

# Strojníctvo III

pre 3. ročník SPŠ





Katarína Michalíková

Jaroslav Petřík

# Strojníctvo IIII

pre 3. ročník SPŠ





Autori © Ing. Katarína Michalíková, Ing. Jaroslav Petřík, 2005

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

Vydavateľské spracovanie © EXPOL pedagogika, spol. s r. o., 2005

Schválilo Ministerstvo školstva Slovenskej republiky dňa 7. októbra 2005 pod číslom CD-2005-13015/30424-31:093 ako 1. vydanie učebnice pre 3. ročník študijného odboru 3917 6 02 technické a informatické služby – v strojárstve.

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

Prvé vydanie, 2005

**ISBN 80-89003-73-7**



**OBSAH**

	Predhovor	7
<b>I.</b>	<b>Strojárska technológia</b>	<b>9</b>
1.1.	Výroba ozubených kolies	9
1.1.1.	Frézovanie ozubenia	10
	Frézovanie ozubenia deliacou metódou	10
	Frézovanie ozubenia odvaľovacím spôsobom	10
1.1.2.	Obrážanie ozubenia	11
	Obrážanie ozubenia (spôsob MAAG)	11
	Obrážanie ozubenia ozubeným obrážacím kotúčom (spôsob FELLOWS)	11
1.2.	Dokončovacie spôsoby obrábania	12
1.2.1.	Honovanie a superfinišovanie	12
1.2.2.	Lapovanie	12
1.3.	Špeciálne spôsoby obrábania	13
1.3.1.	Elektroiskrové obrábanie	13
1.3.2.	Elektrochemické obrábanie	14
1.3.3.	Chemické obrábanie – leptanie	14
1.3.4.	Obrábanie ultrazvukom	15
1.3.5.	Obrábanie plazmou	16
1.3.6.	Obrábanie laserom	17
1.3.7.	Obrábanie elektrónovým lúčom	18
1.3.8.	Obrábanie kvapalinovým lúčom	18
	<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy</b>	<b>20</b>
1.4.	Obrábacie stroje pre automatizáciu výroby	21
1.4.1.	Obrábacie stroje	21
	Univerzálne stroje	21
	Automaty a poloautomaty	21
	Jednouúčelové stroje	22
	Číslicovo riadené obrábacie stroje	22
	Obrábacie centrá	24
	Bezobslužné obrábacie stroje (BOS)	24
1.4.2.	Manipulátory a roboty	25
1.4.3.	Automatizované výrobné linky	26
1.4.4.	Pružné výrobné systémy	27
	<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy</b>	<b>29</b>
1.5.	Meradlá	29
	Meracie metódy	30
	Zásady merania	30
1.5.1.	Meranie dĺžkových rozmerov	30
	Meradlá na priame meranie dĺžkových rozmerov	30
	Posuvné meradlá	30
	Mikrometre	31
	Základné rovnobežné mierky	31
	Meradlá na nepriame meranie dĺžok	32
	Mechanické komparátory	32
	Optické komparátory	33
	Elektrické komparátory	33
	Vzduchové komparátory	34
1.5.2.	Pevné meradlá – kalibre	34



1.5.3.	Meradlá na kontrolu závitov	34
1.5.4.	Meradlá na kontrolu ozubených kolies	35
1.5.5.	Meradlá na kontrolu uhlov	36
1.5.6.	Meracie stroje	36
1.6.	Prípravky	38
1.6.1.	Návrh a konštrukcia prípravkov	38
1.6.2.	Ustavovacie prvky prípravku	39
	Rovinné plochy	39
	Valcové plochy	39
1.6.3.	Vodiace prvky prípravku	40
1.6.4.	Upínacie prvky prípravku	40
	Upínanie za vnútorné valcové plochy	40
	Upínanie skrutkami a úpinkami	40
	Upínanie výstredníkom	41
	Pneumatické a hydraulické upínanie	41
1.6.5.	Druhy prípravkov	41
	Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy	42
1.7.	Výroba odliatkov	43
1.7.1.	Liatie do pieskových forim	43
	Postup pri ručnej výrobe formy do formovacej zmesi	45
1.7.2.	Iné spôsoby liatia	46
	Liatie pod tlakom do kovovej formy	46
	Odstredivé liatie	46
	Liatie do škrupinových foriem	47
	Liatie metódou vytaviteľných modelov	47
1.7.3.	Konštrukčné zásady pri navrhovaní odliatkov, chyby odliatkov, bezpečnosť práce v lejárňach	48
1.8.	Zváranie, spájkovanie a lepenie kovov	49
1.8.1.	Zváranie	49
	Tavné zváranie	49
	Zváranie plameňom	49
	Zváranie elektrickým oblúkom	50
	Tlakové zváranie	51
	Zváranie elektrickým odporom	51
	Zváranie trením	51
	Pnutia a deformácie zvarov, kontrola zvarov	51
	Označovanie elektród	52
	Bezpečnosť a hygiena práce pri zváraní	52
1.8.2.	Spájkovanie a lepenie kovov	52
	Spájkovanie kovov	52
	Lepenie materiálov	52
	Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy	53
<b>II.</b>	<b>Časti strojov</b>	<b>55</b>
2.1.	Úvod do mechanizmov	55
2.2.	Mechanické prevody	56
	Základné pojmy	57
2.2.1.	Trecie prevody	58
	Podmienky prenosu otáčok	58
	Trecie kolesá	59
	Konštrukcie trecích prevodov	59
2.2.2.	Remeňové prevody	60



2.2.2.1. Remeňové prevody s plochým remeňom	61
Remene	61
Remenice	61
Usporiadanie remeňových prevodov s plochými remeňmi	62
2.2.2.2. Remeňové prevody s klinovým remeňom	62
Klinové remene	63
Klinové remenice	63
Konštrukcia remeňových prevodov s klinovými remeňmi	64
2.2.2.3. Remeňové prevody s ozubeným remeňom	64
2.2.3. Reťazové prevody	64
2.2.3.1. Článkové reťaze	65
2.2.3.2. Kĺbové reťaze	66
Gallove reťaze	66
Puzdrové reťaze	66
Valčekové reťaze	67
2.2.3.3. Špeciálne reťaze	67
Ewartove reťaze	67
Zubové reťaze	68
Lamelové reťaze	68
Dopravné reťaze	68
2.2.3.4. Reťazové kolesá	69
2.2.3.5. Konštrukcie reťazových prevodov	69
Mastenie reťazových prevodov	70
2.2.3.6. Variátory	70
Trecie variátory	70
Remeňové variátory	70
Reťazové variátory	71
<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy</b>	<b>72</b>
2.2.4. Ozubené prevody	74
Druhy súkolesia	74
Základné pojmy ozubenia	74
Základný profil, modul	77
Výpočet rozmerov kolesa	78
Výpočet súkolesia	79
2.2.4.1. Čelné súkolesie	80
Medzné koleso	81
Kolesá N, +V, -V	82
Súkolesie N	83
Súkolesie VN	83
Súkolesie V	83
Použitie korigovaných súkolesí	83
2.2.4.2. Kužeľové súkolesie	83
2.2.4.3. Skrutkové súkolesie	84
2.2.4.4. Prevodovky	86
Mastenie ozubených prevodov	87
2.2.5. Planétové prevody	88
2.2.6. Harmonické prevody	89
<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy</b>	<b>90</b>
Tekutinové mechanizmy	91
2.3. Hydraulické mechanizmy	91
2.3.1. Hydrostatické mechanizmy	92
Príklady použitia	92



Základy prenosu energie	94
Prenos sily v hydraulike	95
Prietok kvapaliny	96
Prúdenie	97
2.3.1.1. Hydraulický obvod	97
Značky prvkov hydraulických obvodov	99
Riadenie smeru pohybu hydromotora	100
Riadenie rýchlosti (otáčok) hydromotora	100
Riadenie tlaku	100
2.3.1.2. Prvky hydraulických obvodov	101
Hydrogenerátory	101
Regulačné a ovládacie prvky	101
Hydromotory	104
Pomocné a meracie zariadenia	105
Kvapaliny pre hydraulické mechanizmy	105
2.3.2. Hydrodynamické mechanizmy	106
2.4. Pneumatické mechanizmy	107
<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy</b>	<b>108</b>
2.5. Mechanizmy na zmenu pohybu	109
2.5.1. Mechanizmy na zmenu otáčavého pohybu	109
2.5.1.1. Mechanizmy na zmenu otáčavého pohybu na priamočiary	109
Kľukové mechanizmy	109
Kľukový mechanizmus skrátенý	110
Kľukový mechanizmus predĺžený	110
Súčiastky kľukového mechanizmu	110
Výstredníky	113
Vačky	113
Pohybové skrutky	114
Ozubený hrebeň a ozubené koleso	114
2.5.1.2. Mechanizmy na zmenu otáčavého pohybu na všeobecný – kľbové mechanizmy	115
2.5.1.3. Mechanizmy na zmenu otáčavého pohybu na kývavý	116
Páky	116
Kulisové mechanizmy	116
2.5.2. Mechanizmy na zmenu plynulého pohybu na prerušovaný	117
Maltézsky mechanizmus	117
Rohatka so západkou	117
2.5.3. Mechanizmy na zabrzdzenie pohybu — brzdy	118
2.5.3.1. Trecie brzdy radiálne	118
2.5.3.2. Trecie brzdy axiálne	118
<b>Zhrnutie, otázky, úlohy a úvahy</b>	<b>120</b>



## **PREDHOVOR**

Otvorili ste tretiu učebnicu strojnictva, ktorá nadväzuje na Strojníctvo I a II. Je spracovaná pre tretí ročník odboru 3917 6 02 technické a informatické služby v strojárstve. Je vhodná pre všetky nestrojárske odbory SOŠ a SOU. Jej prednosťou je bohatý farebný obrazový materiál a populárny výklad.

V prvej časti je učivo strojárskej technológie, výroba ozubenia, dokončovacie metódy obrábania, stroje na automatizáciu výroby, meranie, liatie kovov, zváranie, spájkovanie a lepenie. V druhej časti sú mechanizmy. Rozširujúci, doplnkový text je vytlačený kurzívou.

Keďže učebný plán tohto odboru umožňuje svojou stavbou profilovať absolventov podľa záujmu školy a regiónu, cvičenia v rámci predmetu na to nadväzujú, je na vyučujúcom, ktoré časti preberie podrobnejšie.

Nevyhnutnou súčasťou automatizácie a robotizácie sú tekutinové mechanizmy. Ustavičný rozvoj priemyslu nás núti zaoberať sa nimi podrobnejšie.

Učebnica nie je encyklopédiou, obsahuje preto iba základné technológie a mechanizmy. Informuje o nových technológiách, ktoré sa už v praxi bežne využívajú.

Pri vyučovaní predmetu sú nevyhnutnou potrebou žiaka strojnícke tabuľky, v ktorých sa musí bez problémov orientovať. Na konci tematicky ucelených častí sú Otázky, úlohy a úvahy. Sú v nich zaradené aj úlohy, ktoré sa môžu využiť v rámci cvičení alebo ako domáce úlohy pre jednotlivcov, prípadne skupiny. Otázky a úlohy problémového charakteru sú označené farebnou plôškou.

Za všetky pripomienky, ktoré môžu zlepšiť učebnicu, budeme vďační.

Autori



...the ... ..  
... ..  
... ..

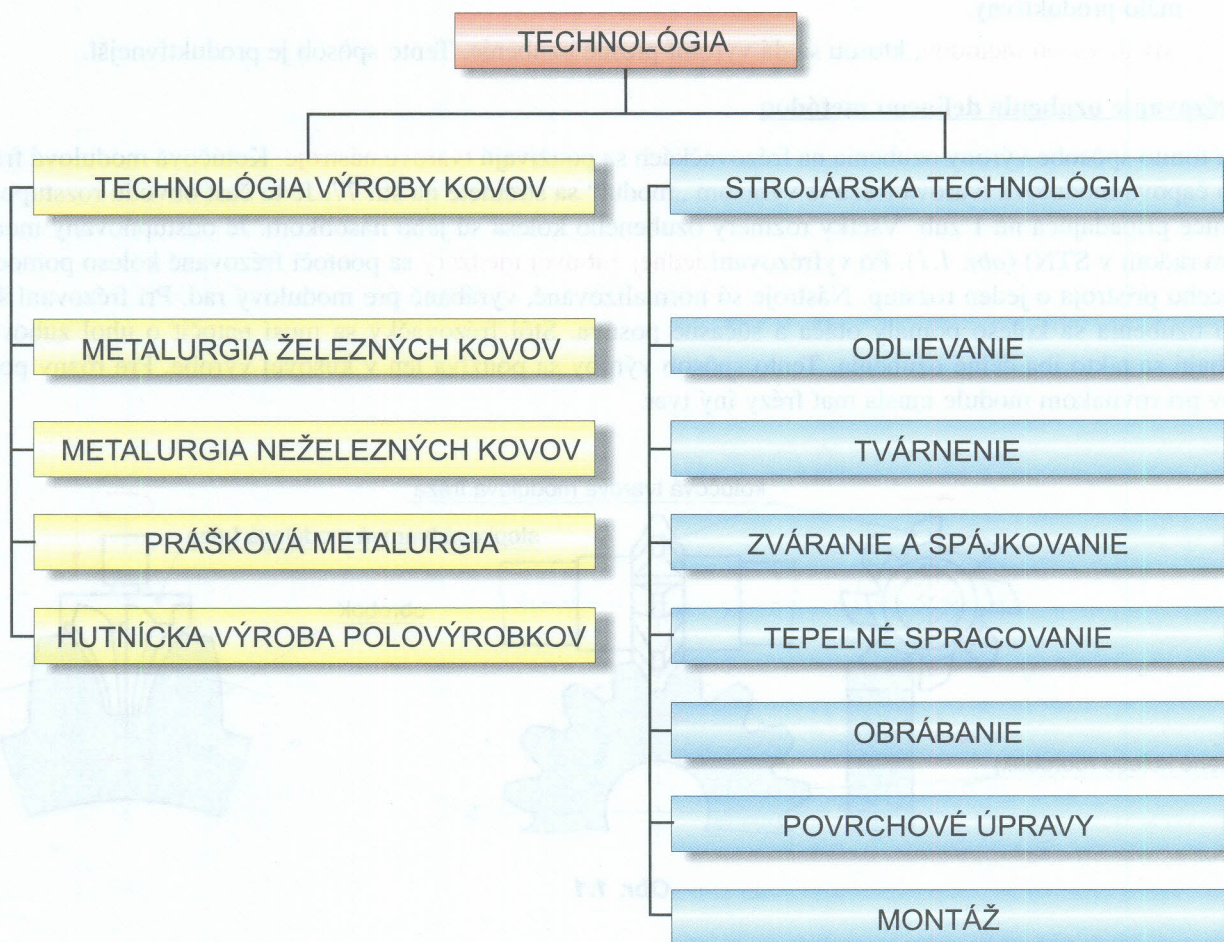




# I. STROJÁRSKA TECHNOLOGIA

V úvode učebnice si opäť pripomenieme rozdelenie strojárkej technológie, ako sme sa ho učili v prvom ročníku:

Tab. 1.1



V predchádzajúcich ročníkoch sme sa naučili technológiu výroby kovov a začali sme sa učiť trieskové obrábanie. V tomto ročníku dokončíme obrábanie kovov, naučíme sa odlievanie, zváranie a spájkovanie. Naučíme sa základné meracie prístroje a prípravky potrebné na obrábanie.

## 1.1. Výroba ozubených kolies

Pred preberaním tejto časti odporúčame preštudovať si časť 2.4.2. až 2.4.4.

Spôsoby výroby ozubenia sú uvedené v tab. 1.2.

Tab. 1.2





Pri výrobe ozubenia sa kontroluje poloha a presnosť otvoru kola vzhľadom na ozubenie (súosovosť, hádzanie), presnosť priemeru kola, hrúbka vyrobených zubov.

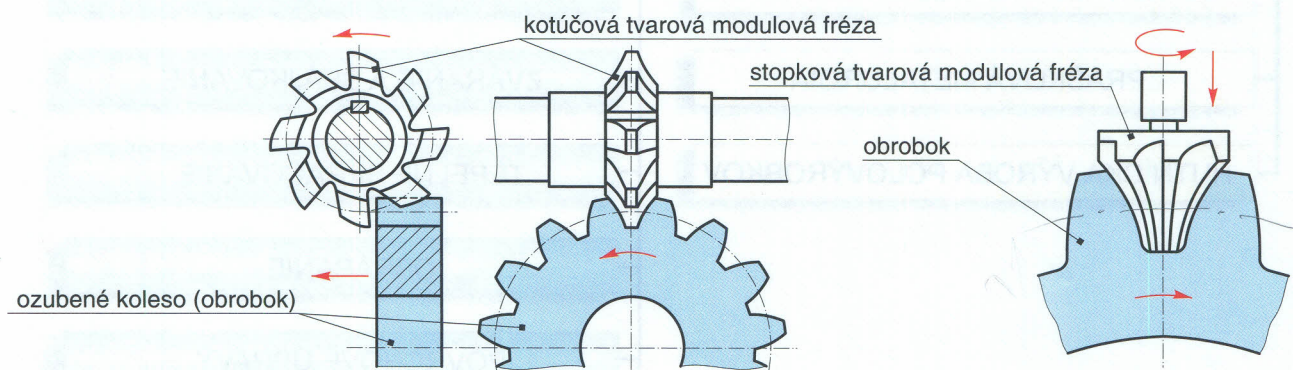
### 1.1.1. Frézovanie ozubenia

Ozubenie sa frézovaním môže vyrobiť dvoma spôsobmi:

- **deliacou metódou** pomocou tvarových nástrojov. Je to jednoduchý spôsob, ale je menej presný, málo produktívny,
- **odvaľovacou metódou**, ktorou sa dá vyrobiť presné ozubenie. Tento spôsob je produktívnejší.

#### Frézovanie ozubenia deliacou metódou

Pri tomto spôsobe výroby ozubenia na frézovačkách sa používajú **tvarové nástroje**. Kotúčová modulová fréza alebo čapová modulová tvarová fréza (s výrazom „modul“ sa stretnete na str. 77). Je to časť obvodu rozstupovej kružnice pripadajúca na 1 zub. Všetky rozmery ozubeného kola sú jeho násobkom. Je odstupňovaný modulovým radom v STN) (obr. 1.1). Po vyfrézovaní **jednej zubovej medzery** sa pootočí frézované koleso pomocou deliaceho prístroja o jeden rozstup. Nástroje sú normalizované, vyrábané pre modulový rad. Pri frézovaní šikmého ozubenia sa koleso pomaly otáča a súčasne posúva. Stôl frézovačky sa musí natočiť o uhol zubov  $\beta$ . Vyrábajú sa takto iba čelné ozubenia. Tento spôsob výroby sa používa len v kusovej výrobe. Pre rôzny počet zubov pri rovnakom module musia mať frézy iný tvar.

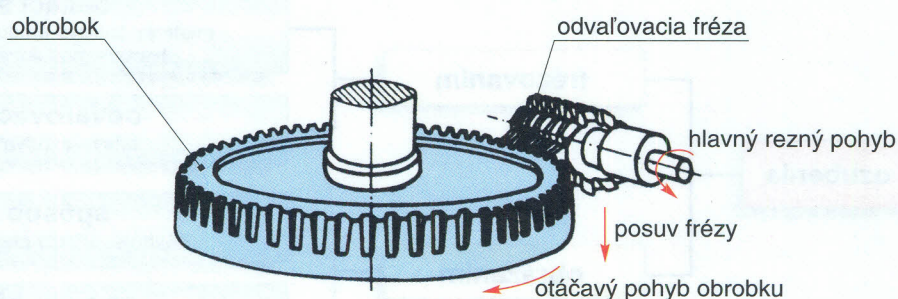


Obr. 1.1

#### Frézovanie ozubenia odvaľovacím spôsobom

Pri odvaľovacom spôsobe frézovania zaberá **fréza tvaru skrutkovice** do obrábaného ozubeného kola (obr. 1.2). Závit skrutkovice je prerušený drážkami, čím sa vytvorili rezné klíny. Nástroj a obrobok vykonávajú také pohyby, akoby sa po sebe **odvaľovali**. Frézované koleso vykonáva otáčavý pohyb a fréza otáčavý a posuvný pohyb. Tento spôsob výroby ozubenia je **najrozšírenejší**. Je produktívny a presný. Pri frézovaní priamych zubov je os frézy sklonená pod uhlom stúpania skrutkovice. Výhodou tohto spôsobu výroby ozubenia je, že na koleso s rôznym počtom zubov a rovnakým modulom sa dá použiť ten istý nástroj.

Stroj je špeciálna odvaľovacia frézovačka.



Obr. 1.2



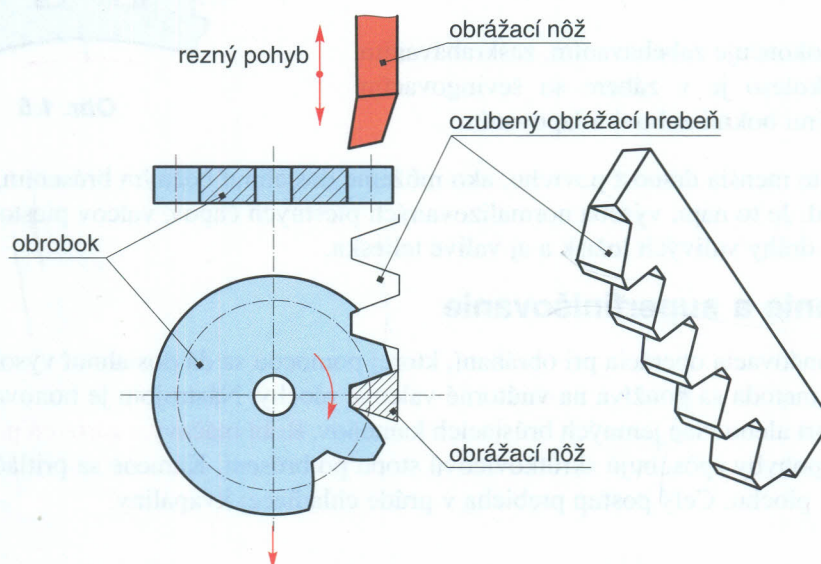
### 1.1.2. Obrážanie ozubenia

Obrážaním sa môže vyrábať ozubenie dvoma spôsobmi:

- spôsobom MAAG, hrebeňom, alebo obrážacím nožom,
- spôsobom FELLOWS, ozubeným obrážacím kotúčom. Týmto spôsobom sa dá vyrábať aj vnútorné ozubenie.

#### Obrážanie ozubenia hrebeňom (spôsob MAAG)

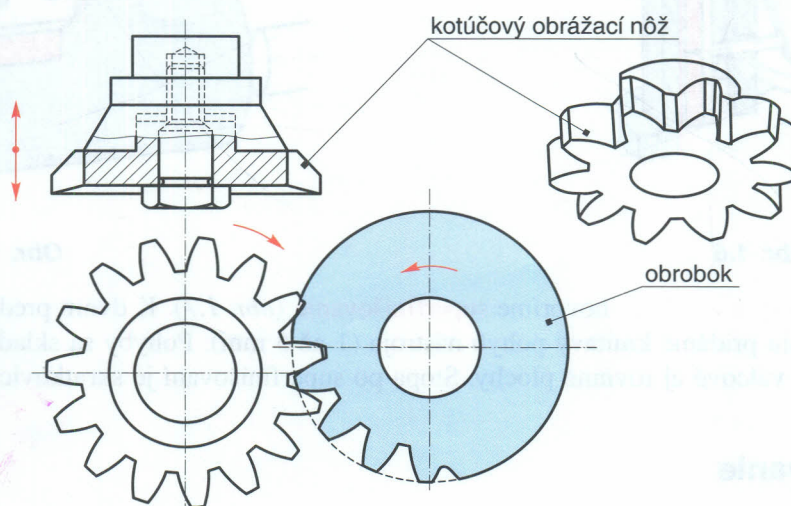
Ozubený **hrebeň alebo obrážací nôž** vykonáva zvislý priamočiary vratný pohyb. Otáčaním a posuvom sa postupne odvaluje profil ozubeného hrebeňa do obrábaného kolesa. Nevýhodou je, že nástroj, hrebeň je kratší ako obvod kolesa. Po výrobe niekoľkých zubov sa musí koleso posunúť do východiskovej polohy (*obr. 1.3*). Obrábať sa môže tak, že sa obrábané koleso otáča aj posúva, alebo sa len otáča a posúva sa nástroj. Nástroj vždy vykonáva priamočiary rezný pohyb.



Obr. 1.3

#### Obrážanie ozubenia ozubeným obrážacím kotúčom (spôsob FELLOWS)

Pri tomto spôsobe obrážania ozubenia má **nástroj tvar ozubeného kolesa**. Vykonáva zvislý vratný pohyb. Po odobratí jednej triesky sa obidve kolesá pootočia. Pri spätnom pohybe sa nástroj oddiali. Ozubené kotúče (nástroje) sú normalizované (*obr. 1.4*).



Obr. 1.4

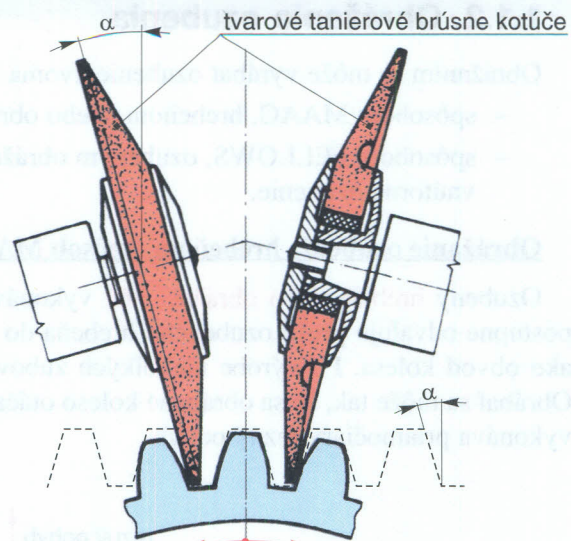


## 1.2. Dokončovacie spôsoby obrábania

Voláme tak všetky druhy obrábania, ktorých **cieľom je vyrobiť presný tvar** (napr. kruhovitosť), **presné rozmery**, zlepšiť **kvalitu**, prípadne **vzhľad povrchu súčiastky**. Dosiahneme to nepravidelnosťou pohybov nástroja voči obrobku pri malom tlaku na obrábaný povrch. Výsledkom je jemná zrnitosť povrchu.

Medzi najčastejšie používané dokončovacie operácie patrí **brúsenie**. Napr. ozubenie dokončujeme brúsením deliacim spôsobom – nástroj je tvarový brúsny kotúč, alebo odvalovacím spôsobom (MAAG) – nástroje sú dva tanierové brúsne kotúče (*obr. 1.5*). Tvar a sklon brúsnych kotúčov vytvorí základný profil a odvalovanie sa dosiahne pootáčaním a posuvom kolesa.

Ozubenie sa ešte dokončuje zabehávaním, zaškrabávaním tzv. ševingovaním (koleso je v zábere so ševingovacím nástrojom s ryhovanými bokmi zubov) a lapovaním.

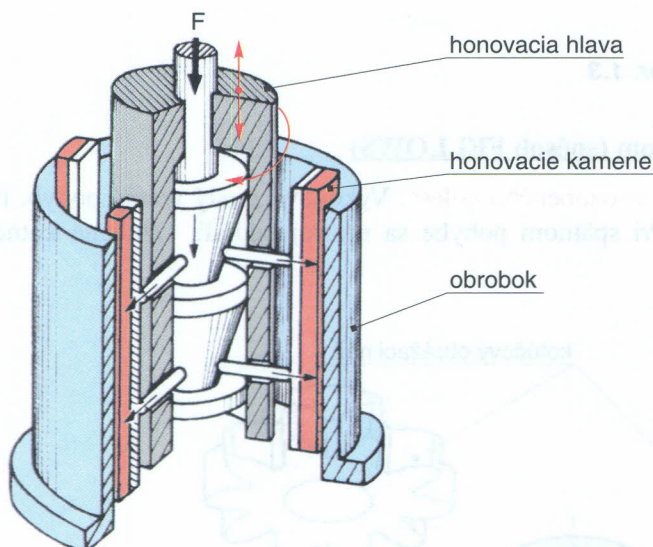


Obr. 1.5

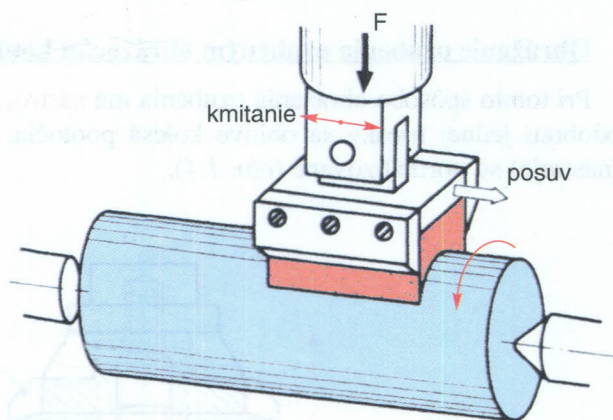
Keď je potrebná ešte menšia drsnosť povrchu, ako môžeme dosiahnuť bežným brúsením, použijeme niektorú z nasledujúcich metód. Je to napr. výroba normalizovaných piestnych čapov, valcov piestových motorov, obrábajú sa takto obežné dráhy valivých ložísk a aj valivé telieska.

### 1.2.1. Honovanie a superfinišovanie

Honovanie je dokončovacia operácia pri obrábaní, ktorej pomocou sa dá dosiahnuť vysoká presnosť a kvalita povrchu (IT 5). Táto metóda sa používa na vnútorné valcové plochy. Nástrojom je honovacia hlava (*obr. 1.6*). **Honovacia hlava** má tri alebo viac jemných brúsiacich kameňov. **Robí otáčavý a zároveň posuvný pohyb** (obrobok stojí). Tieto dva pohyby spôsobujú skrutkovicovú stopu po brúsení. Kamene sa prtláčajú pomocou dvoch kužeľov na honovanú plochu. Celý postup prebieha v prúde chladiacej kvapaliny.



Obr. 1.6



Obr. 1.7

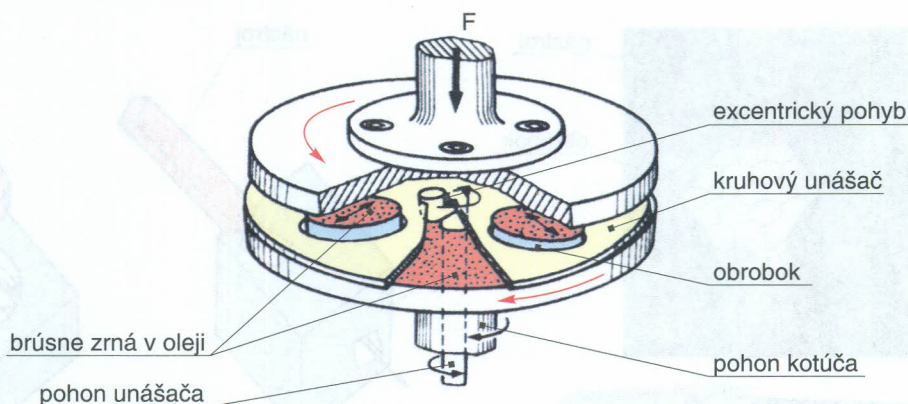
Honovaniu **s krátkym zdvihom** hovoríme **superfinišovanie** (*obr. 1.7*). K dvom predchádzajúcim pohybom – otáčaniu a posúvaniu pridáme kmitavý pohyb nástroja (1 až 5 mm). Pohyby sa skladajú. Týmto spôsobom sa obrábajú vonkajšie valcové aj rovinné plochy. Stopa po superfinišovaní je skrutkovicovo prebiehajúca vlnová čiara.

### 1.2.2. Lapovanie

Lapovanie je dokončovacie obrábanie voľne rozptýleným brusivom v kvapaline alebo v brúsnej paste. Využíva sa na dosiahnutie vysokých presností tvaru a kvality povrchu. Lapovacia kvapalina (býva to olej, pet-



rolej a pod., so zrnkami brusiva) sa naniesie na lapovanú plochu a plochu lapovacieho kotúča. Plochy sa pohybujú proti sebe zložitým pohybom (obr. 1.8). Zrná brusiva sa zatláčajú do mäkkšieho lapovacieho kotúča a pôsobia ako rezné hrany. Lapovanie môže byť aj ručné.



Obr. 1.8

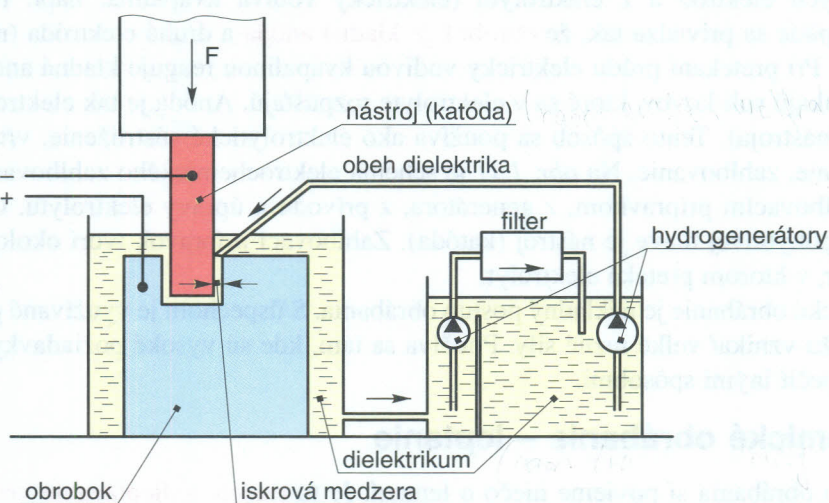
### 1.3. Špeciálne spôsoby obrábania

Doteraz sme sa učili obrábanie materiálu, pri ktorom sa prebytočný materiál (trieska) odoberal vplyvom mechanickej energie (silou). V praxi sa čoraz viac používajú technológie, ktoré využívajú iné formy energie. Niektoré z nich majú veľkú budúcnosť. Voláme ich aj fyzikálne spôsoby obrábania.

#### 1.3.1. Elektroiskrové obrábanie

Pri elektroiskrovom obrábaní (stretnete sa aj s názvom elektroerozívne obrábanie) **vytvárajú krátko za sebou nasledujúce iskry teplo a mechanickú energiu, a tak odoberajú malé čiastočky materiálu z obrobku.**

Nástroj a obrobok sa pripoja na zdroj jednosmerného napätia a postupne sa približujú, až kým medzi nimi preskočí iskra (obr. 1.9). Opačné zapojenie: + na nástroji a - na obrobku sa používa, keď sa spevňuje povrch nitridmi alebo karbidmi z elektródy. Tieto **iskry spôsobujú na obrobku aj na elektróde (nástroji) malé krátery.** Aby bol elektrický výboj čo v najmenšom priestore, aby boli malé obrábané čiastočky stále odplavované a aby bolo zabezpečené chladenie, prebieha celý postup v elektricky nevodivej kvapaline (dielektriku – petrolej, transformátorové oleje a pod.). Erózia prebieha aj na elektróde, preto je vyrobená z odolného materiálu, ako sú napr. meď, grafit, zliatiny wolfrámu. Zmenou napätia a prúdu sa dosiahne zmena množstva vyiskreného materiálu, a tým zmena kvality obrábaného povrchu.

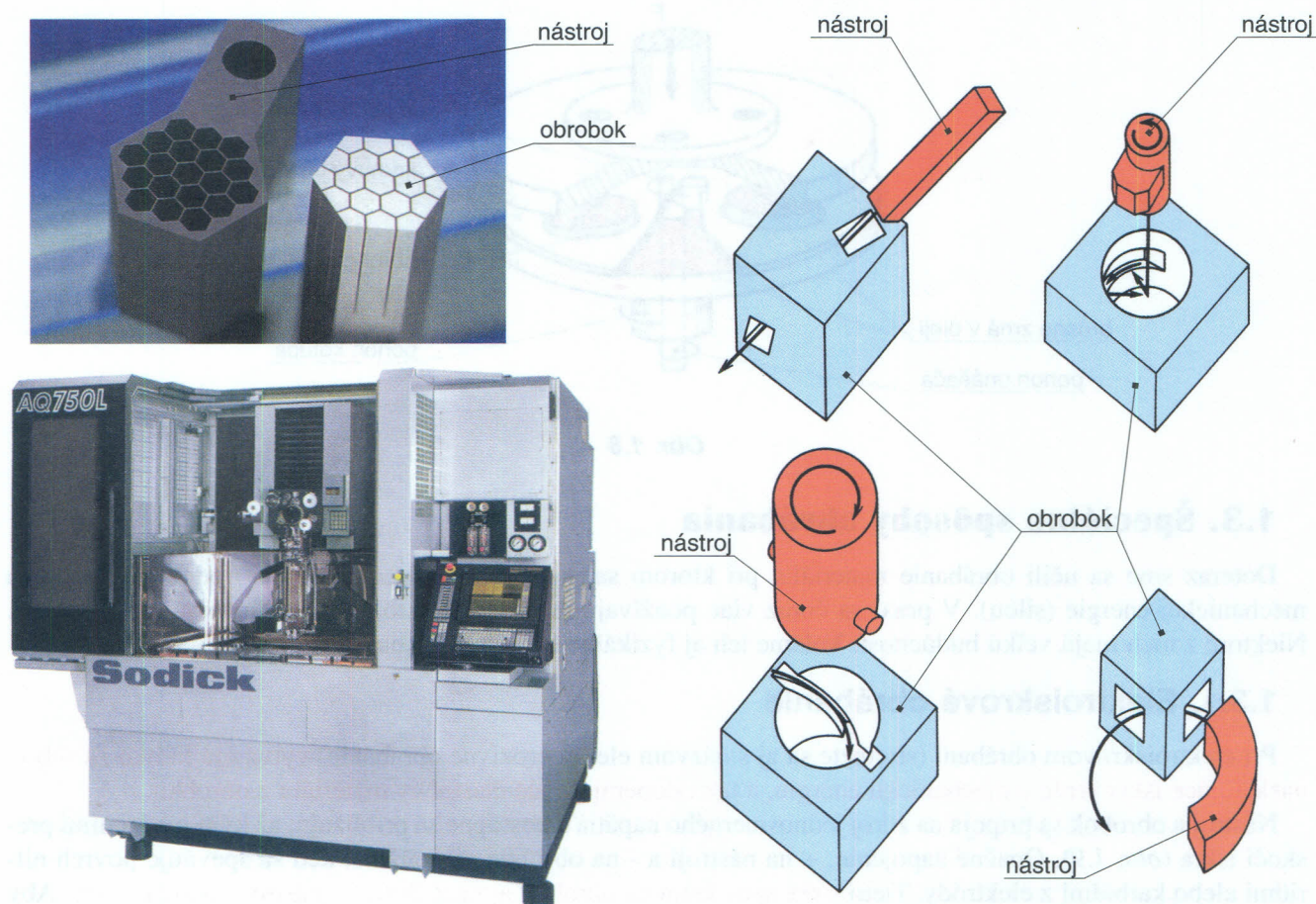


Obr. 1.9

Výhodou je, že môžeme týmto spôsobom obrábať všetky vodivé materiály s vysokou kvalitou a presnosťou povrchu. Vyrobíť dokážeme otvory akéhokoľvek tvaru. Pohybujúca sa elektróda v tvare drôtu umožňuje vyrezať-



vanie plôch ľubovoľného tvaru (stôl s polovýrobkom sa pohybuje ručne, alebo jeho pohyb riadi počítač). Niektoré tvary otvorov a stroj na elektroiskrové obrábanie sú na obr. 1.10. Rozmery stroja si môžete predstaviť podľa výšky ovládacieho pultu, ktorý je prispôsobený výške človeka.



Obr. 1.10

### 1.3.2. Elektrochemické obrábanie

Princíp elektrochemického obrábania je v **rozpúšťaní materiálu v elektrolytickom článku**. Článok pozostáva z dvoch kovových elektród a z elektrolytu (elektricky vodivá kvapalina, napr. roztok kuchynskej soli). Jednosmerné napätie sa privádza tak, že **obrobok je kladná anóda** a druhá elektróda (napr. medená) je **záporná katóda (nástroj)**. Pri pretekaní prúdu elektricky vodivou kvapalinou reaguje kladná anóda so zápornými iontmi elektrolytu. Vznikajú soli kovov, ktoré sa v elektrolyte rozpúšťajú. Anóda je tak elektrolyticky obrábaná, dostáva tvar katódy (nástroja). Tento spôsob sa používa ako elektrolytické sústruženie, vŕtanie, delenie, lapovanie, honovanie, leštenie, zahlbovanie. Na obr. 1.11 je schéma elektrochemického zahlbovania. Zariadenie sa skladá zo stroja so zahlbovacím prípravkom, z generátora, z prívodu a úpravy elektrolytu. Obrobok je upevnený na stole. V zvislej pohyblivej hlave je nástroj (katóda). Zahlbovací prípravok tvorí okolo polovýrobku a nástroja uzavretý priestor, v ktorom preteká elektrolyt.

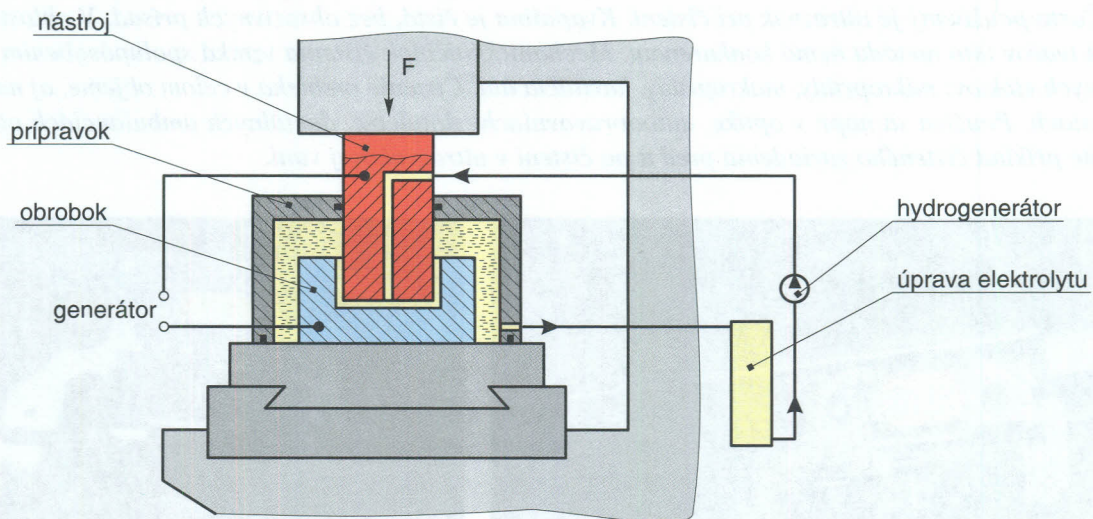
Elektrochemické obrábanie je nákladný postup obrábania. S úspechom je využívané pri tenkostenných obrobkoch, kde nemôžu vznikáť veľké rezné sily. Používa sa tam, kde sú vysoké požiadavky na tvar a kvalitu, ktoré sa nedajú zabezpečiť inými spôsobmi.

### 1.3.3. Chemické obrábanie – leptanie

Z chemického obrábania si povieme niečo o leptaní. Je to **riadené odleptávanie vrstvy materiálu z povrchu polovýrobku chemickou reakciou** medzi materiálom polovýrobku a nástroja (kyselina, hydroxid). Miesta, ktoré nemajú byť obrobené, zakryjeme špeciálnym lakom – maskou. Leptať sa dajú napr. hliník a jeho zliatiny, konštrukčné uhlíkové ocele, koróziivzdorné ocele, meď, mosadz, titán.

Týmto spôsobom sa obrábajú tvarovo zložité reliéfy, veľké plochy zložitých tvarov do malých hĺbok. S výhodou sa obrábajú tvarovo zložité tenké (málo tuhé) súčiastky (nedochádza k deformácii).

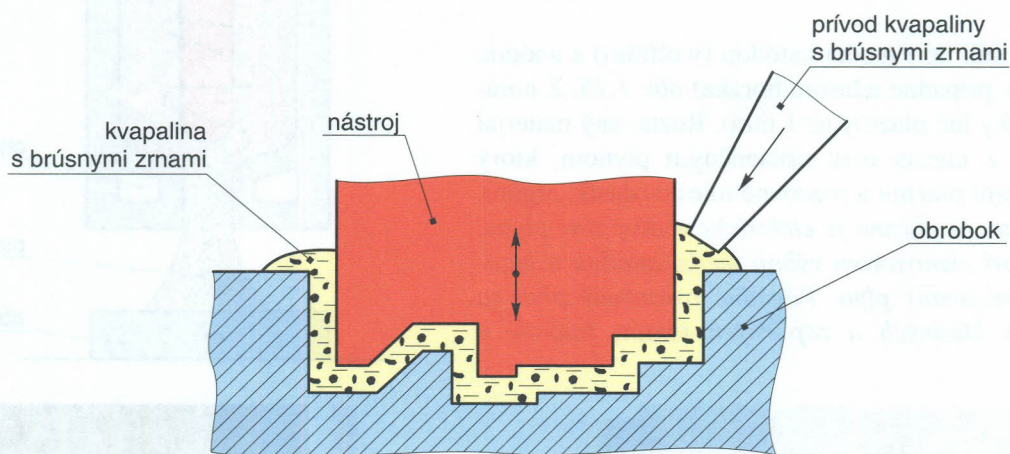




Obr. 1.11

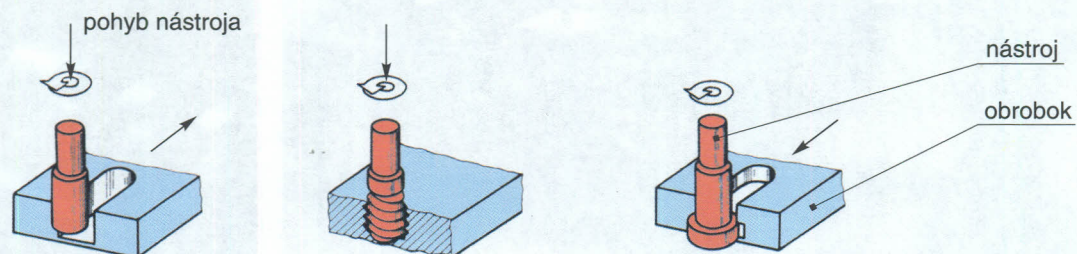
### 1.3.4. Obrábanie ultrazvukom

Pri obrábaní ultrazvukom **privádzame zrná abrazívneho** (brúsiaceho, hladiaceho, leštiaceho) **materiálu medzi obrábaný povrch a nástroj**. Nástroj kmitá (frekvenciou 18 až 25 kHz) smerom k obrobku. **Zrná sú vrhané na obrábaný povrch**. Prekopíruje sa tak tvar nástroja do obrobku (obr. 1.12). Zdrojom ultrazvuku je magnetostrikčný alebo piezoelektrický generátor.



Obr. 1.12

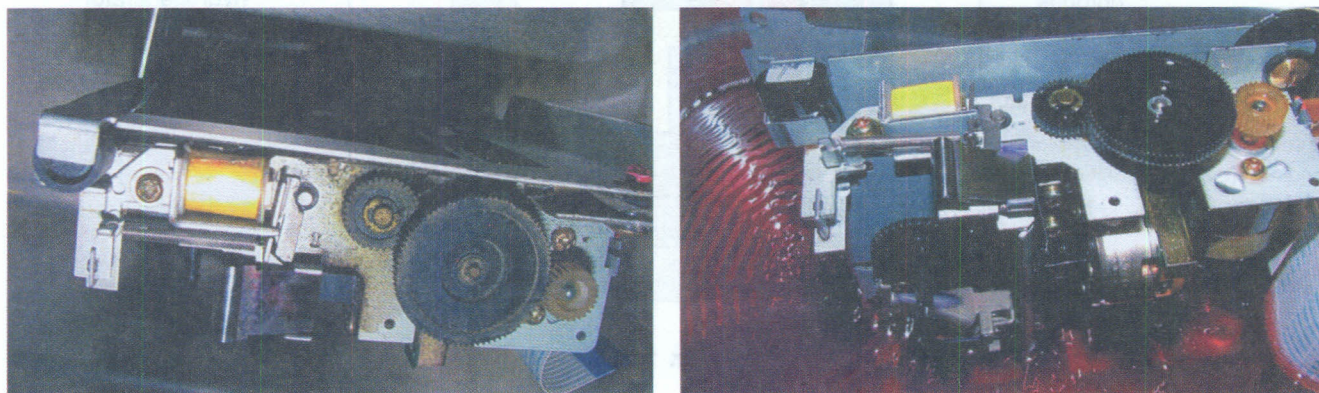
Nástroje sú zhotovené z koróziivzdornej ocele, medi, mosadze. Ich činná časť má tvar obrábanej plochy (obr. 1.13). Týmto spôsobom môžeme obrábať vodivý aj nevodivý materiál, sklo, kremík, grafit, keramické materiály, polodrahokamy. Plasty sú týmto spôsobom neobrobiteľné.



Obr. 1.13



Často používaný je ultrazvuk pri čistení. Kvapalina je čistá, bez abrazívnych prísad. V oblasti čistenia zložitých tvarov táto metóda nemá konkurenciu. Mechanický účinok čistenia vzniká spolupôsobením viacerých fyzikálnych efektov: mikroprúdy, makroprúdy, kavitácia atď. Čistenie prebieha v celom objeme, aj na neprístupných miestach. Používa sa napr. v optike, autoopravovniach, zlatníctve, dentálnych ambulanciách atď. Na obr. 1.14 vidíte príklad čisteného zariadenia pred a po čistení v ultrazvukovej vani.



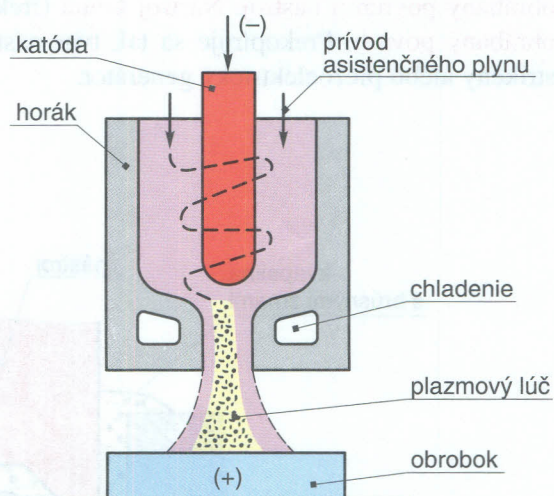
Obr. 1.14

### 1.3.5. Obrábanie plazmou

Pri prechode niektorých plynov elektrickým oblúkom sa ich molekuly rozkladajú za vzniku vysokej teploty (nad 10 000 °C). Toto teplo sa využíva na ohrev a tavenie obrábaného materiálu.

Elektrický oblúk horí medzi katódou (wolfrám) a anódou (polovýrobnok, prípadne telesom horáka) obr. 1.15. Z horáka vychádza úzky lúč plazmy (Ø 1 mm). Roztavený materiál je vyfukovaný z miesta rezu asistenčným plynom, ktorý obklopuje a chráni plazmu a pracovné miesto (dusík, argón).

Z fyziky vieme, že plazma je elektricky vodivý stav plynu, ktorý nastáva pri elektrickom výboji medzi anódou a katódou. Vzniká ionizovaný plyn. Pôvodne rovnorodý plyn sa zmení na zmes kladných a záporných iontov, fotónov a ďalších častíc.



Obr. 1.15



Plazmový lúč sa používa na rezanie, zváranie, obrábanie ťažkoobrobiteľných materiálov (ohrev materiálu pred nástrojom – menšia pevnosť a tvrdosť materiálu).

### 1.3.6. Obrábanie laserom

Prvé úmyselné využitie svetelnej energie na rozrušenie materiálu (vlastne obrábanie) urobil Archimedes (287 až 212 p. n. l.). Zakrivenými zrkadlami nasmeroval a zaostril slnečné žiarenie na rímske lode. Tie sa zapálili.

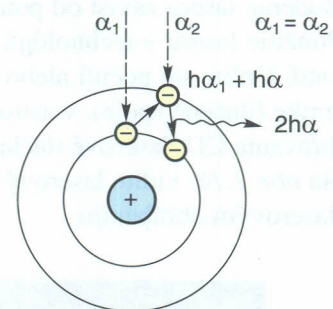
Laser pracuje na princípe vynúteného žiarenia (indukovanej emisie). Laserový lúč po dopade na obrábaný materiál ho ohrieva, taví a ten sa odparuje.

Zjednodušené vysvetlenie vnútorného žiarenia (obr. 1.16).

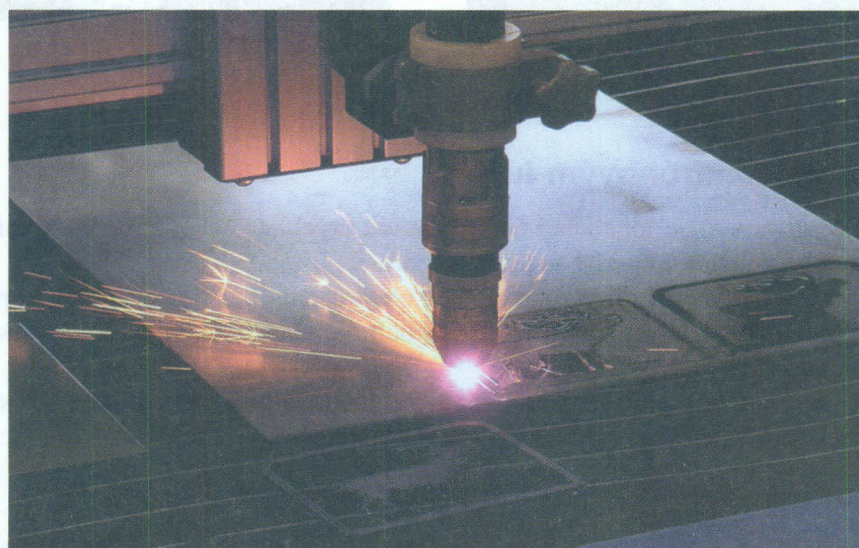
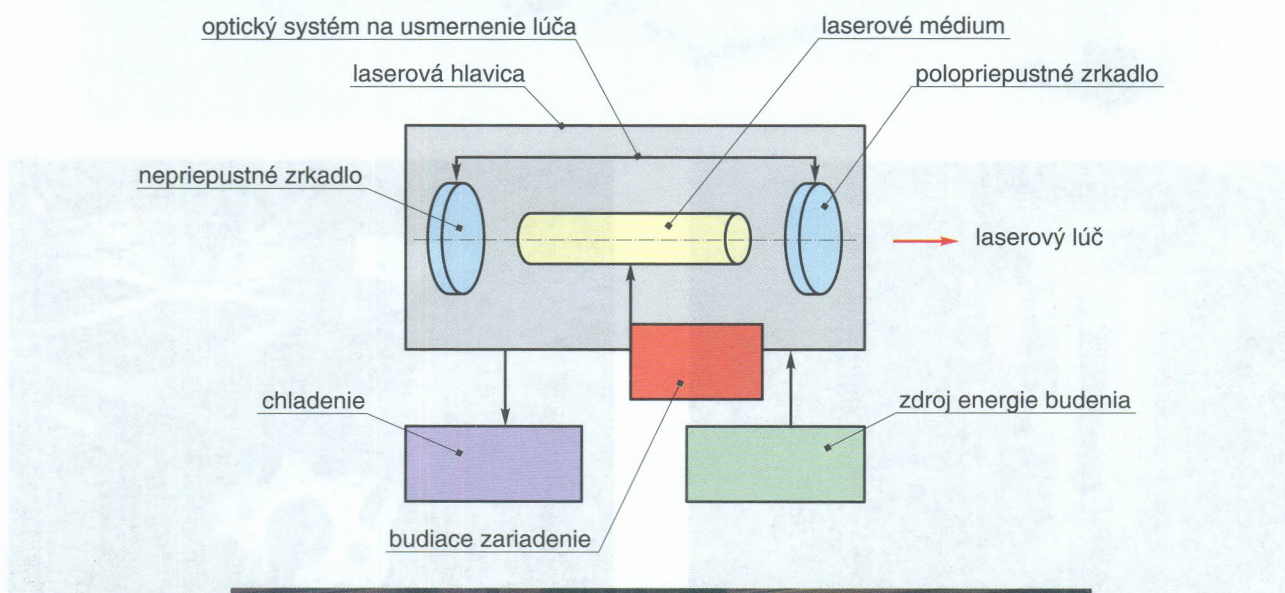
Elektróny obiehajú okolo jadra atómu po určitých dráhach. Každý dráhe patrí istá energetická úroveň. Keď dopadne na atóm určité žiarenie  $\alpha_1$ , prijme elektrón energiu, ktorá ho prinúti prejsť na vyššiu dráhu (s vyššou energetickou úrovňou). Ďalšie dopadajúce žiarenie  $\alpha_2$  ho prinúti prijať ďalšiu energiu a prejsť na svoju pôvodnú dráhu. Aby mal elektrón energiu zodpovedajúcu tejto dráhe, musí energiu naviac vyžiariť.

Zjednodušene: laserový lúč vznikne žiarením, ktoré elektróny vydajú pri prechode z jednej dráhy na druhú. K prechodu ich donúti ďalšie budiace žiarenie.

Konštrukciu vzniku a usmernenia laserového lúča vidíte na obr.1.17.



Obr. 1.16



Obr. 1.17

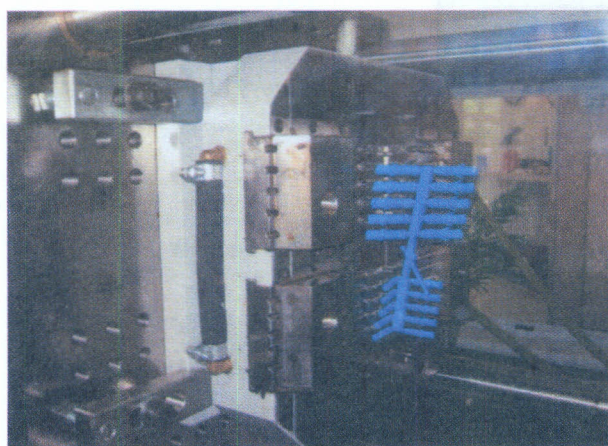


Laserové médium môže byť v pevnom, tekutom aj plynnom stave (neodým, ródium, oxid uhličitý, neón, kadmium).

Budenie laseru závisí od použitého média. Môže to byť elektrický výboj, chemická reakcia, opticky a. i.

Použitie laseru v technológii je rezanie, zvarovanie, spájkovanie, sústruženie, tepelné spracovanie, gravírovanie atď. Určite ste počuli alebo čítali o jeho použití v zdravotníctve (laserový skalpel), v kozmetike, v elektrotechnike (tlačené spoje), v astronómii (presné meranie vzdialenosti planét), v meracej technike, poznáte princíp prehrávania CD, laserové tlačiarne.

Na obr. 1.18. vidíte laserový stroj na vyrezávanie (s príkladom výrobku) a formu na vstrekové liatie vyrobenú laserovým obrábaním.



Obr. 1.18

### 1.3.7. Obrábanie elektrónovým lúčom

Obrábanie je založené na využití **kinetickej energie prúdu urýchlených elektrónov**. V mieste dopadu sa ich kinetická energia mení na tepelnú. Materiál sa taví a odparuje.

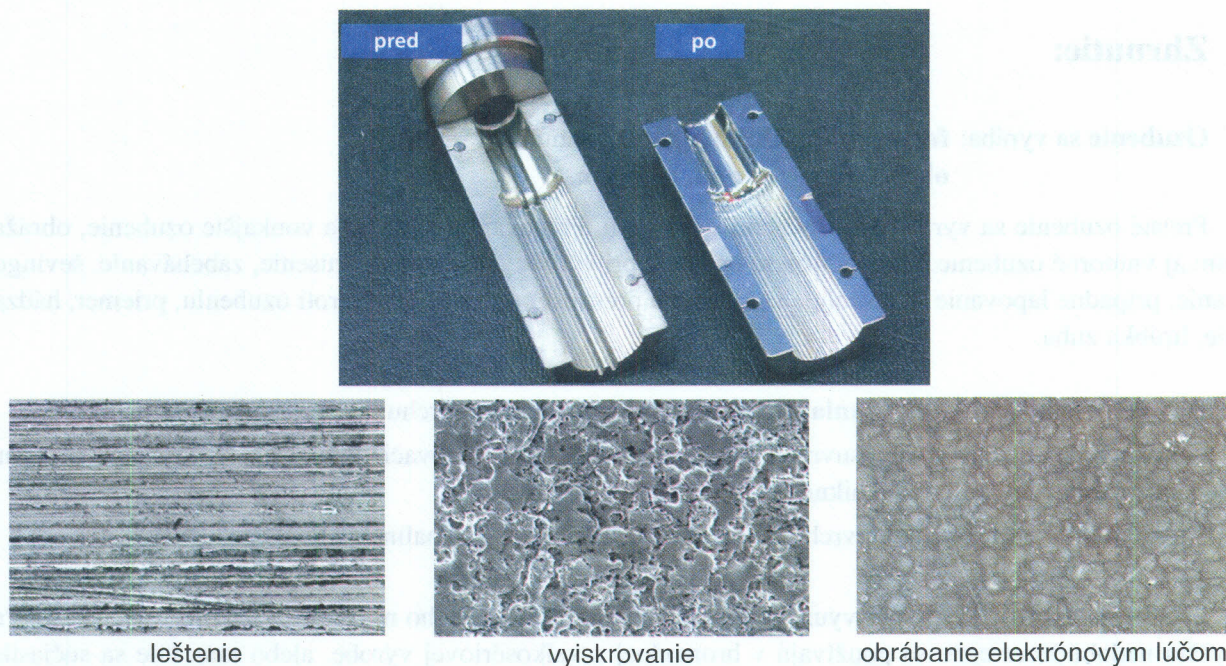
Táto technológia sa používa najmä pri výrobe čipov v elektrotechnike. V strojárstve sa uplatňuje pri zvaraní, spájkovaní, vrtaní dlhých dier malých priemerov, ťažkoobrobiteľných materiálov, drahokamov, špeciálnych materiálov v kozmonautike a letectve.

Na obr. 1.19 je súčiastka pred a po leštení elektrónovým lúčom a príklad povrchu obrobeného leštením, vykrovaním (elektroerozívny obrábaním) a elektrónovým lúčom.

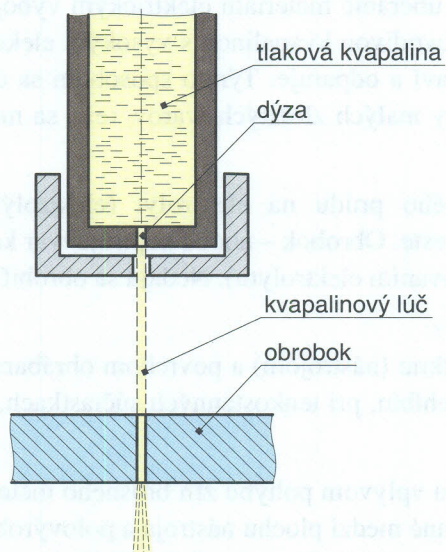
### 1.3.8. Obrábanie kvapalinovým lúčom

Pracovný **lúč kvapaliny prúdi vysokým tlakom a rýchlou** (štyrikrát vyššou ako je rýchlosť zvuku) z pracovnej dýzy. V tomto stave má **účinok ako tuhé teleso** (obr. 1.20).





Obr. 1.19



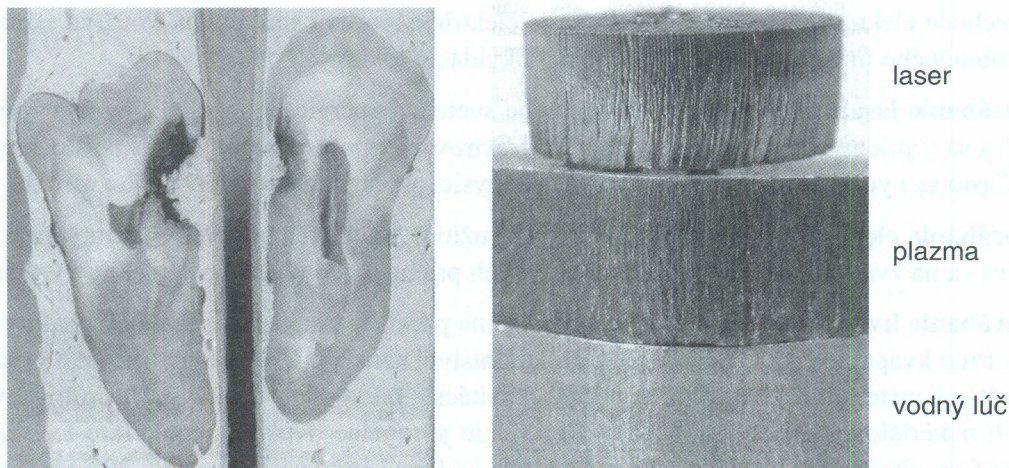
Obr. 1.20

Za určitých podmienok vznikajú v kvapaline bublinky vyplnené sýtou parou. Pri ich zániku dochádza v ich mieste k podtlaku, a tak k vytrhávaniu častíc materiálu z povrchu súčiastky. Je to tzv. kavitačná erózia.

Nástroj je čistá kvapalina alebo môže byť doplnená brusivom. (Kvapalina sa môže použiť akákoľvek.)

Táto technológia sa používa najmä pri obrábaní mäkkých, málo húževnatých materiálov a pri použití abrazívnych prvkov na obrábanie tvrdých a húževnatých materiálov. Je vhodná na všetky kovové aj nekovové materiály. Výhodou je, že pri obrábaní nevzniká teplo. Používa sa napríklad pri označovaní skiel automobilov registračnými číslami.

Na obr. 1.21 je rez zubom pomocou vodného lúča a vpravo rozdielna drsnosť povrchu pri obrábaní (zhora) laserom, plazmou a vodným lúčom.



Obr. 1.21



## Zhrnutie:

**Ozubenie** sa vyrába: **frézovaním** – delením, odvaľovaním, **obrážaním** – nožom, kotúčom.

Presné ozubenie sa vyrába odvaľovacím spôsobom. Frézovaním sa vyrába vonkajšie ozubenie, obrážením aj vnútorné ozubenie. Dokončovacie operácie pri výrobe ozubenia sú brúsenie, zabehávanie, ševingovanie, prípadne lapovanie. Kontroluje sa poloha a presnosť otvoru kola oproti ozubeniu, priemer, hádzanie, hrúbka zuba.

**Dokončovacie druhy obrábania** sú založené na obrusovaní povrchu.

**Honovanie** – otáčavým a posuvným pohybom sa pritláčajú honovacie kamene k obrábanému povrchu. Pridaním kmitavého pohybu vznikne **ševingovanie**.

**Lapovanie** je obrusovanie povrchu brusivom rozptýleným v kvapaline alebo paste.

**Špeciálne druhy obrábania** využívajú pri odoberaní prebytočného materiálu rôzne formy energie. Pre vyššiu nadobúdaciú cenu sa používajú v hromadnej a veľkosériovej výrobe, alebo tam, kde sa súčiastka nedá vyrobiť inou technológiou.

**Elektroiskrové obrábanie** je proces, pri ktorom sa dosiahne uberanie materiálu elektrickým výbojom medzi elektródami, z ktorých jedna je obrobok. Obklopené sú nevodivou kvapalinou s vysokým elektrickým odporom. Vzniká erózia, materiál sa v malých kráteroch taví a odparuje. Týmto spôsobom sa dajú obrobiť všetky vodivé materiály. Vyiskrovaním sa obrobia otvory malých zložitých tvarov, režu sa materiály, vyrábajú sa lisovacie formy.

**Elektrochemické obrábanie** využíva pôsobenie elektrického prúdu na elektrolyt (elektrolýza). Podstatou obrábania je rozpúšťanie materiálu v požadovanom mieste. Obrobok – anóda kopíruje tvar katódy. Tento spôsob obrábania je drahý (problém s čistením a likvidovaním elektrolytu). Nedajú sa obrobiť liatiny, ocele s vyšším obsahom uhlíka a kremíka.

**Leptanie** – využíva sa chemická reakcia medzi chemickou látkou (nástrojom) a povrchom obrábaného materiálu. Využíva sa pri výrobe plytkých, tvarovo zložitých priehlbín, pri tenkostenných súčiastkach, pri málo tuhých polovýrobkoch.

**Obrábanie ultrazvukom** je mechanické rozrušovanie obrobku vplyvom pohybu zrn brúsneho materiálu. Nástroj kmitá smerom k obrábanej ploche. Brusivo je privádzané medzi plochu nástroja a polovýrobku. Vplyvom narušovania povrchu brúsením, dostane obrobok tvar nástroja. Dajú sa obrobiť vodivé aj nevodivé materiály, okrem plastických látok.

**Obrábanie plazmovým lúčom** je tavenie materiálu teplom, ktoré vznikne rozkladom určitých plynov pri prechode elektrickým oblúkom. Plazma je elektricky vodivý stav plynu. Používa sa na obrábanie ťažkoobrobiteľného materiálu, rezanie, zváranie, likvidáciu toxických odpadov.

**Obrábanie laserom** je založené na premene svetelnej energie na tepelnú. Laser je vynútené žiarenie. Používa sa v priemysle na zváranie, rezanie, gravírovanie, popisovanie, vŕtanie, sústruženie, frézovanie a pod. Často sa využíva v elektrotechnickom priemysle, ale aj v zdravotníctve a kozmetike.

**Obrábanie elektrónovým lúčom** prebieha využitím kinetickej energie prúdu urýchlených elektrónov. Používa sa na zváranie, vŕtanie dlhých dier malých priemerov, v elektrotechnike na výrobu čipov.

**Obrábanie kvapalinovým lúčom** je založené na premene kinetickej energie kvapaliny na mechanickú prácu. Prúd kvapaliny, do ktorej sa môže pridať brusivo, naráža pod vysokým tlakom a vysokou rýchlosťou na obrábaný materiál. K pôsobeniu sa pridáva kavitácia. Takto sa obrábajú všetky druhy kovových aj nekovových materiálov. Výhoda je, že polovýrobok nie je tepelne ovplyvňovaný. Táto technológia sa začala používať pri obrábaní materiálov v kozmonautike na konci šesťdesiatych rokov 20. storočia.



### Otázky, úlohy a úvahy:

1. Ako sa vyrába ozubenie frézovaním?
2. Ako sa vyrába ozubenie obrázaním?
3. Kde ste už počuli pojem „zabehávanie“ ozubeného prevodu? Ako sa prejavuje?
4. Keby sme nerobili dokončovacie operácie na ozubení, čo by to spôsobovalo?
5. Mohli by sme upraviť povrch piesta alebo lopatky čerpadla pilníkom? Prečo?
6. Opíšte deliaci prístroj.
7. Čo môže byť príčinou hádzania ozubeného kolesa?
8. Najdite v strojníckych tabuľkách značky a spôsob označovania súosovosti a hádzania.
9. Najdite v strojníckych tabuľkách, ktorým spôsobom obrábania dosiahneme najmenšiu drsnosť povrchu. Aká je?
10. Akou formou energie sme doteraz odoberali pri obrábaní triesku?
11. Čo je podstatou elektroiskrového obrábania?
12. Pri ktorom obrábaní získa obrobok tvar nástroja?
13. Pri ktorom obrábaní sa opotrebuva aj nástroj?
14. Ktoré obrábanie by ste použili na obrobenie tenkej súčiastky s veľkou plochou zložitého tvaru do malej hĺbky?
15. Ktoré obrábanie má široké použitie aj v iných odboroch ako technických?
16. Kde ste sa už stretli s využitím ultrazvuku?

## 1.4. 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.

### 1.4.1. 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 prog-



ramu 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.

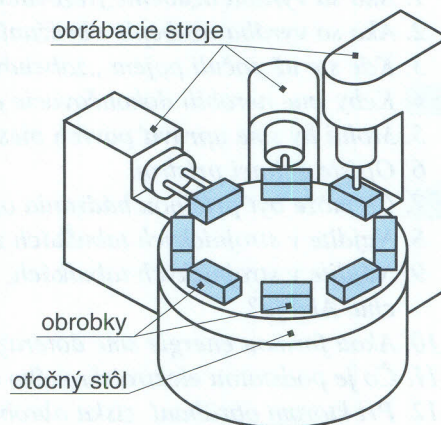
### Jednoúčelové stroje

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. 1.22).

Jednoúčelový 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.

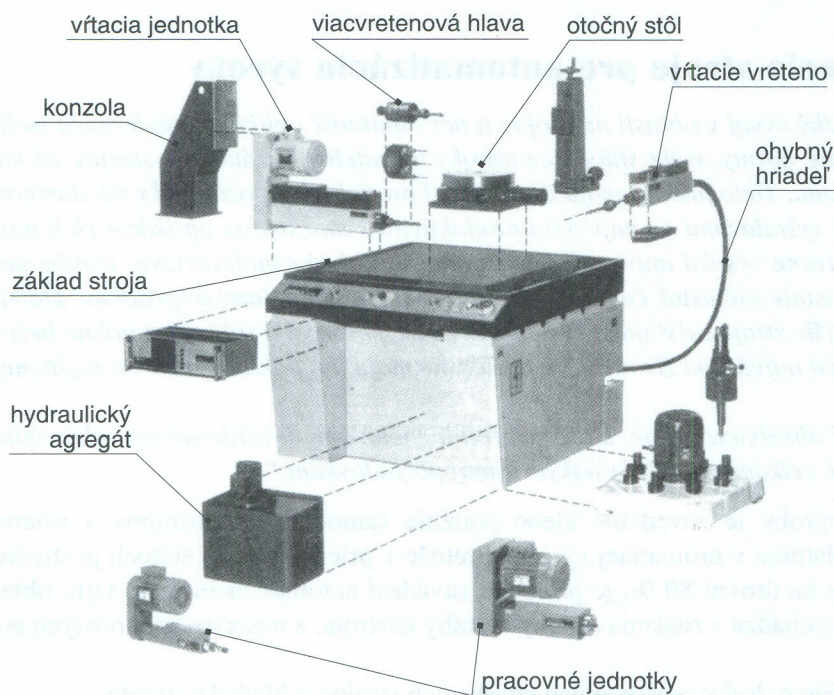
**Nevýhody:** veľká nadobúdacia cena, komplikovaná prestavba pri zmene operácií alebo druhu výrobku.



Obr. 1.22

Stavebnicové jednoúčelové stroje majú výhody jednoúčelových strojov a zároveň odstraňujú ich nevýhody použitím **typizovaných a normalizovaných konštrukčných skupín** (obr. 1.23).

Majú už určitú mieru pružnosti a možnosť prispôbiť sa zmeneným podmienkam výroby.



Obr. 1.23

### Číslicovo riadené obrábacie stroje

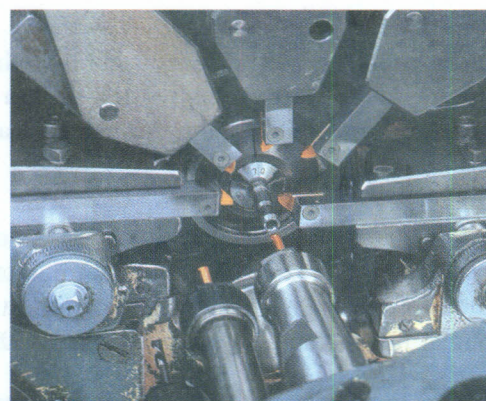
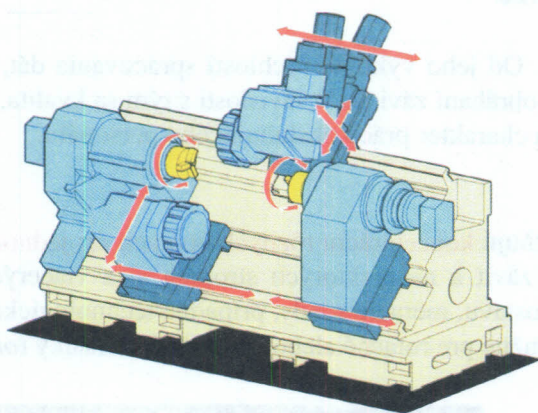
Číslicovo riadené obrábacie stroje obrábajú súčiastky niektorou z technológií (sústružia, frézujú, brúšia atď.). **Ich činnosť je riadená automaticky** zadávaním príkazov v číselnej podobe z počítačového programu (obr. 1.24).

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.

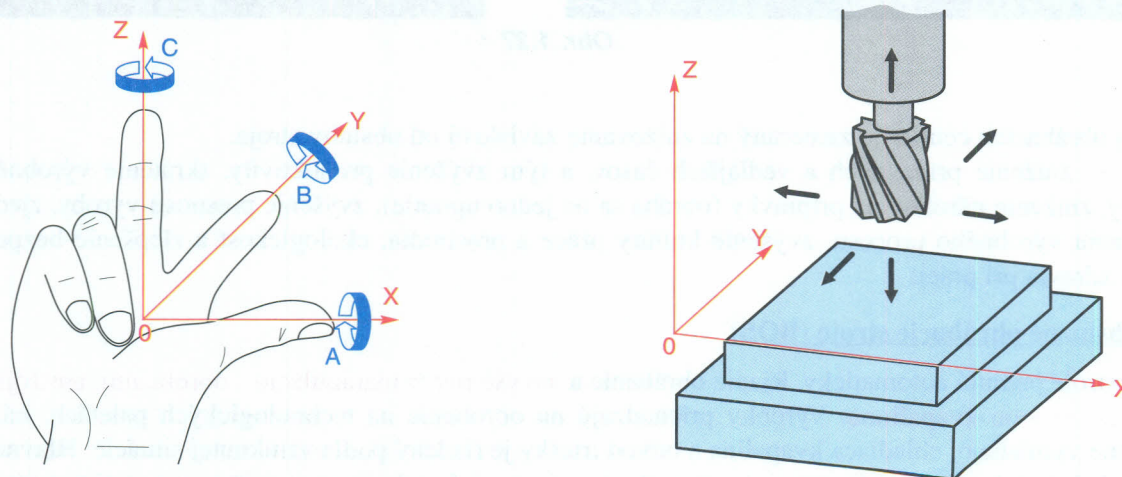




Obr. 1.24

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 jednouúčelovým počítačom, ktorý je jeho súčasťou.

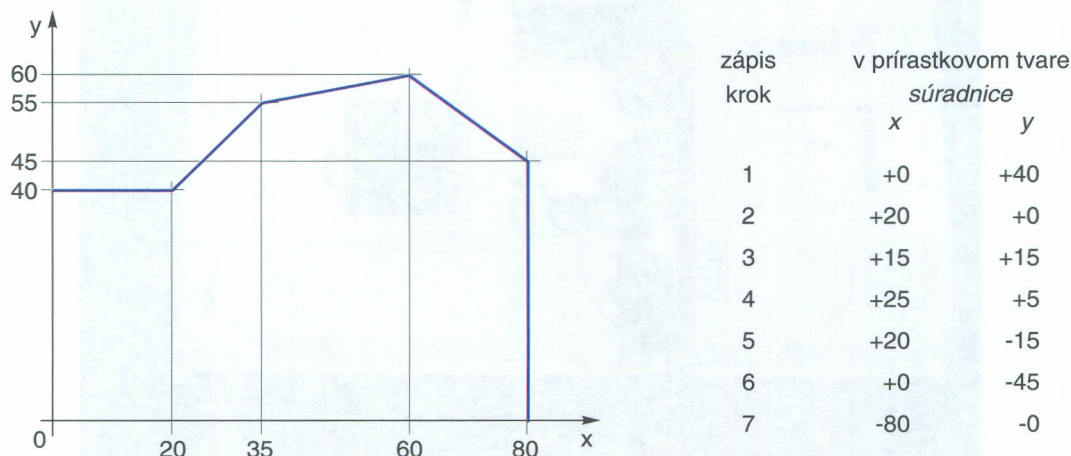
Popis pohybu stroja sa definuje v systéme súradníc. Najčastejšie je to pravouhlý systém súradníc (O, x, y, z) na obr. 1.25. Reálne pohyby na stroji znázorňuje obr. 1.24.



Obr. 1.25



Príklad jednoduchého programu a jeho zápis v prírástkovom tvare vidíte na *obr. 1.26*.

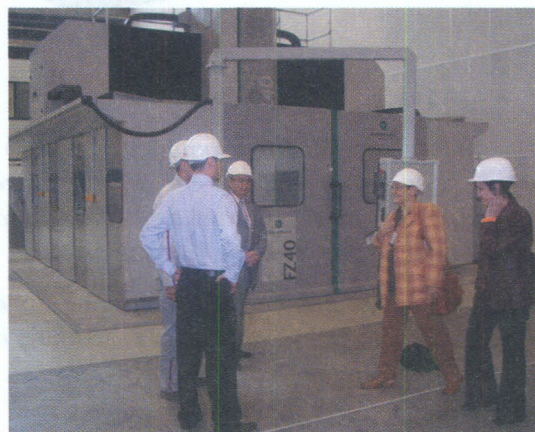
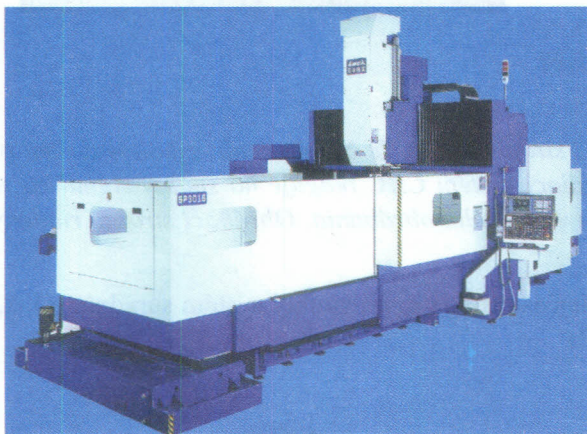


*Obr. 1.26*

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. 1.27*).



*Obr. 1.27*

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.

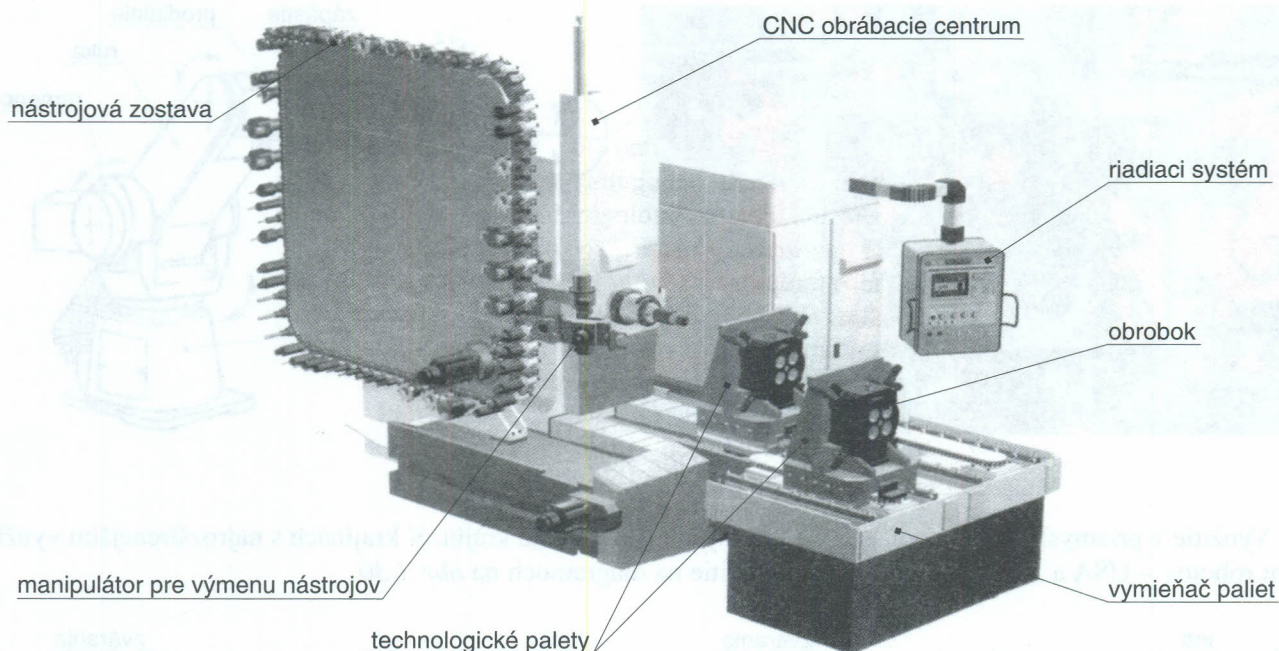
### Bezobslužné obrábacie stroje (BOS)

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. 1.28 je bezobslužné obrábacie centrum, ktoré má reťazový zásobník s nástrojmi a výmenník na výmenu palet s nástrojmi.



Obr. 1.28

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 stroje. Riadiaci systém je zložením nezávislých riadiacich CNC systémov, ktoré dokážu spätne komunikovať.

### 1.4.2. 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.

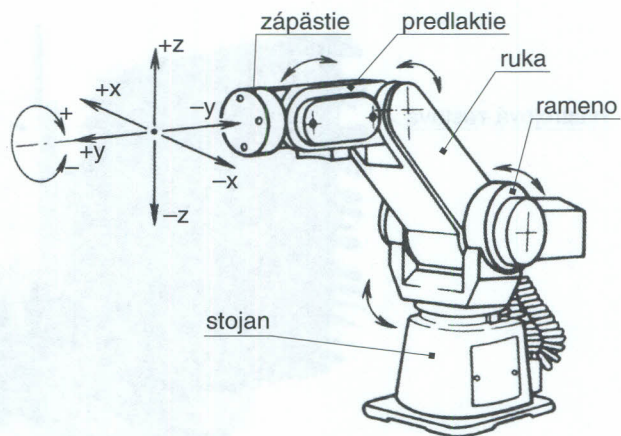
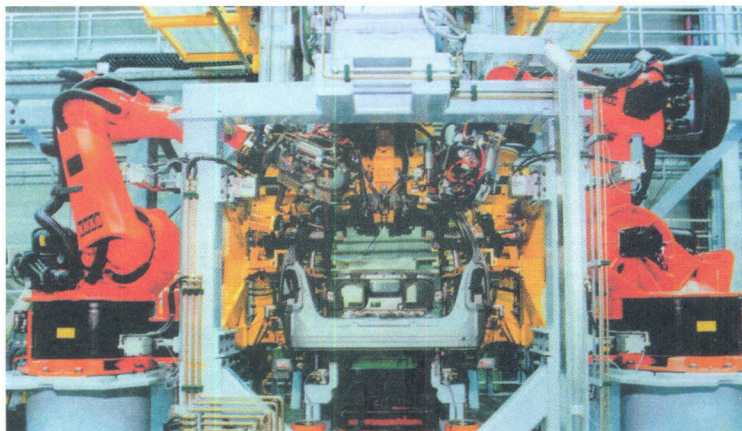
Manipulátory sú jednocéľové zariadenia ovládané človekom. Ak použijeme slovník cudzích slov, **manipulátory** sú „zariadenia na operačnú a medzioperačnú polohu, prípadne orientáciu materiálu v určitom slede medzi jednotlivými polohami“ (12. s. 546). Ich definícia je:

- **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.



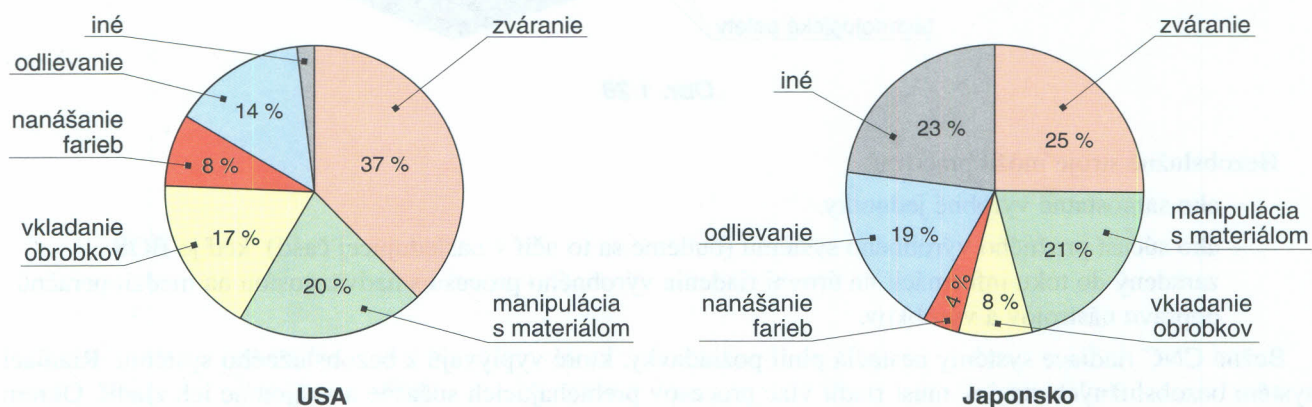
Na obr. 1.29 vidíte priemyselný robot pri zvaraní karosérie automobilu a opis hlavných častí konštrukcie univerzálneho robota. Na zápästie robotov sa upevňujú pracovné hlavice, tzv. efektory, ktoré môžu byť:

- uchopovacie pre manipuláciu a uchopenie,
- technologické pre pracovné operácie, napr. zvaranie, vŕtanie a pod.,
- kombinované pre obidve predchádzajúce činnosti.



Obr. 1.29

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. 1.30.



Obr. 1.30

Roboty a manipulátory majú veľké uplatnenie všade tam, kde môžu nahradiť nebezpečnú, jednotvárnú a ťažkú prácu.

### 1.4.3. Automatizované výrobné linky

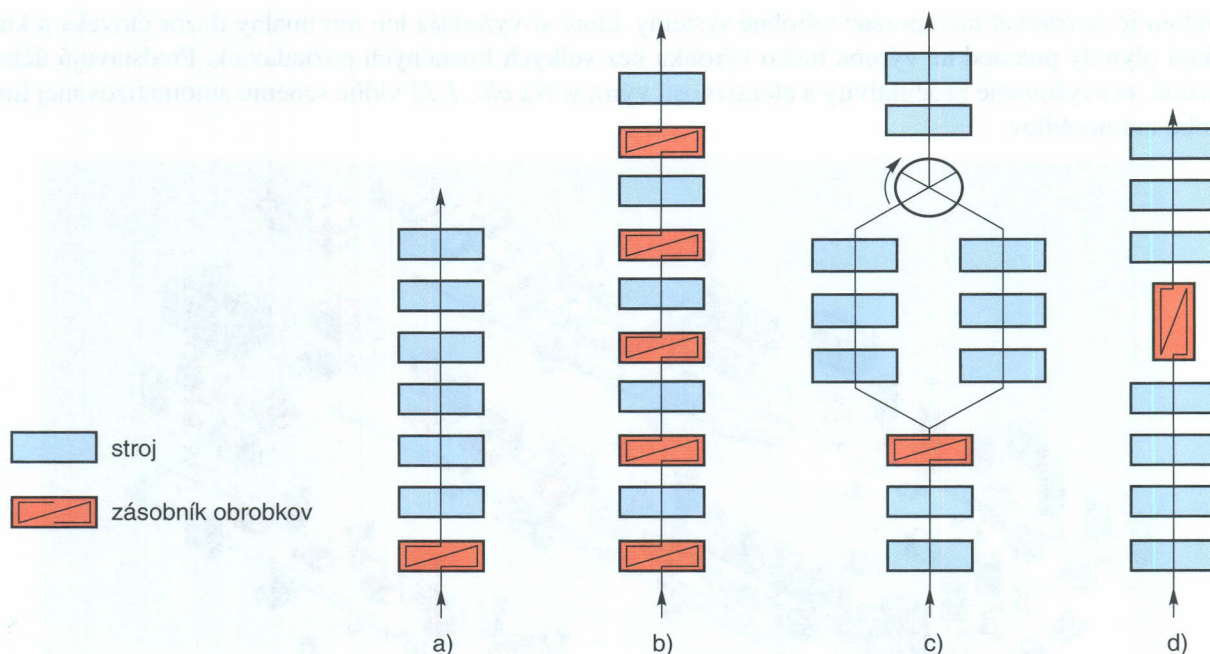
Na zjednodušenie práce a zvýšenie produktivity vznikali automatizované linky.

**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. 1.31a). Po ukončení práce na jednom stroji postúpi obrobok k ďalšiemu stroju,
- s pružnou medzistrojovou väzbou (obr. 1.31b). Obrobený výrobok prejde do zásobníka ďalšieho stroja. Poruchy a rozdielne obrábacie časy menej ovplyvňujú činnosť nasledujúceho stroja,
- viacprúdové linky (obr. 1.31c),
- linky rozdelené na úseky (obr. 1.31d). Medzi jednotlivými úsekmi je zásobník obrobkov na ďalšie operácie.





Obr. 1.31

Automatizovaná linka má tieto prvky:

- obrábacie stroje rôznych typov – špeciálne konštruované pre danú linku, stavebnicové jednocelové, poloautomaty, 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 manipulátory a roboty,
- riadiaci systém na zosúladenie, kontrolu, signalizáciu, reguláciu, riadenie a pod.

Konkrétne pri doprave musí riadiť a zabezpečiť: vybratie obrobku 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 jednocelové 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.

#### 1.4.4. 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:

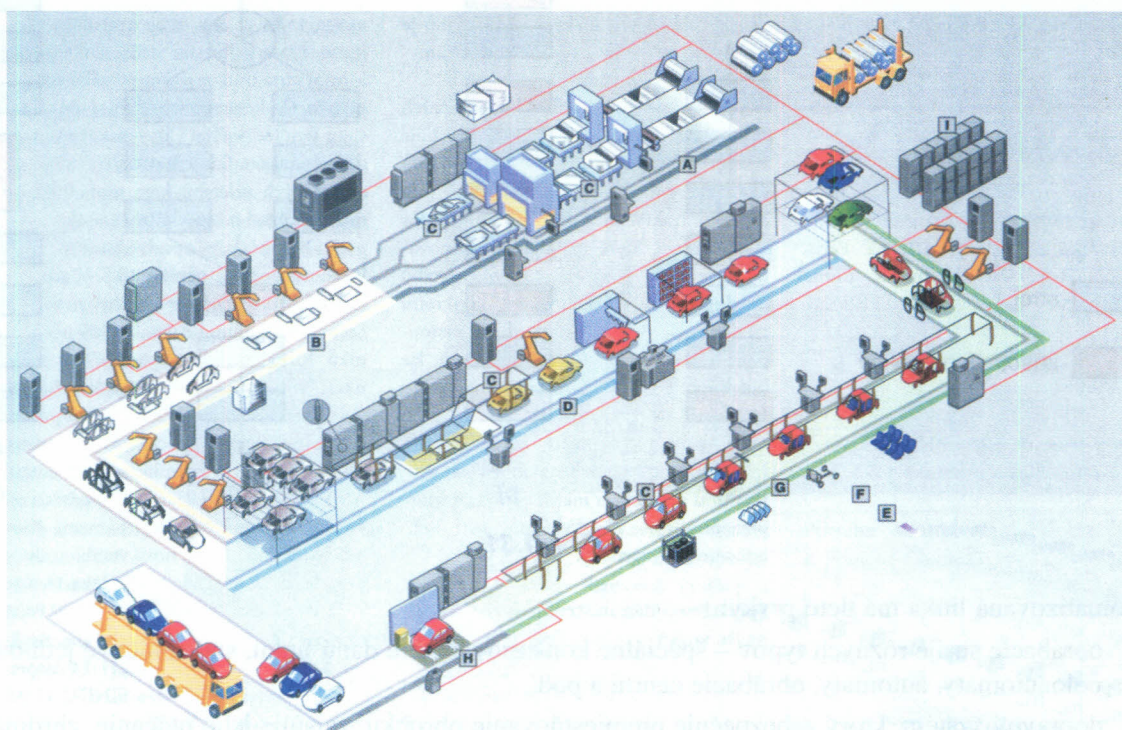
- priame riadenie výrobného procesu počítačom (počas výroby),
- plne automatizované technologické pracoviská s manipuláciou s výrobkami a nástrojmi, s kontrolou, bez ručných zásahov obsluhy,
- plne automatická doprava a manipulácia s obrobkami,
- automatické podávanie informácií o práci systému,
- činnosť človeka je obmedzená na prípravu a kontrolu.

Pružné výrobné systémy obsahujú **tri podsystemy**, ktoré sú vzájomne závislé:

1. **výrobné zariadenia** (technologický podsystem) – obrábacie centrá, CNC stroje, špeciálne stroje, nástroje vložené v nástrojovej zostave, s príslušným výmenným zariadením,
2. **tok materiálu** (dopravný podsystem) – 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. 1.32 vidíte schému automatizovanej linky na výrobu automobilov.



Obr. 1.32

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 závratným 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, technologov, 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. 1.33

Na obr. 1.33 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 vtlačený 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.
- ✓ **Jednoúčelové 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 jednoúčelové zariadenia ovládané človekom.
- ✓ **Roboty** – zariadenia s naprogramovými 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 tuhou medzistrojovou väzbou?
8. Čo považujete za najrizikovejšiu (a tým aj najdôležitejšiu) oblasť udržania výrobných liniek v chode?
9. Sú dva princípy grafického zobrazovania objektov na počítači: vektorovou grafikou a rastrovou grafikou. Pri vektorovej grafike sú všetky obrázky 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?

## 1.5. Meradlá

S pribúdajúcou automatizáciou, so zvyšujúcimi sa nárokmi na kvalitu výroby, a tým aj jej presnosť, vzrastajú požiadavky na meranie.

Všeobecne meranie je porovnávanie veličiny určitého druhu neznámej veľkosti s veličinou rovnakého druhu známej veľkosti. Meraním sa zisťujú výsledky výrobných procesov, porovnávajú sa s predpísanými hodnotami konštruktérov a technológov.



## Meracie metódy

Môžu byť:

- **priame**, meranú veličinu odčítame priamo, napr. rýchlosť, dĺžku, čas a pod.,
- **nepriame**, meraná veličina sa určuje na základe vzťahu k inej meranej veličine, napr. meranie tvrdosti materiálu, meranie uhlov sínusovým pravítkom a pod.

Meradlá musia spĺňať určité požiadavky: musia byť ľahké (pri prenosných meraniach), presné (ich presnosť musí byť aspoň 10-krát väčšia ako predpísaná presnosť meranej súčiastky), môžu sa len minimálne opotrebovať, musia byť konštrukčne masívne atď.

### Zásady merania

Pri meraní sa riadime týmito zásadami:

- zvolíme meradlo požadovanej presnosti,
- dbáme na rovnakú teplotu meradla a súčiastky, 20 °C (vylúčenie vplyvu tepelnej rozťažnosti),
- dotyky meradiel musia byť čisté,
- s meradlom musíme zaobchádzať citlivo,
- pri meraní musia dotyky meradla správne priliehať na meranú plochu,
- musíme merať so správnym osvetlením a s kolmým pohľadom na stupnicu,
- meradlá je vhodné odkladať na mäkkú podložku,
- po meraní meradlo očistiť,
- pravidelne kontrolovať presnosť meradiel.

### 1.5.1. Meranie dĺžkových rozmerov

Dĺžkové rozmery môžeme merať priamou aj nepriamou (porovnávacou čiže **komparačnou**) metódou.

Pri **priamom meraní** sa meradlami alebo prístrojmi **priamo odpočíta meraná hodnota**.

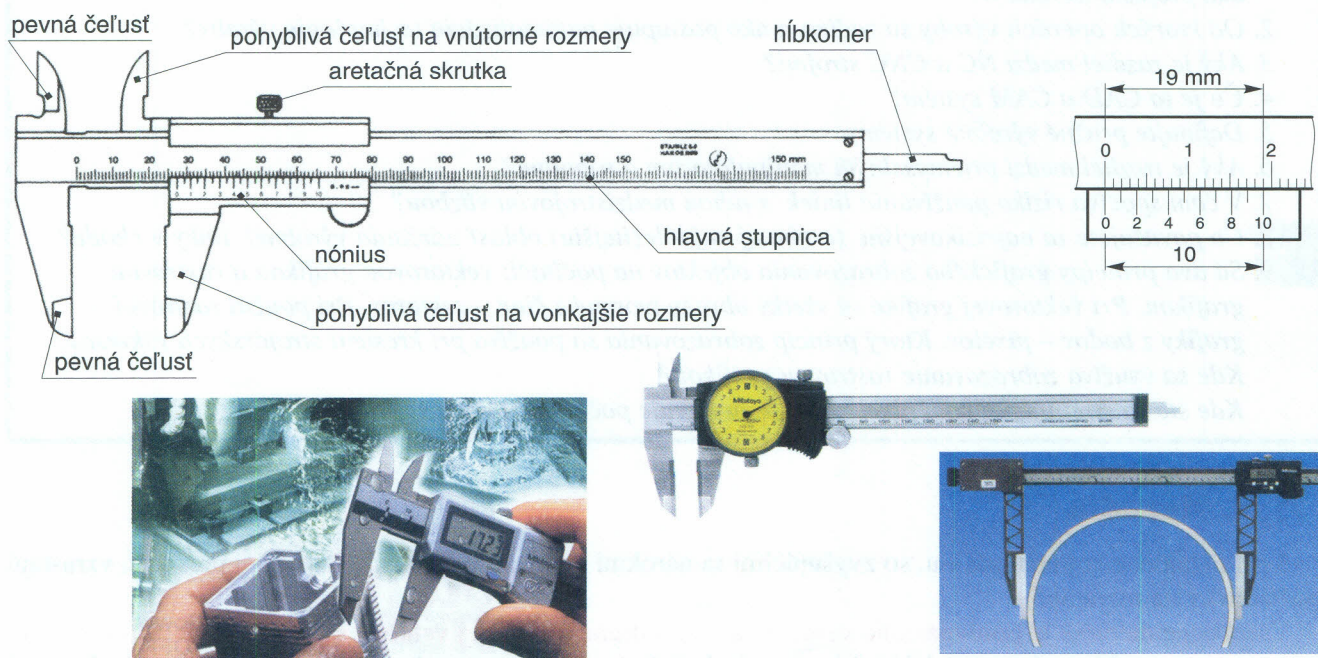
Pri **nepriamom meraní** sa porovnávacou metódou **porovnáva rozmer súčiastky s nastaveným rozmerom meradla** alebo prístroja. Výsledkom merania nie je číselná hodnota, ale zistenie, či je výrobok dobrý alebo nepodarkový.

#### Meradlá na priame meranie dĺžkových rozmerov

Meradlá na priame meranie dĺžok sú: **posuvné meradlá, mikrometre, základné rovnobežné mierky.**

#### **Posuvné meradlá**

Sú to často a bežne využívané meradlá. Môžeme nimi merať vonkajšie rozmery, priemery otvorov aj ich hĺbku. Merajú s presnosťou 0,1, 0,5 alebo 0,02 mm. Vyrábajú sa s rôznym tvarom ramien s digitálnym aj číselníkovým ukazovateľom (*obr. 1.34*).

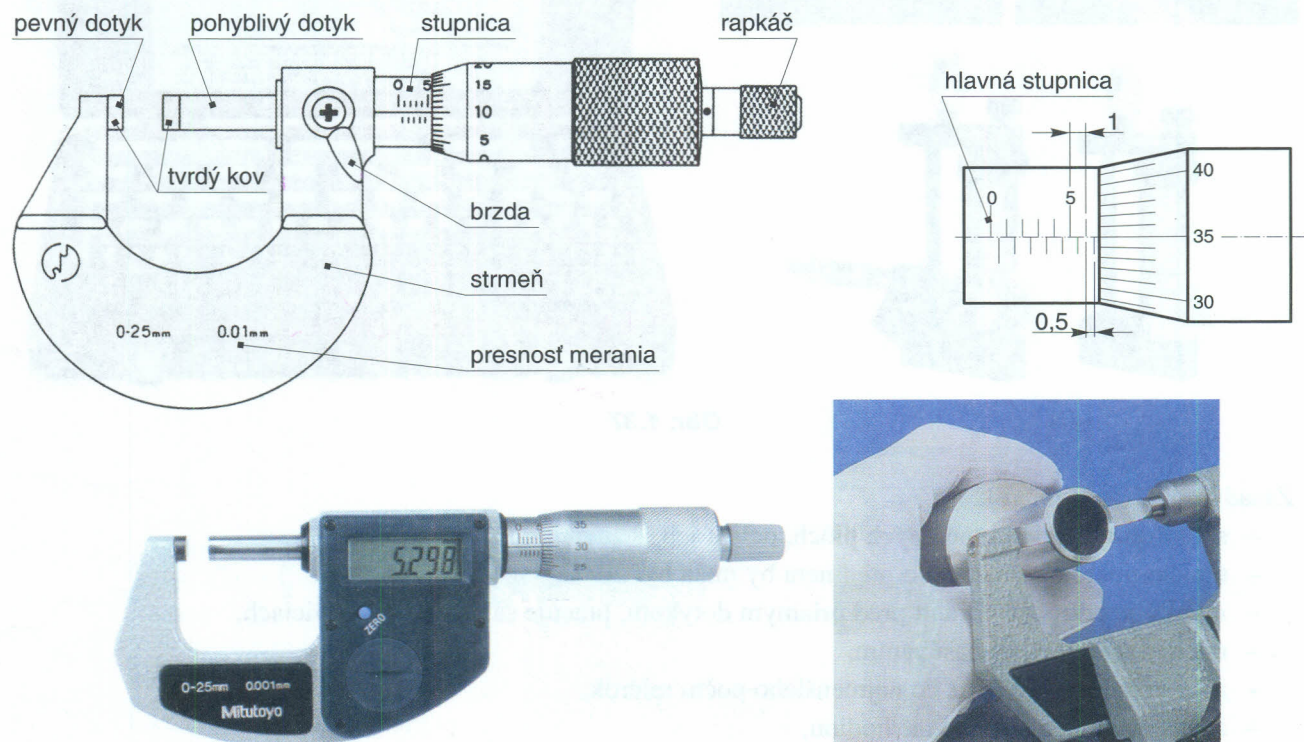


Obr. 1.34



## Mikrometre

Mikrometre sa používajú na meranie vonkajších a vnútorných rozmerov a na meranie hĺbok, kde sa vyžaduje **väčšia presnosť**. Merajú s presnosťou 0,01mm s odhadom na 0,005 mm. Podľa konštrukcie môžu byť strmeňové (obr. 1.35), alebo sú ako odpichy (obr.1.36). Majú rôzny tvar dotykov. Odchýlky môžu znázorňovať aj digitálne.



Obr. 1.35



Obr. 1.36

## Základné rovnobežné mierky

Používajú sa na meranie v laboratóriách, na nastavovanie meračích prístrojov, kontrolu meradiel. Majú presnosť až 0,0005 mm. Vyrábajú sa z kvalitných nehrdzavejúcich ocelí a najnovšie z keramických konštrukčných materiálov (na obr. 1.37 je sada keramických mierok).

Základné mierky sú platničky alebo hranoly s presnou hodnotou hrúbky alebo výšky. Po zložení držia priľnavosťou, lebo sú vyrobené s veľkou rovinnou presnosťou. Sú zostavené v súpravách. **Ich zložením sa dá nastaviť požadovaný rozmer.**





Obr. 1.37

Zásady používania mierok:

- skontrolovať kvalitu meraných plôch, očistiť ich,
- teplota mierok aj meraného predmetu by mala byť 20 °C,
- mierky je potrebné chrániť pred priamym dotykom, pracuje sa s nimi v rukaviciach,
- mierky sa zostavujú nasúvaním,
- rozmer sa má zostaviť z čo najmenšieho počtu mierok,
- zostavené môžu byť najviac hodinu,
- nesmú prichádzať do styku s magnetom,
- mierky sa rozkladajú odsunutím,
- po skončení merania sa majú nakonzervovať.

### Meradlá na nepriame meranie dĺžok

Prístroje na nepriame meranie dĺžkových rozmerov sa nazývajú komparátory (komparácia – porovnanie). **Merajú odchýlku od menovitého rozmeru.** Vyznačujú sa veľkou presnosťou. Po meraní sa súčiastky triedia na opraviteľné a neopraviteľné. Majú veľký prevod, preto ukazujú veľmi zväčšenú dráhu svojho dotyku. Môžu byť mechanické, optické, elektrické a vzduchové.

#### **Mechanické komparátory**

Môžu mať pákový, pružinový prevod, prevod s ozubenými kolesami alebo kombinovaný prevod. Pri meraní sa upínajú do stojanov. Najpoužívanejším je **číselníkový odchýlkomer**, ktorý má prevod ozubenými kolesami (obr. 1.38). Na meranie vnútorných rozmerov môže mať rôzne upravený kontakt. Pri používaní pre jeden rozmer môže mať na číselnom ukazovateli farebné vyznačenie tolerancie. Môže mať aj digitálny ukazovateľ.



Obr. 1.38



Ako odchýlkomer môže mať aj tvar mikrometera. Mikrometer nahrádza merací stojan (obr. 1.39). Odchýlkomer môže byť digitálny alebo číselníkový. Medzný rozmer sa nastavuje pomocou rovnobežných mierok.

### Optické komparátory

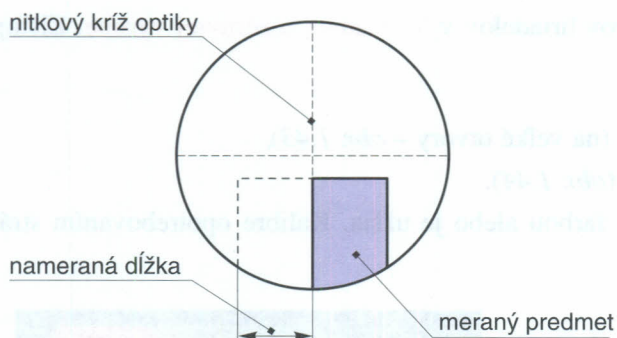
Pohyb meracieho dotyku pri optických komparátoroch ovláda **vychyľovanie svetelného lúča**. Lúč sa odráža od zrkadla. Je to bezdotykové meranie. Používa sa väčšinou v laboratóriách.

Meraná súčiastka je zospodu alebo zvrchu osvietená. Jej obrysy sa zobrazia v zornom poli optiky (obr. 1.40). Hrana obrysu, od ktorej budeme merať, sa zarovná s jednou z osí (x, y) pohybu stola (nitkový kríž optiky). Meracie zariadenie sa nastaví na nulu. Pohybujeme stolom s meranou súčiastkou tak, aby sa nitkový kríž dostal k druhému meranému bodu. Dĺžka pohybu stola je meraný rozmer.

Obraz merania nemusí byť sledovaný len mikroskopom, môžeme ho sledovať aj na projektore a výsledok môže vyhodnotiť počítač.



Obr. 1.39



Obr. 1.40



### Elektrické komparátory

Pri elektrickom meraní sa **zdvihy meracích dotykov menia na elektrické signály**, ktoré sa po zosilnení menia na údaj na elektrickom meracom prístroji s ručičkovým alebo digitálnym ukazovateľom (obr. 1.41). Môžu mať aj signalizáciu, napr. dobrá súčiastka biele svetlo, opraviteľný nepodarok zelené svetlo a neopraviteľný nepodarok červené svetlo.

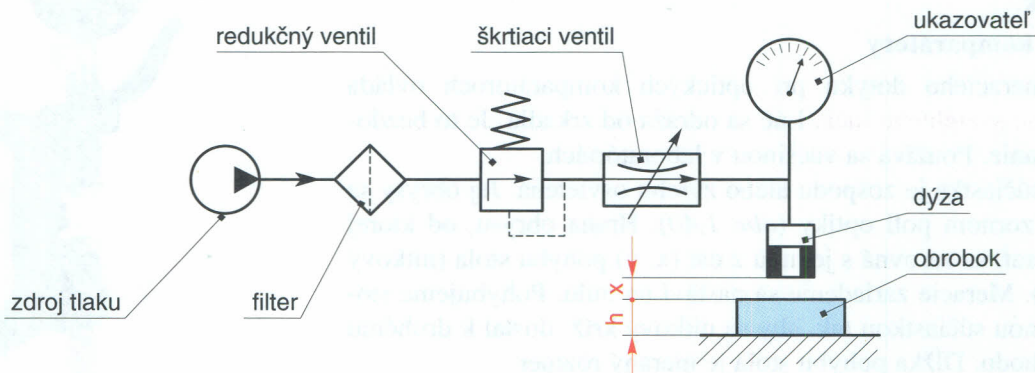


Obr. 1.41



### Vzduchové komparátory

Zmena meraného rozmeru ovplyvňuje množstvo a tlak vzduchu, ktorý prúdi snímačom komparátora. Princíp merania vidíte na obr. 1.42.



Obr. 1.42

Pri meraní medzi dotykom komparátora a meranou plochou môže byť dotyk priamkový alebo bodový. Dotyky komparátorov sú vymeniteľné. Pre rovinné plochy sa používajú guľové dotyky, pre valcové zasa nožové.

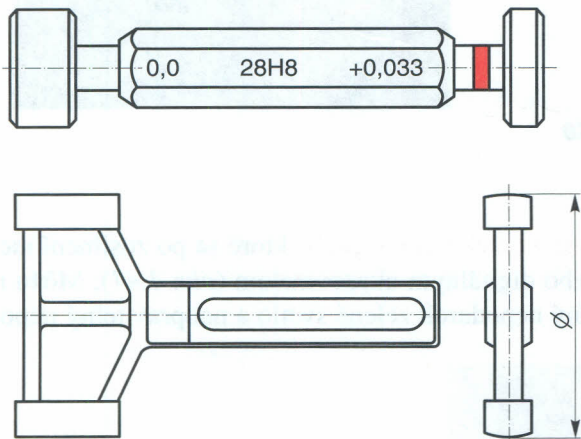
### 1.5.2. Pevné meradlá – kalibre

Kalibre sa používajú na meranie otvorov a priemerov hriadeľov v hromadnej a sériovej výrobe. Zisťuje sa nimi, či má súčiastka dovolenú toleranciu.

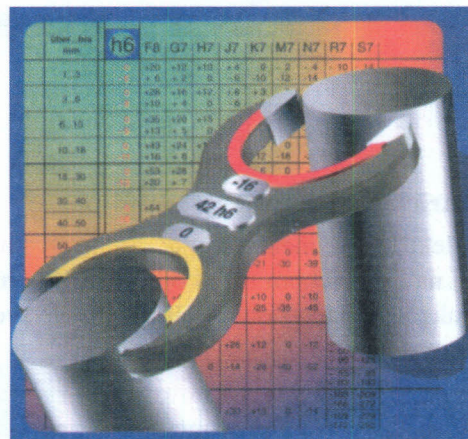
Môžu byť:

- na kontrolu otvorov – valčekové, alebo ploché (na veľké otvory – obr. 1.43),
- na kontrolu priemerov hriadeľov – strmeňové (obr. 1.44).

Nepodarková strana je výrazne označená červenou farbou alebo je užšia. Kalibre opotrebovaním strácajú presnosť.



Obr. 1.43



Obr. 1.44

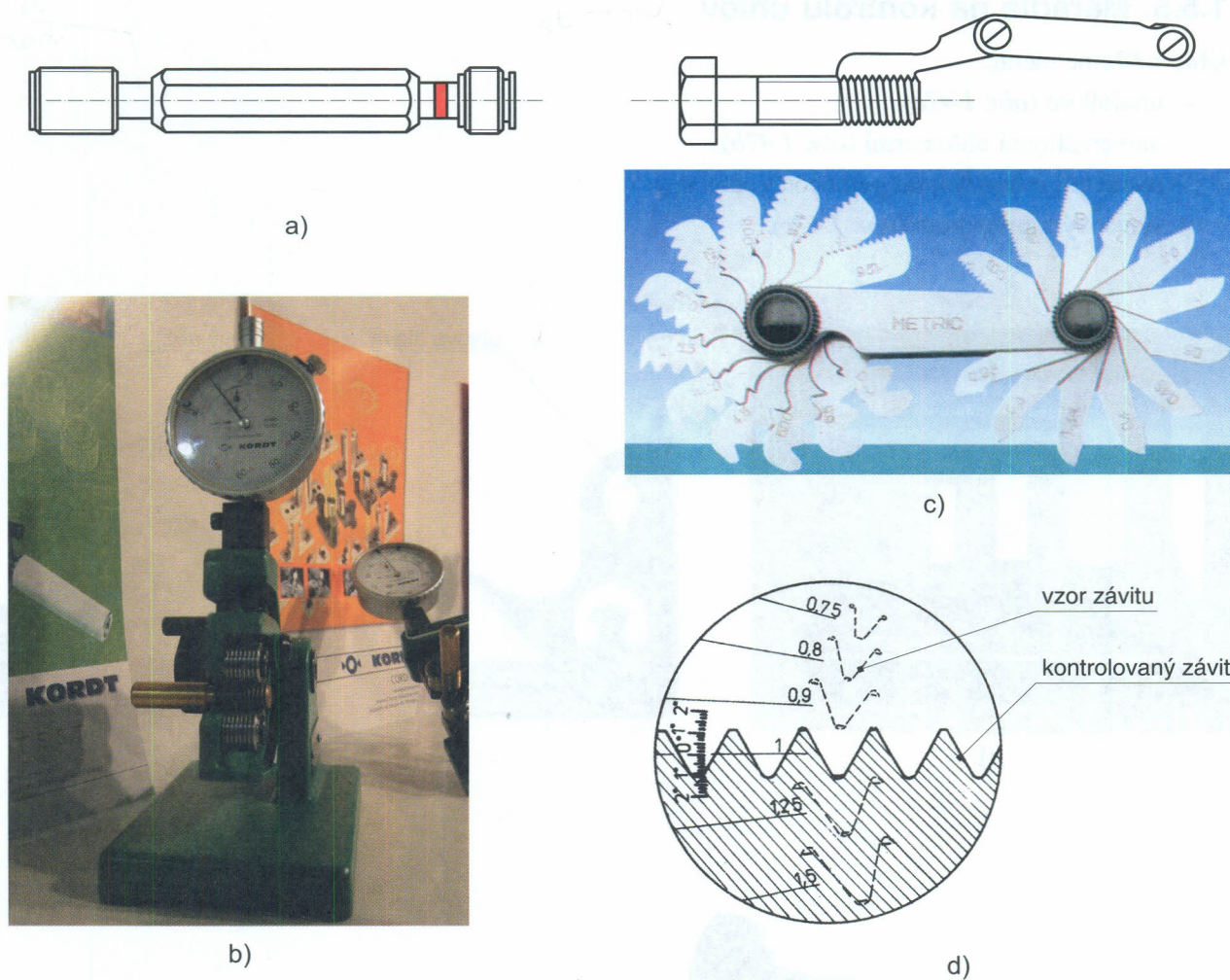
### 1.5.3. Meradlá na kontrolu závitov

V sériovej výrobe sa závitý kontrolujú pomocou závitových kalibrov alebo závitových šablón.

Závitý sa merajú:

- závitovými kalibrami, majú dobrú a nepodarkovú stranu. Dobrá strana sa musí dať voľne naskrutkovať, nepodarková najviac na tri závitý (obr. 1.45a),
- závitovými mikrometrami a mikrometrami cez drôťky. Je to kontrola stredného priemeru závitú (obr. 1.45b),
- závitovými šablónami a meraním stúpania (obr. 1.45c),
- meracími mikroskopmi. Kontrola profilu sa robí porovnávaním s ideálnym profilmi (obr. 1.44d).



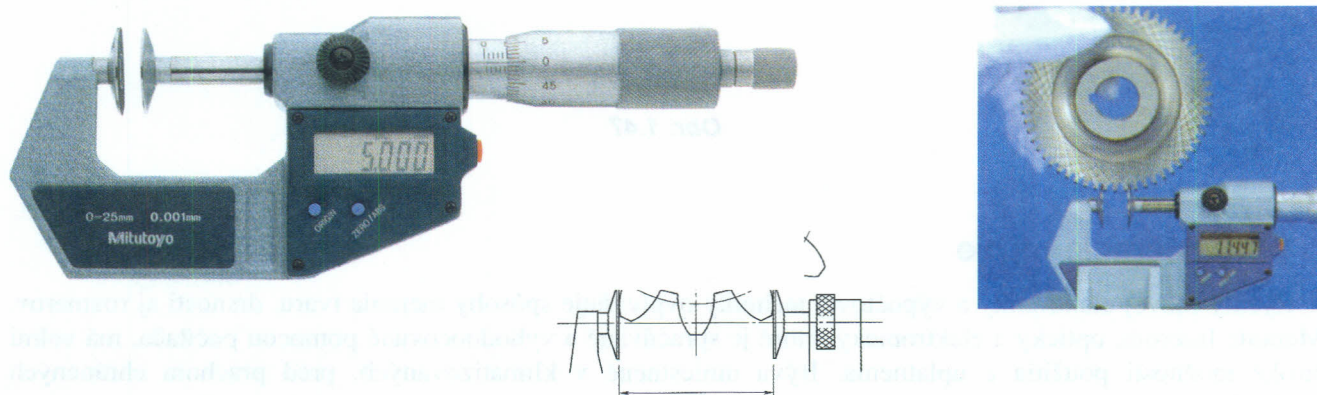


Obr. 1.45

#### 1.5.4. Meradlá na kontrolu ozubených kolies

Na ozubení sa kontroluje:

- rozmer cez zuby tanierikovým mikrometrom (obr. 1.46),
- hrúbka zuba v konštrukčnej výške, špeciálne upraveným posuvným meradlom alebo mikrometrom,
- tvar zuba optickými alebo mechanickými prístrojmi. Optickými prístrojmi sa kontroluje profil zubov s menším modulom ako 1 mm. Profil zubov je zväčšený a porovnáva sa s profilom na matnici.

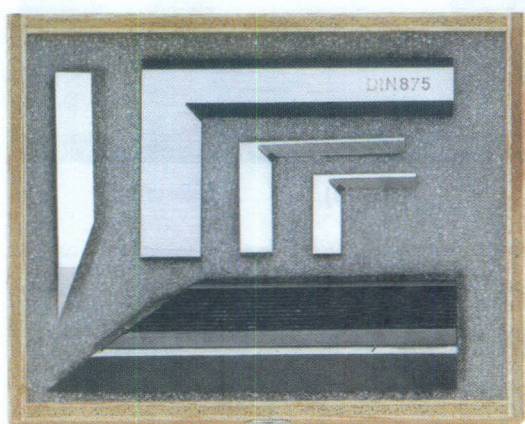




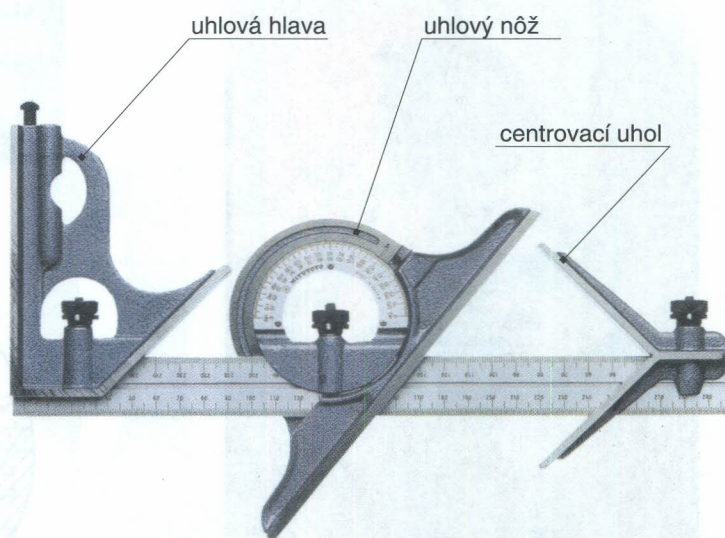
### 1.5.5. Meradlá na kontrolu uhlov

Uhly môžeme merať:

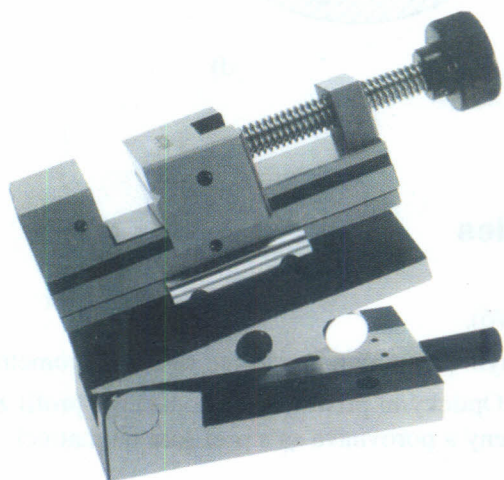
- uholníkmi (obr. 1.47a),
- univerzálnymi uhlomerami (obr. 1.47b),
- meracími mikroskopmi pomocou vodováhy,
- sínusovým pravítkom (obr. 1.47c).



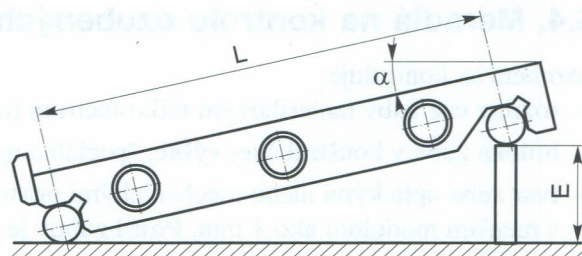
a)



b)



c)



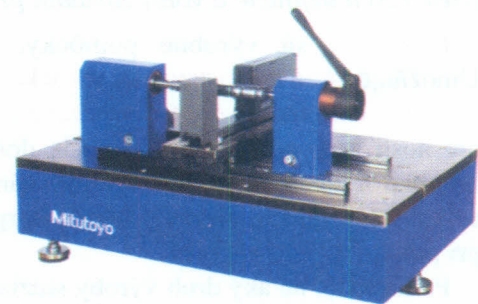
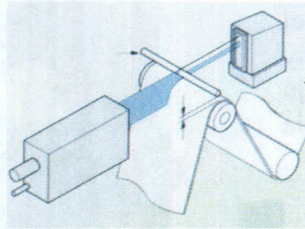
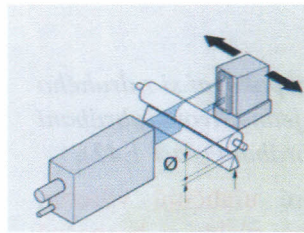
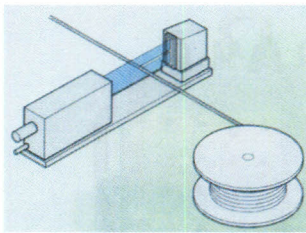
Obr. 1.47

### 1.5.6. Meracie stroje

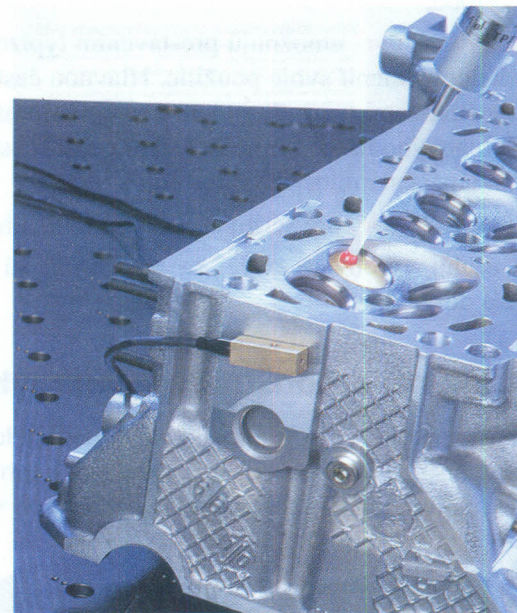
Rýchly rozvoj elektroniky a výpočtovej techniky ovplyvňuje spôsoby merania tvaru, drsnosti aj rozmerov. Meranie laserom, opticky a elektronicky, ktoré je spracúvané a vyhodnocované pomocou počítača, má veľmi široké možnosti použitia a uplatnenia. Býva umiestnené v klimatizovaných, pred prachom chránených bunkách.

Na obr. 1.48 vidíte rôzne možnosti merania laserom, na obr. 1.49 meranie tvaru a na obr. 1.50 prenosný prístroj na meranie drsnosti povrchu.





Obr. 1.48



Obr. 1.49



Obr. 1.50



## 1.6. Prípravky

Pred preberaním tejto časti odporúčame zopakovať si z druhého ročníka spôsoby upínania obrobkov pri jednotlivom obrábaní (časť 1.3) a definície a voľby základní pri obrábaní (časť 1.42).

Prípravky sú výrobné pomôcky, ktoré uľahčujú výrobu. Umožňujú správne ustavenie obrobku, jeho rýchle a bezpečné upnutie, dokonalé vedenie nástrojov, dosiahnutie požadovanej presnosti a drsnosti povrchu plôch, dosiahnutie správnej polohy obrobku a nástroja; znižujú fyzickú námahu obsluhy a zrýchľujú celkový čas výroby, zlepšujú zásady bezpečnosti a ochranu zdravia pri práci.

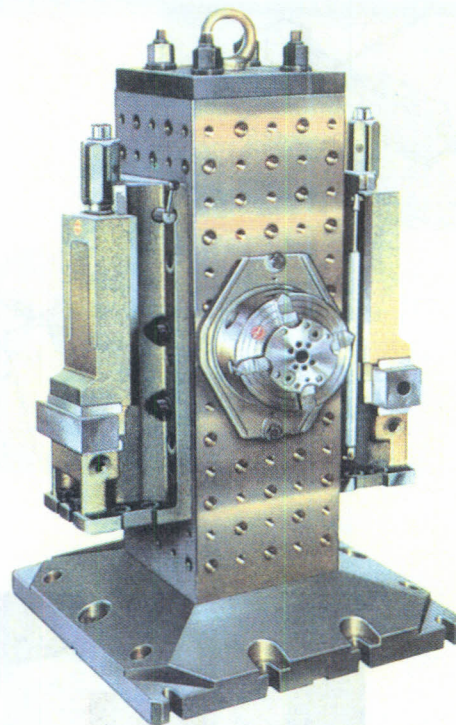
Podľa toho, na aký druh výroby slúžia, môžu byť prípravky:

- **viacúčelové**, ktoré slúžia na upínanie rôznych tvarov obrobku v určitom rozsahu veľkosti. Napr. skľučovadlá, zveráky, deliace prístroje a pod. sa používajú v kusovej výrobe,
- **stavebnicové**, umožňujú prestavením typizovaných dielcov zmeniť svoje použitie. Hlavnou časťou je doska so žliabkami tvaru *T*, na ktorú sa upínajú ostatné časti. Ich nevýhodou je pomerne veľké príslušenstvo a nie najlepšia stabilita obrobkov (obr. 1.51),
- **jednoúčelové**, pre sériovú, veľkosériovú a hromadnú výrobu.

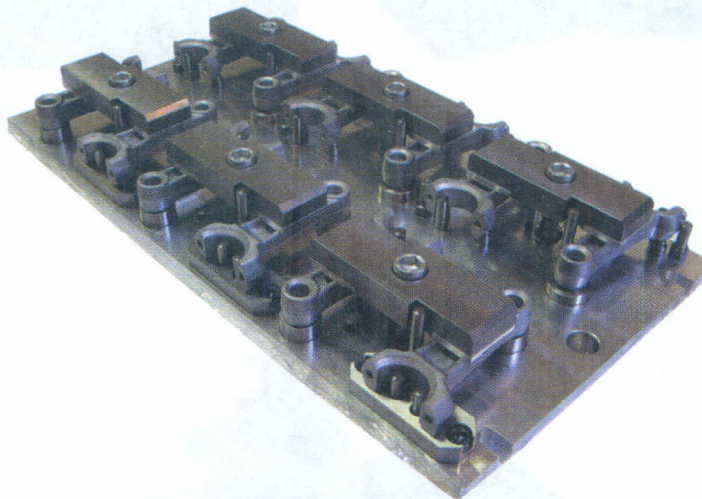
Podľa druhu výroby, v ktorej sa používajú, sú prípravky na obrábanie, montážne, kontrolné, rysovacie, pomocné a doplnkové.

### 1.6.1. Návrh a konštrukcia prípravkov

Pri návrhu prípravku je východiskovým podkladom **výkres súčiastky a technologický postup**. Z technologického postupu sa zistí stav obrobenia výrobku (oporné plochy, otvory a pod.). Často sa zvažuje aj možnosť obrábania niekoľkých obrobkov v prípravku. Sú to tzv. viacmiestne prípravky (obr. 1.52).



Obr. 1.51



Obr. 1.52

Pri návrhu prípravku **zohľadňujeme**:

- **funkciu** prípravku, jednoduchosť vkladania a vyberania obrobku, vhodnosť upínacích prvkov, odvod triesky a pod.,
- **údržbu** prípravku, vymeniteľnosť a opraviteľnosť jeho súčiastok,
- **iné**, napr. stabilita, prístup k čisteniu, hmotnosť a pod.



Prípravok sa skladá z:

- upínacích prvkov,
- vodiacich prvkov,
- ustavovacích prvkov.

Hospodárnosť prípravku sa dosahuje použitím čo najväčšieho množstva normalizovaných častí, ktoré nie je potrebné vyrábať. V strojnických tabuľkách nájdete výber normalizovaných upínacích súčiastok a prvkov.

Pri návrhu prípravku je dôležitý výber vhodných materiálov pre jednotlivé časti. Závisí od počtu vyrábaných kusov, od síl, ktoré na prípravok pôsobia, od toho, či príde do priameho kontaktu s nástrojom a i.

Pri kreslení prípravku sa nakreslí farebne obrys polovýrobku v polohe, v akej sa bude obrábať.

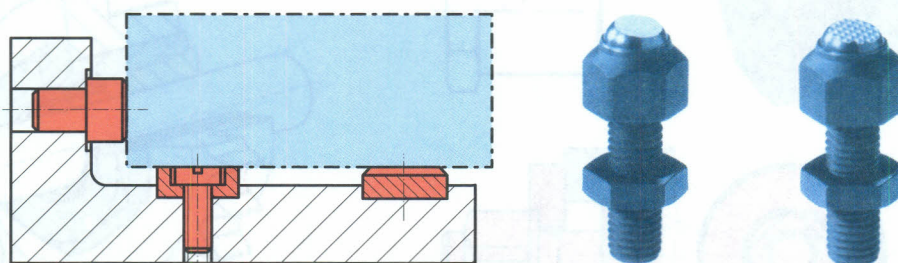
## 1.6.2. Ustavovacie prvky prípravku

V druhom ročníku sme sa učili, že **základne sú plochy**, osi alebo body na súčiastke, od ktorých súčiastku kótujeme, **na ktoré ich upíname** alebo od ktorých ich meriame. Rozoznávame konštrukčné, technologické a kontrolné základne. Pri návrhu prípravku nás zaujíma technologická základňa súčiastky, ktorá určuje polohu obrobku pri obrábaní.

Ustavenie obrobku do prípravku na **technologickú základňu** sa robí pomocou opierok, líšt, priziem a iných, väčšinou normalizovaných súčiastok. Ustavenie obrobku priamo na rovinnú plochu je nevyhovujúce.

### Rovinné plochy (obr. 1.53)

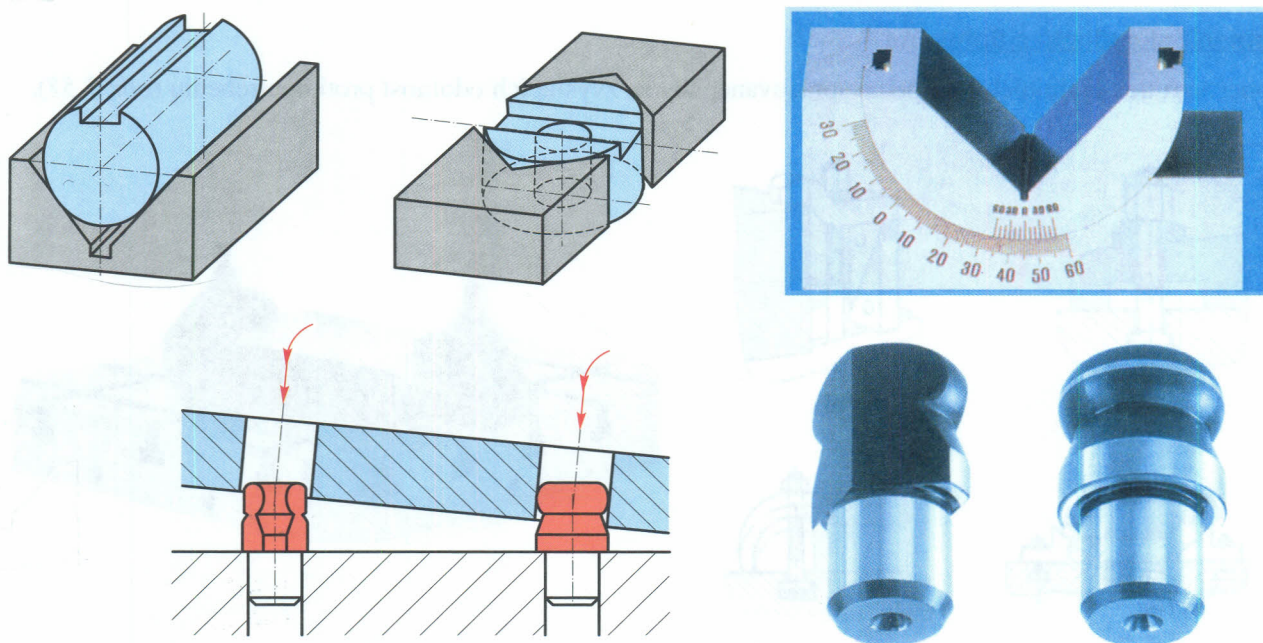
Opierky a líšty, ktoré sú normalizované, majú tepelne spracovaný povrch (na zvýšenie odolnosti proti oteru). Do telesa prípravku sú nalisované, zaskrutkované alebo privarené (líšty).



Obr. 1.53

### Valcové plochy (obr. 1.54)

Na ustavenie vonkajšej valcovej plochy je najvýhodnejšie používať prizmatické plochy.



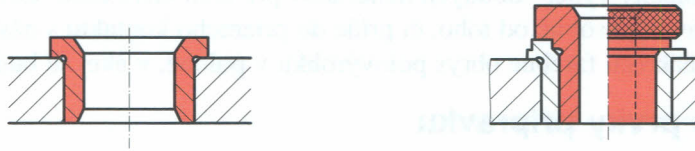
Obr. 1.54



Na ustavenie obrobku na vnútorné valcové plochy (otvory) sa používajú čapy. Keď použijeme na jednu súčiastku dva čapy, jeden je sploštený.

### 1.6.3. Vodiace prvky prípravku

Vodiace puzdrá sa používajú na priame vedenie nástrojov (vrták, výhružník, výstružník). Sú kalené. Do prípravku sú nalisované. Do nich sa môžu zasúvať aj výmenné puzdrá (obr. 1.55).

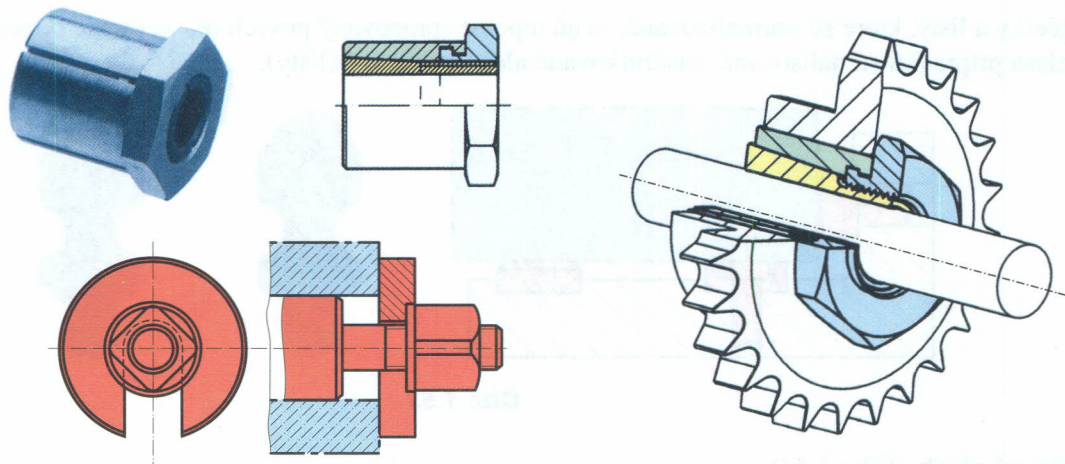


Obr. 1.55

### 1.6.4. Upínacie prvky prípravku

#### Upínanie za vnútorné valcové plochy

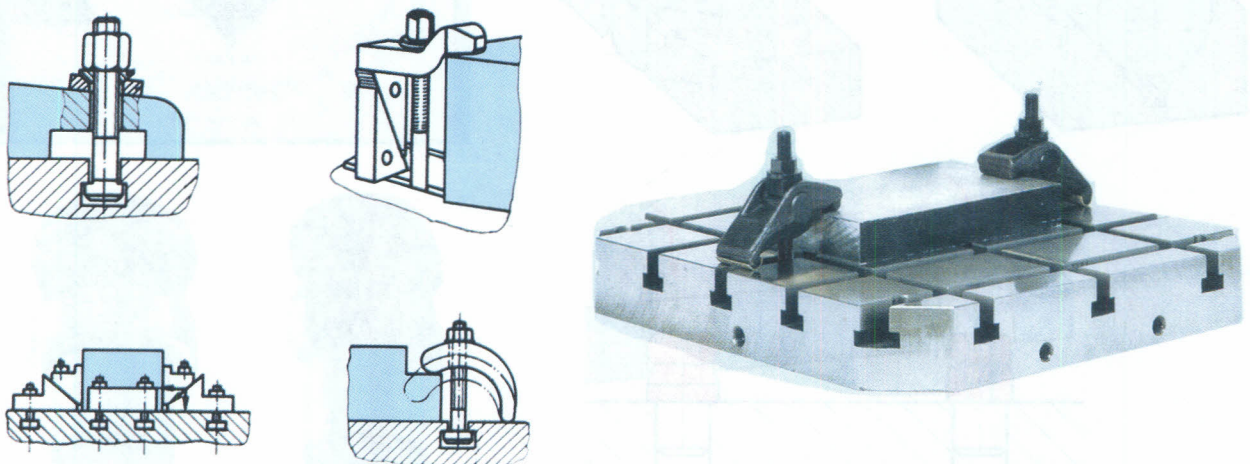
Na upínanie za vnútorné valcové plochy sa používajú klieštiny alebo čapy s podložkou a maticou (obr. 1.56).



Obr. 1.56

#### Upínanie skrutkami a úpinkami

Konce skrutiek aj úpinkiek sú tepelne spracované, aby sa zvýšila ich odolnosť proti opotrebeniu (obr. 1.57).

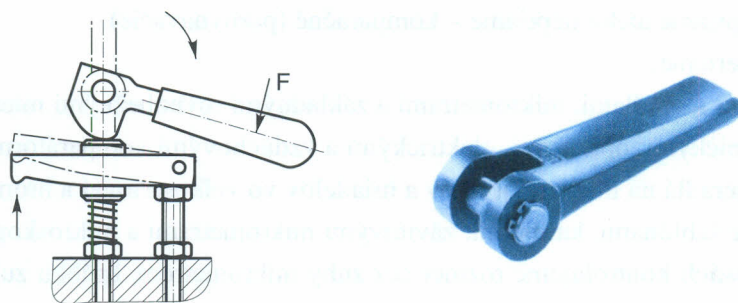


Obr. 1.57



### Upínanie výstredníkom

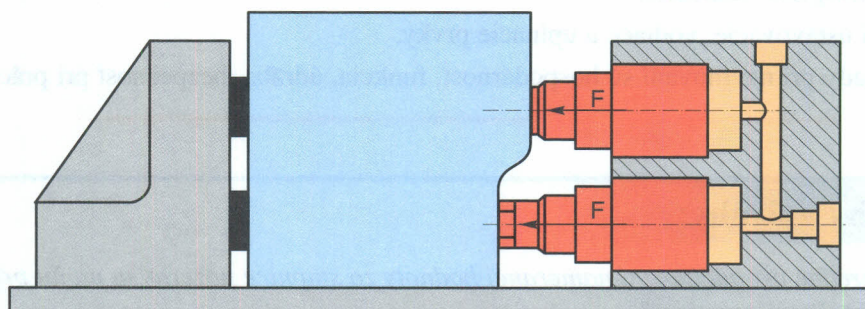
Je to rýchly spôsob upínania, ovláda sa plynulým pohybom (obr. 1.58). Musí byť samozverný. Výstredníky sú normalizované.



Obr. 1.58

### Pneumatické a hydraulické upínanie

Výhodou týchto prípravkov sú veľké upínacie sily, pohotovosť, jednoduchá automatizácia. Na obr. 1.59 vidíte pneumatický frézovací prípravok. Na vyvedenie väčších upínacích síl sa používa kombinované, pneumaticko-hydraulické upínacie zariadenie, tzv. multiplikátor (obr. 2.73).



Obr. 1.59

### 1.6.5. Druhy prípravkov

Podľa použitia poznáme prípravky na:

- vrtanie**
  - sú to vrtacie šablóny, ktoré sa upínajú na obrobok. Vrtanie nie je veľmi presné,
  - neupínané vrtacie prípravky, ktorými sa pohybuje pod pevným vretenom,
  - upínané vrtacie prípravky, ktoré sú na stole vrtačky pevne upevnené a pohybuje sa vretenom,
  - otočné vrtacie prípravky, ich poloha sa mení otáčaním prípravku pomocou deliaceho prístroja,
- sústruženie** – pri konštrukcii musíme veľmi dbať na bezpečnosť,
- frézovanie** – zachytávajú veľké rezné sily pri frézovaní. Konštruujú sa aj ako otočné pre viac obrobkov,
- brúsenie** – sú podobné sústružníckym, bývajú presnejšie. Dôležité pri nich je dynamické vyváženie,
- zváranie** – slúžia na ustavenie polohy zváraného celku a zamedzujú deformácie pri chladnutí,
- kontrolu** – kontrolujú dôležité rozmery a tvary obrobkov,
- montáž** – umožňujú presné vzájomné ustavenie súčiastok pri montáži a umožňujú montáž, prípadne demontáž (vyrážače, sťahováky),
- tepelné spracovanie** – zabraňujú deformácii obrobkov pri tepelnom spracovaní.

V pružných výrobných systémoch a bezobslužných obrábacích strojoch musia byť obrobky upnuté, dopravené k obrábaciemu stroju a po obrobení odvezené a uložené. Obrobky prechádzajú od stroja k stroju automaticky.

Menšie obrobky sú upevnené v rôznych prípravkoch na paletách. Ich poloha na palete je presne určená. Manipulačný robot ich aj s prípravkom prekladá do priestoru obrábania. Väčšie výrobky prejdú celým cyklom aj s paletou, ktorá sa nazýva technologická paleta a je normalizovaná. Je podobná upínacím stolom frézovačiek. Upínanie sa robí v rámci prípravy ručne alebo prebieha automaticky.



## Zhrnutie:

**Meradlá sú predmety, ktorými kontrolujeme vyrobené súčiastky.**

Meracie metódy sú priame alebo nepriame – komparačné (porovnávacie).

Dĺžkové rozmery meriame:

- priamo, posuvnými meradlami, mikrometrami a základnými rovnobežnými mierkami,
- nepriamo, mechanickými, optickými, elektrickými a vzduchovými komparátormi.

**Kalibre** sú pevné meradlá na meranie otvorov a hriadeľov vo veľkosériovej a hromadnej výrobe.

**Závity** kontrolujeme šablónami, kalibrmi, závitovými mikrometrami a mikroskopmi.

**Na ozubených kolesách** kontrolujeme rozmer cez zuby mikrometrom, hrúbku zuba posuvným meradlom a tvar zuba mikroskopom.

**Uhly** meriame uholníkmi, univerzálnymi uhloermi, optickými prístrojmi a sínusovým pravítkom.

Meracie stroje, ktoré využívajú na meranie laser a elektroniku. Vyhodnocujú merania počítačom.

**Prípravky umožňujú správne nastavenie obrobku** pri obrábaní.

Môžu byť jednoúčelové, viacúčelové a stavebnicové.

Sú konštruované podľa technologického postupu, presne na určitú operáciu. Obrobok ustavíme do prípravku na technologickú základňu.

Prípravok má ustavovacie, vodiace a upínacie prvky.

Základné zásady pri navrhovaní sú hospodárnosť, funkcia, údržba, bezpečnosť pri práci.

## Otázky, úlohy a úvahy:

1. Prečo je potrebné pri odčítavaní nameranej hodnoty zo stupnice pozerat' sa na ňu priamo, pri priamom a dostatočnom osvetlení?
2. Čo si myslíte, prečo presné merania robíme v rukaviciach?
3. Kde sme sa už učili o keramických materiáloch?
4. Akú výhodu majú základné mierky z keramických konštrukčných materiálov?
5. Opíšte, čo znamená opraviteľný a čo neopraviteľný výrobok (nepodarok).
6. Na výkrese máme rozmer hriadeľa  $\varnothing 150^{+0,140}_{+0,100}$ . Vypočítajte:
  - a) horný medzný rozmer, b) dolný medzný rozmer, c) toleranciu, d) zakreslite polohu tolerančného poľa vzhľadom na nulovú čiaru, e) v strojných tabuľkách nájdite, ktorému stupňu presnosti zodpovedá vypočítaná tolerancia, f) nameraný rozmer hriadeľa sa rovná menovitému rozmeru. Posúďte, či je hriadeľ vyhovujúci, alebo je to opraviteľný, alebo neopraviteľný nepodarok.
7. V akom vzťahu je tlak vzduchu pri pneumatickom meraní k meraným rozmerom?
8. Aké vlastnosti má mať materiál, z ktorého sú zhotovené funkčné časti kalibrov?
9. Čo znamená rozmer pri normalizovaných hladkých kalibroch a akú má hodnotu pri stupni presnosti IT 8 pre priemer 55 mm?
10. Ako by ste merali kužel?
11. Čo rozumiete pojmom meranie tvaru?
12. Aké poznáte viacúčelové obrábacie prípravky?
13. Čo je konštrukčná, technologická a čo kontrolná základňa súčiastky?
14. Nájdite v strojných tabuľkách normalizované prvky prípravkov.
15. Koľko druhov upínacích prvkov je v strojných tabuľkách?
16. Čo je to samozverný spoj?
17. Aké meradlá a s akou presnosťou sú vo vašich školských dielňach?



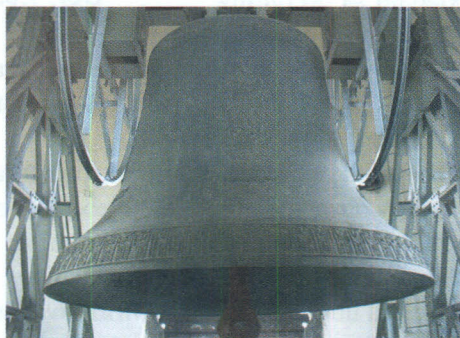
## 1.7. Výroba odliatkov

Odlievanie je časť strojárkej technológie, ktorá sa zaoberá výrobou odliatkov. O odliatkoch sme sa učili pri polovýrobkoch. Majú zložitý tvar a ťažko alebo vôbec by sa nedali vyrobiť inou technológiou výroby.

Pri odlievaní sa roztavený kov vleje alebo sa vtláča do formy, ktorej dutina má tvar aj veľkosť odliatku. Stuhnutím kovu vznikne polovýrobok, ktorý sa ďalej opracúva.

Materiál, ktorý sa odlieva, musí mať dobrú leiateľnosť a nemôže mať veľmi vysoké teploty tavenia. Odlieva sa zo sivej, bielej liatiny, oceľoliatiny, zliatin medi, hliníka, horčíka, plastov, prípadne skla.

Technológiou odlievania sa vyrábajú zložité veľké odliatky, napr. zvony (na obr. 1.60 je 21 383 kg zvon s priemerom 3,14 m z Dómu svätého Štefana vo Viedni), ale aj veľké množstvá malých odliatkov, napr. časti armatúr (obr. 1.60).



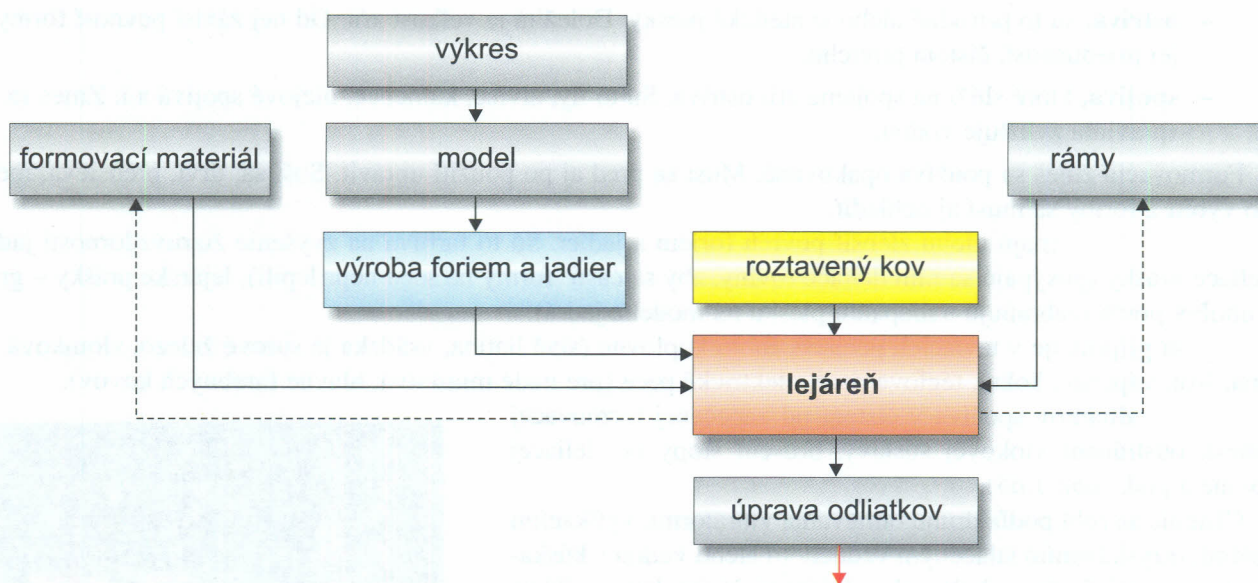
Obr. 1.60

### 1.7.1. Liatie do pieskových foriem

Na najčastejšie používanom spôsobe odlievania do pieskových foriem v rámoch si vysvetlíme postup výroby formy, odlievania a úpravy odliatkov. Ďalším spôsobom liatia budete lepšie rozumieť.

Graficky znázornený zjednodušený obsah a postup lejárkej výroby je na schéme, tab. 1.3.

Tab. 1.3

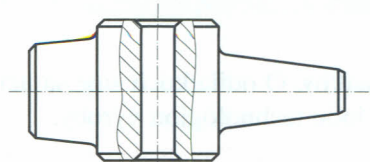


Technologickým podkladom na výrobu odliatku je **výkres súčiastky** (obr. 1.61).

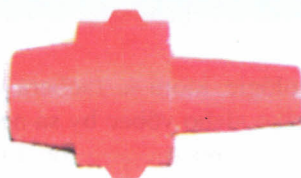
Podľa neho sa zhotoví výkres odliatku (polovýrobku). Je to podklad na výrobu modelu (prípadne šablóny) a jadier (keď má odliatok otvory).

**Model** má tvar hotového odliatku (obr. 1.62). Pri jeho výrobe sa musí počítať so zmršťovaním kovu pri chladnutí. Pre kusovú a malosériovú výrobu je zhotovený z dreva. Býva označený farbou (napr. odliatok zo sivej liatiny má model červenej farby, pre odliatky z temperovanej liatiny je model modrý). Pre veľké série odliatkov sú modely z kovu, pre presné odliatky z plastov, vosku, živice a pod. Keď má odliatok zložitý tvar, môžu byť aj delené.

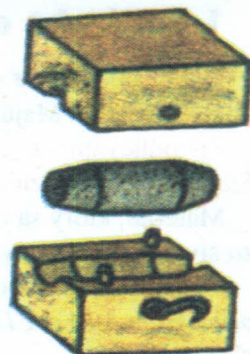




Obr. 1.61



Obr. 1.62



Obr. 1.63

Šablóny sa používajú na formovanie súčiastok jednoduchých tvarov. Majú tvar profilu odliatku. Môžu byť otočné alebo posuvné. Hrany majú okované ocelovým plechom.

**Jadrá** vytvárajú v odliatku otvorené dutiny (diery, otvory). Vkladajú sa do dutiny vyrobenej pomocou modelu. Po odliatí a stuhnutí odliatku sa z dutiny odstránia.

Vyrábajú sa v jadrovníkoch – trvalých formách (obr. 1.63). Postup výroby je podobný ako pri modeloch a odliatkoch. Vyrábajú sa ručne. Materiál je šamotová hmota a iný žiaruvzdorný materiál.

**Formy** môžu byť trvalé (z kovu, kameňa), polotrvalé – na menší počet odliatkov (z cementu, sádry) alebo jednorazové, ktoré sa po odliatí a vychladnutí rozbijú (z piesku, zo živice).

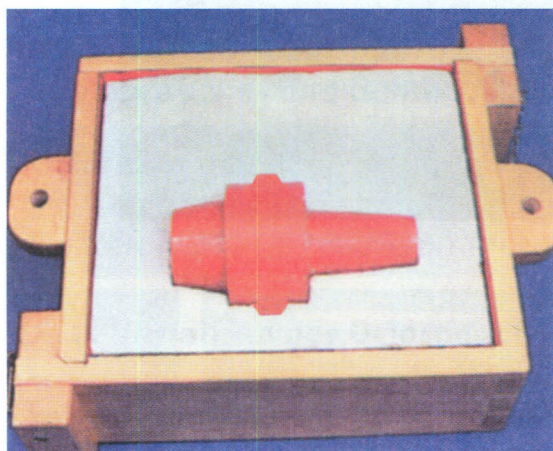
Formy na odlievanie do „piesku“ sú **jednorazové**.

Formovacia zmes sa ubíja na model vo formovacom ráme.

**Ubíjanie** zmesi sa môže robiť **ručne** alebo **strojovo** na princípe lisovania, striasania alebo vrhania.

**Rám** môže byť z jednej alebo viac častí (spájajú sa kolíkmi).

Forma na odlievanie musí byť pevná, priedušná, vytĺkanie odliatku musí byť jednoduché. Na obr. 1.64 je spodná časť dvojdielneho formovacieho dreveného rámu na výrobu jednorazovej pieskovej formy.



Obr. 1.64

**Formovacia zmes** sa skladá z:

- **ostriva**, sú to prírodné alebo syntetické piesky. Dôležitá je veľkosť zŕn. Od nej závisí pevnosť formy, jej priedušnosť, čistota povrchu,
- **spojiva**, ktoré slúži na spojenie zŕn ostriva. Sú to íly, živice, kamenec, olejové spojivá a i. Zmes sa spravidla zvlhčuje vodou.

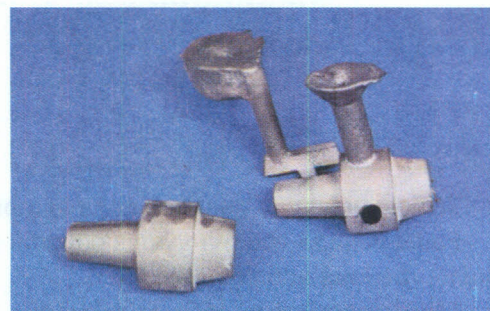
Formovacia zmes sa používa opakovane. Musí sa pred aj po použití upraviť. Suší sa, drví, preosieva, melie. Po vybití z formy sa musí aj ochladiť.

**Pomocné látky** majú úlohu zlepšiť povrch foriem a jadier. Sú to farbivá na zvýšenie žiaruvzdornosti jadier, deliace prášky (posypajú sa ním deliace roviny, aby sa časti formy na seba neprilepili), lejárské prášky – grafit a uhoľný prach (zabraňujú naliepaniu piesku na model a jadrá).

**Kov** sa pripravuje v taviacich peciach. Sú to kuplovne (sivá liatina, vsádzka je surové železo, zlomková liatina, šrot, vápenec, koks), tégľové pece, elektrické pece (pre malé množstvá, hlavne farebných kovov).

**Úprava** odliatkov spočíva v čistení od zapečenej formovacej zmesi, odstránení vtokovej sústavy, brúsení stopy po deliacej rovine a pod. (obr. 1.65).

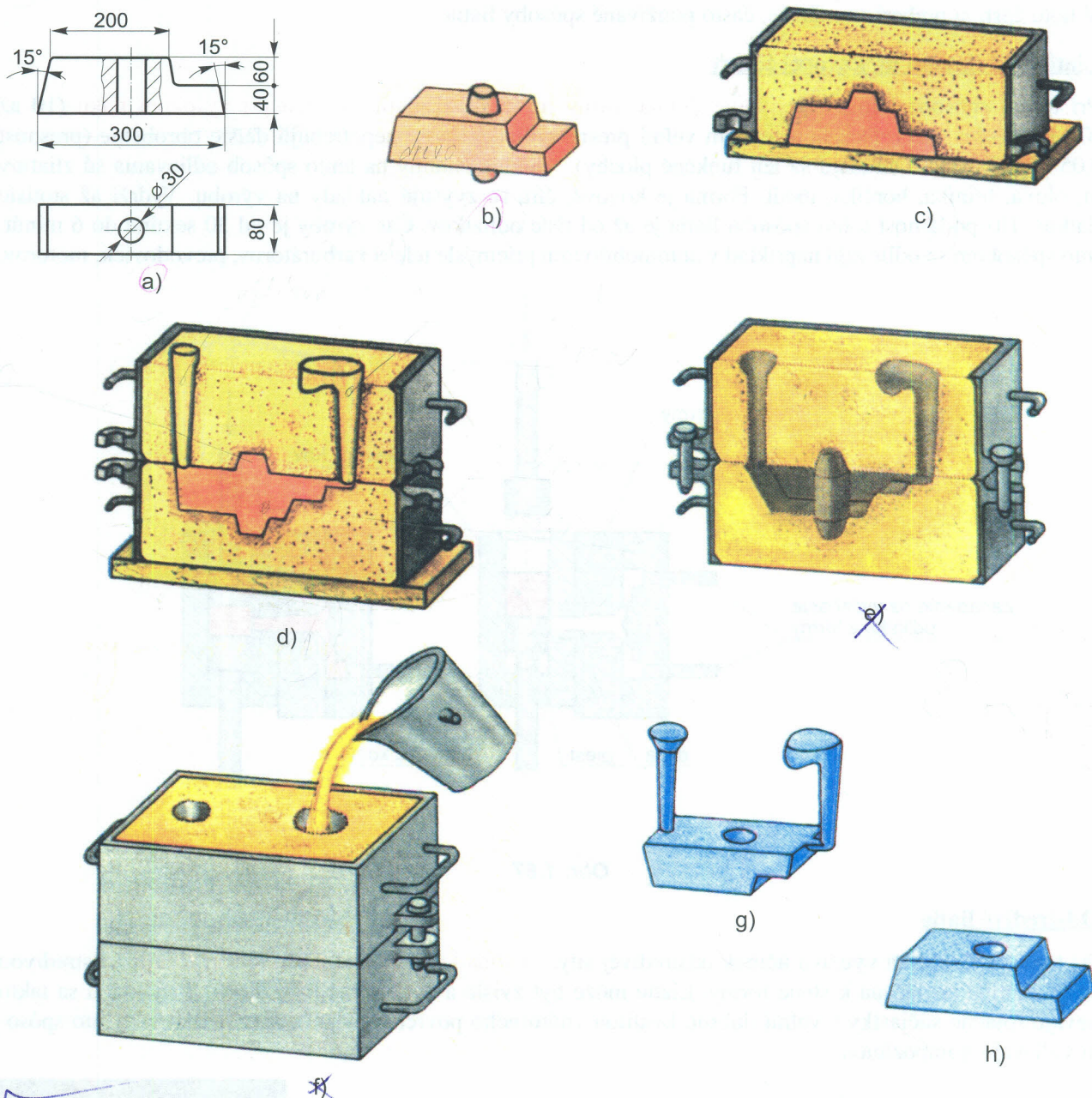
Čistenie sa robí podľa druhu odlievania vibrátormi, vytĺkacími roštmi, otryskávaním stlačeným vzduchom alebo vodou s kúskami kovu, omieľaním v bubnoch s kúskami bielej liatiny. Tieto technológie sa používajú, keď je na odliatku pripáčená formovacia zmes alebo zvyšky pomocného formovacieho materiálu. Po očistení sa vtoková sústava odreže, odstihne, odpáli plameňom alebo elektrickým oblúkom. Oddelené zvyšky idú späť do taviacich pecí. Odliatky sa podľa potreby ešte zbavia zvyškov piesku, stôp po vtokovej sústave, ošetria sa ochranným náterom. Niekedy sa tepelne spracovávajú podľa ich ďalšieho použitia. Napr. normalizačne žihajú, žihajú sa na odstránenie vnútorného napätia, temperujú sa a pod. Budete sa to učiť vo štvrtom ročníku. Týmto úpravami sa zvyšuje ich kvalita.



Obr. 1.65



**Postup pri ručnej výrobe formy do formovacej zmesi (obr. 1.66)**



- výkres súčiastky,
- model je z jedného kusa. Podľa jeho farby vieme, že bude odliaty zo sivej liatiny,
- na spodnú modelovú dosku položíme model, spodnú časť rámu, model poprášime deliacim práškom a zasypeme ho formovacou zmesou, ktorú postupne ubíjame. Spodný rám prikryjeme hornou modelovou doskou,
- otočíme rám, odstránime spodnú modelovú dosku, upevníme model vtokovej a výfukovej sústavy, priložíme horný rám, deliacu plochu posypeme pomocným práškom, rám zaplníme formovacou zmesou, ktorú postupne ubíjame,
- rámy oddelíme, opatrne vyberieme modely, upravíme vtokovú a výfukovú sústavu (aby sa okraje nezospávali do otvoru), upevníme jadro a rámy opäť zložíme. (Môžeme napichať aj prieduchy na ľahšie odplynenie.) Polohu rámov poistíme kolíkmi (niekedy aj zatažíme),
- po vysušení je forma pripravená na odlievanie,
- surový odliatok s vtokovou sústavou,
- hotový odliatok (polovýrobok).

Obr. 1.66

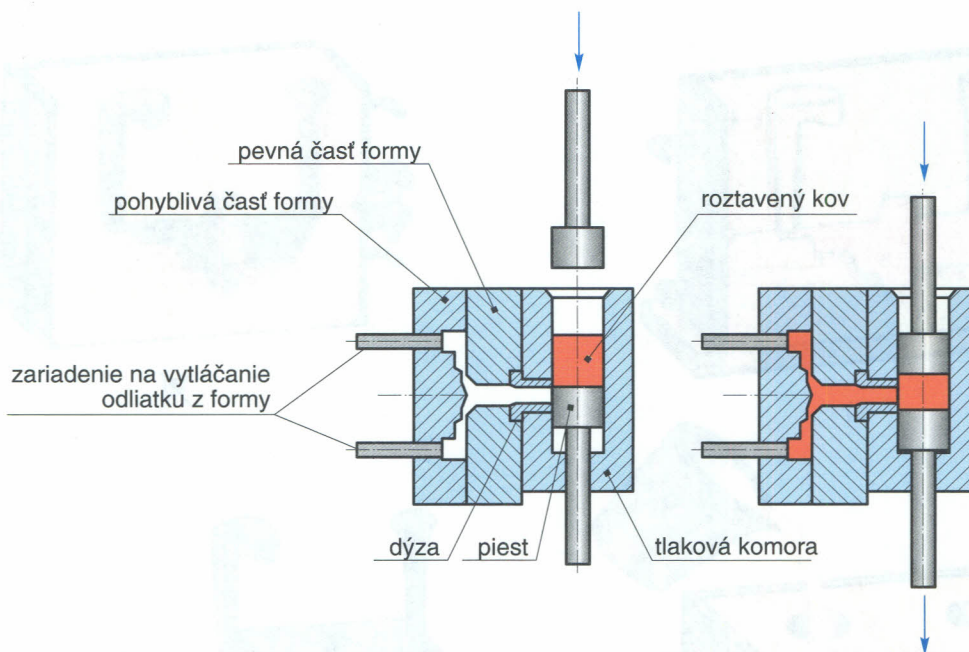


## 1.7.2. Iné spôsoby liatia

V tejto časti si preberieme ďalšie, často používané spôsoby liatia.

### Liatie pod tlakom do kovovej formy

Pri tomto spôsobe liatia sa vyplňuje dutina formy roztavenou zliatinou kovu pri vysokom tlaku (10 až 100 MPa) (obr. 1.67). Dosahujú sa tým veľmi presné odliatky, ktoré nepotrebujú ďalšie obrobenie (presnosť  $\pm 0,05$  až  $0,02$  mm. Obrábajú sa len funkčné plochy). Vhodné zliatiny na tento spôsob odlievania sú zliatiny cínu, olova, hliníka, horčíka, medi. Forma je kovová, čím sa zvyšujú náklady na výrobu. Vydrží až stotisíc odliatkov. Hospodárnosť tohto spôsobu liatia je až od tisíc odliatkov. Čas výroby je od 30 sekúnd do 6 minút. Týmto spôsobom sa odlievajú napríklad v automobilovom priemysle telesá karburátorov, prevodoviek, motorov.



Obr. 1.67

### Odstredivé liatie

Pri tomto spôsobe sa využíva účinok odstredivej sily. Zliatina kovu sa leje do rotujúcej formy. Odstredivou silou je zliatina pritláčaná k stene formy. Liatie môže byť zvislé a vodorovné (obr. 1.68). S výhodou sa takto odlievajú rotačné súčiastky s veľmi dobrou kvalitou vnútorného povrchu. Napr. klzné ložiská sa týmto spôsobom vylievajú kompozíciou.

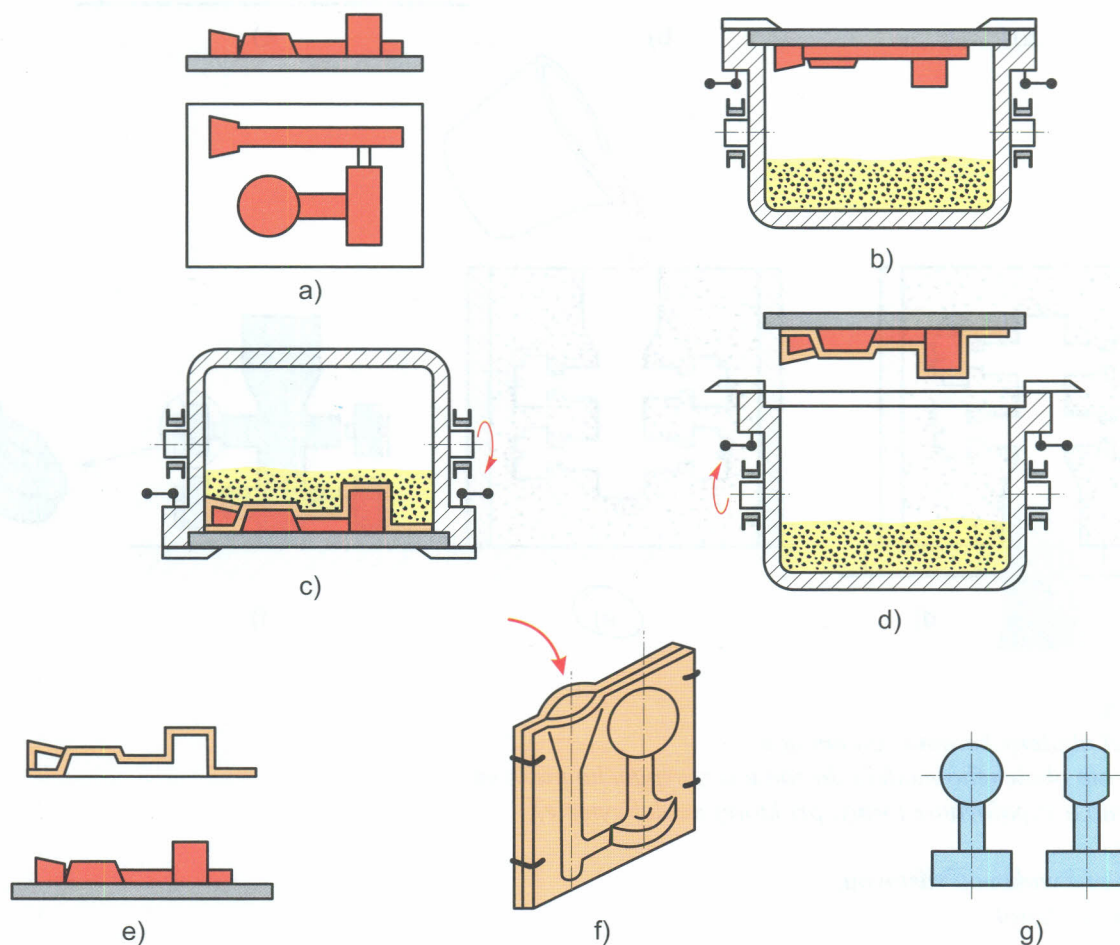


Obr. 1.68



### Liatie do škrupinových foriem

Pri tomto spôsobe liatia je model aj modelová doska zhotovená z kovu. To nám napovedá, že týmto spôsobom liatia vyrábame presné odliatky. Doska s modelom aj s vtokovou sústavou sa zahreje na 250 až 280 °C (obr. 1.69). Postrieka sa silikónovým olejom, aby sa zabránilo pripekaniu formovacej zmesi na model. Model sa zasype kremenným pieskom s prísadou živice. Živica sa teplom roztaví a zlepí zrnká piesku. **Na povrchu modelu sa vytvorí škrupina.** Jej hrúbka je 5 až 12 mm. Škrupina sa ďalej v peci vytvrdí pri teplote asi 300 °C. Takto vzniknuté polovice formy sa **zlepia** a vznikne škrupinová forma. Pred liatím sa vloží do piesku. Týmto spôsobom sa odlievajú napr. rebrované valce motorov, časti čerpadiel a pod.



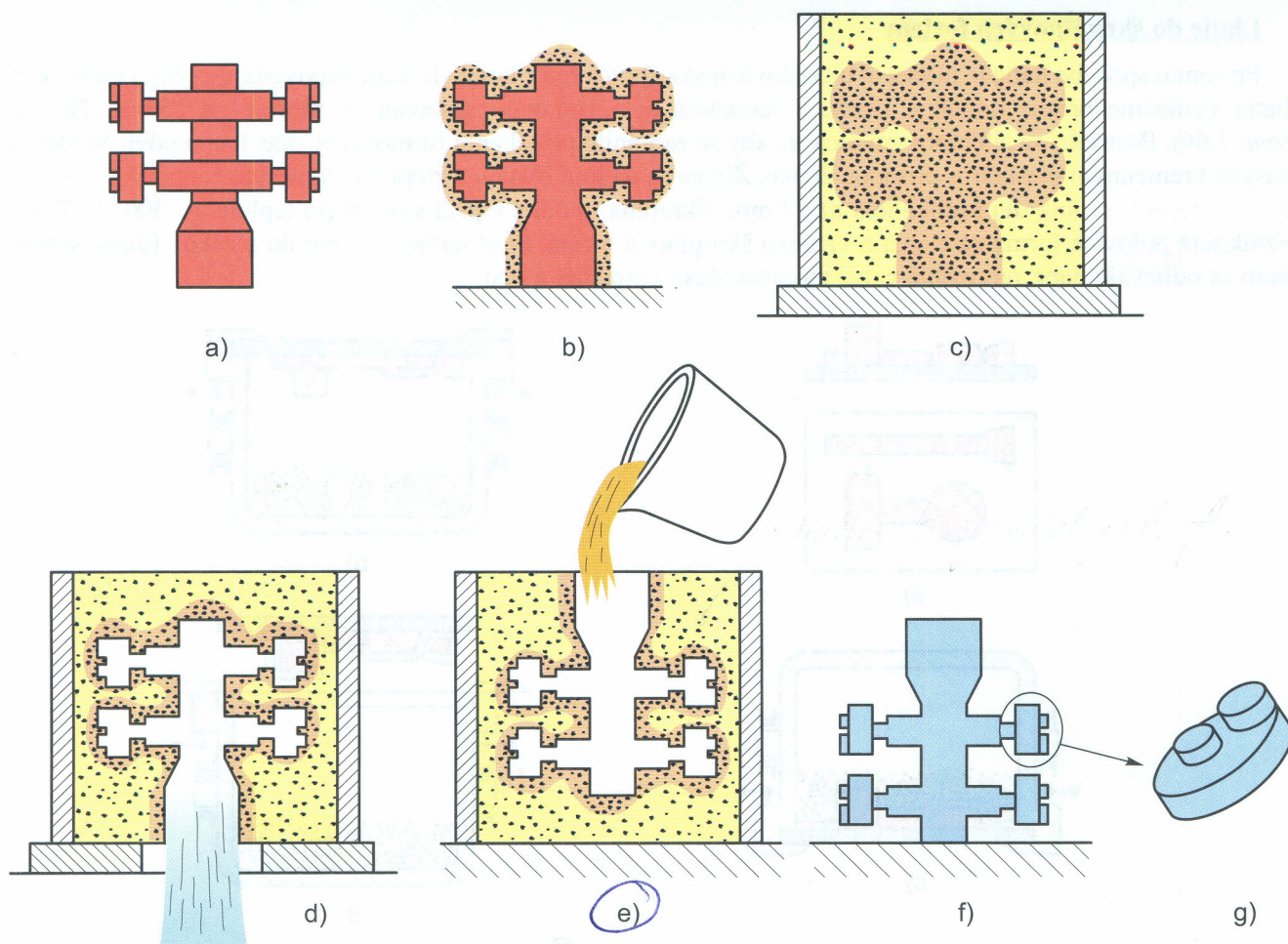
- kovová modelová doska s modelom,
- ohrev modelu,
- vytváranie škrupiny na horúcom modeli,
- vybratie modelovej dosky s modelom a škrupinou,
- polovica škrupinovej formy,
- forma,
- odliatok.

Obr. 1.69

### Liatie metódou vytaviteľných modelov

Táto metóda patrí k presným spôsobom liatia. Jej technologický postup je náročný. Používa sa pre väčšie série odliatkov. **Model sa vyrobí z vytaviteľného alebo spáliteľného materiálu** (obr. 1.70). Najčastejšie je to vosk alebo polystyrén. Takto sa vyrobí aj vtoková sústava. Model s vtokovou sústavou sa **namáča do keramickej hmoty**, potom sa nechá **vyсуšiť**. Postup sa viackrát opakuje. Takto obalený model s vtokovou sústavou sa vkladá do formovacieho rámu, ktorý sa vyplní pieskom. Ďalej sa forma **suší a vypaľuje** pri teplote 900 až 1 000 °C. Pri tejto procedúre sa **model vytaví** alebo spáli. Vo forme zostane dutina. Takto sa vyrábajú napr. súčiastky spaľovacích motorov, lopatky spaľovacích turbín, umelecké diela (bronzové sochy) a pod. *Je to najstaršia metóda odlievania pochádzajúca zo staroveku.*





- a) model,  
 b) model obalený keramikou hmotou,  
 c) uloženie obaleného modelu do rámu a zasypaného pieskom,  
 d) sušenie a vypalovanie formy, pri ktorej model vytečie,  
 e) liatie,  
 f) výrobky s vtokovou sústavou,  
 g) hotový odliatok

Obr. 1.70

### 1.7.3. Konštrukčné zásady pri navrhovaní odliatkov, chyby odliatkov, bezpečnosť práce v lejárňach

Pre navrhovanie odlievateľných polotovarov platia určité zásady:

- materiál musí byť vhodný na odlievanie,
- odliatok nesmie mať ostré hrany a uhly,
- prechody rôznych hrúbok stien musia byť pozvoľné,
- v odliatku by nemalo vzniknúť veľké vnútorné napätie, ktoré spôsobuje trhliny,
- na ľahšie vyberanie z foriem musí mať odliatok úkosy.

Veľkosť prídavkov, zaoblenie hrán, hrúbka stien, veľkosť náliatkov (dopĺňa sa z nich kov pri zmršťovaní) sa určujú podľa normy.

Medzi najčastejšie chyby odliatkov patria bubliny, stiahnutiny, trhliny a praskliny, nezatečenie (pri tenkých stenách), presadenie (nesprávna vzájomná poloha častí formy).

Dodržiavanie bezpečnosti a hygieny práce je v zlievarňach oveľa dôležitejšie ako v iných prevádzkach. Na zdravie zlievačov nepriaznivo pôsobia prach, plyny, výpary, vysoké teploty, hluk, chvenie, svetelné kontrasty, práca s ťažkými bremenami a ďalšie škodlivé faktory.



## 1.8. Zváranie, spájkovanie a lepenie kovov

Pred preberaním tejto časti odporúčame zopakovať si zo *Strojníctva II* časť 2.1.9 až 2.1.11 zvarané, lepené a spájkované spoje.

V častiach strojov sme sa učili o zvaraných, spájkovaných aj lepených spojoch z hľadiska konštrukčného (navrhovanie, označovanie). V tejto časti strojárskych technológií sa naučíme o vzniku zvarových spojov.

### 1.8.1. Zváranie

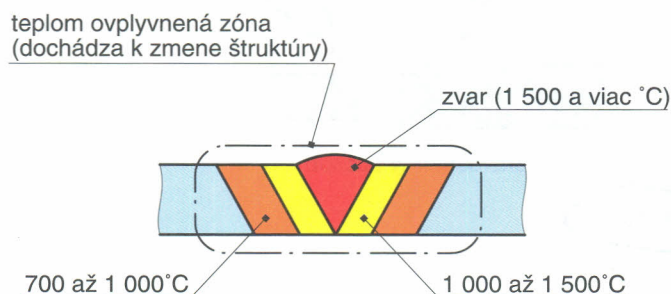
Zváranie je technologický postup nerozoberateľného spájania materiálov s cieľom vytvoriť nerozoberateľný spoj strojových súčiastok. Kovy aj plasty spájame pôsobením tepla alebo tepla a tlaku. Na vytvorenie zvaru musí mať materiál podmiennečne zaručenú, prípadne dobrú zvarateľnosť.

Pri oceliach je podľa normy zaručená, podmiennečne zaručená, dobrá a ťažšia, čo je ovplyvnené množstvom uhlíka – pri zaručenej zvarateľnosti do 0,2 %. Liatiny majú ťažšiu zvariteľnosť pre vyšší obsah uhlíka.

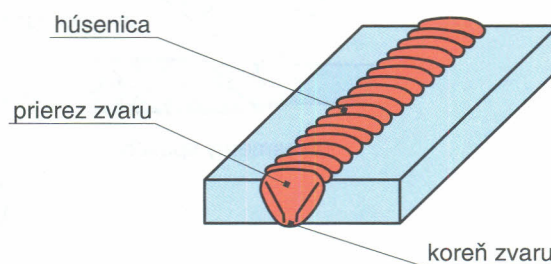
Na vytvorenie zvaru sa niekedy používa prídavný materiál s podobnými alebo rovnakými vlastnosťami, ako má zvaraný materiál, ktorý má schopnosť dobre sa zliať so základným materiálom. Pri špeciálnom zváraní sa môže zvärať v ochrannnej atmosfére plynu, čím sa dosiahnu kvalitné zvary.

**Výhody:** nepriepustnosť spoja (tlakové nádoby), menšia hmotnosť spoja (v porovnaní s inými druhmi spájania), možnosť robotizácie.

**Nevýhody:** nie všetky materiály sa dajú zvariť, spoj nie je pružný, možnosť vzniku deformácií a zmena štruktúry materiálu v mieste zvaru (obr. 1.71), na zváranie je potrebná kvalifikácia zvárača na konkrétne spôsoby zvárania.



Obr. 1.71



Obr. 1.72

Zvarový spoj dostaneme zvarovaním dvoch alebo viacerých materiálov. Zvarový kov spoja je zliatina, ktorá vznikne zliatím základného materiálu alebo aj prídavného kovu. Súčiastkam, ktoré vznikli zvarovaním, hovoríme zvarok. Zvarová húsenica je vzniknutý spoj zo základného kovu alebo aj s prídavného kovu (obr. 1.72). Podľa vzniku delíme zvarové spoje na:

- **tavné**, ktoré vzniknú dokonalým roztavením a zliatím spájaných materiálov, ktoré sú zohriate na taviacu teplotu. Do zvaru sa môže pridať aj prídavný materiál,
- **tlakové**, ktoré vzniknú zohriatím zvarovaného materiálu na kovaciu teplotu (aby boli tvárne) a úderom alebo tlakom sa spoja. Niektoré materiály sa môžu výnimočne spájať aj bez zohriatia, za studena (hliník, striebro).

#### Tavné zváranie

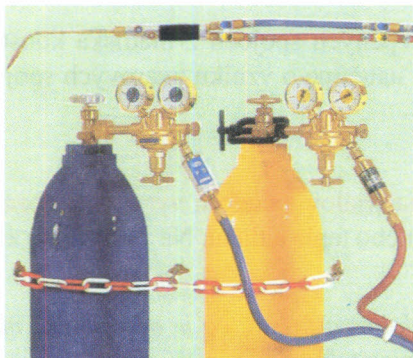
Najviac používané tavné zváranie je zváranie plameňom a zváranie elektrickým oblúkom. Do tejto skupiny zvarov podľa vzniku spoja patrí aj zváranie elektrónovým lúčom, laserom, plazmovým lúčom, ktorých princíp sme preberali v časti 1.3. Špeciálne spôsoby obrábania.

#### Zváranie plameňom

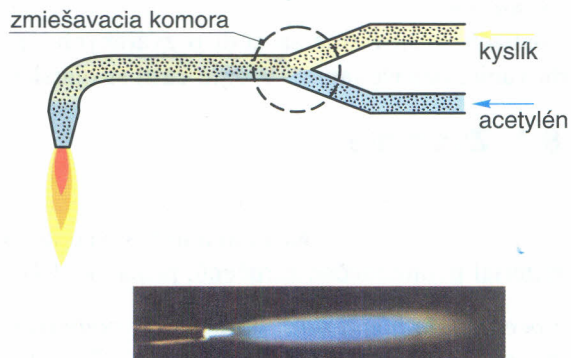
Ako zdroj tepla sa najčastejšie používa plameň, ktorý vzniká spaľovaním zmesi horľavého plynu (najčastejšie acetylénu) a kyslíka. Zváracia súprava sa skladá z tlakových fliaš, hadíc, horáka. Fľaše s kyslíkom sú



označené modrou farbou, s acetylénom žltou (obr. 1.73). Plyny sa zmiešavajú v horáku. Tvar a kvalita plameňa závisí od pomeru zmiešania plynov. Môže byť neutrálny, redukčný a oxidačný (obr. 1.74). Teplota plameňa je asi 3 200 °C.



Obr. 1.73

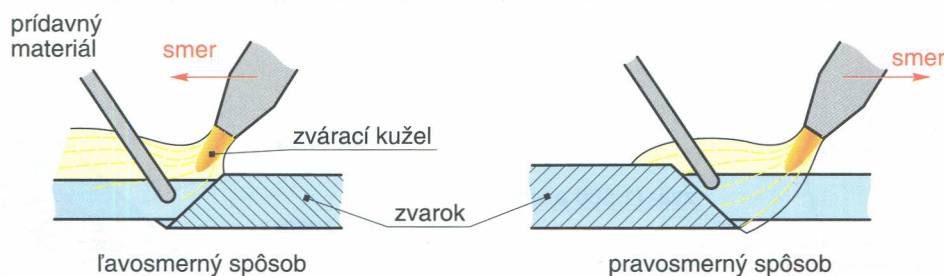


Obr. 1.74

Pri zváraní sa môže použiť prídavný zvárací drôt, ako sme uviedli už v úvode.

Podľa smeru zvárania hovoríme o zváraní doľava (ľavosmerný spôsob, dopredu) a zváraní doprava (pravosmerný spôsob, dozadu) (obr. 1.75). Pri pravosmernom zváraní je zvar ešte ohrievaný, chladnutie je pomalšie, je menšia pravdepodobnosť vzniku vnútorných napätí.

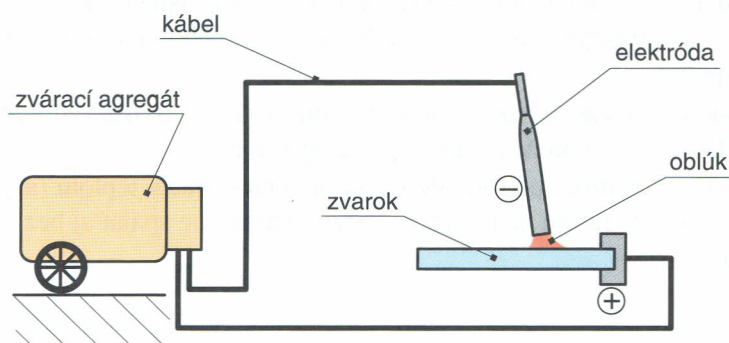
Zváranie plameňom sa používa v kusovej výrobe, a najmä pri opravárskych prácach.



Obr. 1.75

### Zváranie elektrickým oblúkom

Zdrojom tepla pri tomto tavnom zváraní je **elektrický oblúk**. Vzniká medzi elektródou a zváraným materiálom (obr. 1.76) alebo medzi dvoma elektródami. Vplyvom jeho tepla sa materiál roztaví a zleje. Prúd môže byť jednosmerný alebo striedavý. Napätie je 10 až 70 V (nemôže sa teda odoberať priamo zo siete, ale cez transformátor, prípadne ho dodáva rotačný zvárací agregát).

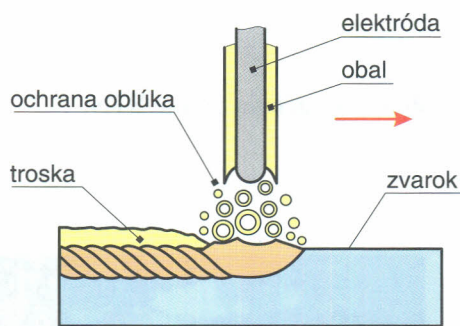


Obr. 1.76

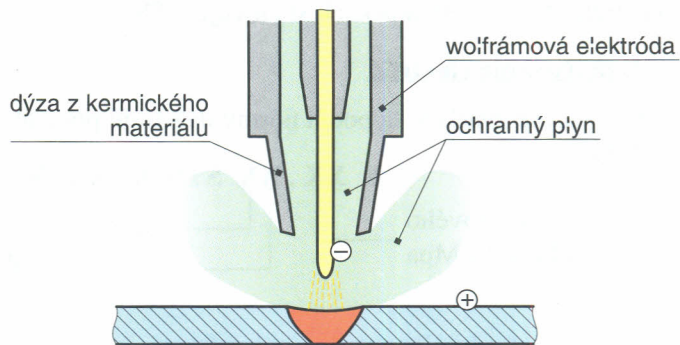
Elektródy môžu byť tavné alebo netavné. Tak ako nám hovorí názov, tavné elektródy sa pri zváraní roztavia, slúžia ako prídavný materiál. Na zlepšenie horenia bývajú obalené. Obal stabilizuje oblúk, chráni ho pred oxidáciou zo vzduchu, spomalí chladnutie zvaru, prípadne dodáva zvaru ďalšie legujúce prvky (chróm, vanád, molybdén a i.) (obr. 1.77).



Iná možnosť ako ochrániť zvar pred účinkami vonkajšej atmosféry, je zváranie v ochrannej atmosfére (obr. 1.78). Oblúk je obklopený plynom ( $\text{CO}_2$  alebo argón, prípadne iný plyn).



Obr. 1.77



Obr. 1.78

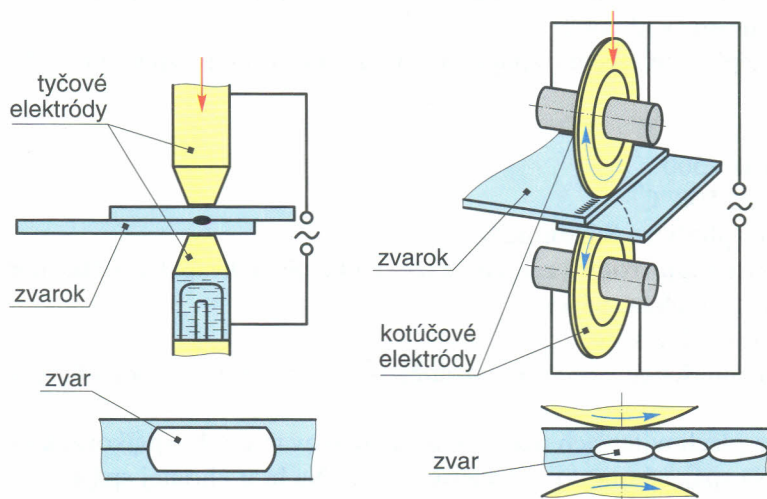
### Tlakové zváranie

Spojenie vznikne zohriatím kovu do **tvárneho stavu a následným stlačením**, úderom alebo pokojným tlakom. Do tejto skupiny patrí zváranie elektrickým odporom, kovácke zváranie, zváranie trením, ultrazvukom a i. Podrobnejšie sa budeme zaoberať najčastejšie používaným zváraním – elektrickým odporom.

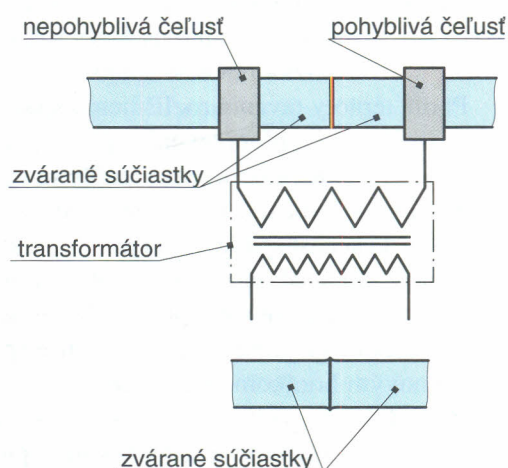
### Zváranie elektrickým odporom

Toto zváranie sa najčastejšie používa na spájanie preplátovaných plechov (preložených cez seba). Časť, ktorú chceme zvarať, vložíme do stroja ako **odpor prechádzajúceho prúdu**. Prúd v mieste prechodu cez spoj kov nataví do plastického stavu vplyvom veľkého elektrického odporu. (Cez elektródy prechádza prúd zo zvaracieho transformátora špeciálnej konštrukcie, ktorého vinutie nezhorí ani keď sú elektródy v skrate. Na plech s hrúbkou 1 až 3 mm sa použije prúd od 50 do 100 A a max. 60 V.) Obidve spájané časti sa k sebe pritlačia a vznikne zvar. Pri použití **elektród je to bodový zvar**, pri použití otáčajúcich sa **kotúčových elektród je to švový zvar** (obr. 1.79).

Podobný princíp má odporové zváranie na tupo. Spájané plochy sa dotýkajú, prechádza nimi elektrický prúd. Vznikajúcim teplom elektrického odporu sa plochy natavia a tlakom sa spoja (obr. 1.80).



Obr. 1.79



Obr. 1.80

### Zváranie trením

Jedna spájaná súčiastka stojí, druhá, ktorá sa jej dotýka, rotuje. Trením vzniká teplo. Po nahriatí sa k sebe pritlačia.

### Pnutia a deformácie zvarov, kontrola zvarov

Pri zváraní v dôsledku nerovnomerného ohrevu môže vzniknúť vnútorné napätie a zvarok sa môže deformovať. Preto pri navrhovaní zvarokov nesmú byť na jednom mieste zvary zhromaždené. Pri dôležitých zvarkoch sa ako konečná operácia môže zaradiť žihanie na odstránenie vnútorného napätia.



Kontrola kvality zvarov je pre zvárané konštrukcie veľmi dôležitá operácia. Zvary sa kontrolujú vonkajším posúdením, skúškami mechanických vlastností, metalografickými skúškami, niektorou zo skúšok bez porušenia materiálu. Postup pri skúškach stanovuje STN.

### Označovanie elektród

Na výkrese zvarkov sa podľa normy uvádzajú použité elektródy. Spôsob ich označenia určuje STN.

Príklad:

E XX . XX STN 05 XXXX

pevnosť zvarového spoja v ťahu v 10 Mpa      druh obalu  
akostná trieda

### Bezpečnosť a hygiena práce pri zváraní

Pre zriadenie zvaračskej dielne a jej prevádzku platia technické predpisy (vyhlášky, nariadenia vlády) a technické normy.

Pri zváraní plameňom je nevyhnutná opatrná manipulácia so zvaračskými fľašami, ktoré sú tlakovými nádobami. Zmes acetylénu a kyslíka je výbušná. Zvaračská dielňa musí byť vetraná pre výpary a plyny. Odstrejúci roztavený kov a troska môžu spôsobiť popáleniny a požiar.

Zvarač musí mať zvaračské skúšky, ktoré si musí pravidelne obnovovať. Musí povinne používať osobné ochranné pracovné prostriedky, podľa bezpečnostných predpisov, minimálne podľa STN (obr. 1.81).



Obr. 1.81

## 1.8.2. Spájkovanie a lepenie kovov

### Spájkovanie kovov

Spájkovanie je nerozoberateľné spájanie kovových, železných alebo neželezných materiálov, roztavenou **spájkou**. Spájka má nižšiu teplotu tavenia ako spájané materiály a má iné chemické zloženie. Pri spájkovaní dochádza k roztaveniu spájky a **vzájomnému difundovaniu (prelínaniu) atómov materiálov**. Predpokladom difúzie je ohrev spájkovaných materiálov na spájkovaciu teplotu. V opačnom prípade vzniká tzv. studený spoj, ktorý nemá požadované mechanické, ale ani elektrické vlastnosti (vodivosť).

**Výhody:** môžeme spájkovať kovy s rôznymi teplotami tavenia, spoj nemá porušenú štruktúru vplyvom tepla.

**Nevýhody:** nízka pevnosť spojov.

Podľa teploty tavenia rozlišujeme spájkovanie:

- **mäkké**, teplota tavenia spájky je nižšia ako 500 °C,
- **tvrdé**, teplota tavenia spájky je vyššia ako 500 °C.

Spájky sa dodávajú vo forme zrníek, drôtikov, plieškov. Sú normalizované.

Dôležitá súčasť spájkovania je **tavivo**, ktoré odstraňuje oxidy a zabraňuje ich tvorbe. Sú to kvapalné alebo tuhé chemické látky. Majú nižšiu teplotu tavenia, ako je teplota spájky.

Pri spájkovaní musíme plochy dobre očistiť, priložiť k sebe.

Pri tvrdom spájkovaní sa spoj natvrdie spájkou zmiešanou s tavivom a zohreje sa na pracovnú teplotu. Ohrieva sa plynovým horákom alebo v peci.

Pri mäkkom spájkovaní menších súčiastok a plechov tenších ako 2 mm sa spájkovanie robí spájkovačkou, zohrievanou elektrickým odporovým teplom. Na spájané miesto sa naniesie tavivo. Na hrot ohriatej spájkovačky sa naberie spájka a preniesie sa na spájkované miesto. Po ukončení spájkovania sa zvyšky taviva odstránia. Hrubšie plechy sa spájkujú plameňom.

### Lepenie materiálov

Lepenie sa používa na nerozoberateľné spájanie kovov, nekovov, aj kovov s nekovmi. Lepený spoj vzniká **adhéziou (priľnavosťou) a kohéziou (súdržnosťou)**. Tekuté lepidlo preniká do pórov a nerovností povrchu. Kvalita spoja závisí od čistoty spájaných plôch, a najmä od zvoleného druhu lepidla.

**Výhody:** spájanie kovov aj nekovov, jednoduché prevedenie spoja, spoj je pomerne ľahký, nie je ovplyvnený teplom, je nepriepustný, lepidlo chráni spoj pred koróziou.

**Nevýhody:** závislosť od vhodne zvoleného lepidla, spoj je nevodivý, nie je vhodný pre vyššie prevádzkové teploty, spájané plochy musia byť čisté, odmastené, prípadne chemicky ošetrené. Kvalitné lepidlá sú drahé.



Lepenie sa môže robiť:

- lepidlami,
- rozpúšťadlami, spájať sa môžu len rovnaké materiály, pri ktorých sa v mieste spoja rozpúšťajú povrchové vrstvy. Po stlačení a vytvrdení vznikne spoj,
- kombináciou bodového zvarovania a lepenia vznikne spoj s 3-krát väčšou medzou únavy ako pri spájaní bodovým zvarovaním.

## Zhrnutie:

**Odlievania** je časť strojárskych technológií, pri ktorej sa vyrábajú nenormalizované polovýrobky – odliatky. **Roztavený kov sa vleje alebo vtlačí do formy, ktorej dutina má tvar aj veľkosť odliatku.** Materiál musí byť vhodný na odlievania, musí zodpovedať určitým konštrukčným zásadám. Takto sa dajú vyrobiť súčiastky zložitých tvarov.

**Model** je vyrobený podľa výkresu odliatku s potrebnými prídavkami na obrábanie a zmršťovanie.

**Vtoková sústava** sú kanály na rozvod roztaveného kovu.

**Jadro** je model na vytváranie otvorov v dutine formy.

**Forma** môže byť zhotovená z formovacej zmesi alebo kovu.

Podľa počtu odliatkov a požadovanej presnosti liatia sa technológ rozhodne pre niektorý zo spôsobov výroby odliatkov. Najpoužívanejšie je odlievania do **pieskových foriem**. Presné je liatie **pod tlakom** do kovových foriem, liatie metódou **vytavitelného a spáľiteľného modelu** a liatie do **škrupinovej formy**. Pre rotačné súčiastky je vhodné **odstredivé liatie**.

**Zváranie je spájanie materiálov**, pri ktorom sa hrany spájaných súčiastok nahrejú do tekutého stavu a **navzájom sa zlejú – tavné zvarovanie**, alebo po ohriatí do tvárneho stavu **sa tlakom** alebo úderom **spoja – tlakové zvarovanie**.

**Zváranie plameňom** (tavné zvarovanie). Najčastejšie sa zvara kyslíkovo-acetylenovým plameňom. Môže sa použiť aj prídavný materiál.

**Zváranie elektrickým oblúkom** (tavné zvarovanie) je najpoužívanejšie. Materiál sa taví teplom elektrického oblúka, ktorý vzniká medzi materiálom a elektródou. Elektróda môže byť tavná, netavná, obalená. Zvara sa aj v ochrannej atmosfére.

**Zváranie elektrickým odporom** (tlakové zvarovanie). Teplota vzniká elektrickým odporom materiálu pri prechode elektrického prúdu. Po zahriatí sa tlakom spájané hrany (plochy) spoja.

**Spájkovanie** je spájanie materiálov na základe vzájomnej difúzie. Spájka má nižšiu teplotu tavenia ako spájané materiály. Podľa jej teploty (hranica je 500 °C) rozlišujeme spájkovanie na mätko a na tvrdo.

**Lepený spoj** vznikne adhéziou (prilnavosťou) a kohéziou (súdržnosťou). Výhoda je spájanie kovov s nekovmi, nízka hmotnosť, jednoduchosť.

## Otázky, úlohy a úvahy:

1. V čom je rozdiel medzi ocelou a liatinou z chemického hľadiska? Prečo neodliavame ocel?
2. Aký je rozdiel medzi čistým železom, surovým železom a ocelou?
3. Čo si myslíte, prečo pri čistení odliatkov omielaním používame práve bielu liatinu?
4. Od čoho bude závisieť veľkosť prídavkov pri navrhovaní odliatkov?
5. Navrhnete technológiu odlievania a postup pri výrobe nejakého zvoleného umeleckého diela.
6. Skúste pomenovať strojárskymi výrazmi pre odlievania predmety a jeho časti na obr. 1.82. Podľa tab. 1.3 usporiadajte pracoviská podľa činnosti pri pečení bábovky. Použite pritom výrazy: forma, dutina, jadro, špajza, kuchyňa, obchod s domácimi potrebami, úprava odliatkov.
7. Pri zvarovaní elektrickým oblúkom nemôžeme zapojiť zvarovací agregát priamo do siete. Viete, aké je napätie v sieti?
8. Viete, ako sa označia kútové zvary na výkrese?
9. Nájdite a označte podľa v strojníckych tabuliek obalenú elektródu na zvarovanie mostových konštrukcií z materiálu 11 373.
10. Aké sú osobné ochranné pracovné prostriedky pri zvarovaní elektrickým oblúkom?
11. Aké sú konštrukčné zásady spájkovaného a lepeného spoja?







## II. ČASTI STROJOV

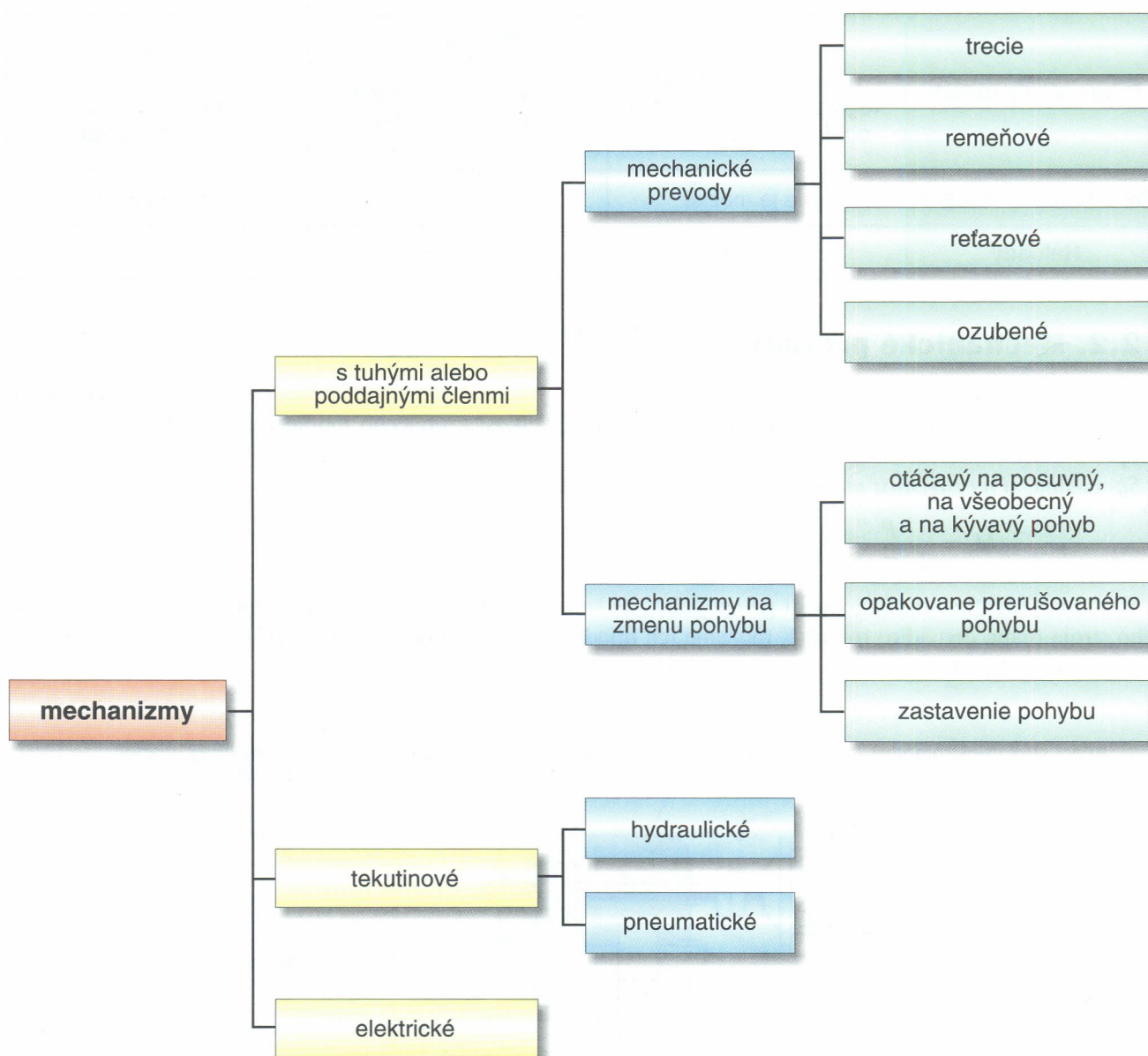
### 2.1. Úvod do mechanizmov

S mechanizmami sa stretávame všade okolo nás. V domácnosti, doprave, pri športe, pri zábavách. Napr. práčka, pohon taniera v mikrovlnnej rúre, bagre, dopravníky, bicykle, posilňovacie zariadenia, pohony v CD prehrávačoch a pod.

Mechanizmy sú zariadenia, ktoré prenášajú energiu alebo informácie medzi hnaným a hnacím členom. Pri tomto prenose sa môže druh pohybu aj meniť (napr. z rotačného na priamočiary a opačne), prípadne sa môže meniť rýchlosť pohybu, t.j. otáčky.

Môžeme si ich rozdeliť podľa schémy tab. 2.1.

Tab. 2.1



V tejto učebnici sú mechanizmy uvedené v takom poradí, ako to určuje učebná osnova: mechanické prevody, hydraulické a pneumatické mechanizmy a mechanizmy na transformáciu pohybu. Čiže stretávame sa tu s mechanizmami s tuhými a poddajnými členmi a tekutinovými mechanizmami. O mechanizmoch, ktoré prenášajú energiu pomocou elektrickej energie, sa budeme učiť v elektrotechnike.



Každý druh mechanizmu má svoje výhody a nevýhody.

Na zvýšenie predstavivosti uvádzame v tab. 2.2. niektoré vlastnosti v uvedených troch skupinách mechanizmov.

Tab. 2.2

Parametre	Mechanizmy s tuhými alebo poddajnými členmi	Tekutinové mechanizmy	Elektrické mechanizmy
Preťaženie	malé	veľké	žiadne
Presnosť polohovania	priemerná	veľmi vysoká	veľmi vysoká
Rotačný pohyb	jednoduchý, veľké rozpätie otáčok aj výkonov	jednoduchý, vysoké otáčky pri malých výkonoch	jednoduchý, vysoké otáčky pri malých výkonoch
Priamočiary pohyb	jednoduchý, veľké sily aj rýchlosti, regulovateľnosť je rôzna od druhu mechanizmu	jednoduchý, veľké sily, dobrá regulovateľnosť, rýchlosť veľmi závislá od zaťaženia	ťažší, malé sily, regulácia rýchlosti s veľkými nákladmi
Skladovanie energie	nie je možné	obmedzené	jednoduché
Náklady	priemerné	vysoké	malé

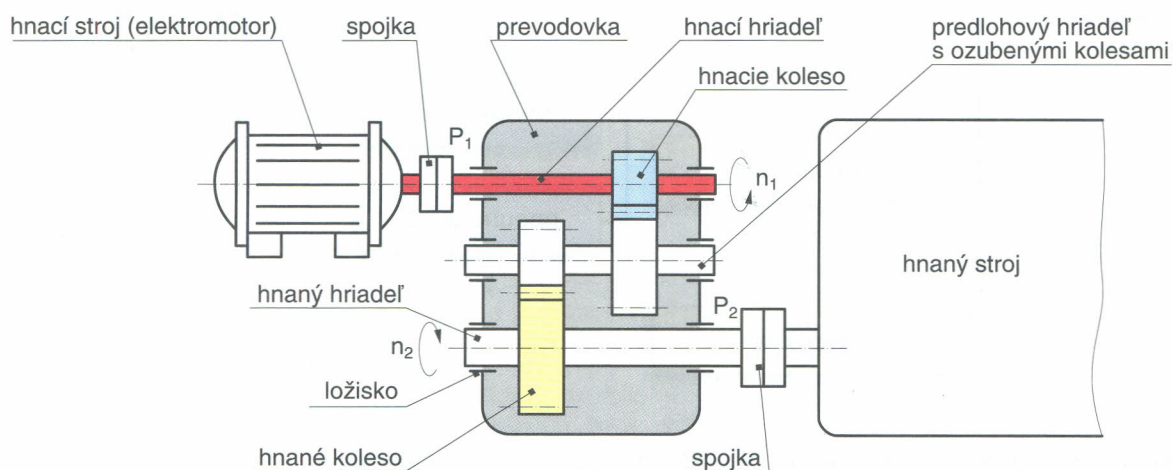
## 2.2. Mechanické prevody

Takto nazývame **zariadenia, ktoré prenášajú otáčavý pohyb z jedného hriadeľa na druhý**. Pri tomto prenášaní sa môže meniť zmysel otáčania, veľkosť otáčok, a tým aj veľkosť krútiaceho momentu, ale výkon ostáva rovnaký.

Spomeňme si na závislosť momentu od výkonu a otáčok:

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n}$$

V druhom ročníku sme sa už učili pri spojkách, že keď sú otáčky hnacieho stroja (napr. elektromotor) a hnacieho stroja (napr. čerpadlo) rovnaké, môžeme ich hriadele spojiť priamo spojkou. Keď sú väčšie alebo menšie, musíme medzi hriadele vložiť **prevod** (prevodovku) (obr. 2.1).



Obr. 2.1



Prevody umožňujú, aby stroje pracovali pri najvyššej účinnosti a najvýhodnejších podmienkach.

Podľa druhu prevodu môže byť táto zmena plynulá alebo stupňovitá. Zmena otáčok môže byť z vyšších na nižšie, vtedy hovoríme o zmene „do pomala“, alebo z nízkych na vyššie, vtedy ide o zmenu „do rýchla“.

### Základné pojmy

Musíme si objasniť nové pojmy, s ktorými sa budeme stretávať (obr. 2.1):

- hnací hriadeľ,
- otáčky hnacieho hriadeľa  $n_1$ ,
- hnaný hriadeľ,
- otáčky hnaného hriadeľa  $n_2$ ,
- príkon na hnacom hriadeľi  $P_1$ ,
- výkon na hnanom hriadeľi  $P_2$ ,

Spomeňme si na vedomosti z nižších ročníkov:

$$\text{výkon} = \frac{\text{práca}}{\text{čas}} = \frac{\text{sila} \cdot \text{dráha}}{\text{čas}} = \text{sila} \cdot \text{rýchlosť}$$

Pri rotácii hovoríme o obvodovej rýchlosti a obvodovej sile.

Hovorili sme, že výkon sa prenášaním v prevode nemení a odrazu tu spomíname príkon a výkon. Príkon meriame pred vstupným ložiskom prevodu. Výkon je meraný za výstupným ložiskom. Rozdiel medzi príkonom a výkonom vznikne stratami. Nie sú veľké (asi 2 až 4 %). Vznikajú hlavne trením.

- celková účinnosť prevodu  $\eta = \frac{P_2}{P_1}$ . Je to súčin účinnosti ložísk a prevodu,
- prevodový pomer  $i_{1,2}$ ,

Otáčajúce sa kolesá, ktoré sa dotýkajú alebo sú otáčané jedným celistvým remeňom, pásom alebo reťazou, musia mať v mieste dotyku rovnakú obvodovú rýchlosť:

$$\begin{aligned} v_1 &= v_2 & [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \\ \pi \cdot D_1 \cdot n_1 &= \pi \cdot D_2 \cdot n_2 \\ D_1 \cdot n_1 &= D_2 \cdot n_2 \end{aligned}$$

z toho po úprave:  $i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$  [1] je jednotkový rozmer.

Tento vzťah vyjadrený slovami znamená, že prevodový pomer  $i_{1,2}$  je pomer hnacích a hnaných otáčok. Platí pre jedno súkolesie,

- pri ozubených prevodoch prevodové číslo  $u_{1,2}$

$$u_{1,2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{D_2}{D_1} \quad [1] \quad \text{kde } z \text{ je počet zubov kolies.}$$

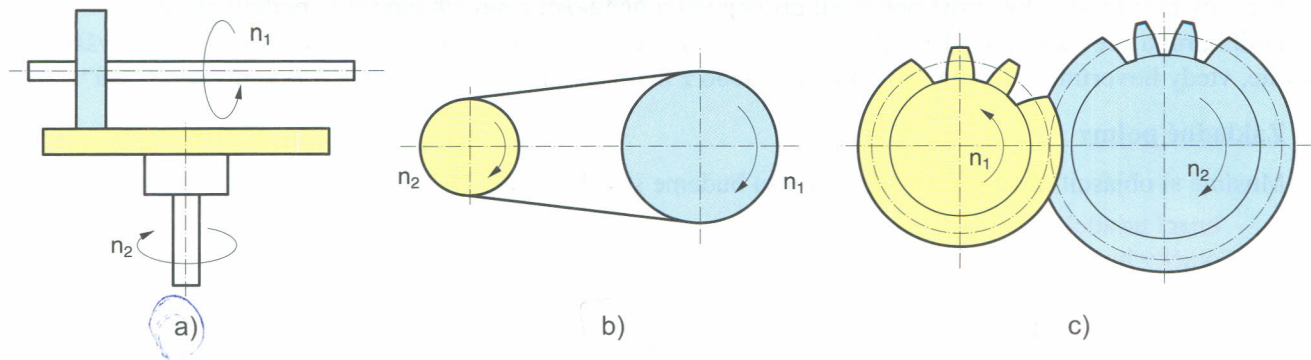
Určite ste si všimli, že pri hodnotách, ktoré sa týkajú hnacieho hriadeľa, sú indexy 1, pri hnanom hriadeľi 2. Týmito indexmi sa rozlišujú aj všetky rozmery súčiastok hnacieho a hnaného ústrojenstva (priemer kolies, hriadeľov, rozmery zubov atď.).

V učebnici budeme hovoriť raz o prenose výkonu, inokedy o prenose otáčok alebo krútiaceho momentu. Z predchádzajúcej časti vidíte, že tieto veličiny navzájom súvisia. Pojmy preto úmyselne vymieňame, aby ste si to uvedomili.

Otáčky môžeme prenášať z hnacieho hriadeľa na hnaný:

- priamym dotykom kolies, to sú trecie prevody (obr. 2.2a),
- pomocou tretieho člena prevodu (obr. 2.2b):
  - remeňom, remeňové prevody,
  - reťazou, reťazové prevody,
- tvarovým dotykom, ozubené prevody (obr. 2.2c).





Obr. 2.2

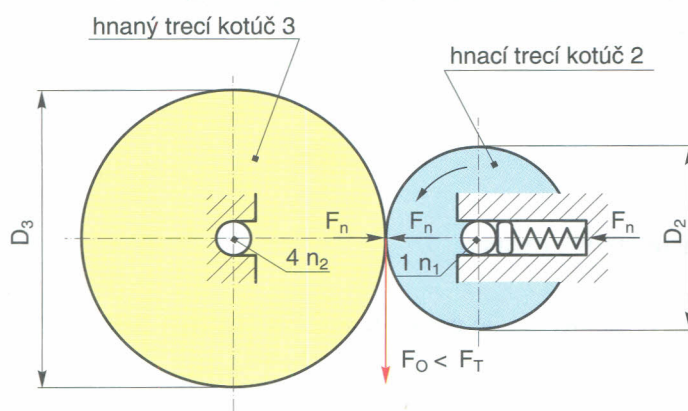
### 2.2.1. Trecie prevody

Otáčky sa prenášajú z hnacieho hriadeľa trecími kotúčmi na hnaný hriadeľ. Kotúče sú na hriadeľoch pevne uložené. Je to prenos otáčok priamym dotykom trecích kolies (obr. 2.3).

**Výhody:** je to lacný, tichý prevod, tlmí nárazy, ktoré vznikajú v prevádzke (prešmykovaním); jednoduchá možnosť plynulo meniť otáčky aj pri plnom zaťažení; pritláčaním a oddaľovaním kotúčov môže prevod slúžiť aj ako spojka; hriadele prevodu môžu byť rovnobežné, rôznobežné aj mimobežné.

**Nevýhody:** má nerovnomerný prevod otáčok (sklz), dá sa použiť len pre malé vzdialenosti hriadeľov (niekedy je to výhoda pre malé rozmery prevodu), je nepresný (sklz), na dosiahnutie prítlačnej sily na vyvolanie trenia je potrebné vyvinúť veľké prítlačné sily, ktoré musia zachytiť ložiská.

Môžeme ho vidieť napr. v magnetofónoch, meracích prístrojoch, na trecích lisoch (obr. 2.3) a pod.



Obr. 2.3

#### Podmienky prenosu otáčok

Ako sme už povedali, na to, aby sa preniesli otáčky hnacieho hriadeľa 1,  $n_1$ , z hnacieho trecieho kotúča 2 na hnaný trecí kotúč 3, a tým z neho (pretože je pevne uložený na hnanom hriadeľi) na hriadeľ 4 už ako otáčky  $n_2$ , potrebujeme vyvodit' treciu silu  $F_T$  (obr. 2.3).

Musí platiť:

$$F_T \geq F_o$$

trecia sila musí byť väčšia alebo sa musí rovnať obvodovej sile.

Vieme z mechaniky v prvom ročníku, že trecia sila závisí od veľkosti normálovej prítlačnej sily a od súčiniteľa trenia:

$$F_T = \mu \cdot F_N$$



Po dosadení do predchádzajúceho vzorca:

$$\begin{aligned}\mu \cdot F_N &\geq F_o \\ F_o &\geq \mu \cdot F_N\end{aligned}$$

obvodová sila prenášaná kotúčmi musí byť menšia alebo sa musí rovnať súčinu prítláčnej sily a súčiniteľa trenia.

Ako vidíme na obr. 2.3, prítláčnú silu prenášajú do konštrukcie ložiska.

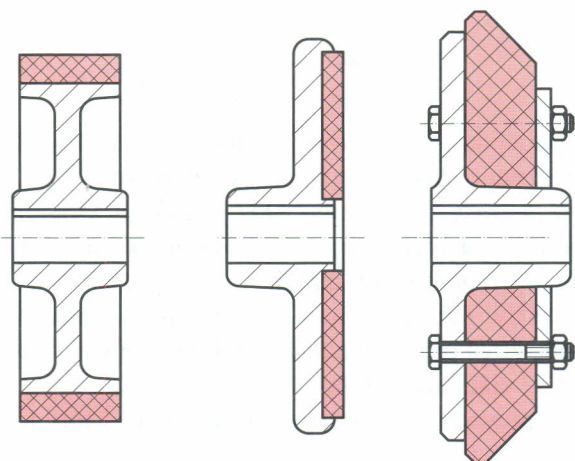
V úvode sme si vysvetlili vzťahy  $M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n}$  a  $P = F_o \cdot v$

Z toho, čo sme si vysvetlili, vyplýva, že **čím chceme preniesť prevodom väčšie výkony a otáčky, tým musí byť väčšia prítláčná sila**. Samozrejme, sila sa nedá zväčšovať neobmedzene. Zvyšuje sa tým tlak v ložiskách (spomeňme si na porovnávanie tlaku s dovoleným tlakom  $p = p_D$ ).

### Trecie kolesá

Vieme, že súčiniteľ trenia závisí od materiálu. Trecie kolesá bývajú vyrobené z liatiny, ocele, bronzu, hliníkových zliatin. Môžu mať obloženie z materiálu s dobrými trecími vlastnosťami. Napr. z gumy, korku, kože, fíbra atď. Obloženie je vymeniteľné.

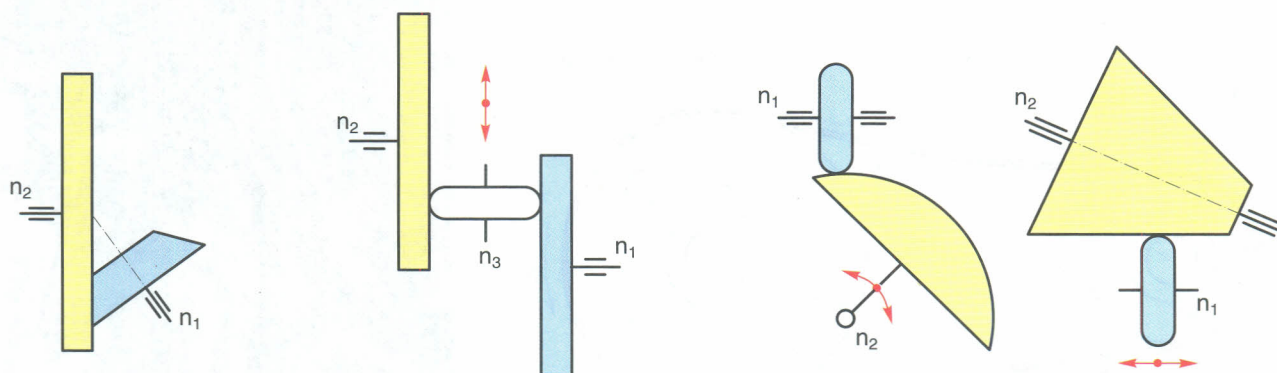
Podľa tvaru dotkových plôch kolies poznáme trecie kolesá čelné, lícne, kužeľové, valcové (obr. 2.4).



Obr. 2.4

### Konštrukcie trecích prevodov

Veľká výhoda trecích prevodov je možnosť plynulej zmeny otáčok. Konštrukcií trecích prevodov je preto veľmi veľa. Na obr. 2.5 sú niektoré druhy.



a) rôznobežné hriadele,  
stály prevodový pomer

b) rovnobežné hriadele,  
meniteľný prevodový pomer

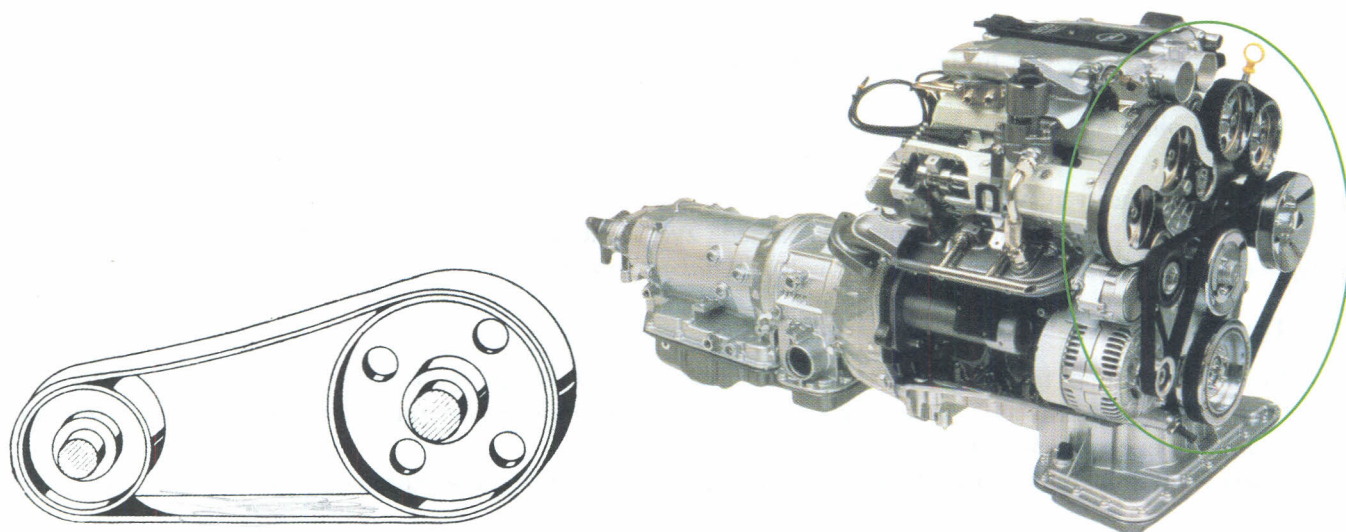
c), d) mimobežné hriadele,  
meniteľný prevod

Obr. 2.5



## 2.2.2. Remeňové prevody

Remeňové prevody prenášajú otáčky pomocou ďalšieho člena – remeňa. **Otáčky sa prenášajú z hnacieho hriadeľa na hnaciu remenicu, cez remeň na hnanú remenicu a hnaný hriadeľ (obr. 2.6 a 2.7).**



Obr. 2.6

Používajú sa najmä tam, kde sú potrebné veľké osové vzdialenosti hriadeľov. Dodržanie prevodového pomeru nie je veľmi presné. Tiež sa tu vyskytuje sklz ako pri trecích prevodoch.

Musíme si uvedomiť, že základom prenosu síl je trenie. Sklз je niekedy výhodou, hlavne pri preťažení prevodu. Zabezpečí poistenie proti poškodeniu hnaného zariadenia. Stretáme sa s ním veľmi často napr. v práčke, v šijacom stroji, v automobiloch, v rôznych prístrojoch a pod.

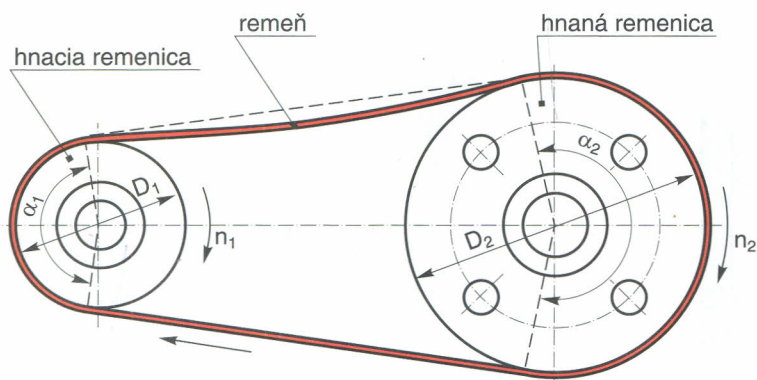
**Výhody:** prevod je jednoduchý, lacný, má tichý chod, sklzom chráni hnané zariadenie proti preťaženiu, je pružný (pružnosťou remeňa znáša nárazovú prevádzku a neprenáša chvenie z hnacieho stroja na hnaný), jednou hnacou remenicou môžeme poháňať aj viac hnaných hriadeľov.

**Nevýhody:** je nepresný v dodržaní prevodového pomeru, ťah v remeni, ktorý je potrebný na vyvolanie trenia, namáha ložiská.

Podľa tvaru remeňa poznáme remeňové prevody:

- s plochým remeňom,
- s klinovými remeňmi,
- s ozubeným remeňom.

Postupne si o nich niečo povieme.



Obr. 2.7



### 2.2.2.1. Remeňové prevody s plochým remeňom

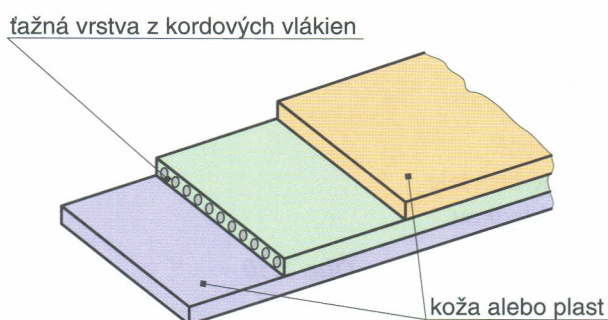
Jednoduchý remeňový prevod sa skladá z dvoch remenic s **hladkými vencami** (obr. 2.7). Sú pevne uložené na hriadeľoch. Opásané sú **plochým remeňom**. Keď sa má preniesť potrebná obvodová sila, musí byť remeň napnutý. Sila sa preniesie trením medzi remeňom a remenicami (tým vznikajú sily vyvolávajúce tlak v ložiskách).

Stretne sa s nimi napr. pri obrábacích strojoch.

Veľkosť prevodového pomeru ( $i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2}$ ) priamo úmerne závisí aj od uhlov opásania remenic  $\alpha_1$  a  $\alpha_2$  (obr. 2.7).

#### Remene

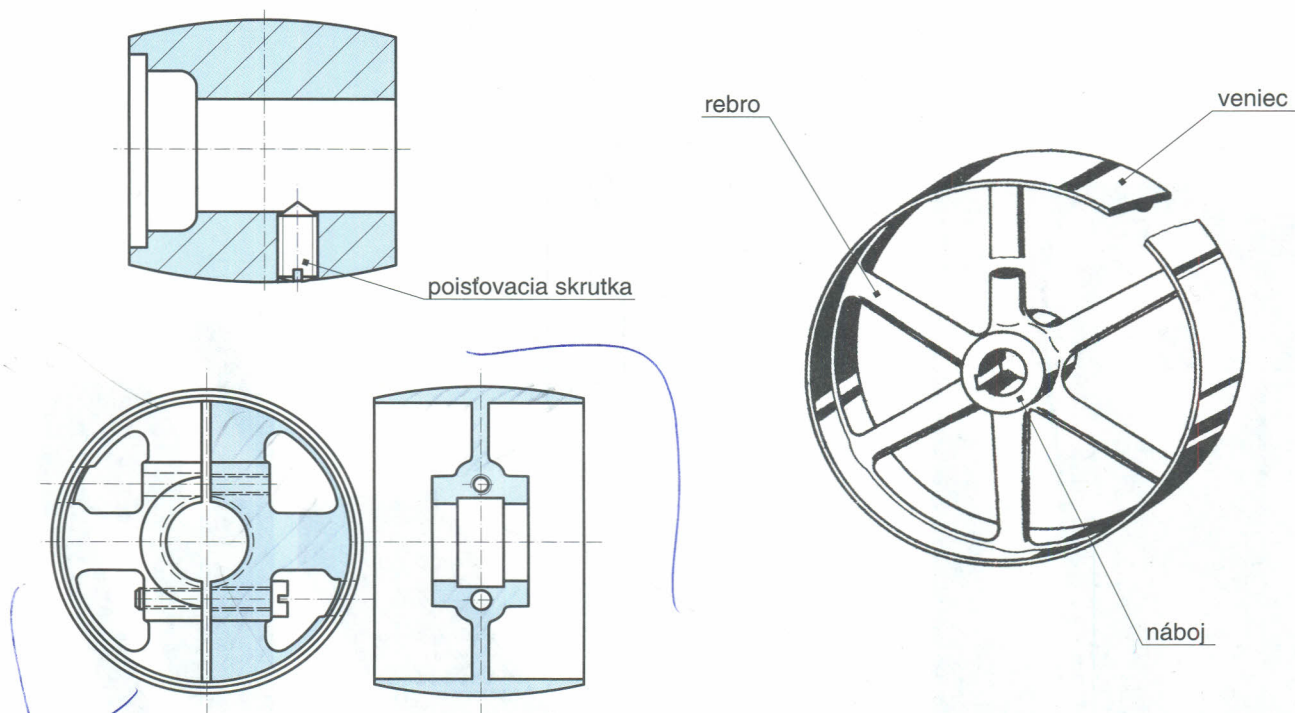
Sú to nekonečné pásy. Vyrábajú sa z kože, gummy, textilu, konštrukčných plastov a ich kombinácií. Majú ťažnú vrstvu, ktorá prenáša obvodovú silu, a vrstvu, ktorá prenáša treciu silu (obr. 2.8).



Obr. 2.8

#### Remenice

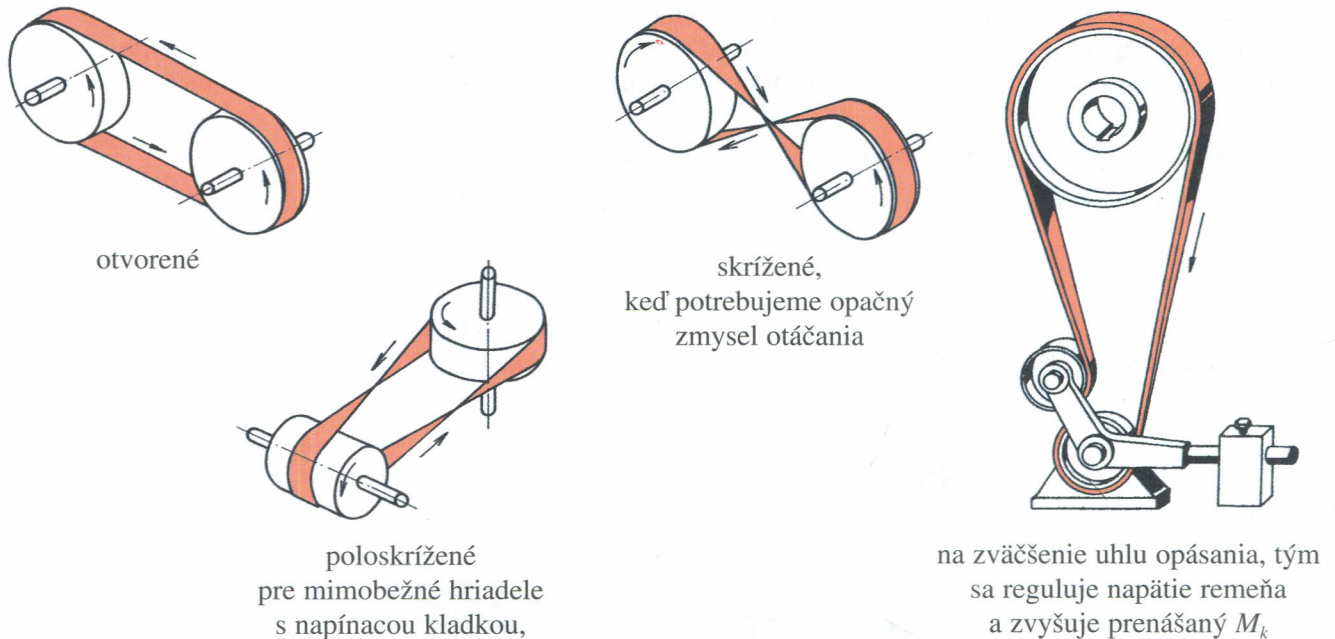
Sú to kotúče s hladkým, zaobleným vencom (obr. 2.9). Zaoblenie zabezpečuje návrat remeňa do stredu венca vplyvom odstredivej sily. Vyrábajú sa najčastejšie zo sivej liatiny. Veľké remenice môžu byť aj delené. Remenica má veniec, náboj a kotúč.



Obr. 2.9



**Usporiadanie remeňových prevodov s plochými remeňmi** (obr. 2.10).



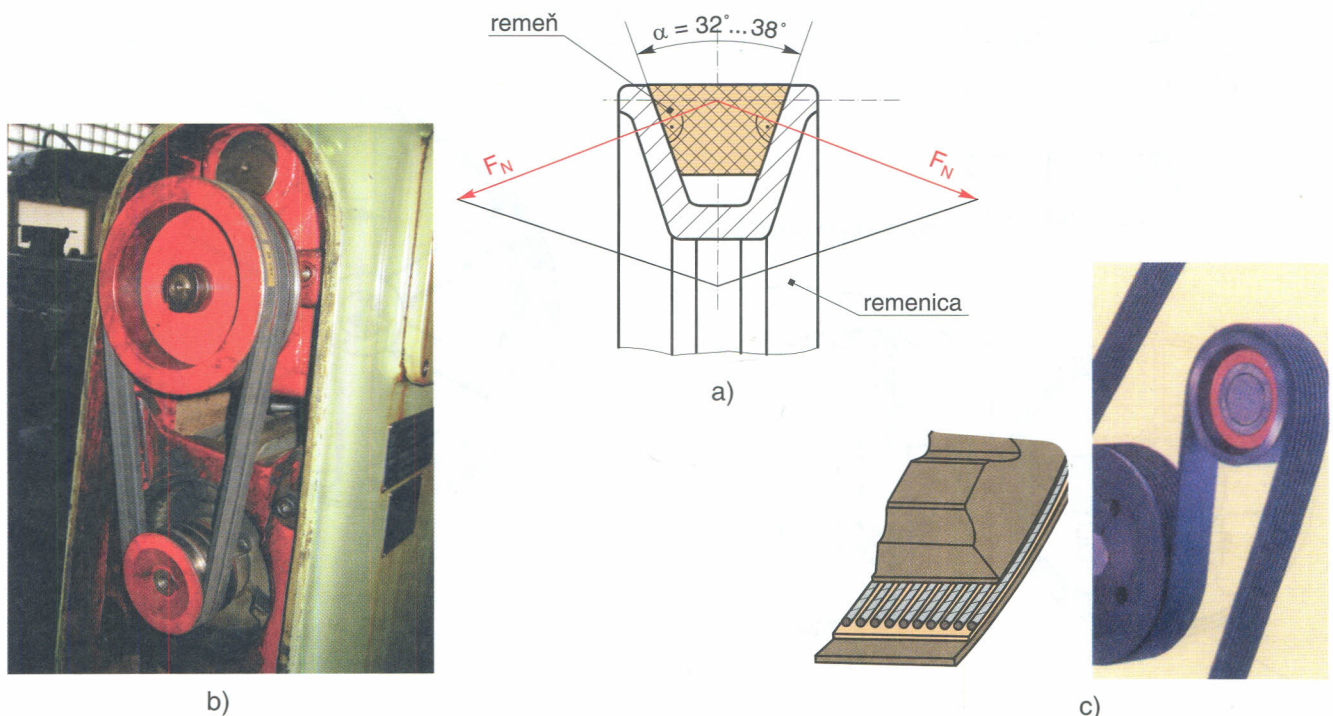
Obr. 2.10

**2.2.2.2. Remeňové prevody s klinovým remeňom**

Ako hovorí názov, **remeň** nie je plochý, ale **má klinový tvar**. Zapadá do žliabku po obvode venca klinovej remenice. Opiera sa v ňom o jeho boky (obr. 2.11a). Tvar žliabku je normalizovaný STN. Závisí od normalizovaného prierezu remeňa (ten zistíme výpočtom). Na prenos väčšieho krútiaceho momentu sa používa viac remeňov, ako to vidíme na obrázku 2.11b. Dotyková plocha remeňov s remenicou je tak väčšia a prevod môže preniesť väčšie sily. Počet remeňov sa určí normalizovaným výpočtom STN.

Môžeme ich vidieť pri obrábacích strojoch, práčkach a pod.

Viac ohybný je tzv. **viacklinový remeň**, ktorý má na vnútornej strane zárezy (ako zuby). Drážka remenice je klinová. Používajú sa aj remene s pozdĺžnymi klinovými zárezmi. Tieto remene majú lepšiu prínavosť k remenici. Remenica má hladký povrch venca, prípadne aj pozdĺžne ryhovaný (obr. 2.11c).

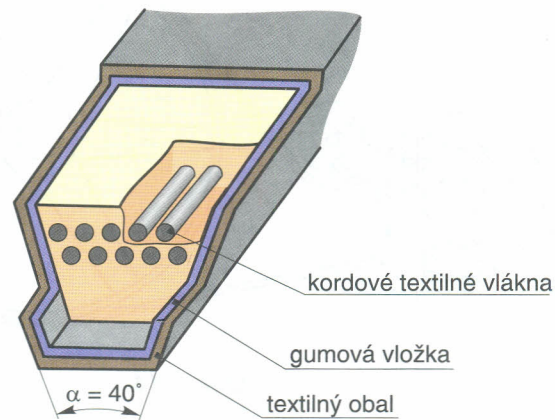


Obr. 2.11



### Klinové remene

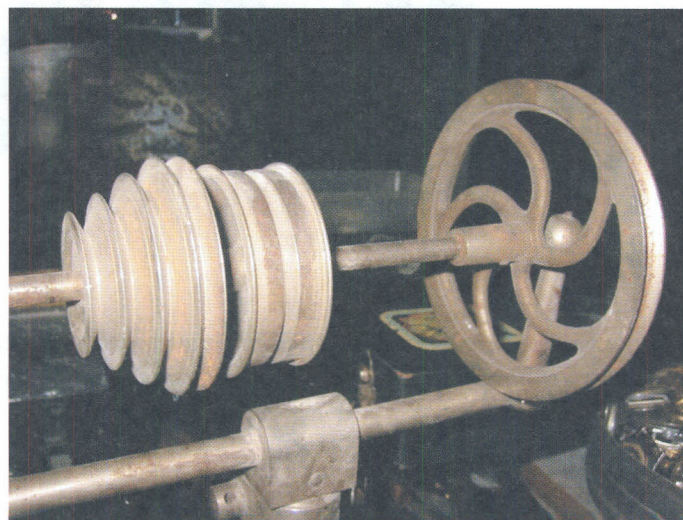
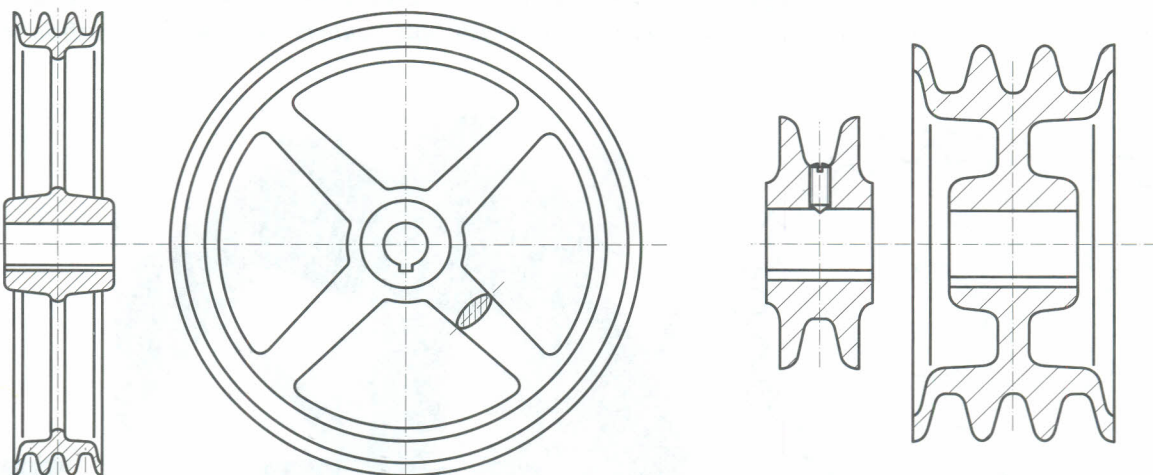
Remene majú vnútri na prenos sily kordové textilné vlákna (obr. 2.12). Tieto vlákna sú v gumovej vložke, ktorá tvorí pružné spojenie medzi vláknami a obalom. Zabezpečuje dobré vedenie v žliabku, tvar, pružnosť. Zvonku chráni remeň jedna alebo viac vrstiev textilného obalu. Tieto časti sú spolu vulkanizované. Výpočet a druhy klinových remeňov sú v STN.



Obr. 2.12

### Klinové remenice

Klinové remenice majú na venci žliabky pre klinové remene (obr. 2.13).

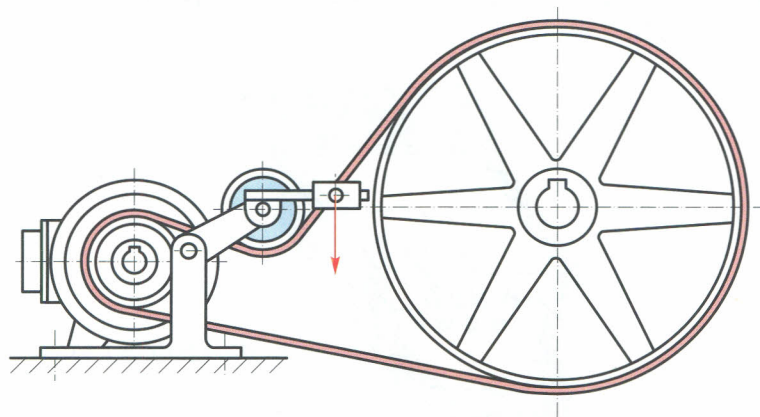


Obr. 2.13



### Konštrukcia remeňových prevodov s klinovými remeňmi

Pri prevodoch s klinovými remeňmi sa používa napínanie remeňa pomocou napínacej kladky (obr. 2.14), alebo oddialením spravidla jednej klinovej remenice.



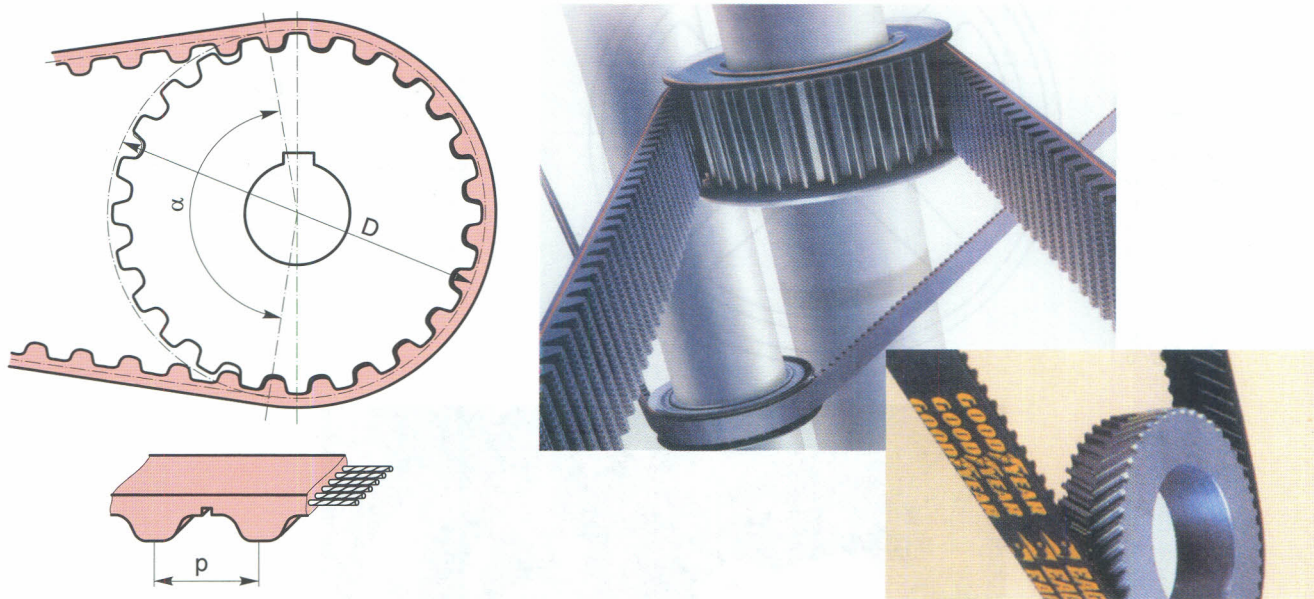
Obr. 2.14

#### 2.2.2.3. Remeňové prevody s ozubeným remeňom

Odstraňujú nevýhodu remeňových prevodov s plochým remeňom – sklz. Spájajú výhody remeňových a reťazových prevodov, ktoré sa ešte budeme učiť. Remeň má z vnútornej strany ozubenie rôzneho tvaru. Remenice majú po obvode tiež ozubenie (obr. 2.15).

Stretneme sa s nimi v automobiloch na pohon vačkových hriadeľov ventilových rozvodov spaľovacieho motora, na pohon šijacieho stroja, najnovšie na sekundárny pohon zadného kolesa motocykla a pod.

S vývojom nových materiálov sa začínajú používať aj obojstranne ozubené remene. Ich použitie je univerzálnejšie.



Obr. 2.15

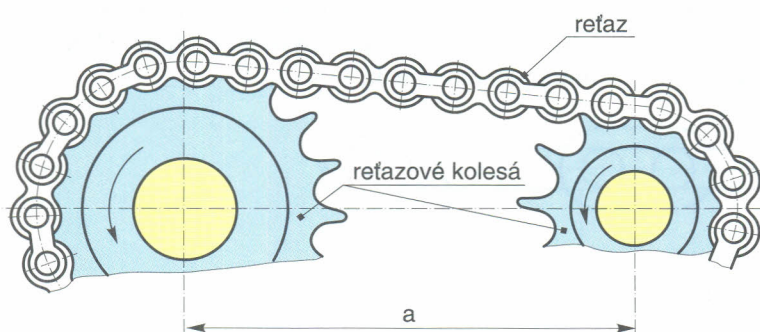
Okrem spomínaných remeňov sa často stretneme v malých mechanizmoch (meracích prístrojoch, mechanických šijacích strojoch) s remeňom s kruhovým prierezom. Veniec remenice má klinový tvar.

#### 2.2.3. Reťazové prevody

Krútiaci moment sa prenáša z hnacieho hriadeľa na hnacie reťazové koleso, z neho pomocným členom – reťazou na hnané reťazové koleso a hnaný hriadeľ (obr. 2.16).

Hriadele musia byť rovnobežné, reťazové kolesá musia byť v jednej rovine.





Obr. 2.16

Reťazové prevody sa používajú, keď je osová vzdialenosť hriadeľov väčšia (nedajú sa použiť prevody ozubenými kolesami).

**Výhody:** prevod prenesie veľké sily, je presný, má jednoduchú montáž a demontáž, má menšie namáhanie hriadeľov a ložísk ako remeňový prevod, je lacnejší ako prevod ozubenými kolesami.

**Nevýhody:** je hlučný, má väčšiu hmotnosť, trenie medzi reťazou a zubami reťazového kolesa vyžaduje masť.

Môžeme ich vidieť na bicykloch, motocykloch, používajú sa na pohon vačkového hriadeľa ventilového rozvodu (pre väčšiu hmotnosť sa nahrádzajú ozubeným remeňom), na obrábacích strojoch a všade tam, kde sa prenášajú veľké sily.

Reťaze, sa používajú ako **hnací**, ale aj ako **ťažný prvok**. Môžu byť:

- článkové,
- kĺbové,
- zubové,
- špeciálne.

Výpočet reťazí z prenášaného výkonu a otáčok je normalizovaný.

Postupne si o nich niečo povieme.

### 2.2.3.1. Článkové reťaze

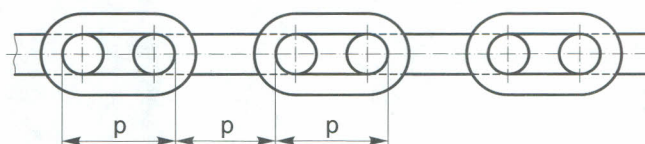
Určíte ste sa s nimi už stretli, keď nie ako s hnacím prvkom, tak ako s ťažným (*obr. 2.17*) alebo ozdobným prvkom – retiazky.



Obr. 2.17



Reťaz sa skladá z článkov, ktoré sú z tyčovej ocele, najčastejšie kruhového prierezu. Články sú zvarané alebo kované. Často sa používajú v zdvíhacích zariadeniach (obr. 2.18). Znesú nešetnú prevádzku. Ich nevýhodou je veľká hmotnosť. Sú normalizované v STN. Nájdete ich v strojných tabuľkách.



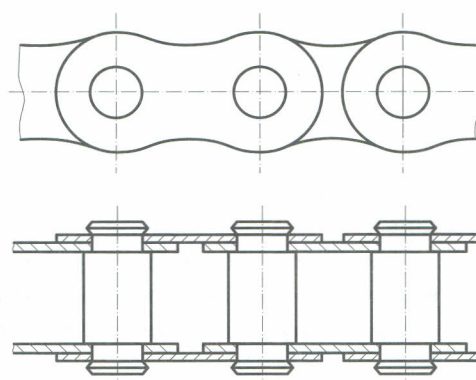
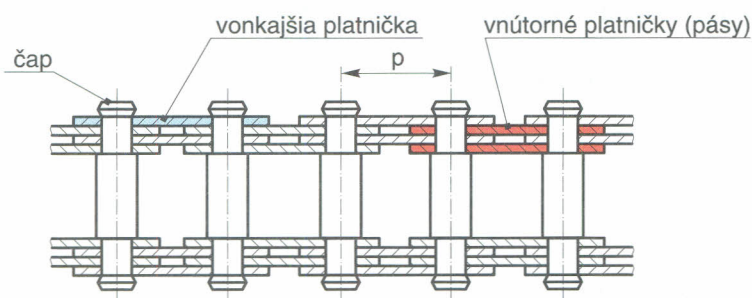
Obr. 2.18

### 2.2.3.2. Kĺbové reťaze

Kĺbové reťaze sú normalizované ako:

- Gallove,
- puzdrové,
- valčekové.

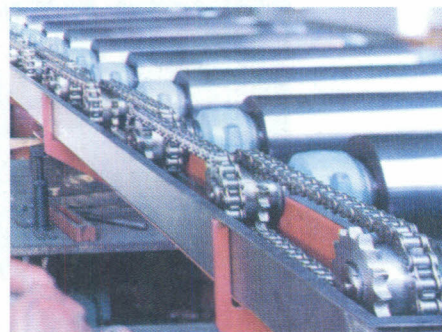
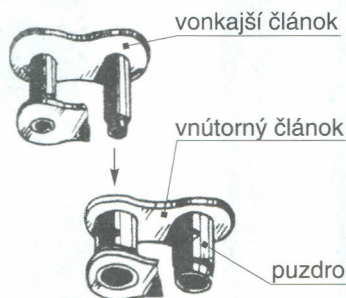
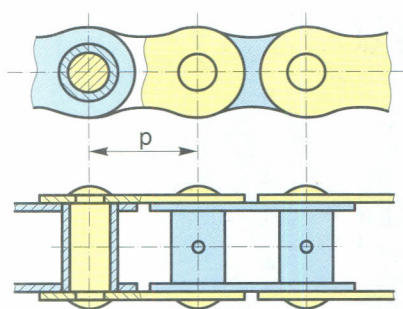
**Gallove reťaze** (obr. 2.19)



Obr. 2.19

Majú valcové čapy s osadením na obidvoch stranách. Čapy sú spojené platničkami (vonkajšími a vnútornými). Konce čapov sú roznitované, alebo pri rozoberateľných článkoch zaistené podložkou a maticou. Tieto reťaze sa používajú na prenášanie veľkej ťažnej sily malými rýchlosťami, napr. výtahy, žeriavy.

**Puzdrové reťaze** obr. 2.20



Obr. 2.20

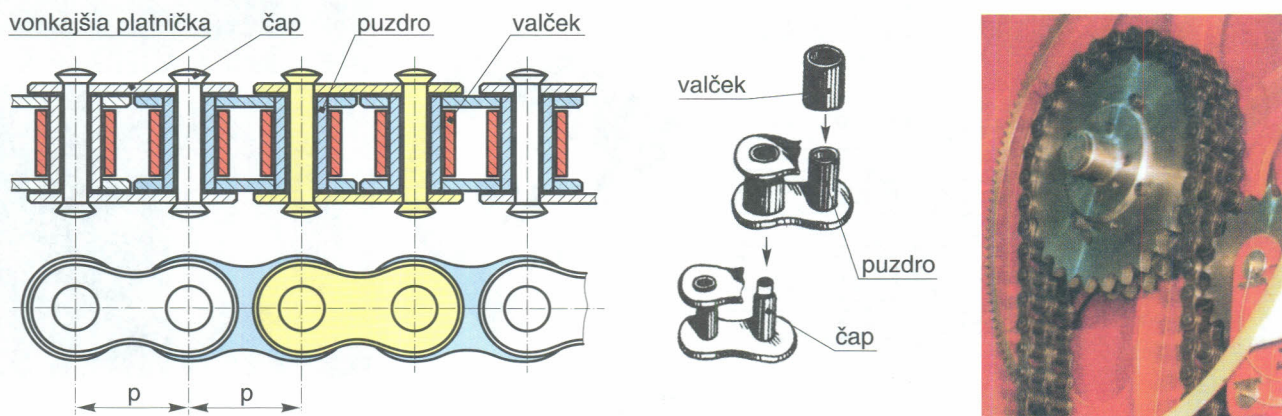
Reťaze sa skladajú z dvoch článkov, vonkajšieho a vnútorného. Vonkajší článok je otočne uložený v jednom puzdre vnútorného článku. Dotyková plocha puzdra a čapu je väčšia ako dotyková plocha medzi čapom a pásom pri Gallových reťaziach. Preto môžu prenášať väčšie zaťaženie.

Môžu byť jednoradové až trojradové. Nájdete ich v strojných tabuľkách, sú normalizované STN.

Používajú sa ako hnacie členy v prevodoch pre väčšie rýchlosti, ale aj ako ťažné prvky na prenášanie veľkých ťažných síl.



### Valčekové reťaze (obr. 2.21)



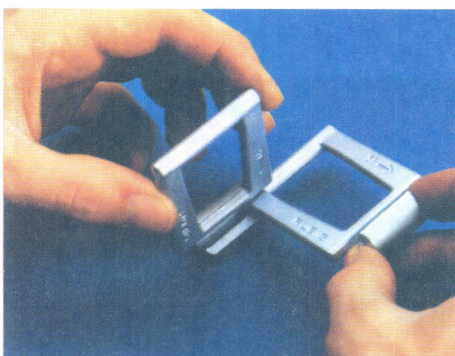
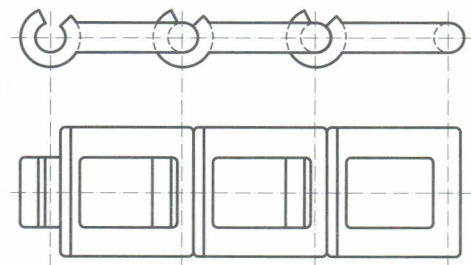
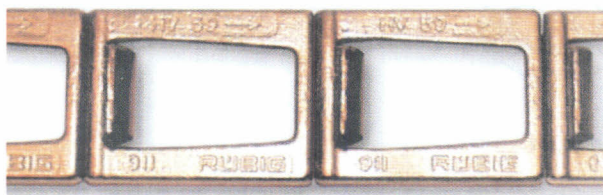
Obr. 2.21

Články majú podobné, ako ich majú puzdrové reťaze, ale na puzdrách sú ešte uložené voľne otočné valčeky. Tým sa veľmi zníži trenie medzi zubami reťazového kolesa a reťazou. Vyrábajú sa aj viacradové. Používajú sa pre veľké obvodové rýchlosti, ale aj ako ťažné prvky.

#### 2.2.3.3. Špeciálne reťaze

V praxi sa stretáme s rôznymi druhmi reťazí, najmä na dopravníkoch.

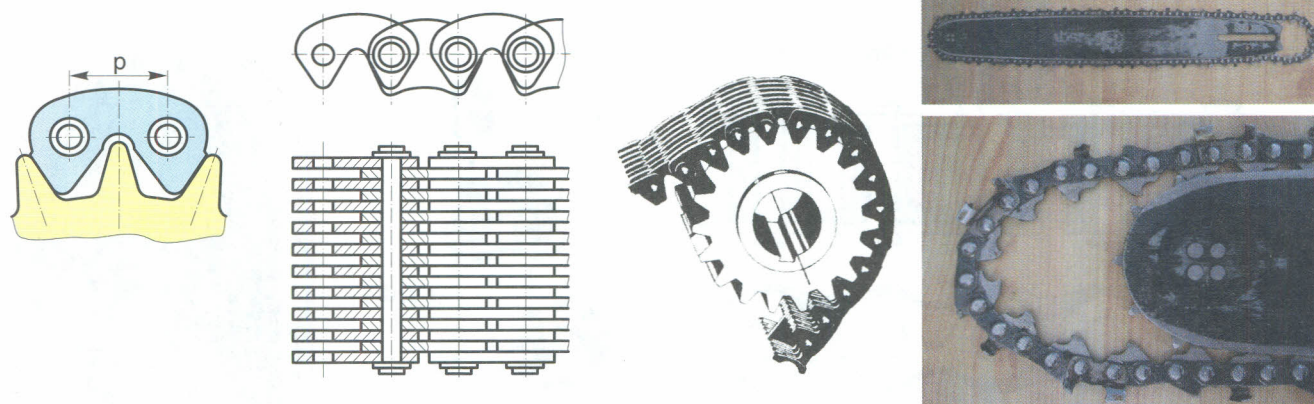
#### Ewartove reťaze (obr. 2.22)



Obr. 2.22

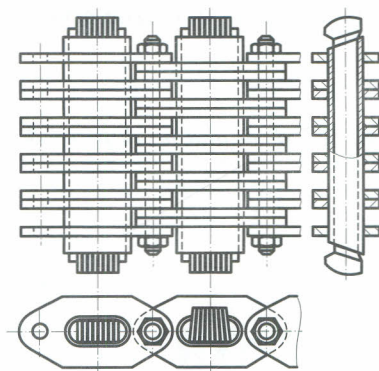
Články sú odliate z temperovanej liatiny. Reťaze sú rozoberateľné. Používajú sa pre prevody s malou rýchlosťou reťaze v znečistenom prostredí. Sú normalizované STN.



Zubové reťaze (obr. 2.23)

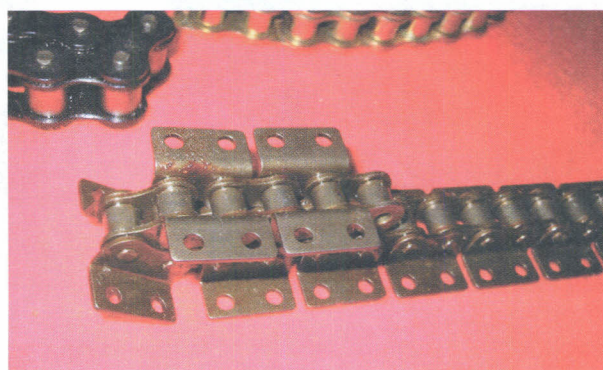
Obr. 2.23

Používajú sa pre vysoké rýchlosti a zaťaženia. Sú drahšie a majú vyššiu hmotnosť ako ostatné podobné reťaze, ale sú presné. Na fotografii na obr. 2.23 je zubová reťaz reťazovej píly. Jedno reťazové koleso je na hriadeľi motora, druhé na konci lišty

Lamelové reťaze (obr. 2.24)

Obr. 2.24

Skladajú sa z viacerých radov ocelových pásov navlečených na čapoch. Do pásov sú vložené oválne puzdrá, v ktorých sú uložené lamely s nosom na oboch stranách. Používajú sa pri variátoroch (budeme ich ešte preberať).

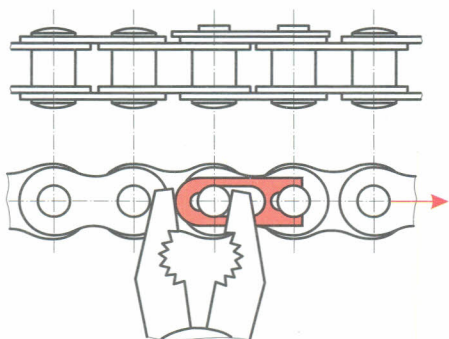
Dopravné reťaze (obr. 2.25)

Obr. 2.25

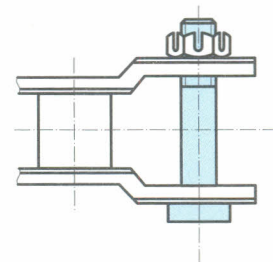
Majú špeciálne doštičky na držanie súčiastok dopravníka.



Konce valčkových a puzdrových reťazí sa spájajú pružným uzáverom (obr. 2.26), alebo väčšie reťaze článkom so skrutkovým uzáverom (obr. 2.27).



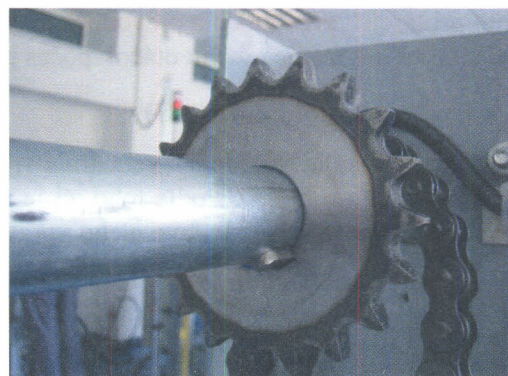
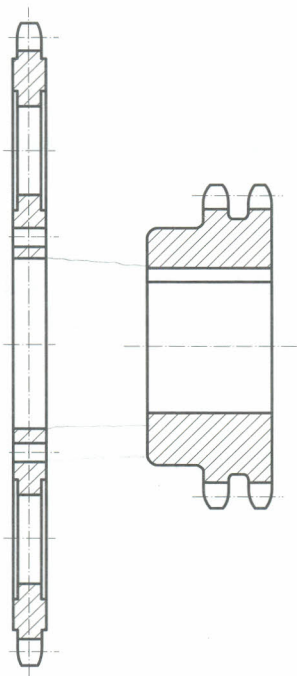
Obr. 2.26



Obr. 2.27

Pri montáži pružného uzáveru je potrebné dať pozor na smer pohybu reťaze.

#### 2.2.3.4. Reťazové kolesá (obr. 2.28)

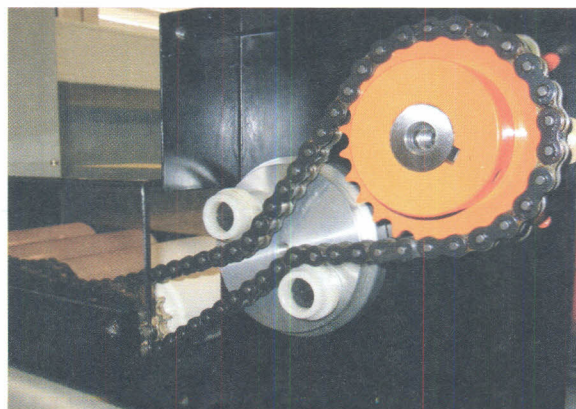


Obr. 2.28

Vyrábajú sa z liatiny alebo oceľoliatiny, prípadne z konštrukčných plastov. Pre valčkové a puzdrové reťaze je tvar zubov normalizovaný.

#### 2.2.3.5. Konštrukcia reťazových prevodov

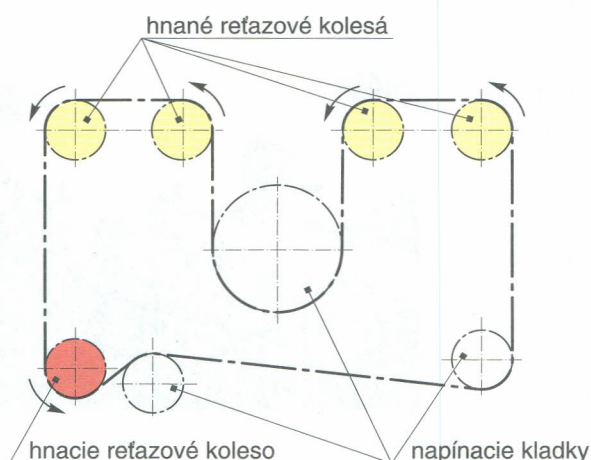
Reťazový prevod musí mať osi hriadeľov reťazových kolies vo vodorovnej alebo šikmej rovine. Konštruje sa ako otvorený, často s napínacími kladkami (obr. 2.29).



Obr. 2.29



Jeden hnací hriadeľ môže poháňať aj viac hnaných hriadeľov (obr. 2.30).



Obr. 2.30

### Mastenie reťazových prevodov

Mastenie je pri reťaziach veľmi dôležité, a to na zníženie trenia a životnosť prevodu.

Pri malých rýchlostiach (do  $3 \text{ ms}^{-1}$ ) stačí ručné mastenie. Prechod reťaze olejovým kúpeľom je do rýchlosti  $7,5 \text{ ms}^{-2}$ . Pri vyšších rýchlostiach masíme prúdom oleja alebo tukom zmiešaným s masivom.

### 2.2.3.6. Variátory

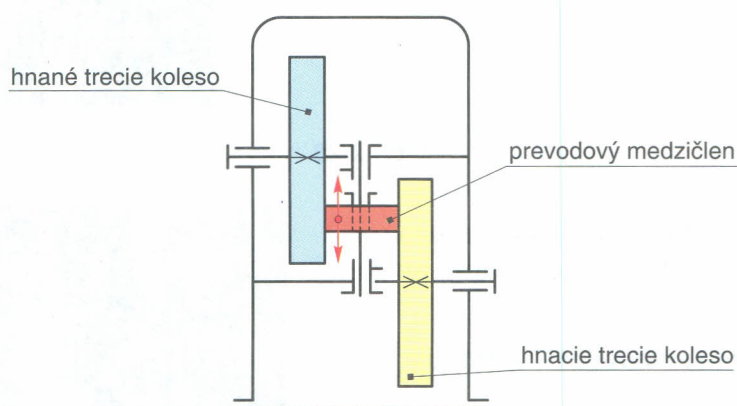
Variátory sú prevody s premenlivým prevodovým prevodom v určitom rozsahu. Vieme, že prevodový pomer:

$$i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}.$$

Keď sa má meniť pomer otáčok, musia sa zmeniť aj priemery kotúčov. Konštrukčne sa dá toto riešenie dosiahnuť pri **trecích prevodoch a prevodoch s opásaním**, čiže remeňových a reťazových prevodoch. Výhodné je riešenie, ktoré umožňuje zmenu otáčok počas prevádzky zariadenia.

### Trecie variátory (obr. 2.31)

Sú najjednoduchšie. Je ich veľa druhov. Majú všetky výhody a nevýhody trecích prevodov. Pozrite si obrázok trecieho lisu (obr. 2.3). Podľa toho, či je vodorovný trecí kotúč prítlačený k ľavému alebo pravému zvislému kotúču, otáča sa skrutka vľavo alebo vpravo a pracovná časť lisu sa pohybuje dole alebo hore.

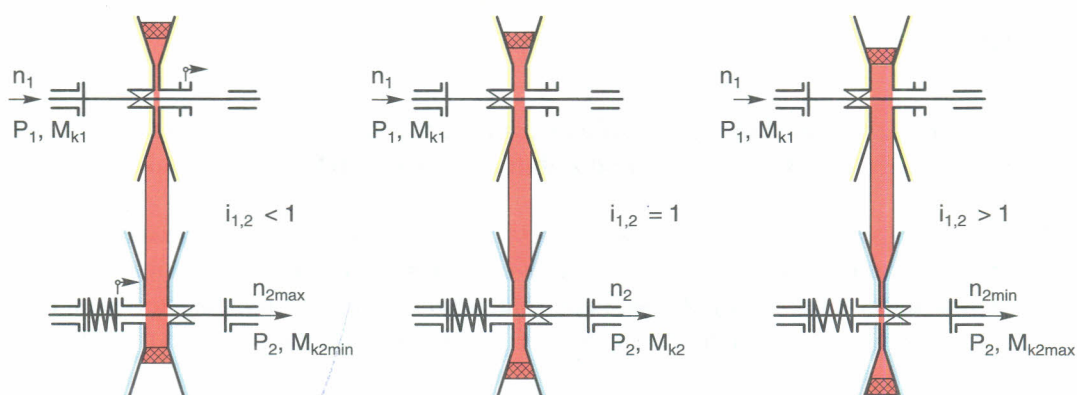


Obr. 2.31

### Remeňové variátory (obr. 2.32)

Majú delené remenice. Remeň je klinový, širší, špeciálny pre variátory. Jeden pár remeníc sa k sebe pritláča, druhý sa v závislosti od prvého od neho odďaluje. Tým sa menia otáčky hriadeľov. Na fotografii vidíte remeňový variátor sa stupňovitou zmenou otáčok.

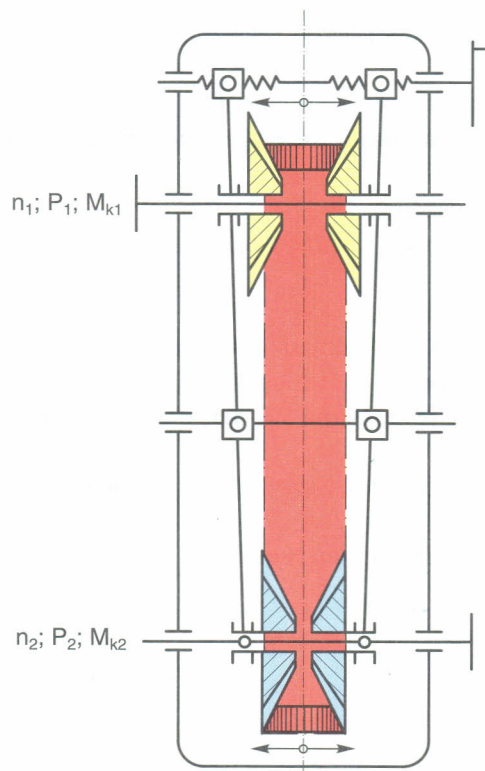




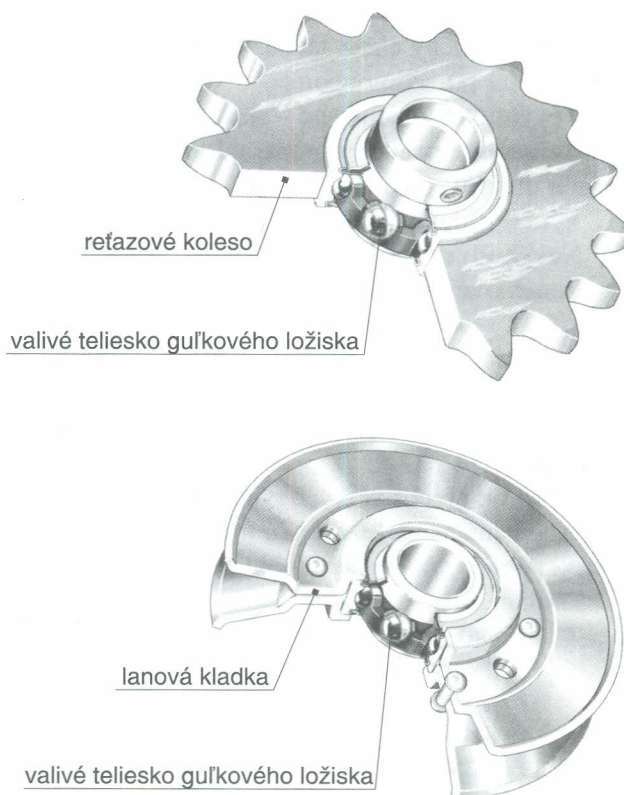
Obr. 2.32

### Retazové variátory (obr. 2.33)

Konštrukciou sú podobné ako remeňové. Retazové kolesá sú kuželové delené a majú drážky, do ktorých zapadá lamelová reťaz. Sú z uvedených variátorov najdrahšie a majú najvyššiu hmotnosť. Majú však najvyššiu trvanlivosť.



Obr. 2.33



Obr. 2.34

Niektorí výrobcovia ložísk ponúkajú lanové kladky a retazové kolesá už s ložiskami. Vonkajší krúžok ložiska je nalisovaný v náboji, alebo vytvára náboj kolesa (obr. 2.34).



## Zhrnutie:

**Mechanizmy sú zariadenia, ktoré prenášajú energiu** alebo informácie medzi hnaným a hnacím členom. Prenos energie môže byť **mechanickým spôsobom, pomocou tekutín** (hydraulicky a pneumaticky), alebo **elektricky**.

Pri mechanickom spôsobe prenosu energie sa stretávame s dvomi skupinami mechanizmov:

- **mechanickými prevodmi**, ktorých hlavným **cieľom je prenášať otáčky** a meniť ich,
- **mechanizmami na zmenu pohybu**, napr. rotačného na priamočiary, posuvného na kývavý a pod.

Mechanické prevody sú lacné, jednoduché, hlučné, majú veľkú hmotnosť, prenesú veľké sily a niektoré aj rýchlosti.

Tekutínové mechanizmy sú drahé, môžu dosahovať vysokú presnosť, prenesú veľké sily, chránia zariadenie pred preťažením – sú pružné.

Elektrické mechanizmy sú jednoduché, dosahujú vysoké rotačné rýchlosti, nedajú sa preťažiť.

**Mechanické prevody** sú zariadenia, ktoré prenášajú otáčky (výkon, krútiaci moment) z jedného hnačieho hriadeľa na hnaný.

Výkon:

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n}$$

Prevodový pomer:

$$i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Účinnosť prevodu:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad \text{index 1 sa vzťahuje na hnacie časti, index 2 na hnané časti.}$$

**Trecie prevody** prenášajú otáčky **priamym dotykom trecích kolies**. Prenos je závislý od trenia medzi kotúčmi.

**Výhody:** tichý chod, lacné, jednoduché, zabezpečujú hnané zariadenie proti preťaženiu, dá sa nimi plynulo meniť prevodový pomer.

**Nevýhody:** sú nepresné – sklz, prítlačná sila na dotyk kotúčov veľmi zaťažuje ložiská.

**Remeňové prevody** prenášajú otáčky pomocným členom – **remeňom, ktorý je opásaný na remeniach** uložených na hriadeľoch.

**Výhody:** tichý chod, lacné, jednoduché, zachytia nárazy a preťaženie.

**Nevýhody:** nepresný chod (okrem ozubených remeňov), ťahová sila v remeňoch namáha ložiská.

Remeňové prevody môžu byť:

- s plochými remeňmi, remenice majú zaoblený povrch venca,
- s klinovými remeňmi, remene majú klinový prierez, zapadajú do drážok v remenici,
- s ozubenými remeňmi, remeň má na vnútornej strane ozubenie, remenica má na obvode ozubenie.

**Reťazové prevody** prenášajú otáčky pomocou **reťaze, ktorá je opásaná na ozubených reťazových kolesách**.

**Výhody:** prenos veľkých rýchlostí, možnosť prenosu veľkých síl (ako ťažný prvok), prevod je presný, má menšie namáhanie ložísk ako trecie a remeňové prevody.

**Nevýhody:** má veľkú hmotnosť, je hlučný, je pomerne drahý, vyžaduje masťenie.

Druhy reťazí:

- článkové,
- kĺbové – Gallove,
- valčekové,
- puzdrové,
- zubové,
- špeciálne.

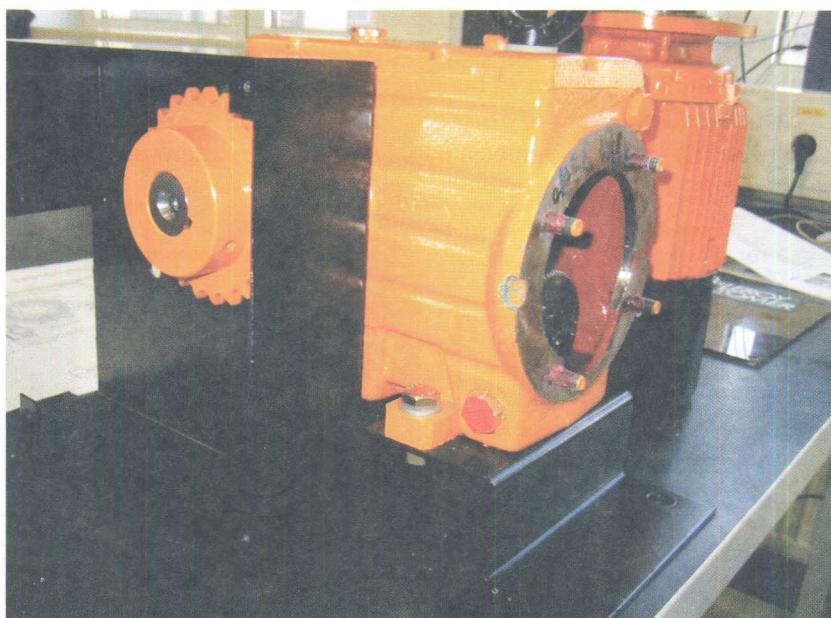
Ako rýchlobežné sa používajú valčekové, puzdrové a zubové reťaze.

**Variátory** sú zariadenia **na plynulú zmenu otáčok**. Používajú sa trecie, remeňové a reťazové. Majú dele- né kotúče, ktoré počas prevádzky môžu približovaním a vzdalovaním od seba meniť priemer, a tým aj otáčky.



### Otázky, úlohy a úvahy:

1. Aká je hodnota prevodového pomeru, ktorý je vyjadrený otáčkami, vo vzťahu k číslu 1, pri prevode „do pomala“ a „do rýchla“?
2. Otáčanie pedálov na bicykli, sú otáčky hnacie, alebo hnané? Aký je to prevod, „do pomala“ alebo „do rýchla“?
3. Odmerajte približne reťazové kolesá a vypočítajte prevodový pomer reťazového prevodu na vašom bicykli. Keď máte bicykel s prehadzovačkou, vypočítajte maximálny aj minimálny prevod.
4. Akú úpravu trecích kolies by ste navrhli pri zvýšení trenia, a tým zväčšenie prenášaného  $M_k$ ?
5. Navrhnete schému trecieho prevodu s meniteľným prevodom a mimobežnými hriadelmi kolmými na seba.
6. Určíte podľa obr. 2.5, či sú prevody „do pomala“, alebo „do rýchla“.
7. Čo si myslíte, sú obidve vetvy remeňa napínané rovnakou silou?
8. Čo dosiahneme zväčšením uhlu opásania na remenici?
9. Nájdite v strojnických tabuľkách výpočet klinových remeňov a rozmery žliabkov remeníc pre prevod klinovými remeňmi.
10. Nájdite v strojnických tabuľkách reťaze.
11. Aká je reťaz STN 02 3311? Čo znamená číslo 1,2,3 pred číslom STN pri označení reťaze?
12. Čo myslíte, prečo sú na puzdrách reťaze na obr. 2.20 otvory?
13. Nakreslite tvar dotykovej plochy článku a pásu Gallovej reťaze a puzdra a čapu puzdrovej reťaze.
14. Prečo sa pri použití valčekovej reťaze zmenší trenie medzi reťazou a zubami reťazového kolesa oproti podobnej puzdrovej reťazi?
15. Na obr. 2.35 je prevodovka s reťazovým kolesom. Akým spôsobom je upevnené na hriadelí reťazové koleso? Je nejaká poistené proti osovému posunutiu? Prečo?
16. Čo si myslíte, prečo nie je v mechanických hodinách trecí prevod? Je predsa tichý!
17. Čo sú variátory?



Obr. 2.35



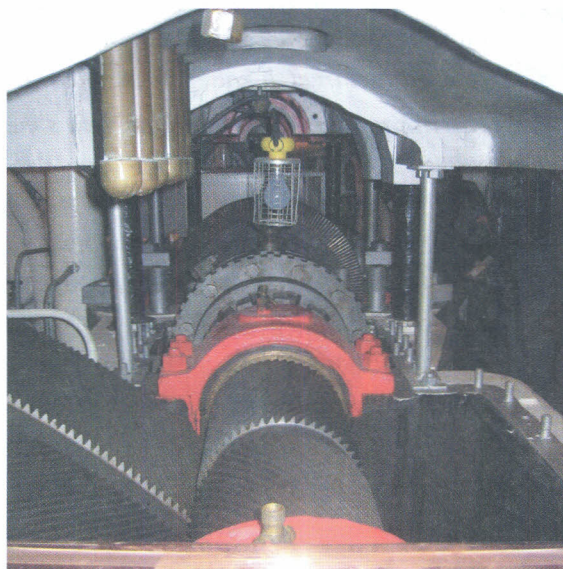
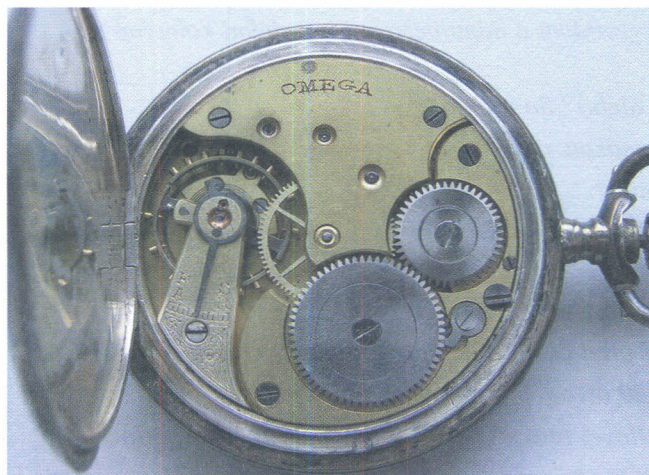
## 2.2.4. Ozubené prevody

Z prevodov sa najčastejšie asi stretávate s ozubenými prevodmi. **Ozubené prevody prenášajú krútiaci moment priamym dotykom zubov hnacieho a hnaného kolesa.** Kolesá sú na hriadeľi pevne uložené (najčastejšie pomocou tesného pera).

Spoluzaberajúcim kolesám hovoríme **súkolesie**.

Malé kolesá voláme pastorky. Často sú vyrobené s hriadeľom z jedného kusa. (Priamo na hriadeľi je ozubenie.)

Ozubené prevody sa používajú od hodinek a jemných prístrojov až po prevodovky lodí (obr. 2.36).



Obr. 2.36

**Výhody:** prenos veľkých výkonov, prevod je presný, má vysokú účinnosť (až 99 %), osi hriadeľov môžu byť aj rôznobežné, aj mimobežné.

**Nevýhody:** jeho výroba je drahšia, dajú sa použiť len pre malé osové vzdialenosti, nechráni zariadenie pred preťažením (nie je pružný), je citlivý na mastenie.

### Druhy súkolesia

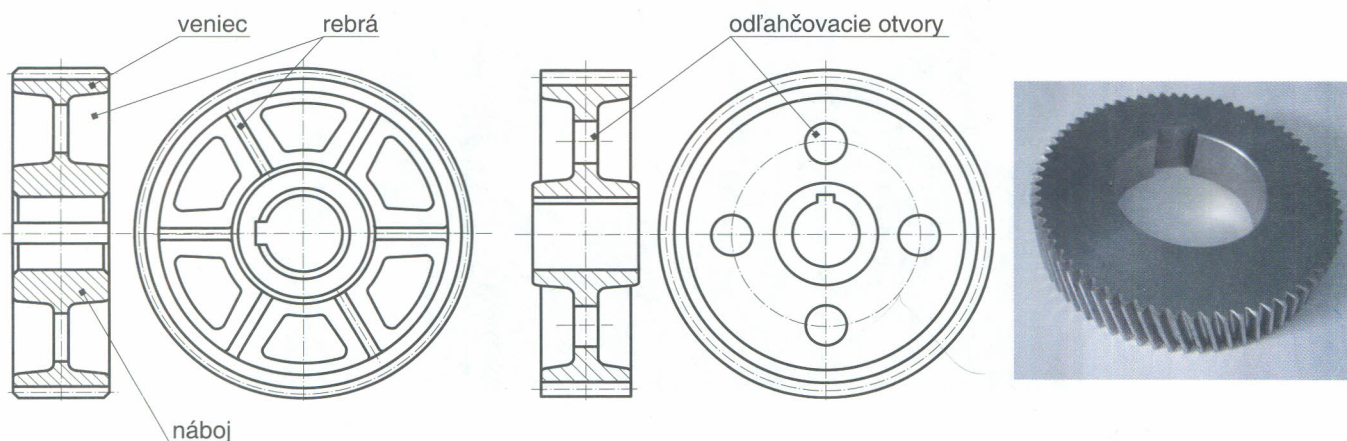
Druhy súkolesia sú usporiadané do: tab. 2.3. Postupne sa o nich budeme učiť podrobnejšie.

### Základné pojmy ozubenia

V tejto časti si vysvetlíme pojmy, s ktorými sa budeme pri ozubenom súkolesí stretávať.

**Veniec** je obvodová časť kolesa, na ktorej je ozubenie.

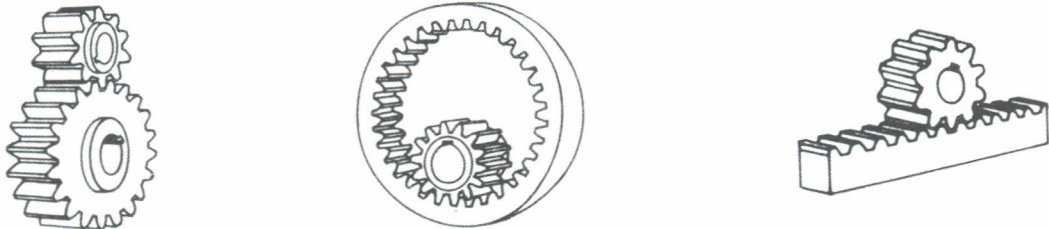
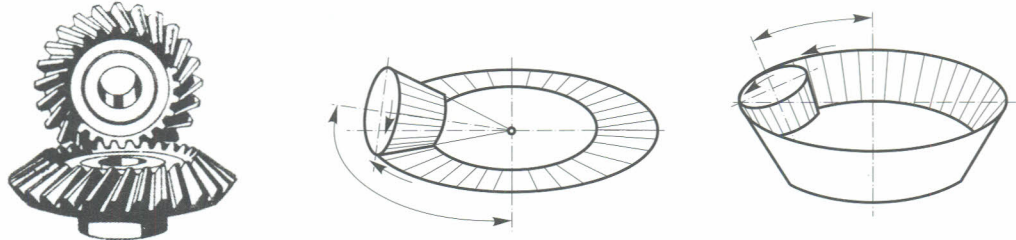
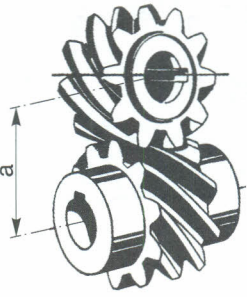
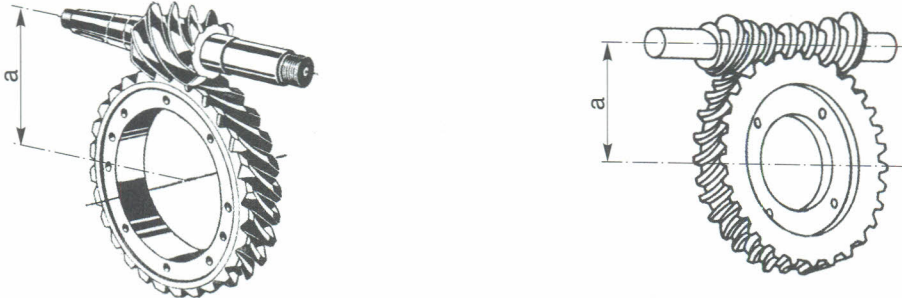
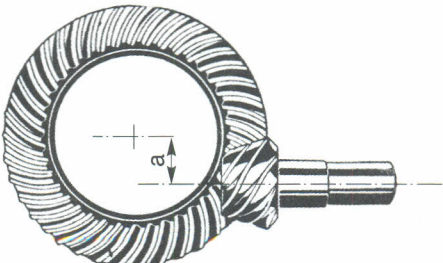
**Náboj** je časť kolesa uložená na hriadeľi. Veniec a náboj sú spojené rebrami, majú odľahčovacie otvory, alebo sú v tvare plného kotúča (obr. 2.37).



Obr. 2.37



Tab. 2.3

S úkolesie		
valivé	s rovnobežnými osami	 <p>s vonkajším ozubením      s vnútorným ozubením      hrebeňové</p> <p>tvár zubov môže byť priamy, šikmý, šípový, dvojnásobne šikmý, dvojnásobne šípový</p>
	s rôznobežnými osami	 <p>kužeľové s vonkajším ozubením uhol osí je <math>90^\circ</math>      základné kužeľové uhol osí je <math>&gt; 90^\circ</math>      kužeľové s vnútorným ozubením uhol osí je <math>&lt; 90^\circ</math></p> <p>tvár zubov môže byť priamy, šikmý, šípový, oblúkový, paloidný</p>
skrutkové s mimobežnými osami	valcové	
	závitkové	 <p>s valcovou závitkovkou a globoidným kolesom      s globoidným kolesom aj závitkovkou</p>
	kužeľové	

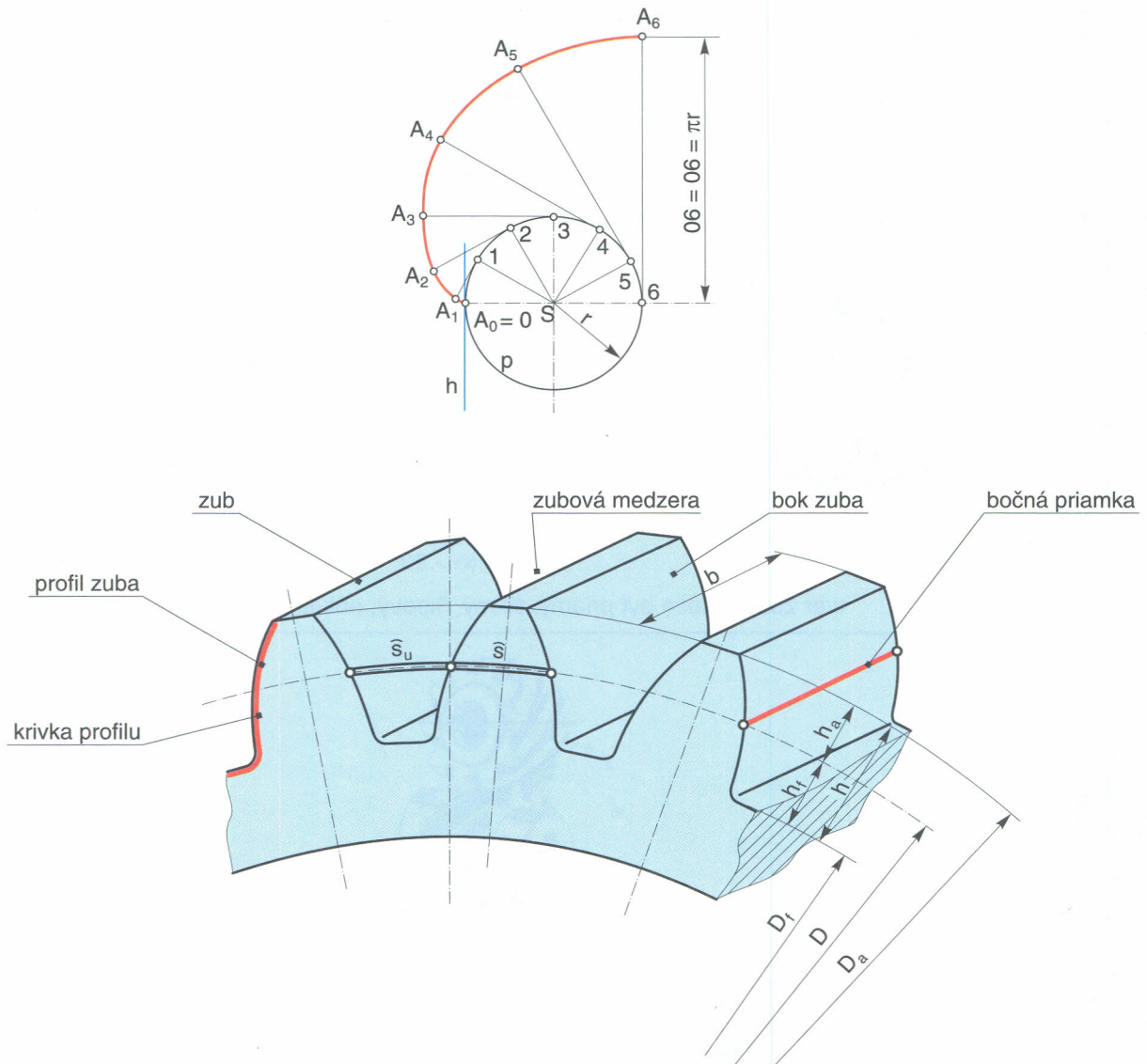


**Zuby** sú na venci kolesa. Ozubená časť venca sa volá ozubenie.

**Zubové medzery** sú priestor medzi zubami (obr. 2.38).

**Profil zuba** je tvar zuba pri pohľade v čelnej rovine.

Rovnomernému otáčaniu kolies najviac vyhovuje krivka profilu zuba v tvare evolventy. Hovoríme o evolventnom ozubení (obr. 2.38). Keď sa priamka  $h$  odvaluje po kružnici  $p$ , jej body vytvárajú evolventu. Okrem evolventného ozubenia podľa STN sa používajú aj iné krivky.



Obr. 2.38

**boky zuba** sú pracovné časti zuba

**krivka profilu** je priesečnica bokov zuba s čelnou rovinou

$\varnothing D$  – priemer rozstupovej kružnice

$\varnothing D_a$  – priemer hlavovej kružnice (najväčšej kružnice, najväčšieho priemeru kolesa)

$\varnothing D_f$  – priemer pätnú kružnice (najmenšieho priemeru na ozubení)

$h_a$  – výška hlavy zuba (od rozstupovej kružnice po hlavovú kružnicu)

$h_f$  – výška päty zuba (od rozstupovej kružnice po pätnú kružnicu)

$h$  – výška zuba,  $h = h_a + h_f$

$b$  – šírka zuba (venca)

$s$  – hrúbka zuba meraná na rozstupovej kružnici

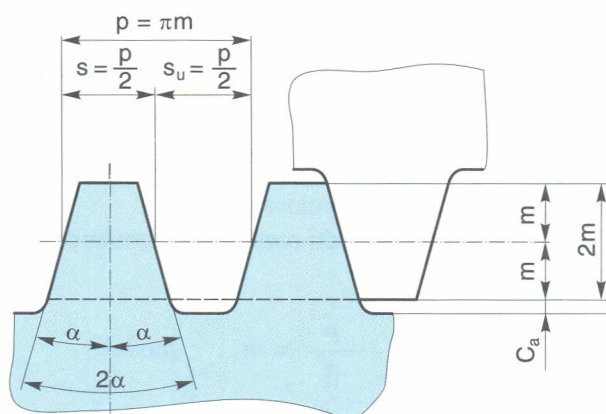
$s_u$  – šírky zubovej medzery

$p$  – rozstup zubov  $p = s + s_u$



## Základný profil, modul

Základný profil je čelný profil zubov hrebeňa s priamymi zubami (hrebeň je koleso s nekonečným priemerom. Krivky bokov zuba sa pri takom veľkom priemere zdajú úsečkami). (Obr. 2.39). Je to tvar totožný s nástrojom na výrobu ozubenia obrázaním. Základný profil je normalizovaný, nájdete ho v strojných tabuľkách.



Obr. 2.39

**Modul** je dôležitá veličina pri ozubení. Je to časť obvodu rozstupovej kružnice pripadajúca na jeden zub kolesa. Označujeme ho  $m$  [mm]

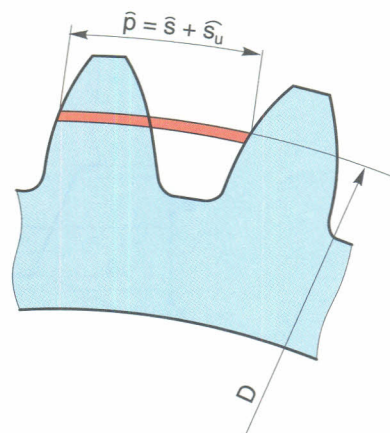
Obvod rozstupovej kružnice (obr. 2.40):

$$o = \pi \cdot D = z \cdot p$$

dĺžka obvodu kružnice je súčin počtu zubov a rozstupu

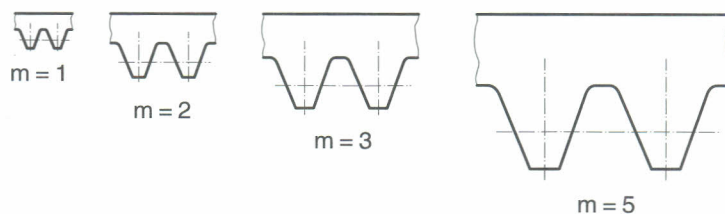
$$D = z \cdot \frac{p}{\pi} = z \cdot m$$

$$m = \frac{p}{\pi} \quad [\text{mm}]$$



Obr. 2.40

Dôležitosť modulu je v tom, že všetky rozmery ozubenia sú jeho násobkom. Modul je normalizovaný a odstupňovaný modulovým radom. Nájdete ho v strojných tabuľkách. Vplyv modulu na veľkosť profilu zuba vidíte na obr. 2.41.



Obr. 2.41

**Hlavová vôľa.** Výška hlavy a päty zuba sa meria od rozstupovej kružnice (obr.2.38). Medzi hlavou a päťou spoluzaberajúceho kolesa je malá medzera, hlavová vôľa (obr. 2.39). Zuby musia mať vôľu kvôli tepelnej rozťažnosti a musia byť masťené.

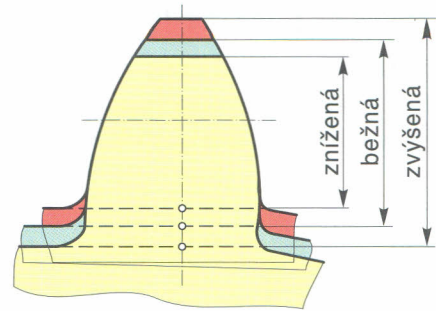
Medzinárodná norma ISO dovoľuje  $c_a = (0,17 \text{ až } 0,30) \cdot m$ .

Uhol bokov zuba  $2\alpha$  zvierajú bočné priamky profilu.

$\alpha$  je uhol záberu, podľa STN  $\alpha = 20^\circ$ . Vyskytuje sa aj  $15^\circ$ , maximálne  $30^\circ$ .



Okrem základného profilu, ktorý sme si vysvetlili, sa používajú základné profily so zníženou a zvýšenou výškou zuba (obr. 2.42). So zníženou výškou sa používajú pre veľmi namáhané zuby (zuby sú namáhané hlavne ohybom). So zvýšenou výškou pri málo namáhaných súkolesiach, napr. v prístrojoch.



Obr. 2.42

### Výpočet rozmerov koleša

Už sme si povedali, že základom pre výpočet koleša je modul –  $m$ . Zopakujeme si, že modul je časť obvodu rozstupovej kružnice pripadajúca na jeden zub.

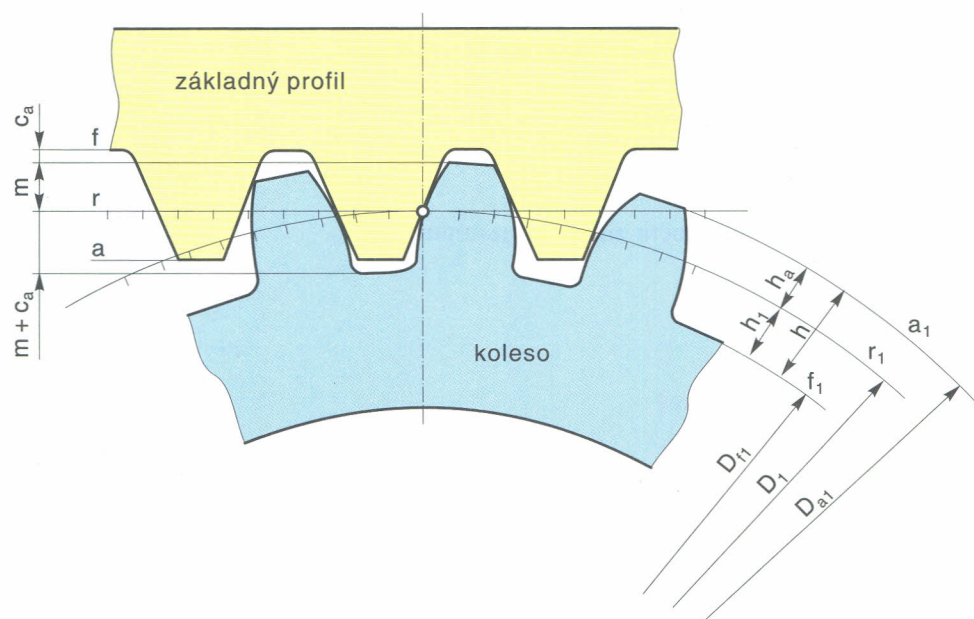
$$\text{Obvod} \quad \pi \cdot D_1 = z_1 \cdot p$$

$$D_1 = z_1 \cdot \frac{p}{\pi} \quad \frac{p}{\pi} = m \quad \text{modul}$$

$$D_1 = z_1 \cdot m$$

Rozmery hnacieho koleša označujeme indexom 1, hnaného indexom 2.

Podľa obr. 2.43 sú rozmery ozubeného koleša:



Obr. 2.43

priemer rozstupovej kružnice

$$D_1 = z_1 \cdot m$$

výška hlavy zuba

$$h_{a1} = m$$

hlavová vôľa

$$c_a = 0,25 \cdot m$$

výška päty zuba

$$h_{f1} = m + c_a$$

výška zuba

$$h_1 = h_{a1} + h_{f1}$$

priemer hlavovej kružnice

$$D_{a1} = D_1 + 2 h_{a1}$$

priemer pätej kružnice

$$D_{f1} = D_1 - 2 h_{f1}$$

rozstup zubov

$$p = \pi \cdot m$$

šírka zuba

$$s_1 = \frac{p}{2}$$

šírka zubovej medzery

$$s_u = \frac{p}{2}$$



### Výpočet súkolesia

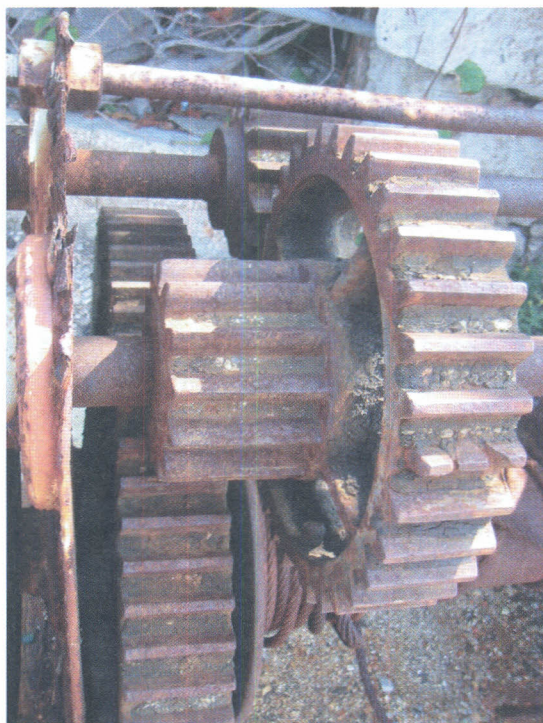
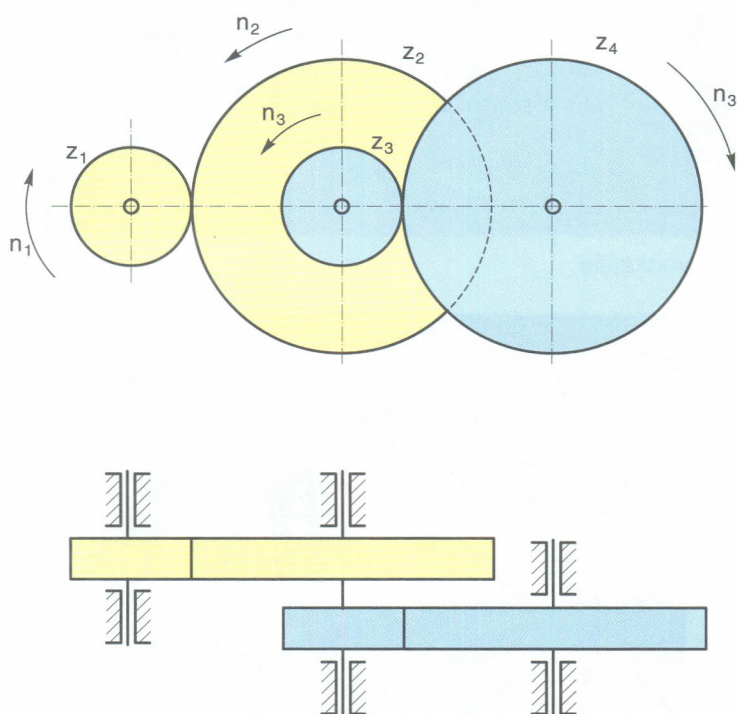
Pri výpočte súkolesia je vstupný údaj vzájomný pomer otáčok hriadeľa hnacieho motora  $n_1$  a hriadeľa hnaného stroja  $n_2$  – prevodový pomer.

$$i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Každé súkolesie má optimálny prevodový pomer (napr. čelné súkolesie 8, skrutkové až 60). Prevodové pomery sú odstupňované a normalizované STN.

Keď je prevodový pomer príliš veľký, je potrebné rozdeliť ho na viac prevodových pomerov. Vznikne viacstupňová prevodovka (má dva a viac párov ozubených kolies).

$$i_{1,4} = i_{1,2} \cdot i_{3,4} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_3}{n_4} = \frac{n_1}{n_4}, \text{ lebo otáčky } n_3 \text{ a otáčky } n_2 \text{ sú rovnaké (obr. 2.44).}$$



Obr. 2.44

Už sme si v časti 1.1. Trecie prevody odvodili, že prevodový pomer, a teda aj prevodové číslo pre ozubené kolesá je:

$$i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = u_{1,2} \quad \text{vieme, že priemer rozstupovej kružnice je } D = z \cdot m.$$

Po dosadení je **prevodové číslo**:

$$u_{1,2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{z_2 \cdot m}{z_1 \cdot m} = \frac{z_2}{z_1}$$

Prevodový pomer je pri ozubených prevodoch vyjadrený pomerom otáčok. Prevodové číslo je vyjadrené pomerom počtu zubov a pomerom priemerov rozstupových kružníc. Prevodové čísla sú normalizované STN.

Počet zubov malého kolesa si volíme (závisí to od druhu ozubenia a spôsobu obrábania), a pomocou prevodového pomeru vypočítame počet zubov spoluzaberajúceho kolesa.

Poznáme už  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $z_1$ ,  $z_2$ ,  $m$  (je daný modulom nástroja) a môžeme vypočítať rozmery ozubených kolies.



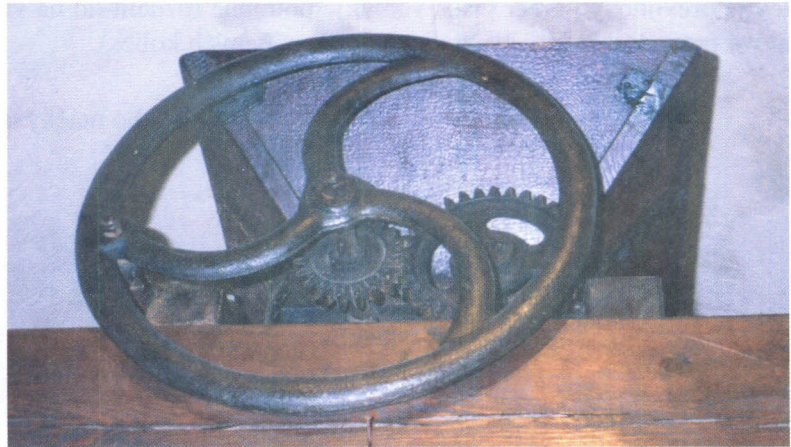
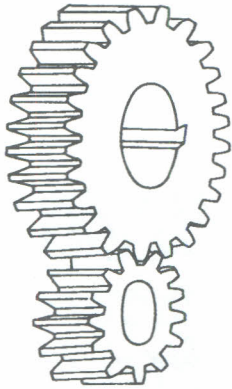
### 2.2.4.1. Čelné súkolesie

Čelné súkolesie je najjednoduchšie (obr. 2.45). Stretávame sa s ním často, preto si ho preberieme podrobnejšie.

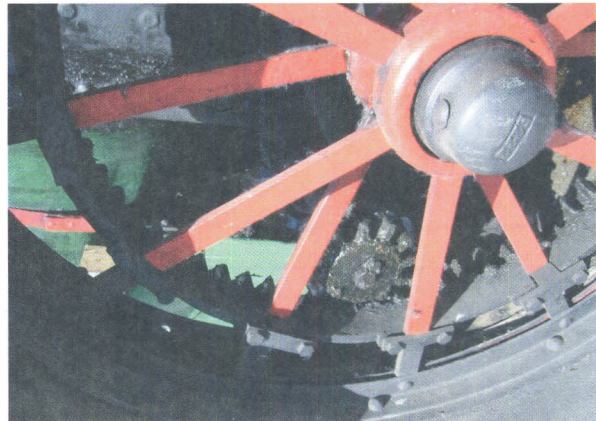
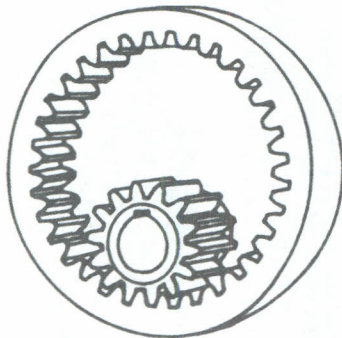
Má evolventné ozubenie. Základom na jeho výrobu a konštrukciu je základný profil.

Čelné súkolesie býva konštruované ako (obr. 2.45):

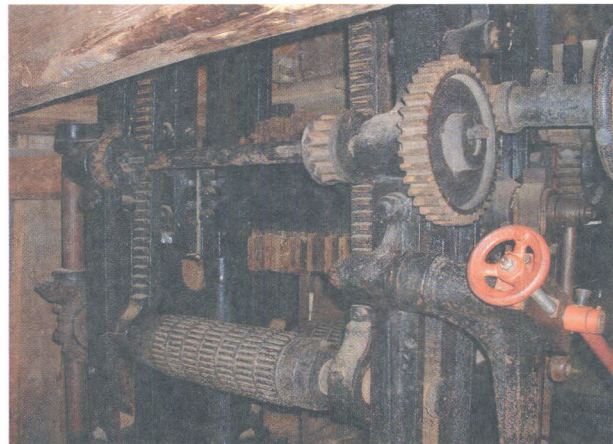
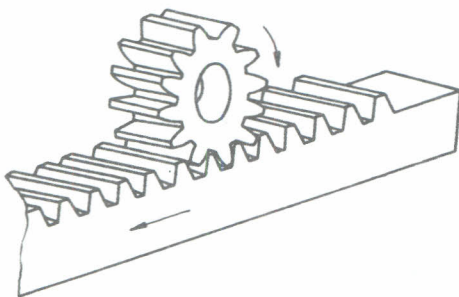
- vonkajšie
- vnútorné,
- hrebeňové.



vonkajšie



vnútorné

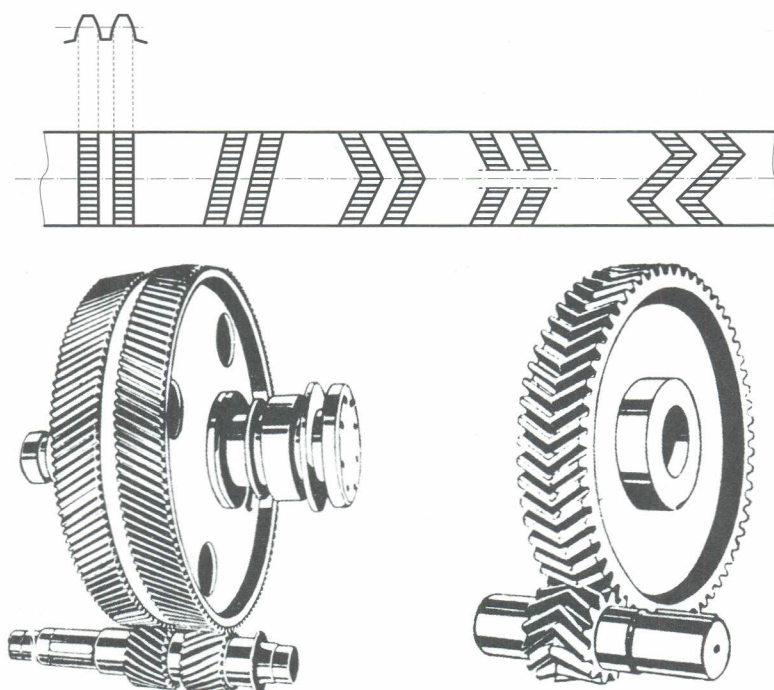


hrebeňové

Obr. 2.45



Zuby môžu mať z hľadiska priebehu bočnej priamky tvar priamy, šikmý, šípový, dvojnásobne šikmý, dvojnásobne šípový (obr. 2. 46).

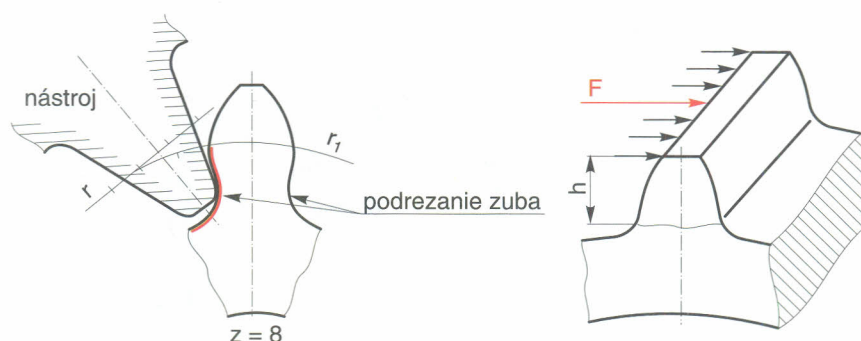


Obr. 2.46

Pri iných tvaroch zubov ako priamych majú kolesá plynulejší záber. Zuby vychádzajú a vchádzajú do záberu postupne. Majú preto tichší chod, prenesú väčšie sily, ale ich výroba je drahšia. Pri kolesách s priamymi zubami pôsobia na ložiská iba radiálne sily. Pri ostatných aj axiálna sila. Musí sa s ňou počítať pri navrhovaní ložísk.

### Medzné koleso

Keď má ozubené koleso malý počet zubov, a tým aj malý priemer, môže sa pri výrobe ozubenia obrázaním stať, že hlava zuba nástroja podreže päť zuba kolesa. Vznikne podrezaný zub (obr. 2.47).



Obr. 2.47

Zuby sú namáhané na ohyb a kontrolujú sa na otláčenie. Na ohyb sú namáhané obvodovou silou na ramene, ktoré je výška zuba. Keď je päť zuba podrezaná, je výpočtový nebezpečný prierez menší. (Veľkosť prierezu má vplyv na  $W_o$ . To je v pevnostnej rovnici v menovateli.) Skúsenosťou sa zistilo, že pri uhle záberu  $\alpha = 20^\circ$  nevznikne podrezanie do počtu zubov 14.

**Medzné koleso je koleso s najmenším počtom zubov, keď nevznikajú podrezané zuby.** V praxi je to  $z_1 = 14$ .

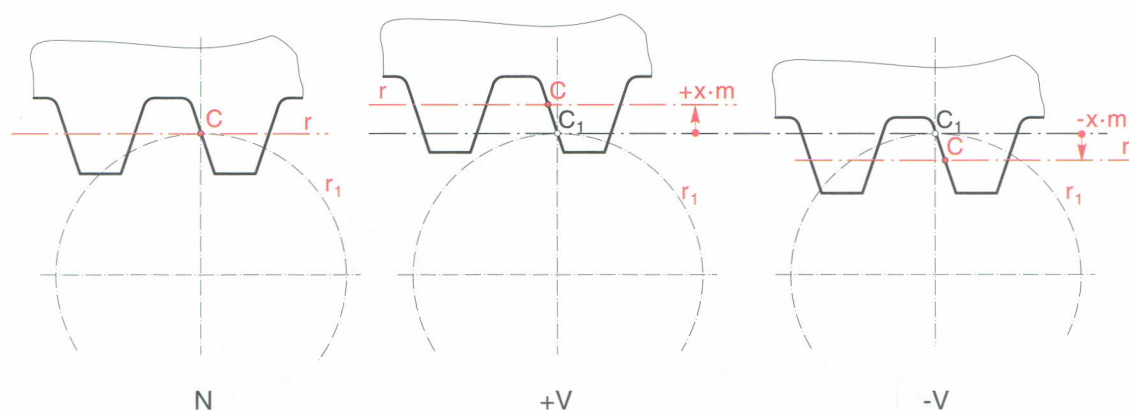
*Teoreticky je to 17, pre strojový pohon sa používa 16 zubov.*

Pri výrobe kolesa tým istým nástrojom môžu podľa vzájomnej polohy nástroja a vyrábaného kolesa vzniknúť tri druhy ozubenia, a tým aj kolies: N, +V, -V.



**Kolesá N, +V a -V**

Pri výrobe kolesa N sa rozstupová priamka nástroja  $r$  dotýka rozstupovej kružnice obrábaného kolesa  $r_1$  (obr. 2.48).



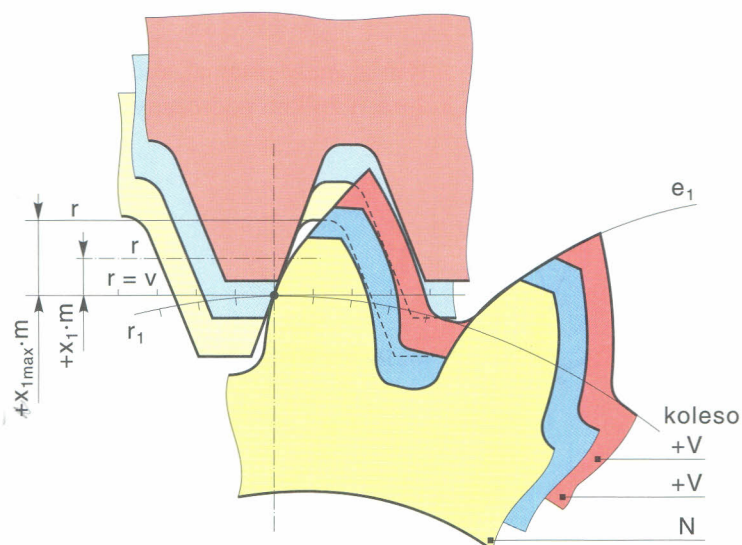
Obr. 2.48

V praxi sa často stáva, že potrebujeme kolesá s menším počtom zubov, ako je medzný počet zubov. Majú však preniesť veľké sily, a preto nemôžu mať podrezané zuby. V takých prípadoch sa môže koleso vyrobiť ako koleso +V.

Pri výrobe kolesa +V je rozstupová priamka nástroja  $r$  posunutá od rozstupovej kružnice  $r_1$  o vzdialenosť  $+x_1 \cdot m$  smerom od stredu kolesa (obr. 2.48). (Nástroj povyťahujeme smerom od kolesa.)

Pri výrobe kolesa -V je rozstupová priamka nástroja  $r$  posunutá od rozstupovej kružnice  $r_1$  o vzdialenosť  $-x_1 \cdot m$  smerom do stredu kolesa (obr. 2.48). (Naopak, ako pri kolese +V.)

Čo urobí kladné posunutie (povyťahnutie) nástroja (koleso +V) s profilom zuba, vidíte na obr. 2.49.



Obr. 2.49

Päta zuba (dôležitá pre namáhanie na ohyb) je širšia. Pri maximálnom posunutí je zub špicatý, čo je z konštrukčného hľadiska neprijateľné.

Pri veľkom zápornom posunutí (koleso -V) môže vzniknúť až podrezanie zuba. Keď sa pozorne pozriete na obr. 2.49, vidíte že krivka profilu zuba je tá istá evolventa ako pri kolese N. Tak isto je to aj pri kolese -V. Tieto tri druhy kolies sa vyrábajú **jedným nástrojom**, majú teda **rovnaký modul**, **rovnaký rozstup**, **rovnakú krivku bokov** (pri každom z nich je využívaná len jej iná časť). Z toho vyplýva, že ich **môžeme dať spolu do záberu**. Ich kombináciou vzniknú súkolesia s rôznymi vlastnosťami. Sú to súkolesia N, VN, V.

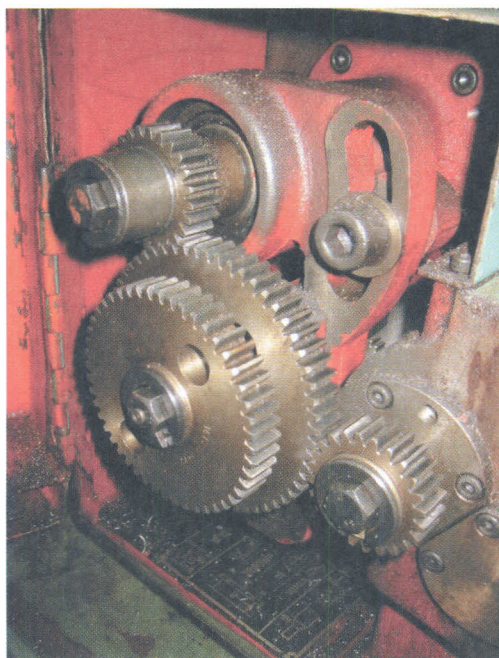


### Súkolesie N

Súkolesie N vznikne, keď dáme do záberu **dve kolesá N**. Keď nemajú byť zuby podrezané, musí byť počet zubov väčší, ako je medzný počet zubov. Osová vzdialenosť kolies (hriadeľov) je:

$$a = \frac{D_1}{2} + \frac{D_2}{2} = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2}.$$

Lubovoľné kolesá N môžu spolu zabrať aj pri rôznom počte zubov. S takýmito vymeniteľnými kolesami N sa stretáme pri obrábacích strojoch. Hovoríme im aj združené kolesá (*obr. 2.50*).



*Obr. 2.50*

### Súkolesie VN

Súkolesie VN vznikne, keď dáme do záberu **malé koleso +V a veľké koleso -V**. Osová vzdialenosť je rovnaká ako pri súkolesí N. (Pri jednom kolese sme pri výrobe nástroj povytiahli, pri druhom o tú istú vzdialenosť zasunuli.)

### Súkolesie V

Súkolesie V vznikne, keď sú v zábere **dve kolesá +V**. Kolesá majú zosilnené päty zubov, osová vzdialenosť sa zväčší.

### Použitie korigovaných súkolesí

Korigované (upravované súkolesia) použijeme, keď:

1. upravíme zuby jedného alebo druhého kolesa, aby nevznikli podrezané zuby. Takéto súkolesie voláme **súkolesie s najmenšou korekciou**,
2. cielene vyrobíme súkolesie VN s kolesami +V a -V, aby sme dosiahli možnosť zvýšiť zaťaženie a trvanlivosť prevodu. Voláme ho **súkolesie s najvýhodnejšou korekciou**,
3. máme dosiahnuť **presnú osovú vzdialenosť**, najmä pri viacstupňových prevodovkách. Posunutie nástroja pri výrobe umožní zväčšiť alebo zmenšiť osovú vzdialenosť.

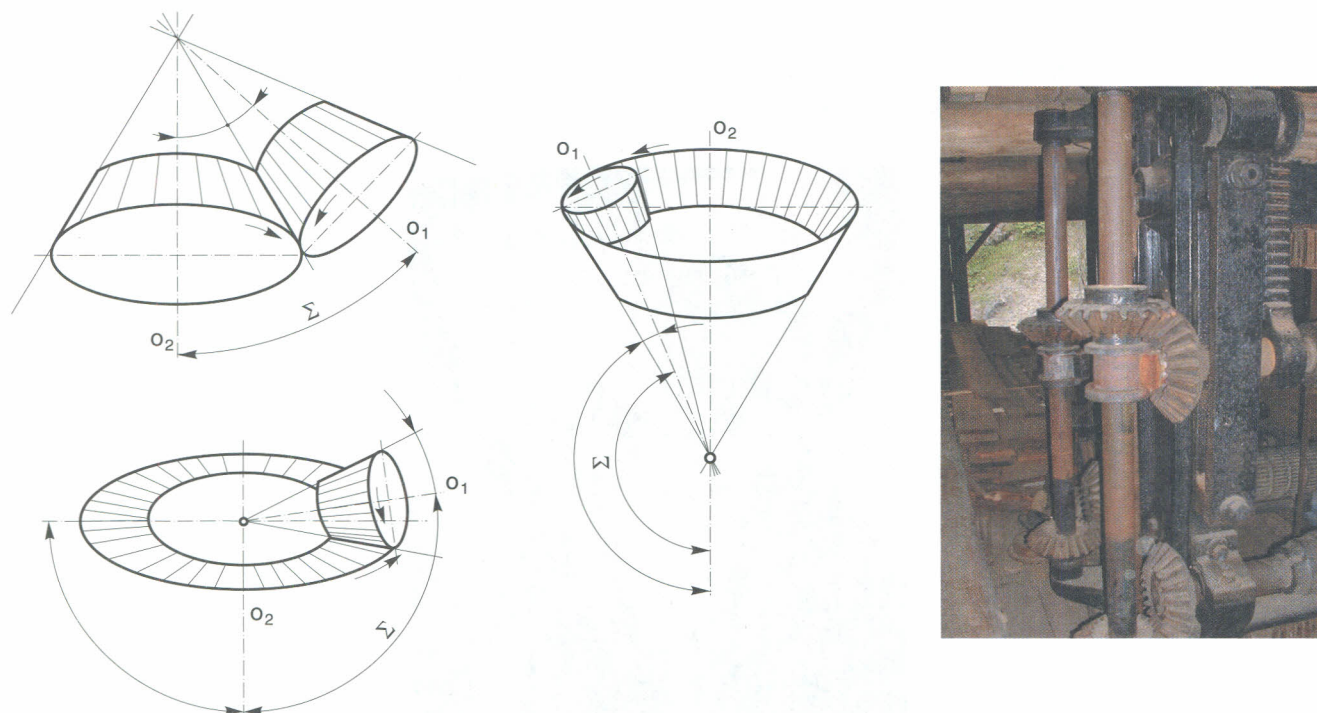
#### **2.2.4.2. Kuželové súkolesie**

Keď potrebujeme prevod ozubenými kolesami, ktorého osi hriadeľov sú rôznobežné, použijeme kuželové súkolesie (*obr. 2.51*).



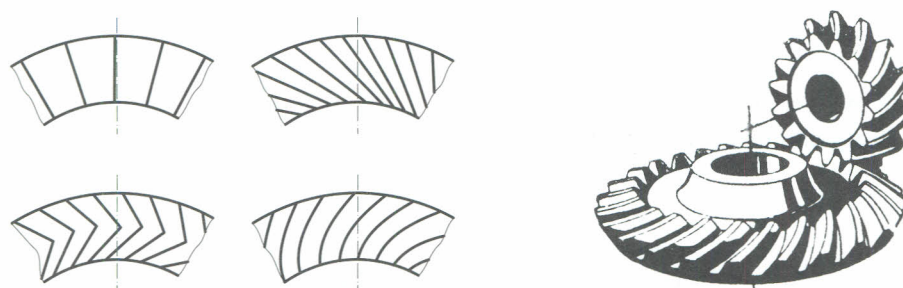
**Výhody:** použitie v prevodoch, ktoré majú rôznobežné osi.

**Nevýhody:** sú výrobné a montážne zložitejšie (okrem dĺžkových odchýlok sa musia dodržiavať aj uhlové odchýlky), pri súkolesí s priamymi zubami opotrebovaním prichádza k zvyšovaniu hlučnosti a nepokojnému chodu (použitím šikmých alebo zakrivených zubov sa táto nevýhoda znižuje), výroba zakrivených zubov je náročnejšia.



Obr. 2.51

Zuby kužeľového súkolesia môžu mať z hľadiska priebehu bočnej priamky, resp. krivky tvar priamy, šikmý, šíповý a zakrivený (obr. 2.52).



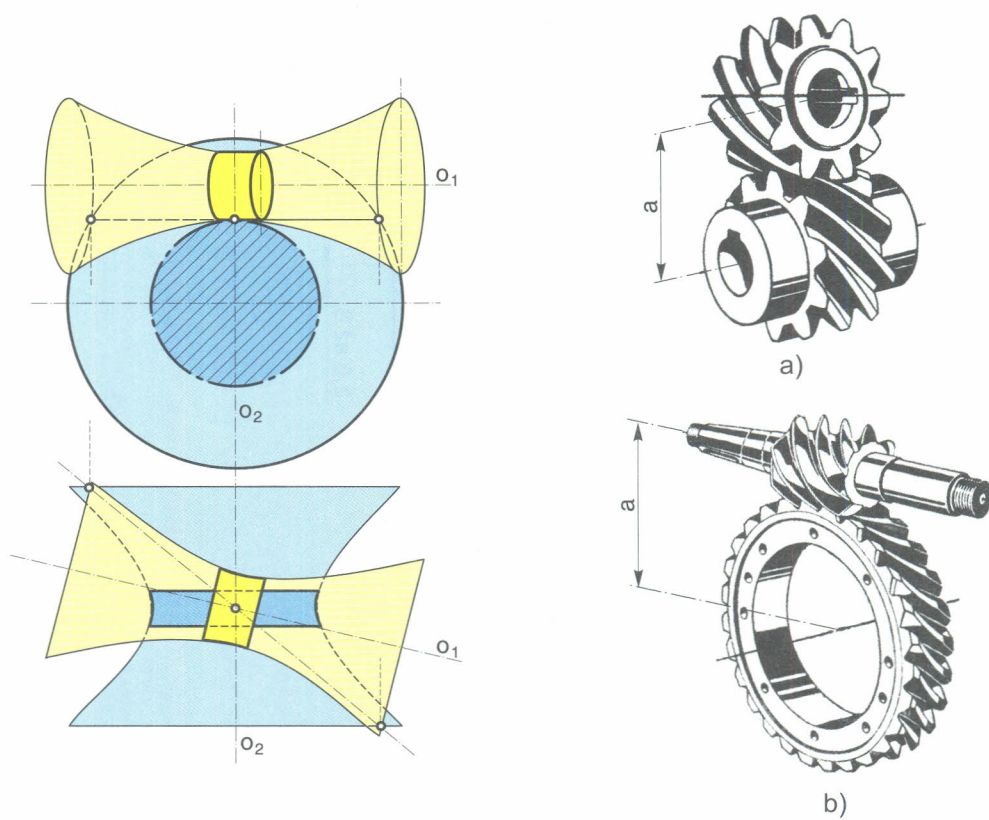
Obr. 2.52

### 2.2.4.3. Skrutkové súkolesie

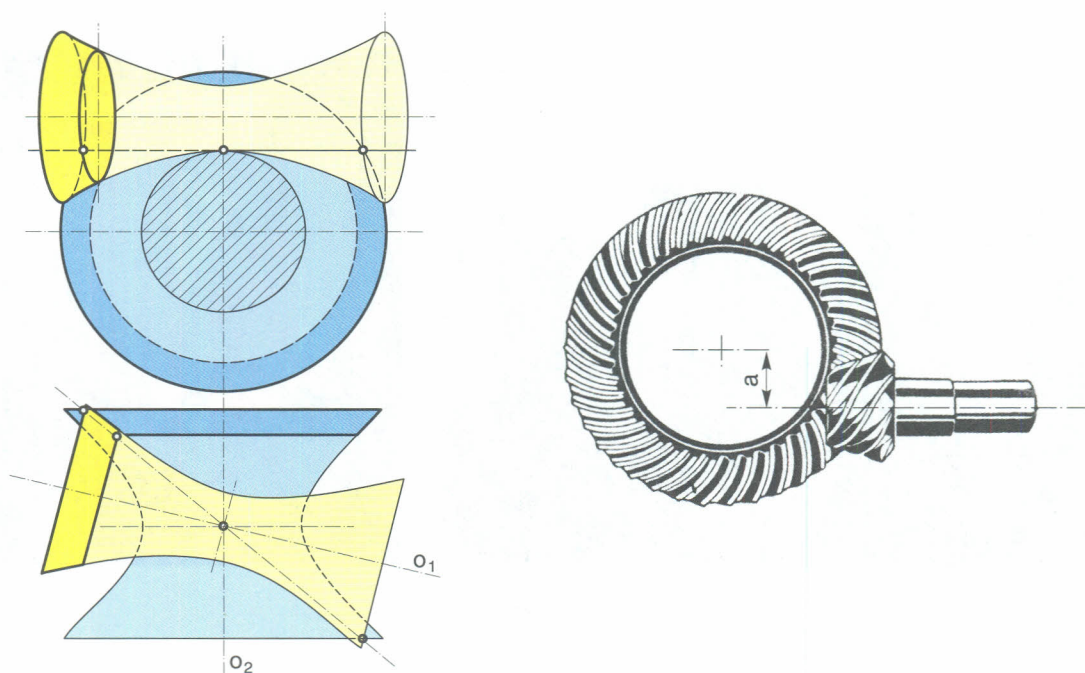
Skrutkové súkolesia používame na prenos krútiaceho momentu, keď sú **osi** hnacieho a hnaného hriadeľa **mimobežné**. Základom pre vznik tohto súkolesia je hyperbolické súkolesie. Podľa toho, ktorú časť hyperboloidov použijeme, vznikne:

- keď použijeme strednú časť, dostaneme **skrutkové valcové súkolesie** (obr. 2.53a), alebo **skrutkové závitovkové súkolesie** (obr. 2.53b). Závitovka má zuby v tvare úplného závit, nehovoríme o počte zubov, ale o počte chodov závit. Môžu byť konštruované takto: závitovka aj koleso sú valce, závitovka je valec a koleso globoid, závitovka aj koleso sú globoid.
- keď použijeme krajnú časť, dostaneme **skrutkové kužeľové súkolesie** (telesá kolies sú kužele). (Obr. 2.54).





Obr. 2.53



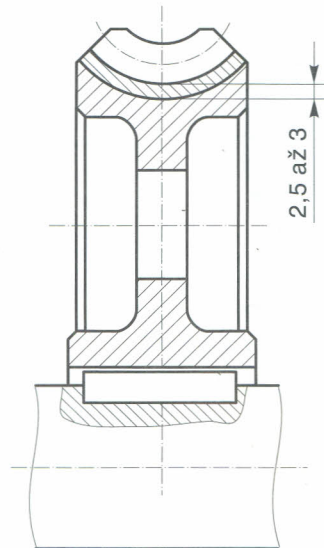
Obr. 2.54

**Výhody:** majú pokojný chod, použitím globoidného tvaru kolies je dotyk kolies priamkový. Prevod prenesie stredné, pri obidvoch globoidných kolesách vysoké výkony, má malé rozmery.

**Nevýhody:** pri valcovom tvare kolies je základ dotyku zubov teoreticky bodový. Vznikajú tu preto veľké tlaky a zuby sa rýchlo opotrebúvajú, zuby sa odvalujú a zároveň posúvajú, čím vzniká veľké trenie, v ložiskách hriadeľov sú veľké axiálne aj radiálne sily. Prenesú menšie výkony. Výroba globoidných kolies je nákladná.



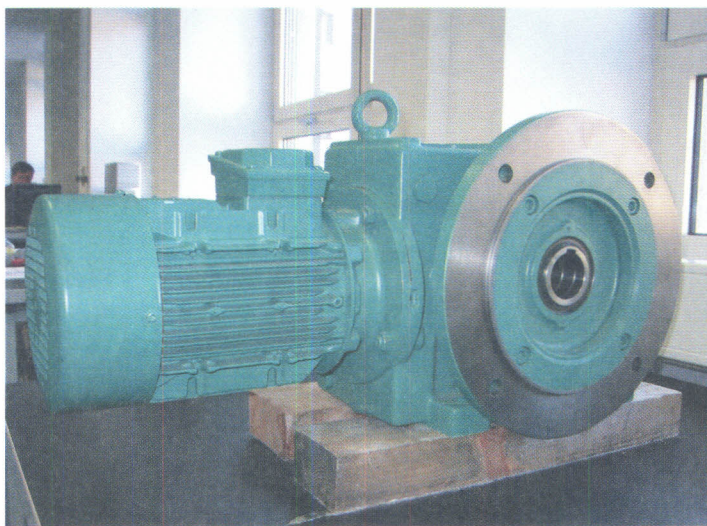
Stretnete sa s nimi napr. vo výtahových strojoch, žeriavoch a všade tam, kde sú potrebné malé rozmery prevodovky. Najpoužívanejší je závitkový prevod s valcovou závitkovkou a globoidným kolesom. Materiál závitkovky býva konštrukčná oceľ, zušľachtená uhlíková alebo zliatinová oceľ, a to podľa použitia prevodovky. Vence závitkovkeho kolesa bývajú zhotovené aj z bronzu (obr. 2.55).



Obr. 2.55

#### 2.2.4.4. Prevodovky

Jedno alebo viac súkolesí uložených v skriňi sa volá **prevodovka**. Vkladá sa medzi hnací a hnaný stroj. Na obr. 2.56 je prevodovka s motorom a skriňa prevodovky.



Obr. 2.56

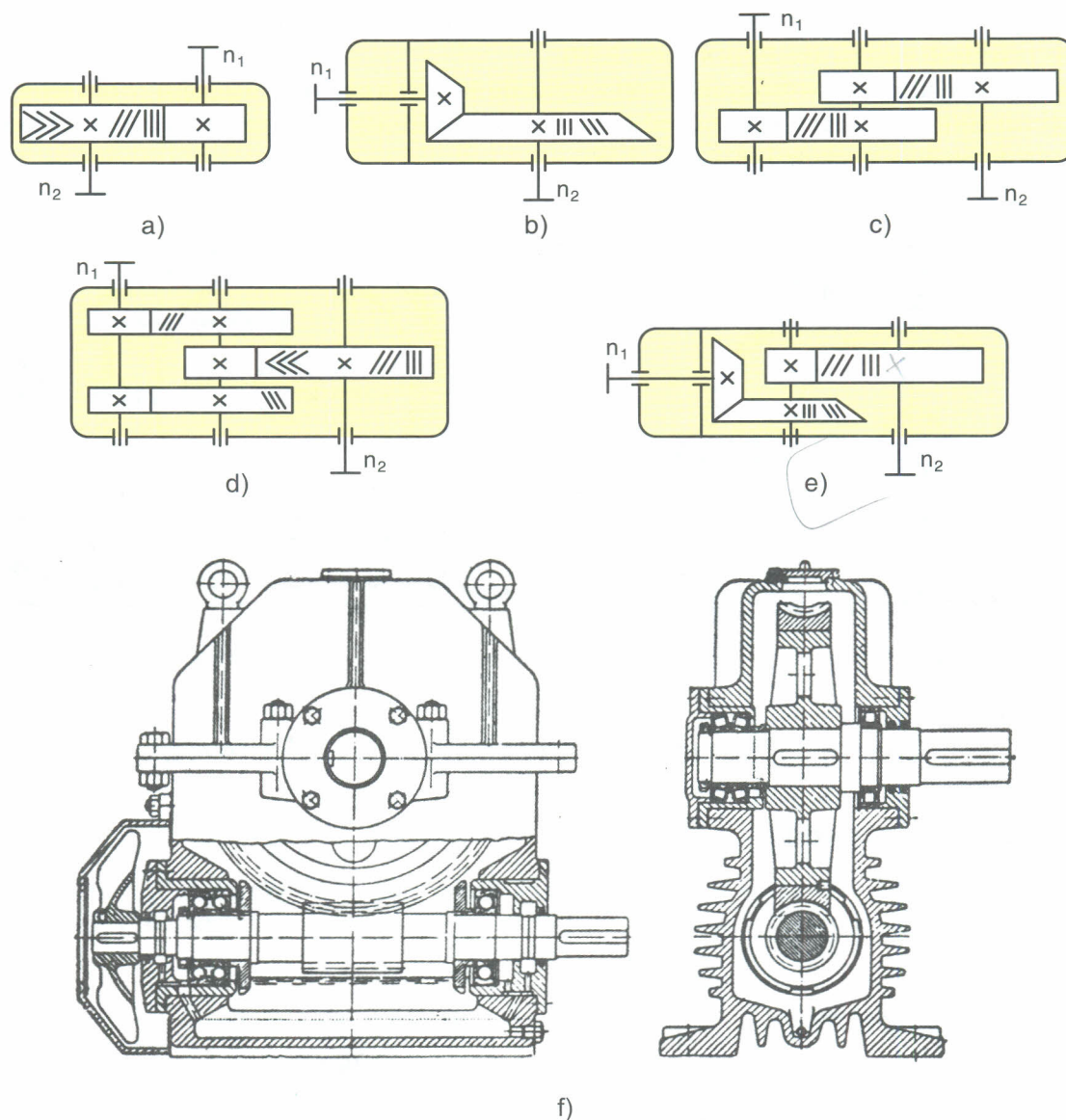
Prevodovky znižujú otáčky hnacieho motora, a tým zvyšujú krútiaci moment na hnanom hriadeli stroja ( $M_k \hat{=} \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n}$ ), hovoríme im **reduktory**, alebo zvyšujú otáčky a znižujú

krútiaci moment, vtedy ich voláme **multiplikátory**. V praxi sa častejšie používajú reduktory. Pracovné stroje majú obyčajne nižšie otáčky ako hnacie motory (predstavte si ako hnací motor elektromotor, ktorý poháňa valčeky dopravníka).

Prevodovky sa vyrábajú typizované, nájdete ich v strojných tabuľkách.

Typy prevodoviek vidíte na obr. 2.57.





a), b) *jednostupňová prevodovka;*

c) *radové dvojestupňové usporiadanie (nesymetrické umiestnenie kolies spôsobuje rôzne zaťaženie ložísk);*

d) *výhodnejšie rozloženie z hľadiska zaťaženia ložísk. Krútiaci moment sa na hnacom hriadeli rozdelí na dve kolesá, ktoré majú šikmé zuby (každé iným smerom), prevodovka je vhodná pre veľké výkony;*

e) *rôznobežný vstupný a výstupný hriadeľ;*

f) *závitkové prevodovky môžu mať závitovku umiestnenú nad, alebo pod kolesom. Z hľadiska masenia je výhodnejšie umiestnenie pod kolesom, z hľadiska montáže a demontáže nad kolesom.*

**Obr. 2.57**

Materiál skrine prevodovky je najčastejšie **sivá liatina**. Dobre tlmí chvenie a znižuje hlučnosť prevodu. Skrine majú zvyčajne jednu deliacu rovinu. Majú otvory na nalievanie a vypúšťanie oleja a olejznak.

Veľkosť prevodovky sa udáva výkonom na hriadeli prvého kolesa, jeho otáčkami, prevodovým pomerom a použitím prevodovky (t. j. hnacím a hnaným strojom).

### Mastenie ozubených prevodov

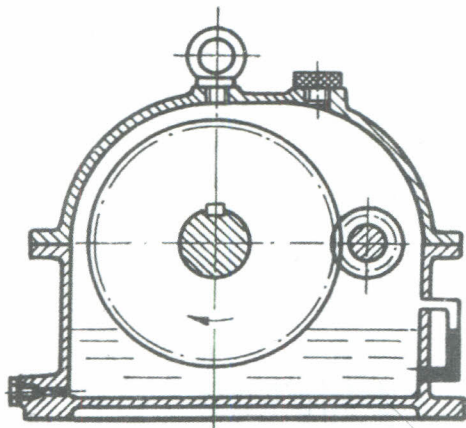
Pri nových prevodovkách je veľmi dôležitý zábeh. Pri ňom sa boky zubov vyhladzujú, a tým sa zvyšuje únosnosť zubov. Dôležité je pri tom intenzívne masenie a nepreťaženie prevodovky.

Otvorené prevody masíme **ručne** olejom alebo plastickým masivom (do rýchlosti  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Prevodovky sú masené dvoma spôsobmi. Brodením alebo núteným obehom.

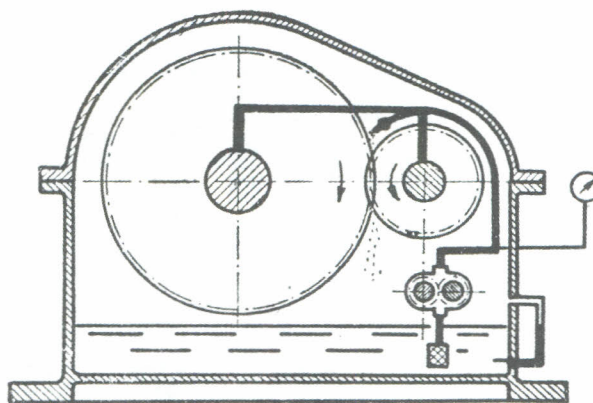


Pri masení **brodením** sa ozubené koleso brodí olejom a rozstrekuje ho na ložiská. Tento spôsob sa používa pri obvodovej rýchlosti menšej ako  $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (obr. 2.58).

Prevodovky s veľkými obvodovými rýchlosťami a výkonmi sa mastia pomocou **núteného obehu** (olej je dodávaný hydrogenerátorom). V nádrži je tiež čistič oleja. Olej je privádzaný tryskami, pri väčších rýchlostiach sa rozprašuje, aby nevznikli v súkolesí rázy (obr. 2.59).



Obr. 2.58

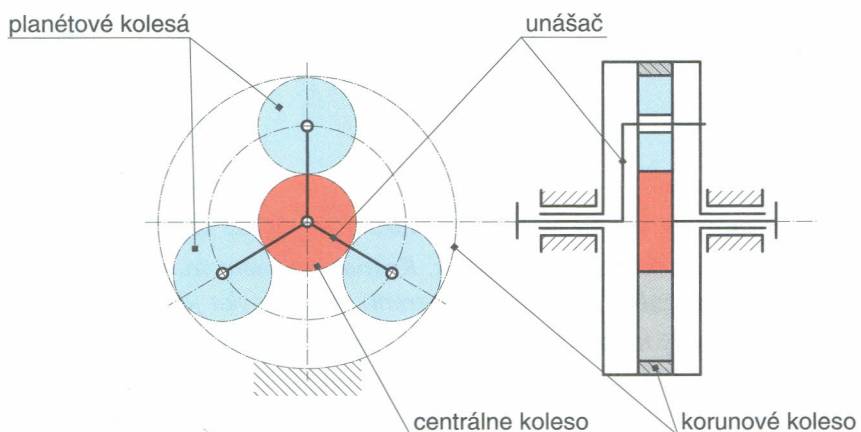


Obr. 2.59

Okrem spomenutých základných druhov prevodov sa môžete stretnúť aj s ďalšími druhmi prevodov. Niektoré z nich si vysvetlíme.

### 2.2.5. Planétové prevody

Planétové prevody pohybom svojich kolies pripomínajú pohyb satelitov okolo planéty. Z toho vznikol ich názov. Niektoré kolesá prevodovky, tzv. satelity, rotujú okolo svojej osi a okolo hlavnej osi ich unáša unášač (obr. 2.60).



Obr. 2.60

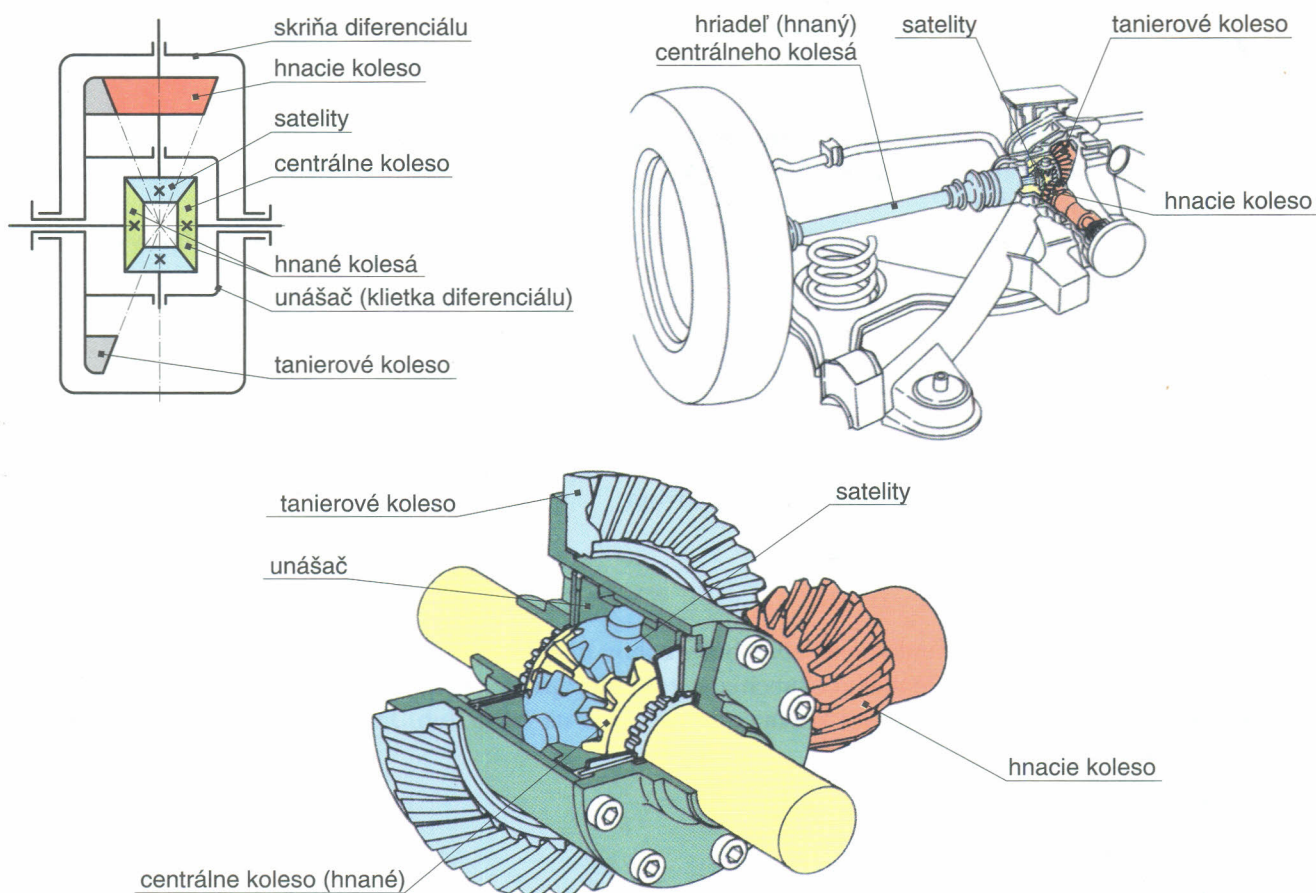
Jednoduchý planétový prevod má **centrálné koleso**, **korunové koleso** s vnútorným ozubením, **satelity**, ktoré sú uložené na **unášači**. Ich osi sú rovnobežné. Okolo hlavnej osi sa otáčajú **centrálné koleso**, **unášač** so satelitmi a **korunové koleso**.

Planétové prevody sú valcové súkolesia s priamymi alebo šikmými zubami. V leteckom a automobilovom priemysle sú používané kuželové súkolesia.

Planétové prevody sa vyrábajú hlavne v dvoch vyhotoveniach: prevody, pri ktorých jeden zo základných členov stojí (napr. korunové koleso), a diferenciálne prevody, kde sú všetky kolesá voľné.

**Diferenciálne prevody** môžu skladať viac pohybov do jedného alebo rozkladať pohyb tam, kde je potrebné vyrovnáť rozdiel obvodových rýchlostí vnútorného a vonkajšieho hnacieho kolesa pri prejazde automobilu zákrutou. Na obr. 2.61 je schéma automobilového diferenciálu.





Obr. 2.61

Môže sa použiť niektorý z týchto spôsobov:

- keď je jeden zo základných členov spojený s rámom (obvyčajne hnacie alebo tanierové koleso), vznikne **reduktor** (prevod do pomaly),
- keď je unášač upevnený, vzniká prevod s prevodovým pomerom  $i = 1$ ,
- keď má prevod pohon od unášača, vznikne **multiplikátor** (prevod do rýchla).

**Výhody:** je viac možností použitia ( $i < 1, i = 1, i > 1$ ), menšie rozmery a hmotnosť, vysoká účinnosť, prenos veľkých výkonov.

**Nevýhody:** zložitejšia konštrukcia, vyššie požiadavky na konštrukciu a presnosť.

Použitie planétových prevodoviek sa stále rozširuje. Používajú sa v dopravných a zdvíhacích zariadeniach, stavebných strojoch, turbínach, lodných prevodovkách a veľmi sú rozšírené v automobiloch. Spolu s hydrodynamickým meničom krútiaceho momentu a ďalšími zariadeniami tvoria tzv. automatickú prevodovku (dvojpedálové ovládanie).

## 2.2.6. Harmonické prevody

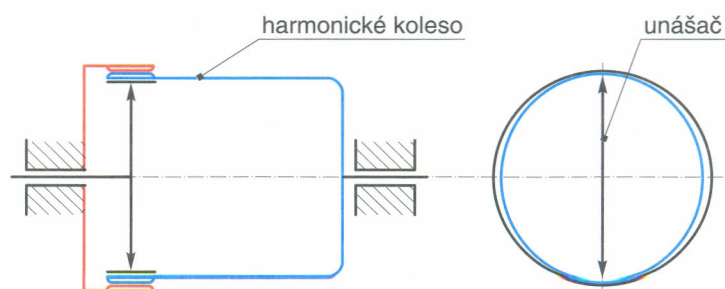
V harmonických prevodoch sa **prenáša pohyb deformáciou**, ktorá postupuje po obvode kolesa.

V pevnom **venci s vnútorným ozubením je voľne uložené harmonické koleso**, v ktorom je unášač (obr. 2.62) (volá sa **generátor harmonických deformácií**). Harmonické koleso je tenkostenná valcová nádoba s vonkajším ozubením. Pri otáčaní unášača sa deformuje a zuby na obvode harmonického kolesa sa dostanú do záberu so zubami na venci.

**Výhody:** oproti ozubeným prevodom majú menšie rozmery, oveľa menšiu hmotnosť, sú tiché, dobre tlmia rázy, majú veľké prevodové pomery.

**Nevýhody:** pri prevodovkách pre veľké výkony sú vyššie nároky na kvalitu materiálu.

Používajú sa v raketovej technike a aj ako prevody pre pohyb ramien robotov.



Obr. 2.62



## Zhrnutie:

Ozubené prevody prenášajú otáčky **priamym stykom zubov ozubených kolies**.

**Výhody:** prevod je presný, môžeme prenášať otáčky v súkolesí, ktoré má osi hriadeľov rovnobežné, rôznobežné alebo mimobežné.

**Nevýhody:** Prevod môže mať len pomerne malú osovú vzdialenosť (v porovnaní s reťazovými), je chúlolistivý na zlé masenie.

**Prevodový pomer** 
$$i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2}$$

**prevodové číslo** 
$$u_{1,2} = \frac{z_2}{z_1}$$

Pri viacstupňových prevodoch, napr. štvorstupňovom

$$i_{1,4} = \frac{n_1}{n_4}$$

$$u_{1,2} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3}$$

Najviac používané je evolventné ozubenie, boky zubov majú tvar evolventnej krivky.

Základom pre výrobu evolventného ozubenia je **základný profil**. Je normalizovaný.

**Modul** je časť obvodu rozstupovej kružnice pripadajúca na jeden zub. Je základom pre konštrukciu a výrobu ozubenia.

Modul 
$$m = \frac{p}{\pi}$$

### Rozmery kolesa:

priemer rozstupovej kružnice

$$D = z \cdot m$$

výška hlavy zuba

$$h_a = m$$

hlavová vôľa

$$c_a = 0,25 \cdot m$$

výška päty zuba

$$h_f = m + c_a$$

priemer hlavovej kružnice

$$D_a = D + 2 \cdot h_a$$

priemer pätej kružnice

$$D_f = D - 2 \cdot h_f$$

**Čelné súkolesie** má rovnobežné osi hriadeľov. Zuby môžu mať tvar priamy, šikmý, šípový, dvojnásobne šikmý alebo dvojnásobne šípový. Súkolesie môže byť konštrukčne usporiadané ako vonkajšie, vnútorné a hrebeňové.

**Výhody:** jednoduchý prevod, lacná výroba.

**Nevýhody:** pri priamych zuboch vynikajú rázy (pri šikmých zuboch je chod súkolesia plynulý), pri inom ozubení ako priamom vznikajú aj axiálne sily na ložiská.

**Medzné koleso** je koleso s najmenším počtom zubov, keď ešte nevznikne podrezanie päty zuba hlavou nástroja.

Pri výrobe podľa vzájomnej polohy rozstupovej kružnice a rozstupovej priamky nástroja môže vzniknúť koleso **N** (priamka sa dotýka kružnice), **+V** (priamka je posunutá od kružnice smerom od stredu kolesa – vznikne širšia päta zuba), **-V** (priamka je posunutá smerom do stredu kolesa).

Podľa kolies v súkolesí (v zábere) môže byť **súkolesie N** (v zábere sú dve kolesá N), **VN** (v zábere sú koleso +V a -V, osová vzdialenosť je ako pri súkolesí N) a **+V** (v zábere sú dve kolesá +V – zuby majú širšiu päťu, sú menej namáhané ohybom).

**Kuželové súkolesie** sa používa pri prenose otáčok medzi rôznobežnými hriadeľmi. Zuby môžu mať tvar priamy, šikmý, šípový, oblúkový a paloidný.

**Výhody:** spojenie rôznobežných hriadeľov.

**Nevýhody:** ťažšie sa vyrábajú.

**Skrutkové súkolesie** prenáša otáčky medzi mimobežnými hriadeľmi. Môže byť valcové, závitkové a kuželové.

**Valcové skrutkové súkolesie** má v zábere dve kolesá v tvare valca. Súkolesie preniesie len malé výkony, dotyk zubov je teoreticky bodový.

Pri **závitkovom skrutkovom súkolesí** je malé koleso závitovka (nehovoríme pri nej o počte zubov, ale o počte chodov závitov). Koleso závitovky, alebo koleso aj závitovka sú globoidné.



Kuželové skrutkové súkolesie je drahé, má veľmi komplikovanú výrobu.

Najpoužívanejšie je závitovkové súkolesie s globoidným kolesom a valcovou závitovkou.

**Kolesá** sa vyrábajú zo sivej liatiny, ocele a oceloliatiny. Môžu byť z jedného kusa s hriadeľom (pastorok). Majú tvar kotúča. Keď je náboj a veniec vcelku, majú odľahčovacie otvory. Pri veľkých kolesách je spojený náboj s vencom rebrami.

**Prevodovky** sú typizované. Skrine prevodoviek sa najčastejšie odlievajú zo sivej liatiny. Majú otvor na naliatie oleja, na jeho vypustenie, olejoznak a väčšie prevodovky aj závesné oko.

**Mastenie** je pri ozubených prevodoch dôležité. Mastí sa ručne brodením alebo núteným obehom.

## Otázky, úlohy a úvahy:

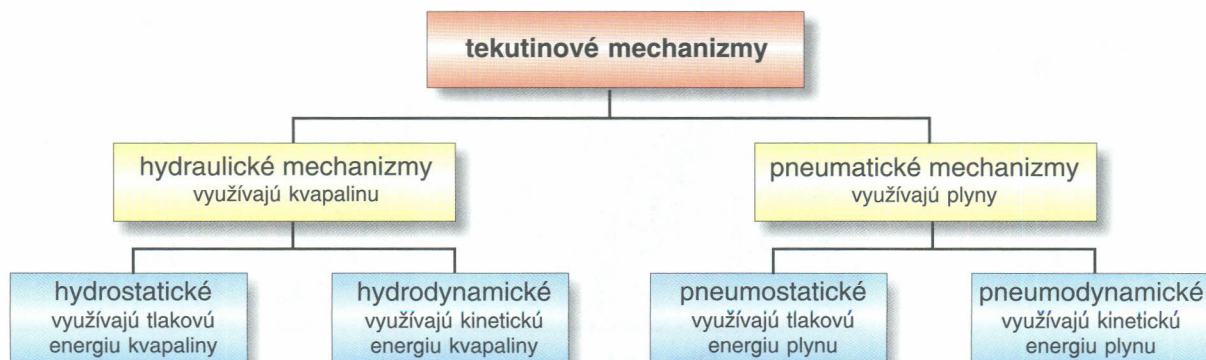
1. Čo je modul pri ozubení?
2. Nájdite v strojných tabuľkách moduly ozubených kolies.
3. Aké vzájomné polohy osí hriadeľov môžeme spojiť ozubeným súkolesím?
4. Nájdite v strojných tabuľkách základný profil.
5. Prečo pri výpočte priemeru hlavovej kružnice pripočítavame k priemeru rozstupovej kružnice dvakrát výšku zuba?
6. Môže byť v jednom súkolesí rôznych modul kolies?
7. Môžeme dať do záberu kolesá s rôznym rozstupom zubov?
8. Ako sú namáhané zuby kolesa?
9. Čím musí byť doplnený výrobný výkres kolesa?
10. Čo je medzný počet zubov?
11. Prečo sa pri skrutkových súkolesiach používa na výrobu bronz? Ktoré zo súčiastok, o ktorých sme sa učili, sa vyrábajú z bronzu?
12. Vysvetlite, ako súvisia rozmery súkolesia a materiál, z ktorého sú kolesá vyrobené.
13. Kde by ste použili súkolesie vyrobené z konštrukčného plastu?
14. Prečo býva menšie koleso vyrobené z kvalitnejšieho materiálu?
15. Vyjadrite vo vzťahu k číslu 1 prevodový pomer do rýchla (multiplikátor) a do pomala (reduktor).
16. Aký druh ložísk by ste navrhli pre uloženie hriadeľa, na ktorom je koleso s priamymi zubami a šikmými zubami?
17. Kedy použijete ako materiál na výrobu kolies uhlíkovú ocel a kedy oceloliatinu?
18. Z ozubeného kolesa  $N$  s vonkajším ozubením s priamymi zubami, meraním a výpočtom určite jeho modul, priemer rozstupovej kružnice a päťnej kružnice, rozstup zubov, hrúbku zuba a šírku zubovej medzery.

## Tekutinné mechanizmy

Sú to mechanizmy schopné využívať tekutinu na prenos energie od hnacieho člena k hnanému. Pojem tekutina zahŕňa kvapaliny aj plyny, čiže látky tečúce.

Podľa druhu tekutiny, ktorú využívajú na prenos energie, rozoznávame:

Tab. 2.4





## 2.3. Hydraulické mechanizmy

### 2.3.1. Hydrostatické mechanizmy

Hydrostatické mechanizmy **prenášajú energiu pomocou kvapaliny**. Využívajú najmä **tlakovú energiu kvapalín**. V praxi sú veľmi rozšírené. Stretávame sa s nimi v moderných výrobných zariadeniach, v montážnych závodoch aj v bežnom živote. Oblasť ich použitia stále narastá a rozširuje sa.

**Výhody:** prenos veľkých síl, pohyb s plným zaťažením môže nastať zo stavu pokoja, veličiny sa dajú regulovať plynulo ( $M$ ,  $F$  aj  $v$ ), jednoduchá možnosť ochrany pred preťažením, možnosť kontroly extrémne vysokých aj pomalých presných pohybov, akumulácia menšieho množstva energie pomocou plynu, jednoduché zapojenie do automatických cyklov strojov.

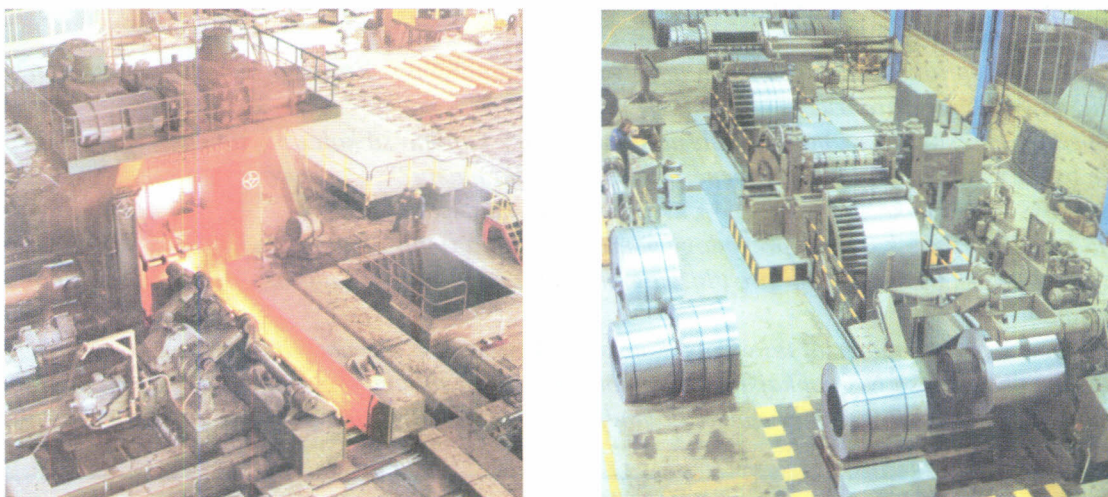
**Nevýhody:** vysoká náročnosť na výrobu, najmä dodržanie výrobných tolerancií a presnosti, citlivosť na nečistoty, únik kvapaliny z obvodu, citlivosť na zmenu teploty kvapaliny.

Podľa použitia hovoríme o:

- *stacionárnej hydraulike, ktorá je zabudovaná na jednom mieste, jej prvky (ventily, rozvádzače kvapaliny) sú ovládané väčšinou elektromagnetickými rozvádzačmi,*
- *mobilnej hydraulike, už názov hovorí, že sa pohybuje napr. na pásoch, kolesách a jej prvky sú často ovládané ručne.*

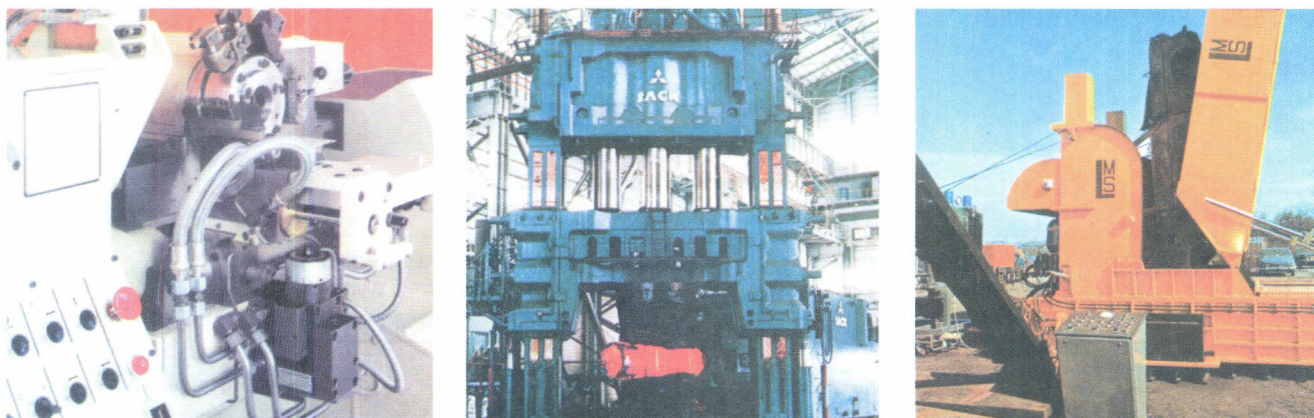
#### Príklady použitia

**Valcovne, oceliarne:** zdvíhacie mechanizmy, stoly, žľaby, nastavenie valcov, triediace zariadenia, navíjačky plechov (obr. 2.63).



Obr. 2.63

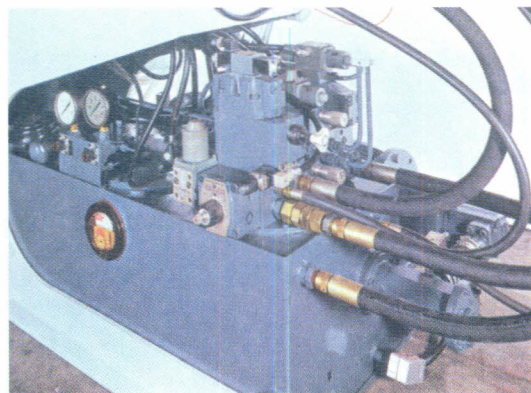
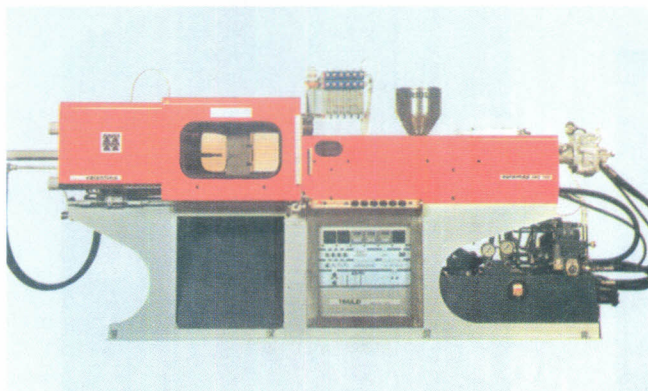
**Obrábacie, lisovacie stroje:** využívajú presnosť hydraulického ovládania na upínanie obrobkov, ovládanie pracovných stolov, kovanie, paketovacie nožnice na spracovanie recyklovaných automobilových karosérií rozstrihaním a zlisovaním do pevných blokov (obr. 2.64).



Obr. 2.64



**Vstrekovacie stroje:** stroje na spracovanie plastov majú rozsiahle hydraulické obvody. Uzatváranie foriem, upínanie nástrojov, nastavenie vstrekovacích síl a rýchlostí (obr. 2.65).



Obr. 2.65

**Stavebné stroje:** ovládanie podvozkov a pohyb výkonových častí, pracovné plošiny (obr. 2.66).



Obr. 2.66

**Transportná technika:** napr. pohyb korčiekového dopravníka, ovládanie jeho ramien a otáčanie stroja, ovládanie kormidla lodí (obr. 2.67).



Obr. 2.67

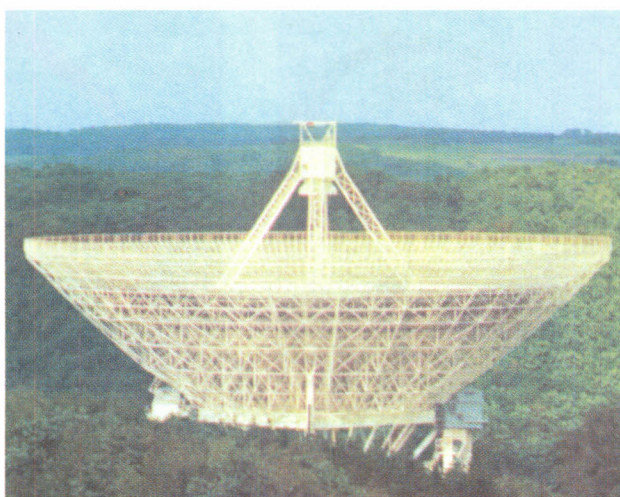


**Vodné diela:** tu majú hydraulické mechanizmy veľmi široké použitie, napr. ovládanie mreží na zachytávanie nečistôt, ovládanie vrát plavebných komôr atď. (obr. 2.68).



Obr. 2.68

Je ešte veľa oblastí, kde sa používa hydraulika, napr v poľnohospodárstve, na vrtných súpravách pri ťažbe ropy z mora, polohovanie obrovských antén atď. (obr. 2.69).



Obr. 2.69

### Základy prenosu energie

Zopakujeme si z fyziky potrebné zákonitosti, aby sme porozumeli činnosti hydrostatických obvodov.

Newtonov zákon  $F = m \cdot a$   $[N] = [kg] \cdot [m \cdot s^{-2}]$

Tlak je sila pôsobiaca na plochu  $p = \frac{F}{S}$   $[Pa] = \frac{[N]}{[m^2]}$

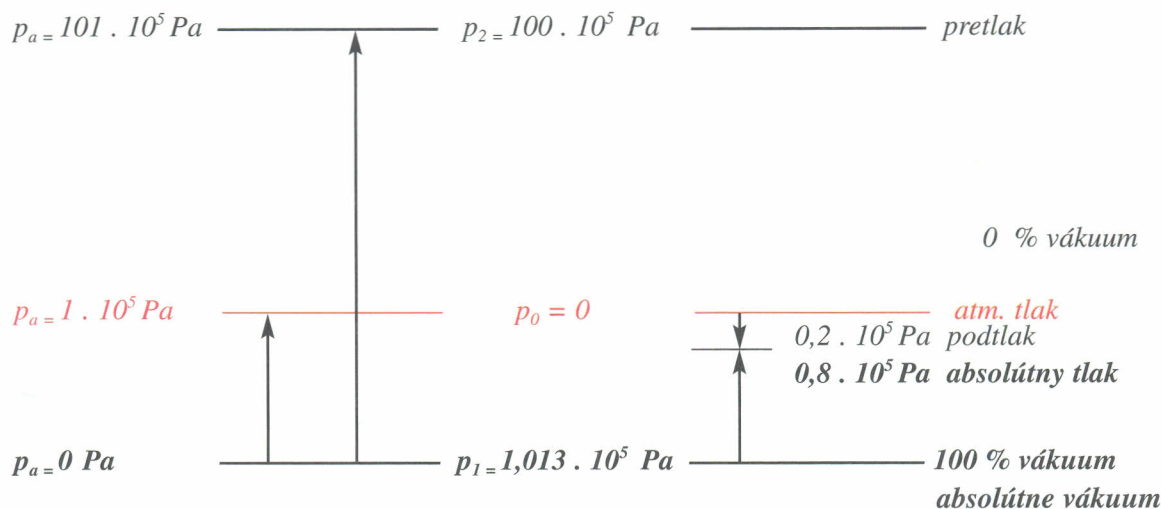
Pascal je pre prax malá jednotka, používame preto  $MPa = 10^6 Pa = 10^6 \frac{N}{m^2} = \frac{N}{mm^2}$

V hydraulike sa používa jednotka tlaku  $1 \text{ bar} = 10^5 \frac{N}{m^2} = 10^5 Pa = 0,1 MPa$

$1 \text{ bar} = 10 \frac{N}{cm^2} = 1 \text{ da} \frac{N}{cm^2}$   $1 \text{ da} = \text{deka} = 10$



Grafické znázornenie tlaku vidíte na obr. 2.70.



Obr. 2.70

V hydrostatike ide o pretlak.

Vnútri kvapaliny pôsobí, spôsobený jeho hmotnosťou, **hydrostatický tlak**:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

$$p \text{ tlak [ Pa ] ; } \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]; \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{m}^2} \right]$$

$$\rho \text{ merná hmotnosť [ kg \cdot m}^{-3} \text{ ]}$$

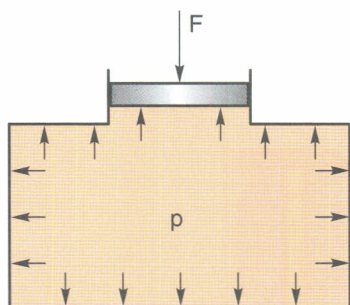
$$h \text{ výška stĺpca kvapaliny [ m ]}$$

$$g \text{ gravitačné zrýchlenie 9,81 [ m \cdot s}^{-2} \text{ ]}$$

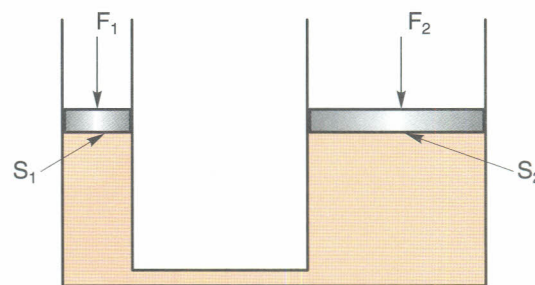
Vzhľadom na nízke tlaky, s ktorými v hydrostatických mechanizmoch pracujeme, ho môžeme zanedbať (napr. 10 m vodného stĺpca je asi 0,1 MPa).

Pôsobenie tlaku vplyvom **vonkajších síl** vyjadruje **Pascalov zákon**.

Keď pôsobíme na uzavretú kvapalinu silou na nejakej ploche, vznikne tlak. Tento **tlak sa šíri kvapalinou všetkými smermi rovnako** (obr. 2.71).



Obr. 2.71



Obr. 2.72

**Prenos sily v hydraulike** (obr. 2.72)

Keď budeme pôsobiť silou  $F_1$  na plochu  $S_1$ , vznikne tlak  $p = \frac{F_1}{S_1}$ .

Tento tlak je podľa Pascalovho zákona rovnaký v celej nádobe. Pôsobí aj na plochu  $S_2$ . Silu  $F_2$  môžeme vyjadriť  $F_2 = S_2 \cdot p$ .

$$\text{Tlak je rovnaký, platí teda } \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \text{ alebo } \frac{S_2}{S_1} = \frac{F_2}{F_1}$$

sily sú priamo úmerné plochám. S týmto poznatkom sa v hydrostatike často pracuje.



Vieme, že práca je súčin sily a dráhy. Práca vykonaná piestom 1 je

$$A_1 = F_1 \cdot L_1.$$

Piestom 2 je

$$A_2 = F_2 \cdot L_2.$$

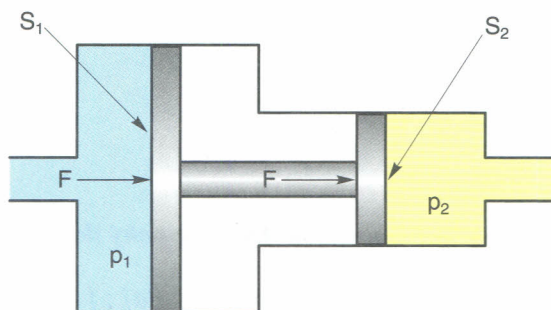
Z predchádzajúcich odsekov nám vyplýva, že aj  $A_1 = A_2$ .

Dosadením do predchádzajúceho vzťahu pre rovnosť práce dostaneme:

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{L_1}{L_2}.$$

Plochy a dráhy sú v opačnom pomere, čiže čím je plocha väčšia, tým je dráha pohybu piesta menšia a naopak.

Závislosť tlaku a plochy si vysvetlíme na multiplikátore (obr. 2.73).



Obr. 2.73

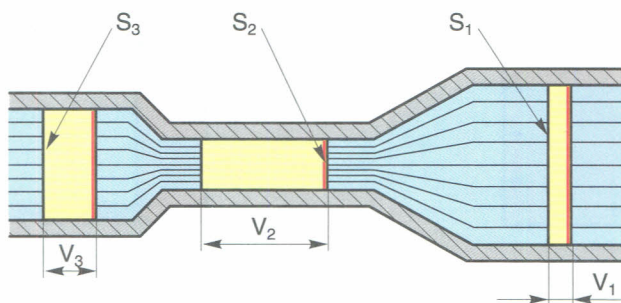
Budeme pôsobiť tlakom  $p_1$  na plochu  $S_1$ . Vznikne sila  $F_1$ , ktorá sa piestnou tyčou preniesie na piest s plochou  $S_2$ . Sila pôsobí na piest s plochou  $S_2$ . Vznikne tlak  $p_2$ .

Keďže

$$F_1 = F_2 = F \quad \text{platí} \quad p_1 \cdot S_1 = p_2 \cdot S_2$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{S_2}{S_1} \quad \text{tlak je nepriamo úmerný plochám.}$$

**Prietok kvapaliny** (obr. 2.74)



Obr. 2.74

Pri zmene prierezu potrubia je množstvo kvapaliny pretekajúce potrubím stále rovnaké. Platí vzťah:

$$Q = S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 = S_3 \cdot v_3$$

$$Q \text{ prietok [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

$$S \text{ plocha [m}^2\text{]}$$

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

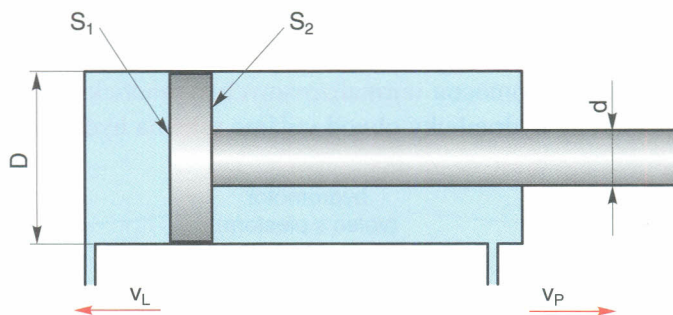
Je to **rovnica kontinuity**.

Znamená to, že keď sa zmenší prierez, musí tiecť kvapalina rýchlejšie.



**Príklad**

Na obr. 2.75 je znázornený dvojčinný piest (pracuje obidvomi stranami piesta). Do valca dodávame rovnaké množstvo tlakovej kvapaliny  $10 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ , pri pohybe piesta doľava, aj doprava. Aká bude rýchlosť piesta pri pohybe doľava, a aká pri pohybe doprava? Priemer piesta je 100 mm, priemer piestnej tyče je 30 mm.



Obr. 2.75

Dané hodnoty:  $Q = 10 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} = 10 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$   
 $D = 100 \text{ mm} = 1 \text{ dm}$   
 $d = 30 \text{ mm} = 3 \text{ cm} = 0,3 \text{ dm}$   
 $v_P, v_L = ?$

Pri pohybe piesta doprava:

$$Q = S_1 \cdot v_P \quad \text{z toho} \quad v_P = \frac{Q}{S_1} = \frac{10 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}}{\frac{\pi \cdot 1^2}{4} \text{ dm}^2} = 12,74 \text{ dm} \cdot \text{min}^{-1} = 21,23 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$$

Pri pohybe piesta doľava:

$$v_L = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} (1^2 - 0,3^2)} = \frac{10 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}}{0,714 \text{ dm}^2} = 14 \text{ dm} \cdot \text{min}^{-1} = 23,33 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$$

Rýchlosť pohybu piesta smerom doľava je väčšia, lebo plocha piesta je zmenšená o plochu piestnej tyče (menovateľ zlomku je menší).

**Prúdenie**

S prierezom potrubia a rýchlosťou súvisia straty spôsobené trením. Rozoznávame dva druhy prúdenia tekutiny:

- laminárne (obr. 2.76a), kvapalina sa pohybuje v usporiadaných vrstvách,
- turbulentné (obr. 2.76b), v kvapaline dochádza k turbulencii (víreniu). Zvyšuje sa odpor prúdenia, vznikajú tak väčšie tlakové straty.



Obr. 2.76

**2.3.1.1. Hydraulický obvod**

V predchádzajúcej časti sme si vysvetlili spôsob prenosu sily v jednoduchom hydrostatickom mechanizme na základe nestlačiteľnosti kvapaliny. V praxi takýto jednoduchý mechanizmus doplníme ďalšími prvkami, ktoré ovplyvnia pohyb motora (piesta), rýchlosť jeho pohybu, zaistia bezpečnosť atď. Pospájaním takýchto prvkov vznikne hydraulický obvod (obr. 2.77a).

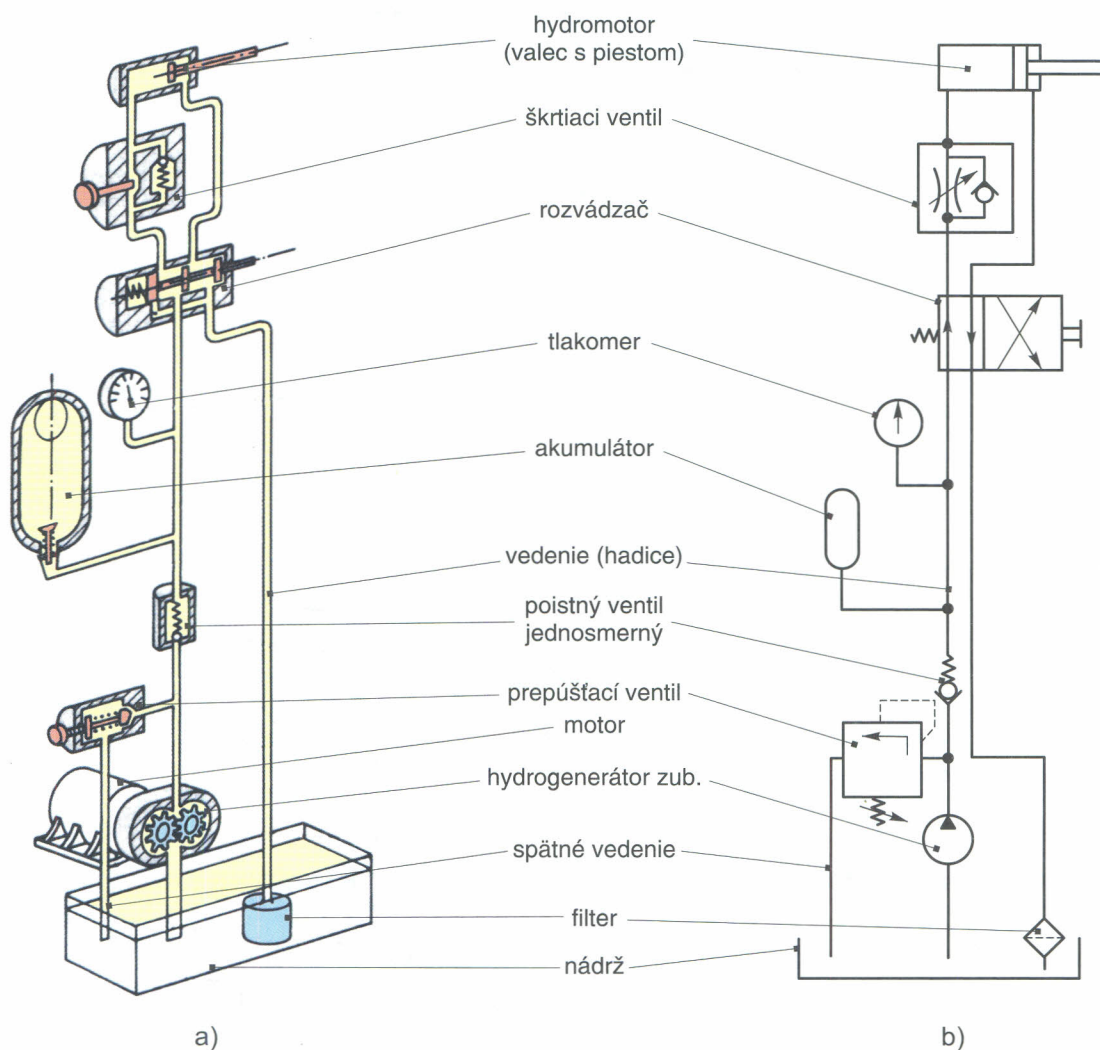


Každý hydraulický obvod musí mať:

- **hnací motor** – hydrogenerátor (nepresný názov – čerpadlo), ktoré dodáva tlakovú kvapalinu,
- **hnaný motor** – hydromotor, ktorý poháňa alebo posúva nejaké zariadenie, odovzdáva mu energiu,
- **regulačné a ovládacie prvky** – ktorými riadime a ovládame smer pohybu, rýchlosť, tlak,
- **pomocné a meracie zariadenia** – filtre, nádrže atď.

Hydraulický obvod je prepojenie prvkov mechanizmu s cieľom dosiahnuť určitú funkciu (obyčajne pohyb).

Hydraulické obvody sa znázorňujú pomocou **normalizovaných symbolických značiek**. Nájde ich v strojníckych tabuľkách. Takto znázornený hydraulický obvod voláme **schéma hydraulického obvodu** (obr. 2.77b).

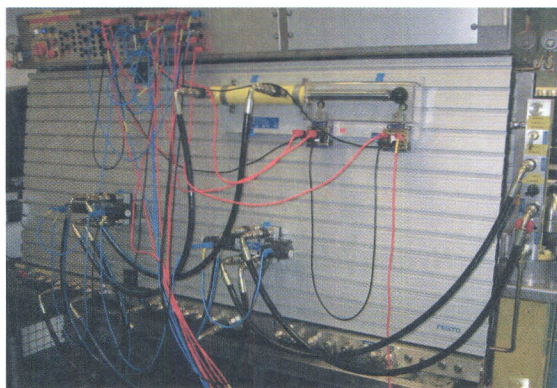


Obr. 2.77

Hydraulický obvod môže byť:

- otvorený, kvapalina sa vracia po pracovnom cykle do nádrže,
- uzavretý, kvapalina v ňom cirkuluje, nevracia sa do nádrže. Nevýhodou je horšie chladenie kvapaliny a jej väčšie namáhanie. Obvod nie je taký poddajný.

Na obr. 2.78 vidíte na cvičnom paneli zapojený hydraulický obvod pre výstupný priamočiary pohyb piestových hydromotorov, riadený prvkami ovládanými elektricky.











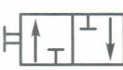





Obr. 2.78



**Značky prvkov hydraulických obvodov**

Niektoré značky prvkov sú uvedené v *tab. 2.5*.

Tab. 2.5

Značky prvkov hydraulických prevodov		
hydrogenerátory		hydrogenerátor s jednosmerným prietokom, neregulačný, upevnený sprava
		regulačný hydrogenerátor s jednosmerným prietokom
		regulačný hydrogenerátor s možnosťou zmeny zmyslu prietoku
hydromotory		hydromotor s jednosmerným prietokom, neregulačný (výstupný pohyb je rotačný)
		regulačný hydromotor s možnosťou zmeny zmyslu prietoku
		priamočiarý motor so spätným pohybom vplyvom vonkajšej sily
		priamočiarý motor s jednostrannou piestnou tyčou
		priamočiarý motor s obojstrannou piestnou tyčou
regulačné, ovládacie a pomocné prvky		trojcestný dvojpohový rozvádzač s ručným riadením pomocou páky
		štvorcestný trojpohový rozvádzač s elektromagnetickým riadením a mechanickým vrátením do strednej polohy pomocou pružín
		jednosmerný ventil
		riadený škrtiaci ventil
		tlačový priamo hydraulicky riadený poisťovací ventil
		filter



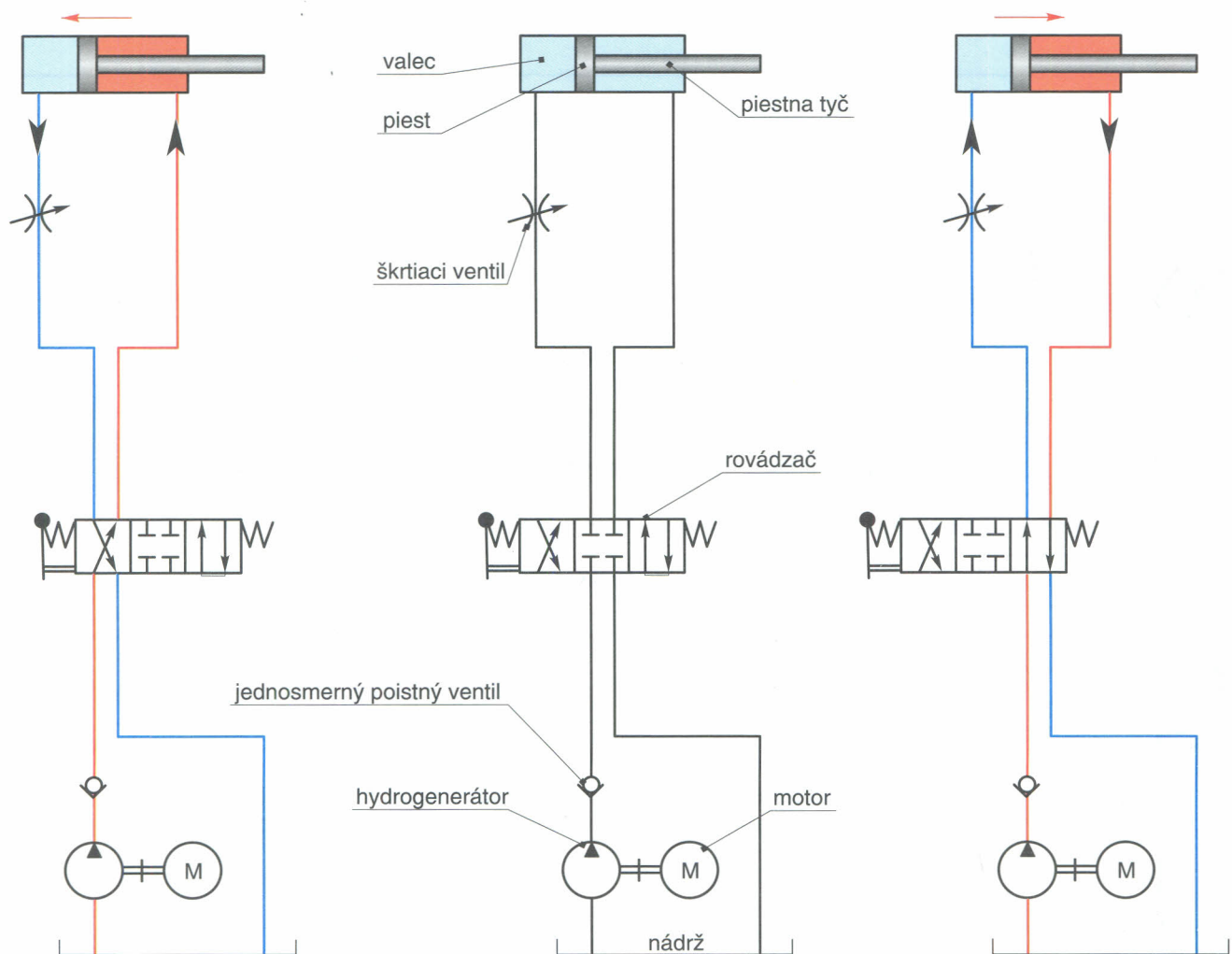
K výhodám hydraulických mechanizmov patrí pomerne jednoduché riadenie niektorých parametrov obvodu. K najdôležitejším patrí:

- riadenie smeru pohybu hydromotora,
- riadenie rýchlosti (priamočiareho pohybu, otáčok, kývania) hydromotora,
- riadenie tlaku.

### Riadenie smeru pohybu hydromotora

Zmenu smeru pohybu (otáčok) hydromotora môžeme dosiahnuť:

- zmenou polohy rozvádzača. Na obr. 2.79 vidíte riadenie prietoku kvapaliny rozvádzačom. Podľa jeho polohy (postavenia) sa pohybuje piest doľava alebo doprava. Keď je rozvádzač v strednej polohe, piest stojí.
- zmenou zmyslu prúdenia kvapalín, použitím hydrogenerátora so zmenou zmyslu prietoku.



Obr. 2.79

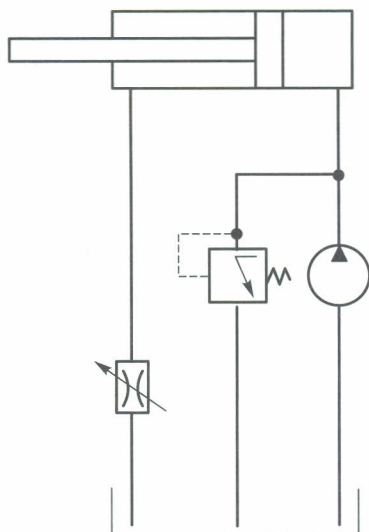
### Riadenie rýchlosti (otáčok) hydromotora

Zmenu rýchlosti môžeme dosiahnuť (rovnica  $Q = S \cdot v$ ):

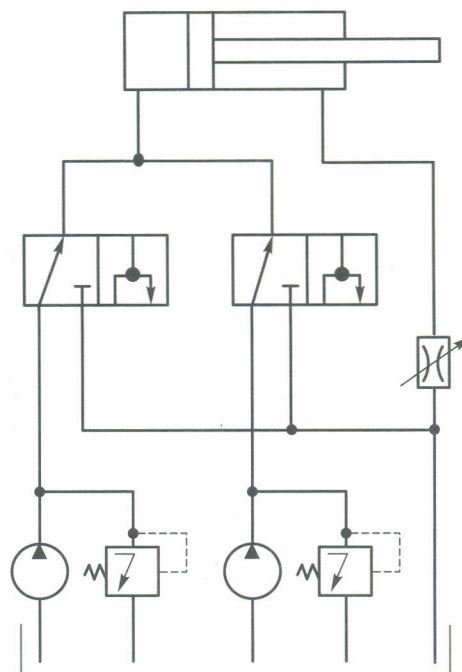
- zmenou množstva kvapaliny privádzanej do hydromotora,
- zmenou plochy piesta.

Jednoduché riadenie množstva kvapaliny je pomocou škrtiaceho ventilu (obr. 2.80). Zmenšuje sa ním prietokový prierez hadice (potrubia), a tým objemové množstvo. Montuje sa na vstupe alebo na výstupe do hydromotora. Prebytočná „uškrtená“ kvapalina sa odvádza prepúšťacím ventilom naspäť do nádrže.





Obr. 2.80



Obr. 2.81

Iný spôsob je použitie regulačného hydrogenerátora. Stupňovitá zmena sa dá dosiahnuť zapojením viacerých hydrogenerátorov do obvodu (obr. 2.81). Ich striedavým zapájaním do obvodu sa dá dosiahnuť zmena rýchlostných stupňov. Zapájanie do obvodu sa robí prestavením polohy rozvádzača.

### Riadenie tlaku

Riadenie tlaku v hydraulickom obvode sa robí:

- obmedzovaním tlaku a udržiavaním jeho konštantnej hodnoty; zabezpečuje to poistný ventil. Používa sa aj ako ochrana obvodu pred preťažením,
- zvyšovaním alebo znižovaním tlaku pomocou multiplikátora (obr. 2.73),
- riadením protitlaku.

### **2.3.1.2. Prvky hydraulických obvodov**

Prvky hydraulických obvodov sa vyrábajú ako konštrukčné celky v typizovaných radoch.

### Hydrogenerátory

**Hydrogenerátory menia mechanickú energiu, ktorú dostanú od motora (najčastejšie rotačný pohyb z elektromotora), na tlakovú energiu kvapaliny.** (Pri hydromotoroch je to naopak.)

Hydrogenerátory menia mechanickú energiu na tlakovú energiu kvapaliny. To znamená že generujú (vyvozdzujú) tlak. Hydrogenerátor dopravuje kvapalinu do obvodu k spotrebiču – hydromotoru. Ten kladie kvapaline odpor. Úmerne k tomuto odporu vzrastá tlak (generuje sa), až kým odpor spotrebiča neprekoná. Tlak nie je teda vyrábaný v hydrogenerátore, ale postupne vzniká v obvode v závislosti od odporu obvodu. Preto je správny názov hydrogenerátor, a nie čerpadlo. (Čerpadlá sa používajú na prepravu kvapaliny). Každý hydrogenerátor musí mať pohon – je hnaný. Hydromotor (výstup z hydraulického obvodu) niečo poháňa. Odovzdáva tlakovú energiu, ktorá sa mení na mechanickú. Je to motor hnací. Budeme sa to učiť podrobnejšie vo štvrtom ročníku.

Najčastejšie používané hydrogenerátory sú v tab. 2.6.

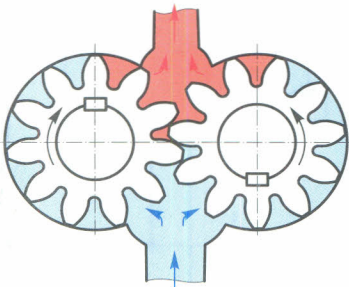
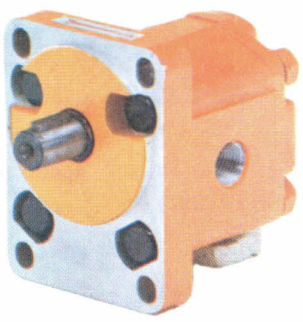
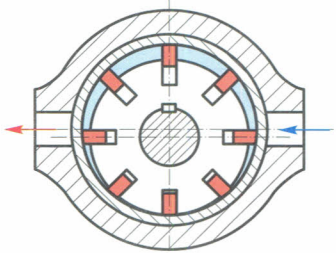
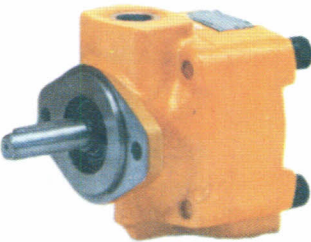
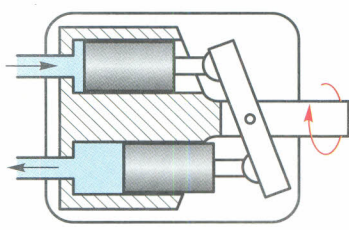
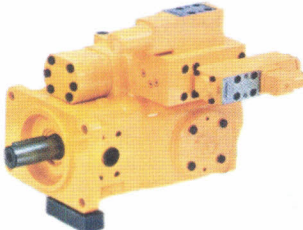
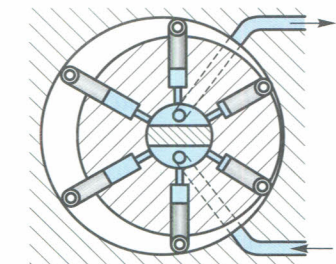
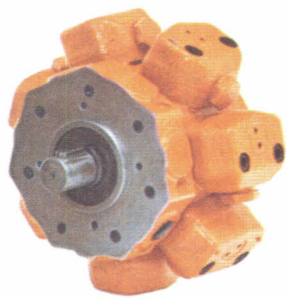

### Regulačné a ovládacie prvky

Rozdelíme si ich do skupín podľa ich činnosti (spomenuli sme ich už v časti 3.1.2.)

- prvky na riadenie smeru a toku kvapaliny,
- prvky na riadenie rýchlosti toku kvapaliny,
- prvky na riadenie tlaku kvapaliny.

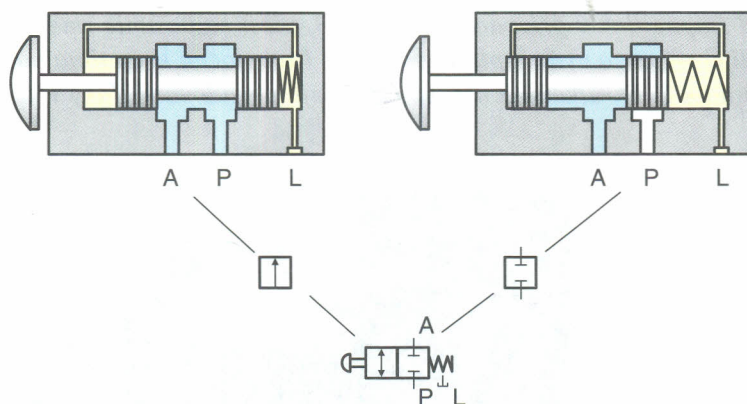


Tab. 2.6

Hydrogenerátory				
zubový			<p>Je najčastejšie používaný v hydraulickom mechanizme. Je jednoduchý. Jedno koleso je hnané. Kolesá sú uložené v telese s malou vôľou. Pri vychádzaní zubov zo záberu vzniká podtlak a kvapalina vplyvom rozdielu tlaku na hladine v nádrži priteká do hydrogenerátora. Je dopravovaná zubovými medzerami po obvodu ozubených kolies do výtokovej hadice. Sú neregulačné.</p> <p><math>p = 25 \text{ MPa}</math>, objem <math>3,5 \text{ až } 100 \text{ cm}^3 / \text{ot.}</math></p>	
lamelový			<p>Rotor, ktorý sa otáča v statore, je excentricky uložený. Lamely sú v ňom posuvne uložené. Odstredivou silou sú pritláčané k statoru. Priestor medzi dvoma lamelami, statorom a rotorom sa pri otáčaní mení, a tak dochádza k nasávaniu a vytlačaniu tekutiny. Zmenou excentricity sa mení dodávaný objem. Zmenou zmyslu otáčania sa zmení smer prietoku.</p> <p><math>p = 17,5 \text{ MPa}</math>, objem <math>10 \text{ až } 100 \text{ cm}^3 / \text{ot.}</math></p>	
piestový	axiálny			<p>Piestové hydrogenerátory sú výrobné náročné, používajú sa pre veľké tlaky a objemy. Axiálny piestový hydrogenerátor sa vyrába s naklonenou doskou alebo nakloneným blokom. Na obr. je s naklonenou doskou. Piesty sa dotýkajú dosky a pri rotácii sa zatláčajú alebo vysávajú. Zmenou sklonenia dosky sa mení dodávaný objem, sú teda regulačné.</p>
	radiálny			<p>Radiálne piestové hydrogenerátory majú piesty usporiadané radiálne k osi rotácie. Rotor je excentricky uložený v statore. Po obvode má uložené piesty, ktoré sa vplyvom odstredivej sily pritláčajú k statoru. Vstupný a výstupný otvor sú v hriadeli.</p>
skrutkový			<p>Hydrogenerátor tvoria dve alebo tri spoluzaberajúce skrutkové vretená, ktoré sú uložené s malou vôľou v telese. Skrutky majú opačné stúpanie skrutkovice a taký profil, aby bola zabezpečená tesnosť v zábere závitov. Pri otáčaní sa kvapalina plynule pohybuje medzi závitmi v smere osi.</p>	



Ako prvky na riadenie smeru toku kvapaliny sa používajú rozvádzače. Patria sem aj spätné ventily (jednosmerné). Najčastejšie sa používajú posuvné rozvádzače (obr. 2.82).



Obr. 2.82

Vyrábajú sa v rôznych prevedeniach. Charakterizuje ich:

- počet ciest, ktoré prepájajú,
- počet polôh posúvača,
- spôsob ovládania.



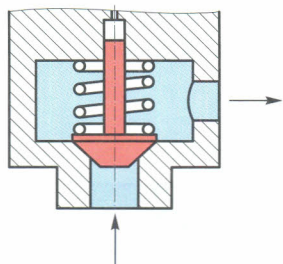
päťcestný dvojpohový, ručné ovládanie,  
spätný pohyb pružinou



štvorcestný trojpohový  
elektrické ovládanie

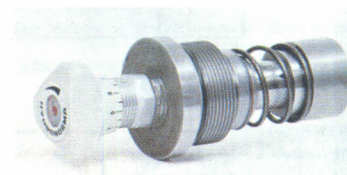
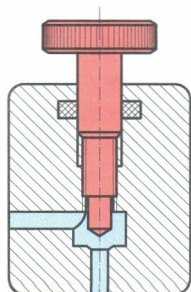
Obr. 2.83

**Jednosmerné ventily (spätné ventily)** prepúšťajú kvapalinu len v jednom smere (obr. 2.84). Keď sila spôsobená tlakom kvapaliny prekoná prítláčnú silu pružiny, ventil sa nadvihne a prepustí tekutinu.



Obr. 2.84

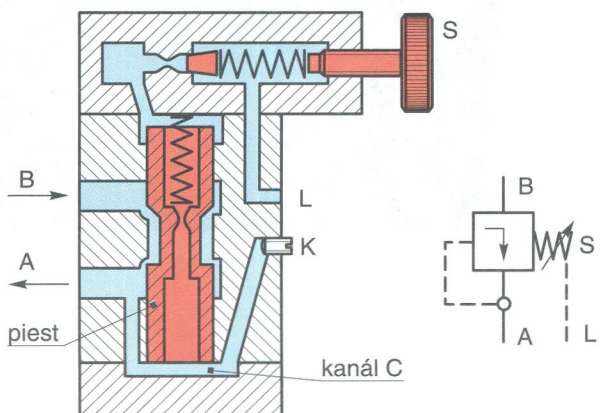
Na riadenie rýchlosti v hydraulických obvodoch sa najviac používajú **škrtiace ventily**. Ich princípom je uzatváranie (zmenšovanie) prietoku kvapaliny (obr. 2.85). Pootočením skrutky jej kužeľový koniec uzatvára prietok. Keď potrebujeme škrtiť prietok len v jednom smere, použijeme **škrtiaci ventil s jednosmerným ventilom**, vidíte ho na fotografii (obr. 2.85).



Obr. 2.85



Prvkami na **riadenie tlaku** kvapaliny sú rôzne druhy ventilov. **Poistný ventil** sa zaraďuje do obvodu medzi hydrogenerátor a hydromotor ako poistenie proti preťaženiu. Keď stúpne tlak v obvode na nežiaducu výšku, prepustí kvapalinu späť do nádrže. **Prepúšťací ventil** má podobnú konštrukciu, ale používa sa na trvalé udržiavanie tlaku stálym prepúšťaním (obr. 2.86). Keď stúpne tlak v prívodnom potrubí B, piest sa posunie smerom dole a priškrtní prietok z potrubia B. Tlak v kanáli C stúpne a vytlačí piest späť hore. Prebytočná kvapalina nad piestom sa popod regulačnú skrutku vytlačí kanálom L. Skrutkami S a K sa nastavujú požadované tlaky v komorách.



Obr. 2.86

Prvky hydraulických obvodov sa vyrábajú v typizovaných radoch.

### Hydromotory

Použitie hydromotorov závisí od ich výstupného pohybu. Poznáme hydromotory s výstupným pohybom **priamočiarym, otáčavým a kývavým**.

Všetky hydrogenerátory, o ktorých sme sa učili, sa dajú použiť ako hydromotory s otáčavým výstupným pohybom. Nie sú však rovnako výhodné. Hlavný parameter je krútiaci moment. Najvýhodnejšie a najpoužívanejšie pre rotačný výstupný pohyb sú piestové hydromotory s rotačnými piestmi.

Najčastejšie sú používané hydromotory s **priamočiarym pohybom**. Sú to valce s piestmi. Na nepohyblivej časti stroja môže byť upevnený valec alebo piestna tyč. Sú konštrukčne aj výrobné jednoduché. Základné druhy sú uvedené v tab. 2.7.

Tab. 2.7

Hydromotory s priamočiarym pohybom			
jednočinné			Pracovný zdvih spôsobuje kvapalina, vratný zdvih zabezpečuje pružina.
dvojičinné			Pohyb v oboch smeroch zabezpečuje kvapalina. Piestna tyč môže byť jednostranná alebo obojstranná – priebežná.



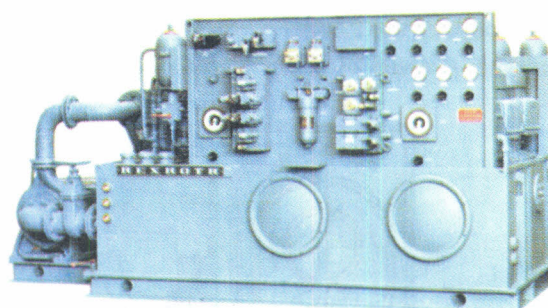
### Pomocné a meracie zariadenia

Sú to nádrž, filter, manometer, akumulátor a pod.

Pre prax sa dodávajú „hnacie agregáty“, ktoré sú uzavretými celkami pozostávajúcimi z nádrže, elektromotora, spojky, hydrogenerátora, meracích prístrojov, olejoznaku, odvzdušňovacej zátky a nalievacích a výpustných otvorov. Na *obr. 2.87* vidíte malý agregát s objemom nádrže 20 dm<sup>3</sup> a na *obr. 2.88* agregát na pohon vretenového lisu.



*Obr. 2.87*



*Obr. 2.88*

Akumulátory sú zariadenia, v ktorých sa dá akumulovať určité množstvo tlakovej energie. Sú založené väčšinou na princípe stlačiteľnosti plynu. Na *obr. 2.89* je vákuový akumulátor.



*Obr. 2.89*

### Kvapaliny pre hydraulické mechanizmy

Kvapalina slúži na prenos energie medzi jednotlivými členmi hydraulického mechanizmu. Je vystavená veľkému mechanickému a chemickému namáhaniu. Hlavné požiadavky na kvapalinu v hydraulickom mechanizme sú:

- malá absorpcia vzduchu a schopnosť oddelenia vzduchu a vody,
- dostatočná tekutosť pri prevádzkovej teplote, aby boli odpory čo najmenšie,
- dobré mastiace vlastnosti,
- čo najmenšia závislosť viskozity od teploty, ochrana proti korózii,
- odolnosť proti peneniu.

Tieto vlastnosti najlepšie spĺňajú minerálne a syntetické oleje, glycerínové zmesi a emulzné kvapaliny.



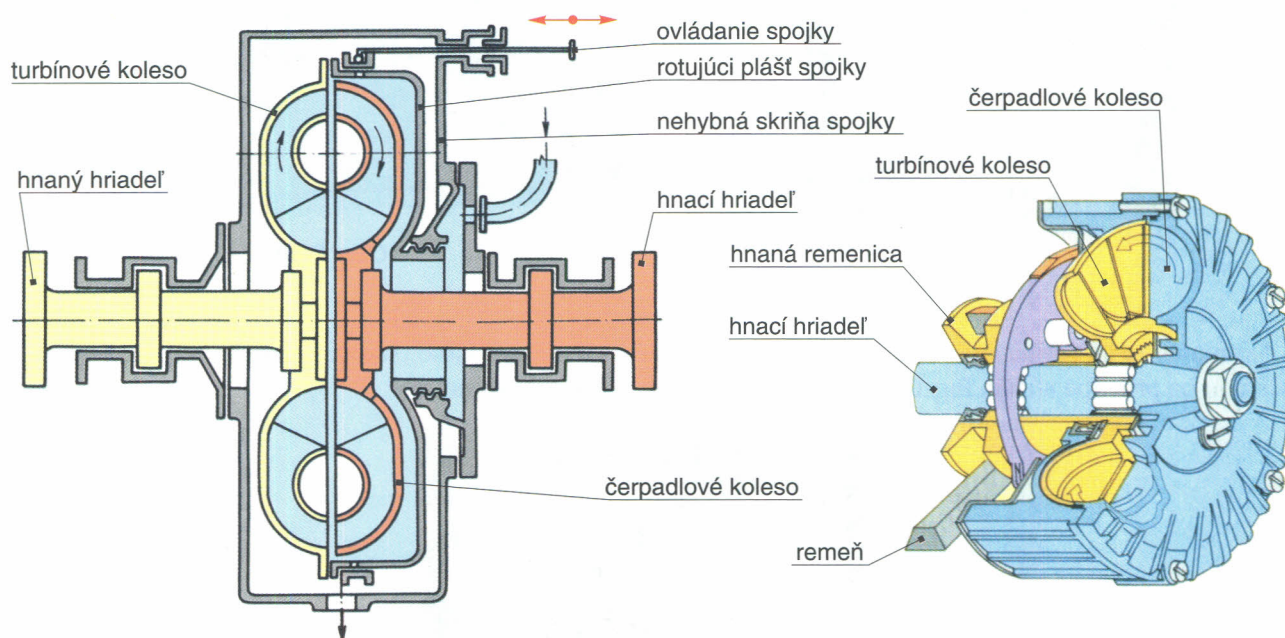
### 2.3.2. Hydrodynamické mechanizmy

V hydrodynamických mechanizmoch sa využíva **kinetická energia kvapaliny**. Pracujú teda na princípe prúdenia. Ich výhodou je plynulá a automatická zmena rýchlosti na hnanej strane, v závislosti od zaťaženia. Sú pružné, ochraňujú zároveň zariadenie pred preťažením.

Tak ako pri hydrostatických mechanizmoch je v obvode zapojený hnací člen a hnaný člen. **Hnací člen je odstredivé čerpadlové koleso** poháňané hnacím hriadeľom od motora. **Hnaný člen, ktorý spracúva energiu, je turbínové koleso**, ktoré je pevne spojené s hnaným hriadeľom. Mení hydrodynamickú energiu kvapaliny na mechanické otáčanie hnaného hriadeľa. Takto sa dajú prenášať veľké krútiace momenty napr. pri automobiloch, lodiach, motorových železničných vozňoch a pod.

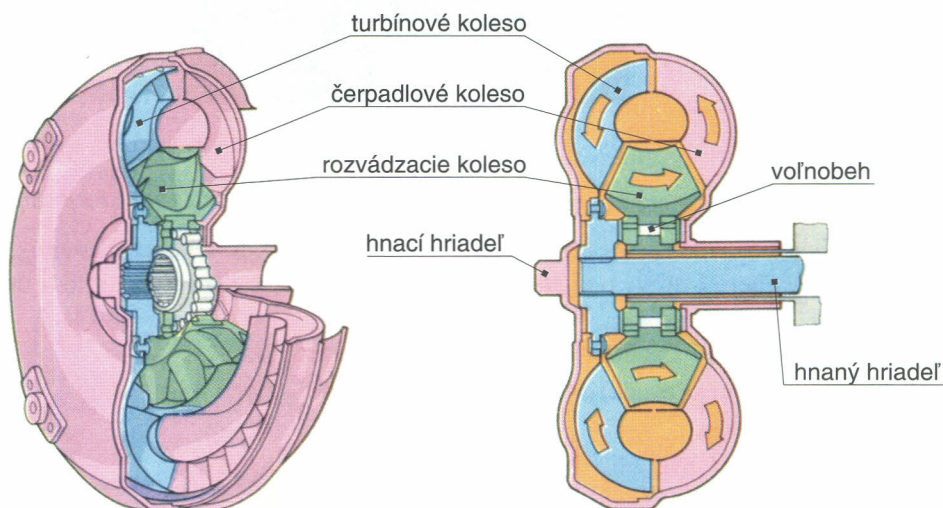
Opísané zariadenie sa používa dvoma spôsobmi:

- ako spojka (obr. 2.90),
- ako menič (obr. 2.91).



Obr. 2.90

Pri **hydrodynamickej spojke** (obr. 2.90) je hnací hriadeľ spojený s čerpadlovým kolesom. Hnaný hriadeľ je spojený s turbínovým kolesom. S turbínovým kolesom je pevne spojený rotujúci plášť spojky. Spojka je uložená v nehybnej skrini, v ktorej je vzduch. Tekutina, ktorú rozprúdi obežné koleso čerpadla, roztočí turbínové koleso, ktoré poháňa hnaný hriadeľ. Prerušenie prenosu krútiaceho momentu vznikne oddialením čerpadlového a turbínového kolesa od seba.



Obr. 2.91



**Menič** má funkciu meniť plynule otáčky podľa zaťaženia hnaného stroja (obr. 2.91). Nehybná skriňa obsahuje tretie, tzv. **rozdávacie koleso** alebo reaktor. Čerpadlové koleso je poháňané hnacím hriadeľom. Turbínové koleso je pevne uložené na hnanom hriadeľi. Menič má teda na rozdiel od spojky tri lopatkové vence: rozvádzací, čerpadlový a turbínový.

**Reakcia prúdu tekutiny medzi týmito vencami spôsobuje zmenu otáčok hnaného hriadeľa.**

Hydrodynamický menič spolu s planétovou prevodovkou a ďalšími zariadeniami tvoria tzv. **automatickú prevodovku**, ako už bolo spomenuté v súvislosti s planétovou prevodovkou.

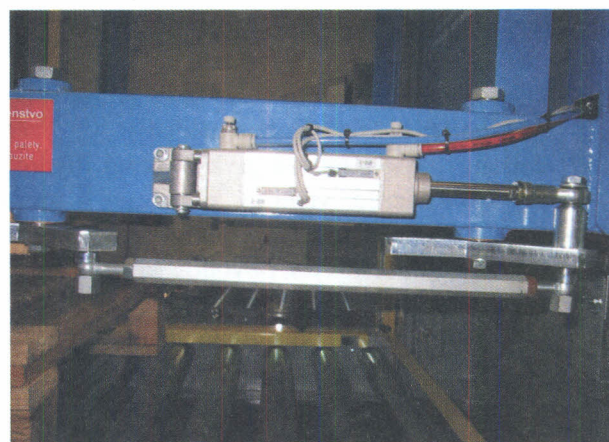
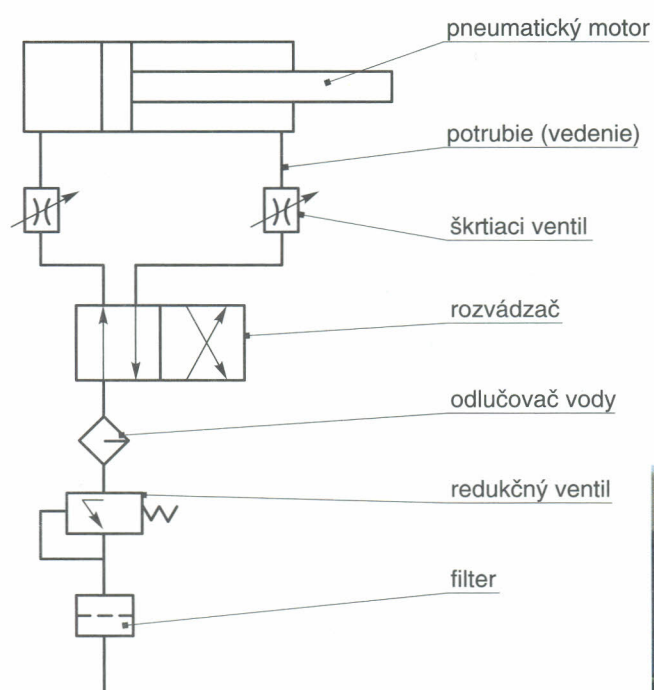
## 2.4. Pneumatické mechanizmy

Pracujú na rovnakých princípoch ako hydraulické mechanizmy. Na prenos energie sa používa vzduch, prípadne iný plyn.

Rozdiel oproti hydraulickým mechanizmom:

- keďže pracujú s menšími tlakmi, majú väčšie rozmery,
- mastenie je problematickejšie,
- majú väčšie rýchlosti plynu v potrubí, a tým aj rýchlejší pohyb pneumatického motora,
- môžu pracovať vo výbušných aj horľavých podmienkach (keď sa vzduch nahradí inertným plynom),
- vzduch z motora sa odvádza cez odlučovač oleja a filter priamo do atmosféry,
- majú nižšiu účinnosť, lebo nevyužívajú energiu akumulovanú v stlačenej plyne.

Na obr. 2.92 je schéma pneumatického obvodu a pneumatický valec na ovládanie páky stohovača palet. Značky prvkov pneumatických obvodov sú podobné ako pri hydraulických obvodoch, ale trojuholníky znázorňujúce smer prúdenia média sú prázdne.



Obr. 2.92

Stlačený vzduch (alebo plyn) nesmie byť znečistený prachom, hrdzou alebo inými čistočkami, musí byť čo najsuchší. Jeho úlohou je aj masť pohybujuce sa súčiastky. Je v ňom rozprášený olej v podobe hmly. Túto úpravu vzduchu zabezpečuje zariadenie zložené z filtra, redukčného ventilu, odlučovača vody a mastenice. Umiestňuje sa pred motor.

Zdrojom stlačeného vzduchu je kompresor, alebo je obvod pripojený na centrálny rozvod vzduchu v dielni.

Na riadenie tlaku sa používajú škrtiace ventily. Ventily sú konštruované ako dosadacie alebo presúvacie.

Na riadenie prietoku vzduchu sa používajú rozvádzače a jednosmerné ventily. Majú podobnú konštrukciu ako v hydraulických obvodoch.

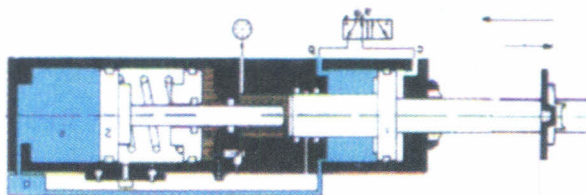
Pneumatické motory môžu mať výstupný pohyb rotačný alebo priamočiary. Z motorov s rotačným výstupným pohybom sa najčastejšie používajú lamelové, zubové a turbínové motory (vzduch prúdiaci z dýzy poháňa lopatkové koleso). Z priamočiarych pneumatických motorov sú najpoužívanejšie piestové motory (valce s piestom).



Spojenie výhod hydrauliky a pneumatiky (veľké sily – veľké rýchlosti, cena) sa využíva pri pneumaticko-hydraulických valcoch. Valce majú dve oddelené komory. V jednej je vzduch, v druhej olej. Ich zdvih pozostáva z troch fáz:

- pneumatický rýchloposun (úspora energie, znížená hladina hluku),
- automatické prepnutie na hydrauliku a silový zdvih,
- pneumatický spätný rýchloposuv.

Tieto valce pracujú až s 90 % účinnosťou oproti pneumatickým a hydraulickým systémom (obr. 2.93). Je to kombinovaný pneumaticko-hydraulický multiplikátor.



Obr. 2.93

## Zhrnutie:

Tekutínové mechanizmy sa používajú v automatizácii a robotizácii. Médium na prenos energie môže byť **kvapalina alebo plyn** (hydraulické a pneumatické mechanizmy). Môžu pracovať s tlakovou alebo pohybovou energiou (hydrostatické, hydrodynamické, pneumostatické, pneumodynamické mechanizmy).

**Hydrostatické mechanizmy** pracujú na princípe nestlačiteľnosti kvapalín (Pascalov zákon, rovnica continuity).

**Výhody:** prenos veľkých síl, veľká presnosť pohybu.

**Nevýhody:** vyššie výrobné náklady.

Hydraulický obvod má prvky: **hnací** (hydrogenerátor), **hnaný** (hydromotor), **ovládacie a regulačné prvky** (rozdávzače, ventily), **pomocné a meracie prvky** (nádž, filtre, hadice, akumulátory, meracie prístroje a pod.).

Schémy hydraulických obvodov sa kreslia pomocou normalizovaných značiek.

Požadované výstupné parametre sa dajú dosiahnuť:

- riadením smeru prietoku – rozvázzače, jednosmerné ventily, obojsmerné hydrogenerátory,
- riadením tlaku – prepúšťacie a poistné ventily, multiplikátor,
- riadením rýchlosti prietoku – škrtiace ventily, regulačný hydrogenerátor, použitie viacerých hydrogenerátorov.

Na kvapaliny v hydraulickom obvode sú tieto požiadavky: nízka závislosť viskozity od tepla, dobré masťacie schopnosti, ochrana pred koróziou. Kvapalinou používanou v hydraulických obvodoch je minerálny, syntetický olej, glycerínové zmesi alebo emulzné kvapaliny.

**Hydrodynamické mechanizmy** pracujú hlavne s **pohybovou energiou** kvapaliny. Najdôležitejšie z nich sú: hydrodynamická spojka a menič.

**Hydrodynamická spojka:** odstredivé čerpadlové koleso, ktoré je poháňané motorom, rozhybe kvapalinu, ktorá odovzdá energiu lopatkám turbínového kolesa, ktoré je spojené s hnaným hriadeľom. Prerušenie prenosu  $M_k$  sa robí oddialením obežných kolies.

**Hydrodynamický menič:** mení  $M_k$  v závislosti od zaťaženia motora. Okrem odstredivého čerpadlového a turbínového kolesa je v ňom aj rozvázzačie koleso, ktoré zabezpečuje zmenu  $M_k$  zmenou prúdenia tekutiny medzi obežnými kolesami.

**Pneumatické mechanizmy** pracujú na podobnom princípe ako hydraulické mechanizmy. Prenos energie prebieha plynom. Najčastejšie je to vzduch. Oproti hydraulickým mechanizmom majú väčšie rozmery, sú pružnejšie (plyn je stlačiteľný), môžu pracovať v nebezpečných prevádzkach (vysoké teploty, horľavé prostredie), nevyžadujú spätné vedenie vzduchu z motora (môže prúdiť do prostredia), horšie masťenie prvkov mechanizmu.

Ako zdroj stlačeného vzduchu sa používa kompresor alebo centrálny rozvod vzduchu.

Hlavné časti pneumatického mechanizmu sú: kompresor, filter, odlučovač vody, masťenica, redukčný ventil a motor.



## Otázky, úlohy a úvahy:

1. Pomenujte hydrostatické mechanizmy na obr. 2.63 až 2.69. Sú statické, alebo mobilné?
2. Aký je rozdiel medzi hydrostatickými a hydrodynamickými mechanizmami?
3. Na základe ktorých zákonov a vzťahov z fyziky pracujú hydrostatické mechanizmy?
4. Keď sa prierez potrubia zmenší, čo sa v potrubí zmení? Ako sa zmení?
5. Do akej výšky môžeme hydraulickým zdvihákom zdvihnúť bremeno s hmotnosťou 60 kg, keď zdvih piesta je 5 cm a pôsobíme naň silou 3 kN?
6. Aké úlohy má tekutina v hydraulickom mechanizme?
7. Nájdite v strojných tabuľkách grafické značky hydraulických a pneumatických obvodov. V čom sa odlišujú?
8. Ako by ste zakreslili jednosmerný ventil do vetvy č. 2 v obrázku 2.79?
9. Pomenujte a uveďte funkciu prvkov v obvode na obr. 2.80 a 2.81.
10. Aký musí byť plyn použitý v pneumatických obvodoch?
11. Ktorý hydraulický alebo pneumatický motor (s akým výstupným pohybom) by ste použili do upínacieho prípravku?
12. Ktorý hydraulický alebo pneumatický motor by ste použili na pohon brúsneho kotúča?
13. Nakreslite jednoduchý hydraulický obvod s rotačným hydromotorom, ktorý sa točí obidvoma smermi.

## 2.5. Mechanizmy na zmenu pohybu

Mechanizmy, ktoré okrem prenosu energie **premieňajú jeden druh pohybu na druhý** (napr. rotačný na priamočiary alebo naopak), sa volajú kinematické mechanizmy alebo mechanizmy pohybové. Na prenos energie a premenu druhu pohybu používajú rôzne súčiastky: páky, ťahadlá, tyče, hriadele, ozubené kolesá a veľa iných súčiastok (obr. 2.94). Tieto mechanizmy sú veľmi často používané a je ich veľa druhov. Preberieme iba základné, často používané druhy.

**Výhody:** spoľahlivosť, malá náročnosť výroby, nie sú citlivé na zmeny teploty.

**Nevýhody:** veľká hmotnosť, hlučnosť, veľké trenie, nepružnosť pri preťažení.

V úvode mechanizmov sme si rozdelili mechanizmy na zmenu pohybu na mechanizmy (tab. 2.1):

- na zmenu pohybu **otáčavého: na posuvný**, a naopak (klukový mechanizmus, vačka, výstredník, pohybové skrutky, hrebeň a ozubené koleso),  
**na obecný pohyb** (kľbový mechanizmus),  
**na kývavý pohyb** (páky, kulisový mechanizmus),
- mechanizmy na opakovaný prerušovaný pohyb (maltézsky mechanizmus, rohatka so západkou),
- mechanizmy na **zastavenie pohybu** (brzdy).

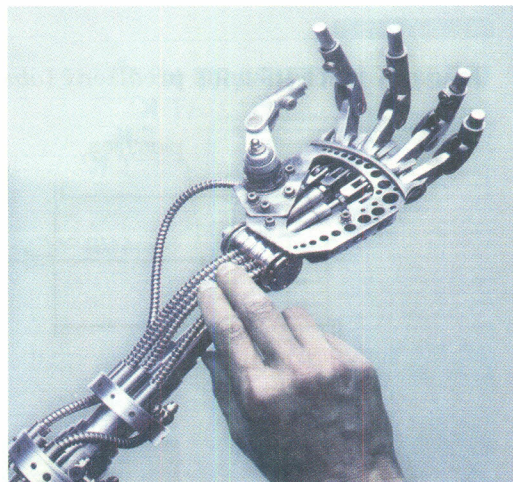
### 2.5.1. Mechanizmy na zmenu otáčavého pohybu

Otáčavý pohon v strojárstve sa dá získať pomerne jednoducho. Preto sa často stretáme s jeho transformovaním na iné pohyby.

#### 2.5.1.1. Mechanizmy na zmenu otáčavého pohybu na priamočiary

##### Klukové mechanizmy

Klukové mechanizmy menia priamočiary pohyb piesta na otáčavý pohyb kluky (napr. v spaľovacích motoroch), alebo naopak (pri piestových čerpadlách a kompresoroch).



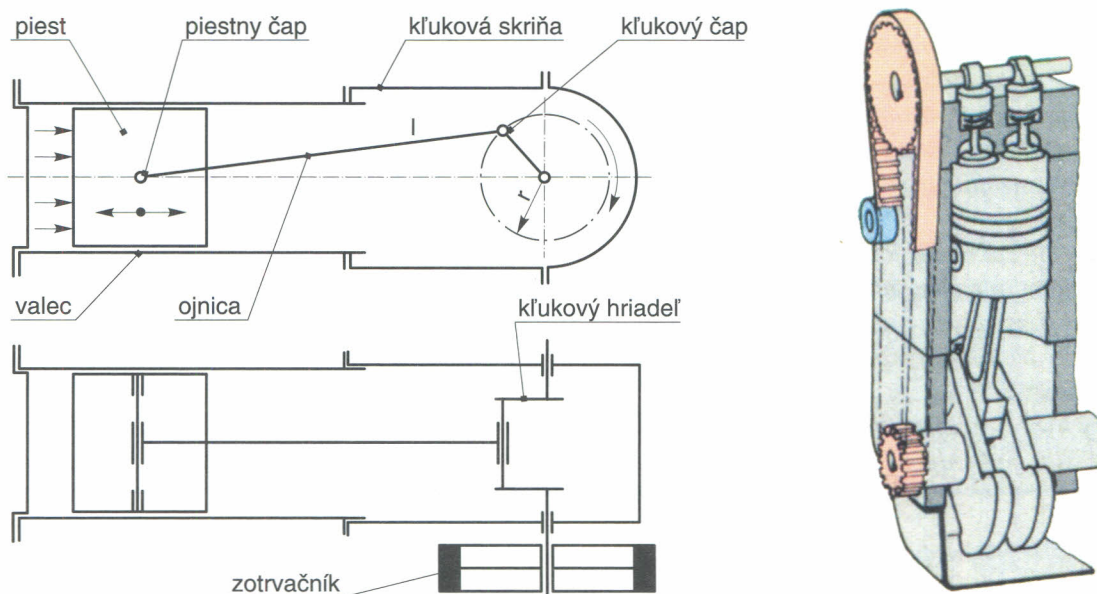
Obr. 2.94



Býva konštruovaný ako:

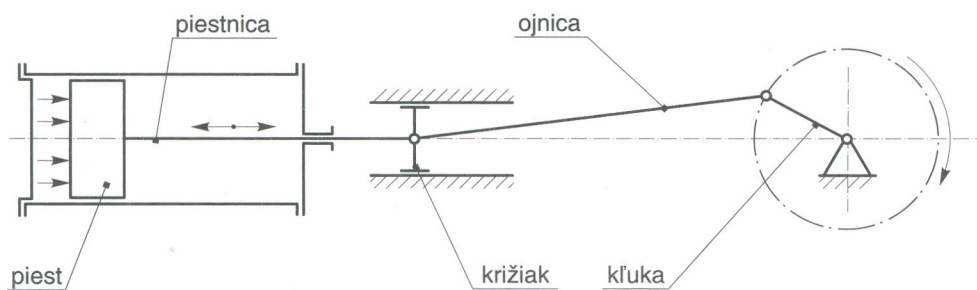
- skrátенý,
- s križiakom.

#### Kľukový mechanizmus skrátенý (obr. 2.95)



Obr. 2.95

#### Kľukový mechanizmus predĺžený (obr. 2.96)



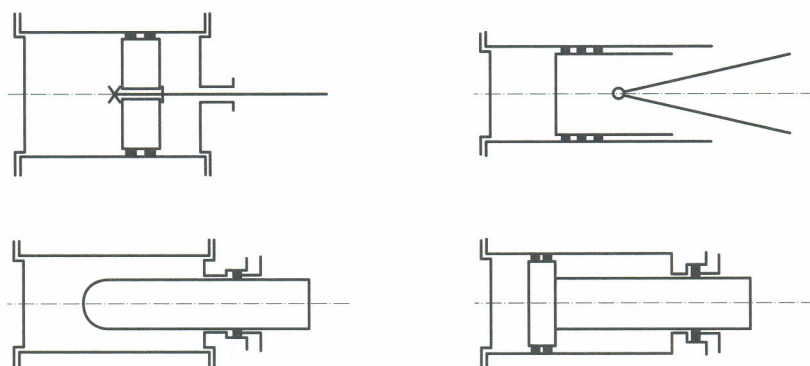
Obr. 2.96

#### Súčiastky kľukového mechanizmu

**Piesty.** Pracovný priestor piestového stroja je vytvorený valcom, vekom (hlavou) a posuvnou časťou – piestom. Skrátенý kľukový mechanizmus má piest priamo spojený s ojnica, pri predĺženom kľukovom mechanizme je piest upevnený na piestnej tyči. Podľa druhu stroja môžu mať rôzny tvar – kotúčové, rúrové, plunžerové, stupňové (obr. 2.97). Musia spoluvytvárať pracovný priestor, odvádzať teplo, mať malú hmotnosť (pre zotrvačné sily).

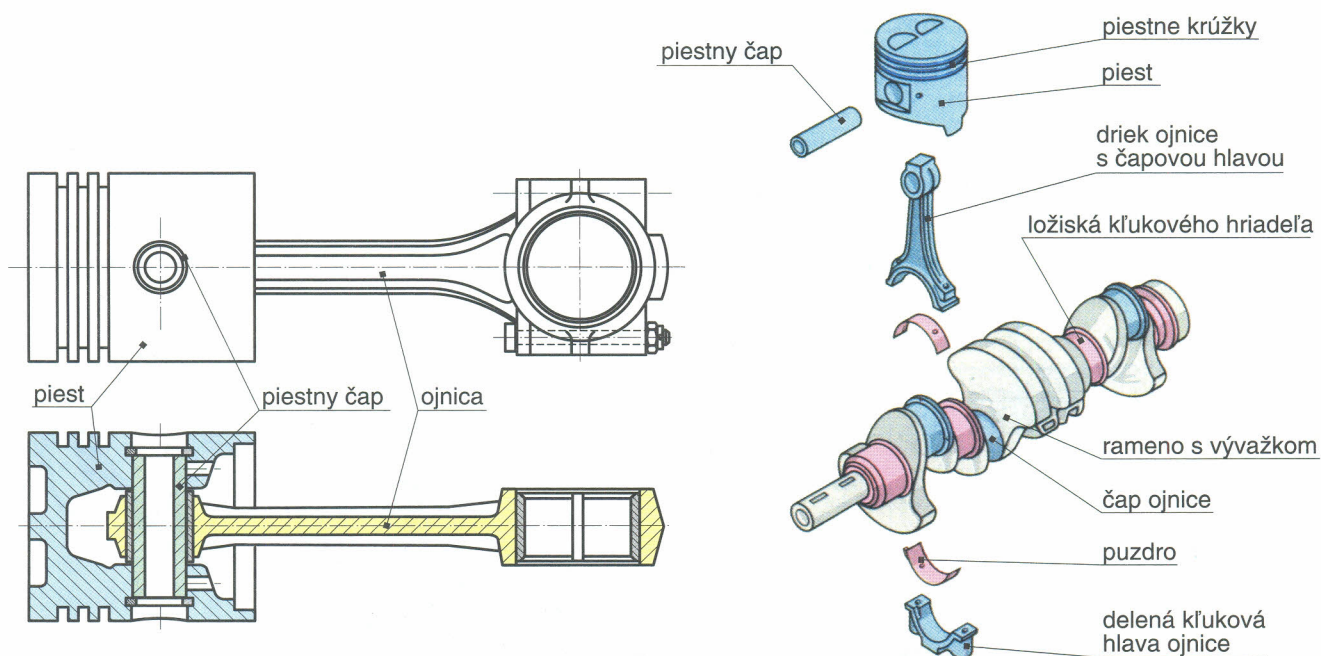
Zhotovujú sa zo zliatin hliníka a meďi alebo hliníka a kremíka, niekedy z liatin.





Obr. 2.97

Na obr. 2.98 je rúrový piest spaľovacieho motora s ojnicou, ktorá je s piestom spojená piestnym čapom.

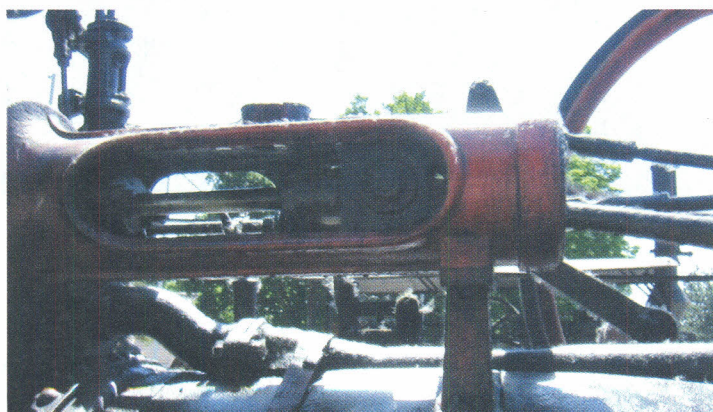


Obr. 2.98

**Piestny čap.** Spája piest s ojnicou (obr. 2.98). Oko ojnice je na ňom uložené otočne. Je nepriaznivo namáhaný, musí byť pevný a ľahký. Je dutý. Jeho rozmery sú normalizované. Vyrába sa z ocelí triedy 12 až 16. Je cementovaný, kalený, brúsený a lapovaný.

**Piestne tyče.** Spájajú piestne čapy s križiakom pri predĺženom kľukovom mechanizme. Sú namáhané vzperom (obr. 2.99 a obr. 2.102).

**Križiaky.** Otočne spájajú ojnicu s piestnou tyčou a vedú piestnu tyč (obr. 2.99 a 2.102).

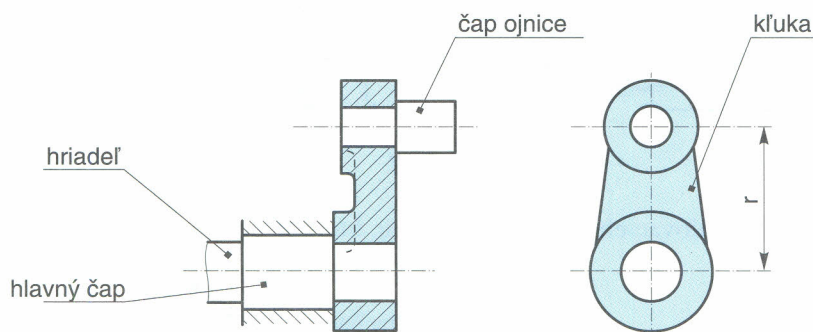


Obr. 2.99



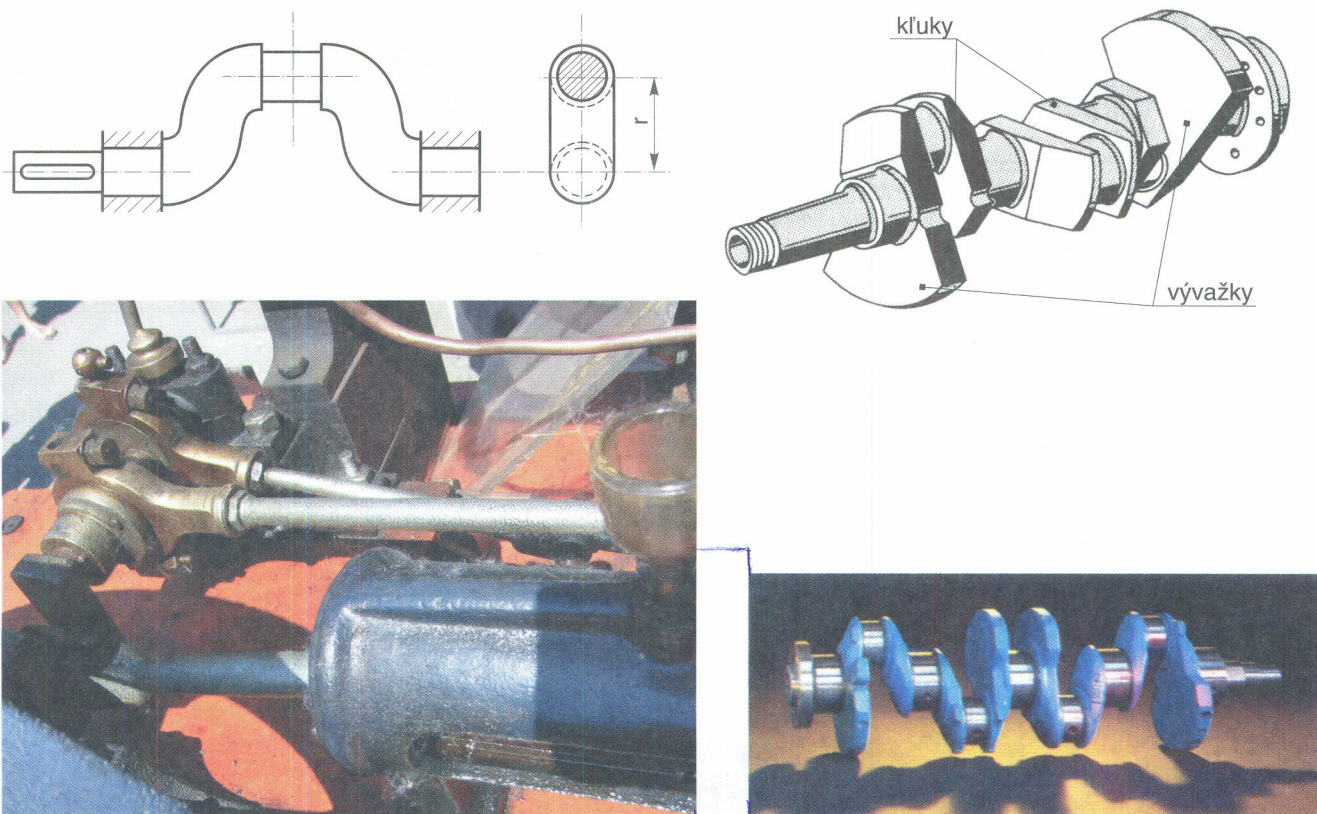
**Ojnice.** Prenášajú sily z piesta alebo piestnej tyče na kľukový hriadeľ (kľukový čap). Menia priamočiary pohyb piesta (križiaku) na otáčavý. Majú driek, dve hlavy (obr. 2.98). Vyrábajú sa z uhlíkových alebo zliatinových ocelí zápustkovým kovaním.

**Kľuky.** Na konci kľukového hriadeľa sa montuje čelná kľuka (obr. 2.100). Kľukou sa prenáša pohyb z ojnice na hriadeľ. Ojničná hlava objíma čap kľuky. Kľuka je nasadená na hlavný čap, ktorý je vyrobený z jedného kusa, s kľukovým hriadeľom. Nevýhodou je rotujúca nevyvážená hmota kľuky.



Obr. 2.100

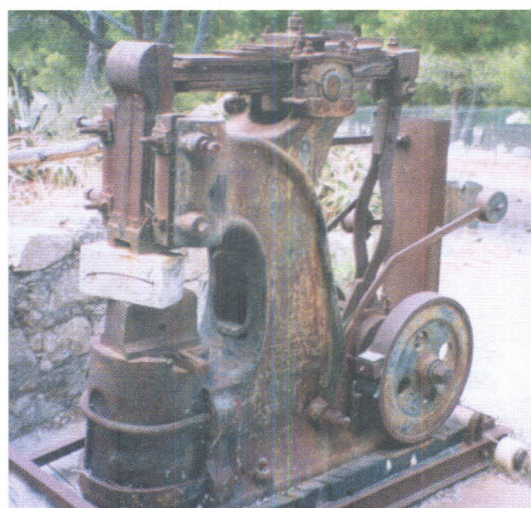
**Kľukový hriadeľ.** Rotujúcu nevyváženú hmotu kľuky možno zmierniť tak, že z dvoch kľúk a ich čapov vyrobíme jedno teleso – kľukový hriadeľ (obr. 2.101). Rovnomernosť otáčania sa zabezpečuje vývažkami na kľukách, z ktorých sa pri vyvažovaní materiál odvráva. Hriadeľ je uložený vo viacerých ložiskách. Veľké hriadele sú duté. Mastenie je otvormi vyvrtanými v hriadeľi.



Obr. 2.101

**Zotrvačník.** Počas jednej otáčky kľukového hriadeľa sa menia sily na mechanizmus. To spôsobuje nerovnomerný chod stroja. Na zabezpečenie rovnomerného otáčania sa na kľukový hriadeľ nasadzuje ťažký kotúč – zotrvačník, ktorý zmierni nerovnomernosť otáčania. Na obr. 2.102 vidíte predĺžený kľukový mechanizmus aj so zotrvačníkom a starý pružinový buchar, ktorého zotrvačník slúži aj ako kotúč brzd.





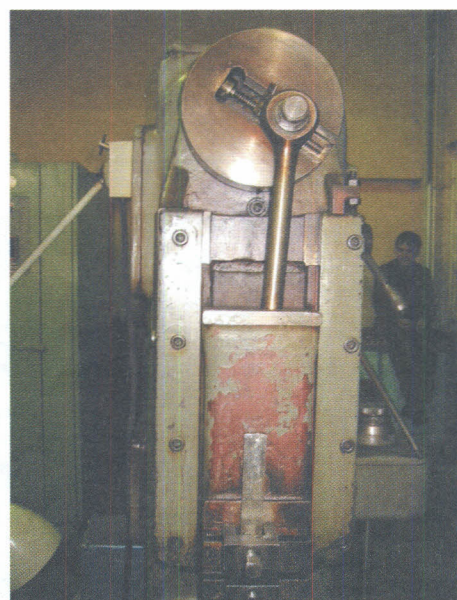
Obr. 2.102

### Výstředníky

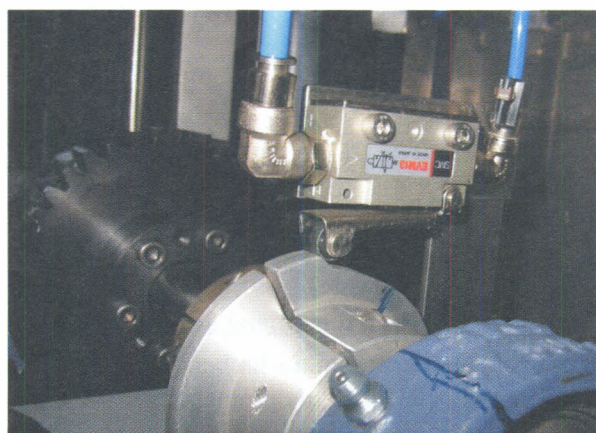
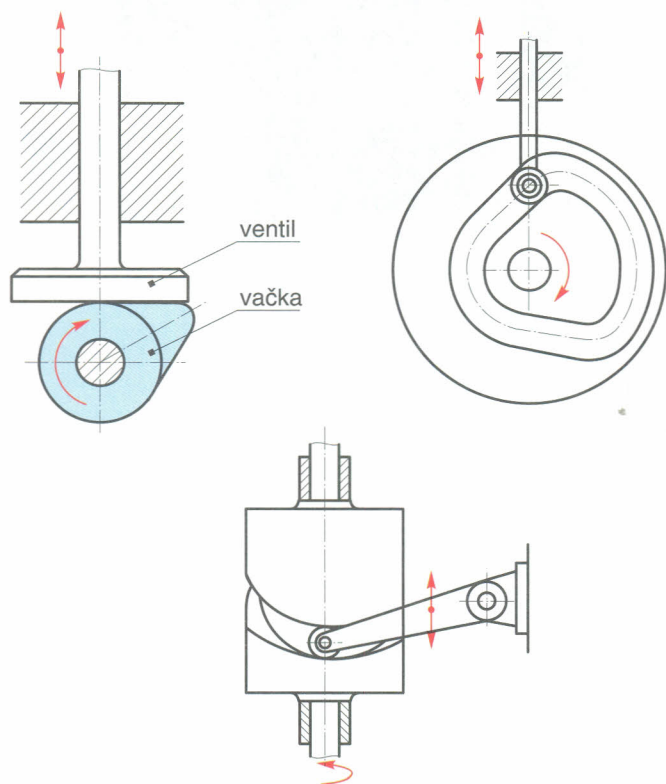
Výstředníky (excentre) sú okrúhle kotúče, ktorých os otáčania je uložená mimo geometrický stred. Nahrádzajú kľukové mechanizmy tam, kde je malý zdvih a menšie sily. Excentricita nahrádza polomer kľuky (obr. 2.103). Používajú sa napr. aj na vyvedenie upínacej sily v prípravkoch.

### Vačky

Vačky sú súčiastky nekrhového tvaru, ktoré sa najčastejšie skladajú z dvoch kruhových oblúkov a z dvoch priamok. Uložené na vačkovom hriadeli sa používajú na pohon ventilov v spaľovacích motoroch, na ovládanie vedľajších pohybov sústružníckych automatov a pod. (obr. 2.104).



Obr. 2.103



Obr. 2.104

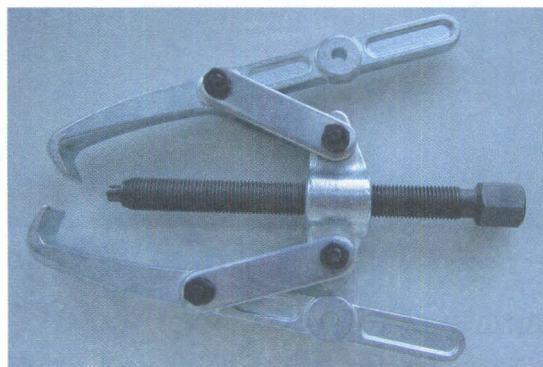
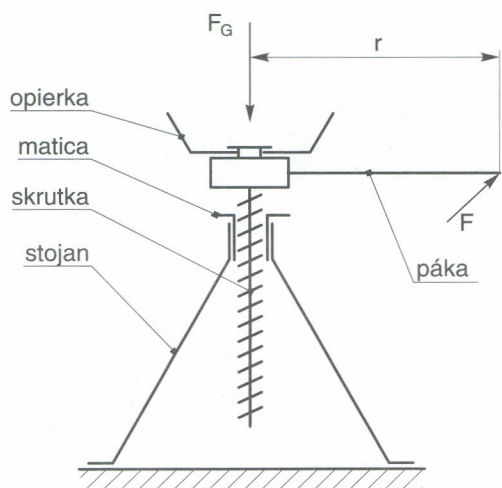


### Pohybové skrutky

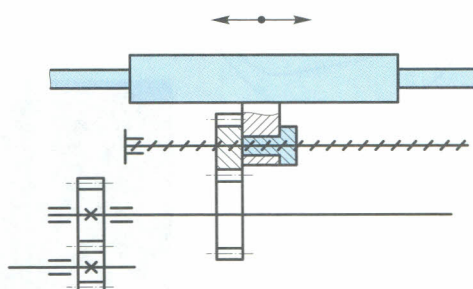
Pohybové skrutky sa používajú na zmenu otáčavého pohybu na priamočiary, a naopak. Skrutka s maticou sa používajú pri malých rýchlostiach a veľkom prevode. Na pohybových skrutkách býva **lichobežníkový závit**.

Podľa konštrukcie môžu nastať dva prípady:

- matica je upevnená proti otáčaniu, otáča a posúva sa skrutka, napr. zdvihák (obr. 2.105),
- skrutka je zaistená proti posuvu, môže sa len otáčať. Matica sa na nej posúva. Môže byť spojená s časťou mechanizmu, ktorá sa má posúvať, napr. pohyb suportu na sústruhu (obr. 2.106).



Obr. 2.105



Obr. 2.106

### Ozubený hrebeň a ozubené koleso

S ozubeným kolesom a s hrebeňom (čo je vlastne koleso s nekonečným priemerom) sme sa stretli pri ozubených prevodoch. Slúžia na premenu otáčavého pohybu na priamočiary, niekedy aj opačne. Na obr. 2.107 vidíte použitie tohto prevodu na hrebeňovom zdviháku, na dvíhanie zdrže na vodných hrádzach a v hrebeňovom riadení predných kolies osobných automobilov.



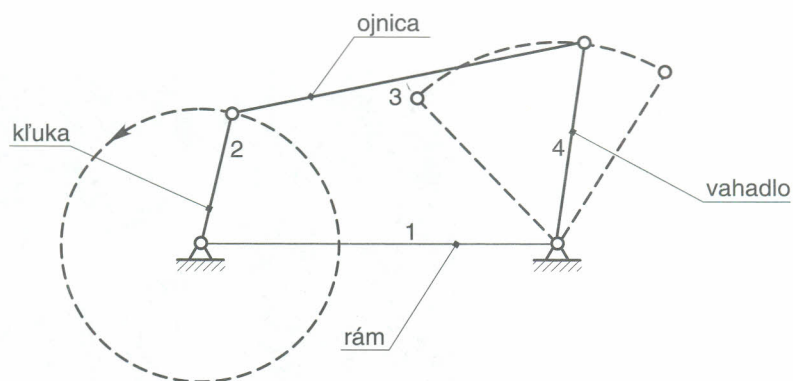


Obr. 2.107

### 2.5.1.2. Mechanizmy na zmenu otáčavého pohybu na všeobecný – kĺbové mechanizmy

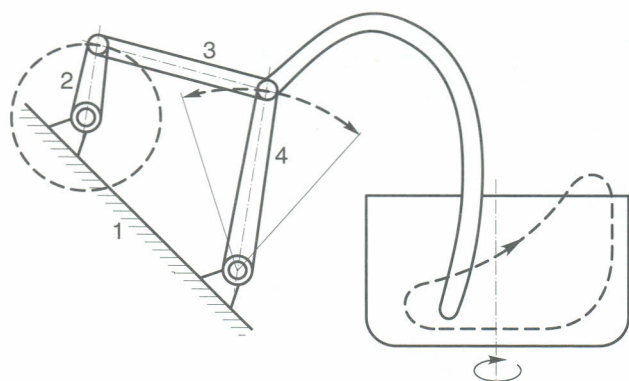
Hlavným predstaviteľom tejto transformácie pohybu je **kĺbový mechanizmus**.

Základom kĺbových mechanizmov je kĺbové (otočné) spojenie dvoch alebo viacerých členov. Členy sa môžu kývať alebo otáčať. Najznámejší je štvorčlenný mechanizmus, ktorý voláme štvorčlen (obr. 2.108). Nehybnou časťou mechanizmu je rám (prvý člen, hovorí sa mu aj základ), hnacou časťou je kľuka (druhý člen). Pohyb od kľuky k ramenu sa prenáša ojnica (tretí člen). Vahadlo sa bude pri otáčavom pohybe kľuky kývať. Hnanou časťou je vahadlo (štvrtý člen).



Obr. 2.108

Na obr. 2.109 vidíte schému použitia štvorčlenného mechanizmu miesiaceho stroja a kopírovacieho zariadenia.



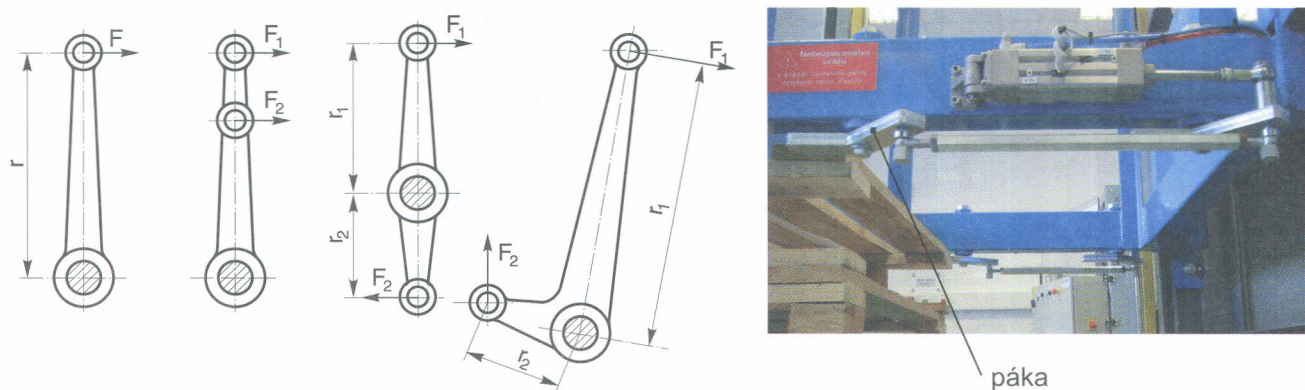
Obr. 2.109



### 2.5.1.3. Mechanizmy na zmenu otáčavého pohybu na kývavý

#### Páky

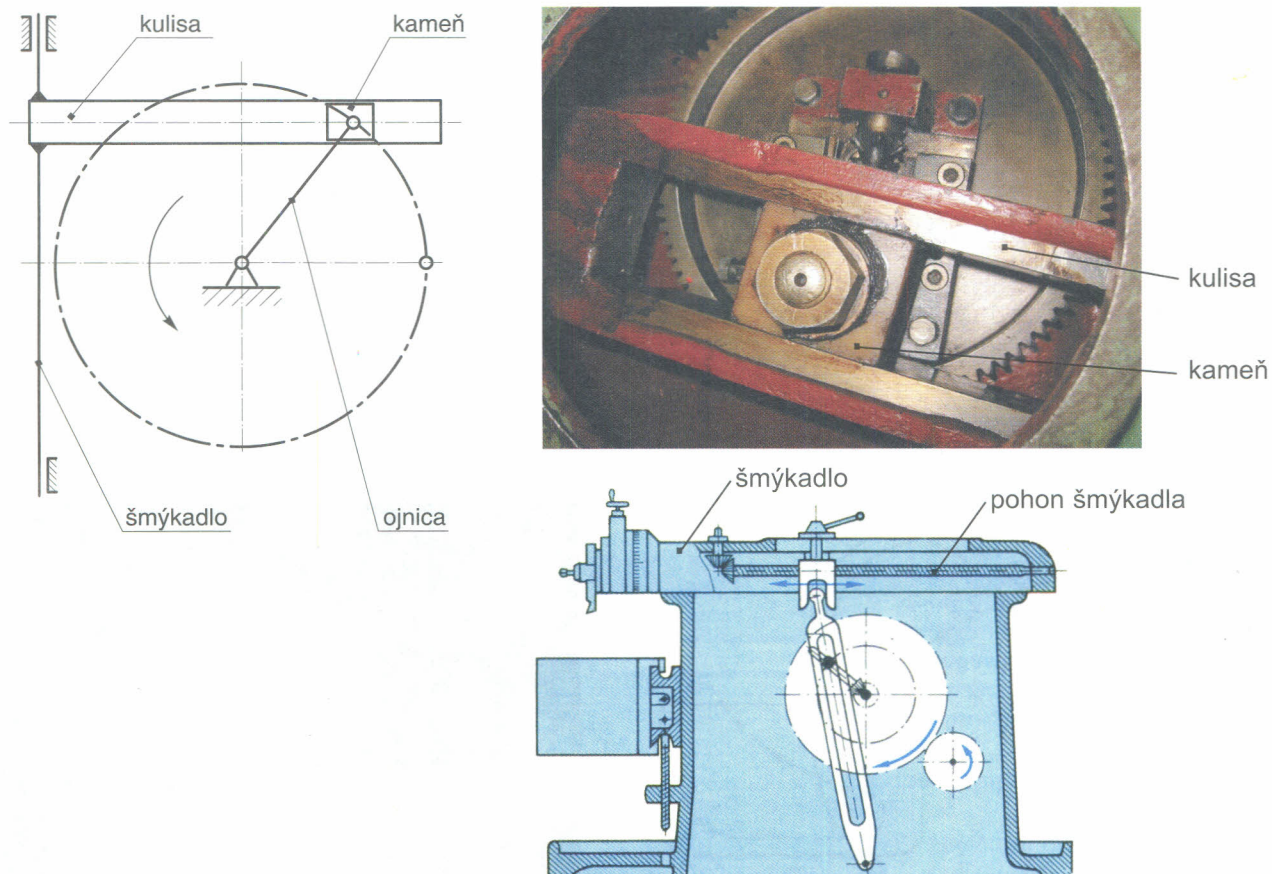
Páky sú základné súčiastky pri viacerých druhoch mechanizmov. Pri pákach sa pohyb prenáša kývavým pohybom (obr. 2.110).



Obr. 2.110

#### Kulisové mechanizmy

Kulisové mechanizmy **menia otáčavý pohyb na kývavý** (ktorý sa môže ďalej meniť na priamočiary). Súčiastka, ktorá tento mechanizmus charakterizuje, je **kulis**. Je to hranolovité teleso, v ktorom sa pohybuje štvorhran – **kameň**. Kameň je spojený s hriadeľom pomocou kĺbovo uložennej **ojnice**. Otáčanie hriadeľa sa pomocou ojnice prenáša cez kameň na kulisu, ktorá sa kýva. Keď kulisu spojíme so šmykádlom alebo kĺbom s maticou, ako je to na obr. 2.111 pri vodorovnej obrážačke, bude kulisu ťahať pri kývaní maticu, a tým aj sane s nástrojom.



Obr. 2.111

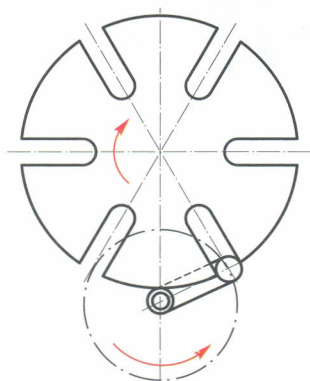


## 2.5.2. Mechanizmy na zmenu plynulého pohybu na prerušovaný

Do tejto skupiny sme zaradili mechanizmy, ktoré vykonávajú opakovaný prerušovaný pohyb. Z veľkého množstva takýchto mechanizmov sme vybrali maltézsky mechanizmus a rohatku so západkou.

### Maltézsky mechanizmus

Maltézsky mechanizmus (obr. 2.112) sa používa tam, kde potrebujeme **pootočiť** nejakú časť stroja **prerušovane**, vždy o rovnaký uhol (napr. bubon revolverového sústruhu, podávanie fliaš na plniacom automate, fotografia na obr. 2.112). Kľuka sa rovnomerne otáča, a keď zaberie do výrezu maltézskeho kotúča, pootočí ho o určitý uhol. V mechanizme na obrázku je potrebných päť otáčok na jednu otáčku kotúča. (Zárezy na kotúči môžu byť aj štyri, potom tvar pripomína maltézsky kríž – odtiaľ je názov.)



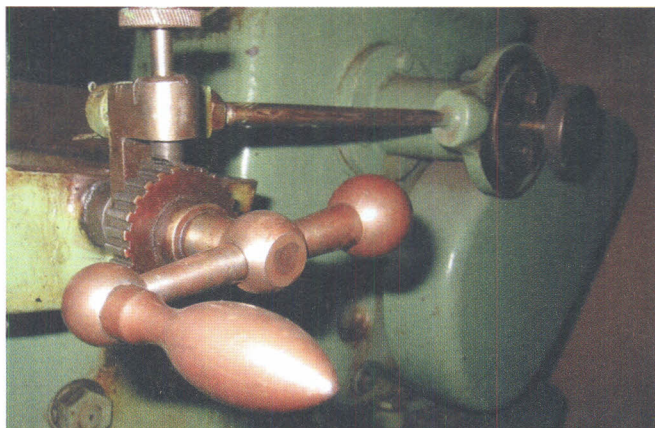
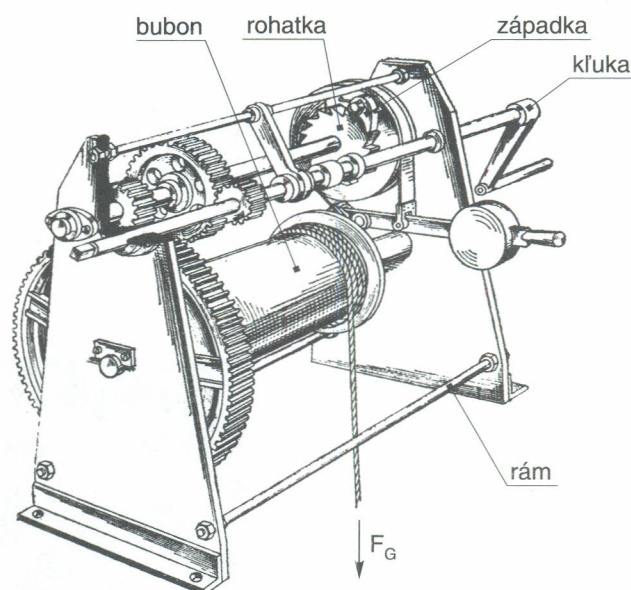
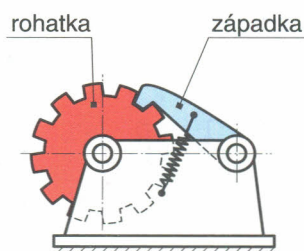
Obr. 2.112

### Rohatka so západkou

Mechanizmus sa používa na prerušovaný pohyb alebo poistenie polohy.

**Rohatka** je kotúč so špeciálne skloneným ozubením. **Západka** je jednoramenná páka, ktorá je otočne uložená na čape. Jej druhý koniec je prispôsobený na zapadnutie do zubovej medzery rohatky. Pri jej zapadnutí do zubov sa môže rohatka otáčať len v jednom smere. Preto sa tento mechanizmus často používa aj na poistenie polohy, napr. na poistenie napnutej volejbalovej alebo tenisovej siete alebo slúži ako spúšťacia brzda, napr. na kladkostrojoch (obr. 2.113).

Na prerušovanie pohybu sa napr. používa ako krokový mechanizmus brúsok pílových kotúčov.



Obr. 2.113



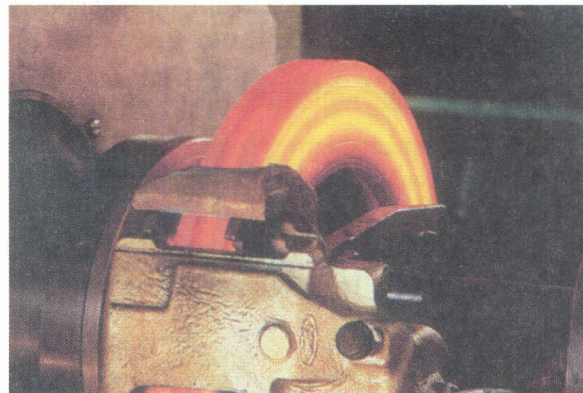
### 2.5.3. Mechanizmy na zabrzdenie pohybu – brzdy

Brzdy slúžia na **spomaľovanie pohybu telesa**, prípadne na jeho **zastavenie**. Brzdením sa pohybová energia mení na teplo.

Podľa spôsobu vyvedenia brzdiaceho momentu rozoznávame brzdy:

- trecie,
- prúdové,
- elektrické.

V motoroch a žeriavoch sa používajú väčšinou trecie brzdy. Podstatou tohto brzdenia je vzájomné trenie funkčných plôch. Vždy vzniká pri tom veľké teplo (obr. 2.114).



Obr. 2.114

#### 2.5.3.1. Trecie brzdy radiálne

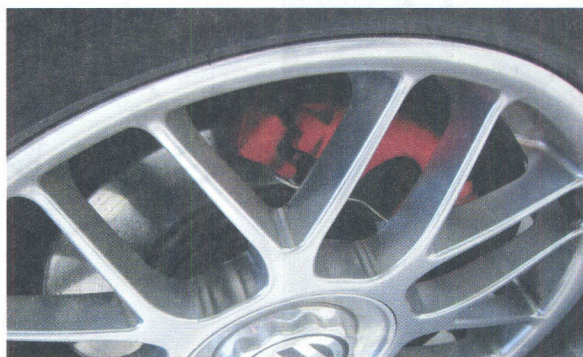
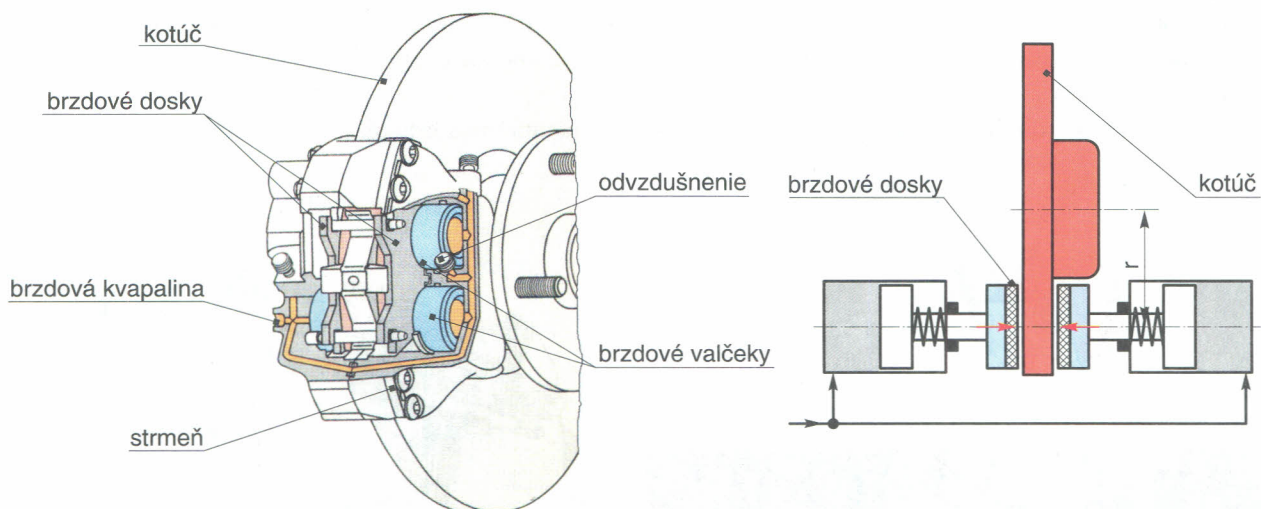
Budeme sa podrobnejšie zaoberať trecími brzdami, keďže v strojárstve sa s nimi najčastejšie stretávame. Podľa smeru prítlačnej sily pôsojacej na hriadeľ ich môžeme rozdeliť na:

- **radiálne** – sila, ktorá vyvolá brzdiaci účinok, je kolmá na hriadeľ (tab. 2.8),
- **axiálne** – sila pôsobí v smere osi hriadeľa.

#### 2.5.3.2. Trecie brzdy axiálne

Trecie brzdy axiálne sú v starších zdvíhacích mechanizmoch vo vyhotovení ako kuželové, tanierové, lamelové. Predstavte si ich konštrukciu podobne ako pri spojkách s rovnakým názvom.

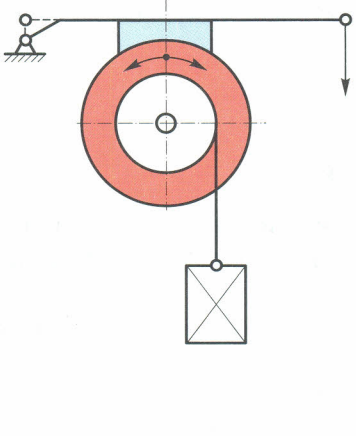
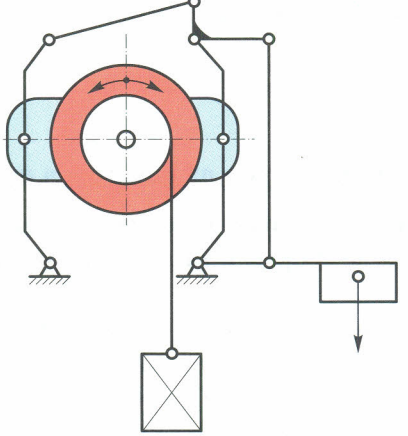
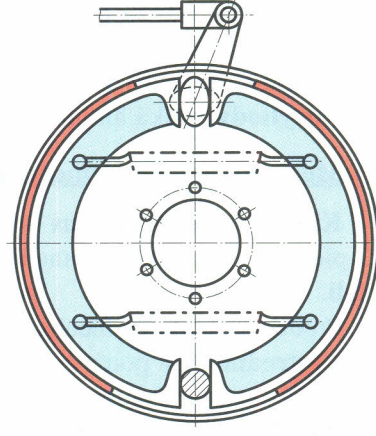
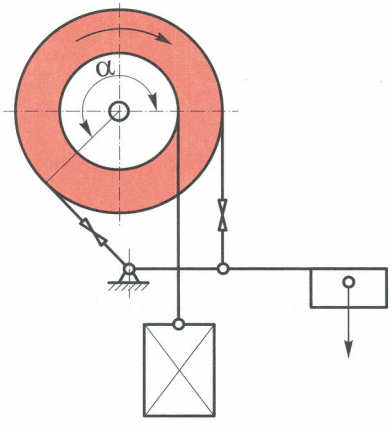
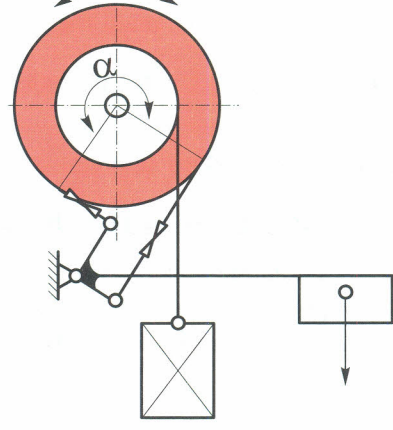
V motorových vozidlách, a tiež v žeriavoch, sa stále viac používajú hydraulicky ovládané **kotúčové brzdy** (obr. 2.115). Brzdňá časť má tvar kotúča, na ktorého čelné plochy pôsobia brzdivé dosky z oboch strán. Sú prítlačané brzdovými valčekmi.



Obr. 2.115



Tab. 2.8

<b>Trecie brzdy radiálne</b>			
<b>čelustové</b>	 <p style="text-align: center;">jednočelustová</p>	 <p style="text-align: center;">dvojčelustová</p>	 <p style="text-align: center;">s vnútornými čelustami (bubnová)</p>
<p>Jednočelustové brzdy sa používajú len pre ručný pohon. Vzniká pri nich jednosmerná sila na hriadeľ. Túto nevýhodu vylúčime pri dvojčelustových brzdách. Čeluste majú obloženie z materiálu s dobrými trecími vlastnosťami. Dnes sa vyrábajú bezazbestové obloženia. V automobiloch sa používajú brzdy s vnútornými čelustami. Brzdiaca časť má tvar bubna. Na jeho vnútornú časť sa pritláčajú čeluste. Bubon je spojený s kolesom. Brzdiaca sila je vyvolaná tlakom kvapaliny (kvapalinové brzdy) alebo vzduchom (vzduchové brzdy – nákladné automobily).</p>			
<b>pásové</b>	 <p style="text-align: center;">jednoduchá</p>	 <p style="text-align: center;">súčtová</p>	
<p>Sú účinnejšie ako čelustové, ale brzdia väčšinou len v jednom smere. Používajú sa napr. ako spúšťacie brzdy pri žeriavoch alebo v automobiloch ako ručná brzda.</p>			



## Zhrnutie:

Kinematické mechanizmy (alebo mechanizmy pohybové) sú mechanizmy, ktoré pri prenose energie **premieňajú jeden druh pohybu na druhý**. Používajú na to rôzne súčiastky, napr. páky, ťahadlá, tyče, hriadele, ozubené kolesá a veľa iných.

**Výhody:** spoľahlivosť, sú lacné.

**Nevýhody:** veľká hmotnosť, hlučnosť.

### Mechanizmy na premenu otáčavého pohybu na posuvný, a naopak

**Kľukový mechanizmus** – je **skrátенý, alebo predĺžený**. Skrátенý má **piest** pohybujúci sa vo **valci**. S piestom, pomocou piestneho čapu, je spojená **ojnica**. Jej druhý čap je na kľuke alebo **kľukovom hriadele**.

Predĺžený kľukový mechanizmus má medzi ojnicou a piestom **piestnu tyč** spojenú s ojnicou **križiakom**.

**Výstredníky** sa používajú na malé zdvihy namiesto kľuky.

**Vačky** sa používajú na zmenu otáčavého pohybu na priamočiary pohyb s malým zdvihom.

**Pohybové skrutky** – môžu mať dve riešenia. Buď je proti otáčaniu zabezpečená matica (skrutka sa otáča a pohybuje v pozdĺžnom smere), alebo je skrutka zabezpečená proti posuvu (môže sa len otáčať) a pohybuje sa matica.

**Ozubený hrebeň a ozubené koleso** môžu slúžiť pre jemné mechanizmy, a aj pre pohyb ťažkých predmetov (zdviháky, vráta na malých splavoch).

### Mechanizmy na premenu otáčavého pohybu na obecný

**Kĺbové mechanizmy** – základom je kĺbové spojenie dvoch a viac členov. Najznámejší je štvorčlen, z ktorého je odvodený kulisový mechanizmus.

### Mechanizmy na premenu otáčavého pohybu na kývavý

**Kulisový mechanizmus** – má ojnicu, ktorej jeden čap je na hriadele, druhý v kameni, ktorý sa pohybuje v kulise, ktorá je pevne spojená so šmykádlom.

**Páky** – sú jednoduché, majú rôzny tvar, prenášajú pohyb kývavým pohybom. Majú jeden až tri čapy.

### Mechanizmy na premenu plynulého pohybu na prerušovaný

**Maltézsky kríž** – používa sa na prerušované pootočenie súčiastky.

**Rohatka so západkou** sa používa na opakovaný prerušovaný pohyb alebo zaistenie polohy.

### Mechanizmy na zastavenie pohybu

**Brzdy** – podľa spôsobu vyvodenia brzdného účinku sú trecie, prúdové a elektrické. V strojárstve sa najčastejšie používajú **trecie** brzdy. Podľa smeru brzdiacej sily sú radiálne (sila pôsobí kolmo na os hriadeľa) a axiálne (sila pôsobí v smere osi hriadeľa).

Radiálne sú:

- jednočelustová
- dvojčelustová
- s vnútornými čelustami (bubnová)

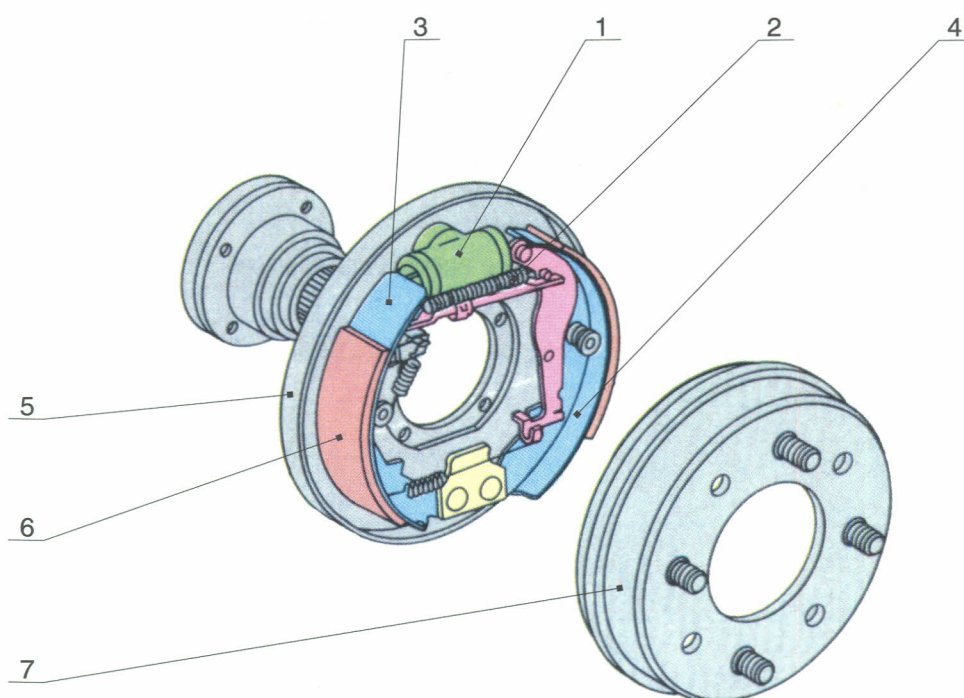
Axiálne sú:

- kuželové
- lamelové
- tanierové
- kotúčové



### Otázky, úlohy a úvahy:

1. Čo sú kinematické mechanizmy?
2. Z akých súčiastok sa skladá kľukový mechanizmus skrátenej, z akých predĺženej?
3. Kde ste videli kľukový mechanizmus?
4. Kde ste videli mechanizmus s pohybovou skrutkou?
5. Aký závit býva na pohybových skrutkách? Viete prečo?
6. Aký zdvihák máte vo výbave auta?
7. Kde ste videli kľbový mechanizmus?
8. Nájdite vo svojom okolí páku.
9. Ako je v spaľovacích motoroch automobilov realizovaný pohyb ventilov?
10. Videli ste už na motocykloch kotúčové brzdy?
11. Čo si myslíte, akú majú kotúčové brzdy nevýhodu v prevádzke?
12. Opíšte brzdú a jej časti na obr. 2.116.
13. Nakreslite jednoduchú schému nejakého mechanizmu vo vašom okolí.



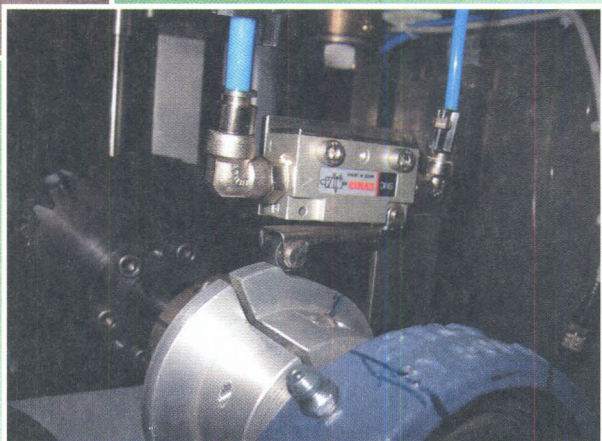
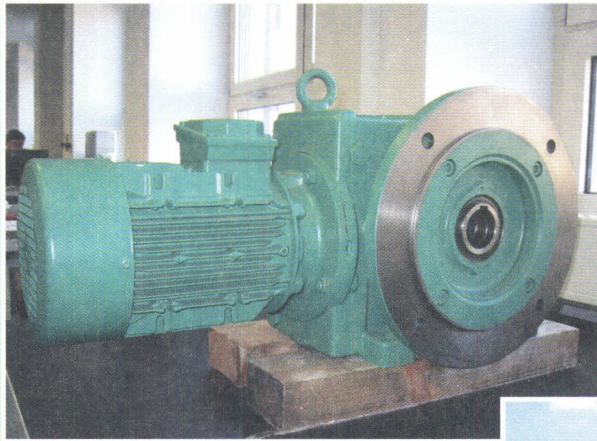
Obr. 2.116



## Literatúra

1. BARTOŠ, J. a i.: Strojové súčiastky II. Bratislava: Alfa 1968.
2. BARTOŠ, J. a i.: Časti strojov II - III. Bratislava: Alfa 1978.
3. DVOŘÁK, R. a i.: Stroje. Bratislava: SVTL 1967.
4. FALK, D. a i.: Metalltechnik Grundstufe. Wien: 1987 Westermann Verlagsges.
5. FALK, D. a i.: Metalltechnik Fachbildung Industrienmechanik. Braunschweig: Westermann Schulbuchverlag GmbH 1990.
6. FRISCHHERZ, A. a i.: Technologie spracování kovů 2. Praha: SNTL 2001.
7. GERIK, P. a i.: Kraftfahrzeugtechnik Braunschweig: Westermann Schulbuchverlag GmbH 1991.
8. HLUCHÝ, M.: Strojárska technológia pre SPŠ nestrojnícké, Praha: SNTL 1981.
9. HLUCHÝ, M.: Strojárska technológia I. Bratislava: Alfa 1984.
10. HOLLÝ, A. a i.: Slovník cudzích slov. Bratislava: Tatran 1953.
11. HUŠKA, Z.: Části strojů pro SPŠ nestrojnícké, Praha: SNTL 1979.
12. IVANOVÁ, M. a i.: Slovník cudzích slov. Bratislava: SPN 1983.
13. KŘÍŽ, R. a i.: Strojové súčiastky I. Bratislava: Alfa 1989.
14. LEINVEBER, J. a i.: Technické kreslení pro SPŠ strojnícké. Bratislava: Alfa 1984.
15. MARTINÁK, M.: Kontrola a meranie. Bratislava: Alfa 1988.
16. MERKLE, D. a i.: Hydraulika, D 8770 Lohr am Main copyright 1991 Festo Didaktik KG, D-W-7 300Esslingen 1.
17. PETRÍK, I.: Strojníctvo III. Bánovce nad Bebravou: SPŠ 1997.
18. ŘASA, J. a i.: Strojírenská technologie 3. Praha: Scientia 2001.
19. SCHMIDT, A.: Příručka hydrauliky. G. L. Rexroth GmbH.
20. ŠAMIEROVÁ, M.: Základy strojárskiej výroby. Bratislava: PROXMA PRESS 2000.
21. Technika a trh č. 5/2005.
22. VÁVRA, P. a i.: Strojnícké tabuľky pre SPŠ strojnícké. Bratislava: Alfa 1983.  
Firemné prospekty, časopisy.







---

# **STROJNÍCTVO III**

Katarína Michalíková, Jarošlav Petřík

Manažérka redaktorka RNDr. Veronika Zvončeková

Redakčná úprava Mgr. Ladislav Sokol

Návrh obálky a grafická úprava Peter Semančík

Vyšlo v EXPOL pedagogika, spol. s r. o., Bratislava,  
riaditeľ Ing. Peter Červeňanský

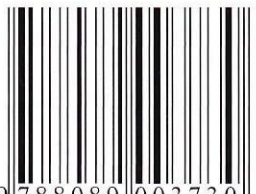
Vytlačilo KASICO, a. s.

**ISBN 80-89003-73-7**





ISBN 80-89003-73-7



9 788089 003730

skl. č. 9-91-306