

# Strojníctvo III

pre 2. ročník SPŠ



Katarína Michalíková

# Strojníctvo III

pre 2. ročník SPŠ



Autor © Ing. Katarína Michalíková, 2004

Lektorovali: Ing. Daniel Boďo, Ing. Vladimír Calpaš, Ing. Jarmila Tóthová

Vydavateľské spracovanie © EXPOL PEDAGOGIKA, s. r. o., 2004

Schválilo Ministerstvo školstva Slovenskej republiky dňa 20. júla 2004 pod číslom CD-2004-11584/23126-1:093 ako 1. vydanie učebnice pre 2. ročník študijného odboru 3917 6 02 technické a infromatické služby – v strojárstve.

Všetky práva vyhradené. Toto dielo ani žiadnu jeho časť nemožno reprodukovat' bez súhlasu majiteľa práv.

Druhé, upravené vydanie, 2009

Šéfredaktorka RNDr. Veronika Zvončeková

Návrh obálky a grafická úprava Peter Semančík

Vyšlo vo vydavateľstve EXPOL PEDAGOGIKA, s. r. o., Bratislava

Vytlačila Patria I., spol. s r. o., Prievidza

**ISBN 978-80-8091-141-6**

# OBSAH

## OBSAH

	Predhovor .....	7
<b>I.</b>	<b>ČASTI STROJOV</b> .....	<b>9</b>
1.1.	Spoje a spojovacie súčiastky .....	9
1.1.1.	Skrutkové spoje .....	10
	Skrutky: závity, drieky, hlavy .....	10
	Matice .....	15
	Podložky .....	15
	Poistenie skrutiek a matíc .....	17
	Závlačky .....	17
	Materiál skrutiek a matíc .....	17
	Označovanie skrutiek, matíc, podložiek a závlačiek .....	17
	Montáž a demontáž skrutkových spojov .....	18
	Najčastejšie používané skrutkové spoje .....	19
	Pevnostný výpočet skrutkových spojov .....	19
	<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy</b> .....	<b>23</b>
1.1.2.	Kolíkové spoje .....	24
	Označovanie kolíkov .....	24
	Pevnostný výpočet kolíkových spojov .....	24
1.1.3.	Čapové spoje .....	28
	Poistenie čapových spojov .....	28
	Označovanie čapov .....	29
	Pevnostný výpočet čapových spojov .....	29
	Poistné krúžky .....	29
	Označenie poistných krúžkov .....	30
	<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy</b> .....	<b>31</b>
1.1.4.	Spoje klinom .....	32
	Označovanie klinov .....	33
	Pevnostný výpočet klinových spojov .....	33
1.1.5.	Spoje perom .....	33
	Označovanie pera .....	34
	Pevnostný výpočet spojov perom .....	34
	<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy</b> .....	<b>36</b>
1.1.6.	Zverné spoje .....	37
	Podmienky prenosu síl .....	38
1.1.7.	Tlakové spoje .....	38
	Priame tlakové spoje .....	39
	Nepriame tlakové spoje .....	39
1.1.8.	Nitové spoje .....	40
	Priame nitovanie .....	40
	Nepriame nitovanie .....	40
	Konštrukcia nepriamych nitových spojov .....	41
	Označovanie nitov .....	41
	Pevnostný výpočet nitových spojov .....	41
	<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy</b> .....	<b>43</b>

1.1.9.	Zvarové spoje .....	44
	Konštrukcia zvarových spojov .....	44
	Druhy zvarov podľa vzniku.....	45
	Konštrukčné zásady zvarových spojov .....	46
	Označovanie zvarov .....	46
	Pevnostný výpočet zvarových spojov .....	46
1.1.10.	Spájkované spoje .....	48
	Druhy spájkovania .....	48
	Konštrukčné zásady spájkovaných spojov .....	48
1.1.11.	Lepené spoje .....	48
	Konštrukcia lepených spojov .....	49
1.1.12.	Pružné spoje .....	49
	Kovové pružiny .....	49
	Gumové pružiny .....	51
	Pneumatické pružiny .....	51
	Charakteristika pružín .....	51
	Výpočet pružín .....	51
	<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy .....</b>	<b>52</b>
1.2.	Potrubie a armatúry .....	54
1.2.1.	Hlavné parametre potrubia .....	54
	Menovitý tlak .....	54
	Menovitá svetlosť .....	54
	Pracovný stupeň .....	54
1.2.2.	Výpočet svetlosti potrubia .....	55
1.2.3.	Rúry .....	55
1.2.4.	Spoje rúr .....	57
1.2.5.	Armatúry .....	57
1.2.6.	Príslušenstvo potrubia .....	59
1.2.7.	Ochrana a uloženie potrubia .....	59
1.2.8.	Kreslenie a označovanie potrubia .....	60
	<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy .....</b>	<b>61</b>
1.3.	Utesnenie nepohyblivých spojov .....	62
1.3.1.	Utesnenie priamym stykom .....	62
1.3.2.	Utesnenie spojov pomocou tesnenia .....	63
	Ploché tesnenie .....	63
	Tvarové tesnenie .....	63
	Nanášané tesnenie .....	63
1.4.	Súčiastky na prenos otáčavého pohybu .....	63
1.4.1.	Hriadele .....	64
	Nosné hriadele .....	64
	Pohybové hriadele .....	65
1.4.2.	Čapy .....	67
	Výpočet čapov .....	68
1.4.3.	Ložiská .....	69
	Klzné ložiská, puzdro, panva, segmenty .....	69
	Radiálne klzné ložiská .....	70
	Axiálne klzné ložiská .....	71
	Valivé ložiská .....	71

Uloženie valivých ložísk .....	73
Voľba druhu valivých ložísk .....	74
Označovanie valivých ložísk .....	76
Vedenia .....	76
Mastenie ložísk .....	77
Mastiace zariadenia .....	78
Utesňovanie rotujúcich súčiastok .....	78
1.4.4. Spojky .....	80
Neovládané spojky .....	81
Ovládané spojky .....	82
Zvláštne spojky .....	82
<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy .....</b>	<b>84</b>
<b>II. STROJÁRSKA TECHNOLOGIA .....</b>	<b>87</b>
2.1. Teória obrábania .....	87
2.1.1. Základné pojmy pri obrábaní .....	88
2.1.2. Trieska .....	90
2.1.3. Rezné sily .....	91
Rezný odpor .....	92
2.1.4. Mastenie a chladenie .....	93
2.1.5. Rezné podmienky .....	93
2.1.6. Trvanlivosť reznej hrany, životnosť nástroja .....	93
2.1.7. Obrobený povrch .....	93
2.1.8. Obrobiteľnosť .....	93
2.1.9. Nástrojové materiály .....	94
<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy .....</b>	<b>95</b>
2.2. Obrábanie .....	96
2.2.1. Ručné obrábanie .....	96
Sekanie .....	96
Delenie materiálu: strihanie, rezanie .....	96
Rezanie závitov .....	97
2.2.2. Sústruženie .....	98
Sústružnícke nože .....	100
Sústruhy .....	100
Upínanie na sústruhoch .....	102
2.2.3. Frézovanie .....	103
Frézy .....	104
Frézovačky .....	106
Upínanie na frézovačkách .....	107
2.2.4. Vrtanie, vyvrtávanie .....	108
Vrtačky .....	109
Vyvrtávačky .....	110
Upínanie na vrtačkách a vyvrtávačkách .....	110
2.2.5. Brúsenie .....	111
Brúsne kotúče .....	112
Brúsky .....	112
Upínanie obrobkov na brúskach .....	113
2.2.6. Hobľovanie a obrážanie .....	114
Hobľovačky .....	115

Obrázačky .....	115
Upínanie na hobľovacích a obrážacích strojoch .....	115
2.2.7. Pretahovanie a pretláčanie .....	116
Pretahovacie, pretláčacie trne .....	116
<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy .....</b>	<b>116</b>
2.3. Obrábacie stroje pre automatizáciu výroby .....	119
2.3.1. Obrábacie stroje .....	119
Univerzálne stroje .....	119
Automaty a poloautomaty .....	119
Jednouúčelové stroje .....	119
Číslicovo riadené obrábacie stroje .....	120
Obrábacie centrá .....	122
Bezobslužné obrábacie stroje (BOS) .....	122
2.3.2. Manipulátory a roboty .....	123
2.3.3. Automatizované výrobné linky .....	124
2.3.4. Pružné výrobné systémy .....	125
<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy .....</b>	<b>127</b>

## **PREDHOVOR**

*Pred sebou máte druhé vydanie učebnice pre druhý ročník odboru 3917 6 02 technické a informatické služby v strojárstve. Zohľadňuje zmeny v učebných osnovách, ktoré sú v platnosti od 1. septembra 2006, začínajúc 1. ročníkom, pod číslom CD-2006-1213/11286-8:093. Učebnica je vhodná aj pre všetky nestrojárske odbory SOŠ. Jej prednosťou je bohatý farebný obrazový materiál a populárny výklad.*

*Učebnica má dva samostatné celky – Časti strojov a Strojársku technológiu.*

*Prvá časť učebnice obsahuje informácie, učivo o základných strojových súčiastkach, spojoch, ktoré vytvárajú, o potrubí a jeho častiach a súčiastkach na prenos otáčavého pohybu – hriadele, ložiská a spojky. Sú v nej riešené jednoduché príklady na navrhnutie spojov, ktoré môžu slúžiť ako motivácia na grafické práce v rámci cvičení. Neoddeliteľnou súčasťou učebnice pri vysvetľovaní a učení sú strojnícke tabuľky, na ktoré sa v texte často odvolávame. Je veľmi dôležité, aby s nimi žiaci vedeli samostatne pracovať. Vyučujúcim odporúčame dávať úlohy na samostatnú prácu s tabuľkami, lebo profil absolventa ukladá žiakovi porozumieť a správne sa orientovať v strojárskej dokumentácii. Úlohy po prebraní určitého celku smerujú k tomuto cieľu. Môžu slúžiť na prácu na cvičeniach alebo ako domáce úlohy.*

*Druhá časť učebnice nadväzuje na učivo strojárskej technológie z prvého ročníka. Jej obsahom je trieskové obrábanie a obrábacie stroje na automatizáciu výroby. Záver tvoria výrobné postupy. Na hodinách cvičení odporúčame použiť aj grafické práce z technického kreslenia z prvého ročníka (napr. výkres súčiastky, pre ktorú spravia žiaci výrobný postup).*

*Školské vzdelávacie programy ponechávajú určitú voľnosť pre školy pri vyprofilovaní absolventa. Preto závisí od vyučujúceho, do akých podrobností bude niektoré časti preberať. Motivujúce, dopĺňajúce a vysvetľujúce učivo sa od základného učiva líši písmom (je vytlačené kurzívou).*

*Po prebraní ucelenej časti je zhrnutie, ktoré slúži na ujasnenie a zopakovanie. Návrhy na uvažovanie sú medzi otázkami a úlohami označené modrým obdĺžnikom.*

*Autor*

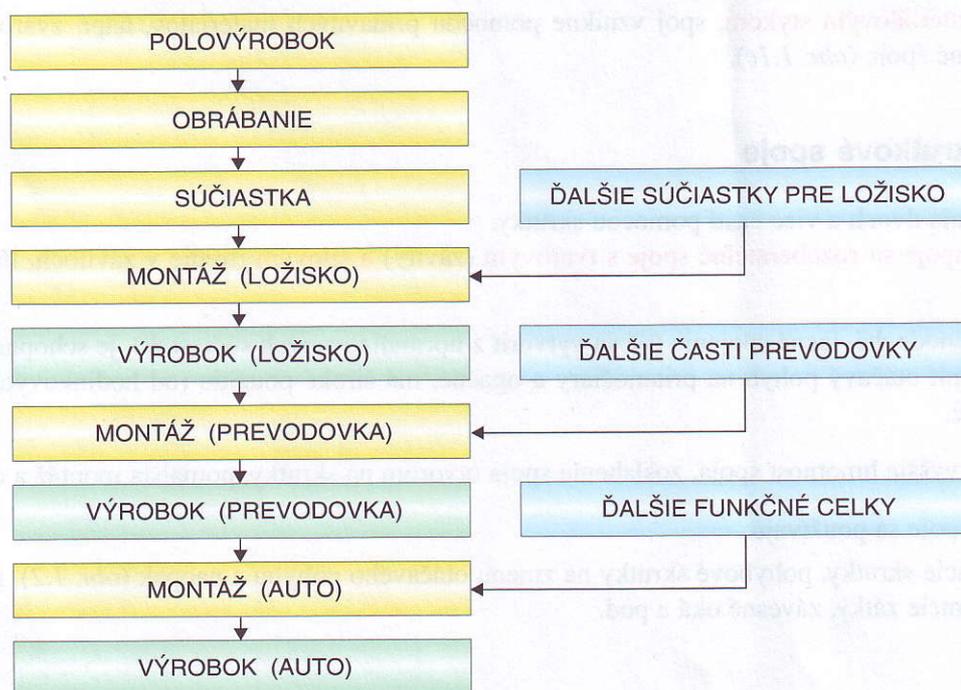


# I. ČASTI STROJOV

V prvom ročníku sme sa učili o materiáloch používaných v strojárstve, o ich výrobe a vlastnostiach. Na to, aby nám stroj alebo strojové zariadenie mohlo slúžiť, je cesta od materiálu až k stroju dlhá.

Stroj sa skladá z **funkčných celkov** (napr. auto z motora, prevodovky, diferenciálu, spojky, brzdy atď.). Funkčné celky sa skladajú z **častí strojov** (napr. prevodovka z hriadeľov s ozubenými kolesami, ložísk, telesa prevodovky atď.). Časti strojov sa skladajú zo **súčiastok** (napr. ložisko z valivých teliesok, krúžkov, klietky atď.). Súčiastky sú najjednoduchšie dielce, obyčajne z jedného kusa.

Tab. 1.1



V tejto časti učebnice sa budeme zaoberať rôznymi **druhmi spojov**, ich súčiastkami, označovaním podľa normy, zopakujeme si pevnostné rovnice pri ich navrhovaní.

V ďalšej časti sa dozviete niečo o **potrubiach a armatúrach a strojových súčiastkach a častiach strojov umožňujúcich pohyb** ( hriadele, ložiská, spojky).

Nevyhnutnou pomôckou pri štúdiu budú strojnícke tabuľky.

## Normalizácia

Kvôli zjednodušeniu opráv, zvýšeniu hospodárnosti výroby sú najčastejšie používané súčiastky a časti celkov, ktoré majú tvar, rozmer aj materiál normalizovaný.

V Slovenskej republike platia Slovenské technické normy – STN, ktoré sa postupne už viac rokov prispôbujú medzinárodnými normám ISO (International Organization for Standardization) a v súčasnosti aj normám, ktoré platia v Európskej únii.

Aby sa prejavili výhody normalizácie, konštruktér sa snaží používať vo svojich návrhoch normalizované súčiastky a časti strojov. Rozmery súčiastok sú v norme odstupňované ( tzv. vyvolené čísla) podľa geometrického radu určeného normou.

## 1.1. Spoje a spojovacie súčiastky

Odporúčame zopakovať si z prvého ročníka namáhanie súčiastok na ťah, strih a tlak v dotkových plochách. Spoje sú spájané dielce do jedného celku pomocou:

- **strojových súčiastok** – skrutiek, kolíkov, nitov a pod.,
- **priamo** – bez prídavného materiálu, napr. zlisovaním,
  - s prídavným materiálom, napr. spájkovaním, zlepením.

Spoje sa zvyknú rozdeľovať aj podľa toho, či sa pri demontáži poškodia, na:

- **rozoberateľné** – napr. skrutkové spoje, spoje perom,
- **nerozoberateľné** – napr. zvarové, nitové spoje.

Najvýstižnejšie je rozdelenie podľa **princípu pôsobenia** spoja:

1. **s tvarovým stykom**, sily sa prenášajú dotykom medzi tvarovými plochami, napr. kolíky, perá, čapy, skrutky, nity (*obr. 1.1a*),
2. **so silovým stykom**, sily sa prenášajú trením, ktoré vznikne vzopretím alebo zovretím. Napr. zverné a tlakové spoje (*obr. 1.1b*),
3. **s materiálovým stykom**, spoj vznikne pomocou prídavných materiálov, napr. zvarové, spájkované, lepené spoje (*obr. 1.1c*).

### 1.1.1. Skrutkové spoje

Sú to spojenia dvoch a viac častí pomocou skrutky.

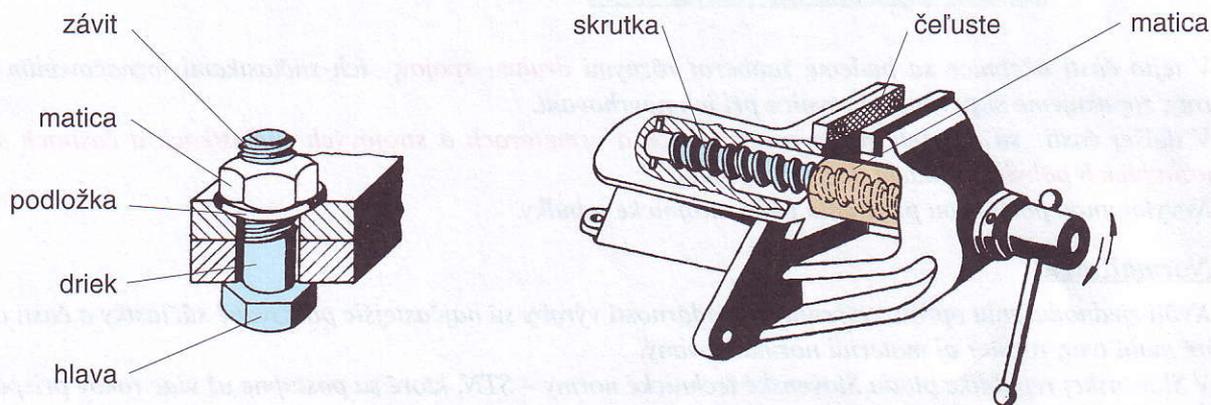
**Skrutkové spoje sú rozoberateľné spoje s tvarovým** (závity) **a silovým** (trenie v závitoch, lícovaná skrutka) **stykom**.

**Výhody:** jednoduché, lacné spojenie (dá sa vytvoriť z normalizovaných súčiastok), je schopné prenášať veľké sily, môže meniť otáčavý pohyb na priamočiary a opačne, má široké použitie (od hodinkových strojčekov po lisy), je pružné.

**Nevýhody:** vyššia hmotnosť spoja, zoslabenie spoja otvorom na skrutky, pomalšia montáž a demontáž.

Skrutkové spoje sa používajú:

ako spojovacie skrutky, pohybové skrutky na zmenu otáčavého pohybu a naopak (*obr. 1.2*), napínacie skrutky lán, uzatváracie zátky, závesné oká a pod.



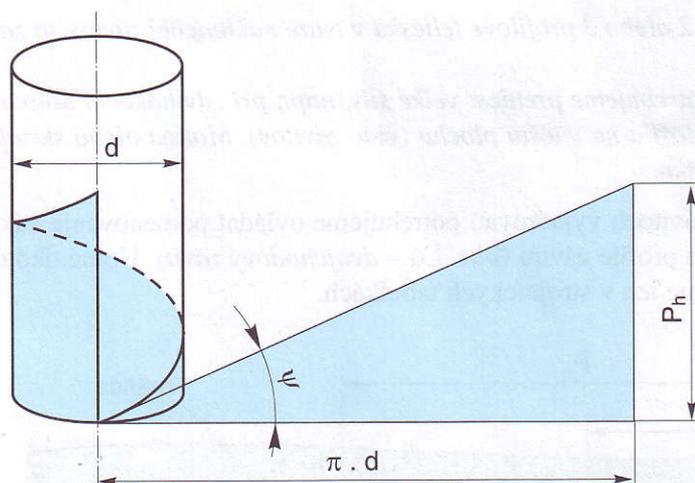
Obr. 1.2

### Skrutky

Časti skrutky sú: driek so závitom,  
hlava skrutky.

### Závity

Predstavme si vznik jedného závit. Naviňme teliesko s trojuholníkovým prierezom (lichobežníkovým, štvorcovým) v tvare naklonenej roviny na valec (driek skrutky) (*obr. 1.3*). Dostaneme jeden závit. Jeden závit by preniesol len malé zaťaženie, preto má skrutka toľko závitov, aby preniesla zaťažujúcu silu.



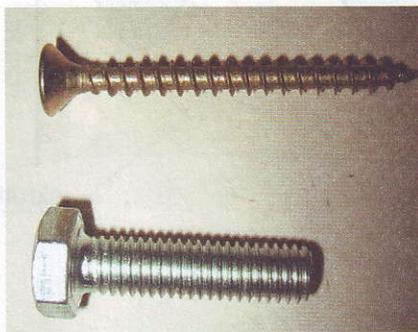
$P_h$  – stúpanie závitů [mm]

$d$  – priemer drieku skrutky [mm]

$\psi$  – uhol stúpania závitů

Obr. 1.3

Stúpanie závitů a tým aj uhol stúpania závitů je rôzny, podľa použitia skrutky. Napríklad **skrutka do dreva** má väčšie stúpanie ako do **skrutka do kovu** (obr. 1.4).



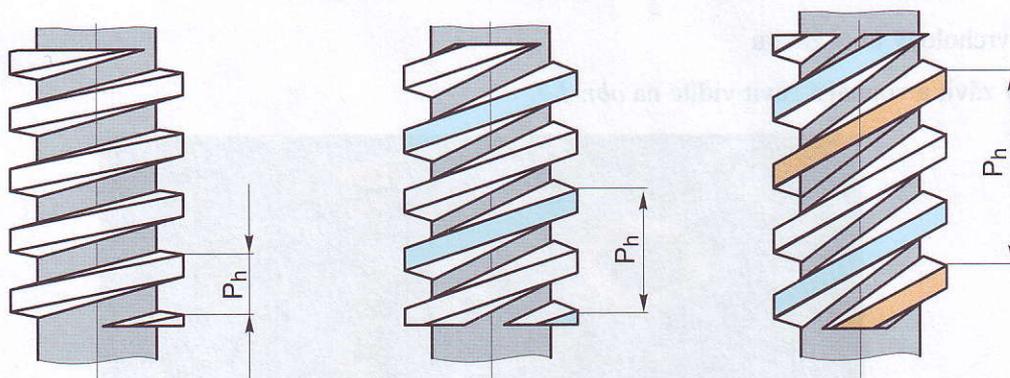
Obr. 1.4

Keď sa pozriete na skrutku zospodu v smere osi, vidíte, že závit sa v smere hodinových ručičiek (doprava) od nás vzdaluje. Je to **pravotočivý závit**. (Skrutku alebo maticu zaťahujeme otáčaním doprava). Opačne je to pri **ľavotočivom závite**. Ľavotočivé závitů sa používajú zriedkavejšie, len tam kde je to potrebné z konštrukčných dôvodov.

Vzdialenosť dvoch susedných vrcholov závitů sa volá **rozstup –  $P$**  [mm].

Keď je  $P = P_h$ , je závit **jednochodový**.

Keď je  $P = 2 P_h$  alebo  $3 P_h$  je **dvoj – alebo trojchodový** (obr. 1.5).



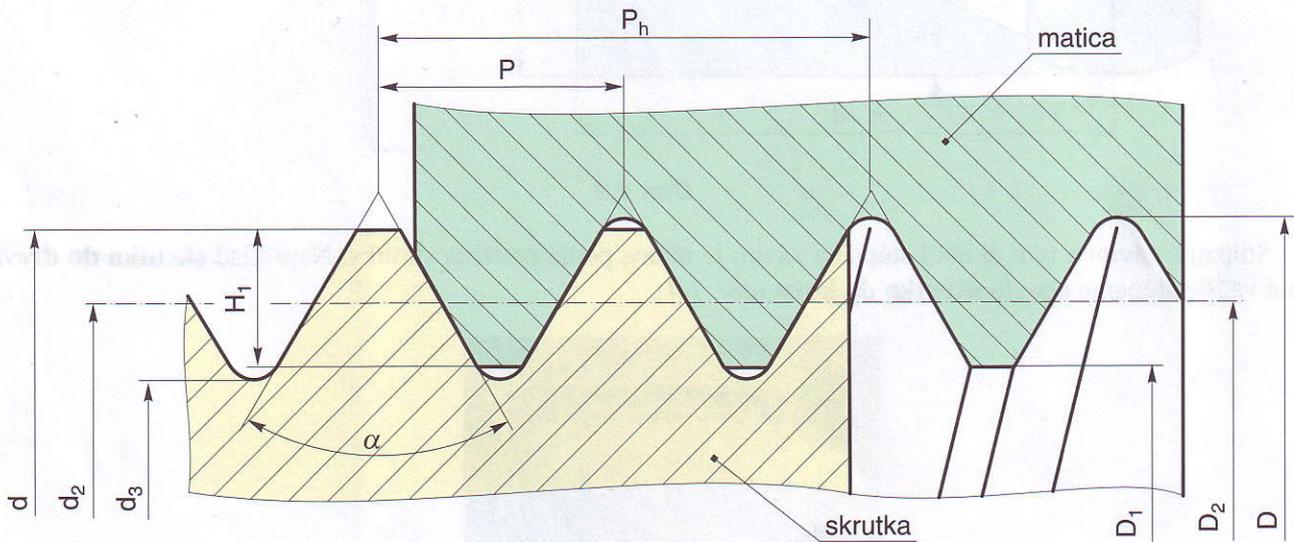
Obr. 1.5

Počet chodov závitů na skrutke zistíte, keď sa pozriete zospodu na skrutku a vidíte začiatok dvoch alebo troch závitů.

Predstavte si, že navíjate na drienk skrutky 2 alebo 3 profilové telieska v tvare naklonenej roviny so začiatkom posunutým na obvode drieku.

Viacchodový závit sa používa tam, kde potrebujeme preniesť veľké sily, napr. pri zdvihákoch. Stúpanie závitu by muselo byť veľmi malé, aby sa sila rozložila na väčšiu plochu (viac závitov). Matica alebo skrutka by sa na jedno pootočené posunula len o malú výšku.

Na to, aby sme sa mohli jednoznačne o závitoch vyjadrovať, potrebujeme ovládať pomenovanie základných rozmerov závitov. Nájdate ich na všeobecnom profile závitov (obr. 1.6 – dvojchodový závit). Úplné okótovanie a pomenovanie rozmerov udáva norma, nájdeme ich v strojných tabuľkách.



Obr. 1.6

Priemery skrutiek sú označené malým písmenom abecedy, písmenom  $d$  s príslušným indexom, priemery matice veľkým písmenom abecedy, tiež písmenom  $D$ .

$D = d$  veľký priemer závitov matice aj skrutky [mm]

$D_2 = d_2$  stredný priemer matice a skrutky [mm]

$D_1$  malý priemer závitov matice [mm]

$d_3$  malý priemer závitov skrutky [mm]

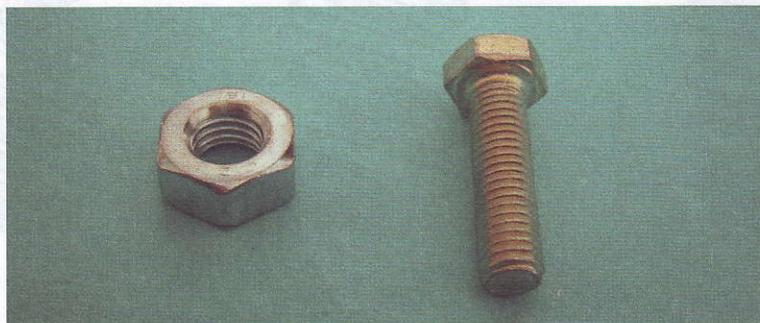
$P$  rozstup závitov [mm] (je to vzdialenosť dvoch susedných vrcholov závitov)

$P_h$  stúpanie závitov [mm] (pri jednochodovom závitov  $P = P_h$ , pri dvojchodovom  $P = 2 P_h$ )

$H_1$  nosná hĺbka závitov  $H_1 = \frac{D - D_1}{2}$  [mm]

$\alpha$  vrcholový uhol závitov

Vnútorň závit a vonkajší závit vidíte na obr. 1.7.

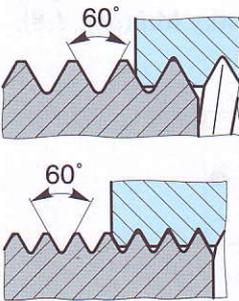
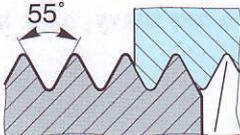
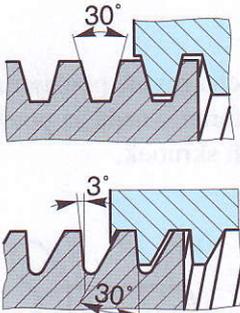
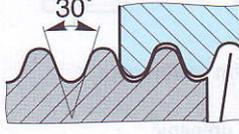


Obr. 1.7

Základné druhy závitov sú v tab. 1.2.

Tab. 1.2

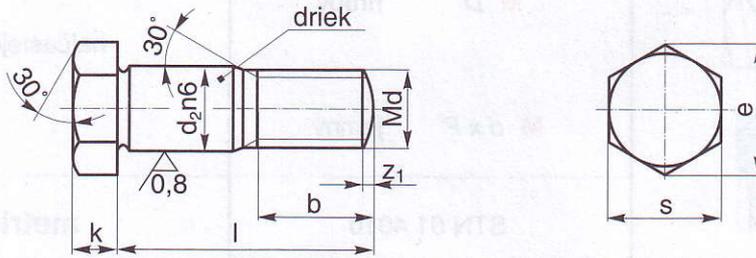
## Z á v i t y

znázornenie	označenie	použitie
	<b>M</b> <i>D</i> hrubý	najčastejšie používaný
	<b>M</b> <i>d x P</i> jemný	
	STN 01 4010	<b>metrický závit</b>
	<b>W</b> <i>D"</i>	je to starší typ závitú; používa sa pri exporte a renovácii; má rozmer v anglických palcoch 1" = 25,4 mm
	STN 01 4030	<b>whitworthov závit</b>
	<b>G</b> <i>DN"</i>	používa sa na koncoch rúrok; rozmer je udaný v anglických palcoch; udáva svetlosť rúry (vnútorný priemer)
	STN 01 4033	<b>rúrkový závit</b>
	<b>Tr</b> <i>D x P</i>	používa sa hlavne pre pohybové skrutky, pri zmene otáčavého pohybu na priamočiary; prenesie veľké sily; vyrába sa aj nerovnoramenný na prenos veľkých síl v jednom smere
	STN 01 4050	
	<b>Rd</b> <i>D x P</i>	používa sa tam, kde je predpoklad poškodenia závitú znečistením
	STN 01 4037	

## Drieky skrutiek

Keď je úlohou skrutkového spoja prenášať väčšie sily (žeriavový hák, upínacie tiahla atď.), nielen súčiastky spájať, musí byť spoj navrhnutý tak, aby skrutka prenášala silu v smere svojej osi. Vieme z prvého ročníka, že takéto namáhanie je namáhanie ťahom (prípadne tlakom). Driek skrutky je v diere uložený s vôľou.

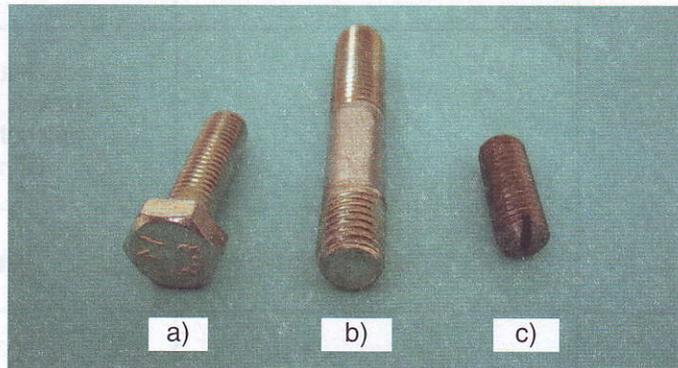
Keď potrebujeme zachytiť (preniesť) sily kolmé na os skrutky, použijeme v spoji **lícované skrutky**, ktoré majú lícovaný driek uložený v presnom otvore  $\varnothing d_2 H7$  väčšom ako je priemer závitú skrutky  $Md$  (obr. 1.8).



Obr. 1.8

## Hlavy skrutiek

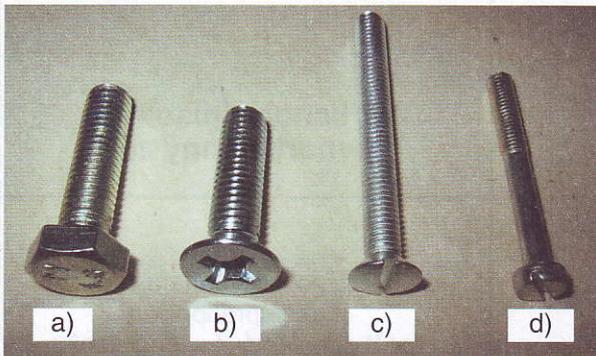
Skrutky môžu byť **s hlavou**, napr. skrutka so šesťhrannou hlavou (obr. 1.9a), alebo **bez hlavy**, napr. skrutka závrtná (obr. 1.9b) alebo nastavovacia (obr. 1.9c).



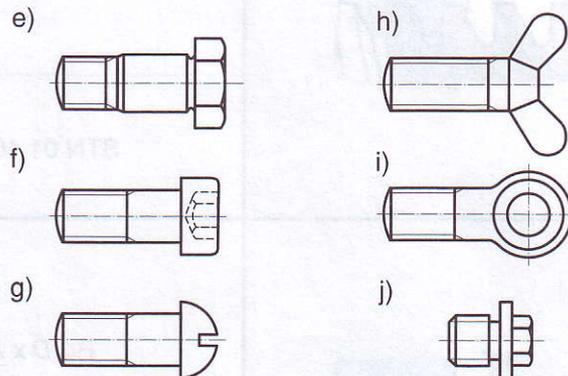
Obr. 1.9

Tvar hlavy skrutky závisí od použitia skrutkového spoja (napr. keď musí byť plocha rovná, použijeme skrutku so zapustenou plochou hlavou) a od spôsobu jej uťahovania (napr. vnútorný šesťhran – nedá sa použiť otvorený kľúč a je potrebná veľká uťahovacia sila). Je veľa druhov hláv normalizovaných skrutiek.

Niektoré často používané normalizované skrutky sú na obr. 1.10.



- a) so šesťhrannou hlavou
- b) zápustná s plochou hlavou a krížovou drážkou
- c) so šošovkovitou hlavou
- d) s valcovou hlavou
- e) lícovaná skrutka



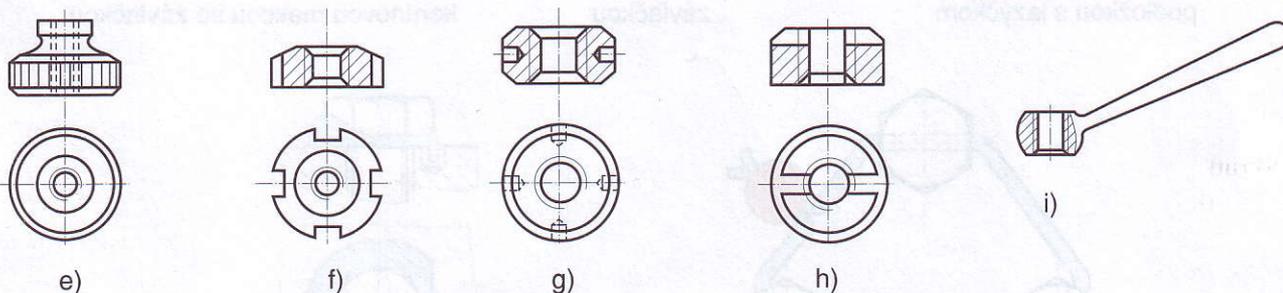
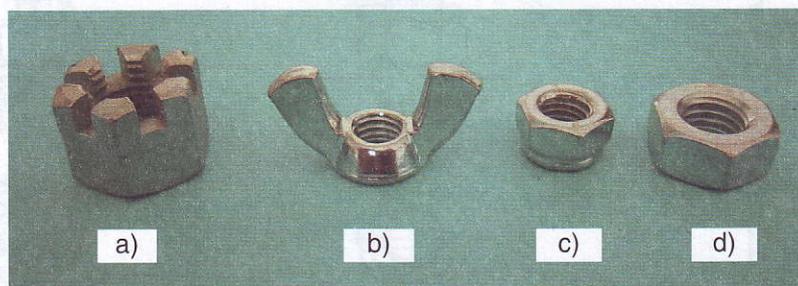
- e) s valcovou hlavou a vnútorným šesťhranom
- f) s polguľovou hlavou
- g) s krídlovou hlavou na rýchle upínanie
- h) otočná s okom na rýchle rozoberateľné spojenia
- i) zátky

Obr. 1.10

## Matice

Majú tvar **podľa použitia** (upínacie matice, uzavreté matice, ryhované matice) a **podľa spôsobu uťahovania** (ručné, skrutkovák, kľúčom).

Najčastejšie používané normalizované matice sú na *obr. 1.11*.



- a) korunová
- b) krídlová (na ručné uťahovanie)
- c) s tesniacim krúžkom
- d) šesťhranná
- e) ryhovaná (na ručné uťahovanie)

- f) upínacia a sťahovacia kruhová matica so zárezmi na obvode – typ KM (používa sa s podložkou na *obr. 1.12e*)
- g) matica s otvormi
- h) so zárezom
- i) s rukoväťou (na ručné uťahovanie)

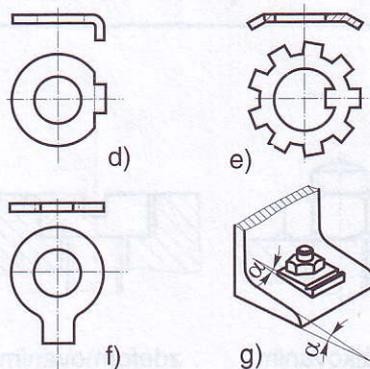
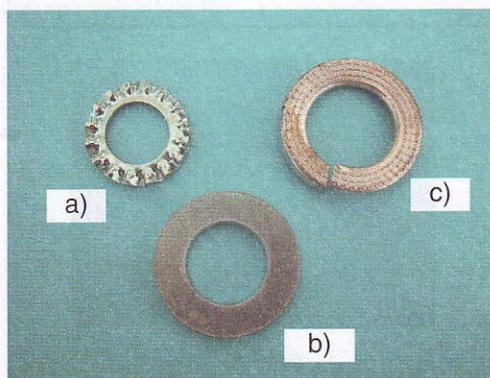
Obr. 1.11

## Podložky

Používajú sa pod maticu alebo hlavu skrutky, **keď**:

- sa má **rozložiť tlak** pod maticou alebo hlavou na väčšiu plochu,
- potrebujeme **poistiť** spoj proti uvoľneniu,
- je **diera** oveľa **väčšia** ako dierka skrutky,
- sa matica **často uvoľňuje** a zaťahuje,
- je **povrch** pod hlavou alebo maticou neopracovaný, príliš drsný,
- potrebujeme spoj **utesniť**.

Najdôležitejšia funkcia podložiek je poistovacia. Najčastejšie používané normalizované podložky sú na *obr. 1.12*.

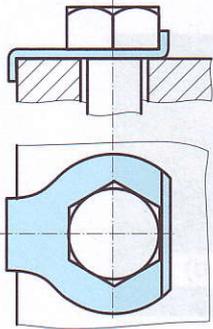


- a) vejárovitá s vonkajším ozubením
- b) podložka
- c) pružná podložka
- d) podložka s nosom
- e) podložka typ MB
- f) s jazýčkom (používa sa v blízkosti hrany, o ktorú sa jazýček ohne)
- g) šikmá

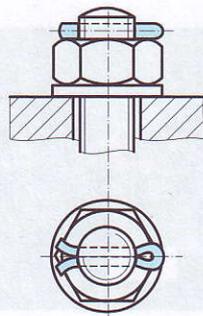
Obr. 1.12

Tab. 1.3

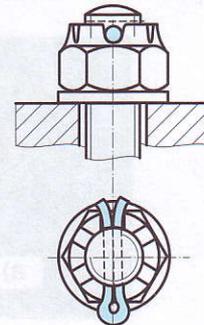
**Poistenie skrutiek a matic proti uvoľneniu**



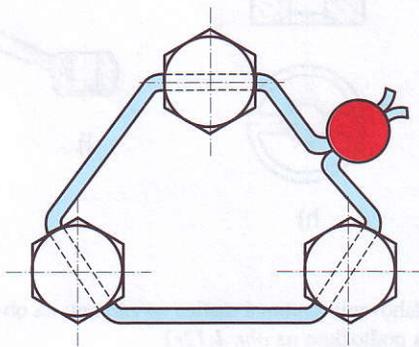
podložkou s jazýčkom



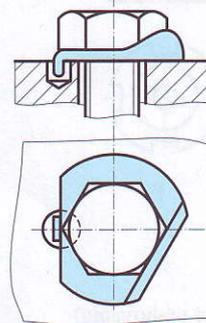
závlačkou



korunovou maticou so závlačkou

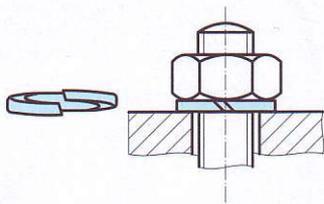


drôtom

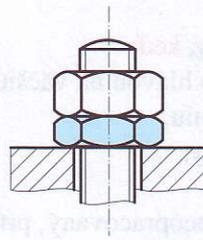


podložkou s nosom

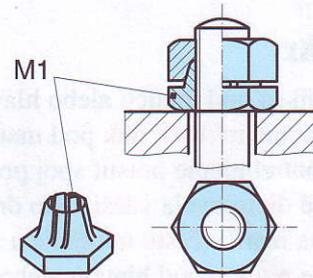
**mechanické poistenie**



pružnou podložkou

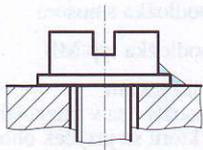


prítužnou maticou

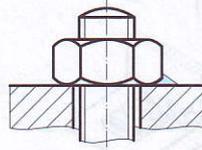


poistnou dvojdielnou maticou

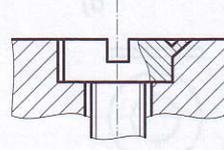
**poistenie trením**



privarením



prispájkovaním



zdeformovaním



prilepením

**materiálové poistenie**

## Poistenie skrutiek a matíc

Zo skúsenosti vieme, že pri otrasoch a chvení sa môže skrutkový spoj uvoľniť. (Napriek tomu, že skrutkový spoj je samozverný).

Spomeňme si na šmykové trenie z prvého ročníka. Podmienka samozvernosti je: uhol naklonenej roviny musí byť menší ako trecí uhol. Matematicky:

$$\psi - \text{uhol stúpania závitú} < \varphi - \text{trecí uhol}$$

Odvodili sme si, že  $\text{tg } \varphi = \mu$  – súčiniteľ trenia.

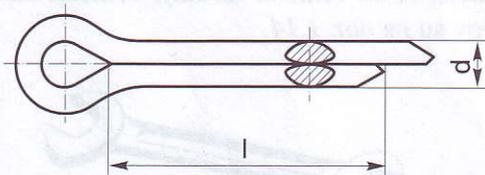
Podmienka samozvernosti teda je, že  $\text{tg}$  uhla stúpania závitú musí byť menší ako súčiniteľ trenia  $\mu$ .

Poistenie skrutky a matice proti uvoľneniu môžeme podľa princípu rozdeliť na tri skupiny:

- mechanické poistenie** – pridaním ďalšej súčiastky alebo zdeformovaním spoja,
- trením** – zvýšením trenia medzi závitmi skrutky a matice alebo medzi dosadacou plochou a maticou,
- materiálovým stykom** – privarením, prilepením, zdeformovaním (tab. 1.3).

## Závlačky

Sú normalizované súčiastky ktoré slúžia na poistenie súčiastok – skrutiek, matíc, čapov, podložiek. Norma predpisuje podľa priemeru drieku skrutky alebo čapu veľkosť závlačky. Jej charakteristické rozmery sú priemer a dĺžka (obr. 1.13).



Obr. 1.13

## Materiál skrutiek a matíc

Normalizované skrutky a matice sa najčastejšie vyrábajú z ocelí a mechanické vlastnosti materiálu sú udávané triedami pevnosti podľa STN. Triedy pevnosti skrutiek sa označujú číslom a veľkým písmenom abecedy. Číslo vynásobené 100 vyjadruje medzu pevnosti materiálu  $R_m$  v MPa. Písmeno je vzťah medze klzu k pevnosti a ťažnosti.

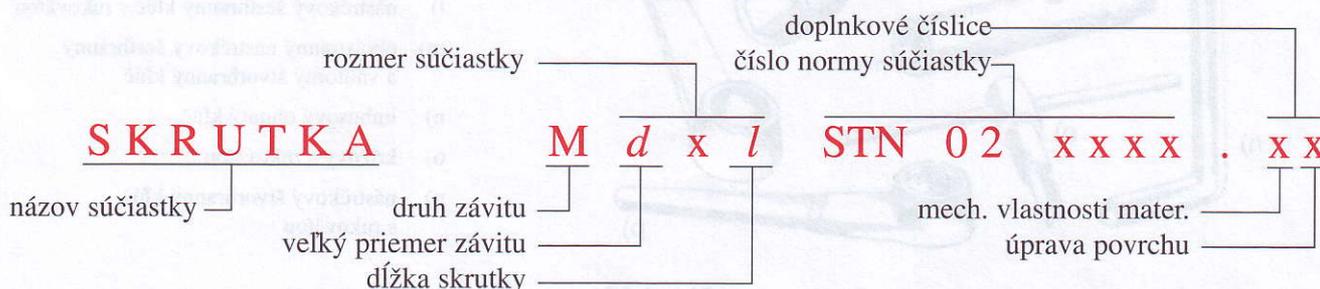
Napríklad : 5G znamená  $R_m = 500$  MPa

Často sa vyrábajú skrutky a matice z neželezných kovov pre odolnosť proti korózii, vodivosť, nízku hmotnosť a aj vzhľad.

## Označovanie skrutiek, matíc, podložiek, závlačiek

Norma uvádza pri každej normalizovanej súčiastke spôsob jej označovania.

Označovanie je podobné. Vždy udáva názov, rozmer, ktorý súčiastku charakterizuje, jej číslo normy, materiál, z ktorého je zhotovená, a často aj povrchovú úpravu.



Napríklad: **Skrutka M 12 x 50 STN 02 1131 . 15**

je skrutka s valcovou hlavou s metrickým závitom, s veľkým priemerom závitú 12 mm, dĺžkou drieku 50 mm, zhotovená z materiálu s mechanickými vlastnosťami materiálu 5D, pozinkovaným povrchom.

Ľavý závit sa označí za rozmerom závitú LH. Napríklad M 20 LH.

Podobne: **Matica M 10 STN 02 1401 . 20**

je presná šesťhranná matica s metrickým závitom s vonkajším priemerom 10 mm, zhotovená z materiálu s mechanickými vlastnosťami 5S, bez povrchovej úpravy.

**Podložka 10,5 STN 02 1703 . 11**

je podložka pre skrutky s valcovou a polguľovou hlavou s vnútorným priemerom 10.5 mm, zhotovená z ocele 11 423, s kovovo čistým povrchom.

**Závlačka 2,5 x 45 STN 02 1781. 04**

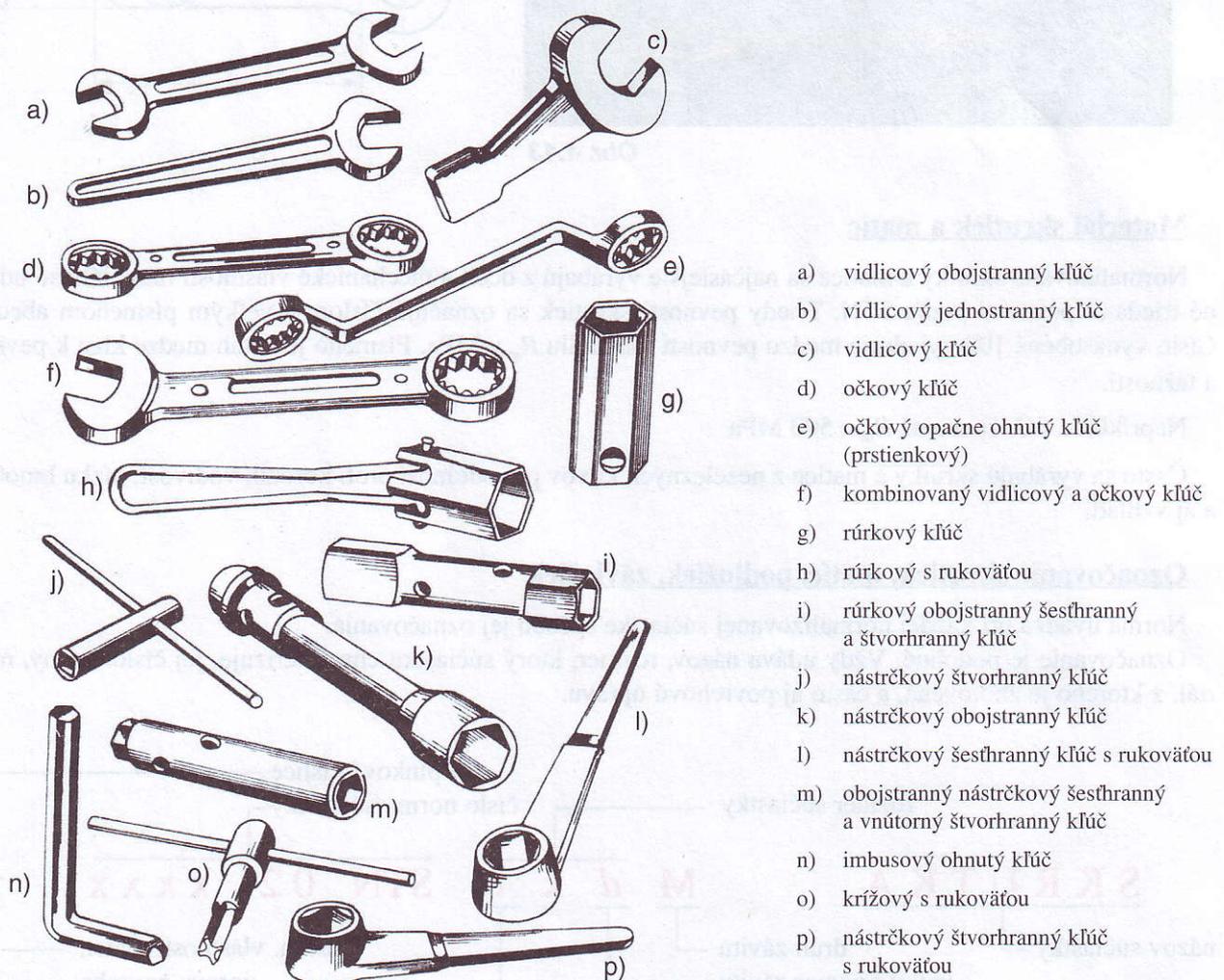
je závlačka s priemerom 2,5 mm, dĺžkou 45 mm, z materiálu 11 343, s kadmiovaným povrchom.

### Montáž a demontáž skrutkových spojov

Skrutky a matice sa zaskrutkovávajú:

- ručne,
- skrutkovačmi,
- kľúčmi.

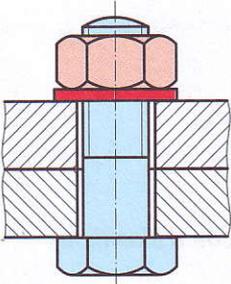
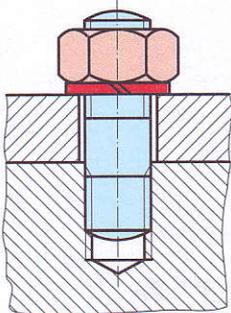
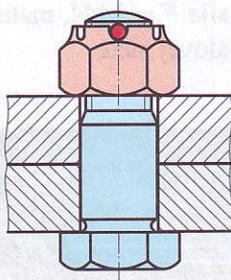
Závisí to od veľkosti skrutky, veľkosti ťahovacej sily, od tvaru hlavy skrutky alebo matice. Niektoré druhy kľúčov sú na obr. 1.14.



Obr. 1.14

## Najčastejšie používané skrutkové spoje

Tab. 1.4

<b>Skrutkové spoje</b>	
	<p>najčastejší spoj skrutky s maticou; skrutka prechádza dierou s vôľou; pri demontáži sa musí z diery vytiahnuť</p> <p style="text-align: center;"><b>spoj skrutky s hlavou a maticou</b></p>
	<p>skrutka sa zaskrutkuje do spodného dielu až po koniec výbehu; horná súčiastka sa na ňu nasadí a zaskrutkuje sa matica; v hornej súčiastke prechádza skrutka s vôľou; pri demontáži sa nemusí skrutka vyskrutkovať</p> <p style="text-align: center;"><b>spoj závrtnou skrutkou a maticou</b></p>
	<p>skrutka je uložená v lícovanej diere; prenesie preto aj sily kolmé na os skrutky</p> <p style="text-align: center;"><b>spoj lícovanou skrutkou</b></p>

### Pevnostný výpočet skrutkového spoja

Skrutkové spoje sú navrhované tak, aby prenášali sily v smere osi. Iba lícovaná skrutka môže preniesť aj sily kolmé na svoju os (driek).

Spomeňme si na definíciu z mechaniky: teleso je namáhané ťahom, keď sila pôsobí v smere osi kolmo na prierez, smerom von z prierezu. Skrutky sú teda väčšinou namáhané **ťahom**.

Pevnostná rovnica pre namáhanie ťahom:

$$\sigma_t = \frac{F}{S} \leq \sigma_{Dt}$$

$\sigma_t$  – skutočné napätie v sledovanom priereze [MPa]

$F$  – osová sila, ktorá namáha skrutku [N]

$S$  – nebezpečný prierez [mm<sup>2</sup>], pre skrutku je to najmenší prierez  $A_S$  v mieste závitu, ktorý je v strojných tabuľkách vypočítaný pre jednotlivé priemery a druhy závitov

$\sigma_{Dt}$  – dovolené napätie v ťahu [MPa]

Lícované skrutky prenášajú silu kolmú na os skrutky, majú driek namáhaný strihom:

$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_{Ds}$$

$S$  – je prierez lícovaného drieku skrutky  $\frac{\pi \cdot d^2}{4}$

Pri nenormalizovaných maticiach kontrolujeme tlak medzi závitmi:

$$p = \frac{F}{S_1} \leq p_D$$

$p$  – skutočný tlak medzi závitmi

$S_1$  – plocha závitov, ktoré prenášajú zaťaženie (závit, ktoré sú medzi maticou a skrutkou)

$p_D$  – menší z dovolených tlakov podľa materiálu (skrutka alebo matica)

$$S_1 = \pi \cdot D_2 \cdot z \cdot H_1$$

výška matice je  $m = z \cdot P$ ,  $z$  toho počet závitov je

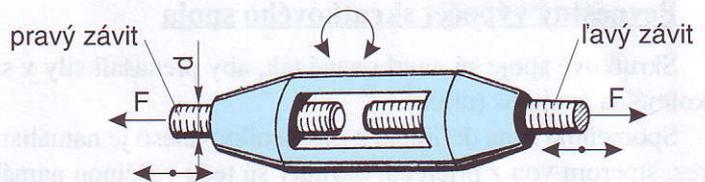
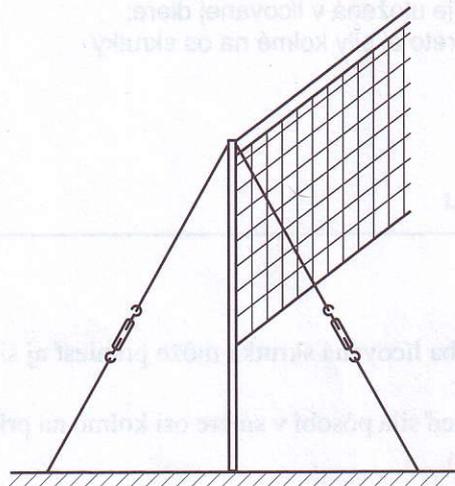
$$z = \frac{m}{P}, \text{ po dosadení do predchádzajúceho vzorca}$$

$$S_1 = \pi \cdot D_2 \cdot \frac{m}{P} \cdot H_1, \text{ bude skutočný tlak v závitoch}$$

$$p = \frac{F \cdot P}{\pi \cdot D_2 \cdot m \cdot H_1}, \text{ aby spoj vyhovoval, musí platiť: } p \leq p_D$$

### Príklad 1

Vypočítajte priemer závitú napínacej matice (obr. 1.15). Závit je metrický, sila  $F = 3 \text{ kN}$ , materiál skrutky je 11 600, matice 10 370. Skrutka s napínacou maticou drží napnuté lano volejbalovej siete.



Obr. 1.15

### Rozbor úlohy

Podľa použitia napínacej skrutky predpokladáme miznúce zaťaženie.

Robíme návrhový výpočet, použijeme časť pevnostnej rovnice:

$$\frac{F}{A_s} \leq \sigma_{Dt}$$

Pre materiál skrutky 11 600, ktorej veľkosť závitú chceme vypočítať, pre miznúce zaťaženie zvolíme zo strojníckych tabuliek vypočítané maximálne napätie  $\sigma_{Dt} = 165 \text{ MPa}$  (maximálne preto, aby sme mali istotu že prierez skrutky bude dostačujúci).

Môžeme ho vypočítať aj podľa vzťahu ktorý sme sa učili v mechanike v prvom ročníku:

$$\sigma_{Dt} = \frac{R_e}{k} \cdot c_{II}$$

### Riešenie

zo vzťahu:

$$\frac{F}{A_s} \leq \sigma_{Dt}, \text{ vyjadríme } A_s \geq \frac{F}{\sigma_{Dt}}$$

$$A_s \geq \frac{3\,000 \text{ N}}{165 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}} \quad A_s \geq 18,18 \text{ mm}^2$$

V strojníckych tabuľkách pre metrický závit STN 01 4010 je najbližší väčší prierez závitú  $A_s = 20,1 \text{ mm}^2$ . Tomu zodpovedá závit M 6.

Pre napínanie matice volíme metrický závit M 6 STN 01 4010.

Kontrola tlaku medzi závitmi matice a skrutky:

$$p = \frac{F \cdot P}{\pi \cdot D_2 \cdot m \cdot H_1} \leq p_D$$

Zo strojníckych tabuliek pre metrický závit M 6:

rozstup  $P = 1 \text{ mm}$

$$\text{nosná hĺbka závitú } H_1 = \frac{D - D_1}{2} = \frac{6 - 4,917}{2} = 0,54 \text{ mm}$$

stredný priemer  $D_2 = 5,35 \text{ mm}$

vypočítaná maximálna hodnota  $p_{D1}$  zo strojníckych tabuliek pre materiál 11 600 a miznúci spôsob zaťaženia je  $165 \text{ MPa}$  (vieme z mechaniky že  $p_D = \sigma_{Dt}$ ). Pre materiál 10 370 je  $p_{D2} = 120 \text{ MPa}$ . Menší je tlak  $p_{D2} = 120 \text{ MPa}$ , spoj musí vydržať minimálne tento tlak.

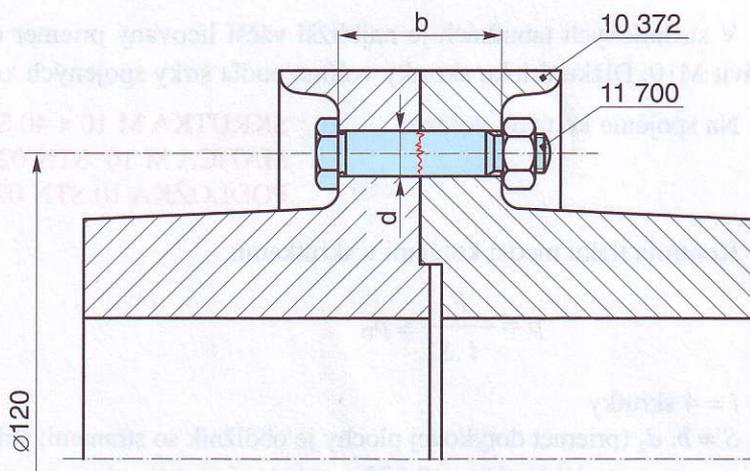
Musí teda platiť, že skutočný tlak medzi závitmi bude menší ako  $120 \text{ MPa}$ .

$$p = \frac{3\,000 \text{ N} \cdot 1 \text{ mm}}{\pi \cdot 5,35 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} \cdot 0,54 \text{ mm}} = 33,07 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} = 33,7 \text{ MPa}$$

Platí že  $p \leq p_D$  spoj napínacej matice so skrutkou vyhovuje.

### Príklad 2

Kotúče, ktoré prenášajú krútiaci moment  $M_k = 1\,000 \text{ Nm}$ , sú spojené 4 lícovanými skrutkami STN 02 1111. Sú umiestnené na priemere  $120 \text{ mm}$ . Kotúče sú z ocele 10 372, skrutka z ocele 11 700 (8G). Hrúbka spojených kotúčov je  $b = 20 \text{ mm}$  (obr. 1.16). Kotúče menia smer otáčania.



Obr. 1.16

**Rozbor úlohy**

Skrutky sú namáhané strihom obvodovou silou, ktorú vypočítame z  $M_k$ . Počet strihaných prierezov je  $i = 4$  (skrutky sú 4). Nakoľko kotúče menia zmysel otáčania, zvolíme najhorší spôsob zataženia – striedavý.

Skontrolujeme tlak medzi driekom skrutky a kotúčmi. Vypočítaný tlak musí byť menší ako menší z dovolených tlakov materiálu kotúča a skrutky.

**Riešenie:**

Obvodovú silu na priemere 120 mm vypočítame:

$$M_k = F \cdot \frac{120 \text{ mm}}{2}$$

$$F = \frac{M_k \cdot 2}{120 \text{ mm}} = \frac{1\,000 \cdot 10^3 \text{ Nmm} \cdot 2}{120 \text{ mm}}$$

$$F = 16\,667 \text{ N}$$

Lícovaný driek skrutky je namáhaný strihom. Chceme vypočítať potrebnú veľkosť priemeru drieku, použijeme ľavú časť pevnostnej rovnice:

$$\frac{F_1}{i \cdot S} \leq \tau_{Ds}$$

$\tau_{Ds}$  zo strojníckych tabuliek pre oceľ 11 700 zataženú striedavou silou je 90 MPa (90 Nmm<sup>-2</sup>).

Prierez drieku jednej skrutky:

$$S \geq \frac{F_1}{i \cdot \tau_{Ds}}$$

$$S \geq \frac{16\,667 \text{ N}}{4 \cdot 90 \text{ Nmm}^{-2}}$$

$$S \geq 46,3 \text{ mm}^2$$

Prierez skrutky je kruhový:

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4}, \text{ z toho } d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 46,3 \text{ mm}^2}{\pi}}$$

$$d \geq 7,68 \text{ mm}$$

V strojníckych tabulkách je najbližší väčší lícovaný priemer drieku skrutky  $d_2 = 11 \text{ mm}$ , čomu zodpovedá závit M10. Dĺžku drieku skrutky volíme podľa šírky spojených kotúčov, ktorá je 20 mm.

Na spojenie kotúčov volíme:

**SKRUTKA M 10 x 40 STN 02 111 . 50**

**MATICA M 10 STN 02 1401 .40**

**PODLOŽKA 10 STN 021740 . 00**

Kontrola tlaku medzi kotúčmi a skrutkami:

$$p = \frac{F}{i \cdot S'} \leq p_D$$

$i = 4$  skrutky

$S' = b \cdot d_2$  (priemet dotykovej plochy je obdĺžnik so stranami: šírka kotúčov a priemer drieku zvolenej skrutky)

$p_{D1}$  pre materiál kotúčov 10 372 a striedavé namáhanie je zo strojníckych tabuliek 90 MPa,

$p_{D2}$  pre materiál skrutky 11 700 je 140 MPa.

$$p = \frac{16\,667\text{ N}}{4 \cdot 20\text{ mm} \cdot 11\text{ mm}} = 18,9\text{ Nmm}^2 = 18,9\text{ MPa}$$

Vypočítaný tlak 18,9 MPa < 90 MPa je menší ako menší z dovolených tlakov spoja.

Navrhnutý spoj **vyhovuje**.

## Zhrnutie:

Spoje môžu vzniknúť: **silovým stykom** – zverné, tlakové spoje,  
**tvárovým stykom** – spoje perom, žliabkové, čapové spoje,  
**materiálovým stykom** – zvarové, spájkované, lepené spoje.

Niektoré spoje vzniknú na princípe aj tvarového, aj silového styku. Sú to: skrutkové, klinové a nitové spoje. (Napríklad pri skrutkách je trenie v závitoch – silový spoj a profil závitov – tvarový spoj).

**Skrutkové spoje** sú rozoberateľné spoje na princípe silového a tvarového styku.

**Výhody:** lacné, široká použiteľnosť, prenos aj veľkých síl.

**Nevýhody:** zoslabenie spájaných súčiastok otvorom pre skrutku, vyššia hmotnosť spoja.

**Druhy závitov:**

metrický,	označenie <b>M D</b>
Whitworthov,	označenie <b>W D''</b>
rúrkový,	označenie <b>G DN''</b>
lichobežníkový,	označenie <b>Tr D x P</b>
oblý,	označenie <b>Rd D x P</b>

**Hlavy** skrutiek a **matice** majú tvar v závislosti od použitia a spôsobu uťahovania.

**Podložky** slúžia na rozloženie tlaku, poistenie, tesnenie, ochranu spájaného povrchu alebo matice, vyrovnávanie nerovnosti alebo šikmosti povrchu.

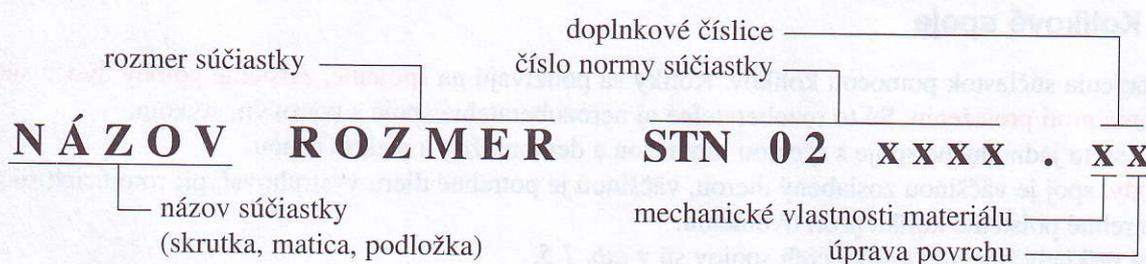
**Poistenie skrutiek** a matíc proti uvoľneniu môže byť:

mechanické – pridaním ďalšej súčiastky alebo zdeformovaním spoja,

trením – zvýšením trenia v závitoch alebo v dosadacích plochách,

materiálové – privarením, prilepením, prispájkovaním.

## Označovanie častí skrutkových spojov



## Výpočet skrutkových spojov

Skrutky prenášajú silu v smere osi, sú teda namáhané **ťahom**:

$$\sigma_t = \frac{F}{S} \leq \sigma_{Dt}$$

$S = A_s$ , je to prierez jadra skrutky vypočítaný v strojníckych tabuľkách pri jednotlivých závitoch [mm].

Lícované skrutky zachytia aj sily kolmé na svoju os. Vydržia namáhanie **strihom**:

$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_{Ds}$$

## Otázky, úlohy a úvahy:

1. Čo si myslíte, prečo je skrutka do dreva špicatá?
2. Prečo má skrutka do dreva závit s väčším stúpaním ako skrutka do kovu?
3. Čo je samozvernosť?
4. Kde ste sa stretli s ľavotočivým závitom?
5. Nájdite v strojníckych tabuľkách závit M 20 STN 01 4010 a M 56 x 4 STN 01 40 10. Zapíšte a pomenujte jeho rozmery.
6. Môžeme vytvoriť spoj zo súčiastok: SKRUTKA M 12 x 100 STN 02 1101.10,  
MATICA M 12 x 1,5 STN 02 1401.11,  
PODLOŽKA 10,5 STN 02 1702.10.  
Zdôvodnite.
7. Označte podľa STN spoj závrtnou skrutkou do liatiny M 20,  $l = 70$  m, s presnou šesťhrannou maticou a poistnou podložkou s jazýčkom.
8. Prečo sa zvyknú skrutky pred zaskrutkovaním mazať?
9. Z akého materiálu ste už videli skrutky a matice?
10. Nakreslite spoj skrutkou so šesťhrannou hlavou, maticou a podložkou.
11. Skontrolujte, či vydrží tiahlo so závitom Tr 10 x2 STN 01 4050 miznúcu silu  $F = 3$  kN, keď je z materiálu 11 500.
12. Kde ste videli, alebo kde by ste použili uzavretú, krídlovú a ryhovanú maticu?
13. Čo myslíte, aká výhoda je pri uťahovaní skrutiek krížovým skrutkovačom oproti rovnímu?
14. Aké je obmedzenie použitia poistenia podložkou s jazýčkom?
15. Označte podľa STN závlačku na skrutku M 10 zhotovenú z ocele s pozinkovaným povrchom.

### 1.1.2. Kolíkové spoje

Sú to spojenia súčiastok pomocou kolíkov. Kolíky sa používajú na **spojenie, zaistenie polohy dvoch súčiastok, poistenie proti preťaženiu**. Sú to rozoberateľné aj nerozoberateľné spoje s tvarovým stykom.

**Výhody:** sú to jednoduché spoje s rýchlou montážou a demontážou a nízkou cenou.

**Nevýhody:** spoj je väčšinou zoslabený dierou, väčšinou je potrebné dieru vystruhovať, pri rotujúcich súčiastkach je potrebné poistenie kolíka proti uvoľneniu.

Niektoré príklady použitia kolíkových spojov sú v tab. 1.5.

#### Označovanie kolíkov

Označovanie kolíkov je podobné ako pri ostatných súčiastkach. Obsahuje názov, charakteristický (najdôležitejší) rozmer, číslo normy, materiál.

Napríklad kolík s koncami na roznitovanie s priemerom 10 mm, dĺžkou 80 mm z hliníka:

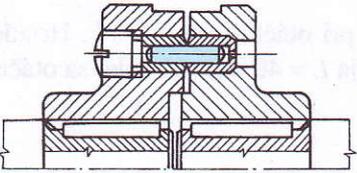
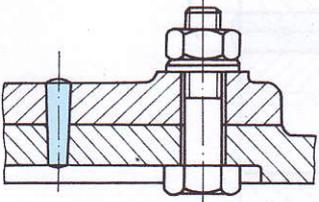
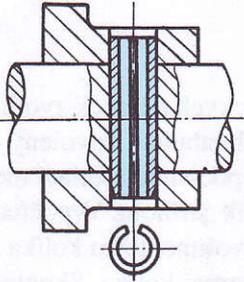
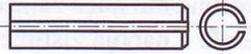
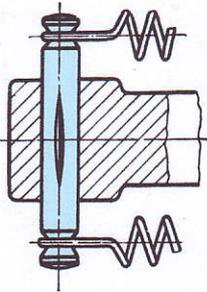
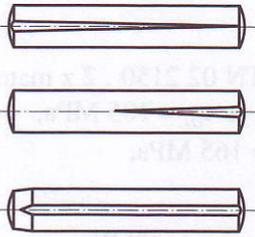
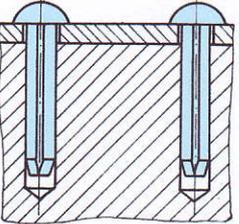
**KOLÍK 10 x 80 STN 02 2140 . 2**

#### Pevnostný výpočet kolíkových spojov

Spoje kolíkom prenášajú najčastejšie ťah alebo krútiaci moment. Kolík je pri tom vždy namáhaný **strihom**. Pri spojoch kontrolujeme tlak v dotykových plochách.

Pozrite sa na príklady z prvého ročníka. V časti mechanika sme počítali jednoduchý jednostržný a dvojstržný kolíkový spoj.

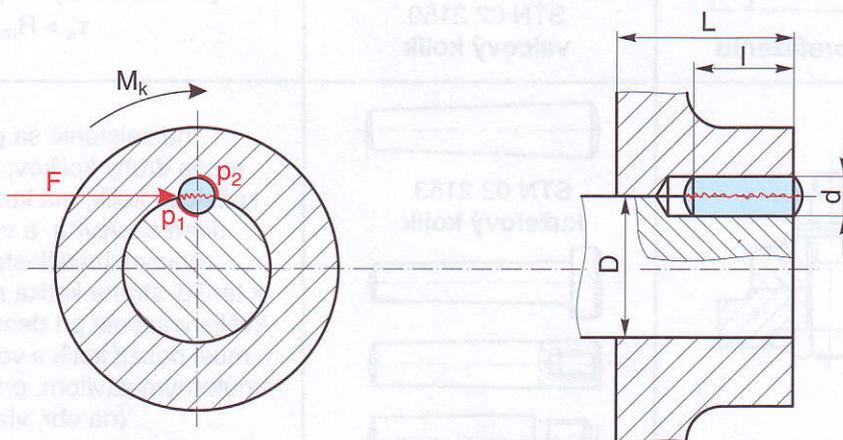
Tab. 1.5

Kolíkové spoje a druhy kolíkov		
spoj	kolík	opis
 <p>poistenie proti preťaženiu</p>	 <p>STN 02 2150 valcový kolík</p>	<p>kolík slúži ako poistenie proti preťaženiu; je uložený v strihacom puzdre; pri prekročení povoleného preťaženia je rozstrihnutý; je navrhovaný na porušenie – <math>\tau_s &gt; R_{ms}</math></p>
 <p>zaistenie presnej polohy</p>	 <p>STN 02 2153 kuželový kolík</p>	<p>na zaistenie sa používajú rôzne druhy kolíkov; na obrázku je kuželový kolík; má kuželovitost 1:50; diera sa vyvrtá a vystruhuje do obidvoch súčiastok odrazu; k tenšej strane kolíka musí byť prístup kvôli vyrazeniu pri demontáži alebo sa musí použiť kolík s vonkajším alebo vnútorným závitom, prípadne s hlavou (na obr. vľavo)</p>
 <p>spojenie dvoch súčiastok</p>	 <p>STN 02 2156 pružný kolík</p>	<p>pružné kolíky sú vyrobené z pružinovej ocele; diera nemusí byť vysústružená; spoj má menšiu hmotnosť, ľahkú montáž a demontáž; s výhodou sa používajú v spojoch, kde sú vibrácie;</p>
 <p>spoj ryhovaným kolíkom</p>	 <p>STN 02 2171 ryhovaný kolík</p>	<p>ryhované kolíky majú na obvode tri pozdĺžne ryhy; môžu byť po celej dĺžke, alebo len na určitej časti; pri narazení do diery, ktorá je len vyvrtaná, sa ostré hrany rýh zaryjú do materiálu diery; ryhované kolíky sú lacné, menej presné</p>
 <p>upevnenie štítku</p>	 <p>STN 02 2191 ryhovaný kliniec</p> <p>STN 02 2195 skrutkový kliniec</p>	<p>ryhované a skrutkové klince majú pozdĺžne alebo skrutkové ryhovanie a hlavu; používajú sa na pripieňovanie štítkov, tabuliek, plechov; nahrádzajú skrutky a nity; výhodou je jednoduchá montáž a odolnosť proti chveniu</p>

Nevýhodou kolíkového spoja je zoslabenie súčiastok dierou. Keď nám to konštrukcia dovolí, môžeme použiť pozdĺžne zavítaný kolík, aby sme tomu zabránili (obr. 1.17).

### Príklad 3

Navrhňte kolík pre spoj podľa obr. 1.17. Spoj prenáša výkon  $P = 3 \text{ kW}$ , pri otáčkach  $n = 5 \text{ s}^{-1}$ . Hriadeľ je z materiálu 11 600, náboj 11 343. Priemer hriadeľa je  $D = 30 \text{ mm}$ , dĺžka náboja  $L = 40 \text{ mm}$ . Hriadeľ sa otáča len jedným smerom.



Obr. 1.17

### Rozbor úlohy

Keďže sa hriadeľ otáča len jedným smerom, volíme miznúce zaťaženie. Zo strojníckych tabuliek zvolíme druh kolíka a jeho materiál. Pre materiál kolíka, hriadeľa a náboja zistíme zo strojníckych tabuliek dovolený tlak pre miznúce zaťaženie a pre materiál kolíka dovolené napätie pri namáhaní strihom. Vypočítame krútiaci moment z výkonu a otáčok, vypočítame obvodovú silu na priemere hriadeľa, ktorá namáha kolík strihom. Vypočítame veľkosť plochy, na ktorej je kolík namáhaný strihom. Podľa konštrukcie dĺžky náboja zvolíme dĺžku kolíka a vypočítame zo strihanej plochy priemer kolíka. Podľa normy zvolíme najbližší väčší priemer kolíka. Skontrolujeme tlak v dotkových plochách kolíka a hriadeľa a kolíka a náboja. Tlak musí byť menší ako najmenší z dovolených tlakov (kolíka, hriadeľa a náboja).

### Riešenie

Zo strojníckych tabuliek volíme KOLÍK STN 02 2150 . 2 z materiálu 11 600.

pre materiál kolíka 11 600 miznúce zaťaženie je  $\tau_{Ds} = 105 \text{ MPa}$ ,

pre materiál hriadeľa aj kolíka 11 600 je  $p_{D1} = 165 \text{ MPa}$ ,

pre materiál náboja 11 343 je  $p_{D2} = 105 \text{ MPa}$ .

$$\text{Krútiaci moment spoja je: } M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{3\,000 \text{ W}}{2 \cdot \pi \cdot 5 \text{ s}^{-1}} = 95,54 \text{ Nm}$$

Obvodová sila, ktorá namáha kolík (na priemere hriadeľa):

$$M_k = F \cdot \frac{D}{2}$$

$$F = \frac{2 \cdot M_k}{D} = \frac{2 \cdot 95,54 \cdot 10^3 \text{ Nmm}}{30 \text{ mm}} = 6\,369,3 \text{ N}$$

Pevnostná rovnica pre namáhanie strihom:

$$\tau_s = \frac{F}{i \cdot S} \leq \tau_{Ds}$$

Kolíček je namáhaný strihom na jednej ploche ( $i = 1$ ), robíme návrhový výpočet, použijeme pravú stranu rovnice:

$$\frac{F}{i \cdot S} \leq \tau_{Ds}$$

$$S \geq \frac{F}{i \cdot \tau_{Ds}}$$

$$S \geq \frac{6369,3 \text{ N}}{105 \text{ N mm}^{-2}}$$

$$S \geq 60,66 \text{ mm}^2$$

Strihaná plocha kolíčka má tvar obdĺžnika:  $d \cdot l$  (priemer  $\cdot$  dĺžka kolíčka)

Z konštrukcie (podľa obrázka) a zo strojníckych tabuliek (podľa druhu kolíčka) navrhujeme dĺžku kolíčka: volíme  $l = 25 \text{ mm}$

$$d \cdot l \geq 60,66 \text{ mm}^2$$

$$d \geq \frac{60,66 \text{ mm}^2}{25 \text{ mm}}$$

$$d \geq 2,42 \text{ mm}$$

Najbližší väčší priemer v strojníckych tabulkách je  $d = 2,5 \text{ mm}$ .

Volím KOLÍK 2,5 x 25 STN 022150 . 2

Kontrola tlaku medzi kolíkom a hriadeľom:

$$p_1 = \frac{F}{S} \leq p_{D1}$$

$$p_1 = \frac{F}{\frac{d}{2} \cdot l} = \frac{6369,3 \text{ N}}{1,25 \text{ mm} \cdot 25 \text{ mm}} = 203,82 \text{ MPa}$$

$$p_1 = 203,82 \text{ MPa} \text{ čo je } > \text{ ako } p_{D1} = 165 \text{ MPa} - \text{ nevyhovuje}$$

Keďže tlak medzi kolíkom a hriadeľom nevyhovuje, máme viac možností:

1. zväčšiť priemer kolíčka,
2. zväčšiť dĺžku kolíčka,
3. zvoliť kvalitnejší materiál.

Najjednoduchšie je v našom prípade zväčšiť kolík (jeho priemer aj dĺžku).

Volíme KOLÍK 4 x 35 STN 02 2150 . 2.

Kontrola tlaku medzi kolíkom a hriadeľom.

$$p_1 = \frac{6369,3 \text{ N}}{2 \text{ mm} \cdot 35 \text{ mm}} = 90,99 \text{ MPa}$$

$$p_1 = 90,99 \text{ MPa} < \text{ ako } p_{D1} = 165 \text{ MPa} - \text{ vyhovuje}$$

Tlak medzi kolíkom a nábojom:

(sila aj plocha je tá istá  $p_1 = p_2$ )

$$p_2 = 90,99 \text{ MPa} < \text{ ako } p_{D2} = 105 \text{ MPa} - \text{ vyhovuje}$$

Pre spoj podľa zadania volím:

**KOLÍK 4 x 35 STN 02 2150 . 2**

### 1.1.3. Čapové spoje

Slúžia na **otočné spojenie** dvoch súčiastok. Podobajú sa na hrubšie valcové kolíky, ktoré sú uložené v spojovaných súčiastkach s vôľou.

Čapový spoj je rozoberateľný, s tvarovým stykom.

**Výhody:** jednoduchý, lacný.

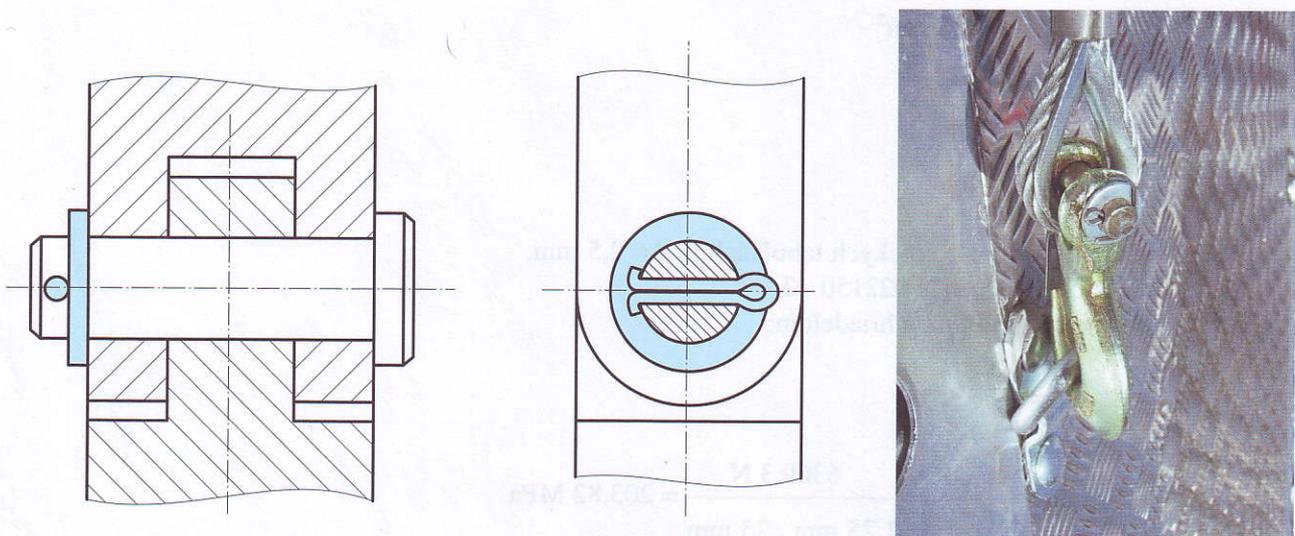
**Nevýhody:** zoslabuje súčiastky otvorom, musí sa poistovať proti uvoľneniu.

Čapy sú v diere uložené s vôľou, musia sa poistiť proti osovému posuvu, prípadne proti pootočeniu.

Čapy sú normalizované hladké a s hlavou. Môžu mať na jednom alebo oboch koncoch diery pre závlačky, prípadne závit pre maticu.

#### Poistenie čapových spojov

Rôzne druhy poistenia čapových spojov s rôznymi druhmi čapov sú na *obr. 1.18*.

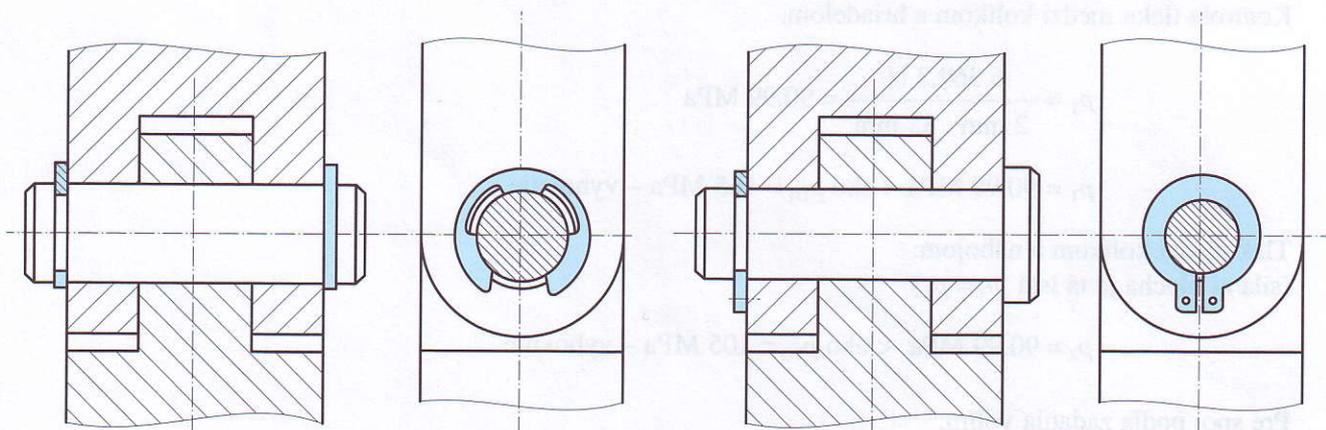


Obr. 1.18

Na *obr. 1.18* je spoj **čapom s hlavou** STN 02 2111 poistený proti osovému posunutiu **podložkou** STN 02 1903 a **závlačkou** STN 02 1781.

Na *obr. 1.19* je spoj **valcovým čapom** STN 02 2102 poistený **strmeňovým krúžkom** STN 02 2929.

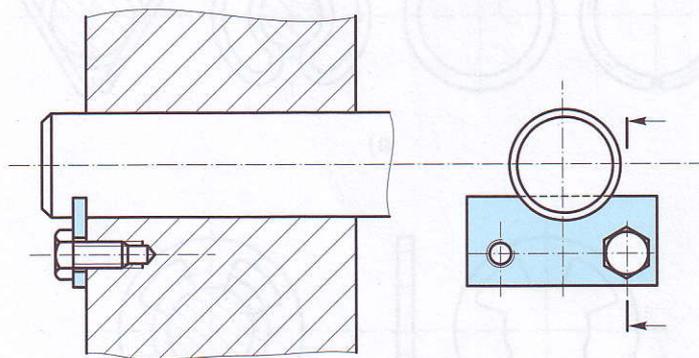
Na *obr. 1.20* je spoj **čapom s hlavou** STN 02 2109 poistený **krúžkom pre hriadele** (tzv. Seegerovou poistkou) STN 02 2930.



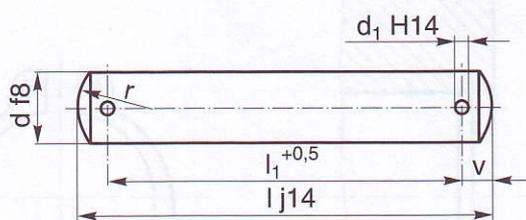
Obr. 1.19

Obr. 1.20

Na obr. 1.21 je spoj valcovým čapom poistený proti pootočeniu **prídržkou čapu** STN 02 2702.



Obr. 1.21



Obr. 1.22

**Označovanie čapov** (obr. 1.22).

materiál ————  
úprava povrchu ————

**ČAP  $d \times l \times l_1$  STN 02 xxxx . xx**

$l_1 = l - v$ , kde  $v$  je vzdialenosť otvoru pre závlačku od okraja čapu. Určuje ho STN 02 2010 (v strojných tabuľkách sa nachádza pri závlačkách).

### **Pevnostný výpočet čapových spojov**

Výpočet čapových spojov je podobný ako výpočet kolíkových spojov. Čapy sú namáhané strihom, kontrolujeme tlak v dotkových plochách. Čapy môžu nahradiť aj malé nosné hriadele, potom sú namáhané na ohyb. O nosných hriadeľoch sa budeme učiť neskôr.

### **Poistné krúžky**

Ich funkciou je poistiť súčiastky proti osovému posunutiu.

Sú to: drôtené krúžky (obr. 1.23a),

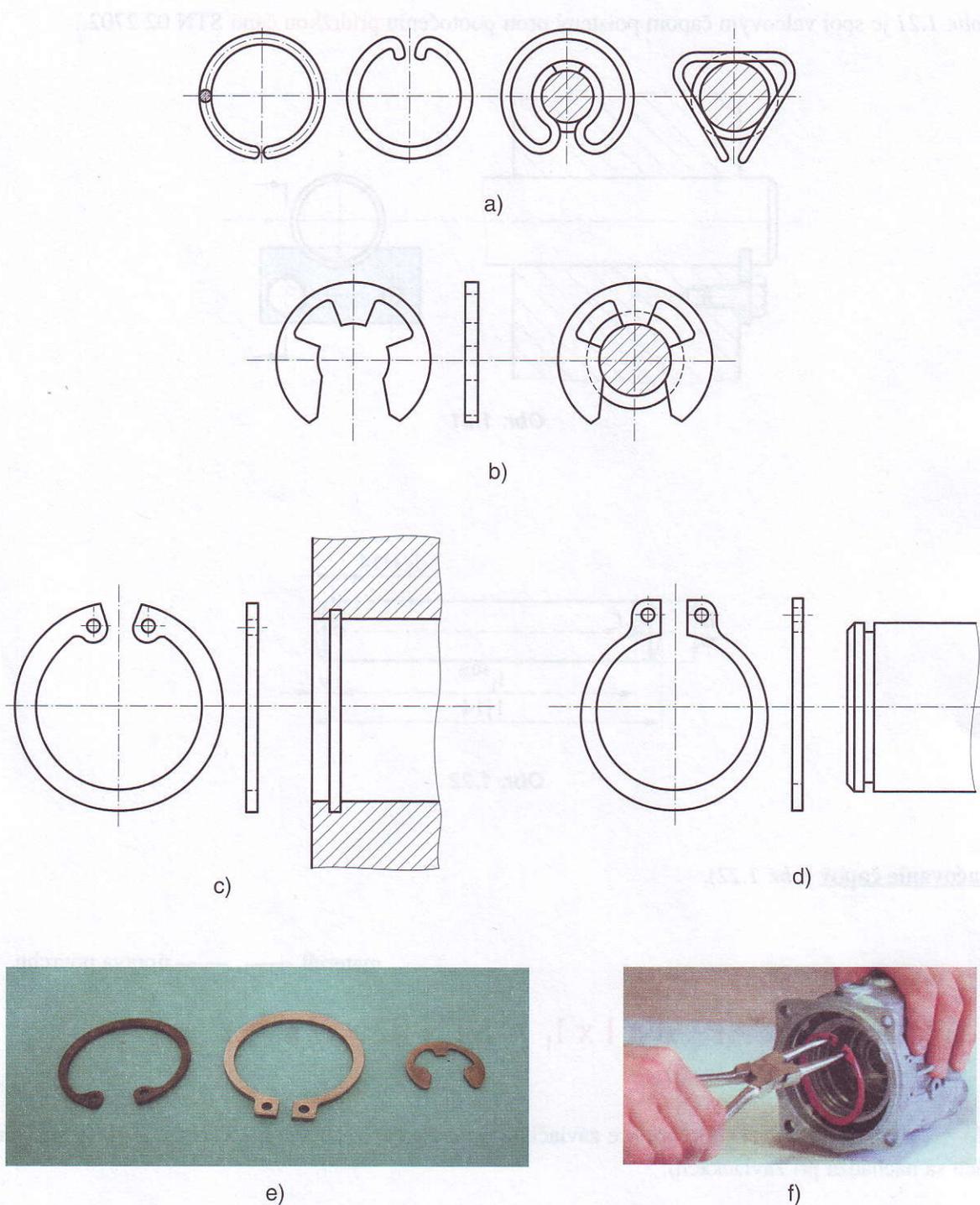
poistné strmeňové krúžky (obr. 1.23b, 1.23e a obr. 1.19),

poistné krúžky pre hriadele a diery (Seegerove poistky) (obr. 1.23c,d,e,f a 1.20).

Poistné krúžky pre hriadele sú pružné smerom do stredu – tzv. vonkajšie krúžky.

Poistné krúžky, ktoré sú pružné zo stredu do otvorov sú tzv. vnútorné krúžky.

Vkladajú sa do zápichov, ktorých rozmery ku krúžkom priraduje norma.



Obr. 1.23

### Označovanie poistných krúžkov

**KRÚŽOK  $d$  STN 02 xxxx . xx**

Pri strmeňových krúžkoch je  $d$  vnútorný priemer krúžku. Doplnkové číslice udávajú materiál a úpravu povrchu.

**KRÚŽOK  $d_1$  STN 02 xxxx**

Pri poistných krúžkoch je  $d_1$  priemer hriadeľa alebo otvoru. Vyrobené sú z pružinovej ocele.

## Zhrnutie:

**Kolíkové spoje** sa používajú na **spájanie** súčiastok, na **prenášanie krútiaceho momentu** a na **poistenie proti preťaženiu**.

Sú to spoje **rozoberateľné, s tvarovým stykom**.

**Výhody:** jednoduchý, lacný spoj.

**Nevýhody:** zoslabuje spoj dierou, pri prenose krútiaceho momentu sa musí kolík poistiť proti uvoľneniu.

Druhy kolíkov: valcové, kužeľové, pružné, ryhované, ryhované a skrutkové klnice.

Označenie:

KOLÍK  $d \times l$  STN 02 xxxx . xx  
rozmer ————— materiál —————

Kolíkové spoje prenášajú namáhanie ťahom a krútiaci moment. Sú pri tom namáhané strihom:

$$\tau_s = \frac{F}{i \cdot S} \leq \tau_{Ds}$$

**Čapové spoje** sa používajú na **otočné spojenie súčiastok**. Sú podobné kolíkom.

Tvorí **rozoberateľné tvarové spoje**. Keďže slúžia na otočné spájanie súčiastok, sú uložené v diere s vôľou. Musia byť poistené proti osovému posunutiu, prípadne aj pootočeniu.

Normalizované sú hladké, s hlavou, s otvormi pre závlačky.

Poistenie býva závlačkami, poistnými krúžkami, maticami, pridržiavačmi čapov a i.

Označenie:

ČAP  $d \times l \times l_1$  STN 02 xxxx . xx

$l_1$  je vzdialenosť otvoru pre závlačku pri čapoch s otvormi.

Pevnostný výpočet je podobný ako pri kolíkoch.

**Poistné krúžky poistujú súčiastky proti osovému posunutiu.**

Používajú sa: krúžky z drôtu, poistné strmeňové krúžky a poistné krúžky pre hriadele a diery.

Označenie:

KRÚŽOK  $x$  STN 02 xxxx . xx

————— charakteristický rozmer krúžku,  
ktorý je rôzny podľa druhu krúžku

## Otázky, úlohy a úvahy:

1. Aké je uloženie kolíka n6 / H7?
2. Ktoré druhy kolíkov sú vo výbere v strojníckych tabuľkách?
3. Nájdite v strojníckych tabuľkách podľa čísla normy súčiastky z časti 1.1.3 Čapové spoje.
4. Je potrebné vystruhovať diery pre čapy?
5. Na čo slúžia otvory na poistných krúžkoch pre hriadele a diery?

### 1.1.4. Spoje klinom

Spoj je spojený normalizovanou súčiastkou, klinom. Často sa používa na prenos krútiaceho momentu, čiže spája hriadeľ s nábojom.

Je to spoj rozoberateľný, s tvarovým aj silovým stykom.

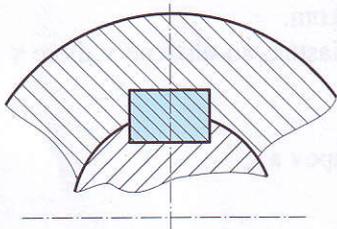
**Výhody:** prenos stredne veľkých krútiacich momentov, je jednoduchý.

**Nevýhody:** pri prenose krútiacich momentov pomocou klinu s nosom musí byť ochranný kryt, spoj sa nemôže použiť pri presných spojoch, lebo nesúosovosť hriadeľa a náboja spôsobuje nevyváženosť (napr. pri ozubených kolesách).

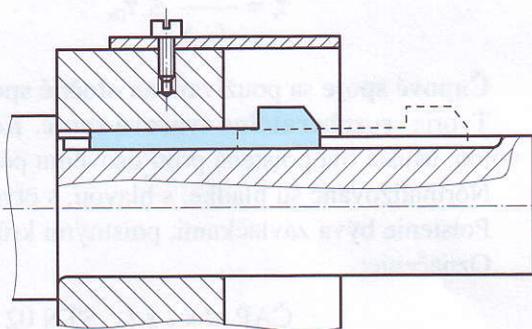
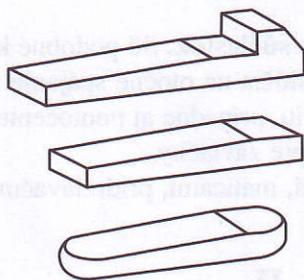
Najčastejšie sa pre spoje používajú žliabkové klíny, ktoré môžu byť:

- s nosom,
- bez nosa: so zaoblenými koncami,  
s rovnými koncami (obr. 1.24).

Na hornej ploche klina a v náboji je úkos 1:100.



Obr. 1.24

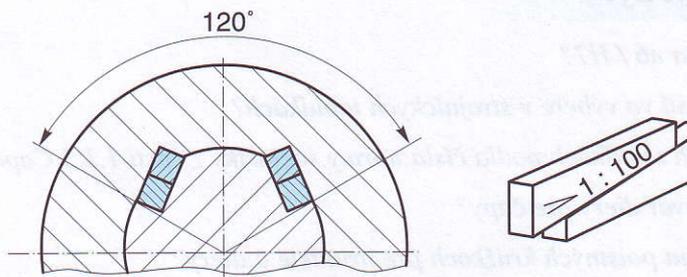


Obr. 1.25

Klíny s nosom sa používajú tam, kde sa nedajú pri demontáži vyraziť z druhej strany. Drážka musí byť dostatočne dlhá (obr. 1.25). Vyčnievajúci nos je potrebné zakryť z bezpečnostných dôvodov.

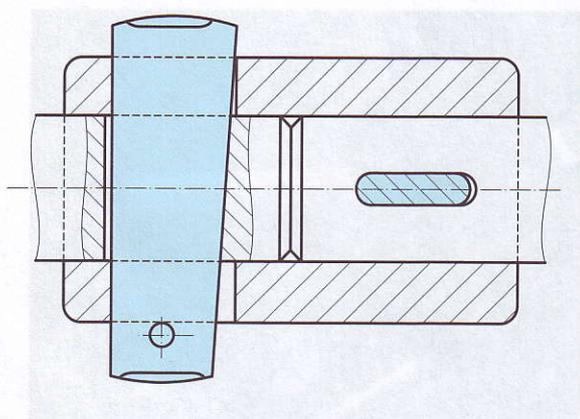
Žliabkové klíny sú vsadené do žliabku, ktorý je vyrobený v hriadeľi aj v náboji. V náboji na hornej ploche je úkos 1:100. Zarazením klina (alebo narazením náboja na klin, ktorý je v žliabku hriadeľa,) vznikne v ploche úkosu trenie. Krútiaci moment sa prenáša bokmi žliabku v hriadeľi a náboji a trením na ploche úkosu. Preto tieto spoje nemusia byť poistené proti osovému posunutiu.

Pri prenose veľkých a nárazových krútiacich momentov sa používajú tangenciálne klíny (obr. 1.26). Sú to dve dvojice klinov umiestnených na hriadeľi pod  $120^\circ$ . Žliabky v hriadeľi a v náboji sú bez úkosu.

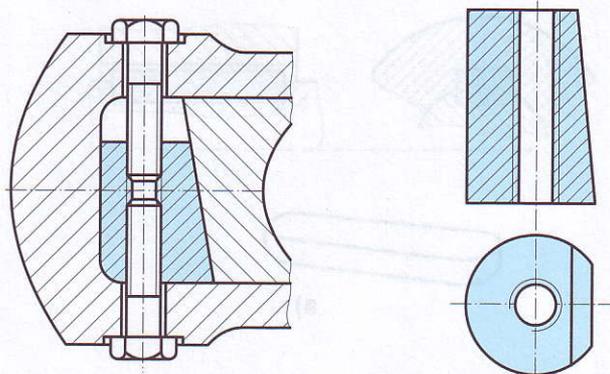


Obr. 1.26

Okrem pozdĺžnych klinov, ktoré majú os rovnobežnú s hriadeľom a nábojom, sú ešte priečne klíny. Majú os kolmú na spájané súčiastky. Vyrábajú sa spojovacie (obr. 1.27) a nastavovacie (obr. 1.28). Spojovacie klíny majú obdĺžnikový prierez. Nastavovacie klíny sa používajú na nastavenie, pridržovanie, poistenie správnej polohy súčiastok.



Obr. 1.27

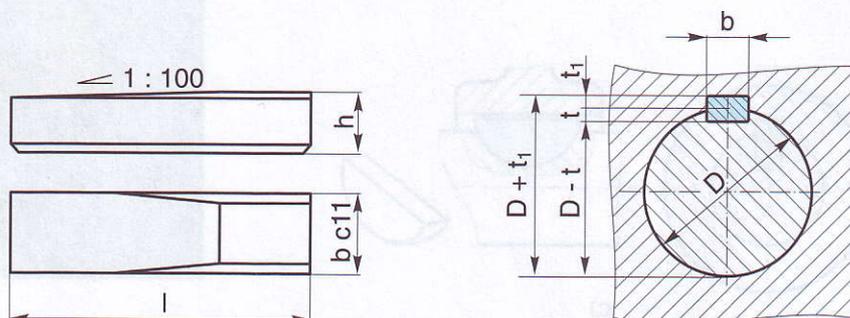


Obr. 1.28

### Označovanie klinov

**KLIN  $b \times h \times l$  STN xxxx**

$b$  – šírka klina  
 $h$  – výška klina  
 $l$  – dĺžka klina



Obr. 1.29

### Pevnostný výpočet klinových spojov

Kliny sú normou priradené podľa priemeru hriadeľa. Normalizované sú aj rozmery, odchýlky, líčovanie a opracovanie žliabkov.

#### 1.1.5. Spoje perom

Najčastejšie sa používajú na **spájanie súčiastok**, ktoré **prenášajú krútiaci moment**, napr. ozubené koleso s hriadeľom (náboj s hriadeľom).

Spoje perom sú **rozoberateľné, s tvarovým stykom**.

**Výhody:** jednoduché, nízka hmotnosť, prenos stredne veľkých krútiacich momentov.

**Nevýhody:** zoslabujú súčiastky drážkou (hlavne kotúčové pero), musia byť poistené proti osovému posunutiu.

Perá sú normalizované:

**tesné** – na prenos stredných a veľkých  $M_k$  (obr. 1.30a),

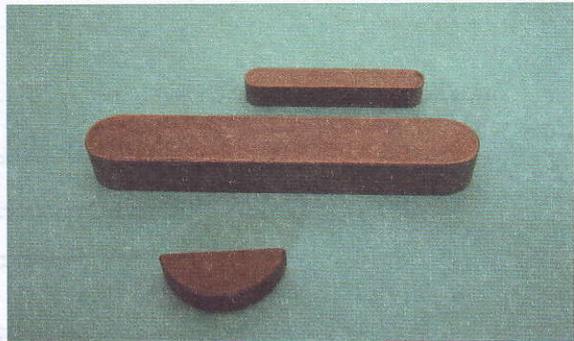
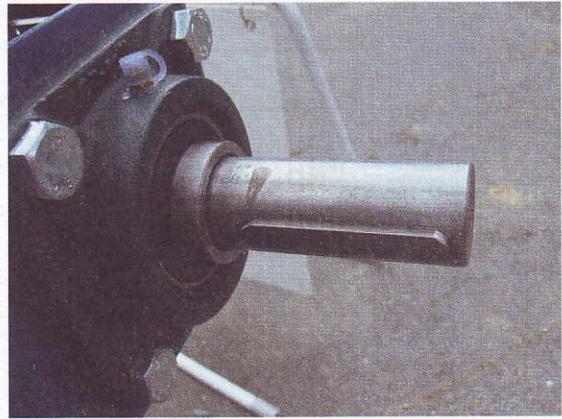
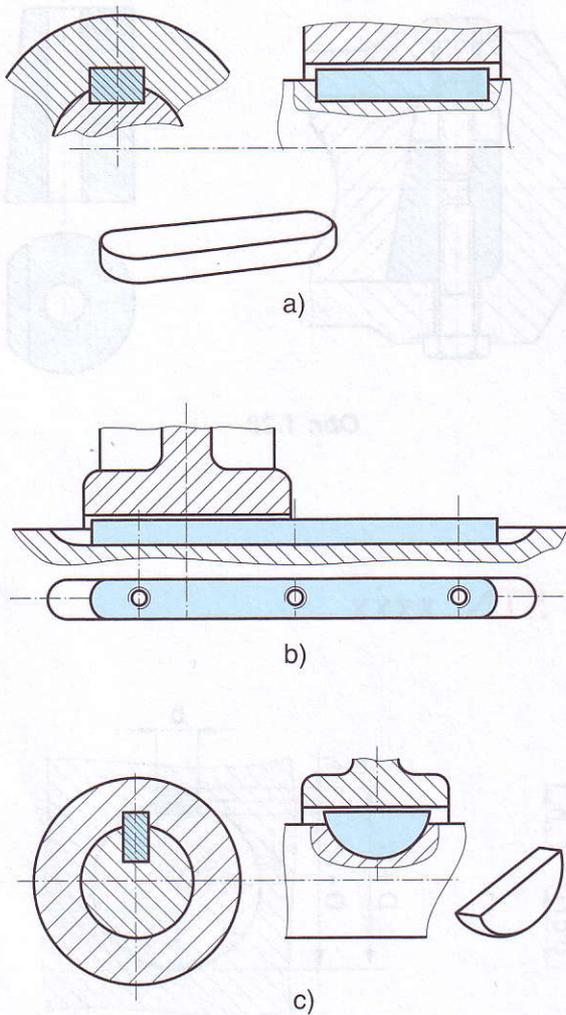
**vodiace** (výmenné) – umožňujú posúvanie náboja po hriadeľi (obr. 1.30b),

**kotúčové** (Woodrufove) – na poistenie proti otáčaniu na hriadeľi (obr. 1.30c).

Perá sú uložené v žliabku, ktorý je v hriadeľi aj v náboji.

Vodiace perá majú otvory pre skrutky na priskrutkovanie do hriadeľa. Dlhé perá majú v strede otvor so závitom, ktorý slúži na vytiahnutie pera pri demontáži.

Na vyváženie spoja pri rotujúcich hmotách sa používajú dve, prípadne tri proti sebe uložené perá.

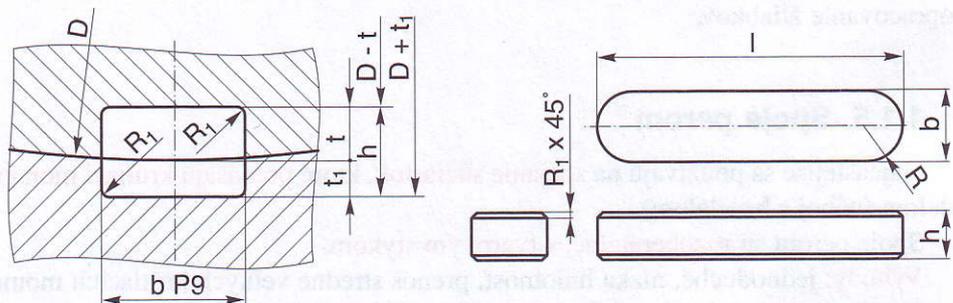


Obr. 1.30

### Označovanie pera (obr. 1.31)

**PERO  $b \times h \times l$  STN 02 xxxx**

$b$  – šírka pera  
 $h$  – výška pera  
 $l$  – dĺžka pera



Obr. 1.31

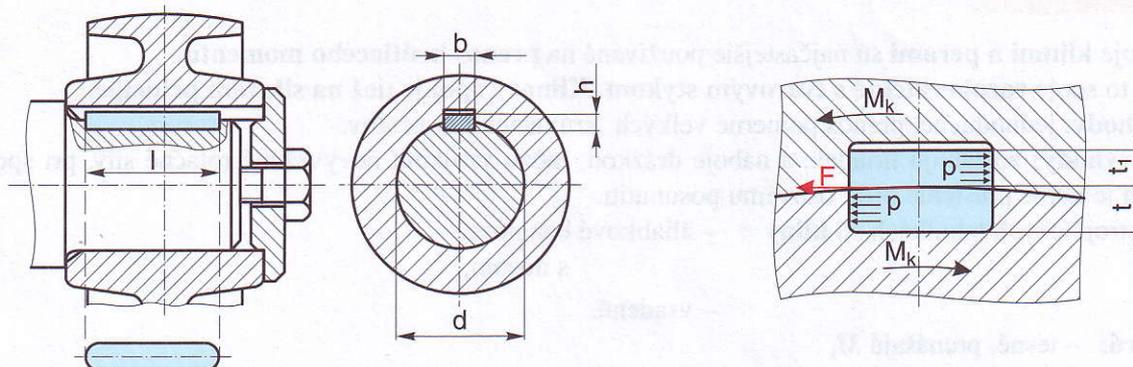
### Pevnostný výpočet spojov perom

Spoje perom prenášajú krútiaci moment. Sú pri tom namáhané na ploche  $b \times l$  strihom.

Norma priraduje perá k priemerom hriadeľa. Nemusíme preto počítať ich rozmery. Dĺžku pier volíme v rozmedzí udanom normou. Materiály hriadeľa a náboja sú rôzne, preto kontrolujeme tlak v dotykových plochách pera s nábojom a pera s hriadeľom.

## Príklad 4

Navrhnete tesné pero pre spoj na obr. 1.32 a skontrolujte tlak v dotkových plochách pera s hriadeľom a nábojom. Spoj prenáša výkon 5 kW pri otáčkach  $10 \text{ s}^{-1}$ , priemer hriadeľa je 50 mm. Zhotovený je z ocele 12 020. Náboj je z ocele na odliatku 42 2709. Dĺžka náboja  $L = 120 \text{ mm}$ . Spoj sa otáča jedným smerom.



Obr. 1.32

## Rozbor úlohy

K priemeru hriadeľa navrhujeme zo strojníckych tabuliek pero. Vypíšeme si hĺbku žliabku v hriadeľi  $t$  a v náboji  $t_1$ . Spoj sa otáča len jedným smerom, volíme miznúci spôsob zaťaženia.

Zvolíme dovolené tlaky pre materiál pera, hriadeľa a náboja. Vypočítame z výkonu a otáčok krútiaci moment. Z neho vypočítame obvodovú silu na hriadeľi, ktorá namáha pero. Vypočítame skutočný tlak medzi perom a hriadeľom a medzi perom a nábojom. Aby spoj vyhovoval, musia byť skutočné tlaky menšie ako všetky tri dovolené tlaky.

## Riešenie

Zo strojníckych tabuliek volím pre  $d = 50 \text{ mm}$ :

PERO 14 x 9 x 70 STN 02 2562

hĺbka žliabku v hriadeľi  $t = 5,5 \text{ mm}$

hĺbka drážky v náboji  $t_1 = 3,5 \text{ mm}$

Dovolený tlak pre miznúce zaťaženie:

pero materiál 11 600  $p_{D1} = 165 \text{ MPa}$

hriadeľ materiál 12 020  $p_{D2} = 115 \text{ MPa}$

náboj materiál 42 2709  $p_{D3} = 105 \text{ MPa}$

Krútiaci moment:

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{5 \cdot 10^3 \text{ W}}{2 \cdot \pi \cdot 10 \text{ s}^{-1}} = 79,62 \text{ Nm}$$

Obvodová sila na hriadeľi:

$$M_k = F \cdot \frac{d}{2}$$

$$F = \frac{2 \cdot M_k}{d} = \frac{2 \cdot 79,62 \cdot 10^3 \text{ Nmm}}{50 \text{ mm}} = 3185 \text{ N}$$

Tlak medzi perom a hriadeľom:

$$p_1 = \frac{F}{t \cdot l} = \frac{3185 \text{ N}}{5,5 \text{ mm} \cdot 70 \text{ mm}} = 8,2 \text{ MPa}$$

Tlak medzi perom a nábojom:

$$p_2 = \frac{F}{t_1 \cdot l} = \frac{3185 \text{ N}}{3,5 \text{ mm} \cdot 70 \text{ mm}} = 13 \text{ MPa}$$

Obidva tlaky  $p_1 = 8,2 \text{ MPa}$  a  $p_2 = 13 \text{ MPa}$  sú menšie ako najmenší z dovolených tlakov  $p_{D3} = 105 \text{ MPa}$ . Spoj vyhovuje.

Pre spoj volím PERO 14 x 9 x 70 STN 02 2562.

### Zhrnutie:

Spoje **klinmi a perami** sú najčastejšie používané na **prenos krútiaceho momentu**.

Sú to spoje **rozoberateľné s tvarovým stykom**. **Klinový spoj** je tiež **na silovom princípe**.

**Výhody:** jednoduché, prenos pomerne veľkých krútiacich momentov.

**Nevýhody:** zoslabujú hriadele a náboje drážkou, môžu vzniknúť nevyvážené rotačné sily, pri spojoch perom je nutné poistenie proti osovému posunutiu.

V strojných tabuľkách sú **kliny** : – žliabkové bez nosa,  
s nosom,  
– vsadené.

**Perá:** – tesné, prenášajú  $M_k$ ,

– vodiace, okrem prenosu  $M_k$ , umožňujú posúvať náboj,

– kotúčové, slúžia na poistenie proti otáčaniu, prenášajú veľké  $M_k$ , majú jednoduchú montáž, žliabky nie je treba lícovať.

Kliny majú kvalitnejšie opracované dná žliabkov, perá boky žliabkov. Žliabky pre kotúčové perá nemusia byť lícované. Kliny majú na strane náboja úkos 1:100.

**Označenie:**

KLIN (PERO) šírka x výška x dĺžka STN 02 xxxx

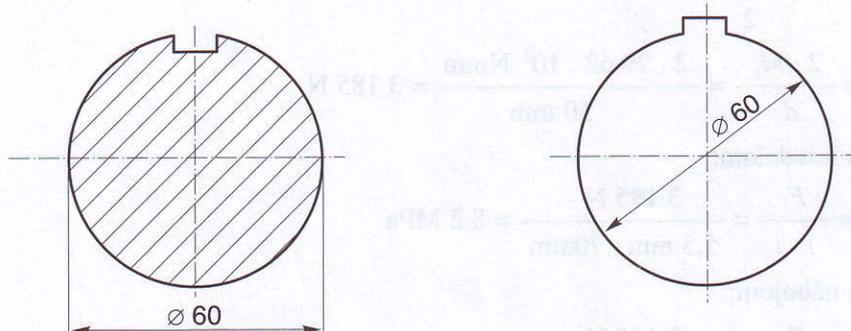
**Pevnostný výpočet:**

Norma priraduje perá a kliny k hriadeľom. Kontrolujeme len tlaky v dotkových plochách:

$$p = \frac{F}{S} \leq p_D$$

### Otázky, úlohy a úvahy:

1. Zakótujte pomocou strojných tabuliek otvor v náboji a v hriadeľi pre tesné pero s odchýlkami, lícovaním, opracovaním, keď priemer hriadeľa je 60 mm (obr. 1.33).
2. Podobne ako úlohu 1. zakótujte žliabky pre vsadený klin na hriadeľi s priemerom 70 mm.
3. Na ktorých plochách je presnejšie obrobenie pri perách (pri klinoch), na bokoch alebo dnách žliabkov?
4. Priradte k hriadeľu s priemerom 45 mm žliabkový klin s nosom a označte ho podľa normy.
5. Priradte vodiace pero k hriadeľu s priemerom 210 mm a označte ho podľa normy.
6. Môžeme zvoliť dĺžku vodiaceho pera 150 mm? Zdôvodnite.
7. Z akých materiálov sa vyrábajú kliny a perá?
8. Čo si myslíte, prečo sme sa neučili a ani nespomenuli spojenie hriadeľa s nábojom pomocou skrutky?



Obr. 1.33

### 1.1.6. Zverné spoje

Používajú sa hlavne pre spoje, pri ktorých musíme často **meniť polohu** jednej zo súčiastok. Slúžia na **spojenie súčiastok**, na prenášanie **krútiacich momentov** a **axiálnych síl**.

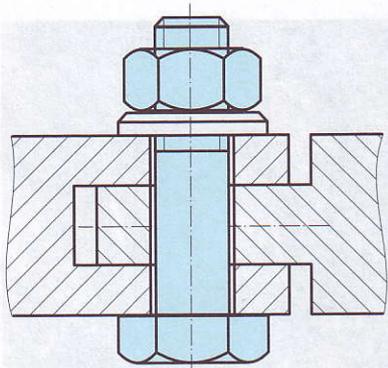
Spoj vznikne **zovretím** alebo **vzopretím** pomocou ďalšej súčiastky (zovretím sila pôsobí na väčšej ploche, prípadne na obvode, vzopretím pôsobí na menšej ploche, prípadne až v bode). V spoji musí vzniknúť dostatočné trenie. Sú to **rozoberateľné** spojenia so **silovým stykom**.

**Výhody:** ľahká montáž a demontáž, nezoslabuje spájané súčiastky otvormi a drážkami, dá sa meniť poloha súčiastky, napr. posúvať náboj po hriadeli, nie je potrebné osové poistenie, možnosť prenášania aj veľkých krútiacich momentov (napr. pridaním pera).

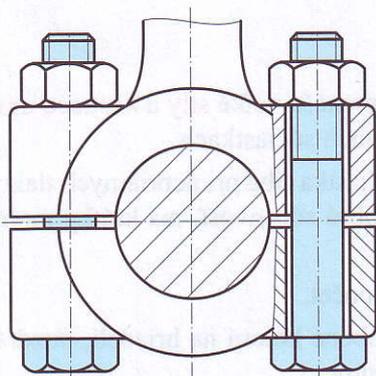
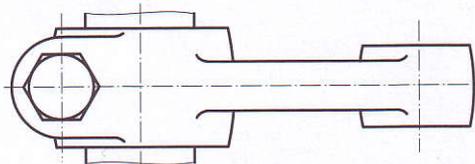
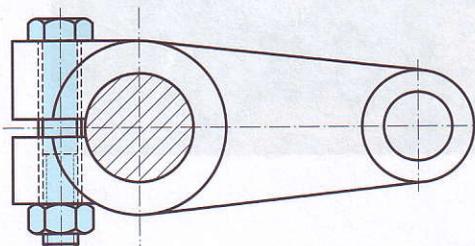
**Nevýhody:** závisí od vytvorenia dostatočného trenia a tým aj od prevádzky.

Spoj môže vzniknúť zovretím:

- a) pomocou **skrutky** – plochým zovretím (obr. 1.34),  
– deleným nábojom (obr. 1.35),

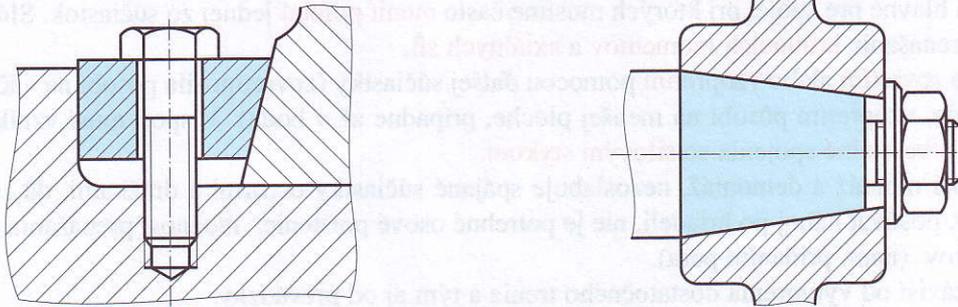


Obr. 1.34



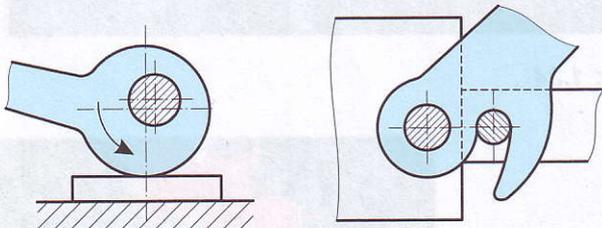
Obr. 1.35

b) pomocou **klina alebo kužeľa** (obr. 1.36),



Obr. 1.36

c) pomocou **výstredného kotúča** – je to rýchle jednoduché upínanie, používané napr. pri obrábacích prípravkoch, na nastavenie výšky sedadla na bicykli (obr. 1.37).



Obr. 1.37



### Podmienky prenosu síl

Pri zverných spojoch musí platiť:

$$F \leq F_T \quad M_k \leq M_T$$

Prenášaná sila (krútiaci moment) musí byť menšia ako trecia sila ( trecí moment).

### 1.1.7. Tlakové spoje

Vzniknú spojením dvoch súčiastok, ktoré majú **vzájomný presah**. Spoj prenáša veľké **sily** a **krútiace momenty** trením v dotykovej ploche, ktoré vzniklo deformačným napätím v obidvoch súčiastkach.

**Výhody:** jednoduchý, spoľahlivý, lacný, nie je potrebná žiadna ďalšia súčiastka (iba pri nepriamych tlakových spojoch). Spoj vydrží nárazovú prevádzku, striedavé zaťaženie, vytvára dobrú súosovosť, má krátky montážny aj výrobný čas.

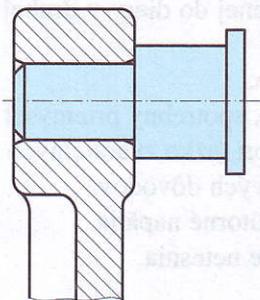
**Nevýhody:** je ťažko rozoberateľný, pevnosť spoja je citlivá na presný výpočet.

Použitie tlakových spojov – napr. vnútorné krúžky valivých ložísk, ozubené kolesá na hriadeli, puzdra klznych ložísk, vložky do spaľovacích motorov, okolesník železničných vagónov.

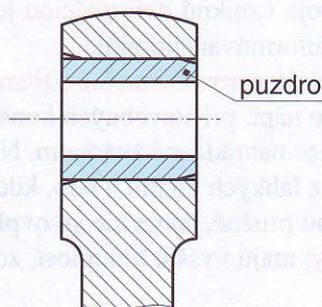
Tlakové spoje môžu vzniknúť ako: **priame** – spojením dvoch súčiastok, **nepriame** – pomocou zvierok.

### Priame tlakové spoje

Na obr. 1.38 je nepriamo nalisovaný spoj čapu do kľuky. Na obr. 1.39 je nalisované klzné puzdro do hlavy ojnice.



Obr. 1.38



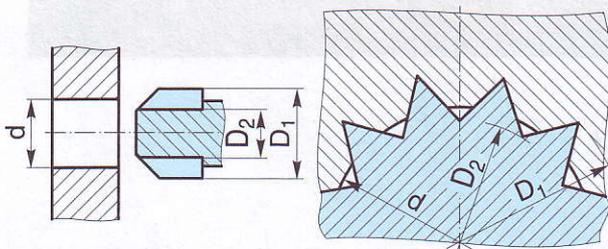
Obr. 1.39

Súčiastky sú vyrobené so vzájomným presahom (vnútorná súčiastka má väčší rozmer ako súčiastka s otvorom). Pevnosť spoja závisí od veľkosti presahu, pružnosti použitého materiálu, akosti dotykových plôch (kvalitne opracovaný povrch zabezpečí lepšie spojenie), prevádzkovej teploty, presnosti výroby.

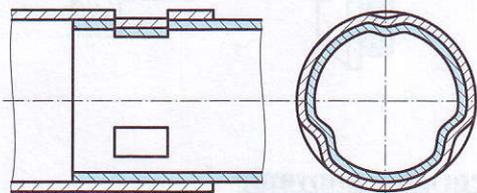
Montáž spoja sa robí za studena narazením (uloženie H/r, H/s), zmrštením alebo roztiahnutím (H/u, H/x).

Zmrštením sa tlakový spoj vyrobí tak, že vnútorná súčiastka sa ochladí a zasunie do otvoru. Po nadobudnutí okolitej teploty sa vytvoria tlakové sily. Pri spájaní roztiahnutím sa vonkajšia súčiastka nahreje a nasunie na vnútornú súčiastku.

Často sa používa nalisovanie, pri ktorom je čap (vnútorná súčiastka) ryhovaný. Po montáži sa ryhy zarezú do hladkej diery. Spoj sa vyrobí s menšou presnosťou, lacnejšie, s väčšími toleranciami (obr. 1.40).



Obr. 1.40



Obr. 1.41

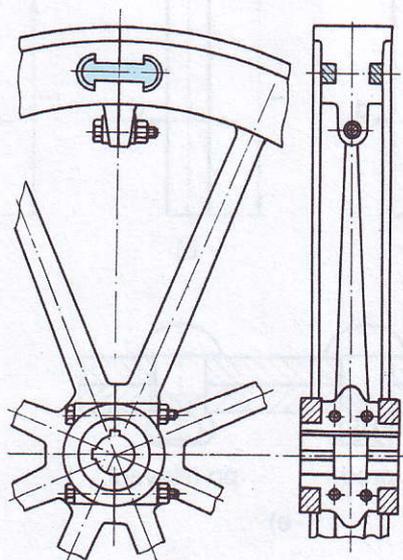
Nalisovanie dodatočnou zmenou tvaru sa používa pri súčiastkach z mäkkých materiálov, s menšou presnosťou. Po montáži sa spojené súčiastky čiastočne zlisujú a zdeformujú (obr. 1.41).

### Nepriame tlakové spoje

Používajú sa pri súčiastkach veľkých rozmerov, napr. veľké remenice, zotrvačníky, spojky, ktoré sú vyrobené z dvoch kusov.

Spoj vznikne pomocou **zvierky**, ktorá sa po ohriatí nasadí na náliatok. Vychladnutím zovrie dve časti súčiastky. Spoj je jednoduchý, lacný, spoľahlivý, nerozoberateľný.

Zvierky sú okrúhle, oválne a ploché (strmeňové). Na obr. 1.42 je delená remenica spojená plochými zvierkami.



Obr. 1.42

### 1.1.8. Nitové spoje

Odporúčame si pred touto časťou zopakovať z technického kreslenia znázornenie nitových spojov na výkresoch.

Nitové spoje vzniknú **deformáciou** jednej zo spájaných súčiastok vlozenej do diery v druhej súčiastke alebo pomocou zdeformovaného nitu.

Je to spojenie **nerozoberateľné s tvarovým, prípadne aj silovým stykom**.

Použitie je napr. pri stavebných konštrukciách, mosty, žeriavy, stožiare, spotrebný priemysel.

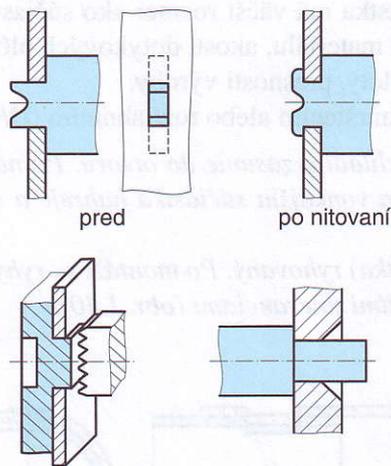
Je stále viac nahrádzané zváraním. Nitové spoje sa ale stále používajú pri ťažko zvárateľných materiáloch, pri súčiastkach z ľahkých zliatin a tam, kde nie je možné zvárať z prevádzkových dôvodov.

**Výhody:** sú pružné, spoje nie sú ovplyvnené ohrevom – nevznikajú vnútorné napätia.

**Nevýhody:** majú vyššiu hmotnosť, zoslabujú konštrukciu dierami, spoje netesnia.

#### Priame nitovanie

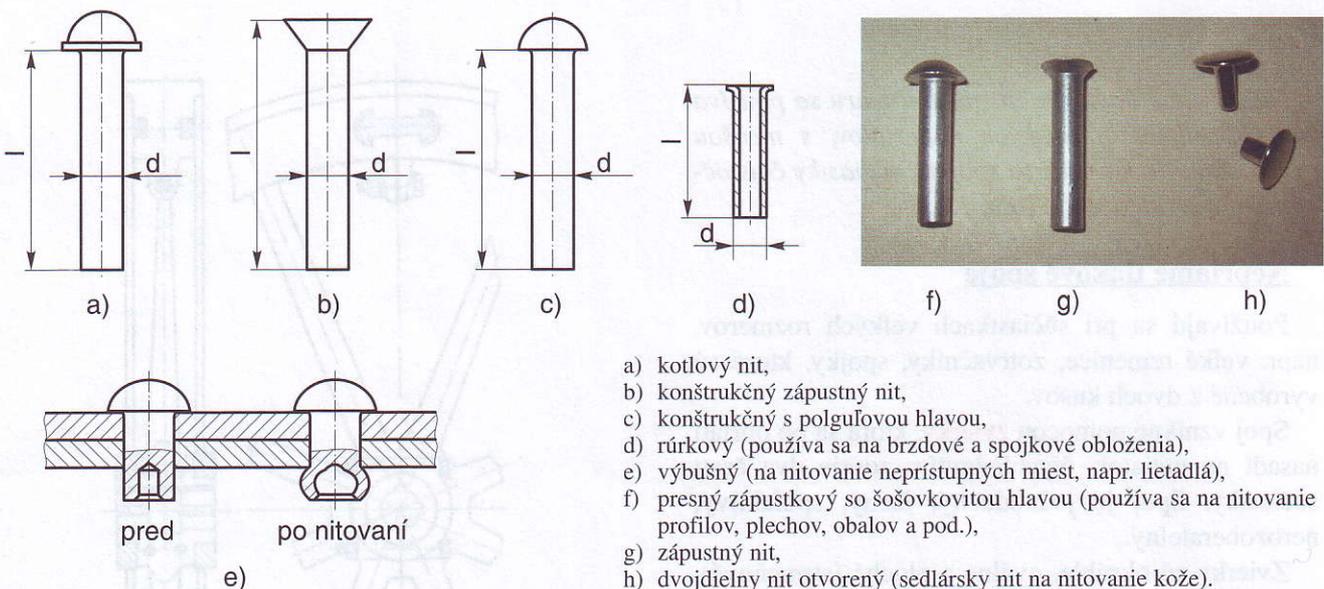
**Súčiastka s upraveným koncom na roznitovanie sa zasunie do priebežnej diery druhej súčiastky a roznituje sa.** Musí byť z materiálu, ktorý je za studena tvárny (druhá súčiastka môže byť z ľubovlného materiálu) (obr. 1.43).



Obr. 1.43

#### Nepriame nitovanie

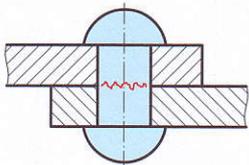
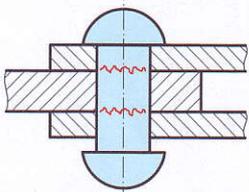
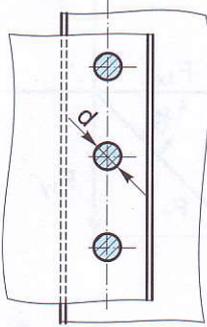
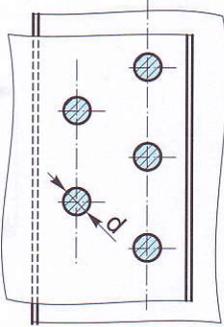
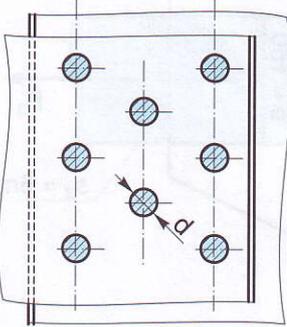
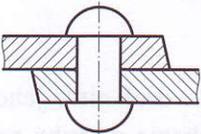
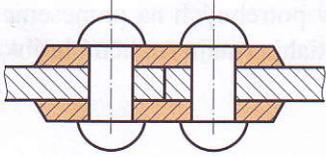
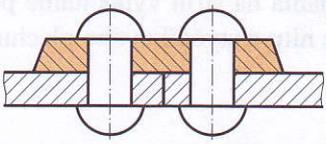
Na vytvorenie spoja sa používajú **strojové súčiastky – nity**. Niektoré druhy normalizovaných nitov sú na obr. 1.44.



- kotlový nit,
- konštrukčný zápusťný nit,
- konštrukčný s polgulovou hlavou,
- rúrkový (používa sa na brzdomé a spojkové obloženia),
- výbušný (na nitovanie neprístupných miest, napr. lietadlá),
- presný zápusťkový so šošovkovitou hlavou (používa sa na nitovanie profilov, plechov, obalov a pod.),
- zápusťný nit,
- dvojdielny nit otvorený (sedlársky nit na nitovanie kože).

Obr. 1.44

Tab. 1.6

<b>Konštrukcia nepriamych nitových spojov</b>			
 <p>jednostrižný</p>	 <p>dvojestrižný</p>	<p>počet prierezov v ktorých je nit namáhaný strihom závisí od spôsobu spájania</p>	
<b>počet nitových prierezov namáhaných na strih</b>			
 <p>1-radový</p>	 <p>2-radový</p>	 <p>3-radový</p>	<p>nity môžu byť umiestnené v radoch striedavo alebo rovnobežne; môžu byť aj viac ako 3-radové</p>
<b>počet nitových radov</b>			
<p>preplátované</p> 	<p>spojenie dvoch plechov môže byť preložením (preplátovanie) alebo pomocou stykovej plechu (jedného alebo dvoch)</p>		
 <p>s dvoma stykovými doskami</p>	 <p>s jednou stykovou doskou</p>	<p><b>spôsob spájania</b></p>	

Montáž nitových spojov sa robí za studena (do  $\varnothing 10$ ). Nity s väčšími priermi sa nitujú vždy za tepla. Za tepla sa nitujú aj spoje, ktoré majú byť nepriepustné. Po vychladnutí sa nit zmrští a zovrie spájané súčiastky.

### Označovanie nitov

**NIT  $d \times l$  STN 02 xxxx . x**

### Pevnostný výpočet nitových spojov

Nity sú v spojoch namáhané na **strih**. Vo výpočtoch sa často priemer nitu volí z empirických vzťahov a výpočtom sa zisťuje potrebný počet nitov.

Priemer nitu sa volí:

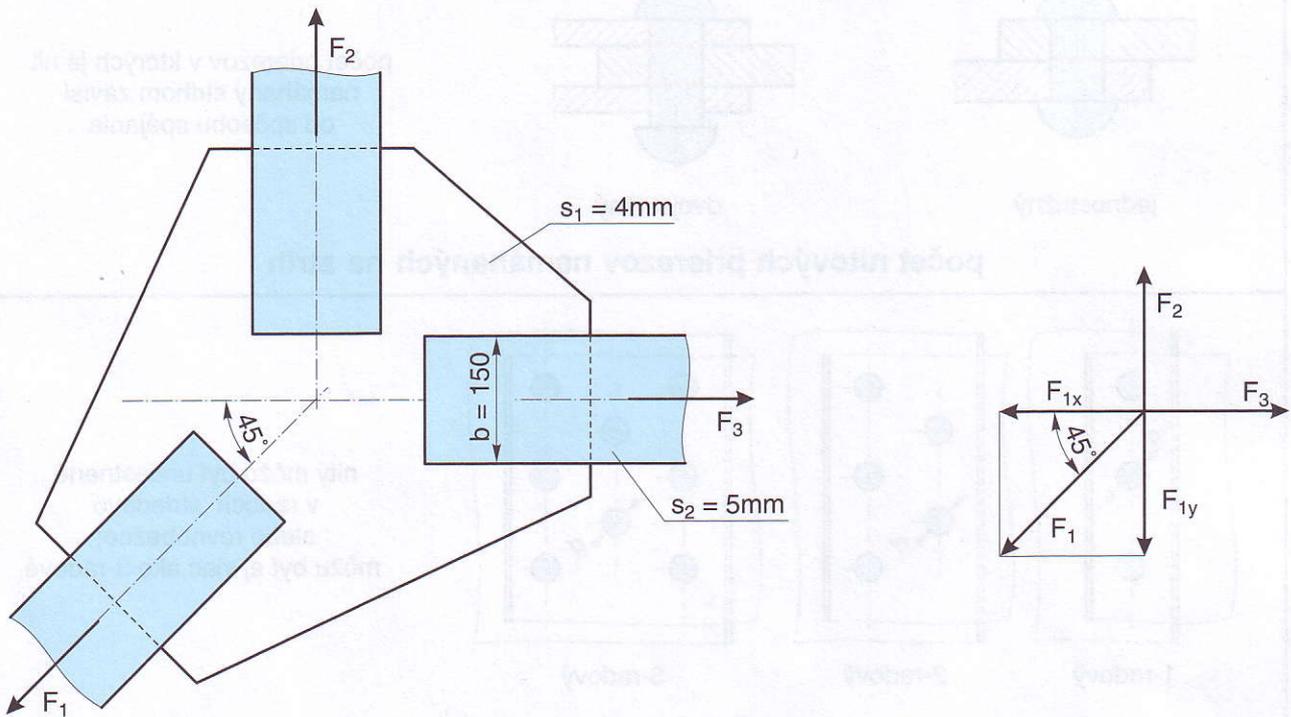
pri plechu s hrúbkou  $s < 12$  mm  $d = s + 12$

pri plechu s hrúbkou  $s > 12$  mm  $d = 2 \cdot s$

Výpočtom kontrolujeme **tlak v dotykových plochách**.

## Príklad 5

Navrhnete nity pre tiahlo 3 konštrukcie podľa obr. 1.45. Tiahlo aj styčnickový plech sú z ocele 10 372. Namáhanie je miznúce. Sila v tiahle  $F_1 = 80$  kN.



Obr. 1.45

## Rozbor úlohy

Z rovnováhy síl v sústave vypočítame veľkosť sily  $F_3$ . Navrhne druh nitu, jeho priemer a materiál. V strojných tabuľkách pre miznúce zaťaženie určíme dovolené namáhanie v strihu pre materiál nitu, v tlaku pre materiál nitu a spájaných plechv. Z namáhania na strih vypočítame počet nitov potrebných na prenesenie sily  $F_3$ . Skontrolujeme tlak v dotykovej ploche nitu a styčnickového plechu a nitu a tiahla (majú rozličnú hrúbku).

## Riešenie

Výpočet sily  $F_3$ :

$$F_{1x} = F_1 \cdot \cos 45^\circ = 80 \text{ kN} \cdot 0,7 = 56 \text{ kN}$$

$$F_{1x} = F_{1y}$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad - F_{1x} + F_3 = 0$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad F_2 - F_{1y} = 0$$

$$\text{Z toho:} \quad F_3 = F_{1x} = 56 \text{ kN}$$

Zo strojných tabuliek zvolíme nit s polgulovou hlavou STN 02 2301, zvolíme materiál nitu 11 343.

Pre miznúce zaťaženie zvolíme:

$$\text{pre nit 11 343} \quad \tau_{Ds} = 70 \text{ MPa}, \quad p_{D1} = 105 \text{ MPa}$$

$$\text{pre tiahlo a styčnickový plech 10 372} \quad p_{D2} = 120 \text{ MPa}$$

počet nitov:

$$\frac{F_3}{n \cdot i \cdot S} \leq \tau_{Ds}$$

$n$  – počet nitov,

$i$  – počet strihaných prierezov  $i = 1$ ,

z empirických vzťahov volíme  $d = s + 10 = 5 + 10 = 15$  mm, z normy najbližší väčší priemer  $d = 16$  mm

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$n \geq \frac{F_3}{i \cdot S \cdot \tau_{Ds}}$$

$$n \geq \frac{4 \cdot 56 \cdot 10^3 \text{ N}}{1 \cdot \pi \cdot 16^2 \text{ mm}^2 \cdot 70 \text{ N} \cdot \text{mm}^2}$$

$n = 3,98$  nitov, zaokrúhľime na celé číslo 4 nity.

Kontrola tlaku medzi nitmi a styčnickovým plechom:

$$p_1 = \frac{F_3}{n \cdot d \cdot s_1} = \frac{56 \cdot 10^3 \text{ N}}{4 \cdot 16 \text{ mm} \cdot 4 \text{ mm}} = 218,75 \text{ MPa}$$

nevyhovuje, pretože  $p_1 > p_{D2} = 120 \text{ MPa}$ . Zvolíme väčší počet nitov a hrubší styčnickový plech:  $n = 8$ ,  $s_1 = 5 \text{ mm}$ .

$$p_1 = \frac{56 \cdot 10^3 \text{ N}}{8 \cdot 16 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm}} = 87,5 \text{ MPa} \text{ vyhovuje,}$$

kontrolu tlaku medzi nitmi a tiahľom nemusíme robiť,  $s_1 = s_2$

Pre spoj podľa obr. 1.45 volím:

**8 nitov NIT 16 x 16 STN 02 2301 . 1, hrúbku styčnickového plechu 5 mm.**

## Zhrnutie:

**Zverné spoje** vzniknú zovretím, alebo **vzopretím** súčiastok navzájom alebo pomocou ďalšej súčiastky (napr. skrutky). Sú to spoje **silové, rozoberateľné**. Slúžia na prenos krútiaceho momentu. Používajú sa tam, kde je potrebné často uvoľňovať spoj, prípadne meniť polohu jednej zo súčiastok spoja.

**Výhody:** jednoduché, rýchle a pohodlne ovládateľné, nezoslabujú súčiastky otvormi ani drážkami.

**Nevýhody:** je potrebný presný výpočet s ohľadom na prevádzku, pretože pevnosť spoja závisí od veľkosti vyvođeného trenia.

Podmienka zverného spoja.

$$M_T \geq M_k$$

**Tlakové spoje** vznikajú **tlakom**, ktorý vznikne presahom rozmerov spájaných súčiastok.

**Výhody:** Jednoduchý, lacný, prenáša veľké sily a krútiace momenty, dobrá súosovosť súčiastok, vyváženosť pri rotácii.

**Nevýhody:** závislosť od presnosti výpočtov a výroby s ohľadom na prevádzku.

Montáž: priame tlakové spoje – za studena narazením,  
– zmrštením,  
– zohriatím,

nepriame tlakové spoje zohriatím pomocou zvierok.

**Nitové spoje vzniknú deformáciou** spojovacej súčiastky nitu alebo roznitovaním konca súčiastky zasunutej do priebežného otvoru druhej súčiastky (nepriame a priame nitovanie). Spoje sú nerozoberateľné, vzniknú na princípe tvarového styku, pri nitovaní za tepla aj silového styku.

**Výhody:** spoj je pružný, štruktúra materiálu nie je ovplyvnená ohrevom.

**Nevýhody:** zoslabuje spájané súčiastky otvormi, vyššia hmotnosť, netesnosť.

Nepriame nitové spoje sú konštrukčne riešené ako jednostrizňné a dvojstrizňné, preplátované alebo so stykovou doskou, jedno – a viacradové.

Označenie:

NIT d x l STN 02 xxxx . x

Pevnostný výpočet:

Nity v spojoch sú namáhané na **strih**. Kontrolujeme tlak v dotkových plochách.

## Otázky, úlohy a úvahy:

1. Kde ste videli zverný spoj s výstredníkom?
2. Nájdite v strojných tabulkách uloženie s presahom a vypočítajte jeho toleranciu.
3. Aké spojenia hriadela s nábojom na prenášanie krútiaceho momentu poznáte?
4. Porovnajte spojenia z hľadiska ekonomického (malosériová, veľkosériová, hromadná výroba).
5. Prečo je spoľahlivejší tlakový spoj s hladkým povrchom?
6. Od akých faktorov závisí súčiniteľ šmykového trenia?
7. Čo myslíte, prečo závisí pevnosť tlakového spoja od prevádzkovej teploty?
8. Pomenujte nitový spoj podľa obr. 1.46.
9. Nájdite v strojných tabulkách materiály, z ktorých sa vyrábajú nity.
10. Skontrolujte tiahlo 3 v príklade 5 v nebezpečnom priereze.
11. Ako sa znázorňujú nitové spoje na výkresoch?



Obr. 1.46

### 1.1.9. Zvarové spoje

Pred preberaním tejto časti odporúčame zopakovať si z technického kreslenia označovanie a kreslenie zvarových, spájkových, lepených spojov a pružín na výkresoch, zo Strojníctva I. zváratelnosť materiálov.

S rozvojom technológie zvárania vytlačili zvarové spoje nitové spoje. Tieto druhy spojov sa často navzájom porovnávajú.

Zvarové spoje vzniknú **zohriatím spájaných plôch na zváraciu teplotu a ich spojením** priamo alebo pomocou prídavného materiálu.

Sú to **nerozoberateľné spoje s materiálovým stykom**.

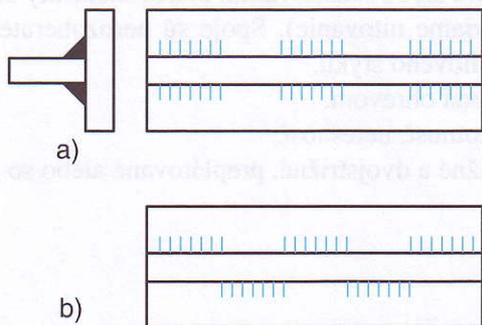
**Výhody:** menšia hmotnosť spoja, tesnosť a nepriepustnosť, zváranie sa dá veľmi dobre zautomatizovať.

**Nevýhody:** nie všetky materiály sa dajú zvariť, spoj je tuhý, môžu vzniknúť deformácie v spoji vplyvom nerovnomerného ohriatia, pre zváranie je potrebná kvalifikácia.

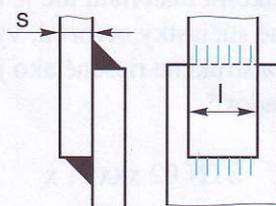
#### Konštrukcia zvarových spojov

Podľa súvislosti zvarového spoja hovoríme o zvaroch: priebežných a prerušovaných – protiľahlých (obr. 1.47a),  
– striedavých (obr. 1.47b).

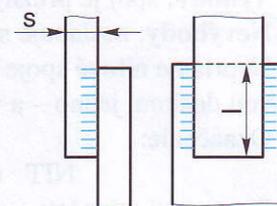
Preplátované plechy sa zvárajú: čelným kútovým zvarom (obr. 1.48),  
bočným kútovým zvarom (obr. 1.49).



Obr. 1.47



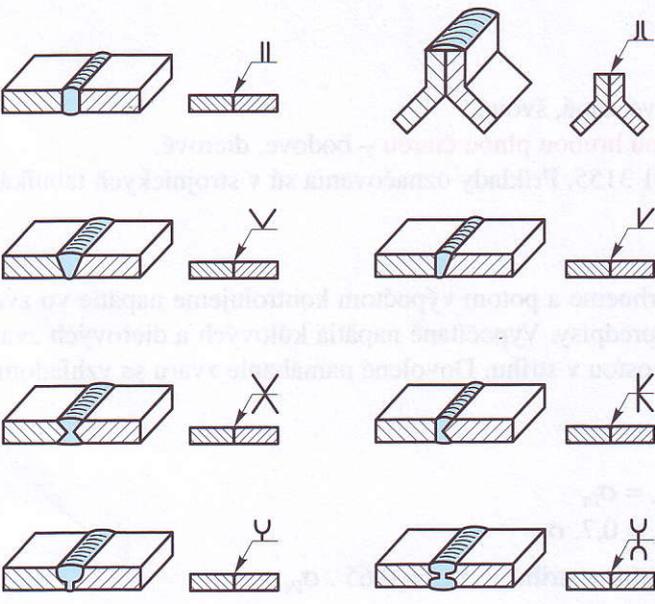
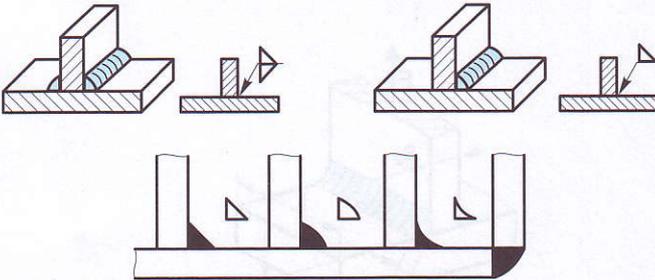
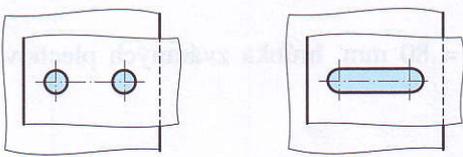
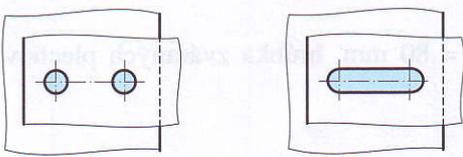
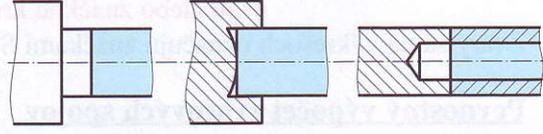
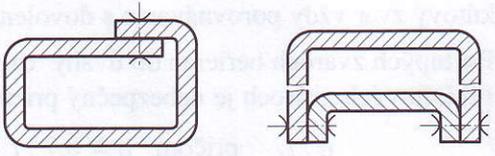
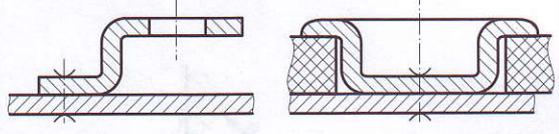
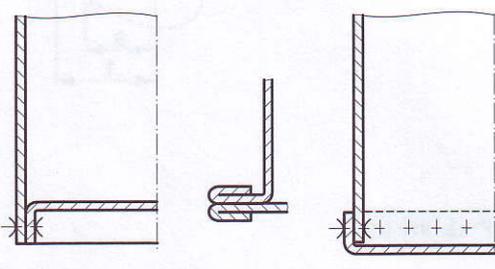
Obr. 1.48



Obr. 1.49

Druhy zvarov podľa ich vzniku vidíte v tab. 1.7.

Tab. 1.7

<b>Druhy zvarov podľa vzniku</b>	
<p style="text-align: center;"><b>tavné zvary</b></p> <p>vzniknú zliatím spájaných materiálov, ktoré boli zohriate na taviacu teplotu; do zvaru sa môže pridať prídavný materiál (zváranie plameňom, elektrickým oblúkom)</p>  <p style="text-align: center;"><b>tupé zvary</b></p> <p>pri hrubších plechoch musí byť úprava hrán; 1/2 zvary sa robia tam, kde sa dá upraviť iba jedna plocha</p>  <p style="text-align: center;"><b>kútové zvary</b></p> <p>spájajú sa nimi preplátované plechy alebo plechy pod určitým uhlom</p>  <p style="text-align: center;"><b>dierové a žliabkové zvary</b></p> <p>používajú sa pri zváraní preplátovaných plechov</p> 	<p style="text-align: center;"><b>tlakové zvary</b></p> <p>vzniknú nahriatím spájaných plôch na zváraciu teplotu a spojením pokojným tlakom alebo úderom (kováčske zváranie, odporové zváranie)</p>  <p style="text-align: center;"><b>odporové zváranie na tupo</b></p> <p>spájané plochy sa dotýkajú, prechádza nimi prúd s nízkym napätím a vysokou intenzitou; vznikajúcim teplom sa materiál zohrieva a tlakom sa spojí</p>  <p style="text-align: center;"><b>bodové</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>švové</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>odporové preplátované zváranie</b></p> <p>súčiastky sa zovrú medzi elektródy v tvare tyče (bodové) alebo kotúčov (švové); vzniknutým teplom sa materiál zohrieva a tlakom elektród vznikne spoj</p>

### Konštrukčné zásady zvarových spojov

- nezhrmažďovať zvary na jednom mieste (nebezpečenstvo napätia a deformácií),
- používať čo najviac polotovarov,
- nezabúdať na prístupnosť zvarov,
- väčšie výrobky je výhodnejšie zvärať ako kovať alebo sústružiť (veľké ozubené kolesá, remenice),
- prierezy zvarov umiestňovať súmerne k osi,
- zložité zvarky po zváraní žihať (technologický proces na zníženie vnútorného napätia),
- presné rozmery obrábať až po zváraní.

### Označovanie zvarov

Znázorňujú sa: **hrubou plnou čiarou** – lemové, tupé, švové,  
**osou alebo značkou kreslenou hrubou plnou čiarou** – bodové, dierové.

Zvary sa na výkresoch označujú značkami STN 01 3155. Príklady označovania sú v strojníckych tabuľkách.

### Pevnostný výpočet zvarových spojov

Pri navrhovaní zvarových spojov najprv zvar navrhne a potom výpočtom kontrolujeme napätie vo zvere. Pre zváranie dôležitých konštrukcií platia osobitné predpisy. Vypočítané napätia kútových a dierových zvarov porovnávame bez ohľadu na spôsob zaťaženia s pevnosťou v strihu. Dovoľené namáhanie zvaru sa vzhľadom na očakávané chyby zvaru volí nižšie.

Napr. pre ocele triedy 10:

tupý zvar namáhaný ťahom a tlakom:  $\sigma_{Dzv} = \sigma_{Dt}$   
 strihom:  $\sigma_{Dzv} = 0,7 \cdot \sigma_{Dt}$

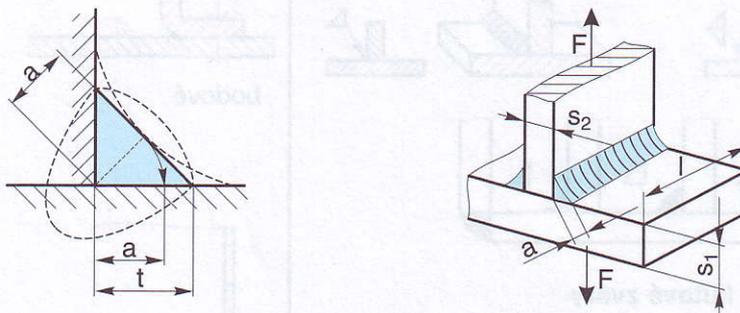
kútový zvar vždy porovnávame s dovoľeným napätím v strihu:  $\tau_{Dzv} = 0,65 \cdot \sigma_{Dt}$

Pri tupých zvaroch berieme do úvahy celý prierez zvaru.

Pri kútových zvaroch je nebezpečný prierez

$a \cdot l$ , pričom  $a \approx 0,7 \cdot t$  (obr. 2.50),

$t$  sa volí podľa menšej hrúbky plechu:  $t = (0,5 \text{ až } 0,7) s_{\min}$



Obr. 1.50

### **Príklad 6**

Skontrolujte zvar na obr. 1.50, keď je sila  $F = 4 \text{ kN}$ ,  $l = 80 \text{ mm}$ , hrúbka zváraných plechov  $s_1 = 3 \text{ mm}$ ,  $s_2 = 4 \text{ mm}$ . Materiál zváraných plechov je 10 372.

### **Rozbor úlohy**

Zvar je namáhaný na strih. Zvolíme hrúbku kútového zvaru  $t$  podľa tenšieho plechu. Vypočítame rozmer  $a = 0,7 \cdot t$ . Zo  $\sigma_{Dt}$  zváraného materiálu vypočítame  $\tau_{Dzv} = 0,65 \cdot \sigma_{Dt}$ . Vypočítame skutočné napätie vo zvere a porovnáme ho s dovoľeným napätím.

**Riešenie**

Volíme  $t = s_1 = 3 \text{ mm}$ , výpočtová šírka zvaru  $a = 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 3 \text{ mm} = 2,1 \text{ mm}$

pre materiál 10 370 zo strojnícových tabuliek  $\sigma_{Dt} = 90 \text{ MPa}$

$\tau_{Dzv} = 0,65 \cdot \sigma_{Dt} = 0,65 \cdot 90 \text{ MPa} = 63 \text{ MPa}$

Skutočné napätie vo zvare:

$$\tau_{Dzv} = \frac{F}{i \cdot S} \leq \sigma_{Dzv}$$

$$\tau_{Dzv} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot l}$$

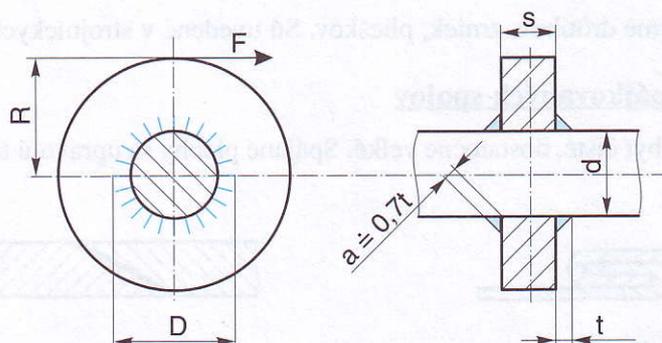
$$\tau_{Dzv} = \frac{4000 \text{ N}}{2 \cdot 2,1 \text{ mm} \cdot 80 \text{ mm}}$$

$$\tau_{Dzv} = 11,9 \text{ MPa} \leq \tau_{Dzv} = 63 \text{ MPa}$$

Spoj vyhovuje.

**Príklad 7**

Skontrolujte zvar podľa obr. 1.51. Je namáhaný silou  $F = 5 \text{ kN}$ ,  $R = 30 \text{ mm}$ ,  $d = 20 \text{ mm}$ ,  $s = 4 \text{ mm}$ . Materiál hriadeľa aj kotúča je 11 373.



Obr. 1.51

**Rozbor úlohy**

Zvarový spoj je namáhaný krútiacim momentom. (Zvar je ale prestrihnutý,  $\tau_k$  budeme porovnávať s  $\tau_{Dzv}$  v strihu). Navrhne rozmery zvaru, vypočítame krútiaci moment. Podľa materiálu zvolíme  $\sigma_{Dt}$ .

Vypočítame  $\tau_{Dzv} = 0,65 \cdot \sigma_{Dt}$ . Vypočítame skutočné napätie a porovnáme ho s  $\tau_{Dzv}$ .

**Riešenie**

$\sigma_{Dt}$  zo strojnícových tabuliek pre materiál 11 373 je  $150 \text{ MPa}$ , dovolené napätie vo zvare:

$$\tau_{Dzv} = 0,65 \cdot 150 \text{ MPa} = 97,5 \text{ MPa}$$

Volíme:  $t = s = 4 \text{ mm}$

Krútiaci moment:  $M_k = F \cdot R = 5 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 30 \text{ mm} = 150 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$

Skutočné napätie vo zvare:  $\tau_k = \frac{M_k}{W_k}$

Zo strojnícových tabuliek pre medzikružie:

$$W_k = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} \quad \begin{array}{l} d = 20 \text{ mm} \\ D = d + 2 \cdot a = 20 \text{ mm} + 2 \cdot 4 \text{ mm} = 28 \text{ mm} \end{array}$$

$$W_k = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{28^4 - 20^4}{28} = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{454\,656}{28} = 3186,65 \text{ mm}^3$$

$$\tau_k = \frac{150 \cdot 10^3 \text{ Nmm}}{3186,65 \text{ mm}^3} = 47 \text{ Nmm}^{-2} = 47 \text{ MPa}$$

$$\tau_k = 47 \text{ MPa} < \tau_{Dzv} = 97,5 \text{ MPa}$$

Pre zvar podľa obrázka vyhovuje kútový zvar  $t = 4 \text{ mm}$ .

### 1.1.10. Spájkované spoje

Vzniknú **difúziou** (prelínaním) **spájky do spájaných materiálov**. Je to spojenie rovnakých, alebo rôznych kovov v tuhom stave roztavenou spájkou. Spájané materiály sa neroztavujú, spájka má nižšiu teplotu tavenia.

Spájkované spoje sú **nerozoberateľné, s materiálovým stykom**.

**Výhody:** možnosť spájať materiály s rôznymi teplotami tavenia (pri spájaní sa nenatavujú), neporuší sa štruktúra materiálov vplyvom tepla.

**Nevýhody:** malá pevnosť spojov.

#### Druhy spájkovania

Spájkovanie rozlišujeme podľa teploty tavenia spájky na spájkovanie:

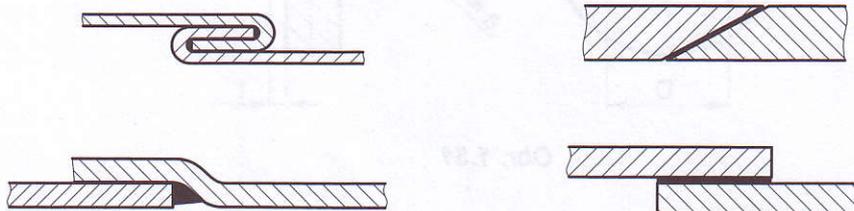
**na mätko:** mäkkou spájkou – teplota tavenia je do  $450 \text{ }^\circ\text{C}$ ,

**na tvrdo:** tvrdou spájkou – teplota tavenia nad  $450 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Spájky sa dodávajú vo forme drôtikov, zrníek, plieškov. Sú uvedené v strojných tabuľkách.

#### Konštrukčné zásady spájkovaných spojov

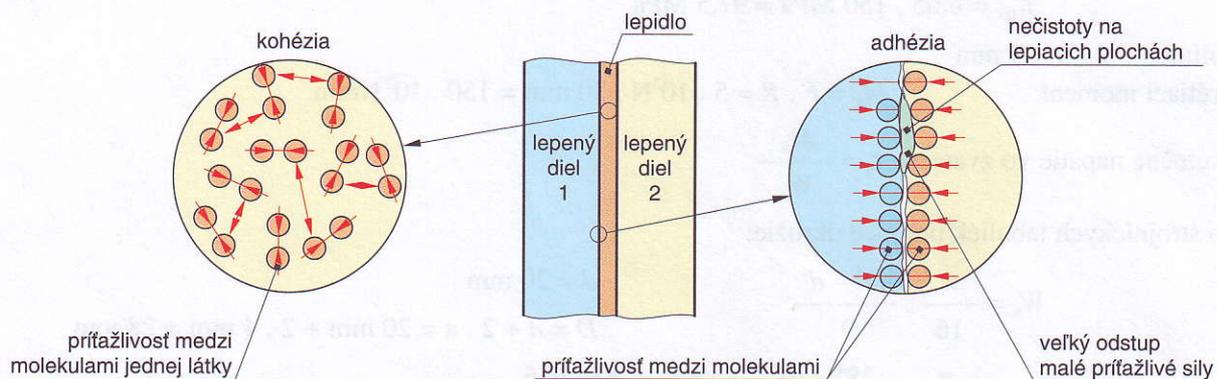
Spájkované plochy musia byť čisté, dostatočne veľké. Spájané plochy sa upravujú tak, aby mali dotykovú plochu čo najväčšiu (obr. 1.52).



Obr. 1.52

### 1.1.11. Lepené spoje

Spoj vzniká **adhéziou** (prilnavosťou) a **kohéziou** (súdržnosťou). Tekuté lepidlo preniká do pórov a nerovností povrchu. Molekuly lepidla majú vzájomnú súdržnosť (obr. 1.53).



Obr. 1.53

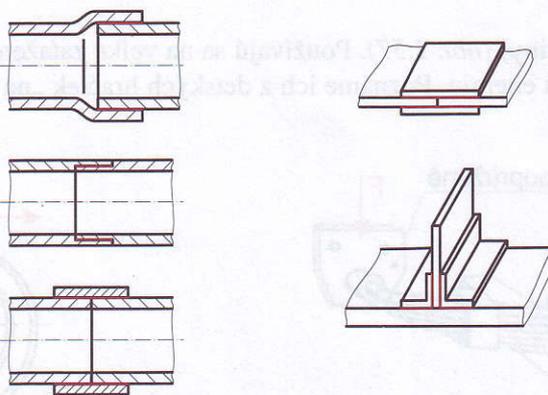
Lepný spoj je **nerozoberateľný s materiálovým stykom**. Pri neustálom rozvoji chemického priemyslu má veľkú budúcnosť.

**Výhody:** ľahký, jednoduchý, nezoslabuje konštrukciu dierami, dajú sa spájať rôzne materiály, nie je ovplyvnený teplom, spoje sú nepriepustné.

**Nevýhody:** závisí od vhodne zvoleného lepidla, od čistoty plôch, nemôže sa použiť pri vyšších prevádzkových teplotách, spoje sú nevodivé.

### Konštrukcia lepených spojov

Majú vysokú pevnosť pri namáhaní ťahom a šmykom, preto sa má konštrukcia prispôbiť tomuto druhu namáhania. Dotykové plochy majú byť čo najväčšie. Príklad úpravy niektorých lepených spojov je na *obr. 1.54*.



Obr. 1.54

### 1.1.12. Pružné spoje

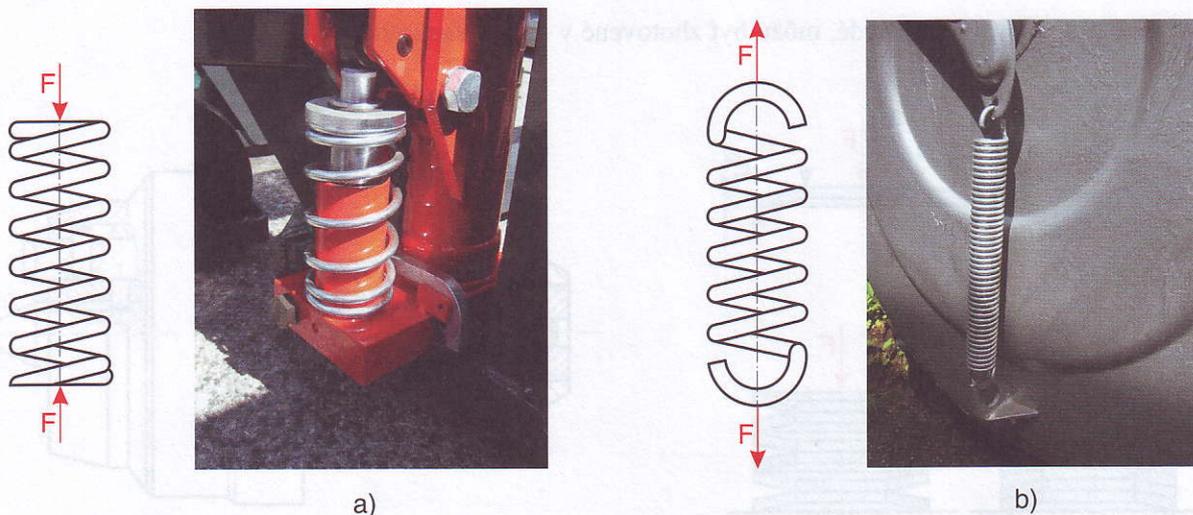
Vzniknú vložení **pružiny** medzi súčiastky. Pružiny majú schopnosť **zhromažďovať v sebe energiu** (hračky), **tlmia nárazy** (vo vozidlách), **vrátia súčiastky** do prvotnej polohy a **udržiajú rovnováhu síl**.

Podľa materiálu môžeme rozdeliť pružiny na:

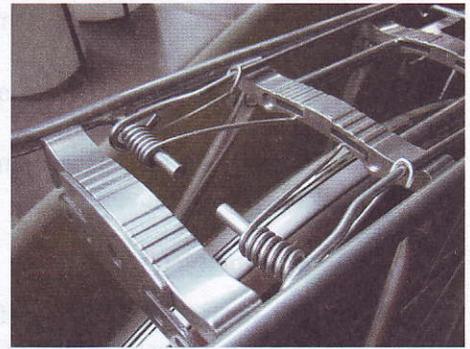
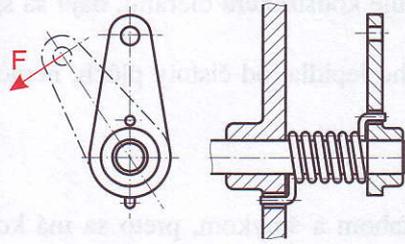
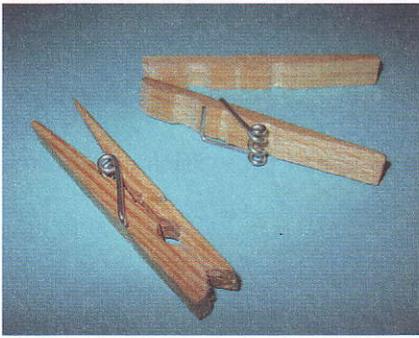
- kovové,
- gumové,
- pneumatické.

### Kovové pružiny

Skrutkové **tlačné** (*obr. 1.55a*) a **ťažné** (*obr. 1.55b*), **skrutné** (*obr. 1.56*). Môžu mať prierez drôtu aj štvorcový alebo obdĺžnikový, môžu mať tvar kužeľa.

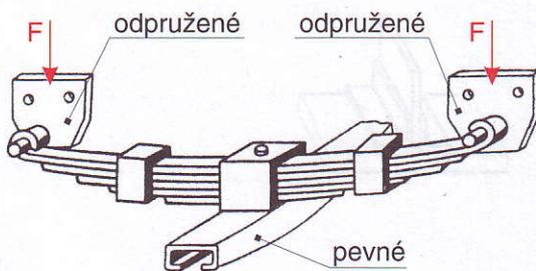


Obr. 1.55

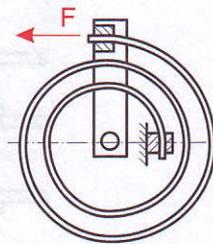


Obr. 1.56

**Zväzok pružníc** (listové pružiny) (obr. 1.57). Používajú sa na veľké zaťaženia, napr. nákladné vagóny.  
**Špirálové pružiny** akumulujú energiu. Poznáme ich z detských hračiek „na kľúčik“ (obr. 1.58).

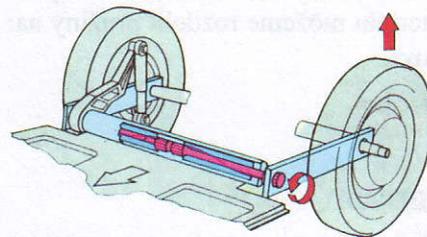
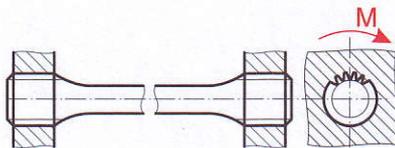


Obr. 1.57



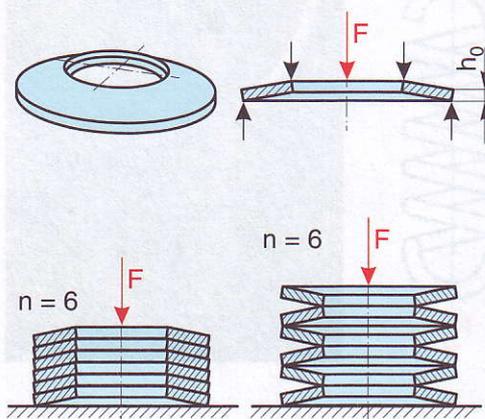
Obr. 1.58

**Torzne tyče** (obr. 1.59). Používajú sa v automobiloch. Pružia skrúcaním (torzia – krútenie).

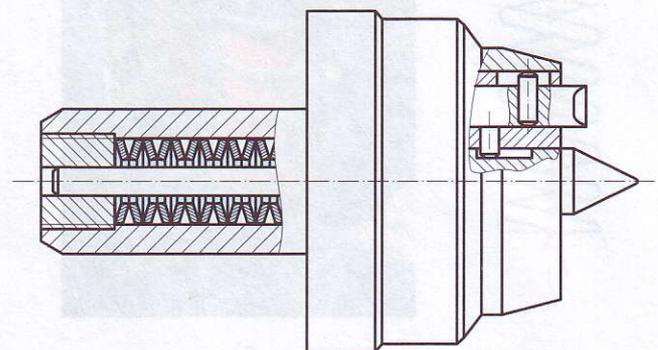


Obr. 1.59

**Tanierové pružiny** sú veľmi tvrdé, môžu byť zhotovené v dvoch variantoch (obr. 1.60).

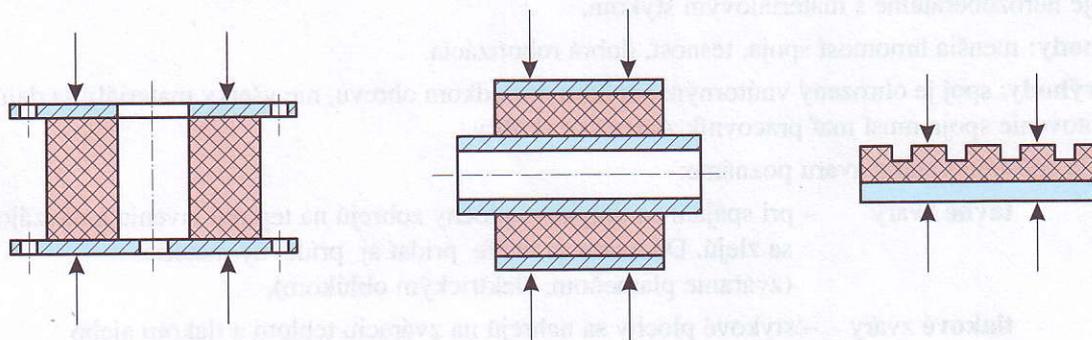


Obr. 1.60



## Gumové pružiny

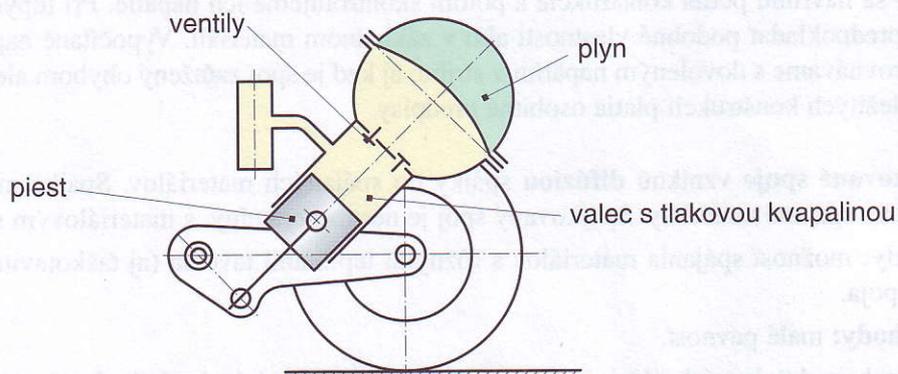
Sú to rôzne vložky z gumeny (obr. 1.61). Okrem tlmenia otrasov a nárazov tlmia aj zvuky. Nemôžu sa použiť v prevádzke s vyššími teplotami.



Obr. 1.61

## Pneumatické pružiny

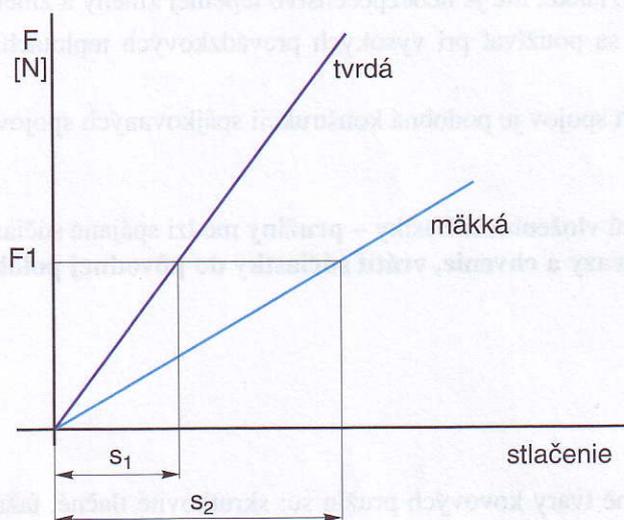
Ich princíp je v stlačiteľnosti vzduchu (obr. 1.62).



Obr. 1.62

## Charakteristika pružín

Charakterizuje ich tvrdosť alebo mäkkosť. Je to závislosť stlačenia pružiny od veľkosti sily (obr. 1.63).



Obr. 1.63

## Výpočet pružín

Výpočet pružín je normalizovaný.

## Zhrnutie:

**Zvary** vzniknú **zohriatím stykových plôch** na zväčšenie teploty a **spojením zliatím alebo tlakom**. Sú to spoje nerozoberateľné s materiálovým stykom.

**Výhody:** menšia hmotnosť spoja, tesnosť, dobrá robotizácia.

**Nevýhody:** spoj je ohrozený vnútorným napätím dôsledkom ohrevu, nie všetky materiály sa dajú zväčšovať, na zhotovenie spoja musí mať pracovník zväčšácké skúšky.

Podľa spôsobu vzniku zvaru poznáme:

**tavné zvary** – pri spájaní sa dotykové plochy zohrejú na teplotu tavenia a navzájom sa zlejú. Do zvaru sa môže pridať aj prídavný materiál (zváranie plameňom, elektrickým oblúkom),

**tlakové zvary** – stykové plochy sa nahrejú na zväčšiacu teplotu a tlakom alebo nárazom sa spoja (zváranie kovárske, elektrickým odporom).

### Označovanie zvarov

Znázorňovanie a označovanie zvarov je dané STN, nájdete ho v strojných tabuľkách.

### Pevnostný výpočet zvarov

Zvary sa navrhujú podľa konštrukcie a potom skontrolujeme ich napätie. Pri tupých kvalitných zvaroch sa dajú predpokladať podobné vlastnosti ako v základnom materiáli. Vypočítané napätie kútových zvarov vždy porovnávame s dovoleným napätím v strihu, aj keď je spoj zaťažený ohybom alebo krútením. Pre zväčšovanie dôležitých konštrukcií platia osobitné predpisy.

**Spájkované spoje** vzniknú **difúziou** spájky do spájaných materiálov. Spájka má vždy nižšiu teplotu tavenia ako spájané materiály. Spájkovaný spoj je nerozoberateľný, s materiálovým stykom.

**Výhody:** možnosť spájania materiálov s rôznymi teplotami tavenia (aj ťažkotaviteľných), jednoduchosť vzniku spoja.

**Nevýhody:** malá pevnosť.

Konštrukcia dotykových plôch spájkového spoja má byť taká, aby bola dotyková plocha čo najväčšia a podľa možností namáhaná ťahom alebo strihom.

**Lepené spoje** vzniknú **adhéziou** (priľnavosťou) a **kohéziou** (súdržnosťou) lepidla. Sú to nerozoberateľné spoje s materiálovým stykom.

**Výhody:** jednoduché, ľahké, nie je nebezpečenstvo tepelnej zmeny a zmeny štruktúry.

**Nevýhody:** nemôžu sa používať pri vysokých prevádzkových teplotách, sú nevodivé, spoj závisí od správnej voľby lepidla.

Konštrukcia lepených spojov je podobná konštrukcii spájkovaných spojov. Dotyková plocha má byť čo najväčšia.

**Pružné spoje** vzniknú vložением súčiastky – **pružiny** medzi spájané súčiastky. Majú schopnosť **akumulovať energiu, tlmiť nárazy a chvenie, vrátiť súčiastky do pôvodnej polohy**.

Môžu byť:

- kovové,
- gumové,
- pneumatické.

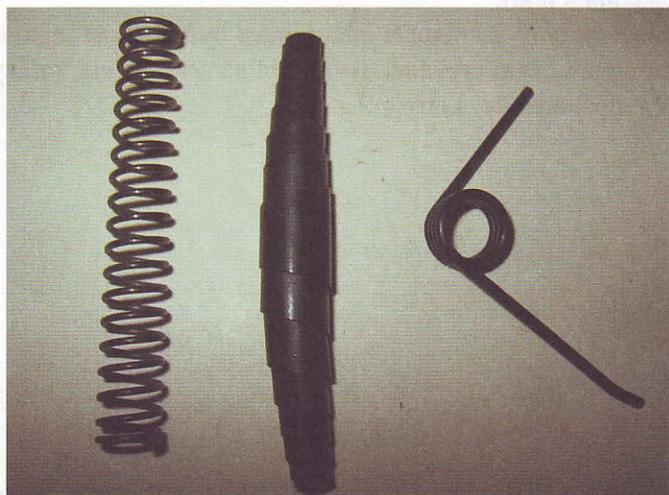
Najčastejšie používané tvary kovových pružín sú: skrutkovité tlačné, ťažné, skrutné, špirálové, zväzok pružníc, torzné tyče a tanierové pružiny.

Výpočet pružín je normalizovaný.

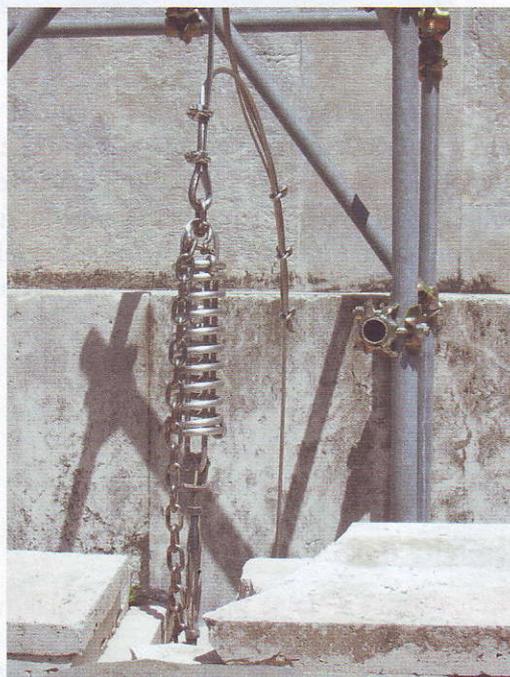
Charakteristika pružiny, ktorá sa kreslí aj na výrobných výkresoch, je závislosť stlačenia (alebo natiahnutia) od veľkosti sily. Udáva tvrdosť (mäkkosť) pružiny.

## Otázky, úlohy a úvahy:

1. Aké druhy zváratelnosti poznáte?
2. Ktoré z doteraz preberaných spojov by ste nahradili zvarovými spojmi?
3. Čo myslíte, prečo sa robia prerušované zvary?
4. Vypočítajte dĺžku kútového zvaru, ktorou by sme privarili tiahlo 3 z príkladu 5.  
Predpokladáme  $a = 0,7$ ,  $s_{\min}$ ,  $\sigma_{Dzv} = 0,65 \cdot \sigma_{Dl}$ . Ako by ste zvar navrhli, ako bočný alebo čelný?  
Zdôvodnite.
5. Akú elektródu by ste navrhli na zváranie ocele 11 523? Akú má táto oceľ zváratelnosť? Označte zvolenú elektródu.
6. Označte podľa strojnícových tabuliek zvary na obr. 1.47a,b.
7. Porovnajte princíp vzniku spojov s materiálovým stykom: zváraného, spájkovaného a lepeného.
8. Akú spájkou by ste navrhli na spájkovanie medi a jej zliatin?
9. Čo znamená slovo dvojjložkové lepidlo?
10. Nájdite v strojnícových tabulkách materiály na výrobu kovových pružín.
11. Pomenujte pružiny na obr. 1.64 a skúste nájsť ich použitie.
12. Aká pružina je v mechanických hodinách?
13. Aká pružina je v písacom pere (ceruzke)?
14. Ako sa kreslia pružiny na výkresoch?  
Čo obsahuje výkres pružiny?
15. Aké spoje sú na obr. 1.65?



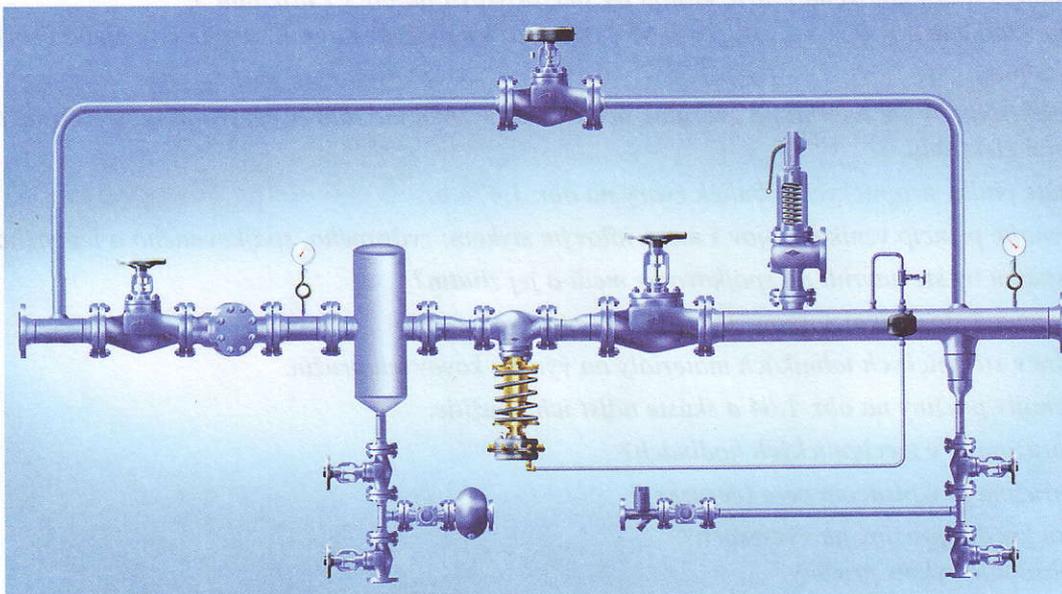
Obr. 1.64



Obr. 1.65

## 1.2. Potrubie a armatúry

Keď sa poobzeráme okolo seba, vidíme veľa druhov potrubia. Voda, teplo, plyn sa dostane do bytu potrubím. Taktiež sypké a tuhé látky sa v priemysle prepravujú potrubím. Potrubie je sústava rúrok pospájaných rôznym spôsobom. Sú na ňom rôzne uzatváracie zariadenia, meracie a poistné prístroje. Voláme ich spoločným názvom – armatúry (obr. 1.66).



Obr. 1.66

Potrubie sa skladá z **rúrok**, **tvároviek** (slúžia na zmenu toku – kolená, tvarovky T, U a pod.), **armatúr** (uzatváracie, regulačné, meracie prístroje), **kompenzátorov** (vyrovnávajú predlžovanie a skracovanie potrubia vplyvom teploty), **doplňujúcich častí** (filtre, diaľkové ovládania a pod).

Potrubie musí byť: **nepriepustné**, teplota dopravovanej látky by sa nemala meniť, musí byť **možnosť regulácie** a zastavenia toku. Potrubie musí byť uložené tak, aby vyhovovalo prevádzkovým teplotám (dilatácia, mrazy a pod.), povrch musí byť chránený pred prestupom tepla, poškodením, koróziou a pod.

### 1.2.1. Hlavné parametre potrubia

Sú to:

- **menovitý tlak PN**,
- **menovitá svetlosť DN**,
- **pracovný stupeň**.

#### Menovitý tlak

Je to označenie skupiny pracovných pretlakov odstupňovaných podľa skupiny pracovných teplôt.

Označenie:

Označujeme ich PN a desaťnásobkom najvyššieho pracovného pretlaku pre pracovný stupeň I (pracovnú teplotu 0 až 200 °C). Rozmer je v MPa (pozri strojnícke tabuľky).

PN 10 . maximálny prvý pretlak / pracovný stupeň

Napríklad: PN 100/III. znamená maximálny pracovný pretlak 10 MPa, pracovnú teplotu 400 °C.

#### Menovitá svetlosť

DN je **približný vnútorný priemer potrubia** (pozri strojnícke tabuľky). Všetky časti potrubia, ktoré rozmerovo spolu súvisia, označujeme rovnakou svetlosťou DN.

#### Pracovný stupeň

Prepravované látky sú rozdelené **podľa teploty do skupín**. Pre teploty 0 až 600 °C sú to skupiny označené I – XI, pre teploty od 0 do – 200 °C sú skupiny označené A, B, C (strojnícke tabuľky).

## 1.2.2. Výpočet svetlosti potrubia

Svetlosť (vnútorný priemer) sa vypočíta z rovnice kontinuity:

$$Q = S \cdot v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v, \quad \text{z toho}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}}, \quad \text{kde}$$

$Q$  – objemový tok tekutiny [m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>]

$S$  – prierez rúry [m<sup>2</sup>]

$v$  – rýchlosť pretekajúcej látky [m · s<sup>-1</sup>]

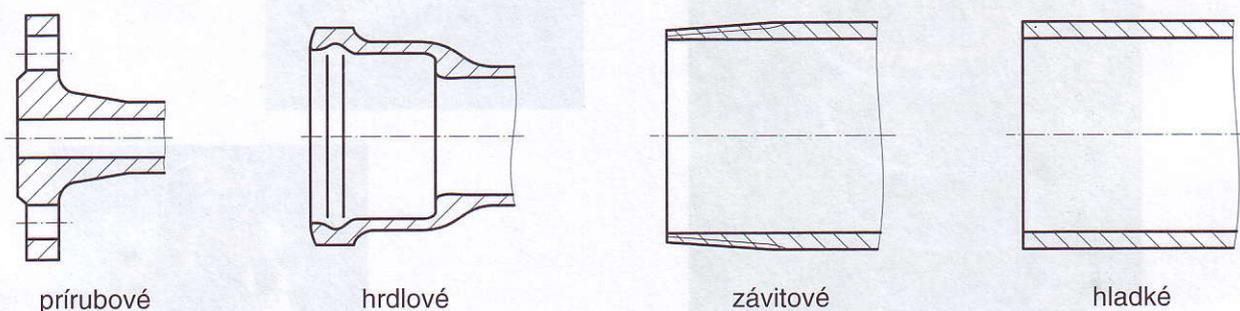
$d$  – vnútorný priemer rúry [m]

Vypočítaný priemer potrubia sa zaokrúhli na najbližšiu väčšiu menovitú svetlosť.

Pri vode je priemerná rýchlosť 2 ms<sup>-1</sup>, pri pare 40 ms<sup>-1</sup>, pri vzduchu 20 ms<sup>-1</sup>.

## 1.2.3. Rúry

Rúrky delíme podľa tvaru a spôsobu spojenia. Rozdelenie je na obr. 1.67.



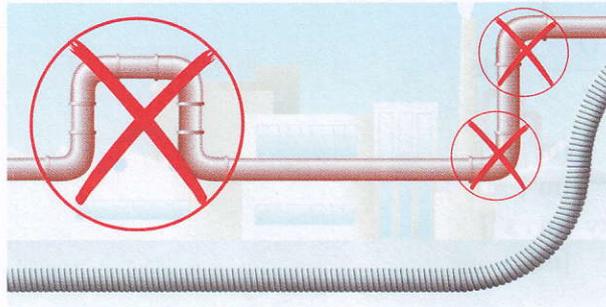
Obr. 1.67

Podľa použitého materiálu sú rúry:

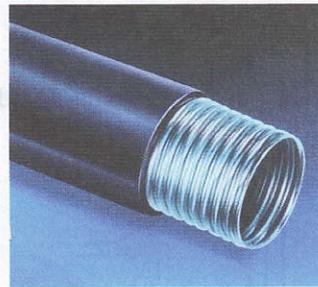
- liatinové – pre krehkosť liatiny nemôžu byť namáhané na ohyb. Používajú sa ako kanalizačné, vodovodné, odpadové a pod.,
- oceľové – používajú sa pre vyššie tlaky a teploty, na prepravu všetkých látok okrem kyselín. Môžu byť: švové a bezšvové, závitové, hladké,
- medené – majú dobrú tepelnú vodivosť, ľahko sa ohýbajú a sú zdravotne nezávadné. Používajú sa v potravinárskom a chemickom priemysle,
- mosadzné – sú lacnejšie ako medené, použitie je ako medené rúry,
- plastové – sú chemicky stále, nahrádzajú oceľové i liatinové rúry. Ľahko sa spájajú a tvarujú (zvárajú a lepia),
- sklené – nepodliehajú chemickým vplyvom, sú priehľadné, lacné, používajú sa v chemickom a potravinárskom priemysle. Nemôžu byť namáhané na ohyb a použitie je iba do 120°C,
- z taveného čadiča – odolnosť voči oderu – preprava sypkých materiálov. Sú odolné voči kyselinám a lúhom.

## Ohybné potrubia

Vyrábajú sa v rôznom prevedení, z rôznych materiálov a s rozličnou izoláciou. Montáž je veľmi rýchla a jednoduchá (obr. 1.68). Jednoplášťové ohybné potrubie z ušľachtilej ocele aj so spojovacím nákrutom je na obr. 1.69.



Obr. 1.68



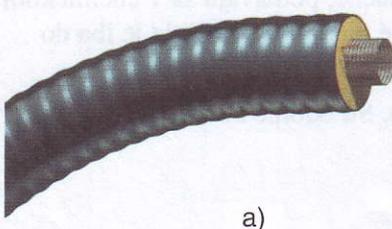
Obr. 1.69

Zvlnenie dáva potrubiu vysokú pevnosť, ohybnosť a umožňuje potrubiu dilatovať.

Vyrába sa v rôznom vyhotovení s rôznymi tepelnými izoláciami, napr. obr. 1.70 a, kde je vnútorná rúrka z chrómniklovej ocele izolovaná penou. Môže sa použiť napríklad pre domové prípojky na rozvod teplej a horúcej vody.

Na obr. 1.70 b je potrubie z polyetylénu uložené v izolačnej pene. Použiť sa môže napríklad na rozvod pitnej, úžitkovej, chladiacej vody, vody pre priemyselnú techniku a pod.

Na obr. 1.70 c je predizolované potrubie so špirálovou chráničkou do 140 °C. Vnútorná rúrka môže byť vyrobená podľa požiadaviek odberateľa, nasleduje tepelná izolácia a plechová ohybná ochrana odolná proti vysokým teplotám. Používa sa v prostredí s vysokými teplotami.



a)



b)

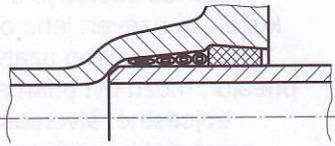
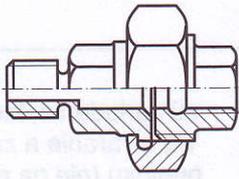
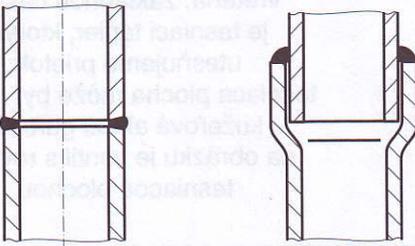
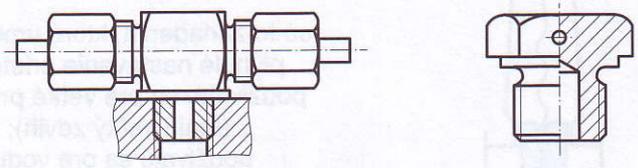


c)

Obr. 1.70

## 1.2.4. Spoje rúr

Tab. 1.8

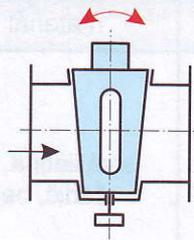
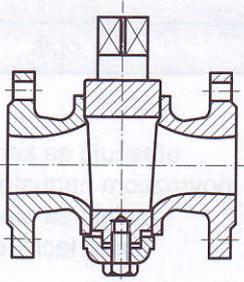
Spoje rúr		
znázornenie	materiál rúr	opis
 <p>hrdlové spoje</p>	sivá liatina, oceľ, čadič, betón	utesňujú sa konopným povrazcom napusteným tukom, zalejú sa olovom; je to lacný spoj
 <p>prírubové spoje</p>	sivá liatina, oceľ,	používajú sa tam, kde požadujeme rozoberateľné spojenie
 <p>nákrutky</p>	sivá liatina, oceľ,	používajú sa pre spoje závitových rúrok; umožňujú rýchlu montáž a demontáž; sú normalizované; utesňujú sa konope alebo tesniacim tmelom
 <p>zvárané, lepené, spájkované, zatavené spoje</p>	oceľ, mosadz, hliník, plasty, sklo	rýchle spájanie, je nepriepustné, nerozoberateľné
 <p>ukončenie potrubia</p>		uzatváracie zátky sa používajú na uzavretie slepého – nepriechodného konca rúrky; na uzavretie rúr väčších priemerov sa používajú príruby

## 1.2.5. Armatúry

Sú to zariadenia na prerušenie toku alebo jeho zastavenie. Základné typy, ktoré sa vyrábajú vo viacerých vyhotoveniach, sú v tab. 1.9. Sú normalizované STN.

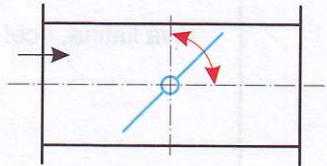
Tab. 1.9

## Armatúry



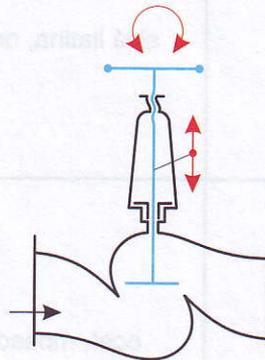
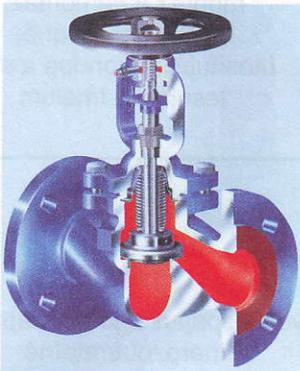
sú zariadenia na rýchle uzatváranie potrubia a zmenu smeru prúdenia; hlavnou časťou je otočný kuželový uzáver; jeho otáčaním regulujeme alebo uzatvárame priestor; môžu byť priame, rohové, trojcestné, štvorcestné; na obrázku je priamy kohút

kohúty



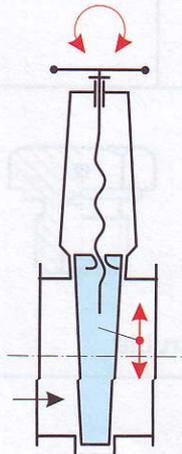
spätné klapky umožňujú prietok látky v jednom smere; škrtiace klapky slúžia na reguláciu množstva pretekajúcej látky; na obrázku je škrtiaca klapka

klapky



sú zariadenia, ktoré slúžia na otváranie a zatváranie prietoku (nie na reguláciu); umožňujú plynulé otváranie a zatváranie pomocou skrutkového vretena; základnou časťou je tesniaci tanier, ktorým utesňujeme prietok; tesniaca plocha môže byť rovná, kuželová alebo guľová; na obrázku je ventil s rovnou tesniacou plochou

ventily



sú to zariadenia, ktoré umožňujú plynulé nastavenie prietoku; používajú sa pre veľké prietoky (majú veľký zdvih); používajú sa pre vodu, vodnú paru, plyny, ropovody

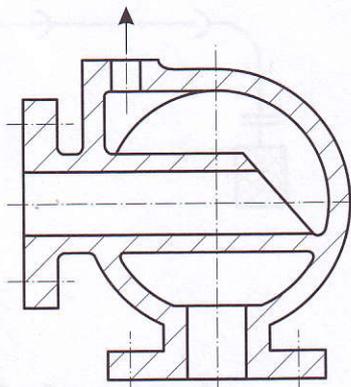
posúvače

## 1.2.6. Príslušenstvo potrubia

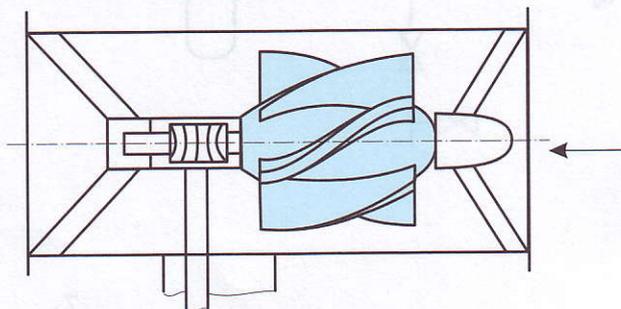
Sú to hlavne prístroje **na meranie prietoku a na odstraňovanie kondenzovanej vody**. Na najvyšších miestach vodného potrubia montujeme vzdušník s odvzdušňovacím ventilom.

Na obr. 1.71 je odlučovač vody v parnom potrubí.

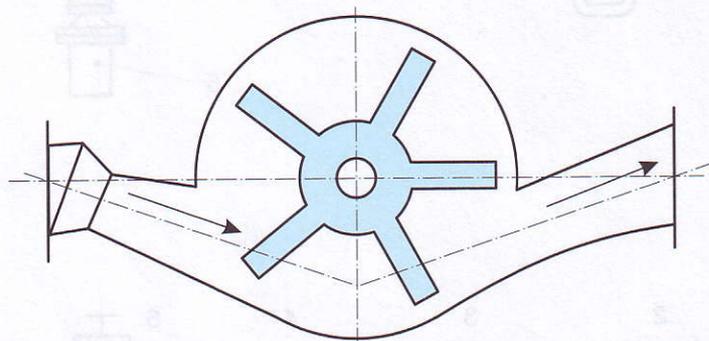
Na obr. 1.72 je skrutkový vodomer a na obr. 1.73 lopatkový vodomer.



Obr. 1.71



Obr. 1.72



Obr. 1.73

## 1.2.7. Ochrana a uloženie potrubia

Chrániť musíme potrubie pred **tepelnými stratami a koróziou**. Potrubie musí byť uložené tak, aby pôsobením síl nevybočilo z uloženia, aby mohlo voľne dilatovať (rozdeľuje sa na úseky s kompenzátormi na vyrovnávanie zmeny dĺžky). Príklad uloženia potrubia je na obr. 1.74.



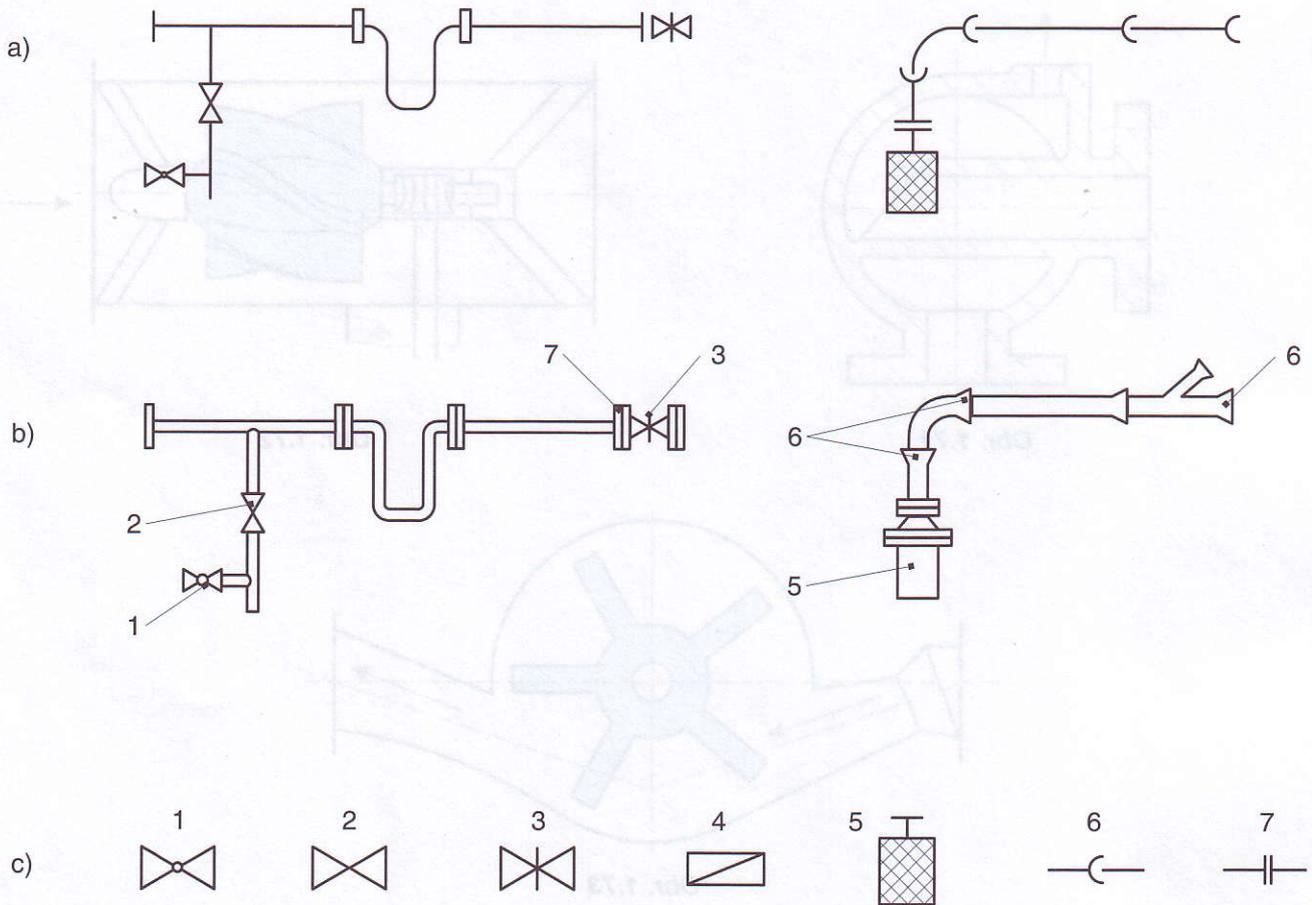
Obr. 1.74

### 1.2.8. Kreslenie a označovanie potrubia

Výkresy potrubia sa kreslia:

**schématicky** (obr. 1.75a) alebo

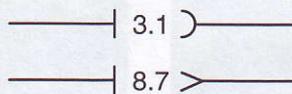
**dispozičné** (obr. 1.75b).



Obr. 1.75

Značky armatúr a potrubia na dispozičných výkresoch sú normalizované (obr. 1.75 c).

Druh tekutiny značíme číselne a farebne podľa rozdelenia látok podľa normy. Smer prúdenia látky označujeme šípkou (obr. 1.76), ostrá šípka znamená nebezpečnú látku.



Obr. 1.76

Štítky s údajmi o smere prúdenia a druhu látky sa upevňujú na potrubie. Na armatúrach je údaj o látke, smere toku, PN, DN, výrobcovi, prípadne materiáli.

## Zhrnutie:

Potrubie je **sústava rúr, ich spojov, uzatváracích prístrojov a príslušenstva**. Slúži na dopravu tekutých, plyných, sypkých a tuhých látok.

**Parametre** potrubia sú:

- menovitý tlak **PN**,
- menovitá svetlosť **DN**,
- pracovný stupeň **I – XI**, A, B, C.

Podľa materiálu a použitia rúr sú spoje rúr: hrdlové, prírubové, pomocou fittingov (tvaroviek), zvárané, lepené, spájkované.

Potrubie musíme chrániť pre koróziu a tepelnými stratami.

Na výkresoch sa znázorňuje schematicky alebo ako dispozičný výkres.

Druhy armatúr a ich značky, druh látky, DN, PN a pracovné stupne sú normalizované.

## Otázky, úlohy a úvahy:

1. Označte menovitý tlak látky s pracovným pretlakom 0,63 MPa, s teplotou 450 °C.
2. Aký pracovný pretlak a teplotu má látka v potrubí označená PN 63/C?
3. Aká látka prúdi potrubím podľa označenia 8.7 na obr. 1. 76?
4. Ako si predstavujete izoláciu podlahového kúrenia?
5. Aká armatúra je na obr. 1.77? Aké spoje rúr sú na obrázku? Všimnite si uloženie armatúry.
6. Skúste nakresliť schému vodovodného potrubia vo vašom byte.



Obr. 1.77

### 1.3. Utesnenie nepohyblivých spojov

S tesnením plôch sa stretáme všade okolo seba. Nie sú to len potrubia, sú to aj nádoby na potraviny, nápoje, lieky atď. Plochy tesnia priamo, alebo sa používajú rôzne druhy tesnení (obr 1.78).

**Dôvody** utesňovania spojov sú dva:

**Prvý** je, aby látka alebo aróma zvnútra neunikala do prostredia (kvôli stratám, zápachu, znečisteniu okolia atď.).

**Druhý**, aby sa nečistoty z vonkajšieho prostredia nedostali do potrubia alebo nádoby (prach, olej ...).

**Nerozoberateľné spoje** môžeme utesniť zvarením, zlepením, zavalcovaním.

**Rozoberateľné spoje** utesňujeme:

- priamym stykom dotykových plôch,
- pomocou tesnenia.



Obr. 1.78

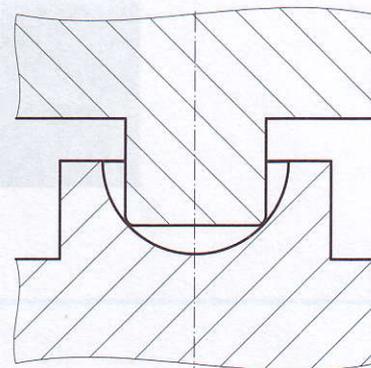
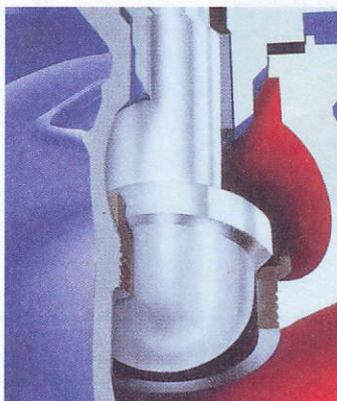
#### 1.3.1. Utesnenie priamym stykom

Čím sú dotýkajúce sa plochy kvalitnejšie opracované, tým lepšie tesnia (lepšie k sebe prilnú). Určite poznáte zabrušené zátky a hrdlá fliaš (obr. 1.79).

Výhodnejšie ako rovinné plochy sú na utesnenie tvarové plochy. Na obr. 1.80 je dosadacia plocha taniera ventilu, ktorá má guľový tvar.



Obr. 1.79



Obr. 1.80

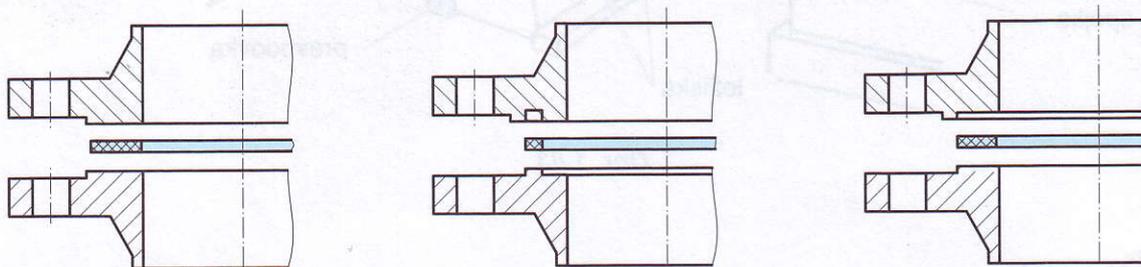
### 1.3.2. Utesnenie spojov pomocou tesnenia

Tesnenie, ktoré sa ukladá medzi utesňované plochy, musí byť tvárne, dostatočne pevné a odolné proti utesňovanej látke, prípadne agresívnemu pracovnému prostrediu.

Používame tesnenie ploché, tvarové a nanášané.

#### Ploché tesnenie

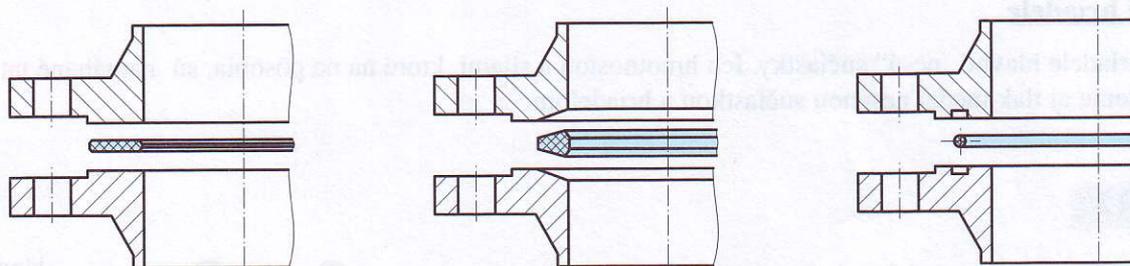
Má tvar a rozmery utesňovaných plôch. Býva zhotovené z technického papiera, gummy, kože, grafitu, azbestu a iných materiálov. Na obr. 1.81 je utesnenie prírub plochým tesnením.



Obr. 1.81

#### Tvarové tesnenie

Sú to krúžky rôzneho prierezu a materiálu, ktoré sa ukladajú medzi tesnené plochy, ktoré sú vhodne upravené (obr. 1.82). Materiál je mäkká oceľ, meď, hliník a pod.



Obr. 1.82

#### Nanášané tesnenie

Sú to tmely alebo laky, ktoré sa priamo natierajú na utesňované plochy.

## 1.4. Súčiastky na prenos otáčavého pohybu

Pred preberaním tejto časti odporúčame zopakovať si namáhanie ohybom, krútením a nosníky s premenlivým prierezom.

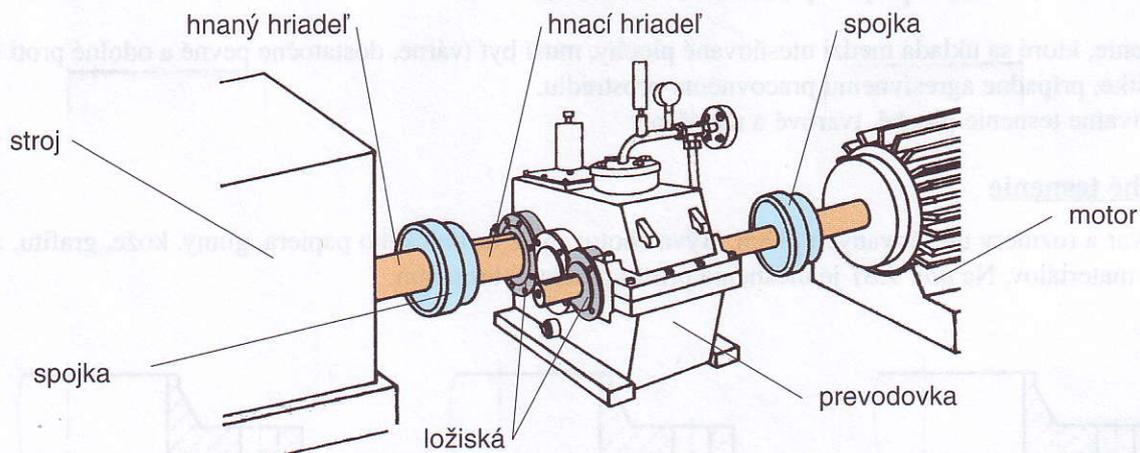
Keď chceme **preniesť krútiaci pohyb**, potrebujeme **hriadeľ, ložisko, spojku**.

**Hriadeľ** je nositeľom otáčavého pohybu.

Z hnacieho hriadeľa sa prenáša pohyb na hnaný hriadeľ **spojkou**.

Hriadeľ je uložený v **ložiskách**, ktoré prenášajú sily pôsobiace na hriadeľ do telesa.

Časti hriadeľa uložené v ložisku sa nazývajú **čapy**. (Čapy sú aj strojové súčiastky, ktoré sme preberali v časti 1.1.3; obr. 1.83).



Obr. 1.83

### 1.4.1. Hriadele

Hriadele sú základné súčiastky pri prenose otáčavého pohybu.

Podľa funkcie a podľa namáhania ich rozdeľujeme na:

**nosné hriadele**, ktorých hlavnou úlohou je niesť súčiastky. Môžu byť nehybné, alebo sa môžu otáčať, napr. nápravy, hriadele kladiek,

**pohybové hriadele**, ktorých hlavnou úlohou je prenášať otáčky, napr. hriadele prevodoviek, elektromotorov a pod.

#### Nosné hriadele

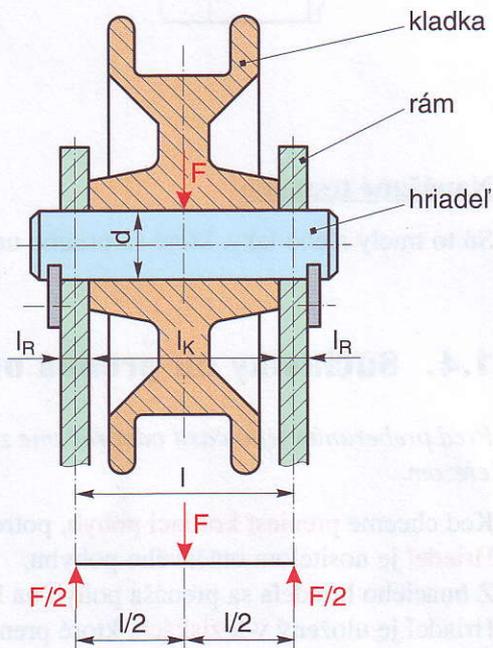
Tieto hriadele hlavne „nesú“ súčiastky. Ich hmotnosťou a silami, ktoré na ne pôsobia, sú namáhané **na ohyb**. Kontrolujeme aj tlak medzi nesenou súčiastkou a hriadeľom.

#### Príklad 8

Vypočítajte priemer hriadeľa zdvíhacej kladky podľa obr. 1.84. Zafažujúca sila je  $F = 1$  kN, materiál hriadeľa je 11 500. Šírka náboja kladky  $l_K = 90$  mm, šírka rámu  $l_R = 10$  mm. Kladka je z materiálu 42 2456, rám 10 372.

#### Rozbor úlohy

Hriadeľ nesie kladku, ktorá sa na ňom otáča. Predpokladáme miznúce zafaženie. Hriadeľ je namáhaný ohybom. Jeho priemer vypočítame z pevnostnej rovnice. Skontrolujeme tlak medzi rámom a hriadeľom a tlak medzi hriadeľom a kladkou. Zo strojníckych tabuliek nájdeme podľa materiálu hriadeľa a rámu  $p_D$ . Pre materiály súčiastok, ktoré sa na oceli pohybujú (v našom prípade je to kladka), nájdeme  $p_D$  v strojníckych tabuľkách pri ložiskách. Porovnáme skutočné tlaky s dovolenými.



Obr. 1.84

**Riešenie**

Z obr. 2.80 vidíme:

$$l = l_K + \frac{l_R}{2} + \frac{l_R}{2} = 90 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

Sila  $F$  pôsobí v strede, väzbové sily sú rovnaké  $\frac{F}{2} = 500 \text{ N}$

Zo strojnícových tabuliek (miznúce zaťaženie):

pre materiál hriadeľa 11 500 volím  $\sigma_D = 150 \text{ MPa}$

$$p_{D1} = 135 \text{ MPa}$$

pre materiál rámu 10 372  $p_{D2} = 120 \text{ MPa}$

pre materiál kladky 42 2456  $p_{D3} = 3,5 \text{ až } 6 \text{ MPa}$

Z pevnostnej rovnice :

$$\sigma_o = \frac{M_{\text{omax}}}{W_o} \leq \sigma_{D0}$$

Najväčší ohybový moment je v prostriedku hriadeľa:

$$M_{\text{omax}} = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{2}$$

Zo strojnícových tabuliek pre kruhový prierez je  $W_o = \frac{l}{10} \cdot d^3$  po dosadení:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{10 \cdot F \cdot l}{4 \cdot \sigma_{D0}}}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 1000 \text{ N} \cdot 100 \text{ mm}}{4 \cdot 150 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}}}$$

$$d \geq 11,85 \text{ mm} \quad \text{volím} \quad d = 12 \text{ mm}$$

Tlak medzi hriadeľom a rámom:

$$p_1 = \frac{F}{d \cdot l_R} = \frac{500 \text{ N}}{12 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm}} = 4,16 \text{ MPa}$$

Tlak medzi hriadeľom a kladkou:

$$p_2 = \frac{F}{d \cdot l_K} = \frac{1000 \text{ N}}{12 \text{ mm} \cdot 90 \text{ mm}} = 0,92 \text{ MPa}$$

Tlak  $p_1 = 4,16 \text{ MPa} < p_{D2} = 120 \text{ MPa}$  (menší z dovolených tlakov hriadeľa a rámu) – vyhovuje

Tlak  $p_2 = 0,92 \text{ MPa} < p_{D3} = 6 \text{ MPa}$  – vyhovuje

Pre zdvíhaciu kladku volím priemer hriadeľa 12 mm.

**Pohybové hriadele**

**Prenášajú krútiaci moment.** Sú namáhané **krútením**, ale často aj ohybom od súčiastok, ktoré sú na ňom uložené (ozubené kolesá, remenice a pod.). Pri pohybových hriadeľoch vždy berieme do úvahy striedavé namáhanie. Pri menej presných výpočtoch počítame hriadele len na krútenie a  $\tau_{DK}$  znížime na 20 MPa. Pri presných výpočtoch počítame hriadele na kombinované namáhanie – krútenie s ohybom.

Pri dlhých hriadeľoch kontrolujeme aj jeho skrútenie. Nemá byť väčšie ako  $0,25^\circ$  až  $2,5^\circ$  na 1 m dĺžky.

## Príklad 9

Vypočítajte priemer hriadeľa, ktorý prenáša výkon  $P = 7 \text{ kW}$  pri otáčkach  $n = 16 \text{ s}^{-1}$ . Materiál hriadeľa je 12 060. Na hriadeli je uložené koleso. Hriadeľ je uložený v ložiskách.

## Rozbor úlohy

Hriadeľ je namáhaný na krútenie a ohyb. Ohybové sily, ktoré vyvoláva koleso, zohľadníme v zníženom  $\tau_{Dk} = 20 \text{ MPa}$  (v strojnických tabuľkách pre materiál 12 020 striedavé namáhanie je  $\tau_{Dk} = 33$  až  $40 \text{ MPa}$ ).

## Riešenie

Krútiaci moment:

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{7 \cdot 1000 \text{ W}}{2 \cdot \pi \cdot 16 \text{ s}^{-1}} = 69,6 \text{ Nm}$$

Pevnostná rovnica pri namáhaní krútením:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{Dk}$$

pre kruhový prierez zo strojnických tabuliek  $W_k = 0,2 \cdot d^3$

$$\frac{M_k}{0,2 \cdot d^3} \leq \tau_{Dk}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2 \cdot \tau_{Dk}}}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{69,66 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{0,2 \cdot 20 \text{ Nmm}^2}}$$

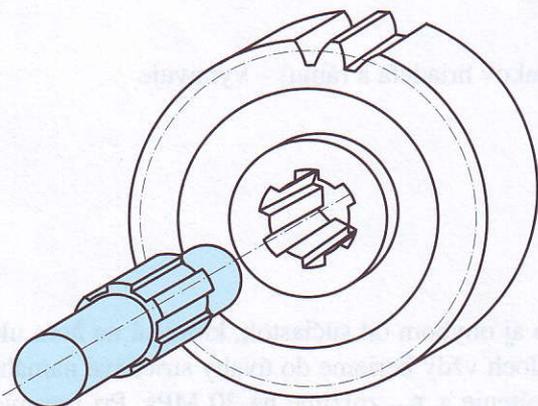
$$d \geq 25,92 \text{ mm}$$

Volím priemer hnacieho hriadeľa  $d = 30 \text{ mm}$ .

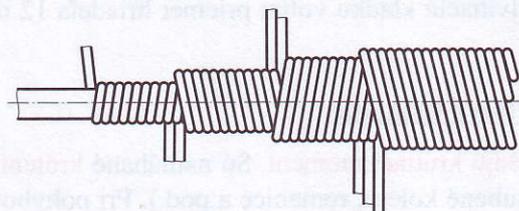
V prvom ročníku sme sa učili o hriadeľoch s **premenlivým prierezom**, ktoré sú často používané.

Na prenášanie veľkých krútiacich momentov sa používajú **žliabkové hriadele** (obr. 1.85). Rozmery a tvary žliabkov sú normalizované.

**Ohybné** hriadele sa používajú tam, kde sa v priebehu práce mení poloha osi hriadeľa, napr. pri ručných brúskach, náhone pre zubné vŕtačky, rýchlomere a pod. (obr. 1.86).



Obr. 1.85



Obr. 1.86

## 1.4.2. Čapy

Miesto na hriadeli, ktoré je uložené v ložisku, sa volá čap.

Podľa toho, aké sily čap zachytáva, rozoznávame čapy:

**radiálne** – zachytia silu **kolmú na os**,

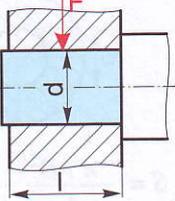
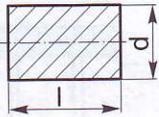
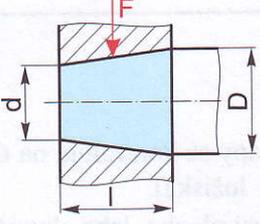
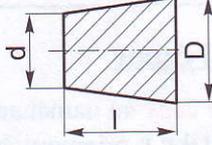
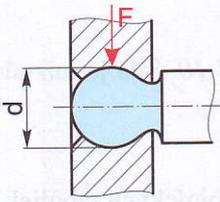
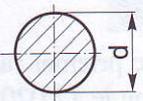
**axiálne** – zachytia silu **v smere osi** čapu.

Ukážka radiálneho čapu pántu na príviesnom vozíku je na obr. 1.87a, axiálneho čapu závesu dverí na obr. 1.87b.



Obr. 1.87

Tab. 1.10

Radiálne čapy			
	obrázok	popis	plocha pre kontrolu tlaku
valcové čapy		je často používaný, vyskytuje sa na koncoch hriadelov	 $S = d \cdot l$
	<b>čelný čap</b>		
kužeľové čapy		zachytí aj menšiu axiálnu silu v jednom smere; tým zabezpečujeme hriadeľ proti osovému posunutiu	 $S = l \cdot \frac{D + d}{2}$
	<b>kužeľový čap</b>		
guľové čapy		môže sa v priestore hýbať do určitého uhla	 $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
	<b>guľový čap</b>		

Tab. 1.11

Axiálne čapy			
	obrázok	popis	plocha pre kontrolu tlaku
nožné (pätné) čapy		používa sa tam, kde sú malé tlaky; opiera sa čelom o ložisko	 $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
	<b>valcový čap</b>		
		dotyková plocha je väčšia; s výhodou sa používa pri nepohyblivých čapoch; o ložisko sa opiera bokmi	 $S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
	<b>kužeľový čap</b>		
		je samonastaviteľný výkyvný; má veľkú treciu plochu	 $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
<b>guľový čap</b>			
prstencové čapy		dotyková plocha je medzikružie	 $S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
	<b>prstencový čap</b>		

### Výpočet čapov

**Radiálne čapy** sú namáhané **ohybom**.

Pomer dĺžky k priemeru čapu je na základe skúseností  $l : d = 0,3$  až  $1,5$ . Čapy sa kontrolujú na tlak v dotykovej ploche (pri pohybujúcich sa čapoch je potrebné voliť  $p_D$  podľa materiálu ložiska).

**Axiálne čapy** sú namáhané **tlakom**. V praxi sa kontroluje iba tlak v dotykovej ploche, lebo skutočné napätie v tlaku je malé.

### Príklad 10

Navrhnite priemer radiálneho valcového čelného čapu podľa obrázku z tab. 1.10. Sila je miznúca  $F = 5$  kN, materiál čapu je 12 020, ložisko je z materiálu 42 3753.

### Rozbor úlohy

Čap je namáhaný na ohyb. Zvolíme pomer  $l : d$  v rozmedzí  $0,3$  až  $1,5$ . Zo strojníckych tabuliek nájdeme  $p_{D0}$  pre materiál čapu. Z pevnostnej rovnice vypočítame priemer čapu. Nájdeme  $p_D$  pre ložisko podľa jeho materiálu. Vypočítame skutočný tlak a porovnáme ho s dovoleným tlakom.

**Riešenie**

$l : d$  volíme 1, čiže  $l = d$

Pre materiál 12 020 a miznúce zaťaženie je zo strojnícových tabuliek  $\sigma_{D0} = 125 \text{ MPa}$ .

Pevnostná rovnica:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{D0}$$

$$\frac{F \cdot \frac{l}{2}}{0,1 \cdot d^3} \leq \sigma_{D0}, \quad \text{keďže } l = d \text{ po dosadení:}$$

$$\frac{F \cdot \frac{d}{2}}{0,1 \cdot d^3} \leq \sigma_{D0}, \quad \text{z toho:}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{F}{0,2 \cdot \sigma_{D0}}}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 1000 \text{ N}}{0,2 \cdot 125 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}}}$$

$$d \geq 14,14 \text{ mm}, \quad \text{volím } d = 15 \text{ mm}$$

Kontrola tlaku:

$$p = \frac{F}{d \cdot l} = \frac{5 \cdot 1000 \text{ N}}{15 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm}} = 22,22 \text{ MPa}$$

$p_D$  pre ocelový hriadeľ a ložisko z materiálu 42 3753 je 24 až 32 MPa

$$p < p_D \quad \text{vyhovuje}$$

Pre čap volím priemer  $d = 15 \text{ mm}$  a dĺžku  $l = 15 \text{ mm}$ .

**1.4.3. Ložiská**

Už z ich názvu vyplýva, na čo slúžia.

V ložiskách sú uložené hriadele, presnejšie, čapy hriadeľov. Zachytávajú sily pôsobiace na hriadeľ a prenášajú ich do telesa, stojanu, skrine a pod. Umožňujú otáčanie hriadeľa.

Podľa styku hriadeľa s ložiskom rozlišujeme

klzné a

valivé ložiská.

Podľa smeru sily, ktorú zachytávajú,

radiálne a

axiálne (tab. 1.12).

**Klzné ložiská**

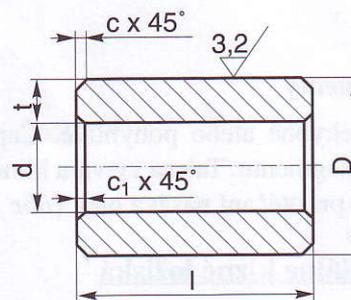
Základnou časťou ložiska je ložiskové puzdro, panva alebo segmenty. Tieto sa vkladajú do ložiskových telies.

**Puzdro**

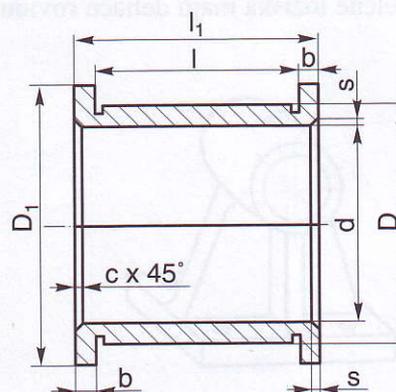
je celé z ložiskového kovu. Je normalizované vo viacerých obmenách (valcové, prírubové, guľové) (obr. 1.88)

**Panva**

má tvar dutého valca rozdeleného na dve polovice. Môže byť vylíata tenkou vrstvou ložiskového kovu (obr. 1.89).



Obr. 1.88



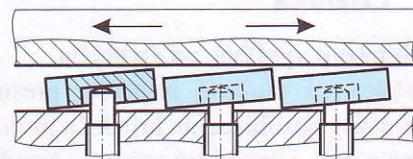
Obr. 1.89

Tab. 1.12

Ložiská			
druh trenia		druh zaťaženia	
		radiálne	axiálne
klzné	čap hriadeľa sa kĺže priamo v ložisku – je to princíp šmykového trenia; výhody: zachytí veľké nárazové sily, je lacné, jednoduché, má vymeniteľné puzdrá, alebo vložky, tichý chod, presné uloženie hriadeľa; nevýhody: je chúlостivé na zlé mazanie		
valivé	čap hriadeľa sa dotýka ložiska prostredníctvom valivých teliesok (guľky, valčeky, súdky) – princíp je valivé trenie; výhody: ľahký rozbeh, vysoké otáčky, malé trenie; nevýhody: vyššia cena, vyššia hluchnosť, netlmia vibrácie a nárazy		

### Segmenty

sú nehybné alebo pohyblivé. Čap nedosadá na celú plochu segmentu. Tak sa vytvára klinový priestor, do ktorého sa pri otáčaní nasáva olej (obr. 1.90).

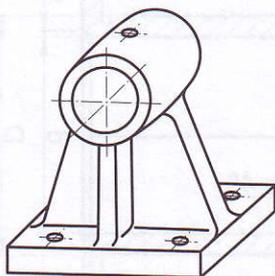


Obr. 1.90

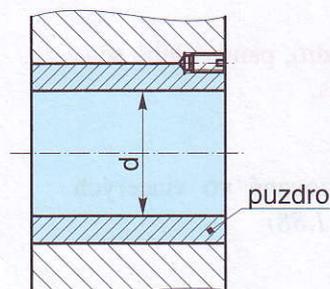
### Radiálne klzné ložiská

Najjednoduchšie je rúrkové ložisko (obr. 1.91), ktoré sa používa pri malých rýchlostiach, napr. pri zdvíhaní a kladkostrojoch s občasou prevádzkou. Pre väčšie rýchlosti sa do otvoru nalisuje puzdro, ktoré sa poistí proti otočeniu skrutkou (obr. 1.92).

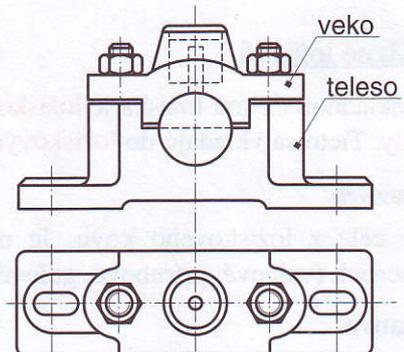
Delené ložiská majú deliacu rovinu v osi hriadeľa. Montáž a demontáž je jednoduchá (obr. 1.93).



Obr. 1.91



Obr. 1.92

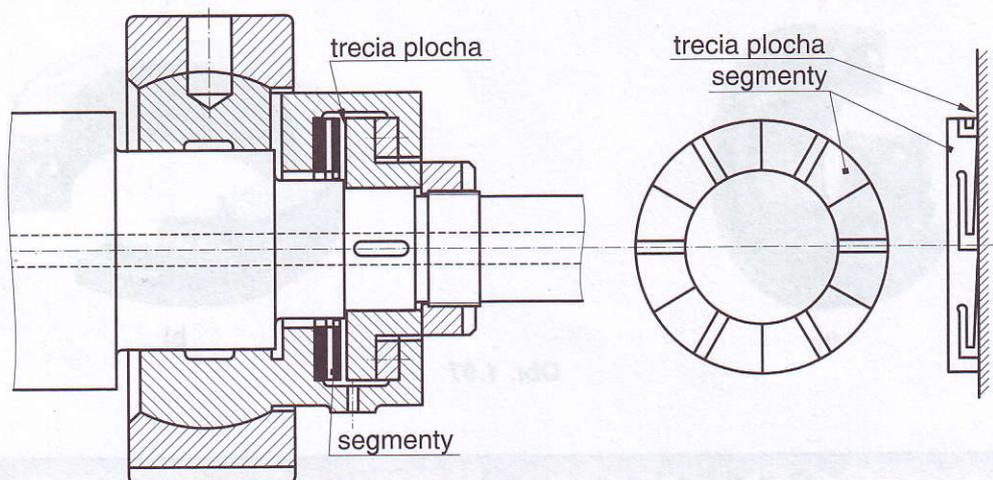


Obr. 1.93

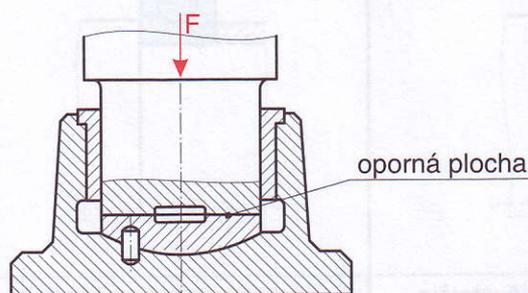
## Axiálne klzné ložiská

Na veľké zaťaženia sa používajú segmenty (obr. 1.94).

Na obr. 1.95 je nožné (pätné) axiálne ložisko.



Obr. 1.94



Obr. 1.95

Mastenie je pri klzných ložiskách veľmi dôležité. Okrem zníženia trenia odvádza aj teplo. Ložiskové panvy majú mastiace drážky a otvory, panva býva narezaná. Materiály klzných ložísk sú rôzne. Od liatiny cez bronz, kompozície, spekané kovy, plasty až po gumu. Vlastnosti a použitie sú v strojníckych tabuľkách. Voľba závisí od tlaku, rýchlosti, prevádzkovej teploty, druhu prevádzky (nárazová) a mazania.

Spekané kovy sa lisujú z prášku kovov a zohriatím spoja. Ešte horúce sa ponoria do oleja. Keďže sú pórovité, pri chladnutí uzatvoria do pórov olej. V prevádzke sa teplotou olej postupne uvoľňuje. Hovoríme im samomazné ložiská.

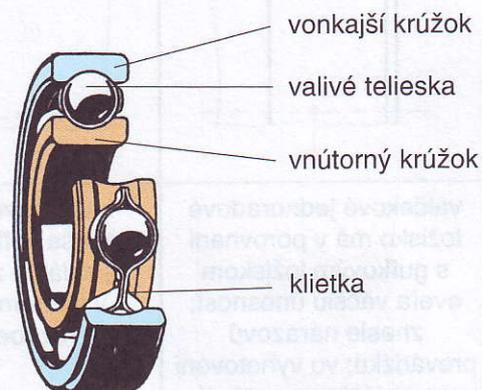
Gumové ložiská sa používajú pri práci pod vodou.

Plastové ložiská sú lacné, dobre tlmia chvenie a nárazy, ale neodvádzajú teplo.

Výpočet klzných ložísk je podobný ako výpočet čapov. Na priemer vypočítaného čapu navrhne ložisko.

## Valivé ložiská

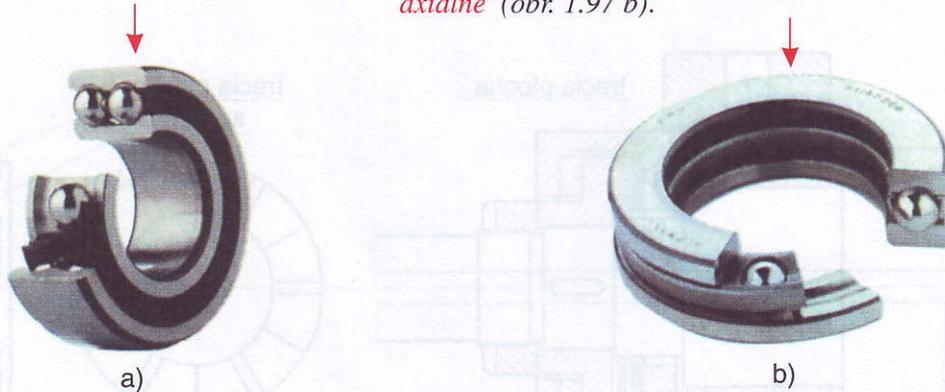
Valivé ložiská sa skladajú z valivých teliesok, klietky a krúžkov (obr. 1.96).



Obr. 1.96

Klietka udržuje vzájomnú polohu valivých teliesok. Krúžky a valivé telieska sa vyrábajú z veľmi tvrdej chrómovej a chrómnikovej ocele a kalia sa. Klietky sú obyčajne lisované z oceľového plechu. Pre väčšie rýchlosti sú z kovov s dobrými trecími vlastnosťami, napr. mosadze, špeciálnej liatiny, ale aj z plastov.

Podľa smeru sily, ktorú zachytávajú, sú ložiská: *radiálne* (obr. 1.97a), *axiálne* (obr. 1.97 b).



Obr. 1.97

Tab. 1.13

Radiálne valivé ložiská					
gulkové					
	jedoradové, najčastejšie používané ložisko s malou axiálnou únosnosťou (gulky sú v obežnej drážke)	jedoradové gulkové ložisko s kosuhlým stykom zachytí pomerne veľké axiálne sily v jednom smere	dvojradowé gulkové naklápacie ložisko umožňuje naklápanie vnútorného krúžku s guľkami; vyrovnáva nesúosovosť, prípadne kmitanie hriadeľa; má väčšiu únosnosť ako jednoradové ložiská		
valčekové					
	valčekové jednoradové ložisko má v porovnaní s gulkovým ložiskom oveľa väčšiu únosnosť; znesie nárazovú prevádzku; vo vyhotovení na obrázku nezachytí axiálne sily	kuželíkové ložisko prenáša veľké radiálne aj axiálne zaťaženie v jednom smere; je rozoberateľné	dvojradowé súdkové ložisko má os vnútorného krúžku, ktorá sa môže vychýliť; vyrovnáva sa tak priehyb hriadeľa; prenáša veľké zaťaženia v oboch smeroch	ihlové ložisko má malé rozmery; prenáša pomerne veľké zaťaženia len v radiálnom smere; používa sa pre občasnú nárazovú prevádzku; niektoré typy nemajú klietku, niektoré vnútorný krúžok	

Podľa **druhu valivých teliesok** rozoznávame:

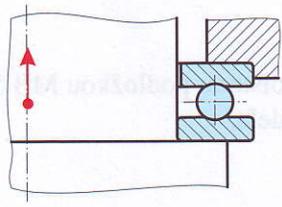
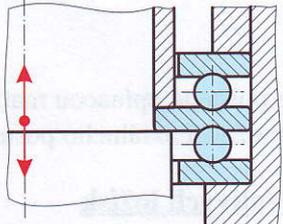
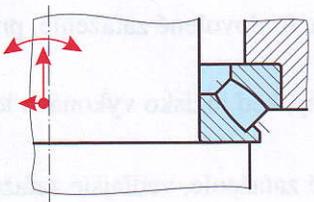
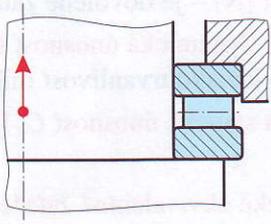
gulkové ložiská,  
valčekové ložiská: kuželíkové,  
súdkové,  
ihlové.

Podľa **počtu radov** valivých teliesok sú ložiská:

jednoradové,  
dvojradowé.

Ložiská sú normalizované. Výber ložísk nájdete v strojných tabuľkách alebo v katalógoch výrobcov.

Tab. 1.14

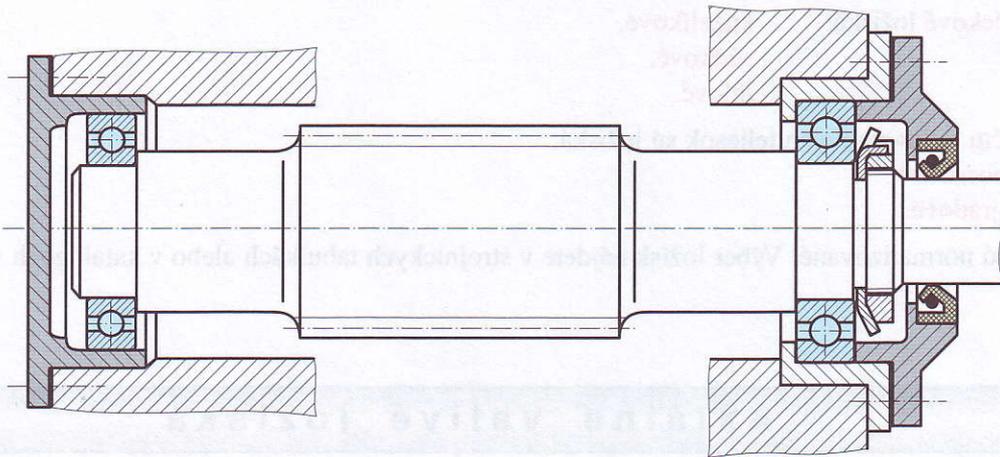
Axiálne valivé ložiská		
gulkové		
	jednosmerné axiálne ložisko zachytáva silu len v jednom smere; nepoužíva sa pre vysoké otáčky	obojsmerné ložisko zachytáva axiálne sily v oboch smeroch
valčekové		
	súdkové ložisko má veľkú únosnosť; prenesie aj určité zaťaženie v radiálnom smere	valčekové ložisko prenesie len axiálne veľké zaťaženia

Väčšina radiálnych ložísk prenesie aj menšie axiálne sily (vnútorný krúžok má žliabok, v ktorom sú uložené valivé telieska). V oboch tabuľkách je označený pri každom ložisku smer sily, ktorú ložisko zachytí. Naklápacie ložiská majú vnútornú plochu vonkajšieho krúžku guľovú. Umožňujú naklápanie ložiska, a tým vyrovnávanie polohy hriadeľa. Valčekové ložiská majú veľkú únosnosť, lebo dotyková plocha telieska a krúžkov je priamková (nie bodová ako pri guľkovom ložisku). Kuželíkové ložiská sú otvorené, vonkajší krúžok sa dá voľne zložiť. Ihlové ložiská nemajú klietku a niekedy ani vnútorný krúžok, alebo ani vonkajší krúžok. Trenie medzi ihlami je väčšie, prenášajú však veľké sily a nárazové zaťaženie. Výhodou sú ich malé rozmery. Axiálne ložiská prenášajú len axiálne sily. Výnimkou je súdkové ložisko.

### Uloženie valivých ložísk

Závisí od spôsobu zaťaženia. Krúžok, ktorý sa **neotáča** (je zaťažený **bodovo**), môže byť uložený posuvne v smere osi čapu. To znamená, že na nehybnom hriadeľi sa otáča súčiastka uložená na ložisku. Krúžok, ktorý sa s hriadeľom otáča (má obvodové zaťaženie), musí byť uložený pevne (vonkajší krúžok stojí). Pri neurčitých zaťaženiach sú obidva krúžky uložené pevne.

Príklad uloženia hriadeľa s ozubením je na obr. 1.98.



Obr. 1.98

Pravé ložisko je poistené upínacou maticou KM STN 023630 s poistnou podložkou MB STN 02 3640. Ľavé ložisko musí mať možnosť axiálneho posuvu vplyvom dilatácie hriadeľa.

### Voľba druhu valivých ložísk

Pre rovnaký priemer čapu je veľa typov ložísk. Pri voľbe ložiska sa konštruktér riadi okrem funkcie, akú má ložisko zabezpečiť, smernicami pre výpočet ložísk, ktoré sú normalizované.

Základné pojmy sú:

**Trvanlivosť  $L$ ,  $L_h$**  – je to počet otáčok alebo hodín chodu ložiska, kým sa prejavia prvé známky únavy (trhlínky).

**Únosnosť [N]** – je dovolené zaťaženie, pri ktorom sa dosiahne žiadaná trvanlivosť.

**Základná dynamická únosnosť  $C$  [N]** – je daná výrobcom. Je to dovolené zaťaženie, pri ktorom dosiahne ložisko trvanlivosť milión otáčok.

**Základná statická únosnosť  $C_0$  [N]** – počíta sa s ňou len vtedy, keď ložisko vykonáva len malé kývavé pohyby.

**Dynamické ekvivalentné zaťaženie  $F_e$  [N]** – obsahuje hlavné zaťaženie, vedľajšie zaťaženie, súčinitele  $X, Y$ , ktoré nájdeme v strojných tabuľkách.

### Príklad 11

Vypočítajte trvanlivosť guľkového radiálneho ložiska zaťaženého radiálnou silou  $F_r = 5000$  N a axiálnou silou  $F_a = 1500$  N. Zaťaženie vnútorného krúžku je obvodové. Otáčky ložiska  $n = 7$  s<sup>-1</sup>. Čap má priemer 60 mm.

### Rozbor úlohy

Zvolíme typ radiálneho guľkového ložiska. Zo strojných tabuliek pre vnútorný priemer 60 mm vypíšeme statickú a dynamickú únosnosť. Z tabuliek zistíme súčinitele axiálneho a radiálneho zaťaženia  $X, Y$ . Vypočítame dynamické ekvivalentné zaťaženie  $F$  a v tabuľkách odčítame základnú trvanlivosť  $L$  a  $L_h$ .

### Riešenie

Volím LOŽISKO 6312 STN 02 4630,

jeho základná dynamická únosnosť je  $C = 64\,000$  N,

jeho základná statická únosnosť je  $C_0 = 49\,000$  N.

Súčinitele  $X$  a  $Y$  nájdeme v tabuľkách podľa pomeru:

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{1\,500\text{ N}}{49\,000\text{ N}} = 0,0306 \text{ najbližší väčší pomer je } 0,056 \quad (1)$$

Tomuto pomeru zodpovedá  $e = 0,26$   
 Pre určenie  $X, Y$  potrebujeme ešte pomer:

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r}$$

$V$  z tabuliek pre jednoradové guľkové ložisko s obvodovým zaťažením vnútorného krúžku  $V = 1$

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} = \frac{1500 \text{ N}}{1 \cdot 5000 \text{ N}} = 0,3$$

pomer  $0,3 > e = 0,26$ , preto z tabuliek  $X = 0,56$   $Y = 1,71$  z riadku pre výsledok z rovnice (1)  
 Dynamické ekvivalentné zaťaženie ložiska

$$F_e = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0,56 \cdot 1 \cdot 5000 \text{ N} + 1,71 \cdot 1500 \text{ N} = 5\,365 \text{ N}$$

$$F_e = 5\,365 \text{ N}$$

$$\text{Pre pomer } \frac{C}{F_e} = \frac{64\,000 \text{ N}}{5\,365 \text{ N}} = 11,92$$

nájdeme v tabuľkách trvanlivosť  $L = 1\,700$  otáčok.

Podľa tohto pomeru a otáčok  $n = 7 \text{ s}^{-1} = 420 \text{ min}^{-1}$  a  $m = 3$  pre guľkové ložiská je  $L_h = 63\,000$  prevádzkových hodín.

Pre navrhnuté LOŽISKO 6312 STN 02 4630 sme vypočítali trvanlivosť 1700 miliónov otáčok a 63 000 prevádzkových hodín. Podľa použitia ložiska uvážime, či je to vyhovujúce.

### Príklad 12

Navrhnete guľôčkové ložisko na čap s priemerom 30 mm. Vnútorný krúžok je zaťažený bodovo. Radiálne zaťaženie  $F_r = 3000 \text{ N}$ , otáčky sú  $n = 20 \text{ s}^{-1}$ . Ložisko pracuje nepretržite počas roka v dvojzmennej prevádzke. S výmenou sa uvažuje po 2 rokoch.

#### Rozbor úlohy

Vypočítame trvanlivosť ložiska v hodinách. Vypočítame dynamické ekvivalentné zaťaženie. Zo vzťahu pre výpočet trvanlivosti vypočítame dynamickú únosnosť. Podľa udaného priemeru čapu a dynamickej únosnosti nájdeme v tabuľkách vyhovujúce guľkové ložisko.

#### Riešenie

Požadovaná trvanlivosť je 2 roky. Za rok, t.j. 365 dní pri dvojzmennej prevádzka t.j. 16 hodín, je  $L_h = 11\,680$  hodín.

Dynamické ekvivalentné zaťaženie:  $F_e = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a$

Vieme, že  $F_a = 0$  teda súčin  $Y \cdot F_a = 0$ . Z tabuliek odčítame  $X = 1$ ,  $V = 1,2$

Po dosadení:  $F_e = 1 \cdot 1,2 \cdot 3000 \text{ N} = 3\,600 \text{ N}$

Z tabuliek:

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot n} \cdot 10^6 = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left( \frac{C}{F_e} \right)^3$$

pre guľkové ložiská  $m = 3$

otáčky majú rozmer  $n$  [ $\text{min}^{-1}$ ]

$$11\,680 \text{ h} = \frac{10^6}{60 \cdot 20 \cdot 60 \text{ h}^{-1}} = \left( \frac{C}{3600 \text{ N}} \right)^3$$

$$C = 3600 \sqrt[3]{\frac{11\,680 \cdot 60 \cdot 20 \cdot 60}{10^6}}$$

$$C = 15\,772 \text{ N}$$

Tejto únosnosti a požadovanému priemeru 30 mm vyhovuje:

LOŽISKO 6306 STN 024630, ktoré má dynamickú únosnosť 18 600 N.

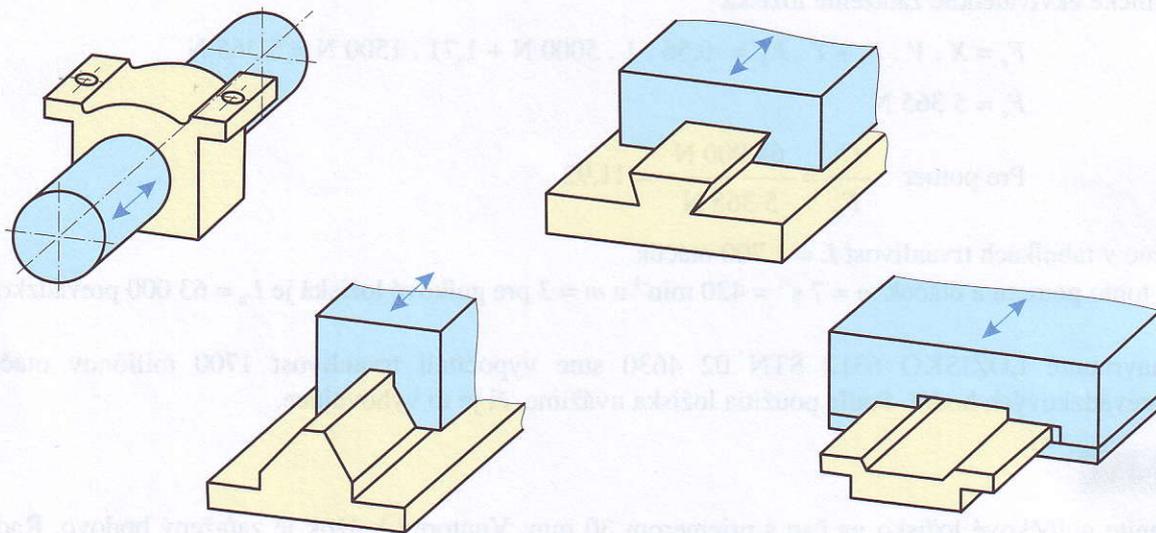
## Označovanie valivých ložísk

Každý priemer ložiska má svoje číslo:

**LOŽISKO    xxxx    STN 02    xxxx**

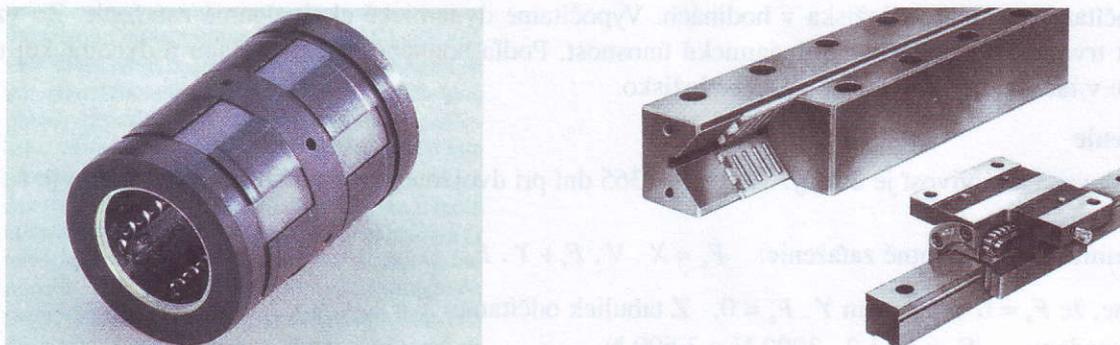
## Vedenia

Vedenie je **spojenie súčiastok, ktoré umožňuje vzájomný pohyb**. Je často využívané na obrábacích strojoch, v presnej mechanike, prístrojovej technike a inde. Môže byť klzné, valivé alebo tekutinové (hydraulické alebo pneumatické). Na obr. 1.99 vidíte rôzne druhy klzného uzavretého a otvoreného vedenia.

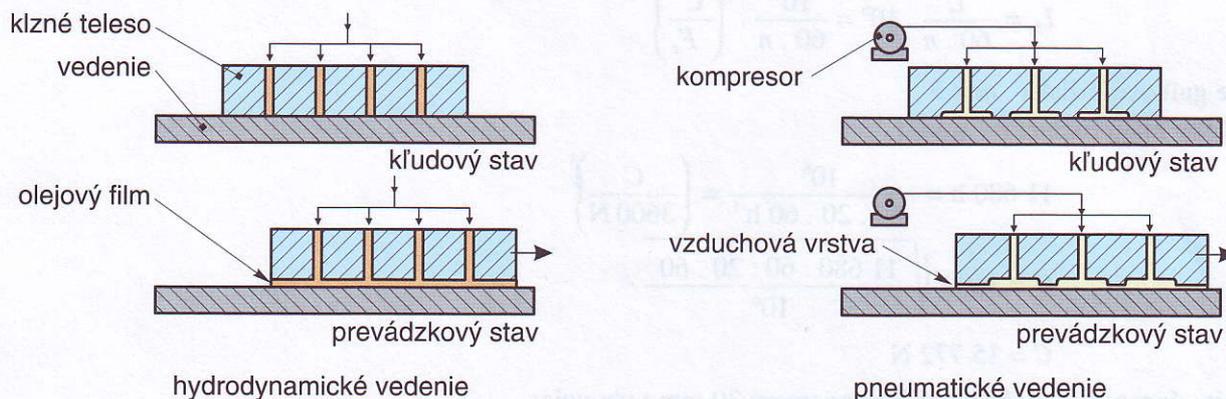


Obr. 1.99

Na obr. 1.100 sú valivé vedenia. Na obr. 1.101 je vedenie hydrodynamické a pneumatické.



Obr. 1.100



Obr. 1.101

## Mastenie ložísk

Najprv si objasníme pojmy:

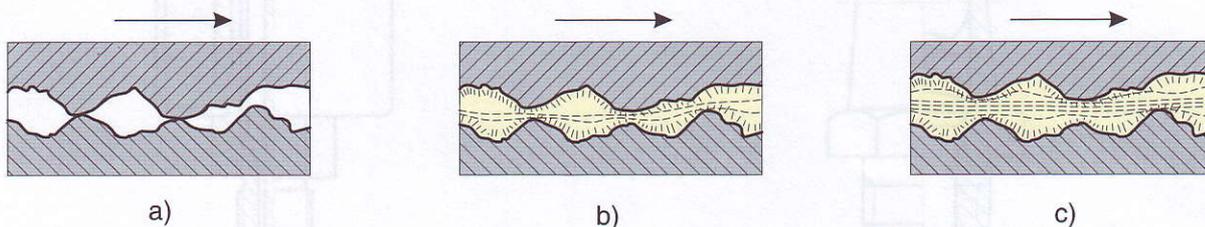
**suché trenie** – je trenie dvoch telies, pri ktorom sa súčiastky pohybujú po sebe priamo bez látky, ktorá by toto trenie zmiernila (obr. 1.102a),

**polosuché trenie** – medzi plochami je nesúvislá vrstva mastiva, telesá sa dotýkajú len vrcholkami nerovnosti plôch,

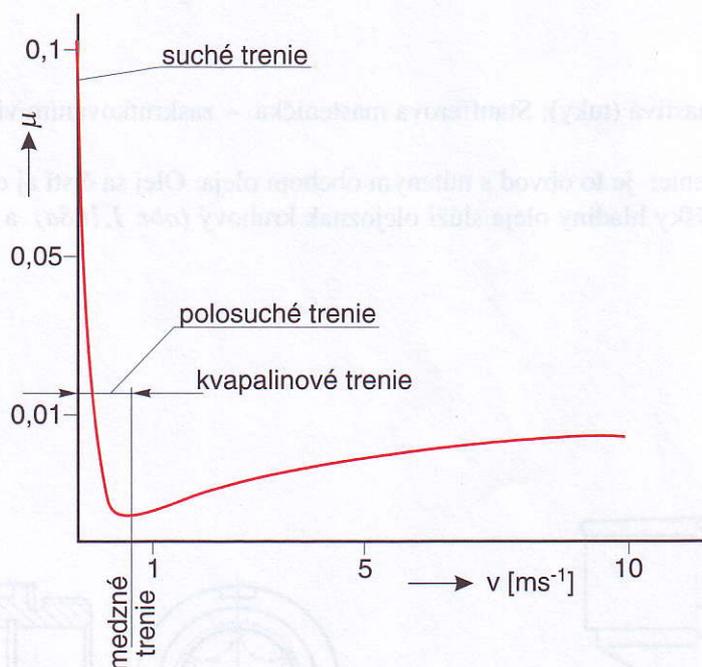
**medzné trenie** – tenká vrstva mastiva pokrýva aj vrcholky nerovností (obr. 1.102b),

**kvapalnú trenie** – plochy sú oddelené vrstvou mastiva (obr. 1.102c).

Závislosť hodnoty súčiniteľa trenia  $\mu$  od obvodovej rýchlosti je v grafe na obr. 1.103.



Obr. 1.102



Obr. 1.103

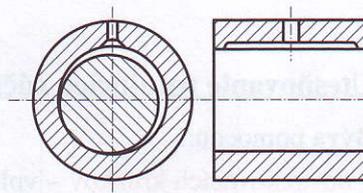
Mastiace drážky a otvory sa umiestňujú v nezaťaženej časti ložiska (obr. 1.104). Ako mastivo sa používa olej, mastiaci tuk, koloidný grafit a aj voda.

**Olej** – musí byť trvanlivý. Používajú sa minerálne oleje. Sú normalizované.

**Mastiace tuky** – je to olej zahustený mydlom. Pri jeho voľbe je najdôležitejšia prevádzková teplota. Používa sa, keď je potrebné ložisko utesniť proti prachu, vode, keď je prevádzka ložiska občasná, pri veľkom zaťažení a malých otáčkach.

**Koloidný grafit** – malinké zrnká grafitu vydržia vysoké prevádzkové teploty.

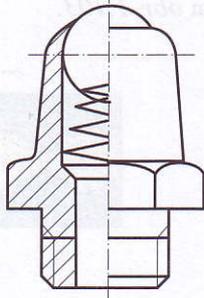
**Voda** – je dobrou mastiacou látkou pre vodné čerpadlá v zariadeniach pod vodou. Dobré odvádza teplo.



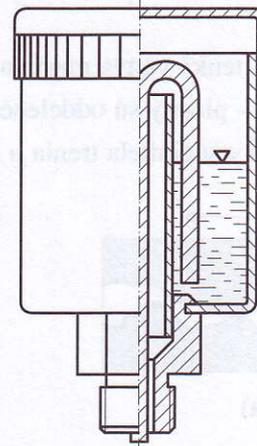
Obr. 1.104

### Mastiace zariadenia

Na olej: mastiaca zátka s guľkou, ktorá chráni mastiaci otvor pred vniknutím nečistôt (*obr. 1.105*). Knôťová mastenička na olej je spoľahlivá (*obr. 1.106*). Zátky sú normalizované vo viacerých vyhotoveniach.



Obr. 1.105

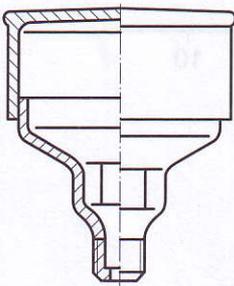


Obr. 1.106

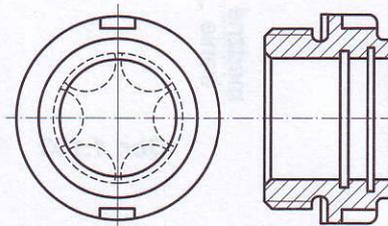
Na plastické mastivá (tuky): Staufferova mastenička – zaskrutkovaním viečka sa tuk vytláča. Je normalizovaná. *Obr. 1.107*.

Obehové masenie: je to obvod s núteným obehom oleja. Olej sa čistí aj chladí.

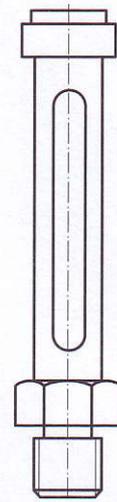
Na kontrolu výšky hladiny oleja slúži olejznak kruhový (*obr. 1.108a*) a priamy (*obr. 1.108b*). Sú normalizované.



Obr. 1.107



a)



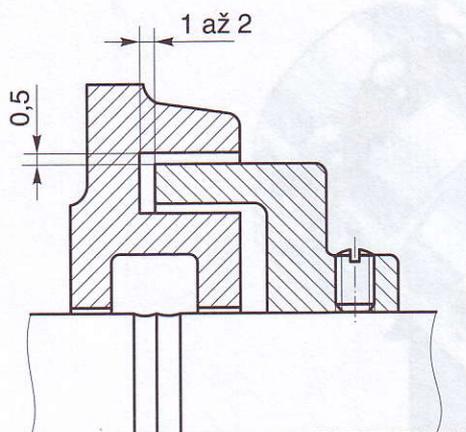
b)

Obr. 1.108

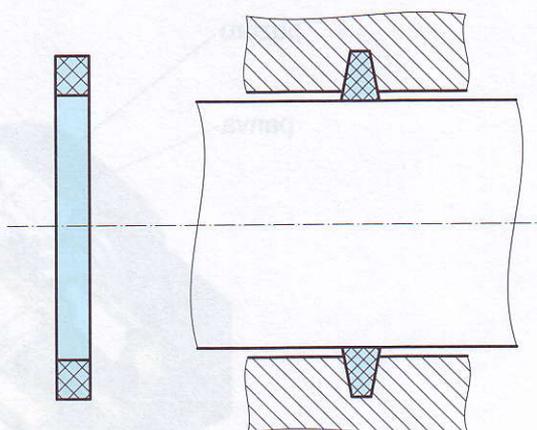
### Utesňovanie rotujúcich súčiastok

Býva pomocou:

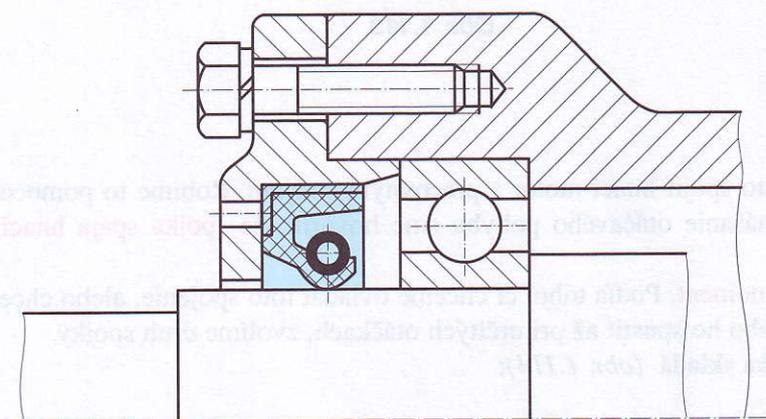
- **odstrekovacích krúžkov** – vplyvom odstredivej sily striekajú olej naspäť k ložisku (*obr. 1.109*),
- **plstených krúžkov** – sú vložené do veka ložiska. Používajú sa v bezprašnom prostredí (*obr. 1.110*),
- **tesniacich krúžkov** – najčastejšie používané tzv. gufero (*obr. 1.111*).



Obr. 1.109

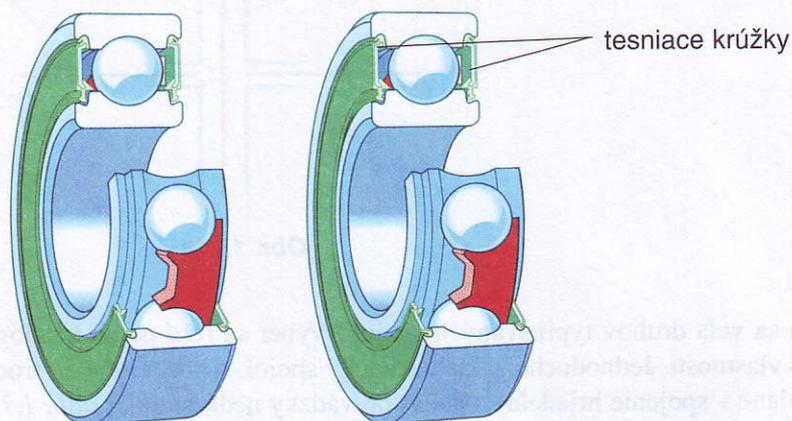


Obr. 1.110

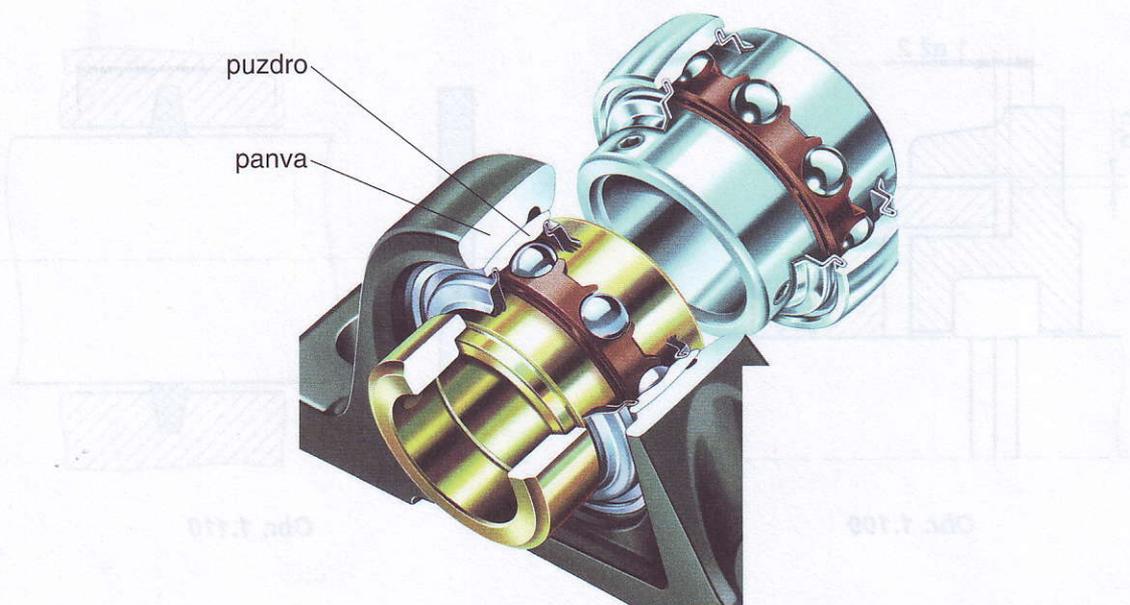


Obr. 1.111

Výrobcovia ložísk vyrábajú veľa rôznych druhov ložísk pre potreby priemyslu. Vyvíjajú typizované skupiny s rôznymi panvami aj príslušenstvom. Na obr. 1.112 sú ložiská s tesniacimi krúžkami, ktoré zabezpečia mazanie ložiska počas jeho životnosti. Zjednodušia konštrukciu uloženia aj montáž ložiska. Na obr. 1.113 je ložisko s puzdrom a panvou, ktorá umožňuje výkyv hriadeľa.



Obr. 1.112



Obr. 1.113

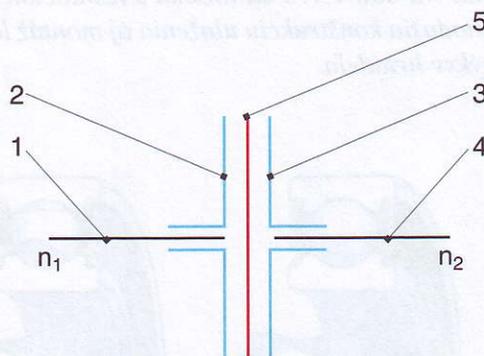
#### 1.4.4. Spojky

V praxi potrebujeme často spojiť hnací motor s pracovným strojom. Robíme to pomocou spojky. V úvode časti o súčiastkach na prenášanie otáčavého pohybu sme hovorili, že **spojka spája hnací hriadeľ s hnaným** (obr. 1.83).

Spojka **prenáša krútiaci moment**. Podľa toho, či chceme ovládať toto spojenie, alebo chceme poistiť poháňaný stroj proti preťaženiu, alebo ho spustiť až pri určitých otáčkach, zvolíme druh spojky.

V princípe sa každá spojka skladá (obr. 1.114):

- z hnacieho hriadeľa** (1),
- z hnacieho kotúča** (2), ktoré sú na hriadeľi pripevnené niektorým zo spojov, o ktorých sme sa učili (perom, tlakovým spojom, kolíkom, klinom ...),
- z hnaného kotúča** (3), ktorý prenáša otáčky na
- hnaný hriadeľ** (4). Medzi kotúčmi je nejaký
- spojovací člen** (5). Môže to byť pružina, skrutky, guma, tekutina atď.



Obr. 1.114

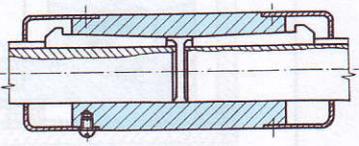
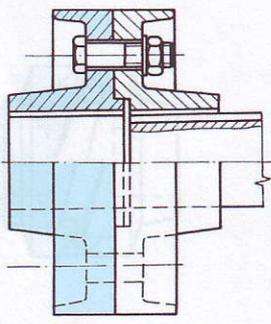
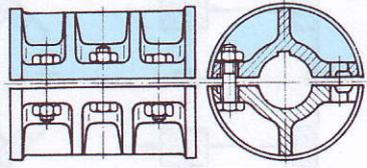
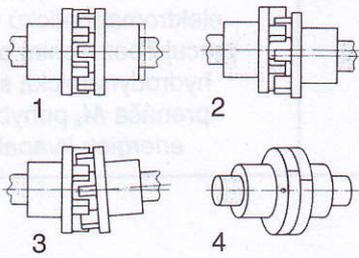
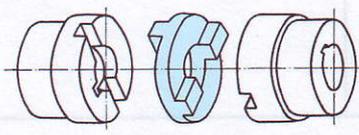
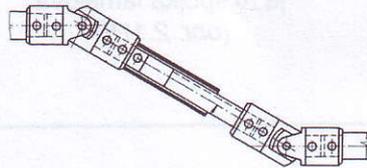
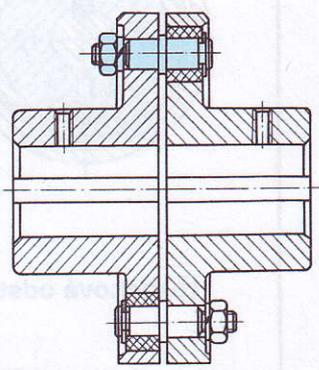
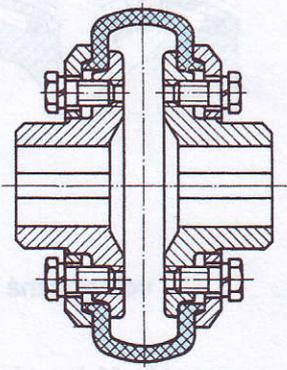
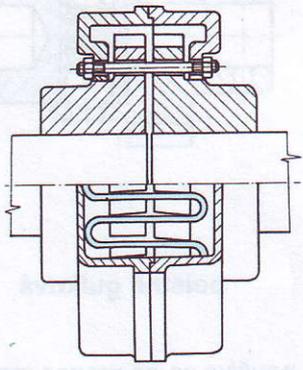
Vyrába sa veľa druhov typizovaných spojok. Výber sa robí podľa katalógov, v ktorých sú uvedené ich prevádzkové vlastnosti. Jednoduché základné druhy spojok si rozdelíme do troch skupín:

**neovládané** – spojenie hriadeľa sa počas prevádzky nedá prerušiť (tab. 1.15),

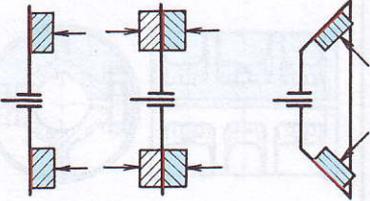
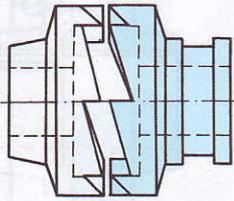
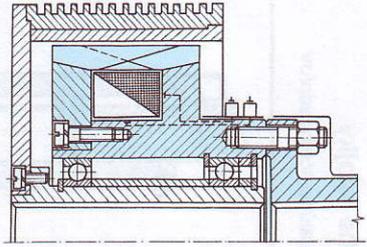
**ovládané** – spojenie hriadeľov sa môže kedykoľvek prerušiť (tab. 1.16). Ovládanie môže byť mechanické, elektrické, hydraulické a iné.

**zvláštne** – majú okrem spojenia hriadeľov aj ďalšiu funkciu (tab. 1.17).

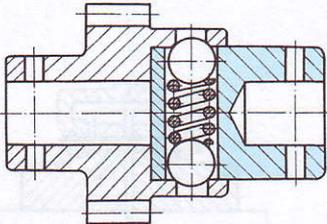
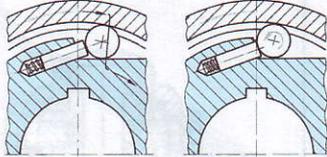
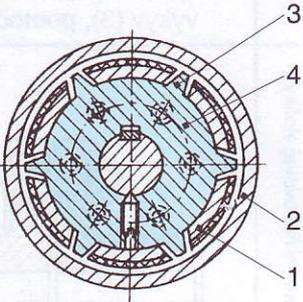
Tab. 1.15

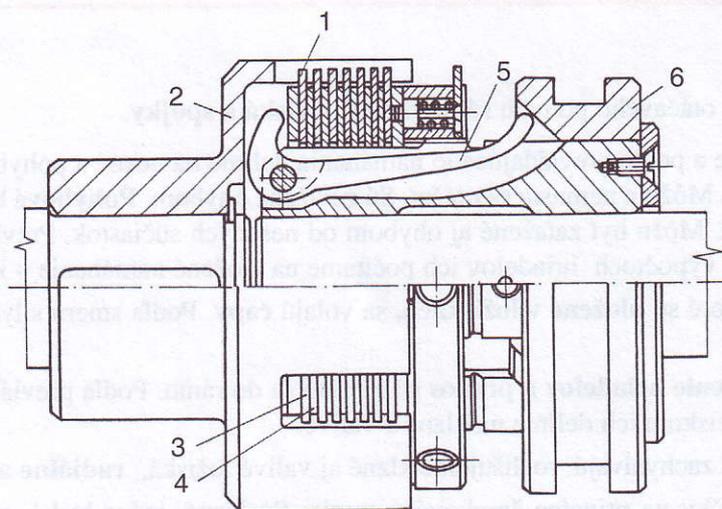
<b>Neovládané spojky</b> pri prevádzke sa nedá prerušiť prenos otáčok			
<b>tuhé spojky</b> pevne spájajú konce hriadeľov	 <p><b>rúrková</b></p> <p>je to hrubostenná rúrka, má drážku pre dva klíny; z bezpečnostného hľadiska sú klíny chránené krytom</p>	 <p><b>kotúčová</b></p> <p>kotúče sú do seba zapustené a spojené skrutkami; na hriadeľi sú uložené pomocou pera alebo klína</p>	 <p><b>korýtková</b></p> <p>spojenie je silovým stykom, <math>M_k</math> sa prenáša trením; pero je len v jednej polovici spojky; priemery hriadeľov musia byť rovnaké</p>
<b>poddajné spojky</b> dovoľujú určitý osový posuv, majú mäkký záber	 <p><b>zubová</b></p> <p>je to najjednoduchšia poddajná spojka; umožňuje axiálny posuv (1), radiálny (2), výkyv (3), pootočenie (4)</p>	 <p><b>krížová</b></p> <p>umožňuje axiálny posuv a menšiu nesúosovosť hriadeľov; stredná krížová súčiastka býva z ocele alebo plastu</p>	 <p><b>kíbová</b></p> <p>používa sa na spojenie nesúosových hriadeľov; prenáša malé a stredné <math>M_k</math></p>
<b>pružné spojky</b> spájajú hriadele pomocou pružnej kovovej alebo nekovovej vložky	 <p><b>čapová</b></p> <p>je podobná ako kotúčová, ale skrutky sú uložené v puzdrách z gumy alebo pružného plastu</p>	 <p><b>s pružným vencom</b></p> <p>je jednoduchá, pružný veniec zabraňuje vnikaniu nečistôt, umožňuje aj vychýlenie osí hriadeľov</p>	 <p><b>s vinutou pružinou</b></p> <p>pripúšťa malú dilatáciu v axiálnom smere a nesúosovosť; znesie nepriaznivé prevádzkové podmienky, má veľkú životnosť</p>

Tab. 1.16

<b>Ovládané spojky</b> prenos krútiaceho momentu môžeme prerušiť		
		
<b>trecia</b>	<b>zubová výsuvná</b>	<b>indukčná</b>
<p>prenášajú <math>M_k</math> len trením; pri preťažení spojka preklzuje a zabráni tak preťaženiu stroja; umožňuje plynulý záber; keď je trecích čelných plôch veľa, je to spojka lamelová (obr. 2.115)</p>	<p>dá sa zapínať len pri malých otáčkách; na otáčanie v jednom smere má tvar zubov ako na obrázku</p>	<p>prenáša <math>M_k</math> prostredníctvom magnetického poľa, bez dotyku mechanických častí – majú len elektromagnetickú väzbu; pracujú bez trenia; podobne hydrodynamická spojka prenáša <math>M_k</math> pohybovou energiou kvapaliny</p>

Tab. 1.17

<b>Zvláštne spojky</b> okrem prenosu otáčok majú aj inú funkciu		
		
<b>poistná guľková</b>	<b>voľnobežná</b>	<b>rozbehová odstredivá</b>
<p>používa sa na prenos malých <math>M_k</math> – pri preťažení sa guľky zasunú a spojenie sa preruší; používa sa aj poistná spojka sa strižným kolíkom – kolík sa pri preťažení prestrihne</p>	<p>prenáša <math>M_k</math> len v jednom zmysle – guľôčky alebo valčeky spájajú hriadele, alebo sa zasunú do výrezu a spojenie hriadeľov sa preruší</p>	<p>zapínajú sa pri určitom počte otáčok; vplyvom odstredivej sily sa trecie segmenty (1) pritlačia na hnaný člen (2) a výstupkami (3) prenášajú <math>M_k</math> z hnaného člena (4)</p>



Obr. 1.115

Na lamelovej spojke (obr. 1.115) sú vonkajšie lamely (1) spojené s hnacím bubnom (2). Vnútorne lamely (3) sú spojené s hnaným bubnom (4). Vonkajšie a vnútorne lamely sa striedajú (zapadajú do seba). Pomocou páky (5), ktorá je ovládaná objímkou (6) sú k sebe prtláčané a trením prenášajú krútiaci moment.

## Zhrnutie:

Hlavné časti na prenos otáčavého pohybu sú: **hriadele, ložiská a spojky**.

**Hriadele** podľa funkcie a podľa prevládajúceho namáhania delíme na nosné a pohybové. **Nosné** hriadele súčiasťky hlavne **nesú**. Môžu a nemusia sa otáčať. Sú zaťažené ohybom. **Pohybové** hriadele hlavne **prenášajú krútiaci moment**. Môžu byť zaťažené aj ohybom od nesených súčiasťok. Prevládajúce namáhanie je krútením. Pri presných výpočtoch hriadelov ich počítame na zložené namáhanie – krútenie a ohyb.

**Miesta na hriadeli**, ktoré sú **uložené v ložiskách**, sa volajú **čapy**. Podľa smeru sily, ktorú zachytávajú, sú **radiálne a axiálne**.

**Ložiská** slúžia na **uloženie hriadelov a prenos síl** z hriadeľa do rámu. Podľa prevládajúceho druhu trenia medzi hriadelom a ložiskom ich delíme na klzné a valivé.

Podľa smeru sily, ktorú zachytávajú, rozlišujeme klzné aj valivé ložiská, **radiálne a axiálne**.

**Klzné** – prenášajú otáčky na princípe šmykového trenia. Sú lacné, jednoduché, majú malé rozmery, zachytia nárazy a prenesú veľké sily. Sú citlivé na zlé masenie. Hlavné časti klzných ložísk sú **puzdro, panva, segment**.

Puzdrá a panvy sú normalizované, môžu mať aj výstelku z kvalitných klzných materiálov.

**Valivé** – prenášajú otáčky prostredníctvom valivých teliesok, guľiek a valčekov. Znesú veľké rýchlosti, valivé trenie je oveľa menšie ako šmykové. Majú ľahký rozbeh. Sú hlučnejšie a drahšie ako klzné a majú vyššiu hmotnosť. Nie sú také citlivé na masenie ako klzné ložiská.

Valivé ložiská sa skladajú z dvoch krúžkov a valivých teliesok v kľietke, ktorá udržuje valivé telieska v určenej polohe. Telieska a krúžky sú z kvalitných kalených ocelí.

**Označovanie valivých ložísk**. Norma priraduje k priemerom čapu rôzne ložiská, ktoré sú označené štvormiestnym číslom.

LOŽISKO xxxx STN 02 xxxx

### Výpočet ložísk

Podľa navrhnutého priemeru čapu, ktorý je pri radiálnych čapoch namáhaný na ohyb, pri axiálnych na tlak, priradíme podľa normy puzdro alebo panvu. Kontrolujeme tlak v dotykovej ploche (dovolený tlak pre pohybujúce sa súčiasťky je iný ako statický tlak).

Pre valivé ložiská je dôležitá trvanlivosť v miliónoch otáčok alebo v prevádzkových hodinách. Výrobca udáva pri každom ložisku jeho dynamickú a statickú únosnosť. Výpočet valivých ložísk je normalizovaný.

**Vedenie** je spojenie súčiasťok, ktoré umožňuje ich vzájomný pohyb. Môže byť klzné, valivé, tekutinové.

**Masenie** je pri klzných ložiskách nevyhnutné. Pri valivých môže hladina oleja siahať len do polovice valivého telieska. Pri týchto ložiskách je masenie hlavne na odvod tepla a ochranu proti korózii. Používajú sa oleje, tuky, koloidný grafit, voda.

**Utesňovanie** rotujúcich súčiasťok býva hlavne tesniacimi krúžkami (gufero), plstenými krúžkami a ostrekovacími krúžkami.

**Spojky spájajú hnací hriadel s hnaným**. Počas prenosu krútiaceho momentu môžu byť ovládané alebo neovládané.

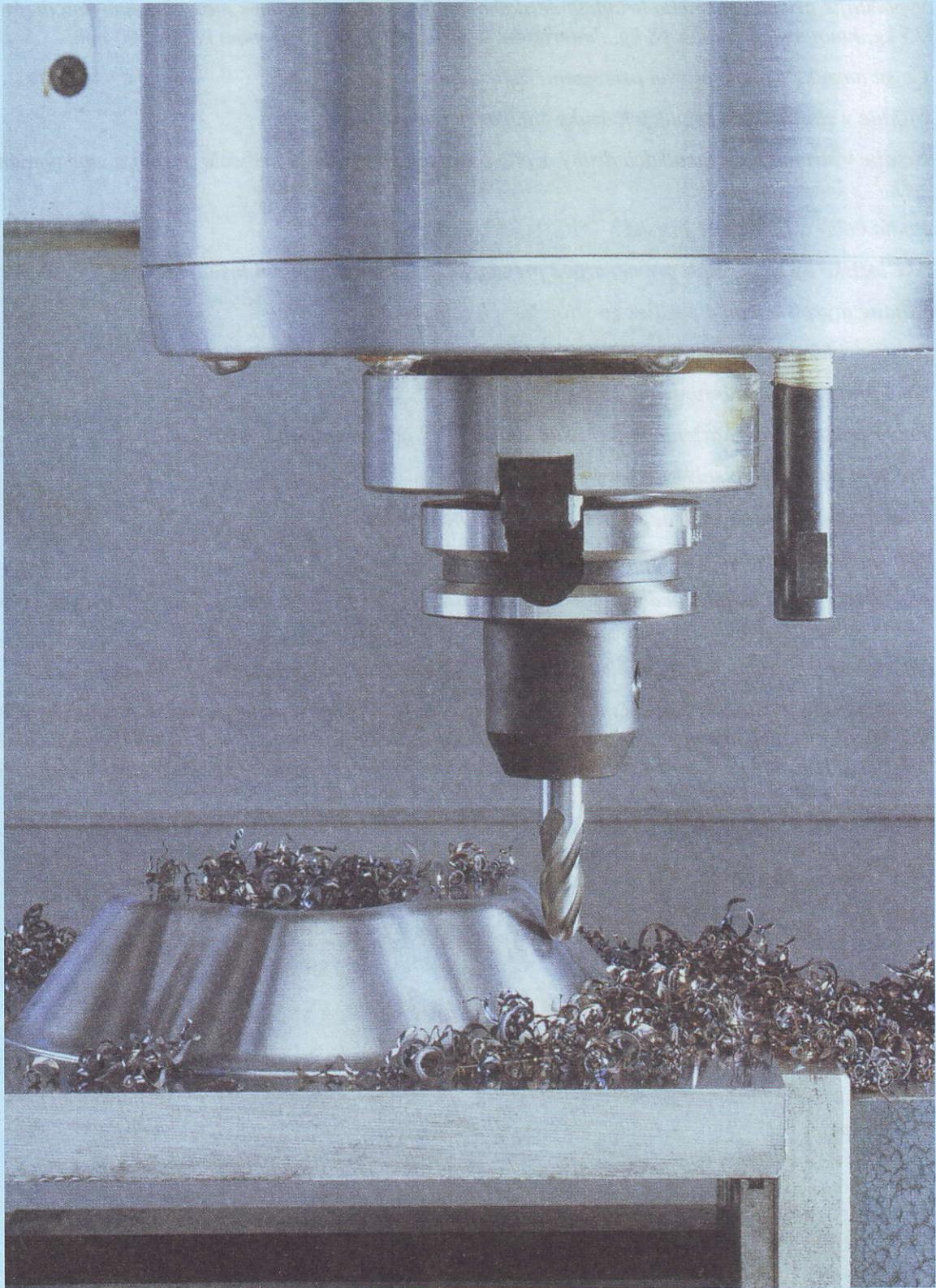
**Neovládané** môžu byť pevné, poddajné ( umožňujú malé výkyvy a pootočenie) a pružné.

**Ovládané** spájajú hriadele na princípe trenia, ozubenia, magnetického poľa...

**Zvláštne** spojky majú okrem spájania aj iné funkcie, napr. poistovaciu, spojenie hriadelov len v jednom smere, spojenie až od určitých otáčok atď.

**Otázky, úlohy a úvahy:**

1. Uveďte príklady hnacieho a hnaného hriadeľa zo svojho okolia.
2. Uveďte zo svojho okolia príklad nosného a pohybového hriadeľa.
3. Vypočítajte priemer nosného hriadeľa detského kočíka, keď uvažujeme s max. hmotnosťou dieťaťa 15 kg, hmotnosťou kočíka 18 kg, materiálom hriadeľa 11 500, rozstupom kolies 500 mm.
4. Čo sú nosníky s premenlivým prierezom? Zdôvodnite.
5. Nájdite v strojných tabuľkách druhy žliabkových hriadelov.
6. Nájdite v strojných tabuľkách druhy ocele, z ktorých sa vyrábajú hriadele (menej a viac namáhané).
7. Podľa čoho rozdeľujeme ložiská?
8. Aké ložisko by ste navrhli pre nárazovú prevádzku s veľkým zatažením hriadeľa?
9. Nájdite a vypíšte druhy puzdiar zo strojných tabuliek.
10. Prečo pri hľadaní trvanlivosti ložiska zaokrúhľujeme k nižším hodnotám?
11. Čo v praxi znamená trvanlivosť ložiska?
12. Prečo je koeficient zataženia vnútorného krúžku "V" len pri radiálnom zatažení?
13. Prečo je potrebné utesniť ložiskový priestor?
14. Uveďte kde ste videli vedenie súčiastok a aké to bolo vedenie.
15. Aká spojka sa používa v automobiloch?
16. Aká spojka spája hriadeľ pedálov s hriadelom reťazového kolesa na bicykli? Ktorý z nich je hnaný a ktorý hnací hriadeľ?
17. Na niektorých druhoch lyžiarskeho viazania je guľková poistná spojka. Viete, akú má funkciu?
18. V automobile je klukový hriadeľ motora otáčaný pohybom piestov, nad ktorými sa spaľujú benzínové výpary. Prevodovka mení rýchlosť otáčok klukového hriadeľa. Z prevodovky sa otáčky prenášajú na kolesá. Kde by ste do tejto sústavy – motor, prevodovka, kolesá zaradili spojku? Aký by mala účel?



## II. STROJÁRSKA TECHNOLOGIA

V prvej časti učebnice sme sa učili o strojových súčiastkach, ich spojoch a o strojových funkčných celkoch. Každá súčiastka sa musí vyrobiť. Spôsob výroby súčiastky určí technolog na základe jej tvaru a materiálu. Tvar a materiál určil konštruktér podľa namáhania súčiastky (učili sme sa to v prvom ročníku v časti mechanika). Súčiastku nakreslil a materiál predpísal na výkrese. Okrem toho tam navrhol aj **polovýrobok**, z ktorého bude súčiastka vyrobená.

V tomto ročníku sa budeme učiť o výrobe súčiastok **obrábaním** a o postupe výroby pri premene polovýrobku na výrobok – **výrobnom postupe**. Dozvieme sa aj o obrábacích strojoch pre automatizáciu výroby.

### 2.1. Teória obrábania

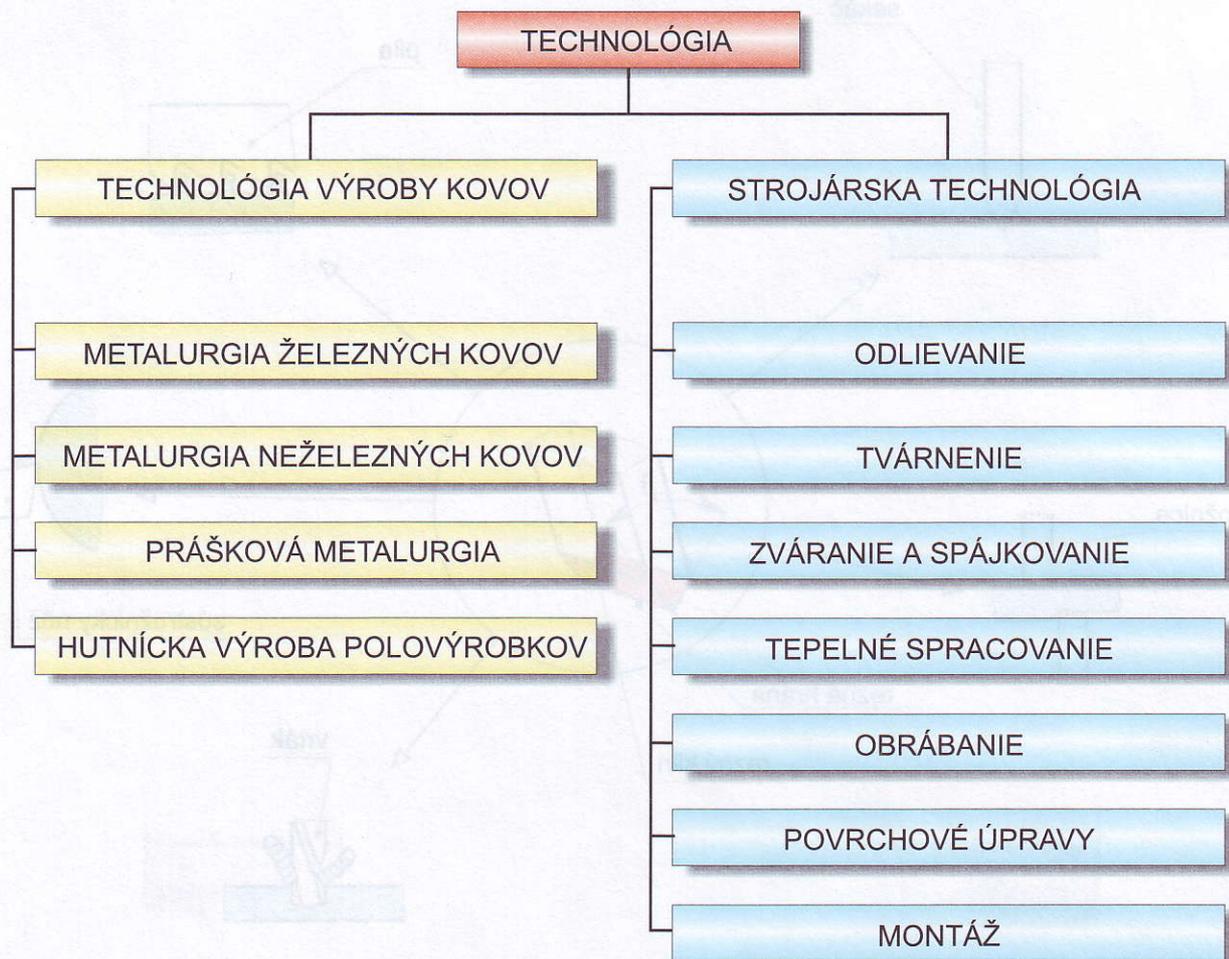
Polovýrobky majú len približný tvar, väčšinou ich nemôžeme priamo použiť ako súčiastku. Skoro vždy ich musíme ešte obrobiť na presné funkčné rozmery a požadovanú drsnosť. Prebytočný materiál sa odoberie (odrezáva) vo forme triesok (obr. 2.1).



Obr. 2.1

Pripomeňme si rozdelenie technológie z prvého ročníka:

Tab. 2.1



Technológiu výroby kovov sme sa učili v prvom ročníku. Postupne sa naučíme jednotlivé časti strojárskej technológie.

### 2.1.1. Základné pojmy pri obrábaní

Najrozšírenejším spôsobom premeny polovýrobku na súčiastku je **trieskové obrábanie**.

Pri obrábaní vniká rezný klin nástroja do obrábaného materiálu a odrezáva triesku.

Obrábaná súčiastka sa volá **obrobok**.

Nástroje, ktorými obrábame, sú **rezné nástroje** (pílky, vrtáky, nože, frézy atď.).

Obrábať môžeme **ručne** – rezanie, pilovanie, vrtanie,

**strojovo** – sústruženie, hobľovanie, obrážanie atď.

Oddelovanie triesky vzniká vzájomným pohybom obrobku a nástroja.

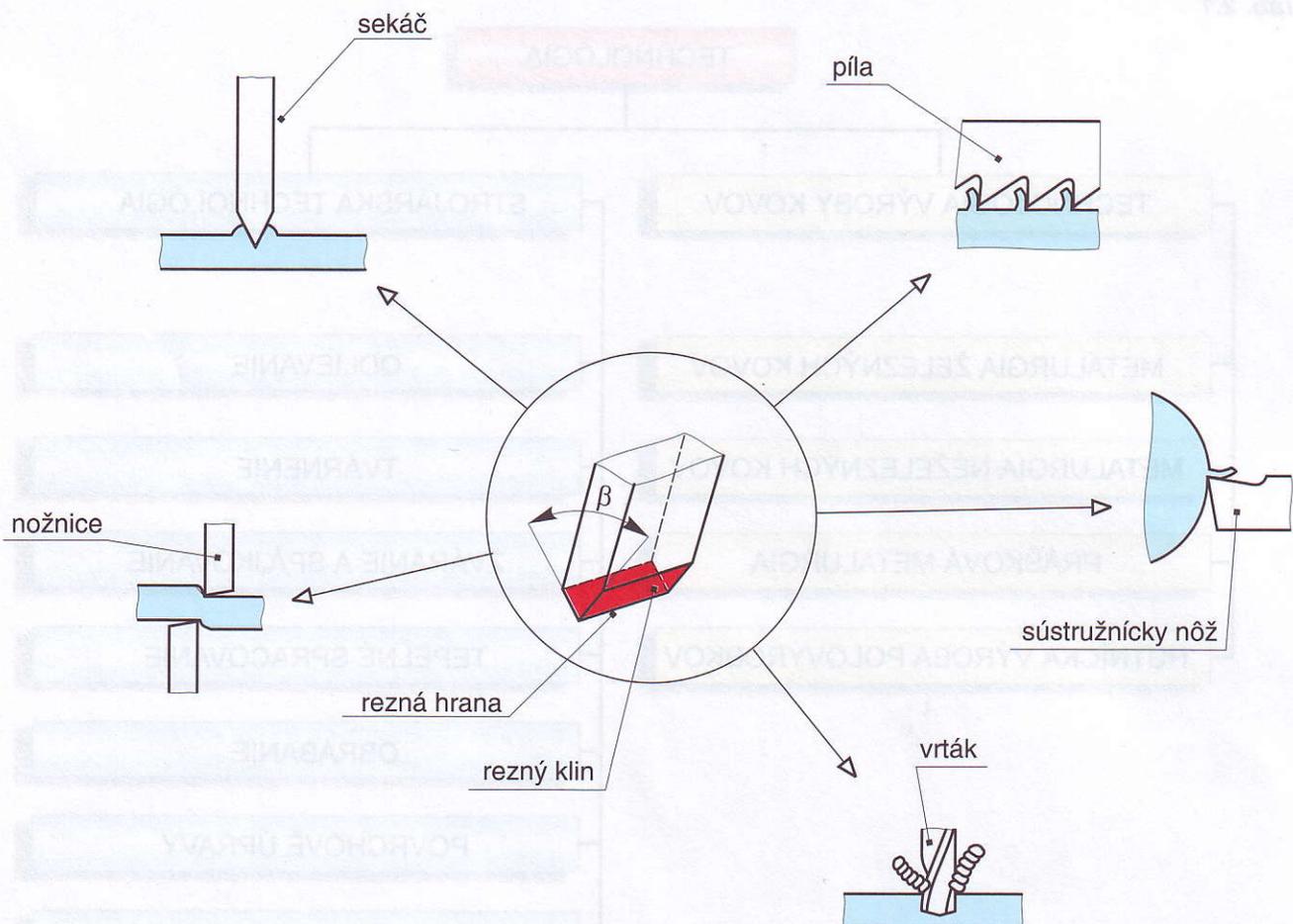
So sústružením ste sa už určite stretli, preto si vysvetlíme všetky nové pojmy na tomto obrábaní. Princíp ostatných druhov obrábania je podobný.

Všetky rezné nástroje **odoberajú triesku z obrobku pomocou rezného klina** alebo viacerých rezných klinov (obr. 2.2).

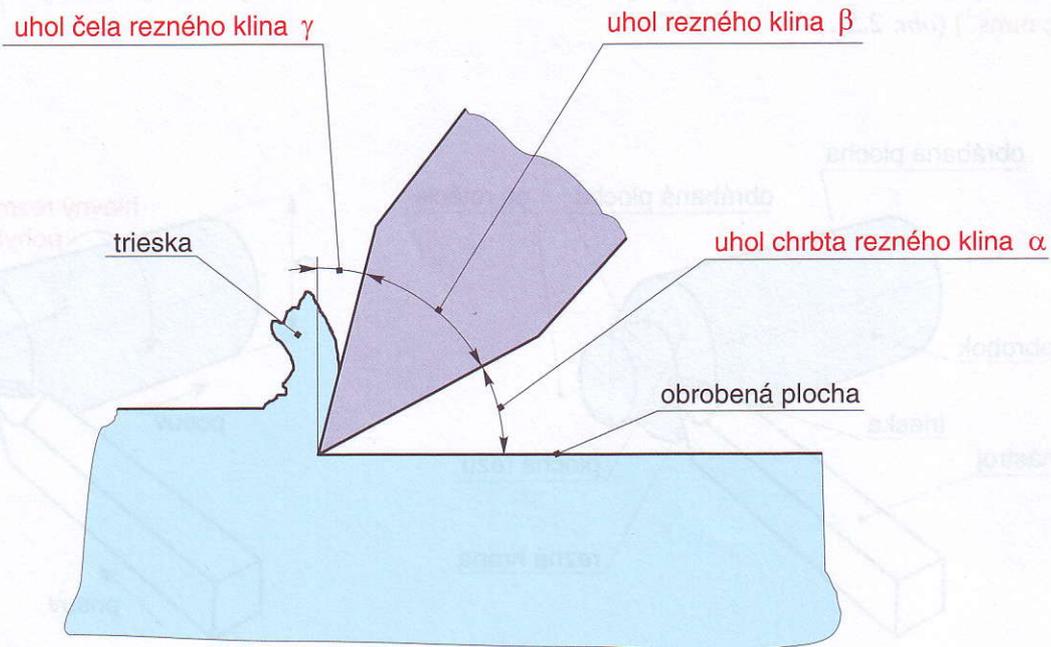
Najdôležitejšie uhly rezného klina sú na obr. 2.3.

Obr. 2.3 je rez rovinou znázornenou na obr. 2.4, ktorá je kolmá na reznú hranu.

Označenie a názvy uhlov rezného klina sú normalizované STN. Menia sa v závislosti od obrateľnosti materiálu. Čím je obrábaný materiál tvrdší, tým je uhol  $\beta$  väčší. Pri mäkkých materiáloch je menší. V závislosti od neho sa mení uhol čela  $\gamma$ , ktorý môže byť aj záporný. Uhly rezného klina majú význam z hľadiska konštrukcie nástroja, jeho výroby a ostrenia.



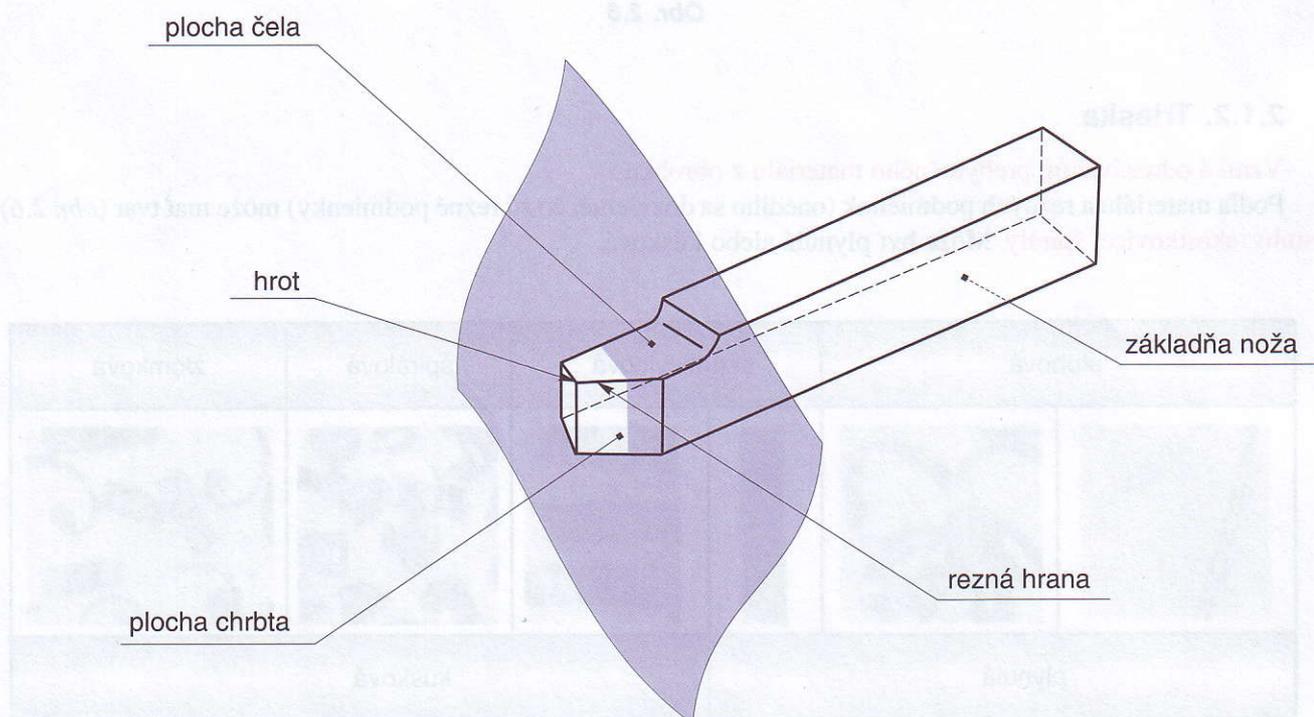
Obr. 2.2



Obr. 2.3

Názvy jednotlivých plôch a častí nástroja vidíte na sústružníckom noži (obr. 2.4).

Po čelnej ploche noža odchádza trieska.

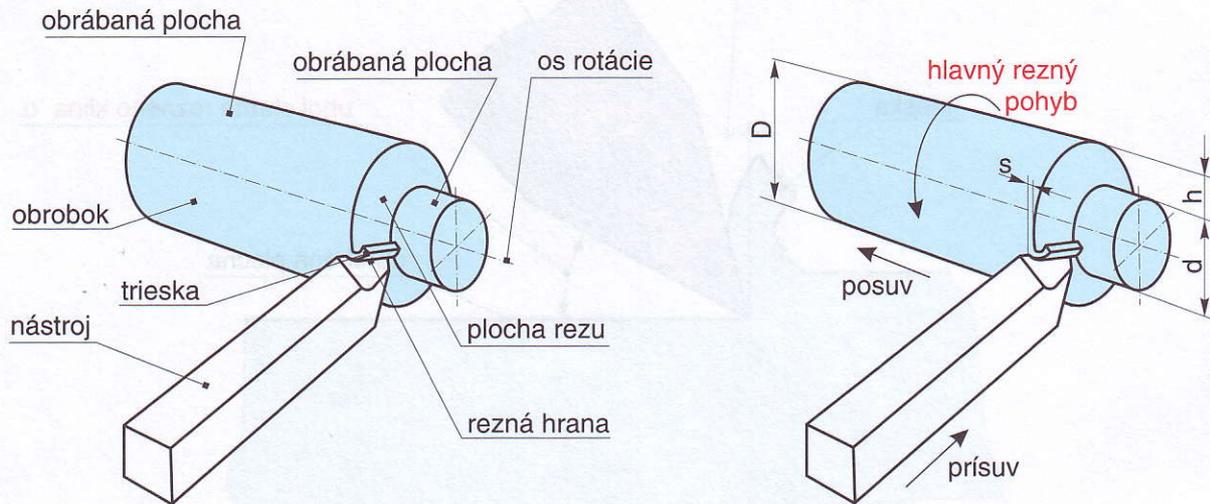


Obr. 2.4

Rezný pohyb, ktorý spôsobuje oddeľovanie triesky, je zložený :

- z hlavného rezného pohybu, ktorý môže byť rotačný alebo priamočiary,
- z vedľajšieho rezného pohybu – posuvu a prísuvu.

Relatívny pohyb rezného nástroja proti obrobku sa volá **rezná rýchlosť**. Označuje sa  $v$ , má rozmer  $[\text{ms}^{-1}; \text{mms}^{-1}]$  (obr. 2.5).



Dôležité pojmy pri obrábaní sú:

$h$  – hĺbka rezu [mm]

$s$  – posuv [mm]

$n$  – otáčky [ $\text{s}^{-1}$ ]

$v$  – rezná rýchlosť [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ ]

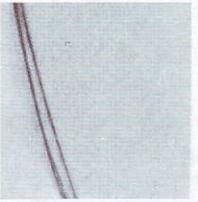
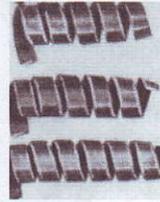
$D, d$  – priemer obrábanej súčiastky [mm; m]

Obr. 2.5

### 2.1.2. Trieska

Vzniká odrezávaním prebytočného materiálu z obrobku.

Podľa materiálu a rezných podmienok (onedlho sa dozvieme, čo sú rezné podmienky) môže mať tvar (obr. 2.6) **stuhý, skrutkovicový, špirálový**. Môže byť plynulá alebo kúsková.

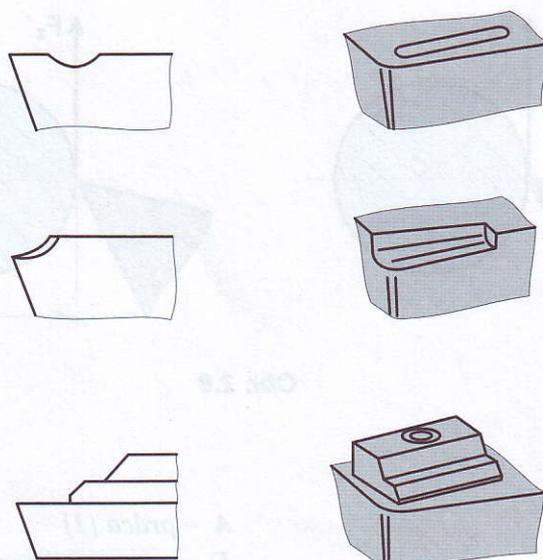
stuhová		skrutkovicová		špirálová	zlomková
					
plynulá				kúsková	

Obr. 2.6

Na upravenie tvaru triesky, aby neohrozovala bezpečnosť sústružníka, nepoškodila povrch obrábanej súčiastky a aby sa ľahšie manipulovalo s odpadom, sa používajú lámacie triesok. Sú to žliabky alebo prídavné doštičky na čelnej ploche rezného nástroja (obr. 2.7).

Odpad sa podľa STN označuje triedou odpadu pre opätovné použitie v oceliarniach.

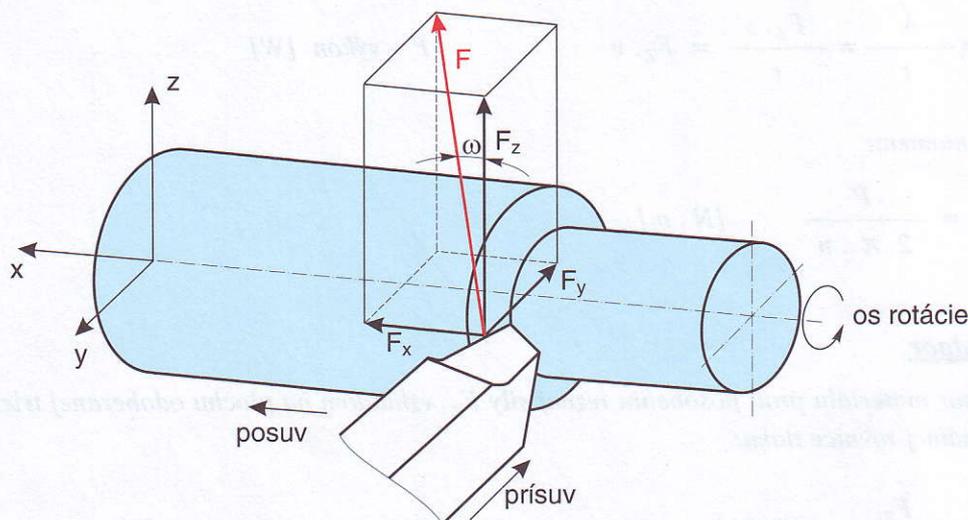
Napr. oceľ 11 300 má triedu odpadu TO 005, oceľ 12 050 TO 002.



Obr. 2.7

### 2.1.3. Rezné sily

Pri vzájomnom pôsobení nástroja a obrobku vznikajú rezné sily (obr. 2.8).



Obr. 2.8

Odpor materiálu proti vníkaníu triesky prekonáva **rezná sila**  $F$  (obr. 2.8). Skladá sa zo zložiek  $F_x, F_y, F_z$ . Učili sme sa to v prvom ročníku v časti mechanika – výsledná sila so spoločným pôsobiskom.

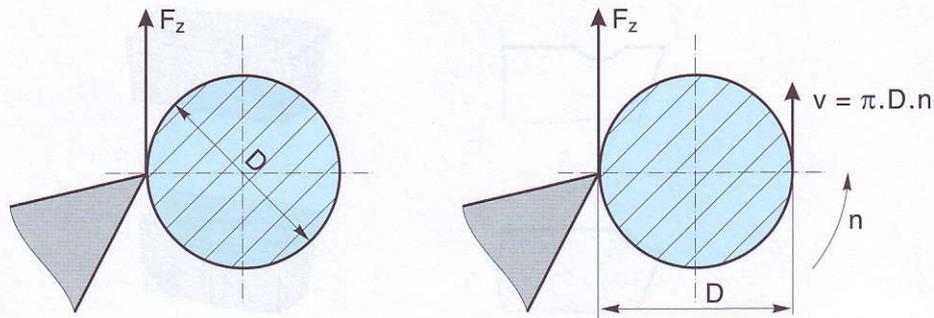
Sila  $F_x$  vzniká posuvom noža – voláme ju **axiálna sila**,

$F_y$  vzniká prísuvom noža do záberu, je kolmá na os rotácie – voláme ju preto **radiálna sila**,

$F_z$  je najdôležitejšia a najväčšia zložka, je to dotyková sila k hlavnému reznému pohybu – **tangenciálna sila**.

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

Zo sily  $F_z$  vieme vypočítať prácu pri rezaní  $A$ , krútiaci moment  $M_k$ , výkon pri odoberaní triesky  $P$  a rezný odpor  $p$  (obr. 2.9).



Obr. 2.9

Práca pri odoberaní triesky:

$$A = F_z \cdot s' = F_z \cdot v \cdot t$$

$A$  – práca [J]

$F_z$  – tangenciálna zložka reznej sily [N]

$s'$  – dráha rezania [m]

$v$  – rýchlosť rezania [ $m \cdot s^{-1}$ ]

$t$  – čas odrezávania triesky [s]

$F_z = F \cdot \cos \omega$  pozri obr. 2.8. Po dosadení do predchádzajúceho vzorca:

$$A = F \cdot \cos \omega \cdot v \cdot t$$

Výkon pri oddelovaní triesky:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{F_z \cdot s'}{t} = F_z \cdot v$$

$P$  – výkon [W]

Krútiaci moment:

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad [N \cdot m]$$

### Rezný odpor

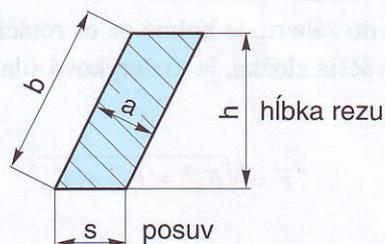
Je to odpor materiálu proti pôsobeniu reznej sily  $F_z$ , vzhľadom na plochu odoberanej triesky. Vyjadríme ho pomocou známej rovnice tlaku:

$$p = \frac{F_z}{S} \quad [MPa]$$

$S$  – prierez triesky [ $mm^2$ ]

$$S \doteq s \cdot h \quad [mm^2] \text{ obr. 2.10}$$

Merný rezný odpor je vyjadrený na plochu triesky  $1 \text{ mm}^2$ . Označuje sa  $k_s$ . Hodnotu merného rezného odporu nájdeme graficky spracovanú v strojníckych tabulkách v závislosti od posuvu a materiálu.



Obr. 2.10

### 2.1.4. Mastenie a chladenie

Práca, ktorá vzniká pri odoberaní triesky, sa mení na teplo. Teplo sa sústreďuje do malej oblasti dotyku reznej hrany a obrobku. Vzniká tu vysoká teplota ( až  $1\ 000^{\circ}\text{C}$  ). Táto teplota má nepriaznivý vplyv na opotrebovanie nástroja, na presnosť obrábania a na kvalitu obrobenej plochy.

K tejto teplote môžeme pridať teplo z trenia triesky po čelnej ploche rezného klina a obrobku o plochu chrbta.

Vzniknuté teplo je odvádzané sálaním do okolia, vedením trieskou a obrobkom. Materiál nástroja však môže zmeniť svoje vlastnosti po zahriatí nad určitú hodnotu a stať sa nepoužiteľným.

Z uvedených dôvodov odvádzame teplo vzniknuté pri rezaní chladiacou kvapalinou a trenie znižujeme masťením. Zmesí týchto kvapalín hovoríme **rezné kvapaliny**.

**Rezné kvapaliny sa používajú na chladenie a masťenie s cieľom znížiť teplotu pri obrábaní.**

Najčastejšie sú to: emulzie, ktoré sú zmesou vody a jemne rozptýleného oleja;

rezné oleje, pri ktorých sa využíva hlavne mazací účinok (výroba závitov);

vodné roztoky, voda a mydlo, používajú sa hlavne pri brúsení.

### 2.1.5. Rezné podmienky

Sú to všetky podmienky, ktoré ovplyvňujú odoberanie triesky.

Najviac ovplyvňujú obrábanie:

rezná rýchlosť –  $v$ ,

posuv –  $s$ ,

hĺbka rezu –  $h$ ,

rezné prostredie (chladenie, mazanie, čistenie).

Ich vhodnou kombináciou dosiahneme optimálne (najvhodnejšie) podmienky vzhľadom na kvalitu povrchu a životnosť nástroja. Pre každý druh obrábania existuje len jedna kombinácia rezných podmienok, pri ktorých je obrábanie najhospodárnejšie.

Rezné podmienky pre jednotlivé druhy obrábania určujú normatívy. Nájdete ich v strojníckych tabuľkách.

### 2.1.6. Trvanlivosť reznej hrany, životnosť nástroja

**Trvanlivosť reznej hrany  $T$  je pracovný čas nástroja od naostrenia po prípustné otupenie.** Uvádza sa v minútach a pripisuje sa k reznej rýchlosti:  $v_T$ .

Napríklad  $v_{45}$  znamená, že trvanlivosť reznej hrany je 45 minút.

Trvanlivosť nástroja je závislá od rezných podmienok.

Trvanlivosť volíme v rozmedzí 30 až 480 minút. Čím je ostrenie ťažšie, tým volíme väčšiu trvanlivosť. Podľa zvolenej trvanlivosti určíme ( výpočtom alebo podľa normatívov) reznú rýchlosť.

*Do trvanlivosti nástroja sa samozrejme počíta len pracovný čas nástroja.*

**Životnosťou nástroja nazývame súčet trvanlivostí nástroja.**

### 2.1.7. Obrobený povrch

Drsnosť povrchu závisí od stopy po nástroji, čiže od tvaru a geometrie reznej hrany. Ovplyvňuje ju aj voľba rezných podmienok, tuhosť stroja a pod.

Drsnosti, ktoré sa dajú dosiahnuť rôznymi druhmi obrábania, sú uvedené v strojníckych tabuľkách.

### 2.1.8. Obrobiteľnosť

Pri obrábaní rovnakých výrobkov za rovnakých podmienok, ale vyrobených z rôznych materiálov, dosiahneme rôznu drsnosť povrchu. Je to spôsobené rôznou obrobiteľnosťou materiálu.

**Obrobiteľnosť je súhrn vlastností materiálu, ktoré sa prejavujú pri obrábaní,** hlavne v intenzite otupovania reznej hrany nástroja, veľkosti práce potrebnej na oddelenie triesky, v akosti obrobenej plochy a pod.

Podľa obrobiteľnosti sú materiály rozdelené do štyroch kategórií:

a – liatiny a nekovové materiály,

b – ocele a ocele na odliatky,

c – ťažké nežeľzné kovy a ich zliatiny,

d – ľahké nežeľzné kovy a ich zliatiny.

Podľa spôsobu obrábania sa delia materiály do tried obrobiteľnosti 1 až 20, pri brúsení 1 až 10. Obrobiteľnosť je daná číslom a písmenom:

**16 b**                      b – znamená, že je to oceľ  
16 – skupina obrobiteľnosti

V skupine 1 sú materiály s najhoršou obrobiteľnosťou, v skupine 20 s najlepšou.

*Postupnosť od 1 do 20 je od najhoršie obrobiteľných materiálov k najlepšie obrobiteľným.*

Výber najčastejšie používaných materiálov s označením ich obrobiteľnosti podľa druhu obrábania nájdete v strojníckych tabuľkách.

### 2.1.9. Nástrojové materiály

*Zopakujte si z prvého ročníka ocele triedy 19 – nástrojové ocele.*

*V Slovenskej republike sa postupne všetky STN zosúladujú s normami Európskej únie. V prvom ročníku sme spomínali označovanie ocelí.*

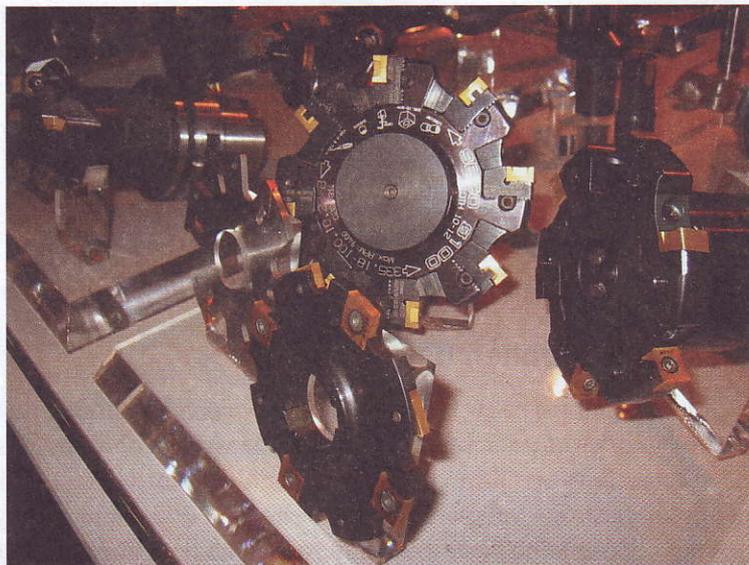
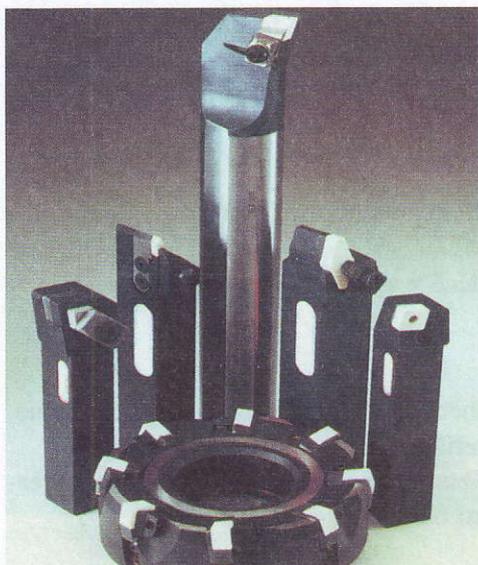
Od reznej hrany – najdôležitejšej časti nástroja – závisí priebeh, kvalita, produktivita aj hospodárnosť obrábania.

Rezná hrana má byť: tvrdá, pevná, húževnatá, odolná proti opotrebeniu vplyvom trenia, má mať dostatočnú tepelnú odolnosť.

Podľa maximálnej teploty reznej hrany, pri ktorej si materiál zachová požadované vlastnosti, rozlišujeme rezné materiály:

- oceľ nelegovaná 200 °C,
- oceľ legovaná rýchlorezná 600 °C,
- spekané karbidy 900 °C,
- keramické materiály 1 200 °C (tzv. rezná keramika),
- diamant 1 200 °C.

Kvalitné nástrojové materiály sú drahé. Vyrábajú sa z nich len rezné doštičky, ktoré sú upevnené na telese nástroja z konštrukčnej ocele (obr. 2.11).



Obr. 2.11

## Zhrnutie:

Z normalizovaných aj nenormalizovaných súčiastok vyrobíme súčiastky **obrábaním**.

Pri obrábaní vniká rezný klin nástroja do obrábanej súčiastky – **obrobku** a odoberá triesku.

Obrábanie môže byť ručné a strojové.

Nástroj môže mať jeden alebo viac **rezných klinov**.

Rezný klin má podľa použitia rôzny uhol ( $\beta$ ), a tým sa mení aj uhol chrbta ( $\alpha$ ) a uhol čela ( $\gamma$ ). Veľkosti jednotlivých uhlov rezného klina majú veľký vplyv na obrábanie.

Pri obrábaní rozoznávame – **hlavný rezný pohyb**, ktorý môže byť rotačný alebo priamočiary,

– **vedľajší rezný pohyb**, posuv a prísuv.

**Odpor materiálu** pri odrezávaní triesky prekonáva rezná sila:

$$F = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2 + F_Z^2} \quad [\text{N}]$$

Najväčšia, a preto najdôležitejšia je tangenciálna sila  $F_Z$ .

**Rezný odpor  $p$**  – je odpor pri rezaní.

$$p = \frac{F_Z}{S} \quad S - \text{prierez triesky} [\text{mm}^2]$$

**Práca**, ktorá vzniká pri rezaní, a trenie nástroja medzi obrobkom a trieskou, **sa mení na teplo**. Znižujeme ho chladením a mazaním. Najpoužívannejšie sú **rezné kvapaliny** (emulzia z vody a oleja).

Pracovný čas nástroja po brúsenie sa volá **trvanlivosť  $T$** . Súčet trvanlivostí nástroja je jeho **životnosť**.

Na kvalitu obrábaného povrchu a na hospodárnosť a efektívnosť obrábania majú vplyv **rezné podmienky**. Sú to hlavne:

**rezná rýchlosť** –  $v$  [ $\text{m.s}^{-1}$ ,  $\text{mm.s}^{-1}$ ],

**posuv nástroja** –  $s$  [mm],

**prísuv, hĺbka rezu** –  $h$  [mm],

**rezné prostredie**.

**Obrobiteľnosť** je súhrn všetkých vlastností ktoré sa prejavujú pri obrábaní. Závisia hlavne od materiálu a spôsobu obrábania.

**Nástrojové materiály** sú :

- kovové – ocele legované a nelegované,
- spekané karbidy,
- nekovové – keramické materiály,
- syntetické materiály,
- diamant.

Rezný odpor, trvanlivosť, rezné podmienky, obrobiteľnosť, drsnosti povrchu pri jednotlivých druhoch obrábania, rezné matriály nájdeme v strojnických tabuľkách.

## Otázky, úlohy a úvahy:

1. Nájdite v strojnických tabuľkách triedy odpadu: ocelí 11 700, 16 240, liatiny 42 2531, 42 2303, ťažkých neželezných kovov 42 3212, 42 3016, ľahkých neželezných kovov 42 4400, 42 4201.
2. Nájdite v strojnických tabuľkách, akú najmenšiu drsnosť môžeme dosiahnuť pri sústružení vonkajších valcových plôch, sústružení dier, frézovaní rovinných plôch, brúsení rovinných plôch.
3. Vymenujte, ktoré podmienky majú vplyv na obrábanie.
4. Aké budú rezné podmienky ( $v, s$ ) pri pozdĺžnom vonkajšom hrubovaní (sústružení) sústružníckym nožom P20, súčiastky s priemerom 30 mm,  $h = 3$  mm, keď je obrobiteľnosť materiálu 14b.
5. Pri súčiastke z predchádzajúcej úlohy chceme dosiahnuť drsnosť 1,6. Máme k dispozícii hladiaci nôž z rýchloreznej ocele s polomerom špičky noža 1 mm. Aké rezné podmienky môžeme nastaviť na obrábanom stroji?
6. Stanovte obrobiteľnosť mäkkej ocele 12 060 pre brúsenie.
7. Ktorá z ocelí triedy 12 má najlepšiu obrobiteľnosť pri brúsení?
8. Nájdite v strojnických tabuľkách, aký má byť prídavok na obrábanie pri sústružení na hrubo, keď má súčiastka priemer 120 mm, dĺžku  $L < 100$  mm.
9. Aký rezný odpor bude pri obrábaní hliníka pri posuve 0,1 mm a ploche triesky 1  $\text{mm}^2$ ?
10. Nájdite v strojnických tabuľkách nástrojové materiály a skúste charakterizovať ich hlavné vlastnosti.
11. Porovnajme životnosť upichovacieho noža so životnosťou kotúčového noža z tab. 2.2.

## 2.2. Obrábanie

Ako sme sa učili v predchádzajúcej časti, obrábanie je spôsob výroby súčiastky postupným oddeľovaním prebytočného materiálu z polovýrobku.

Môže byť ručné a strojové.

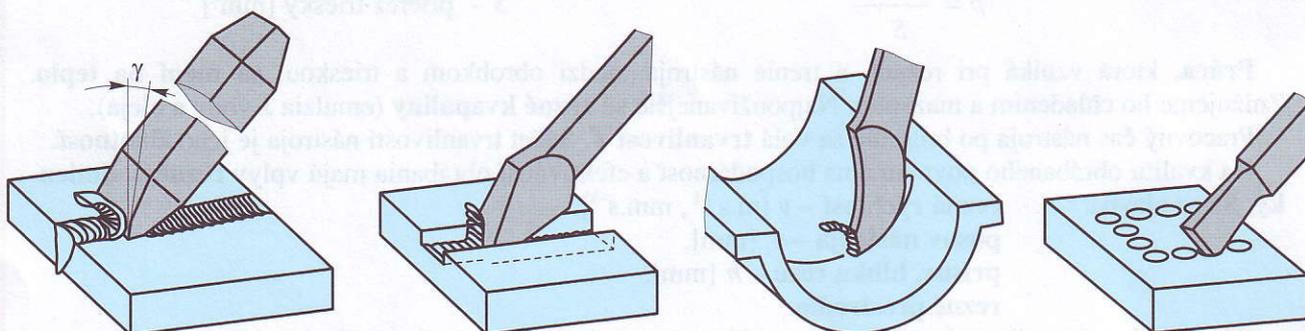
*Každé ručné obrábanie môže byť zmechanizované.*

### 2.2.1. Ručné obrábanie

Najpoužívanejšie je: *sekanie,*  
*delenie materiálu – strihanie,*  
*– rezanie,*  
*rezanie závitov.*

#### Sekanie

*Nástroje – sekáče – majú jeden rezný klin a rôzny tvar (obr. 2.12).*



Obr. 2.12

#### Delenie materiálu

##### Strihanie

*Je to delenie materiálu dvoma proti sebe sa pohybujúcimi nožmi (reznými klinmi).*

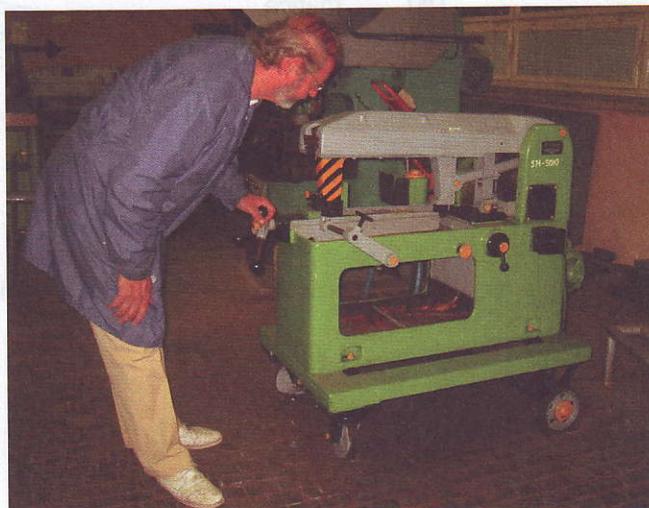
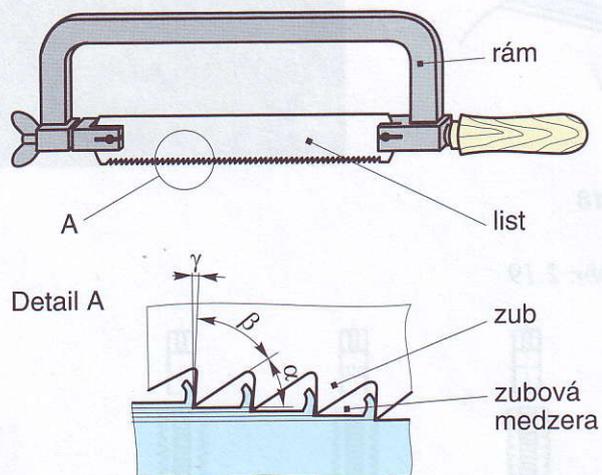
*Ručne sa strihá tenký plech. Hrubé plechy a tyče sa strihajú na pákových nožniciach (obr. 2.13).*



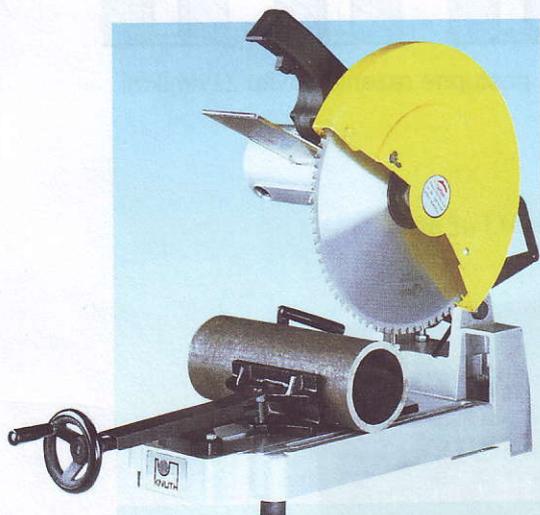
Obr. 2.13

## Rezanie

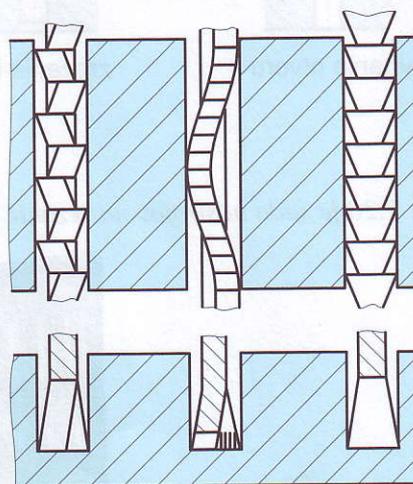
Je to oddelovanie materiálu odoberaním malých triesok. Nástroj, píla, má veľa rezných klinov (obr. 2.14). Môže mať tvar pílového listu alebo kotíča (obr. 2.15). Pri ručnom rezaní sú zuby striedavo vyhnuté, aby vo vzniknutej drážke neдрhli (obr. 2.16).



Obr. 2.14



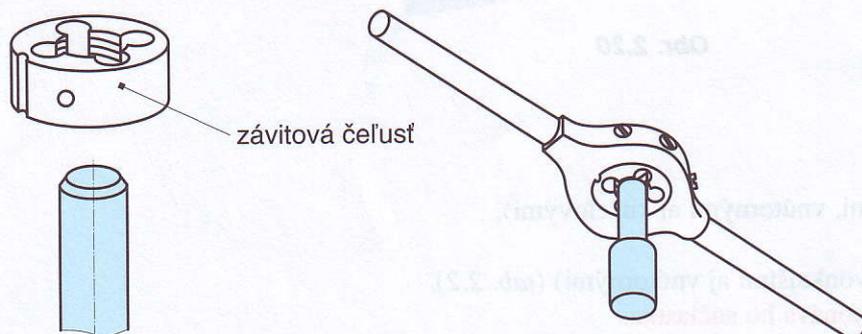
Obr. 2.15



Obr. 2.16

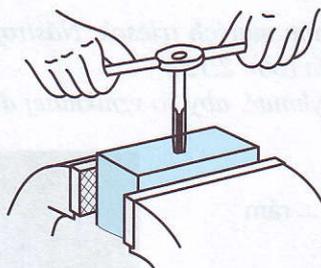
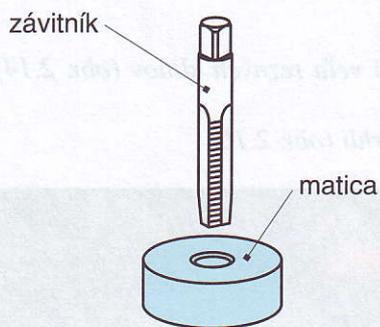
## Rezanie závitov

Na ručnú výrobu vonkajších závitov skrutiek používame závitovú čelusť (obr. 2.17), na vnútorný závit pre matice závitník (obr. 2.18).



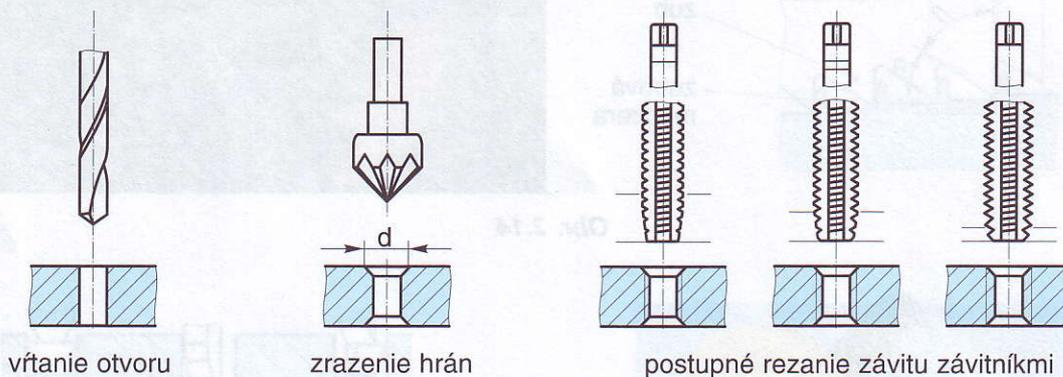
Obr. 2.17





Obr. 2.18

Postup pri výrobe vnútorného závitú je znázornený na obr. 2.19



Obr. 2.19

Na obr. 2.20 je sada nástrojov na rezanie metrických závitov M3 až M12.



Obr. 2.20

### 1.3.2. Sústruženie

Sústružením vyrábame súčiastky:

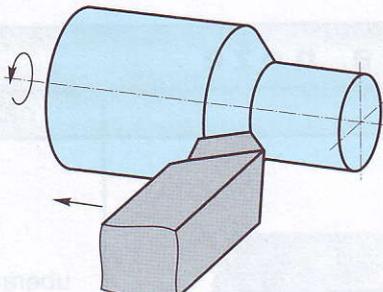
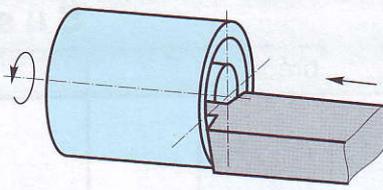
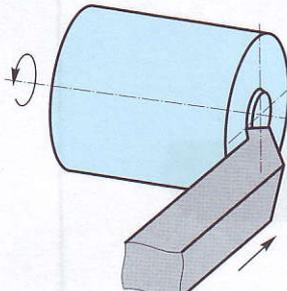
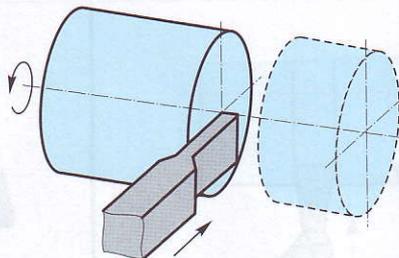
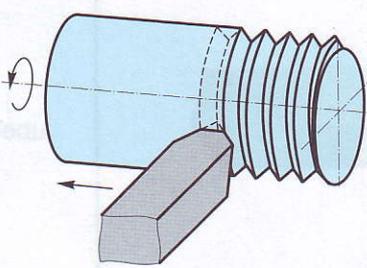
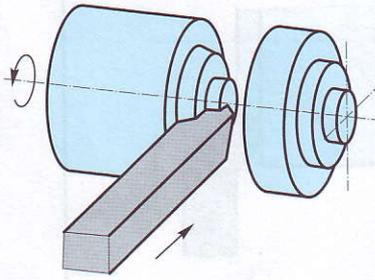
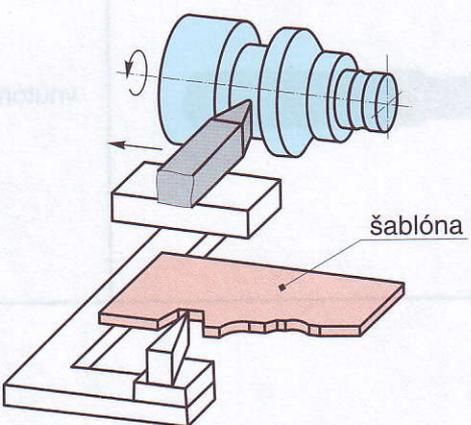
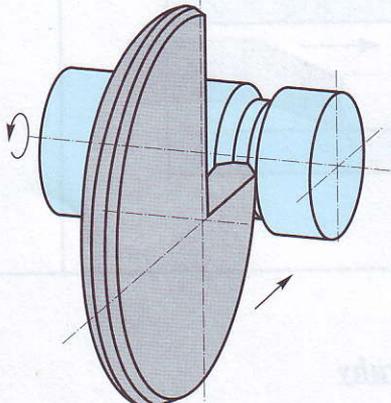
- s valcovými plochami (vonkajšími, vnútornými aj kuželovými),
- rovinnými plochami,
- tvarovými rotačnými plochami (vonkajšími aj vnútornými) (tab. 2.2).

Hlavný rezný pohyb je rotačný. Vykonáva ho súčiastka.

Nástroj, sústružnícky nôž, vykonáva vedľajší priamočiary pohyb (tab. 2.3).

Stroje sa nazývajú sústruhy.

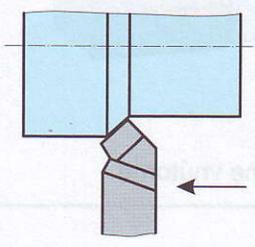
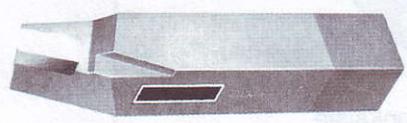
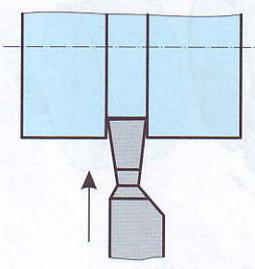
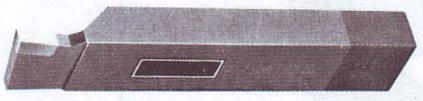
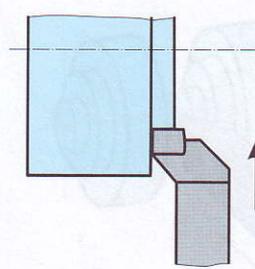
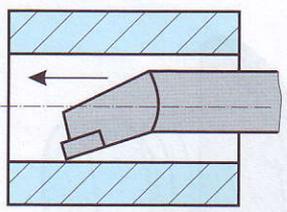
Tab. 2.2

<b>S ú s t r u ť e n i e</b>	
valcové	 <p style="text-align: center;">pozdĺžne vonkajšie</p>
	 <p style="text-align: center;">pozdĺžne vnútorné</p>
rovinné	 <p style="text-align: center;">čelné</p>
	 <p style="text-align: center;">upichovanie</p>
tvarové plochy	 <p style="text-align: center;">závity</p>
	 <p style="text-align: center;">tvarové plochy sústružené tvarovým nožom</p>
	 <p style="text-align: center;">kopírovanie</p>
	 <p style="text-align: center;">tvarové plochy sústružené kotúčovým nožom</p>

**Sústružnicke nože**

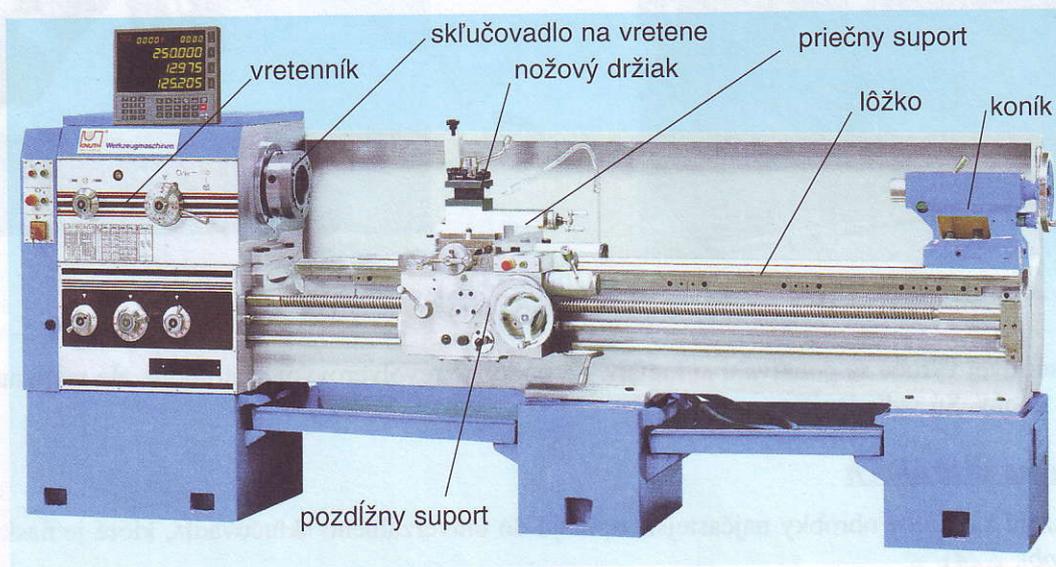
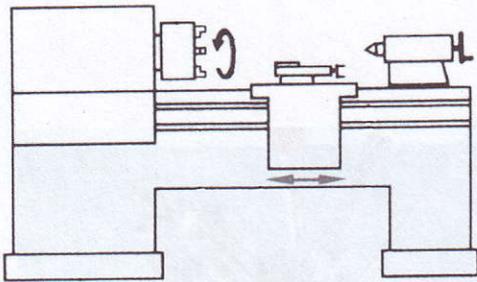
Sú normalizované STN. Základné druhy sú v tab. 2.3.

Tab. 2.3

Sústružnicke nože		
práca	nôž	názov
		uberací nôž priamy
		zapichovací nôž
		uberací nôž čelný
		vnútorný uberací nôž

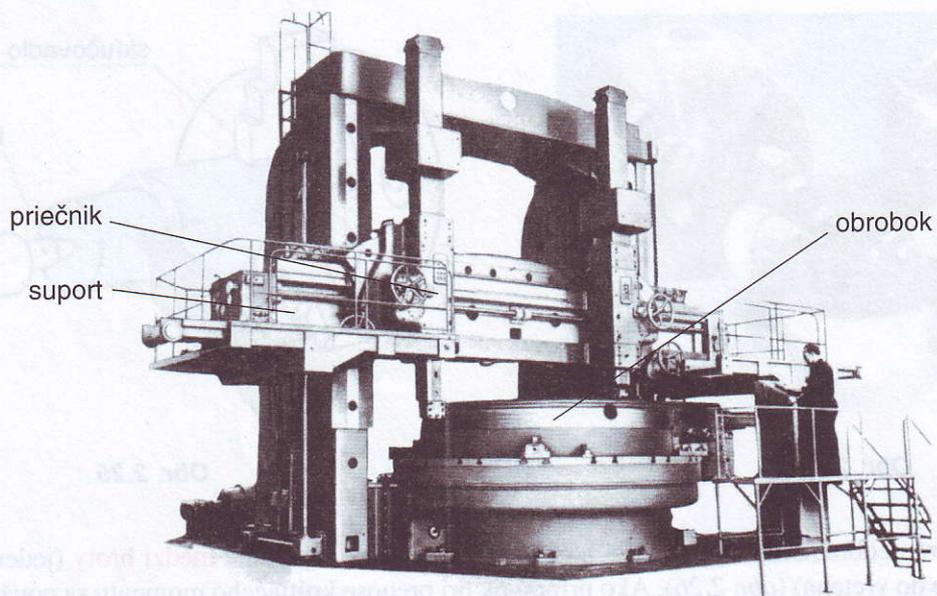
**Sústruhy**

Najčastejšie sa používajú **hrotové sústruhy** (obr. 2.21). Súčiastky sú upnuté v skľučovadle, dlhé súčiastky bývajú upnuté medzi hrotmi. Veľkosť sústruhu sa udáva najväčším priemerom a najväčšou dĺžkou súčiastky, ktorá sa dá na stroji obrobiť.



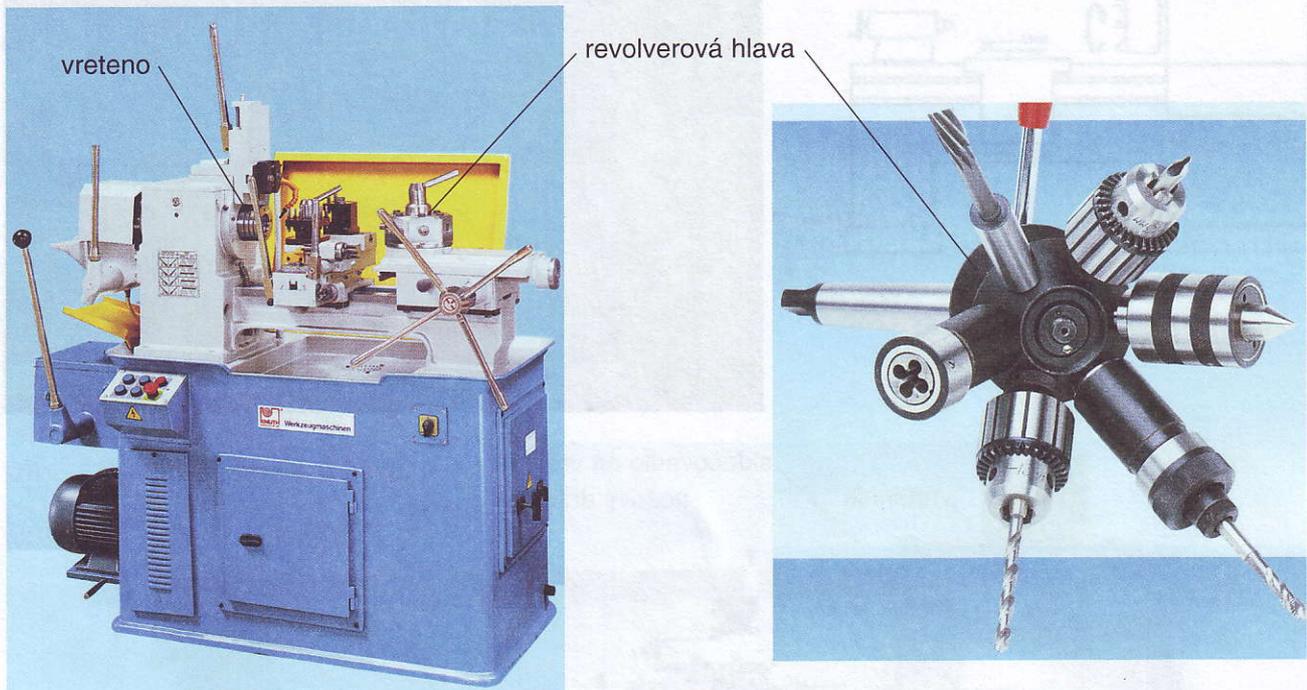
Obr. 2.21

Na obrábanie ťažkých súčiastok s veľkými priermi sa používajú zvislé sústruhy – **karusely** (obr. 2.22).



Obr. 2.22

**Revolverové sústruhy** sa používajú na výrobu jednoduchých súčiastok v sériovej výrobe. Všetky nástroje potrebné na výrobu súčiastky sú upevnené v revolverovej hlave. Postupne, automaticky, prechádzajú do pracovnej polohy. Dutým vretenom prechádza tyčový polovýrobok (obr. 2.23).



Obr. 2.23

Vo veľkosériovej výrobe sa používajú **automaty**. Sú podobné revolverovým sústruhom, ale majú automatizované všetky úkony. Sú výkonnejšie.

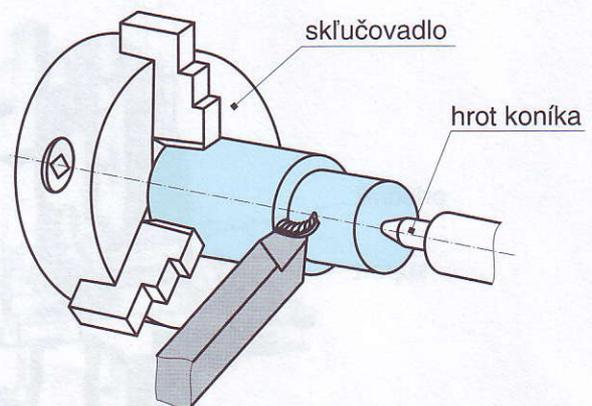
### Upínanie na sústruhoch

Pri sústružení sa krátke obrobky najčastejšie upínajú do **univerzálneho skľučovadla**, ktoré je naskrutkované na vretene (obr. 2.24).

Dlhšie súčiastky sa môžu upnúť do skľučovadla a oprieť o upínací hrot v koníku (obr. 2.25).

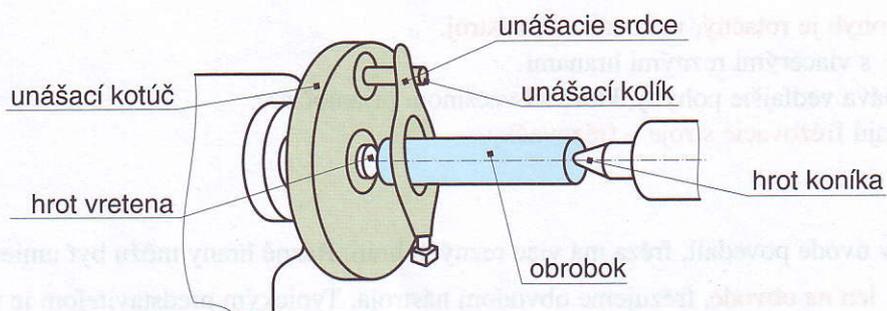


Obr. 2.24



Obr. 2.25

Dlhé súčiastky, ktoré neobrábame na vonkajšej ploche po celej dĺžke, upíname **medzi hroty** (jeden hrot je v koníku, druhý upne do vretene) (obr. 2.26). Ako prípravok pri prenose krútiaceho momentu sa používa unášacie srdce.

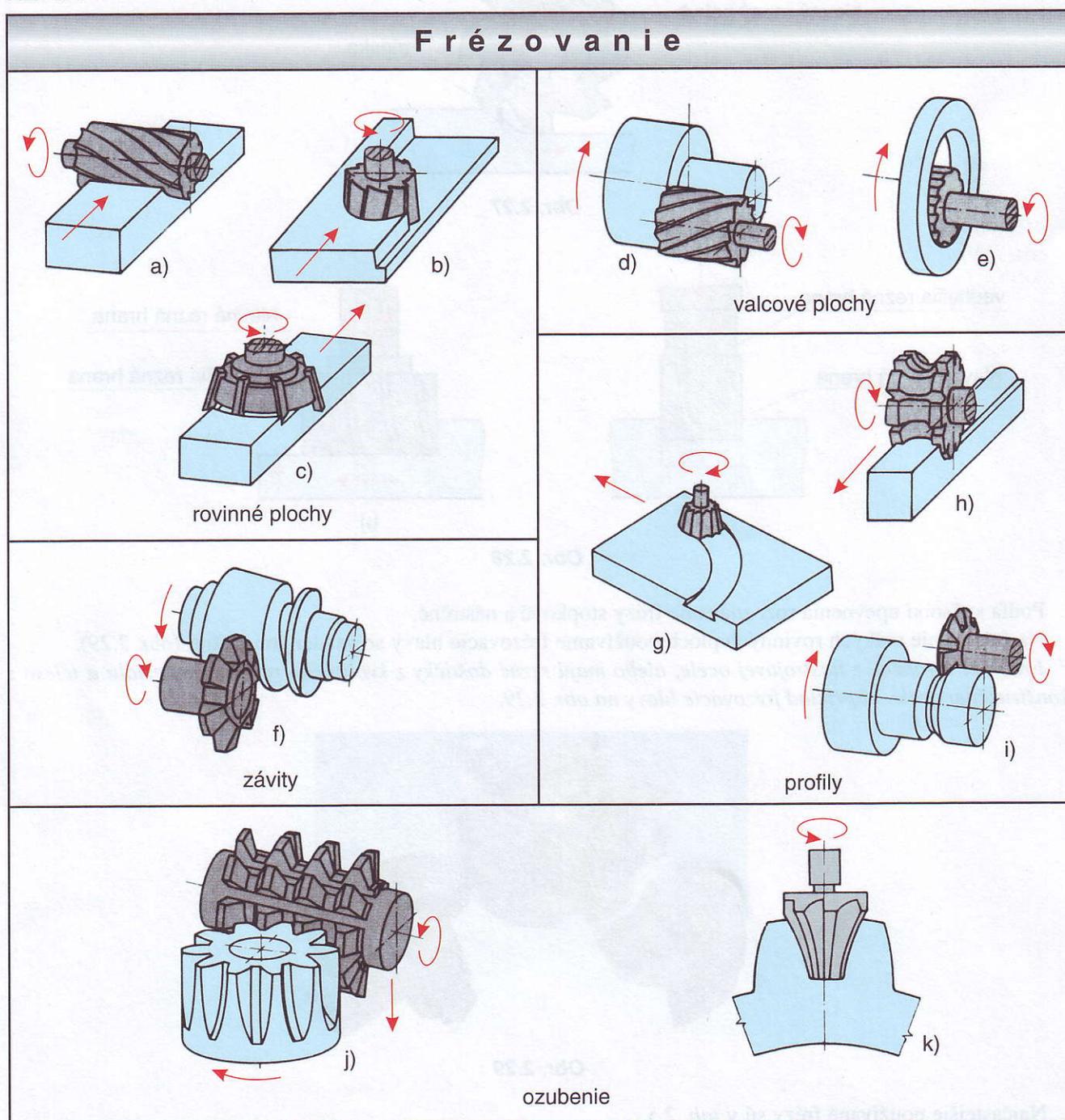


Obr. 2.26

### 2.2.3. Frézovanie

Frézovaním sa obrábajú **rovinné plochy**, vyrábajú priame aj skrutkové žliabky, ozubené kolesá, závitý a iné (tab. 2.4).

Tab. 2.4



Hlavný rezný pohyb je rotačný, vykonáva ho nástroj.

Nástroj je fréza s viacerými reznými hranami.

Obrobok vykonáva vedľajšie pohyby, ktoré sú väčšinou priamočiare.

Stroje sa nazývajú frézovacie stroje – frézovačky.

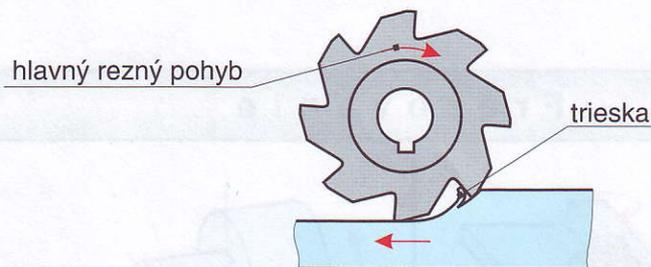
### Frézy

Ako sme si už v úvode povedali, fréza má viac rezných hrán. Rezné hrany môžu byť umiestnené:

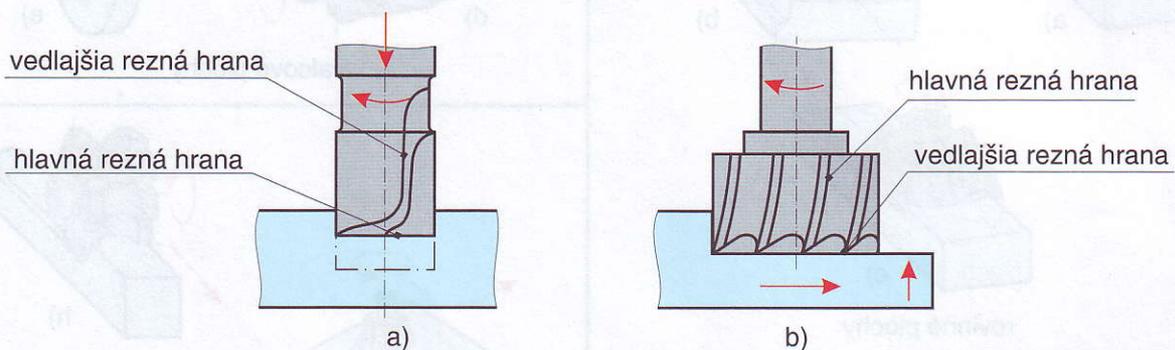
- **len na obvode**, frézujeme obvodom nástroja. Typickým predstaviteľom je valcová fréza (obr. 2.27),
- **na čele a na obvode** nástroja, sú to čelné frézy (obr. 2.28).

Keď sú hlavné rezné hrany na čele, frézuje sa do hĺbky (obr. 2.28a).

Keď sú hlavné rezné hrany po obvode, frézuje sa plošne (obr. 2.28b).



Obr. 2.27



Obr. 2.28

Podľa spôsobu upevnenia rozoznávame frézy stopkové a nástrčné.

Na frézovanie veľkých rovinných plôch používame frézovacie hlavy so vsadenými nožmi (obr. 2.29).

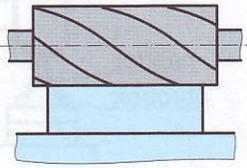
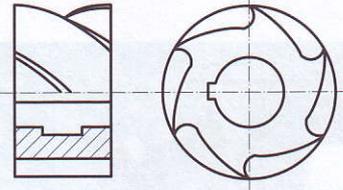
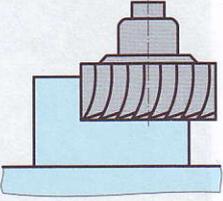
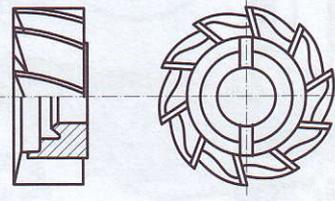
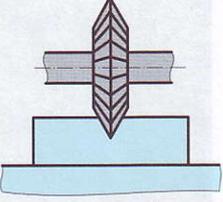
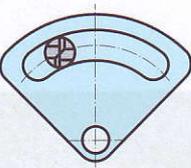
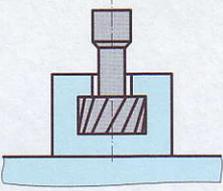
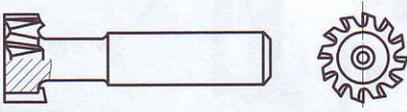
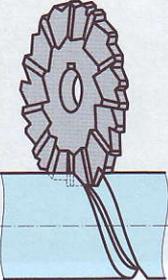
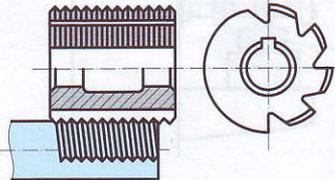
Frézy sú vyrobené z nástrojovej ocele, alebo majú rezné doštičky z kvalitného rezného materiálu a teleso z konštrukčnej ocele, napríklad frézovacie hlavy na obr. 2.29.



Obr. 2.29

Najčastejšie používané frézy sú v tab. 2.5.

Tab. 2.5

Frézy			
názov nástroja	obrábanie	nástroj	v tab. 1.5 označené
valcová fréza			a), d), e)
čelná fréza			b)
drážkovacie frézy	  	  	g), i)
tvarové frézy			f), h), j), k)

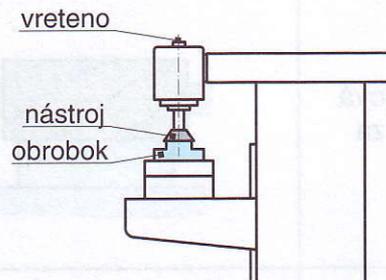
**Frézovačky**

Frézovacie stroje (frézovačky alebo frézky) rozlišujeme podľa polohy osi otáčania vretena:

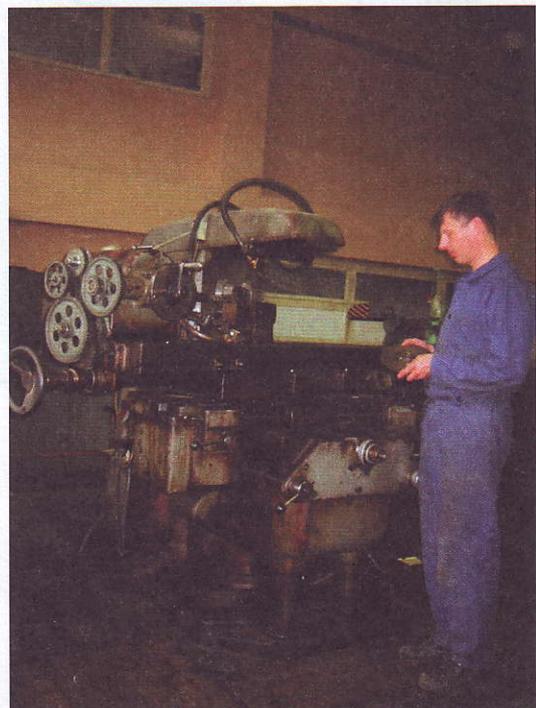
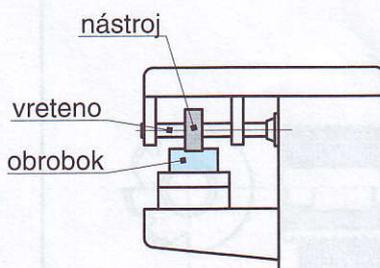
- zvislé (obr. 2.30a),
- vodorovné (obr. 2.30b),
- univerzálne (obr. 2.31).



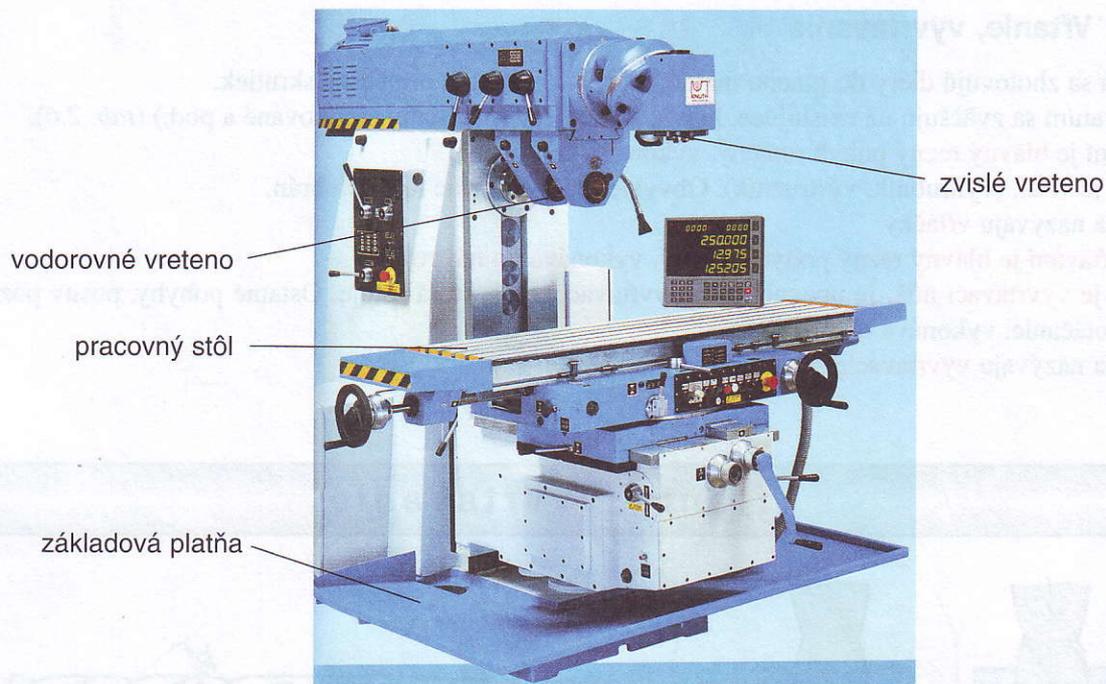
a)



b)



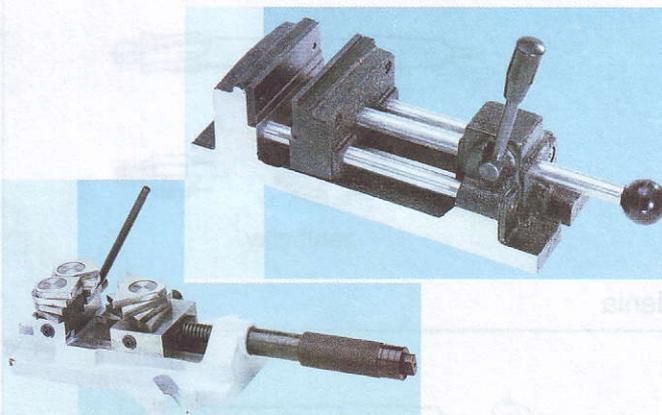
Obr. 2.30



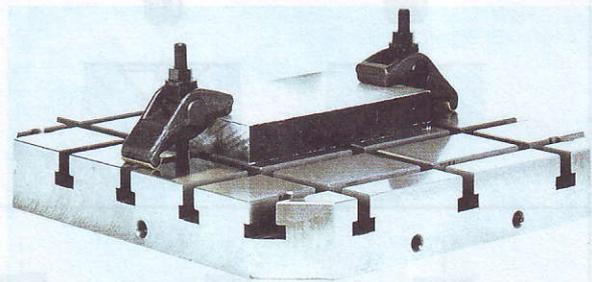
Obr. 2.31

### Upínanie na frézovačkách

Pri frézovaní sa obrobky najčastejšie upínajú na stôl do zverákov (obr. 2.32), alebo pomocou úpiniek (obr. 2.33). Pri výrobe ozubených kolies sa používa deliaci prístroj (obr. 2.34).



Obr. 2.32



Obr. 2.33



Obr. 2.34

## 2.2.4. Vrtanie, vyvrtavanie

Vrtaním sa zhotovujú **diery** do plného materiálu, robia osadenia pre hlavy skrutiek.

Vyvrtávaním sa zväčšujú už existujúce, hlavne dlhé diery (predliate, predkované a pod.) (tab. 2.6).

Pri vrtaní je **hlavný rezný pohyb rotačný, vykonáva ho nástroj.**

**Nástroj je vrták** (výhrubník, výstružník). Obvykle má dve a viac rezných hrán.

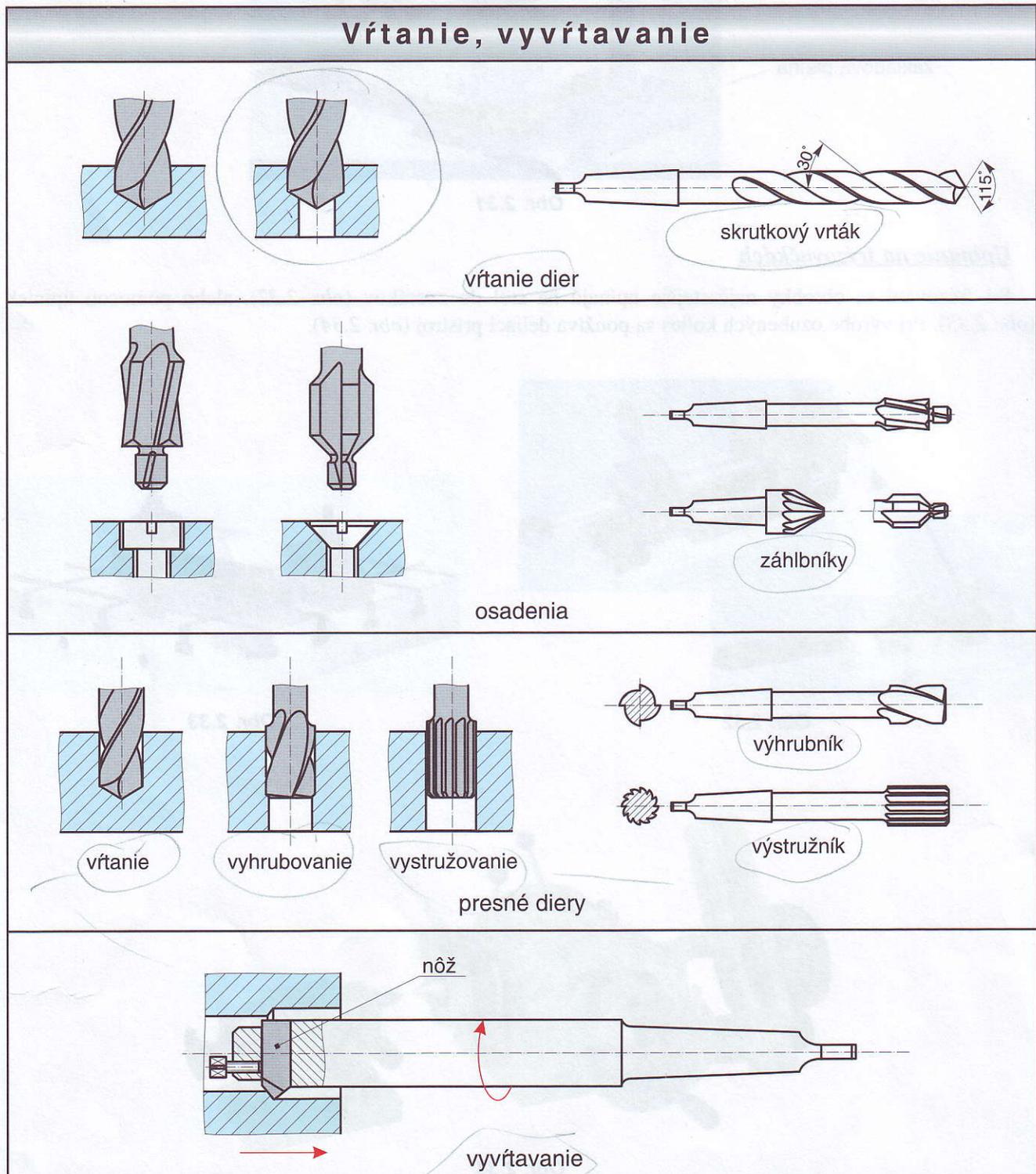
Stroje sa nazývajú **vrtáčky**.

Pri **vyvrtávaní** je **hlavný rezný pohyb rotačný, vykonáva ho nástroj.**

**Nástroj je vyvrtavací nôž.** Je upevnený vo vyvrtavacej tyči, ktorá rotuje. Ostatné pohyby, posuv pozdĺžny a priečny a otáčanie, vykonáva obrobok.

Stroje sa nazývajú **vyvrtavacie stroje**.

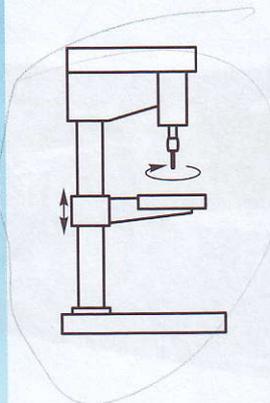
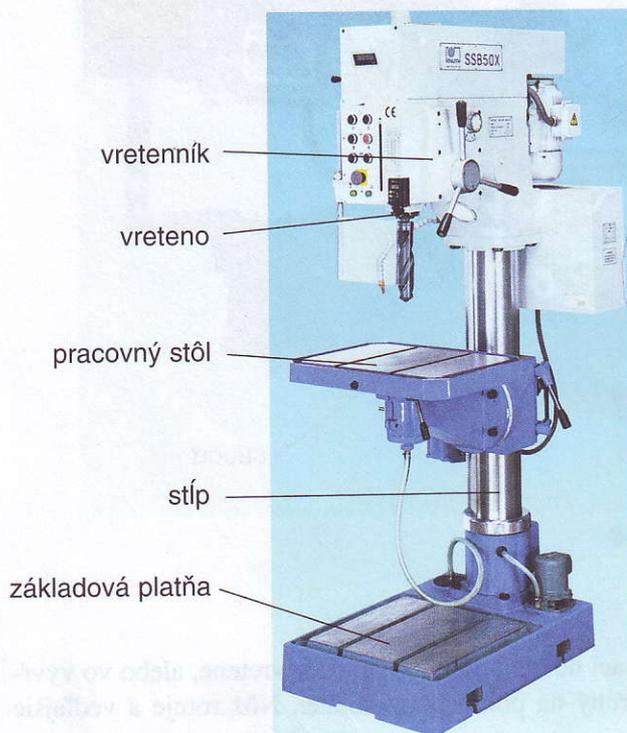
Tab. 2.6



## Vřtačky

Rozoznávame ich podľa konštrukcie a veľkosti priemeru dier, ktoré sa na nich dajú vŕtať:

- stolové (diery do  $\varnothing$  16 mm),
- stĺpové (do  $\varnothing$  40 mm) (obr. 2.35),
- stojanové (do  $\varnothing$  80 mm) (obr. 2.36),
- otočné radiálne, používajú sa na vŕtanie dier do ťažkých obrobkov (obr. 2.37),
- univerzálne,
- špeciálne.



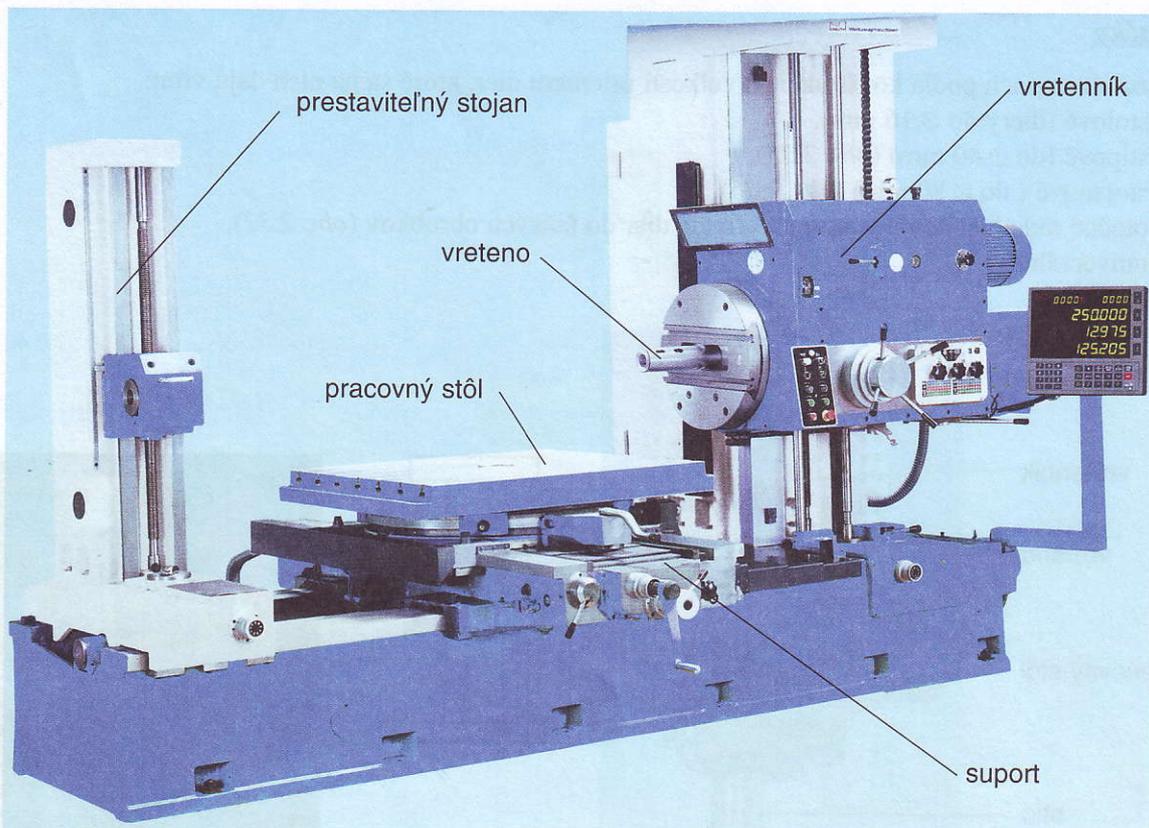
Obr. 2.35



Obr. 2.36



Obr. 2.37



Obr. 2.38

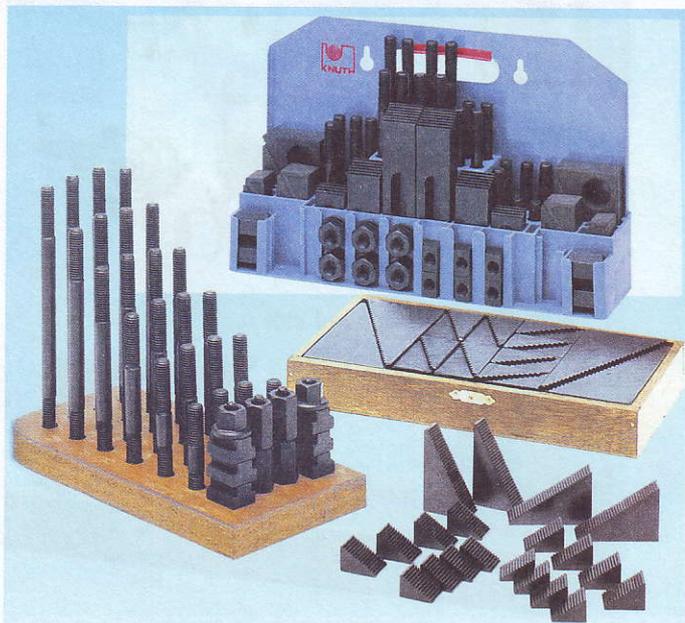
### Vyvrtávačky

Najčastejšie sa používajú vodorovné (obr. 2.38). Vyvrtávací nôž je upnutý priamo vo vretene, alebo vo vyvrtávacej tyči, ktorej jeden koniec je uložený vo vretene, druhý na pomocnom stojane. Nôž rotuje a vedľajšie pohyby vykonáva obrobok.

### Upínanie na vrtačkách a vyvrtávačkách

Obrobky sú upínané pomocou zverákov a úpiniek. Príklad sady úpiniek je na obr. 2.39.

Na obr. 2.40 vidíte sadu skrutkovicových vrtákov s povlakom z titánnitridu a sadu záhlbníkov.



Obr. 2.39



Obr. 2.40

## 2.2.5. Brúsenie

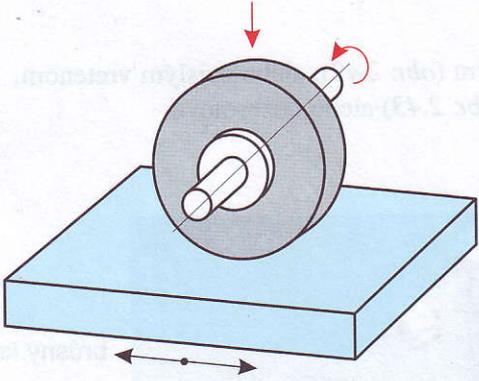
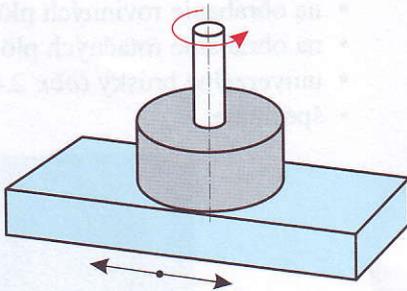
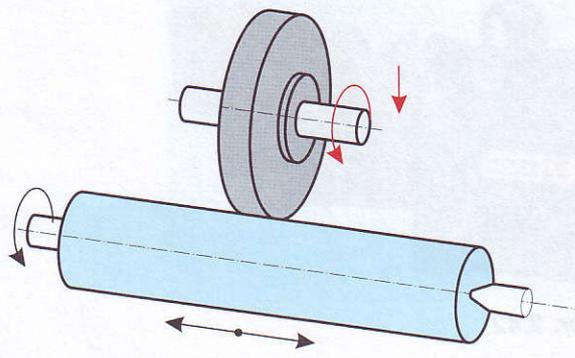
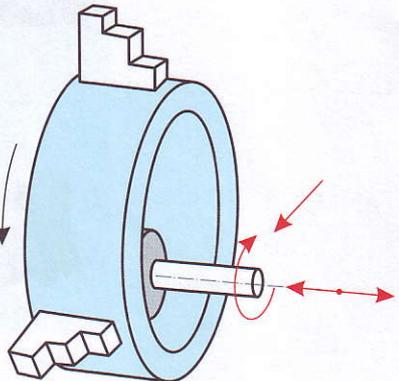
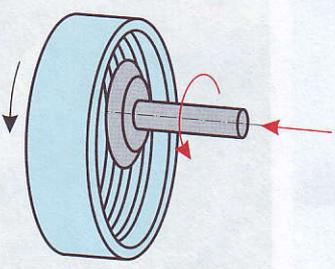
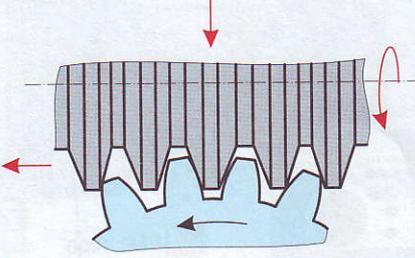
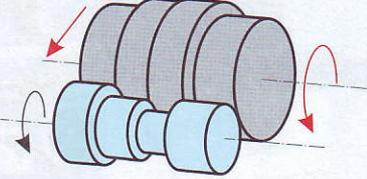
Brúsením sa **dokončujú povrchy** súčiastok alebo **ostria rezné nástroje**. Dosiachneme ním presné rozmery a kvalitný povrch (tab. 2.7).

Hlavný rezný pohyb je rotačný a vykonáva ho nástroj. Vedľajší pohyb vykonáva obrobok.

Nástroj je brúsný kotúč.

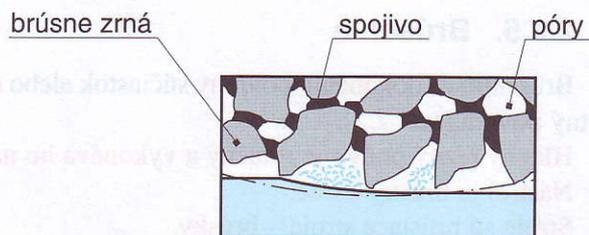
Stroje sú brúsiace stroje – brúsky.

Tab. 2.7

Brúsenie	
rovinné	 <p>obvodom kotúča</p>  <p>čelom kotúča</p>
valcové	 <p>vonkajšie</p>  <p>vnútorné</p>
profilové (tvarové)	 <p>závity</p>  <p>ozubenia</p>  <p>tvarové plochy</p>

### Brúsne kotúče

Sú zhotovené z brúsnych zŕn spojených spojivom. Zrná môžu byť prírodné, väčšinou sú však vyrobené synteticky. Brúsny kotúč je mnohorezný nástroj (obr. 2.41). Opatrebované zrná sa vylamujú. Kotúče majú rôzny tvar. Sú v strojníckych tabuľkách.

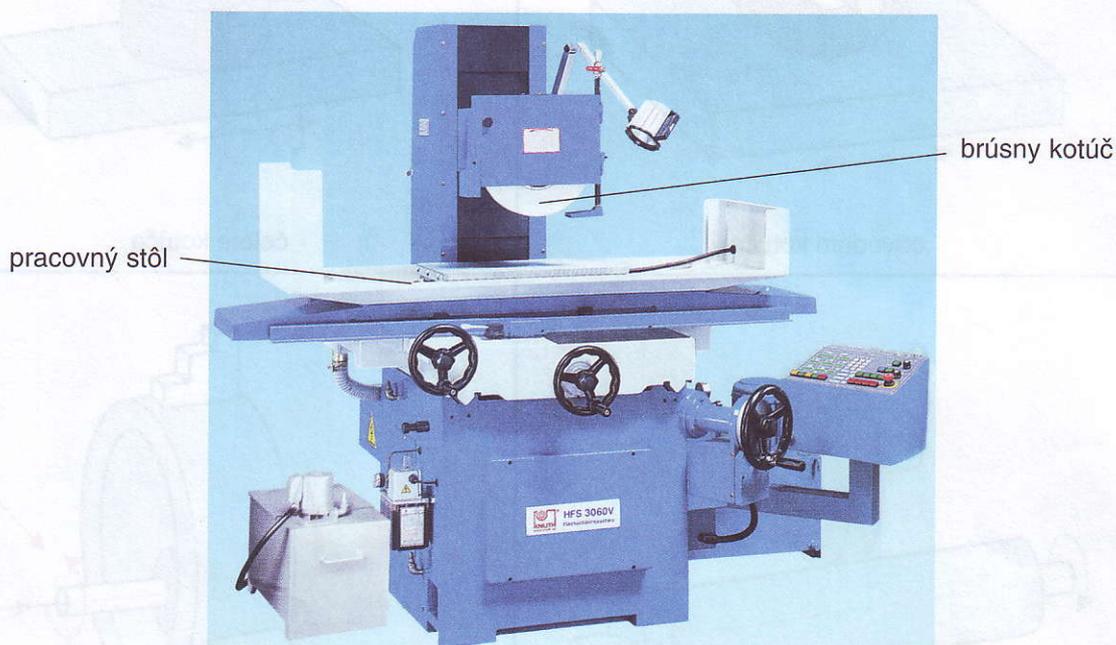


Obr. 2.41

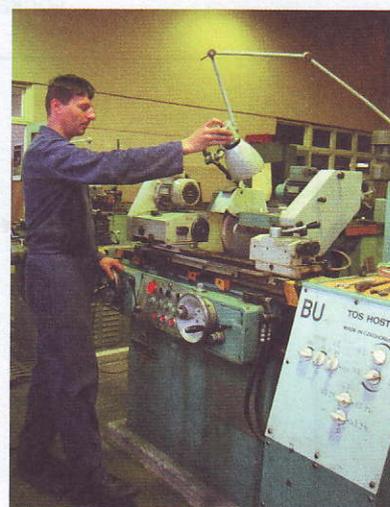
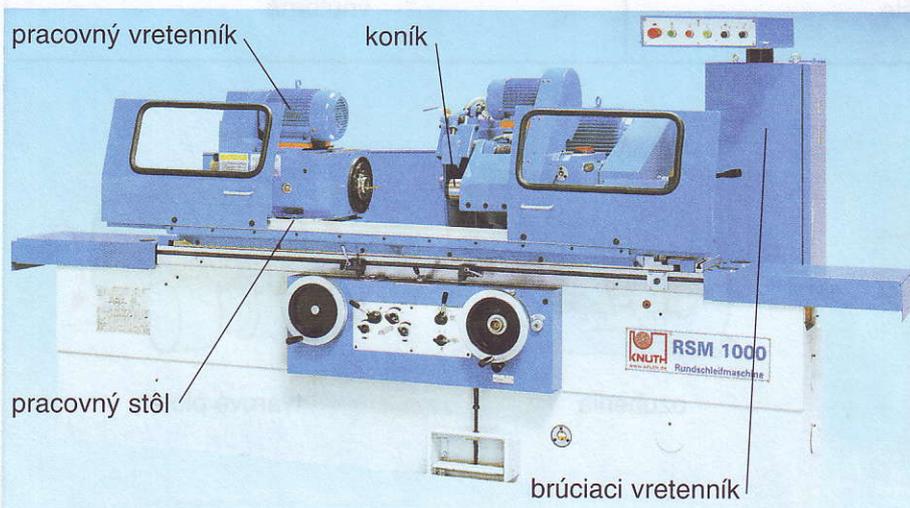
### Brúsky

Brúsky rozoznávame podľa použitia:

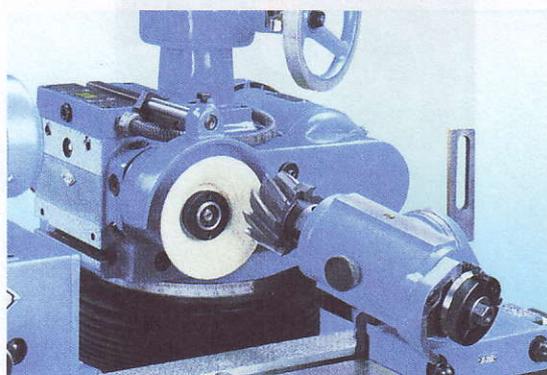
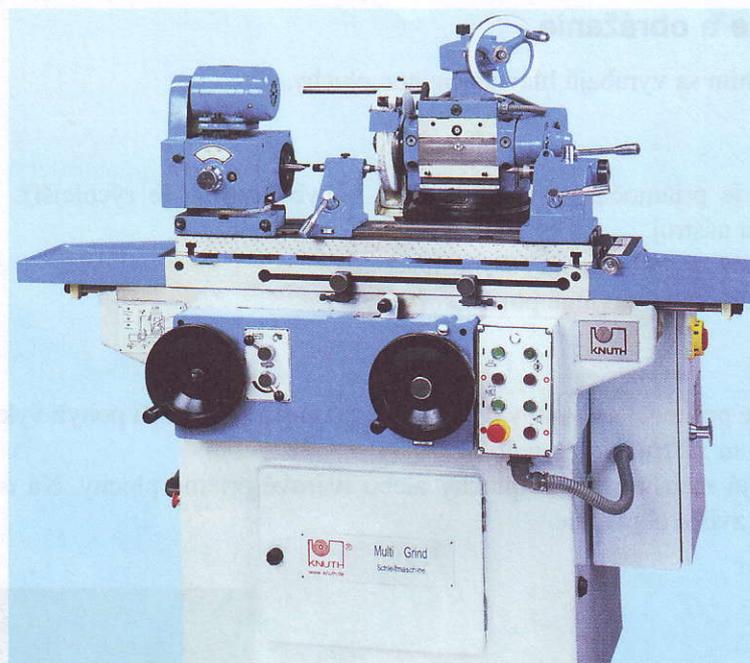
- brúsky na ostrenie nástrojov,
- obrábacie brúsky:
  - na obrábanie rovinných plôch s vodorovným (obr. 2.42), alebo zvislým vretenom,
  - na obrábanie rotačných plôch – hrotové (obr. 2.43) alebo bezhrotové,
  - univerzálne brúsky (obr. 2.44),
  - špeciálne.



Obr. 2.42



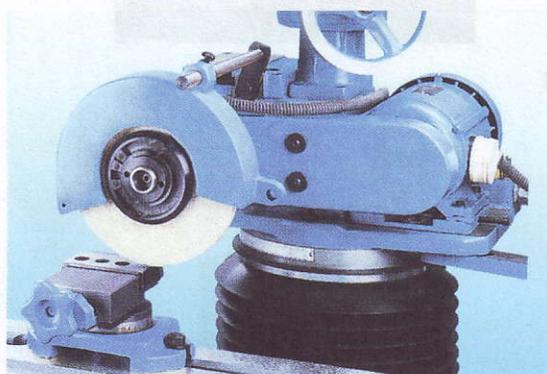
Obr. 2.43



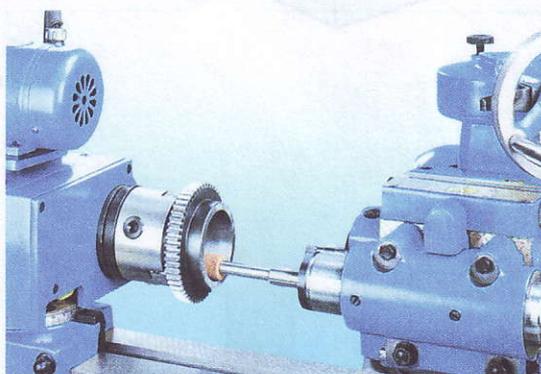
brúsenie rezných hrán frézy



brúsenie zubov pílového kotúča



brúsenie rovinatej plochy



brúsenie vnútornej plochy

Obr. 2.44

### Upínanie obrobkov na brúskach

Pri rovinnom brúsení väčšinou elektromagnetické, v zverákoch a úpinkami.

Pri brúsení valcových plôch je obrobok upnutý v sklúčovadle alebo pomocou upínacích hrotov.

## 2.2.6. Hobľovanie a obrážanie

Hobľovaním a obrážaním sa vyrábajú hlavne **rovinné plochy**.

### Hobľovanie

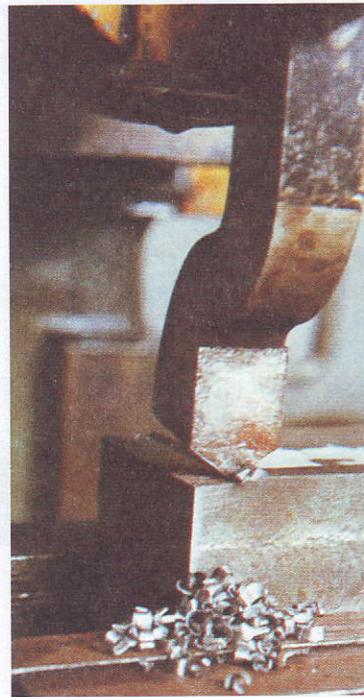
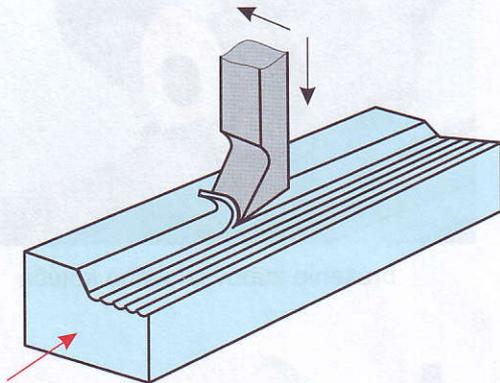
Hlavný rezný pohyb je **priamočiary vratný** (spätný pohyb nástroja je rýchlejší). **Vykonáva ho obrobok**. Vedľajší pohyb vykonáva nástroj.

Nástroj je **hobľovací nôž**. *Podobá sa na sústružnícky nôž*.  
Hobľovaním sa obrábajú veľké rovinné plochy (*obr. 2.45*).

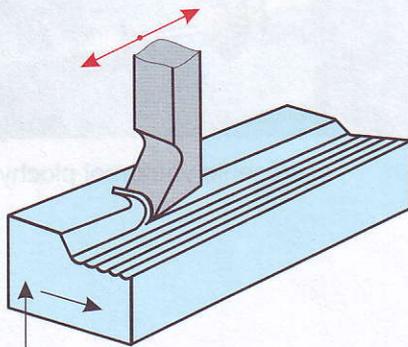
### Obrážanie

Hlavný rezný pohyb je **priamočiary vratný a vykonáva ho nástroj**. Vedľajší pohyb vykonáva obrobok. **Nástroj je obrážací nôž**. *Podobá sa sústružníckemu nožu*.

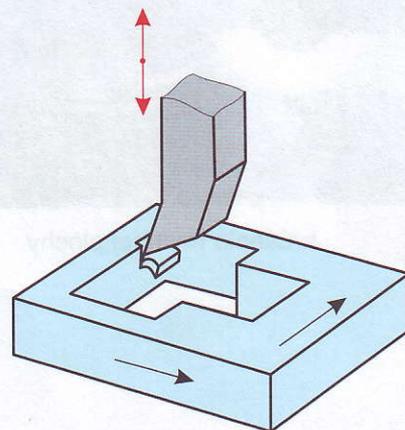
Obrážaním sa obrábajú menšie rovinné plochy alebo tvarové priame plochy. Na *obr. 2.46a* je vodorovné obrážanie, na *obr. 2.46b* zvislé obrážanie.



Obr. 2.45



a)

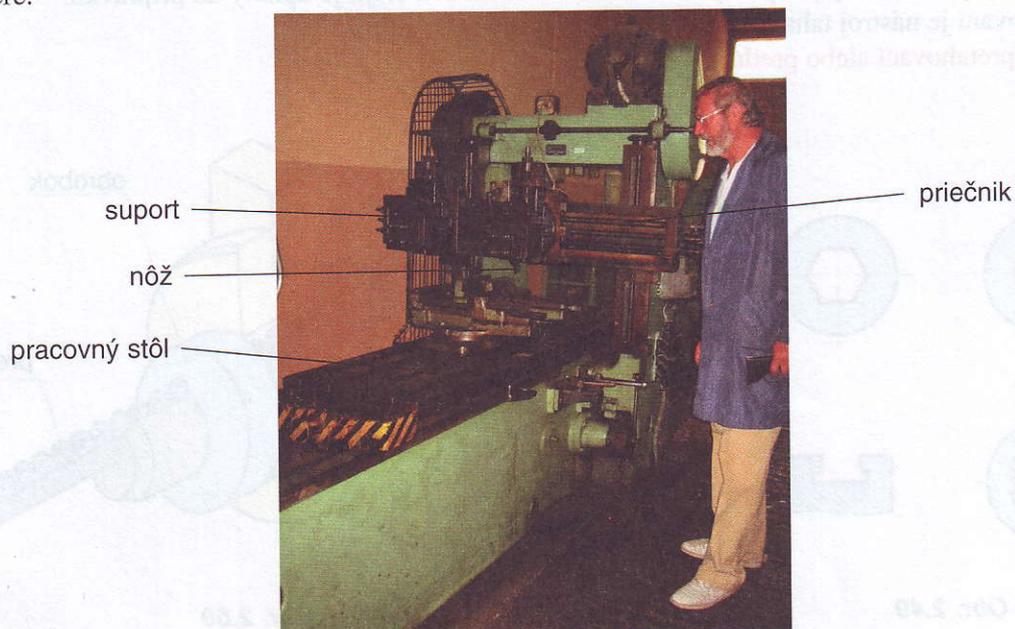


b)

Obr. 2.46

## Hoblovačky

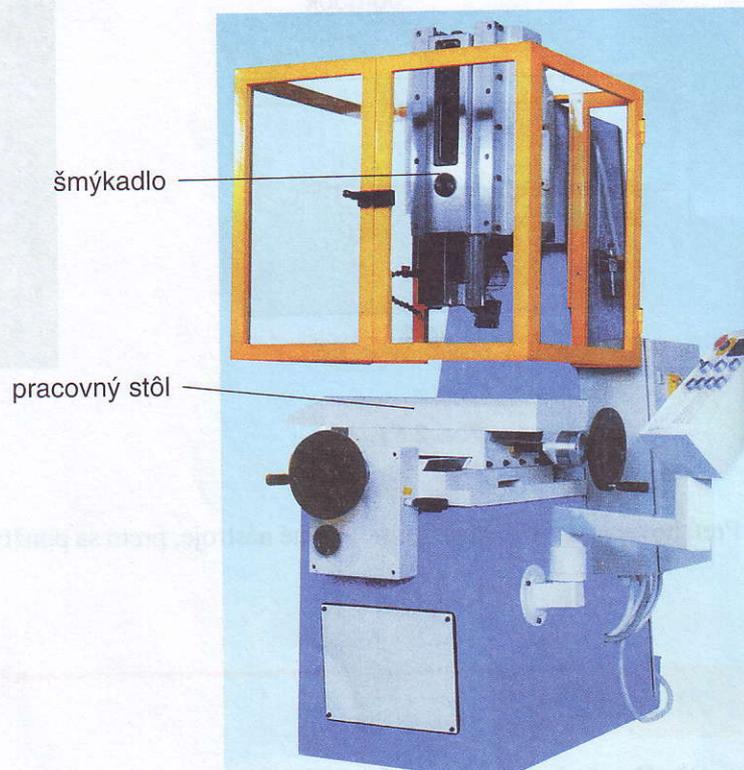
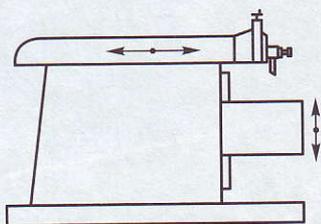
Hoblovacie stroje bývajú jednostojanové a dvojstojanové (obr. 2.47). Nôž alebo nože (naráz môže pracovať aj viac nožov) sú upevnené v suporte, ktorý je vodorovne pohyblivý na priečniku. Priečnik je prestaviteľný vo zvislom smere.



Obr. 2.47

## Obrážačky

Obrážacie stroje rozoznávame podľa pohybu šmýkadla, v ktorom je upevnený nôž: vodorovné a zvislé (obr. 2.48).



Obr. 2.48

## Upínanie na hoblovacích a obrážacích strojoch

Obrobky sa upínajú pomocou zverákov a úpiniek.

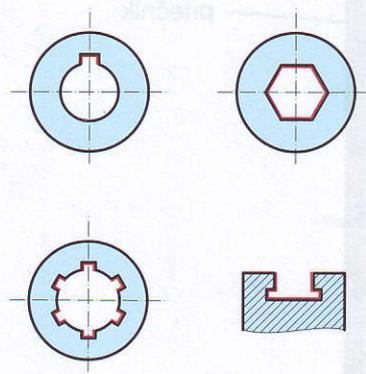
## 2.2.7. Prefahovanie a pretláčanie

Je to trieskové obrábanie, ktorým sa zhotovujú **presné vnútorné**, prípadne aj vonkajšie **tvarové plochy** (obr. 2.49).

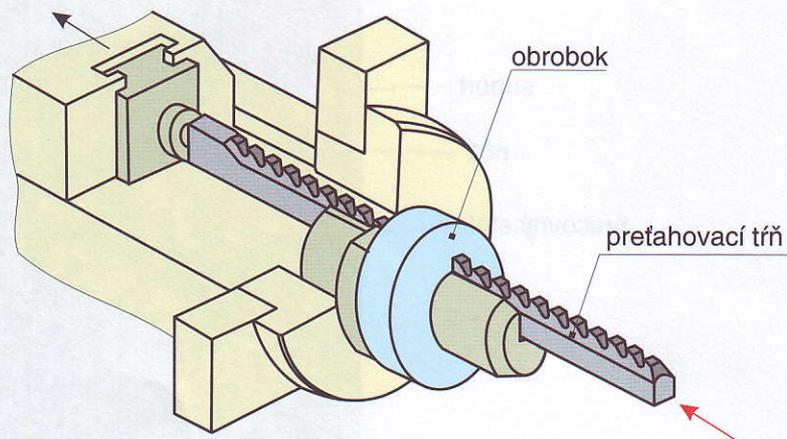
**Hlavný rezný priamočiary pohyb vykonáva nástroj.** Obrobok stojí, je upnutý do prípravku.

Pri prefahovaní je nástroj ťahaný, pri pretláčaní tlačенý (obr. 2.50).

**Nástroj je prefahovací alebo pretláčací trň.**



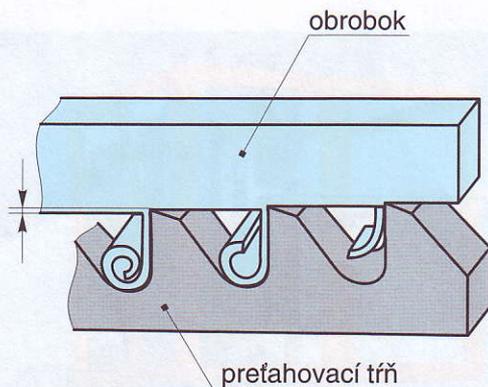
Obr. 2.49



Obr. 2.50

### Prefahovacie, pretláčacie trne

Majú viac rezných hrán, zubov. Každý ďalší zub je o niečo väčší (vyšší) (obr. 2.51). Každý zub tak odoberá triesku. Na obrobenie plochy preto stačí jedno pretiahnutie alebo pretlačenie nástroja.



Obr. 2.51



Obr. 2.52

Prefahovacie a pretláčacie trne sú drahé nástroje, preto sa používajú v sériovej a hromadnej výrobe (obr. 2.52).

### Zhrnutie:

**Obrábanie je spôsob výroby súčiastky postupným oddeľovaním** prebytočného materiálu – **triesky**. Môže byť ručné a strojové.

Najpoužívanejšie ručné obrábanie je sekание, delenie materiálu strihaním a pílením, rezanie závitov. Nástroje sú sekáče, nožnice, pílové listy a kotúče, závitové očka a závitníky.

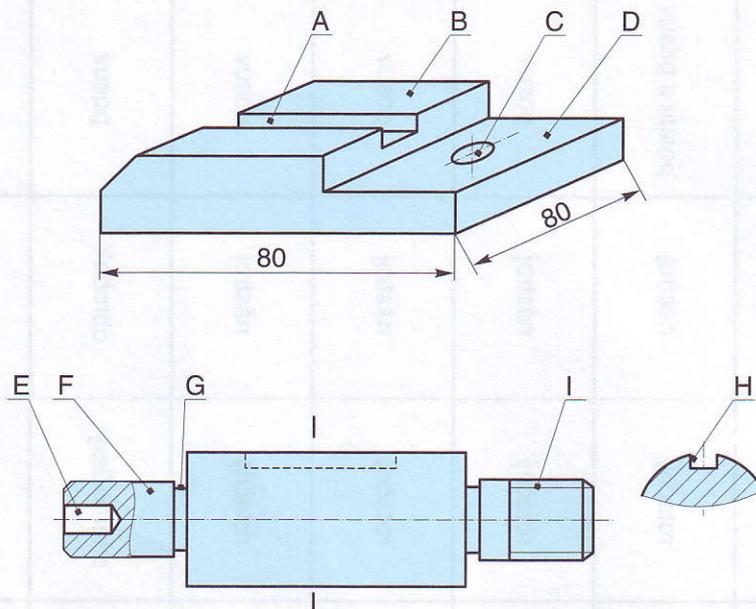
Prehľad strojového obrábania je v tab. 2.8.

Tab. 2.8

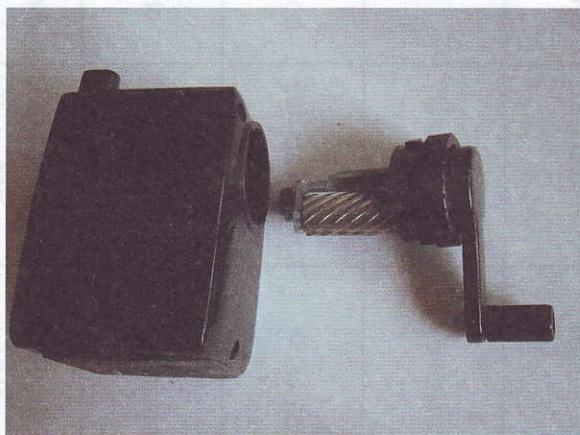
O b r á b a n i e								
názov obrábania	nástroj	stroj	hlavný rezný pohyb	čo ho vykonáva	vedľajší rezný pohyb	čo ho vykonáva	čo ho vykonáva	hlavne sa obrábajú
sústruženie	nôž	sústruh	rotačný	obrobok	posuv a prísuv	nástroj	nástroj	rotačné, rovinné, tvarové plochy vonkajšie aj vnútorné
frézovanie	fréza	frézovačka	rotačný	nástroj	posuv a prísuv	obrobok	obrobok	rovinné plochy, priame aj skrutkové tvarové žliabky a profily, ozubené kolesá
vŕtanie	vrták	vŕtačka	rotačný	nástroj	posuv	nástroj	nástroj	diery, otvory
vyvŕtavanie	vyvŕtavací nôž	vyvŕtavačka	rotačný	nástroj	posuv	obrobok	obrobok	dlhé predhotovené diery
brúsenie	brúsny kotúč	brúska	rotačný	nástroj	posuv	obrobok, prípadne kotúč	obrobok,	rovinné, valcové, tvarové plochy vonkajšie aj vnútorné
hobľovanie	hobľovací nôž	hobľovačka	priamočiary	obrobok	posuv	nástroj	nástroj	veľké rovinné plochy
obrážanie	obrážací nôž	obrážkačka	priamočiary	nástroj	posuv	obrobok	obrobok	rovinné, tvarové priame plochy
prefahovanie a pretláčanie	prefahovací, pretláčací trň	prefahovačka, pretláččka	priamočiary	nástroj	-	-	-	tvarové presné vnútorné, prípadne vonkajšie plochy

## Otázky, úlohy a úvahy:

1. Nájdite v strojnických tabuľkách označovanie sústružníckych nožov.
2. Prečo sú na čelustiach univerzálneho skľučovadla stupne?
3. Aký je hlavný rezný pohyb pri jednotlivých druhoch obrábania?
4. Ako sa nazývajú nástroje pri jednotlivých druhoch obrábania?
5. Keby sme chceli vyrobiť drážku tvaru T, ktorý spôsob obrábania a aký druh nástroja by sme zvolili?
6. Nájdite v strojnických tabuľkách frézy.
7. Nájdite v strojnických tabuľkách tvary brúsnych kotúčov.
8. Aký druh strojov by ste zaradili do linky v hromadnej výrobe?
9. Ako sa vyrábajú presné otvory, napr.  $\varnothing 20 H8$ ?
10. Ako vyrobíme vonkajšiu a vnútornú kuželovú plochu?
11. Navrhnete spôsob výroby jednotlivých označených plôch na súčiastkach na obr. 2.53. Musia byť rovnaké všetky návrhy spolužiakov? Podľa akých kritérií by ste vybrali optimálny návrh?
12. Čo myslíte, ako sa dá vyrobiť otvor v hlavni dela?
13. Na obr. 2.54 je strojček na strúhanie ceruziek. Kde by ste zaradili jeho nástroj v tab. 2.6?
14. Keď sme u zubného lekára, hovoríme, že nám „vrtá zuby“. Ako by ste správne pomenovali jeho činnosť? Postupujte podľa definície jednotlivých druhov obrábania.



Obr. 2.53



Obr. 2.54

## 2.3. Obrábacie stroje pre automatizáciu výroby

(21, s. 54) „Prudký vývoj v oblasti nástrojov a nevyhnutnosť aplikácie moderných technológií, prísne ekologické a bezpečnostné normy, stále stúpajúce nároky užívateľov obrábacích strojov sú hlavné trendy vo vývoji technológie obrábania. Tieto faktory majú často veľmi protichodné požiadavky na vlastnosti obrábacích strojov. Na jednej strane je vyžadovaná čo najvyššia produktivita s možnosťou aplikácie tých najmodernejších technológií a na druhej strane vysoká univerzálnosť. V dnešnej takmer malosériovej výrobe univerzálnosť zabezpečí jednoduché opracovanie súčiastok často úplne odlišnými technológiami a spôsobmi. Ďalej sa od výrobcov požadujú čoraz kvalitnejšie stroje zaisťujúce vysokú mieru bezpečnosti a spĺňajúce prísne bezpečnostné normy, ktoré zároveň disponujú čo najväčšou životnosťou a súčasne majú byť pokiaľ možno čo najlacnejšie a maximálne ekologické.“

Dnes už klasické obrábacie stroje, ktoré sa zrodili začiatkom deväťdesiatych rokov minulého storočia a skôr, nie sú vždy schopné celkom vyhovieť všetkým týmto požiadavkám.“

Automatizácia výroby je zavedenie alebo použitie samočinných postupov v priemyselnej výrobe. Najjednoduchšie sa uplatňuje v hromadnej výrobe. Pretože v priemyselných štátoch je strednosériová a malosériová výroba približne na úrovni 80 %, je potrebné zavádzať automatizáciu aj do tejto oblasti. Zautomatizovanie pracovného cyklu vychádza z riadenia polohy a dráhy nástroja, z nastavovania rezných podmienok a manipulácie s obrobkom.

Najprv si definujeme druhy používaných obrábacích strojov z hľadiska výroby.

### 2.3.1. Obrábacie stroje

#### Univerzálne stroje

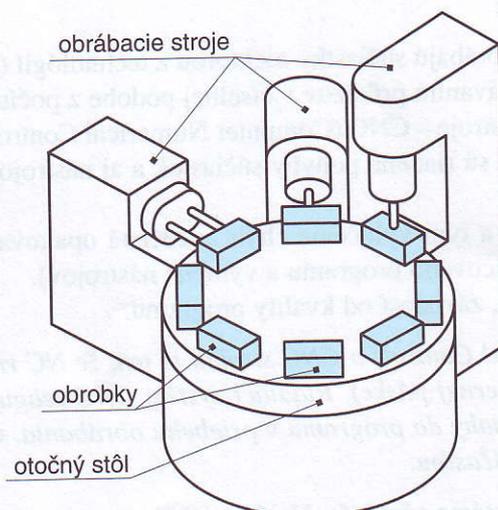
Univerzálne stroje v určitom okamihu robia iba **jednu operáciu jedným nástrojom**.

#### Automaty a poloautomaty

Automaty sú stroje, ktoré **automaticky vykonávajú jednotlivé pohyby pri obrábaní** jedného obrobku a **tie sa bez zmeny opakujú** pri obrábaní ďalšieho obrobku. Používajú sa v hromadnej výrobe, hlavne pri výrobe drobných spojovacích súčiastok. Majú zautomatizované úkony: podávanie tyčového materiálu, upínanie, výmena nástrojov pootočením revolverovej hlavy, posuv nástrojov do záberu. Pracujú podľa vopred nastaveného programu pomocou vačiek a narážok (tvrdý program) alebo pomocou elektrických spínačov, kopírovania, alebo číslicového odmeriavania dráhy (mäkký program). Poloautomaty majú automatizované len niektoré činnosti, napr. podávanie a upínanie materiálu.

#### Jednoúčelové stroje

Jednoúčelové stroje **obrábajú výrobky charakterizované rozmermi, tvarom a podobnými nárokmi na obrábacie operácie**. Ich cieľom je na jedno upnutie obrobku spraviť čo najviac operácií (obr. 2.55).



Obr. 2.55

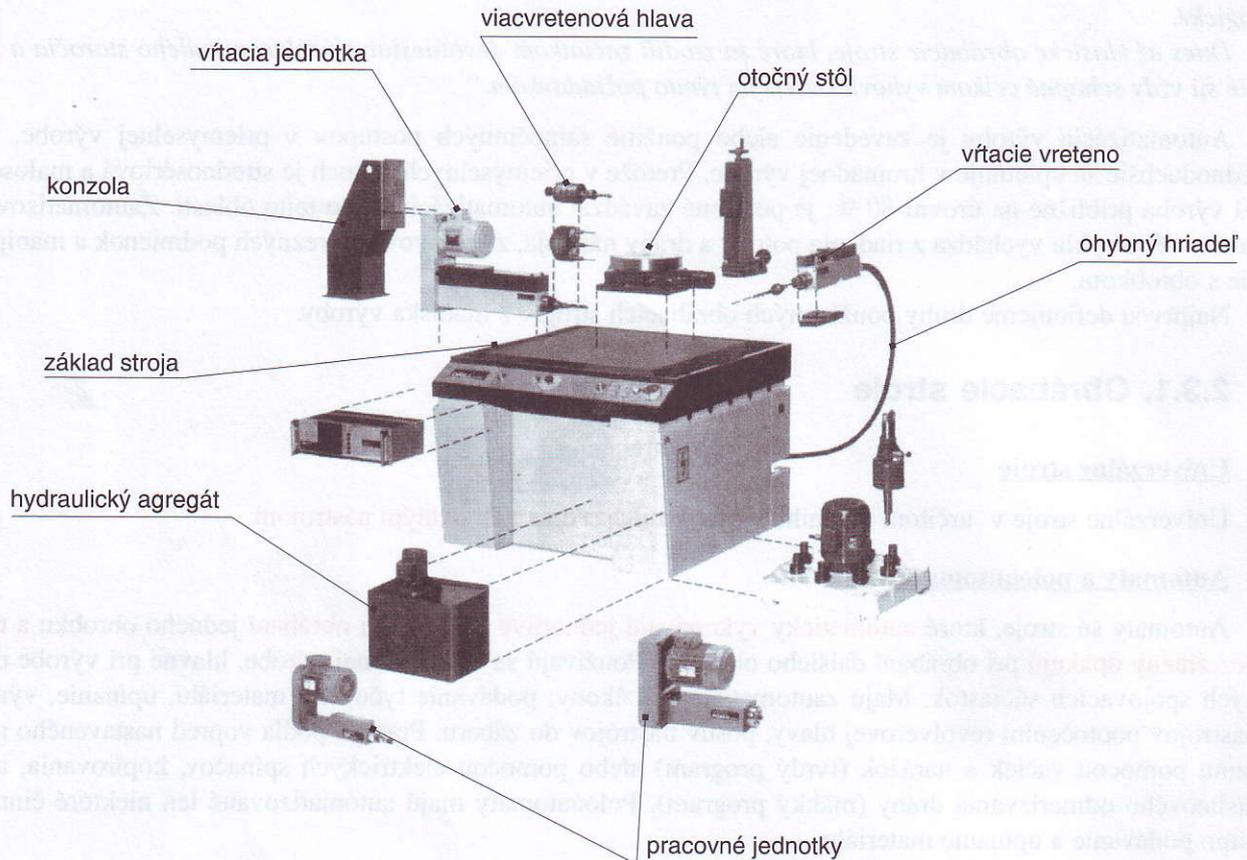
Jednoučelový stroj má: viac pracovných vretien, viac pracovných miest, špeciálne upínanie, všetky funkcie automatické a pod.

**Výhody:** väčšia výkonnosť, menší počet pracovníkov, zaberú menej miesta, presnejšia výroba, menšie výrobné náklady.

**Nevýhody:** veľká nadobúdacia cena, komplikovaná prestavba pri zmene operácií alebo druhu výrobku.

Stavebnicové jednoučelové stroje majú výhody jednoučelových strojov a zároveň odstraňujú ich nevýhody použitím **typizovaných a normalizovaných konštrukčných skupín** (obr. 2.56).

Majú už určitú mieru pružnosti a možnosť prispôbiť sa zmeneným podmienkam výroby.



Obr. 2.56

### Číslicovo riadené obrábacie stroje

Číslicovo riadené obrábacie stroje obrábajú súčiastky niektorou z technológií (sústružia, frézujú, brúšia atď.).

**Ich činnosť je riadená automaticky** zadávaním príkazov v číselnej podobe z počítačového programu (obr. 2.57).

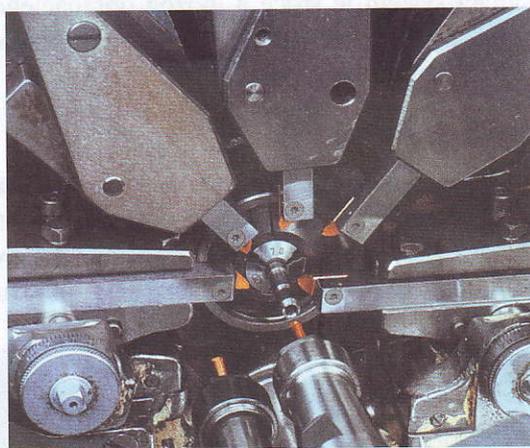
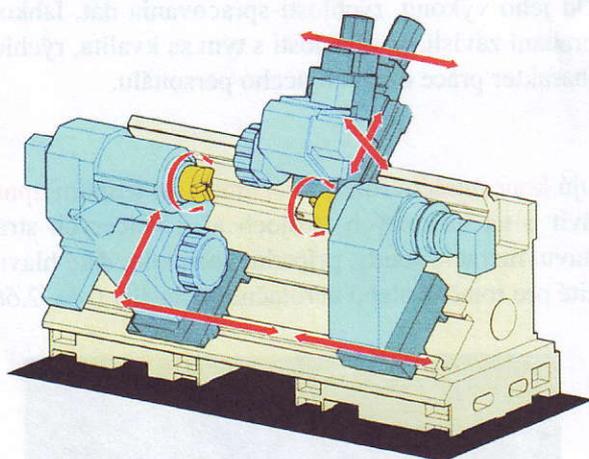
Terajšie číslicovo riadené obrábacie stroje – CNC (Computer Numerical Control) sú plne automatizované, riadené počítačom. Príkazom z programu sú riadené pohyby súčiastok a aj nástrojov, zmena rezných podmienok, výmena nástrojov atď.

**Výhody:** minimálny vplyv obsluhy, a tým vylúčenie chýb, zaručená opakovaná presnosť, pružnosť (zmena výrobného programu je v zmene počítačového programu a výmene nástrojov).

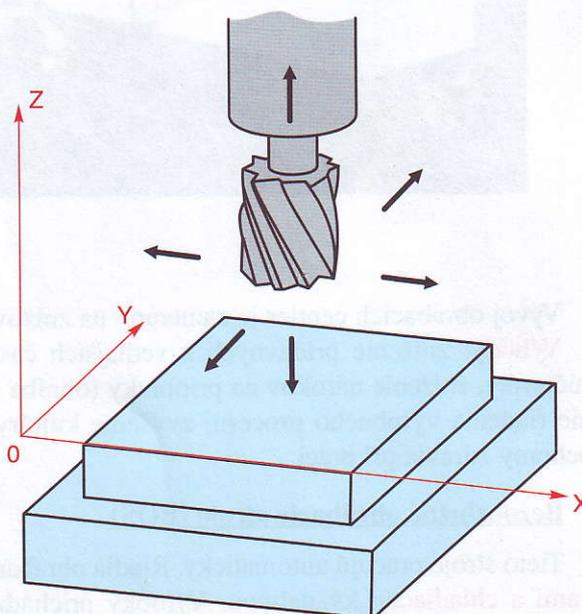
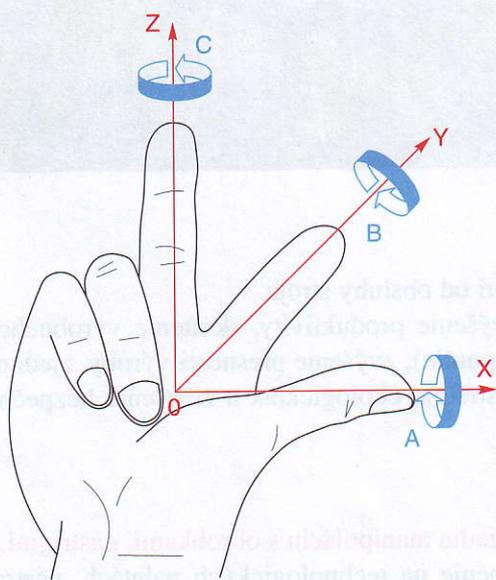
**Nevýhody:** vyššia nadobúdacia cena, závislosť od kvality programu.

*Rozdiel medzi strojmi NC (Numerical Control) a CNC strojmi je ten, že NC riadenie vykonávalo len povely zadané na kódovanom médiu (napr. diernej páske). Riadiaci systém CNC reaguje na spätný signál zo stroja, pružne prispôsobí opravy, úpravy a zásahy do programu v priebehu obrábania. Obrábací stroj je riadený jednoučelovým počítačom, ktorý je jeho súčasťou.*

Popis pohybu stroja sa definuje v systéme súradníc. Najčastejšie je to pravouhlý systém súradníc (O, x, y, z) na obr. 2.58. Reálne pohyby na stroji znázorňuje obr. 2.57.

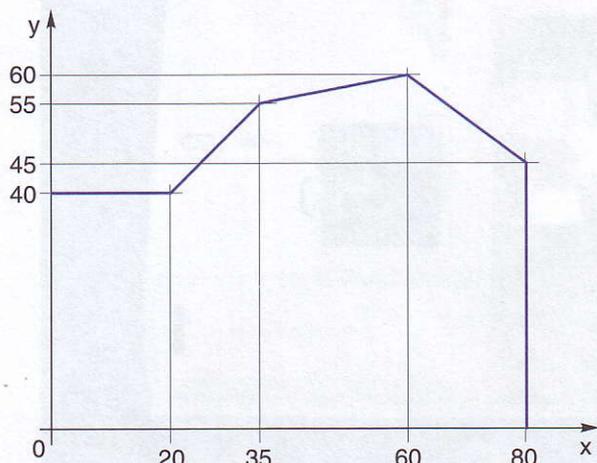


Obr. 2.57



Obr. 2.58

Príklad jednoduchého programu a jeho zápis v prírástkovom tvare vidíte na obr. 2.59.



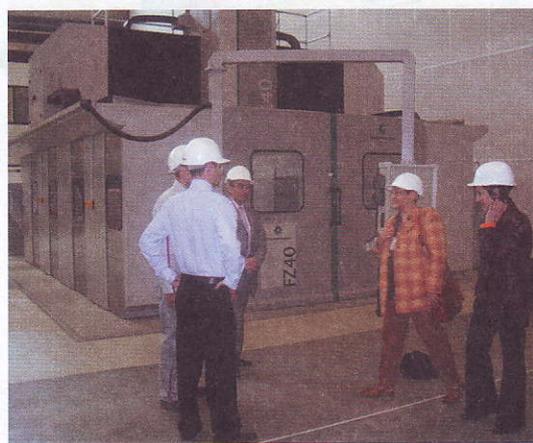
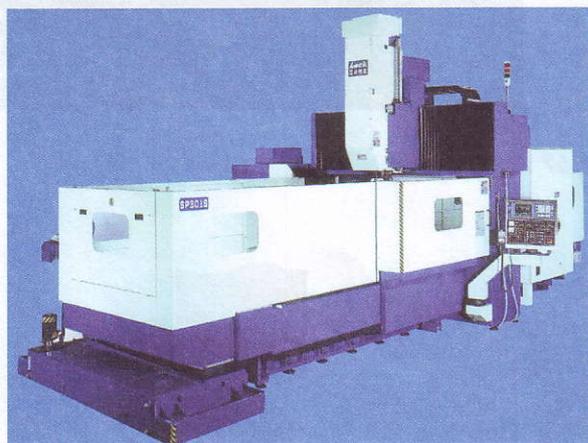
zápis krok	v prírástkovom tvare súradnice	
	x	y
1	+0	+40
2	+20	+0
3	+15	+15
4	+25	+5
5	+20	-15
6	+0	-45
7	-80	-0

Obr. 2.59

Riadiaci systém je srdce a mozog obrábacieho stroja. Od jeho výkonu, rýchlosti spracovania dát, ľahkosti obsluhy a programovania, spoľahlivosti a servisu sme pri obrábaní závislí. V súvislosti s tým sa kvalita, rýchlosť a možnosti obrábania presúvajú mimo výrobcu a mení sa charakter práce obsluhujúceho personálu.

### Obrábacie centrá

Obrábacie centrá sú CNC obrábacie stroje, ktoré umožňujú **koncentráciu rôznych operácií pri jednom upnutí súčiastky**. Napr. na frézovačke môžeme aj vŕtať, rezať závit a na niektorých strojoch aj z viacerých strán. Obrábacie centrum má zásobník nástrojov – nástrojovú zostavu, meracie sondy, prípadne technologické hlavice pre neštandardné operácie. Obrábacie centrá môžu byť použité pre rotačné alebo nerotačné súčiastky (obr. 2.60).



Obr. 2.60

Vývoj obrábacích centier je zameraný na znižovanie závislosti od obsluhy stroja.

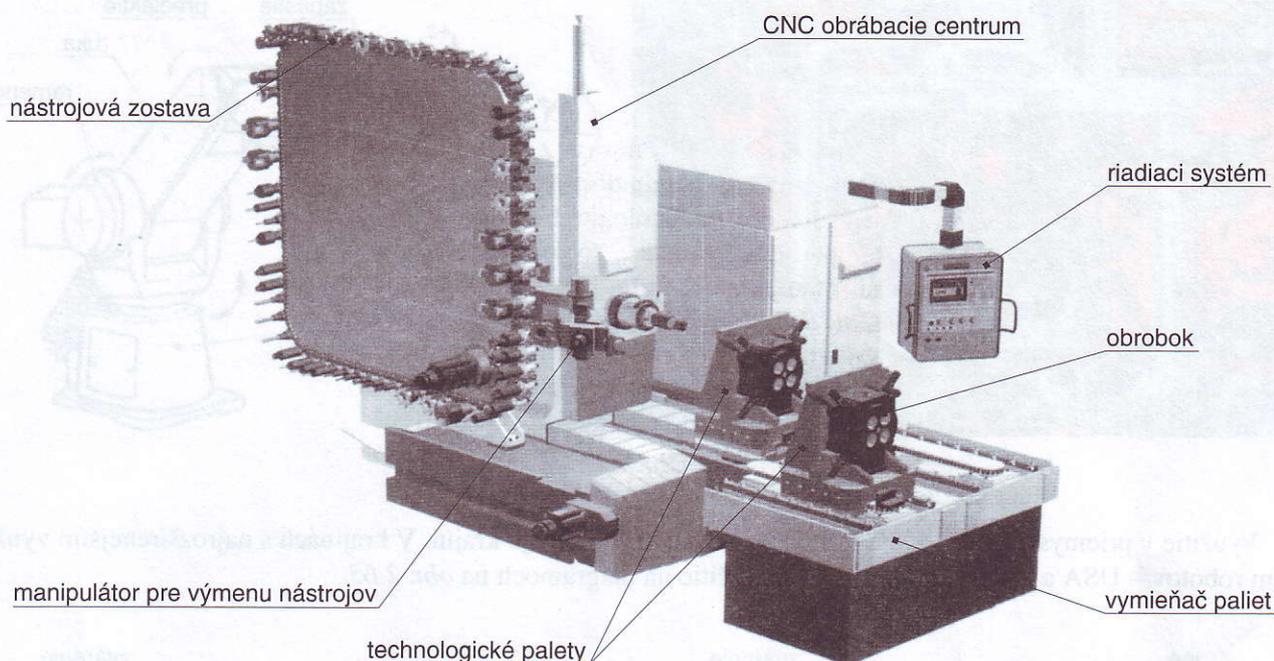
**Výhody:** zníženie prídavných a vedľajších časov, a tým zvýšenie produktivity, skrátenie výrobného času súčiastky, zníženie nárokov na prípravky (obrába sa na jedno upnutie), zvýšenie presnosti výroby, zjednodušenie riadenia výrobného procesu, zvýšenie kultúry práce a prostredia, ekologickosť a zlepšenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci.

### Bezobslužné obrábacie stroje (BOS)

Tieto stroje pracujú automaticky. Riadia obrábanie a **navyše riadia manipuláciu s obrobkami, nástrojmi, trieskami a chladiacou kvapalinou**. Výrobky prichádzajú na obrobenie na technologických paletách, nástroje sa samočinne vymieňajú, chladiaca kvapalina a odvod triesky je riadený podľa vzniknutej situácie. Hlavnou výhodou bezobslužných obrábacích strojov je sústredenie prípravných prác do rannej zmeny a minimalizácia obsluhy a dozoru v ďalších zmenách.

Základom BOS je CNC obrábacie centrum. Obrábacie centrum je doplnené o automatizovanú výmenu obrobkov zo zásobníka technologických palet a integrovaným (spojitým) zásobníkom nástrojov. Môže byť prepojený aj so zásobníkom výrobkov, nástrojov, prípravkov a pod. pomocou manipulátorov alebo robotov.

Na obr. 2.61 je bezobslužné obrábacie centrum, ktoré má reťazový zásobník s nástrojmi a výmenník na výmenu palet s nástrojmi.



Obr. 2.61

Bezobslužné stroje môžu pracovať:

- ako samostatné výrobné jednotky,
- ako súčasť pružného výrobného systému (budeme sa to učiť v nasledujúcej časti), keď je BOS zaradený do toku informácií na úrovni riadenia výrobného procesu s nadväznosťou na medzioperačnú dopravu nástrojov a výrobkov.

Bežné CNC riadiace systémy nestačia plniť požiadavky, ktoré vyplývajú z bezobslužného systému. Riadiaci systém bezobslužných strojov musí riadiť viac procesov prebiehajúcich súčasne a vzájomne ich zladíť. Okrem obrábania musí riadiť aj pomocné manipulátory, na ktoré sa kladú podobné nároky ako na vretená strojov. Riadiaci systém je zložením nezávislých riadiacich CNC systémov, ktoré dokážu spätne komunikovať.

### 2.3.2. Manipulátory a roboty

Slovo „robot“ prvýkrát použil český spisovateľ Karel Čapek vo svojej divadelnej hre R.U.R. (premiéra v roku 1921).

V staršom slovníku cudzích slov nájdeme jednu z definícií robotov: „Robot je automat, vykonávajúci zložité operácie, robiace dojem rozumovej ľudskej činnosti“ (10. s. 878).

Dnes už aj malé deti poznajú roboty.

Existujú rôzne typy robotov: priemyselné, vojenské, kozmické, propagačné, lekárske, roboty používané v domácnosti atď. Je veľa rôznych definícií robotov, na naše účely – **priemyselné roboty**, použijeme túto definíciu:

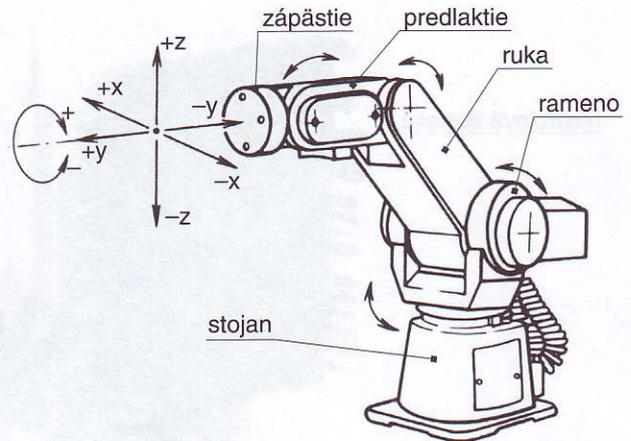
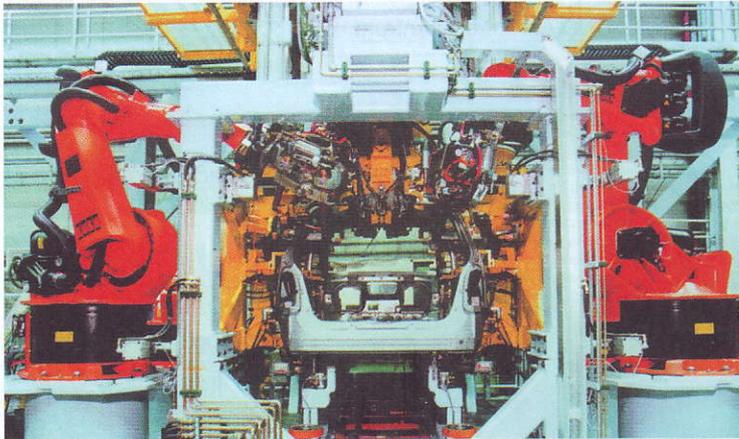
- **roboty** sú zariadenia schopné vykonávať **naprogramované pohyby a úkony**, prípadne reagovať a prispôbiť svoje pohyby vzniknutým okolnostiam.

Manipulátory sú jednoúčelové zariadenia ovládané človekom. Ak použijeme slovník cudzích slov, **manipulátory** sú „zariadenia na operačnú a medzioperačnú polohu, prípadne orientáciu materiálu v určitom slede medzi jednotlivými polohami“ (12. s. 546). Ich definícia je:

- **manipulátory** sú zariadenia s **dvojpolohovými pohybovými jednotkami**, ktoré majú vlastný pohon a riadenie. Používajú sa na automatickú operačnú a medzioperačnú manipuláciu. Pracujú podľa programu, v súlade s činnosťou výrobných strojov.

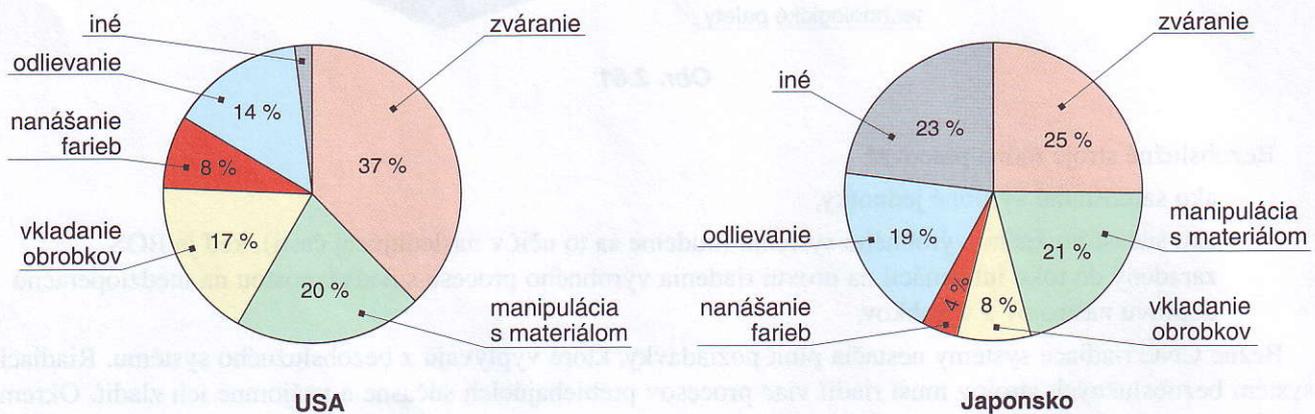
Na obr. 2.62 vidíte priemyselný robot pri zváraní karosérie automobilu a opis hlavných častí konštrukcie univerzálneho robota. Na zápästie robotov sa upevňujú pracovné hlavice, tzv. efektory, ktoré môžu byť:

- uchopovacie pre manipuláciu a uchopenie,
- technologické pre pracovné operácie, napr. zváranie, vrtanie a pod.,
- kombinované pre obidve predchádzajúce činnosti.



Obr. 2.62

Využitie v priemysle sa líši podľa stupňa priemyselného rozvoja krajín. V krajinách s najrozšírenejším využitím robotov – USA a Japonsku vidíme ich využitie na diagramoch na obr. 2.63.



Obr. 2.63

Roboty a manipulatory majú veľké uplatnenie všade tam, kde môžu nahradiť nebezpečnú, jednotvárnú a ťažkú prácu.

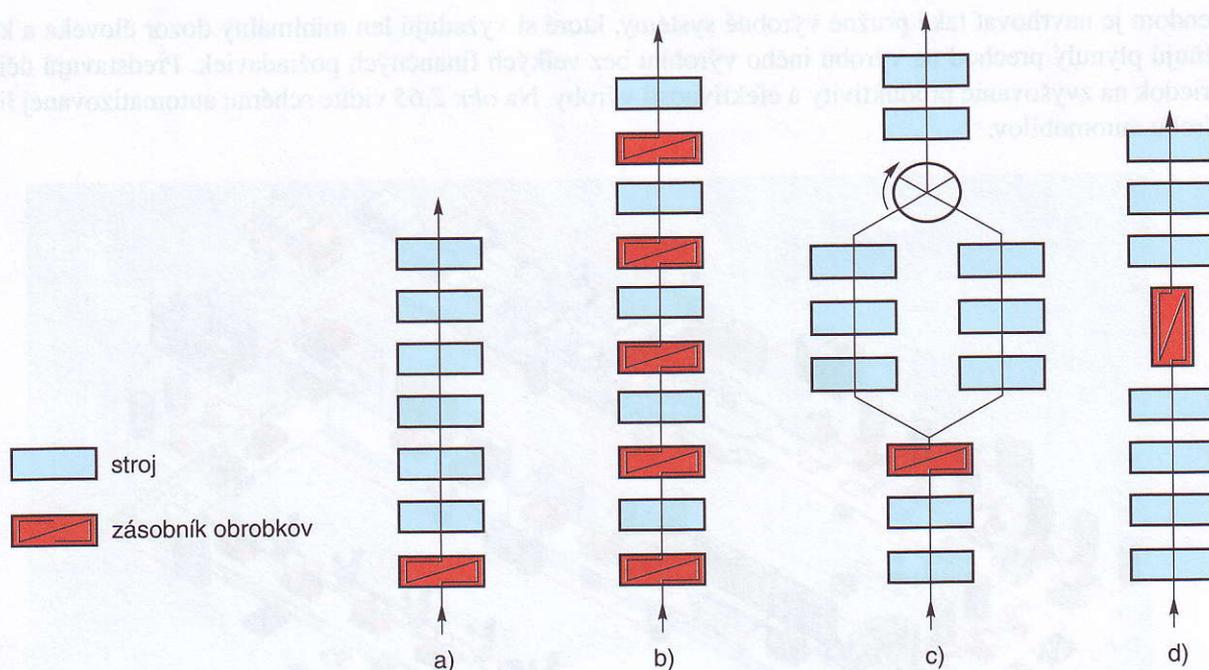
### 2.3.3. Automatizované výrobné linky

Na zjednodušenie práce a zvýšenie produktivity vznikali automatizované linky.

**Automatizované linky sú rôzne typy strojov alebo technologických zariadení spojených pomocnými zariadeniami tak, že uskutočňujú samostatne výrobný postup.** Činnosť človeka spočíva v obsluhu, nastavovaní, kontrole a údržbe. V strojárstve sú to montážne linky, a najmä obrábacie automatické linky.

Podľa usporiadania môžu byť linky:

- s pevnou väzbou medzi strojmi (obr. 2.64a). Po ukončení práce na jednom stroji postúpi obrobok k ďalšiemu stroju,
- s pružnou medzistrojovou väzbou (obr. 2.64b). Obrobený výrobok prejde do zásobníka ďalšieho stroja. Poruchy a rozdielne obrábacie časy menej ovplyvňujú činnosť nasledujúceho stroja,
- viacprúdové linky (obr. 2.64c),
- linky rozdelené na úseky (obr. 2.64d). Medzi jednotlivými úsekmi je zásobník obrobkov na ďalšie operácie.



Obr. 2.64

Automatizovaná linka má tieto prvky:

- obrábacie stroje rôznych typov – špeciálne konštruované pre danú linku, stavebnicové jednoúčelové, poloaumaty, automaty, obrábacie centrá a pod.,
- dopravný systém, ktorý zabezpečuje premiestňovanie obrobku, zaisťuje jeho otáčanie, zhromažďovanie v zásobníku, odsun triesky atď. Najčastejšie sú to závesné dopravníky, valčekové a reťazové dopravníky (budeme sa to učiť vo štvrtom ročníku). Na ostatné činnosti okrem dopravy sa používajú manipulatory a roboty,
- riadiaci systém na zosúladenie, kontrolu, signalizáciu, reguláciu, riadenie a pod.

Konkrétne pri doprave musí riadiť a zabezpečiť: vybrať obrobok zo stroja, jeho preloženie na dopravník, zobrať obrobok z dopravníka, založiť ho do nasledujúceho stroja.

Po prečítaní tejto časti si iste uvedomujete, že automatizované výrobné linky sú použiteľné na hromadnú a veľkosériovú výrobu. Sú jednoúčelové alebo len málo pružné na zmenu výrobného programu. Ich využiteľnosť sa zvýši zaradením číslicovo riadených obrábacích strojov do linky. Dostávame sa tak k ďalšiemu zo spôsobov automatizácie výroby – k pružným výrobným systémom.

### 2.3.4. Pružné výrobné systémy

Pružný výrobný systém tvorí sústava pracovných prostriedkov a činností, ktoré vyrábajú **geometricky podobné výrobky** (napr. automobily, ozubené kolesá). Ekonomické výsledky sú dobré pri použití pružného výrobného systému na výrobu súčiastok náročných na presnosť.

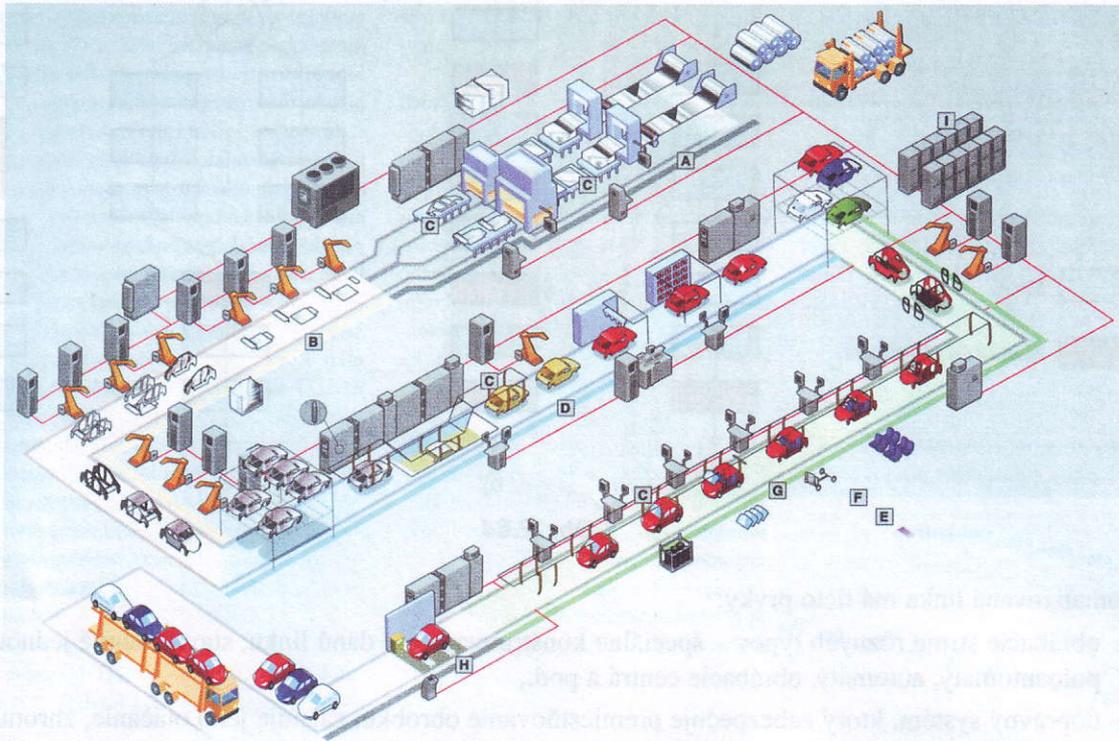
Prvky charakteristické pre pružný výrobný systém sú:

- priame riadenie výrobného procesu počítačom (počas výroby),
- plne automatizované technologické pracoviská s manipuláciou s výrobkami a nástrojmi, s kontrolou, bez ručných zásahov obsluhy,
- plne automatická doprava a manipulácia s obrobkami,
- automatické podávanie informácií o práci systému,
- činnosť človeka je obmedzená na prípravu a kontrolu.

Pružné výrobné systémy obsahujú **tri podsystémy**, ktoré sú vzájomne závislé:

1. **výrobné zariadenia** (technologický podsystém) – obrábacie centrá, CNC stroje, špeciálne stroje, nástroje vložené v nástrojovej zostave, s príslušným výmenným zariadením,
2. **tok materiálu** (dopravný podsystém) – medzioperačná doprava, manipulačný systém k doprave, skladovanie výrobkov, polovýrobkov a všetkých pomôcok, trieskový odpad,
3. **spracovanie dát** – sledovanie a riadenie výroby.

Trendom je navrhovať také pružné výrobné systémy, ktoré si vyžadujú len minimálny dozor človeka a ktoré umožňujú plynulý prechod na výrobu iného výrobku bez veľkých finančných požiadaviek. Predstavujú účinný prostriedok na zvyšovanie produktivity a efektívnosti výroby. Na obr. 2.65 vidíte schému automatizovanej linky na výrobu automobilov.



Obr. 2.65

Na príklade techniky CNC a jej využitia zistíme, že remeselná činnosť obsluhy strojov ustupuje. Do popredia prichádza programovanie, diagnostikovanie porúch a údržba zariadení. Pracovníci musia prispôbovať svoju kvalifikáciu čoraz vyšším nárokom. Udržať krok s vývojom je možné len stálym vzdelávaním vo svojom odbore.

Tak ako do všetkých odvetví, preniká výpočtová technika závažným tempom aj do technológie obrábania. Využíva sa na konštrukciu (CAD – Computer Aided Programming), na plánovanie a riadenie výroby (CAPP – Computer Aided Process Planning), na spracovanie programov pre výrobné stroje (CAP – Computer Aided Programming), na automatizované riadenie výroby na dielenskej úrovni, číslicové (numerické) riadenie strojov, dopravy, skladového hospodárstva, materiálu a pod. (CAM – Computer Aided Manufacturing), plánovanie a riadenie výroby z hľadiska kapacity podniku (Production Planning Systems), na počítačom riadenú akosť na všetkých stupňoch výroby (CAQ – Computer Aided Quality).

Tieto podsystémy tvoria štruktúru systému CIM – Computer Integrated Manufacturing. Je to jedna databáza obsahujúca všetky dáta pre manažérov, konštruktérov, technológov, obchodníkov a ďalšie riadiace a výrobné zložky podniku.

Rozšírenie CIM o obchodno-ekonomické činnosti (marketing, nákup, odbyt, účtovníctvo, faktúry atď.) sa volá CIE (Computer Integrated Enterprise).

Inštalácia takého riadiaceho systému je veľmi náročná aj časovo, aj finančne.



Obr. 2.66

Na obr. 2.66 vidíte simuláciu plnenia formy na vysokotlakové odlievanie (CAD). Týmto spôsobom sa dajú odhaliť potenciálne chyby v konštrukcii. Na obrázku vidieť chybné naplnenie vtokovej sústavy. Vzduch, ktorý zostane uzatvorený v tejto oblasti, je vťahovaný do odliatku, a tak zvyšuje jeho nežiaducu porézanosť.

## Zhrnutie:

Automatizácia výroby je zavedenie alebo použitie samočinných postupov v priemyselnej výrobe. Pozostáva z riadenia polohy a dráhy nástroja, z nastavovania rezných podmienok a manipulácie s obrobkom. Vo vyšších štádiách sa k tomu pridáva automatizovanie výmeny nástrojov, manipulácia s polovýrobkom od skladu až po konečný výrobok, automatizovanie kontroly, odsun triesok pri obrábaní.

### Stroje používané na automatizovanú výrobu:

**Automaty a poloautomaty** – automaticky vykonávajú jednotlivé pohyby pri obrábaní jedného obrobku a bez zmeny ich opakujú.

**Jednouúčelové stroje** – ich cieľom je na jedno upnutie obrobku urobiť čo najviac operácií. Obrábajú výrobky charakteristické podobnými nárokmi na obrábacie operácie.

**Stavebnicové stroje** – skladajú sa z vymeniteľných typizovaných a normalizovaných konštrukčných skupín.

**Číslicovo riadené obrábacie stroje CNC** – majú automaticky riadenú činnosť, a to zadávaním príkazov v číselnej podobe z počítačového programu.

**Obrábacie centrá** – sú zoskupenia CNC obrábacích strojov, ktoré umožňujú koncentráciu rôznych operácií pri jednom upnutí súčiastky.

**Bezobslužné obrábacie stroje (BOS)** – pracujú automaticky, riadia obrábanie a navyše riadia manipuláciu s obrobkami, nástrojmi, trieskami a chladiacou kvapalinou.

**Manipulátory a roboty** – manipulátory majú dvojpolohové pohybové jednotky s vlastným pohonom a riadením. Ručné manipulátory sú jednouúčelové zariadenia ovládané človekom.

**Roboty** – zariadenia s naprogramovateľnými pohybmi. Dokážu reagovať a prispôbiť svoje pohyby vzniknutým okolnostiam.

**Automatizované linky** – rôzne typy strojov alebo technologických zariadení spojených pomocnými zariadeniami tak, že uskutočňujú samostatne výrobný postup.

**Pružné výrobné systémy** – vyrábajú geometricky podobné obrobky. Majú plne automatizované tri pod-systémy, ktoré sú vzájomne závislé: výrobné zariadenia, tok materiálu, spracovanie dát.

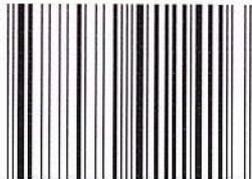
## Otázky, úlohy a úvahy:

1. Ako podľa vášho názoru ovplyvňuje zavádzanie výpočtovej techniky do výroby profesie obrábačov a ako profesie technikov?
2. Od ktorých operácií výroby sa začína a ako postupuje automatizácia technológie výroby?
3. Aký je rozdiel medzi NC a CNC strojmi?
4. Čo je to CAD a CAM systém?
5. Definujte pružné výrobné systémy.
6. Aký je rozdiel medzi priemyselným manipulátorom a robotom?
7. V čom spočíva riziko používania liniek s tuhú medzistrojovou väzbou?
8. Čo považujete za najrizikovejšiu (a tým aj najdôležitejšiu) oblasť udržania výrobnéj linky v chode?
9. Sú dva princípy grafického zobrazovania objektov na počítači: vektorovou grafikou a rastrovou grafikou. Pri vektorovej grafike sú všetky obrazy tvorené z čiar – vektorov. Pri použití rastrovej grafiky z bodov – pixelov. Ktorý princíp zobrazovania sa používa pri kreslení strojárskych výkresov? Kde sa využíva zobrazovanie rastrovou grafikou? Kde ste sa stretli s pojmom pixel? Ako sa prejavuje počet pixelov na zobrazení?

## Použitá literatúra

1. BARTOŠ, J. a i.: Časti strojov II – III. Bratislava: Alfa 1978.
2. DUDÍK, D.: Strojárstvo. Bratislava: MC 1992.
3. FALK, D. a i.: Metalltechnik Fachbildung Industrienmechanik. Braunschweig: Westermann Schulbuchverlag GmbH 1990.
4. GERIK, P. a i.: Kraftfahrzeugtechnik Braunschweig: Westermann Sulbuchferlag GmbH 1991.
5. HLUCHÝ, M.: Strojárska technológia I. Bratislava: Alfa 1984.
6. HLUCHÝ, M.: Strojárska technológia pre SPŠ nestrojnícke. Praha: SNTL 1981.
7. HOLLÝ, A. a i.: Slovník cudzích slov. Bratislava: Tatran 1953.
8. HRUŠKA, Z.: Časti strojů pro SPŠ nestrojnícke. Praha: SNTL 1979.
9. IVANOVÁ, M. a i.: Slovník cudzích slov. Bratislava: SPN 1983.
10. KŘÍŽ, R. a i.: Strojové súčiastky I. Bratislava: Alfa 1989.
11. LEINVEBER, J. a i.: Technické kreslení pro SPŠ strojnícke. Praha: SNTL 1984.
12. PETRÍK, I.: Strojníctvo II. Bánovce nad Bebravou: SPŠ 1997.
13. VÁVRA, P. a i.: Strojnícke tabuľky pre SPŠ strojnícke. Bratislava: Alfa 1983.
14. VÁVRA, P. a i.: Strojnícke tabuľky pro SPŠ strojnícke. Praha: SNTL 1984.

ISBN 978-80-8091-141-6



9 788080 911416

skl. č. 9-91-106



Publikácia bola hradená z finančných prostriedkov  
Ministerstva školstva Slovenskej republiky