>ČSN 224512 B D s</p>	<p>Brusné kotouče ploché s velkým otvorem od <math>\varnothing</math> 200 × 51 × 20 až 32 do <math>\varnothing</math> 900 × 508 × 80 až 150 (<math>\varnothing D \times d \times s</math>)</p>	<p>1 — na vnější rotační povrchy na bruskách hrotových i bezhrotových 2 — na rovinné povrchy</p>
 <p>ČSN 224513 C D s</p>	<p>Rezači a drážkovači kotouče od <math>\varnothing</math> 50 × 0,3 až 1,6 do <math>\varnothing</math> 500 × 4 a 5 (<math>\varnothing D \times s</math>)</p>	<p>1 — na rezání 2 — na broušení drážek</p>
 <p>ČSN 224520 D d s</p>	<p>Brusné kotouče s jednostranným vybráním od <math>\varnothing</math> 10 × 12 do <math>\varnothing</math> 125 × 40 a 50 (<math>\varnothing D \times s</math>)</p>	<p>1 — na vnitřní rotační a na tělní povrchy na bruskách na díry</p>

Brusné kotouče  
Přehled tvarů

Vyobrazení, norma ČSN	Název, rozsah rozměrů v mm	Použití
	Brusné kotouče na třmenové kalibrky od $\varnothing 175 \times 6$ do $\varnothing 250 \times 30$ ( $\varnothing D \times s$ )	I — na broušení funkčních ploch třmenových kalibrů (na speciální brusce na třmenové kalibrky)
	Brusné kotouče kuzelové od $\varnothing 75 \times 5$ do $\varnothing 250 \times 14$ ( $\varnothing D \times s$ )	I — na ostření nástrojů se šroubovitými břity
	Brusné kotouče miskovité od $\varnothing 40 \times 20$ do $\varnothing 175 \times 55$ ( $\varnothing D \times s$ )	I — na ostření nástrojů (podbroušování fréz a výstružníků)
	Brusné kotouče talířovité od $\varnothing 75 \times 8$ do $\varnothing 250 \times 21$ ( $\varnothing D \times s$ )	I — na ostření nástrojů se zuby příčnými i ve šroubovici (fréz, výstružníky, závitníky)

Pokračování tab. 5

Vyobrazení, norma ČSN	Název, rozsah rozměrů v mm	Použití
	Brusné kotouče jednostranně zkosené od $\varnothing 75 \times 2$ až 5 do $\varnothing 350 \times 12$ až 20 ( $\varnothing D \times s$ )	I — na ostření pil
	Brusné kotouče oboustranně zkosené od $\varnothing 75 \times 2$ až 5 do $\varnothing 350 \times 12$ až 20 ( $\varnothing D \times s$ )	I — na ostření pil
	Brusné kotouče zaoblené od $\varnothing 75 \times 2$ až 5 do $\varnothing 350 \times 12$ až 20 ( $\varnothing D \times s$ )	I — na ostření pil
	Brusné kotouče hrncovité od $\varnothing 40 \times 25$ do $\varnothing 150 \times 80$ ( $\varnothing D \times s$ )	I — na ostření nástrojů (podbroušování fréz a výstružníků) na universální nástrojové brusce
	Brusné kotouče hrncovité s velkým otvorem od $\varnothing 150 \times 80$ do $\varnothing 600 \times 100$ ( $\varnothing D \times s$ )	I — na rovinné povrchy na bruskách roviných

Pokračování tab. 5

Tabulka 6 Čísla koncentrace brusné vrstvy diamantových kotoučů

Průměr a druh kotouče	Číslo koncentrace při pojivu	
	kovovém	z umělé pryskyřice
Brusné kotouče φ m/m	do 10	5
	od 10 do 30 nad 30	3,6 2,4 1,8
Řezačí kotouče	14	—

### Použití diamantových kotoučů

Diamantovými kotouči se nejprve brousí a leští nástroje ze slinitých karbidů, které svou velkou tvrdostí, vysokou tepelnou odolností a značnou odolností proti otěru nejvíce přispějí k pronikavému zvýšení produktivity obrábění v posledních desetiletích. Stejně dobře se hodí na tvrdé nekovové materiály, jako sklo apod. Výhody diamantu jako brusiva jsou patrné ze srovnání tvrdostí ocelí, slinitých karbidů a brusiv na tab. 8.

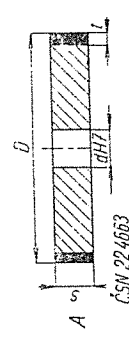
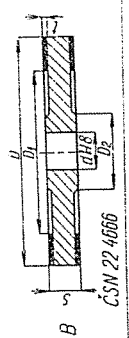
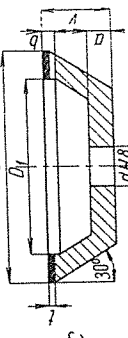
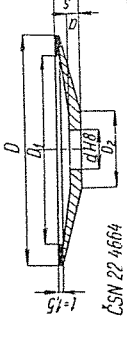
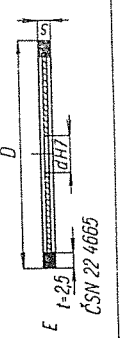
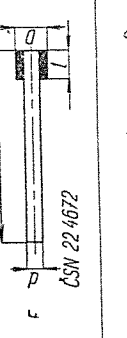
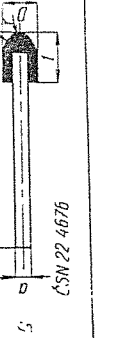
Tabulka 8 Srovnání tvrdostí broušených materiálů a brusiv

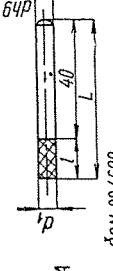
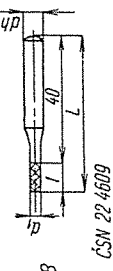
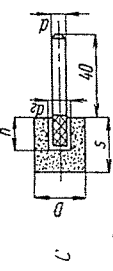
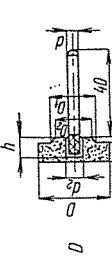
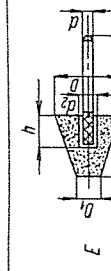
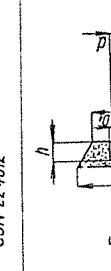
Materiál	Knoopova tvrdost kg/mm <sup>2</sup>	Brusivo	Knoopova tvrdost kg/mm <sup>2</sup>
Rychlořezná ocel kalená	740	Tavený kyslíčník hlinitý	2100
Slinitý karbid (karbid wolframu)	2300	Karbid křemíku	2550
		Karbid boru	2800
		Diamant	8000

Z těchto čísel je patrné, že při broušení nástroje z rychlořezné oceli s tvrdostí 740 kg/mm<sup>2</sup> brusným kotoučem z taveného kyslíčníku hlinitého tvrdosti 2100 kg/mm<sup>2</sup> je obrobek přibližně třikrát měkčí než nástroj. Při broušení nástroje ze slinitého karbidu tvrdosti 2300 kg/mm<sup>2</sup> brusným kotoučem z karbidu křemíku o tvrdosti 2550 kg/mm<sup>2</sup> je nástroj jen nepatrně tvrdší obrobku. Při použití diamantového kotouče je v téměř případě nástroj více než 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>krát tvrdší než obrobek.

Vedle velké tvrdosti má diamant velmi výhodnou vlastnost v krystalickém slohu. Jeho krystaly se totiž štěpí ve směru ploch základního tvaru čtyřbokého jehlanu, takže rozdrvený diamant vykazuje velmi mnoho

Tabulka 7 Diamantové brusné kotouče  
Přehled tvarů

Vyobrazení, norma ČSN	Název, rozsah rozměrů v mm
	Diamantové brusné kotouče obvočové od φ 20 × 4 až 10 do φ 200 × 12 a 16 (φ D × s)
	Diamantové brusné kotouče oboustranné od φ 100 × 80 × 9 do φ 200 × 160 × 18 (φ D × D <sub>1</sub> × s)
	Diamantové brusné kotouče miskovité od φ 40 × 15 do φ 150 × 26 (φ D × η)
	Diamantové brusné kotouče talířovité od φ 75 × 10 do φ 150 × 18 (φ D × s)
	Diamantové řezačí kotouče od φ 75 × 0,5 do φ 200 × 0,5 až 2 (φ D × s)
	Diamantové brusné kotouče válnové se stopkou od φ 2 × 2 × 4 × 44 do φ 10 × 6 × 8 × 58 (φ D × d × l × L)
	Diamantové brusné kotouče ogivální se stopkou od φ 4 × 3 × 7 × 50 do φ 10 × 6 × 15 × 60 (φ D × d × l × L)

Vyobrazení, norma ČSN	Název, rozsah rozměrů v mm
 <p>ČSN 22 4608</p>	<p>Ocelové stopky neosazené</p> <p>od <math>\varnothing 3 \times 4 \times 44</math> do <math>\varnothing 9 \times 20 \times 70</math> (<math>\varnothing d \times h_9 \times l \times L</math>)</p>
 <p>ČSN 22 4609</p>	<p>Ocelové stopky osazené</p> <p>od <math>\varnothing 3 \times 1 \times 4 \times 44</math> do <math>\varnothing 6 \times 3,8 \times 16 \times 56</math> (<math>\varnothing d \times h_9 \times d_1 \times l \times L</math>)</p>
 <p>ČSN 22 4610</p>	<p>Brusná tělíska válcová</p> <p>od <math>\varnothing 2 \times 6 \times 3</math> do <math>\varnothing 50 \times 63 \times 9</math> (<math>\varnothing D \times s \times d</math>)</p>
 <p>ČSN 22 4611</p>	<p>Brusná tělíska osazená</p> <p>od <math>\varnothing 4 \times 1,6 \times 3</math> do <math>\varnothing 50 \times 10 \times 6</math> (<math>\varnothing D \times s \times d</math>)</p>
 <p>ČSN 22 4612</p>	<p>Brusná tělíska kuželová</p> <p>od <math>\varnothing 3 \times 2 \times 6 \times 3</math> do <math>\varnothing 40 \times 25 \times 12 \times 6</math> (<math>\varnothing D \times D_1 \times s \times d</math>)</p>
 <p>ČSN 22 4613</p>	<p>Brusná tělíska plochá kuželová</p> <p>od <math>\varnothing 16 \times 10 \times 6 \times 3</math> do <math>\varnothing 32 \times 16 \times 20 \times 6</math> (<math>\varnothing D \times D_1 \times s \times d</math>)</p>

ostrých, rovných řezných hran. Karbid křemíku a tavený kyslíčnk limitý tuto štěpnost nemají, neboť jejich krystaly se při rozdrčení rozpadají na nepravidelná zrnka kulového tvaru s malým počtem ostrých řezných hran.

### Brusná tělíska

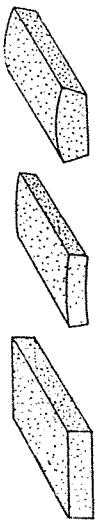
jsou malé brusné rotační nástroje. Jejich tvary a velikosti stanovené souborem norem ČSN 22 4608 až 22 4619 jsou na tab. 9.

Brusná tělíska mají válcové dutiny, do kterých se tmelí ocelové stopky nebo závitové vložky, do nichž se ocelové stopky zašroubují. Za stopku se upínají v mechanických nástrojích (pneumatikých a elektrických).

Používá se jich nejvíce v nářadovnách, zejména při výrobě razidel a zápusťek, dále na čistění odlitků v místech špatně přístupných a konečně při úpravě svarů na velkých součástech.

### Brusné segmenty, honovací a superfinišovací kameny

Brusné segmenty (obr. 1) jsou nástroje, které se ve větším počtu upínají na obvodu ocelového kotouče tak, že s ním tvoří segmentový kotouč.



Obr. 1. Brusné kameny a segmenty.

Segmentové kotouče jsou různých typů a mají několik významných výhod proti hrcovitému kotoučům celistvým, zejména podstatně větší účinnost pro lepší odvod třísek mezerami mezi segmenty a lepší chlazení. Proto se jich hojně používá, zejména na broušení větších rovinných ploch a na neobrobené hrubé povrchy.

Honovací kameny jsou nástroje, které se ve větším počtu upínají na obvodu ocelového nástroje, s nímž tvoří honovací hlavu. Tato hlava je nástrojem u honovacích strojů, popsaných na straně 265.

Superfinišovací kameny jsou nástroje, které se upínají v ocelovém držáku s nímž tvoří superfinišovací hlavu. Tato hlava je nástrojem u strojů na superfiniš, popsaných na str. 270 až 274.

### Jakost brusných nástrojů

Jakost brusných nástrojů se posuzuje podle druhu a zrnitosti brusiva (viz ČSN 22 4010 až 22 4013), podle tvrdosti (tj. soudržnosti) nástroje a podle jeho slohu (struktury) a konečně podle druhu pojiva.

Vyobrazení, norma ČSN	Název, rozsah rozměrů v mm
<p>G ČSN 22 4614</p>	Brusná tělíska kuželová zaoblená od $\varnothing 16 \times 16 \times 3$ do $\varnothing 40 \times 40 \times 6$ ( $\varnothing D \times s \times d$ )
<p>H ČSN 22 4615</p>	Brusná tělíska válcová zaoblená od $\varnothing 12 \times 16 \times 3$ do $\varnothing 25 \times 32 \times 6$ ( $\varnothing D \times s \times d$ )
<p>I ČSN 22 4616</p>	Brusná tělíska ogivální od $\varnothing 6 \times 10 \times 3$ do $\varnothing 20 \times 40 \times 6$ ( $\varnothing D \times s \times d$ )
<p>K ČSN 22 4617</p>	Brusná tělíska válcová kuželovitě zakončená od $\varnothing 6 \times 16 \times 3$ do $\varnothing 40 \times 40 \times 6$ ( $\varnothing D \times s \times d$ )
<p>L ČSN 22 4618</p>	Brusná tělíska kotoučová oboustranně zkosená od $\varnothing 16 \times 10 \times 4 \times 3$ do $\varnothing 40 \times 25 \times 10 \times 6$ ( $\varnothing D \times D_1 \times s \times d$ )
<p>M ČSN 22 4619</p>	Brusná tělíska kulová od $\varnothing 6 \times 3 \times 3$ do $\varnothing 32 \times 16 \times 6$ ( $\varnothing D \times h \times d$ )

**Tvrdość (soudržnost) brusného nástroje**

(odpor, který klade pojivo proti vylomení nebo uvolnění jednotlivých zrn brusiva z nástroje) závisí zejména na druhu a množství pojiva a označuje se písmeny velké abecedy podle tab. 10. Výjimku tvoří superfinišovací kameny, jejichž tvrdość se označuje čísly (viz tab. 40).

Tabulka 10 Značení tvrdości brusných nástrojů

Stupeň tvrdości (soudržnosti)	Označení			
Velmi měkký	E	F	G	K
Měkký	H	I	J	O
Střední	L	M	N	S
Tvrký	P	Q	R	—
Velmi tvrdý	T	U	V	—
Zvlášť tvrdý	X	Y	Z	—

Určitý stupeň tvrdości brusného nástroje je vhodný k broušení určitého materiálu, jestliže se brusná zrna uvolňují, jakmile se otupí. Je-li brusný kotouč příliš tvrdý, otupená brusná zrna se včas nevytlamují, brusný kotouč se zahřívá a musí se orovnat (naostřit). Je-li zase brusný kotouč příliš měkký, uvolňují se brusná zrna dřívě, než se otupila (broušení je neohospodárné).

**Sloh (struktura) brusného nástroje**

(poměr objemu hmoty, tj. brusiva a pojiva v určité objemové jednotce — zpravidla 1 cm<sup>3</sup> — k objemu této jednotky) je podle účelu i pojiva různé hutný a označuje se pořadovými čísly 1 až 15, jimž přísluší určité hodnoty pórovitosti vyjádřené v procentech podle tab. 11.

Póry jsou prostory mezi jednotlivými brusnými zrnky a pojivem. Jsou mezi sebou spojeny a prostupují celým nástrojem. Ostré hrany brusných zrn pracují svými nepravidelnými řeznými úhly jako zuby frézy. Póry, které jsou zubovými mezerami brusných zrn, umožňují vytváření velmi jemných třísek. Pórovitějších brusných nástrojů se používá na měkčí materiály a naopak hutnějších na tvrdší materiály. Pórovitější brusnými nástroji se ubírají větší třísky. Kotouče s velkou pórovitostí mají lepší řezné vlastnosti a méně se zahřívají teplem vznikajícím třením brusných zrn o broušený materiál. Jsou také lehčí a méně namáhají vřeteno a ložiska brusky, čímž šetří stroj i energii. Hodí se k broušení houževnatého materiálu při poměrně velké styčné ploše.



petroleje. Tyto materiály se rozpustí a dokonale smíchají s brusivem; směs se odlévá do forem tvaru válce nebo hranolu.

Zabrušovací schopnost past se měří tloušťkou vrstvy materiálu v  $\mu$  ubíraného pastou za určitých podmínek.

#### Brusné a lešticí papíry a plátna

Jsou to brusné pomůcky velmi používané v kovoprůmyslu, zejména k čistění a leštění oceli, šedé litiny, ocelolitiny, barevných kovů a jejich slitin.

Rozdělují se podle zrnitosti brusiva a podle druhu podkladu. Podkladem jsou papíry, plátna a kombinace papírů a pláten. Papíry musí být přiměřeně těžké, houževnaté, pevné a hladké. (Váha 1 m<sup>2</sup> podkladového papíru je od cca 125 g do 220 g).

Plátna jsou odolnějším druhem podkladu a jejich jakost se posuzuje podle počtu vláken a jejich tloušťky. U kombinace papíru a plátna je papír hlavní složkou podkladu, na kterou se nalepí bílé plátno nejlehčího druhu.

V kovoprůmyslu se těchto brusných pomůcek používá na obklady ohebných kotoučů, zejména ve výrobě plechového a kovového zboží, kde jimi lze výhodně obrubit i dutiny, zaoblené a křivé plochy, nerovnosti apod.

Zvlášť významné je použití brusných pásů na pásových bruskách různých typů, z nichž nejnovější typy jsou neobyčejně výkonné. Brusné plátno pečlivě stmelené v nekonečný pás se na takovém stroji pohybuje rychlostí až 2000 m/min, takže se dosahuje velkých výkonů.

#### Upínání brusných nástrojů

Před použitím je třeba se přesvědčit o tom, zda rozměry, zrnitost a tvrdost kotouče se shodují s údaji na něm uvedenými (viz označení), aby z možných záměny a nedopatření nevznikly zbytečné škody. Zároveň se kotouč podrobí pečlivé prohlídce. Ve výrobním závodě byl sice před odesláním důkladně zkontrolován, avšak není vyloučeno jeho pozdější poškození při dopravě nebo ve skladu. Zkouší se obvykle lehkým poklepem, k čemuž se použije buď násady šroubováku, nebo dřevěné paličky. Brusný kotouč je při tom navlečen na trn. Podle druhu a velikosti kotouče je při poklepu slyšet různé jasné tóny. Dává-li kotouč místo jasného tónu křáplavý zvuk, má tlhlinu a nesmí se ho použít.

Způsob upnutí brusných kotoučů a tělísek závisí na jejich druhu, tvaru a velikosti (obr. 2, 3).

Velké brusné kotouče se upínají na vřetená přírubami různých typů podle tvaru a velikosti kotouče. Kotouč se nasazuje na trn, hřídel či přírubu volně, nikoliv však přílišně. Nikdy se nesmí použít násilí, neboť kotouč by snadno mohl prasknout. Protože díry brusných kotoučů (stejně jako ostatní jejich rozměry) jsou stanoveny ČSN 22 4510 a další, není obtížné mít v po-

Brusné pomůcky se dělí na brusné, lešticí a lapovací prášky a pasty a na brusné a lešticí papíry a plátna.

Jakost brusných pomůcek se posuzuje podle druhu a zrnitosti brusiva a podle pojiva, nebo podle podkladu (druh papíru nebo plátna apod).

#### Brusné, lešticí a lapovací prášky

Těchto prášků se používá k zabrušování, leštění a lapování. Výrazu zabrušování používáme zejména pro konečnou úpravu dosedacích ploch součástí, jež mají k sobě těsně přilnout. Lapováním nazýváme operaci, již lze dosáhnout největší přesnosti rozměrů a nejhladších povrchů (přesná měřidla, kluzné povrchy ložisek apod). Dosážitelná přesnost rozměrů jež až 0,1  $\mu$  a jakosti lapované plochy nelze dosáhnout žádnými jinými mechanickými způsoby. Nástroje jsou jednak brusivo, jednak zabrušovací a lapovací nástroje (desky, trny, kroužky).

Brusné, lešticí a lapovací prášky lze rozdělit do dvou skupin podle toho, zda se do materiálu zatlačují či nikoliv. Brusivo, jež se do materiálu nezatlačuje (např. červený okr, pemza), ubírá stejné množství materiálu z obou povrchů o sebe se troucích, jsou-li z materiálu přibližně stejné tvrdosti.

Brusivo, jež se do materiálu zatlačuje (např. smírek, umělý korund a diamantový prášek), vyžaduje, aby jeden z povrchů, tj. povrch nástroje byl z měkčího materiálu, než druhý. Drobná brusná zrna se pak zatlačují do měkčího povrchu nástroje, takže vzájemný pohyb mezi zabrušovanou plochou obrobku a bezpočetnými zrny je nepoměrně větší, než mezi brusnými zrny a nástrojem. Ačkoliv je tedy nástroj měkčí, obrušuje se tvrdý povrch obrobku značně více.

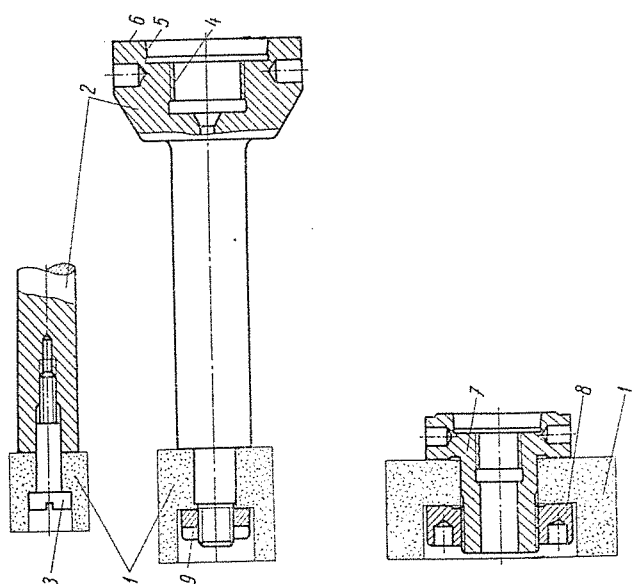
Hladkých ploch lze dosáhnout jen tehdy, jsou-li brusné prášky stejnoměrné zrnitosti; jinak se v zabrušovaném povrchu objeví rýhy. Čím větší přesnost a hladší povrch jsou předepsány, tím jemnější zrnitost prášku je třeba zvolit. Nejhladší povrchy je třeba lapovat ve dvou či třech operacích s brusivem postupně jemnějším. S prášky se pracuje buď za sucha, nebo s kapalinou (strojní olej, petrolej s přísadou oleje, různé emulze a na leštění benzín), která rovnoměrněji rozděluje brusná zrna, zmírňuje teplo vznikající třením a urychluje zabrušování chemickým pochodem, který provází řeznou činnost brusných zrn. (Urychluje se totiž tvoření kyslíčků na zabrušovaném povrchu a tyto kyslíčnky se brusnými zrny snadno stáhávají.)

#### Brusné, lešticí a lapovací pasty

K zabrušování, leštění a lapování se často používá past, jejichž složení bývá velmi různé. Jsou buď tukové, nebo rozpustné ve vodě. Tukové pasty obsahují 75 až 85 % brusných prášků (jemné pasty méně, hrubé více), asi 10 % stearinu, 5 až 10 % tuku (nejlépe přeskvařeného loje) a asi 20 %

Příruba pro široké brusné kotouče i prstence mají vyvažovací drážku se závažíčky. Přírubu tohoto typu, pro bezhrotové i moderní hrotové brusky se širokými kotouči je vidět na obr. 2b.

Brusné kotouče prstencové se uchycují speciálními tmely na lícních deskách podle obr. 2c. Postup tmelení závisí na druhu tmele. Do lícní desky 2 se vytáčí rybinovitá drážka, ve které je prstencový kotouč 1 tmelem 3 lépe uchycen. Tyto kotouče lze též na přírubu nalepit.



Obr. 2. Upanutí brusných kotoučů: 1 — brusný kotouč; 2 — upínací nástavec k broušicímu vřetení; 3 — šroub; 4 — závit pro konec vřetená; 5 — středící kužel; 6 — dosedací plocha; 7 — přírubový nástavec; 8 — kruhová matice.

**Lepení brusných kotoučů pro stroje BE 1 a BSBK**

Příprava směsi a poměr mísení;

2/4 magnesitu (prášek),

1/4 korundu, zrnění 180—200,

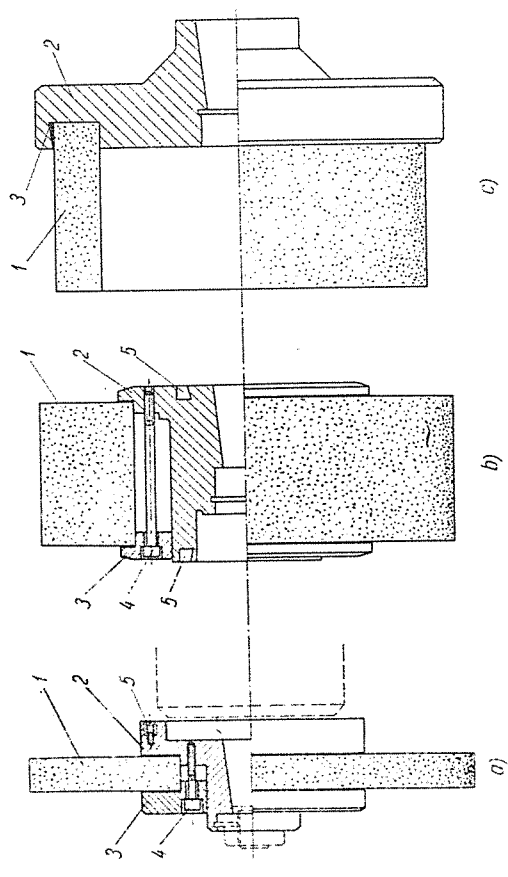
1/4 chlorid hořečnatý (tekutina).

Směs dobře promíchat.

Spotřeba směsi na 1 stroj 1,75 kg.

rádku upínací pomůcky. Musí-li se však použít kotouče s větší vůlí než asi 0,6 až 0,8 mm, je třeba díru vyplnit tmelem nebo zalít olovem a znovu vyvrtat na přiměřenou velikost.

Brusné kotouče ploché se nejjednodušeji upínají podle obr. 2. Obě upínací příruby musí být stejného průměru, nejméně 1/3 průměru brusného kotouče. Na kotouč smějí dosedat pouze na čelech. Mezi přírubou a kotoučem se vloží kroužky z měkké lepenky, po případě pryže či jiné pružné hmoty. Příruba



Obr. 2. Upanutí brusných kotoučů:

a — ploché kotouč s velkým průměrem díry (1 — brusný kotouč; 2 — příruba; 3 — upínací prstěnek; 4 — šroub; 5 — vyvažovací závaží); b — široký kotouč pro bezhrotou brusku (příruba podobné konstrukce, vyvažovací závaží zpravidla po obou stranách); c — kotouč prstencový (1 — brusný kotouč; 2 — lícní deska; 3 — lepicí tmel).

se nesmějí utahovat násilím, aby se kotouč v provozu namáhaný neroztrhl. Přílišným utahením lze také přírubu deformovat, takže se plocha styku s kotoučem přenesne nebezpečně blízko k díře.

Malé brusné kotouče ploché (do  $\varnothing$  100 mm) na vnitřní broušení se upínají podobně jako brusné kotouče s jednostranným vybráním (obr. 3).

Brusné kotouče ploché s dírou velkého průměru se upínají na přírubu podle obr. 2a. Kotouč 1 se volně navlékne na přírubu 2, ke které se upne prstěncem 3. Šrouby 4 se musí rovnoměrně utahovat, a to střídavě proti sobě po obvodu kotouče. Nejsou-li na obou stranách upínaného kotouče nalepeny kroužky z měkké lepenky, musí se mezi přírubu, kotouč a prstěnek vložit. Upanutý brusný kotouč se před nasazením na kuželový konec vřetená vyvažuje přemístováním závažíček 5 způsobem dále popsaným.

Množství materiálu pro směs:

89 dkg magnésitu,

43 dkg korundu,

43 dkg chloridu hořečnatého.

K dosažení dobrého výsledku při lepení doporučuje se zachovat tyto základní podmínky:

1. přírubu odmastit acetonem,
2. zalepit otvory papírem (jako lepidla použít vodního skla),
3. vložit přírubu do přípravku,
4. na povrch příruby a kotouče tence nanést chlorid hořečnatý,
5. na povrch příruby nanést směs chloridu hořečnatého, magnésitu a umělého korundu (vrstva asi 6 mm), přiložit brusný kotouč a zatlačit do směsi, ustřídit, očistit přírubu od přebytku směsi, vyjmout z přípravku a dát schnout 48 h při 18 °C.

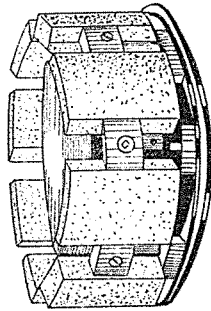
Brusné kotouče s jednostranným vybráním jsou určeny k vnitřnímu a čelnímu broušení a upínají se proto na upínací pomůcky vybrušovacího vřeten podle obr. 3. Menší kotoučky 1 (do  $\varnothing$  60 mm) se upínají na nástavce 2 buď šroubkem 3 (nejmenší kotoučky) nebo maticí 8 (kotoučky do  $\varnothing$  100 mm). Největší kotouče s jednostranným vybráním ( $\varnothing$  100 a 125 mm) se upínají na přírubové nástavce 7 kruhovými maticemi 8.

Oba tyto druhy nástavců musí tvořit s vybrušovacími vřetenem co nejužší celek. Při našroubování na konec vřeten se závitem 4 se ustředí kuželem 5 a dosednou na čelní plochu 6.

Na tyto nástavce lze rovněž upínat brusné kotouče ploché na vnitřní broušení.

Ostatní brusné kotouče se vesměs upínají na příruby vhodné přízůsobené tvaru a velikosti kotouče a konci vřeten stroje.

Brusné segmenty se upínají v segmentových hlavách četných konstrukcí. Jednoduchá segmentová hlava je na obr. 4. Podobně jako brusných segmentů se používá i malých prstenců, které se upínají na obvody velkých hlavic natmelené v lících deskách.



Obr. 4.  
Jednoduchá segmentová brusná hlava.

## D. VYVAŽOVÁNÍ BRUSNÝCH KOTOUČŮ

Odstředivé síly nevyvážených rotujících hmot jsou zdroji chvění, které na stroj působí velmi nepříznivě. Čím větší je hmota a čím větší je počet jejích otáček, tím větší jsou odstředivé síly, které vzrůstají se čtvercem

otáček. Proto musíme vyvažovat i brusný kotouč, který by jinak nepřiměřeně namáhal ložiska vřeten, na kterém je uložen. Záronež by chvění, vzniklé nevyvážeností kotouče, znemožnilo dosáhnout dobré jakosti broušeného povrchu. Konečně i výkon chvějícího se kotouče je podstatně menší než výkon dosažitelný s velmi dobře uloženým a vyváženým kotoučem, zejména na dobrém tuhém stroji.

Špatné výsledky práce s nevyváženým kotoučem se postupujícím opotřebením ložisek vřeten ještě dále zhoršují a vzrůstající odstředivé síly mohou kotouč také roztrhnout a způsobit neštěstí. Proto je třeba vyvažování brusných kotoučů věnovat největší péči.

Brusné kotouče dodávané výrobními závody jsou sice vždy vyvážené, avšak musí se před použitím vždy vyvážit znovu, podle potřeby i několikrát, neboť jejich hmota se při práci zmenšuje, a tím se může u opotřebeného kotouče stav nevyváženosti značně změnit.

Ze dvou hlavních způsobů vyvažování, tj. statického a dynamického, je používanější způsob statický. Nejnověji k nim přistupuje vyvažování automatické.

### Statické vyvažování

Vyvažované těleso se ponechá volně kývat kolem své osy otáčení, až se zastaví v poloze, ve které je těžiště nejníže. Na profílehlou stranu se pak přidávají přívažky tak dlouho, dokud se těžiště tělesa neposune do osy rotace. Tento stav nastane, když vyvažované těleso zůstává nehybné v libovolné poloze.

K statickému vyvažování brusných kotoučů se obvykle používá vyvažovacích stojánků (kozlíků), někdy též vyvažovacích vah.

### Vyvažování na stojánku

Kotouč usazený a upnutý na přírubě způsobem popsáním v předcházející stati se před vyvažováním dokonale orovná na čele i na obvode, aby házel co nejméně. Nasadí se na vřetenou brusku a orovná se karborundovým nebo diamantovým orovnávačem vedeným rukou, a to pod proudem chladicí kapaliny, aby se co nejvíce omezilo znečištění stroje odpadovým brusivem. Po obtažení kotouč zůstane ještě chvíli běžet, aby se z něho odstředivou silou odstříkala chladicí kapalina, která by na přesnost vyvážení měla velmi nepříznivý vliv.

Pak se brusný kotouč sejme se stroje, nasadí se na vyvažovací trn (obr. 5) a upne se na něj maticí. Před vyvažováním je třeba se přesvědčit, zda vyvažovací stojánek je řádně uložen na tvrdém podkladě a ustaven do vodovorné polohy. Vodováha se přikládá na stojánek v obou na sebe kolmých směrech a stojánek se ustavuje vyrovnávacími šrouby v základně.

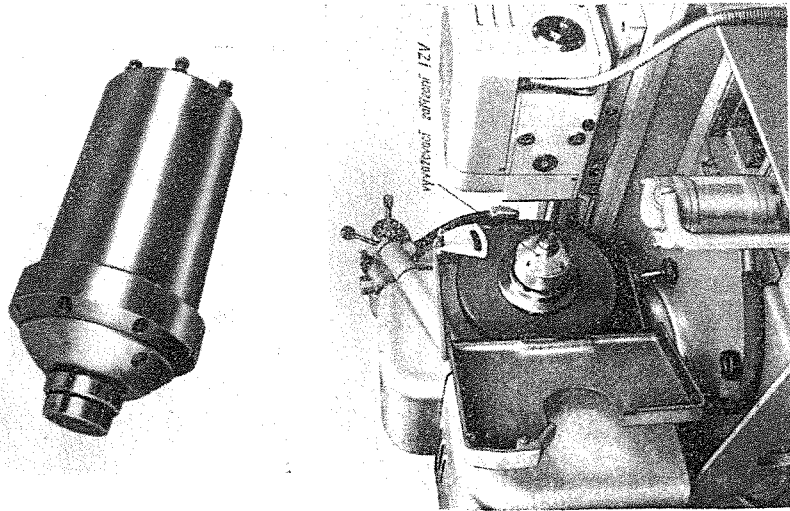
Trn s kotoučem se uloží na válcové trny I vyvažovacího stojánku, načež



## Dynamické vyvažování

je metoda vyzádující speciální vyvažovačky, u které se měří chvění (vibrace) ložisek.

Vyvažovaný kotouč se ukládá na pružné podpěry, které se chvějí působením odstředivých sil. Velikost vibrací, která je měřítkem nevyváženosti,



Obr. 7. Vyvažovací zařízení IZV:  
a — celkový pohled; b — namontované na brousicím vřetenu.

měří se elektrickými přístroji a kotouč se pak vyvažuje závažími ve dvou rovinách, prakticky na jeho obou stranách. Tohoto způsobu je třeba použít u širokých brusných kotoučů, kterých se používá při zapichovacím broušení, zejména bezhrotém.

Dynamické vyvažování brusných kotoučů brusí sám neobstarává, a proto se jím podrobněji zabývat nebudeme.

Zdlouhavost statického i dynamického vyvažování vyvolala úsilí o rychlejší způsoby vyvažování přímo na stroji. Z nich pro brousicí stroje mají největší význam automatická vyvažovací zařízení, jimiž jsou vybaveny některé nejlepší stroje světových značek.

## Vyvažovací zařízení IZV (obr. 7)

je čs. přístroj s přemístitelnou hmotou, která se při vyvažovacím pochodu sama přemísť tak, že vyloučí vliv excentricky uloženého těžiště kotouče a přivede společné těžiště celku do osy otáčení.

Toto vyvažovací zařízení, použitelné na nových i na dosavadních strojích kteréhokoliv typu, lze montovat na přírubu brusného kotouče nebo na zadní stranu vřetena (na řemenici). Je jednoduché a jeho vhodné volené velikosti postačí vyrovnat celou nevyváženost, jaká se na kotouči může vyskytnout. Velkou jeho výhodou je, že jím lze brusný kotouč po každém orovnání v několika vteřinách vždy znovu vyvážit přímo na stroji při provozním počtu otáček a udržovat ho takto bez ztráty času trvale ve stavu největší vyváženosti. Toto výborné zařízení je však ještě po měrně vzácné, a proto je třeba si osvojit běžnou metodu statického vyvažování co nejlépe a zařízení IZV nejnižší možností zavádět.

## E. OROVNÁVÁNÍ BRUSNÝCH KOTOUČŮ

### Proč orovnávané brusné kotouče?

Orovnání je úprava geometrického tvaru brusného kotouče (kotouč nesmí házet) a obnova jeho řezné schopnosti po otupení v průběhu práce. Ideální brusný kotouč správně zvoleného druhu, tj. z vhodného brusiva správné zrnitosti, vhodné tvrdosti (soudržnosti), slohu a pojiva, měl by se za přírodních pracovních podmínek ostřit sám. Brusná zrna by se měla třítit nebo vylamovat, jakmile jejich otupení, a tím i vzrůst řezného odporu překročí určitou mez. Takto by se měly plynuce obnažovat nové řezné hrany brusných zrn až do spotřebování brusného kotouče. Jestliže je možno dosáhnout tak ideálního stavu jen velmi zřídka, pak je třeba správnou volbou kotouče usilovat alespoň o dosažení podmínek ideálního stavu co nejbližších. Přitom je však třeba mít též na zřeteli, že samoostřící kotouče s příliš rychle se uvlnujícími zrny se opotřebují rychleji, než je hospodárné. Naopak kotouče větší tvrdosti (soudržnosti) mohou vykazovat neobyčejnou trvanlivost a přece nejsou hospodárné, neboť nás nemůže uspokojit jejich

výkon. Proto se volí střední cesta mezi samoostřením a trvanlivostí kotouče, tj. tvrdost o něco větší nežli vyžaduje samoostření, a kotouč se musí občas orovnat.

Brusné zrno při broušení nevniká do obrobku celou svou obnaženou částí, takže mezi pojívem kotouče a obrobkem zůstává určitý prostor pro třísky. Tyto mezery se s postupujícím otupováním brusných zrn zmenšují a mohou úplně zmizet, jestliže se zaplní třískami. Pak vzrůstajícím třením vzrůstá i teplota, což se projevuje ihned na broušeném povrchu zabarvením. Zabráníme tomu včasným orovnááním, tj. záklukem, při kterém se zároveň s úpravou geometrického tvaru kotouče vylomí otupené části brusných zrn nebo celá zrna a přitom se obnoví třískové mezery.

### Orovnávací nářadí

Podle použitého materiálu rozdělujeme orovnávače brusných kotoučů takto:

1. ocelové,
2. ze slinitých karbidů,
3. keramické (z karbidu křemíku),
4. diamantové.

Bezdiamantových orovnávačů se používá u všech běžných broušení pro úsporu vzácného diamantu, tj. u broušení válcových ploch na bruskách hrotových i bezhrotových, broušení rovinných povrchů a při ostření nástrojů.

Diamantových orovnávačů se používá pro zachování a tvarové broušení, pro broušení ozubení, závitů, klínových hřídelů a podobné přesné práce.

#### Ocelové orovnávače

jsou dvou základních druhů:

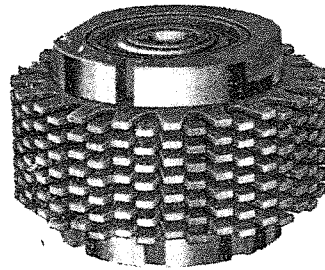
- a) kolečkové orovnávače,
- b) zamačkávací frézy.

#### Orovnávací kolečka (obr. 8)

mají různý tvar a velikost podle účelu použití. Jsou jednotlivě nebo po několika uložena na kuličkových ložiskách ve vidlicovitých držácích a od sebe jsou oddělena rozpěrnými kroužky.

Vylamují celá zrna z brusných kotoučů a ostří je tak, že velmi dobře ubírají materiál.

Kolečka do stran zvlněná nebo ozubená jsou vhodná na brusné kotouče pro hrubovací práce a na méně jakostní broušené povrchy. Kolečka hladká



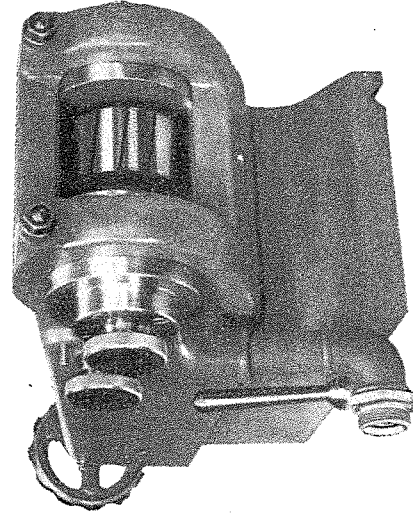
Obr. 8. Ocelový orovnávač kolečkový (složený).

a zejména široká jsou k jemnému orovnáání brusných kotoučů určených k dosažení hladších povrchů.

Při orovnáání plochých brusných kotoučů (na obvodě) se kolečkový orovnávač upíná tak, aby jeho osa byla rovnoběžná s osou brusného kotouče. Přisune se k rotujícímu brusnému kotouči, až se roztočí, načež se brusný kotouč orovnáá stranovým posuvem. Při orovnáání hrncovitých brusných kotoučů na čele se osa orovnávače nastavuje kolmo na osu brusného kotouče. Přísuv se má udržovat v mezích 0,2 až 0,3 mm, neboť větší i menší přísuv vyvolává příliš rychlé opotřebení orovnávacích kotoučů. Po skončení orovnáání se kotouč vždy přejede orovnávačem několikrát bez přísuvu. Posuv se doporučuje dvojitý: nejprve hrubé orovnáání s posuvem 1 až 2 m/min a pak jemné orovnáání s posuvem asi polovičním.

### Zamačkávací frézy

jsou důležité nástroje na tvarové orovnáání brusných kotoučů drcením. Hojně se jich používá při broušení válcových i rovinných povrchů, při broušení bezhrotovém a při broušení závitů. Mají tvar, který brusný kotouč má vybrousit do obrobku. Pracují ve velmi tuhých přístrojích, upínaných na brusku tak, aby se fréza mohla přisouvat k brusnému kotouči (obr. 9).



Obr. 9. Profilová zamačkávací fréza a zamačkávací přístroj.

Zamačkávací fréza se k brusnému kotouči v klidu přisune tak, aby mezi nimi vznikl dotyk. Pak se buď fréza (vlastním elektromotorem nebo převodem od vřeteníku), nebo brusný kotouč roztočí tak, aby se fréza otáčela obvodovou rychlostí asi 50 až 100 m/min. Pak se přísuvem 3 až 25  $\mu$  na 1 otáčku brusného kotouče fréza zamačkává do kotouče, až mu dá svůj tvar. Tato

operace je velmi rychlá a trvá jen několik minut při tvarování nového brusného kotouče a jen několik vteřin při orování kotouče již vytvarovaného.

Zamačkávacích fréz se používá k orování kotoučů s keramickým pojivem, neboť u kotoučů s organickým pojivem nebylo dosaženo uspokojivých výsledků. U kotoučů s pojivem z umělé pryskyřice lze ještě počítat s uspokojivým vývojem. Nejvíce se používá kotoučů střední tvrdosti z taveného kyslíkatku hlinitého a z karbidu křemíku zrnitosti 120 až 220. Zrnitost ovšem závisí vždy na poloměru nejmenšího zaoblení, které je třeba zamačkávat. Pro rovinné brusky se používá měkčích kotoučů od F do K, ponejvíce H, I, J. Na broušení válcových ploch jsou vhodné kotouče tvrdosti K až M.

Výhodou zamačkávacích fréz je rychlost tvarování a orování, a to i některých tvarů, které nelze dobře tvarovat diamantem, jehož držák musí mít určité minimální rozměry. Brusný kotouč orovaný zamačkávací frézou brousí rychleji a chladněji, než kotouč orovaný diamantem, neboť diamant mnohá brusná zrna otupuje. Proto je také úspornější ve spotřebě energie.

Nevýhodné jsou zamačkávací frézy tam, kde je třeba vytvářet ostré hrany, nebo například svislé stěny drážek, na které nelze působit dostatečným tlakem. Námítka omezené a kolísavé přesnosti, která se někdy uvádí jako nevyhnutelný následek postupného opotřebení frézy, nezdá se zcela oprávněná. Na rovinných bruskách lze například používat zároveň se zamačkávací frézou i kalibrovací frézy, která přesně orovná brusný kotouč při zjištění opotřebení zamačkávací frézy. Přesně orovaným kotoučem se pak zamačkávací fréze dá původní správný tvar. Rovněž brusné kotouče na závrtových bruskách lze orovávat zamačkávacími frézami stejně přesně jako diamantem. I pro nepřesnější závit (u měřidel) lze zamačkávací frézy použít asi čtyřikrát, což při čtyřnásobné šířce dává 16 použití bez přebroušení.

#### Orovníče ze slinutých karbidů

jsou stejné konstrukce jako ocelové orovníče a používá se jich stejným způsobem.

#### Keramické orovníče

(z karbidu křemíku) mají tvar plochých nebo miskovitých kotoučů a tyčí kruhového nebo čtvercového průřezu. Musí být vždy tvrdší, než je orovníčový brusný kotouč. Kotoučový keramický orovníč je na obr. 10.

Ploché keramické kotouče je uloženo na kuličkových ložiskách v držáku, který musí být velmi ztuha usazen na brusce.

K brusnému kotouči se nastavuje tak, že jeho osa svírá s osou kotouče určitý úhel. Při stranovém posuvu orovníčového kotouče se pak orovníčový povrch brusného kotouče drtí a zároveň stírá. Posuv může být větší než u kotoučů ocelových nebo ze slinutých karbidů a volí se nejprve asi 2,5 až 4 m/min, načež se postupně zmenšuje až do konečné hodnoty 1,5 až

2,5 m/min. Příslus se před dokončením orování rovněž postupně zmenšuje.

Keramické orovníče jsou výhodné pro jemné orování brusných kotoučů. Používá se jich u kotoučů na broušení součástí motorů (klikových hřídel, pístů, vačkových hřídelů) a u kotoučů bezhrotých brusok. Při orování kotoučů na broušení měkkých materiálů jsou vhodné, nežli než orovníče diamantové, jejichž stopy mohou být na broušeném povrchu patrné. Velkou výhodou keramických orovníčů je také snadnost použití, k němuž není třeba velké zručnosti ani pečlivého zacházení, které jsou u ostatních druhů směs nezbytné.

Orování vyžaduje velmi bohatý přítok chladící kapaliny.

Miskovitých kotoučů a tyčí se používá jako ručních orovníčů, zejména v nářadovnách. Někdy se jimi brusné kotouče orovávají jen na hrubo, kdežto na čisto pak diamantem.

#### Diamantové orovníče

jsou nejdokonalější orovníče pro přesné práce a kvalitní broušení povrchy. Jsou výkonné a všestranně použitelné. Jejich nevýhodou je, že jsou citlivé na nárazy a změny teploty a zejména že jsou drahé, takže se jimi musí šetřit.

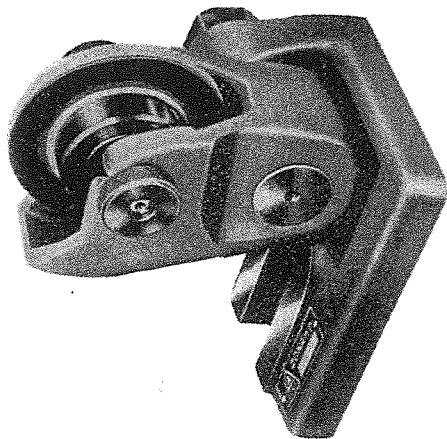
Diamantový orovníč (ČSN 22 4900) se skládá z diamantové suroviny, držáku a pojiva.

Diamantová surovina je

kámen tj. celistvý krystal, nejlépe osmístěn; osmístěn má 6 hrotů, jichž se musí postupně využít, bort tj. diamantová drť, úlomky, odpad, diamantový prach tj. jemně rozdrčený diamant.

Držák diamantu je tvarem závislý na použití a na velikosti a geometrickém tvaru diamantu. Podle něho se diamantové orovníče dělí na:

- orovníče s válcovou stopkou,
- orovníče s válcovou stopkou a hlavou,
- orovníče s kuželovou stopkou (metrický kužel 6, Morseův 0 a 1),
- orovníče s kuželovou stopkou a hlavou.

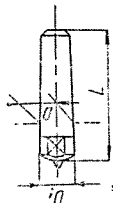
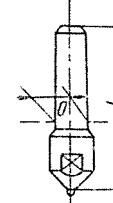
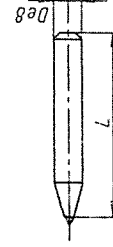
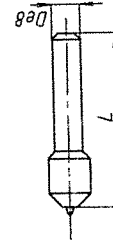
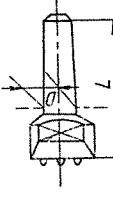
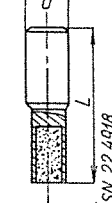


Obr. 10. Keramický orovníč.

Tabulka 12

Diamantové orovnávače

Přehled

Výobrazení, norma ČSN	Název	Osazení velikostí
 ČSN 22 4913	Diamantové orovnávače s kuželovou stopkou Morseovou	Morseova stopka 0 Morseova stopka 1
 ČSN 22 4914	Diamantové orovnávače s kuželovou stopkou Morseovou a s hlavou	Morseova stopka 0 Morseova stopka 1
 ČSN 22 4915	Diamantové orovnávače s válcovou stopkou	(D x L) 6 x 50 10 x 50 10 x 80 8 x 80 10 x 100 8 x 100
 ČSN 22 4916	Diamantové orovnávače s válcovou stopkou a hlavou	(D) 6 8 10
 ČSN 22 4917	Diamantové orovnávače tříkamenné	Morseova stopka 1
 ČSN 22 4918	Diamantové orovnávače prachové	(D) 6 8 10

Přehled diamantových orovnávačů je na tab. 12.

Pojivo pro diamantové orovnávače s kameny je pájka s tavicí teplotou do 650° (kterou se kámen v držáku zaleje); pro diamantové orovnávače prachové je pojivem prášková měď a práškový cín (směsí diamantového prachu a pojiva se zaplní dutina v držáku).

Pokyny pro použití. Diamantového orovnávače se smí použít pouze pro takové orovnávání nebo tvarování, které není možno provést na požadovanou kvalitu orovnávačem bez diamantu.

Velikost kamene se volí podle průměru a šířky brusného kotouče podle tab. 13 a 14.

Tabulka 13

Volba velikosti diamantu

(Platí pro brusné kotouče se šířkou rovnotou nejvýše 10% průměru kotouče)

Účel použití	Průměr brusného kotouče v mm	Velikost diamantu v karátech (crt)
Tvarové broušení	do ø 150 nad ø 150	0,1 až 0,2 0,2 až 0,5
Vnitřní broušení	do ø 100	0,1 až 0,25
Rovinné broušení obvodem brusného kotouče	100 až 300 300 až 300 od 300 do 400	0,25 až 0,4 0,3 až 0,5 0,5 až 0,75
Broušení vnějších válcových povrchů	400 až 500 od 500 do 600 600 až 750 nad 750	0,75 až 1 1 až 1,25 1,25 až 1,5 1,5 až 2

Poznámky:

1. Pro brusné kotouče tvrdosti větší než M se velikosti diamantu zvětší o 25%. (Tvrdost brusných kotoučů — viz ČSN 22 4011, čl. 6, tab. 1.)

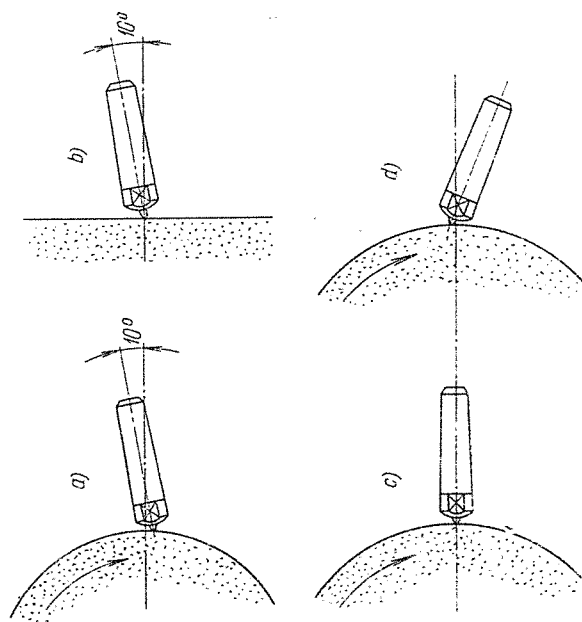
2. Pro kotouče se šířkou větší než 10% průměru kotouče se velikost diamantu zvětší podle tab. 14.

K orovnávání brusných kotoučů závitových brusků se používá diamantových orovnávačů prachových (jen tam, kde nelze použít zamačkávacích fréz) takto:

Diamantový prach zrnitosti 100 na brusný kotouč zrnitosti 120 až 200.  
Diamantový prach zrnitosti 150 na brusný kotouč zrnitosti 200 až 240.  
Diamantový prach zrnitosti 200 na brusný kotouč zrnitosti 240 a výše.

Tabulka 14 Volba velikostí diamantu  
(Platí pro brusné kotouče se šířkou větší než 10% průměru kotouče)

Šířka brusného kotouče	Původní velikost diamantu podle tab. 13 se zvětší o
Více než 10% až 20% průměru kotouče	0 až 0,5 crt
Více než 20% až 50% průměru kotouče	0,6 až 0,75 crt
Více než 50% průměru kotouče	0,75 až 1 crt



Obr. 11. Poloha diamantového orovnávače:  
a, b — správná; c, d — nesprávná.

Není dovoleno používat diamantových orovnávačů prachových na brusné kotouče hrubší zrnitosti než 120.

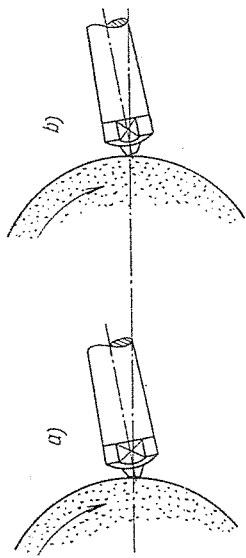
Diamantový orovnávač musí být při použití správně ustaven proti orovnávanému povrchu brusného kotouče (obr. 11a, b).

Úhel sklonu osy orovnávače k ose kotouče je asi 10°. Nesprávná poloha je na obr. 11c, d.

Vytvoří-li se postupně na hrotu kamene ploška (obr. 12a), musí se orovnávač otočit kolem své podélné osy tak, aby zabírala nově vytvořená hrana kamene (obr. 12b).

Hloubka záběru diamantu do orovnávaného brusného kotouče nemá přesahovat tyto hodnoty (1 crt = 1 karát = 0,2 gramu):

Kámen velikosti do 1 crt pro hloubku záběru 0,03 mm  
Kámen velikosti od 1 do 2 crt pro hloubku záběru 0,05 mm  
Kámen velikosti nad 2 crt pro hloubku záběru 0,08 mm



Obr. 12. Poloha obrousěného diamantu:  
a — obrousěný diamant; b — správná poloha obrousěného diamantu.

Tyto údaje platí pro orovnávaní pod silným proudem chladící kapaliny. Chladící kapalina se musí spouštět dříve, než se diamant dotkne kotouče.

Není-li možno diamant chladit dostatečně, orovnává se za sucha, při čemž se uvedená hloubka záběru zmenší o 0,01 mm, aby se diamant nezahřál na příliš vysokou teplotu. Z tétož důvodu se diamant při orovnávaní za sucha musí občas nechat vychladnout.

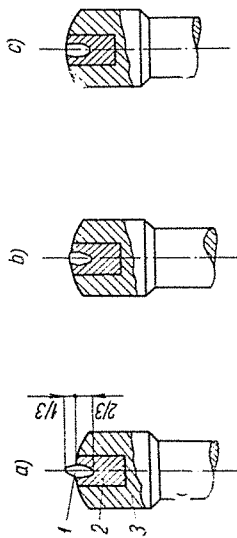
U brusných kotoučů na nejjemnější práce je třeba orovnávaní zakončovat několika zdvihy bez přísuvu (bez záběru).

Důležitá je i volba správného posuvu. Velkým posuvem diamantu (250 až 500 mm/min) se brusný kotouč dobře naostří, avšak zanechává pak stopy na broušeném povrchu. Tyto stopy jsou tím patrnější, čím větší byl posuv. Na jemně obrobene povrchy je třeba volit malý posuv, ovšem nikoliv příliš malý, kterým se nedosáhne dalšího zlepšení jakosti broušeného povrchu, nýbrž jen škodlivého uhlazení kotouče.

Úspěšného zacházení s diamantem a menší spotřeby brusného kotouče lze dosáhnout častějším orovnávaním, při kterém se odstraňují jen malé nerovnosti kotouče. Proto se při přesném broušení osvědčuje opětovné orovnávaní kotouče před broušením na čisto, aby kotouč byl rovný a ostrý. Kotouče vykazující větší nepravidelnosti se však zásadně nejprve orovnájí ocelovými orovnávači.

Zasazení diamantu. Surové diamantové kameny se zasazují podle obr. 13 do držáků orovnávače z oceli (ČSN 11600), v nichž se upevňují tvrdou pájkou s tavicí teplotou do 650 °C. Po roziavení pájky v jamce držáku se diamant vsazuje tak, aby byl vložen centricky k své ose, při čemž

má vyčnívat jeho nejvýhodnější hrana. V pájce, která nesmí být pórovitá, má být uložen dvěma třetinami své délky, (obr. II/14 A). Nedoporučuje se upevňovat diamant v držáku temováním, neboť při tomto způsobu diamant není uložen dosti ztuhla a může se opět uvolnit. Diamant se při tom může poškodit i při velké zručnosti pracovníka.

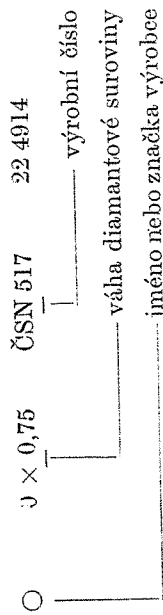


Obr. 13. Zasazení a přesazení diamantu:

a — upevnění diamantu v držáku pájkou (1 — diamant; 2 — pájka; 3 — držák); b — obroušený diamant vrácený včas k přesazení; c — obroušený diamant vrácený pozdě k přesazení.

Přesazení diamantu. Diamant se musí přesadit včas, tj. dříve, než je obroušena jeho část vyčnívající z držáku (obr. 13b, c). Při tavení pájky jeho lůžka se diamant uchopí pinsetou a jakmile se uvolní, otočí se tak, aby převedenou částí své délky vyčníval ostrou hranou z držáku. Na zasazení i na přesazení diamantu je třeba zručnosti a speciální zručnosti. Do evidenciho listu, který musí mít každý diamantový orovnávač (pro evidenci a hospodaření s nářadím) musí se zaznamenat každé přesazení diamantu.

Značení diamantového orovnávače. Na plochách držáku, které neslouží k upnutí orovnávače, je vyraženo označení podle tohoto příkladu. Je-li orovnávač příliš malých rozměrů, musí označení být na obalu.



## F. VOLBA BRUSNÝCH KOTOUČŮ

Brusný kotouč není universálním nástrojem, a proto se musí pro každou práci pečlivě volit vhodná jeho jakost se zřetelem na pracovní podmínky. Jakost brusného kotouče je určena (viz ČSN 22 4501 a 22 4503):

1. druhem brusiva,
2. zrnitostí brusiva,
3. tvrdostí (soudržností) kotouče,
4. slohem (strukturou) kotouče,
5. druhem pojiva.

### 1. Druh brusiva

se volí podle druhu a mechanických vlastností broušeného materiálu takto:

Tavený kyslíčník hlinitý na ocel  
( $Al_2O_3$  — umělý korund)  
ocel na odlitky  
temperovanou litinu  
tvrdé bronzy

Karbid křemíku  
(SiC — karborundum)  
na šedou litinu  
mosaz  
měkké bronzy  
měď  
lehké kovy a jejich slitiny  
slinuté karbidy  
sklo  
keramické hmoty  
kámen

V některých případech však platí výjimky. Na jemné broušení slitinových ocelí a velmi tvrdých kalených ocelí se lépe hodí karbid křemíku, než tavený kyslíčník hlinitý. Naopak na jemné broušení šedé litiny (ubírání menšího množství materiálu) se někdy dává přednost tavenému kyslíčníku hlinitému.

### 2. Zrnitost brusiva

se volí podle přeepsané drsnosti broušeného povrchu obrobku takto:

Na drsnost povrchu  $H_{sk}$  0,05 až 0,2  $\mu$  zrnitost 46 až 200  
Na drsnost povrchu  $H_{sk}$  0,2 až 0,4  $\mu$  zrnitost 30 až 60  
Na drsnost povrchu  $H_{sk}$  0,4 až 1,6  $\mu$  zrnitost 30 až 60  
Na drsnost povrchu  $H_{sk}$  větší než 1,6  $\mu$  zrnitost 10 až 36

### 3. Tvrdost (soudržnost) kotouče

se volí podle broušeného materiálu a způsobu broušení (podle polohy brusného kotouče k broušenému předmětu a podle tvaru broušené plochy).

#### 4. Sloh (struktura) kotouče

se volí podle druhu broušeného materiálu, podle způsobu broušení (viz předešlý článek) a podle předepsané jakosti broušeného povrchu (viz zrnitost brusiva). V zásadě se na broušení hladkých povrchů na obrobtech z tvrdého a křehkého materiálu při malé stykové ploše broušení doporučuje sloh hutný. Pórovité kotouče se hodí na broušení houževnatého materiálu při poměrně velké styčné ploše a na úběr většího množství materiálu. Na broušení obrobků, které se nesmějí obráběním ohřívat, je třeba používat kotoučů zvlášť pórovitých.

#### 5. Druh pojiva

Nejobecnějším pojivem je pojivo keramické a kotouči s tímto pojivem se používá pro převážnou většinu prací na bruskách hrotových, na díry i rovinných až do obvodové rychlosti 35 m/s.

Ostatních pojiv se používá jen ve zvláštních případech. Kotouči s organickým pojivem z umělé pryskyřice, šelaku nebo pryže se používá pro práce s velkými obvodovými rychlostmi. (U řezacích kotoučů je obvodová rychlost až 80 m/s.) Používá se jich na obrušování odličků a řezání materiálu. Jsou velmi pružné, ale porušují se působením řezné kapaliny obsahující sodu (umělá pryskyřice a šelak) nebo olej (pryž).

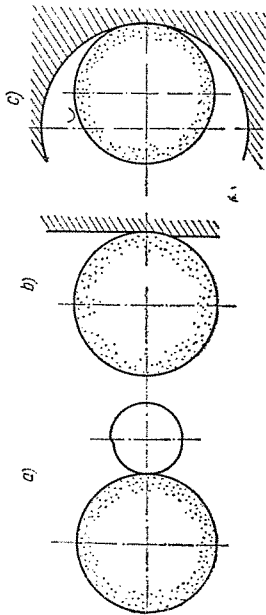
Pracovní podmínky, které rovněž působí na volbu brusných kotoučů jsou velmi rozmanité a pojednává se o nich podrobně v kapitole II — Broušení.

Orientační tabulky pro volbu brusných kotoučů

*Upozornění:* Sestavovat spolehlivé tabulky s údaji nevhodnějších kotoučů není účelné, neboť by musely být velmi objemné, kdyby měly podat spolehlivou informaci alespoň pro nejdůležitější materiály, s přihlédnutím k jejich vlastnostem za různých stavů zpracování. Ani pak by takové tabulky nemohly platit bez různých výhrad daných stavem stroje a konečně také rozdílly ve vlastnostech kotoučů samých, které se projevují, přestože jsou to výrobky normalisované. Z těchto a jiných příčin, jež si čtenář zajisté několikrát uvědomil, lze těmito tabulkami (tab. 16) dát pouze orientační první pokyn, který se při práci musí ověřit a podle potřeby, jak je tomu ostatně při hledání nevhodnějšího brusného kotouče vždy, upřesnit. Proto je třeba při použití těchto tabulek mít na zřeteli uvedené výhrady. V tabulkách jsou uvedeny tyto tři druhy brusiva:

Tavený kysličník hlinitý (umělý korund), z něhož se vyrábějí brusné nástroje označované výrobním závodem značkou „Elektrit“, a to těchto druhů:

Brusný kotouč se volí tím měkčí, čím tvrdší je obrobek a čím větší je styková plocha s ním. (Na obr. 14a je znázorněno broušení vnějších válcových povrchů, kde je styková plocha nejmenší, na obr. 14b broušení rovinných povrchů s větší stykovou plochou a na obr. 14c broušení vnitřních válcových povrchů s ještě větší stykovou plochou.)



Obr. 14. Styková plocha brusného kotouče s obrobkem při broušení:

a — vnějších válcových povrchů; b — rovinných povrchů obvodem kotouče; c — děr.

Při broušení dřer někdy záleží na tom, aby kotouč co nejdéle podřel svůj tvar, a proto se volí stejně tvrdý, jako na vnější válcové povrchy, přestože jeho styková plocha je větší. Také na broušení přerušovaných povrchů je výhodné použít kotoučů poněkud tvrdších, než na povrchy souvislé (tab. 15).

Tabulka 15 Volba tvrdosti brusného kotouče

Materiál	Na broušení		
	válcových povrchů vnějších	rovinných povrchů	válcových povrchů vnitřních
Ocel s pevností v tahu do 80 kg/mm <sup>2</sup> od 80 do 140 kg/mm <sup>2</sup> nad 140 kg/mm <sup>2</sup> Lehké kovy a jejich slitiny Šedá litina Bronz, mosaz, měď	L, M, N K J I, J K L, M	K, L J, K L, J I, J J J, K	K, L J I I J J

Na méně přesných strojích se používá tvrdších kotoučů, na přesných lze použít kotoučů měkčích.

Tabulka 16

Materiál a druh obrobku	Brusný kotouč			
	druh	zrnitost	tvrdost	sloh
Aluminium — viz hliník				
Bronz měkká — viz mosaz				
Bronz tvrdá				
válcové povrchy vnější	A 96	46	L	7
válcové povrchy vnější na bezhrotých bruskách	C 48	46	L	8
válcové povrchy vnější	A 96	60	M	8
válcové povrchy vnitřní	A 99	60	J	8
rovinné povrchy plochým kotoučem	A 99	60	J—K	9
Čepy ocelové cementované kalené				
válcové povrchy vnější na hrotových bruskách	A 99	60	J	8
válcové povrchy vnější na bezhrotých bruskách	A 99	60	L—M	8
Hliník válcové povrchy vnější	A 99	80	J	12
válcové povrchy vnitřní	C 48	36	K	5
rovinné povrchy kotoučem	C 48	46	J	8
rovinné povrchy plochým hrcovitým kotoučem	A 99	46	H	8
Hřídle drážkové na hrotové brusce	A 99	24	J	8
drážkové na bezhroté brusce	A 96	50	M	8
drážkové na brusce na drážky	A 96	50	N	8
klikové na hrubo	A 96	50	K	8
klikové na čisto	A 96	36	Q	6
klikové na hrubo a na čisto	A 96	50	MN	8
klikové na hrubo před vyvažováním	A 96	46	M	8
Hřídle vačkové ocelové kalené na hrubo	A 96	16—20	O—P	6
vačkové ocelové kalené na čisto	A 96	40	M	8
Kalibry válečkové	A 96	50	K	8
broušení válcového povrchu	A 99	80	K	6
broušení na zrcadlový lesk	C 49	500	J	
Karbidy slituté				
válcové povrchy vnější za mokra	C 49	60—100	K—J	8—9
válcové povrchy vnitřní	D	100	L	—
rovinné povrchy obvodem kotouče, hrubování, za mokra	D	150	N	—
válcové povrchy vnitřní	C 49	60	J	9
rovinné povrchy obvodem kotouče, hrubování, za mokra	D	100	L	—

Materiál a druh obrobku	Brusný kotouč			
	druh	zrnitost	tvrdost	sloh
rovinné povrchy obvodem kotouče, hrubování, za sucha	C 49	60	L	9
rovinné povrchy obvodem kotouče, dokončování, za mokra	C 49 D	100 240	I L	9 —
rovinné povrchy obvodem kotouče, dokončování za sucha	C	100	H	8
rovinné povrchy čelem kotouče, hrubování za mokra	C 49 D	36 100	L P	8 —
rovinné povrchy čelem kotouče, hrubování za sucha	C	60	I	9
rovinné povrchy čelem kotouče, předběžné dokončování za mokra	C 49	80	K	9
rovinné povrchy čelem kotouče, předběžné dokončování za sucha	C 49	80	I	9
rovinné povrchy čelem kotouče, závěrečné dokončování za mokra	D	320	P	—
rovinné povrchy čelem kotouče, lapování za mokra	D	400	J	—
Kroužky valivých ložisek				
válcové povrchy vnější	A 96	60	L	8
válcové povrchy vnější na bezhroté brusce	A 99	120	L	6
válcové povrchy vnitřní	A 96	240	L	3
rovinné povrchy (BSBK)	A 99	100	N	4
oběžné dráhy vnější	A 99	80	K	8
oběžné dráhy vnitřní				
Litina šedá				
válcové povrchy vnější na hrotěch	C 49	36	J	9
válcové povrchy vnější na bezhroté brusce	C 49	46	L	9
válcové povrchy vnitřní	C 49	36—46	K	8—9
rovinné povrchy plochým kotoučem	C 49	36	J	8
rovinné povrchy hrcovitým kotoučem	C 48	20	J	8
rovinné povrchy segmentovým kotoučem	C 48	20	K	9

Materiál a druh obrobku	Brusný kotouč				pojivo
	druh	zrnitost	tvrdost	sloh	
Litina šedá tvrdá válnové povrchy na hrubo	C 48	30—46	J	8	V
	C 48	80	J	8	V
rovinné povrchy plochým kotoučem	C 48	36	I	8	V
rovinné povrchy hrncovitým kotoučem	C 48	24	I	8	V
rovinné povrchy segmenty	C 48	30	J	8	V
Měď válnové povrchy vnější i vnitřní	C 48	46—60	L—K	5	V
rovinné povrchy hrncovi- tými kotouči	C 48	14	I	8	V
Mosaz válnové povrchy vnější mezi hroty	C 48	20	K	7	V
válnové povrchy vnější na bezhraté brusce	C 48	36	M	7	V
válnové povrchy vnitřní	C 48	36	J	8	V
rovinné povrchy hrncovi- tými a prstencovými ko- touči	C 48	24—30	H—J	7	V
Ocel nekalená vnější válkové povrchy mezi hroty	A 96	46	N	8	V
vnější válkové povrchy na bezhraté brusce	A 96	60	M	8	V
vnější válkové povrchy na bezhraté brusce	A 99	46	L	7	V
vnější válkové povrchy na bezhraté brusce	A 99	36	K	9	V
rovinné povrchy hrncovi- tými a prstencovými ko- touči	A 99	24	K	9	V
Ocel kalená vnější válkové povrchy na hrotech	A 99	46	L	8	V
vnější válkové povrchy na bezhraté brusce	A 99	60	L	8	V
vnější válkové povrchy na bezhraté brusce	A 99	60	K	8	V
vnější válkové povrchy na bezhraté brusce	A 99	36	J	9	V
rovinné povrchy hrncovi- tými a prstencovými ko- touči	A 99	30	I	9	V
Ocel nitrovaná před nitrovaním	A 99	46	J	8	V

Materiál a druh obrobku	Brusný kotouč				pojivo
	druh	zrnitost	tvrdost	sloh	
po nitrování	A 99	60	J	9	V
po nitrování	C 48	120	I	9	V
Ocel rychlotěžná vnější válkové povrchy mezi hroty	A 99	50	K	7	V
vnější válkové povrchy na bezhraté brusce	A 99	60	L	8	V
vnější válkové povrchy na bezhraté brusce	A 99	60	K	9	V
rovinné povrchy obvodem kotouče	A 99	36	J	9	V
rovinné povrchy hrncovi- tými a prstencovými kotou- či	A 99	36	I	9	V
Ocel nerezavějící válnové povrchy	C 48	46	M	7	V
válnové povrchy na bezhraté brusce	C 48	50	N	9	V
rovinné povrchy	A 99	36	J	9	V
Ojnice vnější válkové povrchy	A 99	60	K	9	V
rovinné povrchy	A 99	24	J	9	V
Ozubená kola ocelová broušení ozubení	A 99 B	46—80	K L M	8—9	V
broušení dřev	A 96	50	L	8	V
rovinné povrchy obvodem kotouče	A 96	46	J	9	V
rovinné povrchy hrncovi- tými a prstencovými kotou- či	A 96	30	I	9	V
Písty hliníkové válnové povrchy	A 99	80	J	15	V
válnové povrchy	C 48	36	J	8	V
válnové povrchy na bezhraté brusce	C 48	46	K	6	V
Písty litinové válnové povrchy	C 48	36	K	8	V
válnové povrchy	C 48	46	J	7	V
válnové povrchy na bezhraté brusce	C 48	46	K	6	V
Pístní čepy válnové povrchy mezi hroty	A 99	60	L	5	V
válnové povrchy na bezhro- tých bruskách	A 99	60	M	5	V
Pístní kroužky litinové rovinné povrchy obvodem kotouče	A 99	60	L	6	V
rovinné povrchy čelem ko- touče	A 99	30	H	8	V

Materiál a druh obrobku	Brusný kotouč			
	druh	zrnitost	tvrdost	sloh
stoupání 4,0—5,5 mm	A 99	150	J	10
stoupání 6,0 mm	A 99	120	J	10
Závity v rychlořezné oceli				
stoupání 0,25—0,45 mm	C 49	400	L	8
stoupání 0,5—0,7 mm	C 49	320	L	8
stoupání 0,8—1,0 mm	C 49	280	L	8
stoupání 1,25—1,75 mm	C 49	240	K	9
stoupání 2,0—3,5 mm	C 49	200	K	9
stoupání 4,0—5,5 mm	C 49	150	J	10
stoupání 6 mm	C 49	120	J	10

A 99 B . . . nástroje jsou bílé barvy  
 A 99 . . . nástroje jsou červené barvy získané při-barvováním  
 A 98 . . . nástroje jsou růžové (malinové) barvy, kterou uděluje přísada kysličníku chromitého přímo krystalům brusiva  
 A 96 . . . nástroje jsou hnědé až šedé barvy

Karbid křemíku, z něhož se vyrábějí brusné nástroje označované výrobním závodem značkou „Karborundum“ a to těchto druhů:

C 49 . . . nástroje jsou zelené barvy  
 C 48 . . . nástroje jsou šedé barvy

Diamant, z něhož vyrobené nástroje jsou v tabulkách označeny písmenem D.  
 Upozornění: Místo druhu A 99 lze výhodně použít nového výkonnějšího druhu A 98. Jelikož však jeho krystaly jsou tvrdší, musí se volit tvrdost nástroje o stupeň menší.

Materiál a druh obrobku	Brusný kotouč			
	druh	zrnitost	tvrdost	sloh
lapování	C 49	260	O	5
Pouzdra ocelová				
válcové povrchy vnější	A 99	60	L	9
válcové povrchy vnitřní	A 99	60	K	8
válcové povrchy na bezhrané brusce	A 99	60	M—L	9
Pouzdra litinová				
válcové povrchy vnější	C 48	46	K	6
válcové povrchy vnitřní	C 48	46	J	8
Váčky ocelové				
kalené na hrubo	A 99	46	J	6
kalené na čisto	A 99	50	K	6
Válec motorové litinové				
na hrubo — přebroušení	C 48	46	H	8
na čisto	C 48	120	P	8
na vysoký lesk	C 48	500	I	5
honování předběžné	C 49	80—120	M	8
honování dokončovací	C 49	200—320	LK	9—8
Válec měděné a mosazné				
na hrubo	C 49	46	L	5
na čisto	C 48	100	I	9
Válec měděné tiskárnické	C 49	250	J	9
Válec litinové				
na hrubo	C 48	30	K	5
na čisto	C 48	80	J	7
Válec z tvrdé pryže	C 48	36	K	5
Válec z měkké pryže				
na hrubo	C 48	24	K	5
na čisto	C 48	60	J	5
Válec ocelové kalené				
na hrubo	A 99	46	K	5
na čisto	A 99	120	K	8
na lesk	C 48	500	I	8
Válec žulové				
na hrubo	C 48	16	K	5
na čisto	C 48	36	J	9
Ventily motorové				
sedla dobrušování	C 48	150	L	6
kyče (válcový povrch)	A 96	40	M	6
tyče na bezhrané brusce	A 96	60	N	6
Závity v konstr. a nástroj. oceli				
stoupání 0,25—0,45 mm	A 99	400	L	8
stoupání 0,5—0,7 mm	A 99	320	L	8
stoupání 0,8—1,0 mm	A 99	280	L	8
stoupání 1,25—1,75 mm	A 99	240	K	9
stoupání 2,0—3,5 mm	A 99	200	K	9

**BROUŠENÍ**

**A. ZÁKLADNÍ POJMY OBRÁBĚNÍ**

Obráběním dostává obrobek předepsaný tvar, velikost a jakost povrchu, a to vzájemným pohybem nástroje a obrobku.

Nástroj odděluje od obrobku třísku hranou, kterou nazýváme ostřím břitu.

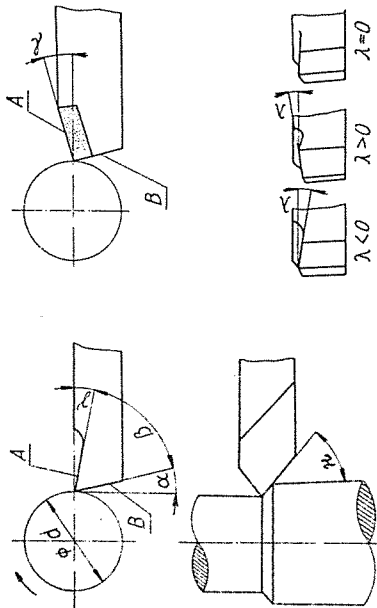
Vzájemný pohyb nástroje a obrobku je řezný pohyb, který je výslednicí hlavních pohybů a posuvu.

Hlavní pohyb při broušení je otáčivý pohyb brusného kotouče (při soustružení otáčivý pohyb obrobku, při frézování otáčivý pohyb frézy).

Posuv je doplňkový pohyb, který koná nástroj nebo obrobek v jiném směru, než je směr hlavního pohybu. Ve směru osy obrobku je posuv podélný, kolmo na osu obrobku je posuv příčný. (Může být i posuv složený.)

Přísuv je pohyb, kterým se nástroj přibližuje k obrobku, aby zabral třísku.

Nástroje na obrábění kovů mají různý tvar, velikost a počet břítů. U soustružnického nože (obr. 15) plochy řezné části (břitu) svírají s obrob-



Obr. 15. Geometrie řezné části soustružnického nože.

kem úhly, které se volí podle materiálu obrobku a nože. Plocha řezné části, po níž odchází tříška, je čelo nože (A). Hřbet nože (B) je jednak hlavní, tj. plocha při hlavním ostří nože obrácená k řezné ploše obrobku, a vedlejší, tj. plocha při vedlejším ostří, obrácená k obrobené ploše obrobku.

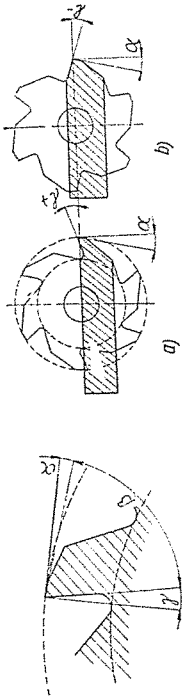
Úhel hřbetu  $\alpha$  (alfa) se volí až 15° podle řezné rychlosti a podle obráběného materiálu tak, aby tření mezi obrobkem a nástrojem (ohřátí a chvění) bylo co nejmenší; nesmí však být tak velký, aby se zmenšila pevnost břitu nože.

Úhel břitu  $\beta$  (beta) se volí podle tvrdosti obráběného materiálu okolo 70° (na měkké menší, na tvrdé větší, aby se nůž nechvěl a dobře odváděl teplo).

Úhel čela  $\gamma$  (gamma) je buď kladný, nebo záporný. Čím větší je kladný úhel čela (např. 10 až 15°), tím snadněji odchází tříška, avšak břit nože se zeslabí. Proto se na tvrdší materiály a na přerušované plochy úhel čela zmenšuje podle potřeby až na nulu. Někdy je dokonce záporný (negativní).

Úhel nastavení  $\zeta$  (kappa), tj. úhel, který svírá ostří nože s obrobkem, bývá obvykle asi 45 až 90°; čím je menší, tím štiřhlejší je tříška, která se pak lépe odvíjí.

Úhel sklonu hlavního ostří  $\lambda$  (lambda) má vliv na utváření třísky a volí se na těžké práce záporný, neboť se tím odtěžuje špička nože.



Obr. 16. Schéma řezné části frézy: a — s kladným úhlem čela  $\gamma$ ; b — se záporným úhlem čela  $\gamma$ .

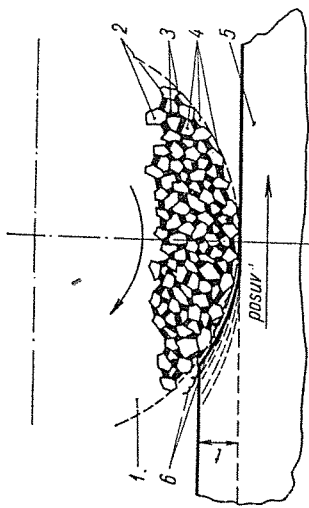
U frézy (obr. 16), která je mnohobřitovým nástrojem, se jednotlivé zuby podobají soustružnickým nožům a úhly na nich se označují obdobně:  $\alpha$  — úhel hřbetu;  $\beta$  — úhel břitu;  $\gamma$  — úhel čela, který může být kladný (obr. 16a) nebo záporný (obr. 16b). Každý zub ubírá třísku jen v malé části otáčky a ve zbývajících částech se může ochlazovat.

**B. PRACOVNÍ PODMÍNKY**

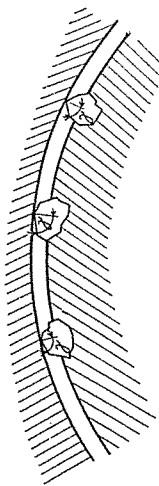
**Brusný kotouč jako nástroj**

Brusný kotouč lze srovnat s frézou s velkým počtem zubů, za něž můžeme považovat brusná zrna (obr. 17). Tato zrna nemají pravidelný tvar a úhly břitu mají většinou tupé, takže úhel čela  $\gamma$  je zpravidla záporný (obr. 18).

Břity brusných zrn s velkým záporným úhlem čela, který se blíží pravému úhlu, pravděpodobně vůbec neubírají třísky, nýbrž jen vytvářejí rýhy a plastické deformace. Třením těchto zrn o materiál se vyvíjí značné teplo, kterým se třísky ubrané zrnem zahřívají na teplotu, při které se rozžhaví, nebo dokonce zčásti shoří. Průběh řezání u zrn brusného kotouče je proto odlišný od průběhu řezání noží a frézami: tloušťka třísky ubírané



Obr. 17. Práce brusného kotouče: 1 — brusný kotouč; 2 — brusné zrn; 3 — pojivo; 4 — póry; 5 — obrobek; 6 — třísky.



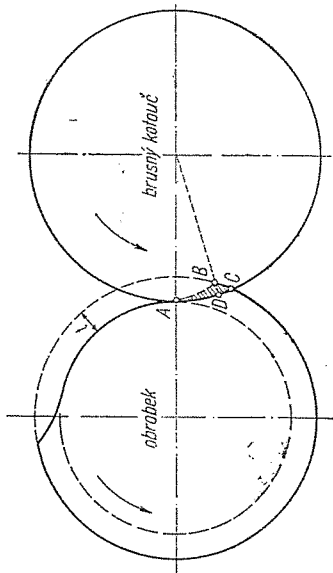
Obr. 18. Úhel čela brusných zrn.

jednotlivými brusnými zrny je velmi různá, tvar brusných zrn a břitů je neurčitý a řezná rychlost je velká.

Tloušťka třísky. Když brusné zrnو počíná vnikat do obrobru, hloubka řezu je rovna nule. Brusný kotouč a obrobek upnutý na hrottech se však otáčejí a hloubka řezu postupně vzrůstá na určité maximum. Protože se brusný kotouč otáčí mnohem rychleji než obrobek, je největší hloubka řezu poblíž místa, kde brusný kotouč opouští obrobek. Předpokládáme pro zjednodušení (obr. 19), že pouze jedno brusné zrnو počne ubírat třísku v bodě  $A$ . S otáčejícím se brusným kotoučem se toto zrnو za určitý čas přemístí do bodu  $C$  a za tentýž čas bod  $C$  na obrobru urazí dráhu z  $C$  do  $B$ . Protože se obrobek otáčí zpravidla mnohem pomaleji než brusný kotouč, je oblouk  $AB$  kratší než  $CA$ . Brusné zrnو tedy v daném čase ubere třísku  $CAB$ , jejíž tloušťka (na začátku i na konci rovná nule) je největší v  $BD$ . Na po-

vrchu brusného kotouče mezi body  $AC$  je však velké množství dalších brusných zrn, z nichž každé pracuje tak jako popsané jednotlivé zrnو. Proto tloušťka třísky připadající na každé zrnو bude rovna délce  $AC$  dělené počtem zrn z v úseku  $AC$ .

Čím větší je tloušťka třísky připadající na každé jednotlivé zrnو, tím větší silou působí obrobek na pojivo brusných zrn, a tím větší je opotřebení



Obr. 19. Tloušťka třísky ubrané zrnem brusného kotouče při broušení vnějších povrchů.

brusného kotouče. Jestliže se pojivo opotřebovává stejně rychle jako brusná zrna, brusný kotouč pracuje dobře. Opotřebovává-li se rychleji, je brusný kotouč pro příslušnou práci měkký, a proto se příliš rychle spotřebuje. Naopak otupují-li se rychleji brusná zrna (pojivem dále dobře vázaná), přestává brusný kotouč ubírat.

Proto při nadměrné tloušťce třísky se brusný kotouč rychle spotřebuje a při příliš malé tloušťce se kotouč zanášá, neubírá a hřeje.

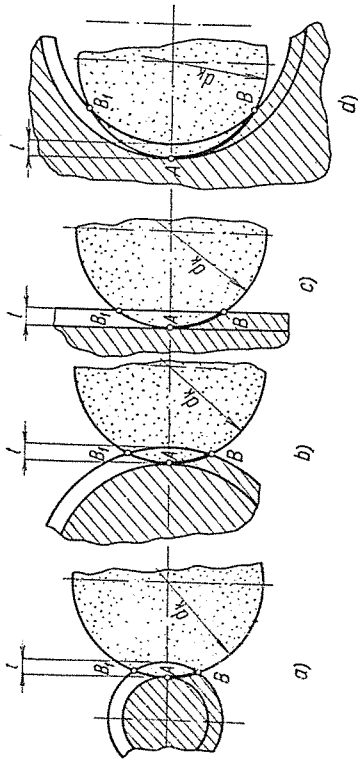
Tloušťka třísky vzrůstá s obvodovou rychlostí obrobru. (Čím větší je rychlost obrobru, tím větší je rozměr  $BD$ .) Naopak zvětšením obvodové rychlosti brusného kotouče se tloušťka třísky zmenšuje. Z toho je patrné, že tloušťka třísky má velký vliv na průběh broušení a že závisí na obvodové rychlosti a průměru brusného kotouče, na obvodové rychlosti a průměru obrobru, na hloubce řezu a podélném posuvu (tab. 17).

#### Stykový oblouk

(a styková plocha) brusného kotouče s obrobkem se mění podle způsobu broušení (tj. podle polohy brusného kotouče k obrobru) a podle rozměrů brusného kotouče a obrobru (délka  $AB$  na obr. 20), na němž se pro větší názornost ponechávají průměr kotouče  $d_k$  a hloubka řezu  $t$  ve všech případech stejné).

Je-li průměr obrobnku menší, než průměr kotouče, je styková plocha malá (obr. 20a).

Je-li průměr obrobnku větší, než průměr kotouče (obr. 20b), a také při rovinném broušení obvodem kotouče (obr. 20c) je styková plocha větší. Při broušení děr (obr. 20d) je styková plocha největší.



Obr. 20. Délka stykového oblouku brusného kotouče s obrobnkem; a, b — při broušení vnějších válcových povrchů; c — při broušení rovinného povrchu obvodem kotouče; d — při broušení vnitřního válcového povrchu.

Čím větší je stykový oblouk, tím větší je délka ubírané třísky a tím těžší jsou pracovní podmínky brusného kotouče. Vyvíjí se více tepla, aniž se změni podmínky pro jeho odvod. Kotouč se snadněji zanášá.

Při velké stykové ploše se proto pracuje s menší hloubkou řezu, aby tříška byla tenčí a zmenšil se řezný odpor. Zmenší-li se řezný odpor při velké stykové ploše, musí se použít měkčího kotouče. Lepšího odvodu tepla se dosahuje nepřetržitým ochlazováním obrobnku řeznou kapalinou.

### Obvodová rychlost

brusného kotouče se udává v m/s a značí se  $v_k$ . Čím větší je obvodová rychlost brusného kotouče, tím menší je tloušťka třísky a naopak. Za správnou se považuje taková obvodová rychlost, při které jsou ubírající zrna namáhána tak, aby se po otupení uvolnila z pojiva. Při menších rychlostech opotřebení kotouče vzrůstá.

Při práci s velkými obvodovými rychlostmi je každé zrno brusného kotouče namáháno méně, a proto se otupuje později. Proto je výhodné používat co největší obvodové rychlosti brusného kotouče, pokud to ovšem bezpečnost provozu připouští. Obvyklé rychlosti keramických kotoučů na šedou litinu jsou 18 až 25 m/s, na ocel při hrubování 25 až 30 m/s, při broušení na čisto 30 až 35 m/s, u kotoučů s pojivem gumovým a z umělé

Počet otáček brusného kotouče za min. při obvodových rychlostech v m/s

Tabulka 17

Průměr brusného kotouče D, mm	Obvodové rychlosti v m/s										
	5	7	10	15	20	25	30	35	40	45	
4	23 870	15 910	9 548	13 370	31 830	19 100	44 740	71 600	47 740	63 700	95 540
6	15 910	9 548	13 370	31 830	19 100	44 740	71 600	47 740	63 700	95 540	119 400
10	9 548	13 370	31 830	19 100	44 740	71 600	47 740	63 700	95 540	119 400	148 900
13	7 346	10 280	14 690	22 040	29 400	36 730	44 090	51 420	58 770	66 110	83 460
16	5 968	8 356	11 900	17 900	23 870	29 840	35 820	41 780	47 750	53 710	66 110
20	4 774	6 685	9 549	14 320	19 110	23 860	28 660	33 420	38 200	42 970	53 710
25	3 819	5 348	7 639	11 500	15 290	19 100	22 930	26 740	30 560	34 380	42 970
30	3 183	4 456	6 365	9 548	12 740	15 920	19 100	22 280	25 470	28 660	34 380
40	2 674	3 842	5 474	8 183	10 740	13 740	16 710	19 100	21 490	24 280	28 660
50	1 909	2 674	3 819	5 729	7 643	9 549	11 460	13 370	15 280	17 190	19 100
60	1 591	2 228	3 183	4 774	6 370	7 958	9 548	11 140	12 730	14 320	15 910
75	1 273	1 783	2 536	3 820	5 095	6 366	7 643	8 913	10 190	11 460	12 730
100	955	1 337	1 910	2 864	3 822	4 775	5 733	6 685	7 639	8 594	9 548
125	764	1 070	1 528	2 292	3 056	3 820	4 584	5 348	6 112	6 875	7 639
150	637	891	1 273	1 910	2 548	3 183	3 822	4 456	5 093	5 730	6 366
175	546	764	1 091	1 637	2 183	2 728	3 274	3 820	4 365	4 911	5 456
200	477	669	955	1 432	1 911	2 387	2 866	3 342	3 820	4 297	4 774
250	382	535	764	1 150	1 529	1 910	2 293	2 674	3 056	3 438	3 820
300	318	446	637	955	1 274	1 592	1 911	2 228	2 547	2 866	3 183
350	273	382	545	818	1 092	1 364	1 638	1 910	2 183	2 456	2 728
400	239	334	477	716	955	1 194	1 439	1 671	1 910	2 149	2 382
450	212	297	424	636	849	1 061	1 274	1 485	1 698	1 910	2 127
500	191	267	382	573	764	955	1 146	1 337	1 528	1 719	1 910
600	159	223	318	477	637	796	955	1 114	1 273	1 432	1 591
750	127	178	255	382	510	637	764	891	1 019	1 146	1 273
900	106	149	212	318	426	531	637	743	849	955	1 061
1000	95	134	191	286	382	478	573	669	764	859	955

prytkyčice 35 až 50 m/s. Při broušení mezi hroty se nepracuje s rychlostí menší než 20 m/s (nejčastěji 30 m/s). Počet otáček za minutu při různých obvodových rychlostech v m/s je na tab. 17.

#### Průměr brusného kotouče

S postupujícím opotřebením brusného kotouče a zmenšováním obvodové rychlosti vzrůstá tloušťka třísky. Nelze-li přiměřeně zvětšovat počet jeho otáček, musí se zmenšovat tloušťka ubírané třísky. Proto je výhodná práce s brusnými kotouči velkých průměrů. Nedá-li se na některém stroji zvětšit počet otáček, jakmile se kotouč výrazněji opotřebí, je někdy hospodárné nahradit ho novým kotoučem, neboť opotřebených kotoučů lze často výhodněji použít na rychloběžnější brusce (viz tab. 18).

#### Obvodová rychlost obrobku

se udává v m/min a značí se  $v_s$ . Čím větší je obvodová rychlost obrobku, tím větší je tloušťka třísky. Brusné zrnko je pak namáháno více, vylamuje nebo láme se dříve a kotouč se rychleji spotřebovuje. Rychlejšímu opotřebenému kotouči lze sice zabránit volbou tvrdšího kotouče, avšak ten se snadněji zanáší, a proto má toto opatření jen omezenou platnost. Jestliže se přes správně zvolenou obvodovou rychlost brusný kotouč rychle opotřebává, zmenší se rychlost obrobku a současně se poněkud zvětší hloubka řezu. Jestliže se kotouč zanáší, je třeba zvětšit rychlost obrobku a zároveň zmenšit hloubku řezu (nebo zvolit měkčí kotouč).

Obvyklá obvodová rychlost obrobku při broušení vnějších válcových ploch je 15 až 20 m/min, při broušení děr 20 až 30 m/min. (Rychlost obrobku při rovinném broušení je pouze 4–8 m/min.) Rychlost obrobku závisí též na jeho průměru, druhu materiálu a hloubce řezu. Čím větší je průměr obrobku, tím větší se volí rychlost a čím větší je hloubka řezu, tím menší musí být rychlost. Připomeneme, že zvětšením obvodové rychlosti se u obrobků velkých průměrů tloušťka třísky zvětšuje jen nepatrně, kdežto u obrobků malých průměrů značně.

Má vliv ovšem i předeepsaná jakost broušeného povrchu a obvodová rychlost brusného kotouče. Při broušení na hrubo, kterým se především ubírá tříška bez větších nároků na jakost povrchu, brousí se většími rychlostmi než při broušení na čisto, kdy zmenšujeme rychlost, abychom zmenšili chvění brusky. Směrné obvodové rychlosti pro různé materiály obrobku jsou na tab. 19; její hodnoty nelze považovat za všeobecně platné, nýbrž musí se v jednotlivých případech přizpůsobovat.

U brusek na válcové povrchy a u brusek na rovinné povrchy s kruhovým stolem je vřetenou unášecího vřeteníku poháněno elektromotorem přes převodovku, nebo regulačním elektromotorem, takže obrobku lze udělit přiměřenou obvodovou rychlost.

Tabulka 18 Počet otáček obrobku za min. při obvodových rychlostech v m/min

Průměr obrobku mm	Obvodové rychlosti v m/min																										
	6	8	10	12	15	18	21	24	27	30	35	40	Počet otáček za min														
50	382	510	636	764	956	1148	1338	1530	1720	1912	2230	2546	2866	318	448	579	710	849	979	1061	1157	1273	1414	1590	1820	2122	
45	42,5	56,6	70,8	85	106	127	158	191	222	254	299	348	401	458	514	588	662	735	807	877	928	1013	1103	1200	1300	1400	1500
40	50,3	67	83,8	100	126	151	176	201	226	251	293	341	390	438	494	558	622	686	749	812	863	928	993	1060	1130	1200	1270
38	54,6	72,8	88,5	106	136,5	164	191,2	218,6	246	273	319	364	410	456	502	548	594	640	686	732	778	824	870	916	962	1008	1054
35	59,1	79,8	95,5	119	151	183	214	245	276	307	354	401	448	494	540	586	632	678	724	770	816	862	908	954	1000	1046	1092
30	63,5	84,5	100	127	158	191	222	254	285	316	364	411	458	505	552	599	646	693	740	787	834	881	928	975	1022	1069	1116
28	68	91	114	137	171	205	239	273	307	341	390	438	486	534	582	630	678	726	774	822	870	918	966	1014	1062	1110	1158
26	73,5	98	123	147	184	221	257	294	331	368	424	470	516	562	608	654	700	746	792	838	884	930	976	1022	1068	1114	1160
24	80	106	133	159	199	239	277	318	358	398	454	500	546	592	638	684	730	776	822	868	914	960	1006	1052	1098	1144	1190
22	87	116	145	174	217	260	304	348	394	438	500	552	604	656	708	760	812	864	916	968	1020	1072	1124	1176	1228	1280	1332
20	95,5	128	159	191	239	287	335	383	431	479	544	600	656	712	768	824	880	936	992	1048	1104	1160	1216	1272	1328	1384	1440
18	106	142	177	212	265	318	372	425	478	531	600	660	720	780	840	900	960	1020	1080	1140	1200	1260	1320	1380	1440	1500	1560
16	119	159	199	242	299	358	418	478	538	598	670	730	790	850	910	970	1030	1090	1150	1210	1270	1330	1390	1450	1510	1570	1630
15	127	169	212	254	318	381	444	508	572	635	710	774	838	902	966	1030	1094	1158	1222	1286	1350	1414	1478	1542	1606	1670	1734
14	136,5	182	228	273	341	410	478	546	614	682	760	838	916	994	1072	1150	1228	1306	1384	1462	1540	1618	1696	1774	1852	1930	2008
13	147	196	245	294	367	442	514	588	662	735	814	894	974	1054	1134	1214	1294	1374	1454	1534	1614	1694	1774	1854	1934	2014	2094
12	159	212	265	318	398	478	556	636	716	796	876	956	1036	1116	1196	1276	1356	1436	1516	1596	1676	1756	1836	1916	1996	2076	2156
11	174	231	289	347	434	520	608	696	784	872	952	1032	1112	1192	1272	1352	1432	1512	1592	1672	1752	1832	1912	1992	2072	2152	2232
10	191	255	318	382	478	574	669	765	860	956	1036	1116	1196	1276	1356	1436	1516	1596	1676	1756	1836	1916	1996	2076	2156	2236	2316
9	212	283	354	425	530	636	743	850	957	1064	1144	1224	1304	1384	1464	1544	1624	1704	1784	1864	1944	2024	2104	2184	2264	2344	2424
8	239	318	400	478	597	716	836	955	1075	1195	1275	1355	1435	1515	1595	1675	1755	1835	1915	1995	2075	2155	2235	2315	2395	2475	2555
7	273	364	455	546	683	819	956	1093	1230	1367	1467	1567	1667	1767	1867	1967	2067	2167	2267	2367	2467	2567	2667	2767	2867	2967	3067
6	318	425	531	636	797	956	1113	1272	1431	1590	1710	1830	1950	2070	2190	2310	2430	2550	2670	2790	2910	3030	3150	3270	3390	3510	3630

Průměr obrobku $d_s$ , mm	Obvodová rychlost v m/min										Počet otáček za min													
	6	8	10	12	15	18	21	24	27	30	35	40	10	12	15	18	21	24	27	30	35	40		
56	34,1	45,5	56,9	68,3	85,4	102,5	119,5	136,8	153,5	170,8	199	227	31,8	42,5	53	63,6	79,6	95,5	111	127	143	159	186	212
65	29,4	39,4	49	58,8	73,5	88,2	103	118	132	147	171	196	27,3	36,4	45,5	54,6	68,2	81,8	95,5	109	123	136	159	182
75	25,5	34	42,5	50,9	63,7	76,4	89,1	102	115	127	148	170	23,9	31,8	39,8	47,7	59,7	71,6	83,5	95,5	107	119	139	159
80	23,9	31,8	39,8	47,7	59,7	71,6	83,5	95,5	107	119	139	159	22,5	29,8	37,2	44,2	55,4	66,9	78,4	89,1	102	115	139	159
90	21,2	28,3	35,4	42,5	53,1	63,7	74,3	85	95,6	106	124	141	20,5	27,3	34,1	41,2	50,8	60,4	70,1	80,8	91,5	103	127	141
100	19	25,5	31,8	38,2	47,8	57,4	66,9	76,4	86	95,6	111	127	18,7	25,1	31,5	38,1	46,7	55,4	64,1	72,8	81,5	91,2	111	127
110	17,4	23,3	28,9	34,7	43,4	52,1	60,8	69,4	78,2	86,8	101	116	17,1	22,8	28,5	35,2	43,9	52,6	61,3	70,0	78,7	88,4	101	116
120	15,9	21,2	26,5	31,8	39,8	47,8	55,4	63,7	71,6	79,6	92,8	106	15,8	21,1	26,4	32,7	40,7	49,6	58,5	67,4	76,3	86,2	99,8	116
125	15,3	20,4	25,5	30,6	38,2	45,8	53,5	61,2	68,8	76,4	89,2	102	15,2	20,3	25,4	31,7	39,8	48,7	57,6	66,5	75,4	85,3	99,1	106
130	14,7	19,6	24,5	29,4	36,7	44,2	51,4	58,8	66,2	73,5	85,7	98	14,5	19,4	24,3	29,2	37,3	46,2	55,1	64,0	72,9	82,8	96,6	102
140	13,7	18,2	22,8	27,3	34,2	41	47,8	54,6	61,4	68,2	79,6	91	13,7	18,1	22,6	28,5	36,6	45,5	54,4	63,3	72,2	82,1	95,9	98
150	12,7	16,9	21,2	25,4	31,8	38,1	44,4	50,8	57,2	63,5	74	85	12,7	16,7	21,1	27,5	35,8	44,1	52,4	60,7	69,0	79,3	91	98
160	12	16	20	24	29,8	35,8	41,8	47,8	53,8	59,7	69,6	80	12	16	20	26,6	34,8	43,2	51,6	60,0	68,4	78,7	89	98
180	10,6	14,2	17,7	21,2	26,6	31,8	37,2	42,5	47,8	53,2	62	71	10,6	14,2	17,7	23,1	30,6	38,1	45,6	53,1	60,6	69,1	79,6	85
200	9,5	12,8	15,9	19,1	23,5	28,7	33,5	38,8	43	47,8	55,5	64	9,5	12,8	15,9	21,4	28,9	36,4	43,9	51,4	58,9	67,4	77,9	84
220	8,7	11,6	14,5	17,4	21,5	25,2	30,2	34,8	39,1	43,4	50,7	58	8,7	11,6	14,5	20,1	27,6	35,1	42,6	50,1	57,6	66,1	75,6	81
250	7,64	10,2	12,7	15,3	19,2	23	26,8	30,6	34,4	38,2	44,6	51	7,64	10,2	12,7	18,3	26,8	34,3	41,8	49,3	56,8	64,3	72,8	78
280	6,83	9,1	11,4	13,7	17,1	20,5	23,9	27,3	30,7	34,1	39,8	45	6,83	9,1	11,4	17,1	25,6	33,1	40,6	48,1	55,6	63,1	71,6	77
300	6,35	8,5	10,6	12,7	15,8	19,1	22,2	25,4	28,6	31,8	37,4	42	6,35	8,5	10,6	16,9	25,4	32,9	40,4	47,9	55,4	62,9	71,4	76
340	5,62	7,5	9,37	11,2	14,1	16,9	19,7	22,5	25,3	28,1	32,8	37	5,62	7,5	9,37	14,1	22,5	29,9	37,3	44,7	52,1	59,5	66,9	72
400	4,8	6,4	8	9,6	11,9	14,3	16,7	19,1	21,5	23,9	27,8	32	4,8	6,4	8	13,7	21,1	28,5	35,9	43,3	50,7	58,1	65,5	70
450	4,3	5,7	7,1	8,5	10,6	12,7	14,9	17	19,1	21,4	24,8	28	4,3	5,7	7,1	12,7	20,1	27,5	34,9	42,3	49,7	57,1	64,5	68
500	3,8	5,1	6,4	7,6	9,6	11,5	13,4	15,3	17,2	19,1	22,3	25	3,8	5,1	6,4	11,2	18,6	25,9	33,2	40,5	47,8	55,1	62,4	66

Tabulka 19 Obvodová rychlost obrobku při broušení válcových povrchů v m/min

Materiál	Broušení	Průměr obrobku v mm						
		do 5	15	30	70	120	200	
Nekalená ocel	na hrubo	8	12	18	26	30	36	42
	na čisto	6	9	15	22	27	32	38
Kalená ocel	na hrubo	10	12	18	28	32	38	44
	na čisto	7	10	16	24	28	33	39
Litina	na hrubo	9	14	18	27	31	40	48
	na čisto	7	10	16	23	28	35	40
Mosaz	na hrubo	12	15	20	29	33	42	50
	na čisto	10	12	17	24	29	36	45
Hliník a jeho slitiny	na hrubo	16	20	25	29	34	42	50
	na čisto	12	14	18	24	28	36	45

Je-li průměr obrobku  $d_s$  v mm a počet otáček obrobku  $n_s$  za 1 minutu, vypočíte se obvodová rychlost obrobku:

$$v_s = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_s}{1000} \quad (\text{m/min}),$$

$$n_s = \frac{v_s \cdot 1000}{\pi \cdot d_s} \quad (\text{ot/min}).$$

Počet otáček obrobku za minutu při různých obvodových rychlostech v m/min je na tab. 18.

Hloubka řezu — přísuv

Zvětšením hloubky řezu (přisuvu) se zvětšuje tloušťka třísky. Skutečná tloušťka třísky je menší než velikost přísuvu, neboť obrobek i stroj pruží. Proto se při broušení na čisto nakonec přísuv zastaví a broušení se tak dlouho, dokud kotouč nepřestane tláčit na obrobek (do vyjiskření). Velikost přísuvu se volí podle požadované jakosti povrchu obrobku, zrnitosti, tvaru a velikosti brusného kotouče, tvrdosti broušeného materiálu a konečné druhu kósti brusného kotouče. Zásadně pro velké hloubky řezu se volí pórovitý kotouč a příkon stroje. Pórovitý kotouč je méně náchylný na vyjiskření a broušení se volí přísuv menší. Příkladně na broušení se zpravidla ubírá nejméně na dvakrát, a to 80 % broušením na hrubo, 20 % na čisto. Velikost přísuvu pro různé druhy materiálu a různé druhy broušení je na tab. 20.

Tabulka 20

Přisuv brusného kotouče v mm

Druh broušení a materiálu	Přisuv v mm na 1 dvojdřevíh stolu při broušení vnějších válcových povrchů na obrobceích průměru od — do mm			
	do 20	20—40	40—80	120—160
na hrubo: nekalené oceli kalené oceli š. litiny a bronze	0,005—0,020 0,005—0,015 0,010—0,025	0,020—0,025 0,015—0,020 0,025—0,035	0,025—0,040 0,020—0,035 0,035—0,045	0,035—0,055 0,030—0,045 0,050—0,070
na čisto: všechny kovy	0,001—0,005	0,005—0,008	0,006—0,010	0,008—0,012
Druh broušení a materiálu	Přisuv mm na 1 dvojdřevíh stolu při broušení vnitřních válcových povrchů průměru od — do mm			
	20—40	40—70	70—100	100—150
na hrubo: nekalené oceli kalené oceli š. litiny a bronze	0,006—0,007 0,005—0,007 0,007—0,010	0,010—0,012 0,007—0,010 0,012—0,014	0,012—0,015 0,010—0,012 0,014—0,018	0,014—0,017 0,013—0,015 0,018—0,020
na čisto: všechny kovy	0,002—0,003	0,003—0,005	0,005—0,007	0,007—0,008

**Upozornění:** Podrobné řezné podmínky pro broušení válcových povrchů vnějších i vnitřních, pro bezhruté broušení a pro broušení rovinných povrchů obvodem i čelem brusného kotouče jsou uvedeny na tabulkách 64—70.

Podélný posuv se udává v mm na 1 otáčku obrobku a značí se *s*; stanoví se podle šířky brusného kotouče. Musí totiž být vždy menší než je šířka kotouče, aby kotouč obsáhl celou broušenou plochu a nevybrušoval drážky. Aby byl posuv v zájmu velkého výkonu co největší, musí se volit co největší kotouč, pokud to ovšem připouští konstrukce stroje.

Při broušení širokým kotoučem a velikým posuvem vzroste však při stejné hloubce řezu podstatně i tlak na obrobek, což je posleze příčinou rychlého zahřívání obrobku. Proto je třeba opatrnosti.

Obrobky velkých průměrů lze brousit většími posuvy, než obrobky malých průměrů. Jinak podle druhu broušení je posuv podle tab. 21 obvykle v těchto mezích:

Tabulka 21

Posuv vyjádřený šířkou brusného kotouče

Povrch	Broušení	Materiál	Posuv
Válcový	na hrubo	ocel litina, bronz	od 0,4 do 0,2 šířky kotouče
		ocel litina, bronz	od 0,8 do 0,7 šířky kotouče
	na čisto	ocel litina, bronz	od 0,25 do 0,2 šířky kotouče
Rovinný	na hrubo	ocel	od 0,5 do 0,4 šířky kotouče
	na čisto	ocel	od 0,5 do 40 mm/min od 0,5 do 20 mm/min

Při broušení obrobků z rychlořezné oceli a tenkých kalených součástí se volí menší posuvy. Pozor! Při velmi malých posuvech se kotouče rychleji opotřebují, neboť brousí okrajem.

Všeobecně platí: Při velkých posuvech malé obvodové rychlosti a naopak. Přednost se dává velkým posuvům a malým obvodovým rychlostem.

Rychlobroušení. Hnutí propagátorů rychlobrábení kovů vyvolané v SSSR novátorem s. G. S. Bortkevičem přineslo významné výsledky i v broušení. Při rychlobroušení se pracuje s velkými obvodovými rychlostmi brusného kotouče. Kotouče jsou zejména z taveného kyslíčnicku hlinitého zrnitosti 46—60 s keramickým pojivem vynikající jakosti, takže jejich pevnost je větší, než u kotoučů obvyklých jakosti. Lze však též použít kotoučů vázaných umělou pryskyřicí nebo pryží. Obvodová rychlost brusného kotouče při rychlostním broušení je 50 m/s. Normálních kotoučů s největší přípustnou obvodovou rychlostí 35 m/s se při rychlobroušení použít nesmí, neboť by se mohly roztrhnout.

Obvodová rychlost obrobku při rychlobroušení je 50 m/min. Podélný posuv stolu s obrobkem je 0,25 šířky brusného kotouče. Přisuv je 0,01 mm v obou úvrátích stolu.

Zvětšením obvodové rychlosti kotouče se zmenší množství kovu ubraného jedním zrnem kotouče za dobu styku s obrobkem, což způsobí zmenšení průřezu třísky a síly působící na zrno; zároveň se zvětší objem kovu ubraného kotoučem za jednotku času. Jak je uvedeno na počátku této kapitoly, vzniká třením pojiva brusného kotouče o obrobek velké množství tepla, což vyžaduje velkou spotřebu energie. Proto se při rychlostním broušení používá kotoučů s menším množstvím pojiva, tj. kotoučů pórovitých, resp. zvlášť pórovitých. Jejich četné výhody se při rychlobroušení projevují ještě větší měrou.

Tabulka 22 Přídávky na vnější válcové povrchy (hřídele)  
(rozměry v mm)

Průměr od—do	Přídávky na průměr obrobku do délky									
	do 150		od 150 do 400		od 400 do 800		od 800 do 1200		od 1200 do 1600	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
3—10	+0,25 +0,15	+0,25 +0,15	+0,30 +0,20	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30
10—18	+0,25 +0,15	+0,25 +0,15	+0,30 +0,20	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30
18—30	+0,30 +0,20	+0,35 +0,15	+0,35 +0,25	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30
30—50	+0,30 +0,20	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30	+0,40 +0,30
50—120	+0,35 +0,25	+0,45 +0,35	+0,45 +0,35	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45
120—180	+0,40 +0,30	+0,50 +0,40	+0,50 +0,40	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45
180—260	+0,45 +0,35	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45	+0,55 +0,45
260—360			+0,60 +0,40	+0,60 +0,40	+0,60 +0,40	+0,60 +0,40	+0,60 +0,40	+0,60 +0,40	+0,60 +0,40	+0,60 +0,40
360			+0,70 +0,50	+0,70 +0,50	+0,70 +0,50	+0,70 +0,50	+0,70 +0,50	+0,70 +0,50	+0,70 +0,50	+0,70 +0,50

I = bez tepelného zpracování; II = tepelné zpracované.

Při rychlobroušení se zvětšuje výkon stroje zvětšením hloubky řezu a posuvu. Vedle toho se zlepšuje jakost broušeného povrchu. Zvětší-li se pouze obvodová rychlost brusného kotouče (při nezměněné rychlosti obrobku a posuvech), zlepší se jakost broušeného povrchu, aniž se zvětší výkon. Současným zvětšením rychlosti kotouče i obrobku v téže poměru zvětšuje se výkon stroje a zlepšuje se jakost broušeného povrchu.

Tak jako na brusný kotouč klade rychlobroušení značné požadavky i na stroj, zejména na jeho tuhost, na dostatečné rozměry včetně broušícího vřeteníku a jeho uložení. Před použitím kteréhokoliv stroje pro tento způsob práce je nezbytné výpočtem prověřit jeho použitelnost. Potřebné úpravy

mají sice rozsah důkladné modernisace stroje, avšak výsledky dosažené v četných případech ukázaly, že potřebný náklad se rychle uhrazuje zvýšenou produktivitou.

**Přídávky na broušení** se stanoví podle velikosti a tvaru obrobku, podle obrbení v předcházející operaci, podle způsobu upnutí, podle druhu materiálu a popř. podle jeho tepelného zpracování. Přihlíží se při tom také k druhu a stavu stroje, jakož i k upínání obrobku a zejména k druhu výroby. Nadbytečné přídávky zdražují obrábění a zvětšují spotřebu materiálu a kotoučů. Příliš malé přídávky mohou způsobit, že na obráběcích zůstanou neobrubená místa či jiné povrchové závady, takže vzrůstá počet zmetků. Výroba s nejmenšími přídávky předpokládá též velmi dokonalé výrobní zařízení, které je nákladné, a tudíž hospodárné jen v určitých případech výroby. Proto se přídávky volí podle zásady největší hospodárnosti (tab. 22 a 23).

Tabulka 23 Přídávky na vnitřní válcové povrchy (díry)  
(rozměry v mm)

Průměr od—do	Přídávky na $\varnothing$		Průměr od—do	Přídávky na $\varnothing$	
	I	II		I	II
3—6	-0,08 -0,15	-0,15 -0,25	50—80	-0,25 -0,35	-0,40 -0,55
6—10	-0,10 -0,20	-0,20 -0,30	80—120	-0,30 -0,40	-0,45 -0,60
10—18	-0,15 -0,25	-0,25 -0,35	120—180	-0,35 -0,45	-0,50 -0,65
18—30	-0,15 -0,25	-0,30 -0,45	180—250	-0,35 -0,45	-0,55 -0,70
30—50	-0,20 -0,30	-0,35 -0,50	250—300	-0,40 -0,50	-0,60 -0,80

I — obrobky upnuté ve speciálních přípravcích;  
II — obrobky upnuté v tříčelistovém sklíčidle.

**Zápíchy.** Protože na broušených obrobcích nelze brousit ostré rohy, do-  
stávají obrobky v předcházející operaci zápíchy podle obr. 21.

### C. PRŮŘEZ TŘÍSKY, SÍLY A VÝKON

#### Průřez třísky

Při broušení vnějších válcových ploch je objem materiálu ubíraného za jednu otáčku obrobku

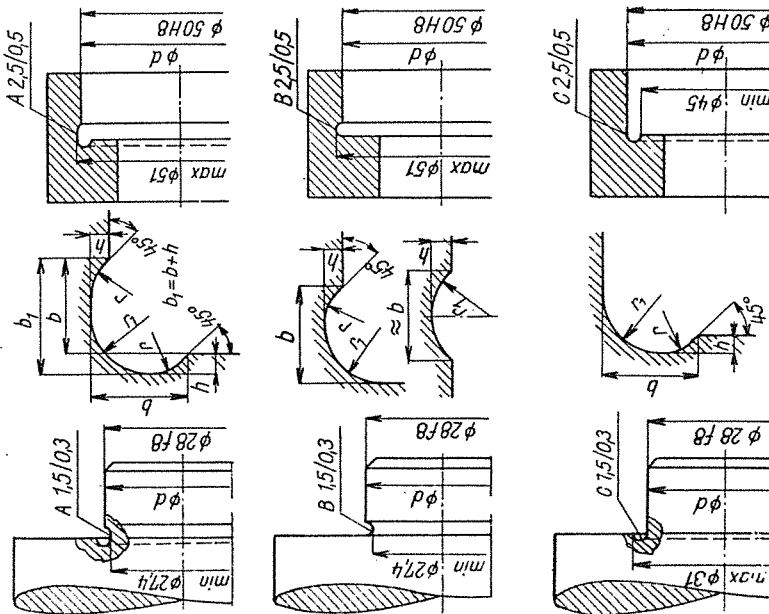
$$V = \pi \cdot d_s \cdot t \cdot s \quad (\text{mm}^3),$$

kde  $V$  je objem materiálu v  $\text{mm}^3$ ,

$d_s$  — průměr obrobku v mm,

$t$  — hloubka řezu v mm,

$s$  — podélný posuv na jednu otáčku obrobku v mm.



Obr. 21. Zápičky pro broušení:  
 $a$  — do rohu;  $b$  — do válcové plochy;  $c$  — do čelní plochy.

Rychlost  $v_k$ , tj. dráhu, kterou proběhne libovolný bod na obvodě brusného kotouče za 1 vteřinu, lze vypočítat podle tohoto vzorce:

$$v_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} \quad (\text{m/s}),$$

kde  $n_k$  je počet otáček brusného kotouče za min a  $D_k$  — průměr brusného kotouče.

Dráha  $l$  téhož bodu za čas jedné otáčky obrobku je pak

$$l = \frac{v_k \cdot 1000 \cdot 60}{n_s} = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{n_s} \quad (\text{mm}).$$

Jestliže dělíme objem materiálu  $V$  ubraného za čas jedné otáčky obrobku drahou  $l$ , dostaneme průměrný průřez třísky  $Q$  ubírané brusným kotoučem.

$$Q = \frac{V}{l} = \frac{\pi \cdot d_s \cdot t \cdot s \cdot n_s}{\pi \cdot D_k \cdot n_k} \quad (\text{mm}^2).$$

Dosadíme-li hodnoty

$$\pi \cdot d_s \cdot n_s = 1000 \cdot v_s,$$

$$\pi \cdot D_k \cdot n_k = 1000 \cdot 60 \cdot v_k$$

(kde  $v_s$  je obvodová rychlost obrobku a  $v_k$  obvodová rychlost brusného kotouče) do vzorce průřezu třísky, dostaneme

$$Q = \frac{1000 \cdot v_s \cdot t \cdot s}{1000 \cdot 60 \cdot v_k}$$

nebo zkráceně

$$Q = \frac{v_s \cdot t \cdot s}{v_k \cdot 60} \quad (\text{mm}^2).$$

*Příklad.* Vypočítejte střední průřez třísky  $Q$  při broušení kotoučem v průměru  $D_k = 500$  mm, počet jeho otáček za minutu  $n_k = 1400$ ; průměr obrobku  $d_s = 50$  mm a otáčky obrobku za minutu  $n_s = 110$ ; hloubka řezu  $t = 0,04$  mm a podélný posuv na 1 otáčku obrobku  $s = 14$  mm.

*Výpočet:*

Obvodová rychlost brusného kotouče je tato:

$$v_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 1400}{60 \cdot 1000} = 36,63 \text{ m/s}.$$

Obvodová rychlost obrobku je

$$v_s = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_s}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 110}{1000} = 17,27 \text{ m/min.}$$

Střední průřez třísky je tento:

$$Q = \frac{v_s \cdot t \cdot s}{v_k \cdot 60} = \frac{17,26 \cdot 0,04 \cdot 14}{36,63 \cdot 60} = 0,0044 \text{ mm}^2.$$

### Síly při broušení

Při broušení mezi hroty působí na brusný kotouč síla, kterou rozkládáme na tři složky:  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  (obr. 21 A).

Síla  $P_x$  působí ve směru osy obrobku (zatěžuje axiální uložení brousícího vřetena a ústrojí pro podélný posuv).

Síla  $P_y$  působí ve směru radiálním jako tlak brusného kotouče na obrábek (zatěžuje radiální ložiska brousícího vřetena a deformuje obrábek).

Síla  $P_z$  působí ve směru tečny k obvodu brusného kotouče a je hlavní složkou, z níž se počítá výkon broušení a výkon potřebný k otáčení obrobku.

Síla  $P_z$  se vypočítá podle vzorce

$$P_z = Q \cdot P,$$

kde  $Q$  je střední průřez třísky v  $\text{mm}^2$ ,

$P$  — měrný řezný odpor v  $\text{kg/mm}^2$ .

Měrný řezný odpor závisí na vlastnostech obráběného materiálu, na hloubce řezu a podélném posuvu (tab. 24).

Tabulka 24 Měrný řezný odpor

Hloubka řezu $t$ v mm	Podélný posuv $s$ v mm na otáčku	Měrný řezný odpor	
		pro ocel 50 kg/mm <sup>2</sup>	Měrný řezný odpor $p$ v kg/mm <sup>2</sup> třísky pro litinu střední tvrdosti
0,02	12	3150	3000
0,06	12	1500	1600
0,10	12	1150	1150

Dosadí-li se místo  $Q$  výraz dříve uvedený, dostaneme

$$P_z = p \cdot \frac{v_s \cdot t \cdot s}{60 \cdot v_k} \quad (\text{kg}).$$

Výkon brusného kotouče se vypočítá ze síly  $P_z$  podle vzorce

$$N_k = \frac{P_z \cdot v_k}{75 \cdot 1,36} \quad (\text{kW}).$$

(Do vzorce je dosazeno číslo 75, aby kilogrammetry byly převedeny na koňské síly, a číslo 1,36, aby koňské síly byly převedeny na kilowatty.)

Jestliže se místo obvodové rychlosti brusného kotouče  $v_k$  dosadí obvodová rychlost obrobku  $v_s$ , vypočítá se výkon pro pohon obrobku:

$$N_o = \frac{P_z \cdot v_s}{60 \cdot 75 \cdot 1,36} \quad (\text{kW}).$$

*Příklad:* Vypočítejte výkon potřebný k pohonu brusného kotouče při broušení ocelového válce:  $v_k = 30 \text{ m/s}$ ,  $t = 0,06 \text{ mm}$ ,  $s = 20 \text{ mm}$ ,  $v_s = 8 \text{ m/min}$ .

*Výpočet:* V tabulce 24 vyhledáme hodnotu  $p$ , která zde je  $1500 \text{ kg/mm}^2$ .

$$P_z = p \cdot \frac{v_s \cdot t \cdot s}{60 \cdot v_k} = \frac{8 \cdot 0,06 \cdot 20 \cdot 1500}{60 \cdot 30} = 8,0 \text{ kg.}$$

Příkon pro pohon brusného kotouče je:

$$N_k = \frac{P_z \cdot v_k}{75 \cdot 1,36} = \frac{8,0 \cdot 30}{75 \cdot 1,36} = 2,35 \text{ kW.}$$

Příkon pro pohon obrobku má tento tvar:

$$N_o = \frac{P_z \cdot v_s}{60 \cdot 75 \cdot 1,36} = \frac{8,0 \cdot 8}{60 \cdot 75 \cdot 1,36} = 0,013 \text{ kW.}$$

Z výpočtu vyplývá, že příkon potřebný pro pohon brusného kotouče je velký (pro velkou obvodovou rychlost), kdežto pro pohon obrobku velmi malý.

## D. CHLAZENÍ

Teplota vznikající při broušení je velmi nevídaná. Může obrobek deformovat, nebo jej roztáhnout, takže po ochlazení má jiný rozměr, ač byl přesně obrobek. Kalené obrobky může popustit pod předepsanou původní tvrdost, nebo dokonce způsobit jejich popraskání a znehodnocení. Proto se teplo zpravidla odvádí řeznou (chladičí) kapalinou, která je podobného složení jako při jiném třískovém obrábění. Jejím úkolem je zejména:

1. Chladit obrobek a udržovat ho na přiměřeném a pokud možno stálém stupni teploty.
2. Mazat obrobek, aby se zmenšilo tření a odpor obráběného materiálu proti účinku brusiva.
3. Odplavovat třísky a části brusiva a pojiva.
4. Pomáhat dosáhnout předepsané jakosti broušeného povrchu.

### Řezné kapaliny

Protože chlazení je při broušení důležitější než mazání (u jiných druhů třískového obrábění je tomu naopak), je na ocel nejvhodnější chladičí kapalinou voda za předpokladu, že jí odolává pojivo brusného kotouče. Je tomu tak u kotoučů s keramickým pojivem, avšak kotouče s magnesiitovým a silikátovým pojivem vodě neodolávají. Přimísením dalších látek lze její vlastnosti různě upravovat.

Přídavek sody chrání stroji i obrobek před rezavěním. Ve větší koncentraci obtěžuje obsluhovatele a rozkládá některá pojiva brusných kotoučů (umělou pryskyřici, šelak a silikátová pojiva).

Mýdlové roztoky mají dobré chladičí účinky, avšak činí obrobky kluzkými, takže se s nimi špatně manipuluje.

Pění, a proto se drobné části třísek a brusného prachu udržují na pění. Olejové emulze (3 % až 6 %) ve vodě dávají kapalinu, která při zachování chladičího účinku má též mírný mazačí účinek a přitom utváří na obrobku i stroji olejový film, který zabraňuje rezavění.

Na šedou litinu a temperovanou litinu, které snadno rezaví, je třeba koncentrace 7 %.

Na hliník a hořčík, které jsou měkké a tak poddajné, že se třísky špatně oddělují, je třeba kapaliny s velkou pronikavostí. Protože voda na nich nechává skvrny a zásadité látky je rozrušují, používá se většinou směsi oleje a petroleje. Se zřetelem k hořlavosti těchto kapalin hledají se vhodné řezné kapaliny syntetické.

Na mosaz a bronz, na umělé pryskyřice, fibr apod. je třeba řezných kapalin obsahujících olej, neboť jinak se brusný kotouč zanášá.

Podíl oleje v emulsiích má příznivý vliv na trvanlivost kotouče a jakost broušeného povrchu. Čím více oleje je v emulsi, tím tlustší olejový film se

vytváří na brusných zrnech kotouče, který se pak tak snadno nezanášá. Proto zůstává déle ostrý, jeho úbytek je malý, což je značnou výhodou u tvarového broušení. Proto ubírá-li se jen menší množství materiálu, připouští se raději snížení chladičího účinku omezením podílu vody v emulsi, nebo dokonce použitím pohlédého oleje jako řezné kapaliny. Činí se tak zejména tam, kde je třeba dosáhnout vynikající jakosti broušeného povrchu. Nedostatečný chladičí účinek oleje se u některých strojů, např. u závitových brusek, zlepšuje chladičím zařízením.

### Filtrování řezné kapaliny

Nelepší jakosti broušených povrchů nelze dosáhnout bez přiměřeného filtrování řezné kapaliny. Filtrační zařízení musí být tím účinnější, čím kvalitnějšího broušeného povrchu chceme dosáhnout.

Protože požadavky na jakost broušené plochy jsou různé, jsou i filtrační zařízení řezných kapalin různé konstrukce a účinnosti. Hrubého vyčištění kapaliny se dosáhne usazovací nádrží, která je tím účinnější, čím je větší.

Použitá kapalina vracejí se do nádrže má konat pokud možno dlouhou cestu před návratem do čerpadla (které ji vrací ke kotouči), aby brusný prach a třísky měly dost času se usadit. Jemné částice, které potěbují dlouhou dobu k usazení a které mohou znemožnit dosažení kvalitního broušeného povrchu, musí se zachycovat filtrem, který se zařazuje za čerpadlo do výtláčného potrubí. Filtry se zpravidla skládají z jednotlivých komor, které jsou rovnoběžně uspořádány a jimiž filtrovaná kapalina musí postupně projít. Zbytky brusného prachu a třísek upřívají na filtrační látce nebo na sítu, které jsou vloženy mezi jednotlivé komory. Účinnost nejlepších filtrů lze dokonce nastavit podle potřeby, různé na hrubé a jemné broušení.

Usazovací nádrže, zejména nejsou-li doplněny filtrem, musí se pravidelně a pečlivě čistit. Filtry zachycující jen nejjemnější částice není třeba čistit tak často (podle konstrukce jednou až dvakrát do měsíce).

Péče vynaložená na čištění řezné kapaliny je nezbytným předpokladem dobrých výsledků brusické práce. Dopusťte-li se, aby se brusný prach a třísky znovu dostaly mezi kotouč a obrobek, zanášá se brusný kotouč a musí se častěji orovnávat; měřidla se níže rychlým opotěbením a zejména jakost broušeného povrchu je horší.

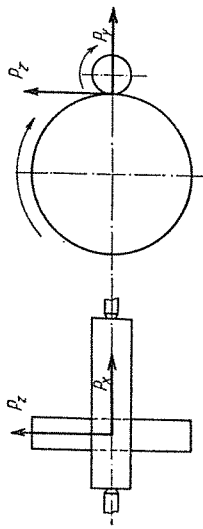
### Množství řezné kapaliny

má být takové, aby postačila s obrobku odvést teplo broušením vzniklé. Při tom je třeba počítat s tím, že část tepla odvede také obrobek a proto může být přívod kapaliny tím menší, čím větší průměr má obrobek. U velkých obrobků jsou však také velké i stykové plochy, a proto se u nich

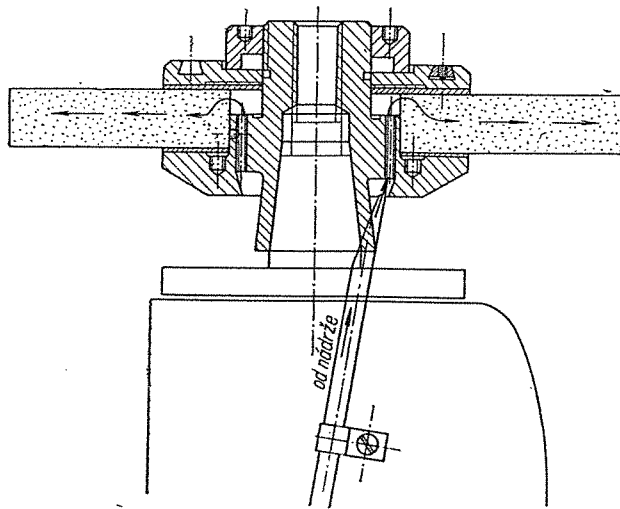
přívod kapaliny nezmenšuje v téměř poměru. Rovněž široké kotouče předpokládají větší množství řezné kapaliny.

Čím větší je styková plocha brusného kotouče s obrobkem a čím tvrdší je materiál obrobku, tím účinnější musí být chlazení. Bez chlazení lze brousit jen šedou litinu, temperovanou litinu, měď a její slitiny, avšak musí se použít odsávacího zařízení na brusný prach a třísky. Brousí-li se na hrubo litina na zvlášť výkonných strojích, je výhodné chladit emulzí.

Řezná kapalina se přivádí stejnoměrně v šířce celého brusného kotouče; k tomu je hubice přívodného potrubí přiměřeně upravena.



Obr. 22a. Síly působící při broušení.



Obr. 22b. Vnitřní chlazení brusným kotoučem (konstrukce ZPS, Gottwaldov).

### Vnitřní chlazení brusných kotoučů

U některých prací, zejména nepávají-li se póry brusného kotouče, osvědčuje se dobře vnitřní chlazení. Řezná kapalina se přivádí do středu brusného kotouče, načež odstředivou silou je protlačována póry kotouče na jeho obvod, odkud se rozprašuje jako mlhovina. Takto se brusný kotouč proplachuje a ve styku s obrobkem odvádí teplo.

Tento způsob chlazení předpokládá zvláštní úpravu přírub. Na obr. 22B je konstrukce Závodů přesného strojírenství n. p. Gottwaldov, určená pro vodorovné rovinné brusky. Podobné upravených přírub s oboustranným přívodem řezné kapaliny se používá u hrotových brusek.

### Odsávání

Brusky, na kterých se brousí za sucha, musí mít odsávací zařízení na brusný prach a třísky, které ohrožují zdraví obsluhovatele a usazují se na stroji. (Brusný prach je příčinou rychlé ztráty přesnosti stroje.)

Odsávací zařízení je buď společné pro několik strojů, nebo jednotkové, tj. příslušenstvím stroje. Skládá se z elektromotoru, ventilátoru, filtru a odsávací hubice. Hubici lze vhodně nastavit ke kotouči a obrobku. Filtry se musí stejně pravidelně čistit jako u chladičích zařízení, neboť se zaneseným filtrem je zařízení neúčinné. Zanesený filtr se pozná podle poklesu sacího účinku ventilátoru.

### E. LÍCOVÁNÍ

Obrobek je určen velikostí a tvarem. Velikost obrobku určují jeho délkové rozměry a velikost úhlů. Délkové rozměry se na výkresech udávají v milimetrech (mm); výjimečně, zejména u závitů, se rozměry udávají v palcích (označení "/).

Velikost úhlu se udává ve stupních, minutách a vteřinách. 1° (stupeň) se dělí na 60' (minut) a 1' na 60" (vteřin). Tvarově může být obrobek jednoduché geometrické těleso ohraničené rovinnými nebo zakřivenými plochami nebo soustava geometrických těles. Tvar se volí tak, aby vyhovoval požadavkům funkce, pevnosti a jednoúčelového technologického zpracování.

Předepsané rozměry nelze přesně dodržet, neboť používané nářadí (nástroje, měřidla a upínací zařízení) je do určité míry nepřesné; v průběhu používání se jeho funkční plochy nebo břity opotřebovají, a tím vznikají další úchytky rozměrů a tvaru obrobku. Podobně se projevují nepřesnosti, opotřebení a deformace stroje, zejména vřeten a vodičích částí, jakož i deformace materiálu. Značný vliv má i teplo vznikající při obrábění mechanickým třením, které je tím větší, čím větší je řezná rychlost; rozměry obrobku

i různých nástrojů se jím v průběhu obrábění zvětšují, a po vychladnutí obrabku se opět zmenšují. Proto se má měřit jen při určité a stálé teplotě. Jelikož pro tyto vlivy nelze dodržet žádný tvar ani rozměr naprosto přesně, uvádějí se na výkresech a jiných výrobních podkladech přímo výrobní úchytky, které stanoví, s jakou přesností se má součást vyrobit. Součástí, jejichž rozměry nepřesahují meze stanovené výrobními úchytkami, jsou vyhovující, přičemž mohou mít v těchto mezích různé rozměry. Se zřetelem na hospodárnost výroby a funkce obrabků jsou úchytky rozměrů zpravidla stanoveny lícovací soustavou.

Lícování určuje správný vzájemný vztah mezi rozměry dvou součástí, které jsou v sobě uloženy nebo spolu spojeny, ať volně nebo pevně. Mají-li se součásti po sobě pohybovat, musí mít v místě styku určitou vůli, která je též důležitá pro mazání, montáž apod. Mají-li však být součásti spojeny pevně, musí mít určitý přesah v rozměrech, jehož velikost udává vlastnosti spoje.

Lícováním se tedy všeobecně označuje přesnost obrobení součástí navzájem spojovaných a jejich vzájemný vztah daný vůlí nebo přesahem.

### Rozměry, úchytky a tolerance

Mezní rozměry jsou dva:

horní mezní rozměr, tj. největší dovolený rozměr a

dolní mezní rozměr, tj. nejmenší dovolený rozměr.

Skutečný rozměr, tj. rozměr na součásti skutečně naměřený, musí ležet mezi oběma mezními rozměry.

Jmenovitý rozměr je rozměr součástí, který je předepsán na výkresu a od něhož se počítají úchytky rozměru.

Úchytky je rozdíl mezi rozměrem skutečným a jmenovitým.

Mezní úchytky je největší dovolená úchytky.

Tolerance je celý rozsah dovolené nepřesnosti, tj. rozdíl mezi horním a dolním rozměrem výroby.

Horní úchytky je rozdíl mezi horním mezním rozměrem a rozměrem jmenovitým.

Dolní úchytky je rozdíl mezi dolním mezním rozměrem a rozměrem jmenovitým.

### Vále a přesah

Má-li se hřídel vsunout do díry, musí mít poněkud menší průměr, než díra, tj. musí být vále mezi hřídelem a dírou.

Má-li být hřídel v díře pevně uložen, musí být poněkud větší, než díra, tj. musí mít určitý přesah.

Vále je rozdíl mezi skutečným průměrem díry a skutečným průměrem hřídele, je-li hřídel menší než díra.

Nejmenší vále je vále mezi nejmenší dírou a největším hřídelem.

Největší vále je vále mezi největší dírou a nejmenším hřídelem.

Přesah je rozdíl mezi skutečným průměrem hřídele a skutečným průměrem díry, je-li před spojením hřídel větší než díra.

Nejmenší přesah je přesah mezi nejmenším hřídelem a největší dírou. Největší přesah je přesah mezi největším hřídelem a nejmenší dírou.

### Uložení

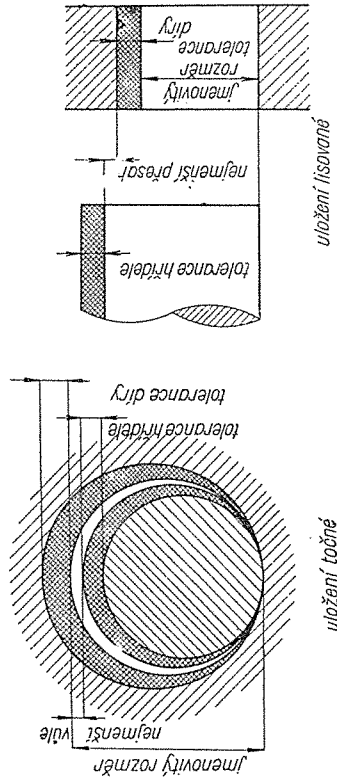
Uložení je způsob spojení dvou součástí poskytující určitý stupeň volnosti jejich vzájemného pohybu, nebo určitý stupeň úsilí potřebného k jejich spojení a rozebrání.

Uložení mohou být třího druhu:

a) hybná (volná), která dovolují vzájemný pohyb součástí s určitou vůlí (uložení točnou a smykovou).

Při hybném uložení je hřídel vždy menší, než díra (obr. 23 vlevo)

b) nehybná, která spojují součásti pevně (nehybné) s určitým přesahem (uložení lisované). Při nehybném (lisovaném) uložení je hřídel větší než díra (obr. 23 vpravo).

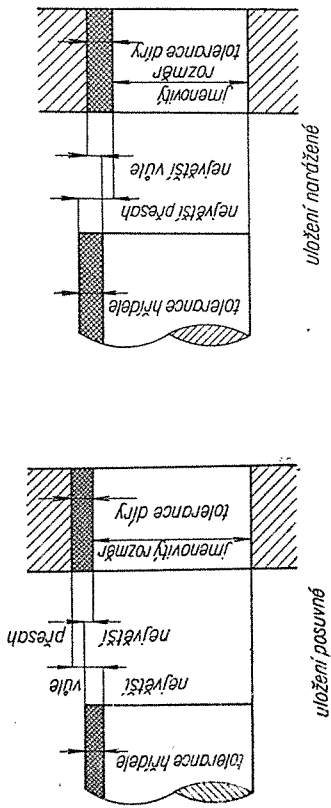


Obr. 23. Uložení hybné (vlevo) a nehybné (vpravo).

c) přechodná, při nichž se může vyskytnout jak vále, tak i přesah (uložení posuvné, shodné, narážené a pevné) podle toho, je-li skutečný rozměr díry nebo hřídele blíže hornímu nebo dolnímu rozměru. U těchto uložení se tedy například s určitostí neví, budou-li součásti spojeny hybně či nehybně (obr. 24).

## Lícovací soustavy

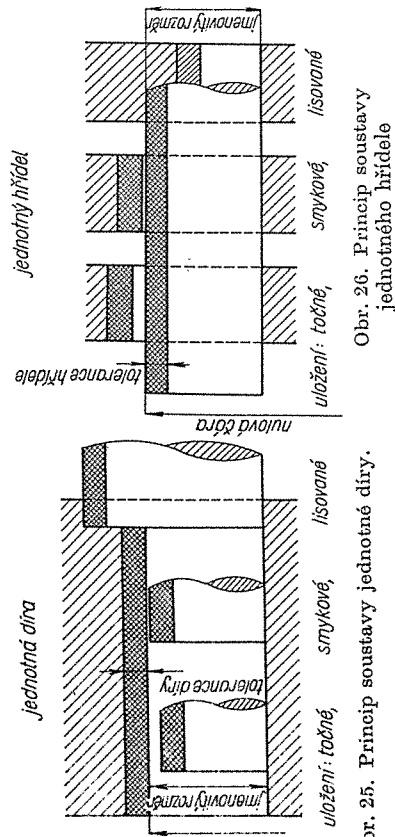
Lícovací soustava obsahuje metodicky uspořádané názvy, základní pojmy, definice a značky (pro různé hřídele a díry a stupně přesnosti), používané při lícování, dále číselné hodnoty horních a dolních úchytek, jimiž



Obr. 24. Uložení přechodné:  
vlevo — posuvné; vpravo — narážené.

jsou stanoveny jak dovolená nepřesnost výroby (tolerance) a kontroly obrobků součástí, tak i jejich funkce (vůlemi a přesahy). Všechny druhy uložení pro stejný jmenovitý průměr hřídele a díry lze uskutečnit dvojnásobem:

- v soustavě jednotné díry (obr. 25) je pro všechna uložení téhož stupně lícování stejná díra a podle uložení se mění rozměr hřídele;
- v soustavě jednotného hřídele (obr. 26) je pro všechna uložení téhož stupně lícování stejný hřídel a podle uložení se mění rozměr díry.

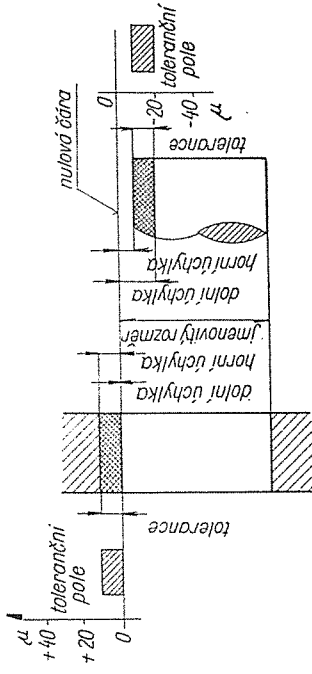


Obr. 25. Princip soustavy jednotné díry.

Obr. 26. Princip soustavy jednotného hřídele

## Nulová čára

V soustavách jednotné díry i jednotného hřídele je jmenovitý rozměr východiskem pro rozdělení úchytek. V diagramech znázorňujících lícovací soustavu nazýváme základní čáru, příslušející jmenovitému rozměru, nulovou čárou.



Obr. 27. Nulová čára a toleranční pole.

vou čarou. Poloha tolerance k nulové čáře se znázorňuje tolerančním polem (obr. 27). Vzdálenost hranice tolerančního pole od nulové čáry je určena jednou z mezích úchytek a jeho velikost (výška) se rovná toleranci.

Nulová čára je u všech uložení v soustavě jednotné díry dolem mezím rozměrem všech děr a v soustavě jednotného hřídele horním mezím rozměrem všech hřídelů.

## Porovnání lícovacích soustav

Každá z obou lícovacích soustav má své přednosti, a proto je třeba obou. Volí se podle požadavků nebo podmínek konstrukce, nákladů na pořízení a udržování nářadí, nákladů na obrábění a montáž.

V soustavě jednotné díry mají díry stejný dolní rozměr pro všechna uložení; horní mezí rozměr se mění podle tolerance. Hřídel se přizpůsobuje podle uložení (obr. 25).

Má-li hřídel stejného jmenovitého průměru několikrát uložení za sebou, musí se uspořádat v takovém pořadí, aby bylo možno hřídel nasadit bez poškození lícovací plochy (menší průměry na krajích hřídele).

V soustavě jednotného hřídele se hřídel dělá nezávisle na druhu uložení a podle žádaného uložení se mění díra (obr. 26).

V této soustavě lze použít hladkých hřídelů a čepů, tj. takových, které mají všude stejný jmenovitý průměr a stejné úchytky. Při použití soustavy jednotného hřídele pro několik druhů uložení na jednom hřídeli se musí volit sled uložení tak, aby se nejdříve nasazovala uložení hybná, pak pře-

chodná a nakonec nehybná. Je-li nutný jiný sled, musí být hřídel stupňový (osazený).

Pročte obrábění děr a jejich přesných rozměrů je obtížnější, než obrábění hřídelů, volí se převážně soustava jednotné díry. Pro soustavu jednotné díry je zapotřebí menšího počtu válečkových kalibrů, které jsou také nákladnější než třmenové kalibry (na hřídele). Také ostatní měřidla pro soustavu jednotné díry jsou méně nákladná. Je-li však možno použít přesného a hladeného materiálu na hřídele, které se nemusí obrábět, je výhodnější použít soustavu jednotného hřídele, protože pak se obrábí pouze díra a obrábění je levnější (hřídele hospodářských strojů). Při výrobě rozmantých výrobků v menším počtu kusů s různými průměry je výhodnější soustava jednotné díry, která vyžaduje menší počet nástrojů. Při menších požizovacích a udržovacích nákladech na nástroje a měřidla je i výroba přehlednější.

Při sérové nebo hromadné výrobě se někdy mohou uplatnit výhody jednotného hřídele, jestliže zvětšené pořizovací náklady náradí pro díry se vyváží úsporami na obrábění hladkých hřídelů.

Lícovací soustava se tedy volí vždy po uvážení všech hospodářských důsledků.

### Lícovací soustava ISA

Dříve zavedené lícovací soustavy, platné na území příslušných států, byly r. 1934 nahrazeny jednotnou mezinárodní soustavou, kterou vypracovala Mezinárodní normalizační federace (International Standards Association - zkráceně ISA). V Československu je zavedena normou ČSN 01 4201.

Lícovací soustava ISA je především soustava tolerancí a jejich velikostí. Velikost tolerance se s rostoucím průměrem zvětšuje, protože se zvětšují i nepřesnosti měření, způsobené rozdíly teplot a pružností kalibrů. Lícovací soustava ISA stanoví 16 stupňů lícování (IT 1 až IT 16), z nichž stupeň lícování 1 s nejmenší tolerancí je nepřesnější a stupeň 16 s největší tolerancí pro též rozsah rozměrů (průměrů) nejhrubší. Velikost tolerancí roste s rozměrem (průměrem) součásti a s číslem udávajícím stupeň lícování (tab. 25).

Větší přesnost, která vyžaduje pečlivější výroby, je nákladnější. Stupně 1 až 4 jsou pro nepřesnější výrobu, na příklad mimořádně přesných měřicích přístrojů, kontrolních kalibrů valivých ložisek apod. Stupně 5 až 7 jsou pro výrobu méně přesných kalibrů a zvláště přesných součástí, stupně 7 až 11 jsou určeny pro lícovaná uložení součástí obrobenech obvyklými způsoby (soustružením, frézováním, hoblováním, broušením, vyvrtáváním apod.), stupně 12 až 16 jsou vhodné pro hrubší výrobu, jako lícování, válcování apod.

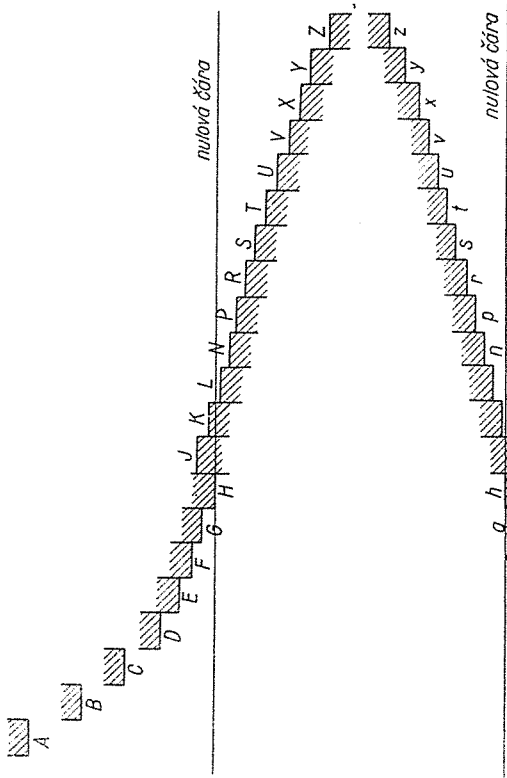
Tabulka 25  
Tolerance ISA

Rozsah průměru, mm		Stupně lícování (přesnosti)*															
nad	do	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
400	180	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
315	250	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
250	200	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
180	140	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
120	80	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
80	50	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
50	30	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
30	18	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
18	10	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
10	6	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
6	3	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
3	1	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

\* Základní tolerance se označují týmitž čísly s písmeny IT (IT1, IT2 až IT16).

## Označování hřídelů a děr

Hřídele a díry se podle polohy tolerančních polí k nulové čáře označují písmenem a podle velikosti příslušné základní tolerance (stupně licování) číslicí. Hřídele se označují malými písmeny abecedy, při čemž písmena *i*, *l*, *o*, *q*, *w* se neuvádějí. Díry se označují velkými písmeny.



Obr. 28. Označování hřídelů a děr podle ISA.

Písmena *a* až *g* se označují hřídele pod nulovou čarou tak, že písmeno *a* označuje hřídele, které mají vzdálenost tolerančních polí od nulové čáry největší; písmena *k* až *z* (mimo písmena *i*, *l*, *o*, *q* a *w*) se označují hřídele nad nulovou čarou tak, že písmenem *z* se označuje hřídel od nulové čáry nejvzdálenější. Hřídele *h* mají horní úchytku na nulové čáře, hřídele *j* mají úchytky rozloženy po obou stranách nulové čáry (obr. 28).

Díry *A* až *G* jsou nad nulovou čarou tak, že díra *A* je nejdále od ní; díry *K* až *Z* (písmena *I*, *L*, *O*, *Q* a *W* se nepoužívá) jsou pod nulovou čarou tak, že díra *Z* je nejdále od ní. Díry *H* mají dolní úchytky na nulové čáře,

tolerance děr *J* jsou rozloženy po obou stranách nulové čáry. Číslice při-  
pojené k písmenům označujícími polohu k nulové čáře značí toleranci  
(stupeň licování) a tvoří s nimi licovací značku (např. H8, f7).

Těchto značek se používá na výrobních podkladech a na měřidlech.  
Vyznačuje-li se současně tolerance díry i hřídele, píše se značka pro díru  
před značkou pro hřídel (H8/d10 E9/h9). V soustavě jednotné díry je nulová  
čára dolní mezní rozměr díry, v soustavě jednotného hřídele horní mezní  
rozměr hřídele. Proto mohou být v soustavě jednotné díry jednotlivými  
délkami pouze díry H a jednotlivými hřídeli v soustavě jednotného hřídele  
pouze hřídele h. Těchto písmen se také při označování uložení používá.

## Přehled uložení

Licovací soustava ISA stanoví tři skupiny uložení:

- lybná neboli volná, pro něž jsou v soustavě jednotné díry určeny hřídele *a* až *h*, v soustavě jednotného hřídele díry *A* až *H*;
- přechodná, pro něž jsou v soustavě jednotné díry určeny hřídele *j* až *n*, v soustavě jednotného hřídele díry *J* až *N*;
- nehlybná, pro něž jsou v soustavě jednotné díry určeny hřídele *p* až *z*, v soustavě jednotného hřídele díry *P* až *Z*.

Tabulka 26

Hřídele f6 až j6  
Rozměry v  $\mu$  ( $\mu = 0,001$  mm)

Rozsah průměrů, mm		Hřídel											
		f6			g6			h6			j6		
		horní	dolní	úchytky	horní	dolní	úchytky	horní	dolní	úchytky	horní	dolní	úchytky
1	3	-7	-14	-3	-10	0	-7	+6	-1	-1	-2	-2	
3	6	-10	-18	-4	-12	0	-8	+7	-1	-1	-2	-2	
6	10	-13	-22	-5	-14	0	-9	+7	-2	-2	-2	-2	
10	18	-16	-27	-6	-17	0	-11	+8	-3	-3	-3	-3	
18	30	-20	-33	-7	-20	0	-13	+9	-4	-4	-4	-4	
30	50	-25	-41	-9	-25	0	-16	+11	-5	-5	-5	-5	
50	80	-30	-49	-10	-29	0	-19	+12	-7	-7	-7	-7	
80	120	-36	-58	-12	-34	0	-22	+13	-9	-9	-9	-9	
120	180	-43	-68	-14	-39	0	-25	+14	-11	-11	-11	-11	
180	250	-50	-79	-15	-44	0	-29	+16	-13	-13	-13	-13	
250	315	-56	-88	-17	-49	0	-32	+16	-16	-16	-16	-16	
315	400	-62	-96	-18	-54	0	-36	+18	-18	-18	-18	-18	
400	500	-68	-108	-20	-60	0	-40	+20	-20	-20	-20	-20	

Mezi hřídeli a dérami přechodných a nehybných uložení nelze stanovit přesné hranice, protože na toleranci příslušné dří (hřídele) závisí, bude-li uložení určitě nehybné (tj. s určitým nejmenším přesahem) nebo vznikne-li uložení přechodné.

#### Normy ČSN 01 4201 až 01 4235

Tato sada norem obsahuje tabulky mezních úchytek hřídelů a děr pro pátý až jedenáctý stupeň lícování a pro nejběžnější uložení a je doplněna základními ustanoveními o toleranci a lícovačí soustavě a o kalibrech. Úchytky průměrů hřídelů f6 až j6 a e7 až j7 jsou na tab. 26 a 27. Úchytky průměrů děr E7 až J7 jsou na tab. 28.

Tabulka 27

Hřídele e7 až j7  
Rozměry v  $\mu$  ( $\mu = 0,001$  mm)

Rozsah průměrů, mm		Hřídel									
		e7					j7				
		od	do	horní	dolní	horní	dolní	horní	dolní	horní	dolní
1	3	14	23	7	16	0	9	7	2		
3	6	20	32	10	22	0	12	9	3		
6	10	25	40	13	28	0	15	10	5		
10	18	32	50	16	34	0	18	12	6		
18	30	40	61	20	41	0	21	13	8		
30	50	50	75	25	50	0	25	15	10		
50	80	60	90	30	60	0	30	18	12		
80	120	72	107	36	71	0	35	20	15		
120	180	85	125	43	83	0	40	22	18		
180	250	100	146	50	96	0	46	25	21		
250	315	110	162	56	108	0	52	26	26		
315	400	125	182	62	119	0	57	29	28		
400	500	135	198	68	131	0	63	31	32		

#### Označování uložení a úchytek na výkresech

Mezní rozměry součástí jsou určeny jmenovitým rozměrem a tolerančním polem. Na výrobním podkladu (výkresu apod.) se zakótuje jen jmenovitý rozměr a k němu se připsí lícovačí značky. Tyto značky se skládají z písmene, označujícího polohu tolerančního pole k nulové čáře, a z čísla udávajícího stupeň lícování (základní toleranci). Příklady jsou na obr. 29.

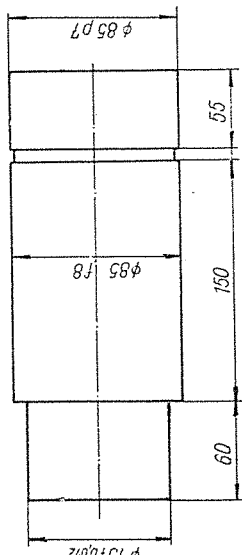
Diry E7 až J7  
Rozměry v  $\mu$  ( $\mu = 0,001$  mm)

Rozsah průměrů, mm		Úchytky									
		E7					J7				
od	do	horní	dolní	horní	dolní	horní	dolní	horní	dolní	horní	dolní
1	3	+14	+23	+40	+30	+32	+40	+18	+24	+10	+13
3	6	+20	+32	+50	+41	+40	+50	+18	+28	+13	+16
6	10	+25	+40	+60	+50	+47	+60	+24	+34	+14	+18
10	18	+32	+50	+80	+60	+54	+80	+30	+41	+18	+22
18	30	+40	+61	+108	+71	+69	+108	+37	+47	+20	+25
30	50	+50	+75	+146	+83	+83	+146	+40	+54	+24	+29
50	80	+60	+90	+210	+107	+107	+210	+47	+60	+28	+33
80	120	+72	+107	+315	+125	+125	+315	+54	+83	+33	+39
120	180	+85	+125	+426	+146	+146	+426	+60	+108	+39	+45
180	250	+100	+146	+570	+162	+162	+570	+69	+146	+45	+51
250	315	+110	+162	+756	+182	+182	+756	+77	+177	+48	+54
315	400	+125	+182	+972	+200	+200	+972	+83	+200	+50	+57
400	500	+135	+198	+1260	+225	+225	+1260	+90	+240	+53	+60

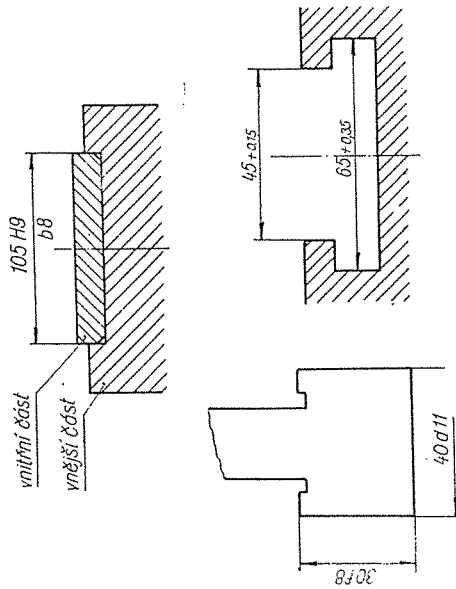
Tabulka 28

## Lícování podle sovětské soustavy OST

Ve zvláštních případech, zejména trvá-li na tom zahraniční objednavatel, vyřizují se některé zakázky podle sovětské lícovací soustavy OST. Lícovací soustava ISA, u nás zavedená, má 16 stupňů lícování, kdežto u sovětské



Obr. 30. Příklad vpisování tolerancí u písmého čepu.



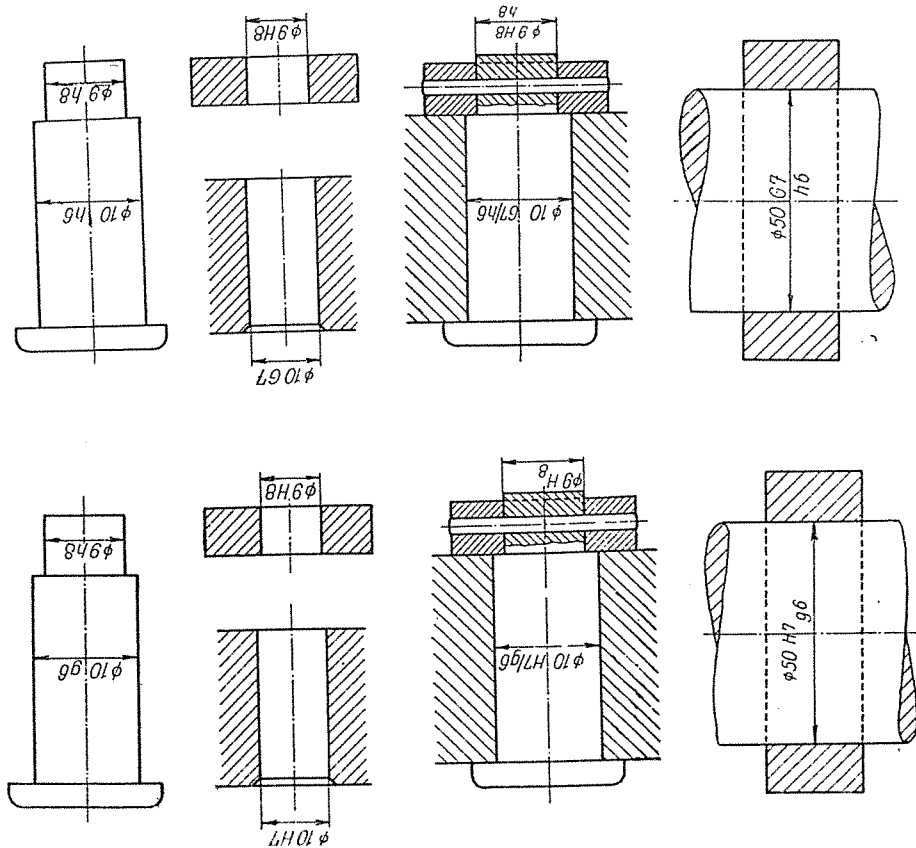
Obr. 31. Tolerování délkových rozměrů (mimo průměry).

soustavy OST je 10 tříd přesnosti s pořadovými čísly 1, 2, 2a, 3, 3a, 4, 5, 7, 8 a 9. Uložení točná a lisována 1. a 2a. třídy přesnosti byla do soustavy OST pojata podle soustavy ISA, stejně jako uložení smykova 3a. Tolerance 7, 8. a 9. třídy byly převzaty podle 14., 15. a 16. stupně ISA. Jednotná díra v soustavě jednotné díry se označuje velkým písmenem A (u soustavy ISA H) s příslušným indexem třídy přesnosti: A<sub>1</sub>, A<sub>2a</sub> atd. Jednotný hřídel v soustavě jednotného hřídele se označuje velkým písmenem B (u soustavy ISA h) rovněž s příslušným indexem třídy: B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> atd.

7 Příručka pro brusiče

Číselnými hodnotami se vpisují dovolené úchytky k jmenovitému průměru jen výjimečně, jde-li o dovolené úchytky, které nejsou stanoveny lícovací soustavou, nebo nejsou-li zavedeny ve výrobní příslušné kalibr. Příklad je na obrázku písmého čepu (obr. 30).

K jiným délkovým rozměrům (kromě průměrů), pokud se nepředepíše určité uložení podle lícovací soustavy, vpisují se dovolené úchytky zpravidla číselnými hodnotami a jen výjimečně lícovacími značkami (zejména u klnových spojení), jak je znázorněno na obr. 31.



Obr. 29. Lícovací značky: vlevo — soustava jednotné díry; vpravo soustava jednotného hřídele.

Porovnání lícovačích soustav ČSN (ISA) a OST, obsahující veškeré potřebné srovnávací tabulky, je v ČSN 01 4111 až 01 4149.

### Lícovačí soustava závitová

Šroub i matice musí být rovněž vyrobeny v určitých hodnotách (pokud jde o rozměry a geometrický tvar, má-li mezi nimi vzniknout přeepsaný vzájemný vztah). Lícovačí soustava závitová (ČSN 01 4301 až ČSN 01 4333) má 11 stupňů přesnosti (2 až 12), které stanoví základní tolerance pro průměry závitů od 1 do 500 mm. Úchylky se označují lícovačími značkami, které se skládají

- z písmene S, jímž se odlišuje lícování závitů od lícování ISA;
- z písmen označujících polohu tolerančního pole závitového profilu vzhledem k nulové čáře, a to H pro matice a e, h, j, n, p pro šrouby;
- z čísla 2 až 12 určujícího stupeň základní tolerance.

Lícovaný závit matice M12 s úchylkami SH8 a s obvyklou délkou zášroubování se označí M12 SH8. Závit závrtného šroubu s úchylkami Sn2 a s délkou zášroubování podle norem pro závrtné šrouby se označí M12 Sn2. Je-li délka zášroubování větší, než obvyklá délka podle ČSN 01 4304, připojí se k lícovačí značce ještě číslice udávající délku zášroubování v mm, jež se od ní oddělí pomlčkou. Tak se závit M12 šroubu s úchylkami Se a s délkou zášroubování  $l = 30$  mm označí M12 Se9-30.

Lícovačí soustava pro závitý je soustavou jednotné matice, tj. jednotlivá uložení jsou vytvořena toliko různou polohou tolerančních polí závitů šroubů k nulové čáře. Podle toho rozeznáváme uložení

- hybná: SH/Se, které zaručuje nejmenší závitovou vůli. Použije se ho zpravidla u šroubů, jejichž povrch se upravuje (chromuje apod.);  
SH/Sh, které dovoluje ještě vzájemný pohyb součástí spojených závitem, avšak nejmenší závitová vůle se rovná nule. Používá se tam, kde záleží na snadném šroubování a u pohybových šroubů.  
b) přechodná: SH/Sj, které může mít malou závitovou vůli nebo malý závitový přesah;  
SH/Sn a SH/sp, která zaručují určitou pevnost závitových spojení, takže k šroubování je třeba poměrně značného úsilí (závrtné šrouby).

Tolerance S2 až S6 jsou určeny pro přesnou výrobu a používá se jich jen v odůvodněných případech, neboť jejich výroba je velmi nákladná. Tolerance S7 a S8 jsou určeny pro obvyklý způsob obrábění šroubových

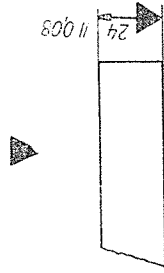
součástí běžným nářadím. Tolerance S9 až S12 jsou určeny pro výrobu hrubších šroubových součástí.

### Úchylky geometrického tvaru a vzájemné polohy ploch

Součásti jsou ohraničeny povrchovými plochami, které mohou být jednoduché (rovina, zakřivená plocha jako válec, koule apod.), nebo složitě (plochy drážkované, závitové apod.). V přesné výrobě (měřidla, nástroje apod.) je třeba věnovat úchylkám geometrického tvaru zvláštní pozornost, a proto se označování a hodnoty těchto úchylek zavádějí do výkresů. Úchylky geometrického tvaru jsou uvedeny na tab. 29.

### Výchozí základna pro měření

Je-li nutno na výkrese udat plochu nebo osu, od které se při výrobě a při kontrole vychází, musí se uvést značka výchozí základny podle obr. 32.



Obr. 32. Příklad použití a umístění značky pro měření (výchozí) základny.

### F. DRSNOST POVRCHU

Vhodná jakost povrchu funkčních ploch obráběných součástí je stejně důležitá jako správný rozměr a vhodný materiál. Závisí na ní mnoho: velikost, tření, opotřebení, mazání, únava materiálu, odolnost proti korozi, přesnost a trvanlivost výrobku. Protože jakost povrchu není patrna z údajů o lícování, musí se na výkrese zvlášť předpisovat. Do nedávna se využívala jedním, dvěma nebo třemi trojúhelníky ( $\nabla$ ,  $\nabla\nabla$ ,  $\nabla\nabla\nabla$ ). Tento způsob byl příliš hrubý a bylo proto nezbytné i na výkresech určovat také druh opracování údají jako „brousit“ nebo „lapovat“ apod. Jelikož ani takto nebyla jakost povrchu uspokojivě určena, byla postupně po delších zkouškách číselně stanovena řada drsností obroběných součástí, která je dnes uznávána ve většině států. Československá norma drsnosti povrchu součástí ČSN 01 4450 přijala za jednotku drsnosti stejně jako sovětská norma Gost 2789-51 středně kvadratickou výšku nerovností  $H_{sk}$  (v cizí literatuře označovanou  $h_{rms}$ ) vyjádřenou v mikronech ( $\mu$ ). Základní

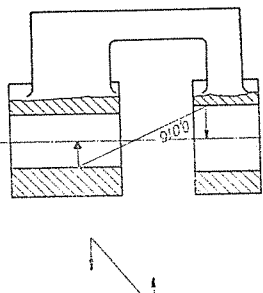
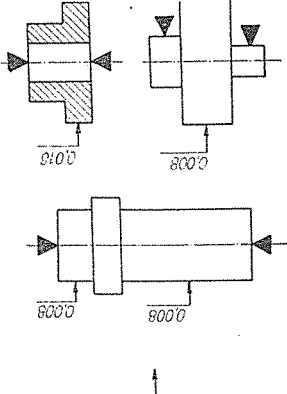
Úchylky geometrického tvaru a vzájemné polohy ploch

Tabulka 29

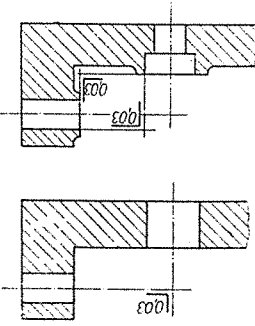
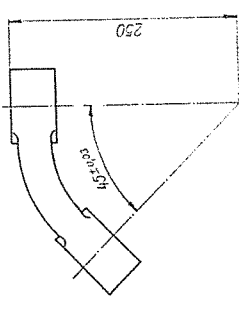
Pof. č.	Úchylka vztažená na značku	Příklad použití a umístění značky	Rozsah úchylky
1	Přímota a rovinnost		<p>Na délku 250 mm dovolená úchylka přímosti a rovinnosti 0,008 mm</p> <p>Jednosměrná úchylka (vypouklá plocha) — 0,02 na délku 1000 mm</p> <p>Úchylka pro délkový rozměr nad čarou, pro šifrový rozměr pod čarou značka</p>
2	Kruhovitost a kulovitost		<p>Povolena úchylka kruhovitosti nebo kulovitosti 0,006; znáči se jen v jednom pohledu</p>
3	Válcovitost		<p>Dovolena úchylka válcovitosti 0,006 na 300 mm; vztahuje se na celou měřenou délku</p>

Pokračování tab. 29

Pof. č.	Úchylka vztažená na značku	Příklad použití a umístění značky	Rozsah úchylky
4	Kruželovitost		<p>Dovolena úchylka kruželovitosti je nad čarou, kruželovitost pod čarou; vztahuje se na celou měřenou délku</p>
5	Rovnoběžnost		<p>Dovolena úchylky rovnoběžnosti se vztahují na celou měřenou délku. Při rozdílných délkách se úchylka vztahuje na délku kratší</p>

Por. č. Uchylka vztažená na značku	8 Souosost	9 Obvodové házení
Příklad použití a umístění značky		
Rozsah uchylky	Uchylka souososti se předpisuje jen tehdy, ověrujeme-li měřením skutečnou vzdálenost rovno- běžných os, jinak se u rotačních těles předpisuje uchylka obvodového házení	Požadavek kontroly mezi hroty musí se na výkrese udát podle příkladu (plnou šipkou). Dílek musí zůstat na součásti. Obdobně se značí u součásti kontrolované na trnu

Pokračování tab. 29

Por. č. Uchylka vztažená na značku	6 Kolmost	7 Sklon (není značka)
Příklad použití a umístění značky		
Rozsah uchylky	Uchylka kolmosti se vztahuje na délku kratšího ramena měřeného úhlu	Uchylka sklonu se udává v délkových mířích a vztahuje se na délku kratšího ramena měře- něho úhlu

Pokračování tab. 29

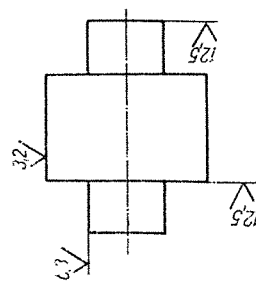
Tabulka 30 Odstupňování hodnot a označení drsností  
 Rozměry v  $\mu$  ( $\mu = 0,001 \text{ mm}$ )

Dřsnost $H_{\mu}$	Označení			GOST
	ČSN		dosavadní	
	nové	0,012		
Základní řada	Praktická řada	nové		
0,012	0,012	0,012	✓	
0,016		0,025	✓	
0,020		0,025	✓	
0,025		0,025	✓	
0,032		0,05	✓	
0,040		0,05	✓	
0,050		0,05	✓	
0,063		0,1	✓	
0,08		0,1	✓	
0,10		0,1	✓	
0,12		0,2	✓	
0,16		0,2	✓	
0,20		0,2	✓	
0,25		0,4	✓	
0,32		0,4	✓	
0,40		0,4	✓	
0,50		0,8	✓	
0,63		0,8	✓	
0,80		0,8	✓	
1,00		1,6	✓	
1,25		1,6	✓	
1,60		1,6	✓	
2,00		3,2	✓	
2,50		3,2	✓	
3,15		3,2	✓	
4,0		6,3	✓	
5,0		6,3	✓	
6,3		6,3	✓	
8,0		12,5	✓	
10,0		12,5	✓	
12,5		12,5	✓	

Pokračování tab. 29

Př. č.	Uchylka vztažená na značku	Příklad použití a umístění značky	Rozsah uchylky
10	Čelní házení		Ke značce čelního házení je připsán průměr, na kterém se házení měří. Ostatní záznamy jsou stejné jako u obvodového házení
11	Různoběžnost		Dovolená různoběžnost se značí podle příkladu

Drsnost $H_{sk}$		Označení		GOST
Základní řada	Praktická řada	ČSN	dosavadní	
		nové		
16,0 20,0 25,0	20	25 ✓		✓
31,5 40,0 50,0	50	50 ✓		▽
63 80 100	100	100 ✓	▽	
125 160 200	200	200 ✓		
250 315 400	400	400 ✓		✓
500 630		630 ✓		



Obr. 33. Označování drsnosti povrchu.

a praktická řada drsnosti povrchu v tab. 30 má hodnoty  $H_{sk}$  odstupňované od 0,012 do 630  $\mu$ . Na výkresech se číselná hodnota vписuje do otevřené části značky ✓, která se umísťuje na dané ploše nebo pomocné čáře podle příkladu na obr. 33.

Zároveň je v tabulce uvedeno srovnání s dřívějším způsobem označování.

Podle průběhu mezinárodních dohod stane se pravděpodobně v dohledné době mezinárodním měřítkem drsnosti povrchu hodnota středních aritmetických výšek mikronevlnitosti  $H_s$  (nikoliv u nás normalisovaná hodnota  $H_{sk}$ ).

Drsnost povrchu se hodnotí buď přímým měřením, nebo srovnávacím způsobem. K přímému měření se používá různých přístrojů na principu mechanickém, optickém nebo elektrickém, kterých se používá hlavně v la-

boratořích, neboť jsou velmi citlivé a až na několik výjimek se pro použití v dílně nehodí, jednak pro svou choulostivost, jednak pro poměrnou zdlouhavost měření.

Jedním z nejjednodušších těchto měřidel drsnosti povrchu je přístroj založený na principu úchytkoměru „Mikrokátor“ podle obr. 174 na str. 321. Tento přístroj spočívá třemi doteky ze slinutého karbidu na posuzované ploše. V jednom z těchto doteků je otvor, z něhož vystupuje snadno pohyblivá jehla s diamantovým hrotem. Pohybujeme-li tímto přístrojem (rukou nebo posuvným zařízením), uvede jehla v činnost úchytkoměr (Mikrokátor), s nímž je spojená. Na číselníku ručička ukáže nejnižší a nejvyšší body profilu posuzované plochy.

V dílně se nejlépe osvědčilo posuzování drsnosti povrchu hmatem a zrakem. Povrch posuzovaného obrobku se porovnává se vzorkovnicí drsnosti povrchu, která má 60 vzorků uložených ve 4 skříňkách po 15 kusech. Protože můžeme bezpečně srovnávat jen plochy obrobene stejnou výrobní metodou, jsou ve vzorkovnici vzorky obrobene různými způsoby obrábění;

Skříňka 1 obsahuje válcové vzorky

a) broušené obvodově od  $H_{sk} = 0,05$  až 3,2  $\mu$ ,

b) soustružené od  $H_{sk} = 0,2$  až 12,5  $\mu$ .

Skříňka 2 obsahuje ploché vzorky

vesměs frézované v hodnotách  $H_{sk} = 1,6$  až 25  $\mu$ .

Skříňka 3 obsahuje

a) válcové vzorky lapované od  $H_{sk} = 0,05$  až 0,4  $\mu$ ,

b) ploché vzorky broušené čelně od  $H_{sk} = 0,1$  až 3,2  $\mu$ ,

c) ploché vzorky broušené obvodově od  $H_{sk} = 0,1$  až 1,6  $\mu$ .

Skříňka 4 obsahuje ploché vzorky

a) broušené čelně s křížovým výbrusem od hodnoty  $H_{sk} = 0,1$  do 1,6  $\mu$ ,

b) hoblované povrchy s hodnotami  $H_{sk} = 1,6$  až 25  $\mu$ .

Vzorky (obr. 34) jsou vyrobeny galvanoplastickým způsobem, který je přesný a levný. Při porovnání jakosti obrobeneho povrchu musí se též přihlížet k rozdílnosti materiálu, která je zvlášť výrazná mezi materiály železnými a neželeznými. Např. u hliníkových a hořčíkových slitin se povrchy zdají při srovnání zrakem i hmatem hladší, než vzorky ocelové. Velmi osvědčeným vzorem je proto hotová součást, protože její povrchy jsou obrobene týmž způsobem jako u posuzovaných obrobků a materiál je stejný. Pro zvláštní tvarové povrchy a výrobní pochody, jako na příklad body zubů ozubených kol apod., se používá zvláštních vzorkovnic. Spolehlivost odhadu podle vzorkovnic je značná. Zejména cvičený hmat (nejlépe nehet) může rozlišit až 0,1  $\mu$  rozdílu hodnot  $H_{sk}$  u dvou povrchů

obrobených stejným způsobem. Je tedy citlivější, než nejlepší optický mikroskop (jehož rozlišovací schopnost je omezena fyzikálními vlastnostmi světla).

Dále uvedené hodnoty drsnosti povrchu jsou běžně dosažitelné stupně drsnosti podle ČSN 01 4451 při jemném obrábění. Stupňů drsnosti uvedených v závorkách lze dosáhnout jen za zvláštních podmínek.



Obr. 34. Vzorovnice drsnosti povrchu.

### Hodnoty drsnosti dosažitelné broušením

1. Broušení válcových povrchů vnějších
  - a) jemné na hrotových bruskách . . . . . 0,4 μ (0,2 μ)
  - b) zvlášť jemné speciálními kotouči (na př. kalibry, včetně a.j.) . . . . . 0,025 μ
  - c) jemné na bezhrotových bruskách . . . . . 0,4 μ (0,2 μ)
2. Broušení válcových povrchů vnitřních
  - a) jemné do  $\varnothing$  40 mm . . . . . 0,4 μ
  - jemné nad  $\varnothing$  40 mm . . . . . 0,4 μ
  - b) zvlášť jemné speciálními kotouči (na příklad oběžné dráhy valivých ložisek) . . . . . 0,025 μ

### 3. Broušení rovinných povrchů

- a) obvodové . . . . . 0,4 μ (0,2 μ)
- čelní . . . . . 0,4 μ (0,2 μ)
- čelní s křížovým výbrusem . . . . . 0,4 μ (0,2 μ)

### 4. Lapování

- a) jemné . . . . . 0,1 μ
- b) velmi jemné . . . . . 0,5 až 0,005 μ

### 5. Honování a superfiniš

- a) jemné . . . . . 0,1 μ
- b) velmi jemné . . . . . 0,025 μ

## BRUSKY

## A. VÝVOJ BRUSEK — HISTORIE A VÝHLED

V sedmdesátých letech minulého století, když začala éra mechanisace domácností šicím strojem, bylo nezbytné prodloužit trvanlivost některých součástí kalením. Tato změna si vynutila jemnou úpravu povrchu těchto součástí a tak si tehdejší výrobci šicích strojů Brown a Sharpe upravili první hrotovou brusku tím, že na soustruh upnuli místo nože broušící větveno. Brzy poté postavili první hrotovou brusku, která si rychle razila cestu do strojírenské praxe. Když o něco později počali vyrábět hrotové brusky další výrobci, hrotové brusky brzy přestaly být stroji na pouhou úpravu povrchu součástí obrobenných předtím na rozměr ocelovými řeznými nástroji. V dalších letech byla zvětvována tuhost brusek, které byly též vybavovány většími a kvalitnějšími kotouči a přesnějšími konstrukčními prvky, až se počátkem devatenáctého století umístily mezi nejprůběžnější výrobními prostředky.

Ještě rychlejší byl vývoj rovinných brusek, které měly velkou výhodu v nejjednodušším a nejrychlejšímu způsobu upínání — na magnetických upínadlech.

Ze základních typů brzy vznikaly odvozené konstrukce, výhodné pro určité druhy prací. Jednou z prvních byla bruska na díry, u níž největší obtíž čínilo vyřešení otázky počtu otáček broušících větven, který u malých brusných kotoučů musí být velký, má-li se dosáhnout přiměřené řezné (obvodové) rychlosti.

Mohutného rozmachu dosáhl vývoj brusek vznikem automobilového průmyslu, který dal popud k vytvoření celé řady nových druhů, zejména brusek na klikové hřídele, na vačky a brusek na ozubení. Hojně přispěl automobilový průmysl i k vývoji bezhrotého broušení.

Když stoupající spotřeba a výroba brusných kotoučů přinesla i podstatné zlepšení jejich jakosti, objevila se konečně i bruska na závit.

Mezi oběma světovými válkami rovněž postupně vznikly a rychle se rozšířily tři velmi důležitá dokončovací způsoby broušení: honování, lapo-

vání a superfiniš. Dosáhlo se jimi velmi jakostních povrchů, a to poměrně jednoduchými a velmi výkonnými zařízeními.

Vývoj broušících strojů není ještě zdaleka ukončen. Po dosažení velké typové a druhové pestrosti brusek umožňující broušení obrobků nejrůznějších geometrických tvarů, velikostí a jakostí povrchu, zaměřilo se úsilí tvůrců pracovníků na automatizaci broušení. Automatické stroje, na kterých lze nepochoybně dosáhnout největšího množství výrobních případů, jících na jednoho pracovníka, jsou však podle stupně automatizace více či méně nákladné, a proto je pro různé druhy výroby třeba i různých stupňů automatizace. Vůdčí zásadou pro správnou volbu musí být vedle zlepšení pracovních podmínek pro pracující dosažení nejnižších výrobních nákladů. V kusové a malosériové výrobě může příliš vysoký stupeň automatizace s vysokou pořizovací hodnotou způsobit, že odpisová částka je i při zvýšené produktivitě práce neúměrně vysoká. Rovněž příliš složitě seřizování u vysoce automatizovaného zařízení určitých typů může způsobit, že plně automatizované stroje budou velmi výhodné jen ve velkosériové a hromadné výrobě. Malosériová a kusová výroba, které tvoří převážnou většinu strojírenské výroby, mohou využívat výhod strojů s automatickým pracovním cyklem, ovládaným sledovacími měřidly.

U některých strojů starší konstrukce lze dosáhnout značného zvýšení produktivity jednak účelnými přidavnými zařízeními, jednak rekonstrukcí (modernisací).

Na produktivitu práce nemají však vliv jen stroje a přidavná zařízení, nýbrž i nářadí a pomůcky, zejména měřidla, upínadla a dopravní zařízení. Tento důležitý soubor poměrně levných prostředků tvořících brusňovo pracovníté může značně přispět k vyšší produktivitě.

## B. ZÁKLADNÍ DRUHY BROUŠENÍ

Základní druhy broušení jsou tyto:

1. Broušení mezi hroty
2. Broušení bezhroté
3. Broušení vnitřní
4. Broušení rovinné

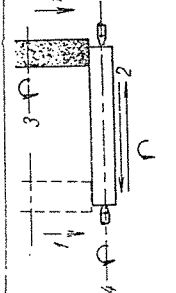
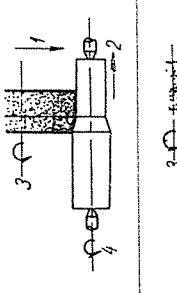
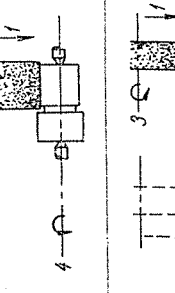
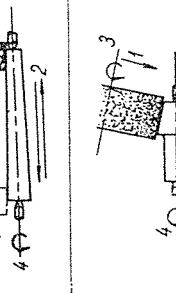
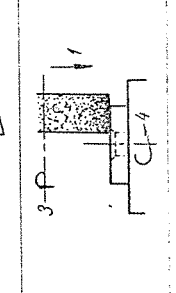
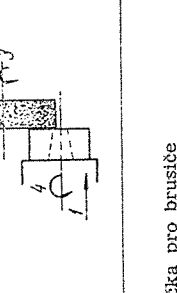
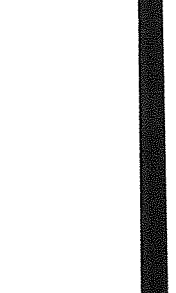
Ostatní druhy broušení jsou od těchto základních druhů odvozeny nebo z nich složeny.

## 1. Broušení mezi hroty

Lze rozdělit na tyto čtyři způsoby:

Tabulka 31 Schéma pohybů nástroje a obrábku u hrotové brusky

1 — přísuv; 2 — podélný posuv; 3 — otáčivý pohyb brusného kotouče; 4 — otáčivý pohyb obrábku

1		Broušení válcového vnějšího povrchu podélným posuvem s přísuvem v jedné nebo obou úvratích
2		Broušení válcového vnějšího povrchu podélným posuvem hloubkovou metodou
3		Broušení válcového vnějšího povrchu zápchem
4		Broušení vnějšího kuželového povrchu podélným posuvem s přísuvem v jedné nebo obou úvratích
5		Broušení vnějšího kuželového povrchu zápchem
6		Broušení rovinného povrchu obvodem brusného kotouče
7		Broušení rovinného povrchu čelem brusného kotouče

a) Broušení s podélným posuvem a postupným ubíráním přídavku na broušení v úvratích,

při čemž se obrobek otáčí a zároveň koná podélný přímočarý pohyb vratný; brusný kotouč se otáčí a koná příčný pohyb směrem k obrábku (tab. 31, pol. 1). V některých případech, zejména při broušení těžkých a dlouhých válců se obrobek pouze otáčí a podélný pohyb koná rovněž brusný kotouč. Takto se v každé úvratí brusný kotouč přisune k obrábku o hodnotu přísuvu a po dosažení předepsaného rozměru se ponechá vyjiskřit, tj. brousí se několika zdvihy bez přísuvu, aby se dosáhlo lepší jakosti povrchu. Při volbě pracovních podmínek se určují: obvodová rychlost brusného kotouče (m/s), obvodová rychlost obrábku (m/min), podélný posuv obrábku (v mm na otáčku obrábku) a přísuv (hloubka řezu) v mm.

b) Broušení s podélným posuvem hloubkovou metodou (tab. 31, pol. 2)

Této nové metody se používá zejména na broušení krátkých válcových obrábků; celý přídavek na broušení (0,1 až 0,35 mm) se ubírá najednou při jediném zdvihu při poměrně malém podélném posuvu (2 až 6 mm na otáčku obrábku), takže se pracovní čas ve srovnání s postupným ubíráním přídavku zkrátí o 30 až 70 %. Tohoto způsobu broušení je možno použít jen na hrubování. Strana kotouče, která zabírá do materiálu, orovnává se buď stupňovitě, nebo kuželovitě (asi 2°). U kotoučů užších než 30 mm lze orovnat 1 stupeň, do 50 mm dva stupně a nad 50 mm tři stupně. Kotouč se musí orovnat, jakmile šifka postupně se zmenšující válcové části kotouče klesne pod 5 mm (aby se nezhorsila jakost broušeného povrchu). Pracovní podmínky jsou tytéž, jako při předcházejícím způsobu, jen obvodová rychlost obrábku se volí větší.

c) Broušení zápchem (tab. 31, pol. 3)

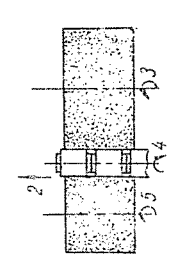
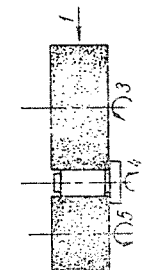
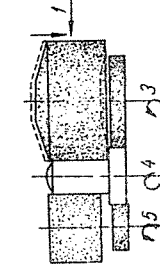
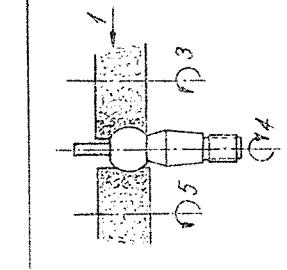
je nejvýkonější způsob vhodný zejména pro krátké obrábky, které se brousí bez podélného posuvu kotoučem o něco širším, než je délka broušené plochy. Při hrubování se kotouč pohybuje přísuvem 0,0025 až 0,02 mm na otáčku obrábku (při větší obvodové rychlosti obrábku menší přísuv), při broušení na čisto přísuvem 0,001 až 0,012 mm na otáčku obrábku. Vedle mnohem větší výkonnosti má tento způsob výhodu, že lze kotoučem správně orovnaným nebo tvarovaným brousit osazené nebo tvarové válcové povrchy. Lze také několika kotouči zároveň brousit na několika místech obrábku (čepy křídlových hřídel).

d) Sřružené broušení čelních a válcových povrchů mezi hroty

je výhodný způsob zejména při broušení příčným posuvem. Brusný kotouč musí být pro tuto práci zvlášť pečlivě tvarován. Na obr. 35 je

Tabulka 32 Schéma pohybt nástroje a obrobku u bezhroté brusky

1 — přísuv; 2 — posuv obrobku; 3 — otáčivý pohyb brusného kotouče; 4 — otáčivý pohyb obrobku; 5 — otáčivý pohyb podávacího kotouče

1		Broušení vnějšího válcového povrchu průchozím způsobem
2		Broušení vnějšího válcového povrchu zápichem
3		Broušení vnějšího válcového povrchu a čela zápichem osově posuvným kotoučem
4		Broušení kulového povrchu zápichem (trárové)

znázorněno současně broušení válcové a čelní plochy tvarovaným brusným kotoučem s broušením vřeteníkem natočeným pod úhlem 45° k ose obrobku. Protože přísuv má směr kolmý na osu kotouče, působí jak na válcovou, tak i na čelní plochu obrobku.

Obr. 35. Broušení válcového a čelního povrchu zároveň.

## 2. Bezhroté broušení (tab. 32)

je způsob, při němž působí tři složky:

brusný kotouč, který se otáčí shora dolů, podávací kotouč, který se otáčí zdola nahoru, podpěrné pravítko umístěné mezi kotouči.

Obrbek se neupíná, nýbrž volně uloží na pravítku mezi oběma kotouči. Střed obrobku musí ležet poněkud nad spojnicí středů obou kotoučů. Podávací kotouč obrbkem buď jen otáčí, nebo ho ještě posunuje po podpěrném pravítku. Obvodová rychlost obrobku (jen nepatrně menší než obvodová rychlost vodícího kotouče) a brusného kotouče jsou jako při broušení mezi hroty.

Podle nastavení a utváření uvedených tří složek lze pracovat troji metodou:

- bezhrotým broušením průchozím,
- bezhrotým broušením zápihovacím,
- bezhrotým broušením tvarovým.

### Bezhroté broušení průchozím (tab. 32, pol. 1)

je způsob vhodný pro broušení dlouhých válcových obrbků bez osazení a nákrůžků. Osa podávacího kotouče se proti brusnému kotouči sklání, čímž se dosáhne podélného posuvu obrbků, které se na jedné straně mezi kotouče zavádějí a na druhé straně vystupují obroušené. Přídavek na broušení se ubírá najednou nebo postupně, podle předepsané jakosti broušeného povrchu a velikosti přídavku.

### Bezhroté broušení zápihovací (tab. 32, pol. 2 a 3)

je vhodné pro broušení obrbků s nákrůžky nebo kuželovou plochou. Obrbek se vloží mezi oba kotouče na podpěrné pravítko a brusný kotouč se přisouvá k obrbku, dokud obrbek nemá předepsaný rozměr. Pak se brusný kotouč opět odsune a obrbek se vyjme. Oba kotouče mají svou šířkou odpovídat délce obrobku, aby spotřeba brusných kotoučů nebyla zbytečně velká.

### Bezhroté broušení tvarové (tab. 32, pol. 4)

je v podstatě shodné s broušením zápihovacím; brusný kotouč a většinou též podávací kotouč se podle kopírovacích šablon orovnají na předepsaný tvar. Šablony a podpěrná pravítka se musí nastavovat velmi pečlivě.

## 3. Vnitřní broušení

je přesné obrábění děr válcových, kuželových a tvarových v obrbku buď se otáčejícím, nebo nehybným.

Tabulka 33a Seběna pohybů nástroje a obrábku u brusky na díry

1 — přísuv; 2 — podélný posuv; 3 — otáčivý pohyb brusného kotouče; 4 — otáčivý pohyb obrábku

1		Broušení vnitřního válcového povrchu podélným posuvem s přísuvem v úvrači
2		Broušení vnitřního válcového povrchu zářpíchem
3		Broušení vnitřního kuželového povrchu podélným posuvem s přísuvem v úvrači
4	<td>Broušení vnitřního kuželového povrchu zářpíchem</td>	Broušení vnitřního kuželového povrchu zářpíchem
5		Broušení rovinného povrchu čelem brusného kotouče

Tabulka 33b Schéma pohybů nástroje u planetové brusky na díry

1 — přísuv; 2 — podélný posuv; 3 — otáčivý pohyb brusného kotouče; 4 — planetový pohyb brusného kotouče

1		Broušení vnitřního válcového povrchu planetovým pohybem
---	--	---

Broušení děr (tab. 33a) je převážně založeno na prvním způsobu, při němž se brusný kotouč a obrábek otáčejí proti sobě. Podélný posuv má buď brusný kotouč, nebo obrábek, stejně jako přísuv. Podle uspořádání osových i příčných pohybů brusného kotouče a obrábku jsou brusky na díry různých konstrukcí.

Druhého způsobu (tab. 33b), při němž je obrábek nehybný, používá se u vnitřních brusek planetových, které jsou určeny pro velké a těžké obrábky, jimž nelze hospodárně udělit otáčivý pohyb. Nejnověji se ho používá u brusek souřadnicových, které jsou obdobou souřadnicových vrtaček.

#### 4. Rovinné broušení

je dvojit: obvodem kotouče a čelem kotouče. Obojího se používá u brusek s přímočarým pohybem obdélníkového stolu i u brusek s otáčivým pohybem kruhového stolu.

##### Rovinné broušení obvodem kotouče

a) při přímočarém pohybu obdélníkového stolu stroje (tab. 34, pol. 1) je zvlášť přesný způsob broušení rovinných povrchů, které se vyskytují zejména ve výrobě nářadí a v tvarovém broušení (viz Hamrova metoda); je uplatněn u vodotrovných rovinných brusek (viz BPH 20 N); na nich lze však brousit i čelem kotouče (spodní obrázek na tab. 34, pol. 1).

b) při otáčivém pohybu kruhového stolu stroje (tab. 34, pol. 2) při broušení jednotlivých obrábků ustředěných na stole je to spolehlivý způsob broušení rovinných povrchů u obrábků s přesně lícujícími čelními povrchy (na broušeném povrchu jsou patrné soustředné kruhy). Se skloněným stolem lze brousit součásti, jejichž tloušťka se do středu zvětšuje, nebo (např. u pilových kotoučů) zmenšuje, čehož nelze dosáhnout na žádném jiném stroji.

##### Rovinné broušení čelem kotouče

c) při přímočarém pohybu obdélníkového stolu stroje (tab. 34, pol. 3) je velmi výkonný způsob, jímž se rychle (někdy čtyřikrát až pětkrát rychleji než obvodem kotouče) utere přidavek na broušení. Je uplatněn zejména u svislých rovinných brusek (viz BPV 300). Používá se brusných kotoučů hrncovitých, prstencovitých a segmentových. Obrábky musí být užší než vnitřní průměr brusného kotouče. Vykloněním osy brusného kotouče ze svislé polohy lze místo rovinného povrchu vybrousit povrch podobný žlábkovitý. Jinak viz těž brusku BSBK v kap. IV.

d) při otáčivém pohybu kruhového stolu stroje (tab. 34, pol. 4). Je to neobyčejně výkonný, přesný a mnohostranně použitelný způsob rovinného broušení na svislých rovinných bruskách s kruhovým stolem. Hodí se stejně dobře na malé obrábky nepatrné váhy jako na obrábky těžké. Drobné obrábky se snadno upínají na magnetická upínadla.

## C. BRUSKY NA VÁLCOVÉ POUVRCHY

Brusky na válcové povrchy lze rozdělit na

1. brusky hrotové,
2. brusky bezhroté,
3. brusky na díry.

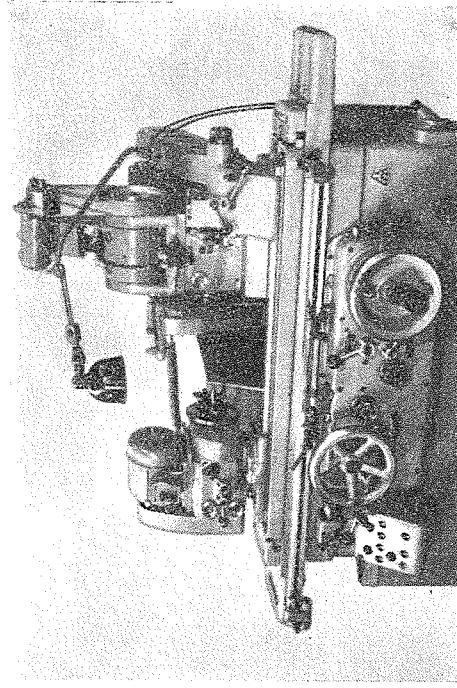
### 1. Brusky hrotové

Jsou nejpočetnější skupinou, z níž zvláště důležité jsou brusky hrotové jednoduché, universální a brusky na válce.

#### a) Brusky hrotové jednoduché

Jsou stroje na broušení vnějších povrchů válcových a kuželových a rotačních povrchů tvarových.

Hrotová bruska jednoduchá má skříňové lože s podélnými vodicími drahami pro obdélníkový stůl a s příčnými vodicími drahami pro broušení vřetenek. Na levém konci stolu je unášecí (pracovní) vřeteník, na pravém konci koník, který se přestavuje na stole podle délky obrobnku. Obrobek se upíná ve hrotech vsazených do kuželových dutin pracovního vřetená a pinoly koníku, nebo ve sklíčidlech různých typů, po případě na trnech (viz kapitola IV. Upínání).



Obr. 36. Universální hrotová bruska 2 UC.

Tabulka 34 Sešlona pohybů nástroje a obrobnku u rovinné brusky

1 — přísniv; 2 — podélný posuv; 3 — otáčivý pohyb brusného kotouče; 4 — příčný posuv; 5 — otáčivý pohyb stolu s obrobnkem

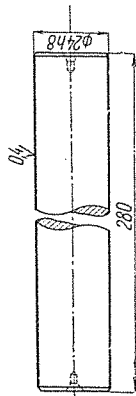
1		Rovinné broušení na vodorovné brusce s obdélníkovým upínacím stolem
2		Rovinné broušení na vodorovné brusce s kruhovým upínacím stolem
3		Rovinné broušení na svislé brusce s obdélníkovým upínacím stolem
3		Rovinné broušení na svislé brusce s kruhovým otáčivým upínacím stolem

na bruskách průměrného stáří, které tvoří převážnou většinu parku broušicích strojů v našem průmyslu. Jsou instruktivní, avšak obsahují ještě značné rezervy.

## 1. Práce na hrotových bruskách

### a) Příklady broušení vnějších rotačních povrchů

Příklad 1 — Broušení válcového hřídele



Název součásti: hřídel  
 Druh materiálu: ČSN 12 010.6  
 Dávka: 10 ks  
 Druh stroje: 5525 — Universální hrotová bruska TOS 1 U  
 Měřidla: mikrometr 0—25 mm, římenový kalibr 24H 8  
 Výrobní pomůcky: brusný kotouč 300 × 32 ČSN 4512 A 99 46 L 8V,  
 unášecí srdce, měkká vložka

- Úsek 1 — Připravit stroj k broušení mezi hroty
- Úsek 2 — Zvolit a upravit brusný kotouč
- Úsek 3 — Obrobek připravit k upnutí a upnout
- Úsek 4 — Brousit na hrubo
- Úsek 5 — Brousit na čisto
- Úsek 6 — Uvolnit srdce a upnout je na druhý konec obrobku
- Úsek 7 — Brousit druhý konec obrobku
- Úsek 8 — Vyjmout obrobek a upravit stroj

Poznámka: Tlustší obrisy na náčrtku označují povrchy, které se mají brousit. Platí to i pro náčrtky ve všech ostatních příkladech broušení.

### Rozebírací příkladu 1.

Úsek 1 — Připravit stroj k broušení mezi hroty. Unášec se nasadí na dva čepy našroubované do odstříkovací desky. Do důkladně očištěné kružlové dutiny ve vřeteně se vloží očištěný hrot. Vřeteník a koník se ustaví na stole tak, aby upnutý obrobek byl asi uprostřed stolu.

Poznámka: Pro  $\varnothing 24$  mm a broušenou délku 280 mm se ještě nepoužívá lunety (viz tab. 46, část E).

Úsek 2 — Zvolit a upravit brusný kotouč. Na uvedený materiál a předepsanou drsnost povrchu se zvolí brusný kotouč A 99 46 LSV. Předkontroluje se utažení příruby a kotouč se staticky vyváží, po případě se jeho vyvážení

Typový technologický postup je podklad, kterého lze použít pro výrobu součástí tvarové a technologicky podobných, lišících se vzájemně některými výšnými rozměry, aniž má tento rozdíl vliv na sled operací. Pro jeho vypracování je především třeba soustavně shromažďovat a pořádat výrobní zkušenosti z dosavadních postupů. Při jejich porovnávání sledujeme totiž, že se mnohdy i v témž závodě vyrábějí stejné anebo velmi podobné součásti několikaletým způsobem závislým co do hospodárnosti na schopnostech a zkušenostech postupáče — autora. Hlavním úkolem typisace postupů je rozřídění součástí do tříd, podtříd, typů a rozměrových skupin. Při tom je třeba uvážit, jak dalece lze použít společného sledu operací u součástí s rozdílnými jednotlivými rozměry. Závisí to jednak na technologických vlastnostech součástí, jednak na pracovním rozsahu strojního zařízení. Základní popis operací pro součásti stejného typu je shodný; rozdílné jsou jen údaje rozměrů, které se u jednotlivých součástí mění. Typové postupy se vyhotovují napřed s vyznačením a popisem všech operací a s náčrtkem udávajícím důležité rozměry. Kóty v náčrtku a číselné údaje v popisu zůstávají na matrici postupového listu či návodky nevyplněny a doplňují se na kopii (případně průsvitné kopii) podle vyráběné součásti.

Zavedením typových postupů lze dosáhnout dalekosáhlejších zlepšení:

1. odstranit nevhodné postupy a zajistit další zdokonalování postupů,
2. stanovit nejmenší přídávky na obrábění, čímž se zkrátí výrobní čas i spotřeba materiálu,
3. zkrátit časy strojní použitím nejvhodnějších strojů, přípravků, nástrojů a měřidel,
4. zkrátit časy vedlejší sjednocením a zkvalitněním nářadí,
5. zkrátit čas na vypracování postupů a zlepšit jejich jakost,
6. zvětšit velikost vyráběných dávek, zkrátit dobu výroby a zmenšit počet seřizování strojů,
7. zúžit specialisaci, a tím i zlepšit zapracovanost zaměstnanců.

## C. PRÁCE NA BRUSKÁCH

Z předchozího je patrné, že práce na bruskách je stejně jako jiné práce řízena zejména dvěma prostředky:

- a) technologickým postupem a
  - b) normou času odvozenou z technologického postupu.
- Proto vedle technologických postupů a rozborem jednotlivých úseků popisovaných operací bude uvedeno i několik záznamů o měření času na osvětleném rozebíracím norem časů chronometráží. Příklady zahrnují většinu základních přesných brusických prací, pokud to dovolí rozsah této knihy. Normy času jsou vypočteny ze záznamů o měření času

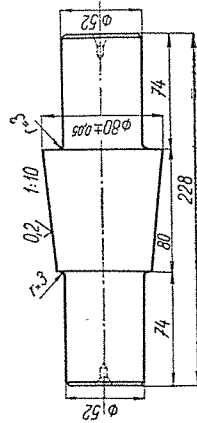
konstrukcí s automatickým pracovním cyklem se dá brousit se samočinným přísuvem na seřizované narážku, se zárukou dosažení přesného rozměru předepsaného výkresem. Při broušení na čisto je hloubka řezu asi 0,005—0,01 mm.

**Úseť 6** — Uvolnit srdce a upnout je na druhý konec obrobku. Potom se obrábek sejmě s hrotů a unášecí srdce se přemístí na druhý konec obrobku. Broušení povrch se přitom chrání měkkou vložkou. Obrábek se opět upne mezi hroty bez vůle, avšak tak, aby se dal volně otáčet rukou.

**Úseť 7** — Brousit druhý konec obrobku. Neobroušený konec obrobku, na kterém bylo zprvu upnuto unášecí srdce, brousí se pak krátkými zdvihy nejprve na hrubo a pak na čisto. Přitom se postupuje podobně, jako při broušení první části. Tato zbývající část je jen úzká a lze ji podstatně rychleji brousit zapichovací metodou. Broušené povrchy obou částí musí na sebe navazovat, proto se zde musí zapichovat velmi pozorně. Provedením úseku 7 a konečnou kontrolou je operace broušení hrádele skončena.

**Úseť 8** — Vymnout obrábek a upravit stroj. Obrábek se vyjme a odloží pro kontrolu (OTK). Stroj se očistí a připraví k další práci.

Příklad 2 — Broušení kuželového čepu



Název součásti: kuželový čep

Druh materiálu: ČSN 12 061.5

Dávka: 5 ks

Měřidla:

mikrometry 50—75 mm, 75—100 mm kuželový kalibr (kroužek)  $\varnothing$  80/1 : 10

Výrobní pomůcky: brusný kotouč 350 × 40 ČSN 4512 A 99 50 M 8V, unášecí srdce, měkká vložka

**Úseť 1** — Připravit stroj k broušení mezi hroty

**Úseť 2** — Zvolit a upravit brusný kotouč

**Úseť 3** — Upnout obrábek mezi hroty

**Úseť 4** — Brousit na hrubo pravou válcovou část

**Úseť 5** — Brousit na hrubo levou válcovou část

**Úseť 6** — Brousit na čisto obě válcové části

**Úseť 7** — Natočit stůl stroje pro broušení kužele

**Úseť 8** — Upnout obrábek mezi hroty

překontroluje. Upne se na očištěný konec vřeteného vřeteníku. Vřeteno se roztáhne a obvod kotouče se orovná na hrubování, tj. rychlým posuvem.

**Úseť 3** — Obrábek připravit pro upnutí a upnout. Středící dílky v obrobku se očistí. Případný ořep v dílku se odstraní buď trojhranným škrábákem, nebo se dílek přebrousí kuželovým brusným tělískem na příslušném stroji, na kterém se brousí všechny středící dílky zvláště přesných obrabků. Na jeden konec obrobku se upne unášecí srdce a oba dílky se namažou tuhým mazadlem. Obrábek se upne bez vůle mezi hroty, avšak musí se jim dát volně otáčet rukou.

Délka podélného posuvu se nastaví narážkami tak, aby se smysl pohybu stolu na straně unášecího vřeteníku změnil, když je brusný kotouč vzdálen asi 5 mm od unášecího srdce na obrobku, a na straně koníku, když kotouč polovinou své šířky se dostal z dotyku s obrábekem. Při nastavování narážek se stolem pojíždí ručně. Poloha nastavených narážek se přezkouší samočinným pohybem stolu, kdy brusný kotouč je ještě vzdálen od obrobku.

Spustí se čerpadlo řezné kapaliny a unášecí vřeteník; ručním kolem se opatrně přisune brusný kotouč k obrobku, až jiskry ukazují, že je s ním ve styku. Ručním podélným posuvem stolu se zjistí, není-li na některém místě obrobku nadměrný úběr třísek.

**Úseť 4** — Brousit na hrubo. Spustí se hydraulický podélný pohyb stolu a zapne se samočinný přísuv broušícího vřeteníku v úvratí (asi 0,020 mm). Obrúsí se celý válcový povrch obrobku, načež se kotouč odsune a podélný pohyb stolu se zastaví. Obrábek se přeměří na obou koncích i uprostřed, aby se ověřila jeho válcovitost. Je-li průměr obrobku na jednom konci větší než na druhém, není osa soustružená (hrotě) rovnooběžná s dráhou podélného pohybu stolu; musí se uvolnit čelisti stolu, po jehož natočení se zjištěná úchylna odstraní. Podle zjištěného zbytku přidavku na broušení se pak brusný kotouč ručně přisouvá tak, aby se po několika zdvích dosáhlo průměru asi o 0,025 mm většího, než je předepsaný konečný rozměr. Tím je hrubování skončeno.

Poloha brusného kotouče po skončeném hrubování se ověří na stupnici přísuvu a zajistí se narážkou.

**Úseť 5** — Brousit na čisto průměr 24 h8. Při broušení na čisto se zmenší rychlost podélného pohybu stolu a brusný kotouč se ručně přisune k obrobku. Dalším ručním přísuvem kotouče při stálé kontrole velikosti přísuvu na stupnici se dosáhne konečného rozměru. Před zastavením stroje se několika zdvihy stroje vyjiskruje bez přísuvu brusného kotouče.

Při broušení dalšího a zbývajících obrabků téže dávky lze již použít samočinného přísuvu brusného kotouče, který je omezen v konečné poloze narážkou nastavenou při broušení prvního obrobku. Při zvláště úzkých tolerancích rozměru hrádele se doporučuje dokončovat broušení na předepsaný rozměr ručním přísuvem při časté jeho kontrole. Jen na brusnících novějších

Úsek 9 — Brousit kužel na hrubo a měřit kuželovitost  
Úsek 10 — Brousit kužel na čisto a měřit kuželovitost  
Úsek 11 — Vymout obrobek a upravit stroj

#### Rozeb. příkladu 2

Úsek 1 — Připravit stroj k broušení mezi hroty. Stroj se připraví pro broušení mezi hroty způsobem uvedeným v rozboru příkladu čís. 1, úsek 1.  
Úsek 2 — Zvolit a upravit brusný kotouč. Na uvedený materiál a předepsanou drsnost povrchu se zvolí brusný kotouč A 99 50 M 8V. Překontroluje se utažení příruby a kotouč se staticky vyváží, po případě se jeho vyvážení překontroluje. Učne se na očištěný konec vrátene broušícího vráteníku, které se spustí a obvod kotouče se orovná na hrubování, tj. rychlým posuvem.  
Úsek 3 — Učnout obrobek mezi hroty. Viz příklad 1, úsek 3, 1. odstavec.  
Úsek 4 — Pravou válcovou část brousit na hrubo. Podélný pohyb stolu se seřídí na pravou válcovou část tak, aby se brusný kotouč vracel ve vzdálenosti asi 3 mm od osazení kuželové části a na druhé straně, když vystoupil asi polovinou své šířky ze styku s obrobkem. Rozměr 3 mm je dán poloměrem zaoblení na výkrese součástí.

Po spuštění čerpadla rezné kapaliny, jejíž proud musí být silný, spustí se vrátene unášecího vráteníku a ručním kolem se brusný kotouč přisune k obrobku. Ručním podélným pohybem stolu se vyšetří, zda na některém místě se neubírá příliš mnoho, načez se spustí samočinný podélný posuv. Válcový povrch se obrusí a jakmile je čistý, odsune se kotouč a zastaví se podélný posuv stolu. Obrusená část se přeměří mikrometrem na obou koncích, aby se zjistilo, je-li válcová. Zpravidla se sledá, že je mírně kuželová a že je třeba vrchní stůl ustavit přesněji. Po této úpravě se válcová část opět obrusí a znovu zkontroluje její válcovitost. Teprve když je stůl ustaven tak, že broušená část je přesně válcová, lze dokončit broušení na hrubo. Poloha brusného kotouče po skončeném hrubování prvního kusu se ověří na stupnici přísuvu a tato poloha se zajistí narážkou. Při broušení dalších kusů téže dávky lze již použít samočinného přísuvu, který je touto narážkou omezen.

Úsek 5 — Brousit levou válcovou část na hrubo. Obrobek se sejmě se stroje a unášecí srdce se přemístí na druhý konec obrobku, který se upne neobrousěnou částí ke koníku. Délka podélného posuvu se ověří a podle potřeby upraví. Pak se postupuje stejně jako u prvé části (úsek 4).

Úsek 6 — Brousit válcové části na čisto. Zmenší se rychlost podélného stolu. Na čisto se obrusí na rozměr nejprve jedna válcová část obrobku a po přemístění unášecího srdce a úpravě podélného pohybu stolu i druhá. V průběhu práce se občas kontroluje brusný kotouč a jakost broušeného povrchu. Není-li uspokojivá, bývá kotouč zanesen nebo uhlazen a musí se orovnat či změnit pracovní podmínky (viz kap. II).

Jsou-li větší požadavky na jakost broušeného povrchu, je někdy třeba

pro broušení na čisto použít kotouče jemnější zrnitosti (až 80), po případě i jiné tvrdosti (K až N). Po upnutí správně vyváženého nového kotouče a jeho orovnání se opět určí a ověří nejvhodnější obvodová rychlost obrobku (viz tabulky rezných podmínek).

Úsek 7 — Natočit stůl brusky k broušení kužele. Stůl se natočí tak, aby velký průměr kuželové části byl na straně unášecího vráteníku. Povolí se upínací šrouby vrchního stolu a po jeho přibližném natočení se opět přitáhne. (Do konečné polohy se stůl nastaví teprve po obrousění kuželové části a kontrole kuželovým kalibrem.)

Úsek 8 — Učnout obrobek mezi hroty stroje. Na konec obrobku při velkém průměru jeho kuželové části se upne unášecí srdce. Již broušený povrch se přitom chrání měkkou vložkou. Očištěné dílky se namažou a obrobek se upne mezi hroty tak, aby byl bez vůle, avšak aby bylo možno jím volně otáčet rukou.

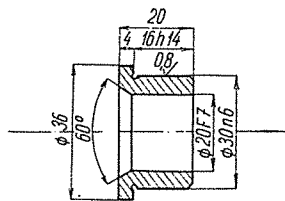
Úsek 9 — Brousit kužel na hrubo. Při ručním pohybu stolu se nastaví narážky podélného pohybu stolu tak, aby brusný kotouč v úvratích vystupoval ze styku s obrobkem asi polovinou své šířky. Před započetím stupoval se ještě poloha vyzkouší samočinným posuvem stolu. Pak se kuželová práce se ještě poloha vyzkouší samočinným posuvem stolu. Pak se kuželová část po celé délce přebrousí a na vyjmutém obrobku zkontroluje kuželovým kalibrem, podle popisu v kap. V na str. 332. Zpravidla nepravidelné rozmazání průměrné barvy ukazuje, že kužel sedí jen v některém místě. Musí se znovu povolit upínací šrouby vrchního stolu, jehož natočení se v příslušném směru popraví natačecím šroubem, nebo u starších strojů, které nemají natačecí šroub, jen lehkými údery rukou, přičemž se prstem položeným na stupnici u spodního stolu kontroluje velikost takto docíleného pohybu. Vhodnější je nastavení podle úchytkoměru. Po opětovném utažení upínacích šroubů se obrobek znovu upne mezi hroty a jeho kuželová část se přebrousí. Znovu se vyjme ze stroje a kontrola kuželovým kalibrem na barvu se opakuje. Tento postup seřizení stolu a kontroly obrobku kalibrem se musí po případě opakovat i několikrát, dokud kuželová část obrobku s kalibrem přesně nelícuje. Na stroji takto seřizeném se obrusí na hrubo kuželová část všech 5 kusů vyráběné dávky, při čemž se na velkém průměru kužele ponechá přídavek na broušení na čisto.

Úsek 10 — Brousit kužel na čisto. Brusný kotouč se orovná na broušení na čisto. Zmenší se rychlost podélného pohybu stolu a ručním přísuvem kotouče při opakovaném měření velkého průměru kuželové části se dosáhne předepsaného rozměru. Malý průměr se neměří, neboť při správném nastavení stolu se musí rovněž dosáhnout jeho správného rozměru. Takto se obrusí celá dávka.

Úsek 11 — Vymout obrobek a stroj upravit. Obrobek se vyjme a odloží pro kontrolu. Stroj se očistí a natočený stůl se otočí opět do původní polohy, aby byl připraven pro další práci.

**Příklad 3 — Broušení vrtacího pouzdra**

Název součásti: výměnné vrtací pouzdro  
 Druh materiálu: ČSN 11 425.4  
 Dávka: 1 kus  
 Druh stroje: 5525 — Universální hrotová bruska TOS 1U  
 Měřidla: třmenový mikrometr 25—50 mm, třmenový kalibr 30 n6, základní měřky  
 Výrobní pomůcky: brusný kotouč 300 × 20 ČSN 4512 A 99 46 L 8V  
 pomocný trn, brusíčský trn  $\varnothing 20$



Úsek 1 — Připravit stroj k broušení mezi hroty, upnout pomocný trn a vyrovnat polohu stolu  
 Úsek 2 — Upnout a orovnat brusný kotouč  
 Úsek 3 — Upnout obrobek  
 Úsek 4 — Brousit na hrubo  $\varnothing 30$  n6 a čelo  
 Úsek 5 — Brousit na čisto  $\varnothing 30$  n6 a čelo 16 h14  
 Úsek 6 — Sejmout a změřit obrobek

Poznámka: Postup je vypracován po zhotovení 1 kusu; při výrobě většího počtu kusů zajištěna by se lepší jakost povrchu díry (pro trn) a celá dávka by se nejprve brousila na hrubo, potom po orovnání kotouče na čisto.

Úsek 1 — Připravit stroj k broušení mezi hroty a upnout pomocný trn. K vyrovnání polohy vrchního stolu stroje se použije pomocného trnu. Stroj se připraví pro broušení mezi hroty; na pomocný trn se navleče unášecí srdce, se kterým se upne mezi hroty. Trn se přebrušuje (jemnými třískami) a měří, a vrchní stůl se vyrovnává tak, aby brousil válcovou plochu. Pomocný trn se pak vyjme ze stroje.

Úsek 2 — Upnout a orovnat brusný kotouč. Brusný kotouč A 99 46 L 8V se po vyvážení nasune na očištěný kužel větvena brusícího větveníku. Vřetenno se roztočí a kotouč se orovná. Vřetenno se ponechá v běhu.

Úsek 3 — Upnout obrobek. Na upínací trn  $\varnothing 20$  se upne unášecí srdce, nasune se obrobek, namažou se středící důlky. Po ustavení a zajištění kotouče se trn s obrobkem upne mezi hroty.

Úsek 4 — Brousit na hrubo průměr a čelo. Průměr 30 se změřit třmenovým mikrometrem a zjistí se přídavek na broušení. Spustí se větveno unášecího větveníku a nařídí se proud řezné kapaliny. Brusný kotouč se přisune a brousí se na hrubo, ale ponechá se přídavek asi 0,02 mm na broušení na čisto. Poloha brusného kotouče se po skončeném hrubování ověří na stupnici přísluhy a zajišťí narážkou. Kotouč se odsune, větveno unášecího větveníku se zastaví a obrobek se změřit mikrometrem.

Úsek 5 — Broušení na čisto. Spustí se větveno unášecího větveníku a brusný kotouč se přisune k obrobku. Dále se ručním přísluhy kotouče při kontrole velikosti přísluhy na stupnici obrobek dokončí na přeepsaný rozměr  $\varnothing 30$  n6 a čelo na 16 h14. Pak se vyjisktuje.

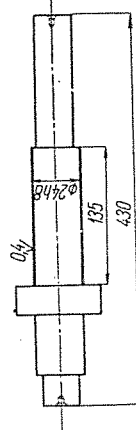
Úsek 6 — Pouzdro vyjmout a změřit. Kotouč se odsune a zastaví se větveno unášecího větveníku. Obrobek se změřit třmenovým kalibrem. Trn se vyjme z hrotů, stáhne se s něho pouzdro, odmontuje se unášecí srdce. Hotové pouzdro se připraví pro OTK.

Poznámka: Při práci na strojích s rychlým posuvem brusícího větveníku se k obrobku tento větveník přisouává vždy rychloposuvem.

**Příklad 4 — Broušení hřídele převodovky**

Název součásti: hřídel převodovky  
 Druh materiálu: ČSN 15 151.7  
 Dávka: 200 ks  
 Druh stroje: 5526 — Universální hrotová bruska TOS 2U  
 Výrobní pomůcky: mezní třmenový kalibr 24 h8, posuvné měřítko brusný kotouč 350 × 50 ČSN 4512 A 99 46 L 8V, unášecí srdce, vložka

Postup a měření času: v 11 hod.  
 Začátek měření: v 11.30 hod.  
 Konec měření:



Čas přípravy a zakončení (zjištěný měřením na pracovišti):

- 1 — Přijmout pracovní příkaz . . . . . 1,00 min
- 2 — Prostudovat výkres . . . . . 2,00 min

- 3 — Vyzvednout měřidlo z výdejny . . . . . 3,00 min
  - 4 — Orovnat brusný kotouč . . . . . 2,00 min
  - 5 — Kontrola . . . . . 5,00 min
  - 6 — Odevzdat měřidlo . . . . . 2,00 min
  - 7 — Očistit stroj . . . . . 3,00 min
  - 8 — Zapsat mzdu . . . . . 1,50 min
- Čas přípravy a zakončení úhrnem . . . . . 19,50 min

Tabulka 58  
Čas operací (zjištěný pětinásobným měřením na pracovišti a výpočetem průměrného času):

Sledované úseky	Naměřený čas min					Součet	Průměrný čas min	
	1	2	3	4	5		hlavní	vedlejší
1 — upnout srdce; upnout obrobek mezi hroty	0,57	0,47	0,42	0,43	0,37	2,26		0,45
2 — spustit stroj a přisuv do řezu	0,13	0,15	0,21	0,17	0,09	0,75		0,15
3 — brousit $\varnothing$ 24 h8	2,06	1,75	2,35	3,32	4,03	13,51	2,70	
4 — přeměřit	0,15	0,12	0,9	0,11	0,19	0,65		0,13
5 — uvolnit srdce; hřídel vyjmout a odložit	0,20	0,18	0,27	0,18	0,19	1,02		0,20
Čas operační celkem							2,70	0,93

Vyhodnocení naměřených časů:

Čas přípravy a zakončení ( $t_{pz}$ ) činí celkem min 19,50

Čas operací: čas hlavní je min 2,70  
čas vedlejší je min 0,93

Čas obsluhy a pracoviště a čas odděchu a přirozených potřeb, celkem 10% operačního času dohromady 3,63  
0,36  
min 3,99

Čas kusový ( $t_k$ ) je celkem min 4,00

V úseku 3 ( $\varnothing$  24 h8 brousit hotově) při délce broušené části 135 mm se počítá s hloubkou řezu 0,35 mm při 120 ot/min obrotku při práci ručním přisuvem (4krát zapichovacím způsobem a 1krát podélným broušením).

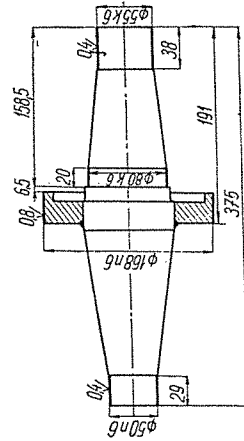
Příklad 5 — Broušení čepu konsoly

Název součásti: čep konsoly  
Druh materiálu: ČSN 16 420.7  
Dávka: 400 ks  
Druh stroje: 5526 — Universální hrotová bruska TOS 2U  
Výrobní pomůcky: mezní třmenové kalibry 50 n6, 55 k6, 80 k6, 168 n6, suvné měřítko, brusný kotouč 350 x 40 ČSN 4522 A 99 60 M 8V, upínací srdce, měkká vložka

Postup a měření času:

Začátek měření: 7.20 hod.

Konec měření: 9.55 hod.



Čas přípravy a zakončení:

- 1 — Přijmout pracovní příkaz . . . . . 2,00 min
  - 2 — Prostudovat výkres . . . . . 3,00 min
  - 3 — Vyzvednout 4 měřidla z výdejny a odevzdat . . . . . 5,10 min
  - 4 — Orovnat brusný kotouč . . . . . 2,50 min
  - 5 — Kontrola . . . . . 6,00 min
  - 6 — Očistit stroj . . . . . 3,50 min
  - 7 — Zapsat mzdu . . . . . 1,50 min
- Čas přípravy a zakončení úhrnem . . . . . 23,60 min

Čas operační (u celé dávky se nejprve obrousí  $\varnothing$  55 k6, pak  $\varnothing$  80 k6 a posléze  $\varnothing$  168 n6).

Tabulka 59

Čas operání pro broušení čepu kensoly

Sledované úseky	Naměřený čas min					Součet	Průměrný čas min	
	1	2	3	4	5		hlavní (strojní)	vedlejší (ruční)
1 — dutky vyčistit a upnout do hrotů	0,70	1,25	0,85	0,70	0,51	4,01		0,80
2 — brousit $\varnothing 55$ k6 (5 × měřit)	3,15	1,97	2,25	1,70	2,20	11,27	0,95	1,30
3 — obrobek upnout	0,70	1,15	0,60	0,75	0,81	4,01		0,80
4 — brousit $\varnothing 80$ k6 (5 × měřit)	3,30	3,20	2,11	3,23	3,93	15,77	1,70	1,45
5 — obrobek upnout	0,99	0,87	0,59	0,86	0,71	4,02		0,80
6 — brousit $\varnothing 168$ n6 (4 × měřit)	5,20	3,11	4,00	1,83	2,62	16,76	1,90	1,45
7 — obrobek upnout	1,05	0,62	0,96	0,77	0,60	4,00		0,80
8 — brousit $\varnothing 50$ n6	3,26	2,06	1,45	1,74	1,90	10,41	0,78	1,30
Operační čas celkem							5,33	8,70

Výhodnocení naměřených časů:

Čas přípravy a zakončení ( $t_{pz}$ ) celkem

min 23,60

Čas operání: čas hlavní

čas vedlejší

min 5,33

min 8,70

min 14,03

Čas obsluhy pracoviště a čas oddechu

a přirozených potřeb celkem 10 % operačního času

min 1,40

dohromady

min 15,43

Čas kusový ( $t_k$ ) celkem

min 15,50

## Příklad 6 — Broušení kuželového pouzdra

Název součásti: pouzdro

Druh materiálu: ČSN 42 2421

Dávka: 180 ks

Druh stroje: 5525 — Universální hrotová bruska TOS IU

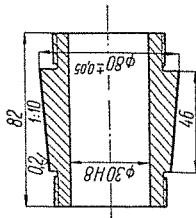
Métidla: třmenový mikrometr 75—100 mm, kuželový kalibr

(kroužek)  $\varnothing 80$  1 : 10Výrobní pomůcky: brusný kotouč  $300 \times 32$  ČSN 4512 C 49 36 J 9V,  
brusičský trn  $\varnothing 30$ , umášeči srdce

Postup a měření času:

Začátek měření: 8.10 hod.

Konec měření: 8.42 hod.



Čas přípravy a zakončení:

1 — Přijmout pracovní příkaz . . . . . 1,00 min

2 — Prostudovat výkres . . . . . 2,00 min

3 — Orovnat brusný kotouč . . . . . 2,00 min

4 — Obstarat kalibr z výdejny . . . . . 2,80 min

5 — Natočit stůl na úkos . . . . . 5,00 min

6 — Kontrola prvního kusu . . . . . 5,00 min

7 — Zapsat mzdu . . . . . 1,50 min

Čas přípravy a zakončení úhrnem . . . . . 19,30 min

Tabulka 60 Čas operání pro broušení kuželového pouzdra

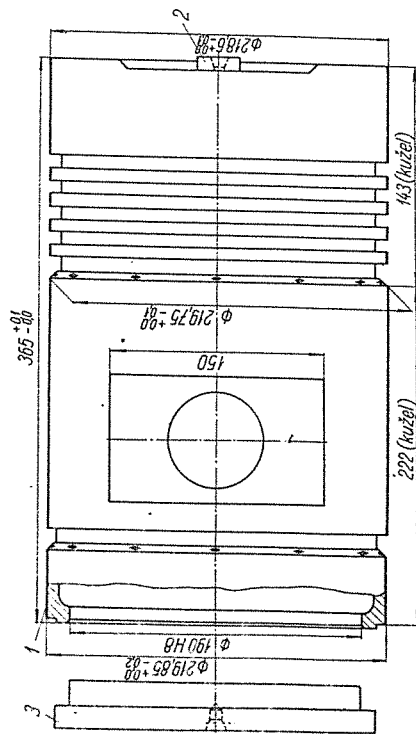
Sledované úseky	Naměřený čas min					Součet	Průměrný čas min		
	1	2	3	4	5		(strojní)	(ruční)	
1 — Nasadit obrobek na trn, utáhnout, upnout mezi hroty	1,35	1,13	1,02	1,20	1,04	5,74		1,15	
2 — Brousit kužel na čisto	5,37	4,60	4,75	4,40	4,20	23,32	1,96	2,70	
Výhodnocení naměřených časů: Čas přípravy a zakončení ( $t_{pz}$ ) čini celkem								min	3,85

Čas operace: strojní měření	min 1,96 min 3,85 min 5,81
Čas obsluhy pracoviště a čas oddechu a přirozených potřeb celkem 10% operačního času	min 0,58 min 6,39
Čas kusový (k <sub>c</sub> ) celkem	min 6,40

### Příklad 7 — Broušení pístu motoru

Název součásti: píst  
 Druh materiálu: ČSN 42 2428  
 Dávka: 50 ks  
 Druh stroje: 5531 — Universální hrotová bruska TOS 5U  
 Měřidla: třmenový mikrometr 200—225 mm  
 Výrobní pomůcky: brusný kotouč 450 × 80 ČSN 4512 C 49 36 K 8V, vložka se středícím dílkem

Postup a měření operačního času; výpočet času kusového a celkového času normovaného:  
 Začátek měření: 8.10 hod.  
 Konec měření: 8.58 hod.



Úsek 1 — Zátka s dílkem zasunut do pístu a obrobek upnut mezi hroty  
 Úsek 2 — Obrobek proměřit, spustit stroj, zkontrolovat házení  
 Úsek 3 — Stůl natočit na krátký kužel

Úsek 4 — Brousit krátký kužel včetně měření  
 Úsek 5 — Stůl natočit na dlouhý kužel  
 Úsek 6 — Brousit dlouhý kužel včetně měření  
 Úsek 7 — Srazit hrany drážek ručním brouskem  
 Úsek 8 — Píst odložit

Měření času přípravy a zakončení (t<sub>pr</sub>):

1 — Půjmut pracovní příkaz a prostudovat výkres	4,00 min
2 — Namontovat brusný kotouč na větrno a orovnat	12,50 min
3 — Přinést mikrometr z výdejny	3,00 min
4 — Obstarat přípravek	4,50 min
5 — Natočit stůl na broušení kužele	6,50 min
6 — Kontrola prvního kusu	6,00 min
7 — Zapsat mzdu	1,50 min
Čas t <sub>pr</sub> úhrnem	38,00 min

Tabulka 61 Měření času operačního (t<sub>o</sub>) pro broušení pístu motoru

Číslo úseku	Úsek	Naměřený čas		Celkem	Průměrný čas	
		1	2		strojn	ruční
1	Zamontovat zátka a píst upnut mezi hroty	1,50	1,40	2,90		1,45
2	Píst proměřit, spustit stroj, zkontrolovat házení	1,10	1,90	3,00		1,50
3	Stůl natočit na krátký kužel	2,20	1,80	4,00		2,00
4	Brousit krátký kužel včetně měření	15,00	13,32	28,32	10,16	4,00
5	Stůl natočit na dlouhý kužel	1,88	2,12	4,00		2,00
6	Brousit dlouhý kužel včetně měření	19,32	18,20	37,52	14,56	4,20
7	Srazit hrany drážek ručním brouskem	1,60	1,40	3,00		1,50
Úhrnem					24,72	16,65

Čas strojní (t<sub>h</sub>) min 24,72  
 Čas ruční (t<sub>r</sub>) min 16,65  
 min 41,37

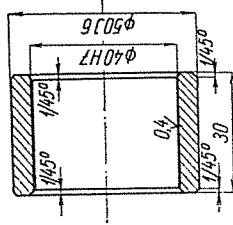
Čas operační (t<sub>o</sub>) + 10% za čas obsluhy pracoviště (t<sub>so</sub>) a za čas oddechu a přirozených potřeb (t<sub>sd</sub>)  
 Čas kusový (t<sub>c</sub>) min 4,13  
 min 45,50

Celkový čas normovaný  
 t<sub>c</sub> = 45,50 × 50 + 38,00 = 2313 min = 38 hod. 33 min

## b) Příklady broušení vnitřních rotačních povrchů

### Příklad 8 — Broušení díry v pouzdru

- Název součásti: pouzdro  
Druh materiálu: ČSN 42 2435 (šedá litina)  
Dávka: 120 ks  
Druh stroje: 5526 — Universální hrotová bruska TOS 2U se zařízení-  
ním pro vnitřní broušení  
Měřidla: Válečkový kalibr 40 H7, dutinový mikrometr  
Výrobní pomůcky: brusný kotouč 25 × 25 ČSN 4520 C 48 46 J 8V, tří-  
čelistové sklíčidlo, broušící vřetenno EP 20



Úsek 1 — Připravit stroj a upnout obrobek

Úsek 2 — Brousit díru na hrubo

Úsek 3 — Ø 40 H7 brousit na čisto

Úsek 4 — Pouzdro vyjmout, kontrolovat a odložit, stroj upravit

### Rozebírací příkladu 8

Úsek 1 — Připravit stroj a upnout obrobek. Na vřetenno unášecího vřetenku se našroubuje deska se sklíčidlem tak, aby čípek v desce zapadl do díry v odstříkovací desce. Byl-li stroj seřízen pro broušení mezi hroty, musí se sejmout unášecí a krycí deska, na které je unášecí nasazen. Páka k řazení rychlostí se nastaví do střední polohy, aby bylo možno volně otáčet odstříkovací deskou. Po našroubování desky se sklíčidlem se vytáhne kolík zajišťující vřetenno proti otáčení při práci mezi hroty a pak je lze spustit.

Sklopné rameno broušícího zařízení na díry se zasune do prismatického večení ve víku broušícího vřetenku až na dorazovou plošku a zajistí se utažením šroubu brzdy (pod řemenicí). Zástrčka pro přívod se zasune do zásuvky na stykačové skříní. Před sklopením ramena do pracovní polohy se vytáhne směrem dolů kolík umístěný v šikmé poloze; sklopné rameno se zajistí pákou s kulovou rukojetí.

Jelikož díra v objímce má průměr 70 mm, zvolí se broušící vřetenno EP 20, jehož pouzdro má též průměr. Na prodloužený konec tohoto vřetenka se upne největší přípustný brusný kotouč Ø 25 × 25 mm. Na šedou litinu se zvolí kotouč karborundový (C) zrnitosti 46, poměrně měkký (J), keramické vazby (V). Objímka sklopného ramena broušícího zařízení na díry se roztáhne odtlačovacím šroubem (prostředním) a broušící vřetenno se do ní zasune tak, aby střed jeho řemenice byl v jedné rovině se středem hnačí řemenice.

Po uvolnění odtahovacího šroubu se vřetenno v objímce upne oběma stranami šrouby. Na řemenice se navlékne tkaný hnačí pás, který se s vnější strany napne kladkou, aby úhel opásání na řemenici vřetenka byl co největší. Těleso napínací kladky se třemi šrouby ustaví tak, aby řemen běžel uprostřed šířky řemenice. Obrobek se upne do sklíčidla. Před unášecí vřetenkem se na stole ustaví orovňovací zařízení. Délka podélného posuvu vřetenku se vymezi narážkami tak, aby brusný kotouč na obou stranách nevystupoval z díry více než jednou třetinou své šířky.

Úsek 2 — Brousit díru na hrubo. Průměr díry v obrobků se změní a zjistí se přidávek na broušení. Brusný kotouč se ručně přisune k orovňovacímu zařízení. Objímka s držákem diamantu se skloní do pracovní polohy a kotouč se ručně přistaví proti diamantu. Broušící vřetenno se spustí. Diamant se vroubkovaným kolečkem přisune ke kotouči tak, aby se ho dotkl. Ručním podélným posuvem stolu a velmi jemným přísuvem diamantového orovňovače se brusný kotouč orovňá a naostrí. Potom se objímka s orovňovačem odklopí.

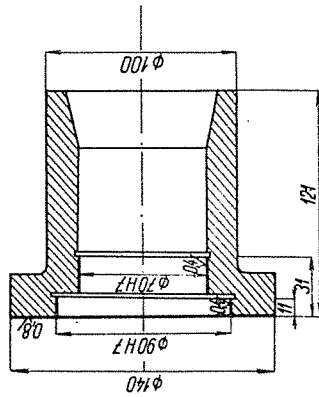
Díra se nejprve lehce přebrousí ručním podélným posuvem stolu při 155 ot/min obrobků, až je obroušena po celém obvodě. Shledá-li se, že díra je kuželová, musí se unášecí vřeteník ustavit přesněji do polohy rovnoběžné s vedením stolu (jako u broušení vnějších povrchů). Spustí se samočinný podélný pohyb stolu a díra se obrousí na hrubo na průměr asi o 1 až 1,5 setiny menší, než je předepsán výkresem.

Úsek 3 — Ø 40 H7 brousit na čisto. Brusný kotouč se orovňá. Ubere se tenká tříška a zkouší se měřit dobrou stranou kalibru, který se musí držet rovnoběžně s dírou. Neprojde-li dobrá strana kalibru dírou, ubere se další, avšak velmi jemná tříška a opět se měří. Když dobrá strana kalibru zasouvaného lehkým tlakem vstoupí do díry a nemá příliš velkou vůli, lze díru považovat za vybroušenou na rozměr. Zkouší se ještě zasunout kalibr do díry zmetkovou stranou, kterou ovšem do ní vstoupit nesmí.

Úsek 4 — Pouzdro vyjmout, kontrolovat a odložit a stroj upravit. Hrotové pouzdro se vyjme a zkontroluje. Je-li díra ještě poněkud kuželová, poopraví se poloha unášecího vřeteníku. Po zpracování celé dávky se stroj očistí a upraví pro další práci.

Příklad 9 — Broušení příruby upínací hlavy

Název součásti: přířeba upínací hlavy  
 Druh materiálu: ČSN 12 010.6  
 Dávka: 100 ks  
 Druh stroje: 5552 — Bruska na otvory WOTAN RI 30  
 Měřidla: válečkové popř. ploché kalibry  $\varnothing$  70 H7 a 90 H7  
 Výrobní pomůcky: brusný kotouč  $60 \times 40$  ČSN 4520 A 99 46 M 8V, tří-  
 čelistové sklíčidlo, brousicí vřetení IBA 80/220 s pří-  
 rubovým nástavcem PN 8



Úseč 1 — Připravit stroj a upnout obrobek  
 Úseč 2 — Brousit  $\varnothing$  70 H7  
 Úseč 3 — Brousit  $\varnothing$  90 H7  
 Úseč 4 — Orovnat čelo nákrážku  $\varnothing$  140  
 Úseč 5 — Přírubu vyjmout a odložit

Rozbor příkladu 9:

Úseč 1 — Připravit stroj a upnout. Na obrobek z kalené oceli se zvolí brusný kotouč A 99 46 M, a to  $\varnothing 60 \times 40$  mm s jednostranným vybráním. Bruska RI 30 má objímku  $\varnothing 80$  mm, a proto se použije brousicího vřetení IBA 80/220. Pro upnutí kotouče se použije přírubového nástavce PN8. Takto sestavené brousicí vřetení s kotoučem se upne v objímce brousicího suportu brusky RI 30. Obrobek se upne do tříčelistového sklíčidla a jeho poloha se vyrovná podle číselníkového úchytkoměru.

Orovnavací zařízení se ustaví na loži tak, aby hrot diamantu před dírou obrobku byl vzdálen asi o šířku brusného kotouče zvětšenou přibližně o 10 mm. Brusný kotouč se ručním kolem pro přísuv nastaví tak, aby se dal zasunout do díry. Výška hrotu diamantu se seřídí a diamant se posune kolmo k ose díry tak, aby byl přibližně v poloze konečného rozměru díry  $\varnothing$  70 H7.

Narážkami se nastaví délka pracovního zdvihu podélného pohybu stolu. Nastaví se orovnavací zdvih stolu: páka k změně smyslu pohybu stolu se odtáhne, aby ji minula pravá nárážka pracovního zdvihu a podle šířky kotouče se nastaví orovnavací zdvih. Pravá nárážka pracovního zdvihu je levou nárážkou orovnavacího zdvihu, který je na pravé straně omezen nárážkou další.

Úseč 2 — Brousit díru  $\varnothing$  70 H7. Spustí se unášecí vřeteník, brousicí vřetení a otevře se přívod řezné kapaliny. Brusný kotouč se přisune ručně k orovnavacím zařízením a samočinným podélným pohybem stolu se orovná. Odtlačným přesouvací páky se stůl převede do pracovního zdvihu a brousicí se na hrubo průměr 70 H7. Ponechá se přidavek asi 0,02 mm na broušení na čisto. Po orovnání kotouče se brousí na čisto. Ubírá se jemná tříška a díra se kontroluje válečkovým kalibrem. Před měřením se vždy odklopí přesouvací páka, aby ji minuly všechny nárážky; stůl se takto zastaví v levé úvratí. V této poloze stolu se obrobek upíná, měří i vyjímá. Když dobrá strana kalibru vstoupí do díry, je broušení na čisto skončeno. Zmetková strana do ní ovšem vejít nesmí.

Úseč 3 — Brousit  $\varnothing$  90 H7. Tato díra není průchozí, takže se kotouč musí vrátit, když jeho levá strana je v zápichu díry. Nárážka stolu se nejprve seřídí zhruba, tj. s levou stranou kotouče asi ve vzdálenosti 5 mm od osazení díry. Přesná poloha úvratí stolu se nastaví za běhu stroje, a to mikrometrickým šroubem levé nárážky.

Jinak je postup stejný jako u díry  $\varnothing$  70 H7.

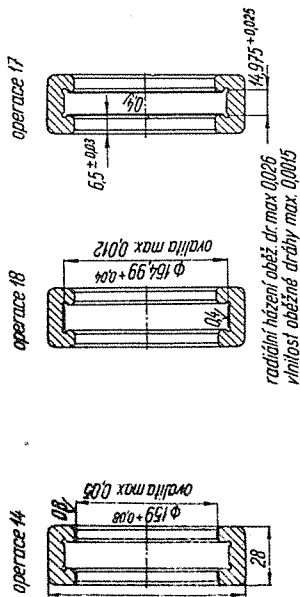
Úseč 4 — Orovnat čelo nákrážku. Při broušení čelem kotouče se musí oba posuvy zaměnit. Vypne se planetový převod příusovového ústrojí, čímž se ruční kolo přičného posuvu přímo spojí s posuvovým šroubem. Takto lze příčné saně rychleji posouvat (zde o 6 mm na jednu otáčku ručního kola). Zároveň se musí u podélného posuvu zapnout planetový převod, aby se dosáhlo nezbytného jemného posuvu, který je při čelním broušení přísuvem. Orovnanou čelní plochou kotouče se velmi jemným záběrem srovná čelní plocha  $\varnothing$  140 mm.

Úseč 5 — Pouzdro vyjmout a stroj upravit. Hotové pouzdro se vyjme a odloží; po dokončení dávky se předají pouzdra kontrole (OTK). Stroj se očistí a upraví pro další práci.

Příklad 10 — Broušení ložiskového kroužku

Název součásti: vnější kroužek válečkového ložiska  
 Druh materiálu: ČSN 14 100.5  
 Dávka: 1000 ks  
 Druh stroje: 5552 — Bruska na otvory WOTAN RI 30  
 Měřidla: mezní válečkový příp. plochý kalibr  $\varnothing$  159 + 0,08, číselníkové úchytkoměry, indikátor pro vnitřní měření,

sada základních měrek, třmenový mikrometr 0—15 mm, mikrometr pro vnitřní měření 5—20 mm  
 Výrobní pomůcky: brusný kotouč 100×40×12 ČSN 4510 A 99 80 K 9V, 100×15×12 ČSN 4510 A 99 80 K 9V, upínací přípravek.



Poznámka: Při sériové výrobě se k broušení oběžných drah používá speciálních strojů s automatickými cykly, takže veškeré dále rozebrané operace lze případně provést na jednom stroji na jedno upnutí. V předchozích operacích byla obroušena čela kroužků válečkových ložisek a povrch, čímž vznikla jedna rovinná ustavovací základna, která při následujících operacích zaručuje kolmost případně souosost při nich obráběných povrchů. K upínání se používá membránového upínacího přípravku, kterým se dosáhne správné sousřednosti a který malým rovnoměrné rozděleným tlakem nedeformuje upnutý kroužek (viz str. 297).

Operace 14 — Brousit díru

Úsekl 1 — Připravit stroj

Úsekl 2 — Upnout obrobek

Úsekl 3 — Brousit průměr 159 + 0,08

Úsekl 4 — Obrobek vyjmout a odložit

Úsekl 5 — Stroj upravit

Úsekl 1 — Připravit stroj. Na broušení vřeten namontuje se brusný kotouč A 99 80 K rozměru 100×40×12 mm. Rychlost broušení vřeten se nastaví na 6500 ot/min výměnou řemenice broušícího vřeten, tj. poměr řemenice hnacího motoru k řemenici broušícího vřeten bude 1 : 2,2; tím se dosáhne řezné rychlosti 33 m/s. Na unášecí desku unášecího vřetenku se upne upínací kleštinový přípravek s velmi malým rozsahem upínání, neboť kroužky jsou již na povrchu broušené. Poloha upínacího přípravku se zkontroluje, popřípadě opraví. Orovňávací zařízení se ustaví na loži tak, aby hrot diamantu byl vzdálen před dírou kroužku asi o šířku kotouče

zvětšenou o 15 mm. Výška hrotu diamantu se seřídí a diamant se posune kolmo k ose díry tak, aby byl přibližně v poloze konečného rozměru kroužku.

Úsekl 2 — Upnout obrobek. Obrobek se upne do upínacího přípravku a pomocí číselníkového úchylkoměru se zkontroluje jeho poloha. Je-li upínací přípravek přesný, má upnutý obrobek osu rovnoběžnou s osou broušícího vřetená.

Narázkami se nastaví délka podélného zdvihu broušícího vřetená a současně délka orovňávacího zdvihu podle rozboru úseku 1 příkladu 9.

Úsekl 3 — Brousit průměr 159 + 0,08. Spustí se unášecí vřeteník, pohon broušícího vřetená a čerpadlo řezné kapaliny, jejíž přívod se seřídí. Brusný kotouč se ručně přistaví k orovňávacímu zařízení a samočinným posuvem stolu se orovná. Po orovnění se kotouč přesune do pracovního zdvihu a ručně se kotouč přisouvá až do jiskření. Potom se nastaví automatický přísuv na 0,025 mm (zdvih) a počne se brousit.

Brusný kotouč se vysune z díry do polohy klidu, změní se broušená díra plochým, popřípadě válečkovým kalibrem a je-li vybroušena na správný rozměr, zkontroluje se kvalita díry číselníkovým úchylkoměrem pro vnitřní měření. Při broušení dalších kroužků se již využije pomocné měřicí zařízení nebo kompenzační zařízení k zastavení broušení.

Úsekl 4 — Kroužek vyjmout a odložit. Obroušený kroužek se vyjme z upínacího přípravku, očistí, zkontroluje se jakost jeho povrchu (broušená plocha není funkční, jakost je však předepsána) a odloží. Po obroušení celé dávky se předá kontrola (OTK).

Úsekl 5 — Stroj upravit. Po skončení broušení celé dávky se stroj očistí a připraví pro další práci.

Operace 17 a 18 — Brousit oběžnou drážku a opěrná čela.

Poznámka: Při sériové výrobě budou tyto dvě operace buď zcela samostatné při broušení na jednoúčelových strojích nebo naopak při práci na speciální brusce pro broušení kroužků válečkových ložisek se obě tyto operace i s operací 14 provádějí na každém kroužku na jedno upnutí v automatickém cyklu na čisto.

Úsekl 1 — Připravit stroj

Úsekl 2 — Upnout obrobek

Úsekl 3 — Brousit opěrná čela oběžné drážky

Úsekl 4 — Brousit oběžnou drážku na čisto

Úsekl 5 — Kroužek vyjmout a odložit

Úsekl 6 — Upravit stroj

Úsekl 1 — Připravit stroj. K broušení v následujících operacích se použije brusného kotouče A 99 80 K V,  $\varnothing 100 \times 15 \times 12$ . Počet otáček a tím i řezná rychlost se volí stejné jako u operace 14. Na upnutí obrobku se použije téhož upínacího přípravku, jako při operaci 14. Orovňávací zařízení při orovňávání kotouče se seřídí způsobem popsaným v úseku 1 operace 14. Pro

Závada	Příčina	Náprava
1. Plošky dlouhé, pravidelné rozdělené, tvořící vzorek šachovnice	Nevyvážený kotouč	Pečlivě vyvážit kotouč v přírubě, orovnat i čelní strany a znovu vyvážit. Trvá-li závada, ponechá se kotouč běžet bez chlazení, aby se řezná kapalina odstříkala. Kotouč se ukládá na čelní stranu, aby se kapalina nehromadila ve spodní části jeho obvodu.
2. Plošky dosti dlouhé, široce a pravidelně rozdělené	Tvrký kotouč	Zvětšit obvodovou rychlost obrobku, podélný posuv a přísuv. Zvolit měkčí kotouč, porovnatější případně hrubší zrnitost.
3. Rysky úzké a dosti hluboké, pravidelné	Hrubý kotouč	Zvolit kotouč jemnější zrnitosti. Orovnat kotouč tupým diamantem, malou rychlostí posuvu a nepatrným přísuvem.
4. Rysky hluboké, izolované	Chybně orovnaný kotouč	Orovnat vhodným diamantem, pro broušení na čisto se použije malé rychlosti posuvu. Po orovnaní se kotouč přejde dvakrát bez přísuvu; kotouč se po orovnaní okartáčuje.
5. Rysky široké, nestejněměrné, různé hloubky	Měkký kotouč Volná zrna v kotouči	Zvolit tvrdší kotouč; zmenšit počet otáček obrobku, rychlost posuvu a velikost přísuvu. Opláchnout kotouč proudem vody po orovnaní. U kotouče s organickým pojivem se nesmí použít řezné kapaliny se sodou, která pojivo rozkládá a zrna uvolňuje.
6. Vlnky příčné umíšené	Hrany kotouče poškozené	Zaoblit hrany kotouče.
7. Rysky hluboké, nepravidelné	Kotouč volný v přírubě	Prohlédnout vložku mezi kotoučem a přírubou a šrouby v přírubě důkladně utáhnout.

## KAPITOLA IX

## VADY BROUŠENÍ A ŘEZNÉ PODMÍNKY

Vady broušení nejsou nahodilé nehody, nýbrž přirozené následky nevhodné volby brusného kotouče, nesprávné jeho úpravy, nevhodných řezných podmínek, nesprávného seřízení či obsluhy stroje anebo horšího stavu stroje. Hodnoty některých z těchto složek, na něž pochod broušení má rozhodující vliv, lze určit poměrně přesně. Tak na příklad lze podle technických dat stroje a obrobku určit se značnou přesností vhodný kotouč (viz kap. I). Jiné neméně důležité složky jsou však méně určité nebo značně proměnlivé. K nim patří upnutí brusného kotouče, jeho orovnaní, pečlivost a zručnost brusíče a konečné stav stroje, zejména jeho přesnost. Proto při zjišťování příčin vad broušení je třeba právě těmto složkám věnovat přiměřený podíl pozornosti.

Na dalších stránkách jsou na tabulkách I až IV sestaveny závady broušení, které se nejčastěji vyskytují a to především s přihlédnutím ke strojům nejobvyklejších typů. Jsou seřazeny podle základních druhů broušení od rotačních povrchů na hrotových bruskách až k rovinnému broušení na svislých bruskách. Při práci na bruskách odlišných typů je ovšem třeba u některých zásahů (seřizování vůle vřeten) se přidržet příslušných návodů pro obsluhu.

Na tabulkách 64 až 70 jsou uvedeny řezné podmínky pro nejběžnější brusíčské práce.

Závada	Příčina	Náprava
12. Kotouč zanechává stopu šroubovice	Nesprávné orovní Chybně zvolený kotouč Chybně seřízený stroj	Orovnat kotouč podle návodu; zaoblit hrany kotouče. Použít hrubšího kotouče a menšího přísuvu. Zmenšit rychlost posuvu a přezkoušet, zda je kotouč orovnan rovnoměrně s podélným posuvem. Lze-li brusný vřeteník natáčet, utáhnout příslušné šrouby. Zvětšit počet podpěr. Zmenšit rychlost podélného posuvu stolu a zvětšit rychlost obrobku. Upravit přívod řezné kapaliny po celé šířce kotouče, aby žádná hrana neřezala na sucho.
13. Broušený obrobek má úchytky kruhovitosti	Chybná poloha hrotů Tlak hrotu je příliš velký Uložení vřetena má přílišnou vůli (opotřebení) Chybně středící dýlky Obrobky mají výstředný tvar Chybné předcházející osoustružení Nedostatek řezné kapaliny	Hroty musí být i souosé. Po natáčení vřeteníku se jeho nulová poloha musí pojistit kuželovým kolkem. Seřadit tlak pružiny v koníku (při broušení mezi hroty). Seřadit volná ložiska vřetena podle návodu (při broušení ve sklídle). Zvolit dostatečné velké dýlky a dbát, aby zůstaly nepoškozované. Před upnutím dýlky očistit a namazat. Výstřednost obrobku vyvážit závažím a brousit při jeho malém počtu otáček. Konce obrobku se musí přesně osoustružit. Privádět dostatečné množství řezné kapaliny po celé šířce kotouče.
14. Broušený obrobek má úchytky rovnoměrnosti — je kulový	Chybně středící dýlky	Středící dýlky musí mít kuželovou plochu téhož úhlu jako hroty. Dýlky kalených obrobků se musí přebrousit a před upnutím očistit a namazat.

Závada	Příčina	Náprava
8. Rysky krátké, mělké a nepravidelné	Kotouč hrubě orovnaný Hrubovací kotouč příliš hrubý Dokončovací kotouč neubírá přiměřeně	Orovnat kotouč pomalejším, podélným posuvem a menším přísuvem. Rozdíl mezi hrubovacím a dokončovacím kotoučem musí být přiměřený — zvolí se jemnější hrubovací kotouč. Hrubuje se s velkou rychlostí obrobku a stolu, načež se rysky po hrubování odstraní hrubovacím kotoučem s pomalým posuvem stolu, avšak s velkou rychlostí obrobku.
9. Kotouč se zanáší	Chybně zvolený kotouč Nevhodné řezné podmínky Chybně orovnaný kotouč Nedostatečné chlazení	Zvolit kotouč hrubší zrnitosti a větší porovitosti; druh kotouče se snadněji se lámajícími zrní; více řezné kapaliny. Řezné podmínky upravit tak, aby kotouč působil jako mětki. Orovnat kotouč ostřejším diamantem a rychlejším podélným posuvem; po orování opláchnout kotouč proudem vody. Použít většího množství řezné kapaliny priváděné po celé šířce kotouče; kapalina může být řídká a musí být čistá.
10. Lesklé plošky na kotouči	Chybně zvolený kotouč Řezná kapalina je lepkavá	Zvolit měkčí kotouč hrubší zrnitosti, zvětšit rychlost obrobku a podélný posuv stolu. Použít většího přísuvu; orovnat kotouč rychlejším posuvem. Emulsní olej nemísit s tvrdou vodou; přidat sodu.
11. Kotouč pálí a zanechává na obrobku zbarvené skvrny	Chybně zvolený kotouč Nesprávné řezné podmínky	Použít měkčího kotouče; zvětšit rychlost obrobku a rychlost podélného posuvu. Více chladit. Zmenšit přísuv; přeseřadit, zda je kotouč upnut v přírubě, zda neklouže kotouč nebo některý řemen.

Závada	Prčina	Náprava
	Osa hrotové ob- jímký koniku není souosá s osou vřetená unášečící vřeto- níku	Dosedací plochy se zaškrabáním uvedou do stavu podle předpisu o zkoušce přesnosti stroje.
	Roztažení obrobku teplem	Snižit teplotu obrobku použitím většího množství rezné kapaliny.

**II. Broušení děr**

Zdroj závady	Způsob nápravy
1. Broušení vřetená	Rychloběžná broušení vřetená uložená v kuličkových ložiskách jsou velmi citlivá na každou nepravidel- nost. Jsou speciální konstrukce stejně jako ložiska a proto se jejich opravou může zabývat jen zkušený specialista nebo výrobní závod.
2. Řemeny	Při jejich velkých rychlostech, krátkých osových vzdá- lenostech a malých průměrech řemenic se řemeny musí často kontrolovat, aby nebyly zalejované a neklou- zaly. Klouzání řemenů je velmi závažná závada.
3. Orovnávání	Chyby broušení, špatná jakost broušeného povrchu a krátká trvanlivost kotouče jsou nejčastěji způsobeny nesprávným orovnávaním kotouče. Je nezbytné, aby velikost diamantu byla přiměřená malým rozměrům kotouče a aby diamant měl ostrý hrot. Je třeba pečlivě dohlížet, aby se neprojevil opotřebení v uložení dia- mantového orovnávače.
4. Volba kotouče	Většina kotoučů při broušení děr je méně výkonná proto, že se průměr kotouče pronikavě mění, aniž se při- měřeně mění i jeho obvodová rychlost. Často lze zvýšit trvanlivost kotouče zvětšením jeho šířky. Vzhledem k velkému stykovému oblouku při broušení děr se volí kotouče větší zrnitosti a porovitosti.

Zdroj závady	Způsob nápravy
5. Úchytky válcovi- tosti broušené díry	Je třeba zajistit rovnoběžnost broušeního vřetená s po- délným pohybem stolu. Použije se měkčího kotouče nebo se zvětší rychlost obrobku, aby kotouč působil jako měkčí. Poloha unášečho i broušeního vřeteníku musí být správná. Rezná kapalina nesmí být mazlavá. Kotouč musí být orovnávan rovnoběžně s podélným po- hybem stolu. Použije se menšího přísuvu, případně tvrdšího kotouče.
6. Rozšířené konce díry	Zmenší se přeběh kotouče v úvratí.
7. Chybná kuželovitost díry	Je třeba zajistit, aby kotouč byl rovnoběžný s předeřsa- ným kuzelem. Správně zvolit tvrdost kotouče nebo upravit podmínky, aby podle potřeby působil jako tvrdší nebo měkčí.

**III. Broušené bezhruté**

Závada	Prčina	Způsob nápravy
1. Šroubovice — svět- lá i tmavá, neprá- videlná	Chybné orovnáání	Podávací kotouč orovnávat pod tímtež úhlem jako je tento ko- touč nastaven, aby se obrobek menšího průměru neprohýbal pod nestejným tlakem při průchodu mezi kotouči.
2. Plošky na brouše- ném povrchu	Chybné zvolení kotouč Kotouč je volný na přírubě Podpěrné pravítko má příliš velký sklon Podpěrné pravítko není dost pevně upnuto	Kotouč je buď příliš tvrdý nebo příliš měkký; zvolí se vhodnější. Kotouč se na přírubě pečlivě utáhne. Použít podpěrného pravítka s men- ším sklonem. Podpěrné pravítko pevně upnout.

IV. Broušení rovinné  
a) na vodorovných rovinných bruskách BP.H

Závada	Příčina	Způsob nápravy
1. Broušený povrch je závadný	Kotouč není řádně orovnan Kotouč není vyvážen Na kuželové stopce nebo v kuželové dutině je nečistota Kotouč není řádně upnut na přírubě Vtíle v ložiskách broušicího vřetena	Počlivě orovnat kotouč podle popisu. Počlivě vyvážit kotouč podle popisu. Očistit kuželovou dutinu vřetena i kuželovou stopku příruby kotouče před vložením. Dobře utáhnout přítlačnou přírubu. Vtíle vřetena v ložiskách se zmenší zatažením obou ložiskových pouzder do kuželových děr v ložiskových přírubách; příslušnými matičkami se otáčejí šneky, které na levé straně broušicího suportu končí otvory pro klíč. Vtíle vřetena ve směru osy se nastavuje dvěma bočními šrouby za brusným kotoučem.

b) na svislých rovinných bruskách BP.V

1. Broušený povrch je nepřesný	Brusné segmenty nejsou řádně orovnaný Brusné segmenty jsou příliš tvrdé Příliš velká hloubka řezu při malé rychlosti stolu Broušící vřeteno má osovou vtíli	Počlivě orovnat a podbrousit brusné segmenty. Použít měkčích segmentů. Při velké rychlosti ploše použít vždy měkčího kotouče hrubší zrnitosti a větší porovitosti; při malé rychlosti ploše naopak. Zmenšit hloubku řezu a upravit přiměřeně rychlost stolu. Vtíle broušicího vřetena ve směru osy se vymezí matičkami, kterými se přitáhne příslušná pružina (podle návodu).
2. Broušený povrch není rovinný	Brusná hlava není seřizena na křížový výbrus	Brusnou hlavu seřídít na křížový výbrus příslušnými šrouby (podle návodu).

Pokračování tabulky

Závada	Příčina	Způsob nápravy
3. Poškrábaná broušená plocha	Podpěrné pravítko z nevhodného materiálu	Na obrobky z nekalené oceli použít podpěrného pravítka ze šedé litiny. Na obrobky, u nichž je předepsán zvlášť jakostní broušený povrch, použít podpěrného pravítka z vhodnějšího materiálu (viz popis).
4. Rysky tvaru šroubovice	Kotouč ubírá příliš značné vprůdu nebo vřadu anebo neubírá ve střední části. Vodící pravítka nejsou rovnooběžná se stykovou čarou obrobku a podávacího kotouče	Kotouč orovnat tak, aby ubíral částí vzdálenou od kraje asi 10 až 20 mm. Vodící pravítka se nastaví podle tyče příbližně téhož průměru, jaký má obrobek. Když pravítka jsou rovnooběžná a kotouč je orovnan, našikmí se podávací kotouč asi o 1/2° více než je nášikmeno orovnávací zařízení.
5. Úchytky kruhovitosti	Příliš velký úběr při hrubování Broušeno malým počtem záběrů Střed obrobku příliš blízko u spojnice středů obou kotoučů Nedostatek řezné kapaliny Brusný kotouč je příliš tvrdý	Nejprve se ubírá malá tříska, aby obrobek byl kruhovitý; potom lze hrubovat s větší třískou. Kalené obrobky se musí brousit větším počtem záběrů. Zvednout osu obrobku nad spojnicí středů kotoučů (na polovinu průměru obrobku). Nastavit bohatý proud čisté řezné kapaliny tak, aby obsáhl stykovou čáru obrobku s kotoučem. Na pomoc se posléze použije měkčího kotouče.
6. Úchytky přímosti	Nevyrovaný obrobek Nedostatečný přidavek na broušení Příliš velký tlak při broušení	Obrobky řádně vyrovnat na lisech nebo rovnačkách, neboť bezhrtá bruska rovnačku nahradit nemůže. Stanovit přiměřený přidavek na broušení. Při prvním záběru ubírat s malou hloubkou řezu při malé rychlosti kotouče a velké rychlosti podlébného pohybu.

Závada	Příčina	Způsob nápravy
3. Broušený materiál se roztrhává (roste)	<p>Vyvíjí se příliš mnoho tepla Segmenty se zanášejí</p> <p>Hloubka řezu je při zvolené rychlosti stolu příliš velká Nedostatek řezné kapaliny popř. její přílišné zahřátí</p>	<p>Orovnat a podbrousit tupé brusné segmenty. Zvolit měkčí segmenty hrubší zrnitosti.</p> <p>Zmenšit hloubku řezu, pokud nelze zjednat nápravu zvětšením rychlosti stolu. Doplnit nebo vyměnit řeznou kapalinu. Vyčistit nádrž řezné kapaliny.</p>

## ŘEZNÉ PODMÍNKY

Tabulka 64

## Klízné podmínky pro podélné

Délka brouš. plochy mm	Materiál:		Stroj:		Průměr broušené					
	Dřevnatost povrchu $H_{sk} : \mu$	Stupeň lícování IT	Kalená ocel (do 125 kg/mm <sup>2</sup> )		Hrotové brusky I U, BUA 20, apod.		d = 10 n = 280		d = 16 n = 255	
			a	i	s	a	i	s		
65	0,2	5-6	0,15	45	4	0,20	32	6		
	0,4	7-8	0,20	38		0,25	27			
	0,8	9-11	0,25	29		0,30	21			
100	0,2	5-6	0,15	53	5	0,20	38	7		
	0,4	7-8	0,20	45		0,25	32			
	0,8	9-11	0,25	34		0,30	24			
160	0,2	5-6	0,20	65	6	0,25	44	8		
	0,4	7-8	0,25	55		0,30	38			
	0,8	9-11	0,30	43		0,35	29			
250	0,2	5-6	0,20	79	7	0,30	50	9		
	0,4	7-8	0,25	67		0,35	43			
	0,8	9-11	0,30	52		0,40	33			
400	0,2	5-6	0,25	91	8	0,30	57	10		
	0,4	7-8	0,30	77		0,35	49			
	0,8	9-11	0,35	59		0,40	37			
650	0,2	5-6				0,35	65	11		
	0,4	7-8				0,40	58			
	0,8	9-11				0,45	48			
1000	0,2	5-6								
	0,4	7-8								
	0,8	9-11								

a = přídavek na brouš. plochu mm  
i = celkový počet záběrů včetně vyjiskřovacích  
s = podélný posuv v mm/ot obrobku

## broušení vnějších válečných povrchů

Brousny kotouč:	Obvodová rychlost					
	Šířka 32 mm Druh A 60M			Hrubování 25 m/s Dokončování 30-35 m/s		
	plochy d a počet otáček obrobku n/min					
d = 25 n = 155	a	i	s	d = 40 n = 95	d = 65 n = 64	d = 100 n = 38
				a	i	s
0,25 0,30 0,35	24	26	8	0,36 0,35 0,40	21 18 15	0,35 0,40 0,45
	20	17				
	16	14				
0,30 0,35 0,40	27	22	9	0,35 0,40 0,45	24 21 16	0,40 0,50 0,60
	22	19				
	17	16				
0,30 0,35 0,40	28	25	9,5	0,35 0,40 0,45	26 22 18	0,40 0,50 0,60
	25	22				
	19	18				
0,35 0,40 0,45	34	29	10,5	0,40 0,45 0,50	29 24 19	0,45 0,55 0,65
	29	24				
	22	19				
0,35 0,40 0,45	38	29	11,5	0,40 0,45 0,50	29 25 24	
	32	25				
	25	19				
0,40 0,45 0,50	43	36	12,5	0,45 0,50 0,55	36 31 24	
	37	31				
	28	24				
0,45 0,50 0,55	46	39	13	0,50 0,55 0,60	39 33 26	
	40	33				
	30	26				

Pozn.: Při broušení na hrubo se ubírá až 80% přídavku a zbytek se ponechává pro broušení na čisto.

Tabulka 65

## Řezné podmínky pro potělné

Materiál:	Délka plochy mm	Drsnost $H_{sk}\mu$	Stupeň $\Gamma$	Stroj:		Průměr broušené								
				Hrotové brusky 2U, BK 3, BK 5, 3U, BUA 31 apod.		$d = 25$ $n = 155$		$d = 40$ $n = 95$		$d = 60$ $n = 65$		$d = 80$ $n = 45$		
				$a$	$i$	$s$	$a$	$i$	$s$	$a$	$i$	$s$	$a$	$i$
Kaderná ocel (do 125 kg/mm <sup>2</sup> )	100	0,2	5-6	0,30	32	13	0,35	27	15	0,40	25	15	0,45	20
		0,4	7-8	0,35	27	13	0,40	26	16	0,45	20	16	0,50	17
		0,8	9-11	0,40	21	14	0,45	20	17	0,50	17	19	0,55	14
160	0,2	5-6	0,30	37	14	0,35	30	16	0,40	26	16	0,45	20	
	0,4	7-8	0,35	31	14	0,40	26	17	0,45	20	17	0,50	17	
	0,8	9-11	0,40	24	15	0,45	23	19	0,50	17	20	0,55	14	
250	0,2	5-6	0,35	40	15	0,40	35	17	0,45	28	17	0,50	23	
	0,4	7-8	0,40	34	16	0,45	28	19	0,50	25	20	0,55	17	
	0,8	9-11	0,45	26	17	0,50	23	21	0,55	17	22	0,60	14	
400	0,2	5-6	0,35	47	16	0,40	38	19	0,45	32	19	0,50	25	
	0,4	7-8	0,40	40	17	0,45	32	20	0,50	25	21	0,55	17	
	0,8	9-11	0,45	31	18	0,50	25	22	0,55	17	23	0,60	14	
650	0,2	5-6	0,40	50	17	0,45	42	20	0,50	35	20	0,55	28	
	0,4	7-8	0,45	42	18	0,50	35	21	0,55	28	22	0,60	25	
	0,8	9-11	0,50	32	19	0,55	28	22	0,60	25	23	0,65	22	
1000	0,2	5-6	0,45	53	18	0,50	44	21	0,55	37	21	0,60	29	
	0,4	7-8	0,50	45	19	0,55	37	22	0,60	29	22	0,65	26	
	0,8	9-11	0,55	35	20	0,60	29	23	0,65	26	24	0,70	23	
1600	0,2	5-6	0,50	60	19	0,55	50	22	0,60	40	22	0,65	31	
	0,4	7-8	0,55	50	20	0,60	40	23	0,65	31	23	0,70	28	
	0,8	9-11	0,60	40	21	0,65	31	24	0,70	28	25	0,75	25	

 $a$  = přídavek na brous. plochu mm $i$  = celkový počet záběrů včetně vyjískřovacích $s$  = podélný posuv v mm/ot obrobku

## broušení vnějších válečných povrchů

Brousny kotouč:	Obvodová rychlost:	plochy $d$ a počet otáček obrobku $n$ /min											
		$d = 65$ $n = 64$			$d = 100$ $n = 38$			$d = 160$ $n = 30$			$d = 250$ $n = 19$		
		$a$	$i$	$s$	$a$	$i$	$s$	$a$	$i$	$s$	$a$	$i$	$s$
Šířka 50 mm Druh A 60M	Hrubování 25 m/s Dokončování 30-35 m/s	0,35	28	16	0,40	29	19	0,45	42	20	0,50	49	21
		0,40	23	16	0,50	25	19	0,55	37	20	0,60	44	21
		0,45	18	18	0,60	21	21	0,65	30	22	0,70	35	24
0,45	32	18	0,40	33	21	0,45	46	22	0,50	52	24		
0,50	27	18	0,50	30	21	0,55	41	22	0,60	46	24		
0,55	22	22	0,60	24	24	0,65	33	23	0,70	37	26		
0,40	55	19	0,45	36	23	0,50	48	24	0,55	53	26		
0,50	30	19	0,55	33	23	0,60	43	24	0,65	47	26		
0,60	24	24	0,65	26	26	0,70	35	25	0,75	37	28		
0,40	39	21	0,45	40	25	0,55	50	26	0,60	55	28		
0,50	33	21	0,55	33	25	0,65	45	26	0,70	49	28		
0,60	26	26	0,65	28	28	0,75	36	26	0,80	39	31		
0,45	43	22	0,50	44	27	0,60	55	28	0,65	55	31		
0,55	37	22	0,60	39	27	0,70	47	28	0,75	48	31		
0,65	29	28	0,70	31	31	0,80	37	28	0,85	38	33		
0,50	45	23,5	0,55	46	28	0,65	54	30	0,70	58	33		
0,60	38	23,5	0,65	41	28	0,75	47	30	0,80	50	33		
0,70	30	31	0,75	32	32	0,85	37	30	0,90	41	33		
0,55	46	25	0,65	45	29	0,70	55	32	0,75	58	33		
0,65	39	25	0,75	40	29	0,80	48	32	0,85	51	33		
0,75	31	31	0,85	31	31	0,90	39	32	0,95	41	33		

Pozn.: Při broušení na hrubo se ubírá až 80% přídavku a zbytek se ponechává pro broušení na čisto (dokončování).

Tabulka 66

## Řezné podmínky pro broušení

Materiál:	Kalená ocel (do 125 kg/mm <sup>2</sup> )	Stroj:		Hrotové brusky IU, BUA 20, apod.		Hrotové brusky 2U, BK 3, BK 5, BUA 31 apod.		
		$d = 10$	$n = 280$	$d = 16$	$n = 255$	$d = 25$	$n = 155$	
Délka brouš. plochy mm	Drsnost povrchu $H_{sk}$ $\mu$	Stupeň lícování IT	Průměr broušené					
			$a$	$h$	$a$	$h$	$a$	$h$
do 32 mm	0,2	5—6	0,15	0,0008	0,20	0,0013	0,25	0,0022
	0,4	7—8	0,20	0,0009	0,25	0,0015	0,30	0,0025
	0,8	9—11	0,25	0,0012	0,30	0,0019	0,35	0,0034
do 50 mm	0,2	5—6					0,25	0,0015
	0,4	7—8					0,30	0,0018
	0,8	9—11					0,35	0,0023

 $a$  = přidavek na broušenou plochu v mm $h$  = posuv kotouče do záběru v mm na otáčku obrobku

## vnějších válcových povrchů zápichem

Brusný kotouč	Šířka 32 mm		Druh A99 60M		Šířka 50 mm		Druh A99 60M		Obvodová rychlost:										
	$a$	$h$	$a$	$h$	$a$	$h$	$a$	$h$	$d = 40$	$n = 95$	$d = 65$	$n = 64$	$d = 100$	$n = 38$	$d = 160$	$n = 30$	$d = 250$	$n = 19$	
0,30	0,0030	0,35	0,0032	0,40	0,0044	0,40	0,0038	0,50	0,0052	0,40	0,0032	0,50	0,0038	0,60	0,0044	0,40	0,0039	0,50	0,0040
0,35	0,0036	0,40	0,0038	0,50	0,0052	0,40	0,0038	0,50	0,0052	0,40	0,0038	0,50	0,0038	0,60	0,0044	0,40	0,0039	0,50	0,0040
0,40	0,0048	0,45	0,0050	0,60	0,0067	0,45	0,0050	0,60	0,0067	0,45	0,0050	0,60	0,0050	0,60	0,0067	0,45	0,0050	0,60	0,0049
0,30	0,0028	0,35	0,0028	0,40	0,0039	0,35	0,0028	0,40	0,0039	0,35	0,0028	0,40	0,0028	0,40	0,0039	0,45	0,0040	0,50	0,0040
0,35	0,0029	0,40	0,0033	0,50	0,0045	0,40	0,0033	0,50	0,0045	0,40	0,0033	0,50	0,0033	0,50	0,0045	0,55	0,0049	0,60	0,0049
0,40	0,0036	0,45	0,0043	0,60	0,0060	0,45	0,0043	0,60	0,0060	0,45	0,0043	0,60	0,0043	0,60	0,0060	0,65	0,0060	0,70	0,0060

Poznámka:

Při broušení na hrubo se ubírá až 80 % přidavku a zbytek se ponechává pro broušení na čisto (dokončování).

Tabulka 67

## Řezné podmínky

Materiál:		Stroj:		Průměr broušené																							
Kalená ocel (do 125 kg/mm <sup>2</sup> )		Univerzální hrotové brusky a brusky na díry		d = 6 n = 155			d = 10 n = 155			d = 16 n = 95			d = 25 n = 64			d = 40 n = 38			d = 65 n = 38			d = 100 n = 30			d = 160 n = 19		
				a	i	s	a	i	s	a	i	s	a	i	s	a	i	s	a	i	s	a	i	s	a	i	s
6	0,2	5-6	0,10	52	0,6	0,10	49	0,9	0,10	44	0,10	44	0,20	44	4,5	0,25	52	4,5	0,30	56	5,0	0,30	56	0,35	62	5,0	
	0,4	7-8	0,15	45		0,15	42		0,20	38	0,20	38	0,20	38	3,0	0,35	45	4,5	0,30	48	5,0	0,40	48	0,45	54		
10	0,2	5-6	0,10	53	0,8	0,10	50	1,1	0,10	45	0,10	45	0,20	44	3,7	0,25	52	5,8	0,20	56	6,4	0,30	56	0,35	62	6,8	
	0,4	7-8	0,15	46		0,15	43		0,20	39	0,20	39	0,20	38	4,8	0,35	45	5,8	0,30	48	6,4	0,40	48	0,45	54		
16	0,2	5-6	0,10	53	1,0	0,10	51	1,4	0,10	45	0,10	45	0,20	44	4,8	0,25	52	7,5	0,20	56	8,0	0,30	56	0,35	62	9,0	
	0,4	7-8	0,15	46		0,15	44		0,20	39	0,20	39	0,20	38	5,2	0,35	45	7,5	0,30	48	8,0	0,40	48	0,45	54		
25	0,2	5-6	0,10	54	1,2	0,10	52	1,7	0,10	46	0,10	46	0,20	44	5,2	0,25	52	8,4	0,20	60	9,6	0,35	60	0,40	64	11,2	
	0,4	7-8	0,15	47		0,15	45		0,20	40	0,20	40	0,20	38	7,8	0,35	45	8,4	0,30	52	9,6	0,45	52	0,50	55		
40	0,2	5-6	0,10	52		0,10	52	2,0	0,10	50	0,15	50	0,15	50	6,0	0,25	52	10,2	0,25	60	11,1	0,35	60	0,45	66	13,3	
	0,4	7-8				0,15	45		0,25	45	0,25	45	0,25	43	8,0	0,35	48	10,2	0,30	52	11,1	0,45	52	0,55	57		
65	0,2	5-6							0,15	55	0,15	55	0,15	55	6,8	0,25	58	12,0	0,25	62	12,9	0,40	62	0,45	68	14,8	
	0,4	7-8							0,25	46	0,25	46	0,25	44	8,0	0,35	50	12,0	0,35	54	12,9	0,50	54	0,55	59		
160	0,2	5-6							0,15	70	0,15	70	0,15	70	7,4	0,30	64	13,8	0,30	66	14,3	0,45	66	0,50	70	17,0	
	0,4	7-8							0,25	60	0,25	60	0,25	57	8,0	0,35	55	13,8	0,45	60	14,3	0,55	57	0,60	60		
160	0,2	5-6														0,40	68	15,8	0,40	73	16,5	0,50	73	0,55	78	18,2	
	0,4	7-8														0,50	59	15,8	0,50	63	16,5	0,60	63	0,65	67		

a = přidavek na broušený průměr v mm

i = celkový počet záběrů včetně vyjiskřování

s = podélný posuv v mm na 1 otáčku obróbku

## Poznámka:

Při broušení na hrubo se ubírá až 80% přídavku a zbytek se ponechává pro broušení na čisto (dokončování).

## pro vnitřní broušení

Brusný kotouč:

Šířka 1/2 až 3/4 délky brouš. plochy;  
obvod. rychlost 4—25 m/s pro hrub., 6—35 m/s pro dokonč.

díry d a počet otáček obróbku n/min

d = 25 n = 64		d = 40 n = 38		d = 65 n = 38		d = 100 n = 30		d = 160 n = 19	
a	i	a	i	a	i	a	i	a	i
0,15	48	0,20	44	0,25	52	0,30	56	0,35	62
0,25	41	0,30	38	0,35	45	0,40	48	0,45	54
0,15	48	0,20	44	0,25	52	0,30	56	0,35	62
0,25	41	0,30	38	0,35	45	0,40	48	0,45	54
0,15	48	0,20	44	0,25	52	0,30	56	0,35	62
0,25	41	0,30	38	0,35	45	0,40	48	0,45	54
0,15	49	0,20	44	0,25	52	0,30	56	0,35	62
0,25	42	0,30	38	0,35	45	0,40	48	0,45	54
0,20	50	0,25	50	0,30	56	0,35	60	0,40	66
0,30	43	0,35	43	0,40	48	0,45	52	0,50	57
0,20	52	0,25	52	0,30	58	0,35	62	0,40	68
0,30	45	0,35	45	0,40	50	0,45	54	0,50	59
0,20	54	0,30	55	0,35	64	0,40	66	0,45	70
0,30	47	0,40	47	0,45	55	0,50	57	0,55	60
				0,40	68	0,45	73	0,50	78
				0,50	59	0,55	63	0,60	67

Tabulka 68 Rezné podmínky pro

Délka brouš. plochy mm	Materiál: Kalená ocel (do 125 kg/mm <sup>2</sup> )	Stroj: Bezhruté brusky TOS BBZ 60, 4B apod.	Stupeň lecování IT	Drsnost povrchu H <sub>sk</sub> μ	Průměr broušené																											
					d = 10 n <sub>p</sub> = 140				d = 20 n <sub>p</sub> = 63				d = 30 n <sub>p</sub> = 45				d = 40 n <sub>p</sub> = 25				d = 60 n <sub>p</sub> = 19				d = 80 n <sub>p</sub> = 19				d = 100 n <sub>p</sub> = 15			
					a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α	a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α	a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α	a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α	a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α	a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α	a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α
25	0,2 0,4	6 7-8 9-11	0,15	2 2 1	2 1 1	3,5	2 1 1	2 2 2	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	3,0	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	3,0	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	2 1 1	2 1 1	3,0	
40	0,2 0,4	6 7-8 9-11	0,20	2 2 2	2 1 1	3,0	2 1 1	2 2 2	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	3,0	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	3,0	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	2 1 1	2 1 1	2,5	
65	0,2 0,4	6 7-8 9-11	0,20	2 2 2	2 1 1	3,0	2 1 1	2 2 2	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	3,0	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	3,0	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	2 1 1	2,5		
100	0,2 0,4	6 7-8 9-11	0,20	2 2 2	2 1 1	3,0	2 1 1	2 2 2	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	3,0	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	3,0	0,20	2 2 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	2 1 1	2,5		
160	0,2 0,4	6 7-8 9-11	0,25	3 3 2	2 1 1	3,0	2 1 1	2 2 2	0,25	3 3 2	2 1 1	2 1 1	3,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	0,25	3 3 2	2 1 1	2 1 1	3,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	2,5			
250	0,2 0,4	6 7-8 9-11	0,25	3 3 2	2 1 1	2,5	2 1 1	2 2 2	0,30	3 3 2	2 1 1	2 1 1	2,5	0,30	3 3 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	0,30	3 3 2	2 1 1	2 1 1	2,5	0,30	3 3 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	2,0			
400	0,2 0,4	6 7-8 9-11	0,25	3 3 2	2 1 1	2,5	2 1 1	2 2 2	0,30	3 3 2	2 1 1	2 1 1	2,5	0,30	3 3 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	0,30	3 3 2	2 1 1	2 1 1	2,5	0,30	3 3 2	2 1 1	2 1 1	2 1 1	2,0			

α = přidávek na broušený průměr v mm  
 i<sub>1</sub> = počet hrubovacích záběrů  
 i<sub>2</sub> = počet hladících záběrů  
 α = úhel sklonu podávacího kotouče

bezhruté broušení průchozí

Kotouč:	Brusný ø 300 × 100, A 40L — hrub., A 60L — dok.				podávací ø 200 × 100, A120 Q 3B																										
	plochy d a počet otáček podávacího kotouče n <sub>p</sub> /min																														
	d = 30 n <sub>p</sub> = 45				d = 40 n <sub>p</sub> = 25				d = 60 n <sub>p</sub> = 19				d = 80 n <sub>p</sub> = 19				d = 100 n <sub>p</sub> = 15														
a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α	a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α	a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α	a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α	a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α	a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α	a	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	α				
0,25	3 3 2	2 1 1	2,5	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0
0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0
0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0
0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0	0,25	3 3 2	2 1 1	2,0
0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0
0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0
0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0	0,30	3 3 3	2 2 1	2,0
0,35	4 4 3	2 2 2	1,5	0,35	4 4 3	2 2 2	1,5	0,35	4 4 3	2 2 2	1,5	0,35	4 4 3	2 2 2	1,5	0,35	4 4 3	2 2 2	1,5	0,35	4 4 3	2 2 2	1,5	0,35	4 4 3	2 2 2	1,5	0,35	4 4 3	2 2 2	1,5

Poznámka:

Při hrubování ubírá se přísuvem 0,04—0,05 mm, při broušení na čisto ubírá se přísuvem 0,005—0,02 podle požadované jakosti povrchu. Přídávky pro nekalené oceli a ostatní materiál jsou menší o 0,05 mm na průměr, než u oceli kalených.

Materiál:		Stroj:		Šířka												
Kalená ocel (do 125 kg/mm <sup>2</sup> )		Vodorovné rovinné brusky TOS BPH apod.		20						50						
				Stupeň licování IT		hrubov. dokoně.		hrubov. dokoně.		hrubov. dokoně.		hrubov. dokoně.		hrubov. dokoně.		
				$a$	$n$	$i$	$s$	$i$	$s$	$i$	$s$	$i$	$s$	$i$	$s$	
100	0,1	5-6	2	0,44	3	2	0,34	3	2	0,34	3	2	0,34	3	2	0,65
	0,2	7-8	2	0,40	2	2	0,34	2	2	0,34	2	2	0,34	2	2	0,65
	0,4	9-11	2	0,35	1	2	0,29	1	2	0,29	1	2	0,29	1	2	0,65
200	0,1	5-6	2	0,34	3	2	0,29	3	2	0,29	3	2	0,29	3	2	0,65
	0,2	7-8	2	0,32	2	2	0,32	2	2	0,32	2	2	0,32	2	2	0,65
	0,4	9-11	2	0,29	1	2	0,29	1	2	0,29	1	2	0,29	1	2	0,65
300	0,1	5-6	2	0,34	3	2	0,45	3	2	0,45	3	2	0,45	3	2	0,65
	0,2	7-8	2	0,32	2	2	0,42	2	2	0,42	2	2	0,42	2	2	0,65
	0,4	9-11	2	0,29	1	2	0,37	1	2	0,37	1	2	0,37	1	2	0,65
450	0,1	5-6	3	0,45	3	3	0,45	3	3	0,45	3	3	0,45	3	3	0,65
	0,2	7-8	3	0,42	2	3	0,42	2	3	0,42	2	3	0,42	2	3	0,65
	0,4	9-11	3	0,37	1	3	0,37	1	3	0,37	1	3	0,37	1	3	0,65
600	0,1	5-6	3	0,45	3	3	0,40	3	3	0,40	3	3	0,40	3	3	0,65
	0,2	7-8	3	0,42	2	3	0,42	2	3	0,42	2	3	0,42	2	3	0,65
	0,4	9-11	3	0,37	1	3	0,37	1	3	0,37	1	3	0,37	1	3	0,65

$a$  = přísuv ek na broušení  
 $n$  = počet zdvihů stolu za 1 min  
 $i$  = počet záběrů  
 $s$  = přísuv kotouče na 1 dvojdvih, vyjádřený šířkou kotouče

Brousny kotouč:		broušené plochy $b$ v mm																	
Šířka 13 až 25 mm Druh A 46K — hrub., A 60L — dok.		100						150						200					
		hrubov. dokoně.		hrubov. dokoně.		hrubov. dokoně.		hrubov. dokoně.		hrubov. dokoně.		hrubov. dokoně.		hrubov. dokoně.		hrubov. dokoně.			
		$a$	$n$	$i$	$s$	$i$	$s$	$i$	$s$	$i$	$s$	$i$	$s$	$i$	$s$	$i$	$s$		
0,20	58	2	0,34	3	2	0,32	2	0,65											
	2	2	0,32	2	2	0,29	1												
	2	2	0,29	1															
0,25	38	3	0,45	3	2	0,42	2	0,65											
	2	2	0,42	2	2	0,37	1												
	2	2	0,37	1															
0,25	28	3	0,45	3	2	0,42	2	0,65											
	2	2	0,42	2	2	0,37	1												
	2	2	0,37	1															
0,30	22	3	0,40	3	2	0,35	2	0,65											
	2	2	0,35	2	2	0,32	1												
	2	2	0,32	1															
0,30	18	3	0,40	3	2	0,35	2	0,65											
	2	2	0,35	2	2	0,32	1												
	2	2	0,32	1															

Poznámka:

Při hrubování se ubírá téměř celý přísuv ek a ponechává se jen 0,01 až 0,03 mm na broušení na čisto. Při broušení nekalených ocelí a šedé litiny jsou přísuv ek o 0,05 mm menší a přísuv volí se větší.

Tabulka 70

## Řezné podmínky pro broušení

Délka brouš. plochy, mm	Drsnost vrchu $H_{sk}$ $\mu$	Stupeň lico- vání IT	Stroj:		Šířka															
			Svislé rovinné brusky TOS BPV apod.						100						50					
			$a$	$i$	$n$	$i$	$n$	$i$	$n$	$a$	$i$	$n$	$i$	$n$	$i$	$n$				
200	0,4	8	0,15	6	21	10	5	14	0,20	16	16	10	5	10	0,30	42	42	20	10	4,0
	0,8	8		8	6	6	6	6		6	6	6	6	6		6	6	6	6	6
300	0,4	8	0,20	8	18	10	5	12	0,20	16	13	10	5	8,8	0,35	42	42	20	10	3,7
	0,8	8		8	6	6	6	6		6	6	6	6	6		6	6	6	6	6
450	0,4	8	0,20	8	15	10	5	9,6	0,25	20	11	10	5	7,2	0,40	56	49	20	10	3,2
	0,8	8		8	6	6	6	6		6	6	6	6	6		6	6	6	6	6
600	0,4	8	0,25	10	12	10	5	7,4	0,30	20	9,2	10	5	6,1	0,45	56	49	20	10	2,8
	0,8	8		8	6	6	6	6		6	6	6	6	6		6	6	6	6	6
1000	0,4	8	0,30	12	8,7	10	5	5,8	0,35	24	6,5	10	5	4,4	0,45	56	49	20	10	2,2
	0,8	8		8	6	6	6	6		6	6	6	6	6		6	6	6	6	6
1500	0,4	8	0,30	15	6,4	10	5	4,3	0,40	32	4,8	10	5	3,2	0,45	72	72	20	10	1,7
	0,8	8		8	6	6	6	6		6	6	6	6	6		6	6	6	6	6
2000	0,4	8	0,35	18	5,0	10	5	3,4	0,45	32	3,8	10	5	2,5	0,50	80	80	20	10	1,4
	0,8	8		8	6	6	6	6		6	6	6	6	6		6	6	6	6	6

 $a$  = přídavek na broušení $i$  = počet záběrů $n$  = počet zdvihů za 1 min.

## rovninných povrchů želem kotouče

Brousny kotouč:		broušené plochy $b$ v mm																													
		200				300				400																					
$a$	hrubov.	dokoně.		$a$	hrubov.	dokoně.		$a$	hrubov.	dokoně.		$a$	hrubov.	dokoně.																	
		$i$	$n$			$i$	$n$			$i$	$n$			$i$	$n$																
0,25	25	14	7	8,6	0,25	30	12	0,30	36	10	0,35	42	5,9	0,30	42	5,9	0,35	49	4,8	0,35	49	4,3	0,40	56	3,3	0,40	56	3,3			
	8	4	8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4	8	4	8
0,25	25	14	7	7,4	0,30	30	9,6	0,30	36	8,4	0,35	42	7,1	0,40	56	3,7	0,40	56	3,7	0,45	72	2,6	0,45	72	2,6	0,50	80	2,2	0,50	80	2,2
	8	4	8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4
0,30	30	14	7	6,0	0,30	30	9,6	0,30	36	8,4	0,35	42	7,1	0,40	56	3,7	0,40	56	3,7	0,45	72	2,6	0,45	72	2,6	0,50	80	2,2	0,50	80	2,2
	8	4	8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4
0,30	30	14	7	5,1	0,30	30	9,6	0,30	36	8,4	0,35	42	7,1	0,40	56	3,7	0,40	56	3,7	0,45	72	2,6	0,45	72	2,6	0,50	80	2,2	0,50	80	2,2
	8	4	8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4
0,35	35	14	7	3,6	0,35	35	5,8	0,35	42	5,1	0,40	56	3,7	0,40	56	3,7	0,45	72	2,6	0,45	72	2,6	0,50	80	2,2	0,50	80	2,2	0,50	80	2,2
	8	4	8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4
0,35	42	14	7	2,7	0,35	42	4,3	0,35	42	4,3	0,40	56	3,7	0,40	56	3,7	0,45	72	2,6	0,45	72	2,6	0,50	80	2,2	0,50	80	2,2	0,50	80	2,2
	8	4	8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4
0,40	48	14	7	2,1	0,40	48	3,4	0,40	48	3,4	0,45	56	3,7	0,45	56	3,7	0,50	72	2,6	0,50	72	2,6	0,50	80	2,2	0,50	80	2,2	0,50	80	2,2
	8	4	8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4		8	4

Poznámka:

Při hrubování se ubírá téměř celý přídavek a ponechává se jen 0,02 až 0,04 mm na broušení na čisto. Při broušení kalených ocelí jsou přídávky o 0,05 mm větší a zvyšuje se počet záběrů.