

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Předmět:	Ročník:	Vytvořil:	Datum:
PRAXE	2. ročník	Alois Lasák	2.12.2013
Název zpracovaného celku:			
Soustružení, praktické cvičení, postupy práce			

1 Úvod

Soustružení je obrábění rotačních ploch, zpravidla jednobřítým nástrojem. Patří mezi nejstarší obráběcí operace. Jeho vznik se datuje do 13. století.

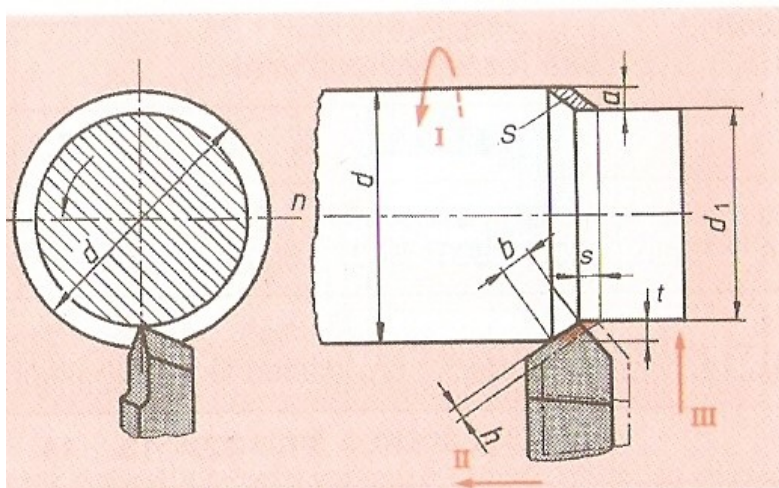
Většina strojních součástí je tvořena rotačními nebo rovinnými plochami. V současné době se proto více než třetina obráběcích operací provádí na soustruzích. Lze na nich obrábět vnější a vnitřní válcové, kuželové, kulové i obecně rotační plochy (soudkovité, podsoustružené zuby fréz, vačky apod.), rovinné plochy i závit.

Kromě soustružení lze na soustruzích provádět další osové operace, jako vrtání, vyhrubování, vystružování, řezání závitů závitníky nebo závitovými čelistmi.

Na soustruzích je možno vykonávat i zvláštní práce, jako vroubkování nebo válečkování. Pomocí přídatných zařízení lze na soustruzích i brousit, frézovat závit apod.

2 Řezné podmínky při soustružení

Při soustružení koná součást hlavní (otáčivý) pohyb I. Posuv II a přířez III koná nástroj. Řezná rychlost v_c se udává v metrech za minutu. Otáčky n se počítají z dovolené řezné rychlosti v_c a vnějšího průměru součásti. Pokud nelze nastavit výpočtové otáčky n , zvolí se následující menší otáčky n , aby břit nebyl přetížen. Pouze při čelním soustružení se volí větší otáčky. Ekonomická řezná rychlost kromě jiného závisí na materiálu součásti, odporu břitu nástroje, požadované jakosti povrchu, požadované trvanlivosti břitu nástroje, výkonnosti stroje.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Výpočtové vzorce

Řezná rychlost	$v = d \cdot \pi \cdot n$
Otáčky	$n = \frac{v}{d \cdot \pi}$
Hloubka řezu	$t = \frac{d - d_1}{2}$
Průřez třísky	$S = t \cdot s$
Posuv	$s = \frac{S}{t}$

Pro dosažení co možná nejlepšího poměru mezi šířkou odebírané vrstvy b a tloušťkou odebírané vrstvy h , musí být ve správném poměru posuv s a hloubka řezu t .

Doporučené hodnoty

pro drsnost R_a 12,5 (hrubováno): $s \approx \frac{1}{5} t \dots \frac{1}{10} t$

pro drsnost R_a 1,6 (jemné opracování): $s \approx \frac{1}{2} t \dots \frac{1}{4} t$

Noniusy na šroubech nástrojových suportů usnadňují přesné nastavení hloubky řezu t .

Optimální hodnoty řezných rychlostí a posuvů jsou uvedeny v tabulkách

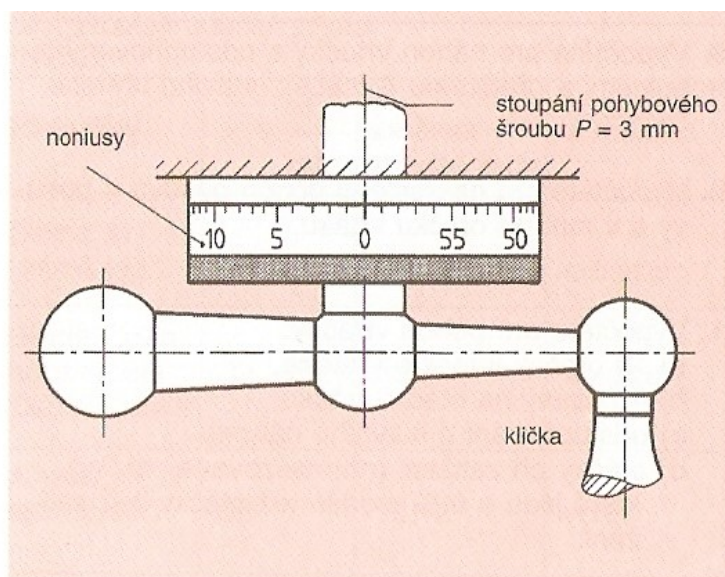
Význam zkratek:

SK..... nástroje s břitem z tvrdokovu

Keramika ... břity nástroje z oxidu keramiky

Ro nástroje z vysoce výkonné rychlořezné oceli

T životnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Příklad: Výťah z tabulek

	Hloubka řezu	Posuv	SKJ	SK s povla- kem	Kerami- ka	Ro T = 60 min
	t v mm	s v mm	v v m/min	v v m/min	v v m/min	v v m/min
třída obrábělnosti součásti 1	1	0,10	450			80
		0,16	420	470		60
		0,25	400	450		55
		0,40	380	420		45
	2	0,10	420			80
		0,16	390	440		60
		0,25	370	420		55
		0,40	350	390		45
	4	0,10	390			80
		0,16	370	410		60
		0,25	350	390		55
		0,40	330	370		45
třída obrábělnosti součásti 2	1	0,10	450			80
		0,16	440	450	700	60
		0,25	420	420	660	55
		0,40	400	390		45
	2	0,10	430			80
		0,16	410	420	650	60
		0,25	390	390	620	55
		0,40	370	360	590	45
	3	0,10	400			80
		0,16	380	390	610	60
		0,25	370	360	580	55
		0,40	350	340	560	45
třída obrábělnosti součásti 3	1	0,10	350			60
		0,16	320	350	550	50
		0,25	290	320	520	45
		0,40	260	280		35
	2	0,10	320			60
		0,16	300	320	520	50
		0,25	270	290	480	45
		0,40	240	260	460	35
	4	0,10	300			60
		0,16	280	300	480	50
		0,25	250	270	450	45
		0,40	230	240	430	35

Pracovní příklady – vzorová řešení

1. Tyč kruhová z oceli Ø 80 11 600 se má soustružit nožem z rychlořezné oceli na Ø 70: a) hloubku řezu t v mm, b) posuv s v mm, jestliže je pro soustruh dovolen při $v = 20$ m/min pro ocel 11 600 průřez třísky $S = 2,5$ mm².

Řešení:

$$a) t = \frac{d - d_1}{2a} = \frac{80 \text{ mm} - 70 \text{ mm}}{2} = 5 \text{ mm} = t$$

$$b) s = \frac{S}{t} = \frac{2,5 \text{ mm}^2}{5 \text{ mm}} = 0,5 \text{ mm} = s$$

2. Vodící šroub příčného posuvu soustruhu má stoupání $P = 5$ mm, nonius má 100 dílků.

Vypočtete:

a) posuv suportu t v mm, jestliže se pootočí kličkou příčného suportu o jeden dílek,

b) změnu průměru Δd v mm, která tímto vznikne,

c) průměr nonia, jestliže vzdálenost x mezi dílky má činit 2 mm.

Řešení:

a) 1 otáčka Δ posuv 5 mm

$$\frac{1}{100} \text{ otáčky } \Delta \frac{1}{100} \cdot \text{posuv } 5 \text{ mm}$$

$$t^1 = 0,05 \text{ mm}$$

$$b) \Delta d = d - d^1 = 2t^1 = 2 \cdot 0,05 \text{ mm} = 0,1 \text{ mm} = \Delta d$$

$$c) U = d \cdot \pi = 100 \cdot x = 100 \cdot 2 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$d = \frac{U}{\pi} = \frac{200 \text{ mm}}{\pi} = 63,7 \text{ mm} = d$$

Příklady:

1. – 7. Vypočtete chybějící hodnoty pro

následující soustružnické práce (vyznačeno otazníkem).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
d v mm	45	105	60	90	?	?	30
n v 1/min	180	60	?	?	190	190	?
v_c v m/min	?	?	22	22	24	60	120

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

8. – 9. Určete podle tabulek řeznou rychlost v pro následující soustružnické práce o drsnosti R_a 12,5 s nožem s břitem z SK a vypočítejte otáčky n podle dílenského vzorce $n = \frac{v}{3 \cdot d}$

	8.	9.	10.	11.	12.	13.
a) 11500	120	240	300	110	90	75
b) CuZn37	150	75	225	140	185	125
c) 422480	60	90	45	120	150	130
d) 11700	105	70	35	150	130	140
e) slit.Al-Mg	250	125	200	300	240	180
Materiál	Průměr v mm					

14. – 19. Určete podle údajů úloh v 8 – 13. řezné rychlosti pro soustružení o drsnosti R_a 1,6 s břitem z rychlořezné oceli a otáčky podle dílenského vzorce.

20. – 31. Soustružnické práce dle úloh 8. – 19. Mají být provedeny na soustruhu, který má následující rozsah otáček: 30, 38, 48, 60, 75, 95, 120, 150, 190, 240, 300, 380, 480, 600, 760, 950, 1200, 1500. Určete otáčky n^1 , které je zapotřebí nastavit, a vypočítejte skutečné řezné rychlosti v .

32. – 37. Vypočítejte chybějící hodnoty pro následující soustružnické práce:

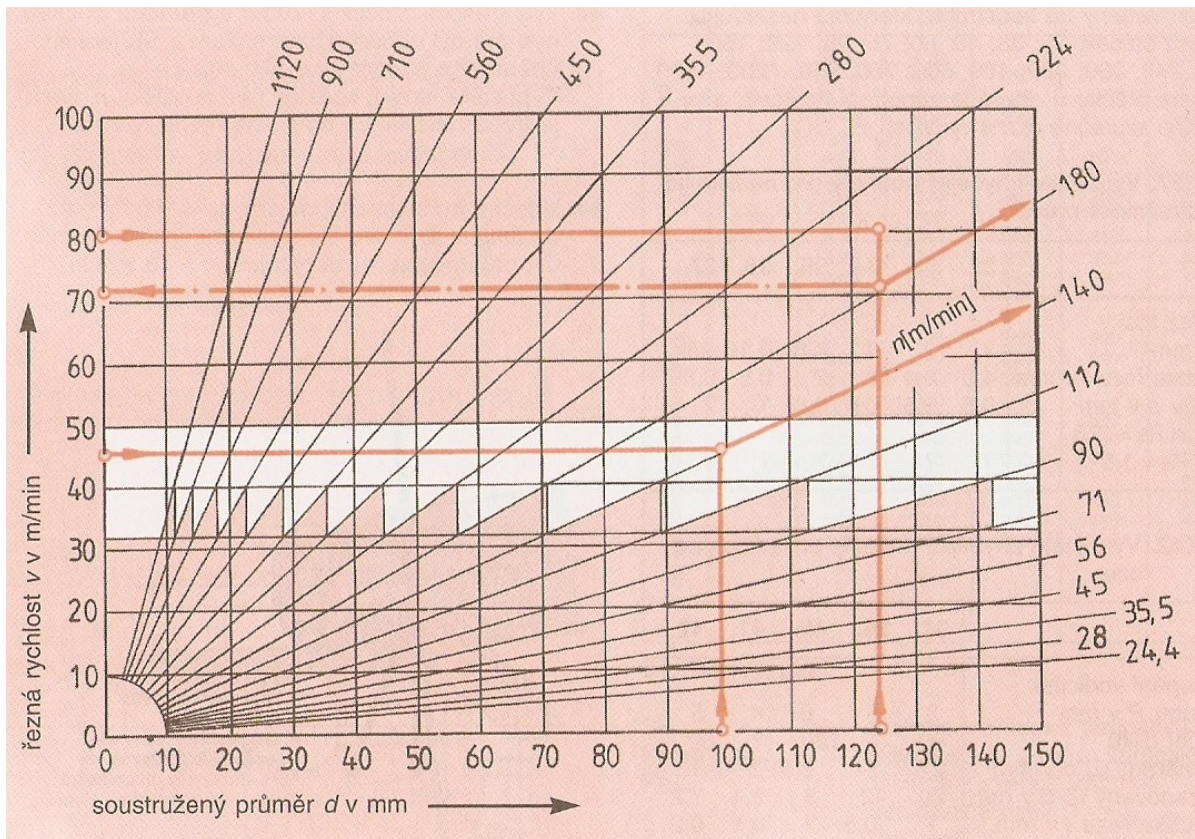
	32.	33.	34.	35.	36.	37.
Průřez třísky S v mm ²	?	?	3	4,8	0,16	0,08
Hloubka řezu t v mm	4,5	2,4	?	?	0,8	0,5
Posuv s v mm	0,5	0,3	0,6	0,8	?	?
Drsnost $R_a = 12,5$ nebo $R_a = 1,6$	?	?	?	?	?	?

38. – 42. Vypočítejte chybějící hodnoty pro přísuv do řezu:

	38.	39.	40.	41.	42.
Stoupání vodícího šroubu P v mm	3	5	6	4	5
Počet dílků	60	?	120	?	50
Naměřený $\varnothing d$ v mm	21	?	8,3	?	?
Požadovaný $\varnothing d$ v mm	20	42	8	9,4	7,2
Hloubka řezu t v mm	?	0,5	?	0,1	0,2
Přísuv v dílcích	?	10	?	2	?

43. Tyč kruhová z oceli 11 700.0 o průměru $d = 180$ má být osoustružena nožem z SK jedním úběrem na průměr $d^1 = 170$ mm. Vypočítejte hloubku řezu t v mm a otáčky n , které je třeba nastavit při dovolené řezné rychlosti $v = 120$ m/min.

„Paprskovité diagramy“ (diagram 1)



Použitím normogramů se stává zbytečným výpočet otáček. Z vodorovných přímků řezné rychlosti a svislých přímků pro průměr je vytvořena síť, do které se zakreslují přímkami pro otáčky. Z toho lze bezprostředně odečíst otáčky n , které je nutné nastavit, jestliže jsou známé průměr d a dovolená řezná rychlost v_c . Kromě toho lze pomocí normogramů určit následující hodnoty: v v mm/min, jestliže jsou známé d a n , a d v mm, jestliže jsou známé v .

Všechny přímkami pro otáčky vycházejí paprskovitě z nulového bodu. Spojíme-li z libovolné přímkami rychlosti (např. $v = 40$ m/min) vždy sousední paprsky pro otáčky svislými přímkami, vznikne „pilka“. Tato „pilka“ má vždy stejnou výšku zubu. Z toho poznáme, že odstupňování mezi všemi otáčkami je stejně velké.

„Paprskové diagramy“ jsou u soustruhů stále řidčeji aplikované, poněvadž přesnost odečítání není na všech místech stejná. Nejlepší výsledky obdržíme u přímků otáček, které jsou skloněny pod 45° .

Příklady:

1. Zad.: $d = 100$ mm, $v = 45$ m/min

Úkol: n v 1/min

Řešení:

Kolmice procházející S ($d = 100$) protíná vodorovnou přímkou procházející B ($v = 45$) v bodě C na přímce pro otáčky $n = 140$ /min.

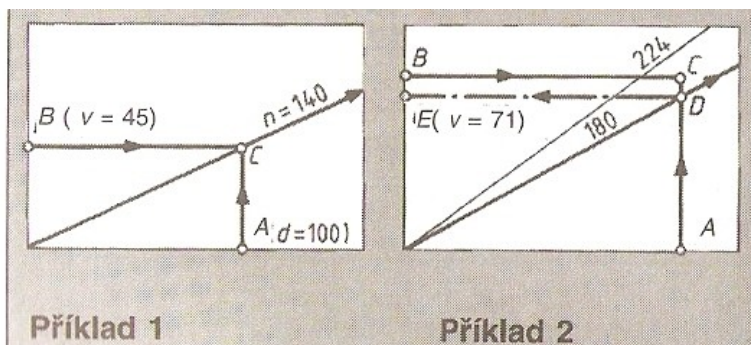
$n = 140$ /min

2. Zad.: $d = 125$ mm, $v_c = 80$ m/min

Úkol: n v 1/min, $v_c = v$ m/min

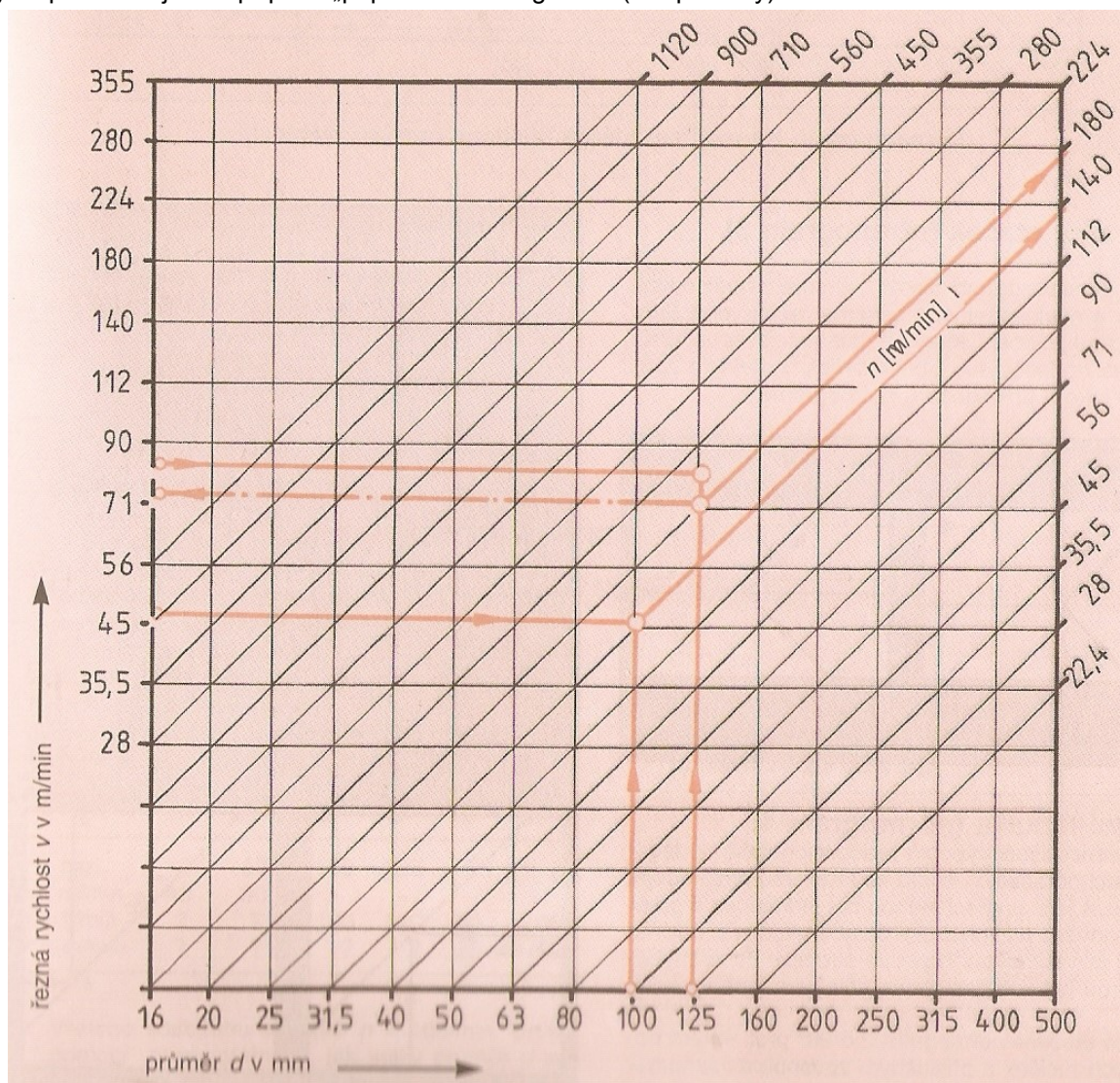
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Řešení: Kolmice procházející S ($d = 125$) protíná vodorovnou přímku procházející B ($v = 80$) v bodě C mezi přímkami otáček 180 až 224. Zvoleny jsou menší otáčky $n = 180/\text{min}$, poněvadž dovolená řezná rychlost nesmí být překročena (bod D). Skutečná řezná rychlost (bod E) je pak $v = 71 \text{ m/min}$.



Normogramy s logaritmickým dělením (diagram 2)

Všechny přímky pro otáčky protínají rovnoběžně vedle sebe a pod úhlem 45° . Správné odstupňování poznáme podle konstantní vzdálenosti mezi přímkami pro otáčky. Hledané hodnoty jsou určovány stejným způsobem jako v případě „paprskového diagramu“ (viz. příklady).



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pokud jsou v normogramu uvedeny pouze řezné rychlosti a průměry, které jsou vhodné pro daný rozsah otáček, může být okamžitě zvolena menší řezná rychlost v_c na normogramu. Příklad 2 je pak řešen stejně jako příklad 1.

Normogramy 1 a 2 mohou být libovolně rozšířeny směrem nahoru a doprava.

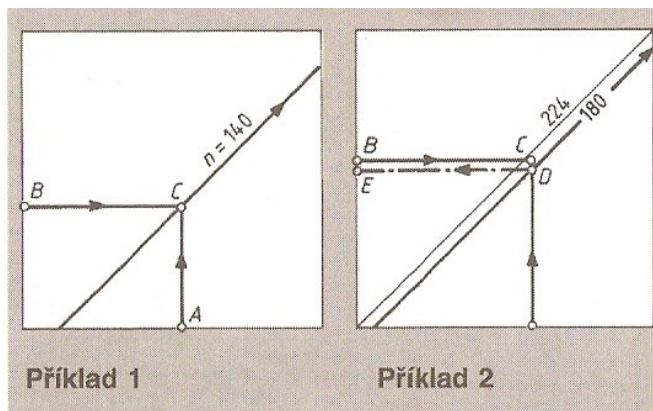
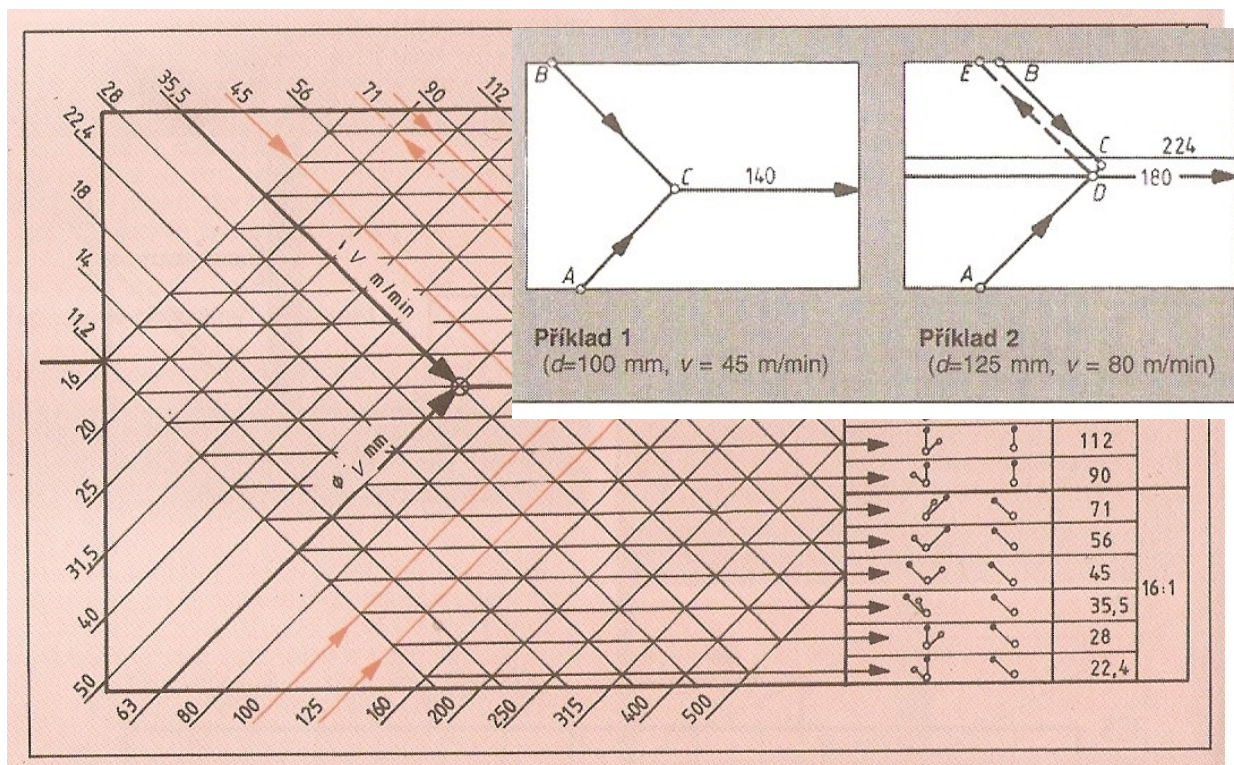


Diagram otáček (nomogram 3)



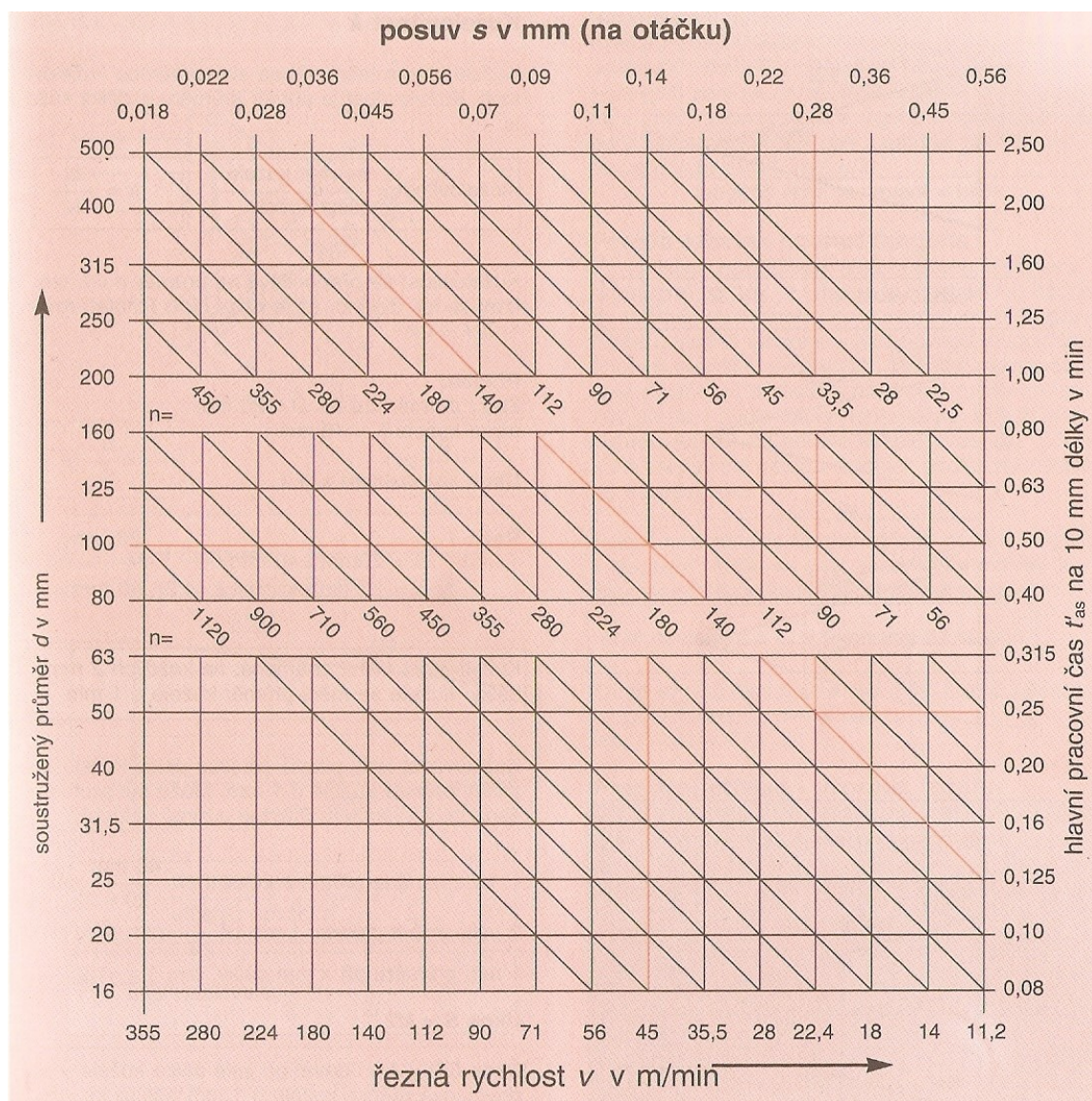
Otočíme-li normogram 2 o 45° ve směru hodinových ručiček a doplníme-li jej o schéma řazení, obdržíme normogram otáček, který již známe ze soustruhů. Hledané hodnoty jsou opět odečítány stejným způsobem jako v příkladech u normogramu 2.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Strojní tabulka (normogram 4)

Pro zjednodušení výpočtů pracovních časů dodávají výrobci obráběcích strojů ke každému stroji tabulku, s jejíž pomocí mohou být jednoduše a přesně stanoveny hlavní strojní časy. Pokud tyto normogramy pro stanovení hlavních strojních časů chybějí, mohou být také kvalifikovaným dělníkem vytvořeny.

Jestliže otočíme normogram 2 o 90° proti směru hodinových ručiček a příslušným způsobem zaznameneáme posuvy, které jsou u soustruhu k dispozici, obdržíme strojní tabulku pro stanovení hlavního pracovního času t_{as} pro délku soustružení 10 mm.



Příklad k normogramu 4:

U hřídele z příkladu 1 ($d = 100$ mm, $v = 45$ m/min) h je soustružená délka $L = 350$ mm a tato se má soustružit posuvem $s = 0,28$ mm.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Určete podle normogramu 4

a) otáčky n

b) hlavní pracovní čas t_{as} .

Řešení:

a) Otáčky n se stanoví stejně jako v příkladu 1:

$$n = 140/\text{min}$$

b) Kolmice procházející A (přímka pro posuv $s = 0,28$) protíná přímku pro otáčky $n = 140$ v bodě B.

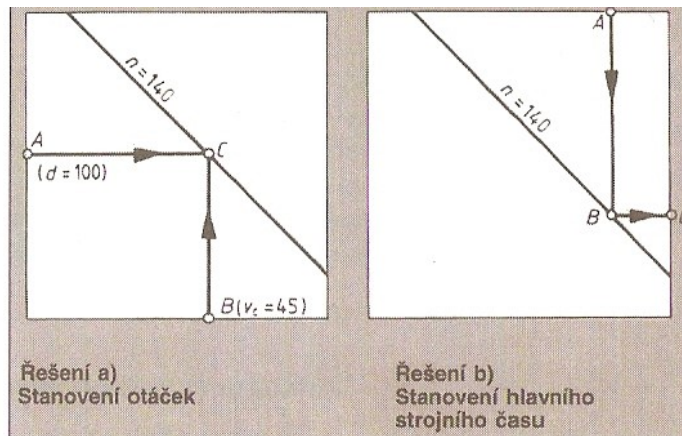
Vodorovná přímka procházející B je přímka hlavního pracovního času $t_{as} = 0,25$ min (bod C). Na délku soustružení 10 mm je tedy zapotřebí 0,25 minut. Na délku soustružení 350 mm je pak tedy zapotřebí $35 \cdot 0,25 = 8,75$ min.

$$t_{as} = 8,75 \text{ min}$$

Úlohy:

1. – 6. Určete chybějící hodnoty:

- a) pomocí normogramu 1, b) pomocí normogramu 2, c) pomocí normogramu 3, d) tyto porovnejte



	1.	2.	3.	4.	5.	6.
d v mm	50	80	100	125	?	?
v v m/min	40	30	-	-	-	-
n v 1/min	?	?	180	140	90	280
v' v m/min	?	?	?	?	28	45

7. Vřeteno soustruhu se otáčí $n = 180/\text{min}$. Určete pomocí normogramu 3, jak velký průměr d smí být ještě obráběn, jestliže nemá být překročena $v = 30$ m/min.

8. – 13. Určete podle normogramu 4:

a) otáčky n

b) hlavní strojní časy t_{as} .

c) Proč se mohou výsledky od sebe lišit?

	8.	9.	10.	11.	12.	13.
d v mm	50	80	63	70	90	70
L v mm	280	150	80	320	190	550
v v m/min	28	18	45	30	18	120
s v mm	0,36	0,22	0,14	0,09	0,56	0,45
i	1	1	2	3	5	3

3 Požadavky na soustružnické nástroje – materiály, výroba, tepelné zpracování a ostření

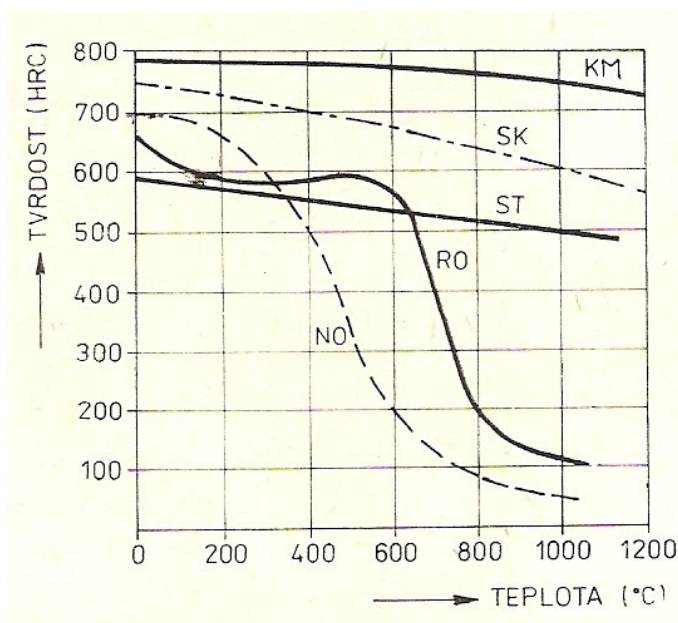
Soustružnické nože se vyrábějí z řezných materiálů.

Nelegované nástrojové oceli začínají ztrácet své řezné schopnosti při teplotě (200 až 300) °C.

Legované nástrojové oceli si zachovávají řezné schopnosti od teploty (250 až 300) °C. Tvrdost těchto řezných materiálů bývá (62 až 65) HRC. Maximální pracovní teplota je 300 °C.

Rychlořezné nástrojové oceli si ponechávají svoje řezné schopnosti do (550 až 600) °C. Mohou pracovat při vysokých řezných rychlostech.

Z grafu lze vysledovat posunutí hranice teploty, které odolává řezný materiál.



Závislost tvrdosti řezných materiálů na teplotě

NO – nástrojová nelegovaná ocel,
RO – nástrojová rychlořezná ocel,
ST – stelit,
SK – slinuté karbidy,
KM – keramické materiály

V poslední století se zvýšily řezné rychlosti víc než dvěstěkrát. Zároveň s tímto vývojem se musely zdokonalovat i soustruhy.

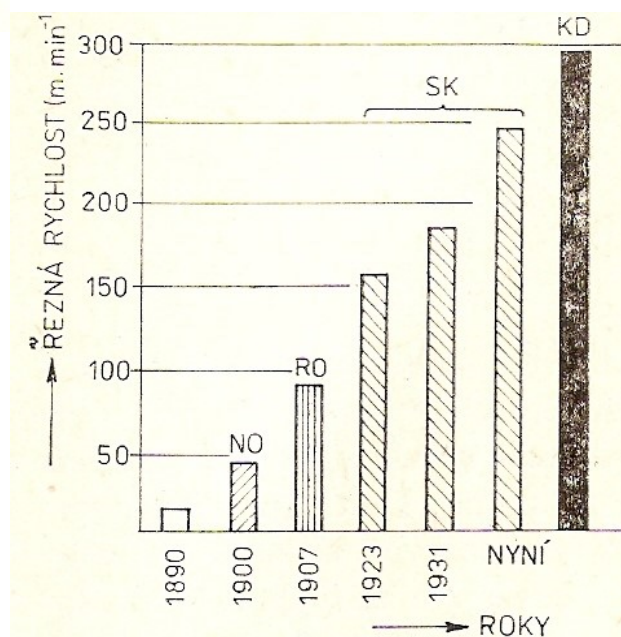
Volba nejvhodnější rychlořezné nástrojové oceli (RO) závisí především na:

- druhu a typu nástroje,
- zařízení pro tepelné zpracování,
- obrobiteľnosti materiálu,
- charakteru operace obrábění.

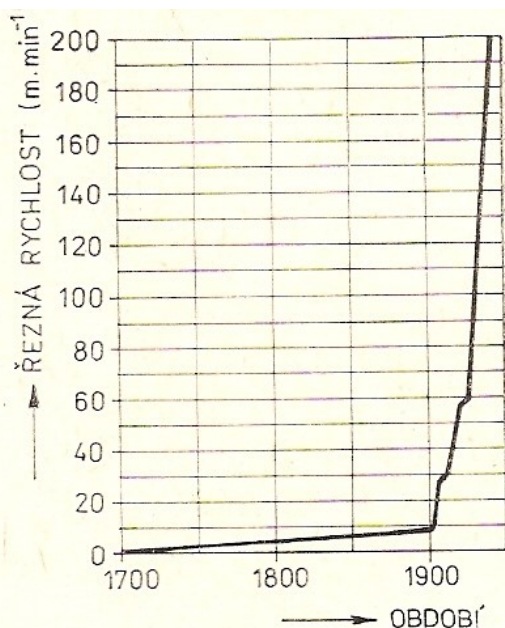
K těmto faktorům patří obrobiteľnost volené rychlořezné oceli a její cena, zvláště důležité při velkosériové výrobě nástrojů.

Vývoj řezných rychlostí (porovnání při obrábění oceli o pevnosti 600 MPa)

NO – nástrojová nelegovaná ocel, **RO** – nástrojová rychlořezná ocel, **SK** – slinuté karbidy, **KM** – keramické materiály



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Vývoj řezných rychlostí

3.1 Nože z rychlořezné nástrojové oceli

Závody na výrobu nástrojů z RO dodávají nástrojový materiál v tyčích čtvercového, obdélníkového, kruhového nebo jiného průřezu. Na každém polotovaru se vyznačí:

- původ (označení výrobce),
- příslušná ČSN,
- materiál (označení podle ČSN).

Například materiál na nože používané na soustruzích, automatech, revolverových a vyvrtávacích zařízeních je výkonná rychlořezná ocel, např. 19 810, 19 829, 19 830 apod.

Rychlořezné oceli komplexně legované Mo-W-V-CO patří mezi vysokovýkonné, vyznačují se vysokou tvrdostí za tepla, odolností proti popouštění při dobré

houževnatosti a odolností proti opotřebení. Rychlořezné nástrojové oceli lze rozdělit podle výkonnosti:

1. skupina – vysokovýkonné,
2. skupina – výkonné,
3. skupina – pro běžné výkony.

Po výběru určitého druhu nástrojového materiálu na výrobu soustružnického nože se z tyče odsekne potřebný kus tak, že se tyč na příslušném místě ohřeje do červeného žáru, nasekne se dokola sekáčem a nechá se vychladnout. Potom se odlomí naseknutý kus úderem kladiva. Na jednom konci takto připravené nožové tyče potřebné délky se zhotoví řezná část nástroje tak, že se nejprve za tepla vykuje a vybrousí se do správného rozměru. Lze ji vybrousit i bez předkování. Nakonec se zakalí, aby měla potřebnou tvrdost a přebrousí se do správného výsledného tvaru.

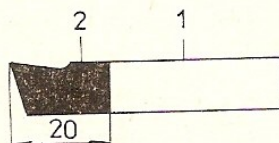
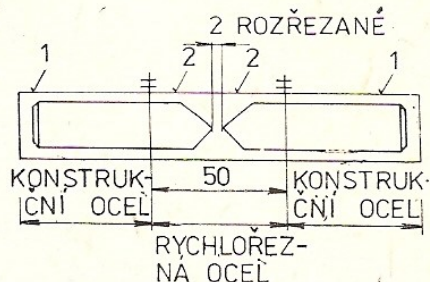
Nože z RO se popouštějí na teplotu asi (570 až 600) °C, nejlépe v olověné nebo solné lázni, popř. v elektrické popouštěcí peci. Nůž se nejprve ohřeje ohněm na teplotu 300 °C a potom se vloží do popouštěcí lázně vyhřáté na potřebnou popouštěcí teplotu kontrolovanou pyrometrem. Ohřívá-li se nůž zároveň s lázní, není třeba ho předehtřívát ohněm. Nože se musí nechat několik minut v ohni, podle velikosti průřezu. Potom se nechají volně vychladnout na vzduchu. Rychlým ochlazením mohou v nich vzniknout opět vnitřní napětí.

Po zakalení a popouštění je třeba nůž přebrousit do správného tvaru, aby se odstranila povrchová poškozená vrstva, která u nožů z RO bývá až 1 mm.

K dosažení vysoké povrchové tvrdosti nástrojů z RO se používá nitridační proces. Například soustružnický nůž správně zakalený, popouštěný a vybroušený se ještě ponoří do rozehtáté nitridační soli při teplotě asi (500 až 600) °C na ½ až 3 hodiny. Tím dosahuje jeho povrch značné tvrdosti a jeho životnost několikanásobně vzroste.

Nože z RO se dříve vyráběly pouze z tyče z RO. Kování bylo pracné, nákladné a málo pevné. Nyní se těleso nože vyrábí z konstrukční oceli pevnosti (600 až 700) MPa a k němu se připevňuje řezná

destička z RO. Pro ušetření drahé RO, se mohou části RO natupo navařovat na těleso nože z konstrukční oceli. Jenom řezné klíny nožů složitějších tvarů (např. ohnuté nože) se vykují z jednoho kusu. Stejně se vyrábějí nože malého průřezu a nože, při jejichž výrobě se zcela využije materiál.



a

Navaření nástrojové rychlořezné oceli na těleso

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

nože z konstrukční oceli

a) *hotový nůž*

1 – konstrukční ocel, 2 – nástrojová rychlořezná ocel

Soustružnické nože z RO jsou normalizovány. Jejich přehled je v ČSN 22 3500.

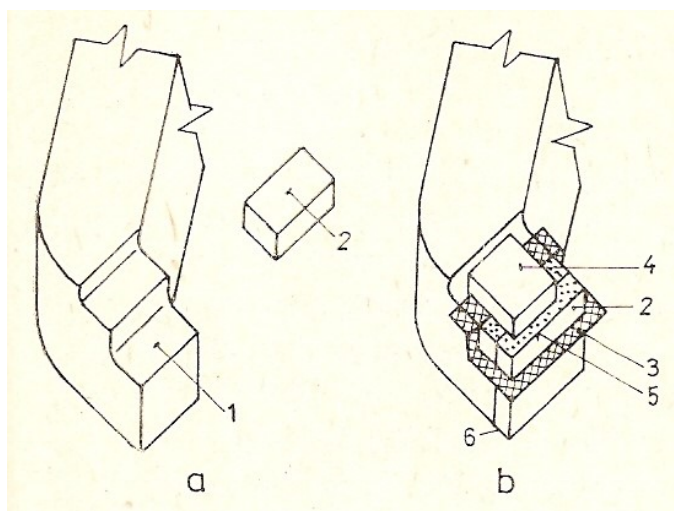
3.2 Nože ze slinutých karbidů

Nože ze slinutých karbidů (SK) se nedají kovat, nevyžadují tepelné zpracování (nedají se kalit) a potřebný tvar získávají jenom broušením.

Ze slinutých karbidů se vyrábějí pouze řezné destičky, které se na těleso nože z konstrukční oceli většinou připojují elektrolytickou mědí nebo mosaznými pájkami s obsahem niklu, manganu apod. nebo se mechanicky upevní. Destičky se dodávají hotové v potřebných tvarech podle ČSN.

Na všech nožích z válcovaného materiálu a nožích kovaných ze čtvercového nebo obdélníkového průřezu musí být dosedací plocha tělesa obrobená (ČSN 22 3701). Pro zúžení tělesa v ohybech po kování a zaoblení hran se dovozuje nejvíce o 20 % neobrobené dosedací plochy.

Nože s připájenými řeznými destičkami ze SK



Řezné destičky se pájejí na tvrdo na náležitě připravené násadě držáku z nelegované oceli.

Rovnoměrného připájení a zmírnění následků nestejně tepelné roztažnosti řezné destičky a tělesa nože se dosáhne tím, že se

Nůž s připájenou řeznou destičkou

a) *těleso nože a řezná destička před připájením,*

b) *hotový nůž*

1 – těleso nože, 2 – řezná destička, 3 – vyrovnávací vložka, 4 – pájka, 5 – bronz, 6 – drátek

mezi obě tělesa vkládá vyrovnávací vložka z měkké oceli 3 především při větších řezných

destičkách.

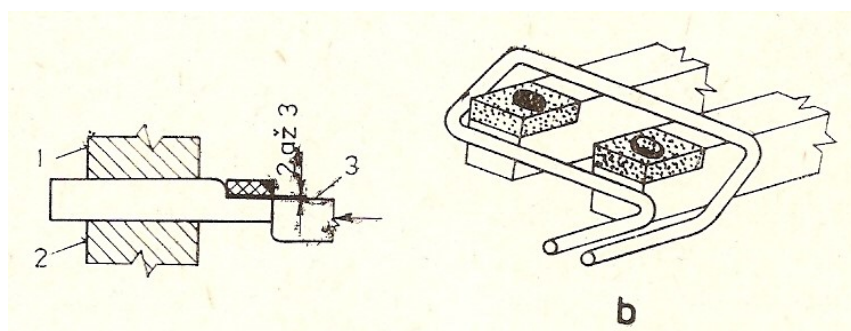
K pájení lze použít elektrické odporové svářečky. Nevýhodou spojení pájkami je jednak jejich velká spotřeba a nutnost obrobení vytečeného materiálu, jednak málo plastické spojení. Tyto nedostatky je možno odstranit novou technologií pájení, při níž se používá pájka ve formě tabletek. Tabletka obsahuje pájku a tavivo smíchané v poměru 3 : 1. Ohřívá se v elektrické nebo plynové peci. Lepšího spojení se dosáhne indukčním ohřevem.

Připájení řezné destičky k tělesu nože

a) *elektrickým odporem*

1, 2 – čelisti, 3- elektroda

b) *indukčně*



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Nože s mechanicky upnutými řeznými destičkami ze SK

Upevňování řezných destiček mechanickým upínáním má odstranit nedostatky pájení. Aby měly nože požadované vlastnosti, je třeba splnit tyto podmínky:

- nože s minimálním počtem částí se musí jednoduše vyrábět,
- poškodí-li zlomená řezná destička držák nože, jeho oprava musí být jednoduchá,
- nože musí zajišťovat dobrý odvod ocelových třísek,
- řezné destičky musí mít minimální přídavek na ostření,
- konstrukce držáku musí zabezpečovat nastavitelnost destičky.

Příklady mechanického přidržování řezné destičky ze SK

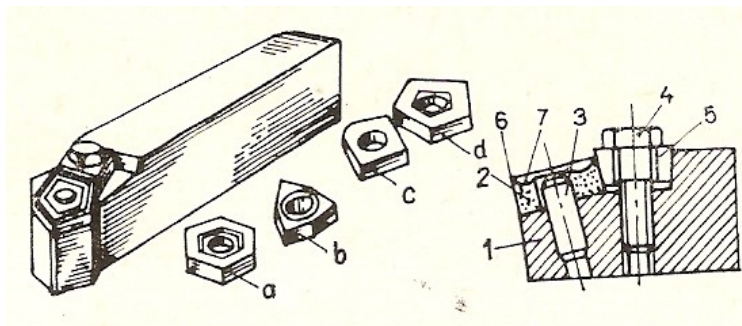
Nože s mechanickým upnutím destiček mají vyměnitelné destičky, u nichž se používají všechny jejich hrany, a po otupení se vyřadí a neostří se.

Nástroj má držák 1 se zalisovaným kolíkem 3, vyměnitelnou řeznou destičkou 2 s různým počtem řezných hran, která se volně nasouvá na kolík o vůli (0,2 až 0,3) mm, šrouby 4 a klín 5. Destička se upevňuje zaklínováním mezi válcovou plochu kolíku 3 a zadní stěnu držáku klínem 5 a šrouby 4. Bez zřetele na její mechanické upnutí se destička těsně stýká s potřebnými opěrnými plochami.

Destička má odlehčení 7 zajišťující kladný úhel čela a zpevňovací fasetku 6 o šířce (0,2 až 0,3) mm. Úhly hřbetu zabezpečuje plocha destičky v lůžku držáku.

Nástroj s trojhrannou destičkou lze použít jako vnější boční soustružnický nůž s úhlem nastavení řezné hrany 90°. Tento způsob upnutí je velmi rozšířený, hlavně pro jednoduchost tělesa nástroje, odstranění ostření a snížení nákladů na nástroje.

Nástroj s klínovou výměnou vložkou SK a regulovatelným lamačem třísky umožňuje soustružníkovi rychle vyměnit vložku.



**Mechanicky upnutá destička z SK
a) až d) různé tvary destiček (popř.
řezných hran)**

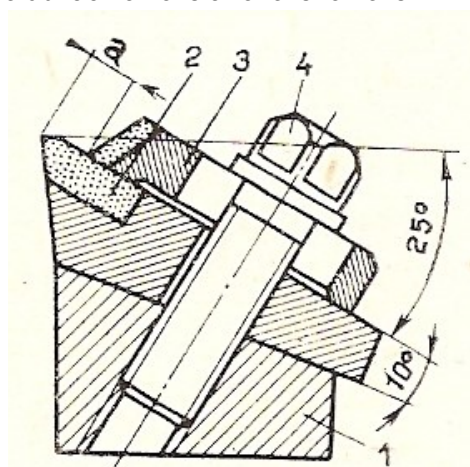
1 – držák, 2 – řezná destička, 3 – kolík,
4 – šroub, 5 – klín, 6 – fasetka, 7 –
odlehčení

Nástroj se skládá z držáku 1, výměnné řezné destičky 2, lamače třísky 3 a šroubu 4. Šířku schůdku a lze regulovat přemísťováním lamače třísky.

Jeden z možných vyráběných typů základního tvaru nože:

- s vyměnitelnými destičkami s dírou používané u stranových a ohnutých ubíráků,
- s vyměnitelnými řeznými destičkami bez díry, které lze vyrobit ve tvaru přímého ubíracího nože, ohnutého ubíracího nože se čtvercovou destičkou, stranového ubíracího nože a rohového nože s trojúhelníkovou destičkou. Výhodně se používají v automatizované výrobě.

Řezné destičky mají při upnutí v tělese nože úhel čela 9° se zápornou fasetkou 6°, šířkou asi 0,3 mm. Úhel hřbetu je 6°.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Nástroj s klínovou výměnnou vložkou z SK

a nastavitelným lamačem třísky

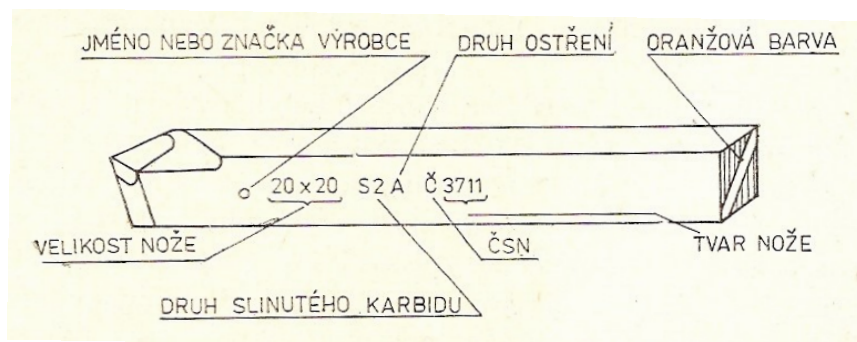
1 – držák, 2 – výměnná destička, 3 – lamač třísky,

4 – šroub,

a) šířka schůdku

Na nožích s řeznou destičkou ze SK se uvádí:

- označení výrobce,
- číslo příslušné normy ČSN,
- velikost nože $h \times b$ nebo d ,
- druh SK řezné destičky podle ČSN,
- označení Mezinárodní normalizační organizace ISO.

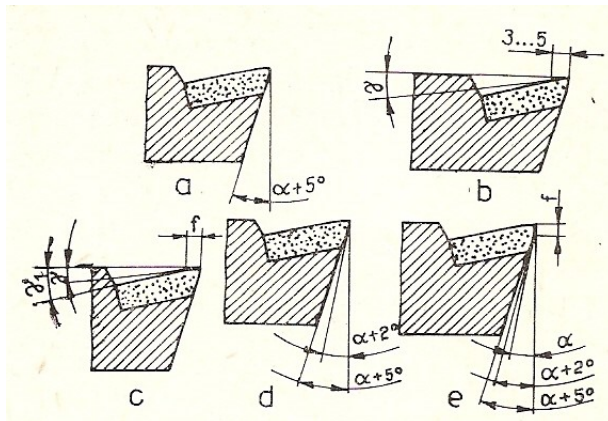


Značení nožů z SK
podle ČSN

Příklad ostření vnějších
ubíracích nožů a kontrola

jejich naostření

Pracoviště musí být vybaveno: vnějšími ohnutými ubíracími noži, šablonami nebo univerzálními úhlooměry na kontrolu úhlů na noži, jemnozrnným obtahovacím kamenem ze zeleného karbidu křemíku a ochrannými brylemi.



Ostření a kontrola naostření vnějšího ubíracího nože

a) až e) fáze ostření

Při pracovním postupu je nutno:

1. Zkontrolovat technický stav nástrojařských brusek.
2. Dodržovat zásady bezpečné práce.
3. Naostřit vnější pravý ohnutý ubírací soustružnický nůž s destičkou ze SK na hřbetu.
4. Zkontrolovat hodnotu úhlu hřbetu
 - úhloměrem, - speciální šablonou.
5. Obrousit plochu vedlejšího hřbetu.
6. Zkontrolovat hodnoty úhlů: úhlu hřbetu vedlejší řezné hrany a úhlu mezi hlavní a vedlejší plochou hřbetu.
7. Nabrousit úhel čela.
8. Zkontrolovat úhel čela úhlem řezného klínu, např. úhel čela $\gamma = 6^\circ$, úhel hřbetu $\alpha = 8^\circ$, úhel řezného klínu (řezu) $\beta 90^\circ - (\gamma + \alpha_2) = 90^\circ - (6^\circ + 13^\circ) = 71^\circ$, kde $\alpha_2 = \alpha + 5^\circ = 13^\circ$,
 - úhloměrem, - šablonou.
9. Vytvořit plynulý oblý přechod mezi hlavní a vedlejší řeznou hranou.
10. Na čele nástroje zbrousit fasetku.
11. Dodržet úhel sklonu hlavní řezné hrany vzhledem ke hrotu nástroje.
12. Dokončit řezné hrany a hrot nástroje.
13. Dokončit ostření předběžně naostřeného nástroje ze SK.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

14. Kvalitu naostření zkontrolovat etalonovými nástroji.

15. Opravy dokončovacího ostření provést na brousících kotoučích z kubického nitridu boru.

Směrnice pro ostření uvádí tabulka, ve které vyšší čísla označují lepší vlastnosti.

Řezný materiál	Pevnost (houžev- natost)	Stálost při vyš- ších teplo- tách	Tepelná vodivost	Odolnost proti brousící- mu účinku	Cena, surovi- nová základna
nástrojová ocel	4	1	3	3	4
rychlořezná ocel	4	3	3	3	3
slinutý karbid	3	4	4	4	2
slinutý korund	1	5	2	2	5

3.3 Povlakované slinuté karbidy

Široký sortiment vyráběných druhů SK dokazuje, že ideální SK zatím neexistuje. Vysoké tvrdosti nelze dosáhnout současně s vysokou houževnatostí a pevností v ohybu, vysokou odolnost proti tepelnému namáhání s vysokou odolností proti tepelným nárazům apod. Určitým řešením těchto problémů, vyplývajících z protichůdně působících vlastností, je povlakování destiček ze SK. Vyměnitelné destičky SK mají jen povlaky titánkarbidu, titánnitridu a oxidu hlinitého, popř. jejich kombinací. Takto upravené destičky mají univerzální použití.

Povlakované destičky vynikají

- vysokou odolností proti otěru při nízkých i vysokých teplotách řezání,
- vysokou chemickou stálostí zabraňující oxidaci a chemickodifúzním jevům,
- menší náchylností na tvoření nárustků,
- malým součinitelem tření.

Pevnost řezné hrany povlakovaných destiček vyžaduje zaoblení radiusem $R_n = (0,03 \text{ až } 0,05) \text{ mm}$. Doporučují se používat při soustružení oceli, ocelí na odlitky a temperovaných litin.

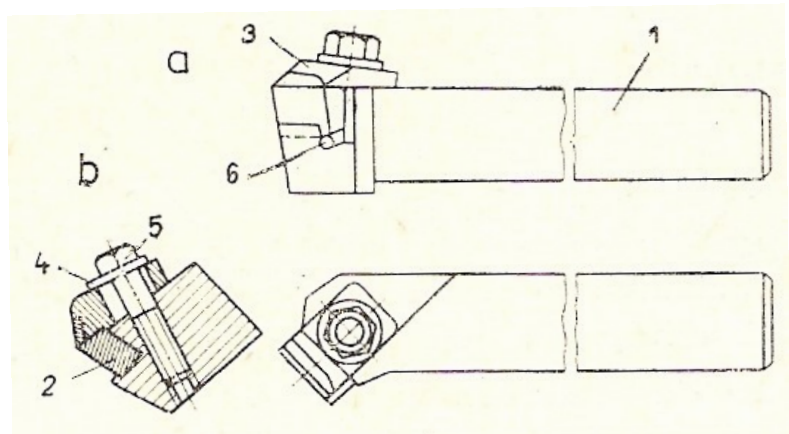
3.4 Keramické řezné materiály

Keramické materiály jsou přirozeně tvrdé materiály na bázi oxidů vyrobené spékáním nebo lisováním.

Jejich předností je vysoká odolnost proti opotřebení, která je výsledkem vysoké trvanlivosti za tepla, odolností proti oxidaci a difúzním jevům. Tyto vlastnosti umožňují pracovat s vysokými řeznými rychlostmi, převyšujícími hodnoty obvyklé při SK. Při obrábění ocelí mají malý sklon k adhezi a tvorbě nárustků.

Na obrázku je mechanicky upnutá keramická destička, umístěná ve vertikální poloze. Vsouvá se do otevřené drážky držáku 1 na doraz 6 a upevňuje se společně s lamačem třísky 3 maticí 5 a podložkou 4. Upíná se na vnější ubírací nůž.

Mechanicky upnutá keramická řezná destička



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

a) nástroj s destičkou, b) řeznou částí**1 – držák, 2 – řezná destička, 3 – lamač třísky, 4 – podložka, 5 – šroub, 6 - doraz**

Keramické řezné destičky se používají na obrábění oceli a bílé litiny s malými a středními průřezy třísek. Větší průřez třísek lze volit u materiálů s nízkými specifickými řeznými odpory, např. u plastů. Na přerušovaný řez se nehodí, jsou příliš křehké.

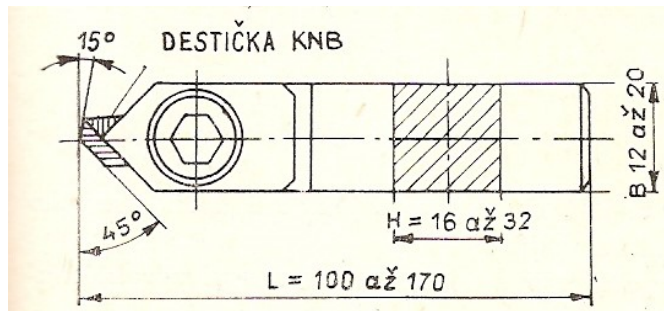
Řezné destičky jsou vyměnitelné a nasazují se do držáků. Vysoký výkon keramických řezných destiček je podmíněn dobrým naostřením řezných hran a rovností dosedacích ploch. Destičky ostří výrobce.

3.5 Velmi tvrdé nástrojové materiály**Syntetický polokrystalický diamant.**

Stavbou, tvrdostí, tepelnou stabilitou, tepelnou vodivostí a specifickými hmotnostmi se syntetický diamant neliší od přírodních diamantů. Vysoká tvrdost, tj. (8 600 až 10 000) HV, a vyhovující pevnost zajišťují vysokou řezivost. Vzhledem k poměrně nízké teplotě oxidace, tj. (700 až 800) °C, není vhodný k obrábění materiálů, kde je vystaven vysokým teplotám řezání (oceli, žáruvzdorné slitiny apod.). Doporučuje se k obrábění abrazivních materiálů (slitin hliníku a křemíku, sklolaminátových materiálů, keramických materiálů apod.).

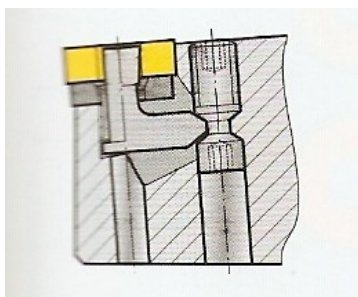
Kubický nitrid boru (KNB)

Vysoká tvrdost, tj. (8 000 až 10 000) HV, poměrně vysoká teplota oxidace, tj. (1 500 až 1 600) °C, a v porovnání s diamantem i vyšší houževnatost zajišťují vysokou řezivost. Proto se používá na dokončovací obrábění tepelně zpracovaných vysokolegovaných ocelí a slitin. V porovnání se slinutými karbidy umožňuje až čtyřnásobné zvýšení řezných rychlostí.

**Nožový držák s destičkou KNB****3.6 Volba držáků s ohledem na způsob upnutí (příklad)**

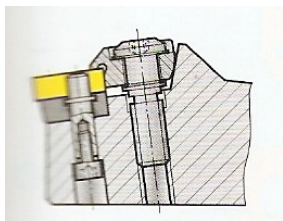
Nabídka firmy Pramet Tools obsahuje nožové držáky, stavitelné držáky, karuselové hlavice pro vnější soustružení podélné, čelní i kopírovací a také samozřejmě pro soustružení vnitřní.

Nové držáky se rozdělují podle systému upnutí VBD do šesti skupin, které jsou schematicky znázorněny na obrázcích.

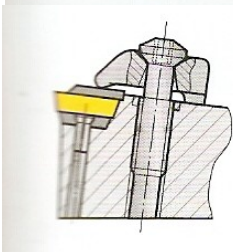


ISO P – Tento systém slouží k upínání negativních destiček s válcovým otvorem a to jak s utvářeči tak bez nich. Upnutí destičky je realizováno úhlovou pákou, která po dotažení šroubu dotlačí destičku do lůžka v držáku. Držáky s tímto systémem upnutí VBD zajišťují spolehlivé a přesné upnutí VBD. Jejich nejvýhodnější a také nejčastější použití je pro vnější soustružnické operace a to jak dokončovací tak i hrubovací. Alternativně se tento způsob upínání používá i pro držáky určené pro vnitřní soustružení otvorů větších průměrů.

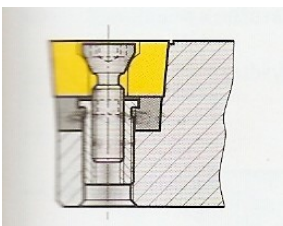
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



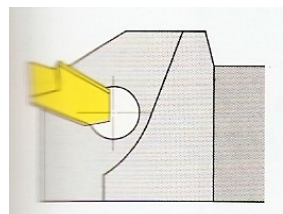
ISO M – Tímto způsobem se upínají VBD stejného typu jako u systému ISO P. V tomto případě je destička nasazena na pevný čep, k němuž je dotlačena upínkou, která současně fixuje břitovou destičku i shora. Tento typ upínání je vhodný zejména pro držáky, u nichž se dá předpokládat zvýšené dynamické namáhání. Tyto držáky se používají takřka výhradně pro vnitřní soustružení.



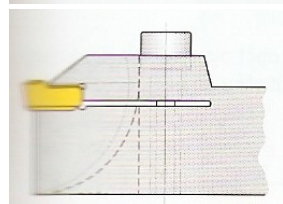
ISO C – Tento systém slouží k upínání negativních i pozitivních destiček bez otvoru a to jak s utvařeči (předlisované, vybrušované a příložné) tak bez nich. Destička je v lůžku nožového držáku stabilizována upínkou dotahovanou šroubem, pod níž se u některých typů destiček vkládá ještě příložný utvařeč. Držáky s tímto systémem upínání jsou používány pro obrábění vnějších i vnitřních ploch. Systém upínání C ztrácí v současné době svůj význam. Zejména u nástrojů pro vnitřní soustružení je s výhodou nahrazován systémem S.



ISO S – S tímto systémem upínání se setkáváme zejména u nožů menších průřezů těles, určených pro vnější i vnitřní soustružení (vyvrtávání). Upnutí je v tomto případě realizováno speciálním šroubem, procházejícím kuželovým otvorem destičky. Dotažením tohoto šroubu je destička fixována v lůžku nožového držáku. Toto řešení je výhodné zejména v tom, že zde není žádná překážka pro odchod třísky.



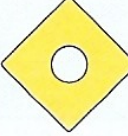
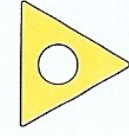
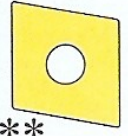
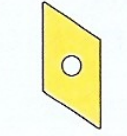
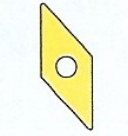
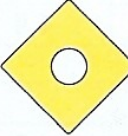
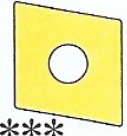
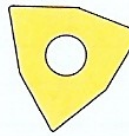
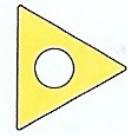
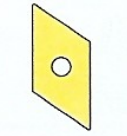
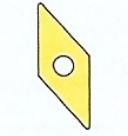
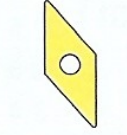
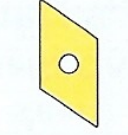
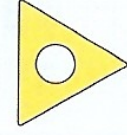
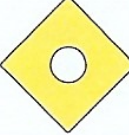
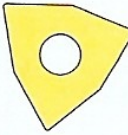
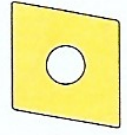
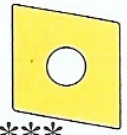
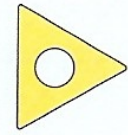
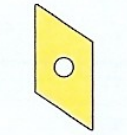
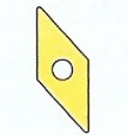
ISO X – Pod tímto označením se setkáváme s noži s tzv. speciálním systémem upnutí (tzn. je odlišný u jednotlivých výrobců a dodavatelů nářadí). V našem případě jsou pod tímto označením uvedeny nožové držáky, které realizují upnutí destičky řeznou silou do samostatného lůžka. Tento typ upínání se používá pro nástroje určené pro upichování a zapichování.



ISO G – Tento systém upínání se používá u nožů pro soustružení zápichů a u nožů pro kopírovací soustružení (systém CTP). Destička je do lůžka držáku dotlačována upínkou shora. Dosedací plocha v držáku, v upínce i v destičce je profilována tak, aby se zabránilo vyvrácení destičky posuvovou složkou řezné síly.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Základní tvary břitových destiček od firmy Pramet Tools

Kritérium volby	Priorita volby						
	1	2	3	4	5	6	7
Počet využitelných břitů	 *				 **		
Stabilita při přerušovaném řezu	 *		 ***				
Přístup k opěrnému kuželu							
Odolnost vůči plastické deformaci	 *		 ***				

* závisí na hloubce řezu a_p
 ** v případě, že máme možnost využít jak "ostrý" tak "tupý" roh posouvá se na pozici druhé volby
 *** v případě, že používáme "tupý roh" přesouvá se na první až druhou pozici

Kontrolní otázky

1. Na obrábění rozličných materiálů nelze použít jakýkoli druh slinutých karbidů. Co ovlivňuje jejich použití a volbu?
2. Vysvětlete, jak lze ušetřit rychlořeznou nástrojovou ocel při výrobě soustružnických nožů.
3. Jak lze upevňovat řezné destičky v držácích soustružnických nožů? Zdůvodněte výhody a nevýhody jednotlivých způsobů upínání.
4. Vysvětlete, jaké nevýhody mají nože s připájenou řeznou destičkou. Jaké výhody má povlakování destiček ze slinutých karbidů?

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4 Soustružení kuželů

Kuželovitost k

Kužele jsou rotační díly se stejnou kuželovitou. Kuželovitost je poměr průměru a délky kužele.

$$\text{kuželovitost} = \frac{\text{průměr kužele}}{\text{délka kužele}} \quad k = \frac{D}{l_1}$$

Kuželovitost se přepočítává na průměr $d = 1$, tzn. krátí se tak dlouho, až je první číslo (čitatel) roven 1: $D : 1 = 1 : x$

Příklad:

Zadání: průměr kužele $D = 20 \text{ mm}$
délka kužele $l_1 = 40 \text{ mm}$

Úkol: kuželovitost $k = 1 : x$

Řešení: $1 : x = D : l_1$
 $1 : x = 20 \text{ mm} : 40 \text{ mm}$
 $1 : x = 1 : 2$ (kuželovitost $k = 1 : 2$)

$$/ \quad \frac{20 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = \frac{1}{2} /$$

Kuželovitost $k = 1 : 2$ znamená: na každých 2 mm délky kužele se mění průměr kužele o 1 mm

Kuželovitost tedy udává, při jaké délce kužele x se změní průměr kužele o 1 mm. Může být proto určena také výpočtem (postup o dvou větách):

1. věta: změna průměru 20 mm při $\frac{40 \text{ mm}}{20}$ délce

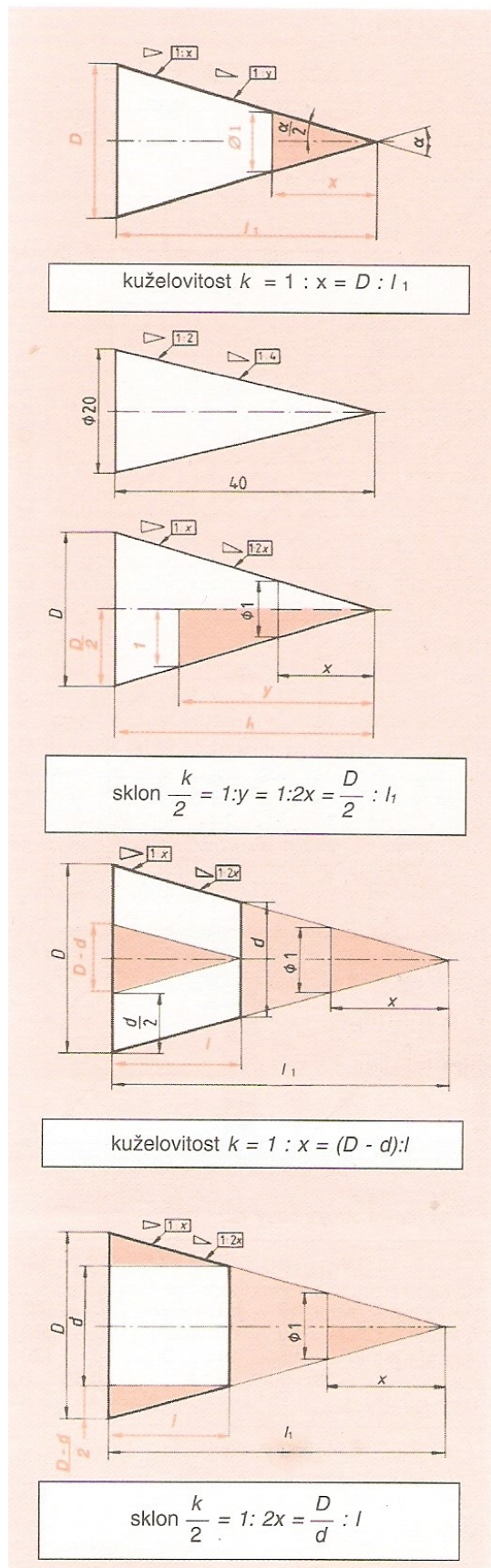
2. věta: změna průměru při 1 mm při $\frac{40}{20}$ mm délce nebo 1 mm průměru při x mm délky, tzn.

$$1 : x = 1 : 2$$

Úkos $S = k/2$

Úkos $C/2 = 1 : y$ udává, při jaké délce kužele y se povrchová přímka kužele o 1 mm přiblíží ke střední přímce (ose kužele). Sklon je tedy poloviční než kuželovitost:

$$1 : y = 1 : 2x$$



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

$$\text{sklon} = \frac{\text{poloviční průměr kužele}}{\text{délka kužele}}$$

$$\frac{k}{2} = \frac{1}{y} = \frac{1}{2x} = \frac{D}{2l}$$

Kužel a úkos u komolého kužele

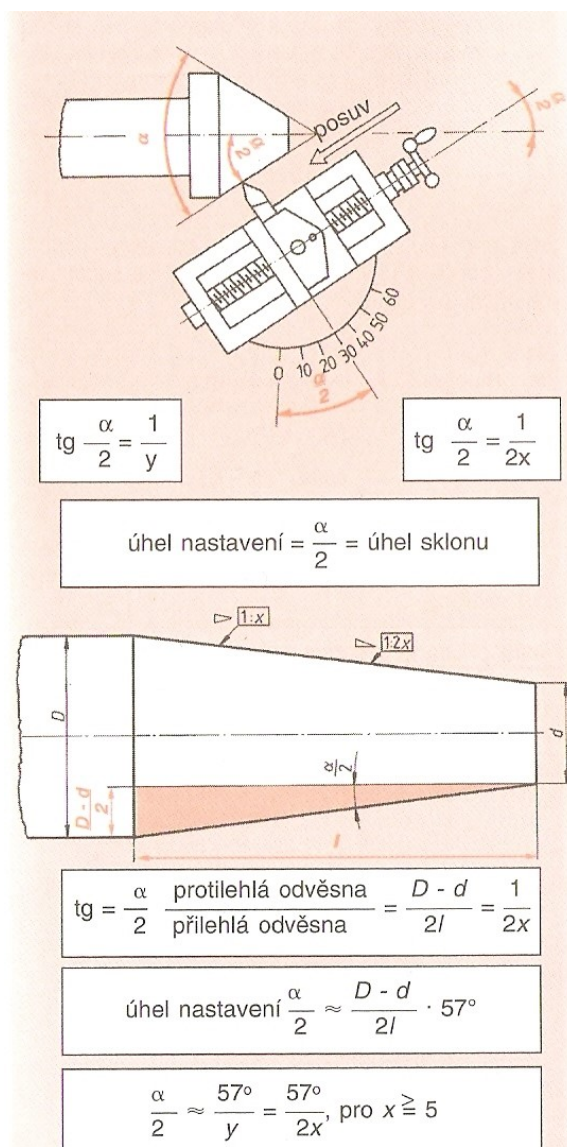
V případě komolého kužele se počítá kuželovitost $k = 1 : x$ z poměru difference průměru $D - d$ a délky komolého kužele l :

$$\text{kuželovitost} = \frac{\text{rozdíl průměrů}}{\text{délka komolého kužele}}$$

$$k = \frac{1}{x} = \frac{D-d}{l}$$

Sklon je poloviční než kuželovitost:

$$\text{sklon} = \frac{\text{polovina rozdílu průměrů}}{\text{délka komolého kužele}}$$



$$\frac{k}{2} = \frac{1}{2x} = \frac{D-d}{2l}$$

Soustružení kuželů natočením nožových saní

Krátké kužely s velkým vrcholovým úhlem se soustruží natočením nožových saní. Úhel natočení nožových saní se rovná úhlu nastavení $\alpha/2$. Pokud není úhel nastavení znám, vypočítá se napřed tangens úhlu nastavení a pak z tabulky hodnot pro tangens se stanoví úhel $\alpha/2$.

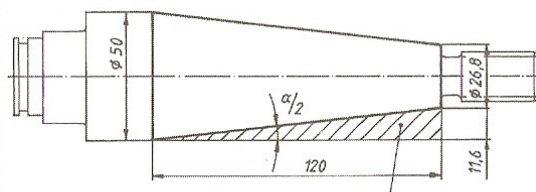
tangens úhlu nastavení = úkos

Použití tabulek hodnot tangens

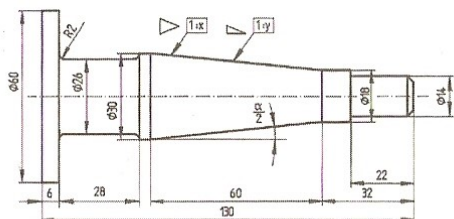
V tabulkách jsou funkce úhlů většinou sestaveny vzestupně po 10. V tabulce tangenciálních hodnot se vyhledá ta hodnota, která se nejvíce blíží vypočítané hodnotě tangens a této hodnotě odpovídající úhel ve stupních a minutách. Výpočet mezihodnot (interpolace) je zbytečná, poněvadž nastavení nožových saní podle minut není možné. Pokud jsou vyžadovány velice přesné kužely, musí být nožové saně nastaveny pomocí číselníkového úchylkoměru.

Pokud není tabulka tangenciálních hodnot tangens k dispozici, může se úhel nastavení pro štíhlé kužely vypočítat podle zjednodušeného vzorce:

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



odsoustružený průřez



úhel nastavení $= \frac{\alpha}{2} \sim$ úkos krát 57 stupňů

Tento vzorec platí pouze pro úhly, jejichž hodnota tangens (úkos) je menší než 0,1, tzn. úhel $\alpha/2 < 5^\circ 42' 38''$.

Pracovní příklad – vzorové řešení

Má být soustružen kužel o průměrech $D = 30$ mm, $d = 18$ mm a délky $l = 60$ mm.

Vypočtete:

- kuželovitost a úhel nastavení $\alpha/2$ podle tabulky kuželů,
- úhel nastavení $\alpha/2$ pomocí tabulek hodnot tangenty,
- úkos kužele,
- úhel nastavení $\alpha/2$ podle zjednodušeného vzorce.

Řešení: a)

$$k = \frac{D-d}{l} = \frac{30 \text{ mm} - 18 \text{ mm}}{60} = \frac{12}{60} = \frac{1}{5} = 1 : 5$$

Pro $k = \frac{1}{5} = 1 : 5$ je $\frac{\alpha}{2} = 5^\circ 42' 38''$ ($5^\circ 42'$ příp. $5^\circ 40'$)

Řešení: b)

$$\text{tg } \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2l} = \frac{1}{2 \cdot 5} = \frac{1}{10} = 0,1000$$

Tabulkové hodnoty:

$$\text{tg } 5^\circ 40' = 0,0992$$

$$\text{tg } 5^\circ 50' = 0,1022$$

$$\text{tg } \frac{\alpha}{2} = 0,1000 \text{ leží blíž u } \text{tg } 5^\circ 40'$$

Řešení: c)

Stupně	Tangens $0^\circ \dots 45^\circ$						
	Minuty						
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0437	0,0466	0,0495	0,0524
3	0,0524	0,0553	0,0582	0,0612	0,0641	0,0670	0,0699
4	0,0699	0,0729	0,0758	0,0787	0,0816	0,0846	0,0875
5	0,0875	0,0904	0,0934	0,0963	0,0992	0,1022	0,1051
6	0,1051	0,1080	0,1110	0,1139	0,1169	0,1198	0,1228
7	0,1228	0,1257	0,1287	0,1317	0,1346	0,1376	0,1405
8	0,1405	0,1435	0,1465	0,1495	0,1524	0,1554	0,1584
9	0,1584	0,1614	0,1644	0,1673	0,1703	0,1733	0,1763
10	0,1763	0,1793	0,1823	0,1853	0,1883	0,1914	0,1944
11	0,1944	0,1974	0,2004	0,2035	0,2065	0,2095	0,2126
12	0,2126	0,2156	0,2186	0,2217	0,2247	0,2278	0,2309
13	0,2309	0,2339	0,2370	0,2401	0,2432	0,2462	0,2493
14	0,2493	0,2524	0,2555	0,2586	0,2617	0,2648	0,2679
15	0,2679	0,2711	0,2742	0,2773	0,2805	0,2836	0,2867
16	0,2867	0,2899	0,2931	0,2962	0,2994	0,3026	0,3057
17	0,3057	0,3089	0,3121	0,3153	0,3185	0,3217	0,3249
18	0,3249	0,3281	0,3314	0,3346	0,3378	0,3411	0,3443
19	0,3443	0,3476	0,3508	0,3541	0,3574	0,3607	0,3640
20	0,3640	0,3673	0,3706	0,3739	0,3772	0,3805	0,3839
21	0,3839	0,3972	0,3906	0,3939	0,3973	0,4006	0,4040
22	0,4040	0,4074	0,4108	0,4142	0,4176	0,4210	0,4245
23	0,4245	0,4279	0,4314	0,4348	0,4383	0,4417	0,4452
24	0,4452	0,4487	0,4522	0,4557	0,4592	0,4628	0,4663
25	0,4663	0,4699	0,4734	0,4770	0,4806	0,4841	0,4877
26	0,4877	0,4913	0,4950	0,4986	0,5022	0,5059	0,5095
27	0,5095	0,5132	0,5169	0,5206	0,5243	0,5280	0,5317
28	0,5317	0,5354	0,5392	0,5430	0,5467	0,5505	0,5543
29	0,5543	0,5581	0,5619	0,5658	0,5696	0,5735	0,5774
30	0,5774	0,5812	0,5851	0,5890	0,5930	0,5969	0,6009
31	0,6009	0,6048	0,6088	0,6128	0,6168	0,6208	0,6249
32	0,6249	0,6289	0,6330	0,6371	0,6412	0,6453	0,6494
33	0,6494	0,6536	0,6577	0,6619	0,6661	0,6703	0,6745
34	0,6745	0,6787	0,6830	0,6873	0,6916	0,6959	0,7002
35	0,7002	0,7046	0,7089	0,7133	0,7177	0,7221	0,7265
36	0,7265	0,7310	0,7355	0,7400	0,7445	0,7490	0,7536
37	0,7536	0,7581	0,7627	0,7673	0,7720	0,7766	0,7813
38	0,7813	0,7860	0,7907	0,7954	0,8002	0,8050	0,8098
39	0,8098	0,8146	0,8195	0,8243	0,8292	0,8342	0,8391
40	0,8391	0,8441	0,8491	0,8541	0,8591	0,8642	0,8693
41	0,8693	0,8744	0,8796	0,8847	0,8899	0,8952	0,9004
42	0,9004	0,9057	0,9110	0,9163	0,9217	0,9271	0,9325
43	0,9325	0,9380	0,9435	0,9490	0,9545	0,9601	0,9657
44	0,9657	0,9713	0,9770	0,9827	0,9884	0,9942	1,0000

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Jestliže $k = \frac{1}{x} = \frac{1}{5}$, pak je $\frac{k}{2} = \frac{1}{y} = \frac{1}{2x} = \frac{1}{10} = 1 : 10$

Řešení: d)

$$\frac{\alpha}{2} \approx \frac{1}{y} \cdot 57^\circ = \frac{1}{10} \cdot 57^\circ = \frac{57^\circ}{10} = 5,7^\circ = 5^\circ 42'$$

Soustružení kuželů příčným vysunutím koníku

Koník se přistaví tak, že povrchová přímka kužele leží rovnoběžně s osou soustružení. Kužel musí být tedy natočen ze své normální polohy o úhel nastavení $\alpha/2$. Přesná míra vysunutí se počítá pomocí funkce sinus.

$$e = L \cdot \sin \alpha/2$$

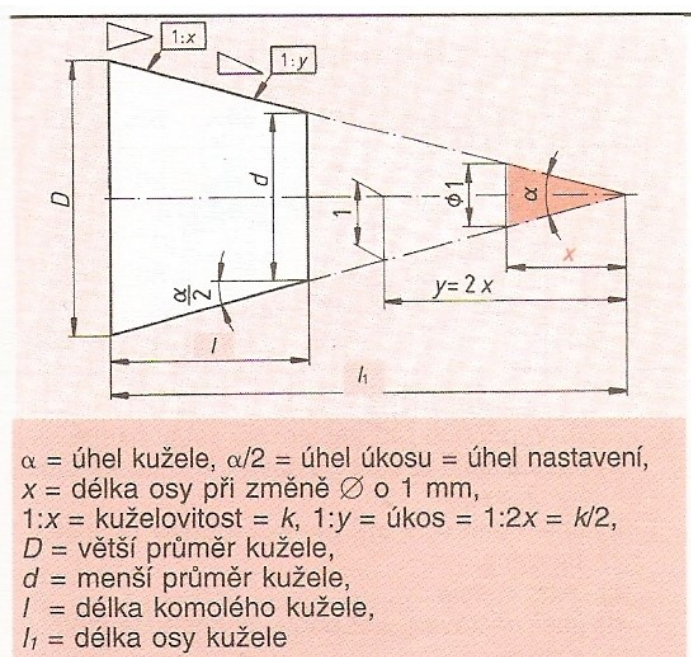
Míra příčného vysunutí e musí být menší než 1/50 délky součásti ($e < L : 50$). Proto smí být soustruženy příčným vysunutím koníku pouze velice štíhlé kužely.

Vzhledem k tomu, že hodnoty sinus a tangens pro úhly menší než 5° jsou prakticky stejné (srovnejte tabulkové hodnoty), lze místo hodnot sinus použít také hodnoty tangens:

$$e = L \cdot \tan \alpha/2$$

Vzhledem k tomu, že tangens úhlu nastavení se rovná sklonu, dostáváme velice jednoduchý dílenský vzorec:

$$\frac{\text{míra příčného vysunutí } e = \text{sklon} \cdot \text{délka součásti}}{\text{největší míry příčného vysunutí } e_{\max} = L : 50}$$



$$1 : x = (90 \text{ mm} - 81 \text{ mm}) : 270 \text{ mm}$$

$$1 : x = 9 \text{ mm} : 270 \text{ mm}$$

$$1 : x = 1 : 30 \text{ (kuželovitost je } 1 : 30)$$

Pracovní příklad – vzorové řešení

Zad.:

$D = 90 \text{ mm}$, $d = 81 \text{ mm}$, $L = 660 \text{ mm}$,
 $l = 270 \text{ mm}$.

L = délka součásti, l = délka kužele

Hledáme:

- kuželovitost $k = 1 : x$
- výstřednost e v mm
- zkouška, zda $e < L : 50$

Řešení:

$$a)$$

$$1 : x = (D - d) : l$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

b)

$$e = \frac{(D - d)L}{2l}$$

$$e = \frac{(90 \text{ mm} - 81 \text{ mm}) \cdot 660 \text{ mm}}{2 \cdot 270 \text{ mm}} = \frac{9 \text{ mm} \cdot 66}{2 \cdot 27} = 11 \text{ mm} = e$$

nebo $e = L : 2x$ $x = 30$ (viz. nahoře)

$$e = 660 \text{ mm} : 60 = 11 \text{ mm} = e$$

c)

$$e_{\max} = L : 50 = 660 \text{ mm} : 50$$

$$e_{\max} = 13,2 \text{ mm, tzn. } e < e_{\max}$$

Soustružení kuželů pomocí vodícího pravítka

Vodící pravítko se nastaví buď na úhel nastavení $\alpha/2$ nebo (při milimetrovém dělení) na výstřednost e .

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2x} = \frac{1}{y}$$

$$e = \frac{l_1}{2x} = \frac{l_1}{y}$$

l_1 = délka kuželové plochy (měřeno od otočného hrotu)

Úlohy:

Hodnoty tangens

1. – 12. Vypočítejte hodnoty tangens $\operatorname{tg} \alpha$:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
$\angle \alpha$	30°	15°	20°30'	28°20'	15°50'	29°10'
	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$\angle \alpha$	44°48'	16°12'	36°18'	27°35'	10°25'	45°

Příklad k úloze 7.:

$$\alpha = 28^\circ 32', \operatorname{tg} \alpha = ?$$

$$\operatorname{tg} 28^\circ 30' = 0,5430$$

$$\operatorname{tg} 28^\circ 32' \approx 0,543$$

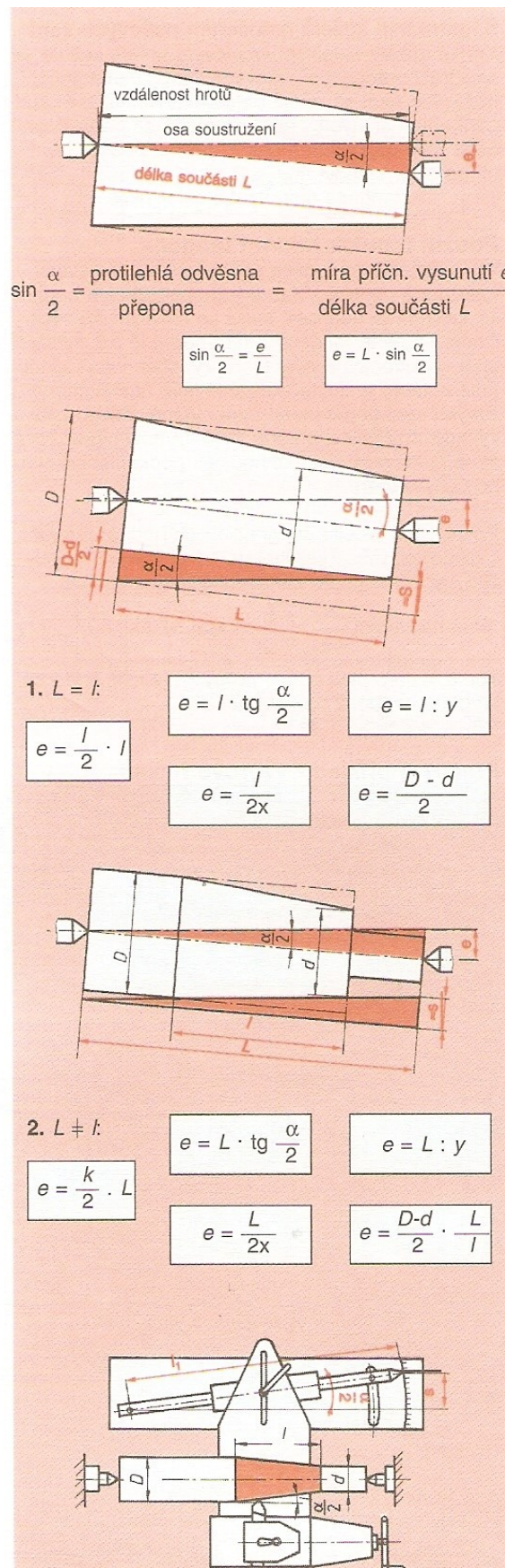
Příklad k úloze 10.:

$$\alpha = 17^\circ 25', \operatorname{tg} \alpha = ?$$

$$\text{horní limitní hodnota: } \operatorname{tg} 17^\circ 30' = 0,3153$$

$$\text{dolní limitní hodnota: } \operatorname{tg} 17^\circ 20' = 0,3121$$

$$\text{střední limitní hodnota: } \operatorname{tg} 17^\circ 25' = 0,3137$$



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

13. – 24. Určete úhel α :

	13.	14.	15.	16.	17.	18.
tg α	1	0,2126	0,3314	0,2247	0,4628	0,7907

	19.	20.	21.	22.	23.	24.
tg α	0,0291	0,0474	0,64	0,8	0,05	0,1

$$= 0,2035$$

$$\alpha \approx 11^\circ 30'$$

Rozměry kužele

25. – 30. Vypočítejte:

a) kuželovitost $k = 1 : x$,

b) úkos $k/2 = 1 : y$,

c) úhel α pro následující ostré kužely:

	25.	26.	27.	28.	29.	30.
D v mm	60	30	40	80	50	40
l v mm	30	60	64	69,3	60,35	74,64

Příklad k úloze 26.:

$$D = 25 \text{ mm}, l_1 = 100 \text{ mm}$$

$$a) 1 : x = D : k = 25 \text{ mm}, 100 \text{ mm} = 1 : 4 = k$$

$$b) 1 : y : 2x = 1 : 2 \cdot 4 = 1 : 8 = k$$

$$c) \text{tg } \alpha/2 = 1 : y = 1 : 8 = 0,125,$$

$$\alpha \approx 7^\circ 10' \text{ a } \alpha \approx 14^\circ 20'$$

31. – 36. Vypočítejte:

a) kuželovitost $k = 1 : x$,

b) úkos $k/2 = 1 : y$,

c) osovou délku l_1 pronásledující komolý kužele:

	31.	32.	33.	34.	35.	36.
D v mm	90	100	76	80	90	80
d v mm	80	90	74	76	84	70
l v mm	100	50	40	200	180	120

37. – 42. Vypočítejte chybějící hodnoty:

	37.	38.	39.	40.	42.	42.
k	1:10	1:12	1:15	1:20	1:30	1:50
D v mm	?	?	100	80	60	28
d v mm	75	60	?	?	56	25
l v mm	150	240	300	100	?	?

Příklad k úloze 20.:

$$\text{tg } \alpha$$

$$0,204,$$

$$\alpha = ?$$

nejbližší

hodnot

a dle

tabulek

tg

$11^\circ 30'$

Normalizované úhly kužele podle DIN 254 (ČSN 220426)

Kuželovitost $k = 1 : x$	Úhel kužele - $\angle \alpha$	Úhel nastavení $\angle \frac{\alpha}{2}$
1: 0,289	120°	60°
1: 0,5	90°	45°
1: 0,866	60°	30°
1: 1,207	45°	22°30'
1: 1,866	30°	15°
1: 3	18°55'28"	9°27'44"
1: 3,429	16°35'40"	8°17'50"
1: 5	11°25'16"	5°42'38"
1: 6	9°31'38"	2°45'49"
1: 10	5°43'30"	2°51'45"
1: 12	4°46'18"	2°23'09"
1: 15	3°49'06"	1°54'33"
1: 20	2°51'52"	1°25'56"
1: 30	1°54'34"	57'17"
1: 50	1°18'46"	34'23"

Normální nástrojové kužely jsou podle DIN 228 (ČSN 220426) Morseovy kužely 0 až 6, pod a nad těmito metrické kužely 1:20.

Výpočtové vzorce:

$$\text{Kuželovitost } k = 1 : x = D : l_1 = (D - d) : l$$

$$\text{Průměr } D = \frac{l_1}{x} = \frac{l}{x} + d$$

$$\text{Průměr } d = D - \frac{l}{x}$$

$$\text{Délka kužele } l = (D - d) \cdot x$$

$$\text{Osová délka } l_1 = D \cdot x$$

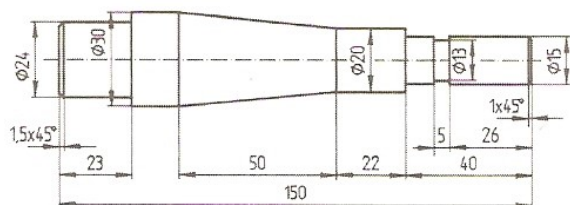
$$\text{Sklon } \frac{k}{2} = 1 : y = \frac{1}{2x} = \frac{D}{2k} = \frac{D - d}{2l}$$

$$\text{Úhel nastavení } \frac{\alpha}{2} \approx \frac{57^\circ}{2x}, \text{ pro } x \geq 5$$

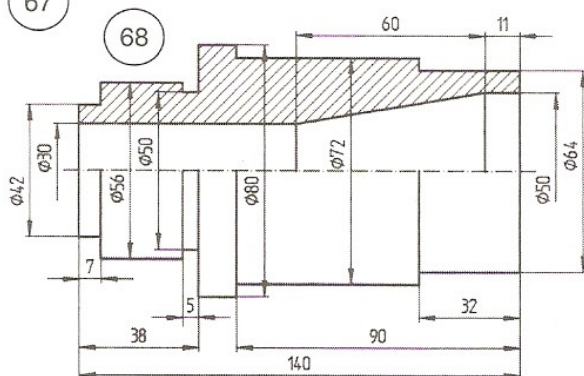
$$\text{Úhel kužele } \alpha = 2 \cdot \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{Výstřednost } e = \frac{L}{2x} = \frac{D - d}{2} \cdot \frac{L}{l} \text{ (příčné vysunutí koníku)}$$

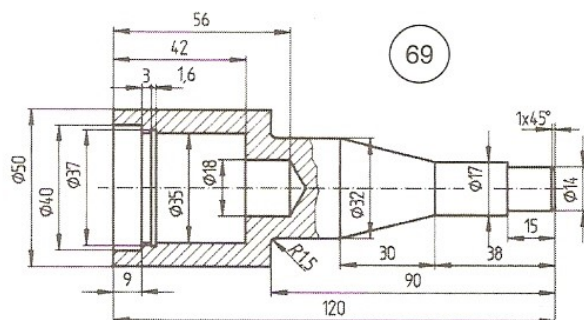
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



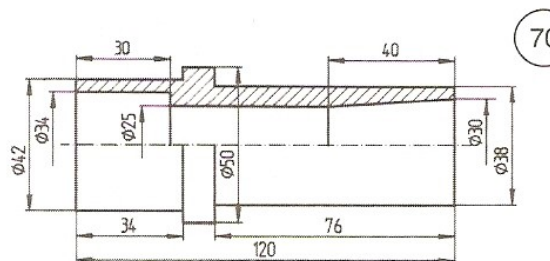
67



68



69



70

43. – 48. Vypočtete úhel nastavení $\alpha/2$ pro následující kužely:

a) podle vzorce $\tan \alpha/2 = 1 : 2x$.

	43.	44..	45.	46.	47.	48.
k	1:6	1:10	1:15	1:20	1:30	1:40

49. – 60. Vypočtete pro následující kužely:

a) úhel nastavení $\alpha/2$,
b) míru pro výstřednost e a překontrolujte,
c) zda je toto příčné vysunutí koníku přípustné.

	49.	50.	51.	52.	53.	54.
D v mm	80	68	90	70	60	90
d v mm	76	65	84	64	55	79
l v mm	120	150	300	180	100	300

	55.	56.	57.	58.	59.	60.
D v mm	80	60	70	48	90	88
d v mm	75	55	64	40	85	85
l v mm	250	200	120	160	150	150
L v mm	300	240	160	200	240	200

61. – 66. Vypočtete chybějící hodnoty:

	61.	62.	63.	64.	65.	66.
$\angle \alpha/2$	?	?	?	?	20°30' 45"	?
$\tan \alpha/2$	?	?	0,2679	0,5774	?	?
1:x	1:15	1:20	?	?	?	?
D v mm	90	60	?	?	80	120
d v mm	75	50	40	30	?	?
l v mm	?	?	120	40	50	30

67. – 70. Vypočtete pro následující soustružené díly:

a) kuželovitost a úhel nastavení $\alpha/2$ podle tabulky

kuželů,

b) úhel nastavení $\alpha/2$ pomocí tabulky hodnot tangens,

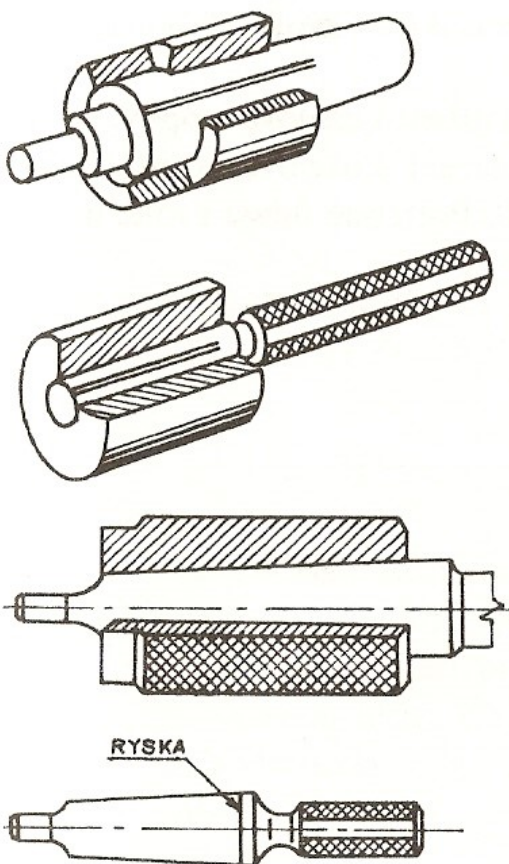
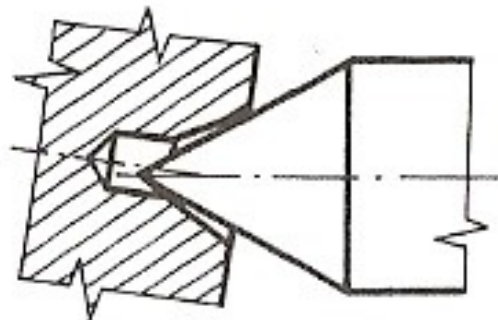
c) úkos kužele,

d) úhel nastavení $\alpha/2$ podle zjednodušeného vzorce.

4.1 Řezné podmínky, měření a kontrola kuželových ploch

Řezné podmínky při soustružení a vystružování vnějších i vnitřních kuželových ploch se volí podstatně menší než při soustružení válcových ploch. Jen pro součásti upnuté mezi hroty je při větším vysunutí koníka nutno volit menší průřez třísky, poněvadž hrot nelícuje po celé ploše středícího důlku, důlek by se velkým tlakem omačkával, obrobek by se uvolňoval a po soustružení by byl nepřesný.

Styk mezi obrobkem a opěrným hrotem při vyosení koníka

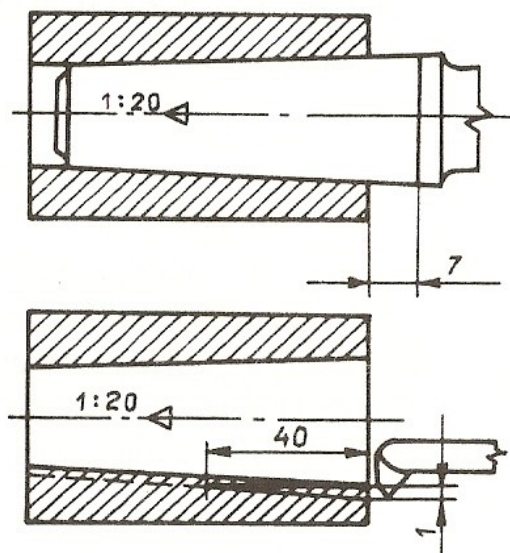


Kontrola kuželů kuželovými kalibry

Posuv při vystružování musí být plynulý v rozsahu od 0,02 do 0,05 mm na otáčku.

Přesnost výrobku závisí na kvalitních měřidlech a na svědomitém měření. K měření a kontrole kuželových ploch se nejčastěji používá úhloměrů, kuželových kalibrů, základních úhlových měrek a šablon.

Kontrola průměru a délky kuželového otvoru kalibrem



Příklad kontroly kuželové díry kalibrem.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

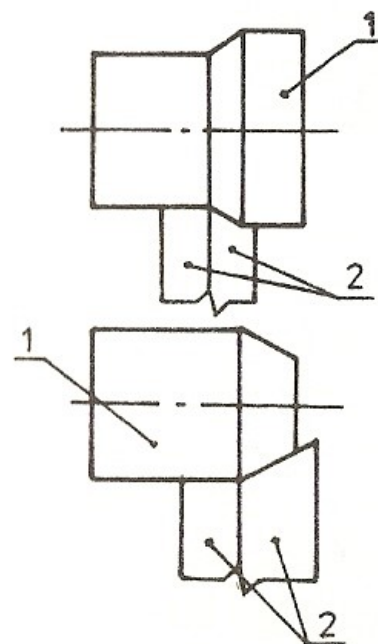
Při kontrole kuželové díry kalibrem zjistíme, že ryska na kalibru je vzdálena od okraje součásti o 7 mm. O kolik milimetrů je třeba posunout nůž do řezu, je-li sklon kužele 1 : 40 a má-li se ryska na kalibru krýt s okrajem součásti?

Přisuneme-li nůž kolmo k ose obrobku, např. o 1 mm, posune se kuželový kalibr ve zvětšené kuželové díře o 40 mm.

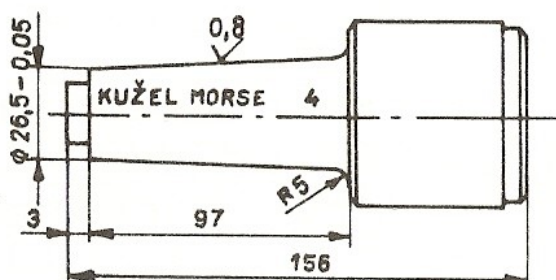
Má-li se posunout kalibr o 1 mm, je třeba přisunout nůž k obrobku o $1/40$ mm, tj. o 0,025 mm. Chceme-li, aby se kuželový kalibr posunul o 7 mm, musíme přisunout nůž k obrobku o $7 \cdot 0,025$ mm, tj. o 0,175 mm.

K velmi přesné kontrole úhlů se používá základních úhlových měrek. Sady měrek jsou sestaveny tak, že všechny úhly odstupňované po jedné minutě nebo po pěti minutách lze složit vždy ze dvou měrek. Při měření se jich používá buď samostatně, nebo se sestavují a vkládají do držáku.

V sériové a hromadné výrobě součástí s méně přesnými kuželovými plochami se používá ke kontrole úhlů sklonu nebo vrcholových úhlů šablon.



Soustružení kuželové plochy



Kontrola kuželů úhlovými měrkami
1 – obrobek, 2 – úhlové měrky

Cvičení.

Vysvětlete soustružení kuželové plochy tělesa otočného upínacího hrotu.

Určete:

- kterou hodnotu musíte znát pro správné nastavení stroje,
- postup při soustružení kuželové části tělesa otočného upínacího hrotu,
- popište a vysvětlete konstrukci zařízení, které zvolíte k soustružení kužele,
- jak je třeba upevnit obrobek při soustružení kuželové stopky,
- nejvhodnější řezné podmínky pro hlazení kuželové stopky tělesa otočného upínacího hrotu, materiál 11 600. Potřebné údaje zvolte a zdůvodněte.

5 Soustružení tvarových ploch

Tvarové plochy se soustruží:

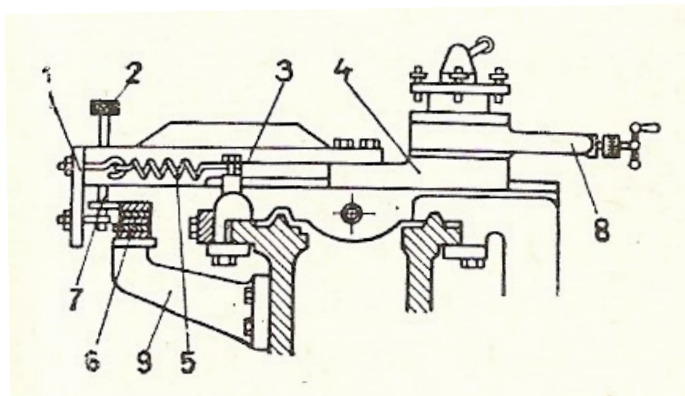
- obyčejnými noži pomocí sdružených posuvů saní suport.
- tvarovými noži,
- kopírovacím zařízením.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Způsob soustružení závisí zejména na délce a požadované přesnosti tvarové plochy a na počtu vyráběných součástí.

5.1 Obrábění několika součástí s různými tvarovými povrchy

K vybavení pracoviště patří: kopírovací pravítka nastavující se na konzole, speciální přípravky, posuvné měřidlo - odčítání s co největší přesností, tvarové šablony na kontrolu tvarových ploch apod.



Způsob zkrácení času nastavení při obrábění několika součástí s různými tvarovými plochami

1 – tyč, 2 – regulační šroub, 3 – tyč (deska), 4 – příčné saně, 5 – pružina, 6 – kopírovací pravítko, 7 – váleček, 8 – otočná část suportu, 9 – konzola

Nástroj se nastavuje:

K příčným saním 4 se připevní tyč 3, na jejímž konci je přišroubovaný regulační šroub 2 s válečkem 7 a tyč 1 se připevní s háčkem k pružině 5. Na vodící plochy nástroje se připevní konzola 9 a na ní se nastaví několik kopírovacích pravítek 6 obrábějících různé tvarové plochy. Šroub příčného posuvu se odpojí a otočná část suportu 8 se pootočí o 90°. Pružina 5 se upevní mezi destičky 1 a 3. Regulační šroub 2 se nastaví na tvarovou plochu odpovídajícího kopírovacího pravítka a příslušnou část součásti lze soustružit.

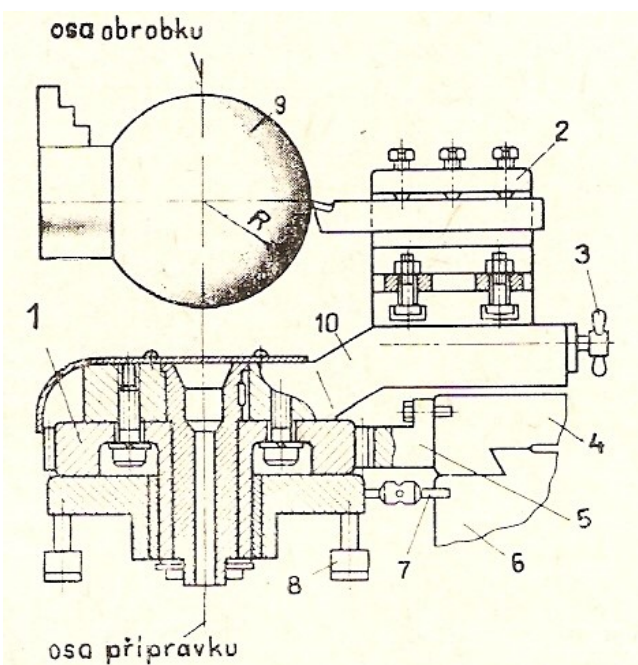
5.2 Soustružení vnější kulové plochy

Ze stroje se odebere horní otočná část suportu s nožovou hlavou a místo ní se upne přípravek 10 tak, aby se ozubené kolo 1 dostalo do záběru se speciální ozubenou tyčí 5 upevněnou na boku příčných vodících ploch suportu 4. Mezi ozubenou tyčí a ozubeným kolem se zreguluje vůle a přípravek se pevně nastaví a upevní kolíky 7 k vodícím plochám. Saně suportu se posunou s přípravkem k předem opracovanému obrobku 9 tak, aby vertikální osa přípravku byla totožná s vertikální osou obrobku. Těleso přípravku se upevní šrouby na vodící plochy saní. Příčným ručním posuvem se přesouvá nástroj, až se jeho hrot ztotožní s horizontální osou obrobku. Pohybem nožové hlavy 2 rukojetí 3 nebo změnou vyložení samotného nástroje se zreguluje hodnota poloměru kružnice měřené od středu kulové plochy ke hrotu nástroje.

Stroj nastavený na požadované řezné podmínky se zapne. Nástroj se posune na požadovanou hloubku záběru a zapne se zpětný příčný posuv, přičemž ozubená tyč 5 provede otočný pohyb ozubeného kola 1 a nástroje, tj. umožní obrábění kulové části obrobku.

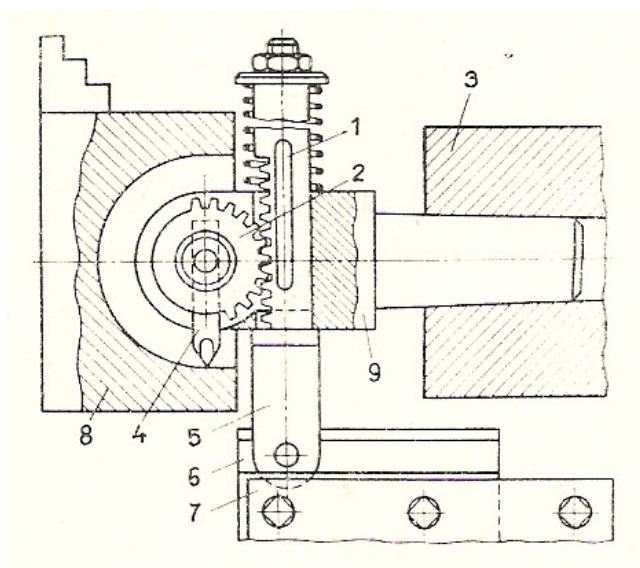
Soustružení vnější kulové plochy

1 – ozubené kolo, 2 – nožová hlava, 3 – rukojeť, 4 – příčné vodící plochy suportu, 5 –



ozubená tyč, 6 – suport, 7 – kolíky, 8 – šroub, 9 – obrobek, 10 – přípravek

5.3 Soustružení vnitřní kulové plochy



Obrobek 8 se nastaví do tříčelistového sklíčidla. Přípravek 9 se nastaví tělesem do pinoly koníku a upínací stopkou 5 a kloubem 6 ozubené tyče 1 do nožového držáku 7.

Soustružení vnitřní kulové plochy

1 – ozubená tyč, 2 – ozubené kolo, 3 – pinola koníku, 4 – nástroj, 5 – upínací stopka, 6 – kloub, 7 – nožový držák, 8 – obrobek, 9 – přípravek

Speciální symetrický naostřený přímý ubírací soustružnický nůž 4 se vyloží a upevní tak, aby vzdálenost měřená od hrotu nástroje ke středu ozubeného kola 2 se rovnala poloměru obráběné kulové plochy.

Řezná rychlost a posuv se určí z normativů.

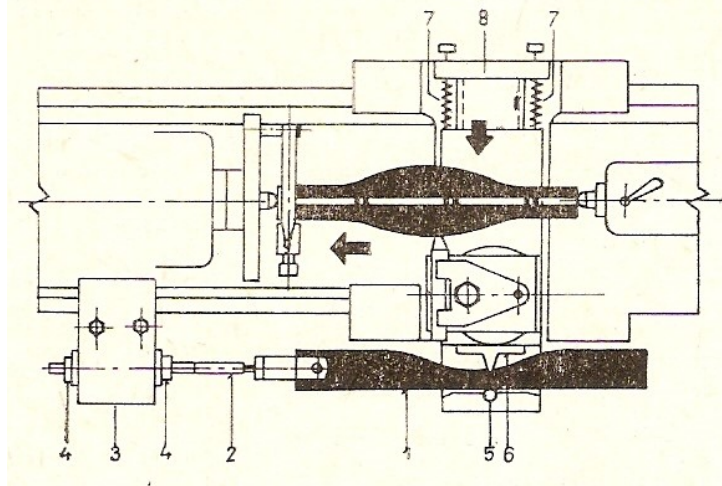
Po zapnutí zpětného příčného posuvu (směrem k sobě) se ozubená tyč s držákem nástroje otáčí, přičemž ozubené kolo 2 s nástrojem 4 opisují polokruh a soustruží vnitřní kulovou plochu požadovaného průměru.

5.4 Soustružení tvarových ploch kopírovacím zařízením

Obrobky s delšími tvarovými plochami se soustruží nejvýhodněji kopírovacím zařízením. Základní částí tohoto zařízení je kopírovací šablona 1, vyrobená z tlustého ocelového plechu, která se připevňuje k lůžku soustruhu. Působením pružiny 7 se k ní přitlačuje dotkový palec 6, spojený s uvolněnými příčnými saněmi. Při soustružení opisuje dotkový palec obrys šablony a zároveň soustružnický nůž, který tvoří s nožovým upínadlem a příčnými saněmi jeden celek, a kopíruje na obrobku stejný tvar obrysu jaký má šablona. U novějších soustruhů lze místo kopírovacích šablon používat kopírovací vzorky.

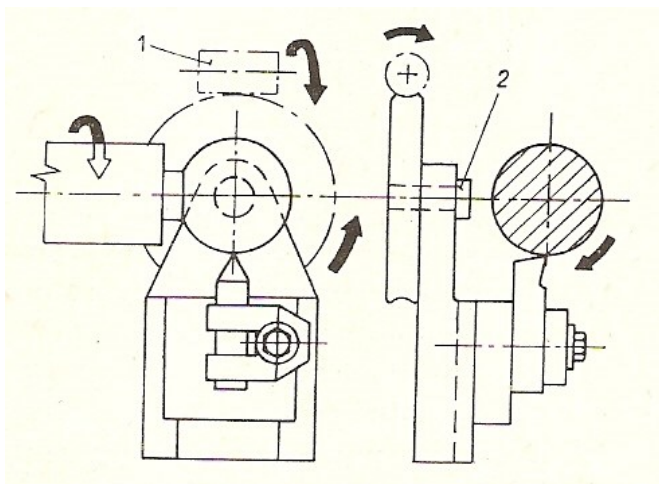
Kopírovací zařízení pro soustružení podélných tvarových ploch

1 – kopírovací šablona, 2 – táhlo, 3 – konzola, 4 – matice, 5 – dotyk, 6 – palec, 7 – pružiny, 8 – lišty



5.5 Soustružení tvarovými noži

Tvarové plochy se soustruží i tvarovými noži. Součásti se tvarují zapichováním, což se používá u krátkých součástí, neboť při soustružení dlouhých tvarů vzniká chvění. Kulové plochy se soustruží přípravky různých konstrukcí.



Soustružení tvarových ploch

Soustružení kulových ploch otočným přípravkem
1 – šroubové soukolí, 2- čep

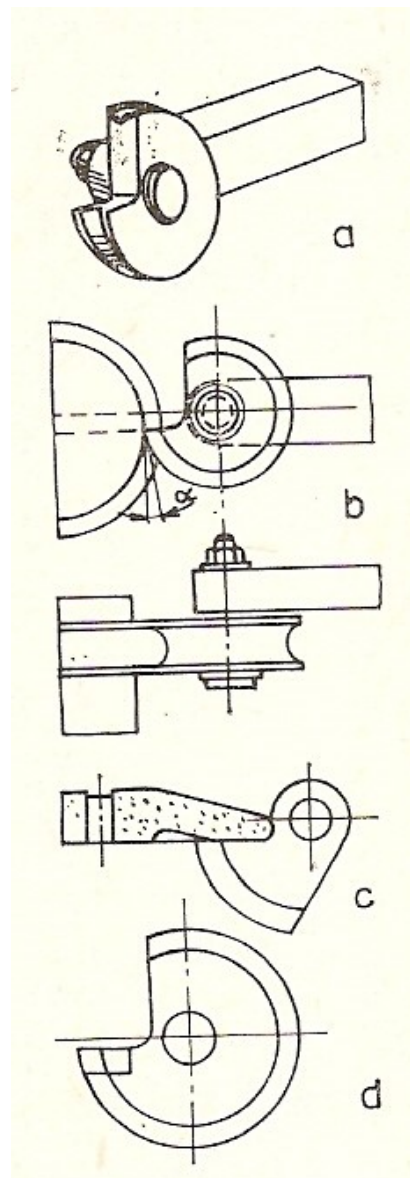
Tvarovými noži lze soustružit i velmi složité povrchy na jeden záběr, čímž se nahradí práce několika jednoduchých nástrojů a zvýší produktivita výroby.

Kotoučové tvarové nože se vyrábějí z rychlořezné nástrojové oceli i s řeznými destičkami ze slinutých karbidů.

Podle způsobu záběru jsou tvarové nože s přísuvem

- radiálním
- axiálním
- tangenciálním
- šikmým

Kotoučové tvarové nože
a) kotoučový nůž, b) výškové
nastavení nože, c), d) nůž
s destičkami z SK



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obrábění velmi dlouhých a hlubokých ploch jedním nožem není hospodárné. Vhodnější je nejprve obrobít na hrubo přibližný tvar a potom soustružit na čisto správným tvarovým nožem.

Posuv tvarových nožů je většinou ruční. Musí být rovnoměrný a plynulý. Jeho velikost se volí 0,05 mm/ot při šířce nože do 20 mm a 0,03 mm/ot při šířce nože nad 20 mm. Velikost posuvu závisí i na průměru obrobku. Čím menší je průměr obrobku, tím menší musí být posuv.

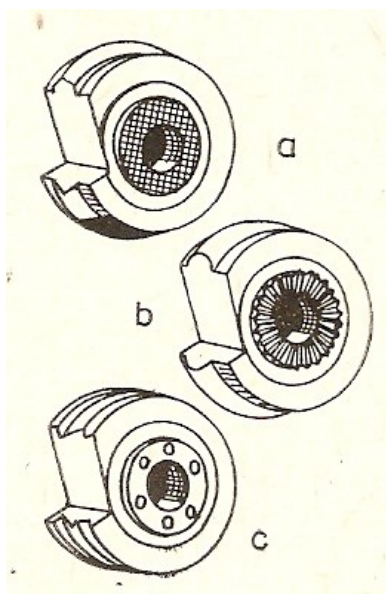
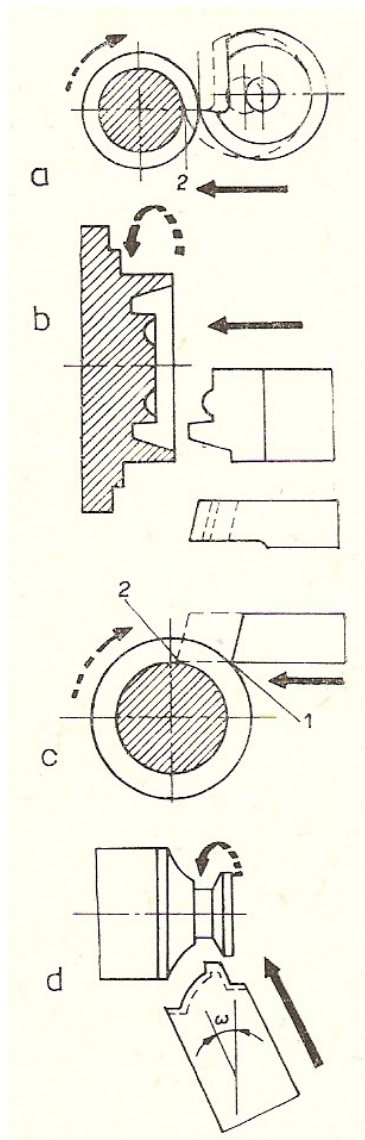
Řezná rychlost je při soustružení tvarovými noži mnohem menší než při běžném hrubování – (5 až 15) m/min. Čím delší je zabírající část řezné hrany, tím se volí menší řezná rychlost.

Tvarové nože mají nejčastěji nulový úhel čela. Velikosti úhlu hřbetu se obvykle neliší proti jiným soustružnickým nožům.

Způsoby záběru kotoučových tvarových nožů

a) radiální přísuv, b) axiální přísuv, c) tangenciální přísuv, d) šikmý přísuv

1 – začátek záběru, 2 – konec záběru



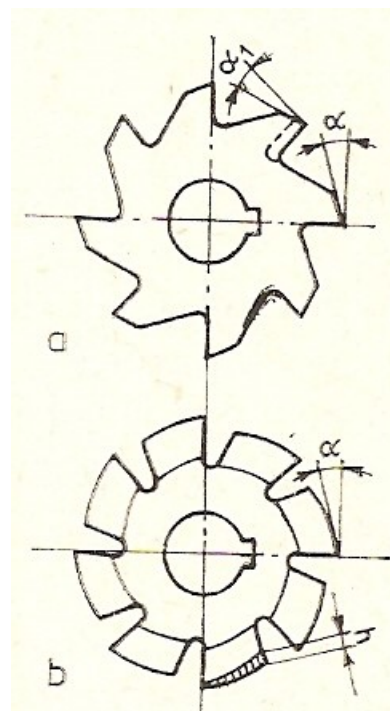
Kotoučové tvarové nože jsou málo tuhé a nehodí se k obrábění hlubokých profilů. Velký točivý moment se přenáší na držák nože třením, kterého se dosáhne pevným přitáhnutím šroubu. Někdy se tření zvětšuje křížovým vroubkováním (zdrsněním) dotkových ploch. K přenášení velkých točivých momentů se na dotkových plochách frézují radiální vruby nebo se používají unášecí kolíky.

Ukázky kotoučových tvarových nožů

- a) nůž na trojúhelníkovou drážku,
- b) nůž na polokruhovou drážku,
- c) nůž na složitější tvary

Princip podsoustužování

- a) kotoučová fréza s frézovanými zuby,
- b) kotoučová fréza s podsoustuženými zuby



5.6 Podsoustružení

Mají-li řezné nástroje dobře obrábět, musí mít jejich řezné části správnou geometrii.

To, co platí pro soustružnické nože, platí i pro nástroje válcového nebo kruhového tvaru, např. výstružníky, závitníky a frézy.

U kotoučové frézy s podsoustruženými zuby odpadají nevýhody pro broušení jaké vyplývají u broušení fréz s frézovanými zuby, kde se mění velikosti jednotlivých úhlů. Podsoustružit frézu znamená osoustružit hřbety a boky zubů tak, aby jejich zakřivení mělo tvar logaritmické spirály. Profil zubů se potom na čele nemění a dosáhne se stejného úhlu hřbetu. Podsoustruží se zuby výstružníku, závitníku, tvarových fréz apod.

Velikost úhlu hřbetu závisí na hloubce podsoustružení h . Při podsoustružení fréz závisí hloubka podsoustružení na jejich průměru D a počtu zubů z . Vypočítá se

$$h = \frac{D}{2z} \text{ (mm)}.$$

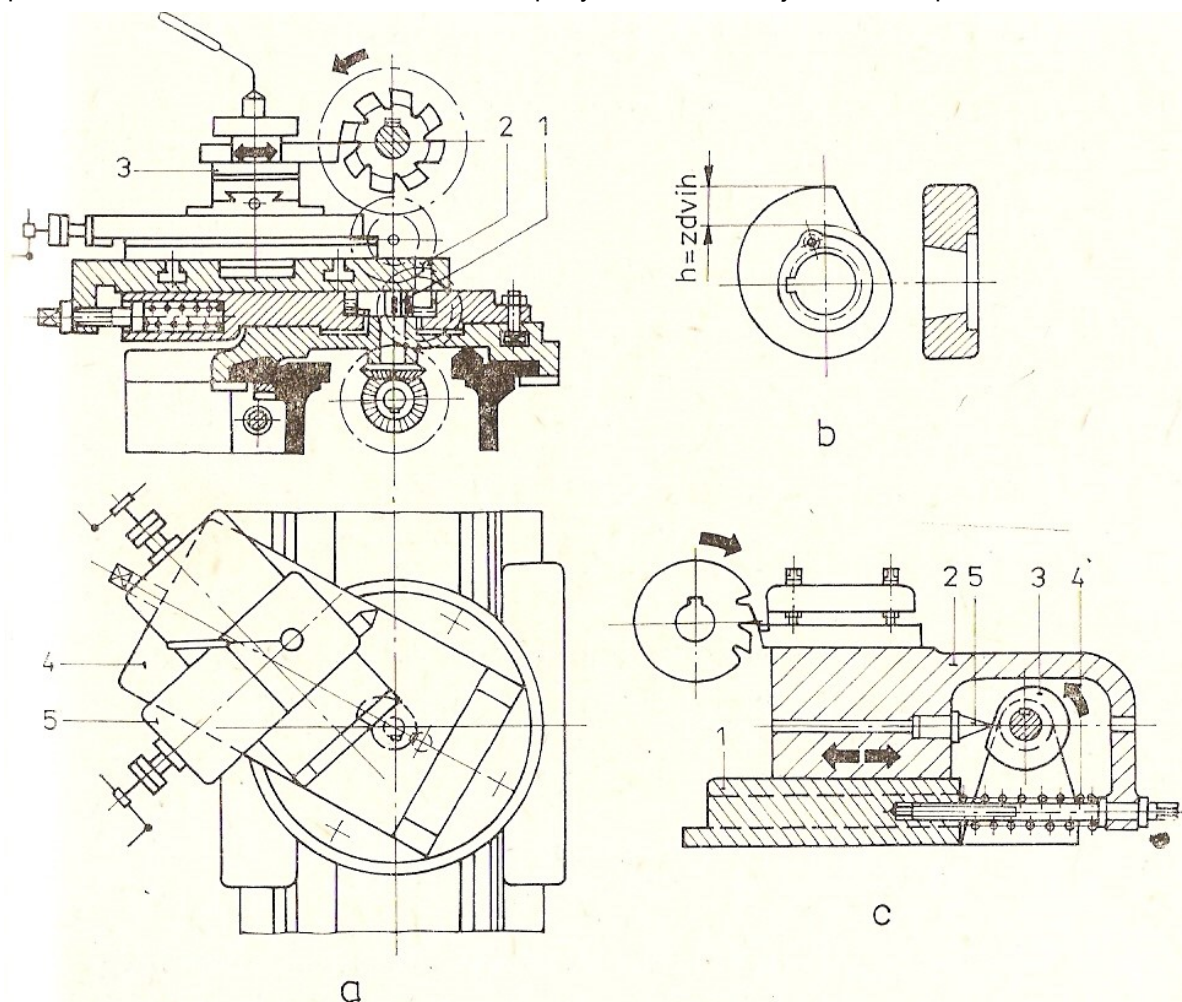
Zaokrouhluje se na celé milimetry nebo na jejich polovinu.

Příklad: Jak velkou hloubku podsoustružení bude mít podsoustružená kotoučová fréza s 18 zuby o $\varnothing 150$ mm?

Řešení:

$$h = \frac{D}{2z} = \frac{150}{2 \cdot 18} = 4.$$

Hloubka podsoustružení bude 4 mm. Při podsoustružení se obrobek pomalu otáčí a nůž se k němu spolu s příčnými saněmi pomalu přisouvá a potom se od něho rychle vzdaluje. Toto se neustále opakuje. U podsoustružovacího soustruhu se kmitavého pohybu nože dosahuje vačkou 1, působící tlakem na čep 2



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

uvolněných příčných saní. Délka zdvihu nože závisí na zdvihu vačky a musí se rovnat hloubce podsoustružení h . K tomuto soustruhu patří souprava vaček s různým zdvihem.

Podsoustřovací soustruh

a) schéma převodů

1 – vačka, 2 – čep, 3 – nožové saně, 4 – spodní příčné saně, 5 – horní příčné saně

b) vačka, c) přístroj s podsoustřovacím zařízením

1 – základ přístroje, 2 – nožový držák s nástrojem, 3 – vačka, 4 – pružina, 5 – palec (dotyk)

Suport podsoustřovacího soustruhu má dvoje příčné saně (horní 5 a dolní 4) se dvěma otočnými částmi – točnicemi. Ve vedení horních příčných saní se posouvají nožové saně 3 s nožovou hlavou. Otočí-li se dolní část o 90° , podsoustřuje nůž obrobek v podélném směru. Při podsoustřování úhlových fréz se natočí horní otočná část.

Podsoustřování řezného nástroje na univerzálním soustruhu zvláštním přístrojem s podsoustřovacím zařízením je patrné z obrázku (c). Základ tohoto přístroje 1 je připevněn k příčným saním suportu. V rybinovitém vedení se posouvá nožový držák 2 s nožem. Kmitavý pohyb nožového držáku způsobuje vačka 3 a napjatá pružina 4. Při otáčení vačky přitlačuje pružina k jejímu obvodu kalený ocelový palec 5.

Obrobek lze podsoustřovat na speciálních podsoustřovacích soustruzích nebo zvláštním přístrojem s podsoustřovacím zařízením na univerzálních soustruzích.

Nástroje na podsoustřování

Tvarem se podsoustřovací nástroje neliší od běžných soustružnických nožů. Použije-li se na podsoustřování kotoučové nebo válcové frézy s příkými zuby ohnuté nebo příký ubírací nůž, vykonává kromě kmitavého pohybu i posuvný pohyb podél osy obrobku.

Nože na podsoustřování se většinou vyrábějí z rychlořezné nástrojové oceli. Geometrie těchto nožů se liší od běžných soustružnických nožů. Mají velký úhel hřbetu α , tj. až 30° . Úhel čela γ bývá větší než 8° . Výškově se nastavují do osy soustružení a upínají se nakrátko, aby měly co největší pevnost.

Řezné podmínky při podsoustřování

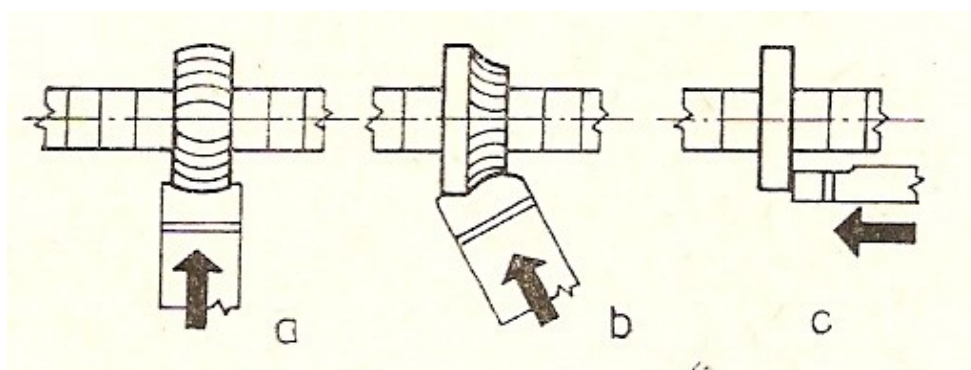
Řezné rychlosti jsou velmi malé (0,01 až 0,13) m/s, tj. (1 až 8) m/min. Počet dvojzdvihů nože p_d závisí na hloubce podsoustřování h .

Dovolný počet dvojzdvihů nože při podsoustřování

Hloubka podsoustřování h (mm)	0 až 2	2 až 5	5 až 10	1 0 až 20
Počet dvojzdvihů Za minutu P_d	180 až 100	100 až 60	60 až 40	40 až 20

Posuv při podsoustřování se pro hrubování volí (0,3 až 0,7) mm/ot a pro hlazení (0,05 až 0,1) mm/ot. Hloubka řezu při hrubování je (1 až 3) mm, při hlazení (0,05 až 0,2) mm.

Tvarové podsoustřování



Základní způsoby
tvarového
podsoustřování
a) radiální, b) šikmý,
c) axiální

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hřbety zubů tvarových fréz lze podsoustružit dvojím způsobem. Je-li tvarová plocha kratší, používají se tvarové nože s plným profilem. Větší tvarové plochy je možné podsoustružit poloprofilovými tvarovými noži. Délka řezné hrany každého nože musí být větší než polovina délky podsoustružené plochy, aby se postupně překryla tvarová plocha.

Kontrolní otázky

1. Tvarová zaoblovací kotoučová fréza má poloměr zaoblení 5 mm.
 - a) vysvětlíte způsob podsoustružení této frézy,
 - b) vysvětlíte, jak se změní podsoustružení, bude-li poloměr zaoblení této frézy 60 mm (100 mm),
 - c) popište konstrukci přístroje na podsoustružování.
 2. Jakým způsobem se soustruží tvarové plochy?
 3. Pokuste se vysvětlit kontrolu měření tvarových ploch.
 4. Vysvětlíte volbu řezných podmínek při podsoustružení frézy z příkladu 1.
- Navrhněte a zdůvodněte technologický postup podsoustružení kotoučové frézy.

6 Vypichování

Kromě upichování, tj. dělení materiálu kolmo na jeho osu, lze na soustruhu materiál rozdělovat také vypichováním. Touto operací lze vysoustružit díru většího průměru (např. příruby, věnce), přičemž se získá její vnitřní část, kterou lze dále zpracovat. Vypichování tak zvětšuje využití materiálu, zkracuje výrobní časy a snižuje náklady.

Na hrotových soustružích a na soustružnických automatech lze vypichovat kroužky z tyčového materiálu nebo z nařezaných, popř. upíchnutých kotoučů. Na revolverových a svislých soustružích lze vypichovat kroužky pouze z kotoučů.

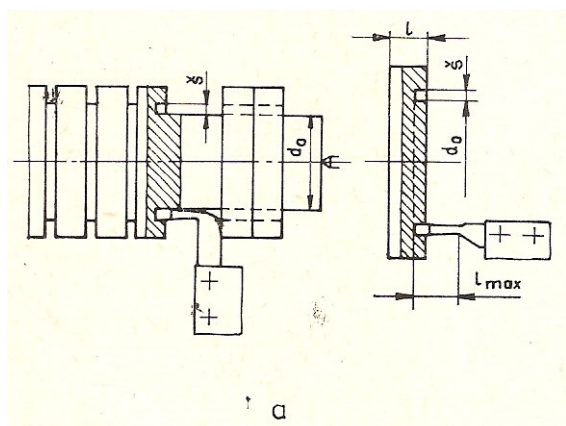
Vypichovací nože mají základní tvar stejný jako upichovací nože. Liší se pouze tím, že mají víc podbroušené plochy vedlejšího hřbetu. Velikost podbroušení se řídí průměrem vypichované díry. Čím menší je její průměr, tím je třeba nůž více podbrousit. Velikost úhlu čela vypichovacího nože závisí především na pevnosti obráběného materiálu.

Při vypichování děr je třeba obrobek 1v upínadle podložit (2 až 3) mm tenkou kruhovou podložkou 2 z nelegované oceli, aby nůž při dokončování díry nenarazil do kalených upínacích čelistí. Vypichovací nože se nastavují do osy soustružení rovnoběžně s osou obrobku s nejkratším vyložení, aby se zabránilo jeho zasekávání do materiálu obrobku.

Při vypichování z tyče se její vnější průměr obvykle soustruží načisto, popř. s přídavkem k broušení. Délka tyče se volí podle počtu vyráběných kroužků se zřetelem na průhyb tyče. Např. pro vnitřní průměr kroužku 75 mm může být délka tyče až 1 000 mm. Tyč se upíná ve sklíčidle a podepírá se hrotem. Do tyče se soustruží zápichy ve stejné vzdálenosti jako je síla kroužku s přídavkem asi 0,8 mm na konečné obrobení čel a do hloubky rovnající se šířce mezikruží kroužku s přídavkem na konečné obrobení díry, popř. i povrchu. Zapíchnuté kroužky se postupně oddělují vypichováním. Vypíchnuté kroužky se při tom navlékají na nůž. Po vypíchnutí se kroužek sesune z nože a přesune se na tyč ke hrotu koníku. Nástrojem je ohnutý vypichovací nůž upravený podle průměru díry. Vypichuje se při opačném smyslu otáčení vřetena. Nůž se upevňuje řeznou hranou dolů ve výšce osy vřetena. Proto je třeba vhodně podložit nožovou hlavu.

normalizované.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Vypichování

- a) vypichování kroužků,
b) vypichovací nůž v drážku

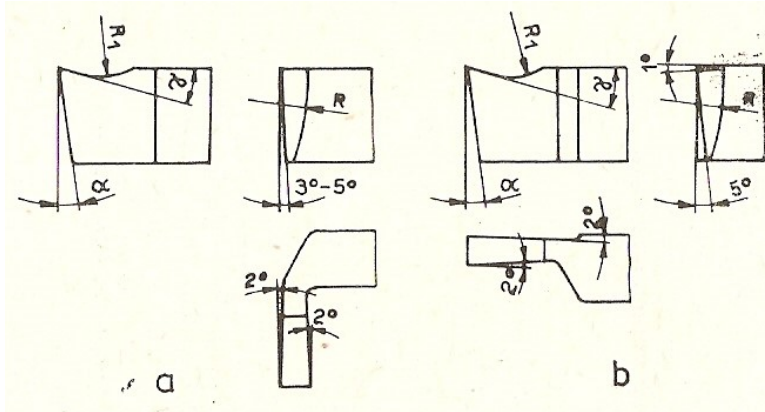
Řezné podmínky pro vypichování materiálu skupiny obrobitelnost 14b

Způsob práce		vypichování z tyče					vypichování z kotouče				
Nástroj		ohnutý vypichovací nůž					přímý vypichovací nůž				
Délka z jedné strany maximálně (mm)		12	16	50	24	32	15	18	20	24	32
Délka řezné hrany (mm)		3	4	5	6	8	3	4	5	6	8
Nůž z RO	v	34	28	21	16	14,5	34	30	24	20	18
	s	0,08	0,08	0,10	0,125	0,125	0,08	0,08	0,100	0,125	0,125
Nůž z SK-S2	v			72	55	51			65	49	45
	s			0,08	0,10	0,10			0,10	0,125	0,125

Nástroje: Vypichovací nože ze slitinové rychlořezné nástrojové oceli RO, s řeznými destičkami ze slinutého karbidu S2, a to ohnuté na vypichování z tyče nebo přímo na vypichování z kotoučů. Nože ze slinutých karbidů S2 se používají při vypichování oceli pevnosti nad 500 MPa a s průměrem do 80 mm.

Trvanlivost řezné hrany je 60 min.

Použití: Vypichování kroužků, matic, úzkých pouzder apod. z tyčového materiálu nebo z kotoučů nařezaných nebo upíchnutých, čelní plocha bez licí kůry nebo okují, nepřerušovaný řez. Chlazení chladicí emulzí i při vypichování noži S2. Tyčový materiál upnutý ve sklíčidle nebo upínací desce a hrotu do $d : l = 1 : 15$, kotouče ve sklíčidle nebo upínací desce upnuté letmo do $l_{max} = 100$ mm.



Geometrie vypichovacích nožů

a) *ohnutý vypichovací nůž*,

b) *přímý vypichovací nůž*

Kontrolní otázky

Do čtyřhranné desky z materiálu skupiny obrobitelnosti 10b (14 160.1) a tloušťky 60 mm se má vypíchnout díra o $\varnothing$ 160 mm.

1. navrhnete a zdůvodněte nejvhodnější způsob vypichování nožem z rychlořezné oceli.
2. Popište konstrukci, geometrii a způsob nastavení a upnutí použitého nože.
3. Vysvětlete volbu nejvhodnějších řezných podmínek pro práci vypichovacího nože.
4. Podrobně popište celý technologický postup vypichování dané desky.

7 Dokončovací práce na soustruhu

Hladšího povrchu obrobku se při dodržování předepsaných rozměrů, např. jiných úprav obráběných ploch, dosáhne dokončovacími pracemi:

- pilováním,
- leštěním,
- škrábáním, rýhováním a vroubkováním.

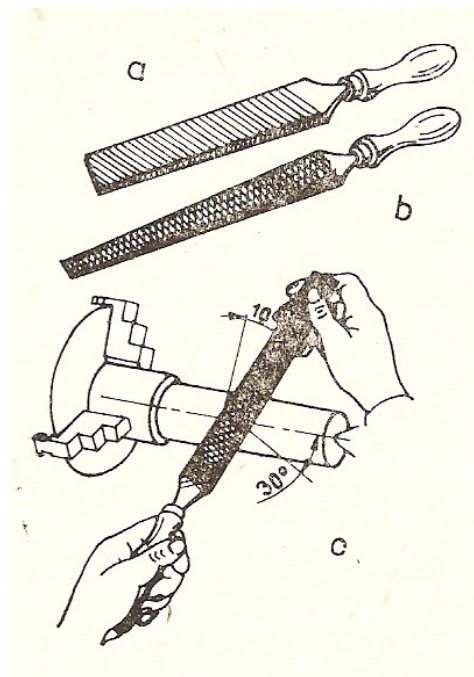
7.1 Pilování obrobku na soustruhu

Pilováním lze dokončit povrch jen tehdy, nevyžaduje-li se velká přesnost geometrického tvaru obrobku (získaného předcházejícím soustružením) a rozměrů obrobku, protože se při něm těžko dodržuje stálý tlak pilníku na obrobek a pilník odebírá třísky nestejného průřezu. Častěji se pilováním odstraňují ořepy z obrobených ploch nebo srážejí a zaoblují hrany. Pilník je vhodný i při soustružení tvarových ploch při sdruženém ručním posuvu podélných a příčných saní suportu.

Ploché pilníky

a) *jednoduchý*, b) *křížový*,

c) *způsob práce*



K dokončování povrchu se nejčastěji používají obdélníkové (ploché) nebo půlkulaté pilníky. Obdélníkovým pilníkem se pilují válcové a kuželové plochy, popř. vypuklé tvarové plochy. Vnitřní vyduté tvarové plochy se pilují půlkulatým pilníkem. K předběžnému pilování se používá lehký pilník se středním sekem. (22 až 25 seků na 1"). Dokončuje se lehkým pilníkem s jemným sekem. Délka pilníku pro ruční pilování má být asi (200 až 300) mm (ČSN 22 9100).

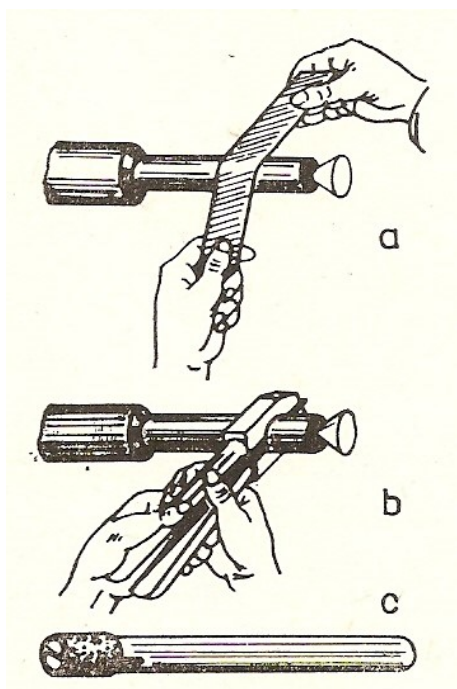
Na soustruhu se nikdy nepoužívá pilník bez rukojeti, aby nedošlo ke zranění.

Na pilování se dává nejmenší přitlak. Aby bylo pilování hospodárné a přitom bezpečné, je třeba dodržovat tyto zásady:

1. Podle tvaru pilované plochy se volí vhodný pilník.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Otáčky vřetena se nastaví tak, aby se dosáhlo o něco větší řezné rychlosti než při běžném soustružení. Při velkých obvodových rychlostech se pilník rychle otupí, při malých obvodových rychlostech se nedosáhne hladké plochy a správného průřezu pilované části obrobku.
- Pro bezpečnost se pilník drží levou rukou za rukojeť a pravou rukou za druhý konec.
- K povrchu obrobku se přiloží pilní šikmo, aby jeho osa svírala s kolmicí k ose soustružení úhel asi 10° .
- Piluje se střední část pilníku, který se k povrchu obrobku přitlačuje pouze při pohybu dopředu. Na pilník se nemá příliš tlačit, aby třísky neucpávaly jeho seky a nepoškrábaly pilovanou plochu. Při pilování válcových nebo kuželových ploch se pilník přemísťuje při rovnoměrném tlaku a pohybu v obou směrech podél obrobku. Aby se pilník nezanášel třískami, natře se před pilováním křídou. Zanesené a znečištěné pilníky se čistí drátěným kartáčem.



7.2 Leštění povrchu obrobku na soustruhu

Nerovnosti vznikající při pilování se odstraní leštěním. Nejjednodušším leštícím prostředkem je brusné plátno, jehož zrnitost se volí podle potřebné jakosti leštěné plochy.

Při leštění se rovnoměrně přitlačuje delší proužek brusného plátna k povrchu rychle se otáčejícího obrobku a posouvá se podle potřeby podél osy obrobku. Bezpečněji a rychleji se povrch obrobku leští brusným plátnem vloženým do dřevěné svěrky.

Leštění povrchu na soustruhu

a) brousícím plátnem, b) dřevěnou svěrkou, c) tyčí s podélným zářezem

Leštit lze buď na sucho, nebo pomocí oleje k dosažení hladší a lesklejší plochy. Někdy se místo brusného plátna používají brusné prášky smíchané s olejem nebo brusné pasty.

Díry se leští tyčemi s podélným zářezem. Při leštění se tyč s brusným plátnem musí rovnoběžně přitlačovat k povrchu díry a zároveň posouvat ve směru osy.

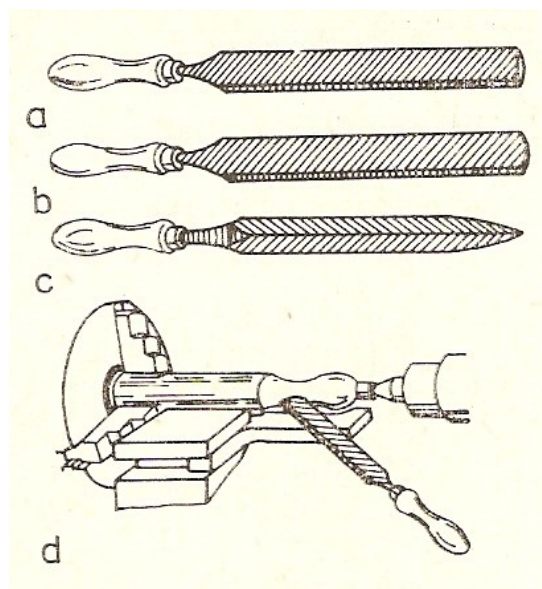
7.3 Škrabání povrchu obrobku na soustruhu

Soustružnické tvarové plochy se dokončují i škrabkami (ON 22 9405). V porovnání s pilníkem je to vhodnější, neboť lze odřezávat větší vrstvu materiálu a škrabkou se provede i dokončování děr.

Tvar řezného klínu škrabky závisí na tvaru zaškrabávaných ploch. Části válcových a kuželových ploch, jakož i vypuklé tvarové plochy se zaškrabávají plochou škrabkou. Vyduté tvarové plochy se zaškrabávají škrabkou jak je zřejmé z obrázku. Ke zřezávání hran a zaoblování v díře obrobku se používá trojhranná škrabka.

Zaškrabávání povrchu na soustruhu

a) plochá škrabka, b) škrabka se zaobleným ostřím, c) trojhranná škrabka, d) způsob práce



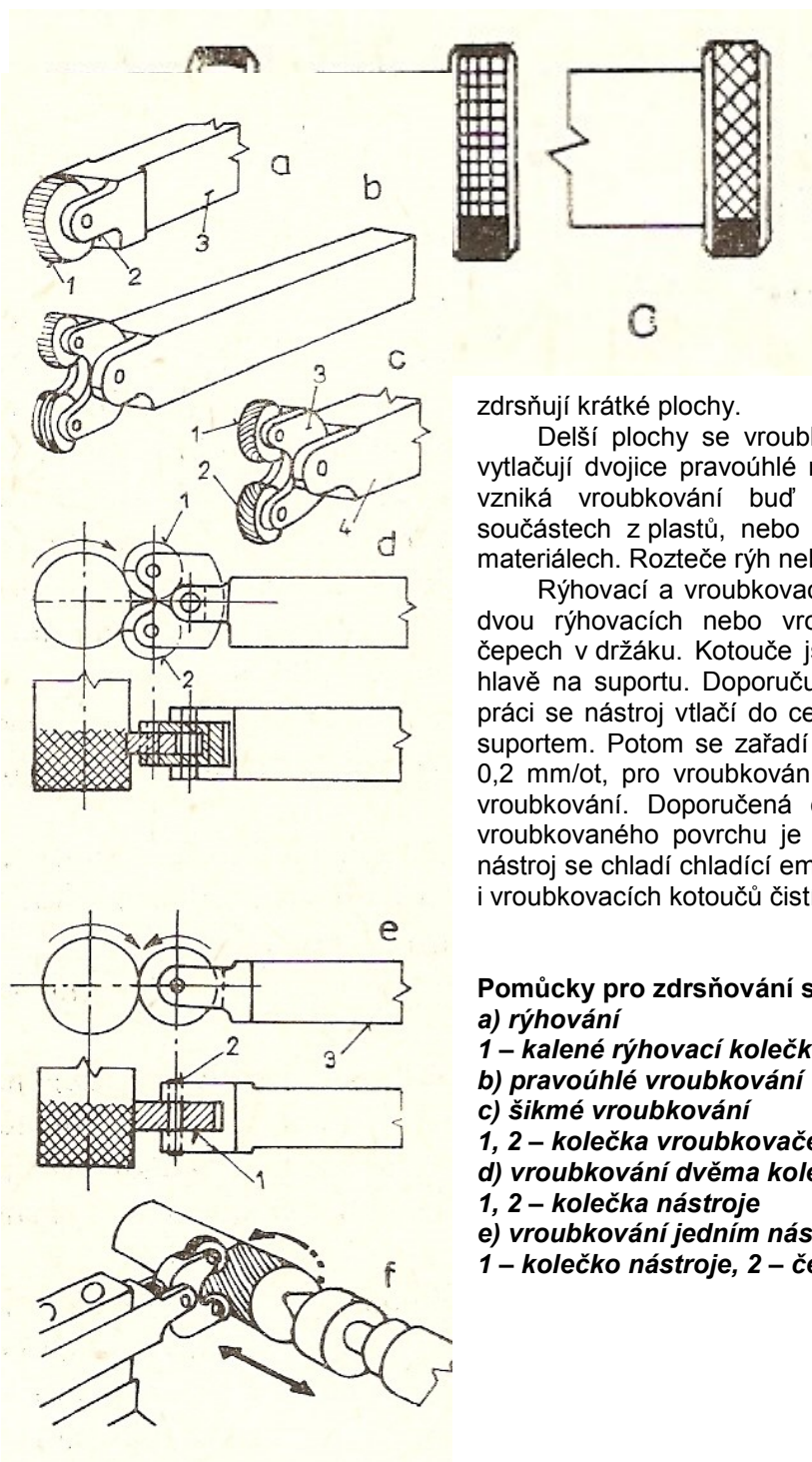
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Při zaškrabávání vnějších ploch musí být škrabka podepřena, aby byl její pohyb přesný a aby se zachytil vznikající odpor zaškrabávaného materiálu. Opora se nastavuje a upíná v nožové hlavě tak, aby škrabka položená na opoře byla v ose soustružení. Vzdálenost opory od zaškrabávaného povrchu má být co nejmenší, aby se škrabka nezasekávala a nemohla být vložena mezi oporu a obrobek. Trojhranná škrabka se při práci nepodpírá.

Nejhladší obrobené plochy se při zaškrabávání dosahuje malými řeznými rychlostmi.

7.4 Rýhování a vroubkování

Rýhováním a vroubkováním se vhodně zdrsňují válcové a jiné části držáků rukojetí některých měřidel a přístrojů, hlav matic, průbojníků apod. proto, aby se lépe držely nebo se zlepšil jejich vzhled povrchu.



Způsoby zdrsňování povrchu

a) rýhování, b) pravouhlé
vroubkování, c – šikmé
vroubkování

Rýhováním se na povrchu obrobku vytvářejí podélné drážky ve směru jeho osy. Takto se

zdrsňují krátké plochy.

Delší plochy se vroubkují, přičemž se do povrchu obrobku vytlačují dvojice pravouhlé nebo kosoúhlé se křížujícími rýhy. Tím vzniká vroubkování buď pravouhlé používané zejména na součástech z plastů, nebo kosoúhlé, které lze použít na všech materiálech. Rozteče rýh nebo vroubků jsou normalizované.

Rýhovací a vroubkovací nástroje se skládají z jednoho nebo dvou rýhovacích nebo vroubkovacích kotoučků uložených na čepech v držáku. Kotoučky jsou kalené. Držák se upíná v nožové hlavě na suportu. Doporučuje se upnutí pod úhlem 5° až 8°. Při práci se nástroj vtlačí do celé hloubky rýh nebo vroubků příčným suportem. Potom se zařadí strojový podélný posuv, pro rýhování 0,2 mm/ot, pro vroubkování posuv rovnající se polovině rozteče vroubkování. Doporučená obvodová rychlost rýhovaného nebo vroubkovaného povrchu je 25 m/min ($v = 0,41$ m/s). Obrobek i nástroj se chladí chladicí emulzí. Během práce se zuby rýhovacích i vroubkovacích kotoučů čistí drátěným kartáčem.

Pomůcky pro zdrsňování soustruženého povrchu

a) rýhování

1 – kalené rýhovací kolečko, 2 – čep, 3 – držák

b) pravouhlé vroubkování

c) šikmé vroubkování

1, 2 – kolečka vroubkače, 3 – výkyvná část, 4 – držák

d) vroubkování dvěma kolečky

1, 2 – kolečka nástroje

e) vroubkování jedním nástrojem

1 – kolečko nástroje, 2 – čep, 3 – držák



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

f) upnutí obrobku při vroubkování, pohyby obrobku a nástroje

Jakost zdršňované plochy závisí na správném uložení a upnutí nástroje. Rýhovač s jedním kotoučem se nastavuje tak, aby osa kotouče byla v ose soustružení a aby s ní byla zároveň rovnoběžná.

Vroubkovač s dvěma kotouči se nastavuje tak, aby osa čepu výkyvné části držáku byla v ose soustružení.

Postup práce závisí na délce zdršňované plochy. Plochy užší než šířka rýhovacího kotouče se zdršňují při příčném posuvu rýhovače nebo vroubkovače. Zuby rýhovacího kotouče se při malém ručním posuvu postupně zatlačují do povrchu obrobku a nakonec se vytvoří drážky nebo vroubky s plným profilem.

Široké plochy se vroubkují při podélném posuvu vroubkovače. Začátek vroubkování je stejný jako při zdršňování úzkých ploch. Jakmile se vytvoří vroubky s plným profilem, zapne se strojový posuv a vroubkuje se celá plocha. Při pravoúhlém vroubkování se posuv rovná rozteči zubů rýhovacího kotouče. Při kosoúhlém vroubkování je posuv větší než rozteč zubů a volí se zkusmo podle předem zjištěné vzdálenosti vytvořených vroubků rovnoběžně s osou obrobků. Případná chyby projevující se přeřezáváním vroubků se odstraní buď zvětšením, nebo zmenšením posuvu.

Vroubkování s větší roztečí a vroubkování velmi pevných a tvrdých materiálů se provádí na několik záběrů, přičemž lze využít i zpětný posuv suportu.

Kontrolní otázky

Hlava šroubu s přímým ryhováním o $\varnothing$ 40 mm a šířce 12 mm má šroub z oceli 11 500.

1. Popište přípravu hlavy šroubu před rýhováním.
2. Jaká má být rozteč zubů příslušných rýhovacích kotoučů (viz. ČSN 01 4930)?
3. Popište konstrukci tohoto nástroje a vysvětlete jeho uložení a upnutí na suportu.
4. Uveďte a zdůvodněte postup práce a volbu řezných podmínek při rýhování hlavy šroubu.

8 Výroba závitů

Závity se používají ve strojírenství jako nejběžnější rozebíratelné spojení součástí i jako pohybové elementy.

Řezání závitů je obrábění vnějších nebo vnitřních šroubových ploch tvarovým nástrojem.

Některé závity, zejména u šroubů pro měřicí účely, vyžadují dodržování úzkých rozměrových tolerancí a vysokou jakost povrchu. Výroba takových šroubů je velmi náročná. Vzhledem ke značnému objemu vyráběných závitů jsou neustále vyvíjeny nové metody snižující pracnost výroby.

Podle toho, je-li závit vytvořen na šroubu nebo v matici, dělí se na **vnější a vnitřní závity**.

Závity se řezou ručně, hlavně opravárenství a v kusové výrobě, většinou se však obrábějí strojně soustružením, frézováním, broušením a pomocí strojních závitníků a závitových čelistí. Stále častěji se závity vyrábějí tvářením kruhovými a plochými tvářecími čelistmi a tvářecími závitníky. Takto vyrobené závity mají vysokou kvalitu a dobré mechanické vlastnosti.

Při řezání závitů na **soustruhu** získává řezný nástroj upnutý na nožových saních posuv od vodícího šroubu. Ten je poháněn od pracovního vřetene přes soukolí vratného ústrojí a výměnná kola.

Příklad:

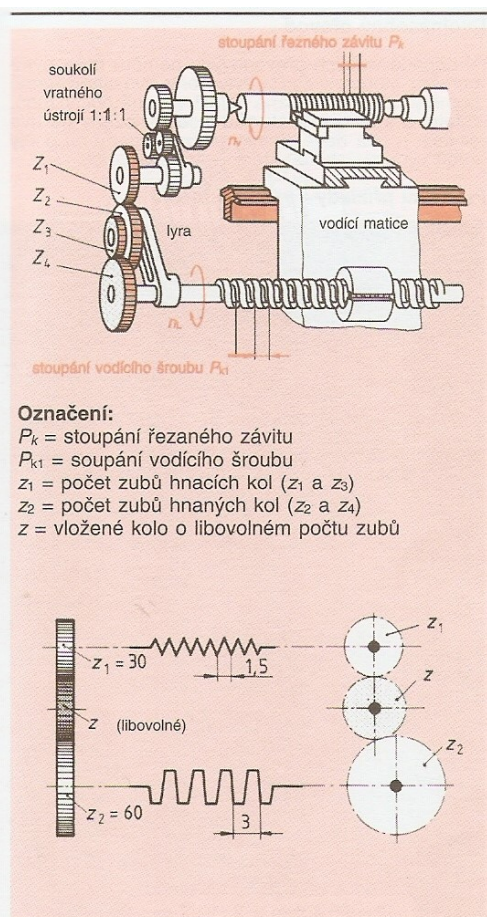
Na soustruhu se stoupáním vodícího šroubu $P_{k1} = 3$ mm má být vyřezán závit M 10 se stoupáním závitu $P_k = 1,5$ mm.

Úvaha:

Posuv s nožových saní podélného suportu se musí rovnat při jedné otáčce součásti stoupání řezaného závitu $P_k = 1,5$ mm. Při jedné otáčce vodícího šroubu je posuv s roven stoupání vodícího šroubu $P_{k1} = 3$ mm. Jestliže má být posuv $s = 1,5$ mm, musí tedy vykonat pracovní vřeteno na jednu otáčku vodícího šroubu dvě otáčky:

$$n_v = 2 n_s \text{ nebo } n_v : n_s = 2 : 1$$

Otáčky n_v pracovního vřetene se mají k otáčkám n_s vodícího šroubu v poměru $2 : 1$ nebo $P_{k1} : P_k$.



Označení:

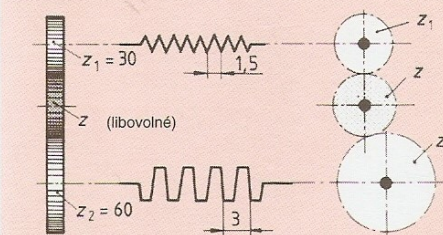
P_k = stoupání řezaného závitu

P_{k1} = stoupání vodícího šroubu

z_1 = počet zubů hnacích kol (z_1 a z_3)

z_2 = počet zubů hnacích kol (z_2 a z_4)

z = vložené kolo o libovolném počtu zubů



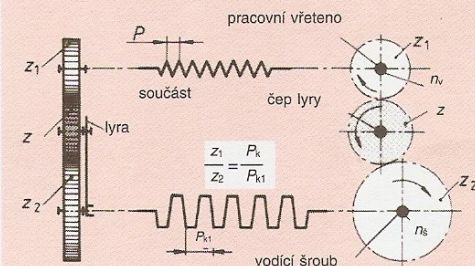
Jednoduchý převod

Základní vzorec:

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{P_k}{P_{k1}}$$

Zkouška stoupání:

$$P = \frac{z_1}{z_2} \cdot P_{k1}$$



Normální sada výměnných kol

z = 20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
80	85	90	95	(97)	100	105	110	115	120	125	127

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzhledem k tomu, že se počty zubů výměnných kol chovají opačně než otáčky, vyplývá z tohoto poznatku základní vzorec pro výpočet výměnných kol v případě jednoduchého převodu:

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{P_k}{P_{k1}}$$

$$z_1 : z_2 = n_s : n_v = P_k : P_{k1}$$

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{P_k}{P_{k1}}$$

Počet zubů hnacího kola z_1 se má k počtu zubů hnacího kola z_2 jako stoupání závitů P_k ke stoupání vodícího šroubu P_{k1} .

Lože soustruhu odpovídá v základním vzorci zlomkové čáře.

Pracovní příklad – vzorové řešení

Zadání: $P_k = 1,5 \text{ mm}$, $P_{k1} = 3 \text{ mm}$

Úkol: $z_1 : z_2$

$$z_1/z_2 = 3/6 = 30/60 = \underline{30/60} = z_1/z_2$$

Zkouška stoupání: $P_k = z_1/z_2 \cdot P_{k1} = 30/60 \cdot 3 \text{ mm}$
 $\underline{P_k = 1,5 \text{ mm}}$

Výsledek: Hnací kolo má 30 zubů, hnané kolo má 60 zubů.

$$\underline{z_1 = 30} \quad \underline{z_2 = 60}$$

Obě kola je třeba propojit libovolným (dostatečně velkým) vloženým kolem.

Dvojnásobný převod

V případě velkých převodových poměrů musí být z poměru stoupání $P_k : P_{k1}$ vytvořeny dva samostatné poměry, aby bylo možné najít vhodné počty zubů. Čítec a jmenovatel zlomku jsou rozloženy na dva činitele a oba nové zlomky jsou rozšířeny na počty zubů výměnných kol, které jsou k dispozici.

Pracovní příklady – vzorové řešení

Příklad 1:

$P_k = 1,5 \text{ mm}$, $P_{k1} = 12 \text{ mm}$

Řešení: $z_1 : z_2 = P_k : P_{k1} = 1,5 : 12 = \underline{15 : 120} = z_1 : z_2$

Kolo s 15 zuby není k dispozici, poměr stoupání $15 : 120 = 1 : 8$ musí být tedy rozložen:

$$z_1 : z_2 = 1 : 8 = (1 : 2) \cdot (1 : 4) = \underline{(40 : 80) \cdot (30 : 120)} = \underline{(z_1 : z_2) \cdot (z_3 : z_4)}$$

Výměnná kola lze pouze tehdy nasadit, je-li $z_1 + z_2$ větší než $z_3 + 15$ a $z_3 + z_4$ je větší než $z_2 + 16$ (proč?)

Kontrola nasazení:

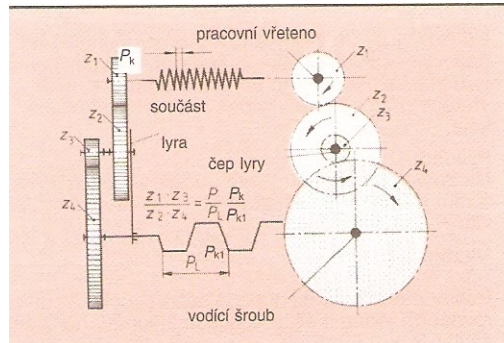
$$z_1 + z_2 = 49 + 80 = 120$$

$$z_3 + 15 = 30 + 15 = 45$$

$$\underline{z_1 + z_2 > z_3 + 15}$$

$$z_3 + z_4 = 30 + 120 = 150$$

$$z_2 + 16 = 80 + 16 = 96$$



Dvoustupňový převod

Základní vzorec:

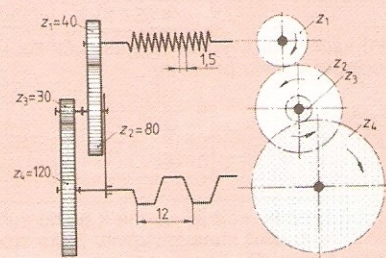
$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{P_k}{P_{k1}} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

Kontrola nasazení:

$$\begin{aligned} z_1 + z_2 &> z_3 + 15 \\ z_3 + z_4 &> z_2 + 15 \end{aligned}$$

Kontrola stoupání

$$P_k = \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} \cdot P_{k1}$$



Palcové závity

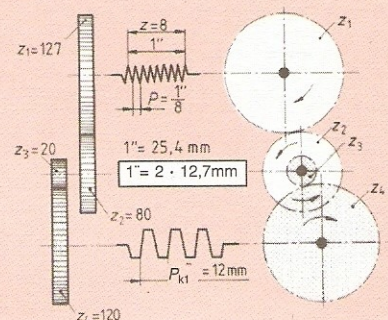
Stoupání závitu dosadit v mm

$$1'' = 25,4 \text{ mm}$$

$$1'' = 2 \cdot 12,7 \text{ mm}$$

Počet chodů na palec (inch) = n

$$\text{Stoupání } P_k = \frac{2 \cdot 12,7 \text{ mm}}{n}$$

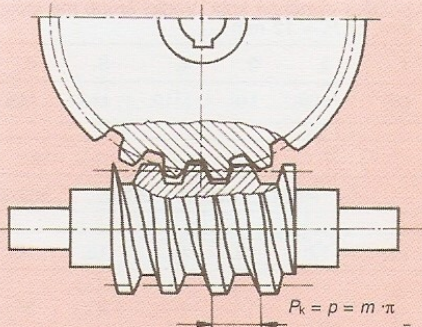


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

$$z_3 + z_4 > z_2 + 15$$

Kontrola stoupání: $P_k = (z_1 \cdot z_3) : (z_2 \cdot z_4) \cdot P_{k1}$

$$P_k = (40 \cdot 30) : (80 \cdot 120) \cdot 12 \text{ mm} = (1.1) : (2.4) \cdot 12 \text{ mm} = 1,5 \text{ mm} = P_k$$



Stoupání závitů pro modulový závit

jednochodý šnek:

$$P_k = m \cdot \pi$$

vícechodý šnek:

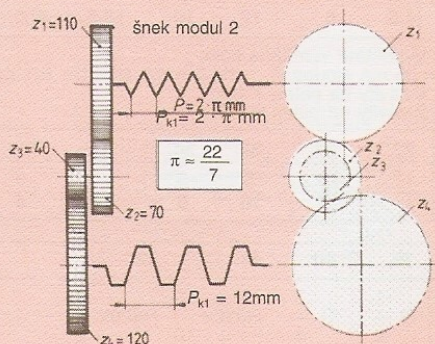
$$P_k = z \cdot m \cdot \pi$$

přibližná hodnota pro π :

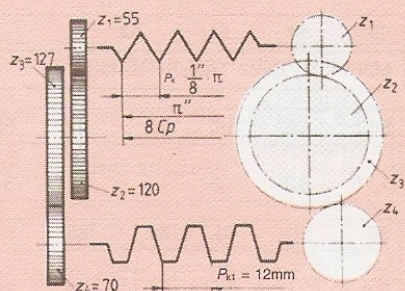
$$\pi \approx \frac{22}{7}$$

$$\pi = 3,14159$$

$$\pi \approx 22:7 = 3,142857$$



Modulový závit



Závit Diametral-Pitch

$$Dp = \frac{z}{d} \quad \left(\frac{1}{\text{palec}} \right) \quad Cp = \frac{\pi}{Dp} \quad (\text{palce})$$

$$\text{Stoupání } P_k = Cp = \frac{\pi}{Dp} = \frac{22}{7Dp}$$

$$1'' \cdot \pi = 25,4 \text{ mm} \cdot 22:7 = 79,82857 \text{ mm}$$

Výsledek:

$$\text{hnací kola: } z_1 = 40, z_3 = 30,$$

$$\text{hnaná kola: } z_2 = 80, z_4 = 120$$

V případě palcových závitů se stoupání přepočítává na mm.

$$1'' = 25,4 \text{ mm} = 2 \cdot 12,7 \text{ mm}$$

Příklad 2:

Má být vyřezán Whitworthův závit 1".

$$P_{k1} = 12 \text{ mm.}$$

$$\text{Zadání: } n = 8 \rightarrow P_k = 1'' : 8 = (2 \cdot 12,7) : 8, P_{k1} = 12 \text{ mm}$$

Řešení:

$$z_1 : z_2 = P_k : P_{k1} = (2 \cdot 12,7 \text{ mm}) : (8 \cdot 12 \text{ mm}) = (20 : 80) \cdot (127 : 120) = z_1/z_2 \cdot z_3/z_4$$

Pokud nejsou $z_1 + z_2$ větší než $z_3 + 15$, musí být z_1 a z_3 , z_2 a z_4 nebo oba zlomky vyměněny (poměr stoupání zůstává správný):

$$z_1/z_2 \cdot z_3/z_4 = 127/80 \cdot 20/120 \text{ (vyměněny } z_1 \text{ a } z_2)$$

Kontrola nasazení:

$$z_1 + z_2 = 207 > 35 = z_3 + 15$$

$$z_3 + z_4 = 140 > 95 = z_2 + 15$$

Kontrola stoupání:

$$P_k = (z_1 \cdot z_3) : (z_2 \cdot z_4) \cdot P_{k1}$$

$$P_k = (127 \cdot 20) : (80 \cdot 120) \cdot 12 \text{ mm} = (12,7 \cdot 2) : 8 = 1''/8 = P_k$$

Výsledek:

$$\text{Hnací kola: } z_1 = 127, z_3 = 20$$

$$\text{Hnaná kola: } z_2 = 80, z_4 = 120$$

Závit šneku

Šneky mají modulové stoupání: Pro jednochodé šneky platí:

$$\text{stoupání} = \text{rozteč kola} = \text{modul} \cdot \pi$$

Pro vícechodé šneky platí:

$$\text{stoupání} = \text{počet chodů } z \cdot \text{rozteč } p = z \cdot m \cdot \pi$$

Pracovní příklad – vzorové řešení

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Má se vysoustružit šnek o modulu 2.

Zad.: $m=2$ mm, tzn. $P_k = m \cdot \pi = \frac{2 \cdot 22}{7}$ mm, $P_{k1} = 12$ mm

Řeš.: $\frac{z_1}{z_g} = \frac{P_k}{P_{k1}} = \frac{2 \cdot 22 \text{ mm}}{7 \cdot 12 \text{ mm}} = \frac{4}{7} \cdot \frac{11}{12} = \frac{40}{70} \cdot \frac{110}{120} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$

$40 + 70 < 110 + 15$; je tedy nutné provést přestavení:

$\frac{z_1}{z_g} = \frac{110}{70} \cdot \frac{40}{120} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$ (z_1 a z_3 vyměněny)

Kontrola nasazení: $z_1 + z_2 = 180 > 55 = z_3 + 15$

$z_3 + z_4 = 160 > 85 = z_2 + 15$

Kontrola stoupání: $P_k = \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} \cdot P_{k1}$

$P_k = \frac{110 \cdot 40}{70 \cdot 120} \cdot 12 \text{ mm} = \frac{11 \cdot 4}{7} \text{ mm} = \frac{22 \cdot 2}{7} \text{ mm} = 2 \cdot \pi \text{ mm}$

Výsledek: $z_1 = 110$, $z_3 = 40$, $z_2 = 70$, $z_4 = 120$

Podle toho je stoupání závitu šneku měreno v Circular Pitch = C_p = rozteč šnekového kola: $P_k = C_p$.

Shrnutí

Pracovní příklad – vzorové řešení

Závít Diametral Pitch

V zemích s palcovými mírami s označuje počet roztečí zubů na 1" roztečného průměru jako Diametral Pitch = D_p (srovnejte modul).

Základní vzorec:

$$\frac{z_1}{z_g} = \frac{P_k}{P_{k1}} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

Kontrola upnutí:

$$z_1 + z_2 > z_3 + 15$$

$$z_3 + z_4 > z_2 + 15$$

Kontrola stoupání:

$$P_k = \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} \cdot P_{k1}$$

1" = 2 · 12,7 mm

$\pi \approx 22 \cdot 7$

Základní pravidlo k zapamatování:

Napřed stanovit stoupání závitu (podle tabulek nebo závitových tabulek). Všechna stoupání dosazovat v mm. Pro všechny úlohy provést kontrolu nastavení stoupání.

Příklady řešení (zkráceně):

1. Vodící šroub má milimetrové stoupání

Úl. 1.b) Zadáno: $P_k = 1$ mm, $P_{k1} = 12$ mm

$$\frac{z_1}{z_g} = \frac{P_k}{P_{k1}} = \frac{1 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{3} = \frac{20}{80} \cdot \frac{30}{90} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

Úl. 11.a) Zadáno: $P_k = 1/11''$, $P_{k1} = 6$ mm

$$\frac{z_1}{z_g} = \frac{P_k}{P_{k1}} = \frac{2 \cdot 12,7}{11 \cdot 6} = \frac{4 \cdot 12,7}{11 \cdot 12} = \frac{40}{110} \cdot \frac{127}{120} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

Úl. 21.b) Zadáno:

$$P_k = 1,25 \text{ mm} \cdot \pi = \frac{1,25 \cdot 22}{7} \text{ mm}, P_{k1} = 12 \text{ mm}$$

$$\frac{z_1}{z_g} = \frac{P_k}{P_{k1}} = \frac{1,25 \cdot 22}{7 \cdot 12} = \frac{2,5 \cdot 11}{7 \cdot 12} = \frac{110}{70} \cdot \frac{25}{120} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

Úl. 27.a) Zadáno: $P_k = \frac{1}{4,5} \cdot \pi = \frac{2 \cdot 12,7 \cdot 22}{4,5 \cdot 7} \text{ mm}$,

$P_{k1} = 6$ mm

$$\frac{z_1}{z_g} = \frac{P_k}{P_{k1}} = \frac{2 \cdot 12,7 \cdot 22}{4,5 \cdot 7 \cdot 6} = \frac{12,7 \cdot 22}{4,5 \cdot 21} = \frac{127}{45} \cdot \frac{110}{105} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

2. Vodící šroub má stoupání v palcích

Úl. 33.a) $P_k = \frac{1''}{20} = \frac{2 \cdot 12,7}{20} \text{ mm}$, $P_{k1} = \frac{1''}{4} = \frac{2 \cdot 12,7}{4} \text{ mm}$

$$\frac{z_1}{z_g} = \frac{P_k}{P_{k1}} = \frac{2 \cdot 12,7}{20} = \frac{4}{2 \cdot 12,7} = \frac{4}{20} \cdot \frac{20}{100} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \quad (+z)$$

Úl. 43.b) Zadáno: $P_k = 0,7$ mm, $P_{k1} = 1/2'' = 12,7$ mm

$$\frac{z_1}{z_g} = \frac{P_k}{P_{k1}} = \frac{0,7}{12,7} = \frac{0,7 \cdot 2}{2 \cdot 12,7} = \frac{35}{100} \cdot \frac{20}{127} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

Úl. 53.a) $P_k = 1,75 \text{ mm} \cdot \pi = \frac{1,75 \cdot 22}{7} \text{ mm}$, $P_{k1} = \frac{2 \cdot 12,7}{4} \text{ mm}$

$$\frac{z_1}{z_g} = \frac{P_k}{P_{k1}} = \frac{1,75 \cdot 22}{7} \cdot \frac{4}{2 \cdot 12,7} = \frac{11}{12,7} = \frac{110}{127} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \quad (+z)$$

Úl. 59.b) $P_k = \frac{1''}{2,5} \cdot \pi = \frac{2 \cdot 12,7 \cdot 22}{2,5 \cdot 7} \text{ mm}$,

$P_{k1} = 12,7$ mm

$$\frac{z_1}{z_g} = \frac{P_k}{P_{k1}} = \frac{2 \cdot 12,7 \cdot 22}{2,5 \cdot 7 \cdot 12,7} = \frac{4 \cdot 11}{2,5 \cdot 7} = \frac{80}{50} \cdot \frac{110}{70} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Má se vysoustružit jednochodý šnek s $8Dp$.

Zad.: $Dp = \frac{8}{1''}$, tzn. $P_k = Cp = \frac{1''}{9} \cdot \pi$, $P_{k1} = 12 \text{ mm}$

Řeš.: $\frac{z_1}{z_2} = \frac{P_k}{P_{k1}} = \frac{1'' \cdot \pi}{8 \cdot 12 \text{ mm}} = \frac{2 \cdot 12,7 \text{ mm} \cdot 22}{8 \cdot 12 \text{ mm} \cdot 7} = \frac{12,7 \cdot 11}{2 \cdot 12 \cdot 7}$

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{12,7 \cdot 11}{12 \cdot 14} = \frac{127}{120} \cdot \frac{55}{70} = \frac{55}{120} \cdot \frac{127}{70} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

Kontrola nastavení $z_1 + z_2 = 175 > 142 = z_3 + 15$

$$z_3 + z_4 = 197 > 135 = z_2 + 15$$

Kontrola stoupání: $P_k = \frac{z_1 + z_3}{z_2 + z_4} \cdot P_{k1} = \frac{55 \cdot 127}{14} \cdot 12 \text{ mm}$

$$P_k = \frac{55 \cdot 12,7}{70} \text{ mm} = \frac{11 \cdot 12,7}{14} \text{ mm} = \frac{22}{7} \cdot \frac{25,4}{8} \text{ mm} = \pi \cdot \frac{1''}{8}$$

$$\text{nebo } P_k = \frac{11 \cdot 12,7}{14} \text{ mm} = 9,97857 \text{ mm} = \frac{1''}{8} \cdot \pi$$

Výsledek: $z_1 = 55$, $z_3 = 127$, $z_2 = 120$, $z_4 = 70$

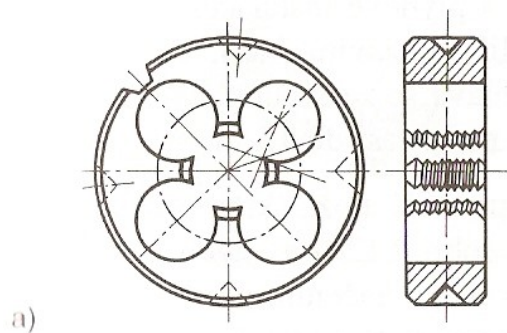
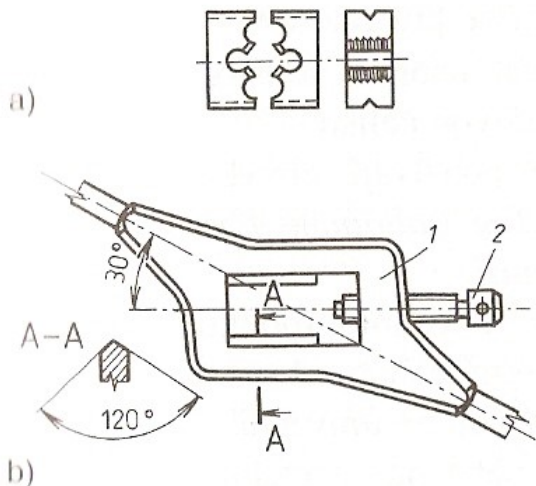
se musí závit vyhrubovat, např. na soustruhu, a načisto ho pak lze teprve dokončit kruhovou závitovou

čelistí.

Dělená závitová čelist s vratidlem

a) čelist, b) vratidlo

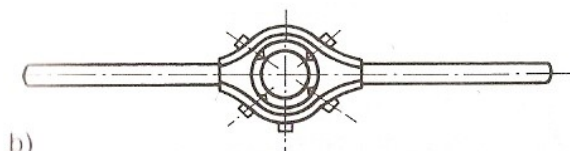
1 – těleso, 2 – stavěcí šroub



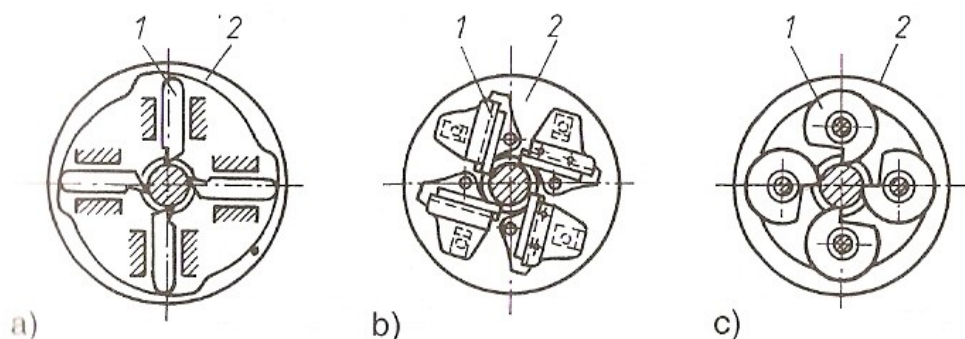
Kruhová závitová čelist s vratidlem

a) kruhová závitová čelist

b) vratidlo



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Závitořezné hlavy
a) radiální (1 –
prismatické
radiální nože, 2 –
těleso s vnitřní
vačkou)
b) tangenciální (1 –
prismatické
tangenciální nože,
2 – těleso)
c) kotoučové (1 –
kotoučové nože, 2 –
těleso)

- **Závitořezné hlavy** se obvykle používají na řezání vnějších závitů. Vyrábějí se s **prismatickými radiálními noži, prismatickými tangenciálními noži a kotoučovými noži.**

Výroba závitů závitořeznými hlavami je velmi produktivní. Řezání závitů se provádí postupným přibližováním čelisti až do jmenovitého průměru závitu. Závitořezné hlavy se používají na univerzálních, revolverových nebo automatických soustruzích, nebo na speciálních závitořezcích. **Ruční závitořezné hlavy** se používají zejména k řezání závitů na koncích trubek pro vodovodní a plynové instalace. Závitořezné hlavy se vyrábějí do velikosti závitu M 64. Po doříznutí závitu se čelisti rozevrou a závitořezná hlava se ze šroubu stáhne. **Řezné rychlosti** se používají do 15 m/min.

8.2 Řezání závitů na soustruhu

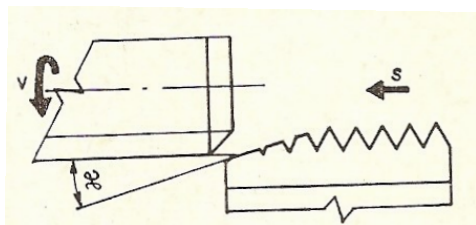
8.2.1 Řezání ostrých závitů

Řezání závitů na soustruhu se provádí noži, které mají profil závitové mezery. Závít se řeže postupně na několik záběrů.

Stoupání závitu je zajištěno převodem mezi otáčkami vřetene s obrobkem a otáčením posuvového šroubu soustruhu. Posuvový šroub zajišťuje větší přesnost stoupání závitu.

Závitové nože

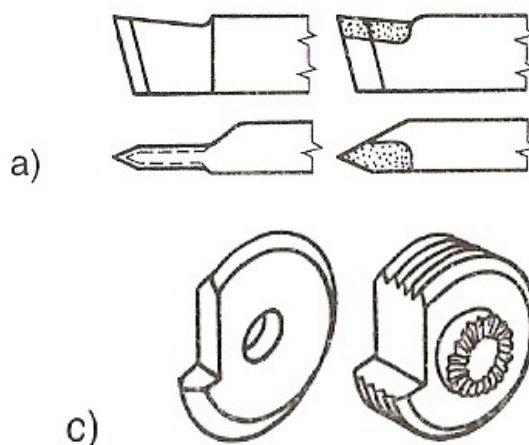
K soustružení závitů se používají závitové nože různých konstrukcí, jejichž tvar a velikost jsou normalizované.



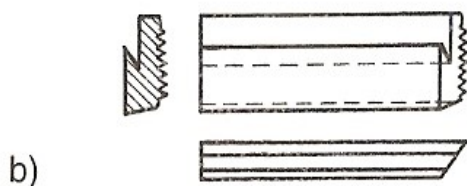
Řezání závitů hřebenovým nožem

Nože na řezání vnějších závitů

- a) radiální,
- b) tangenciální,
- c) kotoučové



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

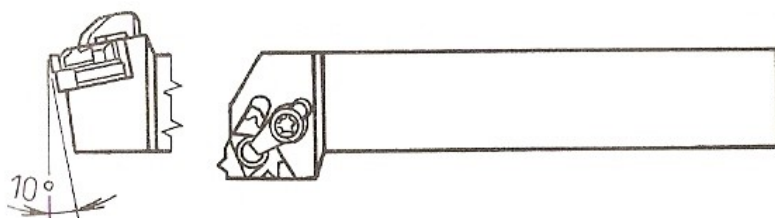


Podobně jako v závitorezných hlavách se používají radiální, tangenciální nebo kotoučové nože. Mohou být jednobřité nebo hřebenové (víceprofilové). Profily hřebenových nožů mají postupně se zvětšující výšku a umožňují vyříznutí závitů na jeden záběr.

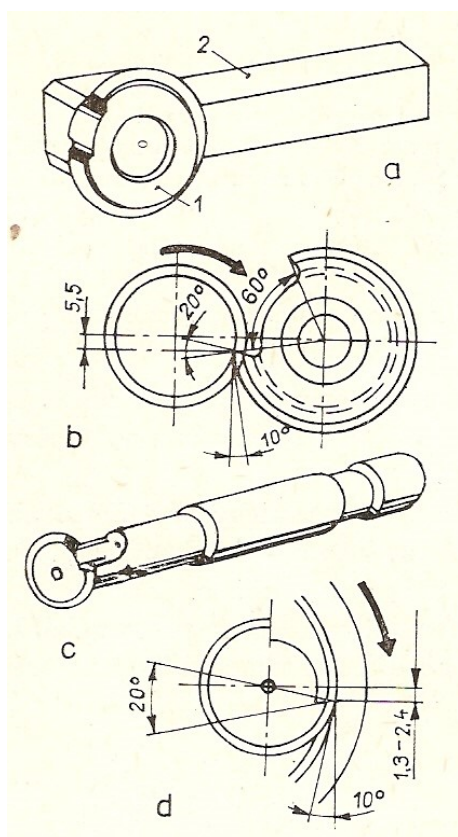
Na soustruhu lze řezat **metrické, Whitworthovy, lichoběžníkové, ploché a jiné závit**. Podle tvaru

závitů je třeba volit profil nástroje.

Pro nože z rychlořezné oceli se volí řezná rychlost 10 až 30 m/min pro hrubování a 20 až 60 m/min pro obrábění načisto. Při soustružení noží s břitů ze slinutých karbidů lze soustružit závit rychlostí asi do 160 m/min. Moderní nože s vyměnitelnými břitovými destičkami umožňují řezat závit rychlostí přes 200 m/min.



Nůž na řezání závitů s vyměnitelnou břitovou destičkou



Závitové nože

a) závitový kotoučový nůž

1 – nástrčný kotoučový nůž, 2 – držák

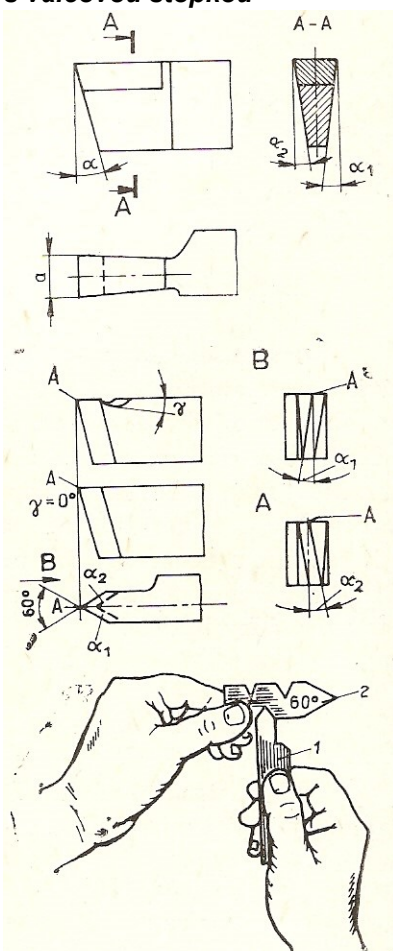
b) geometrie závitového kotoučového nože

c) závitový nůž s válcovou stopkou

d) geometrie závitového nože s válcovou stopkou

Soustružnické závitové nože uvádí ČSN 22 3300. Konstruují se s jedním nebo s několika profily, jež tvoří závitový hřeben.

Závitové nože na řezání vnějších závitů jsou pravé nebo levé. Nože s menším průřezem tělesa (do 12 x 120 mm) jsou celé z rychlořezné nástrojové oceli 19 800. Tělesa s větším průřezem jsou z konstrukční nelegované oceli 11 700 a k nim se přivaří řezná část RO zakalené a popuštěné na potřebnou tvrdost.



**Geometrie závitových nožů
a kontrola úhlu řezného klínu**

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Závitové nože se vyrábějí v průřezu čtvercovém, obdélníkovém nebo kruhovém a upínají se v držácích z konstrukční oceli.

K řezání vnitřních závitů se nejčastěji používají vnitřní závitové nože s obdélníkovým nebo kruhovým průřezem tělesa, na velké průměry i kotoučové závitové nože. Nejpřesněji se závit řeže kotoučovými nebo tangenciálními noži.

Volba řezné rychlosti

Materiál obrobku	Pevnost R_m (MPa)	Závitníky, závitové čelisti		Závitové nože	
		NO	RO	NO	RO
Konstrukční ocel	500 700	4 až 8 2 až 6	8 až 15 5 až 10	4 až 10 3 až 7	15 až 20 9 až 15
	700 900	2 až 5 2 až 5	4 až 8 4 až 8	2 až 3 1 až 3	5 až 8 4 až 7
Ocel na odlitky		2 až 6	5 až 10	2 až 3	5 až 7
Šedá litina	měkká	2 až 5	4 až 8	6 až 8	12 až 16
	tvrdá	1 až 3	2 až 5	3 až 5	8 až 12
Mosaz	křehká	6 až 8	8 až 16	12 až 18	20 až 30
	houževnatá	4 až 6	6 až 10	8 až 12	14 až 22
Bronz		6 až 8	8 až 12	6 až 12	12 až 25
Slitina hliníku		10 až 20	15 až 25	12 až 25	20 až 35

Na volbu řezné rychlosti má největší vliv materiál obrobku a řezný materiál závitového nože. Pro nepříznivý tvar a velké namáhání hrotu se volí řezné rychlosti o 1/2 až 2/3 menší než např. při soustružení vnějších válcových ploch.

Řezné rychlosti při řezání závitů

Prohlubování závitové drážky

Závitovým nožem nelze vyřezat závit najednou. Velký odpor obráběného materiálu a tlak vznikající třísky mohou závitový nůž poškodit. Proto se závit řeže na několik záběrů. Jejich počet závisí především na druhu obráběného materiálu, na hloubce soustruženého závitu a na kvalitě materiálu nože. Nejvhodnější počet potřebných záběrů při hrubování a hlazení ostrého závitu v oceli 11 600 nožem z RO je v tabulce. Při soustružení závitů v křehkých materiálech lze počet záběrů zmenšit o (10 až 15) %. Při soustružení závitů v pevnějších materiálech a při soustružení vnitřního závitu je třeba počet záběrů přiměřeně zvětšit.

Hloubka závitu (mm)		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10
Počet záběrů pro závit														
Ostrý	hrubování	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	18	20	22
	soustružení	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	5	5	5

Počet záběrů při soustružení vnějšího ostrého závitu v oceli pevnosti asi 600 MPa

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

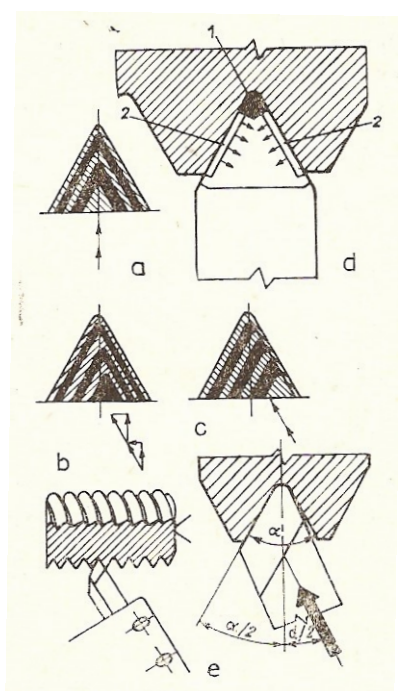
Řezné podmínky při řezání vnitřního metrického závitu nástroji z RO

Obrobitelnost materiálu 14 b, trvanlivost ostří nože 30 minut

Rychlost posuvu — hodnoty v tabulce odpovídají celostátnímu normativu											
Závit <i>d</i> (mm)	Hrubo- vání	Hlazení	Závit <i>d</i> (mm)	Hrubo- vání	Hlazení	Závit <i>d</i> (mm)	Hrubo- vání	Hlazení	Závit <i>d</i> (mm)	Hrubo- vání	Hlazení
	<i>v</i> (m . min ⁻¹)			<i>v</i> (m . min ⁻¹)			<i>v</i> (m . min ⁻¹)			<i>v</i> (m . min ⁻¹)	
16	9,1	6,3	42	12	6,6	80	15	6,3	140	14,3	4,4
20	11,3	6,9	48	13,5	6	90	14,2	5,6	160	12,5	4
24	11,3	6,8	56	12,5	5,6	100	15,7	6,3	200	15,7	5
30	11,8	6,8	64	14,3	6,4	110	13,8	5,5	220	13,8	5,5
36	12,5	7,1	72	14,3	5,8	125	15,7	6,3	250	15,7	6,3
Počet záběrů											
Rozteč <i>P</i> (mm)	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
Počet hrubova- cích třísek	4	4	6	7	7	8	8	9	9	10	12
Počet hladicích třísek	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5
Opravné součinitele pro změněné podmínky											
Trvanlivost	15	30	60	Lícování				Sh6	Sh8		
Součinitel	1,12	1	0,89	Součinitel hlazení				0,80	1,0		
Obrobitelnost	8b			9b	10b	11b	12b	13b	14b	15b	
Součinitel	0,32			0,4	0,5	0,63	0,80		1,0		

Závitový nůž pro jednotlivé záběry při prohlubování závitové drážky se přisouvá:

- příčným posuvem, nůž se pohybuje kolmo k ose obrobku,
- šikmým posuvem natočených nožových saní.



Prohlubování závitové drážky (žlábků)

a) příčným posuvem, b) příčným a podélným posuvem, c, e) šikmým posuvem, d) nejméně vhodným způsobem
1 – hrot nože, 2 – vrstvy třísky

Závit malého a středně velkého profilu v litině, bronzu, mosazi a lehkých neželezných kovech se prohlubuje při příčném posuvu nože. Stejně se soustruží závit menšího profilu v oceli. Tento způsob je však méně vhodný.

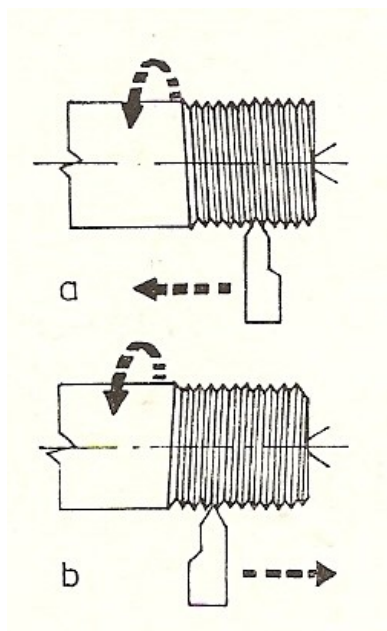
Nejllepší výsledky při prohlubování závitové drážky se dosáhnou tzv. rozcházením závitu. Závitový nůž se nastavuje do záběru příčným a podélným posuvem nože. U ostrých závitů se má podélné posunutí nože rovnat polovině příčného posunutí. Tím se dosáhne, že jen jedna část řezné hrany nože odřezává třísku většího průřezu, která může po čele nože dobře odcházet. Druhá část řezné hrany odřezává tenkou třísku. Velikost obou posuvů při hrubování se zvolí tak, aby byl průřez odřezávané třísky při každém záběru stejný. Proto pro každý následující záběr se má velikost obou posuvů přiměřeně zmenšovat. Poslední záběry při hlazení závitu se vykonávají při příčném posuvu nože.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hlubší závit se v sériové výrobě výhodně prohlubují při šikmém posouvání nožových saní. Přitom se nožové saně pootočí o úhel $90^\circ - \alpha/2$ (α je vrcholový úhel závitů).

Při šikmém prohlubování závitové drážky může mít závitový nůž menší vrcholový úhel než profil soustruženého závitu. Řezací schopnost tohoto nože lze zlepšit vybroušením žlábků podél hlavní řezné hrany.

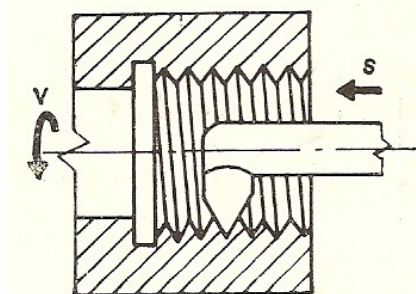
Pravý závit se soustruží při běžném způsobu otáčení vřetena a posuvu nože od koníka k vřeteníku. Při soustružení levého závitu je způsob otáčení vřetena běžný a nůž se posouvá od vřeteníku ke koníku. Levý závit se soustruží i při posuvu nože od koníka k vřeteníku. Potom je nůž upnutý čelem dolů a vřeteno se otáčí opačně než při běžném soustružení.



**Pohyb vřetene a nože při soustružení
pravého a levého závitu**

Řezání vnitřních závitů nožem

s – posuv (mm), v – rychlost (mm/s)



Posuv při soustružení levého závitu je stejný jako při soustružení pravého závitu. Při soustružení vnitřního závitu se postupuje stejně jako při soustružení vnějšího závitu, pouze se zvolí menší průřez třísky.

Měření a kontrola ostrých závitů se provádí:

1. Odměření stoupání závitů měřícím pravítkem, které se položí k obrobku rovnoběžně s jeho osou a určí se, kolik závitů je na délce 50 nebo 100 mm. Určená délka se dělí počtem závitů. Výsledek představuje stoupání závitu v mm.

2. Závitovými měrkami, na kterých jsou vyražená čísla určující stoupání závitů v mm.

a) zvolí se závitová měrka, která může odpovídat stoupání závitu na obrobku, a přiloží se na závitovou plochu,

b) dosedají-li zuby na závitové měrce těsně na profil závitu 1, stoupání závitu se rovná hodnotě vyznačené na měrce,

c) stoupání a střední průměr vnějšího závitu se zkontroluje kotoučovými kalibry,

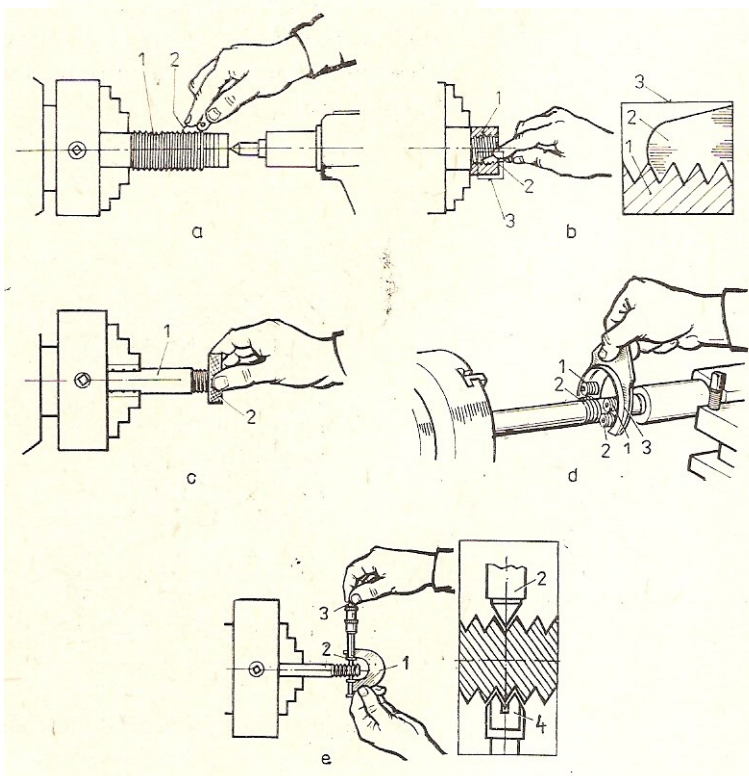
d) vnější závit (stoupání a střední průměr) se zkontroluje závitovým kalibrem

e) střední průměr vnějšího závitu se odměří závitovým mikrometrem.

Měření závitů

a) měření vnějších závitů závitovými měrkami

1 – obrobek, 2 – závitová šablona



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

b) měření vnitřního závitu závitovými měrkami

1 – obrobek, 2 – závitová šablona

c) kontrola vnějšího závitu kotoučovým kalibrem

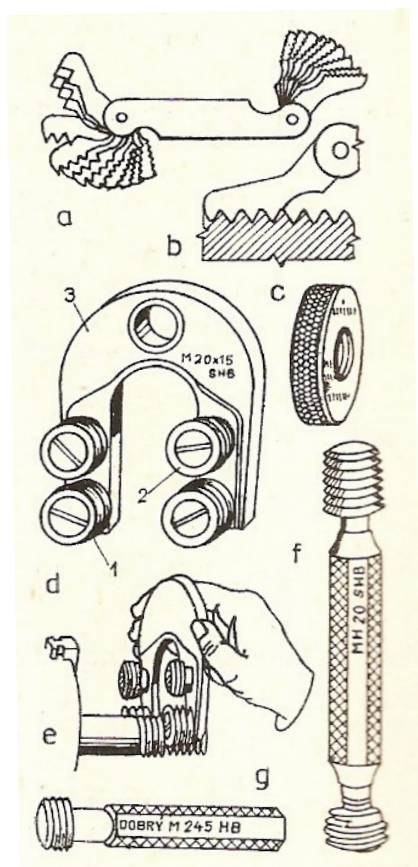
1 – obrobek, 2 – hraniční závitový kroužek,

d) kontrola vnějšího závitu závitovým kalibrem

1 – měřící válečky zmetkové strany, 2 – dobrá strana, 3 – třmen kalibru

e) kontrola závitu závitovým mikrometrem

1 – třmen, 2 – posuvný dotyk, 3 – řehtačka, 4 – pevný dotyk



Měřidla na kontrolu závitů

a), b) závitové šablony, c) mezní závitový kroužek, d – mezní závitový třmenový kalibr

1 – přední pár válečků, 2 – měřící válečky zmetkové strany, 3 – třmen kalibru

e) způsob kontroly, f) oboustranný mezní závitový válečkový kalibr pro měření vnitřních závitů, g) jednoduchý závitový kalibr

8.2.2 Soustružení speciálních závitů

Speciální závity se soustruží stejně jako ostré závity. Pracovní postup závisí především na velikosti profilu závitu, na materiálu obrobku a na druhu závitu (vnější nebo vnitřní).

Soustružení rovnoběžného lichoběžníkového závitu

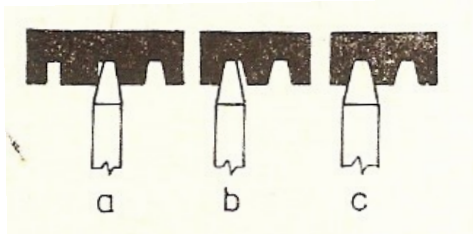
Rovnoměrný lichoběžníkový závit menšího profilu se soustruží tvarovým nožem. Závity většího profilu se hrubují vnějším zapichovacím nožem. Délku jeho hlavní řezné hrany l , která se teoreticky rovná horní základně lichoběžníkového závitu, musí soustružník vypočítat. Délka ostří nože

$$l = \frac{P_h}{2} - 2a,$$

kde P_h = je stoupání závitu, a – protilehlá odvěsna vzniklých trojúhelníků, kterou lze vypočítat nebo vyhledat v tabulce.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tuto délku řezné hrany je třeba změnit o 0,1 až 0,2 mm a podle toho naostřit zapichovací nůž.



Soustružení vnějšího rovnoramenného závitu a) hrubování závitu, b), c) dokončování a hlazení závitu

Závit se dokončí a vyhladí dvěma tvarovými noži. Dokončovací nůž má podél hlavní řezné hrany vybroušené utvářeče třísky, aby dobře soustružil boky závitu.

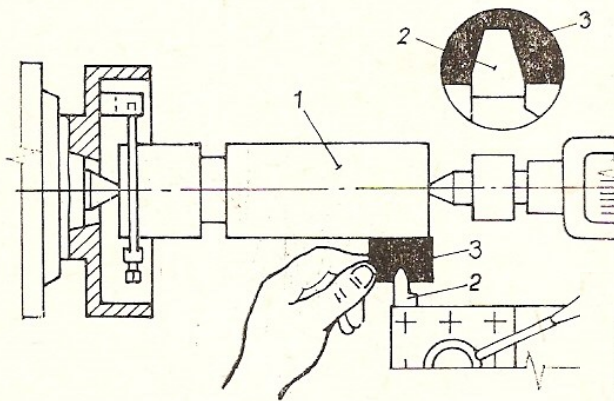
Rovnoramenný lichoběžníkový závit většího profilu se soustruží vnitřním zapichovacím a tvarovacím nožem. Profil soustruženého závitu se kontroluje šablonami a závity jako celek se kontrolují závitovými kalibry.

Velikost řezných úhlů závitových nožů se určuje stejně jako u ubíracích nožů. Pouze hladicí závitové nože musí mít úhel čela γ nulový, aby vysoustružený závit měl správný tvar. Všechny závitové nože se výškově nastavují do osy soustružení tj. kolmo k ose obrobku. Délka vyložení nožů musí být co nejmenší, aby se při práci co nejméně ohýbaly a chvěly, a musí být pevně upnuty.

Závitové nože se nejlépe ostří na speciálních nástrojových bruskách. K soustružení speciálních závitů se potřebné převody v převodovce nastavují podle tabulky pro metrický závit.

Řezání vnějšího rovnoramenného lichoběžníkového závitu se stoupáním 5 mm jedním nástrojem se provádí:

1. Obrodek se umístí mezi hroty. Musí se opracovat na vnější průměr vyráběného závitu s vysoustruženou drážkou určenou na výběh závitového nože (podle rozměru na výkresu).
2. Závitový nůž s lichoběžníkovým profilem na řezání závitu se stoupáním 5 mm se umístí a upne. Soustružnický nůž 2 na řezání lichoběžníkového závitu se předběžně umístí do držáku ve výšce hrotů soustruhu. K válcové ploše obrobku 1 se opře šablona 3, nástroj se vsune do drážky šablony kombinací příčného a podélného posuvu. Řezné hrany se musí bez průsvitu shodovat s výřezem šablony. Dokončí se upnutí nástroje.

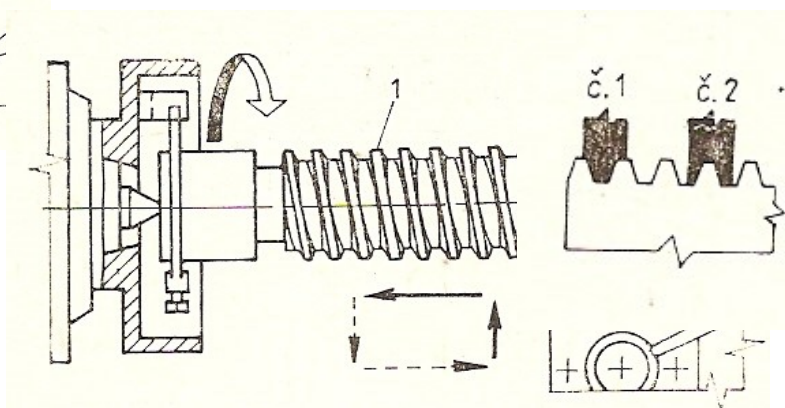


jedním nástrojem
1 – obrodek, 2 – nůž, 3 – šablona

Kontrola závitu

3. Stroj se nastaví na požadované parametry.
4. Při prvním záběru se zapne stroj a umístí nástroj 2 na požadovanou hloubku.
5. Nástroj se vysune z vysoustružené šroubovitě drážky a přesune se do výchozí polohy. Stupnice na kroužku u rukojeti příčných saní se nastaví na nulu.

Řezání trapézového závitu s roztečí do 5 mm



Postu při řezání trapézového závitu

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

6. Řezání lichoběžníkového závitu načisto. Nástrojem se provedou druhý, třetí a další záběry. Přisuv nástroje je při záběru druhého (0,4 až 0,2) mm, při třetím (0,3 až 0,1) mm, při čtvrtém (0,1 až 0,02) mm atd. Nástroj se přisouvá na požadovanou hloubku řezu v příčném směru, přisun se odečítá na stupnici kroužku u rukojeti příčných saní suportu, používá se chladicí kapalina.

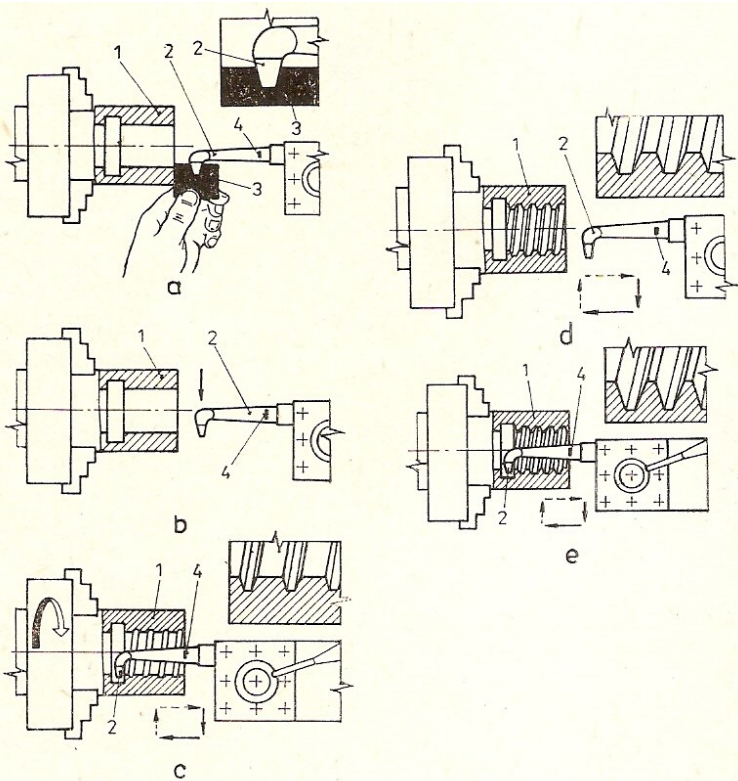
7. Vyrobený závit se zkontroluje šablonou nebo kalibrem.

Řezání vnitřního rovnoramenného lichoběžníkového závitu se provádí:

1. Díra obrobku se opracuje před řezáním závitu. Ustaví a upnou se obrobek a nástroje: vnitřní boční a drážkovací nůž, soustruží se čelo a předběžně se zvětší vyvrtaná díra, soustruží se drážka určená na výběh závitového nože.

2. Stroj se nastaví na požadované parametry (řezné podmínky) a zkontroluje se.

3. Závitový nůž na řezání vnitřního lichoběžníkového závitu se umístí a upne: závitový nůž 2 se předběžně nastaví do výšky hrotů soustruhu. Šablona 3 se přiloží k čelu obrobku 1 a poloha nástroje se upraví, aby jeho profilová hlava dosedla do lichoběžníkové drážky. Dokončí se upnutí nástroje. Na tělese nástroje se udělá křídou ryska vymezující délku díry měřenou od levého okraje hrany nástroje.



4. Nástroj se nastaví na požadovanou hloubku prvního záběru.

5. Proveďte se první záběr. Vnitřní lichoběžníkový závit se řeže na čisto: nástroj se přisouvá do záběru s přisuvem 0,2 až 0,02 mm. Udělají se záběry druhý, třetí atd. až do úplného vyřezání závitu. Používá se chladicí kapalina. Hotový závit se zkontroluje šablonou.

Řezání vnitřního trapézového závitu
1 – obrobek, 2 – nástroj, 3 – šablona,
4 – ryska,
a) až e) pracovní postup

Soustružení vícechodých závitů

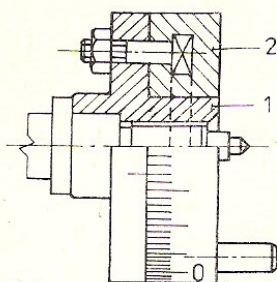
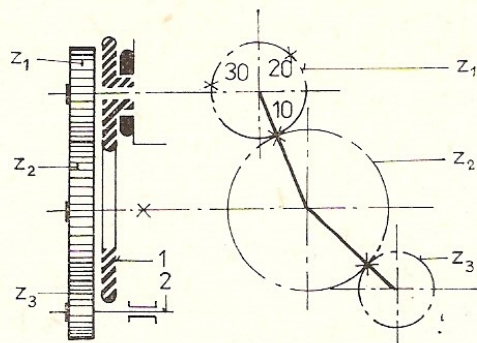
Při soustružení první závitové drážky se musí obrobek pootočením přemístit vzhledem k noži v klidové poloze stroje tak, aby druhá soustružená závitová drážka byla od první vzdálena na obvodu obrobku o $360^\circ : n$ (n je počet chodů). Podélným posunutím se nůž přemístí vzhledem k obrobku tak, aby se

osová vzdálenost mezi jednotlivými drážkami rovnala stoupání závitu.

$$P_h = \frac{s}{n}$$

Toho lze dosáhnout

a) pootočením obrobku o požadovaný úhel výměnnými ozubenými koly,



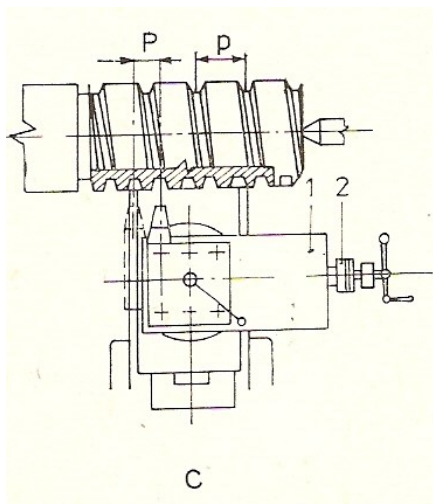
b) pootočením obrobku o požadovaný úhel zvláštní unášecí deskou,

c) podélným posunutím nože nožovými saněmi o rozteč závitu.

U výměnných ozubených kol je základním požadavkem aby

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

hnací kolo Z_1 bylo dělitelné počtem chodů soustruženého závitu. Po vysoustružení první závitové drážky se křídou označí záběr kol Z_1 , Z_2 , a Z_3 . Zároveň se dvěma dalšími značkami rozdělí celkový počet zubů z_1 na tři stejné díly (při soustružení např. trojchodého závitu z_1/n). Potom se vložené kolo Z_2 vysune ze záběru s koly



Soustružení vícechodých závitů

a) rozdělení obvodu obrobku podle počtu chodů závitů výměnnými ozubenými koly

1 – lyry, 2 – vodící šroub, Z_1 , Z_2 , Z_3 – výměnná ozubená kola,

b) speciální unášecí deska pro soustružení závitů

1, 2 – části unášecí desky

c) posunutí nože o stoupání závitu nožovými saněmi

1 – nožové saně, 2 – dělicí kroužek

Z_1 a Z_2 a pootočí se vřeteno s obrobkem o $360^\circ/n$ u kliky vodícího šroubu, až se kolo Z_1 otočí o 10 zubů a další označený zub (20) se bude shodovat se značkou vloženého kola Z_2 . Po nasunutí kola Z_2 do záběru s koly Z_1 a Z_3 se může soustružit druhá závitová drážka. Stejně se postupuje i při soustružení třetí závitové drážky.

Způsob rozdělování obrobku podle počtu chodů je nejpřesnější a lze ho vždy použít.

Řezná hrana závitových nožů na soustružení vícechodých závitů je velmi náročná. Nejpřesněji a nejrychleji se ostří na speciálních bruskách kopírovacím způsobem.

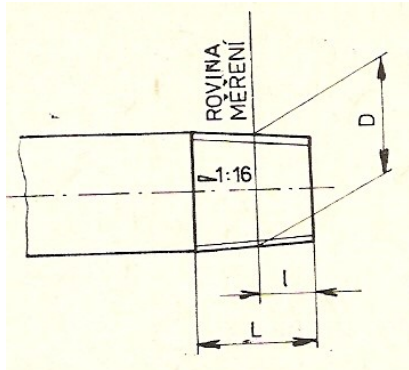
Produktivní metody soustružení závitů

- soustružení závitů noži ze slinutých karbidů,
- soustružení závitů několika noži najednou,
- soustružení závitů s využitím obou smyslů posuvu suportu,
- řezání závitů okružním způsobem.

8.3 Soustružení kuželového závitu

Kuželový zavit se řeže na kuželové ploše. Kuželové závity mají většinou trojúhelníkový profil. U nás je normalizován trubkový kuželový zavit s kuželovitostí $K = 1 : 16$. Označuje se značkou KG, ke které se připojuje světlost trubky v palcích, např. KG2“.

Kuželové závity se soustruží zejména na uzavíracích zátkách, např. u kalových výpustí kotlů. Dotážením zátky do závitu vypouštěcí díry se dosáhne dobrá těsnost závitu. Proto není nutné kuželový zavit těsnit. Vnější kuželové závity lze soustružit při příčném vysunutí koníku, nebo podle vodícího pravítka, kdy lze soustružit vnější i vnitřní kuželové závity. Takový zavit vysoustružený podle vodícího pravítka je nejlepší. Postupuje se při tom stejně jako při soustružení závitu na válcových plochách.



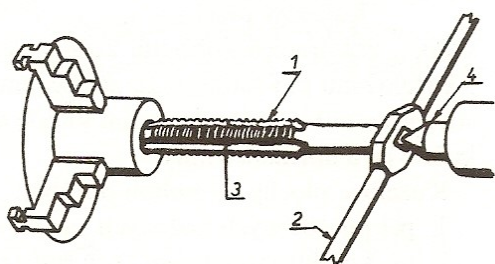
Trubkový kuželový zavit

9 Vnitřní závity

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vnitřní závity lze vyrábět na soustruhu pomocí závitníků. Závitník se nasadí řezným kuželem na počátek a upne se buď do vratidla (při ručním řezání) nebo do speciálního držáku upnutého v pinole koníku (při strojím řezání). Proti otáčení se zajistí vratidlem, které soustružník drží v ruce nebo je opře o nožové saně.

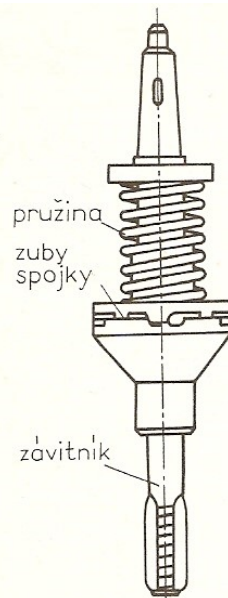
Závitníky se mohou také upínat do hlav s pojistnou zubovou spojkou a pružinou, snižujících nebezpečí zlomení závitníku při dořezávání.



Upínací hlavička na závitníky

Řezání vnitřních závitů na soustruhu

1 – vodící část závitníku, 2 – držák (vratidlo), 3 – zubová drážka, 4 – upínací hrot koníku



9.1 Nástroje

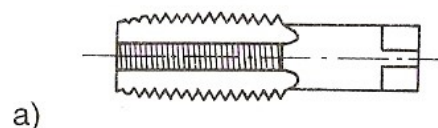
Závitník je v podstatě šroub, na kterém jsou vytvořeny několika drážkami bříty a řezný kužel. Drážky mohou být buď přímé nebo ve šroubovici. Drážky ve šroubovici usnadňují odvod třísek. Geometrie závitníku je dána tvarem drážek a tvarem řezného kuželu. Závitníky se většinou ostří talířovým brousícím kotoučem na čele (v drážce), nebo ve speciálním přípravku na hřbetě zubu na řezném kuželu.

Nejběžnější druhy závitníku jsou ruční, strojní, maticové a speciální.

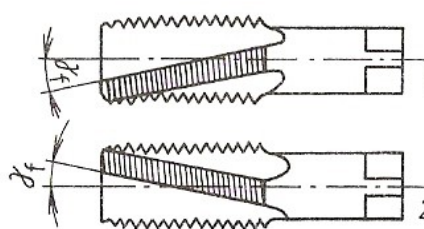
Závitník

a) s přímými drážkami, b) s drážkami ve šroubovici

1 – pravá šroubovice, 2 – levá šroubovice, γ_r – boční úhel čela

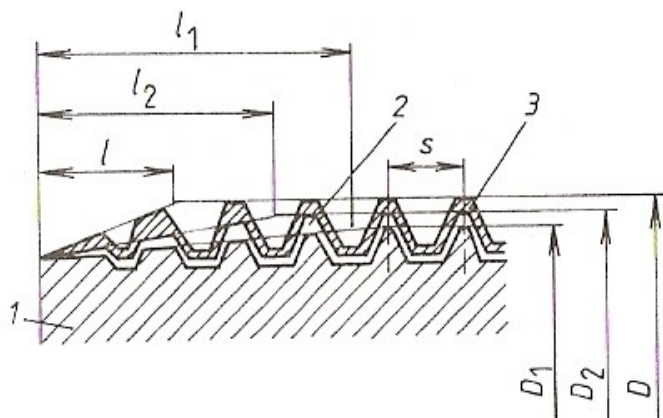


a)



b)

Ruční závitníky jsou obvykle sadové (dva až tři nástroje v sadě). Každý ze závitníků v sadě odebírá pouze část průřezu závitu. Tím se sníží potřebný točivý moment pro ruční řezání. Rozdělení průřezu závitu je vidět na obrázku. Řezný kužel je nejdelší u prvního a nejkratší (asi dva závity) u posledního závitníku v sadě.



Rozdělení odebírané třísky pro sadové závitníky

1 – první závitník,
2 – druhý závitník,
3 – třetí, dokončovací závitník,
s – stoupání závitu,
 $l_1 = 4s$, $l_2 = 2,5$ až $3s$, $l_3 = 1,25s$,
D – velký průměr závitu matice,

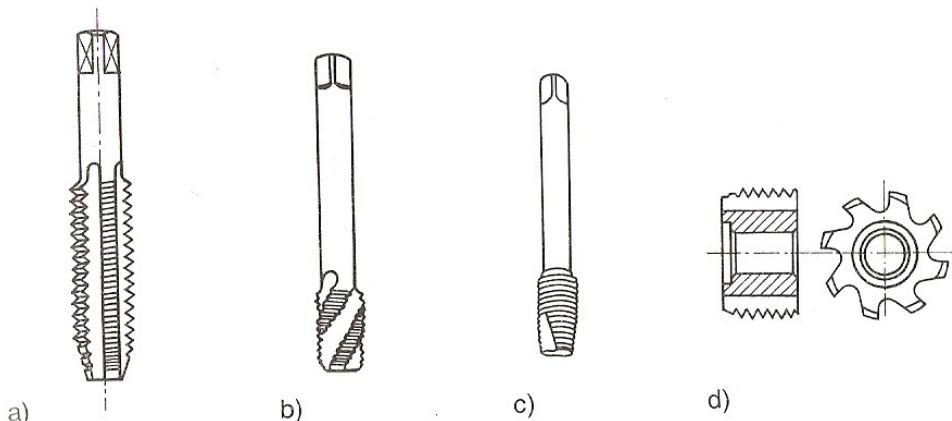
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

$$D_1 = D - 0,75s, D_2 = D - 0,35s$$

Vodící válcová část závitníku vede závitník v díře a je mírně kuželovitě zúžená směrem ke stopce, aby při řezání dalších závitů nevzrůstal příliš točivý moment. Stopka závitníku je zakončena čtyřhranem pro upnutí do vratidla.

Strojní závitník je pouze jeden a má krátký řezný kužel (3 až 4 stoupání závitů). Vyšší točivý moment při strojním řezání není na závadu a produktivita výroby je značně vysoká.

Strojní závitníky
a) s přímou drážkou,
b) se šroubovitou drážkou,
c) s neprůběžnou drážkou,
d) nástrčný



Závitníky s přímou drážkou se používají nejčastěji. U delších závitů tříška drážkou špatně

odchází a je výhodnější používat závitník se **šroubovitou drážkou**. Pokud je stoupání šroubovice opačné než je směr otáčení závitníku, je tříška tlačena dopředu. Závitníky s neprůběžnou drážkou mají vyšší pevnost v krutu a používají se pro řezání závitů v těžko obrobitelných materiálech. Tyto závitníky mají obvykle záporný úhel sklonu ostří a vznikající tříška je proto tlačena dopředu, ve směru posuvu závitníku. Takové závitníky se používají pro řezání závitů v krátkých průchozích dírách. Pro řezání závitů větších průměrů než M40 se používají **nástrčné závitníky**.

Maticové závitníky se používají pro řezání krátkých závitů do délky $1,5D$, zejména pro výrobu matic. Mají dlouhý řezný kužel i stopku, na kterou se hotové matice navlékají. Tyto závitníky se používají na speciálních strojích na výrobu matic.

Otázky a úkoly

1. Popište způsoby výroby vnitřních závitů.
2. Jaké nástroje se používají na výrobu vnitřních závitů?
3. Jak se určuje přesnost metrických závitů?

Použitá literatura

Driensky, D.; Fúrik, P.; Lehmannová, T.; Tomaides, J.; *Strojní obrábění I.*
Frischherz, Skop, Knourek; *Technologie zpracování kovů*
Driensky, D.; Lehmannová, T.; *Strojní obrábění II., Soustružení*
Příručka obrábění Pramet Tools

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Řezné podmínky při soustružení	1



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3 Požadavky na soustružnické nástroje – materiály, výroba, tepelné zpracování a ostření.....	10
3.1 Nože z rychlořezné nástrojové oceli	11
3.2 Nože ze slinutých karbidů	12
3.3 Povlakované slinuté karbidy	15
3.4 Keramické řezné materiály	15
3.5 Velmi tvrdé nástrojové materiály	16
3.6 Volba držáků s ohledem na způsob upnutí (příklad)	16
4 Soustružení kuželů	19
4.1 Řezné podmínky, měření a kontrola kuželových ploch	26
5 Soustružení tvarových ploch.....	27
5.1 Obrábění několika součástí s různými tvarovými povrchy	28
5.2 Soustružení vnější kulové plochy.....	28
5.3 Soustružení vnitřní kulové plochy.....	29
5.4 Soustružení tvarových ploch kopírovacím zařízením	29
5.5 Soustružení tvarovými noži	30
5.6 Podsoustružení	32
6 Vypichování	34
7 Dokončovací práce na soustruhu	37
7.1 Pilování obrobku na soustruhu	37
7.2 Leštění povrchu obrobku na soustruhu	38
7.3 Škrabání povrchu obrobku na soustruhu	38
7.4 Rýhování a vroubkování.....	39
8 Výroba závitů	41
8.1 Nástroje.....	45
8.2 Řezání závitů na soustruhu.....	46
8.2.1 Řezání ostrých závitů	46
8.2.2 Soustružení speciálních závitů	51
8.3 Soustružení kuželového závitu	54
9 Vnitřní závity	54
9.1 Nástroje	55
Použitá literatura	56
Obsah.....	56