



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Předmět:	Ročník:	Vytvořil:	Datum:
PRAXE	1. ročník	Alois Lasák	5.7.2013
Název zpracovaného celku:			
Základy strojního obrábění, praktické cvičení, postupy práce			

1 Úvod

Po celá staletí vyráběl člověk předměty ručně, to vedlo ke zdokonalení ručních nástrojů. Základními technologiemi bylo lití a kování, pro opracování se používaly pily, sekery, hoblíky, sekáče, kladiva, kleště, dláta, vrtáky, pilníky atd.

Samozřejmostí je, že lidé si snažili ulehčit práci a vymýšleli různé mechanismy a pak je využívali při stavbě různých obráběcích strojů. Vývoj byl dán zejména požadavky na přesnost, jakost práce a na zvyšování počtu vyrobených součástí.

Dochází s ohledem na kvalitu také k vývoji nových technologií, jako např. vyvrtávání, frézování, broušení v hrotech a taky k vývoji automaticky pracujících strojů.

Praxe ukázala, že k úspěchu ve strojírenství je nutná spolupráce konstruktéra s technologem, který navrhuje vhodné výrobní postupy, nástroje a stroje, kterými je možné vyrobit stroj nebo součást tak, aby dokonale plnily svoji funkci.

1.1 Rozdělení obráběcích strojů

Obráběcí stroje lze rozdělit podle:
způsobu obrábění,
stupně mechanizace a automatizace.

1.1.1 Rozdělení podle způsobu obrábění

- Stroje na dělení materiálu,
- Hoblovky a obrážecíky
- Protahovací a protlačovací stroje
- Soustruhy
- Vrtačky
- Frézky
- Stroje na výrobu závitů, ozubení a vaček
- Stroje na dokončovací operace a speciální metody obrábění.

1.1.2 Rozdělení podle stupně mechanizace a automatizace

Stroje s ruční manipulací nástroje – člověk vyměňuje a upíná nástroje ručně.

Stroje s ručním ovládáním – člověk zařízení řídí pákou nebo tlačítkem.

Stroje s automatickými úkony – ruční zásah obsluhy je kombinován s automatizovanými strojními úkony



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Poloautomatické stroje – obrábění i nastavování řezných podmínek se provádí v automatickém cyklu. Člověk zasahuje jen při upínání polotovaru, vyjmutí obrobku a spuštění cyklu obrábění.

Automatické stroje – jedná se o poloautomaty doplněné zařízením na samočinné odebrání obrobku a zásobníky polotovaru s pracovním cyklem plně automatizovaným

Automatické výrobní systémy – vykonávají automaticky větší počet strojních operací, probíhajících na několika strojích a zajišťují i dopravu mezi obráběcími centry.

1.1.3 Činitelé, které ovlivňují volbu obráběcího stroje

Na volbu stroje pro určitou operaci mají vliv následujícího činitelé:

- Rozměry pracovního prostoru stroje
- Druh obrábění (vrtání, soustružení, frézování atd.)
- Kinematické uspořádání stroje
- Rozsah řezných podmínek
- Skutečný výkon stroje
- Přesnost a tuhost stroje
- Stupeň složitosti a obtížnosti obsluhy stroje
- Stupeň využití pracovního času stroje (časové využití stroje)
- Cena stroje
- Specifické podmínky dané součástí, popř. strojem
- V hromadné nebo velkosériové výrobě je nutné ještě přihlížet k pracovnímu taktu a k výkonnosti stroje při dané operaci.

1.2 Funkční mechanismy obráběcích strojů

Mechanismy mohou být používány pro hlavní nebo vedlejší pohyb stroje.

1.2.1 Zařízení pro změnu rychlosti pohybu

Stroj musí dovolovat nastavení hospodárných řezných podmínek, které umožní efektivní využití nástroje i stroje. Základní pohyby pro obrábění jsou **rotační a přímočarý**. Přímý pohyb se obvykle odvozuje z rotačního pohybu. Změna rychlosti se většinou provádí tak, že se mění rychlost rotačního pohybu – mění se otáčky za jednotku času.

Pro změnu rychlosti rotačního pohybu se používají stupňovité převody nebo plynule regulovatelné převody.

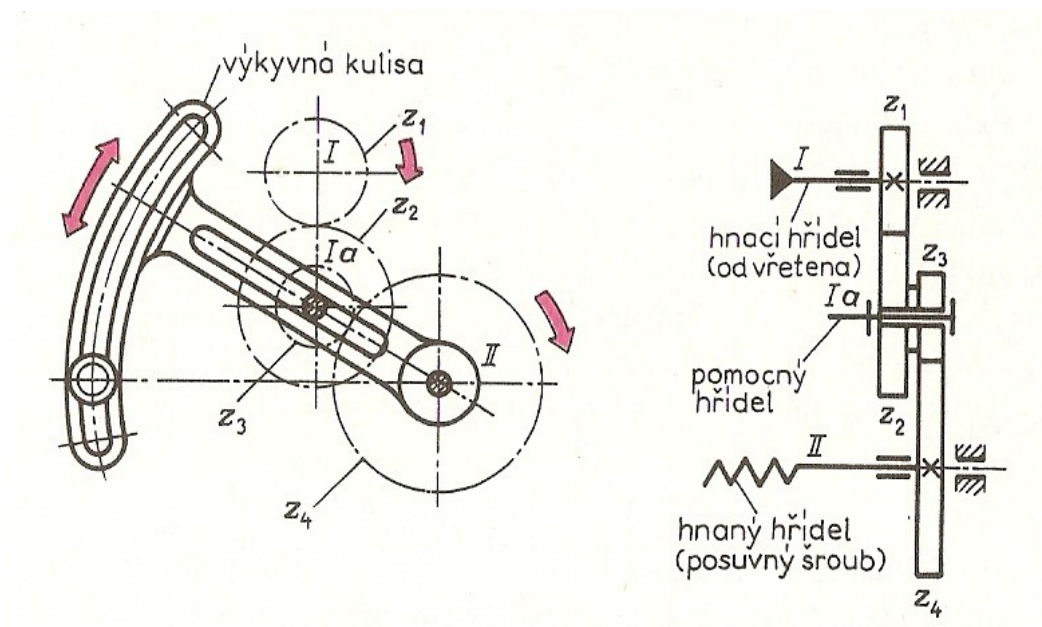
Stupňovité převody

Při stupňovité změně rychlosti otáčení se jednotlivé otáčky odstupňují podle geometrické řady. Změna otáček je možná:

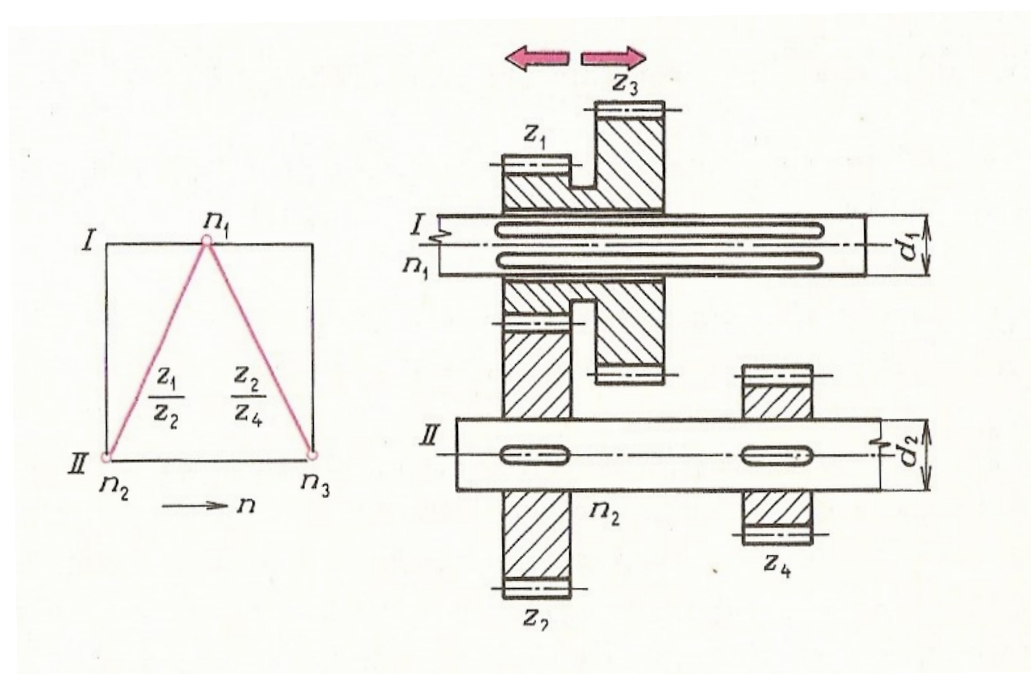
- Stupňovitými řemenicemi
- Výměnnými ozubenými koly
- Přesuvnými ozubenými koly
- Ozubenými koly s přesuvnými klíny
- Ozubenými koly a spojkami
- Přepínatelnými elektromotory
- Kombinací předchozích způsobů
- Hydraulicky, ovládnutím hydrogenerátorů nebo hydraulických odporů

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Schéma pohonu výměnnými koly pro posuv

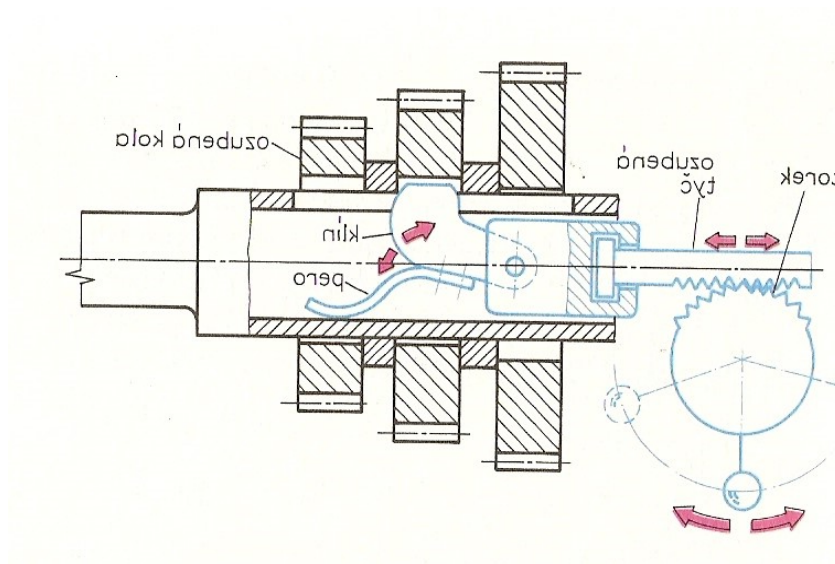


Přesuvná ozubená kola

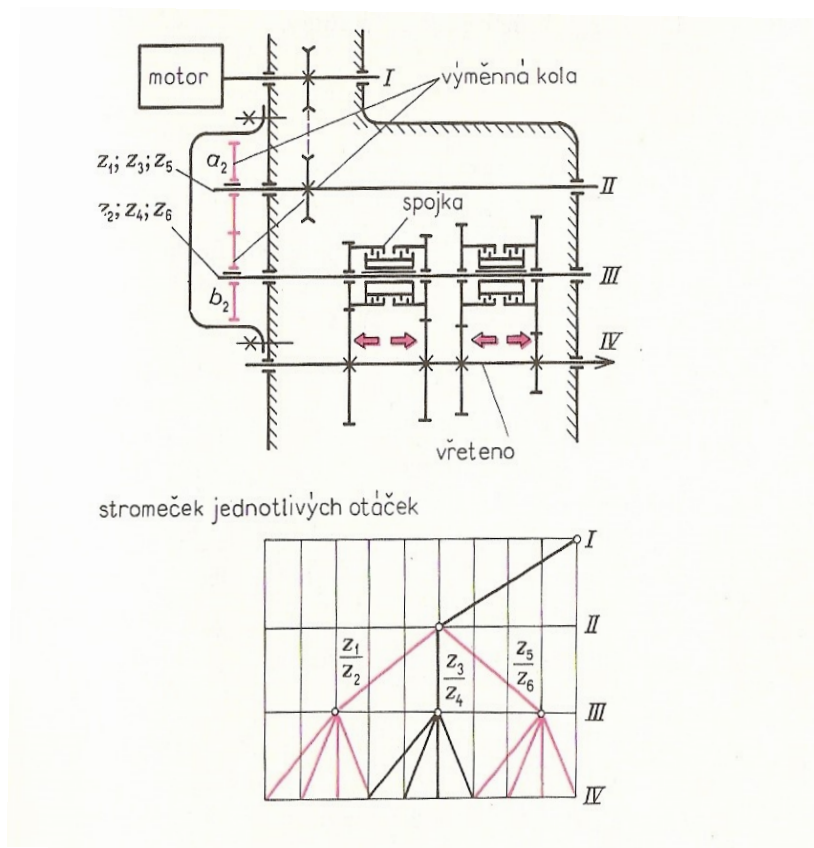


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pohon s přesuvným klínem



Pohon ozubenými koly se spojkami

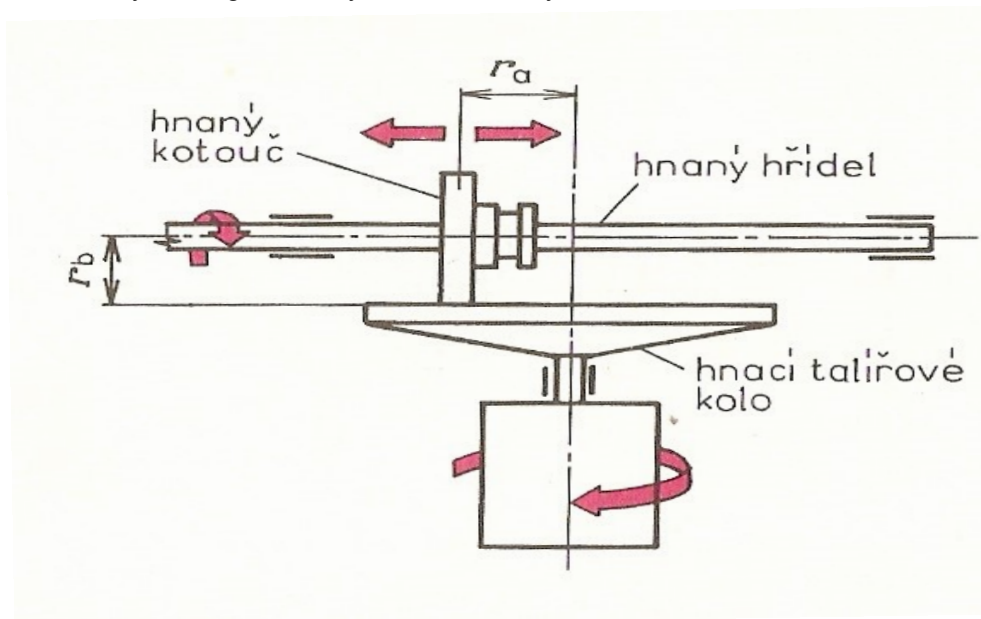


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Plynule regulovatelné převody

Plynulá změna otáček je možná třemi způsoby:

- Mechanickými převody
- Hydraulickými převody
- Plynule regulovatelnými elektromotory



Převod přestavitelným kotoučem talířovým kolem

1.2.2 Zařízení pro změnu smyslu pohybu

Elektricky lze změny smyslu pohybu provádět přepólováním motoru přepínačem. Výhodou je dostatečně velká rychlost reverzace, dobrá přesnost přepnutí smyslu otáček a možnost dálkového ovládání. Tento způsob reverzace není možno použít tam, kde jsou všechny funkční celky stroje poháněny jedním elektromotorem.

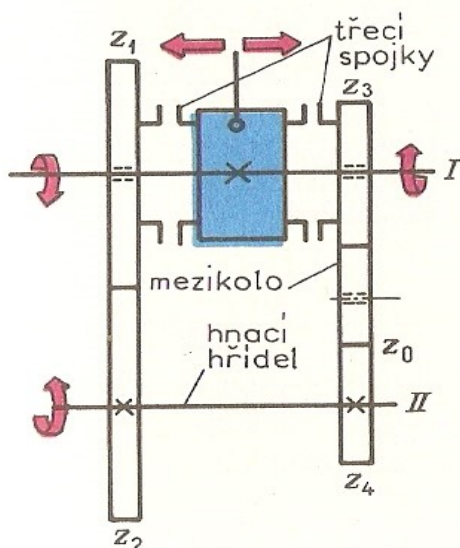
Pro změnu smyslu pohybu mechanickými prostředky se nejčastěji používají:

- Čelní ozubená kola a spojky
- Čelní ozubená kola a řetězová kola

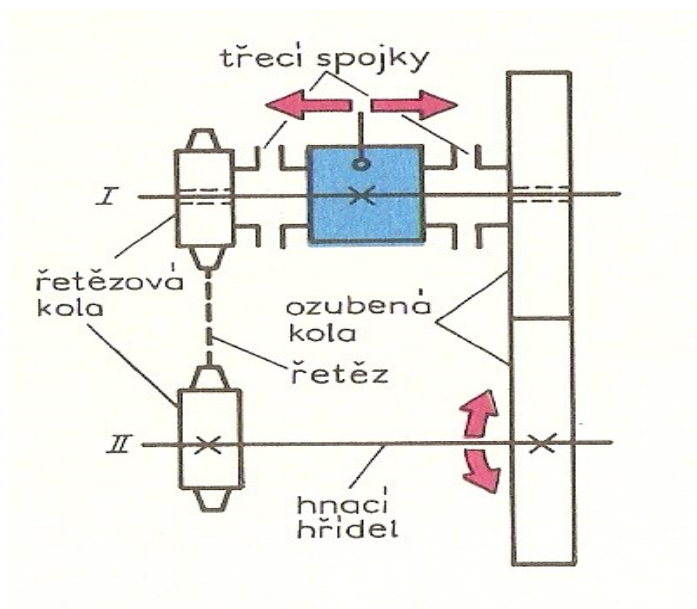
U hydraulických a pneumatických zařízení se reverzace smyslu pohybu uskutečňuje zpravidla rozváděči, změnou smyslu proudění pracovního média.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Změna smyslu pohybu čelními ozubenými koly



Změna smyslu pohybu řetězovými ozubenými koly



1.2.3 Zařízení pro dosažení přímočarého pohybu

Přímý pohyb se na obráběcích strojích vyskytuje jako hlavní pohyb nástroje nebo obrobku ve směru řezné rychlosti, jako vedlejší pohyb nástroje nebo obrobku (posuv nebo přísuv), popřípadě

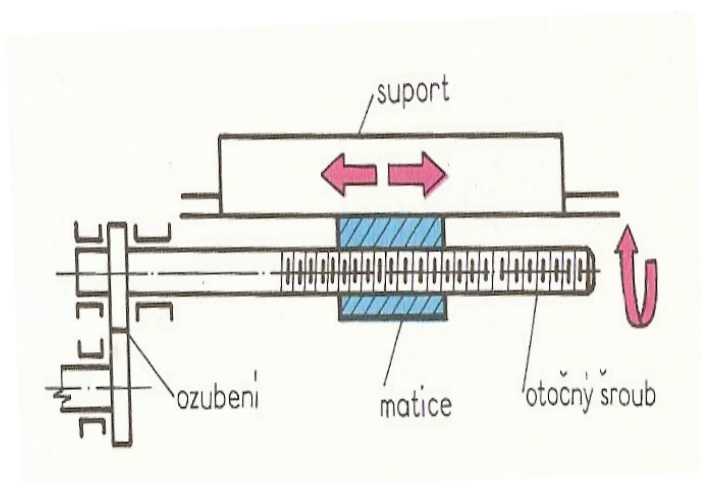
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

pomocný pohyb při přestavování části obráběcího stroje apod. Přímočarý pohyb probíhá vždy v obou směrech.

Šroub a matice

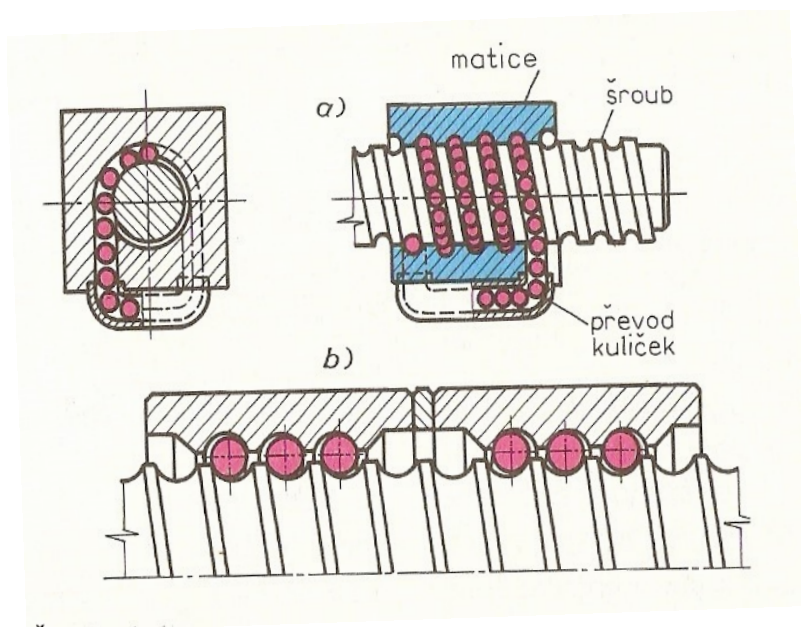
Šroub a matice patří k nejčastěji používaným prvkům pro přímočarý pohyb. Používají se pro poměrně malé rychlosti pohybu do 6 m min^{-1} . Je možno dosáhnout poměrně velkého převodu. Nevýhodou je malá účinnost (výjimku tvoří kuličkové matice) a poměrně malá tuhost. Nejčastěji se používá uspořádání s otočným šroubem a maticí spojenou se suportem.

Pohon otočným šroubem a maticí spojenou se suportem



Pro zlepšení účinnosti, zmenšení opotřebení a snížení vůle v závitu na nejmenší míru se v poslední době stále více používají šrouby a matice s valivým třením.

Šroub s kuličkovou maticí (Vymezení axiální vůle)



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

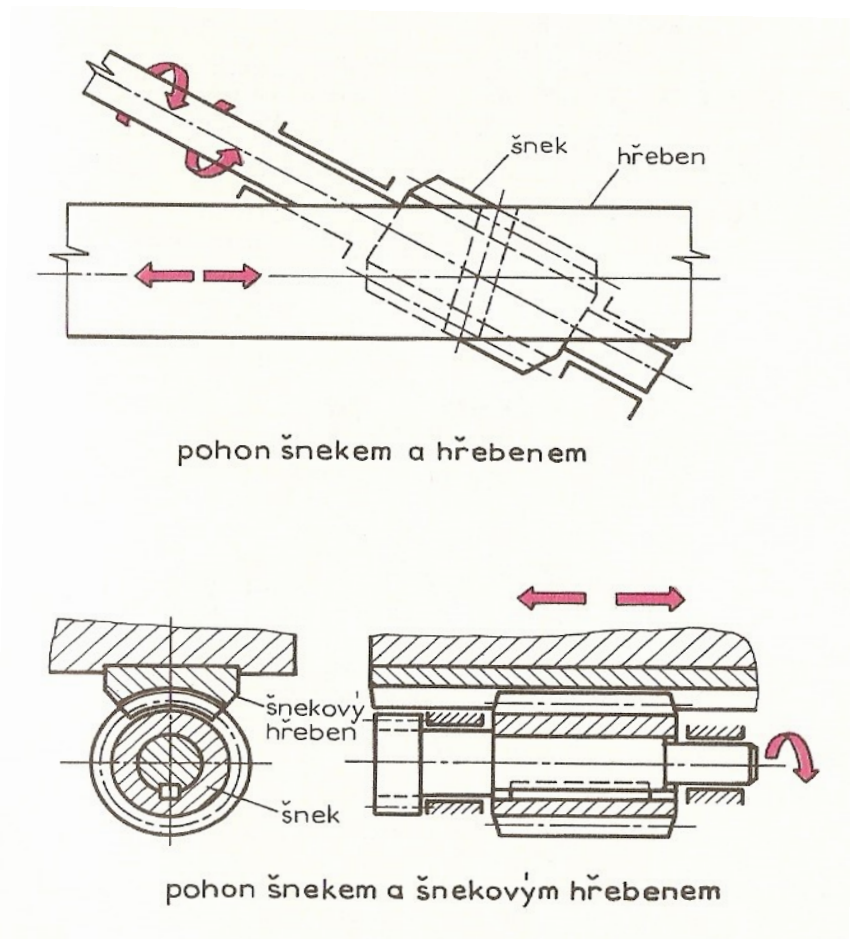
Hřeben a ozubené kolo nebo pastorek

Jsou vhodné pro velké délky zdvihu a největší rychlosti vyžadované u obráběcích strojů. Mají lepší účinnost než předchozí způsob.

Šnek a hřeben nebo šnek a šnekový hřeben

Šnekový převod s hřebenem pracuje plynuleji než hřeben s pastorkem, protože v záběru je současně větší počet zubů. Jeho výhodou je, že umožňuje velmi jednoduše dosáhnout velký převod do pomala. Je výhodný pro obráběcí stroje s malými posuvovými rychlostmi a dlouhým zdvihem, kde šroub pro malou tuhost již není vhodný. Nevýhodou je malá účinnost a velké opotřebení.

Pohon šnekem a hřebenem nebo šnekem a šnekovým hřebenem



U pohonu šnek a šnekový hřeben je šnekový hřeben částí matice. Styčná plocha šneku s tímto hřebenem je mnohem větší než v předchozím případě a proto je menší i opotřebení.

Pohon vačkami

Vačky se používají s výhodou pro pohyb, jehož rychlost se má v průběhu jednoho pracovního zdvihu měnit, obvykle na poloautomatech a automatech.

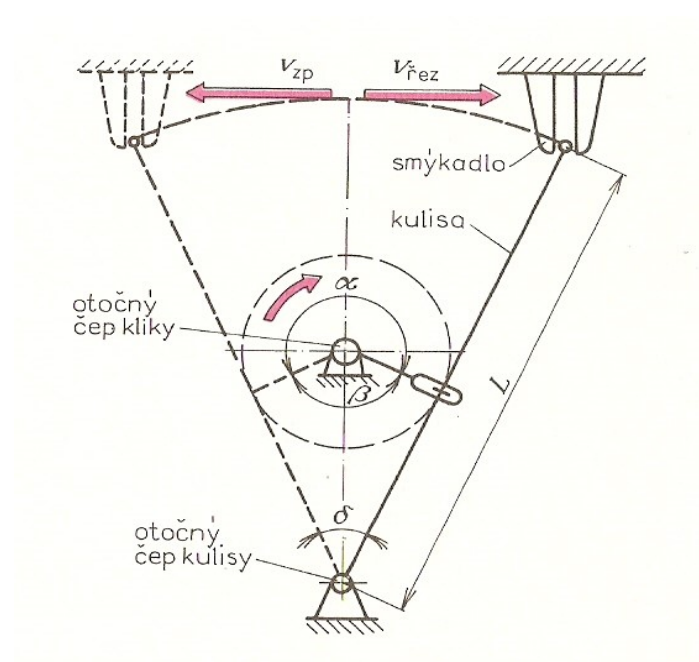
Klikový mechanismus

Obvykle se používá jen u malých vodorovných a svislých obrážek na ozubení, popřípadě u frézek na drážky. Jeho výhodou je jednoduchá konstrukce (není potřeba zařízení na reverzaci v úvratích) a to, že reverzace probíhá bez rázu. Nevýhodou zpravidla je, že nelze dosáhnout rovnoměrný pohyb v rámci jednoho zdvihu.

Kulisový mechanismus

Tyto mechanismy umožňují dosáhnout kratší doby zpětného zdvihu ($\beta < \alpha$). Používají se zejména u vodorovných obrážek, někdy také pro pohon malých hoblovek s délkou zdvihu max. 1 200 mm.

Kulisový mechanismus



Další způsoby dosažení přímočarého pohybu

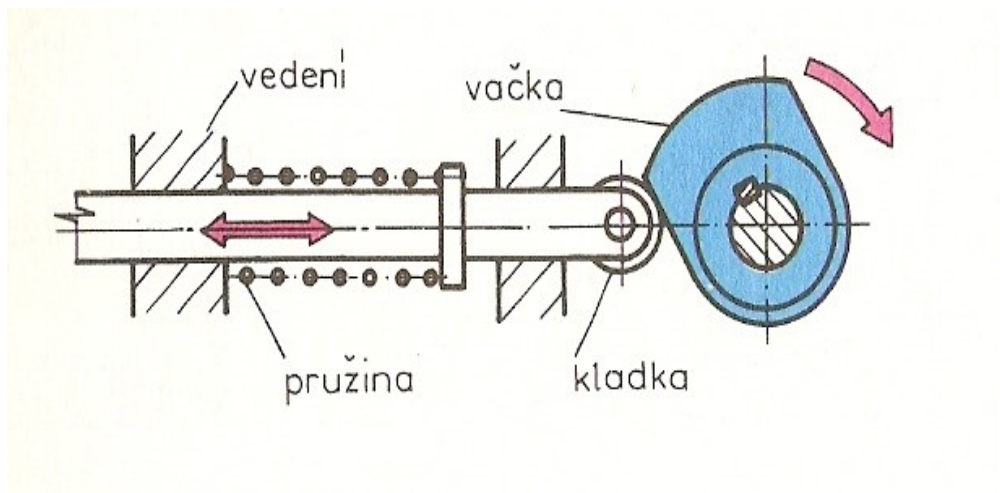
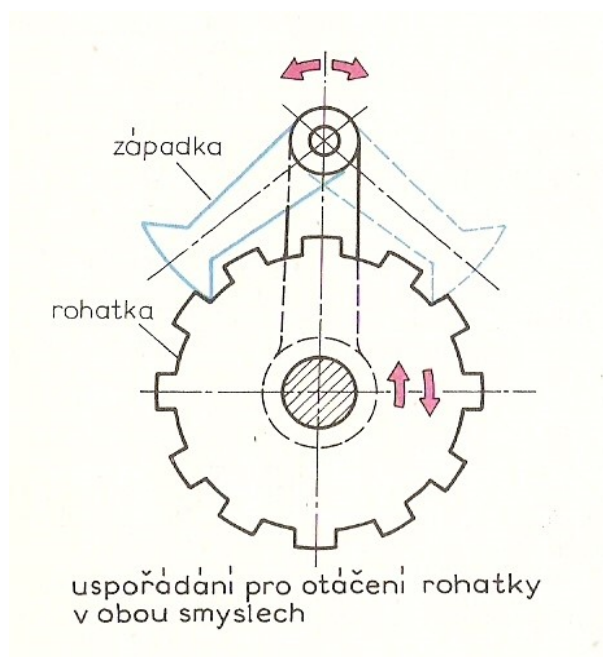
Přímočarého pohybu lze také dosáhnout pomocí třecích kotoučů, přímočarých hydraulických a pneumatických motorů (píst ve válci), elektromagnetů apod.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1.2.4 Zařízení pro dosažení přerušovaného pohybu

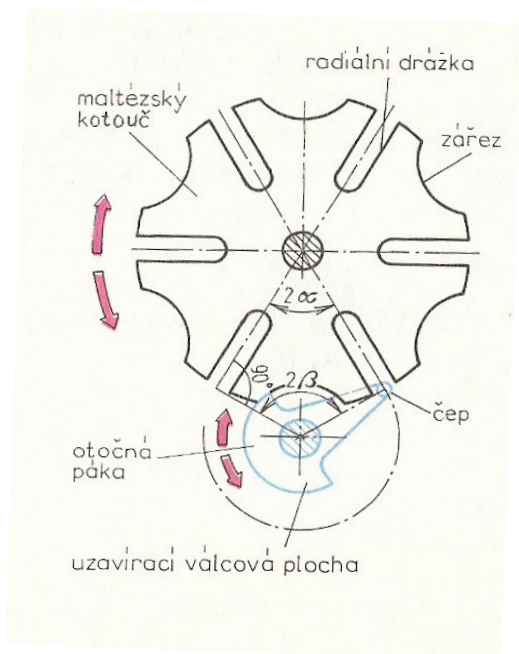
U některých druhů obráběcích strojů je třeba, aby se nástroje pohybovaly periodicky a to pouze v určitých časových úsecích. Přitom může jít o pohyby rotační nebo přímočaré. Přerušovaný pohyb je možné dosáhnout:

- Vypínáním a zapínáním pohonů
- Vačkou
- Západkou a rohatkou
- Maltézským mechanismem

Přerušovaný pohyb vačkou**Rohatka a západka**

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

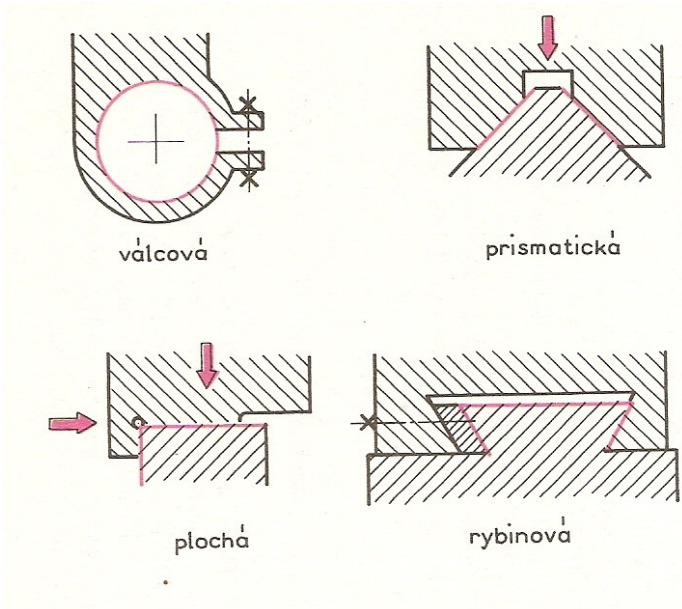
Maltézský mechanismus



1.2.5 Vedení obráběcích strojů

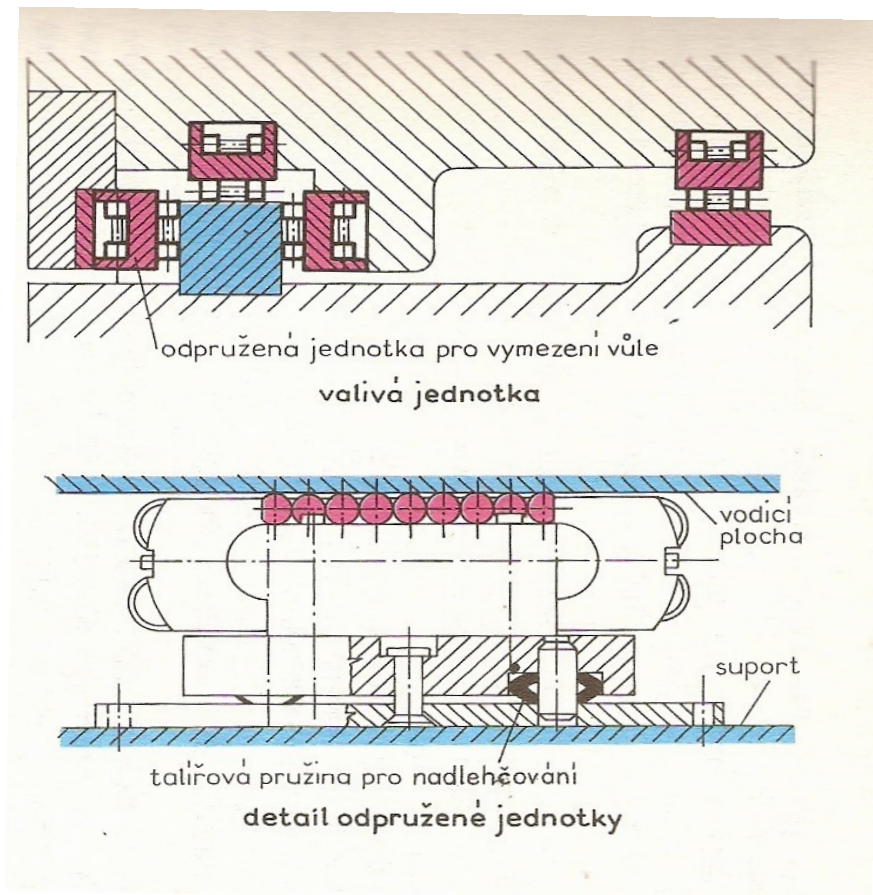
Pod pojmem vedení se rozumí soustava ploch, na kterých se stýká pohyblivá část (např. saně) s nepohyblivou (např. ložem), mající zajistit pohyb po geometricky přesné dráze. Jednotlivé plochy se nazývají vodící plochy. U obráběcích strojů se používají hlavně:

- Kluzná vedení
- Valivá vedení



Kluzná vedení

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Valivá vedení

1.2.6 Mechanizace a automatizace pracovních cyklů

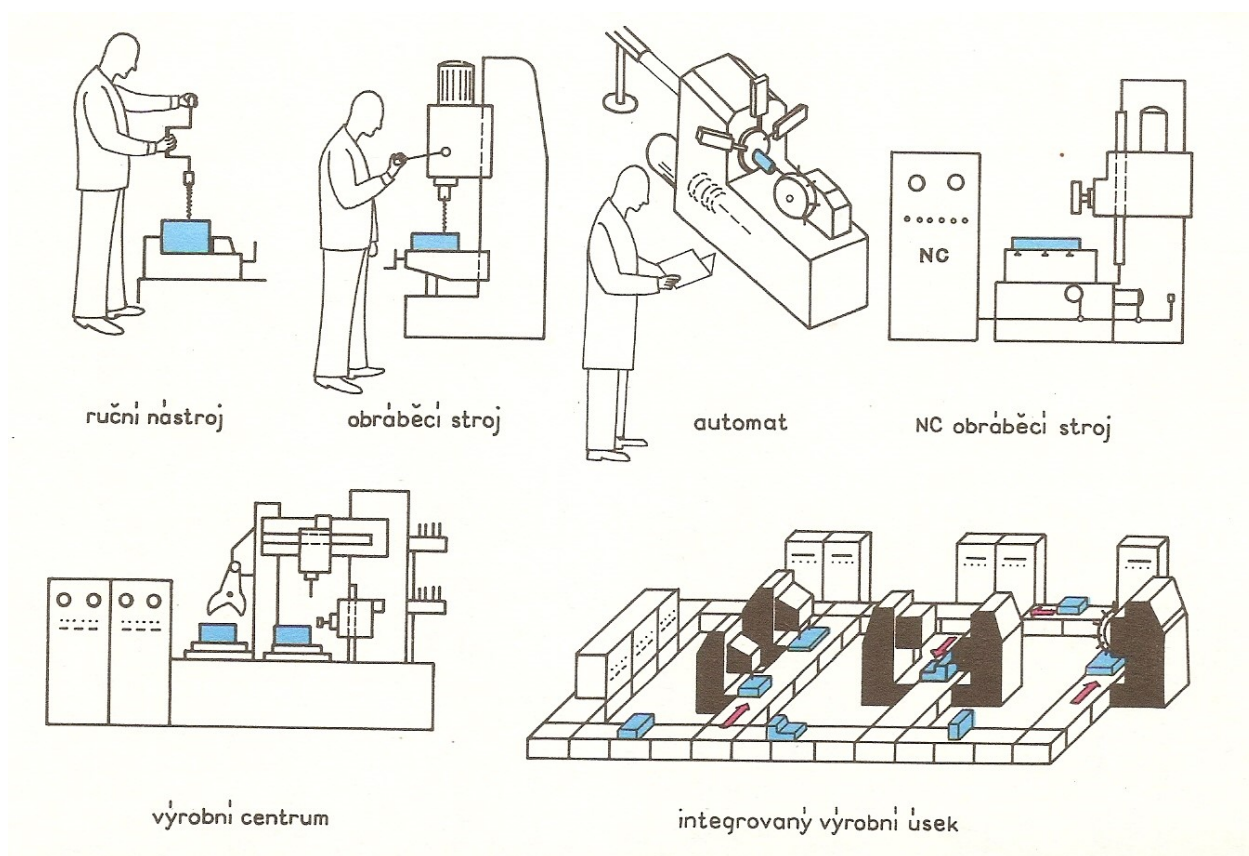
Hlavním předmětem automatizace jsou dnes jednotlivé krátké části výrobního procesu – pracovní úkony, úseky, operace, popř. skupiny operací. Cílem však zůstává úplná automatizace výroby kompletních konečných výrobků.

Na obrázku je znázorněn vývoj obráběcích strojů. Začíná řemeslnou výrobou s ručními nástroji a postupně směřuje ke stále vyšší automatizaci technologického procesu.

V první části došlo k mechanizaci výroby tak, že energii pro obrábění dodává stroj a člověku zůstává řídicí funkce. V další etapě přebírá stroj i řízení technologického procesu a vzniká automat, zajišťující plnou automatizaci procesu obrábění.

CNC stroje jsou v současné době schopné zajišťovat kompletní výrobu včetně přípravných a pomocných činností.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Výrobní automatizace v obrábění

Otázky a úkoly

1. Jak rozdělujeme obráběcí stroje podle způsobu obrábění?
2. Rozdělte obráběcí stroje podle stupně mechanizace a automatizace.
3. Které činitele ovlivňují volbu obráběcího stroje?
4. Jakými způsoby se provádí stupňovitá změna rychlosti obrábění?
5. Naskicujte a vysvětlete stupňovitou změnu rychlosti otáček přesuvnými ozubenými koly.
6. Jaké znáte zařízení na dosažení přímočarého pohybu a charakterizujte jeho funkčnost?
7. Naskicujte a vysvětlete kulisový mechanismus.
8. Vysvětlete rozdíl mezi šnekem a hřebenem a šnekem se šnekovým hřebenem.
9. Vysvětlete jednotlivé stupně vývoje obráběcích strojů.

2 Příprava polotovaru

Polotovary vyrobené v hutích, tj. tyčový materiál různých průřezů (kruhového, čtvercového, obdélníkového, I, U, L atd.), trubky, plechy, desky, polotovary vzniklé tažením (drát), odlitky nebo výkovky (např. klikové hřídele) je nutné před vlastním obráběním upravit. Základní operace, sloužící k přípravě polotovaru před obráběním jsou rovnání, orýsování a dělení.

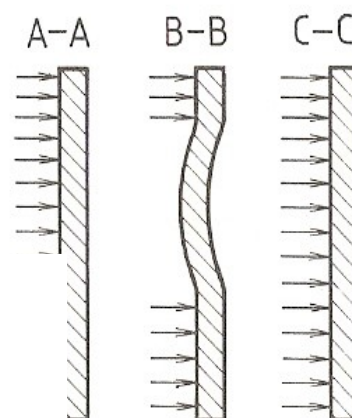
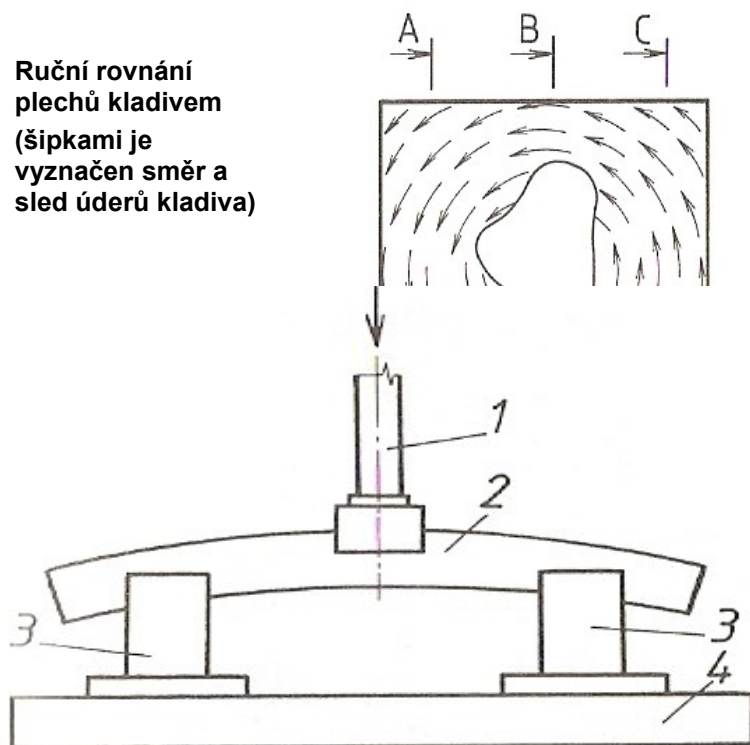
2.1 Rovnání

Rovnání je operace, při níž se odstraňují odchylky polotovaru od přímosti, rovinnosti nebo souososti, tj. prohnutí, zkroucení, zborcení, šavlovitost a vyduť. Rovnat lze ručně, působením tepla nebo strojně.

2.1.1 Ruční rovnání

Ruční rovnání se provádí na ocelové vyrovnávací desce kladivem, dřevěnou nebo gumovou paličkou. Ruční rovnání tabulí plechu probíhá takto: deformovaná (vypouklá místa) se označí křídou a úderý kladiva nebo palice se vedou od okraje plechu ve spirále směrem k vypuklinám. Úderý nemají být příliš silné, ale rovnoměrně umístěné jeden vedle druhého. Prohnuté hřídele lze rovnat na ručním lise, hřídel je podepřen dvěma pohyblivými podložkami.

Ruční rovnání
plechů kladivem
(šipkami je
vyznačen směr a
sled úderů kladiva)



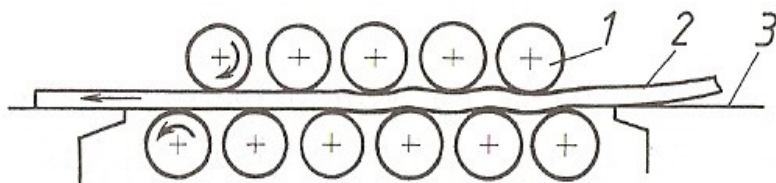
Rovnání na ručním lise

- 1 – beran lisu,
- 2 – rovnaný obrobek,
- 3 – pohyblivá podložka,
- 4 – pracovní stůl lisu

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

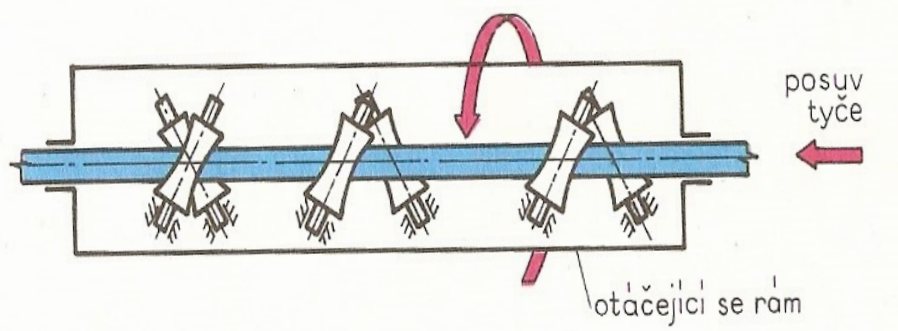
2.1.2 Strojní rovnání

Strojní rovnání se provádí většinou na lisech nebo na speciálních rovnacích strojích. Drát, plechy nebo pásy se rovnají průchodem několika řadami válečků nebo kladek. Drát je možné rovnat také jeho protažením průvlakem. Pro rovnání krátkých plochých součástí se používají rovnací nebo kalibrovací lisy, v nichž se součást vyrovná jedním úderem.



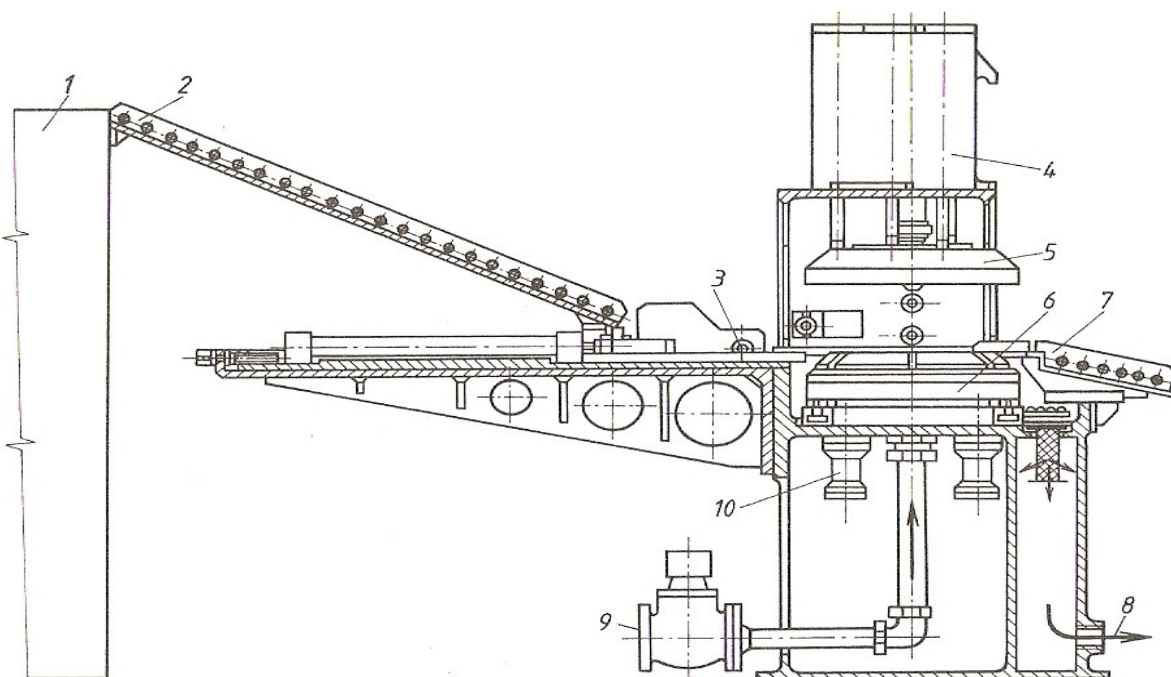
Rovnáci stroj

1 – rovnací válečky, 2 – rovnaný plech, 3 – pracovní stůl



Rovnání tyčového materiálu

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



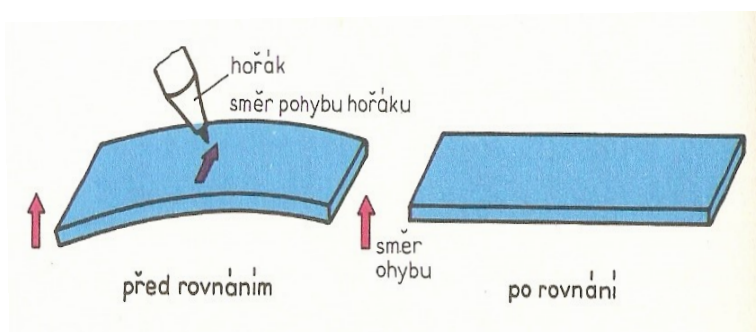
Kalicí lis

1 – pec pro ohřev, 2 – dopravník obrobků, 3 – fotosenzor, 4 – hydraulické válce, 5 – horní část kalícího přípravku, 6 – dolní část kalícího přípravku, 7 – dopravník zakalených obrobků, 8 – odtok oleje, 9 – přívod chladicího oleje, 10 – pneumatické válce

Aby se zabránilo deformaci součásti po kalení, používá se kalicí lis. Součást se v peci ohřeje na kalicí teplotu, upne se do přípravku na lisu, ochladí se a ponechá se v sevřeném přípravku úplně vychládnout. Přípravek se navrhuje vždy podle tvaru kalené součásti tak, aby ji při ochlazování celou pevně svíral.

2.1.3 Rovnání přívodem tepla

Rovnat plamenem lze součásti vyrobené ze svařitelných materiálů. Rovnaná součást se na jednom nebo na více místech deformované součásti nahřeje a poté se ochladí. Ohřáté místo má snahu se roztahovat, okolní chladný materiál tomu brání, dochází k pětování materiálu a následným ochlazením vzniká napětí, které deformovanou součást vyrovná. Ohřev nemá být větší než 300 °C a nesmí být opakován na stejném místě.



Rovnání plamenem

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2.1.4 Dosahované parametry

Přesnost vyrovnávání součásti dosahována jednotlivými způsoby:

- Rovnací stroje s válečky nebo kladkami vyrovnávají součást s přesností na 0,2 mm.m¹
- rovnací lisy umožňují vyrovnání na 0.2 mm na délce 500 mm,
- kalící lisy umožňují dodržení rovnosti nebo tvaru 0.1 až 0.2 mm na délce 350 mm

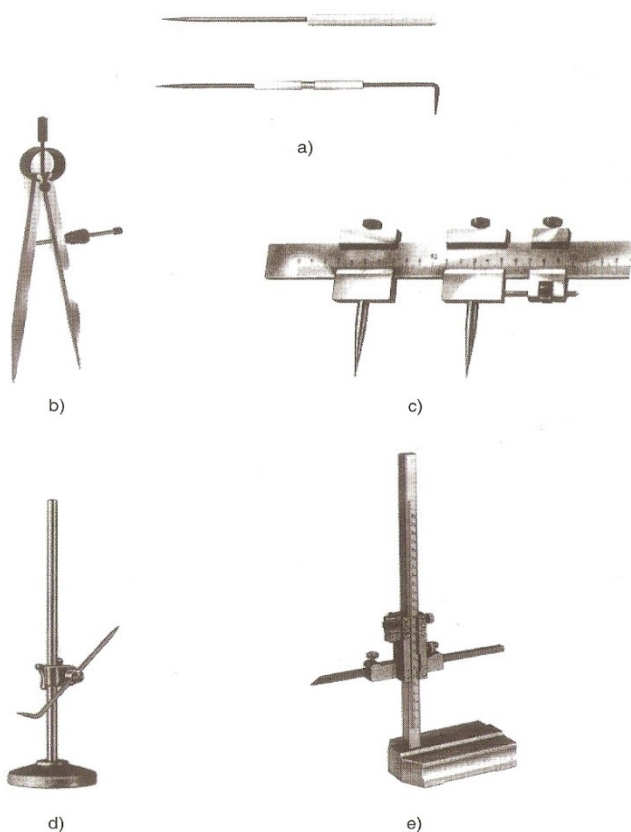
Otázky a úkoly

1. Jaké jsou základní operace pro přípravu polotovaru před obráběním, uveďte definice.
2. Vyjmenujte druhy rovnání a dosahované parametry.

2.2 Orýsování

Orýsování je operace, pomocí které se na polotovaru nebo na obrobku vyznačuje přesný tvar součásti, tj., hranice, do které má být obráběn přebytečný materiál (tzn. přídavek na obrábění), nebo se vyznačí střed díry. Nakreslené rysky se označí důlky (vyrábí se v rovnoměrných roztečích důlčímek) tak, aby jejich středy ležely přesně na rysce.

Stávající technologie výroby polotovarů a CNC stroje již nevyžadují orýsování součásti před jejich obráběním.



2.2.1 Nástroje a příprava součástí před orýsováním

Při orýsování součástí se používají rýsovací jehly, kružítko, nádrhy, pravítka, úhelníky, úhloměry, pokosníky, šablony, důlčíky, kladiva, prizmata a podložky atd.

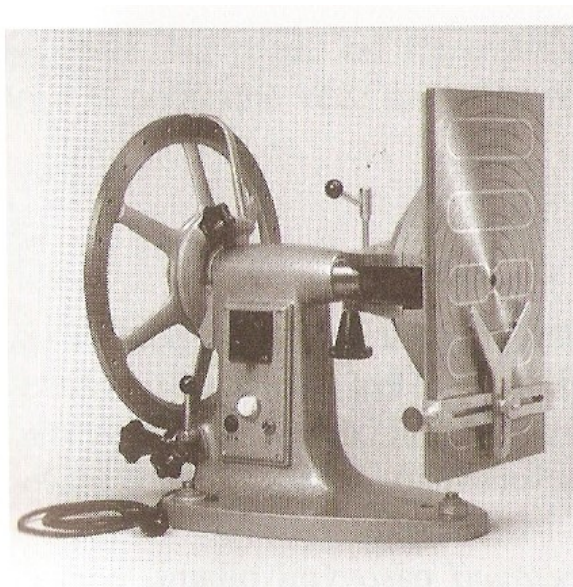
Plochy, na které se bude rýsovat, je nutné očistit od okují a jiných hrubých nečistot. Plochy výkovků nebo odlitků se nabarví roztokem křídý ve vodě, obrobené plochy součástí se nabarví roztokem vody a modré skalice. Orýsování plochých součástí se provádí přímo na rýsovací desce. Při orýsování třírozměrných součástí se tyto ustaví do požadované polohy pomocí úhelníků, prizmatických podložek, hrotů, sklíčidel nebo magnetického přístroje.

Pomůcky pro orýsování

- a) rýsovací jehly,
b), c) kružítko,
d), e) nádrhy

2.2.2 Dosahované parametry

Obrábíme-li součásti podle orýsování, dosáhneme přesnost rozměrů a tvarů 0,5 až 0,2 mm.



**Magnetický přístroj
Perfektor**

Otázky a úkoly

1. Jaké nářadí a pomůcky se používají pro orýsování?
2. Popište přípravu součásti před orýsováním.

3 Dělení materiálu

U tyčového materiálu se jedná o dělení tyče na části požadované délky, což lze provádět řezáním různými druhy pil, stříháním, rozbrušováním, sekáním, upichováním na soustruhu, či frézováním kotoučovou frézou.

Z plechů se polotovary vyřezávají pásovými pilami, plamenem (kyslík-acetylén), plazmovými hořáky, laserem, vysoce energetickým kapalinovým paprskem, vystřihováním na lisech, vysekáváním, elektroerozivním řezáním drátovou elektrodou.

3.1 Dělení materiálu řezáním

Je to nejpoužívanější způsob dělení tyčového materiálu. Používají se rámové, kotoučové a pásové pily.

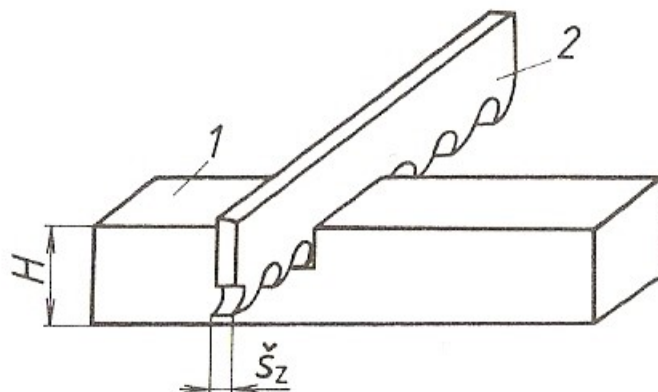
Řezání pilou je operace, při které se úběr materiálu děje břitý nástroje. Odebraný materiál odchází ve tvaru třísek. Tato definice platí obecně pro všechny způsoby obrábění řeznými nástroji.

3.1.1 Podstata metody

Princip řezání materiálu pilami spočívá ve vnikání břitů nástroje (pily) do materiálu obrobku, kdy nástroj koná přímočarý vratný, plynulý přímočarý nebo otáčivý pohyb a obrobek koná přímočarý posuvný pohyb (přísuv). U rámových pil koná přísuv nástroj a obrobek je nehybný.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Na rozdíl od frézování je u řezání pilou maximální hloubka řezu H podstatně větší než šířka řezu $\check{S}_z$.



Řezání pilou

(H – maximální hloubka řezu

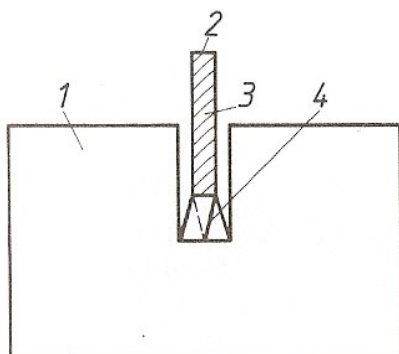
$\check{S}_z$ – šířka řezu)

1 – obrobek, 2 – pilový list

3.1.2 Nástroje

Pro dělení materiálu řezáním se používají pilové listy, pilové kotouče a pilové pásy.

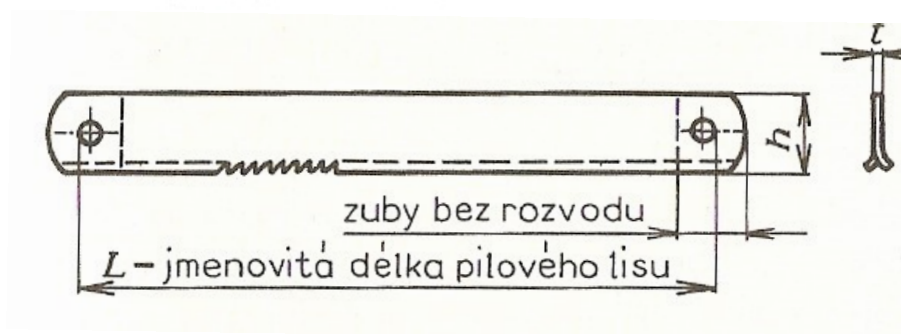
- **Pilové listy** jsou ocelové pásy opatřené na jedné straně zuby. Vyrábějí se z rychlořezné oceli, v délkách 300 až 700 mm. Šířka pilových listů je podle délky 25 až 50 mm, tloušťka 1,25 až 2,5 mm, rozteč zubů 1,8 až 6,3 mm. Zuby mají jednoduchý tvar a jsou rozvedené, aby tělo pilového listu nedřelo o stěny řezaného materiálu. Jsou hrubozubé, středně hrubozubé a jemné. Řezná rychlost bývá 18 až 30 m/min.



Pilový list v řezu

1 - obrobek, 2 - pilový list, 3 - tělo pilového listu,

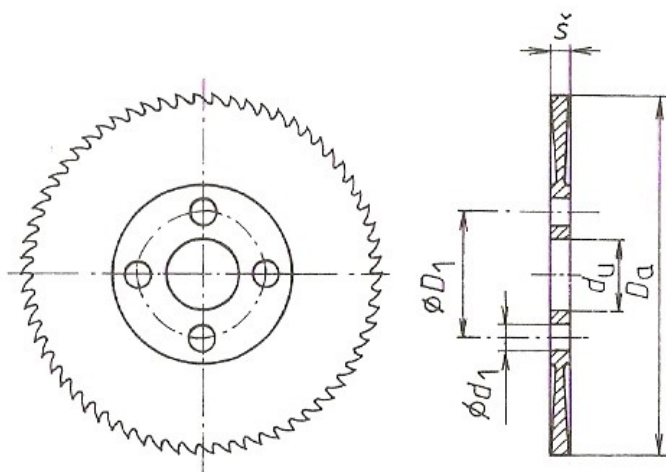
4 - zuby pilového listu



Pilový list

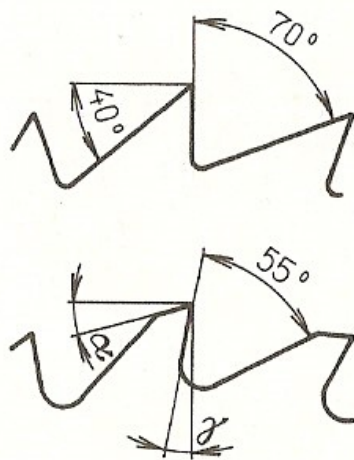
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- **Pilové kotouče** jsou ocelové kotouče se zuby na obvodě. Vyrábějí se jako celistvé, segmentové nebo s pájenými břitovými destičkami ze slinutých karbidů.

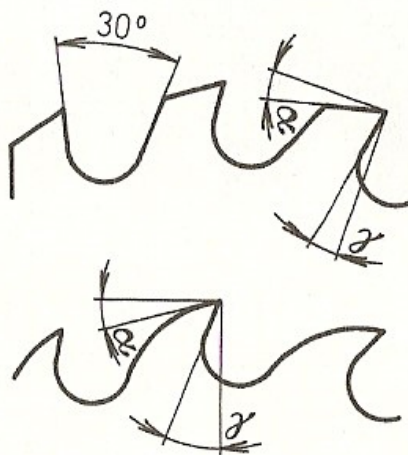


Celistvý pilový kotouč

Celistvé pilové kotouče se vyrábějí z nástrojové nebo rychlořezné oceli v rozsahu průměrů 20 až 400 mm, o tloušťce 0,2 až 6 mm. Zuby kotoučů jsou různého tvaru.



pro ocel a litinu

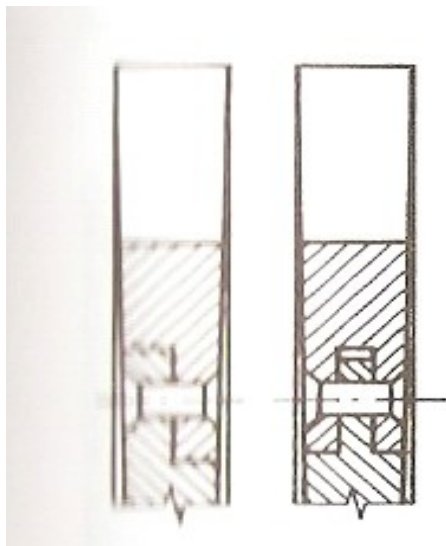


pro neželezné kovy

Tvary zubů celistvého pilového kotouče

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Úhel čela – bývá podle obráběného materiálu 8 až 20°.

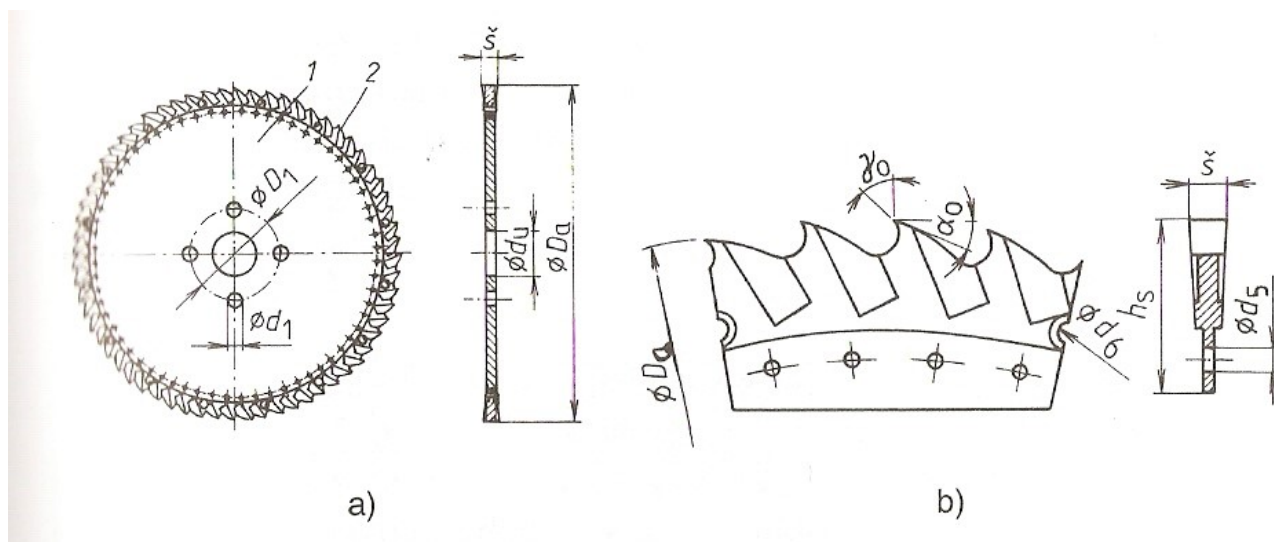


Pilové kotouče větších průměrů se vyrábějí jako segmentové. Segmenty jsou vyrobeny z rychlořezné oceli a na ocelové těleso pilového kotouče se upevňují na osazení nebo do drážky pomocí nýtů. Segmentové pilové kotouče se vyrábějí v průměru 250 až 1 870 mm, o šířce zubů 3,5 až 15 mm.

Upevnění segmentu na tělese pilového kotouče

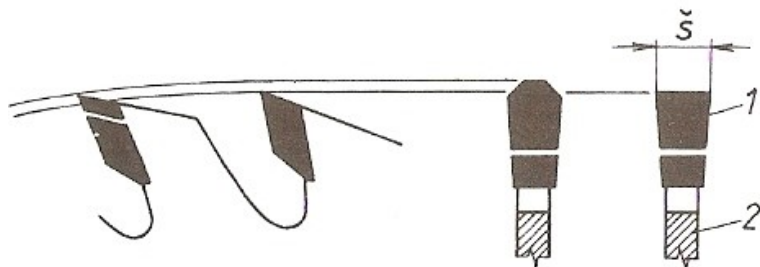
Segmentový pilový kotouč

a) pilový kotouč, b) segment
1 - těleso, 2 - segment



Pilové kotouče s břity ze slinutých karbidů se vyrábějí v průměrech 280 až 1 650 mm, o šířce zubů 4 až 11,5 mm. Břitové destičky ze slinutých karbidů (SK) jsou na těleso pily připájeny.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Zuby pilového kotouče s břity ze slinutých karbidů

1 - břit, 2 - těleso

Řezná rychlost – pro pily se zuby z RO:

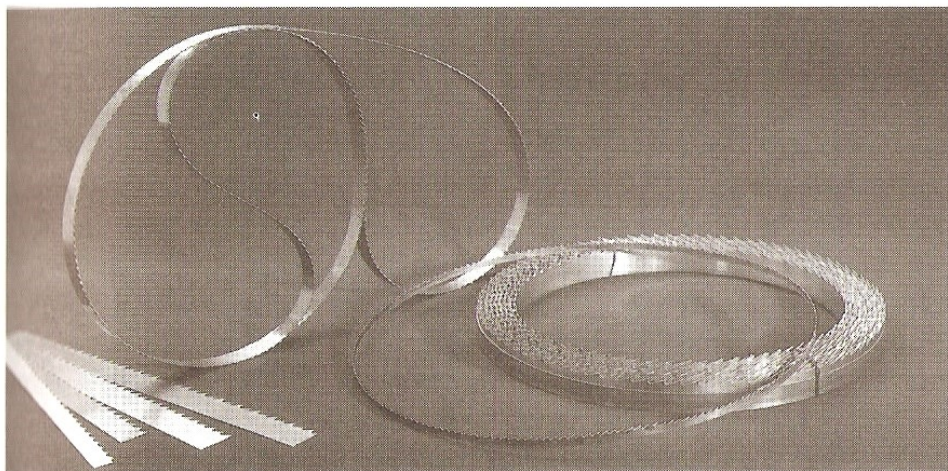
Pro ocel 10 až 30 m/min, pro hliník 150 až 300 m/min.

Řezná rychlost pro pily z SK:

Pro ocel a litinu 20 až 40 m/min, pro hliník 200 až 500 m/min.

Posuv bývá 0,05 až 0,2 mm na zub a závisí na velikosti zubové mezery.

- **Pilové pásy** jsou dlouhé ocelové pásy opatřené na jedné straně zuby. Šířka pásu je 4 až 32 mm, tloušťka 0,65 až 1,1 mm. Jsou dodávány buď svařené jako nekonečný pás, nebo nesvařené ve standardní délce 25 až 100 m. Většina výrobců dodává pilové pásy v provedení bimetal, tzn., že tělo pily je vyrobeno z konstrukční oceli a zuby z nástrojové oceli. Spojení obou částí je provedeno např. svařením laserem.



Pilové pásy

3.1.3 Stroje

- **Rámová pila**

Pilový list se upíná do rámu pily, který je veden v rameni pily a vykonává přímočarý vratný pohyb pomocí klikového mechanismu. Při zpětném zdvihů rámu se rameno pily nadzvedne (vačkou nebo hydraulicky), aby se zuby pilového listu neotíraly o materiál obrobku. Velikost rámových pil se určuje maximálním rozměrem obrobku, který lze na pile řezat. Zdvih rámu je podle velikosti pily 140 až 300 mm, počet dvojzdvihů ramene 60 až 100 za minutu. Posuv pily do řezu je určován hmotností ramene.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

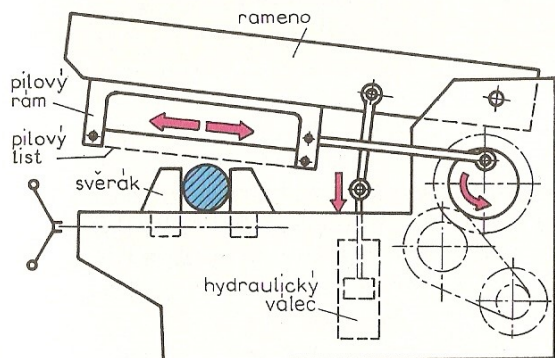


Schéma rámové pily s hydraulickým posuvem

- Kotoučová pila

Pilový kotouč je upnut na vřetení a koná otáčivý pohyb. Posuv materiálu do řezu je obvykle prováděn hydraulickým mechanismem, což umožňuje automatickou změnu posuvu v závislosti na měnícím se průřezu řezaného materiálu. Velikost stroje je dána minimálním a maximálním průměrem pilového kotouče, který lze na stroji použít. Pily mohou mít automatické podávání materiálu, případně je řízen celý pracovní cyklus.

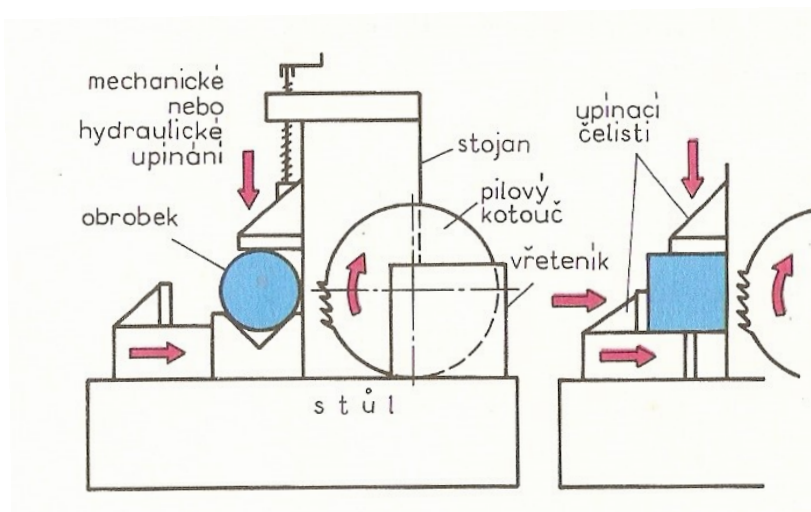
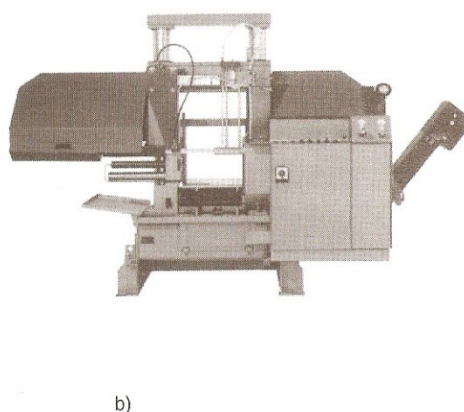


Schéma kotoučové pily

- Pásová pila



Podle provedení konstrukce jsou svislé nebo se sklopným, případně pevným vodorovným ramenem. Pásové pily mají dva kotouče, jeden hnací, druhý hnaný, přes nějž je napnutý nekonečný pilový pás. Podle velikosti pily mají kotouče průměr až 1 200 mm. V blízkosti místa řezání je pás veden čtyřmi kladkami.

Svislé pásové pily mají kotouče umístěny nad sebou a používají se především pro tvarové vyřezávání součástí z plechů nebo desek. Vodorovné pásové pily mají kotouče umístěny za sebou a jsou mírně skloněny k vodorovné rovině. Pilový pás je širší než u svislých pásových pil.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Používají se výhradně na dělení materiálů, mohou pracovat v automatickém režimu.

Pásové pily

- a) svislé provedení,
- b) vodorovné provedení

3.1.4 Řezné podmínky a volba rozteče zubů

Rozteč zubů se volí tak, aby vyhovovala podmínce

$$0,4 < t/H < 1,5,$$

kde t - je rozteč zubů

H - je výška řezaného materiálu.

Řezné podmínky:

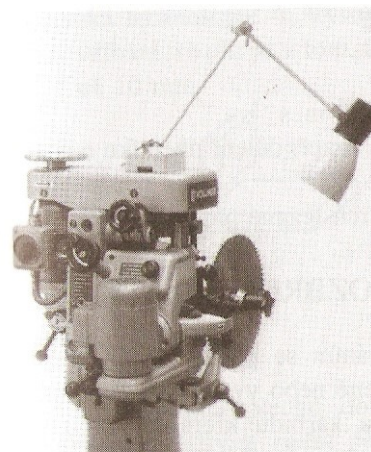
Nástroj	Řezná rychlost (m/min)	Posuv (mm/min)
Pilový list	25 až 30	Podle hmotnosti ramene
Celistvý pilový kotouč z rychlořezné oceli ¹⁾	15 až 400	30 až 800
Segmentový pilový kotouč	15 až 600	40 až 400
Pilový kotouč s břity ze SK	40 až 800	60 až 600
Pásová pila	25 až 80	20 až 200

¹⁾ Pro konstrukční ocel o pevnosti $R_m = 700$ až 950 MPa je do výšky řezaného materiálu 40 mm řezná rychlost 30 m/min a posuv 50 mm/min.

Pozn.: Malé hodnoty řezných podmínek platí pro řezání materiálů o větší pevnosti, vyšší pro řezání hliníkových slitin.

Pilové listy, kotouče i pásy se ostří na speciálních ostříčkách s automatickým pracovním cyklem, zub po zubu

Ostříčka pilových kotoučů



3.2 Dělení materiálu frikčními pilovými kotouči

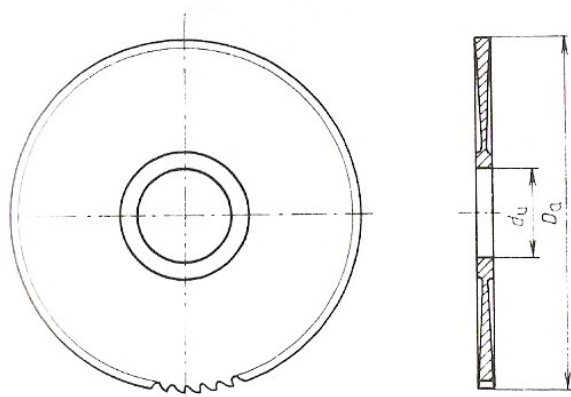
3.2.1 Použití a podstata metody

V místech záběru nástroje s děleným materiálem se povrchová vrstva materiálu obrobku zahřívá na vysokou teplotu, materiál vrstvy měkne a snadno se odřezává.

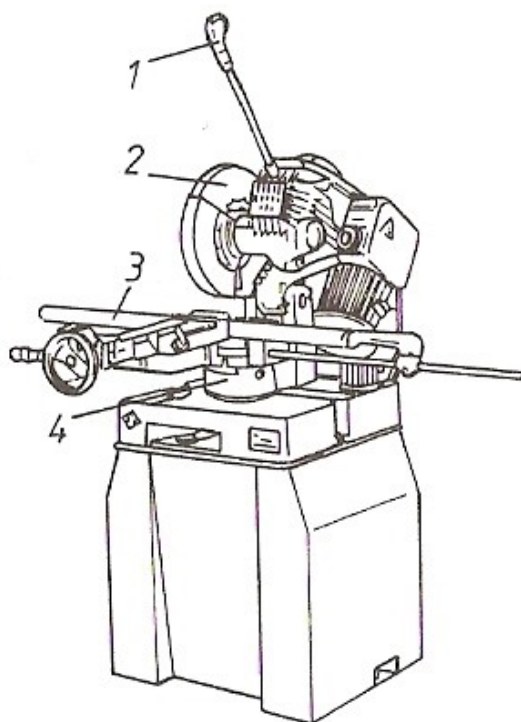
Dělení **frikčními pilovými kotouči** se používá v případě válcovaných a tažených materiálů menších průřezů a tenkostěnných profilů z plechu.

3.2.2 Nástroj a stroj

Nástrojem je pilový kotouč s nízkými zuby (př. pouze vroubky) na obvodě. Frikční pilové kotouče se vyrábějí v průměru až do 900 mm, o šířce 3 až 8 mm.



Frikční pilový kotouč



Frikční pila

1 - páka pro pohyb kotouče, 2 - frikční pilový kotouč, 3 - obrobek, 4 - pracovní stůl

3.2.3 Dosahované parametry

Frikční pilové kotouče

- pracují při řezných rychlostech až 120 m/s,
- zaručují velmi vysoký výkon dělení
- dosahuje se jimi velmi jakostní povrch řezané plochy.

3.3 Dělení materiálu rozbrušováním

Pro dělení materiálu rozbrušováním se používají tenké řezací a drážkovací kotouče nevyztužené nebo vyztužené sklotextilem. Brousícím materiálem jsou zrna karbidu křemíku (SiC) nebo syntetického karbidu (Al_2O_3), šířka kotouče je 1 až 3,2 mm. Řezná rychlost je 40 až 80 m/s, posuv je ruční. Technologie se používá pro dělení materiálů menších průřezů a vyšších tvrdostí, je vhodná též pro dělení tenkostěnných trubek. Pro řezání velmi tvrdých materiálů např. slinutých karbidů, se používají **diamantové řezací kotouče**.

Přidavky na délku při rozřezávání polotovarů na strojních pilách

Tloušťka polotovaru (mm)	Řezná délka (mm)					
	do 50	50 až 100	101 až 200	201 až 350	351 až 500	nad 500
	Přídavek (mm)					
do 50	2,5	3	4	5	5,5	6
51 až 80	3	4	5	5,5	6	7
81 až 120	3,5	4	5,5	6	6,5	7
121 až 180	3,5	4,5	6	6,5	7	8
181 až 250	4,5	5	6	6,5	7,5	10
251 až 400	4,5	6	7	7,5	9,5	12

3.4 Dělení materiálu stříháním

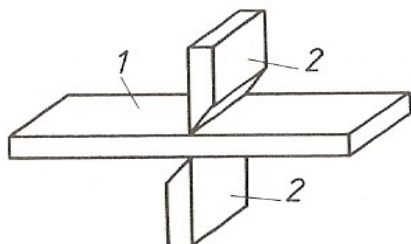
Stříháním dělíme tyčový materiál a plechy na mechanických nebo speciálních lisech. Stříhaný materiál je pevně upnut v čelisti, často s určitým předpětím. Válcované profily lze stříhat vhodně upraveným střížníkem, aby se nedeformovaly. Plechy tloušťky do 1,5 mm a délky stříhu nejvýše 1 500 mm se stříhají na pákových nůžkách, tlustší plechy až do 60 mm a délky 6 m na tabulových nůžkách s mechanickým nebo hydraulickým pohonem.

Je to technologie beztržiskového dělení materiálu působením dvou břitů pohybujících se proti sobě.

Břity působící na materiál vyvolávají v rovině stříhu smykové napětí větší než je pevnost ve smyku stříhaného materiálu. Tak dojde k jeho porušení a přestřížení. Stříhání je nejproduktivnější způsob dělení materiálu, kdy nevzniká žádný odpad ani „prořez“.

3.4.1 Nástroje

Nože nástroje jsou tepelně zušlechťené na tvrdost HRC 52 až 60, vyrobeny z nástrojové nebo rychlořezné oceli. Pro tvarové stříhání se používají lisovací nebo vysekávací nástroje, které mají obdobný tvar jako nože na stříhání, rozdíl je v tom, že šířka břitu je u vysekávacího nástroje jen 2 až 10 mm.

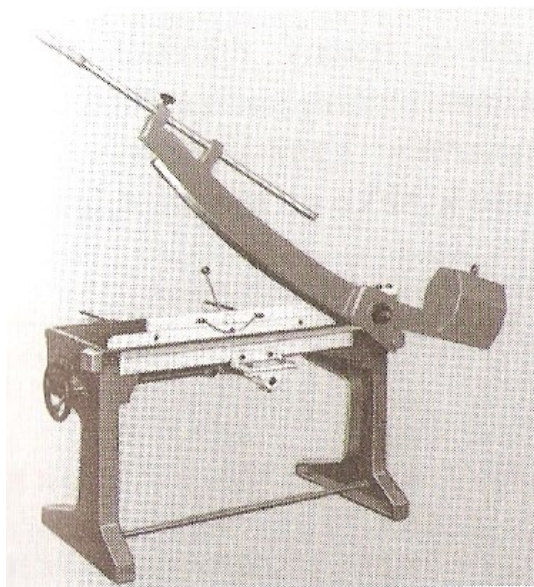


Nástroj na stříhání

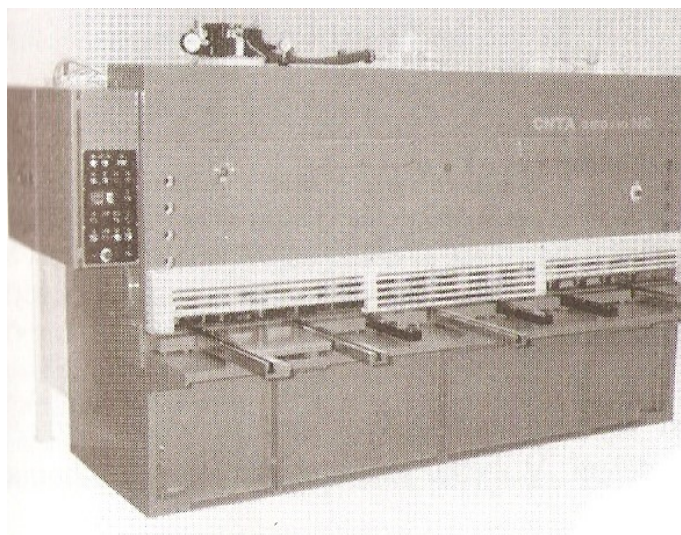
1 - obrobek, 2 - břit nástroje

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3.4.2 Stroje



Ruční pákové nůžky



Tabulové nůžky

Otázky a úkoly

1. Vyjmenujte principy a metody dělení materiálu.
2. Vyjmenujte a popište nástroje pro dělení materiálu řezáním.
3. Uveďte řezné podmínky pro jednotlivé metody dělení materiálu řezáním.
4. Dělení materiálu stříháním – uveďte podstatu, nástroj, stroj.
5. Dělení materiálu rozbrušováním a frikčními pilovými kotouči – jaká je podstata, oblasti použití, nástroje.
6. Podle jakých kritérií se volí přídavek pro operace dělení materiálu?

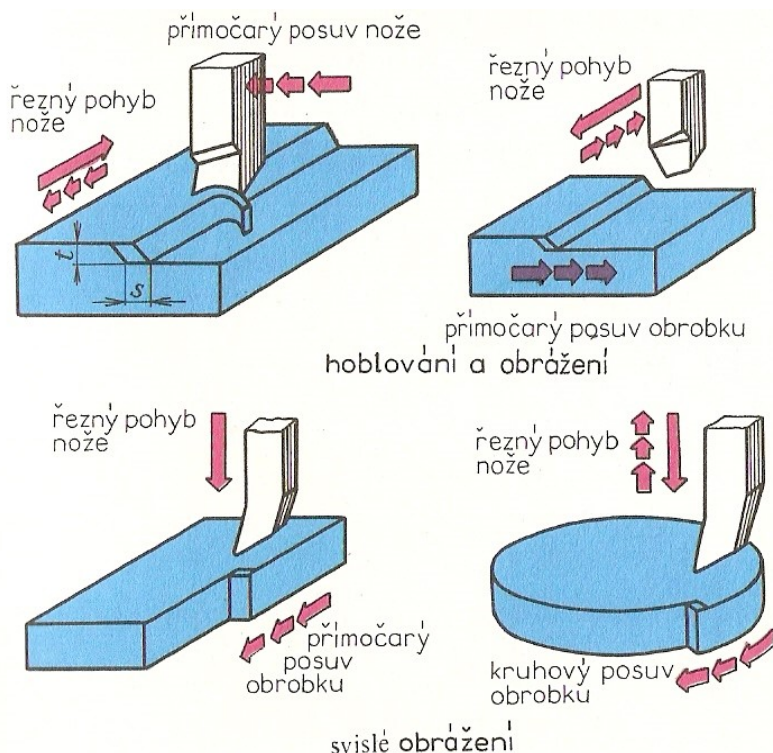
4 Hoblování a obrážení

4.1 Podstata hoblování a obrážení

Hoblování je obrábění jedno břitovým nástrojem (hoblovacím nožem), přičemž hlavní pohyb je přímočarý vratný pohyb a koná jej obvykle obrobek. Vedlejší pohyb, tj. posuv, je přerušovaný a kolmý na směr hlavního pohybu. Je to pohyb nástroje v úvratí vratného pohybu stolu (na konci zpětného pohybu).

Obrážení je druh hoblování, při kterém hlavní pohyb vykonává nástroj upevněný ve smýkadle stroje. Posuv koná obrobek na konci vratného zdvihu smýkadla. Může být **přímočarý** nebo **kruhový**.

Při hoblování i obrážení snižuje zpětný zdvih (zdvih naprázdno) produktivitu obrábění. Proto bývá zpětná rychlost 1,5 až 4 krát větší než rychlost pracovní.



Pracovní pohyby při hoblování a obrážení

Výhodou hoblování je jednoduchý, levný nástroj i stroj, snadné ostření nástroje a možnost odebírání velkých třísek na jeden záběr. Všeobecně se hoblování lépe uplatňuje při obrábění úzkých dlouhých ploch, např. vedení, drážky, prizmata atd., kdy je hospodárnější než frézování, zvláště při hoblování několika noži.

Hoblování i obrážení se nejvíc uplatňuje v kusové a malosériové výrobě, např. při zhotovování drážek v hranatých dířích, podélných zápíchů apod. V některých případech nelze

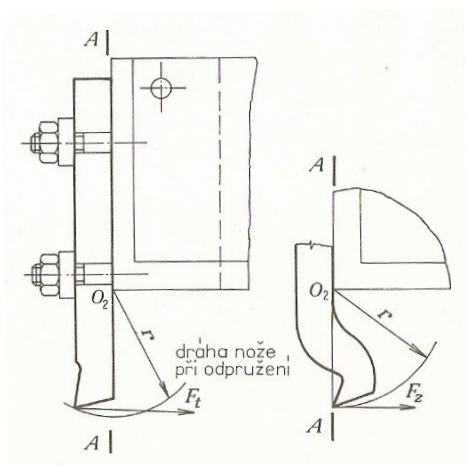
obrážení frézováním vůbec nahradit.

4.2 Hoblovací a obrážecí nože

4.2.1 Hoblovací nože

Hoblovací nože jsou při záběru do materiálu vystaveny značným rázům způsobeným silou F_z . Nože musí být proto konstrukčně upraveny tak, aby se účinek rázu projevil co nejméně. Nárazům při záběru třísky se čelí velkým úhlům sklonu ostří $\lambda = 10$ až 15° nebo fasetami f_1 , f_2 a úhlem nastavení α (45 až 60°). Hoblovací nůž je při obrábění ohýbán okolo středu O a při odpružování může způsobit rýhy v obrobené ploše. Tomu lze předejít přesazením špičky do roviny A-A. Proto jsou všechny hrubovací nože vyhnuté pod úhlem γ .

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

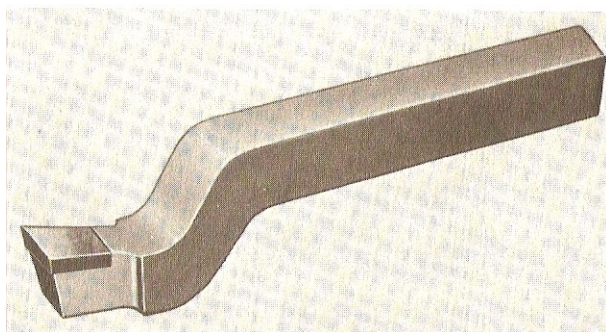
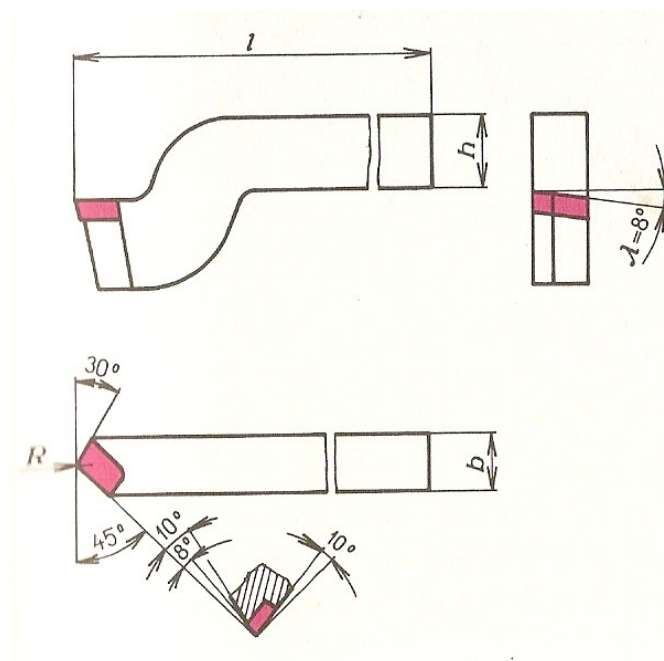


Situace při odpružení nože

Hrubovací vyhnutý hoblovací nůž

Pro dokončovací operace, u nichž se požaduje vynikající jakost povrchu R_a 1,6 až 0,2 a rovinnost maximálně 0,1 mm na 1 000 mm, se používají hladicí nože s dlouhým ostřím.

Tělesa hoblovacích nožů jsou z konstrukční oceli o pevnosti 700 MPa (nejčastěji ocel 11 700). Nože větších rozměrů mají destičky z RO nebo SK.

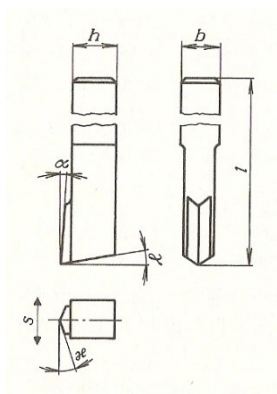


Hladicí hoblovací nůž

4.2.2 Obrážecí nože

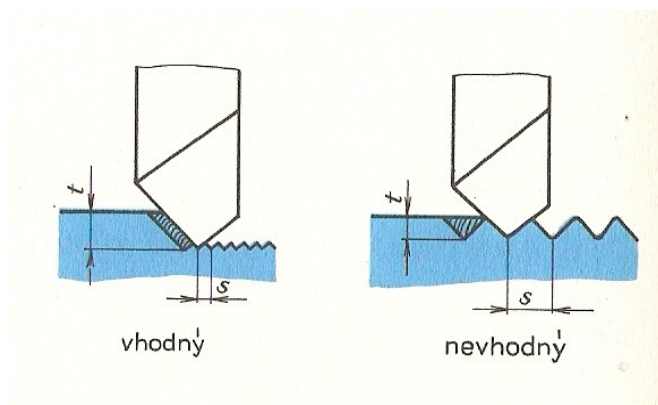
Při obrábění se pohybují ve směru své osy. Nevýhodou obrábění je velké vyložení břitu, které způsobuje pružení a chvění nástroje. Rovněž chlazení a odvod třísek jsou velmi obtížné. Pro zvýšení tuhosti se tělo nože zesiluje. Úhel čela musí být vždy kladný. Stáčení třísky se usnadňuje vydutým vybroušením čela.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obrážecí nůž

4.3 Řezné podmínky při hoblování a obrážení



Tvar třísky

Hloubka řezu t (mm) se volí co největší podle tuhosti a soustavy výkonu stroje. Celkový přídavek se ubere převážně hrubováním. Přídavek na čisto bývá 0,5 až 1 mm, při jemném hoblování 0,1 až 0,2 mm a při jemném hoblování širokým nožem 0,03 až 0,05 mm.

Posuv za dvojzdvih s (mm) se volí při hrubování také co největší, avšak se zřetelem na tuhost soustavy stroj-obrobek-nástroj, a

výkon stroje je vhodný poměr $s/t = 1/3$ až $1/10$.

Při hoblování na čisto závisí volba posuvu na požadované drsnosti, obvykle však bývá 0,05 až 0,3 mm. Při jemném hoblování širokým nožem volíme posuv asi 70 % šířky podélného ostří nože. Má-li se obrobek ještě brousit, volí se posuv pro obrábění na čisto 0,2 až 0,4 mm.

Průřez třísky S (mm²) je dán součinem tloušťky a šířky třísky, tj. $S = ab$, častěji součinem hloubky řezu a posuvu $S = ts$. Velikost průřezu třísky je závislá na tuhosti a výkonu stroje.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Střední řezné rychlosti v (mm/min) pro hoblování a obrážení nástrojem z RO při trvanlivosti $T = 60$ min

Obráběný materiál	Posuv za dvojzdvih s (mm)	Hloubka řezu t (mm)											
		0,1	0,2	0,5	1	2	3	5	8	10	15	20	
Šedá litina (HB = 200)	0,05	72	66	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,1	—	60	53	47	41	—	—	—	—	—	—	—
	0,2	—	—	45	41	35	31	—	—	—	—	—	—
	0,4	—	—	—	31	28	24	21	—	—	—	—	—
	0,6	—	—	—	—	23	20	17	16	—	—	—	—
	1,0	—	—	—	—	—	17	14	13	12	—	—	—
	2,0	—	—	—	—	—	—	11	10	9	8	7	—
	3,0	—	—	—	—	—	—	—	8	7	7	6	—
Ocel (500 MPa)	0,05	80	76	72	68	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,1	72	68	64	60	52	—	—	—	—	—	—	—
	0,2	—	60	56	50	45	42	—	—	—	—	—	—
	0,4	—	—	48	41	37	36	32	30	—	—	—	—
	0,6	—	—	—	36	32	31	29	27	26	—	—	—
	1,0	—	—	—	—	31	28	26	24	22	21	—	—
	2,0	—	—	—	—	—	20	18	16	15	13	12	—
	3,0	—	—	—	—	—	—	14	12	11	10	8	—

Řezná rychlost v (m/min) se volí nejen podle řezivosti nástroje, obrobitelnosti součásti, velikosti třísky, ale také podle typu použitého stroje. Hoblovky mají největší rychlost stolu 30 až 100 m/min, vodorovné obrážecí až 60 m/min, svislé až 30 m/min. Z tohoto hlediska je třeba omezit hodnoty řezné rychlosti zvláště pro malé třísky při svislém obrážení, jak vyplývá z tabulky.

4.4 Výkon při hoblování a obrážení, výpočet strojního času a postup práce

Při hrubování musíme určit největší přípustný průřez třísky, který odpovídá tažné síle stroje. Výkon elektromotoru je dán vztahem

$$P_e = \frac{F_z v}{\eta},$$

kde F_z je řezná síla,

v – řezná rychlost,

η – účinnost hoblovky; $\eta = 0,65$.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tažná síla F_t je uvedena v hlavních požadavcích stroje.

Hospodárny úběr materiálu:

$$U_{\text{hosp}} = v_{\text{opt}} s t,$$

kde v_{opt} je optimální řezná rychlost.

Posuv s a hloubku řezu t je nutné dosadit v m. Hospodárny úběr (množství odebraných třísek za minutu), a tím i produktivní hoblování lze zvýšit současným obráběním několika noží, upnutými do vícenožového držáku, nebo současným obráběním více obrobků upnutých za sebou nebo vedle sebe.

U hoblovek s většími rychlostmi stolu (50 až 100 m/min) se zvýší produktivita použitím nožů s břity ze slinutých karbidů.

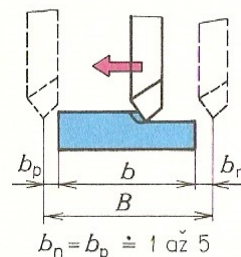
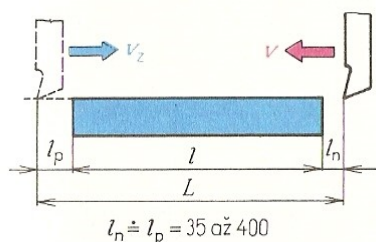
Výpočet strojního času:

$$t_{\text{AS}} = t_{\text{D}} n_{\text{D}} i = \left(\frac{L}{v} + \frac{L}{v_z} \right) \frac{B}{s} i \text{ (min)},$$

kd

- l – délka obrobku (m),
- B – šířka hoblování (m),
- t_{D} – čas dvojzdvihu (min),
- n_{D} – počet dvojzdvihů,
- v – řezná rychlost (m min⁻¹),
- v_z – zpětná rychlost (m min⁻¹),
- i – počet záběrů.

Průběhy řezné a zpětné rychlosti při obrábění



U hoblovek bývá délka náběhu l_n nebo přeběhu 100 až 400 mm, u obrážek 35 až 75 mm podle délky obrobku.

Při hodnocení efektivnosti hoblování proti frézování rozhoduje nejen výpočet strojních časů, ale i náklady na strojní hodinu. Obecně jsou na frézkách vyšší asi o 50 až 60 %.

Příklad. Vypočítejte strojní čas t_{AS} pro hoblování ocelové desky z materiálu 11 500, délky $l = 3\,000$ mm, šířky $b = 500$ mm, nožem z RO. Z celkového přídávku 9 mm se má odebrat 8 mm na 1 záběr

Hrubování:

$$t_{\text{AS}} = \left(\frac{L}{v} + \frac{L}{v_z} \right) \frac{B}{s} i = \left(\frac{3,3}{16} + \frac{3,3}{32} \right) \frac{0,508}{0,002} = 0,318 \times 254 \approx 80,8 \text{ min.}$$

Na čisto: boční náběh a přeběh může být menší, $b_n = b_p = 2$ mm.

$$t_{\text{AS}} = \left(\frac{3,2}{30} + \frac{3,2}{100} \right) \frac{0,504}{0,0002} = 0,096 \times 2\,520 \approx 240,5 \text{ min.}$$

Celkový strojní čas hoblování je $80,8 + 240,5 = 321,3$ minuty.

hrubováním a 1 mm na záběr hoblováním na čisto. Náběh a přeběh $l_n = l_D = 150$ mm, boční náběh a přeběh $b_n = b_p = 4$ mm.

Hrubování (viz tab.) pro $t = 8$ mm a $s = 2$ mm je $v = 16$ m/min, $s/t = 1/3$ až $1/10 = 2/8 = 1/4$ – vyhovuje. Zpětnou rychlost stolu volíme $v_z = 2v = 2 \cdot 16 = 32$ m/min.

Hoblování na čisto pro $t = 1$ mm a $s = 0,2$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

mm je $v = 50$ m/min, $s/t = 0,2/1 = 1/5$ – vyhovuje.

Zpětnou rychlost stolu volíme $v_z = 2v = 2 \cdot 50 = 100$ m/min.

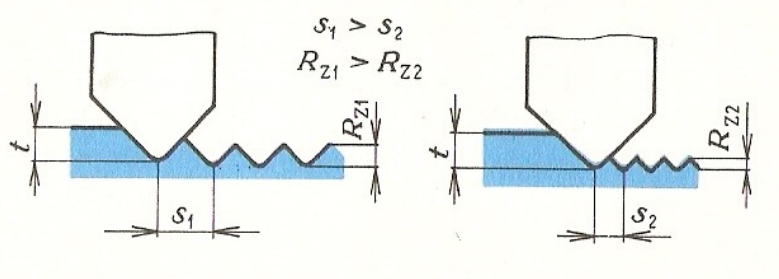
Před výpočtem nakreslete schéma podle předchozího obrázku.

4.5 Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu obrobku

Při hoblování hrubováním se dosahuje IT 11 až 12, $R_a = 6,3$ až 12,5.

Při hoblování na čisto se dosahuje IT 9 až 11, $R_a = 3,2$ až 6,3.

Při hoblování širokým nožem IT 8 až 10, $R_a = 1,6$ až 3,2.

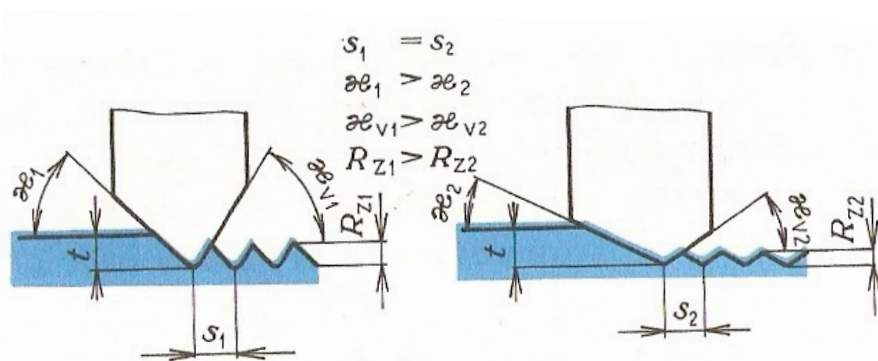


Vliv velikosti posuvu na drsnost povrchu

Hoblováním se dosahuje poměrně přesné geometrické přesnosti obrobce. Rovinnost bývá 0,1 až 0,2 mm na 1 000 mm, u přesných hoblovek až 0,02 mm na 1 000 mm.

Z hlediska požadované přesnosti a drsnosti povrchu obrobce je třeba volit při práci na čisto vhodný průřez třísky a zejména posuv.

Z hlediska geometrie bříty závisí drsnost obráběné plochy hlavně na κ , κ_v a poloměru zaoblení špičky R u hoblovacích a soustružnických nožů. Se zmenšujícími se úhly κ a κ_v a se zvětšujícím se poloměrem R se drsnost povrchu zmenšuje.



Vliv velikosti úhlu nastavení na drsnost povrchu

Přibližně se posuv v závislosti na poloměru zaoblení nože R a výšce nerovnosti R_z určí ze vztahu:

$$s \doteq \sqrt[3]{8RR_z}.$$

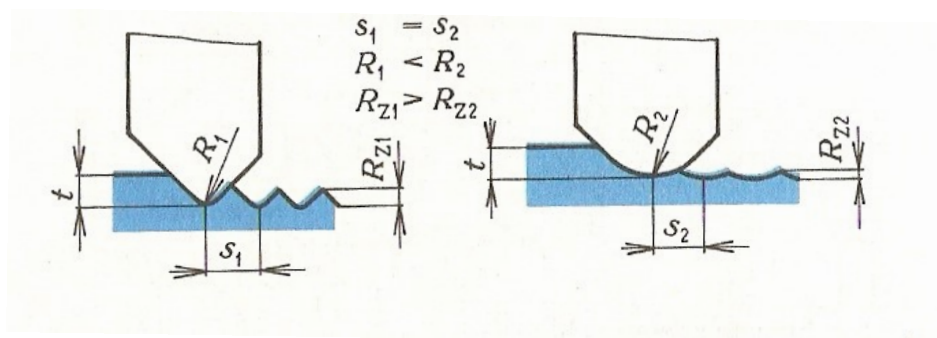
Je-li $R_z = 4 R_a$, pak

$$s = \sqrt[3]{8R \cdot 4R_a} = 4 \sqrt[3]{2R R_a},$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

kde R_a je střední aritmetická drsnost povrchu.

**Vliv velikosti
poloměru zaoblení
špičky na drsnost
povrchu**



Příklad. Určete posuv
pro dosažení drsnosti
 $R_a = 1,6$, je-li poloměr zaoblení špičky $R_f = 0,4$ mm.

$$s = 4 \sqrt{2RR_a} = 4\sqrt{2 \cdot 0,4 \cdot 0,0016} = 0,15 \text{ mm na 1 dvojzdvih.}$$

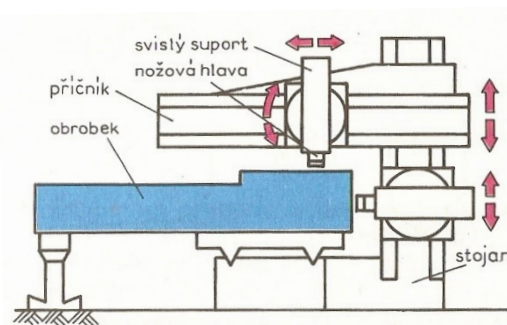
Posuv je 0.15 mm na jeden zdvih.

4.6 Hoblovky a obrážecíky

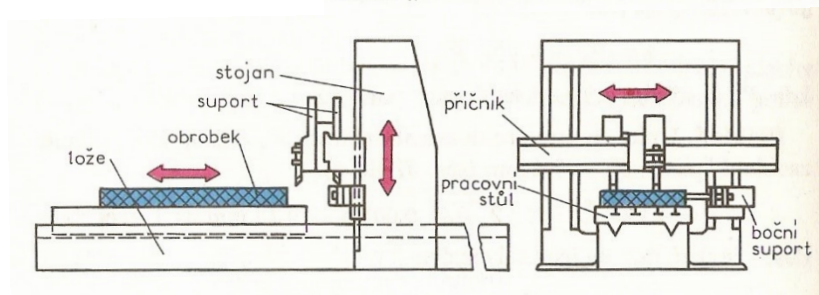
4.6.1 Hoblovky

Základní části hoblovek jsou **lože, pracovní stůl, stojany, příčník a suporty**. Lože hoblovek mají prizmatická nebo plochá vedení. Pohon stolu je zpravidla **mechanický**, hříbenem a pastorkem nebo **hydraulický**. Smysl pohybu pracovního stolu se mění spojkami nebo reverzací motoru. Velikost hoblovky je dán šířkou pracovního stolu. Stoly bývají široké 800 až 4 000 mm. V základní provedení se vyrábějí stolové **jednostojanové** a **dvoustojanové** hoblovky.

Jednostojanová hoblovka



Dvoustojanová hoblovka



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Výhodou jedno stojanových hoblovek je, že se na nich dají hoblovat rozměrnější obrobky, přesahující na jedné straně pracovní stůl. Nevýhodou je menší tuhost příčnicku a tím celého stroje.

U dvou stojanových hoblovek se posouvá příčník po vedení dvou stojanů, které jsou spojeny příčkou. Tím jsou podstatně tužší než jedno stojanové.

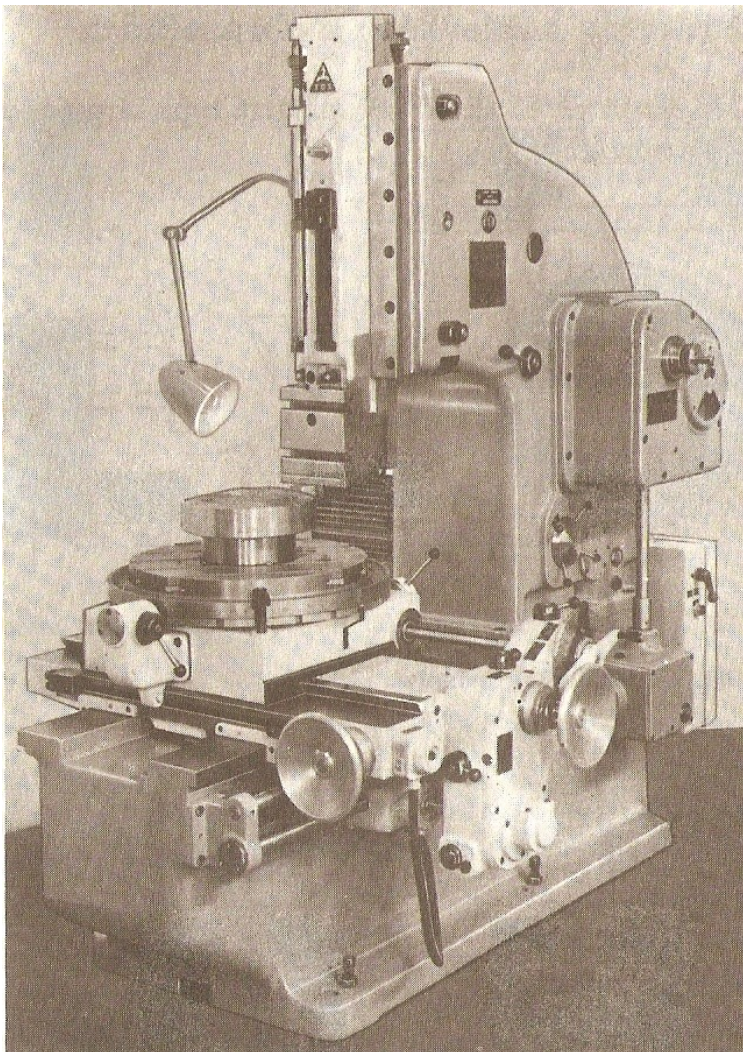
4.6.2 Obrážečky

Základní části obrážeček jsou **smýkadlo, stojan, pracovní stůl a křížové saně**.

Velikost obrážeček je dána největším zdvihem smýkadla.

Vodorovné obrážečky se používají pro hoblování krátkých rovinných a tvarových ploch. Jejich předností je, že nepotřebují složité nástroje. Hlavní pohyb vykonává smýkadlo a stůl se s obrobkem posouvá.

Svislé obrážečky jsou vhodné pro obrábění rovinných ploch a rotačních válcových ploch, kolmých k upínací ploše obrobku.



Svislá obrážečka

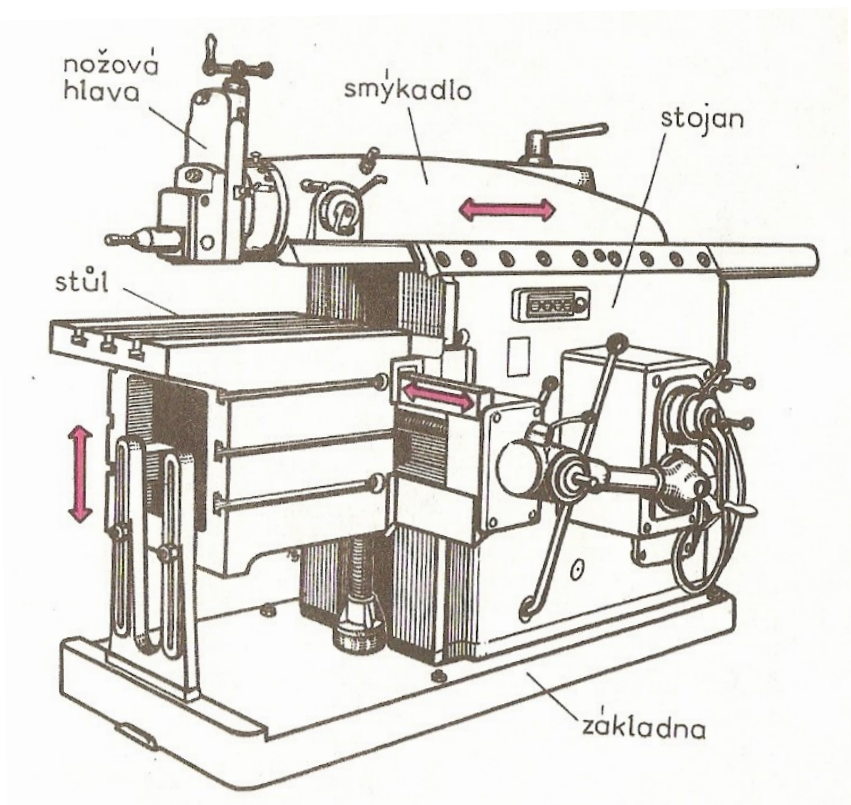
Bezpečnost při hoblování a obrábění

Nejdůležitější zásady:

- za chodu stroje se nesmí hoblovka přelézat, sahat do nebezpečných prostorů, měnit zdvih stolu, přestavovat narážky, upínat obrobek, měřit, seřizovat, mazat, čistit apod.;

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

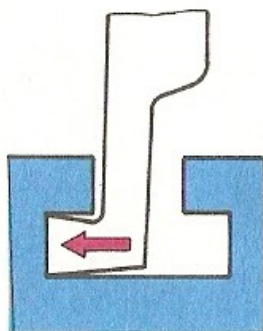
- pro upínání těžkých obrobků se má použít otočný jeřáb umístěný u stroje;
- k odstraňování ostrých třísek se má použít smeták dřevěná škrabka a lopatka;
- proti odletujícím třískám se má používat ochranný kryt nebo brýle;
- podlaha u stroje nesmí být klzká.



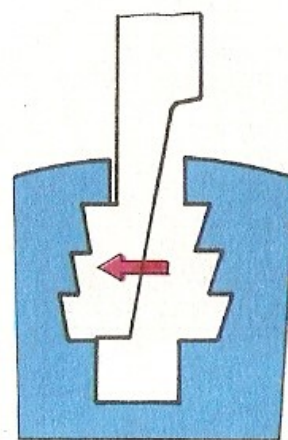
Vodorovná obrážka

4.7 Práce na hoblovkách

Hoblování tvarových
ploch

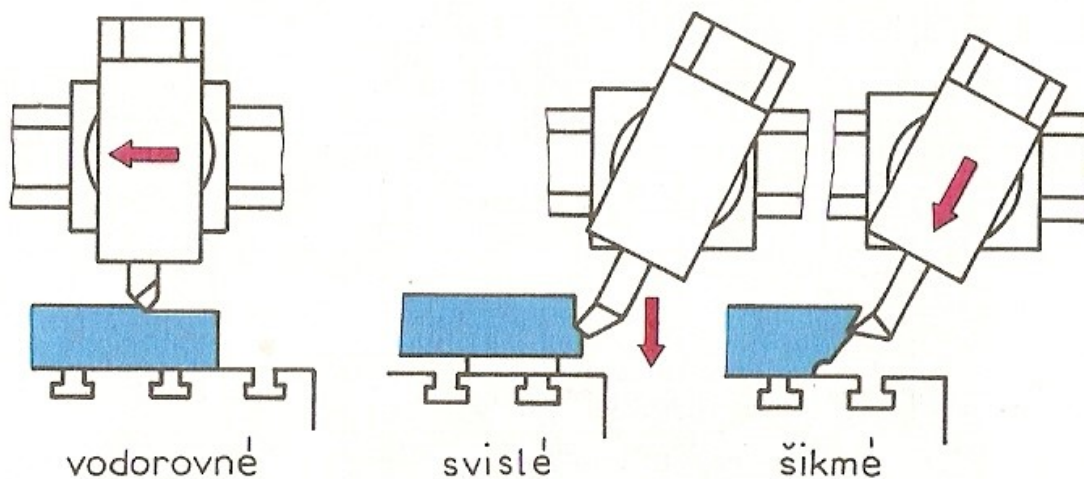


upínací drážky T

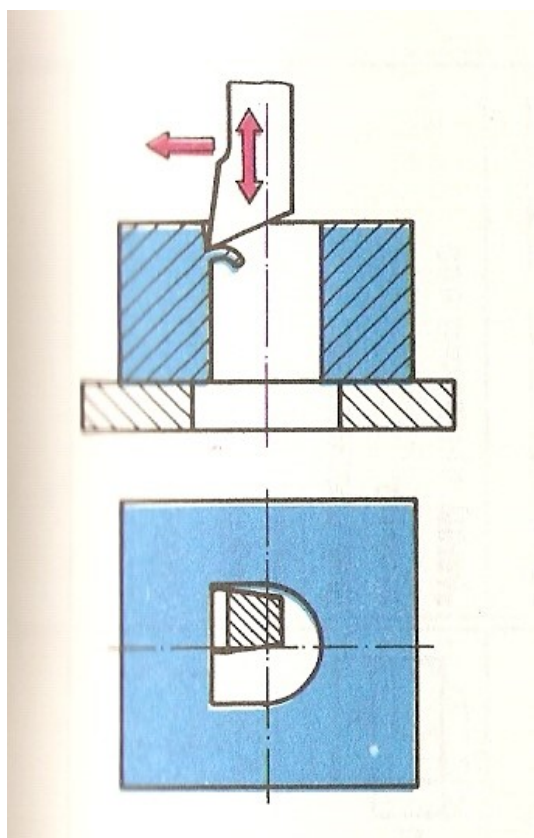


drážky pro lopatky
parních turbin

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

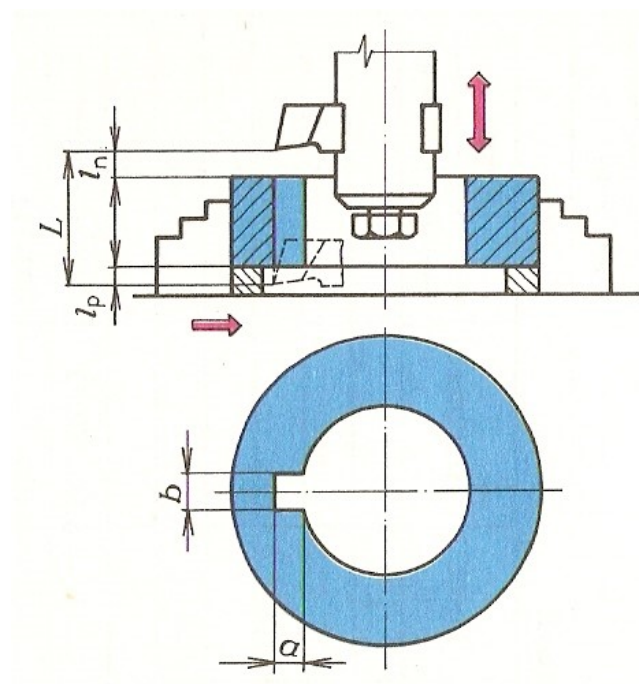


Hoblování rovinných ploch

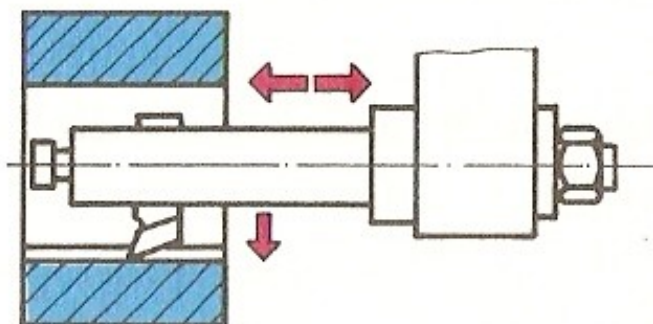


Obrážení drážky

Obrážení vnitřní plochy na svislé obrážče

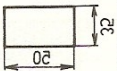


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

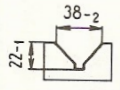
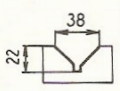
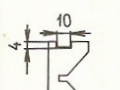
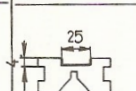


Obrázení drážky na vodorovné obrážečce

4.7.1 Příklady výrobních postupů

Op- řec	Pracovníř	Úsek	Úkon	Popis práce	$\frac{n}{2}$	Výpočetní	Výrobní pomůcky
1	Opěráč	1	1 2 3	1) opravit závěs 2) oplovnat plochy $L = 32$ 3) oplovnat plochy $L = 50$			závěs příložka levý nřezací nůž
		2	4 5	1) přebroušen 2) oplovnat plochy $L = 150$			levý nřezací nůž

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2	Rýsovač			rýsovat prizma a drážky		úhloměr úhelník rýsovací jehla
3	Obráběč	1	1	upnout		úzký hladicí nůž
			2	hrubovat prizma		
			3	hrubovat drážku		přímý upichovací nůž
			4	přepnout		úzký hladicí nůž
			5	hoblovat prizma		
			6	hoblovat drážku		přímý upichovací nůž
			7	přepnout 2krát		přímý upichovací nůž
			8	hoblovat drážku $\xi = 10$		
			9	přepnout		přímý upichovací nůž
			10	hoblovat drážku $\xi = 25$		
Vyhotoval:				Součást: Prizmatická podložka	Číslo výkresu 13008	
				Stroj:	Pozice 5E1	

Otázky a úkoly

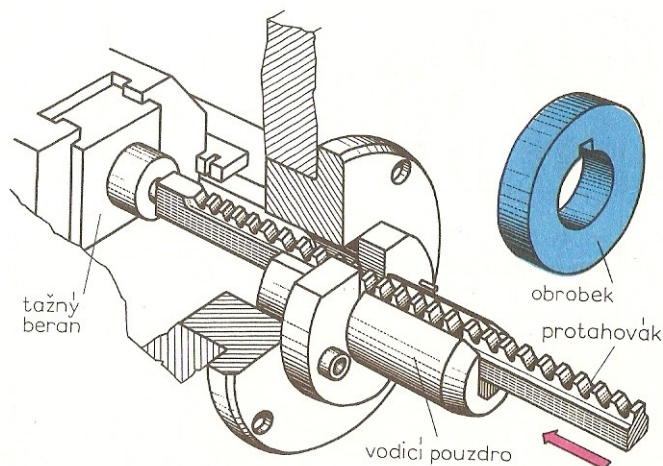
1. Naskicujte hrubovací hoblovací nůž, určete jeho geometrii, a vysvětlete proč je prohnutý.
2. Jak se počítají řezné síly, výkon a strojní čas při hrubování a obrázení?
3. Vysvětli postup řezných podmínek při hrubování a obrábění. Jaká je dosažitelná přesnost a drsnost povrchu.
4. Načrtněte jednostojanovou hoblovku, vysvětlete její funkci a použití.
5. Jaké hlavní požadavky klademe na hoblovky a obrážečky?
6. Naskicujte svislou obrážečku, vysvětlete její funkci a použití.
7. Uveďte typické způsoby obrábění hoblováním a obrážením.

5 Protahování a protlačování

Protahování a protlačování patří k produktivním způsobům obrábění, které je uplatňováno v sériové a hromadné výrobě. Takto jsou vyráběny přesné kruhové nebo tvarové díry, drážky v nábojích, vnitřní ozubení nebo přesné vnější povrchy.

5.1 Podstata protahování a protlačování

Mnohobřitový nástroj, protahovák nebo protlačovák vykonává jen **přímočarý hlavní pohyb**. Jednotlivé břity zubů jsou uspořádány tak, že následující zub převyšuje předcházející o malou hodnotu, která představuje posuv h a zub s . Každý zub postupně odebírá materiál. První zuby obráběnou plochu hrubují, další ji obrábějí načisto, poslední zuby ji kalibrují, případně vyhlazují a zpevňují obrobenou plochu. Nástroj se obrobkem buď protáhne, nebo protlačí.



Princi protahování

Protahovat lze **vnitřní i vnější** plochy. Při vnitřním protahování se díra musí nejprve obrobit (s přídávkem na protahování) a žádaný tvar se dokončí protahováním. Materiál lze ubírat dvojím způsobem. Nástroj buď sleduje konečný tvar díry, nebo se ubírá podle výchozího tvaru díry.

Princip protlačování

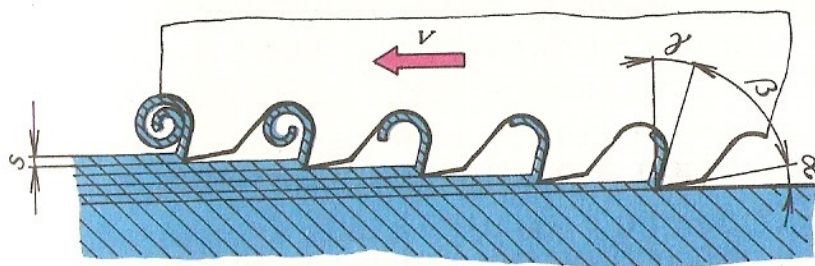
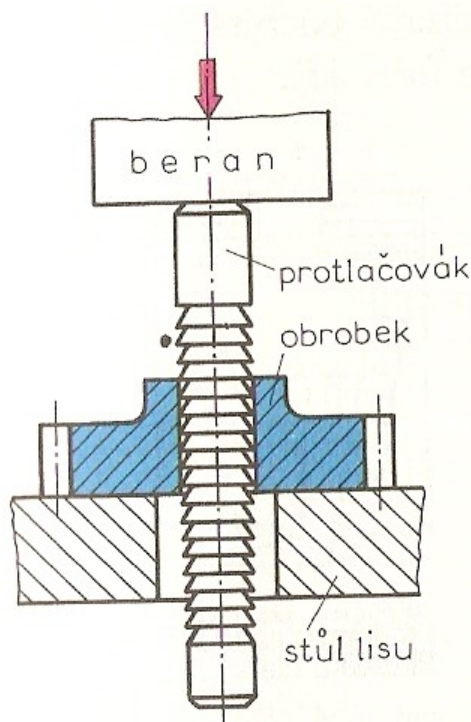
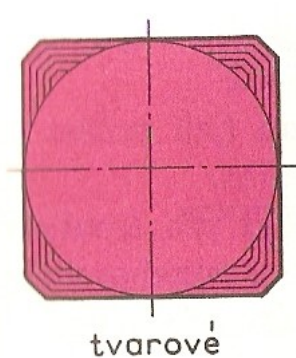
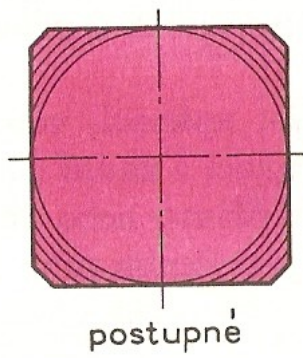


Schéma odebírání třísek



tvarově

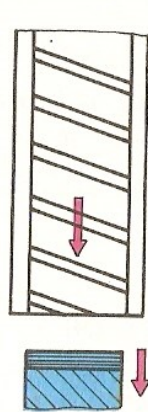


postupně

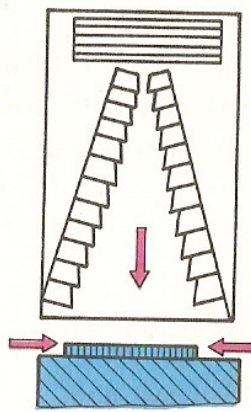
Způsoby vnitřního protahování

Při protahování vnějších ploch se materiál odebrá **čelně v celé ploše nebo postupně**.

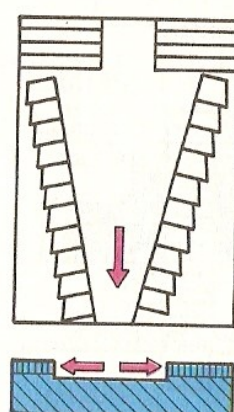
Způsoby odebrání třísek při vnějším protahování



čelní



postupný od krajů



postupný od středu

5.2 Protahovací a protlačovací nástroje

Jsou to mnohobřitové tyče s kruhovým, obdélníkovým nebo jiným průřezem, který se postupně rozšiřuje až na požadovaný profil obráběné součásti. Odstupňováním zubů protahováku je přímo určena velikost posuvu při obrábění a tvarem zubů velikost vznikající třísky.

Protahováky jsou namáhány tahem, mohou být proto delší než protlačováky namáhané tlakem. To vysvětluje, že pro obrábění téhož profilu bývá u protlačováků více členů v sadě. Podle polohy obráběných ploch vzhledem k nástroji se dělí protahováky na **vnitřní a vnější**.

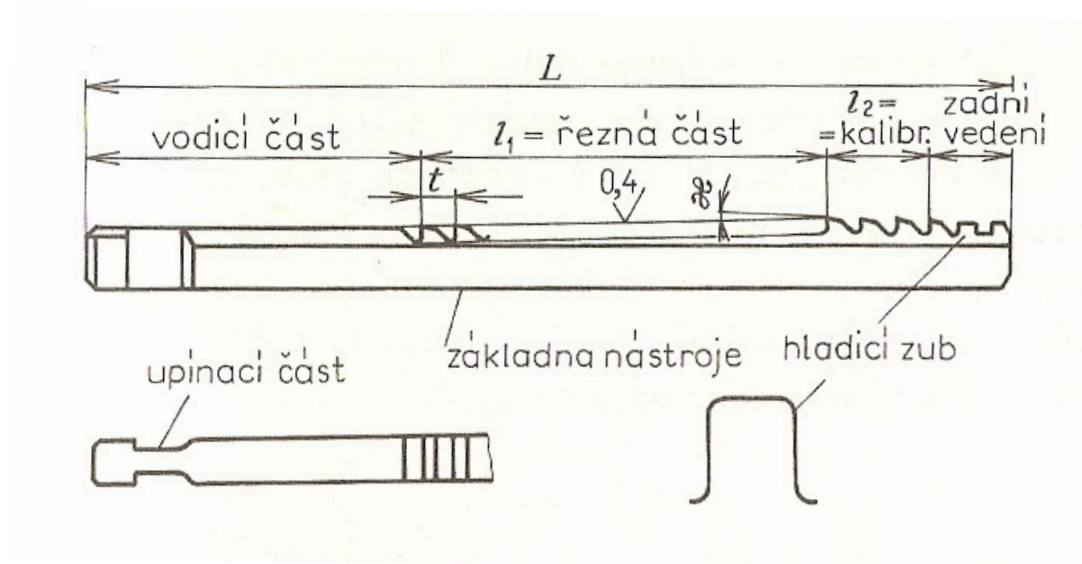
5.2.1 Geometrie protahovacích a protlačovacích nástrojů

Protahovák má část **upínací, vodící, řeznou** (její průřez se postupně zvětšuje), **kalibrovací a zadní**.

Zuby protahováku jsou **přímé** nebo ve **šroubovici** pro šroubové drážky. Počet zubů se řídí převýšením zubů y a hloubkou protahovaného tvaru. Vyjde-li velký počet zubů a příliš dlouhá řezná délka

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

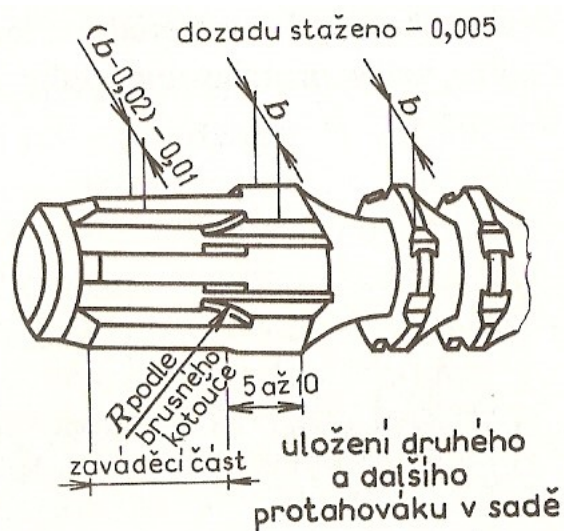
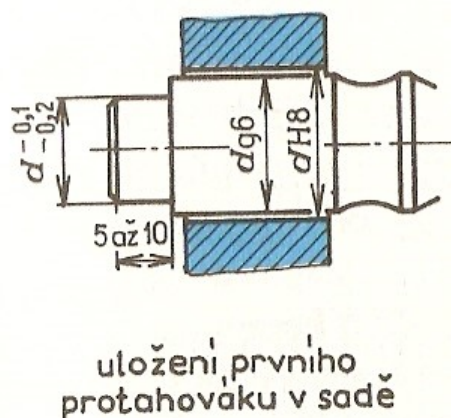
nebo u větších protahováků velká hmotnost, rozdělí se protahování na několik stupňů a provádí se sadou nástrojů.



Protahovák

Upínací část je hranolovitá nebo válcová část protahováku, jíž se nástroj upíná a unáší do řezu.

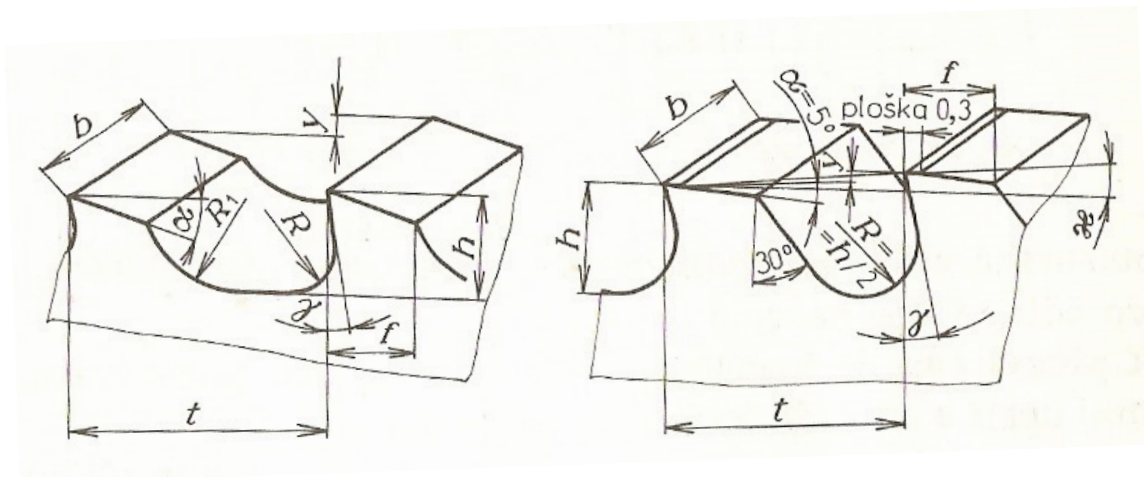
Protlačovák mají stejný tvar i geometrii zubů, jsou však kratší a stopku u nich nahrazuje kuželová část konce nástroje.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

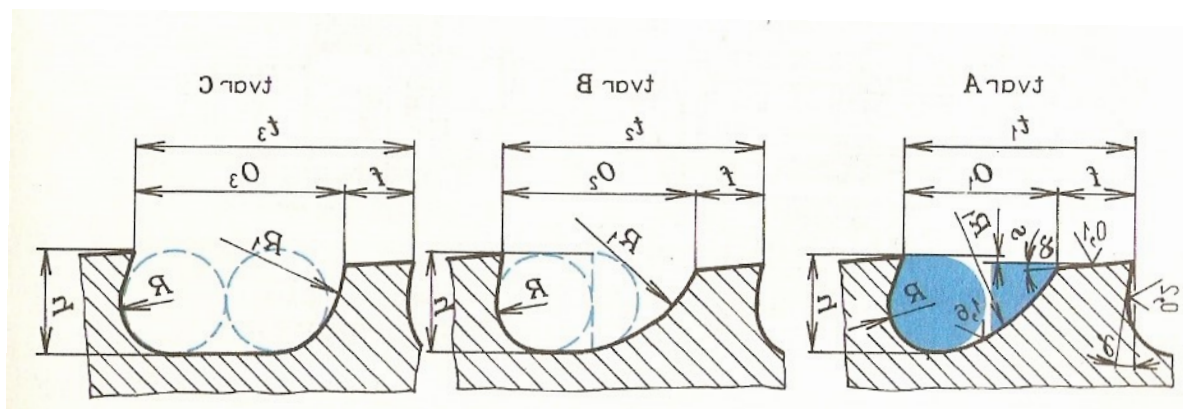
Vodící část vícedrážkového protahováku

Vodící část musí zajistit snadné a přesné zavedení nástroje do obrobku. Například první protahovák se zuby ze sady pro drážkový náboj má válcovou část předního vedení v délce 5 až 10 mm o 0,1 až 0,2 mm menší než průměr díry náboje a další část má malou vůli – H8/g6. Pro druhý a další člen v sadě je protahovák středěn klínovým vedením, které je zpočátku užší 0,02 až 0,03 mm a potom je bez vůle (těsné).



Zuby protahováku

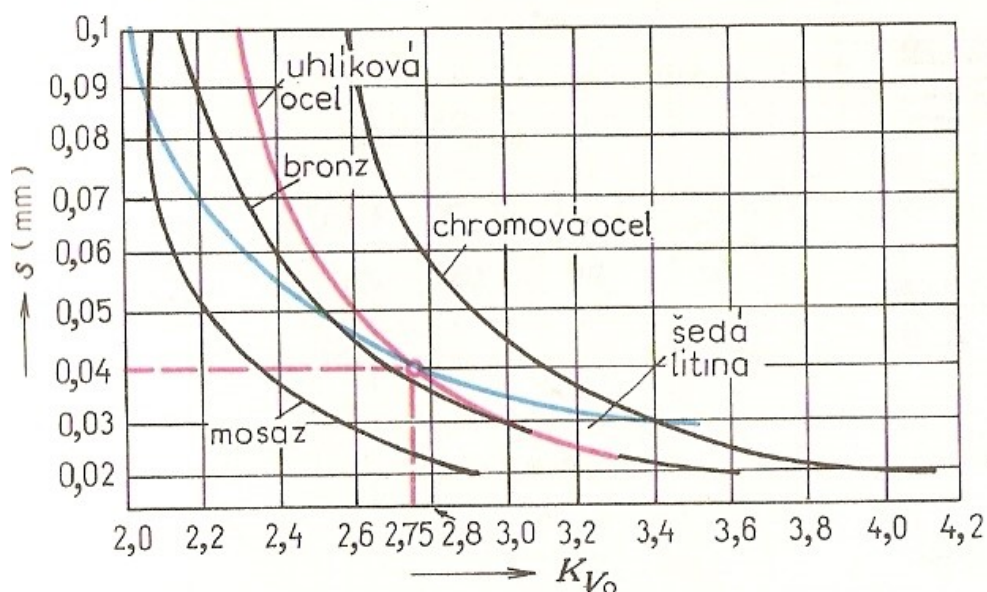
Řezná část má délku l_1 a řezné zuby. Jednotlivé zuby řezné části jsou odstupňovány podle předepsané tloušťky třísky a hrubují postupně žádaný tvar. Kalibrovací část l_2 dává obráběné ploše přesné rozměry, správný geometrický tvar a hladký povrch. Hřbet zubů je skloněn pod úhlem α nebo je opatřen ploškou o šířce 0,3 až 0,6 mm, která má negativní sklon a je výrobně i funkčně velmi výhodná. Úhly čela γ a hřbetu α se volí podle druhu obráběného materiálu.



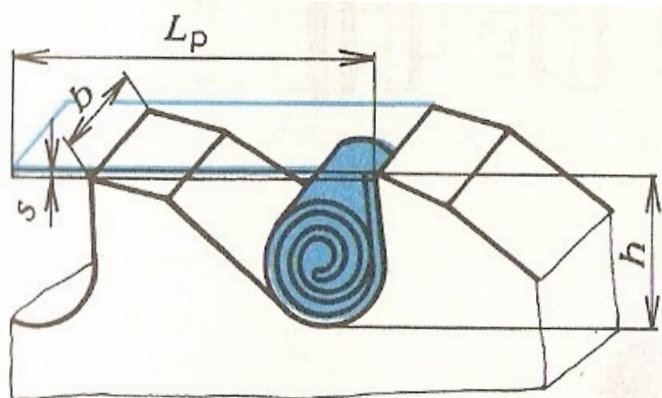
Tvary zubových mezer protahováku

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Na utváření třísky a řezný odpor má největší vliv materiál obrobku, tloušťka odebírané třísky, velikost úhlu čela a tvar mezery zubu protahováku. **Zubové mezery** jsou normalizovány ve tvarech A, B, C. Velikost zubové mezery záleží na objemu třísek, které odebírá zub na protahované délce L_p . Objem zubové mezery musí být tedy součinem objemu odebrané třísky a **objemového součinitele** K_{Vo} , který ještě závisí na druhu obráběného materiálu a tloušťce třísky.



Závislost objemového součinitele K_{Vo} na obráběném materiálu a tloušťce třísky



L_p – protahovaná délka

$$K_{Vo} = \frac{\pi h^2}{4s \cdot L_p}$$

Dělením třísek zubovou sekci se dvěma členy se délka třísky b rozdělí na b_1 a dvakrát b_2 . Oba zuby sekce pak odebírají třísku stejné tloušťky.

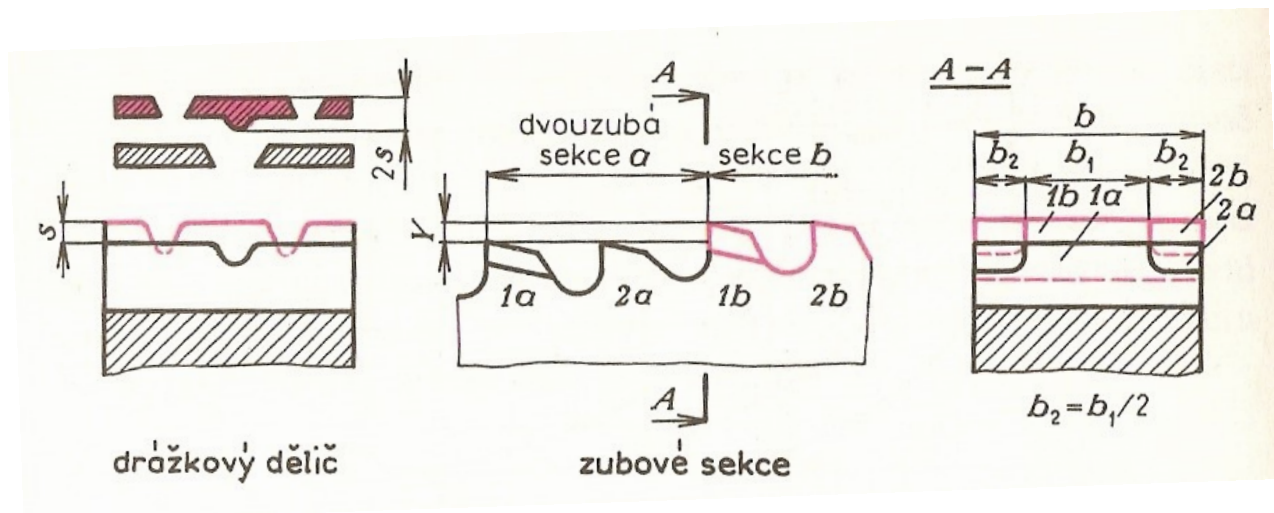
Objemový součinitel K_{Vo}

Pro velké protahované délky L_p se používá zubových drážek tvaru B nebo C.

Pro lepší utváření třísek a zmenšení potřebné řezné síly se používají **děliče třísek**, které mohou mít tvar **drážky** nebo mohou dohromady vytvářet tzv. **zubové sekce**. Drážkové děliče jsou výrobně jednoduché, v místě drážky však zvětšují třísku u dalšího zubu. Při výpočtu nástroje je nutno uvažovat dvojnásobnou tloušťku třísky, tj. $2s$.

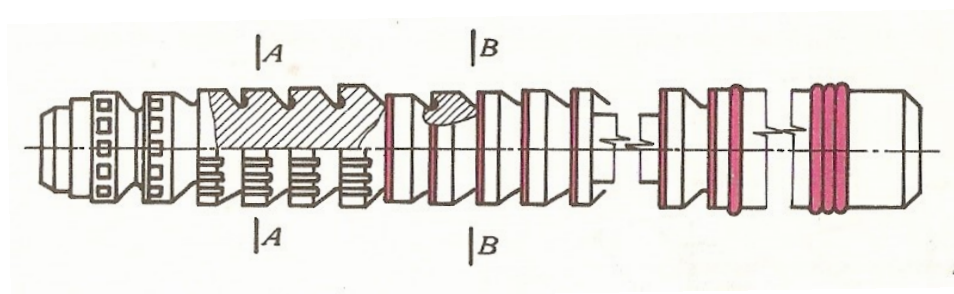
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

V některých případech se používá **tandemová konstrukce**, kde se prvním stupněm vytvoří vícedrážkový náboj a druhým stupněm s hladkými zuby se dokončí válcová díra.

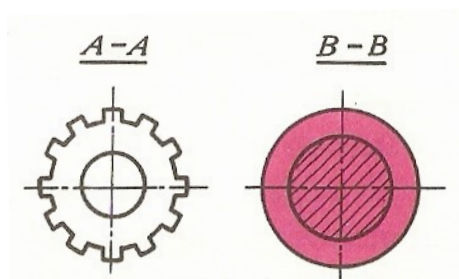


Dělení třísek

Kalibrovaná část. Rozměrově i tvarově jsou kalibrovací zuby v počtu 4 až 8 shodné s posledním zubem řezné části. Požaduje-li se velmi hladký povrch, přidávají se za kalibrovací část **hladící zuby**. Jednotlivé hladící zuby se postupně zvětšují o 0,01 až 0,02 mm na průměru podle přídávku, který bývá 0,01 až 0,08 mm, podle rozměru obráběné plochy a jakosti materiálu.

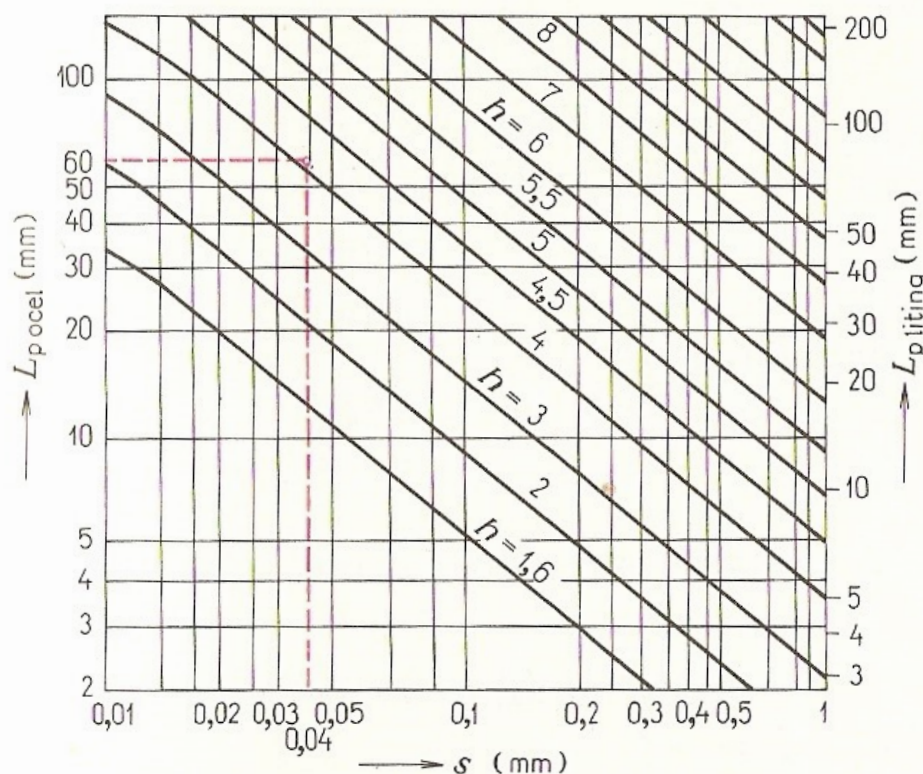


Tandemová
konstrukce
protlačováku



5.2.2 Výpočet protahováku

Rozměry zubové mezery lze určit z nomogramu. Postupuje se tak, že např. pro zvolenou tloušťku třísky $s = 0,04$ mm a danou protahovanou délku $L_p = 60$ mm se určí hloubka zubové mezery h . Pro známou hloubku h se z norem (pro zub – tvar A) snadno určí všechny rozměry. Tloušťka třísky s se nikdy nevolí menší než 0,02 mm.



**Nomogram
pro hloubku
zubové
mezery**

Řezná síla při protahování se rovná součtu řezných sil působících na všech břitech protahováku, které jsou v záběru.

$$F_z = S z p .$$

Velikost řezné síly je dána řezným odporem p , průřezem třísky S a počtem zabírajících zubů z .

Řezný odpor p se přibližně volí (4 až 6) σ_{pt} , přičemž nejvyšší hodnoty platí pro nejtenčí třísky; $s \geq 0,02$ mm pro otupené zuby a malé úhly čela.

Pro protahování (protlačování) **kruhových otvorů** platí

$$F_z = \pi D s z_{\max} p .$$

Pro protahování (protlačování) **drážkových nábojů** platí

$$F_z = b s n z_r p ,$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Kde D je průměr díry,
 b – šířka drážky,
 n – počet drážek,
 z_f – počet zubů v záběru, $z_f = (L_p/t) + 1$,
 L_p – délka protahované díry,
 t – rozteč řezacích zubů.

Kontrola dovoleného namáhání σ_{Dt} se provádí pro první zubovou mezeru za vodící částí.

Napětí

$$\sigma_t = \frac{F_z}{S_{min}} \leq \sigma_{Dt}.$$

Průřez třísky odebírány ze 6 drážek současně zabírajícími zuby:

$$\begin{aligned} S &= 6b \cdot z_f, \\ z_f &= \frac{L_p}{t} + 1 = \frac{60}{11,5} + 1 = 6, \\ S &= 6b \cdot 0,04 \cdot 6 = 11,52 \text{ mm}^2, \\ F_z &= S \cdot p = 11,52 \cdot 3950 = 45\,504 \text{ N}. \end{aligned}$$

Nejmenší průřez protlačovacího trnu

$$S_{min} = \pi d_{min}^2 / 4.$$

Nejmenší průměr pod prvním zubem

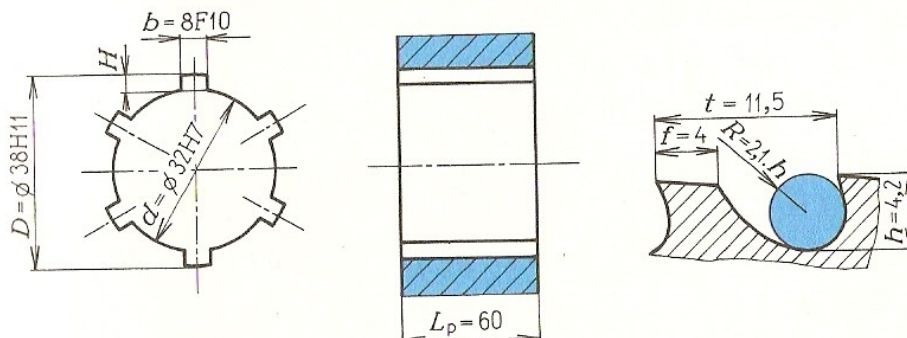
$$\begin{aligned} d_{min} &= d - 2h, \\ d_{min} &= d - 2h = 31,75 - 8,4 = 23,35 \text{ mm}, \\ S_{min} &= \pi d_{min}^2 / 4 = \pi \cdot 23,35^2 / 4 = 428 \text{ mm}^2, \\ \sigma_t &= \frac{F_z}{S_{min}} = \frac{45\,504}{428} = 106 \text{ MPa}, \\ \sigma_{Dt} &= 200 \text{ až } 300 \text{ MPa}, \\ \sigma_t &\leq \sigma_{Dt} - \text{vyhovuje} \end{aligned}$$

Délku řezné části nástroje určuje počet řezných zubů a jejich rozteče. Připočtením délky kalibrovací, vodící a zadní části se dostane celková délka protahovák. Je-li délka příliš velká, rozdělí se protahovák na víc nástrojů v sadě, což je běžné u protlačováků. Vychází-li protlačovák štíhlý, kontrolujeme jej na vzpěr.

Na každém protahováku a protlačováku musí být vyznačena hodnota $L_{p \min}$ (aby byly nejméně dva zuby v záběru) a L_p protahovaného obrobku, aby nebyl použit pro větší protahované délky (zahlcení a zlomení trnu).

$$L_{p \min} = 2t + 1 = 2 \cdot 11,5 + 1 = 24 \text{ mm},$$

$L_p = 60 \text{ mm}$ je délka uvažována ve výpočtu.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Výpočet protahováku

Zadané hodnoty: tvar a rozměry obrobku, materiál obrobku ocel 11 600, řezný odpor $p = 3\,950 \text{ MPa}$

Volené hodnoty: $s = 0,04 \text{ mm}$ podle zkušenosti, $K_{V0} = 2,75$ (podle obr. 58)

Výpočet: zubová mezera

a) hloubka zubové mezery (tvar A) pro dělenou třísku $h = 1,13 \sqrt{2s K_{V0} L_{\max}} = 1,13 \sqrt{2 \cdot 0,04 \cdot 2,75 \cdot 60} = 4,08 \text{ mm}$ – volíme $4,2 \text{ mm}$, pro nedělenou třísku $h = 1,13 \sqrt{s K_{V0} L_{\max}}$, pro drobivou třísku $h = \sqrt{s K_{V0} L_p}$;

b) rozteč zubů $t = 2,75h = 2,75 \cdot 4,2 = 11,5 \text{ mm}$;

c) tvar zubové mezery

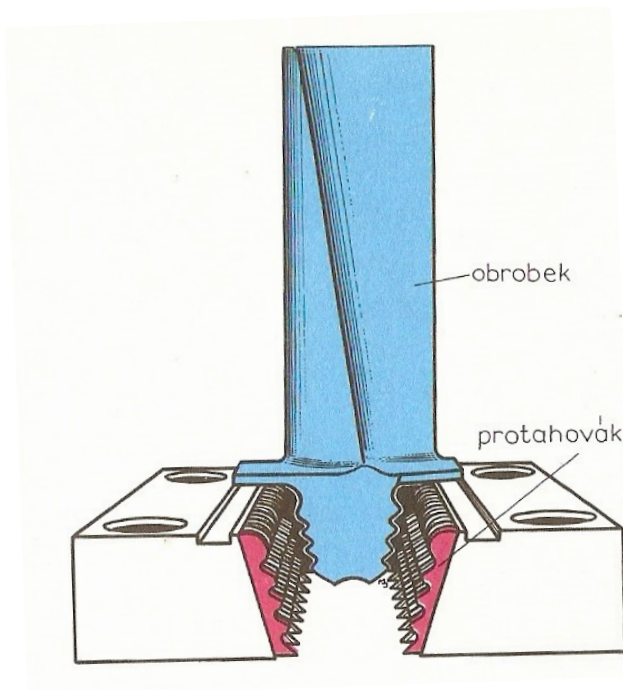
$f = 0,95h = 0,95 \cdot 4,2 = 4 \text{ mm}$,

$R = 0,5h = 0,5 \cdot 4,2 = 2,1 \text{ mm}$

5.2.3 Vnější protahovák

Proti vnitřním protahovákům je jejich konstrukce podstatně jednodušší. Nejsou zde taková omezení, hlavně pokud jde o místo pro nástroj, proto mohou být obráběné drážky hlubší a převýšení zubů větší.

5.2.4 Materiály pro protahovací nástroje



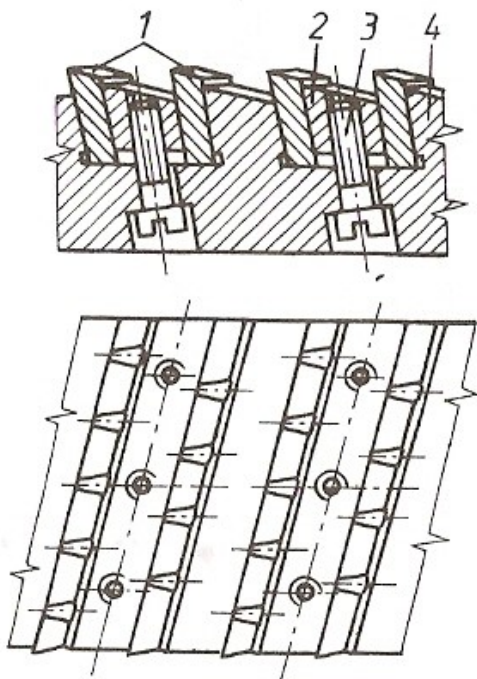
Volba nástrojové pro protahovák závisí na druhu práce, vlastnostech obráběného materiálu a na tvaru i rozměru protahovaného profilu. Kromě rychlořezné oceli 19 802 se stále více používá ocel 19 436, zejména pro protlačovací trny.

Pro volbu protahováků jak podle tvaru, tak materiálu je možné použít ČSN 22 1801 až 60.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů se někdy používá protahovacích trnů se zuby osazenými vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů.

Vnější protahovák s obrobkem



Protahovací trn s břity ze slinutých karbidů

- 1 – vyměnitelné břitové destičky,
2 – upínací klín, 3 – upínací šroub,
4 – těleso protahovacího trnu

5.3 Řezné podmínky při protahování

Řezná rychlost a posuv na zub při protahování jsou ovlivněny obráběným materiálem a tvarem obráběné plochy. Protahováky se zuby ze slinutých karbidu mohou pracovat vyšší řeznou rychlostí (60 až 80 m/min). Použitím řezných olejů se zvýší produktivita i jakost povrchu ocelových obrobků. Litina a bronz se protahují za sucha.

5.4 Výkon a strojní čas při protahování

5.4.1 Výpočet strojního času při protahování

$$t_{As} = t_p + t_z = \frac{L i}{v} + \frac{L i}{v_z} \text{ (min) },$$

- kde L je celková dráha nástroje (m),
 i – počet tahů,
 t_p – čas pracovního zdvihu (min),
 t_z – čas zpětného pohybu (min),
 v – řezná rychlost (m min^{-1}),
 v_z – zpětná rychlost (m min^{-1}).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Doporučené
hodnoty řezných
rychlostí a posuvů
na zub**

Obráběný materiál	Posuv na zub s_z (mm)		Řezné úhly (°)		Řezná rychlost v (m min ⁻¹)		Mazání a chlazení
	dráž- kové plo- chy	tva- rové plo- chy	γ	α	dráž- kové plo- chy	tva- rové plo- chy	
Ocel							
500 až 600 MPa	0,02 až 0,06	0,02 až 0,04	15 až 18	2 až 3	1,8 až 6,0	1,2 až 4,2	Chladicí emulze nebo řezný olej
600 až 800 MPa	0,04 až 0,10	0,03 až 0,06	12 až 15	2 až 3	3,0 až 6,0	2,0 až 5,0	
800 až 1 000 MPa	0,02 až 0,07	0,02 až 0,05	9 až 15	2 až 3	1,8 až 5,0	1,8 až 4,2	
Šedá litina	0,05 až 0,10	0,03 až 0,08	5 až 10	1,5 až 2,0	3,0 až 6,0	1,8 až 6,0	
Temperovaná litina	0,04 až 0,08	0,04 až 0,08	7 až 10	1,5 až 2	3,0 až 6,0	1,8 až 6,0	
Bronz	0,08 až 0,15	0,04 až 0,12	7 až 10n	1,5 až 2	3,0 až 6,0	3,0 až 6,0	
							na sucho nebo řezný olej
							na sucho

5.4.2 Výkon při protahování

Je dán velikostí řezné síly a řezné rychlosti. Potřebný příkon pohonu protahovačky je dán vztahem:

$$P_e = \frac{F_z v}{\eta}, \quad \eta \doteq 0,7.$$

5.5 Dosahovaná přesnost a drsnost

Běžně se dosahuje přesnosti IT 6 až IT 8 a drsnost $R_a = 3,2$ až $0,4$. Při použití kalibrovacích a hladících zubů se dosahuje $R_a = 0,4$ až $0,1$.

Měkké a houževnaté materiály dávají špatný povrch, neboť se třísky vytrhávají a tvoří nárůstek. Proto se měkkí materiály předem zušlechťují na pevnost větší než 600 Mpa. Zvětšováním posuvu na zub s se zhoršuje jakost obrobené plochy. Na jedno ostření lze protáhnout až 5 000 obrobků.

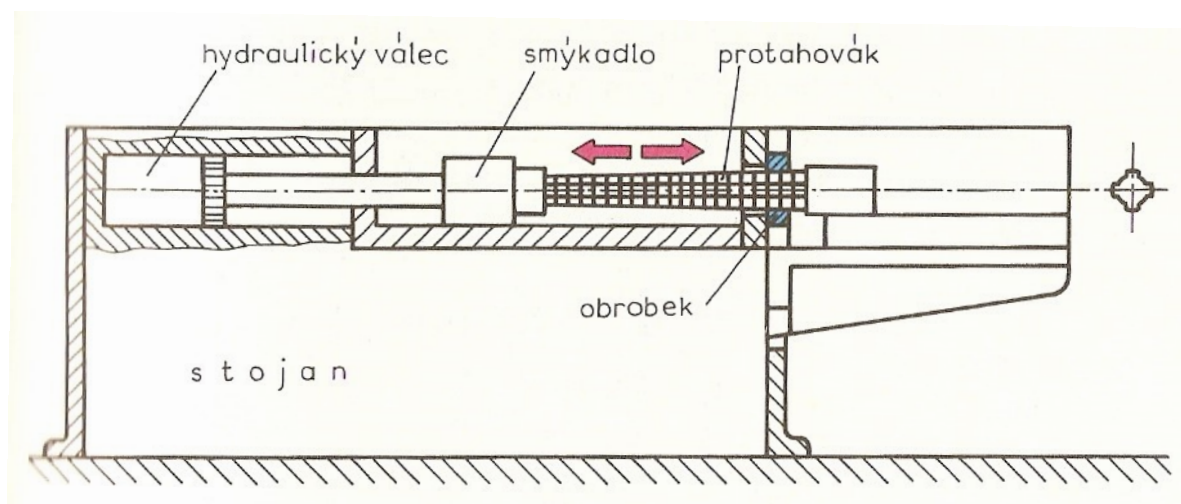
Při volbě protahovacího stroje je nejdůležitější volba tažné síly. Ta musí být o 30 až 50 % větší než F , jinak pracuje stroj trhavě a obroben plocha je vlnitá.

5.6 Protahovací a protlačovací stroje

K protahování se používá **vodorovných i svislých** protahovaček různé konstrukce. Charakteristickým parametrem je průtažná nebo průtlačná síla. Vyráběné protahovačky mají průtažnou sílu 40 až 400 kN.

Vodorovné protahovačky

Zaujímají větší půdorysnou plochu než svislé, dovolují však použít delších trnů a jsou konstrukčně jednodušší. Využívá se jich hlavně k protahování vnitřních ploch. Na vodorovné protahovačce lze obrobit až 120 polotovarů za hodinu. Vodorovné protahovačky mají na vnitřní i vnější protahování převážně hydraulický pohon. Výhody hydraulického pohonu jsou klidný chod, snadná změna rychlostí, nemožnost přetížení.

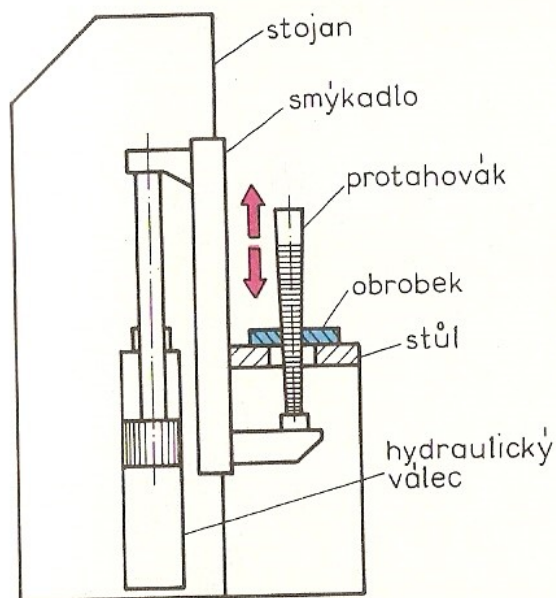


Svislé protahovačky

Používají se k protahování vnitřních a vnějších tvarových ploch. Jejich výhodou je menší půdorysná plocha, nevýhodou omezení délky protahovacího trnu. **Řezný pohyb** protahováku je **tahem shora dolů**. Obrobek se pokládá na stůl upevněný na svislých saních. Při protahování vnějších ploch musí být vzhledem k jednostrannému působení sil obrobek upnut v přípravku a protahovací nástroj musí být veden v celé délce. Při zpětném pohybu se přípravek s obrobkem musí oddálit od nástroje, aby se zabránilo

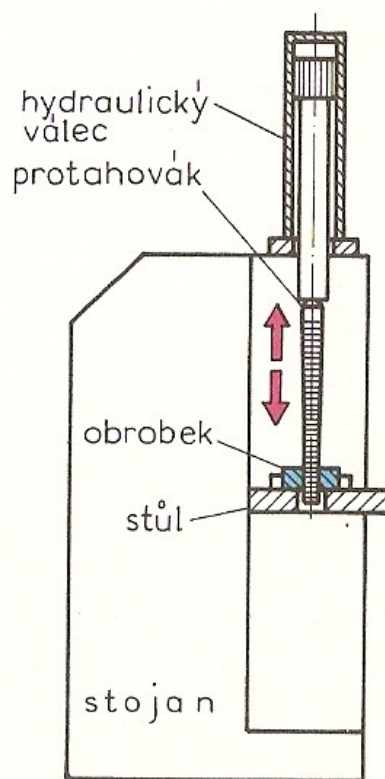
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

velkému opotřebení nástroje a poškození obrobené plochy. Ve velkosériové výrobě se protahuje více nástroji současně.

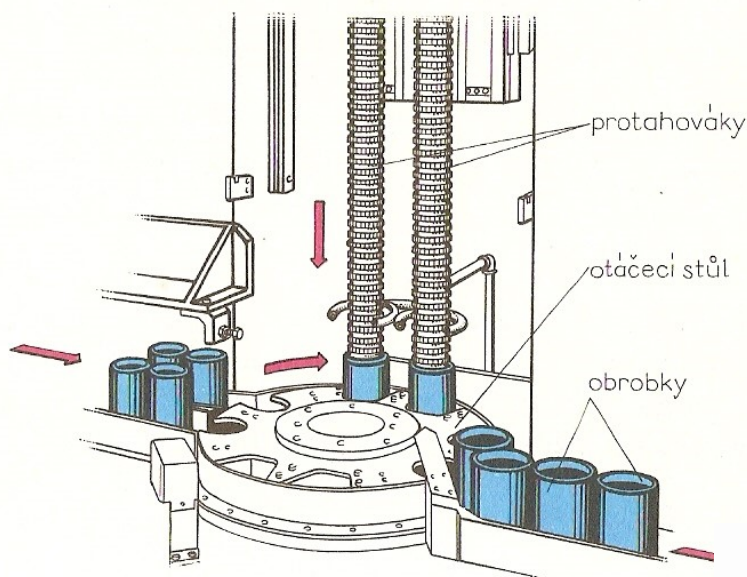


Protahovací hydraulické lisy jsou jednoduché stroje vhodné pro obrábění vnitřních ploch protlačovacím nástrojem. Nástroj se neupíná, vsune se předním vedením do vystředěné díry a působením tlakové síly se protlačí obrobkem.

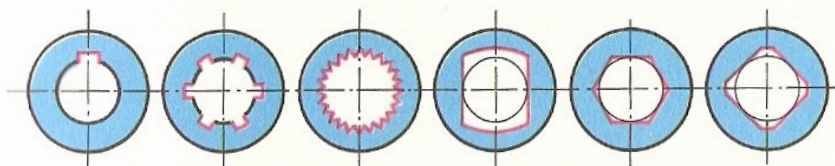
5.7



Příklady protahování a protlačování

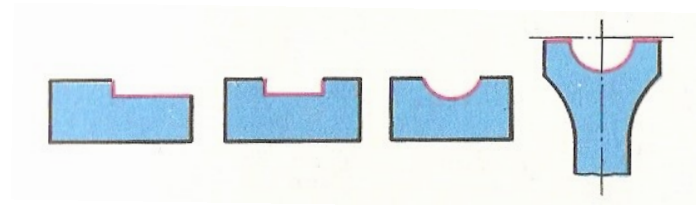


Protahovat (protlačovat) lze součásti z oceli o pevnosti 500 až 1 000 MPa, z litiny a z neželezných kovů. Protahují se různé profily v rozmezí 3 až 300 mm při poměru $L/D \leq 3$.

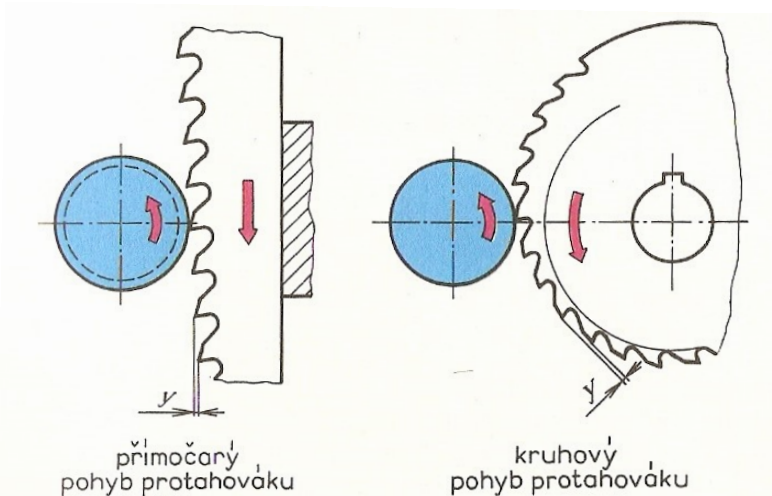


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Protahování a protlačování vnitřních ploch



Protahování vnějších ploch

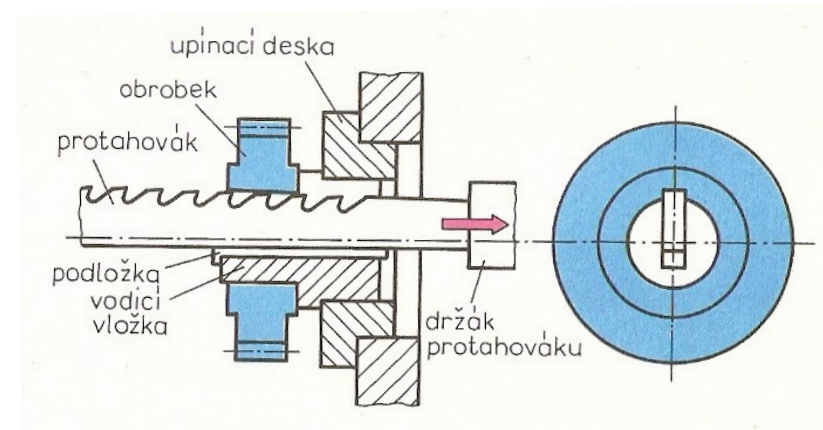


Přímocará a rotační protahování

Vnější protahování se zhotovují součásti s rovinnými i tvarovými plochami s přídávkem 2 až 6 mm za jeden tah.

Rotační protahování se zhotovují výrobky válcových a rotačních tvarů. U tohoto způsobu je obrobek upnut mezi hroty nebo letmo ve sklíčidle a otáčí se. Nástroj koná pohyb přímocará nebo otáčivý.

V kusové výrobě by se drážka obrážela. Má-li se vyrábět více než 1 000 kusů je protahování hospodárnější. Do předvrtané díry obrobku se nejprve vsune vodící vložka, která součást ustředí a udržuje v příslušné pracovní poloze. Vložkou se provleče přední část protahováku a za upínací část se upne do držáku protahováku. Vodící vložka je při protahování opřena o upínací desku. Mezi vodící vložku a protahovák lze vsunout podložku a tím zvýšit polohu nástroje při protahování hlubší drážky. Po protažení drážky se uvolní a vyjme protahovák z držáku, vysune se z vodící vložky a obrobek, obrobek se vymění a celý postup se opakuje.



Protahování drážky náboje ozubeného kola

Protahování díry čtvercového průřezu – tvar ostří zubů

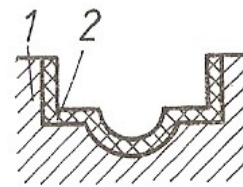
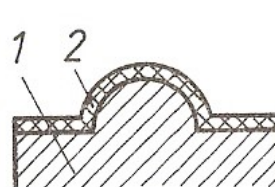
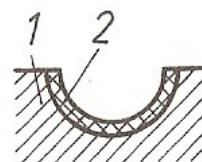
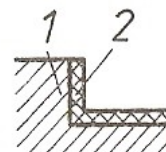
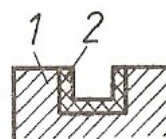
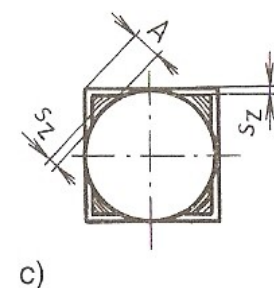
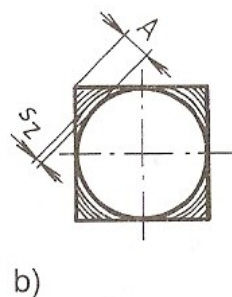
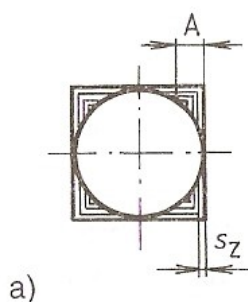
a) čtvercový,

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- b) kruhový,
c) kombinovaný,
A – celková odebíraná hloubka řezu,
 s_t – posuv na zub

Příklady protahovaných tvarů vnějších ploch

- 1 – obrobek
2 – odebíraná vrstva



Výchozí protahovaná díra je kruhová. Z ní lze konečný tvar díry vytvořit různými způsoby úběru materiálu. Na obr. a), b) jsou uvedeny dva způsoby výroby čtvercové díry. První je nevýhodný z hlediska rychlého opotřebení špiček zubů protahováku, druhý má horší výslednou jakost obrobeného povrchu. Na obr. c) je kombinovaný způsob, kde díra je hrubována podle způsobu b) a poslední tříška, odebraná způsobem a), který zajistí předepsanou kvalitu povrchu.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Protahováním vnějších ploch se obrábějí drážky nejružnějších tvarů, ozubení, vnější drážkování, složité tvarové drážky (např. drážka pro klíč u zámku FAB) apod.

Otázky a úkoly

1. Vysvětlíte na náčrtcích princip protahování a protlačování.
2. Naskicujte obecně plochý protahovák a vysvětlíte jeho geometrii.
3. Naskicujte tvary řezných zubů.
4. Jaký vliv má objemový součinitel na protahování a jak ho vypočítáme?
5. Určete počet řezacích zubů pro obrábění celkového přídávku 2 mm u ocelového obrobku (11 500).

Použitá literatura

Němec a spol.; *Strojírenská technologie*
Řasa, Gabriel; *Strojírenská technologie*
Hluchý, Beneš; *Strojírenská technologie*

Obsah

1 Úvod	1
1.1 Rozdělení obráběcích strojů	1
1.1.1 Rozdělení podle způsobu obrábění	1
1.1.2 Rozdělení podle stupně mechanizace a automatizace	1
1.1.3 Činitelé, které ovlivňují volbu obráběcího stroje	2
1.2 Funkční mechanismy obráběcích strojů	2
1.2.1 Zařízení pro změnu rychlosti pohybu	2
1.2.2 Zařízení pro změnu smyslu pohybu	5
1.2.3 Zařízení pro dosažení přímočarého pohybu	6
1.2.4 Zařízení pro dosažení přerušovaného pohybu	10
1.2.5 Vedení obráběcích strojů	11
1.2.6 Mechanizace a automatizace pracovních cyklů	12
2 Příprava polotovaru	14
2.1 Rovnání	14
2.1.1 Ruční rovnání	14
2.1.2 Strojní rovnání	15
2.1.3 Rovnání přívodem tepla	16
2.1.4 Dosahované parametry	17
2.2 Orýsování	17
2.2.1 Nástroje a příprava součástí před orýsováním	17
2.2.2 Dosahované parametry	18
3 Dělení materiálu	18



evropský
sociální
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3.1 Dělení materiálu řezáním	18
3.1.1 Podstata metody	18
3.1.2 Nástroje.....	19
3.1.3 Stroje.....	22
3.1.4 Řezné podmínky a volba rozteče zubů	24
3.2 Dělení materiálu frikčními pilovými kotouči	25
3.2.1 Použití a podstata metody	25
3.2.2 Nástroj a stroj.....	25
3.2.3 Dosahované parametry	25
3.3 Dělení materiálu rozbrušováním	26
3.4 Dělení materiálu stříháním	26
3.4.1 Nástroje.....	26
3.4.2 Stroje.....	27
4 Hoblování a obrážení	28
4.1 Podstata hoblování a obrážení	28
4.2 Hoblovací a obrážecí nože.....	28
4.2.1 Hoblovací nože	28
4.2.2 Obrážecí nože.....	29
4.3 Řezné podmínky při hoblování a obrážení	30
4.4 Výkon při hoblování a obrážení, výpočet strojního času a postup práce	31
4.5 Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu obrobku	33
4.6 Hoblovky a obrážedky	34
4.6.1 Hoblovky	34
4.6.2 Obrážedky.....	35
4.7 Práce na hoblovkách.....	36
4.7.1 Příklady výrobních postupů	38
5 Protahování a protlačování.....	39
5.1 Podstata protahování a protlačování	40
5.2 Protahovací a protlačovací nástroje	41
5.2.1 Geometrie protahovacích a protlačovacích nástrojů	41
5.2.2 Výpočet protahováku	46
5.2.3 Vnější protahovák	48
5.2.4 Materiály pro protahovací nástroje	48
5.3 Řezné podmínky při protahování	49
5.4 Výkon a strojní čas při protahování.....	49
5.4.1 Výpočet strojního času při protahování	49
5.4.2 Výkon při protahování	50
5.5 Dosahovaná přesnost a drsnost	51
5.6 Protahovací a protlačovací stroje.....	51



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

5.7 Příklady protahování a protlačování	52
Použitá literatura	Chyba! Záložka není definována.