

Strojníctvo IV

pre 4. ročník SPŠ

pedagogika

Katarína Michalíková

Oldrich Michalík

Strojníctvo IV

pre 4. ročník SPŠ



Autori © Ing. Katarína Michalíková, Ing. Oldrich Michalík, 2006

Lektorovali: doc. Ing. Jozef Antala, PhD., Ing. Daniel Boďo, Ing. Pavel Suhaj

Vydavateľské spracovanie © EXPOL PEDAGOGIKA, spol. s r. o., 2006

Schválilo Ministerstvo školstva Slovenskej republiky dňa 13. novembra 2006 pod číslom CD-2006-16714/39476-1:093 ako 1. vydanie učebnice pre 4. ročník študijného odboru 3917 6 02 technické a infromatické služby – v strojárstve.

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

Prvé vydanie, 2006

ISBN 80-8091-002-2



OBSAH

	Predhovor	7
1.	STROJÁRSKA TECHNOLOGIA	9
1.1.	NÁUKA O MATERIÁLOCH	9
1.1.1.	Základné pojmy metalografie	9
1.1.1.1.	Vnútrotná stavba kovov a ich zliatin	9
	Kubická kryštalografická sústava	10
	Šesťuholníková kryštalografická sústava	11
1.1.2.	Kovy a ich zliatiny	11
1.1.3.	Chladnutie a ohrev čistých kovov a zliatin	12
	Čistý nepolymorfný kov	12
	Čistý polymorfný kov	13
1.1.4.	Kryštalizácia čistých kovov	14
1.1.5.	Kryštalizácia binárnych zliatin	14
1.1.6.	Zliatiny železa	16
	Rovnovážny diagram $Fe-Fe_3C$	17
1.1.7.	Tepelné a chemicko-tepelné spracovanie zliatin železa	19
1.1.7.1.	Tepelné spracovanie zliatin železa	19
1.1.7.2.	Žihanie	19
	Žihanie na mätko	21
	Žihanie na zníženie vnútrotného napätia	21
	Žihanie normalizačné	21
1.1.7.3.	Kalenie	21
1.1.7.4.	Popúšťanie	23
1.1.7.5.	Zariadenia na tepelné spracovanie zliatin železa	23
	Ohrev	23
	Ochladzovanie	25
1.1.7.6.	Chemicko-tepelné spracovanie zliatin železa	26
1.1.7.7.	Cementovanie	26
1.1.7.8.	Nitridovanie	26
1.1.7.9.	Nitrocementovanie	26
	Zhrnutie učiva, otázky, úlohy a úvahy	27
1.2.	TVÁRNENIE KOVOV	28
1.2.1.	Tvárnenie za tepla	29
1.2.1.1.	Valcovanie	30
1.2.1.2.	Kovanie	31
1.2.2.	Tvárnenie za studena	36
1.2.2.1.	Lisovacie nástroje	36
1.2.2.2.	Strihanie	37
1.2.2.3.	Ohýbanie, rovanie, zakružovanie, lemovanie	38
1.2.2.4.	Ťhanie	41
1.2.2.5.	Pretláčanie	42
	Zhrnutie učiva, otázky, úlohy a úvahy	44
1.3.	PLASTY	45
1.3.1.	Základné pojmy	45
1.3.2.	Rozdelenie plastov, použitie	46
	Termoplasty (plastoméry)	46
	Reaktoplasty (duroméry, duroplasty)	47
	Elastoméry	48
	Kompozity	49

1.3.3.	Technológie výroby plastových súčiastok	50
1.3.3.1.	Vstrekovanie	50
	Vstrekovanie termoplastov (plastomérov)	50
	Vstrekovanie reaktoplastov (duromérov) a elastomérov	51
1.3.3.2.	Lisovanie	51
	Lisovanie reaktoplastov (duromérov)	52
	Lisovanie elastomérov	52
	Lisovanie sklenených laminátov (sklolaminátov)	52
1.3.3.3.	Spekanie	52
1.3.3.4.	Odlievanie	52
1.3.3.5.	Výroba plastových polovýrobov	53
	Vytlačovanie	53
	Valcovanie	53
	Lisovanie	53
	Výroba vlákien	53
1.3.3.6.	Tvarovanie plastových polotovarov na výrobky	53
1.3.3.7.	Spojovanie plastových polotovarov	54
	Zhrnutie učiva, otázky, úlohy a úvahy	55
1.4.	POVRCHOVÉ ÚPRAVY	56
1.4.1.	Korózia	56
	Chemická korózia	56
	Elektrochemická korózia	57
	Atmosférická korózia	57
	Korózia v kvapalinách	57
	Pôdna korózia	57
	Korózia plastov	57
1.4.2.	Ochrana proti korózii	58
1.4.3.	Povrchové úpravy, povlaky	59
	Príprava povrchu	59
	Chemické povrchové úpravy	60
	Pokovovanie	60
	Povlaky farieb a lakov	61
	Zhrnutie učiva, otázky, úlohy a úvahy	62
1.5.	MONTÁŽE	63
1.5.1.	Druhy montáží	65
1.5.1.1.	Interná montáž	65
1.5.1.2.	Externá montáž	66
1.5.2.	Delenie montáže	66
1.5.3.	Rozdelenie montážnych činností	68
1.5.4.	Montážne pracoviská	68
1.5.5.	Montážne pomôcky	69
1.5.6.	Automatizácia a racionalizácia montáže	70
	Zhrnutie učiva, otázky, úlohy a úvahy	71
1.6.	PREVÁDZKA A ÚDRŽBA VÝROBNÝCH ZARIADENÍ	71
1.6.1.	Údržba výrobných zariadení	71
	Základné spôsoby údržby	72
	Zlepšovacia údržba	72
	Preventívna údržba	72
	Korektívna, opravná údržba	74
	Smerovanie vývoja údržby	74
1.6.2.	Technická diagnostika	75
1.6.2.1.	Tribodiagnostika	77

1.6.2.2.	Termovízia	78
1.6.2.3.	Vibrodiagnostika	78
	Zhrnutie učiva, otázky, úlohy a úvahy	80
2.	STROJE	82
2.1.	Úvod	82
2.2.	ZDVÍHACIE A DOPRAVNÉ STROJE	83
2.2.1	Zdviháky	83
2.2.2	Kladkostroje a navijaky	85
	Kladkostroje	85
	Navijaky	85
2.2.3	Žeriavy	85
	Mostové žeriavy	88
2.2.4	Výťahy	91
2.2.5	Dopravníky	93
	Pásové dopravníky	93
	Dialkové dopravníky	94
	Dopravníky s uzatvoreným pásom do tvaru hrušky	95
	Závitovkové dopravníky	95
	Sklzy, žľaby	96
	Korčekové elevátory	96
	Závesové dopravníky	96
	Valčekové trate	96
	Eskalátory	98
	Pohyblivé chodníky	98
	Zhrnutie učiva, otázky, úlohy a úvahy	98
2.3	PRACOVNÉ STROJE (GENERÁTORY)	100
2.4	ČERPADLÁ	100
2.4.1	Hydrostatické čerpadlá	102
	Piestové čerpadlá	102
	Membránové čerpadlá	104
2.4.2	Hydrodynamické čerpadlá	105
	Kalové čerpadlá	107
	Ponorné čerpadlá	108
2.5	KOMPRESORY	108
2.5.1	Pneumostatické kompresory	109
	Piestové kompresory	109
	Ventily	110
	Chladenie a mazanie kompresorov	110
	Regulácia	111
2.5.2	Pneumodynamické kompresory	111
	Ventilátory	112
	Dúchadlá	113
	Kompresory	113
	Zhrnutie učiva, otázky, úlohy a úvahy	114
2.6	HNACIE STROJE (MOTORY)	115
2.7	VODNÉ MOTORY	115
	Kaplanova turbína	116
	Francisova turbína	117
	Peltonova turbína	118
	Prečerpávacie vodné elektrárne	118
	Špeciálne vodné elektrárne	119
2.8	STROJE VYUŽÍVAJÚCE TEPELNÚ ENERGIU	119

2.8.1	Parné turbíny	119
2.8.2	Plynové turbíny	122
2.8.3	Piestové spaľovacie motory	125
2.8.3.1	Štvordobý zážihový motor	128
	Nepohyblivé časti	130
	Ventilový rozvod	131
	Palivový systém	133
	Zapaľovací systém	134
	Príslušenstvo štvordobého zážihového motora	135
2.8.3.2	Štvordobý vznetrový motor	137
	Preplňovanie motorov	138
	Wankelov motor	139
	Progresívne pohony	141
	Zhrnutie učiva, otázky, úlohy a úvahy	142
2.9	TECHNICKÁ ÚPRAVA PROSTREDIA	144
2.9.1	Vykurovanie	144
2.9.2	Chladiace obehly a tepelné čerpadlo	146
	Tepelné čerpadlo	148
2.9.3	Vetranie, klimatizácia	149
2.9.4	Priemyselné sušenie	150
	Zhrnutie učiva, otázky, úlohy a úvahy	150

PREDHOVOR

Otvorili ste si štvrtú učebnicu strojnictva, ktorá nadväzuje na učebnicu Strojníctvo I, II, III. Je spracovaná pre 4. ročník odboru 3917 6 02 technické a informatické služby v strojárstve. Jej obsah korešponduje aj s inovovanými učebnými osnovami predmetu strojnictvo schválenými 13. apríla 2006 pod číslom CD-2006-1213/11286-8:093 od 1. septembra 2006 začínajúc 1. ročníkom (okrem časti 1.2. Tvárnenie, ktorá je po inovácii zaradená do 3. ročníka). Učebnica je vhodná aj pre všetky nestrojárske odbory SOŠ a SOU. Jej prednosťou je bohatý farebný obrazový materiál.

V predchádzajúcich dieloch sme sa v časti strojárská technológia naučili vyrábať kovy a ich zliatiny metalurgickým spôsobom. Zo získaných kovov už vieme vyrábať strojové súčiastky klasickými trieskovými spôsobmi, oboznámili sme sa s niektorými špeciálnymi aj novými progresívnymi spôsobmi. Oboznámili sme sa s obrábacími strojmi pre rôzne typy výrob, meradlami, prípravkami. Spoznali sme rôzne spôsoby výroby polotovarov, a to normalizovaných aj nenormalizovaných.

V tomto ročníku sa v prvej časti učebnice oboznámime s vedným odborom metalografiou, výrobou ďalších nenormalizovaných polotovarov tvárnením, konštrukčnými plastmi, povrchovými úpravami strojových súčiastok a ich montážou. Na záver to budú základné vedomosti o prevádzke a údržbe výrobných zariadení.

V druhej časti si doplníme vedomosti o strojových súčiastkách, častiach strojov a strojoch. Postupne sa naučíme princíp práce zdvíhacích a dopravných strojov, pracovných strojov aj motorov. Dozvieme sa o strojoch využívajúcich tepelnú energiu, ako aj niečo o technickej úprave prostredia.

V učebnici nadväzujeme a odvolávame sa na učivo predchádzajúcich dielov, využívame medzipredmetové vzťahy.

Tak ako v predchádzajúcich učebniciach, aj v tejto je doplňujúci a vysvetľujúci text vytlačený kurzívou.

Na konci ucelených častí je zaradené zhrnutie učiva, otázky, úlohy a úvahy k danej téme. Čísla otázok problémového charakteru, ktoré sa môžu riešiť aj formou domácich úloh, sú označené farebnou plôškou.

Keďže učebné osnovy predmetu strojnictvo v odbore technické a informatické služby zamerané na strojárstvo umožňujú školám určitú voľnosť, záleží len na vyučujúcom, ktorú časť bude preberať stručnejšie a ktorej sa bude venovať podrobnejšie.

Učebnice Strojníctvo I – IV obsahujú základné stredoškolské učivo pre strojárské odbory, komplexné učivo pre nestrojárske odbory.

Za všetky pripomienky, ktoré pomôžu zlepšiť túto učebnicu, ako aj predchádzajúce učebnice, budeme vďační.

Autori



I. STROJÁRSKA TECHNOLOGIA

Keď niečo vyrábame, meníme základný materiál, prípadne polotovar na hotový výrobok. Predstavme si prípravu potravín. Určite všetci dobre poznáte rozdielnu chuť vareného, pečeného, grilovaného alebo duseného mäsa. Z toho istého druhu mäsa sa rôznou tepelnou úpravou a ochutením, čiže technológiou spracovania, stáva veľké množstvo rozličných jedál. Odborníkov kuchárov učia zloženie potravín a jednotlivé technológie prípravy pokrmov.

Technik strojár musí poznať základné štruktúry materiálu a vplyv najmä teploty na jeho vlastnosti. Iba tak môže navrhnúť vhodný materiál na výrobu konkrétnej súčiastky. Budeme sa tým zaoberať v prvej časti – náuke o materiáloch.

1.1. Náuka o materiáloch

Pred preberaním tejto časti je vhodné zopakovať si výrobu ocelí, označovanie ocelí, vlastnosti kovových materiálov a ich skúšky.

1.1.1. Základné pojmy metalografie

Metalografia je náuka, vedný odbor o konštrukčných materiáloch používaných pri výrobe strojových súčiastok. **Zaoberá sa** prevažne experimentálnym pozorovaním, **skúmaním vnútornej stavby**, štruktúry **kovov** a najmä ich zliatin, ktoré majú najväčší význam v strojárstve. Využívajú sa v nej poznatky vedných odborov, ako matematika, fyzika, chémia atď. Sleduje, ako sa mení štruktúra kovov a ich zliatin v závislosti od chemického zloženia, teploty, tepelného a chemicko-tepelného spracovania. Hlavným cieľom je poznať zmeny, zlepšenie mechanických, fyzikálnych, chemických a technologických vlastností.

Táto náuka je veľmi dôležitá pre technikov, ktorí navrhujú strojové súčiastky z najpoužívanejších konštrukčných materiálov, zliatin železa, t. j. ocelí, liatin a oceloliatin. Ovplyvňovanie technológie výroby im umožňuje maximálne využiť ich najlepšie vlastnosti, zvýšiť životnosť, možnosť nahradiť deficitné kovy, prípadne použiť progresívnejšie konštrukčné materiály.

1.1.1.1. Vnútorňá stavba kovov a ich zliatin

Už na základnej škole ste sa učili, že všetky kovy a ich zliatiny v tuhom stave majú vnútornú stavbu kryštalickú, čiže ich štruktúru tvoria kryštály.

Zopakujeme si niektoré základné pojmy.

Atóm (z gréckeho slova atomos – nedeliteľný, súčasná veda už potvrdila, že je deliteľný) je základná čiastočka hmoty. Je toľko druhov atómov, koľko je prvkov, ktoré sú usporiadané v periodickej sústave prvkov (Mendelejevova sústava).

Atóm sa skladá z jadra, okolo ktorého po siedmich sférach, dráhach, obiehajú elektróny. Jadro sa skladá z protónov a neutrónov.

Protóny (majú kladný náboj) a **neutróny** (majú záporný náboj) tvoria jadro a majú spoločný názov **nukleóny**.

Elektróny sú nositeľmi záporného náboja.

Atómy sú elektroneutrálne, preto počet elektrónov v obale atómu sa musí rovnať počtu protónov – protónovému (atómovému) číslu.

Molekula je najmenšia časť chemickej látky, ktorá vznikla trvalým spojením dvoch alebo viacerých zlúčených atómov.

Keď sa zlúčia atómy **rovnakých prvkov**, vznikajú molekuly **prvkov**, napr. molekuly kyslíka, vodíka atď.

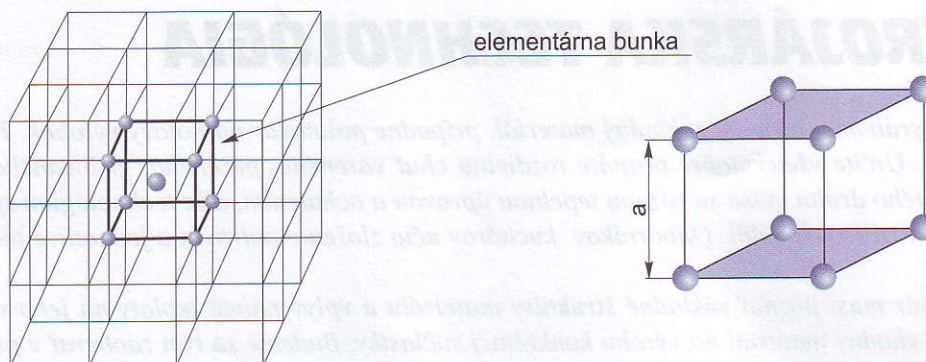
Keď sa zlúčia atómy **rôznych prvkov**, vznikajú molekuly chemických **zlúčenín**, napr. molekula vody.

Všetky kovy a ich zliatiny (okrem ortuti) **sú pri teplote okolia** kryštalickými látkami, čiže sú **v tuhom stave**. Ich atómy sú pravidelne usporiadané v priestorovej kryštalografickej sústave (mriežke), a to v uzlových bodoch – rohoch mriežky. Elementárna bunka je najmenšia časť mriežky, na ktorej je možné preukázať danú zákonitosť stavby celej mriežky.

Priestorovú mriežku tvorí veľké množstvo elementárnych buniek (obr. 1.1).

Kryštalografické sústavy (mriežky) elementárnych buniek môžu mať rôzny tvar. Technicky dôležité kovy kryštalizujú najčastejšie:

- v kubickej alebo
- hexagonálnej (šesťhrannej) mriežke.



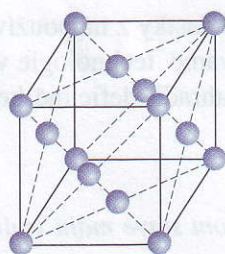
Obr. 1.1

Kubická kryštalografická sústava

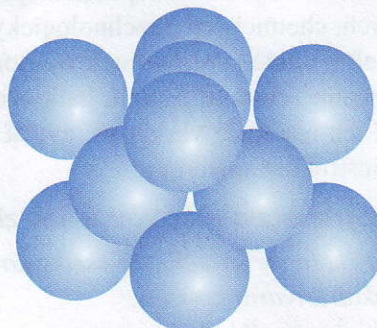
Jej atómy sú uložené v rohoch kocky. Jej strana je veľmi malá, rozmerovo 10^{-10} m. Je to tzv. mriežková konštanta – a .

Kubické kryštalografické sústavy môžu byť centrované (stredené) plošne alebo priestorovo:

- **plošne** centrovaná kryštalografická sústava má elementárnu bunku kubickú, v ktorej sú **atómy** umiestnené **v jej rohoch a tiež v uhlopriečkach stien** (obr. 1.2). V tejto sústave kryštalizujú kovy ako železo gama Fe_γ , hliník Al , meď Cu , striebro Ag , olovo Pb atď. Všetky **sú dobre tvárne** pri teplote okolia, **majú vysokú tepelnú a elektrickú vodivosť**;



schéma

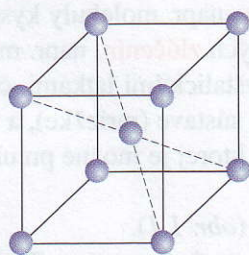


model

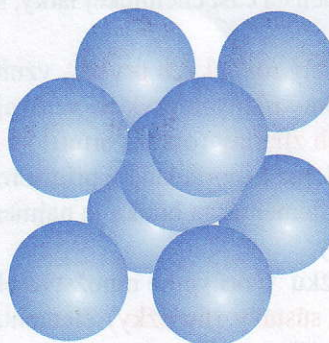
Obr. 1.2

- **priestorovo** centrovaná kryštalografická sústava má elementárnu bunku kubickú. **Atómy** sú umiestnené **v jej rohoch. Jeden atóm** je umiestnený **v telesovej uhlopriečke** (obr. 1.3). V tejto sústave kryštalizujú kovy ako železo alfa Fe_α , chróm Cr , volfrám W , molybdén Mo atď. Všetky **sú málo tvárne** pri teplote okolia.

(Čo znamená Fe_α , sa dozvieme v nasledujúcom texte.)



schéma

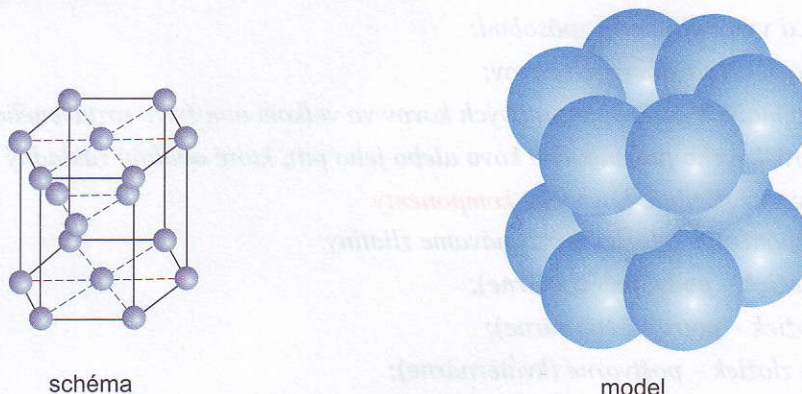


model

Obr. 1.3

Šestuholníková kryštalografická sústava

Atómy má uložené v rohoch šesťbokého hranola a v telesovej uhlopriečke oboch základní. Tri atómy sú ešte uložené vnútri elementárnej bunky (obr. 1.4). V tejto sústave kryštalizujú kovy ako zinok *Zn*, magnézium *Mg*, berýlium *Be*, titán *Ti* atď.



Obr. 1.4

Niektoré kovy a ich zliatiny môžu mať za rôznych teplôt rôznu mriežku (majú rôzne modifikácie). Tým sa menia aj ich vlastnosti.

Modifikácie sú jednotlivé kryštalické stavy a označujú sa písmenami gréckej abecedy.

Modifikácia α je stála pri teplote okolia, ďalšie, ktoré sú stále pri vyšších teplotách, označujeme indexom β , γ , δ atď. Určite poznáte modifikácie uhlíka: grafit, diamant a sadze.

Premena mriežok sa volá **prekryštalizácia** alebo **polymorfia** kovov. Kovy sa volajú polymorfné kovy. Nepolymorfné kovy mriežku nemenia.

Zhrnieme si to ešte raz:

- **nepolymorfné kovy** sú také, ktoré **majú stálu kryštalickú mriežku** (len jednu modifikáciu alebo len jeden tvar kryštálu);
- **polymorfné kovy** pri zohrievaní **menia kryštalickú mriežku** (modifikáciu). Zmeny označujeme indexom gréckej abecedy.

1.1.2. Kovy a ich zliatiny

Ujasnime si pojem „kov“. Pod týmto pojmom rozumieme prvok, ktorý má väčšinu z týchto vlastností:

- dobrú ťažnosť a kujnosť;
- dobrú tepelnú a elektrickú vodivosť;
- charakteristický lesk, t. j. vysoký odraz viditeľného svetla;
- nepriehľadnosť aj vo veľmi tenkých vrstvách;
- veľký elektropozitívny, t. j. zásaditý charakter.

Chemicky čisté kovy sa nepoužívajú na konštruovanie strojových súčiastok. Ich hlavne mechanické vlastnosti nevyhovujú, aj keď sú väčšinou dobre tvárne.

Kovy sa delia do troch skupín:

- **skupina A**, alkalické kovy, ako napr. sodík *Na*, horčík *Mg*, berýlium *Be*, lítium *Li* atď. Sú chemicky veľmi reaktívne, tvoria silné zásady. Vo vlhkom prostredí sú nestále, majú nízku teplotu tavenia a nevyhovujúce mechanické vlastnosti.
- **skupina T** (tranzitné, prechodné), napr. železo *Fe*, titán *Ti*, vanád *V*, mangán *Mn*, nikel *Ni*, volfrám *W*, molybdén *Mo* atď. Majú vysokú teplotu tavenia a po vzájomnom spojení, zliatí aj dobré mechanické vlastnosti.
- **skupina B**, napr. bór *B*, kremík *Si*, selén *Se*, germánium *Ge*, uhlík *C* atď. Tvoria prechod k nekovom, pretože majú niektoré ich vlastnosti.

Na konštruovanie strojových súčiastok sa používajú **zliatiny kovov**. Majú dobré mechanické, ale aj technologické, fyzikálne a chemické vlastnosti. Napríklad najpoužívanejšie zliatiny železa vzniknú tak, že k základné-

mu kovu železu Fe pridáme niekoľko prísadových kovov, tzv. legúr, napr. chróm, nikel, mangán, molybdén, volfrám, vanád atď. *Zliatina obsahuje aj prvky zo skupiny B, napr. C, Si, B atď.* Legovacie prvky zlepšia vlastnosti základného kovu. Učili sme sa o tom v Strojníctve I. Zliatiny sú charakteristické tým, že kryštalizujú, t. j. skladajú sa z viac alebo menej dokonalých kryštálov. Nikdy nie sú bez tvaru (amorfné), ako sú napr. kryštály skla.

Zliatiny sa v praxi vyrábajú tromi spôsobmi:

- **zliatím** dvoch alebo viacerých kovov;
- **roztavením** malých kúskov prísadových kovov vo veľkom množstve roztaveného základného kovu;
- **difúziou** práškoveho prísadového kovu alebo jeho pár, ktoré obalujú základný kov pri vysokej teplote.

Zložkám, ktoré tvoria zliatinu, hovoríme **komponenty**.

Podľa počtu komponentov (zložiek) rozoznávame zliatiny:

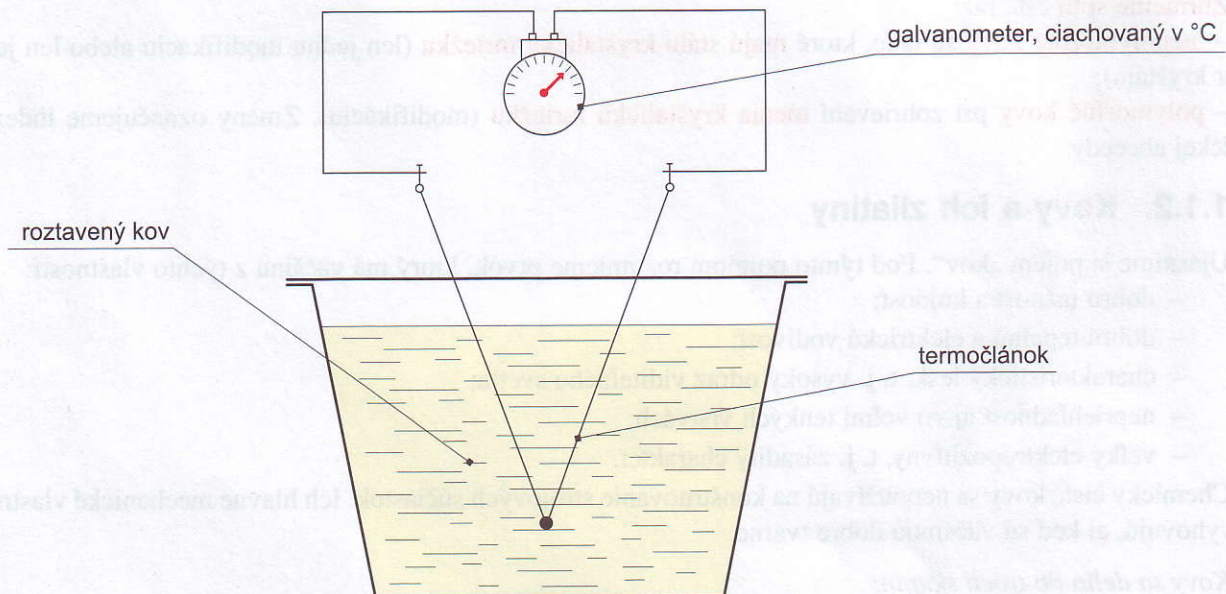
- z dvoch zložiek – **podvojný** (binárny);
- z troch zložiek – **potrojný** (ternárny);
- zo štyroch zložiek – **poštvorný** (kvaternárny);
- z viac ako štyroch zložiek – **komplexný**.

1.1.3. Chladnutie a ohrev čistých kovov a zliatin

Čistý nepolymorfny kov

Chladnutie

Sledujeme chladnutie čistého nepolymorfneho kovu (nemení kryštalickú stavbu). Budeme zaznamenávať hodnoty jeho teploty s plynúcim časom (obr. 1.5). Meranie teploty je založené na princípe termoelektrického článku (termočlánku). Jeho princíp ste sa učili vo fyzike, prípadne v elektrotechnike.

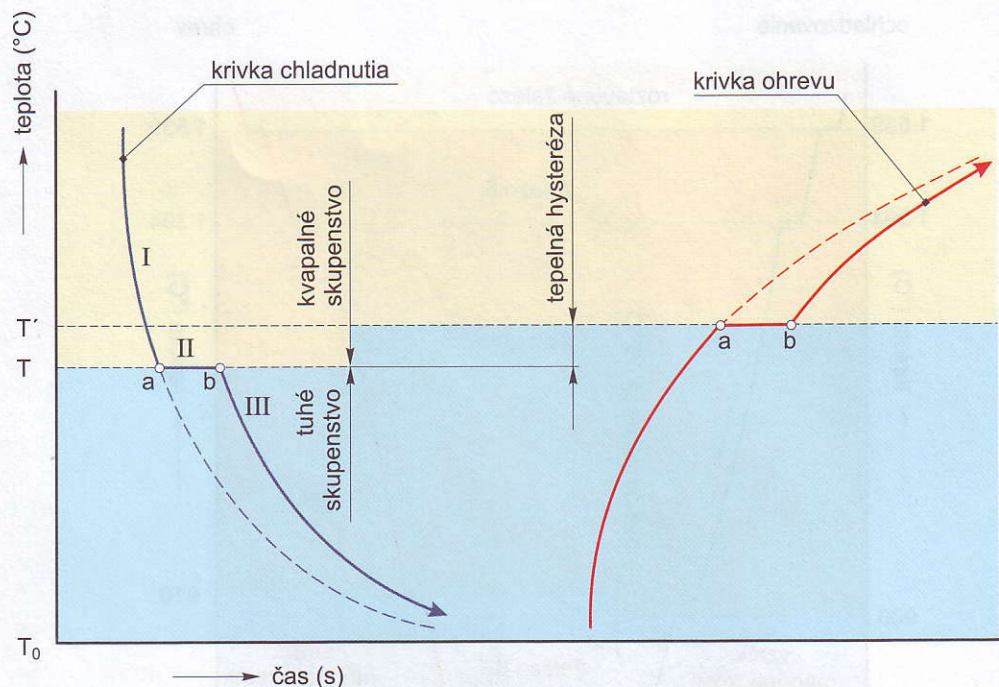


Obr. 1.5

Namerané hodnoty zaznamenávame v pravouhlej súradnicovej sústave. Získame tak grafické znázornenie krivky chladnutia (obr. 1.6).

Krivka chladnutia *I* má logaritmický priebeh až po **teplotu kryštalizácie T** . Tam sa objaví nepravidelnosť, nastáva **tepelné zdržanie *II***. Na krivke je to medzi bodmi *a* – *b*. Ako nám napovedá samotný názov „tepelné zdržanie“, teplota sa určitý čas nemení, zostáva konštantná. Keď všetok kov stuhne (bod *b*), pokračuje krivka chladnutia *III* opäť logaritmickým priebehom. Teplota klesá k T_0 .

Sformulujme si zistený poznatok: **čisté nepolymorfne kovy** (pripomeňme si, že kryštalizujú len v jednej sústave) **tuhnú pri stálej teplote**, čiže v jednom tepelnom bode.



Obr. 1.6

Ohrev

Sledujme ohrev toho istého kovu za rovnakých podmienok. Získame tak grafické znázornenie krivky ohrevu (obr. 1.6).

Všimnite si, že krivka ohrevu je podobná krivke chladnutia.

Krivka ohrevu má logaritmický priebeh až po **teplotu tavenia T'** , pri ktorej nastáva **tepelné zdržanie**. Na krivke je znázornené bodmi $a - b$. Teplota sa nemení, aj keď čas plynie, zostáva konštantná. Keď sa všetok kov roztaví, t. j. od bodu b , začne mať krivka ohrevu znovu logaritmický priebeh – teplota stúpa.

Keď porovnáme krivky chladnutia a ohrevu, zistíme, že teploty zmeny skupenstva pri ohreve T' a chladnutí T nie sú rovnaké. Rozdiel voláme **tepelná hystereza**. Hystereza je zapríčinená odporom vo vnútornej stavbe kovov, ako aj tým, že každá fáza, teda aj tuhá, má snahu udržať si svoj stav čo najdlhšie. Rôzne kovy majú rôznu veľkosť hysterezy.

Čistý polymorfný kov

Chladnutie a ohrev

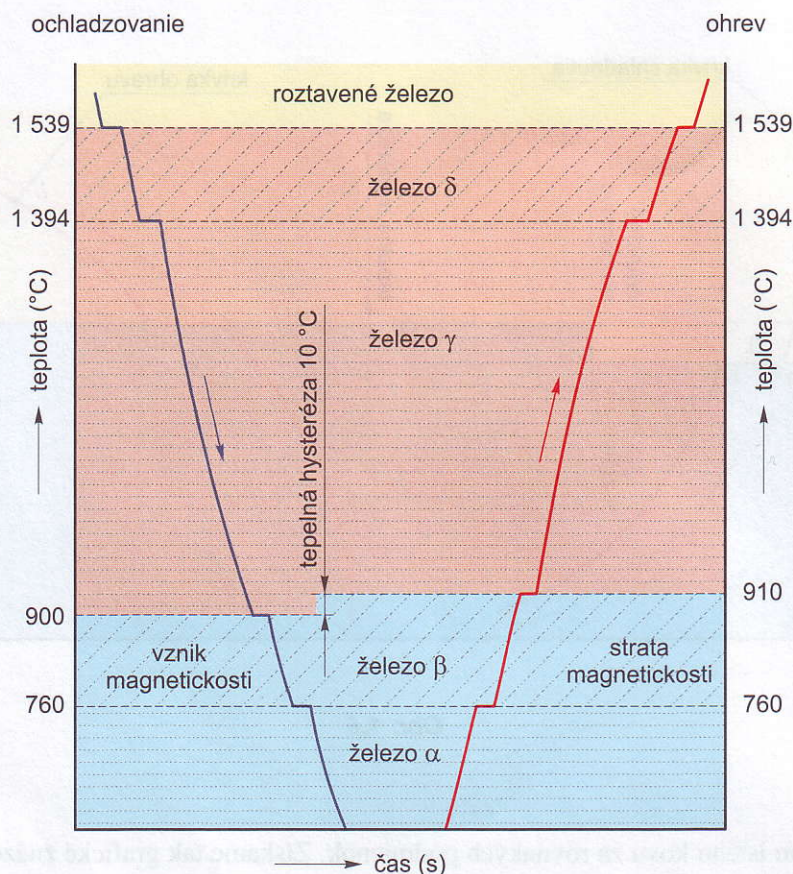
Sledujme chladnutie a ohrev čistého polymorfného kovu (s teplotou mení modifikáciu – kryštalickú mriežku). Podmienky budú rovnaké ako v predchádzajúcom prípade. Z technicky dôležitých kovov sem patrí najmä železo Fe , ale aj kobalt Co , mangán Mn , titán Ti , cín Sn atď.

Krivky chladnutia a ohrevu čistého železa Fe (obr. 1.7) majú niekoľko tepelných zdržaní pri rôznych teplotách. Pri nich nastáva zmena modifikácie, t. j. **prekryštalizácia**. Pôvodné kryštály sa menia na kryštály s inou mriežkou, teda aj s inými mechanickými, fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami. Mení sa hlavne merný objem, elektrická a magnetická vodivosť.

Krivka chladnutia má štyri tepelné zdržania, a to pri teplotách $1\ 539\ ^\circ C$, $1\ 394\ ^\circ C$, $900\ ^\circ C$ a $760\ ^\circ C$. Aj krivka ohrevu má štyri tepelné zdržania pri tých istých teplotách. Výnimka je pri teplote $910\ ^\circ C$ oproti $900\ ^\circ C$ pri ochladzovaní. Už vieme, že je to tepelná hystereza. Čisté železo ju má pri $910\ ^\circ C$. (V rôznych odborných literatúrach sa teploty mierne líšia.)

Z diagramu tiež vidíme, že čisté železo má štyri modifikácie α , β , γ , δ . Z toho len železo α je **magnetické**, ostatné sú nemagnetické. Je to dôležité pri použití v praxi. Všetky modifikácie železa sú v tuhom stave. Čisté železo sa až pri teplotote $1\ 539\ ^\circ C$ mení na taveninu.

Prekryštalizácia (alotropia, polymorfia) **kovov a ich zliatin** je v technickej praxi **veľmi dôležitá**. Umožňuje **meniť vlastnosť kovu alebo zliatiny**, a tak optimalizovať ich použitie na rozličné účely. Je to základ **tepelných spracovaní** ocelí, ako sú žíhanie, kalenie a popúšťanie. Niektoré kovy alebo zliatiny sa napr. výhodne tvárnia (napr. valcujú, kovajú) za tepla v oblasti modifikácie, ktorá má najlepšiu tvárnosť.



Obr. 1.7

1.1.4. Kryštalizácia čistých kovov

Sledovali sme krivku chladnutia čistého kovu. Pri teplote tuhnutia (alebo tavenia) je kvapalná a tuhá fáza v rovnováhe (stály objem = viac kryštálov + menej taveniny alebo naopak). Nad teplotou tuhnutia je stabilná kvapalná fáza a pod ňou tuhá. V chladnúcej tavenine sa tvoria kryštály postupne. Určite ste už videli zamrzať vodu v nádobe alebo v mláke, prípadne v jazere. Rast kryštálov prebieha postupne. Začnú sa tvoriť na kryštalizačných zárodkoch, centrách. Môžu to byť aj nečistoty. V kove napríklad oxidy. Na jazere vyčnievajúci konár alebo rastlina. Vznik zárodokov umožňuje odvod tepla z taveniny. Po odliatí kovu sa prvé kryštály tvoria na stenách kovovej formy. Z týchto centier sa kryštalizácia šíri všetkými smermi dovnútra, kým nestuhne celá tavenina.

Hlavný vplyv na priebeh kryštalizácie má:

- rýchlosť tvorenia zárodokov;
- rýchlosť rastu kryštálov.

Výsledná štruktúra stuhnutého kovu teda závisí od veľkosti, počtu a tvaru kryštálov.

Pri pomalom chladnutí je rýchlosť rastu kryštálov malá, pri rýchlom sa najprv zväčšuje, ale neskôr klesá (obr. 1.8).

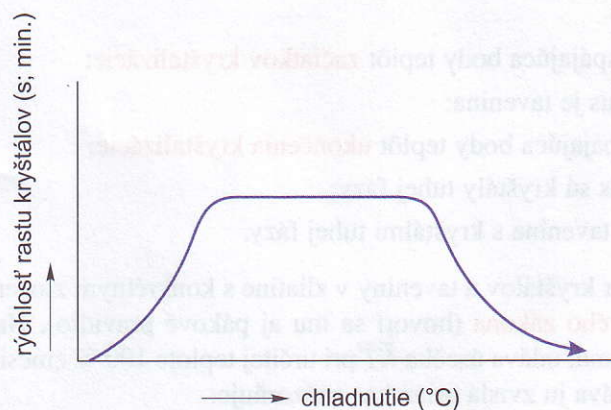
Na začiatku chladnutia vznikajú kryštály pravidelných tvarov, neskôr sú nepravidelné, tzv. **zrná**.

1.1.5. Kryštalizácia binárnych zliatin

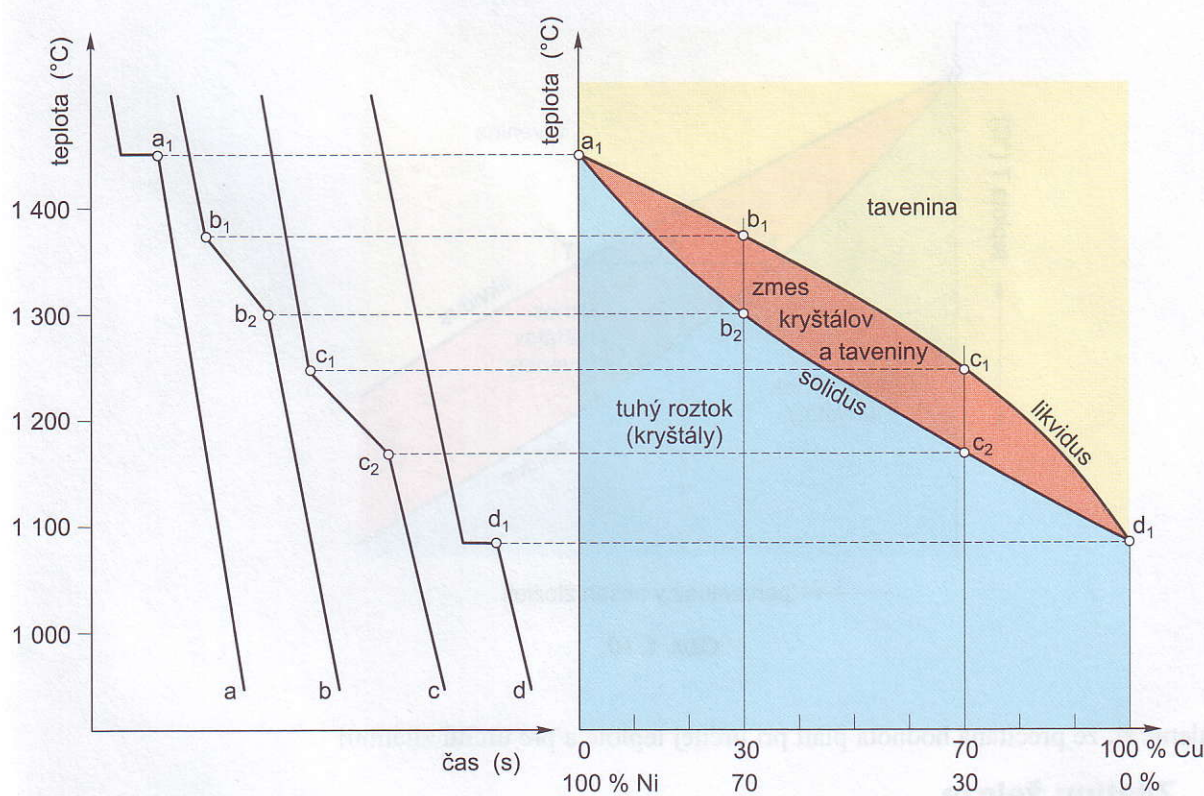
Binárna zliatina je tuhý roztok základného kovu s prísadovým kovom. V technickej praxi sú najdôležitejšie zliatiny, ktoré sú dokonale rozpustné v tekutom stave. Preto sa budeme zaoberať iba nimi.

Na grafické znázornenie priebehu tavenia alebo tuhnutia potrebujeme hodnoty: teplotu a čas, keďže ide o zliatinu, aj percentuálne množstvo kovov, ktoré ju tvoria. Z kriviek chladnutia (závislosť: teplota – čas), vytvoríme **rovnovážny diagram** zliatiny (závislosť: teplota – koncentrácia). Kovy, ktoré tvoria zliatinu, musia byť v rovnováhe (napr. 30 % niklu + 70 % medi alebo 40 % niklu + 60 % medi).

Rovnovážny diagram zliatiny niklu *Ni* a medi *Cu* máme na obr. 1.9.



Obr. 1.8



Obr. 1.9

- Vlavo je diagram kriviek chladnutia: *a* krivka pre čistý 100-percentný nikel *Ni*;
b krivka pre zliatinu 70 % niklu *Ni* + 30 % medi *Cu*;
c krivka pre zliatinu 30 % *Ni* + 70 % medi *Cu*;
d krivka pre čistú meď *Cu*.

Z tohto diagramu vznikol rovnovážny diagram na pravej strane. Spojením **začiatkov bodov teplôt tuhnutia** vznikla krivka **likvidus**. Spojením **koncov bodov teplôt tuhnutia** vznikla krivka **solidus**. Medzi krivkou likvidus a solidus je zmes kryštálov a taveniny.

Sledujme v rovnovážnom diagrame čiaru chladnutia zliatinu pozostávajúcej z 30 % medi *Cu* a 70 % niklu *Ni* (v diagrame je znázornená zvislou čiarou). V oblasti nad krivkou likvidus je zliatina v tekutom stave. Pri teplote b_1 , to je asi 1 375 °C, sa začnú z taveniny vylučovať prvé kryštály zliatinu. Pri poklese teploty na hodnotu b_2 , to je krivka solidus, je celá zliatina stuhnutá – tuhý roztok. Zopakujme si, že zliatinu kovov netuhnú pri jednej teplote ako čistý kov, ale v určitom rozmedzí, naša zliatina v rozmedzí b_1 až b_2 .

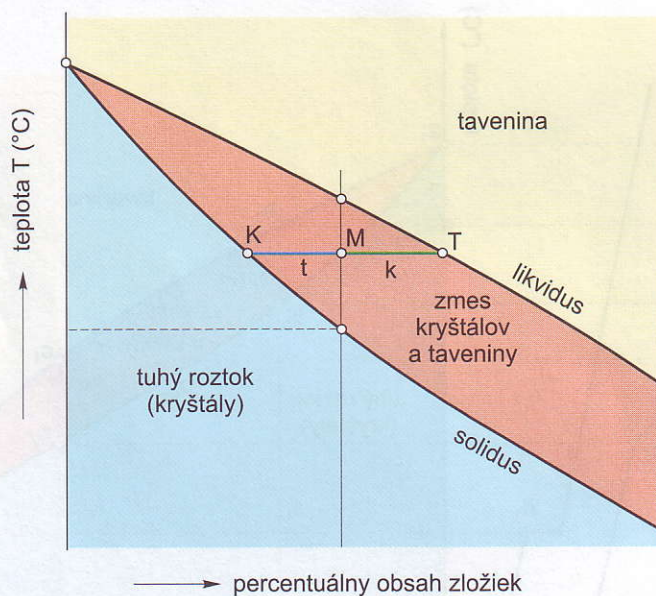
Zhrnieme si poznatok:

- **likvidus** je krivka spájajúca body teplôt **začiatkov kryštalizácie**;
- nad krivkou likvidus je tavenina;
- **solidus** je krivka spájajúca body teplôt **ukončenia kryštalizácie**;
- pod krivkou solidus sú kryštály tuhej fázy;
- medzi krivkami je tavenina s kryštálmi tuhej fázy.

Keď chceme vedieť pomer kryštálov a taveniny v zliatine s konkrétnym zložením pri určitej teplote, jednoducho to zistíme podľa **pákového zákona** (hovorí sa mu aj pákové pravidlo). Na obr. 1.10, ktorý je zväčšenou časťou rovnovážneho diagramu, udáva úsečka \overline{KT} pri určitej teplote 100 % zmesi kvapalnej a tuhej fázy. Pri zliatine s určitým zložením (udáva ju zvislá priamka) znázorňuje:

- úsečka \overline{KM} percentuálny obsah taveniny;
- úsečka \overline{MT} percentuálny obsah kryštálov.

Matematicky: $\overline{KT} = \overline{KM} + \overline{MT}$



Obr. 1.10

Zopakujeme si, že prečítaná hodnota platí pri určitej teplote a pre určitú zliatinu!

1.1.6. Zliatiny železa

Zo života okolo nás vieme, že najviac sa používajú zliatiny železa. V strojárskych praxi je to až 95%! Budeme sa im venovať trochu podrobnejšie.

Zliatiny železa môžeme rozdeliť na:

- ocele;
- liatiny a oceloliatiny.

Ocele sú zliatiny železa s uhlíkom, spravidla do 2 % C, v praxi až do 2,14 % C. Ďalej obsahujú žiaduce prídavné prvky, legúry, napr. chróm Cr, nikel Ni, mangán Mn atď., a nežiaduce prvky síru S a fosfor P.

Síra spôsobuje lámavosť ocelí za tepla a fosfor za studena. Niekedy je to aj výhoda. Napríklad tzv. automatické ocele, napr. ocel 11 110, 11 120, 11 140 atď., ktoré majú pomerne vysoký obsah síry. Pri trieskovom obrábaní na automatických bezobslužných obrábacích strojoch je ich trieska lámavá, čo je výhoda.

Liatiny sú zliatiny železa s uhlíkom, spravidla až do 5 %. Tiež obsahujú žiaduce aj nežiaduce prvky.

Oceloliatiny majú lepšie mechanické vlastnosti ako liatiny.

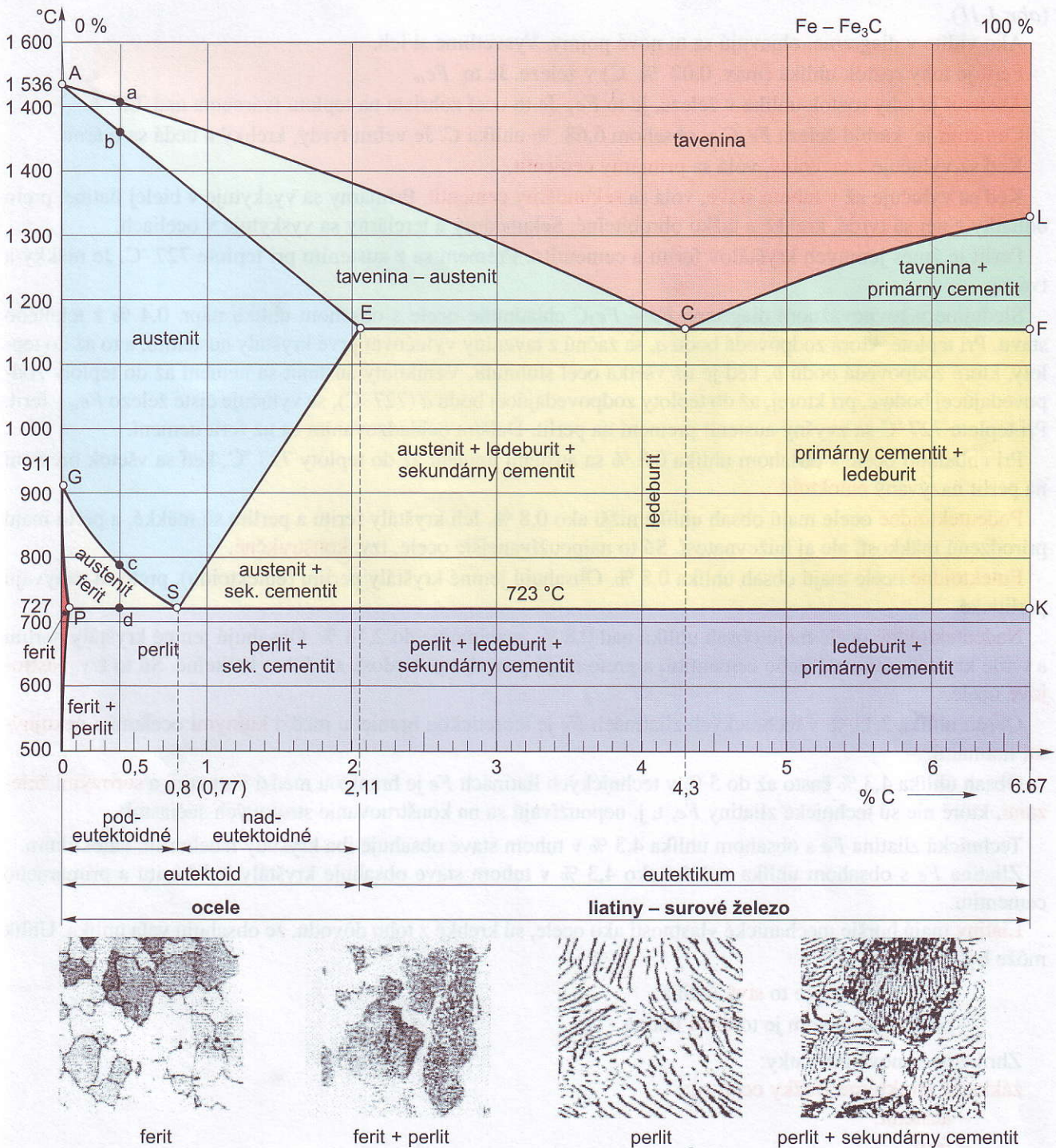
Číselné označovanie zliatin železa podľa STN EN je veľmi rozsiahle. V bežných strojníckych tabuľkách sa nenachádza alebo sa spomína len okrajovo.

Zliatina železa s uhlíkom má pre strojársku prax veľký význam. Z toho, čo sme sa doteraz učili, už vieme, že je to binárna sústava. Najznámejšia s najväčším významom pre ocele je zliatina železa Fe – karbid železa Fe_3C . Vysvetlíme si jej rovnovážny diagram.

Rovnovážny diagram $Fe - Fe_3C$

Je to grafická závislosť percentuálneho obsahu uhlíka C v železe (je to zliatina karbidu železa Fe_3C) a teploty. Už sme si vysvetlili rovnovážny diagram zliatiny niklu Ni a medi Cu . Teraz máme podobný diagram zliatiny železa Fe a uhlíka C . Zliatina železa a uhlíka je karbid železa Fe_3C (obr. 1.11). Na zvislej osi diagramu sú teploty, na vodorovnej percentuálne množstvá železa a uhlíka. Vľavo je 100 % železa a 0 % uhlíka, vpravo 6,67 % uhlíka a zostatok, čiže 93,33 %, železa. Vyššie hodnoty uhlíka v zliatine so železom nemajú pre prax význam.

Spojením bodov teplôt začiatku tuhnutia zliatin s rôznym zložením sme dostali krivku **likvidus** – AC . Nad ňou je tavenina. Spojením bodov teplôt ukončenia tuhnutia sme dostali krivku **solidus** $AECF$. Bod C , ktorým prechádza solidus aj likvidus, sa volá **eutektický bod**.



Obr. 1.11

Z hľadiska technického použitia delíme rovnovážny diagram na dve základné oblasti:

- ocele do 2,14 % uhlíka;
- liatiny a surové železá nad 2,14 % uhlíka.

Zliatiny do obsahu uhlíka 2,14 % sú ocele. Eutektoidný bod *S* rozdeľuje ocele na podeutektoidné (do obsahu uhlíka 0,8 %) a nadeutektoidné (od obsahu uhlíka 0,8 do 2,14 %). Pri obsahu 0,8 % (v eutektoidnom bode *S*) je oceľ eutektoidná.

Zliatiny s obsahom uhlíka vyšším ako 2,14 % voláme liatiny a surové železá.

Z rovnovážneho diagramu môžeme pomocou pákového zákona zistiť percentuálne množstvo kryštálov tuhej fázy a taveniny pre rôzne teploty a koncentrácie uhlíka *C*.

Pri tepelných a chemicko-tepelných spracovaniach sa znázorňujú v diagrame graficky rozsahy teplôt, odlievacie, kovací, zváracie teploty atď. zvlášť pre ocele a zliatiny.

Na diagrame môžeme sledovať priebeh modifikačných premien pri ochladzovaní alebo ohreve zliatin *Fe* (obr. 1.11).

Ako vidíte v diagrame, objavujú sa tu nové pojmy. Vysvetlíme si ich.

Ferit je tuhý roztok uhlíka (max. 0,02 % *C*) v železe. Je to Fe_{α} .

Austenit je tuhý roztok uhlíka v železe, je to Fe_{γ} . Je to oceľ zohriata na teplotu tvárnenia nad 727 °C.

Cementit je karbid železa Fe_3C s obsahom 6,68 % uhlíka *C*. Je veľmi tvrdý, krehký a nedá sa tvárniť.

Keď sa vylučuje z taveniny, volá sa **primárny cementit**.

Keď sa vylučuje až v tuhom stave, volá sa **sekundárny cementit**. Primárny sa vyskytuje v bielej liatine, preto odliatky z nej sú tvrdé, krehké a ťažko obrobiteľné. Sekundárny a terciárny sa vyskytuje v oceliach.

Perlit je zmes jemných kryštálov feritu a cementitu. Premení sa z austenitu pri teplote 727 °C. Je mäkký a tvárny.

Sledujme v rovnovážnom diagrame *Fe* – Fe_3C chladnutie ocele s obsahom uhlíka napr. 0,4 % z tekutého stavu. Pri teplote, ktorá zodpovedá bodu *a*, sa začnú z taveniny vylučovať prvé kryštály austenitu, a to až do teploty, ktorá zodpovedá bodu *b*, keď je už všetka oceľ stuhnutá. Vzniknutý austenit sa nemení až do teploty zodpovedajúcej bodu *c*, pri ktorej, až do teploty zodpovedajúcej bodu *d* (727 °C), sa vylučuje čiste železo Fe_{α} – ferit. Pri teplote 727 °C sa zvyšný austenit premení na perlit. Ďalším ochladzovaním sa už ferit nemení.

Pri chladnutí ocele s obsahom uhlíka 0,8 % sa austenit nemení až do teploty 727 °C, keď sa všetok premení na perlit nazývaný **eutektoid**.

Podeutektoidné ocele majú obsah uhlíka nižší ako 0,8 %. Ich kryštály feritu a perlitu sú mäkké, a preto majú prirodzenú mäkkosť, ale aj húževnatosť. Sú to najpoužívanejšie ocele, tzv. **konštrukčné**.

Eutektoidné ocele majú obsah uhlíka 0,8 %. Obsahujú jemné kryštály perlitu (eutektoidu), preto sa nazývajú perlitické.

Nadeutektoidné ocele majú obsah uhlíka nad 0,8 %, maximálne do 2,14 %. Obsahujú jemné kryštály perlitu a tvrdé kryštály sekundárneho cementitu, a preto majú prirodzenú tvrdosť, sú dobre kaliteľné. Sú to tzv. **nástrojové** ocele.

Obsah uhlíka 2,11 % v technických zliatinách *Fe* je teoretickou hranicou medzi **kujnými** ocelami a **nekujnými** liatinami.

Obsah uhlíka 4,3 % často až do 5 % v technických liatinách *Fe* je hranicou medzi liatinami a **surovými železami**, ktoré nie sú technické zliatiny *Fe*, t. j. nepoužívajú sa na konštruovanie strojových súčiastok.

Technická zliatina *Fe* s obsahom uhlíka 4,3 % v tuhom stave obsahuje iba kryštály ledeburitu, eutektikum.

Zliatina *Fe* s obsahom uhlíka vyšším ako 4,3 % v tuhom stave obsahuje kryštály ledeburitu a primárneho cementitu.

Liatiny majú horšie mechanické vlastnosti ako ocele, sú krehké z toho dôvodu, že obsahujú veľa uhlíka. Uhlík môže byť v podobe:

- grafitu, potom je to **sivá** liatina;
- cementitu, potom je to **biela** liatina.

Zhrnieme si nové poznatky:

základné štruktúrne zložky ocelí sú:

- austenit,
- ferit,
- sekundárny cementit;

základné štruktúrne zložky liatin a surového železa sú:

- primárny cementit,
- grafit.

Ostatné štruktúrne zložky sa skladajú zo základných zložiek alebo z nich vznikajú.

Rovnovážny diagram metastabilnej sústavy $Fe - Fe_3C$ je možné využiť v mnohých oblastiach strojárkej výroby, a to priamo v prevádzkach, laboratóriách, pri technickej kontrole atď.

Pri **odlievaní** zliatin Fe je možné určiť vhodný rozsah teplôt pre rôzne koncentrácie C . Príliš vysoké teploty spôsobujú zvýšenie obsahu pohltených plynov v zliatinách a technologický postup je finančne náročnejší z dôvodu väčších nárokov na tepelnú energiu. Príliš nízke teploty zhoršujú leiateľnosť zliatin, ktoré potom ťažšie zatekajú do formy, ktorú nedokonale vyplnia, a tak vznikajú nepodarky.

Pri **tvárnení za tepla** kovaním je možné určiť vhodný rozsah podobne ako v predchádzajúcom prípade. Príliš vysoké teploty ovplyvňujú štruktúru výkovekov a technologický postup je energeticky náročnejší. Príliš nízke teploty zväčšujú tvárniaci odpor, dutina zápustky sa nedokonale vyplní, a tak vznikajú nepodarky. Je možné určiť, či sa bude kovať na jeden, alebo na viac ohrevov.

Pri **zváraní** je možné určiť aj vhodný rozsah teplôt. Príliš vysoké teploty znehodnocujú tvar a technologický postup je energeticky náročnejší. Príliš nízke teploty spôsobujú, že materiál v mieste zvaru sa nedokonale roz-taví a zleje, a tak vznikajú nepodarky.

Rovnovážny diagram $Fe - Fe_3C$ má veľký význam aj pri používaní technologických postupov **tepelných a chemicko-tepelných** spracovaní zliatin Fe .

1.1.7. Tepelné a chemicko-tepelné spracovania zliatin železa

1.1.7.1. Tepelné spracovanie zliatin železa

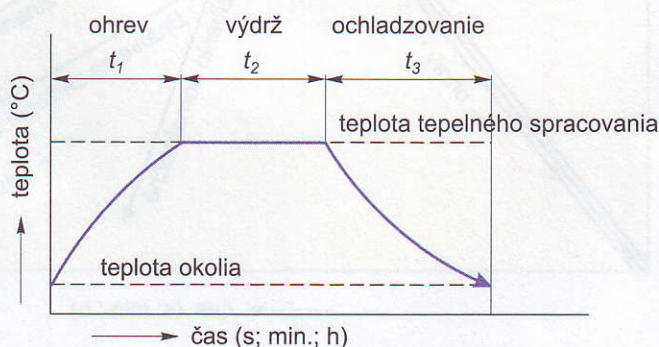
Tepelné spracovania sú technologické postupy, pri ktorých sa zliatiny železa ohrievajú určitou rýchlosťou na **teplotu tepelného spracovania** a po nevyhnutnom čase **zotrvania** na tejto teplote nasleduje pomalé alebo rýchle **ochladzovanie** (obr. 1.12). Účelom je dosiahnuť vhodnú štruktúru a tým zlepšiť mechanické vlastnosti, napr. pevnosť, tvrdosť, húževnatosť, odolnosť proti opotrebeniu, technologické vlastnosti, napr. obrobiteľnosť, ale aj iné.

Najpoužívanejšie tepelné spracovania sú:

- žíhanie;
- kalenie;
- popúšťanie.

Postup tepelných spracovaní sa graficky znázorňuje v pravouhlej súradnicovej sústave. Na vodorovnú os nanášame čas v sek., min., hod. a na zvislú teplotu v $^{\circ}C$ (obr. 1.12).

Tepelne sa spracovávajú ocele, liatiny aj zliatiny neželezných kovov. Najčastejšie sa takto spracúvajú ocele.



Obr. 1.12

1.1.7.2. Žíhanie

Žíhanie je technologický postup tepelného spracovania, ktoré sa realizuje pomalým ohrevom na žíhaciu teplotu, zotrvaním na tejto teplote a následným pomalým ochladzovaním. Žíhať môžeme ocele, liatiny aj zliatiny neželezných kovov.

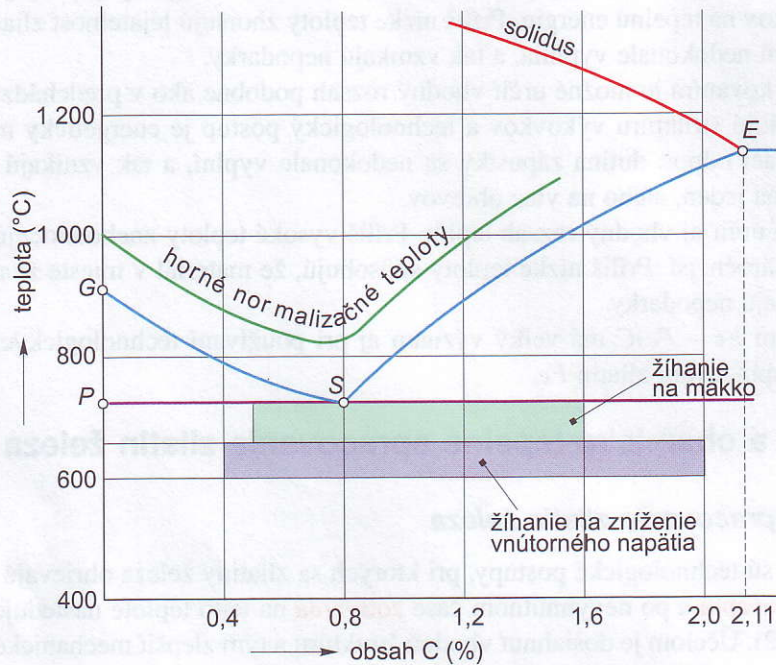
Podľa výšky teploty, na ktorú žišaný predmet zohrejeme, nastane žíhanie:

- bez prekryštalizácie – ohrev maximálne do 727 °C;
- s prekryštalizáciou – ohrev nad 727 °C.

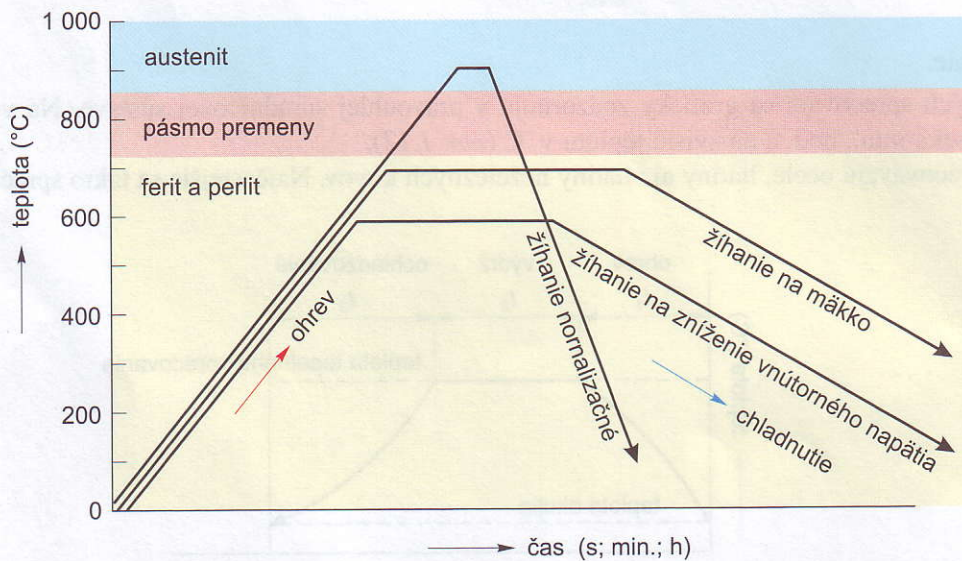
Najčastejšie sa stretnete so žíhaním:

- na mätko;
- na zníženie vnútorného napätia;
- normalizačným žíhaním.

Na obr. 1.13 sú zakreslené v časti diagramu $Fe - Fe_3C$ oblasti ohrevu pri jednotlivých druhoch žíhania.



Obr. 1.13



ocelový pás valcovaný za studena



po prekryštalizačnom žíhaní

Obr. 1.14

Žihanie na mätko

Žihané predmety ohrievame na teploty tesne pod $727\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tento spôsob žihania sa používa najmä pre nástrojové ocele a niektoré konštrukčné legované ocele. Po vyžihaní sa zníži tvrdosť. Je to výhodné pred trieskovým obrábaním. Po obrobení sa musí predmet (napr. nástroj, súčiastka) znovu zakaliť (obr. 1.13 a obr. 1.14).

Žihanie na zníženie vnútorného napätia

Predmety ohrievame na teploty $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ pre polotovary, ako sú zvárky, výkovky, odliatky, ale aj obrobky, ktoré boli pri výrobe vystavené nerovnomernému ohrevu a chladnutiu. Neznížené vnútorné napätie by po čase spôsobilo deformácie, v horšom prípade praskliny výrobkov (obr. 1.13 a obr. 1.14).

Žihanie normalizačné

Je to už žihanie s prekryštalizáciou. Teplotou ohrevu $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ nad $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ sme už v oblasti austenitu. Tento spôsob žihania sa používa na zložité výkovky a odliatky. Výsledok je zárukou dobrých mechanických vlastností. Často sa zaraďuje aj pred kalenie (obr. 1.13 a obr. 1.14).

V praxi sa používa veľa ďalších spôsobov žihania ocelí, liatin a zliatin nežeľzných kovov.

Žihania sa podľa STN 42 0002 označujú prvou doplnkovou číslicou za značkou ocelí, napr.

$$1X\ XXX . 3 \quad (\text{môže byť 1 až 4})$$

1.1.7.3. Kalenie

S pojmom „kalenie“ ste sa už určite stretli. Používa sa často v bežnej reči v prenesenom zmysle slova. Charakterizuje odolnú osobnosť, „tvrdého“ človeka.

Účelom kalenia pri tepelnom spracovaní je **zvýšiť tvrdosť ocele**.

Kaliť sa dajú ocele len s obsahom uhlíka vyšším ako $0,22\%$. Keď majú obsah uhlíka vyšší ako $0,35\%$, sú zaručene kaliteľné.

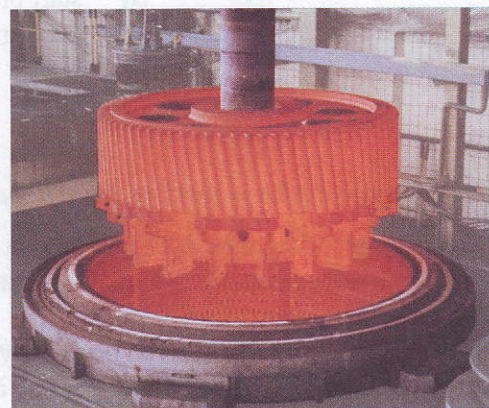
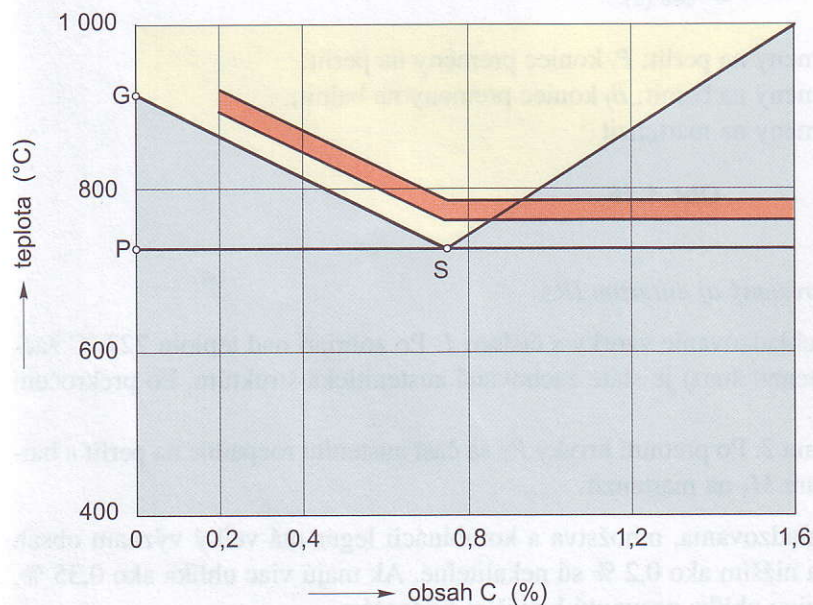
Súčiastky môžeme zakaliť:

– **v celom priereze**, s ním súvisí pojem „kaliteľnosť“. Je to schopnosť dosiahnuť žiadanú tvrdosť v celom priereze súčiastky;

– **na povrchu**, s ním súvisí pojem prekaliteľnosť. Je to schopnosť dosiahnuť žiadanú tvrdosť len do určitej hĺbky, pričom jadro súčiastky zostáva húževnaté. Povrchové kalenie sa používa na tepelné spracovanie, napr. hriadeľových čapov, zubov ozubených kolies. Mechanická vlastnosť, pevnosť v ohybe zostáva zachovaná, povrch je tvrdý, oteruvzdorný.

Kalením sa spracúvajú nelegované a niektoré legované ocele s obsahom uhlíka $0,45$ až $0,6\%$, ale aj ocele nástrojové, sivá a tvárna liatina.

Kaliace teploty ocelí sú nad prekryštalizačnými teplotami a zázorňujú sa rozsahom v rovnovážnom diagrame $Fe - Fe_3C$ (obr. 1.15). Na fotografii vidíte kalenie ozubeného kolesa.



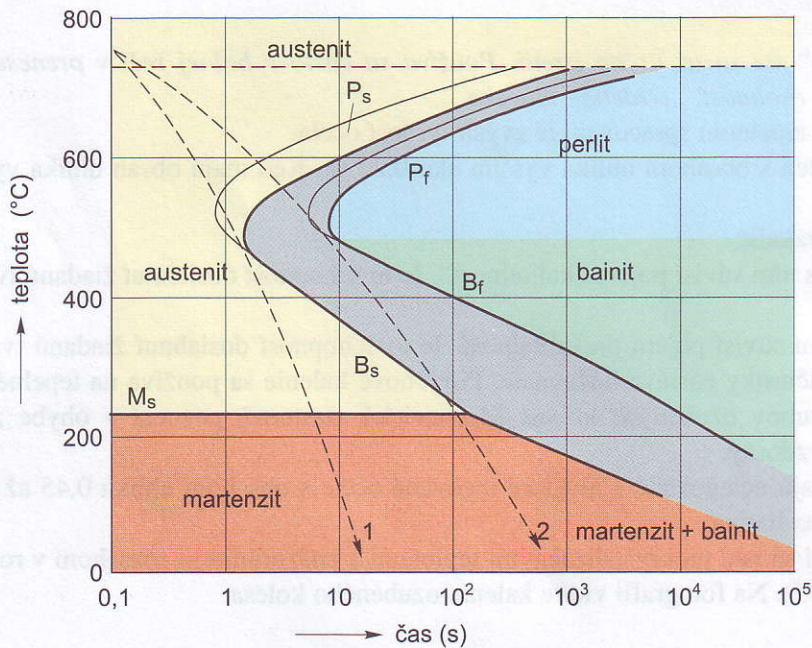
Obr. 1.15

Keďže sú kaliace teploty nad prekryštalizačnými teplotami (oblasť austenitu), prichádza k zmene kryštálov. Po ochladení vznikajú nové štruktúry:

- **martenzit** vzniká z austenitu **rýchlym ochladením**, t. j. kalením, na teplotu okolia. Je veľmi tvrdý a krehký;
- **bainit** vzniká z austenitu **pomalým ochladením**, t. j. popúšťaním na teplotu okolia. Je mäkkší, ale húževnatejší ako austenit.

Rozpad austenitu sa realizuje dvoma spôsobmi:

- **izotermickým rozpadom austenitu**, oceľ sa zohreje na austenizačnú teplotu, na nej sa zotrúva, kým neprebehne úplná austenizácia. **Rýchlo** sa ochladí na teplotu, pri ktorej nastane úplný rozpad austenitu za určitý čas, na ktorom sa zotrúva. Tento postup sa realizuje v praxi menej často. Priebeh sa zaznačí v diagrame **IRA**;
- **anizotermickým rozpadom austenitu**, oceľ sa zohreje na austenizačnú teplotu, z ktorej sa **pomaly** ochladzuje. Prichádza k rozpadu austenitu pri rôznych teplotách, ktoré súvisia s rýchlosťou plynulého ochladzovania. Keď sa tento postup realizuje pri rôznych teplotách pod $727\text{ }^{\circ}\text{C}$, zakreslením do diagramu v pravouhlej súradnicovej sústave získame tzv. **S krivky**. Na nich vidíme začiatky rozpadov – premeny (index *s* – štart) a konce rozpadov austenitu (index *f* – finiš). Na obr. 1.16 je diagram pre eutektoidnú oceľ. Volá sa diagram **ARA**.



- P_s štart premeny na perlit; P_f koniec premeny na perlit;
 B_s štart premeny na bainit; B_f koniec premeny na bainit;
 M_s štart premeny na martenzit

Obr. 1.16

V diagrame ARA je tenkými čiarami nakreslený aj diagram IRA.

Sledujme v diagrame ARA na obrázku ochladzovanie vzorky s číslom 1. Po zohriatí nad teplotu $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ začneme ochladzovanie. Po priamku M_s (martenzit štart) je stále zachovaná austenitická štruktúra. Po prekročení M_s nastáva martenzitická premena.

Sledujme v diagrame krivku ochladzovania 2. Po pretnutí krivky P_s sa časť austenitu rozpadne na perlit a bainit a len zvyšok austenitu sa premení na čiare M_s na martenzit.

Na kaliteľnosť ocelí okrem rýchlosti ochladzovania, množstva a kombinácii legúr má veľký význam obsah uhlíka. Nelegované ocele s obsahom uhlíka nižším ako 0,2 % sú nekaliteľné. Ak majú viac uhlíka ako 0,35 %, sú kaliteľné. Legované ocele majú túto hranicu uhlíka posunutú k nižším hodnotám.

Opis jednotlivých druhov kalení podľa schémy podáva odborná literatúra.

1.1.7.4. Popúšťanie

Popúšťaním odstraňujeme krehkosť a vnútorné napätie. Je to technologický postup tepelného spracovania ocelí, ktorý sa zaraďuje po kalení alebo sa s ním kombinuje.

Ocele majú po kalení martenzitickú štruktúru, ktorá má vysokú tvrdosť, ale aj nežiaducu krehkosť a vysoké vnútorné napätie. Preto oceľ popúšťame.

Oceľ sa zohreje na tzv. popúšťaciu teplotu, ktorá je pod $727\text{ }^{\circ}\text{C}$, a po nevyhnutnom zotrvaní sa spravidla veľmi pomaly ochladzuje.

Z hľadiska výšky popúšťacích teplôt popúšťanie rozdeľujeme na:

- popúšťanie z **nízkych teplôt** do $350\text{ }^{\circ}\text{C}$, napr. pre nástrojové ocele, ktoré sa v praxi nazývajú aj napúšťanie;
- popúšťanie z **vysokých teplôt** od $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Keď je popúšťanie spojené s kalením, volá sa aj zušľachťovanie. Účelom je dosiahnuť vysokú medzu klzu, pevnosť, odolnosť proti únave a vrubovú húževnatosť.

Zvláštne spôsoby tepelných spracovaní ocelí

V praxi sa používajú aj zvláštne spôsoby tepelných spracovaní ocelí, ktoré nepatria do žihania ani kalenia.

Patentovanie je zvláštny spôsob IRA s ohrevom v kúpeli s teplotou $450 - 550\text{ }^{\circ}\text{C}$. Používa sa pri výrobe oceľových drôtov tvárnením (ťaháním) za studena. Umožňuje vysokú redukciu prierezu drôtu na výrobu lán a pružín.

Tepelno-mechanické spracovanie je spojenie tepelného spracovania a tvárnenia. Používa sa pre nástrojové ocele, ktoré sú namáhané rázmi, napr. strižník, strižnica, ale aj zápustky, ktoré navyše pracujú za tepla. Zvýši sa tvárnosť aj medza únavy. Teploty tepelného spracovania sú v rozsahu 600 až $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ najmä pre nízkolegované ocele.

Vytvrdzovanie (starnutie), a to:

- **prírodné** pri okolitej teplote, ktoré je časovo náročné;
- **umelé** pri zvýšenej teplote, ktoré je časovo podstatne menej náročné. Zvýši sa pevnosť, tvrdosť, ale spravidla sa zníži húževnatosť.

Pôvodne bolo vyvinuté pre ľahkú zliatinu – duralumínium.

1.1.7.5. Zariadenia na tepelné spracovanie zliatin železa

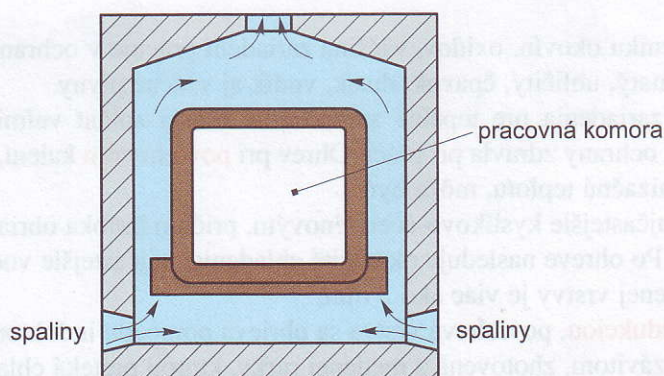
V predchádzajúcej časti sme sa naučili, že výrazne meniť vlastnosti konštrukčných materiálov môžeme ohrevom a ochladzovaním. Preberieme si preto zariadenia na tepelné spracovanie.

Ohrev

Voľbu pece na ohrev najviac ovplyvňuje typ výroby. Pri veľkosériovej a hromadnej výrobe sa používajú linky alebo zariadenia, v ktorých prebieha celý proces.

Na ohrev sa používajú **pece**. Podľa konštrukcie môžu byť:

- **komorové** rôznych veľkostí;
- **šachtové** so zvislým valcovým pracovným priestorom. Do neho sa spúšťajú zavesené koše so súčiastkami alebo dlhé súčiastky, napr. hriadele (obr. 1.18).



Obr. 1.17

Rovnomerná teplota v peciach sa zabezpečuje premiešavaním atmosféry ventilátorom. Atmosféra môže mať rôzne zloženie. Pec sa potom môže použiť aj na chemicko-tepelné spracovanie zliatin železa.

Pece sú vyhrievané elektricky alebo plynom (zmesou uhľovodíkov).

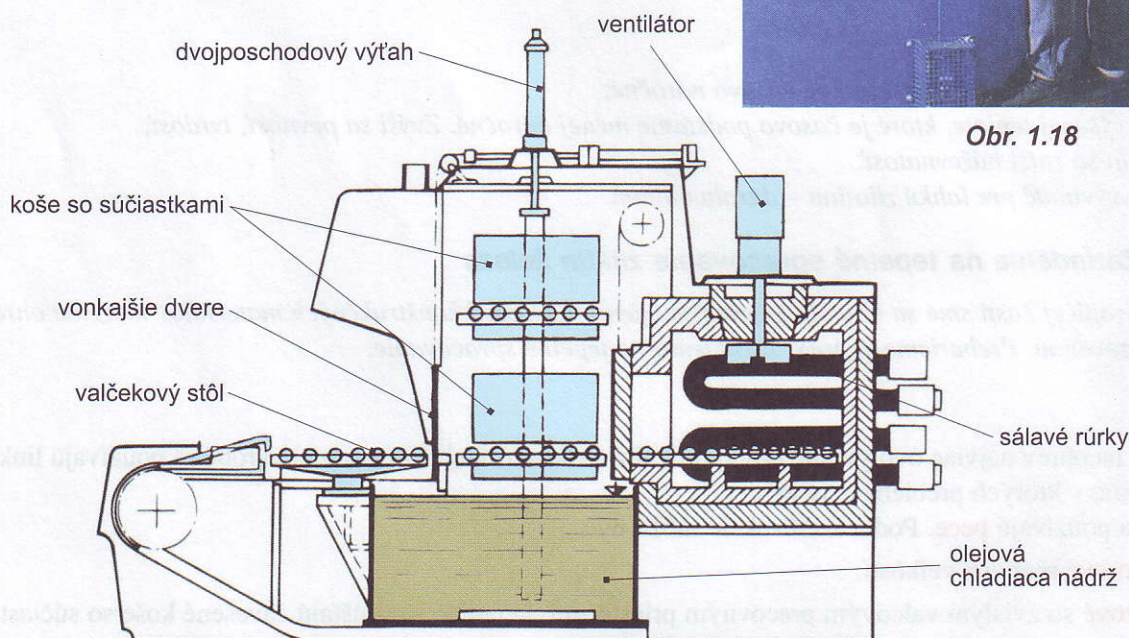
Elektrické vyhrievanie je jednoduché, rýchle, s dobrou reguláciou teploty a s dobrým rozložením teplôt do 1 150 °C, ale je drahé.

Plynové vykurovanie je zložitejšie, regulácia teplôt a rozloženie teplôt je menej presné, ale je lacnejšie. Keď sa spaliny nevedú priamo do pracovnej komory, ale okolo chráneného priestoru, potom je to pec muflová (obr. 1.17).

Na obr. 1.19 je komorový kaliaci agregát, ktorý sa používa vo veľkosériovej a hromadnej výrobe.



Obr. 1.18



Obr. 1.19

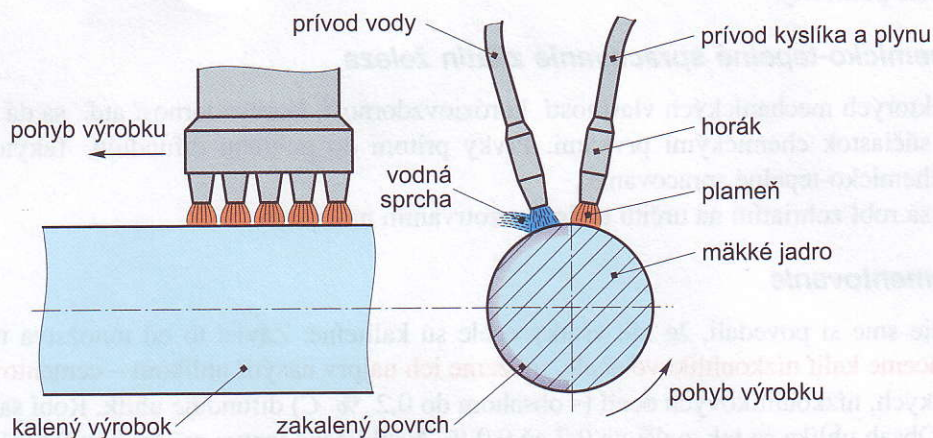
Aby sa zabránilo vzniku okovín, oxidov, väčšina zariadení pracuje v ochrannej atmosfére. Ochranné atmosféry bývajú: oxid uhoľnatý, uhličitý, čpavok, dusík, vodík aj vzácne plyny.

Všetky spomínané zariadenia pre tepelné spracovanie musia spĺňať veľmi prísne ekologické požiadavky a zásady bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Ohrev pri **povrchovom** kalení, pri ktorom ohrievame len povrchovú vrstvu na austenizačnú teplotu, môže byť:

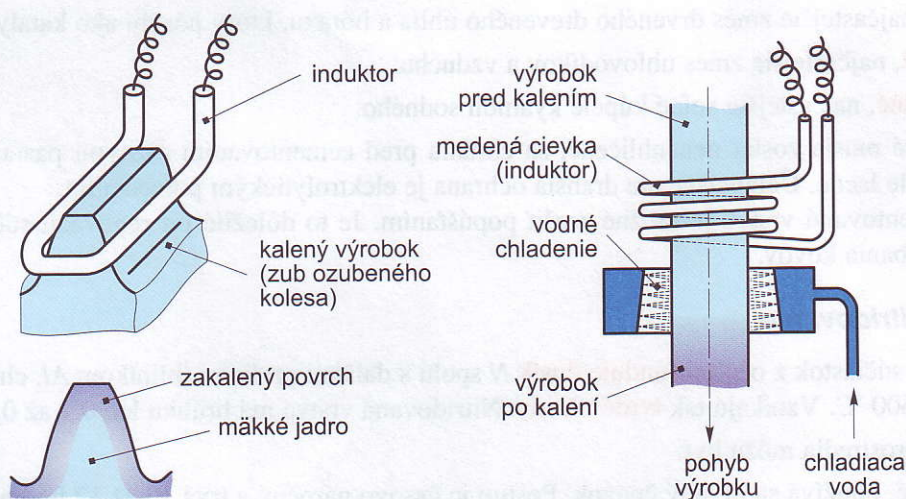
- **plameňom**, najčastejšie kyslíkovo-acetylénovým, pričom hrúbka ohriatej vrstvy je priamo úmerná dobe ohrevu. Po ohreve nasleduje okamžité chladenie, najčastejšie vodnou sprchou (obr. 1.20). Hrúbka zakalenej vrstvy je viac ako 2 mm;
- **elektrickou indukciou**, povrchová vrstva sa ohrieva pomocou induktora, čo je v podstate cievka často len s jedným závitom, zhotovená z medenej rúrky, ktorou preteká chladiaca voda. Keď prechádza induktorom striedavý elektrický prúd určitej frekvencie, indukujú sa v striedavom magnetickom poli vírivé prúdy rovnakej frekvencie, ktorými sa povrch súčiastky ohrieva. Hrúbka zohriatej vrstvy je

nepriamo úmerná jej rýchlosti pohybu cez cievku. Po ohreve nasleduje okamžité chladenie vodnou sprchou (obr. 1.21). Hrúbka zakalenej vrstvy je nad 1 mm;

- **laserovým lúčom.** Tento spôsob ohrevu patrí medzi progresívne. Používa sa pri povrchovom kalení.



Obr. 1.20



Obr. 1.21

Technologická vlastnosť ocelí, prekaliteľnosť, sa zisťuje čelnou skúškou prekaliteľnosti za presne určených podmienok podľa STN. Výsledkom je tzv. krivka prekaliteľnosti.

Ochladzovanie

Kaliace prostredia musia zabezpečiť chladenie ocelí zodpovedajúcou kritickou rýchlosťou.

Používa sa:

- **voda.** Je to najstaršie a veľmi účinné prostredie. Účinok možno zvýšiť pohybom súčiastok vo vode. Do vody sa môžu pridať rôzne prísady, ktoré zvyšujú, príp. znižujú jej chladiaci účinok. Maximálny kaliaci účinok má vodná sprcha;
- **oleje.** Majú podstatne miernejší kaliaci účinok. Používajú sa najmä minerálne oleje;
- **roztavené soľné kúpele,** ktoré majú plynulý kaliaci účinok. Používajú sa rôzne chloridy s prídavkom kyanidov, ktoré sú prudko jedovaté;
- **roztavené kovové kúpele,** ktoré majú podobný kaliaci účinok ako soľné kúpele;
- **vzduch.** Najčastejšie prúdi pod tlakom 10 kPa. Kaliaci účinok je mierny.

Pri kalení je nevyhnutné dodržiavať niektoré základné pravidlá a súčiastky musia zodpovedať zásadám technologickosti konštrukcie kalených súčiastok.

Kaliace prostredia sú väčšinou veľmi nebezpečné, preto pri používaní a manipulácii musia spĺňať veľmi prísne ekologické požiadavky, zásady bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Pracovníci musia používať osobné ochranné pracovné pomôcky.

1.1.7.6. Chemicko-tepelné spracovanie zliatin železa

Zlepšenie niektorých mechanických vlastností, koróziivzdornosť, žiaruvzdornosť atď., sa dá dosiahnuť nasýtením povrchu súčiastok chemickými prvkami. Prvky pritom do povrchu difundujú. Takýto technologický postup sa volá chemicko-tepelné spracovanie.

Nasycovanie sa robí zohriatím na určitú teplotu a zotrvaním na teplote.

1.1.7.7. Cementovanie

V časti kalenie sme si povedali, že nie všetky ocele sú kaliteľné. Závisí to od množstva uhlíka (viac ako 0,35 %). **Keď chceme kalieť nízkouhlíkové ocele, môžeme ich najprv nasýtiť uhlíkom – cementovať.** Do povrchu súčiastok z mäkkých, nízkouhlíkových ocelí (s obsahom do 0,2 % C) difunduje uhlík. Robí sa to pri teplotách 850 až 950 °C. Obsah uhlíka sa tak zvýši na 0,7 až 0,9 %. Nauhličená vrstva má hrúbku 0,5 až 1,5 mm. Závisí to od veľkosti súčiastky. Po cementovaní nasleduje kalenie, spravidla aj popúšťanie. Vhodné sú ocele, ktoré majú v číselnej značke na štvrtom mieste číslicu 1 alebo 2. Napr. nelegované ocele 12 010, 12 020, legované ocele 14 220, 16 220 atď.

Cementačné prostredie môže byť:

- **tuhé**, najčastejšie zmes drveného dreveného uhlia a bórxu, ktorý pôsobí ako katalyzátor;
- **plynné**, najčastejšie zmes uhľovodíkov a vzduchu;
- **kvapalné**, najčastejšie solné kúpele kyanidu sodného.

Plochy, ktoré musia zostať nenauhličené, sa chránia pred cementovaním rôznymi pastami a nátermi. Je to málo účinné, ale lacné. Účinnejšia, ale drahšia ochrana je elektrolytickým pomedením.

Tvrdu, cementovanú vrstvu je možné zrušiť popúšťaním. Je to dôležité pri renovácii súčiastok trieskovými spôsobmi obrábania kovov.

1.1.7.8. Nitridovanie

Do povrchu súčiastok z ocelí **difunduje dusík N** spolu s ďalšími prvkami (hliníkom Al, chrómom Cr) pri teplotách 500 až 600 °C. Vznikajú tak **tvrdé nitridy**. Nitridovaná vrstva má hrúbku len 0,1 až 0,5 mm.

Nitridačné prostredia môžu byť:

- plynné, používa sa plynny čpavok. Postup je časovo náročný a trvá 10 až 12 hodín podľa použitej teploty;
- kvapalné, používa sa zmes kyanidu sodného a kyanatanu draselného. Postup je menej časovo náročný, ale aj nitridačné vrstvy sú tenšie – len do 0,05 mm.

Nitridovanie je v porovnaní s cementovaním časovo aj finančne náročnejšie, pričom vrstva je tenšia. Jej tvrdosť nie je možné zrušiť popúšťaním. Pri renovácii je možné použiť len brúsenie. Nitridačné teploty sú nižšie a ocelové súčiastky sú nimi menej ovplyvnené.

1.1.7.9. Nitrocementovanie

Kombináciou predchádzajúcich dvoch spôsobov vznikne nitrocementovanie. Účelom je eliminovať niektoré ich nevýhody a využiť výhody.

Nitrocementačné prostredia môžu byť:

- plynné, používa sa cementačná atmosféra s prísadou plynného čpavku pri teplotách 800 – 880 °C. Pri vyšších teplotách prevláda nasýtenie uhlíkom, pri nižších dusíkom;
- kvapalné, používajú sa kyanidové solné kúpele pri teplotách 750 až 850 °C.

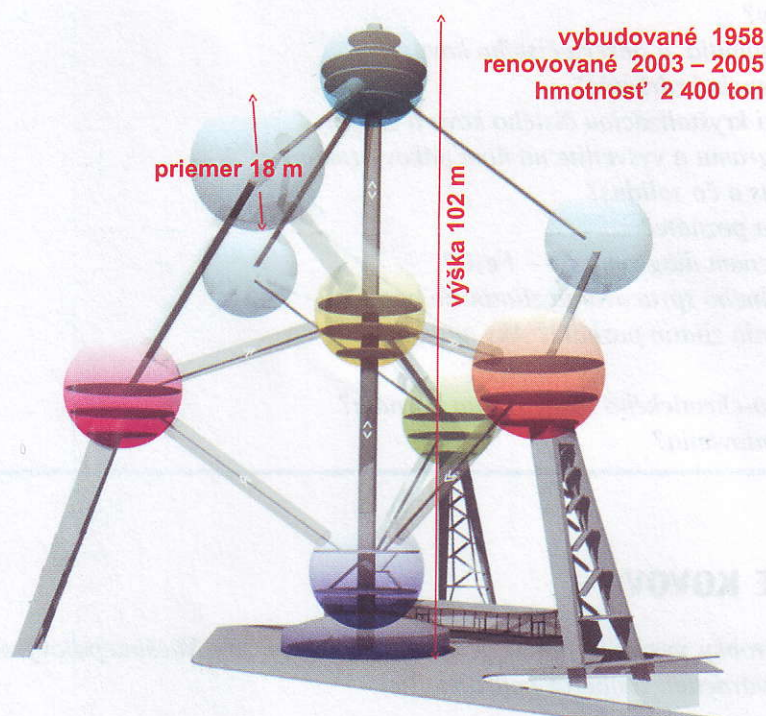
Po nitrocementovaní sa kalí do oleja. Vznikajú tak menšie vnútorné napätia, ale napriek tomu sa súčiastky ešte popúšťajú pri teplote 180 °C.

Progresívnymi modifikáciami sú iónová nitridácia, sulfónitridácia a boridizácia.

Zhrnutie:

Metalografia skúma konštrukčné materiály používané v strojárstve. Zameriava sa na ich vnútornú stavbu s cieľom zlepšiť ich vlastnosti, najmä tepelnými a chemicko-tepelnými spracovaniami.

Najpoužívanejšie sú **zliatiny železa, ktorého mriežka má tvar kocky.** Tvar tejto mriežky, veľakrát zväčšený, bol symbolom Svetovej výstavy v Bruseli v roku 1958. Niektorí z vás sa možno už poprechádzali vo vnútri Atómia, ktoré má výšku 102 m (obr 1.22). Gule atómov v rohoch kocky majú priemer 18 m s plochou 1 018 m². Sú prepojené spojovacím schodiskom a výťahom pre návštevníkov. Pri renovácii v rokoch 2003 až 2005 bol vonkajší hliníkový plášť nahradený nerezovým plechom.



Obr. 1.22

Ďalšie často používané konštrukčné materiály sú zliatiny hliníka, medi, horčíka, zinku, ale aj progresívne zliatiny titánu, zirkónu, berýlia, yttria, irídia atď. Všetky tieto zliatiny sú kryštalické látky, ktoré **môžu meniť svoju kryštalickú stavbu, čiže vznikajú modifikácie.**

Chemicky čisté kovy sa na konštruovanie strojových súčiastok nepoužívajú, najmä pre nevyhovujúce mechanické, ale aj iné vlastnosti.

Kryštalizácia najpoužívanejších zliatin železa, ale aj iné skutočnosti sa znázorňujú v **rovnovážnom diagrame $Fe - Fe_3C$.** S ním súvisia niektoré pojmy a názvy, ktoré si musíte zapamätať, pretože sú všeobecne závažné. Diagram má v praxi široké použitie.

V praxi sa veľmi využíva **tepelné a chemicko-tepelné spracovanie,** prípadne ich kombinácie. Dajú sa nimi **zlepšiť skoro všetky vlastnosti kovov a zliatin.** Z ekologického hľadiska však zaťažujú životné prostredie.

Keď vás táto problematika mimoriadne zaujme, dá sa študovať vysokoškolskou formou. Je to materiálové inžinierstvo.

Otázky, úlohy a úvahy:

1. Čo je merná hmotnosť? Akú má mernú hmotnosť technické železo?
2. Čo je oceľ?
3. Ako sa vyrába?
4. Čo je liatina, ako sa vyrába?
5. Aké sú triedy ocelí a aké sú hlavné vlastnosti ocelí v jednotlivých triedach?
6. Čo je medza klzu?
7. Čo je medza pevnosti materiálu? Ako ju označujeme?
8. Čím sa zaoberá metalografia?
9. Čo je atóm a z čoho sa skladá?
10. V akých kryštalografických sústavách kryštalizujú bežne používané kovy?
11. Čo sú zliatiny kovov?
12. Opíšte priebeh chladnutia a ohrevu čistého kovu.
13. Vysvetlite pojem „tepelné zadržanie“.
14. Aký je rozdiel medzi kryštalizáciou čistého kovu a zliatiny?
15. Nakreslite časť diagramu a vysvetlite na ňom pákový zákon.
16. Čo je krivka likvidus a čo solidus?
17. Ktoré zliatiny železa poznáte?
18. Aký je praktický význam diagramu $Fe - Fe_3C$?
19. Ktoré spôsoby tepelného spracovania zliatin Fe poznáte?
20. Ktoré spôsoby žihania zliatin poznáte? Aký majú účel?
21. Čo je popúšťanie?
22. Aké spôsoby tepelno-chemického spracovania poznáte?
23. Čo je účelom cementovania?

1.2. TVÁRNE NIE KOVOV

Keď sme sa učili polovýrobky, vysvetlili sme si zjednodušene ich výrobu. Väčšina polovýrobov sa vyrába tvárnením. Teraz sa budeme tvárnením zaoberať podrobnejšie.

Tvárenie je technologický postup, pri ktorom sa uskutočňuje trvalá zmena tvaru polovýrobov alebo súčiastok. Ich výroba inými spôsobmi, napr. trieskovými spôsobmi – obrábaním kovov, by bola nevhodná, drahá a časovo náročná. Polovýrobky môžu mať jednoduché tvary, napr. drôty, plechy, rúry atď., ale môžu byť aj zložitejšie, napr. výkovky ojníc, kľukových hriadelov atď.

Mechanickým pôsobením získavajú výrobky lepšie mechanické vlastnosti, napr. pevnosť, húževnatosť, zjemňuje sa mikroštruktúra, eliminujú sa povrchové mikrotrhlínky a póry.

Tvárenie, zmena tvaru kovových materiálov musí byť trvalá (plastická) deformácia. Pôsobiacie napätie musí prekročiť medzu pružnosti σ_E , často medzu klzu $\sigma_K = Re$, pričom materiál sa neporuší. Výnimkou je strihanie, keď sa materiál musí porušiť, napätie musí byť nad medzou pevnosti Rm (obr. 1.23).

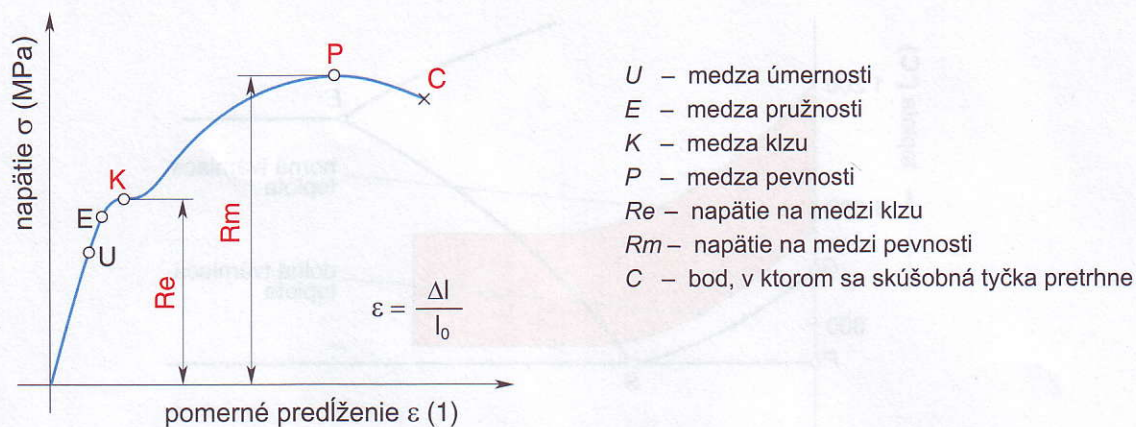
Pri deformácii kovových materiálov sa deformujú aj jeho jednotlivé zrná. To spôsobuje zmenu mechanických vlastností. V smere predĺženia zrn sa zväčšuje pevnosť, tvrdosť a medza klzu, ale ťažnosť sa znižuje (pozrite si obr. 1.4).

Zväčšenie pevnosti, medze klzu sa volá **deformačné spevnenie**. Jeho veľkosť závisí od veľkosti deformácie a od zloženia materiálu.

Obnoviť ťažnosť a odstrániť spevnenie po tvárnení je možné zohriatím nad rekryštalizačnú teplotu. Vytvoria sa nové súmerné zrná a materiál získa vlastnosti, ktoré mal pred deformáciou. Tento technologický postup sa používa pri tvárnení, najmä pri ťahaní nádob na viac ťahov.

Z hľadiska teploty, pri ktorej sa tvárnenie uskutočňuje, poznáme tvárnenie:

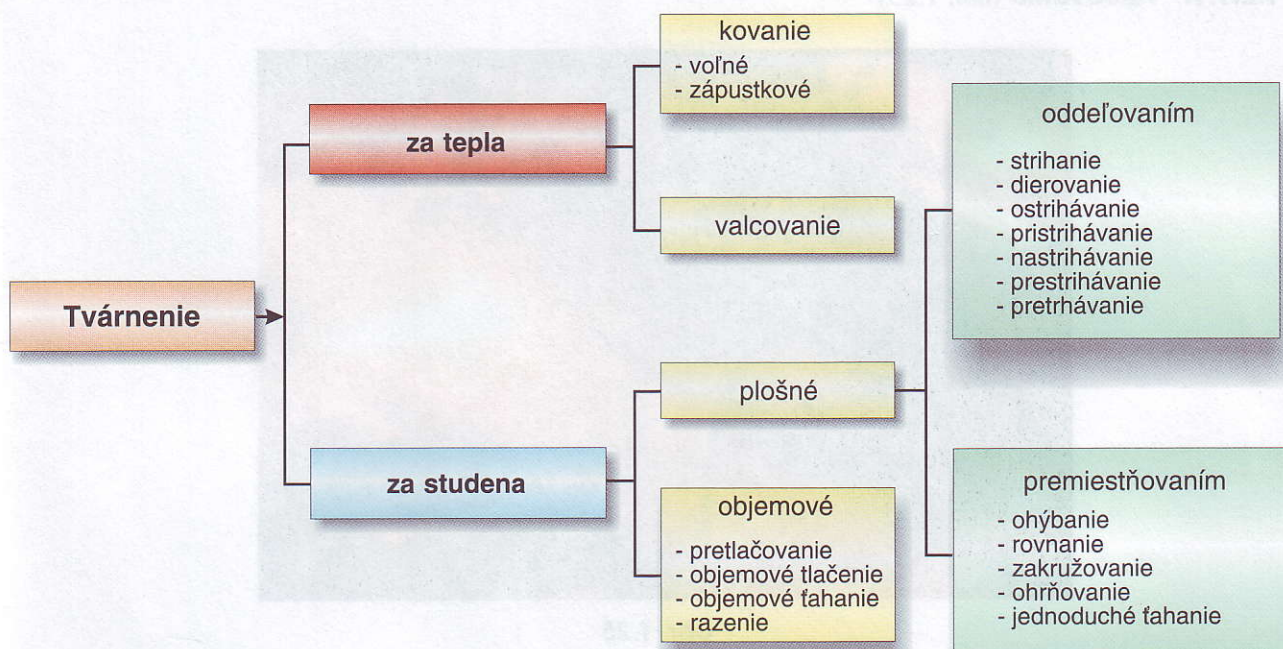
- **za tepla**, je to najmä valcovanie, kovanie, ako aj špeciálny spôsob ťahania nádob z nerezových ocelí vysokými rýchlosťami atď.;
- **za studena**, pri okolitej teplote. Sú to najmä technologické postupy lisovania, napr. strihanie, ohýbanie, ťahanie nádob, pretláčanie.



Obr. 1.23

Druhy tvárnenia kovov sú prehľadne znázornené v tab. 1.1.

Tab. 1.1



Postupne si vysvetlíme jednotlivé druhy tvárnenia.

1.2.1. Tvárnenie za tepla

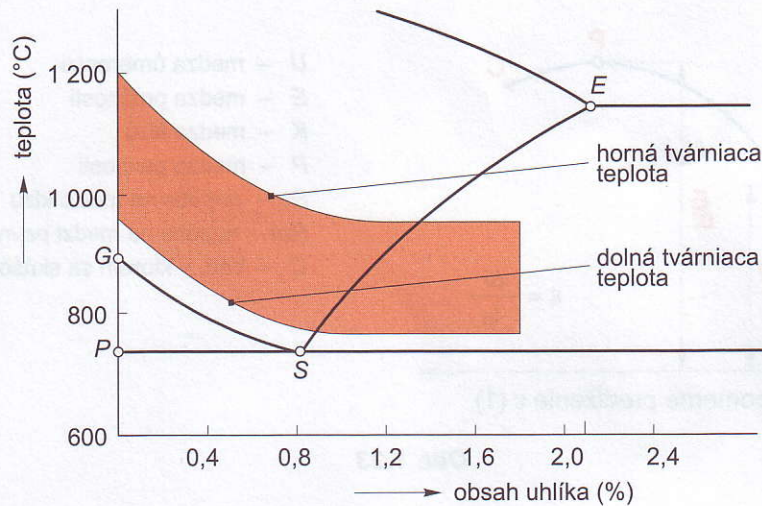
Kovové materiály zohriate na tzv. **tvárniacu teplotu** si vyžadujú menšiu pretváraciu prácu na zmenu tvaru. Nízka teplota tvárnenia si vyžaduje väčšiu pretváraciu prácu, znižuje životnosť nástrojov a neumožní veľké podstatné deformácie.

Vysoká teplota tvárnenia spôsobuje väčší **opal** na povrchu kovu, ktorý býva pri dodržaní teploty 3 až 5 %. Opalom vznikajú **okoviny** (okuje), ktoré pri väčšom počte ohrevov spôsobujú nezanedbateľné straty. Teplota spôsobuje aj rast zŕn, čo zase zhoršuje mechanické vlastnosti. Pri vysokej teplote sa kov môže aj nataviť a spáliť.

Tvárniaca teplota nelegovaných ocelí je 250 až 300 °C pod krivkou solidus. Je daná rozsahom teplôt, ktoré vidíte na obr. 1.24.

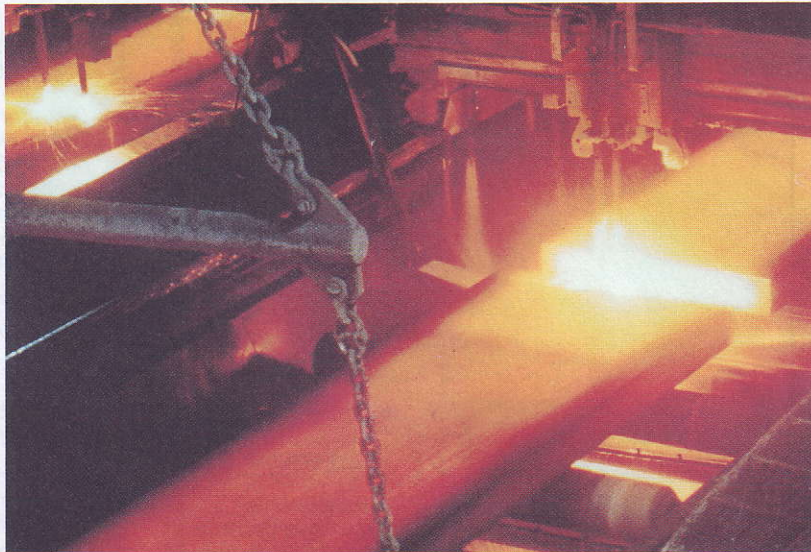
Za tepla trvalo menia tvar materiály:

- **valcováním**, vyrábajú sa tak prevažne hutnícke polotovary;
- **kovaním**, prevažne v zápustkách v hromadnej výrobe.



Obr. 1.24

1.2.1.1. Valcovanie (obr. 1.25)



Obr. 1.25

Valcovanie je technologický postup tvárnenia zohriatych polotovarov na tvárniacu teplotu medzi otáčajúcou sa dvojicou valcov. Valcované hutnícke polotovary sa vyrábajú z ekonomických dôvodov spravidla priamo v hutiach na výrobu ocelí. Sú normalizované, t. j. známe sú materiály, tvary, rozmery, ich odchýlky od tvaru a polohy, hmotnosť na 1 m dĺžky atď. V strojárskych praxi sa veľmi používajú.

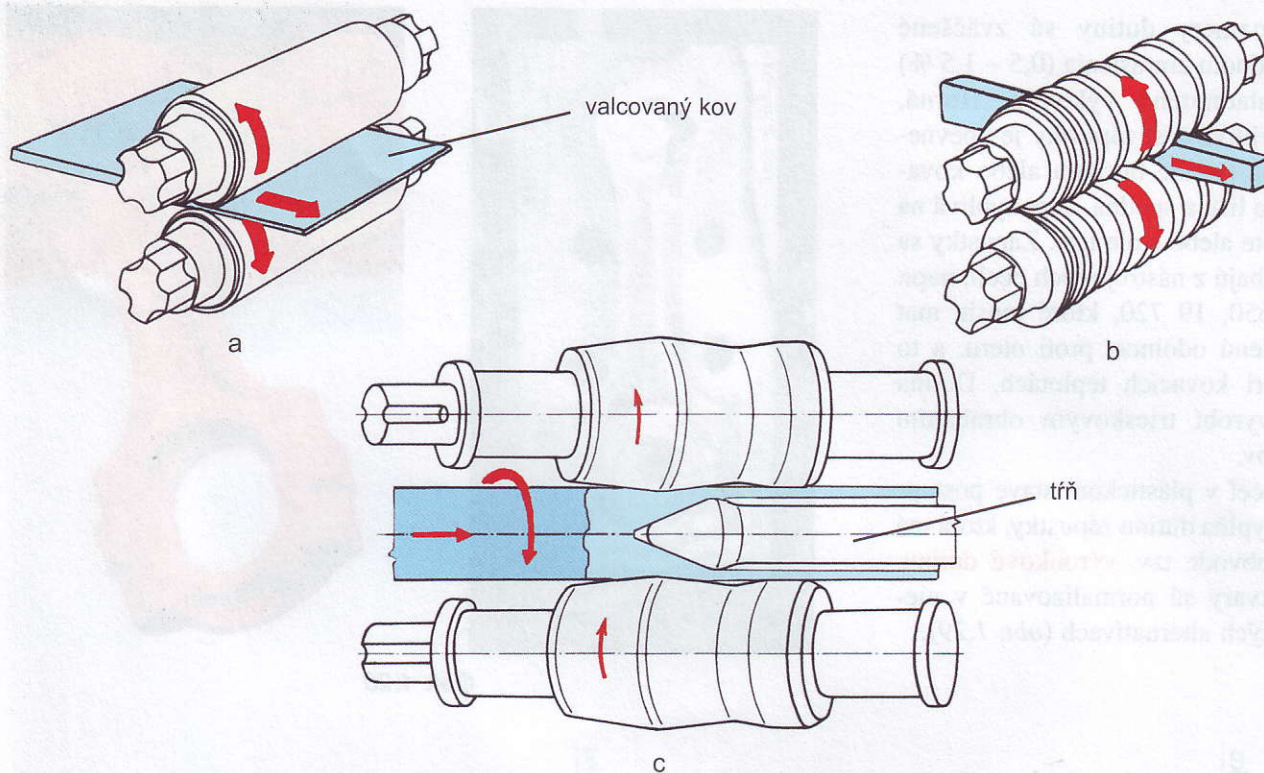
Vyrobená oceľ, napr. v konvertore, elektrickej oblúkovej peci atď., v oceliarniach sa odleje do kovovej formy – kokily. Po stuhnutí ocele, ešte v plastickom stave sa z kokily vyberie ingot, ktorý sa okamžite spracúva na predvalcovacej stolici na predvalok. Ten sa ďalej na dovalcovacej stolici spracúva na konečný výrobok – vývalok, napr. tyče, plechy, profilové materiály, drôty s priemerom nad 5 mm atď.

Valcovacia stolica sa skladá z dvojice, príp. trojice valcov, otáčajúcich sa oproti sebe, uložených v ráme.

Valcovacia trať sa skladá z viacerých valcovacích stolíc, doplnených valčekovou traťou (prípadne inou), po ktorej sa pohybujú predvalky, resp. vývalky.

Povrch valcov môže byť:

- hladký na valcovanie plechov (obr. 1.26a);
- profilovaný, rôzne tvarovaný na valcovanie profilov napr. L, I, U atď. (obr. 1.26b);
- súdkovitý na výrobu bezošvých rúr Manessmannovým spôsobom (obr. 1.26c). Osi valcov sú mimo-bežné a otáčajú sa v rovnakom smere. Všetky tieto zvláštnosti spôsobujú v predvalku také napätia, pri ktorých vzniká priebežná diera. Ak sa použije trň, tak len na vyhladenie diery rúry.



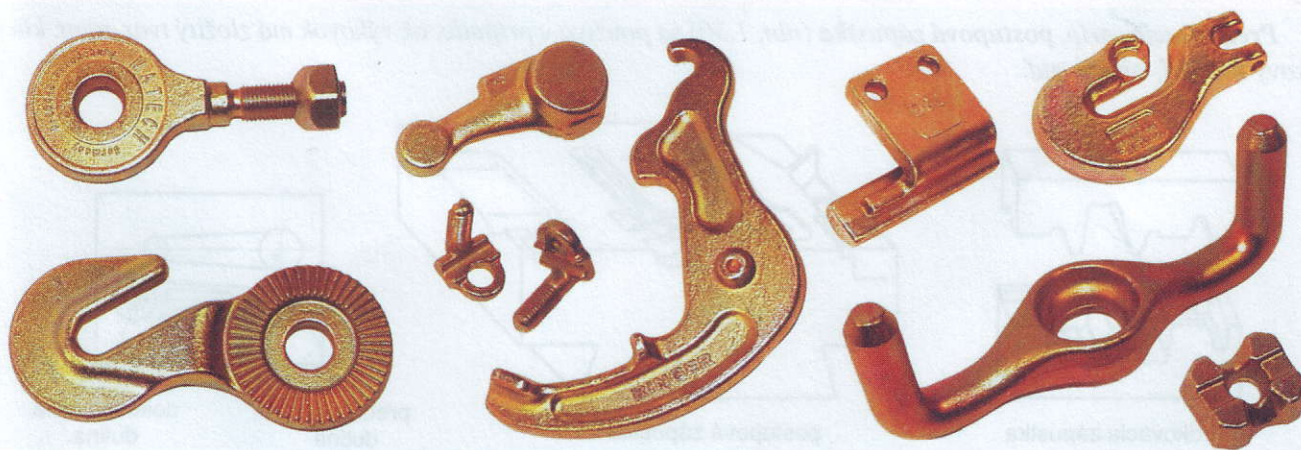
Obr. 1.26

1.2.1.2. Kovanie

Kovanie je technologický postup tvárnenia zahriatych polotovarov na kovaciu teplotu **pôsobením dynamickej** (ručne, bucharom) alebo statickej (kovacím lisom) sily.

Kovanie môže byť:

- **volné**, polotovar sa uchyťí do klieští rôznych tvarov a pomocou ďalších pomôcok sa mení jeho tvar na **výkovok**. Používa sa v kusovej a malosériovej výrobe;
- **zápustkové**, polotovar sa vloží do dutiny spodnej časti zápustky a úderom hornej zápustky vzniká **zápustkový výkovok**. Uplatnenie má v hromadnej, prípadne veľkosériovej výrobe (výroba zápustky je finančne nákladná). Príklady súčiastok kovaných v zápustkách vidíte na *obr. 1.27*.



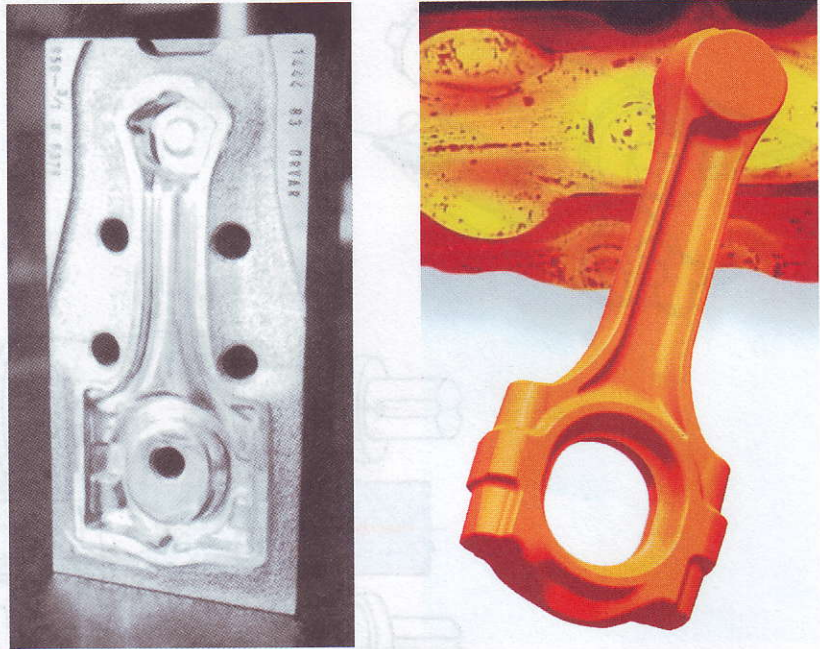
Obr. 1.27

Podrobnejšie sa budeme zaoberať zápustkovým kovaním.

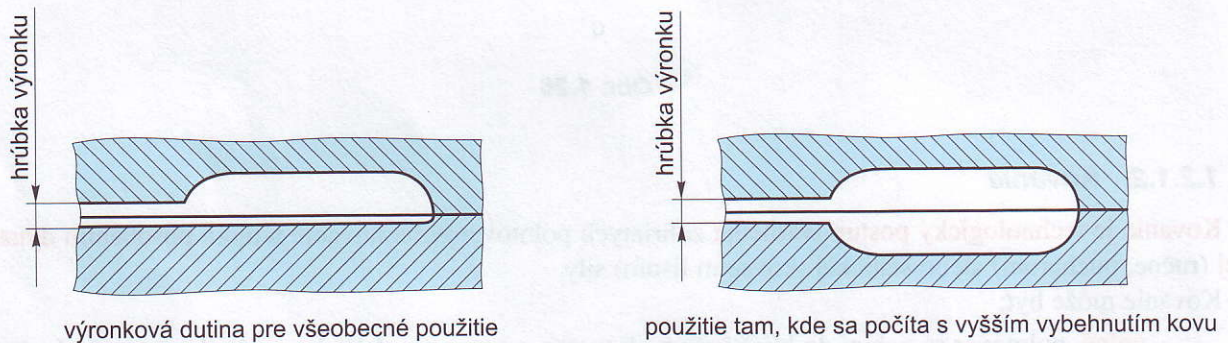
Zápustka je dvojdielna forma – nástroj. Vnútri má dutinu, ktorá je zhodná s tvarom výkovku. Na *obr. 1.28* je zápustka na kovanie ojnice a ojnice.

Rozmery dutiny sú zväčšené o hodnotu zmráštenia (0,5 – 1,5 %) vychladnutého výkovku. Horná, pohyblivá časť zápustky je upevnená na barane buchara alebo kovacího lisu a spodná, nepohyblivá na šabote alebo stole lisu. Zápustky sa vyrábajú z nástrojových ocelí, napr. 19 650, 19 720, ktoré musia mať zvýšenú odolnosť proti oteru, a to aj pri kovacíh teplotách. Dutina sa vyrobí trieskovým obrábaním kovov.

Oceľ v plastickom stave postupne vyplnía dutinu zápustky, ktorá má po obvode tzv. **výronkovú dutinu**. Jej tvary sú normalizované v niekoľkých alternatívach (obr. 1.29).



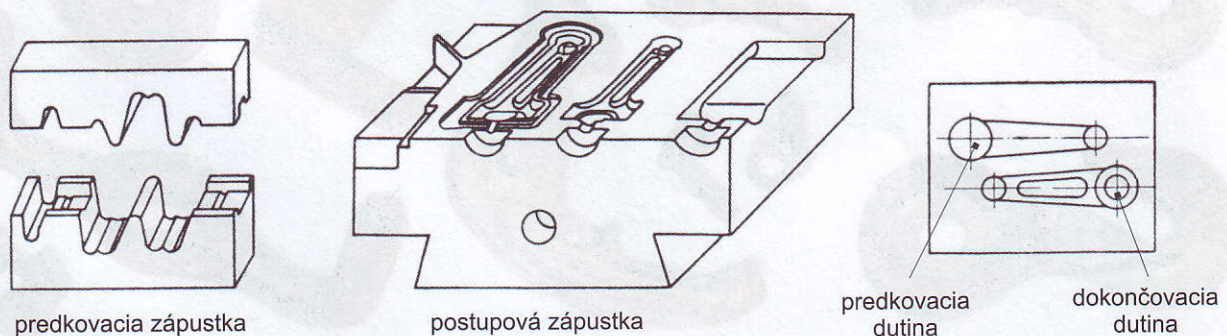
Obr. 1.28



Obr. 1.29

Dutina má viac úloh. Jej hlavnou úlohou je odvieť z dutiny zápustky prebytočný materiál výkovku. Okrem toho zväčšeným odporom v spojovacej časti ztuhnú výkovok a niektoré ďalšie úlohy. Dutina sa vyplní zohriatym kovom na niekoľko úderov barana buchara alebo obvykle na jeden zdvih kovacího lisu.

Predkovacia, príp. postupová zápustka (obr. 1.30) sa používa v prípade, ak výkovok má zložitý tvar, napr. kľukový hriadeľ, ojnica atď.

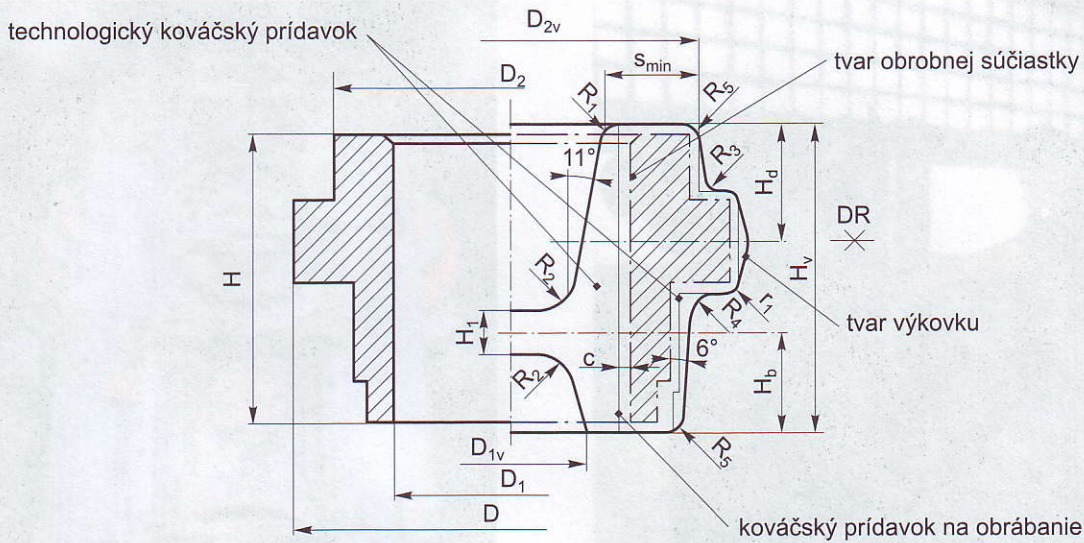


Obr. 1.30

Kalibrovacia zápustka sa používa v prípade, ak sa na výkovok kladú vysoké požiadavky vzhľadom na rozmerovú a tvarovú presnosť, príp. drsnosť. Inou možnosťou je použiť na **presné kovanie** špeciálne, uzatvorené zápustky. Zápustkové výkovky sú vyrobené v triedach presnosti IT 14 až 18 v závislosti od veľkosti, použitej technológie nástroja, požiadaviek atď.

Výkovok musí spĺňať **zásady technologickosti konštrukcie**, ktoré sú normalizované, napr. úkosity, zaoblenia, hrúbky stien atď. Zabezpečujú ľahké vybratie výkovku z dutiny, jeho optimálne chladnutie, mechanické vlastnosti atď. Výkovok nemôže mať priebežný otvor z dôvodu mechanického poškodenia dutiny zápustky. Otvor sa predkuje v tvare tzv. **blany**.

Výkres výkovku je potrebný na výrobu dutiny zápustky (obr. 1.31).



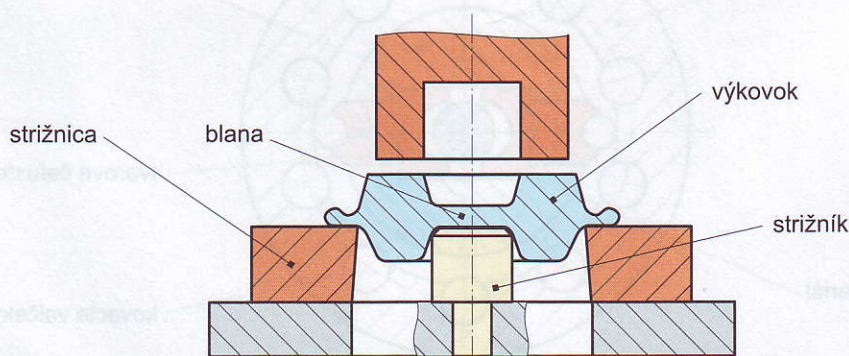
Obr. 1.31

Výkres má v porovnaní s výkresmi strojových súčiastok niektoré zvláštnosti. Podkladom na jeho vypracovanie je výkres súčiastky, ktorej polotovarom je výkovok. Objem polotovaru výkovku a jeho rozmery je dôležité presne vypočítať a experimentálne overiť.

Úprava, dokončenie výkovku po vybratí z dutiny zápustky má niekoľko operácií:

- obstrihávanie výronku v špeciálnom obstrihovacom nástroji;
- dierovanie blany;
- rovanie;
- tepelné spracovanie – normalizačné žihanie;
- brúsenie v deliacej rovine;
- odstraňovanie okovín, čistenie otryskávaním alebo morením s nasledujúcimi oplachmi a neutralizáciou, atď.

Niektoré operácie je možné združiť a urobiť ich jedným nástrojom, napr. obstrihnúť výronok a dierovať blanu (obr. 1.32).



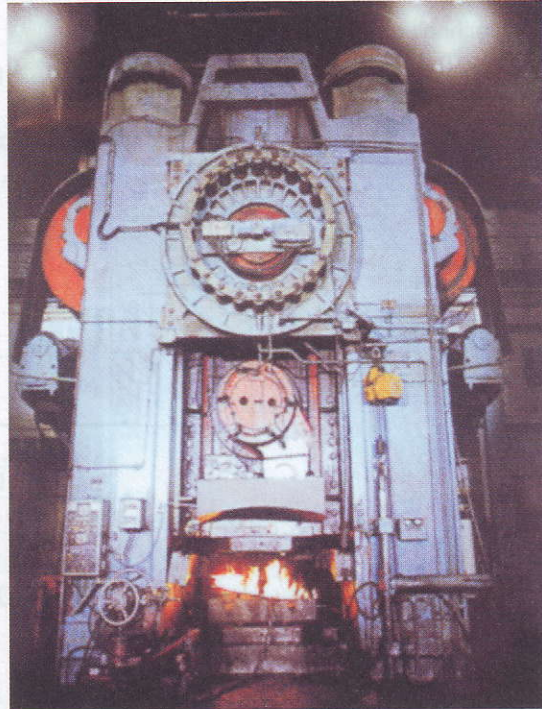
Obr. 1.32

Najpoužívanejšie **kovacie stroje** sú:

- **buchary**, ich silový účinok je dynamický, t. j. účinnejší, ale len do určitej hĺbky (obr. 1.33). Hospodárne je možné na nich kovať stredne veľké výkovky. Rázy sa však prenášajú do základov stroja a spôsobené otrasy môžu poškodiť časti budovy. Ich obsluha je náročná s možnosťami vzniku úrazov. Kovacia sila sa vyvodzuje mechanicky, pneumaticky a hydraulicky;

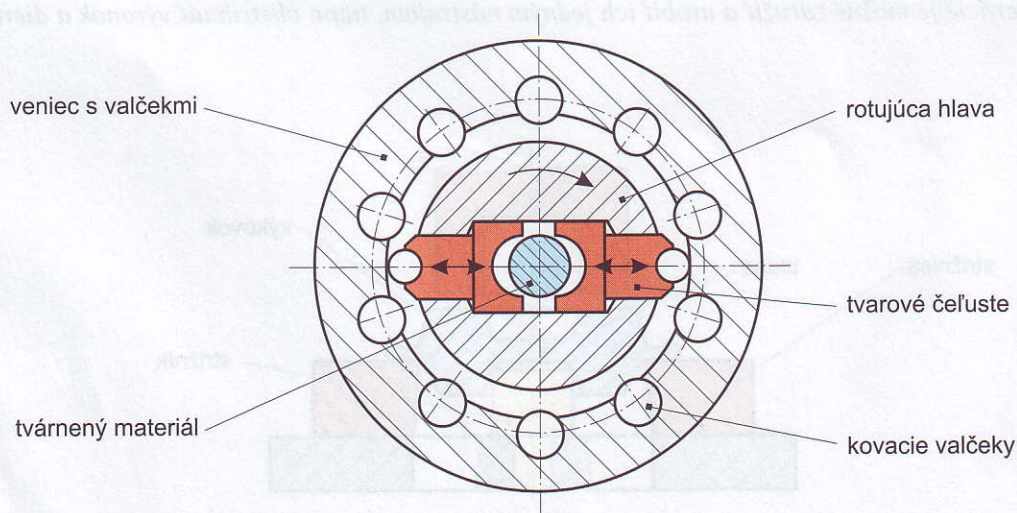


Obr. 1.33



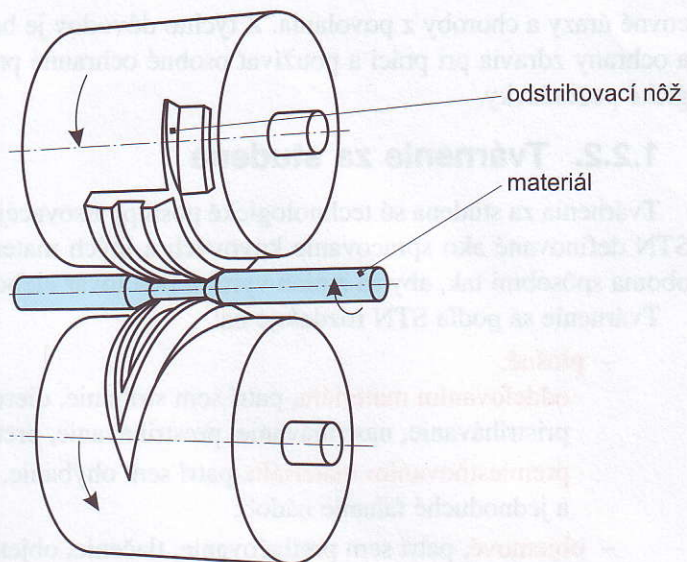
Obr. 1.34

- **kovacie lisy**, ich silový účinok je statický, t. j. menej účinný, ale pôsobí v celom priereze výkovku (obr. 1.34). Hospodárne je možné na nich kovať veľké výkovky, s hmotnosťou až 500 kg. Rázy sú minimálne, poškodenie budov nehrozí. Ich obsluha je menej náročná s menšími možnosťami vzniku úrazov. Kovacia sila sa vyvodzuje najčastejšie hydraulicky, ale aj mechanicky;
- **rotačné kovacie stroje** (obr. 1.35) umožňujú progresívne tvárniace technológie, napr. zmenu profilu (redukciu, ubíjanie) tyčí, rúr, ich osadzovanie, tvárnenie drážkových dutín atď. Využitie materiálu polotovaru je takmer na 100 %;

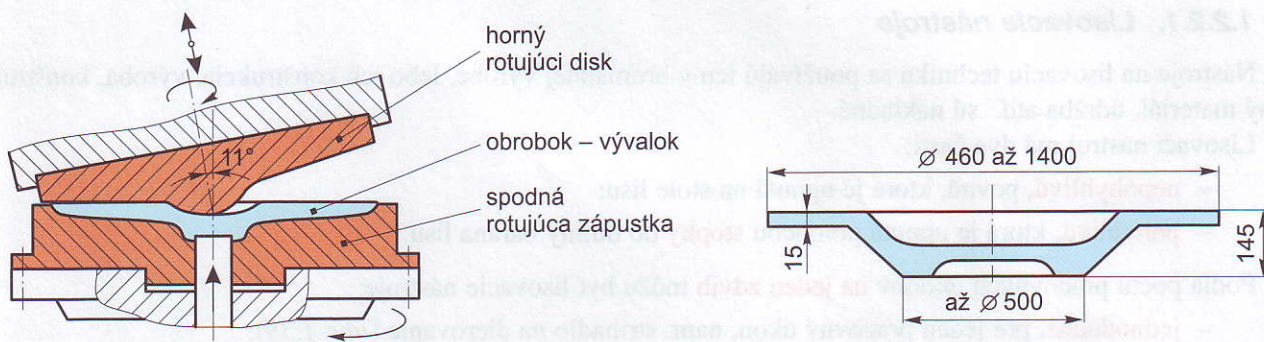


Obr. 1.35

- stroje na **priečne klinové valcovanie** (obr. 1.36) na výrobu predkoviek, vývalkov, tyčí kruhového prierezu bez ďalších operácií s vysokou produktivitou práce, 10 – 20 kusov za minútu;
- stroje na **rotačné výkovky metódou Slick-Mill** (obr. 1.37) s vysokou produktivitou práce, vývalok je vykovaný za 60 až 80 sekúnd;
- stroje na **viaccestné kovanie**, tlak na dutinu zápustky pôsobí z viacerých strán súčasne. Výkovky sú veľmi presné, s minimálnymi prídavkami na obrábanie;

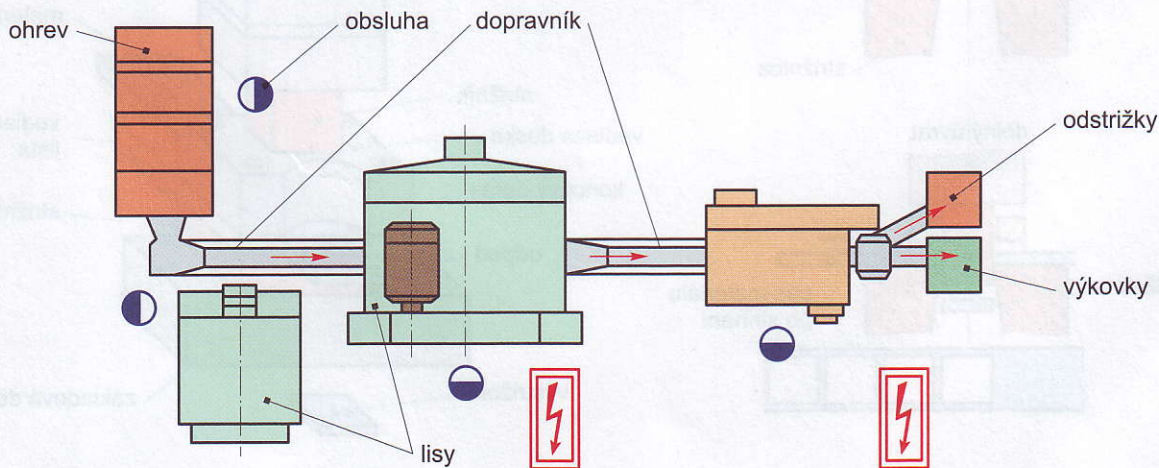


Obr. 1.36



Obr. 1.37

- **kovacie linky**, jednotlivé kovacie stroje, ohrievacie a ďalšie zariadenia sú spojené dopravníkmi, sklzmi, manipulátormi atď. Všetky zariadenia musia pracovať v určitom výrobnom takte tak, aby operácie na seba nadväzovali. V hromadnej výrobe sa takto kujú napr. ojnice (obr. 1.38). Cieľom mechanizácie je prejsť na úplnú automatizáciu zápustkového kovania, bez obsluhy.



Obr. 1.38

V prevádzkach valcovní a kovární sa manipuluje so žeravými materiálmi, spravidla veľkých hmotností a počtov kusov. Nepriaznivý tepelný a svetelný režim, hlučnosť, prach, dym, spaliny, náročná manipulácia, dodržanie technologickej disciplíny, fyzická a psychická náročnosť atď. sú nepriaznivé faktory, ktoré môžu spôsobiť pra-

covné úrazy a choroby z povolania. Z týchto dôvodov je bezpodmienečne nutné dodržiavať zásady bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a používať osobné ochranné pracovné pomôcky. Pracoviská musia spĺňať aj ekologické požiadavky.

1.2.2. Tvárnenie za studena

Tvárnenia za studena sú technologické postupy lisovacej techniky, ktorých základné operácie sú podľa normy STN definované ako spracovanie kovových a iných materiálov, polotovarov strihaním alebo tvárnením, príp. oboma spôsobmi tak, aby sa z nich vyrobil polotovar alebo výrobok, výlisok.

Tvárnenie sa podľa STN rozdeľuje na:

- **plošné:**
 - **oddeľovaním materiálu**, patrí sem strihanie, dierovanie, vystrihávanie, ostrihávanie, pristrihávanie, nastrihávanie, prestrihávanie, pretrhávajúce,
 - **premiestňovaním materiálu**, patrí sem ohýbanie, rovanie, zakružovanie, ohrňovanie a jednoduché ťahanie nádob;
- **objemové**, patrí sem pretlačovanie, tlačenie, objemové ťahanie (napr. drôtu cez prievlak) a razenie (napr. mincí, medailí).

Tvárnenie sa realizuje na **lisoch** rôznych konštrukcií, pretože sa vyžaduje statický účinok tvárniacej sily.

1.2.2.1. Lisovacie nástroje

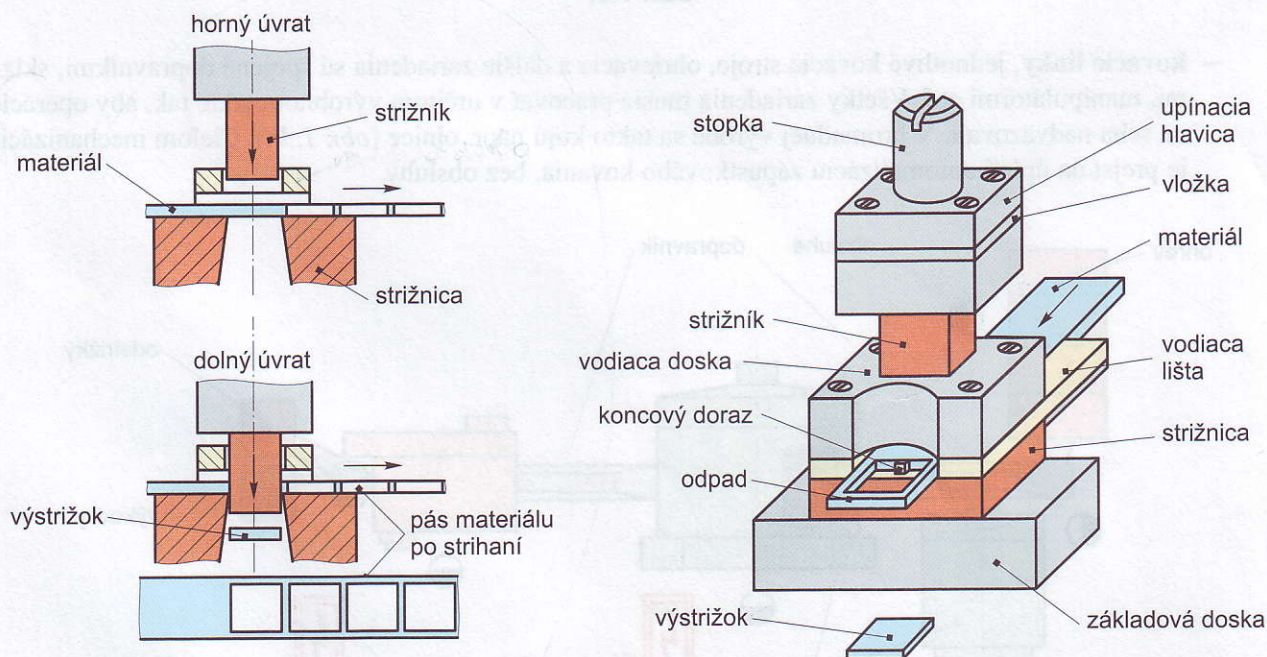
Nástroje na lisovacie techniky sa používajú len v hromadnej výrobe, lebo ich konštrukcia, výroba, konštrukčný materiál, údržba atď. sú nákladné.

Lisovací nástroj má dve časti:

- **nepohyblivú**, pevnú, ktorá je upnutá na stole lisu;
- **pohyblivú**, ktorá je upnutá pomocou **stopky** do dutiny barana lisu.

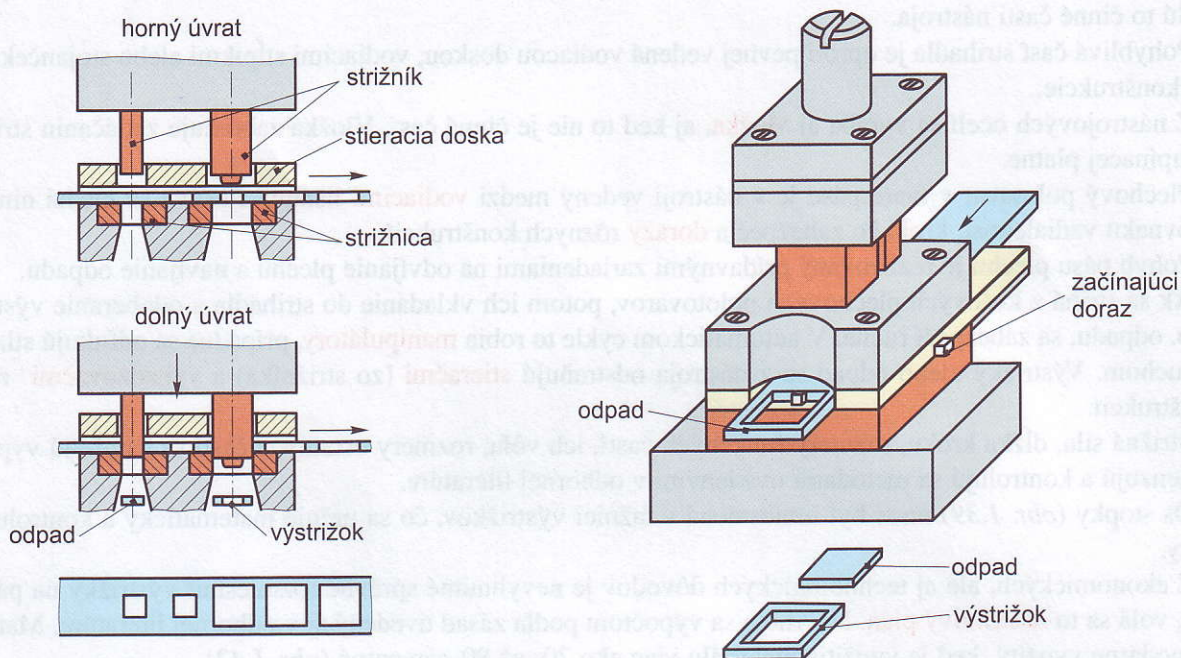
Podľa počtu pracovných úkonov **na jeden zdvih** môžu byť lisovacie nástroje:

- **jednoduché**, pre jeden pracovný úkon, napr. strihadlo na dierovanie (*obr. 1.39*);



Obr. 1.39

- **postupové**, pre dva alebo viac pracovných úkonov rovnakého druhu, vykonávaných tým istým nástrojom postupne na dva alebo viac zdvihov lisu, napr. dierovanie a nasledujúce strihanie (*obr. 1.40*);



Obr. 1.40

- **zlúčené**, pre dva alebo viac pracovných úkonov rovnakého druhu, vykonávané tým istým nástrojom súčasne, napr. dierovanie a strihanie, vykonávané súčasne na jeden zdvih lisu;
- **zdrúžené**, pre postupové alebo zlúčené pracovné úkony rôzneho druhu, napr. dierovanie, strihanie a ohýbanie, strihanie a ťahanie nádob atď.

Výlisky musia spĺňať **zásady technologickosti konštrukcie** vzhľadom na druh technologického postupu. Zásady na navrhovanie výliskov sú v odbornej literatúre.

1.2.2.2. Strihanie (obr. 1.41)



Obr. 1.41

Strihanie je jeden z technologických postupov lisovacej techniky.

Ploché polotovary sa vloží medzi pevnú a pohyblivú časť **nástroja, strihadla**, a získa sa výlisok – **výstrižok**. Bežné výstrižky sa vyrábajú v triede presnosti IT 9 až IT 14 s drsnosťou strižných plôch Ra 3,2 až 6,3.

Strihadlo sa skladá z dvoch činných častí. Sú to:

- **strižník**, ktorý je uložený v pohyblivej časti strihadla;
- **strižnica**, ktorá je uložená v pevnej časti strihadla.

Sú to činné časti nástroja.

Pohyblivá časť strihadla je oproti pevnej vedená vodiacou doskou, vodiacimi stĺpkami alebo stojančekmi rôznej konštrukcie.

Z nástrojových ocelí sa vyrába aj **vložka**, aj keď to nie je činná časť. Vložka zabraňuje zatlačaniu strižníkov do upínacej platne.

Plechový polotovar v tvare pásu je v nástroji vedený medzi **vodiacimi lištami**. Posúva sa medzi nimi vždy o rovnakú vzdialenosť, **krok**, čo zabezpečia **dorazy** rôznych konštrukcií.

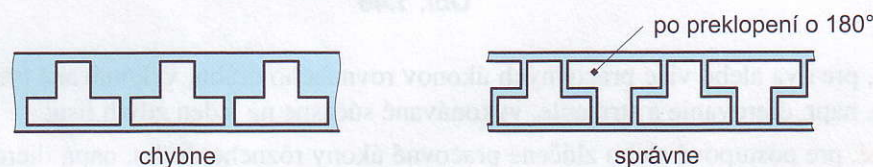
Pohyb pásu plechu je realizovaný prídavnými zariadeniami na odvíjanie plechu a navíjanie odpadu.

Ak sa strihá z kusových plechových polotovarov, potom ich vkladanie do strihadla a odoberanie výstrižkov, príp. odpadu, sa zabezpečí ručne. V automatickom cykle to robia **manipulátory**, prípadne sa odŕukujú stlačeným vzduchom. Výstrižky alebo odpad sa z nástroja odstraňujú **stieračmi** (zo strižníka) a **vyhadzovačmi** rôznych konštrukcií.

Strižná sila, dĺžka kroku, rozmery funkčných častí, ich vŕla, rozmery ostatných častí sa navrhujú výpočtom, dimenzujú a kontrolujú sa metódami uvedenými v odbornej literatúre.

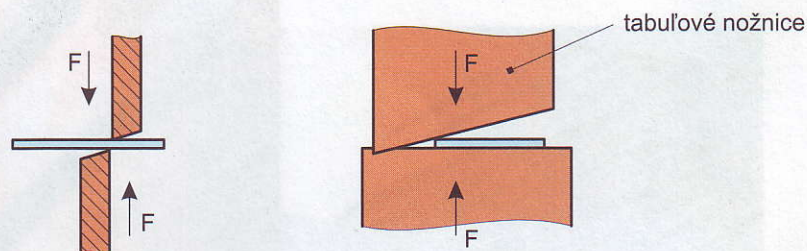
Os stopky (*obr. 1.39*) musí byť umiestnená v fažnici výstrižkov, čo sa určuje matematicky a kontroluje graficky.

Z ekonomických, ale aj technologických dôvodov je nevyhnutné správne rozmiestniť výstrižky na páse plechu, volá sa to **nástrihový plán**. Navrhuje sa výpočtom podľa zásad uvedených v odbornej literatúre. Materiál je hospodárne využitý, keď je využitie materiálu viac ako 70- až 80-percentné (*obr. 1.42*).



Obr. 1.42

V malosériovej a kusovej výrobe sa na delenie tabúl alebo pásov tenších plechov, rôzne tvarovaných tyčí atď. používajú ručne ovládané **pákové nožnice**. Častejšie sú to **tabuľové nožnice** (*obr. 1.43*) s mechanickým, hydraulickým, príp. pneumatickým pohonom. Môžu mať až 300 zdvihov za minútu. Ich produktivita práce je vysoká. Hrúbka strihaných plechov podľa ich kvality môže byť až 30 mm.



Obr. 1.43

Výstrižky kruhových alebo krivkových tvarov sa strihajú na strihadlách s **kotúčovými nožmi** s rotačným pohybom.

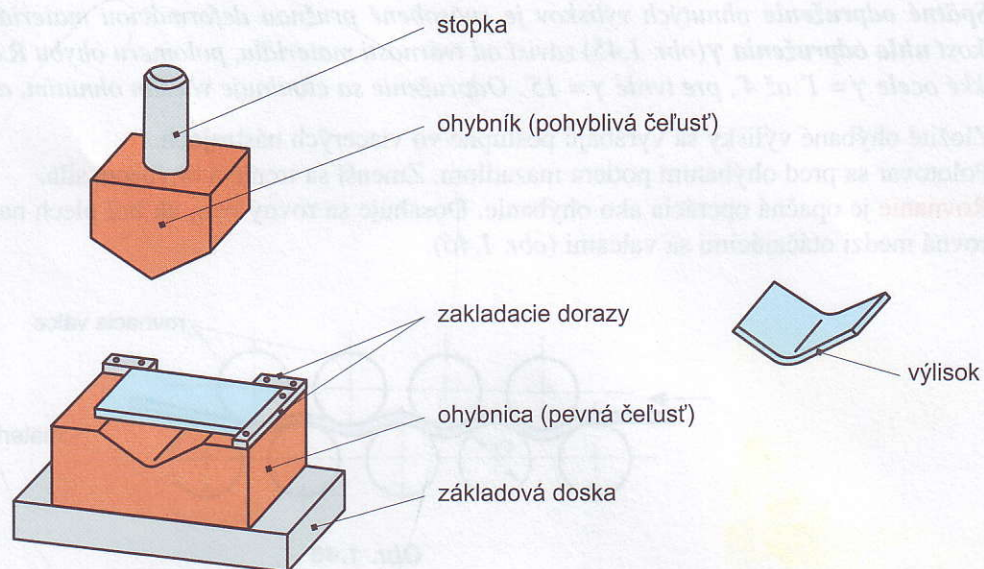
1.2.2.3. Ohýbanie, rovanie, zakružovanie, lemovanie

Ďalší technologický postup lisovacej techniky je ohýbanie. Ploché tvar polotovaru, **plechový výstrižok**, sa **mení na ohnutý výlisok**. Polotovar sa vloží medzi pevnú a pohyblivú časť nástroja, **ohýbadla**. Nástroj má opäť dve časti. Sú to:

- **ohybník**, ktorý je uložený v pohyblivej časti ohýbadla;
- **ohybica**, ktorá je uložená v pevnej časti ohýbadla.

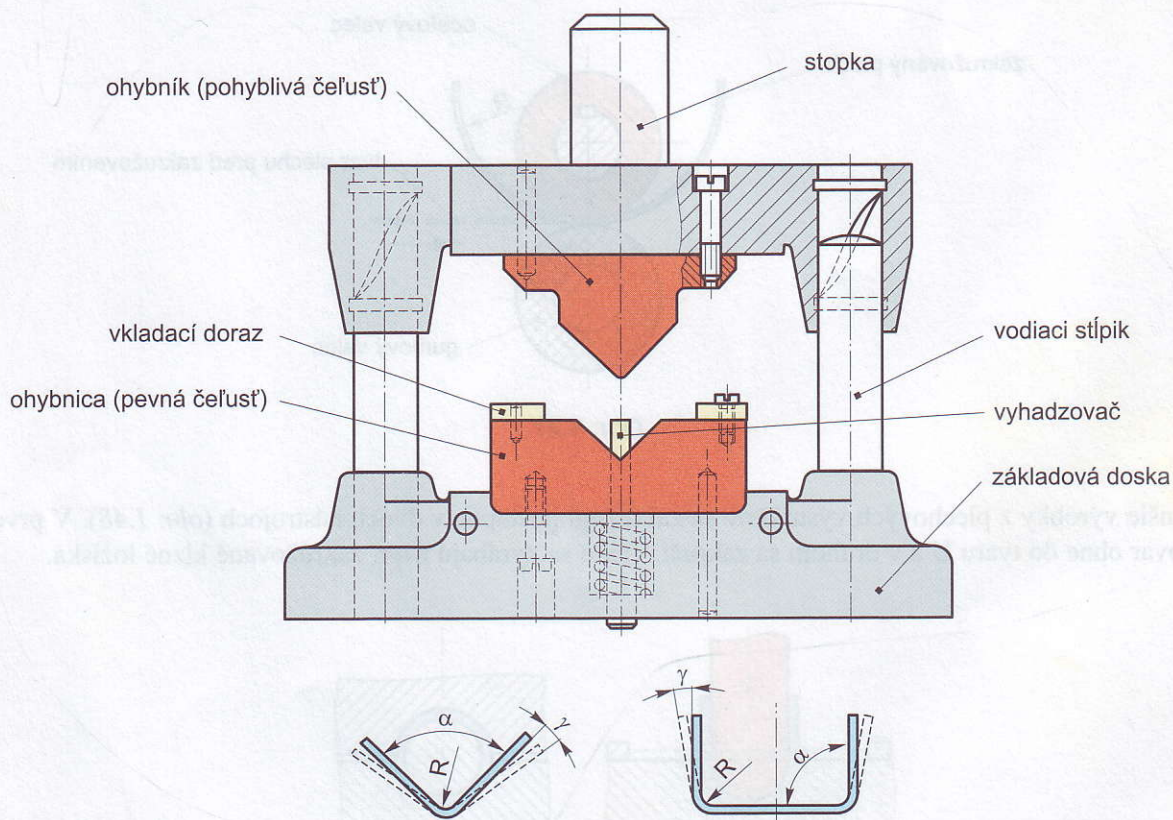
Správnou polohou polotovaru v ohýbadle zabezpečia zakladacie dorazy. Ohýbadlo a jeho časti sa navrhujú podľa podobných zásad ako strihadlo. Konštrukcia ohýbadla je jednoduchá alebo s vodiacimi stĺpkami.

Jednoduché ohýbadlo (*obr. 1.44*) má pohyblivú časť vedenú len baranom lisu.



Obr. 1.44

Ohýbadlo s vodiacimi stĺpikmi (obr. 1.45) má pohyblivú časť vedenú vodiacimi stĺpikmi rôznej konštrukcie. Nástroj sa používa na výrobu presných výlisok, má vyššiu cenu.



Obr. 1.45

V mieste ohybu sú vonkajšie vlákna namáhané na ťah s hodnotami nad R_e až R_m a vnútorné na tlak. Musí nastať trvalá deformácia materiálu výlisku.

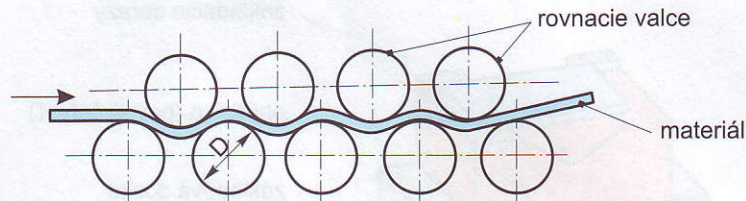
V mieste ohybu je tzv. **neutrálna os**, v ktorej sú vlákna bez napätia, bez deformácií. Jej poloha je posunutá mierne k vnútornej strane ohybu a určuje sa výpočtom pomocou súčiniteľov, ktoré sú uvedené v odbornej literatúre.

Spätne odpruženie ohnutých výliskov je spôsobené pružnou deformáciou materiálu okolo neutrálnej osi. Veľkosť uhla odpruženia γ (obr. 1.45) závisí od tvárnosti materiálu, polomeru ohybu R a spôsobu ohýbania. Pre mäkké ocele $\gamma = 1^\circ$ až 4° , pre tvrdé $\gamma = 15^\circ$. Odpruženie sa eliminuje väčším ohnutím, a to o uhol odpruženia.

Zložité ohýbané výlisky sa vyrábajú postupne vo viacerých nástrojoch.

Polotovar sa pred ohýbaním potiera mazadlom. Zmenší sa trenie a ohýbacia sila.

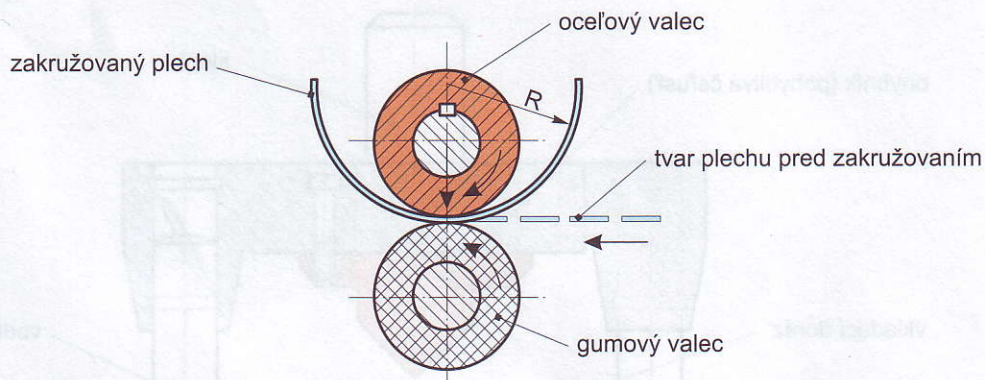
Rovnanie je opačná operácia ako ohýbanie. Dosahuje sa rovný tvar, ak bol plech navinutý do zvitku. Potom sa rovná medzi otáčajúcimi sa valcami (obr. 1.46).



Obr. 1.46

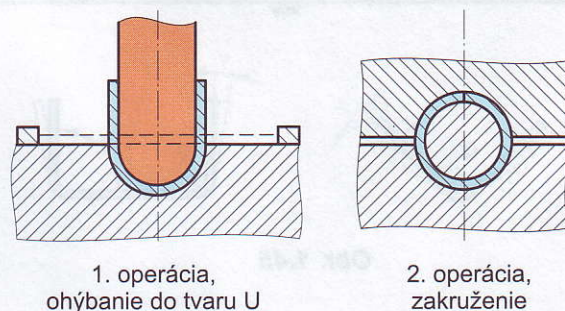
Menšie súčiastky sa rovnajú v nástrojoch, rovnadlách, ktorých čeluste môžu byť ploché alebo s výstupkami rôznych tvarov.

Zakružovanie je technologický postup výroby, napr. rúr, plášťov nádob z plechu do hrúbky 30 mm, medzi dvojicou otáčajúcich sa valcov (obr. 1.47). Po zakružení sa polotovar pozdĺžne zvarí. Takto sa vyrábajú švové rúry.



Obr. 1.47

Menšie výrobky z plechových výstrižkov sa zakružujú postupne v dvoch nástrojoch (obr. 1.48). V prvom sa polotovar ohne do tvaru U a v druhom sa zakruží. Takto sa vyrábajú napr. zakružované klzné ložiská.



Obr. 1.48

Lemovanie je technologický postup používaný v klmpiarstve, príp. vtedy, keď je požiadavka zvýšiť pevnosť plechových výliskov (automobilové karosérie).

1.2.2.4. Ťahanie

Ďalší technologický postup lisovacej techniky, ktorým sa budeme zaoberať, je ťahanie. Plochý polotovár, plechový výstrižok kruhového tvaru, **rondel**, sa mení na otvorené duté teleso, **výťažok**, ktorý sa skladá z pláštá a z dna.

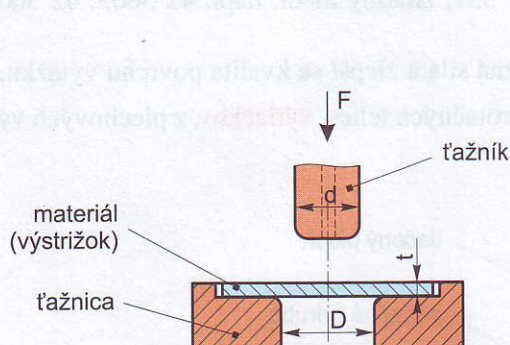
Nástroj, **ťahadlo**, má pevnú a pohyblivú časť:

- **ťažník** je uložený v pohyblivej časti ťahadla;
- **ťažnica** je uložená v pevnej časti ťahadla.

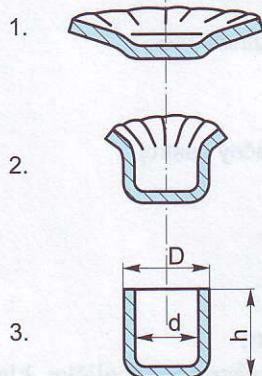
Plechový výstrižok sa vloží medzi pevnú a pohyblivú časť nástroja, ťahadla a získa sa výlisok, výťažok.

Správnu polohu polotovaru v nástroji zabezpečia zakladacie dorazy.

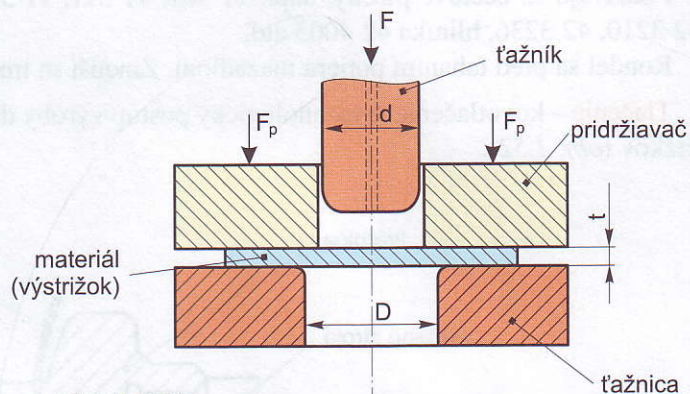
Ťahadlo a jeho časti sa navrhujú podľa podobných zásad ako ostatné lisovacie nástroje.



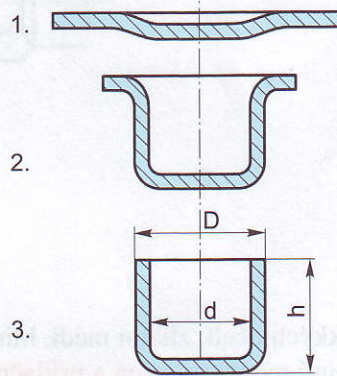
postup ťahania



Obr. 1.49



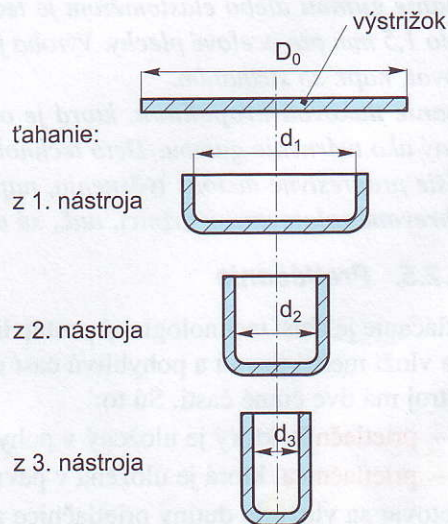
postup ťahania



Obr. 1.50

Ťahať sa môže dvoma spôsobmi:

- **bez pridržiavača** (obr. 1.49). Tento spôsob sa používa na výrobu plytkých výťažkov z hrubšieho plechu, pri ktorých nenastane zvlnenie okrajov výťažku. Keby sme ťahali z tenkého plechu bez pridržiavača, materiál by tvoril prehyby, vlny, ktoré nemôžu prejsť cez medzeru medzi prietlačníkom a prietlačnicou. Tým sa zväčší odpor a dno sa môže odtrhnúť. Bez pridržiavača sa lisuje na jeden zdvih – ťah;
- **s pridržiavačom** (obr. 1.50). Tento spôsob sa používa na výrobu hlbších výťažkov z tenšieho plechu. Zvlneniu jeho okrajov zabráni pridržiavač. Lisuje sa na jeden zdvih barana lisu.



Obr. 1.51

Hlboké a tvarovo zložité výťažky sa vyrábajú postupným ťahaním na viac ťahov vo viacerých nástrojoch (obr. 1.51).

Pri spätnom pohybe ťažníka pridržiavač plní funkciu stierača.

Ťažník je uložený v pohyblivej časti ťahadla, **ťažnica** je uložená v pevnej časti ťahadla.

Pri ťahaní na viac ťahov nastáva plastická deformácia materiálu výťažku, čo spôsobí jeho spevnenie (starnutie). Eliminovanie spevnenia sa dosiahne medzioperačným žíhaním po niekoľkých ťahoch.

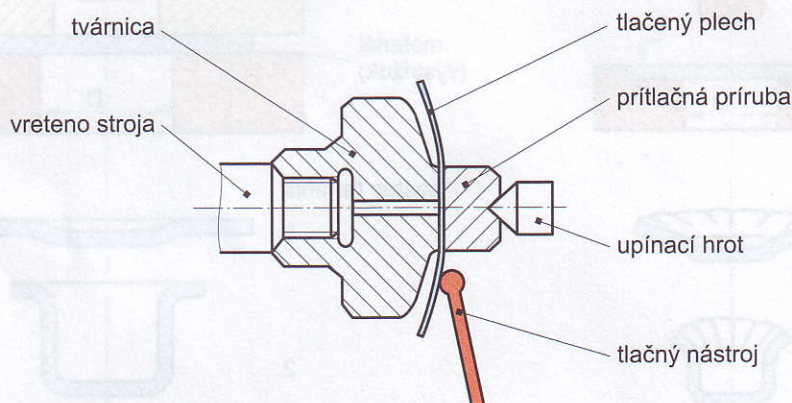
Pomer priemerov polotovaru a výťažku po prvom ťahu a ďalších ťahoch pre jednotlivé materiály určí tzv. ťahový súčiniteľ, uvedený v tabuľkách odbornej literatúry. Ak sa ťahá valcové teleso z kruhového plechového výstrižku, plochý polotovar sa mení na priestorový výťažok. Objem materiálu sa nemení, preto nadbytočný materiál, v tvare trojuholníkov sa musí premiestniť. Objem polotovaru sa vypočíta matematickými metódami a kontroluje sa experimentálne.

Materiál použitý na ťahanie musí mať zaručenú **ťažnosť** (technologická vlastnosť).

Používajú sa oceľové plechy, napr. 11 301, 11 311, 11 321, 11 331, zliatiny medi, napr. 42 3003, 42 3005, 42 3210, 42 3236, hliníka 42 4005 atď.

Rondel sa pred ťahaním potiera mazadlom. Zmenší sa trecia ťažná sila a zlepší sa kvalita povrchu výťažku.

Tlačenie – kovotlačenie je technologický postup výroby dutých rotačných telies, **výtlačkov**, z plechových výstrižkov (obr. 1.52).



Obr. 1.52

Plech je z mäkkých ocelí, zliatin medi, hliníka atď., s hrúbkou do 1 mm.

Polotovar upnutý medzi **tvárnicu a prítlačnú prírubu** rotuje a tlačným nástrojom (palička, kladka) sa pritlačá na tvárnicu.

Nástroj je lacný. Vyrábať výtlačky je možné aj na univerzálnom sústruhu. Technologický postup je vhodný na malosériovú výrobu, používajú sa potom špeciálne kovotlačiteľské stroje.

Ťahanie gumou alebo elastomérom je technologický postup tvárnenia plochých výťažkov z tenkého plechu, napr. do 1,5 mm pre oceľové plechy. Výroba je lacná. Ťažnicu nahradí guma, príp. polyuretán. Ťahanie je možné združovať, napr. so strihaním.

Ťahanie tlakovou kvapalinou, ktorá je od polotovaru oddelená pružnou membránou. Princíp tvárnenia je podobný ako tvárnenie gumou. Tieto technológie je možné kombinovať.

Ďalšie progresívne metódy tvárnenia, napr. **tvárnenie výbuchom, elektromagnetické tvárnenie, tvárnenie s predohrevom polotovaru v ťažnici, atď.**, sú opísané v odbornej literatúre.

1.2.2.5. Pretláčanie

Pretláčanie je ďalší technologický postup lisovacej techniky. Plochý polotovar, hrubší plechový výstrižok, **tableta**, sa vloží medzi pevnú a pohyblivú časť nástroja, **pretlačadla**, a získa sa výrobok, **prietlačok**.

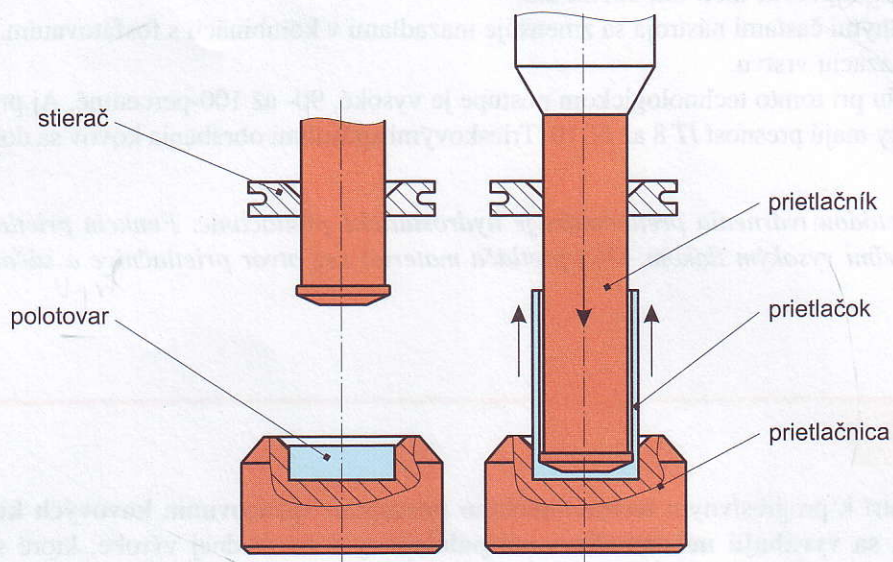
Nástroj má dve činné časti. Sú to:

- **prietlačník**, ktorý je uložený v pohyblivej časti pretlačadla;
- **prietlačnica**, ktorá je uložená v pevnej časti pretlačadla.

Polotovar sa vloží do dutiny prietlačnice a tlakom prietlačníka (až 3 000 MPa) vzniká prietlačok. Prietlačok je otvorené duté teleso, príp. teleso s iným tvarom. Pod vysokým tlakom sa materiál polotovaru aj pri okolitej teplote stáva tvárnym.

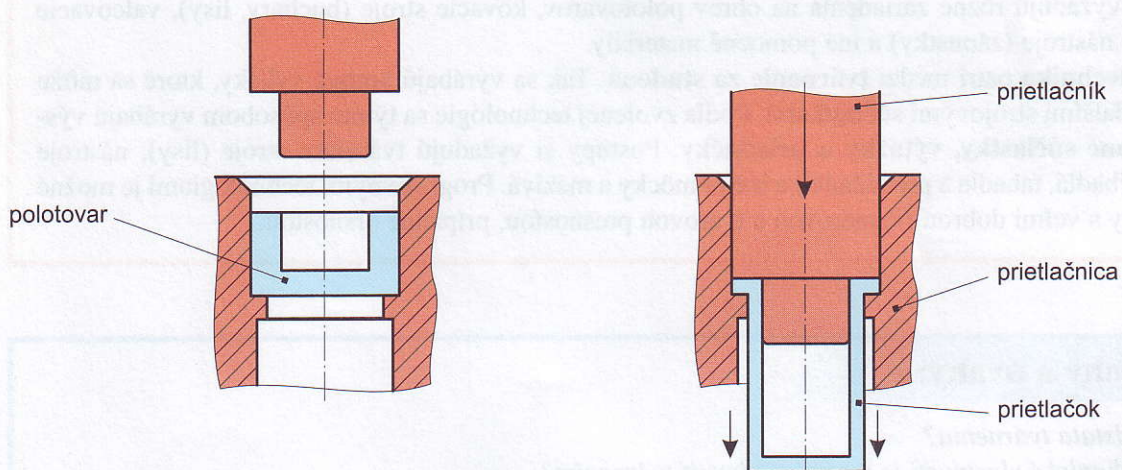
Podľa pohybu tvárneného materiálu vzhľadom na pohyb prietlačníka pretláčanie môže byť:

- **spätné** (obr. 1.53), materiál polotovaru sa pohybuje **oproti** pohybu prietlačníka. Prietlačok sa z prietlačníka stiahne **stieračom**;



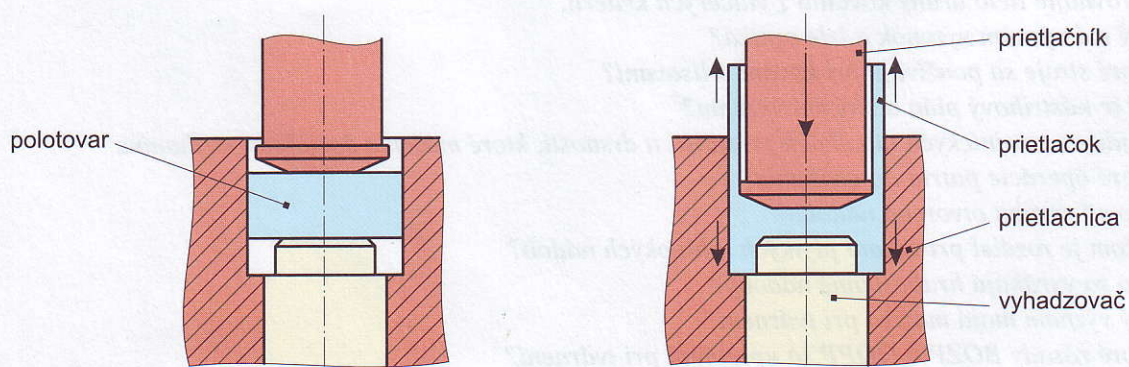
Obr. 1.53

- **dopredné**, hovorí sa mu aj predné (obr. 1.54). Materiál sa pohybuje **v smere** pohybu prietlačníka. Prietlačok sa z dutiny odstraňuje **vyhadzovačom**;



Obr. 1.54

- **zdužené** (obr. 1.55), materiál sa pohybuje **obidvoma smermi**.



Obr. 1.55

Týmto technologickým postupom sa beztrieskovo vyrábajú napr. piestne čapy kľukového mechanizmu, matice a skrutky na upnutie automobilových kolies atď. Vhodným materiálom sú napr. ocele s obsahom uhlíka do 0,2 %, lebo majú dobrú ťažnosť, viac ako 10 %, a kontrakciu viac ako 50 %. Spracúvajú sa takto aj zliatiny neželezných kovov, napr. hliník *Al*, meď *Cu*, cín *Sn* atď.

Trenie medzi činnými časťami nástroja sa znižuje mazadlami v kombinácii s fosfátovaním. Povrch je pórovitý a dobre drží mazaciu vrstvu.

Využitie materiálu pri tomto technologickom postupe je vysoké, 90- až 100-percentné. Aj produktivita práce je vysoká. Prietlačky majú presnosť *IT* 8 až *IT* 10. Trieskovými spôsobmi obrábania kovov sa dokončujú len funkčné plochy.

Progresívnou metódou tvárnenia pretláčaním je **hydrostatické** pretláčanie. Funkciu prietlačníka vykonáva kvapalina, olej s veľmi vysokým tlakom. Olej pretláča materiál cez otvor prietlačnice a súčasne plní funkciu mazadla.

Zhrnutie:

Tvárnenie patrí k progresívnym technologickým postupom spracovania kovových konštrukčných materiálov. Tak sa vyrábajú **nenormalizované polotovary** v hromadnej výrobe, ktoré sa môžu ďalej obrábať trieskovými spôsobmi. Prídavky na obrábanie sú oveľa menšie, čo je výhodné z ekonomického hľadiska. Často majú aj lepšie mechanické vlastnosti.

Tvárnit sa môže **za tepla alebo za studena**.

Za tepla sa môže **kovať**, najmä v zápustkách. Tak sa vyrábajú **výkovky**.

Valcovať sa môže za tepla aj za studena. Vyrábajú sa tak **vývalky**.

Postupy si vyžadujú rôzne zariadenia na ohrev polotovarov, kovací stroje (buchary, lisy), valcovacie stolice a trate, nástroje (zápustky) a iné pomocné materiály.

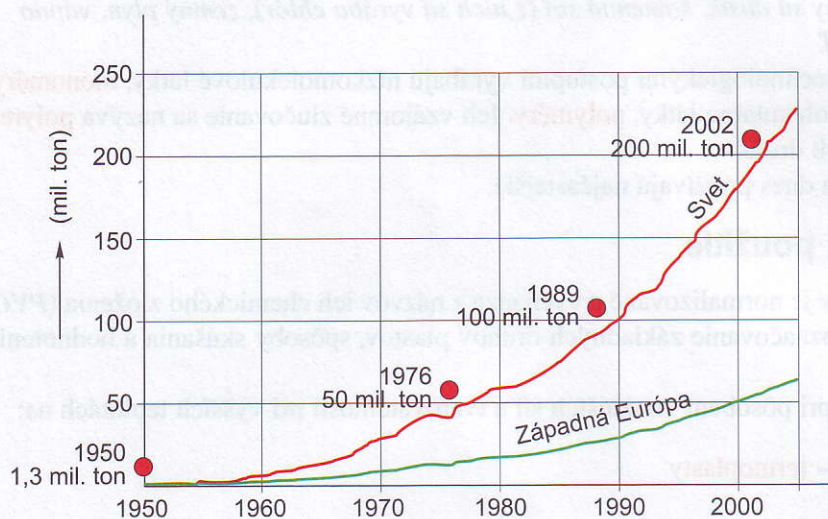
Lisovacia technika patrí medzi **tvárnenie za studena**. Tak sa vyrábajú hotové výlisky, ktoré sa môžu ďalej spájať s ďalšími strojovými súčiastkami. Podľa zvolenej technológie sa týmto spôsobom vyrábajú **výstrižky, ohýbané súčiastky, výťahy a prietlačky**. Postupy si vyžadujú tvárniace stroje (lisy), nástroje (strihadlá, ohýbadlá, ťahadlá a pretlačadlá) a iné pomôcky a mazivá. Progresívnymi technológiami je možné vyrobiť výlisky s veľmi dobrou rozmerovou a tvarovou presnosťou, prípadne drsnosťou.

Otázky, úlohy a úvahy:

1. Aká je podstata tvárnenia?
2. Ktoré mechanické vlastnosti je možné ovplyvniť tvárnením?
3. Ktoré technologické postupy patria do tvárnenia za tepla?
4. Ako sa z roztavenej ocele vyrobí plech, rúra?
5. Aké spôsoby kovania poznáte?
6. Opíšte, ako z polotovaru vznikne výkovok pri voľnom a zápustkovom kovaní.
7. Porovnajte tieto druhy kovania z viacerých kritérií.
8. Aký má význam výronok a kde vzniká?
9. Ktoré stroje sa používajú pri kovaní a lisovaní?
10. Čo je nástrihový plán a aký má význam?
11. Nájdite v strojných tabuľkách presnosti a drsnosti, ktoré môžeme dosiahnuť strihaním.
12. Ktoré operácie patria do ohýbania?
13. Ako sa vyrába otvorená nádoba?
14. V čom je rozdiel pri ťahaní plytkých a hlbokých nádob?
15. Ako sa vyrábajú hrubostenné nádoby?
16. Aký význam majú mazivá pri tvárnení?
17. Ktoré zásady BOZP a OOPP sa uplatňujú pri tvárnení?
18. Nakreslite a v obrázku popíšte princíp jednoduchého strihadla.

1.3. Plasty

Búrliový rozvoj priemyselných odvetví v posledných desaťročiach (elektrotechnika, elektronika, strojárstvo) si vyžiadala nové materiály, ktoré by nahradili klasické kovové a nekovové materiály (obr. 1.56). Predovšetkým kovové materiály sa stávajú čoraz menej dostupné. Ich výroba je energeticky a ekologicky náročná, drahá. Ich vlastnosti už nevyhovujú širokému spektru požiadaviek, ktoré si často odporujú.



Obr. 1.56

Základné vlastnosti plastov sú uvedené v tab. 1.2.

Tab. 1.2

Chemické vlastnosti	<ul style="list-style-type: none"> odolnosť proti korózii a chemickým látkam sú horľavé
Fyzikálne vlastnosti	<ul style="list-style-type: none"> vodivosť <ul style="list-style-type: none"> elektrická je skoro nulová, je dobrý izolant tepelná je malá, skoro žiadna merná hustota ρ [kg dm^{-3}] je oveľa menšia ako oceľ
Technologické vlastnosti	<ul style="list-style-type: none"> spracovateľnosť je jednoduchá, lacná ťahová pevnosť je menšia ako pri kovoch

1.3.1. Základné pojmy

Konštrukčné plasty sa používajú na konštruovanie strojových súčiastok, príp. ako pomocné materiály.

Veľa ich vlastností je výhodnejších, napr. chemické vlastnosti (odolnosť proti korózii), fyzikálne (nižšia hmotnosť, tepelná vodivosť, nulová elektrická vodivosť), mechanické (pevnosť v ohybe, krútení) a technologické (jednoduchšie sa spracúvajú). Niektoré vlastnosti sú nevýhodnejšie, ako majú kovy, napr. nízka tepelná vodivosť (klzné ložiská), zachovanie si mechanických vlastností pri vyšších teplotách atď.

Suroviny na ich výrobu sú relatívne dostupnejšie, technológie výroby jednoduchšie a ich spracovanie je možné pomocou výkonných strojov plne automatizovať.

Plasty sú látky na báze **makromolekulárnych** látok, t. j. skladajú sa z **makromolekúl** (majú vysokú relatívnu molekulovú hmotnosť: 10^3 až 10^7 g.mol^{-1}). Obsahujú najmä atómy uhlíka a vodíka. K nim prístupujú atómy ďalších prvkov, napr. chlóru, fluóru, kyslíka, dusíka atď.

Plasty sa vyrábajú:

- z **prírodných látok**. V prírode sú makromolekulárne zlúčeniny ako kaučuky, bielkoviny, celulóza, škrob, živice.

Modifikáciou prírodnej celulózy sa vyrába acetát alebo nitrát celulózy, modifikáciou prírodného kaučuku sa vyrába chlórkaučuk atď.

Tieto technologické postupy sa dnes používajú málo;

- **synteticky**, základné suroviny sú najmä **ropa a uhlie** (z nich sa vyrába etylén, propylén, butylén, benzén, fenol atď.). Ďalšie suroviny sú dusík, kamenná soľ (z nich sa vyrába chlór), zemný plyn, vápno (z nich sa vyrába acetylén) atď.

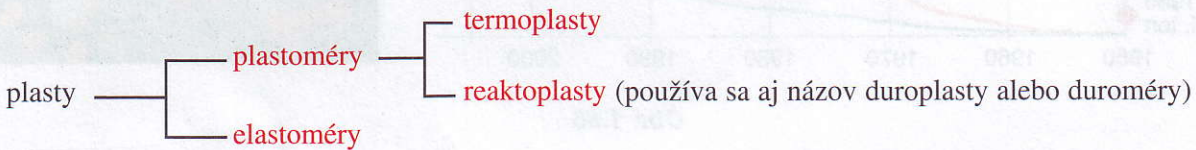
Z týchto surovín sa zložitými technologickými postupmi vyrábajú nízkomolekulové látky, **monoméry**, z ktorých sa vyrábajú makromolekulárne látky, **polyméry**. Ich vzájomné zlučovanie sa nazýva **polyreakcia (polymerizácia)** viacerých druhov.

Tieto technologické postupy sa dnes používajú najčastejšie.

1.3.2. Rozdelenie plastov, použitie

Bežne používané označovanie plastov je normalizované a vychádza z názvov ich chemického zloženia (*PVC, PE* atď). Súbor noriem uvádza číselné označovanie základných druhov plastov, spôsoby skúšania a hodnotenia ich vlastností, použitie atď.

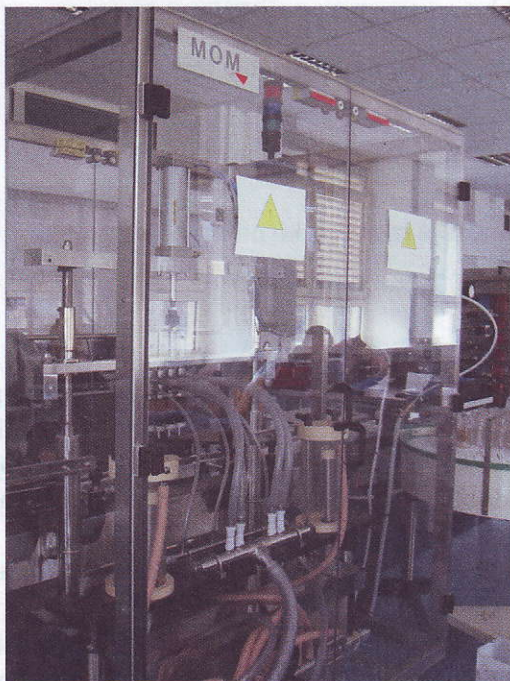
Plasty sa rozdeľujú **podľa správania** pri pôsobení vonkajších síl a tvarovateľnosti pri vyšších teplotách na:



Termoplasty (plastoméry)

Termoplasty (plastoméry) majú najčastejšie lineárne makromolekuly, a preto ohrevom plastifikujú, mäknú. Tento proces je možné opakovať, pričom ich chemická štruktúra sa nemení. Najpoužívanejšie druhy sú (pozri aj tab. 1.3):

- **polyetylén PE**, používa sa na výrobu nádob, rúr, elektrických izolácií, fólií (mäkčený), atď.;
- **polypropylén PP**, používa sa podobne ako *PE*, má menšiu hmotnosť, lepšie mechanické vlastnosti a je odolnejší proti slnečnému žiareniu;



Obr. 1.57

- **polytetrafluóretylén (teflón) PTFE**, má nízky súčiniteľ trenia, je odolný proti vyšším teplotám. Používa sa na pokrytie klzných ložísk, kuchynských nádob (hrncov, panvíc, pekáčov), sklzníc lyží atď.;
- **polystyrén PS**, používa sa na výrobu lacných predmetov vstrekovaním. V penovom stave sa z neho vyrábajú obaly, tepelné a zvukové izolácie atď.;
- **polyvinylchlorid PVC**, používa sa na výrobu okenných rámov, dvier, vlákien pre textilný priemysel atď. (obr. 1.57);
- **polymetylmetakrylát PMMA**, organické sklo alebo plexisklo, nahrádza klasické kremičité sklo (obr. 1.57);
- **polyamid PA**, používa sa na výrobu vlákien a na výrobky tvarované vstrekovaním.

Vysoko sofistikované sú polymerové klzné puzdrá (obr. 1.58) vyrobené z polyamidu PA 66 s prídavkom ďalších klzných plastov (teflón, grafit), ktoré zabezpečujú ich samomaznosť a bezúdržbovosť. Mechanické vlastnosti (pevnosť, životnosť, odolnosť proti opotrebeniu), odolnosť proti vysokým teplotám a chemikáliám zabezpečia ďalšie prídavné plasty a sklenené vlákna. Dá sa zabezpečiť elektrická vodivosť, odolnosť proti kyselinám, môžu byť v priamom styku s potravinami, môžu pracovať pod vodou a ďalšie vlastnosti;

- **polyuretán PUR**, používa sa na výrobu ozubených kolies a iných strojových súčiastok vstrekovaním. V penovom stave (molitan) sa používa na výrobu čalúnenia, tepelnej a hlukovej izolácie.



Obr. 1.58

Tab. 1.3

Názov		Vlastnosti		Použitie	
chemický	symbol	merná hmotnosť ρ (kgdm ⁻³)	σ_t (MPa)	teplotný rozsah (°C)	významná vlastnosť
Polyetylén	PE	0,91 - 0,96	10 – 20	-40 až 80	izolant, dielektrikum
Polypropylén	PP	2,1	30	-15 až 100	dielektrikum
Polytetrafluóretylén	PTFE	2,1	20 – 120	-120 až 150	tepelná odolnosť, nízky súč. trenia, dielektrikum
Polystyrén	PS	1,05	50	-30 až 80	tepelná, zvuková izolácia, dielektrikum
Polyvinylchlorid	PVC	1,3	20	15 až 60	mechanická
Polymetylmetakrylát	PMMA	1,18	–	-30 až 80	optická
Polyamid	PA	1,14	40 – 80	-20 až 100	húževnatosť
Polyuretán	PUR	1,21	–	-70 až 110	tepelná, zvuková izolácia

Reaktoplasty (duroméry, duroplasty)

Reaktoplasty (duroméry, duroplasty) majú najčastejšie husto zosietené makromolekuly. Zosietenie nastáva počas reakcie medzi živicom a vytvrdzovacím činidlom pri určitej teplote. Vtedy sú v plastickom stave. Ďalším ohrevom nastáva **vytvrdzovanie**. Tento dej je nevratný, t. j. proces plastifikácie nie je možné opakovať. Vytvrdzovanie reaktoplastov (duromérov, duroplastov) prebieha na základe chemických reakcií.

Najpoužívanejšie druhy sú (pozri aj *tab. 1.4*):

- **epoxidové živice EP**, používajú sa ako matrice v kompozitoch spevnených vláknami, najčastejšie sklenenými (sklolaminát). Vyrábajú sa tak športové lode, sedací nábytok atď. (*obr. 1.59*). Epoxidy sa používajú aj ako dvojzložkové lepidlá;
- **fenolformaldehydové živice PF**, používajú sa ako matrice v kompozitoch spevnených práškovým plnivom (bakelit). Tak sa vyrábajú lisované výrobky a tvrdé povlaky.



Obr. 1.59

Tab. 1.4

Názov		Použitie	
chemický	symbol	teplotný rozsah (°C)	významná vlastnosť
Epoxidové živice	EP	-70 až 190	technológia
Fenolické živice	PF	-40 až 150	tuhosť

Elastoméry

Elastoméry majú malú hustotu zosietenia, sú to prevažne lineárne polyméry.

Základné elastoméry sú:

- **kaučuky**, ktoré sa podľa pôvodu delia na **prírodné a syntetické**.
Prírodný kaučuk sa vyrába z kaučukového mlieka, **latexu**, ktoré vyteká z tropického stromu kaučukovníka (*Hevea brasiliensis*) po narezaní jeho kôry. Svoje nevýhodné vlastnosti (malá pevnosť, lepiivosť, tavitelnosť atď.) mení **vulkanizáciou**.
Latex využívali aj americkí Indiáni, ktorí si v ňom namáčali nohy, a po zaschnutí mali obuv – galoše.
Syntetické kaučuky sa vyrábajú z ropy a uhlia. Majú podobné vlastnosti ako prírodný kaučuk, používajú sa ako jeho náhrada. Najdôležitejší je polybutadién.
 Špeciálny syntetický kaučuk je odolný proti olejom, motorovým benzínom, naftu a používa sa na výrobu tesnení. Najdôležitejší je polychloroprén;
- **gumy** sú vulkanizované zmesi. Vulkanizácia je proces, pri ktorom nastáva pôsobením vulkanizačného činidla (síry) a tepelnej energie zmena plastického charakteru kaučuku na prevažne elastický charakter gumy.
Slovo vulkanizácia je prevzaté z rímskej mytológie. Vulkán sa volal rímsky boh ohňa.
 Podľa množstva síry použitej pri vulkanizácii rozlišujeme gumy **mäkké a tvrdé**.
Mäkké gumy (obsah síry do 3 %) majú nízku tvrdosť a vysokú elasticitu. Používajú sa na výrobu dopravných pásov dopravníkov, tesnení, elektroizolácií, podláh a najmä pneumatík (*obr. 1.60*).
Tvrde gumy, ebonit (obsah síry do 3,6 %), majú vyššiu tvrdosť, dobré mechanické a elektroizolačné vlastnosti s výbornou chemickou odolnosťou. Vyrábajú sa z nej nádrže, armatúry v chemickom priemysle.
Ebonitová tyč trená srstou z chvosta líšky sa používa ako klasická demonštrácia pokusu vzniku elektrostatického náboja.

Povedali sme si o najpoužívanejších druhoch plastov. Ďalších veľa druhov je uvedených v príslušnej odbornej literatúre podľa použitia v priemysle.



Obr. 1.60

Keďže objem výroby plastov predbehol výrobu kovov, je zloženie plastov veľmi dôležité z **ekologického** hľadiska. Podľa ich zloženia sa po použití rieši ich recyklácia alebo likvidácia.

Plasty sú:

- **recyklovateľné**, možno ich použiť priamo alebo po úprave na ďalšiu výrobu, napr. ako plnivá alebo spojivá. Je to väčšina termoplastov;
- **spáliteľné**, možno ich voľne spaľovať, pričom vzniká tepelná energia a súčasne len oxid uhličitý CO_2 a voda H_2O ;
- **špeciálne likvidovateľné**, možno ich spaľovať len vo vysokoteplotných, žiarových komorách. Vzniknuté spaliny sa pred likvidáciou musia ešte chemicky upraviť;
- **biologicky odbúrateľné**, možno ich kompostovať a pôsobením mikroorganizmov sa rozkladajú na biogénne prvky (uhlík C , dusík N , fosfor P atď.), vodu a bioplyn. Do tejto skupiny patrí väčšina prírodných termoplastov a niektoré syntetické termoplasty.

Zistilo sa, že polymérové plasty obsahujú zvyšky monomérov, z ktorých sa zvyšný vinylchlorid prejavil ako látka s karcinogénnym vplyvom na človeka. Monomér pritom môže na človeka pôsobiť aj prostredníctvom obalov potravín a pitnej vody.

Rastúci objem výroby a spotreby plastov spôsobuje závažné problémy aj ako odpad. Syntetické polyméry sú väčšinou veľmi stále, odolné proti mikrobiálnemu rozkladu a pri ich zneškodňovaní spalovaním vznikajú toxické látky.

Kompozity

Sú to združené materiály, vytvorené spojením minimálne dvoch materiálov, ktoré samostatne plnia nezlučiteľné, protichodné požiadavky rôznych priemyselných odvetví.

Aby zodpovedali názvu „kompozity“, musia spĺňať tieto podmienky:

- sú vytvorené umelo;
- skladajú sa minimálne z dvoch chemicky výrazne odlišných zložiek;
- zložky sú z makroskopického hľadiska rovnomerne rozložené v celom objeme;
- výsledné vlastnosti kompozitov sú výrazne odlišné od vlastností zložiek.

Kompozity vznikli fyzikálnou kombináciou jednoduchých materiálov. Skladajú sa z dvoch zložiek:

- z **matrice**, je to základná hmota, ktorá má funkciu spojiva;
- z **vloženej fázy**, ktorá plní funkciu výstuže (má spevňujúci účinok).

Kompozity môžu byť:

- **kovové**, obe zložky sú kovové;
- **nekovové**, obe zložky sú nekovové, napr. plasty, keramika;
- **kombinované**, z kovových a nekovových zložiek.

Kompozity, s ktorými sa najčastejšie stretnete, sú:

- **lamináty**, najznámejšie sklolamináty sme už uviedli v predchádzajúcom texte. Automobilová karoséria v minulosti populárneho automobilu TRABANT bola vyrobená z laminátu. Matricu tvorila fenolformaldehydová živica PF a výstuž tvorili rohože z krátkych bavlnených vlákien. Od roku 1958 do roku 1991 ich bolo vyrobených 2 857 485 kusov;
- automobilová pneumatika je **vláknový kompozit**. Vloženú fázu tvoria bavlnené, plastové a dnes už kovové (oceľové) vlákna. Matrica je guma;
- **lepené** spoje, najznámejšie je vrstvené bezpečnostné sklo. Vyrába sa zlepením dvoch alebo viacerých tabúl skla plastom. Sklo sa po rozbití neroztriešti na črepiny;

- **sendviče** sú špeciálnym prípadom vrstvených plastov. Jeden tvorí ľahčený plast, napr. *PS*, potiahnutý hliníkovým alebo laminátovým potahom. Používajú sa na výrobu chladiarenských nadstavieb automobilov, prívesov atď.;
- **vystužené plasty**, makromolekulárna látka sa vystuží plnivom s cieľom zlepšiť mechanické, ale aj trece vlastnosti. Plnivo môže byť **vláknité** (sklenené, bórové, grafitové, kovové atď.) alebo **práškové**, napr. *PTFE* plnený grafitom a práškovým bronzom sa používa na výrobu klzných ložísk, pohybových tesnení bez mazania atď.

Kovové, príp. kombinované kompozity majú dnes široké použitie, najmä v progresívnych technológiách. Problematika je zložitá a je opísaná v odbornej literatúre.

1.3.3. Technológie výroby plastových súčiastok

Všetky technológie spracovania plastov sa uplatňujú vo veľkosériovej výrobe.

Príprava granulátu, tabletovanie, miešanie polymérov s farbivami, plnivami, katalyzátormi, sušenie, predohrev atď. sa volajú **doplňkové technológie**. Hmotu je potrebné pred ďalším spracovaním upraviť a robia sa aj finálne úpravy výrobkov, napr. potlačovanie rôznymi grafikami.

Spracovanie plastov, napr. vstrekaním, vytlačovaním, lisovaním, valcovaním, odlievaním, laminovaním atď., voláme **tvárnice technológie**. Tvar východiskového materiálu sa tu podstatne mení – materiál sa premiestňuje. Tvárnenie prebieha pri určitej teplote, tlaku alebo oboch vplyvov súčasne. Získavajú sa tak polotovary (dosky, rúry, vlákna), ale aj finálne výrobky (výlisky, odliatky, vstrekané súčiastky).

Spracovanie polotovarov, napr. tvarovanie dosiek, ohýbanie rúr, vyfukovanie, obrábanie, lepenie, zváranie, spekanie práškov atď., nazývame **tvarovacie technológie**. Východiskovým základom je polotovar. Tvar hmoty sa mení bez podstatného premiestňovania. Môže sa použiť vplyv zvýšenej teploty a tlaku.

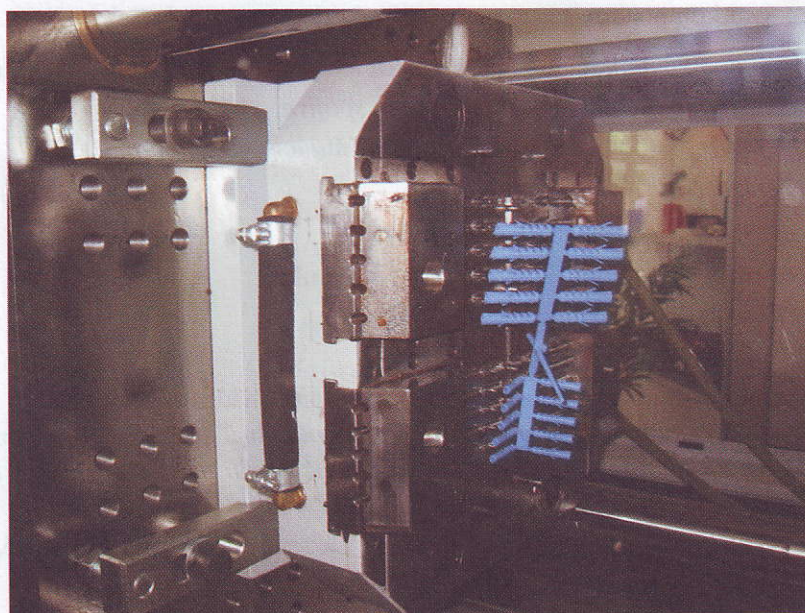
Bližšie si povieme o niektorých tvárniciach technológiách.

1.3.3.1. Vstrekovanie

Vstrekovanie je technologický postup spracovania plastov na hotové tvarované výrobky. Forma je kovová, konštruovaná podľa podobných zásad ako pri liatí kovov pod tlakom do kovovej formy (*učivo 3. ročníka*).

Vstrekovanie termoplastov (plastomérov)

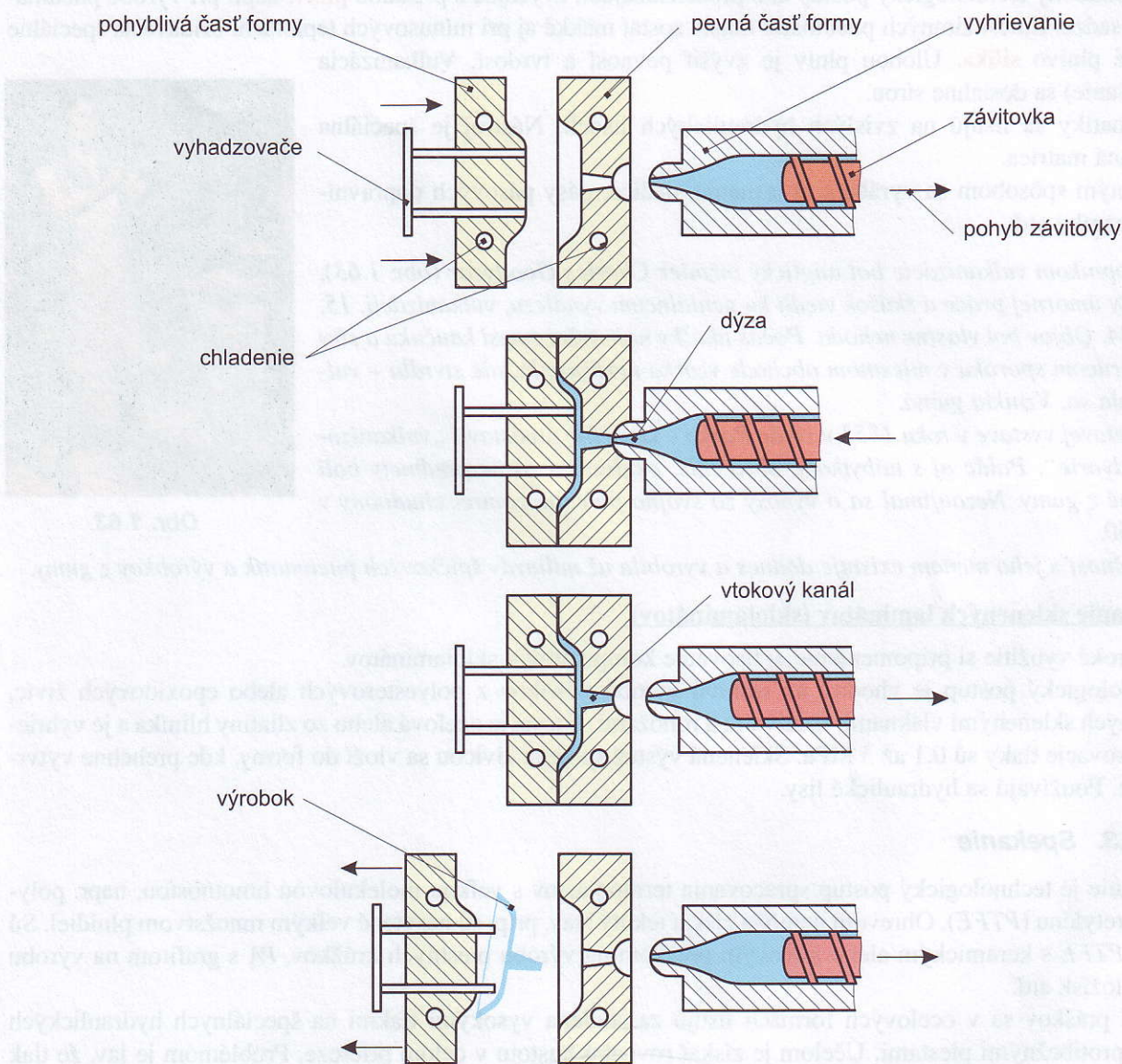
Roztavený termoplast vstrekneme do uzatvorenej dutiny kovovej dvojdielnej formy. Po ochladnutí sa forma otvorí a surový odliatok je automaticky vysunutý z formy vyhadzovacím zariadením. Formu chladí voda pretekajúca kanálkami vnútri formy. Odliatky môžu mať hmotnosť od niekoľkých gramov až kilogramov. Proces tuhnutia trvá niekoľko desiatok sekúnd. Dutina formy môže byť určená pre jeden odliatok alebo viacmiestne pre súčasnú výrobu viacerých odliatkov odrazu, ktoré majú spoločnú vtokovú sústavu. Na *obr. 1.61* vidíte vstrekovanie príchytiiek pre skrutky do muriva.



Obr. 1.61

Surové odliatky sa upravujú: odstráni sa vtoková sústava, odstráni sa prípadný prebytočný materiál po obvode deliacej roviny atď.

Vstrekovací stroj (obr. 1.62) musí zabezpečiť plastifikáciu – ohrev materiálu pri predpísanej teplote. Uskutočňuje to elektrické vyhrievanie taviacej komory. Musí vyvinúť aj predpísaný vstrekovací tlak, čo zabezpečí závitovka, ktorá sa otáča a posúva. Stroj má predpísaný prietok chladiacej vody, otváranie a zatváranie formy, príp. aj konečnú úpravu odliatkov. Súčasťou stroja je aj zásobník polotovaru, granúl, ktoré sa vlastnou hmotnosťou dostávajú do taviacej komory.



Obr. 1.62

Vstrekovanie reaktoplastov (duromérov) a elastomérov

Vstrekovanie reaktoplastov (duromérov) a elastomérov sa robí podobným technologickým postupom ako termoplastov (plastomérov) s tým rozdielom, že proces plastifikácie a vytvrdzovania (reaktoplasty – duroméry), príp. vulkanizácie (elastomery) sa uskutočňujú v dutine formy. Preto je forma vyhrievaná na teplotu 120 až 180 °C, podľa druhu spracúvaného materiálu. Predpísanú teplotu zabezpečí elektrické vyhrievanie, ale môže to byť aj napríklad odpadová horúca voda alebo para, čo podstatne zníži výrobné náklady. Pracovný cyklus vo forme trvá od 2 do 10 minút, t. j. produktivita práce je nižšia.

Vstrekujú sa aj štruktúrne peny a predpenené polystyrény.

1.3.3.2. Lisovanie

Lisovanie je technologický postup spracovania plastov na hotové výrobky. Forma je kovová, podobne ako v predchádzajúcich technológiách.

Lisovanie reaktoplastov (duromérov)

Granuly, prášok, tablety a pod. sa v presne odmeranom množstve nasypú do dutiny vyhrievanej ocelevej formy. Po uzatvorení formy polotovar plastifikuje pri teplote 140 až 170 °C a tlaku 25 až 60 MPa. Vyplní dutinu a vytvrdí sa. Forma sa otvorí, vyhadzovač vyhodí výlisok a po očistení dutiny stlačeným vzduchom od zvyškov hmoty sa postup opakuje. Výroba trvá od 2 do 10 minút, v závislosti od hrúbky stien výrobku.

Lisovanie elastomérov

Je to podobný technologický postup ako predchádzajúci, zvyčajne s prísadou **plnív**, napr. pri výrobe pneumatík sú to sadze. Zmesi zimných pneumatík musia zostať mäkké aj pri mínusových teplotách. Pridáva sa špeciálne kremičité plnivo **silika**. Úlohou plnív je zvýšiť pevnosť a tvrdosť. Vulkanizácia (zosieťovanie) sa dosiahne sírou.

Pneumatiky sa lisujú na zvislých hydraulických lisoch. Nástroj je špeciálna vyhrievaná matrica.

Opísaným spôsobom sa vyrábajú aj tesnenia, hadice, pásy pásových dopravníkov, nárazníky atď.

Priekopníkom vulkanizácie bol anglický inžinier Charles Goodyear (obr. 1.63). Dlhé roky úmornej práce a skúšok viedli ku geniálnemu vynálezu, vulkanizácii, 15. júna 1844. Objav bol vlastne nehoda. Počas ukážky najnovšej zmesi kaučuku a síry sa na horúcom sporáku v miestnom obchode vzorka neroztopila, ale stvrdla – vulkanizovala sa. Vznikla guma.

Na svetovej výstave v roku 1851 v Hyde Parku v Londýne predstavil „vulkanizované nádvorie“. Palác aj s nábytkom, oblečenie, okuliare a rôzne predmety boli zhotovené z gummy. Nezaujímal sa o výnosy zo svojho patentu, zomrel chudobný v roku 1860.

Spoločnosť s jeho menom existuje dodnes a vyrobila už miliardy špičkových pneumatík a výrobkov z gummy.



Obr. 1.63

Lisovanie sklenených laminátov (sklolaminátov)

Pre široké využitie si pripomenieme aj lisovanie kompozitov – sklolaminátov.

Technologický postup je vhodný na sériovú výrobu výlisok z polyesterových alebo epoxidových živíc, vystužených sklenenými vláknami, tkanivami a rohožami. Forma je oceľová alebo zo zliatiny hliníka a je vyhrievaná. Lisovacie tlaky sú 0,1 až 3 MPa. Sklenená výstuž spojená živicom sa vloží do formy, kde prebehne vytvrdzovanie. Používajú sa hydraulické lisy.

1.3.3.3. Spekanie

Spekanie je technologický postup spracovania termoplastov s veľkou molekulovou hmotnosťou, napr. polytetrafluoretylénu (*PTFE*). Ohrevom nemôžu získať tekutý stav, príp. sú nasýtené veľkým množstvom plnidiel. Sú to napr. *PTFE* s keramickým alebo kovovým práškom na výrobu piestnych krúžkov, *PA* s grafitom na výrobu klzných ložísk atď.

Zmesi práškov sa v oceľových formách lisujú za studena vysokými tlakmi na špeciálnych hydraulických lisoch s protibežnými piestami. Účelom je získať rovnakú hustotu v celom priereze. Problémom je jav, že tlak v práškovom prostredí sa nešíri všetkými smermi rovnako, ako je to v kvapalinách a plynách. Preto musia mať súčiastky menšie rozmery a jednoduché tvary. Po vylisovaní sa výlisok **spekajú** v peci pri predpísanej teplote. Čiastočky polyméru mäknú a difúziou sa spájajú s plnidlami na homogénnu hmotu. Vyrábajú sa takto aj polotovary (dosky, tyče, bloky) určené na ďalšie spracovanie, napr. obrábaním.

1.3.3.4. Odlievanie

Odlievaním sa spracúvajú rôzne plasty.

Alkalický polyamid sa spracúva tak, že kvapalný monomer polyamidu sa plní do kovových foriem, kde pôsobením alkalických katalyzátorov a teploty 130 až 150 °C spolymerizuje na masívny výrobok. Tak sa vyrábajú veľké ozubené kolesá, kladky, remenice, ale aj polotovary, bloky, tyče atď.

Podobne sa odlievajú epoxidové živice, polyuretán (*PUR*) aj v penovom stave.

Beztlakovou technológiou sa spracúvajú sklolamináty rozmernejších predmetov v malosériovej výrobe. Sklenená rohož sa položí na jednostrannú formu, na ňu sa ručne naniesie alebo nastrieka epoxidová živica. Tento postup sa niekoľkokrát zopakuje. Po vytvrdnutí pri teplote okolia sa získajú napr. veľké nádoby, cisterny, rodinné bazény.

Rotačné tvarovanie (odlievanie) patrí medzi progresívne technológie výroby veľkoobjemových nádrží (až do 6 000 l), fliaš, krytov na satelity, blatníky atď. z polyetylénu (PE) alebo polypropylénu (PP).

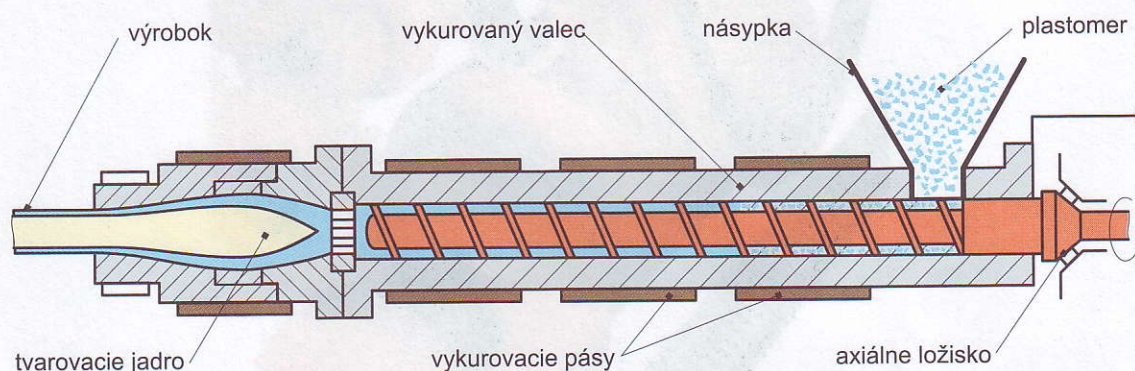
Odmerané množstvo plastového prášku alebo granúl sa nasype do puzdrovej vyhrievanej formy, ktorá rotuje v dvoch osiach. Rotácia pokračuje aj vo fáze tuhnutia. Forma je pomerne lacná, lebo nie sú v nej žiadne vstrekovacie tlaky. Minimálna séria môže byť už 100 až 500 kusov.

1.3.3.5. Výroba plastových polovýrobov

Polovýrobok je výrobok určený na ďalšie spracovanie, napr. obrábaním, ohýbaním, rezaním, atď.

Vytlačovanie

Vytlačovanie je technologický postup kontinuálnej (plynulej) výroby tyčí, rúr, profilov, dosiek, hadíc atď. najmä z termoplastov (plastomérov). Používajú sa **vytlačovacie stroje** (obr. 1.64). Granulovaný termoplast sa taví vo vyhrievanom valci. V ňom umiestnená ocelová závitovka pretláča taveninu dýzou. V dýze je otvor podľa požadovaného profilu. Vytlačovaný polotovar sa okamžite kalibruje a chladí. Navíja sa na cievku alebo reže na požadovanú dĺžku.



Obr. 1.64

Fólie sa vytlačujú a nafukujú z ohriatej rúrky, najčastejšie z polyetylénu (PE). Fólia môže mať hrúbku len niekoľko stotín milimetra.

Valcovanie

Valcovanie je technologický postup kontinuálnej výroby pásov a fólií z termoplastov (plastomérov) a elastomérov. Dvojice valcov valcovacích stolíc sú vyhrievané.

Lisovanie

Lisovanie je technologický postup výroby dosiek za tepla, najmä z vrstvených reaktoplastov (duromérov). Môžu to byť vytvrdzované textilné dosky (textil a formaldehydová živica), papierové dosky, kartit. Tenké dosky z tvrdého papiera s povrchom z melamínovej živice sa volajú **umakart**. Vyrábajú sa z neho napr. pracovné dosky kuchynského nábytku, pretože ich povrch je pomerne tvrdý a má zvýšenú tepelnú odolnosť.

Podobne sa vyrábajú aj sklolaminátové dosky.

Výroba vlákien

Vlákná sa vyrábajú kontinuálnou výrobou, najčastejšie z roztaveného polyméru. Polymér voľne vyteká alebo je pretláčaný dýzou s malými otvormi. Vláknko sa ochladzuje na vzduchu alebo vo vode. Následne sa vlákno **orientuje**, t. j. natahuje alebo zužuje, pričom sa makromolekulárne reťazce zrovnávajú do smeru ťahania. Ich pevnosť tak vzrastie asi 5-krát. Vlákna sa spleťajú do prameňov, rohoží alebo sa tkajú na tkaniny.

1.3.3.6. Tvarovanie plastových polotovarov na výrobky

Predpísaný tvar polovýrobov dosahujeme rôznym tvarovaním:

- **obrábaním** blokov, tyčí, dosiek a rúr bežnými trieskovými spôsobmi. Väčšina plastov má dobrú obrobitelnosť. Tvrdé plnivá, napr. kremičitá múčka a sklenené vlákna, extrémne otupujú rezný klin. Vzniknuté teplo pri obrábaní spôsobuje tepelnú rozťažnosť obrobku, čo má za následok nepresnosť rozmerov a tvarov;

- **ohýbaním**, napr. ohriate dosky z termoplastov do hrúbky 10 mm musia mať polomer ohybu dvojnásobný hrúbke, aby sa nepoškodili. Ohriate rúrky z termoplastov (plastomérov) sa ohýbajú tak, že sa dovnútra vloží skrutkovicová pružina, alebo sa vyplnia pieskom, aby sa ohybom nesploštili.
- **vyfukovaním** sa vyrábajú duté výrobky z termoplastov (plastomérov), napr. fľaše, kanistre a pod. vo veľkosériovej výrobe. Vyfukovacie stroje pracujú v automatickom cykle. Polotovar býva najčastejšie zohriata rúra, príp. iný tvarovaný polotovar.

1.3.3.7. Spojovanie plastových polotovarov

Plastové polotovary a výrobky sa spájajú:

- **mechanicky**, najčastejšie pomocou skrutiek a nitov. Plasty a oceľové spojovacie súčiastky majú rôznu tepelnú rozťažnosť, čo môže spôsobiť poškodenie v mieste spoja. Závit narezaný do plastu má horšie mechanické vlastnosti, preto sa často používajú zalisované alebo zaliate kovové vložky, čo zdražuje výrobu (obr. 1.65);



Obr. 1.65

- **zváraním**, najčastejšie horúcim vzduchom bez prídavného materiálu, častejšie s prídavným materiálom. Automatické posúvanie prídavného materiálu zabezpečí mechanizmus zvaracieho zariadenia – pištole;
- **lepením**. Lepenie platí medzi progresívne technológie spojovania plastov. Pevnosť spoja závisí od správne zvoleného lepidla a dodržania technologického postupu lepenia.

Na konštrukciu plastových výrobkov platia osobitné **zásady technologickosti konštrukcie**. Sú to progresívne materiály. Aby súčiastky zhotovené z nich spĺňali mechanické, technologické, ale aj fyzikálne a chemické vlastnosti, treba ich navrhnuť a vyrobiť iným spôsobom ako kovy.

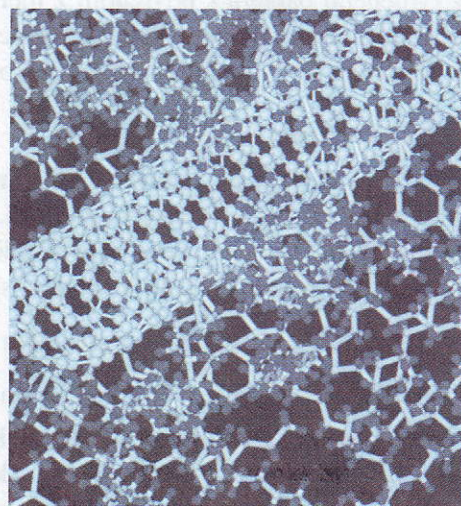
Progresívne konštrukčné materiály sú aj nanokompozity (obr. 1.66). Sú to hybridné materiály v rôznych kombináciách, napr. organické polyméry s anorganickou keramikou alebo pridané nanočastice do polymérov a keramiky na zlepšenie ich vlastností. Získavajú sa tak nové, unikátne, doteraz nepoznané multifunkčné vlastnosti, ktoré bude možné vopred naprogramovať.

Nano- pochádza z gréckeho slova „nanos“, čo znamená miniatúrny, v tomto prípade s dĺžkou 0,1 až 100 nm ($nm = 10^{-9}m$).

Nanoveda je vedný odbor štúdia hmoty na atómovej a molekulovej úrovni.

Nanotechnológia je praktická aplikácia nanovedy a je multidisciplinárna.

Materiály je možné použiť na konštruovanie strojových súčiastok v strojárstve, energetike, doprave, ale aj v medicíne, biotechnológiách atď.



Obr. 1.66

Kompozitné materiály vystužené mikro- alebo nanovláknami, vtrúseninami, nanotrubičkami z uhlíka CNT (carbon nanotubeles) (obr. 1.67) majú vyššiu pevnosť, lomovú húževnatosť, odolnosť proti únave, opotrebeniu, erózii, korózii, teplotám a vibráciám.

Ďalším známym prínosom nanotechnológie je tzv. **lotosový efekt**, ktorý umožňuje vytvoriť **samočistiace povrchy**. Lotosový efekt má zvlášť jemnú štruktúru povrchu. Voda s nečistotami po ňom steká a nezanecháva stopy. Používa sa napr. na čelné sklá automobilov, sprchovacie kúty. V štádiu skúšok je tzv. samočistiaci lak automobilových karosérií, ktorý bude aj nepoškríabateľný.

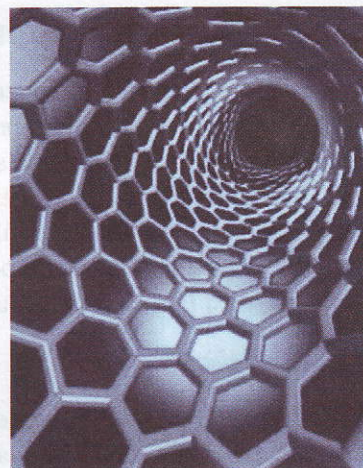
Iný typ laku je schopný meniť solárnu energiu na elektrickú s účinnosťou 10 %. Solárny článok je schopný generovať výkon 30 W. Stačí to napr. na pohon klimatizácie zaparkovaného automobilu.

Priesvitná nanovrstvička nanosená na sklo odráža infračervené slnečné žiarenie a bráni prehrievaniu interiéru.

Nanočiasťočky aplikované na trecie plochy zlepšujú ich trecie vlastnosti a zvyšujú odolnosť proti opotrebeniu. Nanočiasťočky sadzí a silikátov pridaných do gumovej zmesi podstatne zlepšia záberové vlastnosti a životnosť automobilových pneumatík.

Dnes už existuje minimálne päťdesiat ďalších aplikácií nanotechnológií, ktoré podstatne ovplyvnia priemyselné procesy, mikroelektroniku, chémiu a aj spotrebný priemysel.

Nanotechnológia je jedna z deviatich tém 7. rámcového programu Európy na roky 2007 až 2013.



Obr. 1.67

Zhrnutie:

Konštrukčné plasty nahrádzajú kovové technické materiály strojových súčiastok. V budúcnosti sa bude ich použitie stále zvyšovať, najmä v kombinácii s nekovovými a kovovými materiálmi (**kompozity**). Tieto materiály **majú** neporovnateľne **lepšie vlastnosti** ako ich zložky. Dajú sa tak eliminovať niektoré nevýhodné vlastnosti plastov (horšie mechanické vlastnosti, tepelnú a elektrickú vodivosť, odolnosť proti vyšším teplotám).

Pri spracovaní plastov sú potrebné rôzne zariadenia na výrobu polotovarov (granuly, tablety, prášok), stroje na ich spracovanie (vstrekovacie lisy), nástroje (kovové formy) a iné pomôcky.

Plasty sa spracúvajú najmä pomocou **tepla**. **Výlisky** sú spravidla hotové výrobky. Veľa ich poznáte z domácností, stavebníctva, chemického a potravinárskeho priemyslu atď. V strojárstve sa používajú konštrukčné plasty.

Limitujúcim faktorom intenzívnejšieho používania plastov je surovinová základňa, ktorá má ešte stále hlavný zdroj v neobnoviteľných surovinách (ropa, zemný plyn, uhlie). Výroba plastov a ich likvidácia sú len ťažko akceptovateľné z ekologického hľadiska. Ani separovaný (triedený) odpad nie je zárukou ochrany životného prostredia a jeho tvorby.

Otázky, úlohy a úvahy:

1. V strojárstve sa používa pojem konštrukčné plasty. Prečo vznikol tento názov?
2. Vymenujte niektoré z výhod a nevýhod plastov oproti kovovým materiálom.
3. Z akých surovín sa plasty vyrábajú?
4. Čo je hlavnou brzdou pri vyrábaní plastov vo väčšom množstve?
5. Vymenujte konkrétne aplikácie plastov na bicykli, motocykli, automobile.
6. Vymenujte konkrétne použitie plastov v domácnosti, stavebníctve, odievaní a pod.
7. Aké sú vaše pozitívne a negatívne skúsenosti pri používaní plastov?
8. V čom sa odlišuje spracovanie plastov vo vzťahu k teplote?
9. Z čoho je vyrobená pneumatika a ako?
10. Ktorú prísadu obsahuje guma na výrobu zimných pneumatík, aké sú dôvody?
11. Ako sa volajú združené materiály rôzneho pôvodu?
12. Aké aplikácie materiálov vyrobených nanotechnológiou poznáte?
13. Aký význam má separovaný zber plastov?

1.4. Povrchové úpravy

Strojové súčiastky a zariadenia sú vyrobené z konštrukčných materiálov, ktoré počas svojej životnosti podliehajú pôsobeniu okolitého prostredia a funkčnému namáhaniu. Vyžaduje sa pritom stálosť ich pôvodných vlastností a vzhľadu. Skrátenie spoľahlivosti a životnosti výrobkov je často zapríčinené znehodnotením ich povrchu. Spôsobujú to najmä **korózia a opotrebenie**.

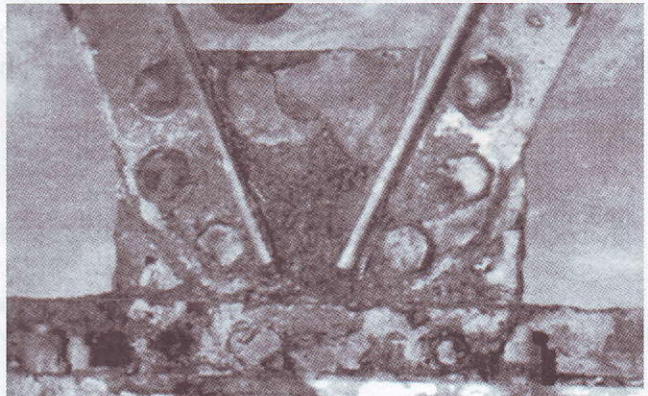
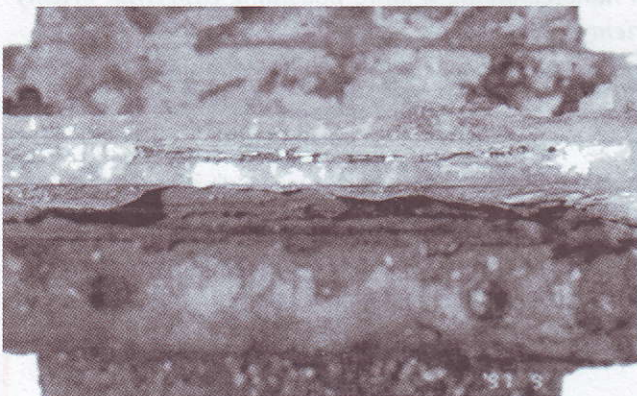
Povrchové úpravy majú za úlohu zabezpečiť určité požadované vlastnosti a stav povrchu materiálov, ktoré sú potrebné na ich optimálnu dlhodobú funkciu. Sú zamerané predovšetkým na funkčné účely (antikoróznosť, tvrdosť, odolnosť proti opotrebeniu), ale vo veľkej miere je ich funkcia aj **estetická** (hlavne pri spotrebnom tovare).

1.4.1. Korózia

Určite ste si už všimli následky korózie vo vašom okolí. Škody spôsobené koróziou v oblastiach priemyslu sú obrovské. Boj proti korózii a protikorózne ochrany sú dôležité z hľadiska technického, ekonomického, ale aj bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci.

Priame náklady spôsobené koróziou predstavujú v krajinách EÚ 3 % hrubého domáceho produktu, nepriame až 6 %.

Na obr. 1.68 vidíte koróziu poškodenú konštrukciu bratislavského Starého mosta.



Obr. 1.68

Korózia je samovoľné postupné rozrušovanie kovov (najmä povrchov) **následkom ich chemickej alebo elektrochemickej reakcie s prostredím**. Môže prebiehať v atmosfére, vode, rôznych plynch, kvapalinách, chemikáliách, zeminách, ktoré sú s kovmi v kontakte.

Korózia má rôzne formy a môžeme ju posudzovať z rôznych hľadísk, napr.:

- **podľa vnútorného mechanizmu** ako chemickú a elektrochemickú;
- **podľa druhu korozívneho prostredia** ako atmosférickú, v kvapalinách, chemikáliách, pôdach;
- **podľa kombinácie s vonkajšími činiteľmi** ako koróziu pri mechanickom namáhaní, únave materiálu (únavová korózia), vibráciách (vibračná korózia), korózne praskanie a koróziu vplyvom blúdživých elektrických prúdov;
- **podľa vonkajšieho vzhľadu** ako rovnomernú (po celej ploche), nerovnomernú (len v určitých miestach), bodovú, jamkovú, selektívnu, korózne trhliny a lomy atď.;
- **medzikryštalická korózia** je veľmi nebezpečná, lebo ju nevieme zistiť bežnou obhliadkou zvonku. Materiál sa rozpadáva vo vnútri, na hraniciach kryštálov.

Korózia znehodnocuje aj nekovové organické a anorgamické materiály, napr. plasty. Tento jav má v strojárstve menší význam ako korózia kovov a ich zliatin.

Stále sa vyvíjajú nové a účinnejšie metódy ochrany proti korózii. Ich aplikácie, to je spoločná úloha konštruktérov, technológov, projektantov, dizajnérov atď.

Chemická korózia

Chemická korózia je najrozšírenejšia. Spôsobuje rozrušenie povrchu kovových materiálov rôznymi chemikáliami, najčastejšie vzdušným kyslíkom (obr. 1.69). Nebezpečná je najmä pre zliatiny železa, je to tzv. **oxidácia**. Vzniká už pri teplote okolia a jej rast sa zintenzívňuje s rastom teploty. Vzniknuté oxidy sú **okoviny (okuje)**. S týmto pojmom sme sa stretli pri kovaní, odlievaní, tepelnom spracovaní atď.



Obr. 1.69

Niektoré neželezné kovy oxidujú na povrchu. Tenká súvislá vrstva oxidu je nepriepustná a zabraňuje šíreniu korózie do hĺbky. Taká je napr. zelená patina na medi, oxidačná vrstva na hliníku atď.

Elektrochemická korózia

Elektrochemická korózia je spôsobená rozrušovaním kovov elektrickým potenciálom, ktorý vzniká medzi dvoma rôznymi kovmi, umiestnenými v elektrolyte. Napr. je nevhodné spojiť oceľové súčiastky skrutkou a maticou zo zliatiny medi, keď je spoj pod vplyvom kyslých dažďov (slabý elektrolyt). Medzi materiálmi vznikne makro galvanický článok. Ušľachtilý kov – meď – prakticky nekoroduje, menej ušľachtilý – oceľ – koroduje. Po určitom čase v oceľovej súčiastke vplyvom hrdze vznikne diera, cez ktorú skrutka s maticou vypadnú a spoj sa poruší.

Atmosférická korózia

Atmosférická korózia je najrozšírenejšia, pretože väčšina súčiastok a zariadení plní svoju funkciu v atmosfére. Najväčší vplyv na jej vznik majú atmosférické podmienky dané vlhkosťou vzduchu, jeho teplotou a znečistením (oxid siričitý, uhličitý, uhoľnatý, amoniak atď.). Kritická **relatívna vlhkosť vzduchu**, pri ktorej sa tvorí na povrchu predmetov vodný film, je 60 %. Keď pôsobí súčasne v atmosfére aj zvýšená teplota, príp. rôzne exhaláty, korózia sa zintenzívňuje.

Korózia v kvapalinách

Korózia prebieha aj v **kvapalinách**, napr. vo vode, v chladiacich kvapalinách, v motorových benzínoch, naftě, kvapalných chemikáliách, ale aj v pare. Zvnútra korodujú vodné aj ropné potrubia, chladiace systémy kompresorov, spaľovacích motorov, čerpadiel, vodných turbín atď. Chladiace kvapaliny na báze vody preto obsahujú inhibitory proti korózii (látky ktoré spomaľujú priebeh chemických reakcií). Voda v parných kotloch sa chemicky upravuje, zmäkčuje.

Pôdna korózia

Pôdna korózia napadá zariadenia, ktoré sú v nej trvalo umiestnené, napr. potrubia, oceľové stĺpy elektrického vedenia, koľajnice elektrických železníc. Pôda sa skladá z pevnej, kvapalnej a tuhej fázy. Korozívnym prostredím je kvapalná fáza – voda – a plynná fáza – kyslík.

Vážne poškodenia kovových predmetov vložených v zemi vznikajú pôsobením blúdivých elektrických prúdov, najčastejšie v blízkosti elektrifikovaných koľajových tratí.

Korózia plastov

Plasty sú znehodnocované koróziou vplyvmi:

- **fyzikálnymi**, napr. mechanickou a tepelnou energiou, elektromagnetickým žiarením, ultrazvukom atď.;
- **chemickými**, chemickými reakciami alebo napučívaním;
- **mikrobiologickými**, mikroorganizmami, plesňami.

1.4.2. Ochrana proti korózii

V úvode sme hovorili o priamych a nepriamych nákladoch v súvislosti s koróziou. Priame straty spôsobené koróziou, znefunkčnenie súčiastok alebo zariadení, predstavujú vo svete milióny ton kovu ročne. Nepriame straty, spôsobené výpadkom alebo prerušením prevádzky pri výmene skorodovaných súčiastok a zariadení, straty vynaložením práce atď., sú takisto vysoké.

Úloha protikoróznej ochrany je minimalizovať koróznú rýchlosť. Zvýši sa tým životnosť a bezpečnosť kovových zariadení.

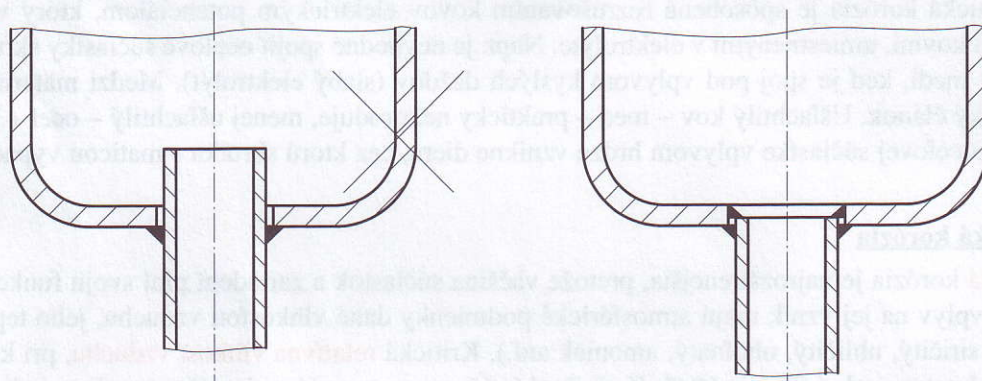
Preventívne opatrenia v boji proti korózii sú:

- voľba vhodného konštrukčného materiálu;
- konštrukčné, príp. technologické úpravy;
- úpravy korozívneho prostredia;
- elektrochemická ochrana;
- ochrana povlakmi, ak predchádzajúce opatrenia boli uplatnené bez úspechu.

Voľba vhodného konštrukčného materiálu vychádza zo zásady, že kovové materiály korodujú za rovnakých podmienok rôznou rýchlosťou. Okrem mechanických, technologických, príp. fyzikálnych vlastností musia spĺňať aj vlastnosti chemické, predovšetkým antikoroziou. Bežné konštrukčné ocele je možné nahradiť mikrolegovanými alebo antikoroziou triedy 17. Je možné ich plátovať na bežné konštrukčné ocele, čím sa zníži cena.

Odolnejšie proti korózii sú ušľachtilé kovy a ich zliatiny a konštrukčné plasty.

Konštrukčné úpravy vylučujú miesta, v ktorých vzniká korózia, napr. tyče profilu *U*, *L* umiestniť tak, aby v nich nezostávala voda. V konštrukcii vylúčiť dutiny, zamedzenie odtoku (*obr. 1.70*) atď.



Obr. 1.70

Úpravy korozívneho prostredia sa realizujú odstránením alebo chemickou likvidáciou agresívnych zložiek z prostredia (vlhkosť, oxid siričitý SO_2 , atď.). Vodu je možné viazať na hydrokopolické látky, vysušadlá. Najpoužívanejšie sú silikagél, oxid hlinitý a vápenatý. Veľké priestory sa vysušajú zvýšením teploty a núteným vetraním.

Elektrochemická ochrana sa realizuje zámernou zmenou potenciálu kovu k danému elektrolytu, čo ovplyvní polarizáciu kovu. Významne sa zníži korózná rýchlosť.

Používajú sa dva spôsoby:

- **katódová** ochrana, zmena potenciálu k záporným hodnotám posúva chránený kov do stavu imunity, v ktorom korózia neprebíha. Umelo sa vytvorí jednosmerný elektrický okruh proti smeru korozívneho prúdu, vzniká galvanický článok. Katóda je chránený kov. Anóda, tzv. obetovaný kov, ktorý koroduje, napr. zinok, horčík, hliník a ich zliatiny.

Táto ochrana v kombinácii s dodatočným uzemnením, rôznymi nátermi sa používa aj ako ochrana proti blúdovým elektrickým prúdom;

- **anódová** ochrana, zmena potenciálu ku kladným hodnotám posúva chránený kov do stavu **pasivity**, v ktorom je kov proti korózii odolný. Zdrojom umelo vytvoreného jednosmerného prúdu sú selénové, germániové alebo kremíkové usmerňovače s voliteľnými parametrami. Anóda je chránený kov.

Katóda, tzv. obetovaný, ktorý koroduje. Môže byť lacná, nelegovaná ocel.

Táto ochrana sa používa v chemickom a potravinárskom priemysle.

Ďalšia z ochrán, ktorá je veľmi rozšírená a účinná, je povrchová úprava a povlakovanie kovov. Budeme sa jej venovať v samostatnej časti.

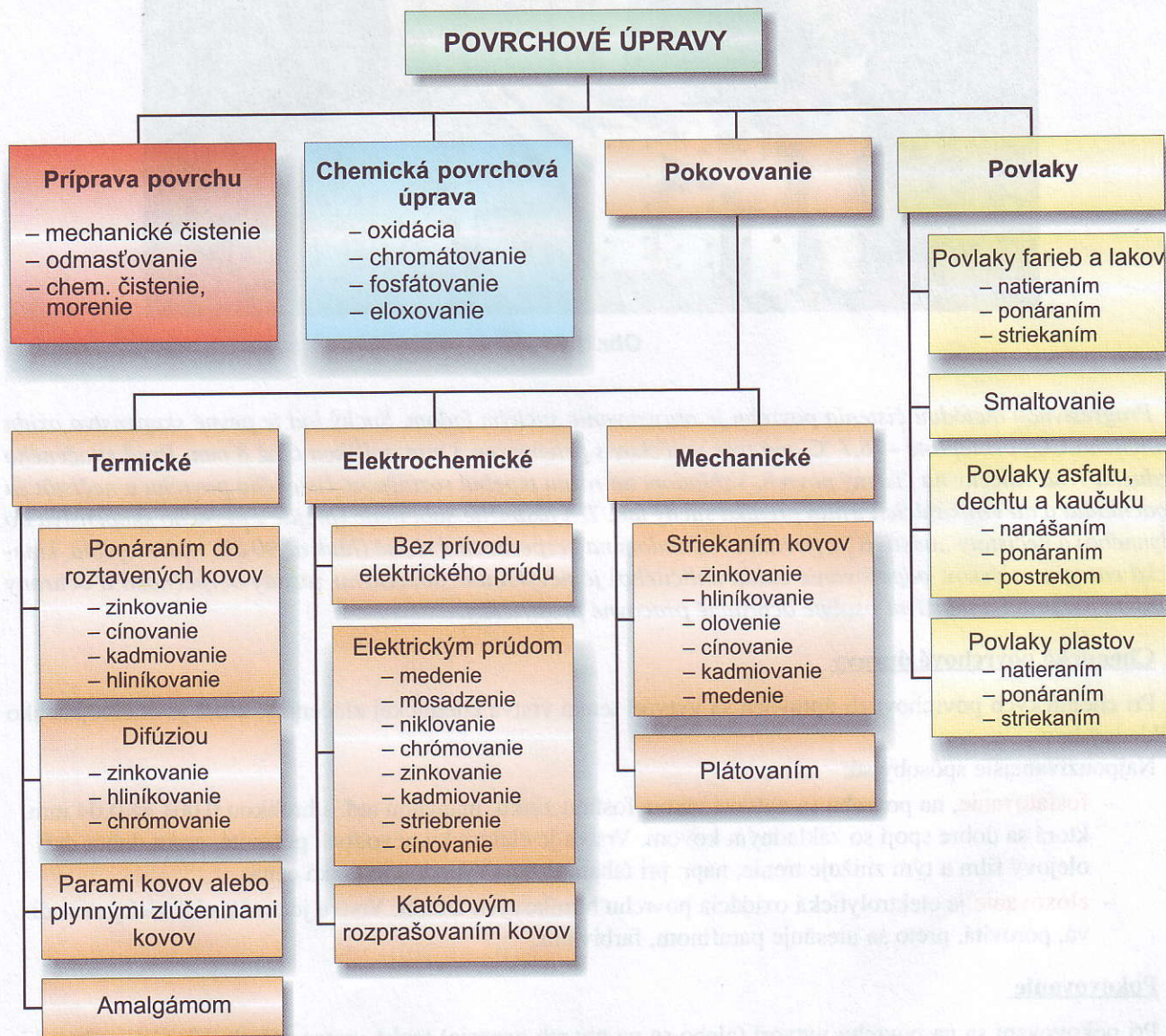
1.4.3. Povrchové úpravy, povlaky

Účelom povlaku na povrchu kovu je zabrániť alebo podstatne znížiť prenikanie prostredia do jeho povrchu. Povlaky sú aj nevyhnutným doplnkom estetického riešenia, dizajnu výrobku.

Kvalita, účinnosť a životnosť všetkých povlakov závisí na 70 % od prípravy povrchu pred aplikáciou povlakov. Povlaky sú účinné len vtedy, ak priľnú k povrchu. Tomu môžu zabrániť separačné vrstvy, napr. okoviny (oxidy), rôzne nečistoty (mastnota, zvyšky lakov, ochranných vrstiev, prach, soli atď.).

V tab. 1.5 je uvedené rozdelenie povrchových úprav.

Tab. 1.5



Príprava povrchu

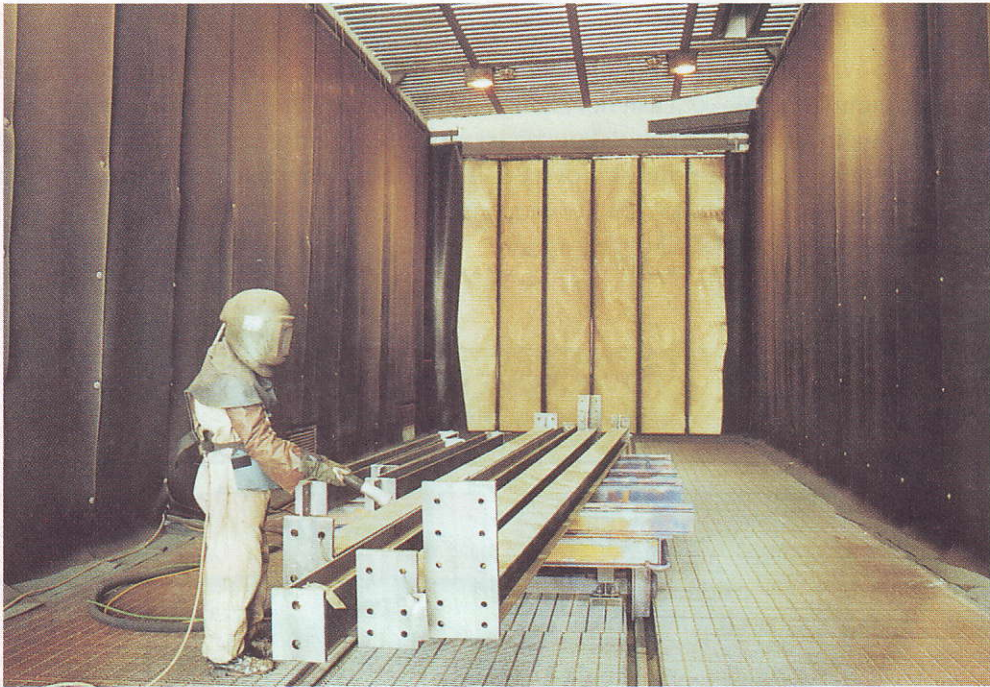
Nanášanie kovových a nekovových povlakov predpokladá predúpravu povrchu, ktorá musí zaručiť:

- dokonalú čistotu;
- určitú drsnosť;
- podmienky na dobrú priľnavosť ochranných povlakov.

Povrchové predúpravy sa robia:

- **mechanicky**, ocelovou kefou, šmirgľom, brúsením, omieľaním menších predmetov v bubni a obrusovaním väčších ocelovou drvinou v prúde stlačeného vzduchu (obr. 1.71);

- **chemicky**, príp. elektrochemicky v kvapalných prostrediach, kúpeľoch. Odstraňujú sa nečistoty (odmasťovanie), okoviny, hrdza (leptanie), príp. sa leští.



Obr. 1.71

Progresívnou metódou čistenia povrchu je obrusovanie suchým ľadom. Suchý ľad je pevné skupenstvo oxidu uhličitého CO_2 pri teplote $-78,7^\circ\text{C}$, má tvar valčekov s priemerom 3 mm a dĺžkou 6 až 8 mm. Prúd stlačeného vzduchu vrhá valčeky na čistený povrch. Vzhľadom na rôznu tepelnú rozťažnosť čisteného povrchu a nečistôt sa podchladia a do vznikajúcich trhlin preniká suchý ľad. Ten okamžite sublimuje (prejde z pevného skupenstva do plynného) a nečistoty „odstreli“ z povrchu. Vzhľadom na bezpečnostné riziká (hluk až 90 dB, nízka teplota, kinetická energia valčekov, odparovanie oxidu uhličitého) je nevyhnutné dodržiavať zásady bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a používať osobné ochranné pracovné prostriedky.

Chemické povrchové úpravy

Pri chemických povrchových úpravách sa vytvorí tenká vrstva chemickej zlúčeniny, ktorá je odolnejšia ako základný kov.

Najpoužívanejšie spôsoby sú:

- **fosfátovanie**, na povrchu sa vytvorí vrstva fosfátu zinku, mangánu atď. s hrúbkou 0,001 až 0,04 mm, ktorá sa dobre spojí so základným kovom. Vrstva je elektricky nevodivá, pórovitá, preto dobre drží olejový film a tým znižuje trenie, napr. pri ťahaní drôtu. Výhodou je nízka cena;
- **eloxovanie** je elektrolytická oxidácia povrchu hliníkových zliatin. Vrstva je tvrdá, elektricky nevodivá, pórovitá, preto sa utesňuje parafínom, farbivami.

Pokovovanie

Pri pokovovaní sa na povrchu vytvorí (alebo sa na povrch nanesie) tenká vrstva ušľachtilého kovu, ktorý je odolnejší proti korózii ako základný kov. Nová vrstva k nemu musí dobre priľnúť. Vrstva musí byť dostatočne hrubá bez pórov a s dobrými mechanickými vlastnosťami.

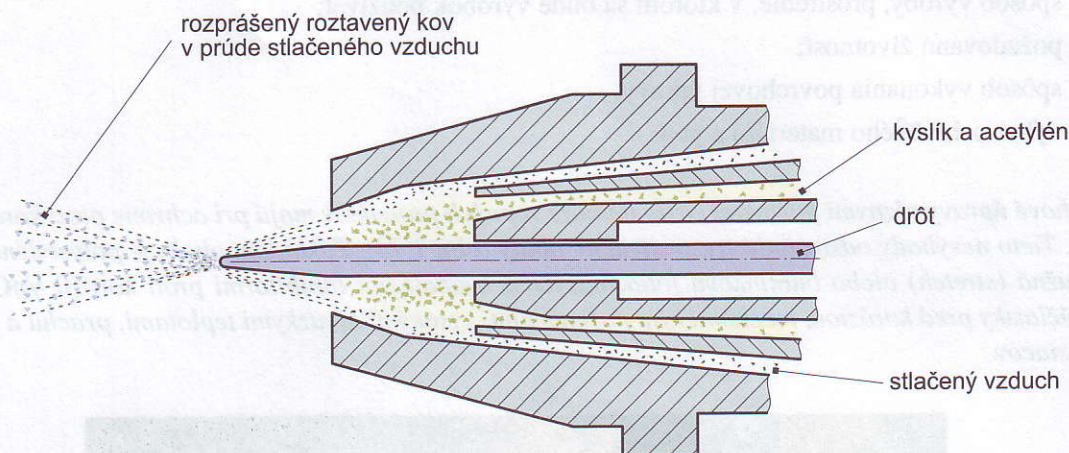
Zinkové povlaky na ocelových plechoch, rúrach, tyčiach sú známe na klampiarskych plechoch, konštrukciách stĺpov vysokého napätia, dopravných značiek, záhradných kanví na polievanie atď.

Cínové povlaky na tenkých ocelových plechoch sú známe na plechoch potravinárskych konzerv. Vnútri bývajú navyše oplastované.

V strojárskvej výrobe sa kovové povlaky realizujú a používajú v pomere:

- 60 % elektrochemicky, t. j. galvanickým pokovovaním napr. meďou Cu, níklom Ni, cínom Sn, striebrom Ag, zlatom Au atď.;

- 20 % ponáraním do roztaveného kovu, napr. zinku Zn, cínu Sn, olova Pb atď.;
- 16 % žiarovým striekaním metalizačnou pištoľou (obr. 1.72) s plynovým alebo elektrickým vyhrievaním;
- 4 % ostatné spôsoby, napr. termodifúzne a vákuové pokovovanie, plátovanie (navalčovanie) fólie atď.



Obr. 1.72

Povlaky farieb a lakov

Povlak je súvislá vrstva s požadovanými vlastnosťami, ktorá vznikla nanosením a zaschnutím jednej alebo viacerých vrstiev na povrchu ošetrovaného kovu.

Základnými zložkami **povlakov farieb a lakov** sú:

- filmotvorná látka (kaučuk, kolofónia, celulóza, syntetické živice atď.);
- pigmenty (titánová bieloba, chromán olovnatý, grafit atď.);
- plnidlá;
- rozpúšťadlá;
- riedidlá.

Práškové náterové hmoty rozpúšťadlá ani riedidlá neobsahujú, čo je z ekologického hľadiska výhodnejšie.

Náterové hmoty sa vytvrdzujú:

- fyzikálne, odparovaním rozpúšťadiel a riedidiel. Sú to nátery chlórkaučukové, vinylové, asfaltové a uhľovodíkové;
- oxidáciou, ich makromolekulárne reťazce filmu sa vytvárajú oxidáciou vzdušným kyslíkom. Sú to alkydy, olejové nátery atď.;
- chemicky, nátery tuhnú chemickou polymerizačnou reakciou dvoch alebo viacerých komponentov náteru. Sú to epoxidové, polyuretánové, polyesterové nátery.

Povlaky farieb a lakov sa používajú najmä na povrchovú úpravu automobilových karosérií, motocyklov atď. Označujú sa špeciálnym kódom.

Smaltovanie je spôsob ochrany povrchov kovov, na ktorý sa nanáša tenká vrstva borosilikátového skla polieváním, máčaním, striekaním alebo práškovaním. Vrstiev môže byť viac, od základnej až po kryciu, príp. deko-račnú. Povrch sa vypaľuje v peci pri teplote 800 až 950 °C.

Výhodou smaltovania je chemická stálosť voči kyselinám, povrchová tvrdosť, hygienická neškodnosť.

Nevýhodou je krehkosť pri nárazoch a citlivosť na prudké zmeny teploty.

Smalty sa používajú na povrchovú úpravu kuchynských nádob, liniek, práčok atď.

Povlaky asfaltu, dechtu a kaučuku sú spôsoby ochrany kovových potrubí uložených v zemi. Nanášajú sa v roztavenom stave vo viacerých vrstvách v kombinácii s inými materiálmi (tkanina, papier, pletivo atď.). Kaučukové povlaky sa vytvárajú striekaním roztoku kaučuku a síry vo vhodnom rozpúšťadle. Povlak vznikne po odparení rozpúšťadla a vulkanizácii.

Povlaky plastov sú spôsoby ochrany kovov najmä v chemickom priemysle, ale aj vo všeobecnom strojárstve, stavebníctve (strešné plechy) atď. Nanáša sa lepením fólie, natieraním, striekaním. Môže sa naniesť na súčiastku a vo forme sa s ňou zlisuje.

Pri predpisovaní povrchových úprav musíme zohľadňovať:

- typ výrobku;
- jeho konštrukčné riešenie;
- spôsob výroby, prostredie, v ktorom sa bude výrobok používať;
- požadovanú životnosť;
- spôsob vykonania povrchovej úpravy;
- výber ochranného materiálu a pod.

Povrchové úpravy rôznymi povlakmi často na báze ropných produktov majú pri ochrane proti korózii celý rad nevýhod. Tieto nevýhody odstraňujú tzv. **pasivačné obaly** (obr. 1.73). Základom obalu je polyetylénová, papierová, pružná (stretch) alebo bublinková fólia, nasýtená kvapalnými inhibítormi proti korózii VpCl. Obal tak chráni súčiastky pred koróziou, mechanickým poškodením, vysokými aj nízkymi teplotami, prachu a pod. v lehotu 24 mesiacov.



Obr. 1.73

Zhrnutie:

Úlohou **povrchových úprav je chrániť povrch** súčiastok, výrobkov, najmä pred koróziou, ale aj opotrebením. Plnia aj estetickú funkciu, prípadne aj výstražnú.

Straty spôsobené koróziou v celom národnom hospodárstve sú vysoké. V Slovenskej republike sa dajú porovnať s výdavkami na školstvo v rámci hrubého domáceho produktu. Preto majú veľký význam preventívne opatrenia v boji proti korózii. Keď sú neúčinné, aplikujú sa povrchové úpravy.

Pri realizovaní povrchových úprav majú veľký význam povrchové predúpravy. Dnes už síce existujú ochranné látky, ktoré napr. eliminujú koróziu a nevyžadujú si nevyhnutne jej dôsledné odstránenie. Táto operácia však môže byť problematická pri predúprave napr. oceľových konštrukcií.

Povrchové úpravy sa v hromadnej výrobe aplikujú v špeciálnych zariadeniach, **komorách, ponáraním** vo vaniach a pod., používajú sa rôzne **striekacie zariadenia**, pištole, ktoré využívajú najčastejšie stlačený vzduch.

Technológie povrchových úprav sú často problematické z hľadiska ochrany zdravia obsluhy a ekológie krajiny. Z tohto dôvodu sa používajú ochranné látky riediteľné vodou, plne klimatizované striekacie boxy v elektrostatickom poli a pod. Týmto spôsobmi sa znižuje aj spotreba striekacích látok.

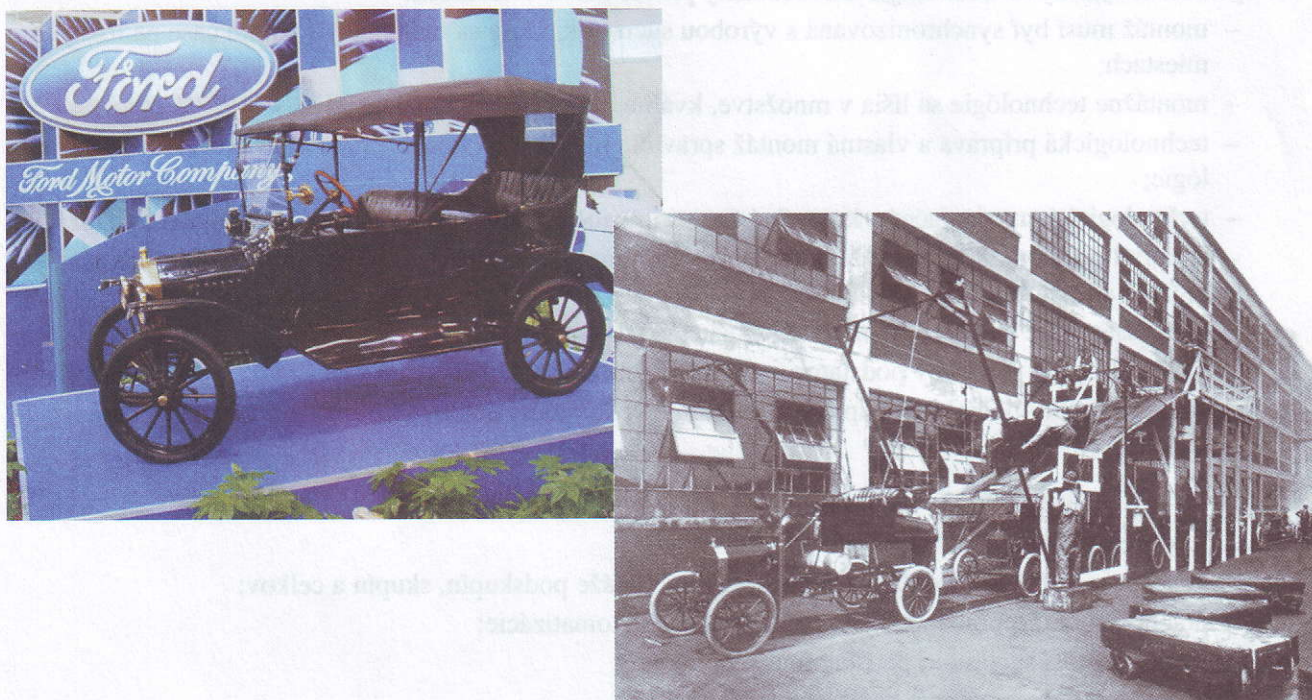
Otázky, úlohy a úvahy:

1. Aké poznáte povrchové úpravy bežných predmetov?
2. Vymenujte účel povrchových úprav.
3. Ktoré predmety a z akých materiálov korodujú najčastejšie? Zdôvodnite to.
4. Ktorá korózia je nebezpečná pre automobilové karosérie a ako sa prejavuje?
5. Aké sú najčastejšie korozívne vplyvy?
6. Aké sú reálne možnosti úpravy korozívneho prostredia v dielni, laboratóriu?
7. Aké sú preventívne opatrenia v boji proti korózii?
8. Ako postupujeme pri príprave povrchu pred náterom farbou?
9. Aké sú nevýhody mechanického čistenia povrchov?
10. Aké iné úlohy okrem ochrany pred koróziou má náter farbou?
11. Aká atraktívna povrchová úprava sa aplikuje na častiach motocykla, ako je napr. výfuk, predná vidlica, pružiny?
12. Ktoré výrobky sa chránia smaltovaním a prečo?
13. Aké sú nevýhody povlakov? Existuje riešenie?
14. Ktoré zdravotné riziká sa vyskytujú pri aplikácii povrchových úprav a ako je možné ich zmierniť?

1.5. MONTÁŽE

Montáž je záverečná fáza výrobného procesu v strojárstve. Sú to všetky práce, ktoré sa musia urobiť v predpísanom poradí, kvalite a čase, aby bol stroj zostavený do hotového celku – výrobku.

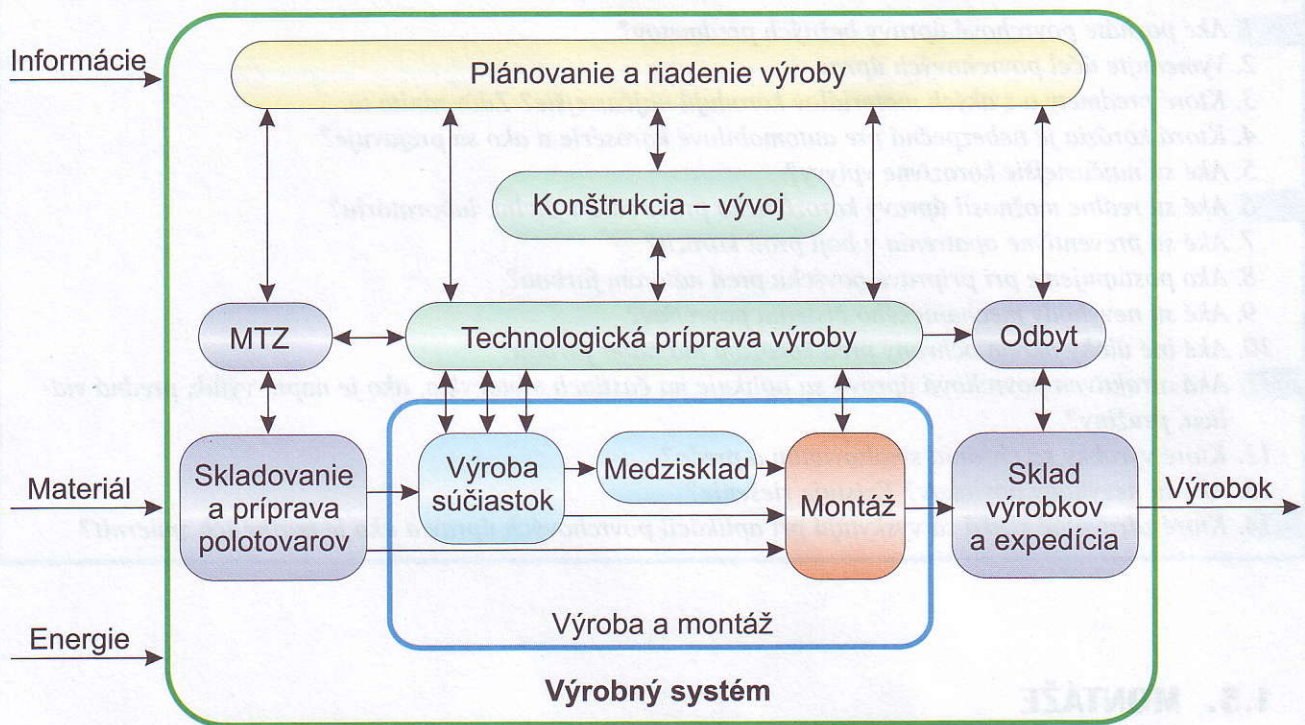
Priekopníkom pohyblivej montáže bol už v roku 1913 Henry Ford, americký výrobca slávneho modelu osobného automobilu FORD T (obr. 1.74).



Obr. 1.74

Na pohyblivej montážnej linke ťahalo podvozok po podlahe dielne ocelové lano a každý pracovník naň namontoval jednu súčiastku. Podvozok sa spájal s karosériou pred budovou, v tom čase veľmi progresívnou technológiou. Výrobná cena automobilu poklesla v porovnaní s klasickou montážou z 825 \$ na 360 \$. Výrobný čas sa skrátil z 12 hodín na 93 minút.

Na obr. 1.75 je schéma výrobného procesu so začlenením montáže.



Obr. 1.75

Počas montáže nastáva koncentrácia výsledkov technických a organizačných opatrení z predchádzajúcich úsekov výrobného procesu, jeho prípravy, materiálno-technického zabezpečenia (MTZ) a plánovania.

V systéme strojárskych technológií má montážny proces určité zvláštnosti:

- montáž musí byť synchronizovaná s výrobou súčiastok, ktorá sa realizuje v rôznom čase na rôznych miestach;
- montážne technológie sa líšia v množstve, kvalite, poradí a v počte operácií;
- technologická príprava a vlastná montáž spravidla nie sú tak kvalitne pripravené ako výrobné technológie;
- technologické, manipulačné a kontrolné činnosti sa súčasne uplatňujú s rôznym stupňom automatizácie;
- materiál pri montáži sa nemôže hromadiť na jednom mieste, preto sa kladú vysoké nároky na manipuláciu a plynulosť toku, tzv. logistika;
- montážne práce sú veľmi rôznorodé, obťažná je ich typizácia;
- každá inovácia výrobkov podstatne mení montážne technológie;
- ešte stále veľký podiel ručnej práce si vyžaduje veľký počet pracovníkov, čo je finančne aj organizačne veľmi náročné.

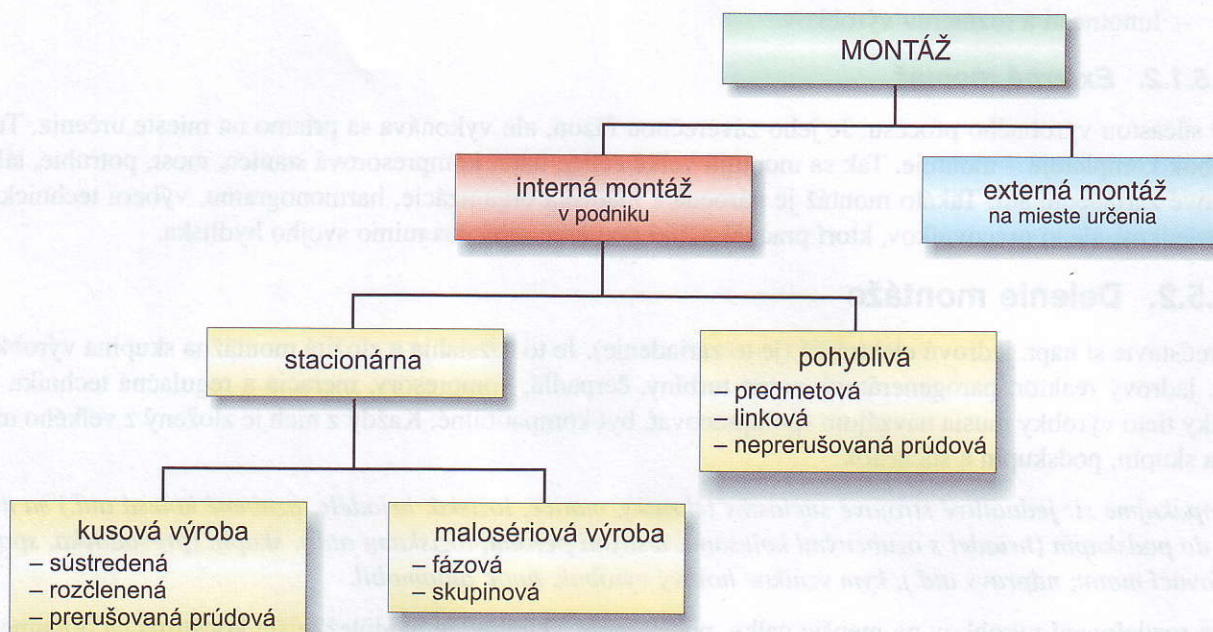
Montážne práce môžu predstavovať v priemere 30 až 50 % prácnosti v strojárskych výrobách.

Faktory, ktoré ovplyvňujú montáž:

- koncepcia a zložitosť konštrukčného riešenia montáže podskupín, skupín a celkov;
- prácnosť montáže, možnosti jej mechanizácie a automatizácie;
- vymeniteľnosť súčiastok, podskupín a skupín;
- počet, veľkosť a hmotnosť komponentov;
- technológia a organizácia z hľadiska výrobného programu, obsahu prác, veľkosti dávok, prácnosť, produktivita atď. ovplyvňujú časovú a priestorovú štruktúru montáže;
- vybavenosť montážnych pracovísk nástrojmi, prípravkami, meradlami atď., ktoré môžu byť jednocelové alebo univerzálne s rôznym stupňom mechanizácie a automatizácie;
- počet, kvalifikácia, pracovná schopnosť a výkon pracovníkov;
- pracovné prostredie, zmennosť, spôsob odmeňovania, možnosti zvyšovania kvalifikácie a postupu atď.

1.5.1. Druhy montáží

Tab. 1.6



1.5.1.1. Interná montáž

Interná montáž je priamo začlenená do výrobného procesu. Je jeho záverečnou fázou. Vykonáva sa priamo vo výrobnom podniku.

Z hľadiska dynamiky rozlišujeme montáž:

- **stacionárnu,**
- **pohyblivú.**

Stacionárna montáž sa používa najčastejšie v **kusovej výrobe**. Charakteristická je prácou skupiny pracovníkov na stacionárnom pracovisku (na jednom mieste). Skupina, ktorá je zložená zo špecializovaných pracovníkov, sa môže po vykonaní vymedzeného rozsahu práce presunúť aj na ďalšie stacionárne pracovisko. Tento spôsob montáže sa uplatňuje aj v malosériovej výrobe.

Pohyblivá montáž sa používa vo veľkosériovej výrobe. Môže byť:

- **predmetová,** montované predmety prechádzajú jednotlivými špecializovanými pracoviskami.

Pracovníci vykonávajú len určitú opakujúcu sa operáciu, pričom postup operácií nie je nevyhnutné dodržať;

- **linková,** montované predmety vykonávajú plynulý alebo prerušovaný pohyb, daný taktom linky. Postup operácií je nevyhnutné dodržať (obr. 1.76);

- **neprerušovaná prúdová,** montované predmety, pracovné nástroje, pomôcky a zariadenia sa pohybujú spolu s pracovníkmi.



Obr. 1.76

Voľba technicko-organizačnej formy montáže závisí najmä od:

- sériovosti výroby;
- zložitosti výroby;
- hmotnosti a rozmerov výrobkov.

1.5.1.2. Externá montáž

Je súčasťou výrobného procesu. Je jeho záverečnou fázou, ale vykonáva sa priamo na mieste určenia. Tu sa výrobok kompletuje – montuje. Tak sa montujú veľké celky, napr. kompresorová stanica, most, potrubie, silno-prúdové zariadenie atď. Takáto montáž je náročná z hľadiska organizácie, harmonogramu, výberu technických prostriedkov, ale aj pracovníkov, ktorí pracujú a žijú pomerne dlhý čas mimo svojho bydliska.

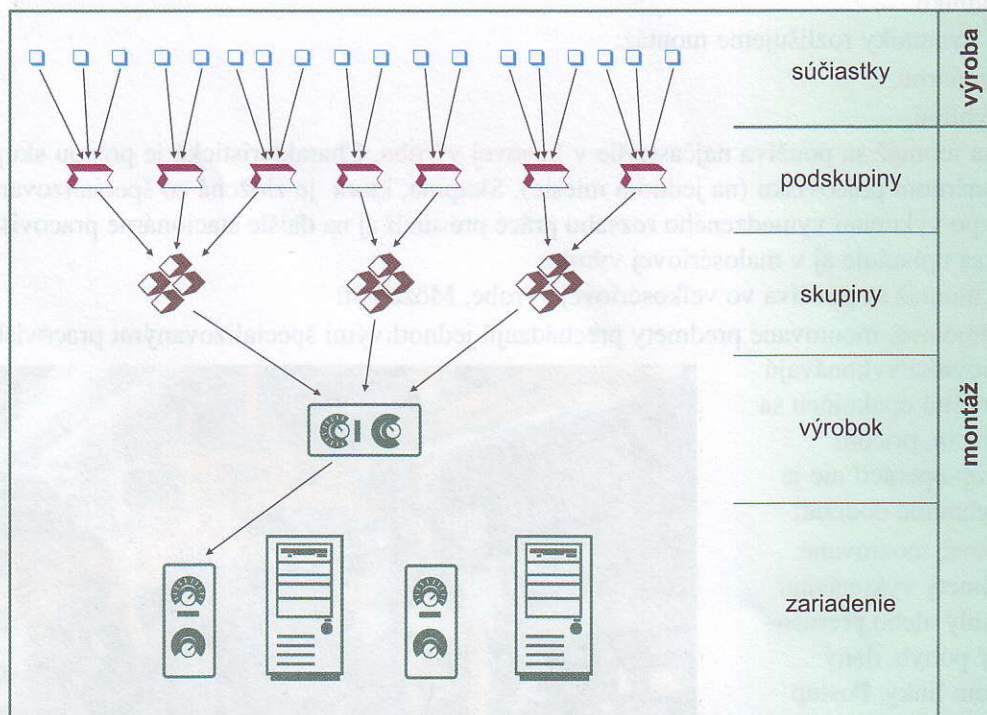
1.5.2. Delenie montáže

Predstavte si napr. jadrovú elektrárňu (je to zariadenie). Je to rozsiahla a zložitá montážna skupina výrobkov: napr. jadrový reaktor, parogenerátory, parné turbíny, čerpadlá, kompresory, meracia a regulačná technika atď. Všetky tieto výrobky musia navzájom spolupracovať, byť kompatibilné. Každý z nich je zložený z veľkého množstva skupín, podskupín a súčiastok.

Zopakujme si: jednotlivé strojové súčiastky (skrutky, matice, ložiská, hriadele, ozubené kolesá atď.) sa montujú do podskupín (hriadel s ozubenými kolesami, tesnými perami, ložiskami atď.), skupín (prevodovka, spojka, spaľovací motor, nápravy atď.), čím vznikne hotový výrobok, napr. automobil.

Pri rozdeľovaní výrobkov na menšie celky, podskupiny, skupiny, je najdôležitejšia konštrukčná dokumentácia. Sú to konštrukčné výkresy výrobku, skupín, podskupín, technické a hospodárske podmienky, termíny, počet kusov atď.

Podľa nej sa zložitejší strojársky výrobok pri montáži delí na tzv. **montážne prvky**, ktoré treba montovať nezávisle od ostatných častí výrobku (obr. 1.77).



Obr. 1.77

Schéma montážnych prvkov znázorňuje rozdelenie jednoduchého výrobku do montážnych celkov.

Schémy určujú postup, poradie montáže, ale aj rozmiestnenie pracovísk a zariadení na optimálnu organizáciu montáže.

Technologický postup montáže (obr. 1.78) je súhrn operácií súvisiacich s montážou súčiastok, podskupín a skupín do hotového výrobku pomocou náradia, zariadení, prípravkov atď. tak, aby sa splnili požiadavky technických výkresov a technických podmienok.

Technologický postup montáže závisí od druhu výroby, kvalifikovanosti pracovníkov montáže, používateľa, od určenia a pod. V hromadnej a veľkosériovej výrobe je podrobný a presný. Na obr. 1.78 je ukážka obrázkového montážneho postupu odstredivého čerpadla v údržbe.

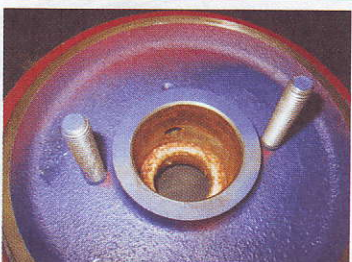
Montáž odstredivého čerpadla

1.



Montáž tesného pera obežného kolesa.
Pero zasunúť až do drážky puzdra upchávky.

2.

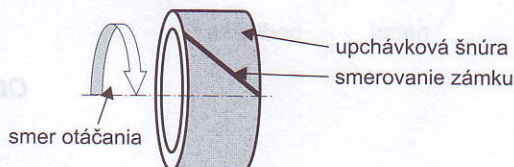


Montáž upchávky.
Vyčistiť vnútorný priestor telesa upchávky (komory), namazať komoru olejom alebo mazacím tukom. Najvýhodnejšie je mazacím tukom obsahujúcim grafit alebo molybdén (molyka).

3.



Vložiť 1. šnúru upchávky
(dôraz na usmernenie zámok v smere otáčania hriadeľa).



4.



Vložiť vymedzovací krúžok do komory upchávky.

5.



Vložiť ďalšie dve šnúry do komory so zámkami smerujúcimi oproti sebe (180°).

6.



Vložiť prítlačné krúžky (polmesiace) so spojom umiestneným 90° od posledného zámku upchávky.

Obr. 1.78

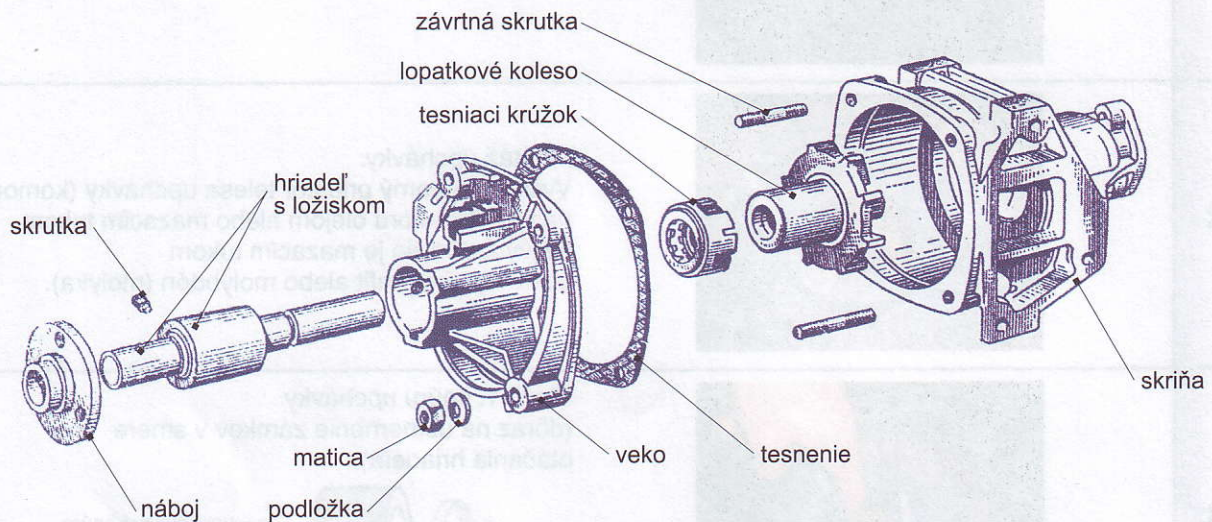
Montážna operácia je časť technologického postupu montáže, ktorú vykonáva na jednom pracovisku s jednou montážnou jednotkou jeden pracovník alebo pracovná skupina.

Pracovný úsek je časť montážnej operácie, ktorá sa vykonáva za približne rovnakých technologických podmienok rovnakým nástrojom.

Pracovná poloha je časť pracovného úseku, ktorý sa vykonáva pri rovnakej polohe prípravku montážneho prvku.

Montážna základňa je súbor plôch a prvkov súčiastok, ktoré určujú ich polohu vzhľadom na zmontované alebo základné plochy.

Pravdepodobne ste už videli výkresy kreslené v 3D, ktoré sa na kusovú montáž a demontáž často dodávajú s výrobkami. Na obr. 1.79 je montážny výkres lopatkového odstrediveho čerpadla.



Obr. 1.79

1.5.3. Rozdelenie montážnych činností

Racionalizácia montážnych činností, výber a použitie zariadení sú hlavné ekonomické predpoklady montáže. Činnosti sú veľmi rôznorodé a pozostávajú z prác:

- **prípravných**, napr. príprava pracoviska, súčiastok, náradia, prípravkov atď. Toto všetko treba uložiť na stojan, rošt alebo paletu tak, aby sa splnila podmienka dostupnosti;
- **prispôbovacích**, sú to dokončovacie a líčovacie operácie. Sú nevhodné na hromadnú výrobu. Tieto operácie sa musia urobiť už pri výrobe;
- **spojovacích**, napr. skrutkovanie, nitovanie, zváranie, lepenie, lisovanie atď. Používajú sa montážne prípravky, ktoré umožnia súčiastky **ustaviť** (ich správna vzájomná poloha) a **upnúť**. Správny výber spojovania je dôležitý z hľadiska ceny, produktivity práce, obťažnosti, možnosti, použitia náradia atď.;
- **manipulačných**, napr. premiestňovanie, vyberanie, ukladanie, ustavenie, upnutie, odopnutie atď. Tvorí až 30 % z pracovného času montáže. Tento podiel je potrebné ustavične znižovať, zdokonaľovať montážny proces, a to predovšetkým mechanizáciou a automatizáciou;
- **kontrolných**, napr. spojenia, uloženia, vôle, stability súčiastok, ale aj kontrola funkcie, správnosti, tichosti pohybu, brzdenia. Kontroluje sa aj vzhľad. Tieto činnosti sú dôležité z hľadiska požadovanej kvality výrobkov;
- **ostatných**, napr. povrchová úprava, konzervácia, balenie a príprava na transport.

1.5.4. Montážne pracoviská

Montážne pracoviská musia spĺňať podmienky, ktoré zabezpečia vysokú produktivitu, kvalitu práce, ale aj bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci (pracovné úrazy a choroby z povolania), hygienické zásady (vykurovanie, vetranie, klimatizácia, osvetlenie, ochrana pred žiarením, hlukom, vibráciami atď.), farebné riešenie pracoviska a pod.

Univerzálne sú zásady ochrany a tvorby životného prostredia (environmentalistika).

Ergonometrické kritériá zabezpečia vzťah medzi zamestnancom, jeho fyziologickými možnosťami a nástrojmi, strojmi a ďalšími zariadeniami. Ergonometrické kritériá kvality zohľadňujú napr. primeranosť telesným rozmerom, vhodnosť polohy tela, hlavy, končatín, vhodnosť uchopovacích a ovládacích činností, zrakových a sluchových informácií, riešenia umiestnenia ovládačov, signalizácie atď.

Ergonometrické kritériá sú odvodené z výkonnostnej kapacity pracovníka a požiadaviek na optimalizáciu jeho činnosti vo vzťahu k výrobku.

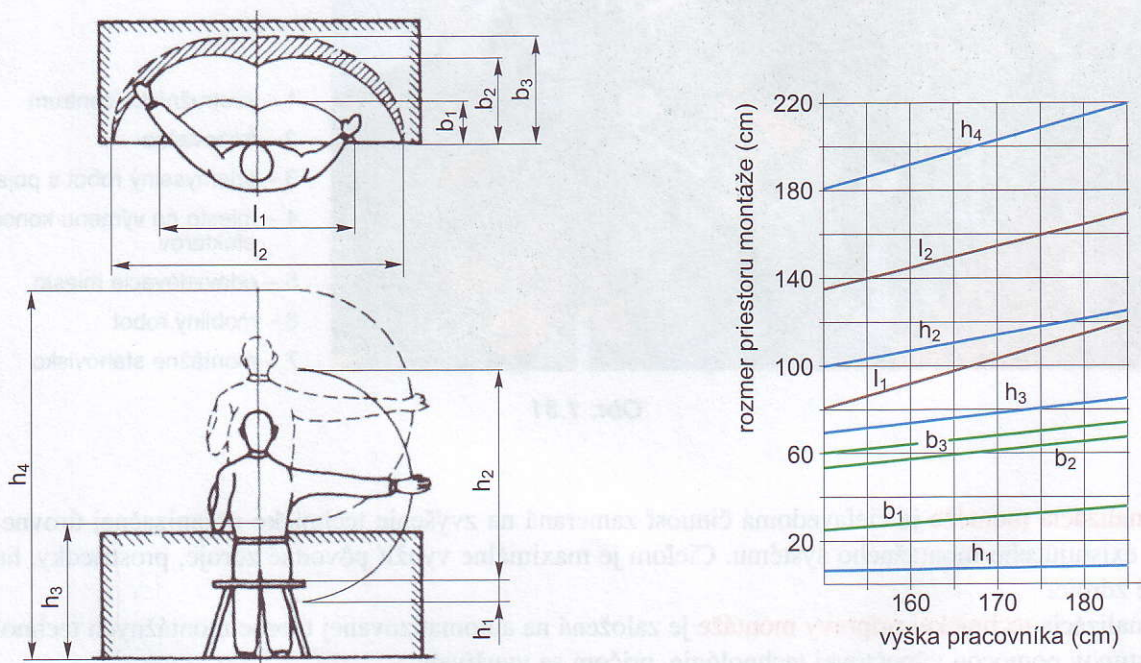
Mechanizácia montážnych prác umožňuje znížiť prácnosť montáže, námahu pracovníkov, zvýšiť kvalitu, dosiahnuť tak lepšie ekonomické výsledky. Základné predpoklady sú riešiť **dopravu a manipuláciu**, t. j. prístupové cesty pre dopravu materiálov na pracoviská, medzi nimi a odvoz zmontovaných výrobkov na určené miesto. Použitie mechanizmov závisí najmä od sériovosti montáže, sortimentu, hmotnosti montovaných výrobkov atď.

S rôznym usporiadaním montážnych liniek sme sa zaoberali pri obrábacích strojoch pre automatizáciu. Môžu byť rôzne, z hľadiska viacerých kritérií. Lineárne linky sú prehľadnejšie, s lepším prístupom k pracoviskám, ale sú priestorovo náročnejšie ako kruhové alebo oválne. Hromadná montáž si vyžaduje komplikovanejšie riešenie.

Montážne pracovisko má tieto zariadenia:

- na ustavenie a upnutie základnej súčiastky (napr. spodok skrine, stojan). Sú to pracovné stoly, montážne dosky, palety, rošty uložené na dopravníku alebo vozíkoch. Zariadenia sa presúvajú k ďalším pracoviskám;
- zásobníky na uloženie montovaných súčiastok, predmontovaných celkov, spojovacích súčiastok a ďalšieho materiálu;
- zariadenia na uloženie a pohon náradia (odkladacie kazety, pružné závesy).

Odporúčané rozmery pracovného priestoru montáže na manipuláciu v horizontálnej a vertikálnej rovine sú určené ergonometrickými meraniami. Závisia od výšky pracovníka (obr. 1.80).



Obr. 1.80

Montážny dopravník má pohyb **plynulý** alebo **prerušovaný** (v takte).

Montážny takt je čas, v ktorom sa montované diely presúvajú k ďalšej operácii. Využitie linky sa volí asi na 80 %. Zvyšok je rezerva na poruchy, opravy, prestoje. Montážny takt je možné meniť.

1.5.5. Montážne pomôcky

Montáž ako celok i jej jednotlivé etapy je možné realizovať s rôznym stupňom mechanizácie a automatizácie. Činnosti sa môžu realizovať ručne alebo úplne automaticky. Pracoviská musia byť vybavené rôznym náradím na vykonávanie určenej činnosti:

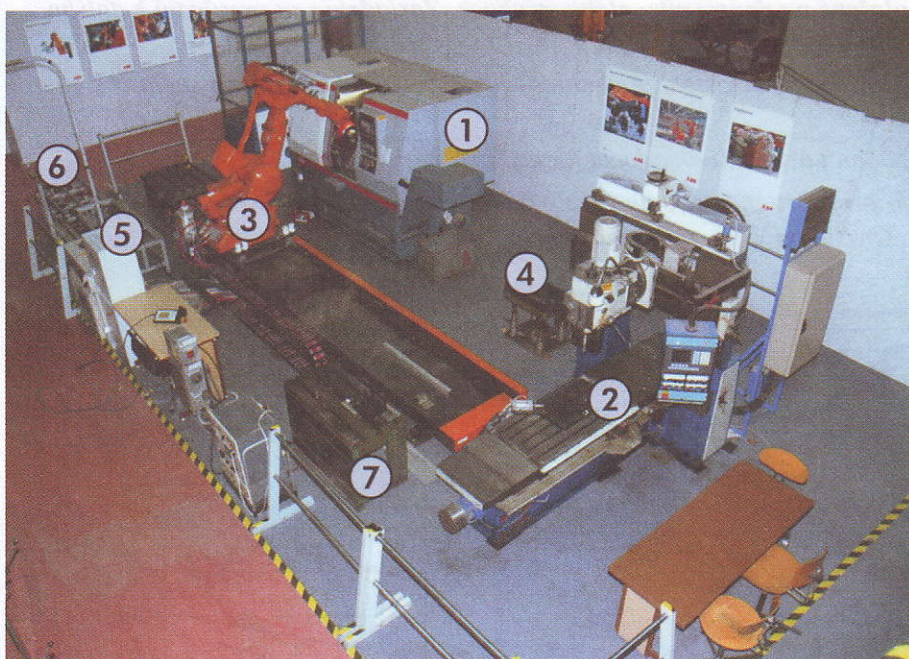
- **čistenie**, príp. odmasťovanie konzervovaných súčiastok a dielcov. Môže sa robiť mechanicky, chemicky, podporované ultrazvukom na špeciálnych čistiacich staniciach;
- **spájanie** napr. skrutkami, nitmi, perami, lepením, zvaraním, spájkovaním atď.;
- **vyvažovanie** rotujúcich súčiastok staticky a dynamicky;
- **meranie, kontrola, skúšanie, konzervovanie, balenie** a ďalšie činnosti.

1.5.6. Automatizácia a racionalizácia montáže

Automatizácia montážnych prác je efektívna, keď sa použije v **hromadnej výrobe**, napr. pri výrobe valivých ložísk, automobilov, elektroniky atď.

Štandardizácia montážnych prác sa môže použiť na výrobky, ktoré sú z určitých hľadísk príbuzné – podobné.

Automatické a robotizované výrobné linky sú drahé, náročné na zostavenie a riadenie (obr. 1.81). Používajú sa aj v prípade, keď je pracovná sila drahá, príp. je jej nedostatok. Zložené sú väčšinou z jednoúčelových a stavebnicových strojov, ktoré pracujú v úplne automatickom cykle. Obsluhované sú manipulátormi a robotmi. Celý pracovný cyklus riadi výpočtová technológia. Systém je veľmi zložitý a na jeho realizáciu a riadenie je potrebný tím vysokokvalifikovaných pracovníkov rozličných profesií.



- 1 – sústružnícke centrum
- 2 – frézovačka
- 3 – priemyselný robot s pojazdom
- 4 – miesto na výmenu koncových efektorov
- 5 – odovzdávacie miesto
- 6 – mobilný robot
- 7 – montážne stanovište

Obr. 1.81

Racionalizácia montáže je cielavedomá činnosť zameraná na zvýšenie technicko-organizačnej úrovne spravidla už existujúceho montážneho systému. Cieľom je maximálne využiť pôvodné zdroje, prostriedky, hmotné aj ľudské zdroje.

Racionalizácia **technickej prípravy montáže** je založená na automatizovanej tvorbe montážnych technologických postupov pomocou výpočtovej technológie, pričom sa využívajú:

- súbory vzorových, typových montážnych operácií s využitím unifikácie, typizácie, normalizácie, časových noriem, kvalifikácie pracovníkov atď.;
- súbory skupinovej montáže s využitím databázy overenej v predchádzajúcich riešení;
- vypracovanie rôznych variantov riešenia, porovnanie a výber optimálneho z hľadiska viackriteriálnej optimalizácie;
- virtuálna montáž, pomocou programového vybavenia je možné virtuálne simulovať systém, vyskúšať a overiť ho v činnosti. Tento prístup je náročný a drahý na programové vybavenie (často sa používa Virtual Assembly).

Racionalizácia operatívneho plánovania a riadenia montáže používa progresívne metódy ako matematickú operačnú analýzu, postupové diagramy, organizačné modely. Sú opísané v odbornej literatúre.

Zhrnutie:

Úlohou strojárkej výroby nie je len vyrobiť strojové súčiastky v požadovanej kvalite a množstve za určitý čas, ale ich aj efektívne **zmontovať do celkov**. Ešte nedávno to bol limitujúci faktor produktivity práce, mimoriadne náročný na počet a kvalifikáciu pracovníkov. Nasadením **montážnych liniek s priemyselnými manipulátormi a najmä robotmi** sa tento problém radikálne vyriešil tak, že produktivita práce sa neporovnateľne zvýšila a pracoviská sú prakticky bez obsluhy.

Riadenie týchto zložitých systémov **si vyžaduje kvalitnú a spoľahlivú výpočtovú technológiu, vzdelaných programátorov, nastavovačov, zoraďovačov** montážnych liniek, ktorí tieto činnosti koordinujú. Výsledkom musí byť vysoká kvalita, produktivita práce pri dodržaní zásad bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, používaní osobných ochranných prostriedkov a rešpektovaní ekologických zásad.

Otázky, úlohy a úvahy:

1. Vysvetlite na konkrétnom príklade montáž.
2. Vysvetlite, kedy montáž prebieha v dielni, servise a kedy na voľnom priestranstve.
3. Videli ste už montážne výkresy? Čím sa odlišujú od klasických zostáv?
4. Chronologicky opíšte činnosť pracovníkov obsluhy na montážnej linke automobilov.
5. Aké predpoklady musí mať pracovník na montážnej linke?
6. Aké pracovné nástroje, pomôcky a zariadenia používa tento pracovník?
7. Patrí do montáže aj meranie a kontrola? Uveďte príklad.
8. Čo si predstavujete pod pojmom „ergonomické parametre montážneho pracoviska“?
9. Aké osobné ochranné pracovné pomôcky používa pracovník montáže?
10. Aké sú možnosti vzniku úrazu na montážnom pracovisku?
11. Myslíte si, že je možné aj montážnu činnosť robotizovať, prípadne automatizovať?

1.6. Prevádzka a údržba výrobných zariadení

Stroje a strojové zariadenia sú čoraz zložitejšie. Preníkaním informatiky a automatizácie do strojárstva a s narastajúcim rozvojom robotizácie majú výrobné zariadenia čoraz vyššiu nadobúdaciú cenu. Náklady na servis a údržbu sú vysoké. Z týchto dôvodov musí byť prevádzkyschopnosť zariadení vysoká.

Prevádzkyschopnosť výrobných zariadení je schopnosť strojov a zariadení v určitom časovom úseku plniť funkcie, pre ktoré boli vyrobené. Ovplyvňuje ju výrobca, ale aj používateľ strojov a zariadenia.

Vplyvy výrobcu sú: úroveň konštrukčného a funkčného riešenia, technická dokumentácia, návody na údržbu, náhradné dielce.

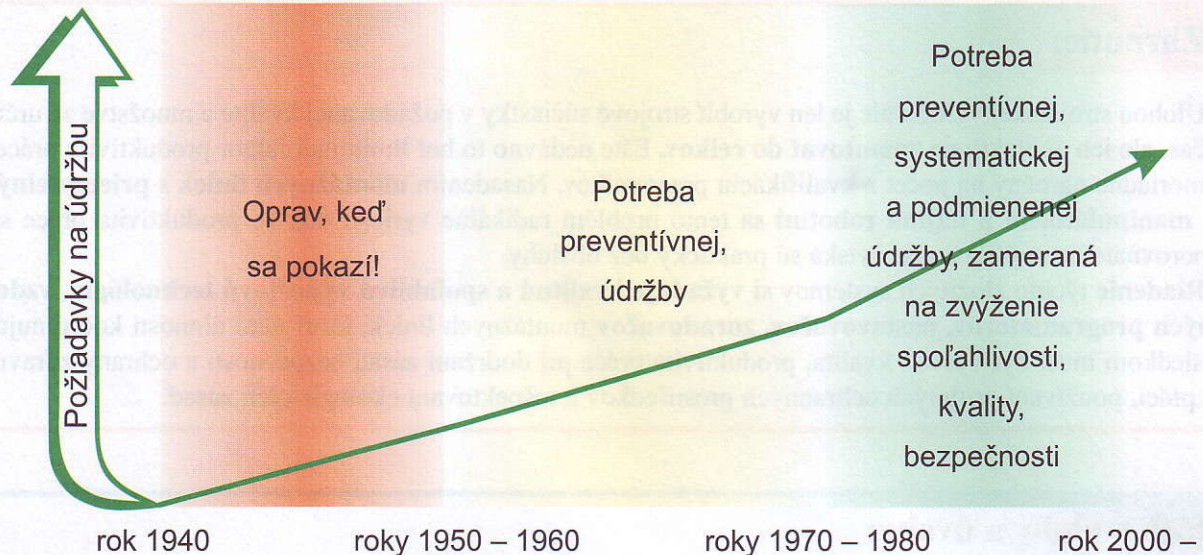
Vplyvy používateľa sú: dodržiavanie predpísaných prevádzkových parametrov, pokynov na inštaláciu a najmä údržba zariadenia.

Vplyv používateľa na prevádzkyschopnosť zariadenia sa realizuje rýchlejšie. Komplexnú starostlivosť o jej realizáciu tvoria tieto činnosti:

- zaobstaranie spoľahlivých zariadení s optimálne prístupnou cenou;
- evidencia, inventarizácia, vedenie príslušnej agendy;
- modernizácia a rekonštrukcia;
- vyradovanie a likvidácia nepotrebných výrobných zariadení;
- **údržba** – činnosť, ktorá zásadne ovplyvňuje prevádzkyschopnosť výrobných zariadení.

1.6.1. Údržba výrobných zariadení

Vývoj údržby od roku 1940 znázorňuje obr. 1.82. Zvýšený záujem o údržbu ovplyvnili predovšetkým vysoké nadobúdacie náklady na čoraz zložitejšie zariadenia.



Obr. 1.82

Donedávna sa pod pojmom údržba chápali činnosti vykonávané na udržanie technického systému v prevádzkyschopnom stave za čas stanovený technickými podmienkami. Cieľom bolo zamedziť, oddialiť alebo predísť vzniku porúch. Bola to tzv. preventívna (technická) údržba. Rozpoznávanie, diagnostikovanie zmien stavov zariadení, ako sú napr. opotrebovanie, chyby a vznikajúce poškodenia, sa realizovali pozorovaním obsluhy najčastejšie len vizuálne napr. sluchom (opotrebovanie ložísk), hmatom (kmitanie hriadeľov), príp. zrakom (nesúovosť hriadeľov). Medzinárodné normy definujú údržbu v širších súvislostiach.

Údržba je súbor činností vykonávaných na zabezpečenie prevádzkového stavu technického objektu stanoveného technickými podmienkami, prípadne definovanie a posúdenie jeho skutočného stavu.

Pri poklese manuálnej práce vo výrobe vzrastá počet pracovníkov potrebných na údržbu. Údržba je jedným z najdôležitejších článkov podniku. Náklady na údržbu predstavujú v priemere 2 až 20 % celkových nákladov na výrobu. Vo vyspelých krajinách sa jej venuje viac ako 10 % všetkých zamestnancov. Rozvojom automatizácie a robotizácie je náročnejšia, nefunkčnosťou zariadení – odstavením linky – vznikajú obrovské straty. (*Pre názornosť, zastavenie výrobnéj linky PSA Peugeot Citroën Trnava na minútu stojí 6-tisíc EUR.*)

Nároky na vedomosti a zručnosti pracovníkov údržby sú vysoké. Sú podmienené odbornými a technickými znalosťami o používaných systémoch, výrobkoch, výrobných procesoch, materiáloch a softvéroch, ako aj o funkčnosti a princípoch vyvolávajúcich interakcie. Pracovník údržby musí mať poznatky nielen zo strojárstva, ale aj z elektrotechniky, informatiky a automatizácie, musí mať dobré logické myslenie, musí byť zručný.

Cieľom údržby je zabezpečiť, aby zariadenie bolo použiteľné pre danú funkciu pri zachovaní zásad bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a ekológie. Nie je to len prevencia, ale aj činnosti zamerané na zisťovanie technického stavu a následné odstránenie poruchy.

Údržba zariadenia pozostáva vo všeobecnosti z:

- **autonómnej údržby** (udržiavania), napr. čistenie, mazanie, ošetrovanie atď. Má veľký význam z hľadiska opotrebovania;
- **diagnostiky**, zisťuje sa stav opotrebovania kontrolnou, inšpekčnou a revíznou činnosťou;
- **opráv**, odstraňujú sa následky porúch a opotrebovania tak, aby sa vytvoril pôvodný, východiskový stav.

Základné spôsoby údržby prináša tab. 1.7.

Zlepšovacia údržba

Cieľom zlepšovacej údržby je zlepšiť prevádzkové vlastnosti, výkon, zjednodušiť údržbu a pod. Zlepšenie sa môže týkať projektu, konštrukcie, montáže a pod.

Preventívna údržba

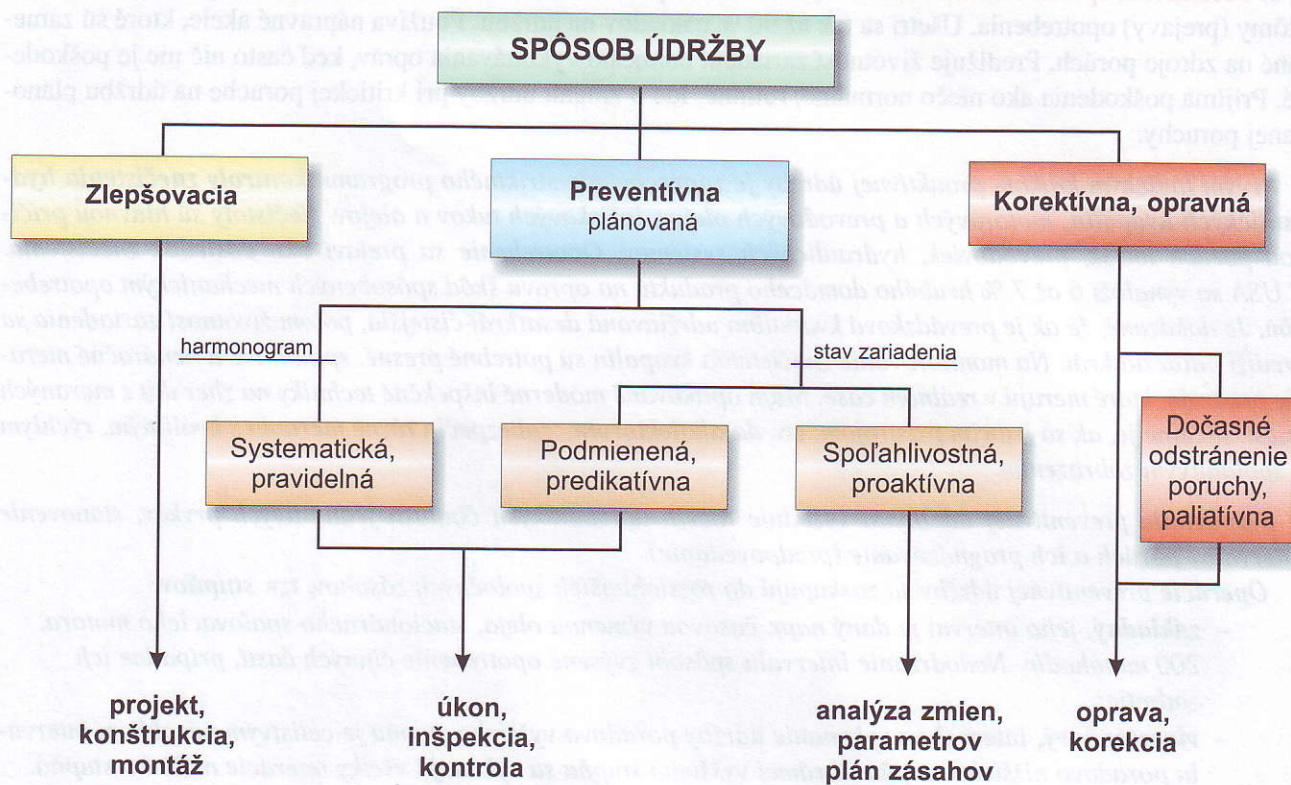
Je to údržba plánovaná. Robí sa podľa harmonogramu, čiže podľa časového plánu.

Rozlišujeme tri druhy plánovaných zásahov:

1. Systematické údržbárske zásahy sa vykonávajú preventívne v pevných časových intervaloch (podľa harmonogramu) alebo po prevádzkových hodinách. Cieľom je predchádzať poruchám.

Vykonávajú sa činnosti, napr. mazanie, výmena ložísk, generálna oprava atď.

Tab. 1.7



Kvalita informácií o technickom stave, nevyhnutnosti vykonať údržbu, pokiaľ ide o čas, závisí od konkrétneho mechanizmu vzniku poruchy. Napr. pri korózii je čas najkvalitnejšou informáciou. Na pravidelnú výmenu oleja je to informácia len orientačná. Na znehodnotenie oleja totiž majú vplyv aj ďalšie faktory, napr. prevádzková teplota, podmienky (spalovací motor, parná turbína, kompresor atď.), kvalita oleja, filtrácie, prestávky v činnosti atď. Táto metóda nie je optimálna, časti sa vymieňajú ešte neopotrebované alebo ich opotrebenie je už neúnosné. Typickým príkladom sú ložiská. Ich skorá výmena je nevhodná, naopak, neskorá už mohla spôsobiť deformácie hriadelov, spojky, poškodenia vinutia elektromotora v dôsledku zadretia ložísk atď. Výmena komponentov je finančne náročná, napr. olejové hospodárstvo turbíny môže obsahovať stovky až tisíce litrov drahého oleja.

2. Vyššie spomínané nevýhody čiastočne eliminujú dodatočné opatrenia, ako sú diagnostika a prevádzkové sledovanie strojov (porovnávajú sa zistené hodnoty s medznými).

Výsledky môžu podmieniť výmenu súčiastok skôr, ako sa naplánovalo v systematickej údržbe (napr. je už znečistený olej, ojazdená pneumatika a pod.). Je to zásah **podmienej, predikatívnej údržby**.

Údržba podľa skutočného stavu (predikatívna, prediktívna) má nasledujúce etapy:

- priebežné monitorovanie (sledovanie) zariadení, spravidla permanentnými snímačmi meraných charakteristických veličín, najmä kvality maziva, teploty, vibrácií;
- analýza (rozbor) problému s cieľom určiť príčiny a závažnosť nameraných nezrovnalostí z predchádzajúcej etapy;
- riešenie (náprava) problému alebo aspoň operatívne posúdenie úspešnosti opravy.

Prostriedky technickej diagnostiky (prístrojové vybavenie) sú zaradené do systému údržieb.

Pre tieto údržby sú charakteristické určité postupy:

- koncepcia si vyžaduje priebežné znalosti o skutočnom stave stroja v reálnom čase;
- prevádzkovo dôležité parametre treba pravidelne merať, sledovať, vyhodnocovať a interpretovať;
- na základe trendov nameraných hodnôt, tzv. **trendových diagramov**, sa odvodzujú prognózy zariadenia;
- stroje sa odstavujú iba vtedy, keď si to ich stav vyžaduje. Súčiastky sa vymieňajú iba vtedy, keď boli poškodené;
- sú výhodné vtedy, keď sú náhradné dielce drahé a výrobná kapacita zariadenia je limitovaná;
- včas sa zisťujú malé poškodenia, ktoré môžu viesť ku katastrofálnej poruche;

3. Proaktívna, spoľahlivostná údržba. Využíva mikropohľad na zariadenie, sústreďuje sa na príčiny a nie symptómy (prejavy) opotrebenia. Ušetrí sa tak až 90 % nákladov na údržbu. Používa nápravné akcie, ktoré sú zamerané na zdroje porúch. Predlžuje životnosť zariadení namiesto vykonávania opráv, keď často nič nie je poškodené. Prijíma poškodenia ako niečo normálne, rutinné. Ide o zmenu údržby pri kritickej poruche na údržbu plánovanej poruchy.

Prvým logickým krokom proaktívnej údržby je zapracovanie striktného programu **kontroly znečistenia hydraulických kvapalín, motorových a prevodových olejov, ložiskových tukov a olejov**. Nečistoty sú hlavnou príčinou porúch ložísk, prevodoviek, hydraulických systémov. Opotrebenie sa prejaví ako dôsledok znečistenia. V USA sa vynaloží 6 až 7 % hrubého domáceho produktu na opravu škôd spôsobených mechanickým opotrebením. Je dokázané, že ak je prevádzková kvapalina udržiavaná desaťkrát čistejšia, potom životnosť zariadenia sa predĺži päťdesiatkrát. Na monitorovanie znečistenia kvapalín sú potrebné presné, spoľahlivé a nenáročné meracie prístroje, ktoré merajú v reálnom čase. Majú aplikované moderné inšpekčné techniky na zber dát z meraných miest. Ideálne je, ak sa jedným prístrojom, tzv. **datakolektorom**, zabezpečia rôzne merania s kvalitným, rýchlym a spoľahlivým zobrazením.

Plánovanie preventívnej údržby si vyžaduje rozvrh údržbárskych činností jednotlivých prvkov, stanovenie intervalov porúch a ich prognózovanie (predpovedanie).

Operácie preventívnej údržby sa zokupujú do rozsiahlejších spoločných zásahov, tzv. **stupňov**:

- **základný**, jeho interval je daný napr. časovou výmenou oleja, stacionárneho spalovacieho motora, 200 motohodín. Nedodržanie intervalu spôsobí zvýšené opotrebenie činných častí, prípadne ich zadretie;
- **viacstupňový**, interval na vykonanie údržby poradovo vyššieho stupňa je celistvým násobkom intervalu poradovo nižšieho stupňa. V rámci vyššieho stupňa sa vykonajú všetky operácie nižšieho stupňa.

Základný cyklus je súbor údržbárskych stupňov, ktoré svojím obsahom a intervalmi navzájom na seba nadväzujú a opakujú sa počas celej životnosti zariadenia. Preventívnou údržbou sa dá usporiť až 25 % nákladov.

Korektívna, opravná údržba

Opravnej údržbe predchádza porucha (hovorí sa jej aj následná). Zariadenie pracuje až do poruchy a potom údržbársky (opravársky) personál rieši problém až po prerušení prevádzky. Keď sa dá problém dočasne odstrániť, aby sa nemusela odstaviť linka, ide o **paliatívnu údržbu** (napr. prepojenie vyradením iného, menej dôležitého obvodu, upevnenie uvoľnenej súčiastky provizórne inou súčiastkou atď.). Po zásahu paliatívnej údržby musí nasledovať korektívna údržba. Termín údržby sa nemôže naplánovať, rozsah vykonaného údržbárskeho zákroku sa ponecháva na subjektívnom rozhodovaní personálu. Nevýhodou je, že prevádzkovateľ nemôže ovplyvniť výpadok zariadenia po poruche, odstávky sú neočakávané, operatívne plánovanie údržby je sťažené, dokonca nemožné.

Smerovanie vývoja údržby

V rámci **Komplexného riadenia kvality (TQM – Total Quality Management)** sa vyvinuli stratégie:

- **celková produktívna údržba (TPM – Total Productive Maintenance)**;
- **spoľahlivostne orientovaná údržba (RCM – Reliability Centred Maintenance)**.

Metóda **TPM** zvyšuje efektívnosť výrobných zariadení pri komplexnom zapojení manažmentu a všetkých zamestnancov, je to tzv. **komplexná údržba**.

Je charakteristická piatimi bodmi:

- cieľom je maximalizovať efektívnosť výrobných zariadení;
- ide o celopodnikový systém produktívnej údržby obsahujúci preventívnu údržbu a jej zlepšenia;
- vyžaduje si účasť konštruktérov, obsluhy aj údržbárov;
- motivuje každého zamestnanca, od topmanažéra až po radového pracovníka;
- je založená na podpore údržby pomocou aktivít malých skupín.

Spoločnú zodpovednosť za spoľahlivú prevádzku výrobného zariadenia musí mať prevádzkový personál (obsluha) spolu s údržbárskym personálom (údržbou). Musia ochotne spolupracovať v tíme a byť hmotne spoluzainteresovaní na výsledkoch. Tieto podmienky sú integrované v koncepcii **ODR (Operator Drive Reliability)**, **spoľahlivosť postavená na zapojení obsluhy do údržby**. Musí prevládať spoločný pocit zodpovednosti a pochopenia, že tento postup je výhodný pre všetkých.

Je všeobecne známe, že súkromný automobil po odjazdení určitého počtu kilometrov bude v podstatne lepšom technickom stave ako služobný s tým istým počtom kilometrov, ktorý riadilo niekoľko vodičov. Súkromný automobil absolvoval precíznejšie preventívne prehliadky technického stavu, mal šetrnejšiu obsluhu a prevádzku atď. Napr. Kuba je známa aj pod označením ostrov plný veteránov. Podľa oficiálnych zdrojov jazdí na Kube 50 000 veteránov z päťdesiatych rokov minulého storočia. Sú krásne zrenovované, zachované a tvoria jednu z atrakcií ostrova (obr. 1.83).



Obr. 1.83

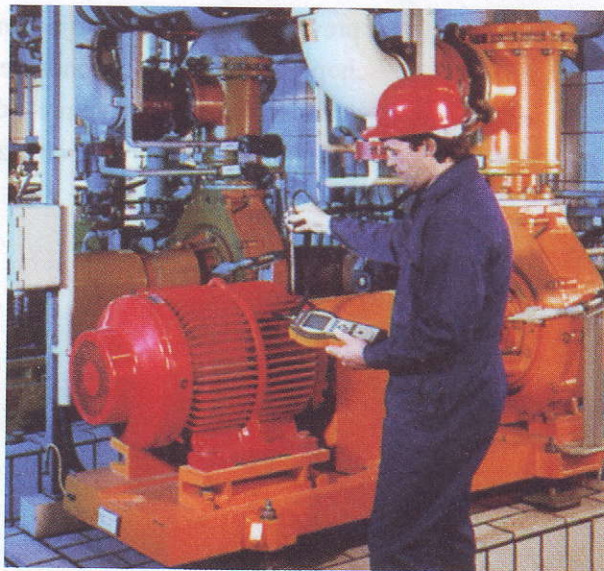
1.6.2. Technická diagnostika

Slovo diagnostika pochádza z gréckeho slova diagnos (rozoznávanie). **Je to náuka, vedný odbor o určovaní skutočnej funkčnej situácie a technického stavu** určitého systému, zariadenia.

Technická diagnostika zahrnuje široký okruh problémov súvisiacich so získavaním, spracovaním, hodnotením a využívaním informácií o stave technického zariadenia. Je to interdisciplinárny odbor. Využíva poznatky základných vied (fyzika, mechanika, elektrotechnika, elektronika atď.), ale aj prevádzky, údržby spolu s inžinierskymi experimentmi a meraním s technickou diagnostikou. V technickej praxi používa činnosti, ktoré zisťujú stav sledovaného zariadenia nedeštruktívnymi a bezdemontážnymi metódami a prostriedkami (obr. 1.84). Pomocou nich zisťuje prevádzkové schopnosti zariadenia, miesta porúch a príčiny ich vzniku. Súčasťou diagnostiky je aj odhad ďalšej prevádzkovej schopnosti, tzv. **prognostická diagnostika**.

Cieľom diagnostiky je dosiahnuť optimálny stav využívania a prevádzkovania technických zariadení.

Optimálny stav znamená stály dobrý technický stav zariadení s ich maximálnou využiteľnosťou. Prináša nielen dobré technické riešenia, hospodárske výsledky, úspory energií, palív, ale aj bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci, ochranu životného prostredia atď. Uplatňovanie diagnostiky prispieva k lepšiemu dodržiavaniu technologickej disciplíny v rámci údržby, prevádzky a k celkovému zvyšovaniu pracovnej disciplíny všetkých zúčastnených pracovníkov. Je jednou z významných foriem celkovej starostlivosti o zariadenia. Zdokonaľuje, zefektívňuje údržbu, bezdemontážne metódy podstatne znižujú náklady. Zbytočná demontáž zhoršuje stav zariadení a robí sa len vo výnimočných prípadoch.



Obr. 1.84

Automatizované diagnostické systémy racionalizujú starostlivosť o zariadenia, sú pokračovaním informačných systémov spoľahlivosti. Rozvíjajú technickú diagnostiku pomocou poznatkov technickej kybernetiky a výpočtových technológií. Na základe vopred pripravených programov sa automatizovane zisťujú veličiny skutočného technického stavu a porovnávajú sa s požadovanými. Ich rýchlou analýzou pomocou dynamického matematického modelu sa stanoví prognóza vývoja, zmien. Cieľom je určiť čas ďalšej reálnej bezporuchovej prevádzky.

Automatizovaná diagnostika tak zahŕňa:

- prítomnosť (súčasný stav);
- minulosť (priebeh minulého vývoja);
- budúcnosť (prognózovanie).

Jej úlohou je určiť technický stav na základe automatického merania a vyhodnotenia veličín. Ak je technický stav zlý, lokalizuje sa miesto poruchy, určí sa jej rozsah a príčiny. Ak je dobrý, odhadne sa čas ďalšej prevádzkovej schopnosti.

Technické zariadenie alebo jeho časti je možné diagnostikovať, ak sú splnené tieto podmienky:

- zariadenie je možné rozdeliť na skupiny, podskupiny, prvky, ktoré plnia určité funkcie, napr. zapálenie zážihového spaľovacieho motora sa skladá z dvoch okruhov primárneho (nízkonapäťového) a sekundárneho (vysokonapäťového). Každý okruh sa skladá z prvkov, ktoré majú svoju presnú, merateľnú funkciu, napr. akumulátor, spínacia skrinka, indukčná cievka, prerušovač s rozdeľovačom, zapalovacie sviečky, spojovacie nízko- a vysokonapäťové káble;
- celé zariadenie alebo jeho prvky sa môžu sledovať v rôznych stavoch, t. j. v prevádzkyschopnom a pri poruche. Stav je charakterizovaný určitou merateľnou fyzikálnou veličinou, napr. teplota, elektrický odpor, napätie, tlak atď. Tieto veličiny sa nazývajú **diagnostické**.

Rozlišujeme tieto diagnostické parametre výrobného zariadenia:

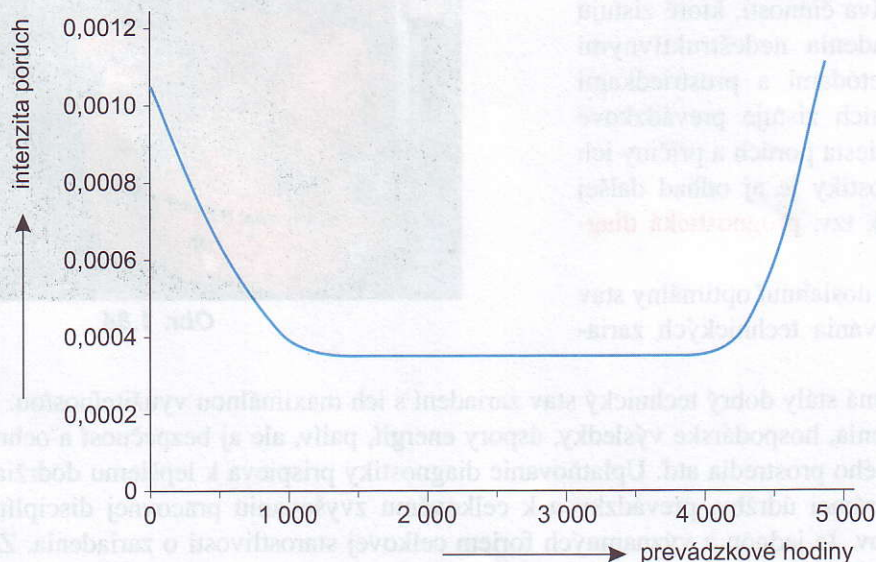
- **hlavné**, ktorých veľkosť rozhodujúcim spôsobom ovplyvňuje stav zariadenia, jeho produkciu, napr. výkon, krútiaci moment, otáčky, spotrebu atď.;
- **vedľajšie**, ktorých veľkosť neovplyvňuje stav zariadenia, napr. hluk, vibrácie, teplota atď.

Parametre majú v technických podmienkach určenú správnu veľkosť aj s prípustnými toleranciami.

Technická diagnostika rozlišuje tieto stavy zariadení:

- **bezchybný**, prevádzkyschopnosť nie je obmedzená;
- **prevádzkyschopný**, prevádzkyschopnosť je mierne obmedzená;
- **poruchový**, zariadenie nie je možné prevádzkovať.

Na obr. 1.85 je krivka ukazovateľov života objektu (tzv. vaňová krivka). Vidíme, že najviac porúch sa vyskytuje pri záběhu a po opotrebovaní.



Obr. 1.85

Poruchy sa rozdeľujú z rôznych hľadísk:

podľa vplyvu na schopnosť prevádzky na:

- úplné, náhle, havarijné,
- čiastočné, postupné, degradačné;

podľa náhodnosti, na:

- náhodné, určia sa teóriou spoľahlivosti,
- nenáhodné, vznikajú najmä opotrebením;

podľa závislosti porúch od seba navzájom na:

- závislé, vzniká reťazová reakcia porúch,
- nezávislé, individuálne;

podľa dĺžky trvania poruchy na:

- trvalé, ktoré je možné odstrániť len opravou,
- dočasné, ktoré sa môžu pôsobením vonkajších vplyvov stratit, napr. vysoká teplota len pri maximálnom výkone.

Diagnostické testy sú presne stanovené postupy meraní, príp. stimulačných úkonov, potrebných na získanie hodnoty jedného alebo viacerých parametrov diagnostikovaného zariadenia.

Stimulačný úkon, pomocou neho sa dodá do poruchového zariadenia signál, ktorý čiastočne obnoví jeho činnosť a umožní odmerať niektoré veličiny potrebné na určenie diagnózy.

Diagnostický test musí byť **optimálny**, čo znamená:

- vybrať do testu **najvhodnejšiu** zostavu čiastkových testov;
- usporiadať **poradie krokov**;
- určiť spôsob vyhodnotenia, tzv. algoritmus.

Možnosti voľby algoritmu vyhodnotenia testov:

- **kombinačný**, výsledky jednotlivých krokov sa vyhodnocujú až po ukončení celého testu;
- **sekvenčný**, vyhodnotenie sa robí po každom kroku.

Poradie krokov sa môže vyhodnocovať s postupnosťou:

- **ľubovoľnou**, na poradí krokov nezáleží;
- **podmienenou**, napr. zvýšená vibrácia môže byť podmienená zvýšenou teplotou, pretože sa zväčšila vôľa.

Podkladom na zostavenie diagnostického testu je jeho **matematický model**. Často je potrebné zaviesť celý rad **zjednodušení**, ktoré nemôžu výrazne zmeniť podmienky a funkciu diagnostikovaného zariadenia.

Výsledok diagnostických testov sa zaznamenáva formou diagramov, nomogramov, tabuliek tak, aby bol čo najrozumeľnejší.

Už sme si povedali, že preventívna podmienená (predikatívna) a preventívna spoľahlivostná (proaktívna) údržba sa zakladá na meraní a sledovaní (diagnostike) najmä analýzy maziva, termografickej analýze a vibračnej analýze. Podrobnejšie sa tomu venujú náuky tribodiagnostika, termodiagnostika a vibrodiagnostika.

1.6.2.1. Tribodiagnostika

Tribodiagnostika je časť tribológie.

Tribológia je interdisciplinárny vedný odbor zaoberajúci sa teóriou trenia.

Tribotechnika je aplikácia tribológie v technickej praxi. Zaoberá sa problematikou mazív, mazania trecích plôch, rozloženia trecích tlakov, vrstvy (filmu) maziva atď.

Tribodiagnostika je jedna z metód **bezdemontážnej diagnostiky**. Zameriava sa na posudzovanie opotrebenia trecích plôch na základe vyhodnotenia odobratých vzoriek mazív. V nich sa zisťuje a vyhodnocuje výskyt cudzích látok. Zisťuje sa ich množstvo, kvalita, tvar atď.

Pri vzájomnom pohybe stýkajúcich sa trecích plôch nastáva ich erózia, t. j. uvoľňovanie mikroskopických čiastočiek z ich povrchov. Tento jav je ovplyvnený teóriou trenia a opotrebenia, napr. materiálom stykových plôch, ich drsnosťou danou opracovaním, tepelným spracovaním, spôsobom mazania, druhom a hrúbkou filmu maziva atď. Sú to tzv. **sekundárne nečistoty**.

V mazivách vznikajú látky, ktoré sú výsledkom termooxidačných procesov (karbón, polyméry atď.) počas prevádzky. Sú to tzv. **primárne nečistoty**.

Základné úlohy tribologických metód:

- kvalitatívne rozpoznať jednotlivé nečistoty;
- kvantitatívne ich identifikovať, určiť ich koncentráciu.

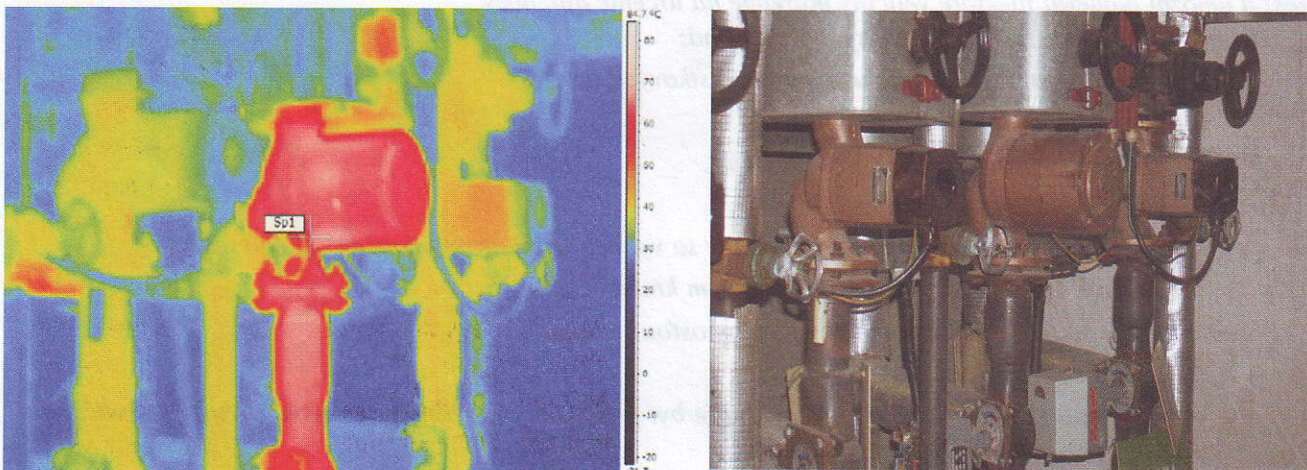
Cieľom, výstupom **tribodiagnostiky** je **určiť začiatok havarijného stavu** trecích plôch tak, aby bol zaručený bezporuchový stav zariadenia.

Odberom vzoriek mazív, separáciou častíc opotrebenia a ich mikroskopickým spracovaním sa získa tzv. **terrogram**. Sú to mnohonásobne zväčšené obrázky častíc erodovaného materiálu trecích plôch. Umožňujú kvalitatívne a kvantitatívne vyhodnotiť počet, veľkosť, tvar a ďalšie charakteristiky častíc. Stav trecích plôch zhodnotí špecialista na základe viacerých kritérií, na to potrebuje najmä praktické skúsenosti.

1.6.2.2. Termovízia

Opotrebovanie zariadenia sa často prejavuje zahrievaním. Môže byť spôsobené trením, elektrickým preťažením, poškodením žiaruvzdorných prvkov, oxidáciou atď.

Medzi často používané metódy merania teploty zariadenia patrí termovízia. Zobrazuje sa ňou tepelný stav plochy, čím je možné určiť stav zahriatia súčiastky, komponentu prístroja, okruhov a pod. Je to bezdotykové meranie infračerveného žiarenia predmetu. Meria sa počas prevádzky. Na *obr. 1.86* je meranie čerpadiel vykurovania troch vykurovacích zón. Na snímke je vidieť nerovnomerné zahriatie stredného čerpadla.



Obr. 1.86

1.6.2.3. Vibrodiagnostika

Vibrodiagnostika je jedna z metód bezdemontážnej diagnostiky. Zameriava sa na posudzovanie stavu sústavy, technického zariadenia v pohybe. Dôležitou veličinou, ktorá charakterizuje bezpečnú prevádzku, sú **mechanické vibrácie** zariadenia. Vznikajú nevyváženosťou rotora, nesúosovosťou hriadeľov, opotrebovaním ložísk, ozubených kolies atď.

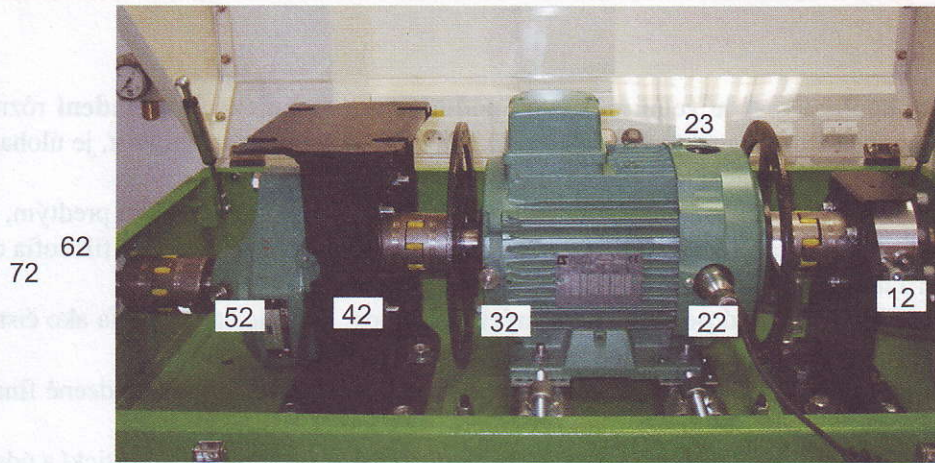
Na *obr. 1.87* vidíte výsledky merania vibrácií na odstredivom čerpadle.

Na základe zmien vibrácií sa dá pomerne presne určiť druh poruchy. Analýzou vibrácií je možné diagnostikovať zmeny tuhosti a tým aj trhliny napr. v hriadeľoch, vôle v ložiskách.

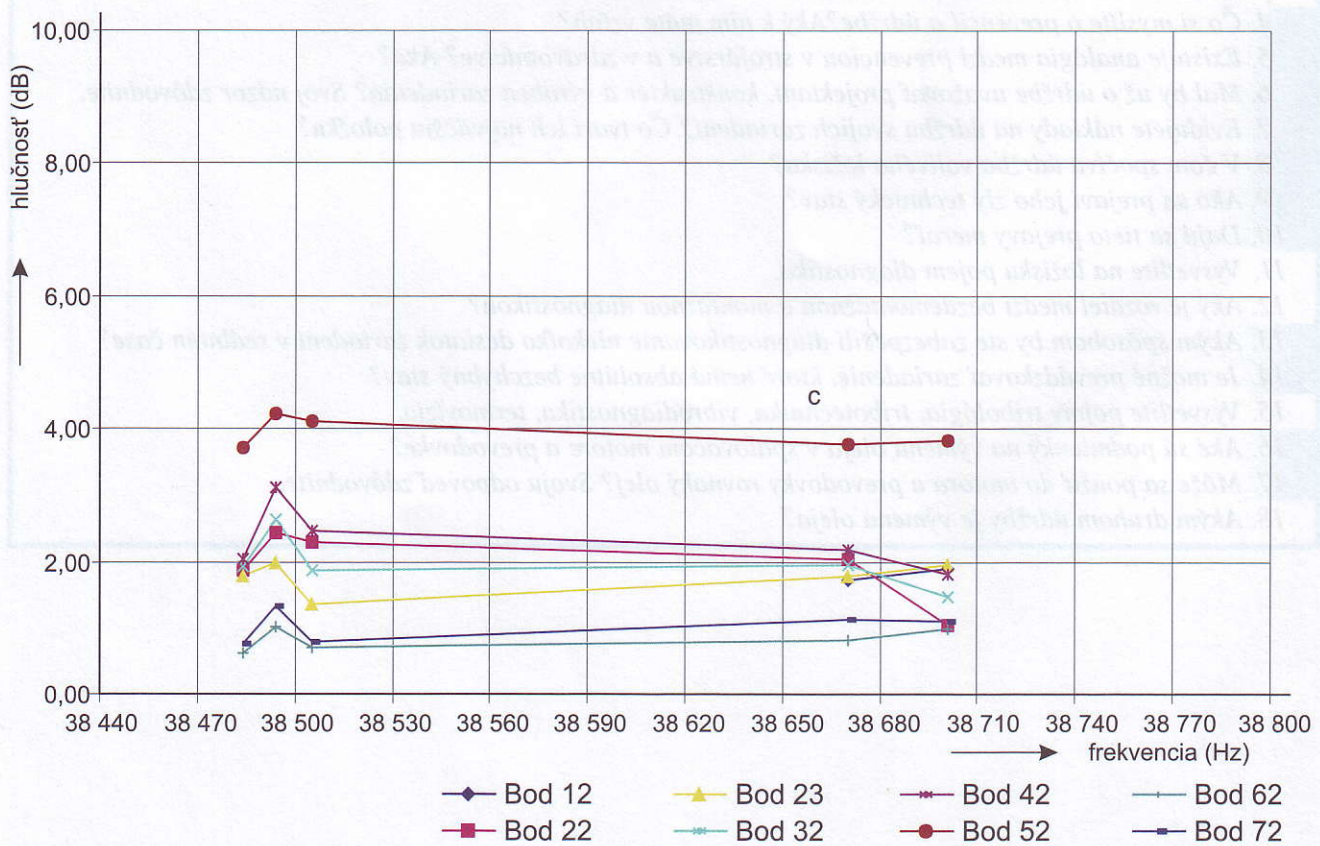
Pri tejto metóde sa používajú meracie prístroje, tzv. **snímače vibrácií**, ktoré menia mechanické zrýchlenie vibrácií na elektrický signál. Pomocou vyhodnocovacích jednotiek je možné vibrácie merať, sledovať, vyhodnocovať, príp. regulovať. Najčastejšie sa používajú **piezoelektrické snímače**. Sú spoľahlivé, neopotrebovávajú sa, pretože nemajú žiadne pohyblivé časti.

Stav častí zariadenia zhodnotí špecialista na základe viacerých kritérií. K tomu potrebuje predovšetkým praktické skúsenosti.

Ďalšie diagnostické metódy (meranie hluku, teploty, tlaku, exhalátov atď.) a ich prístrojové vybavenie sú opísané v odbornej literatúre.



Dátum	12	22	23	32	42	52	62	72
12. 05. 05		1,88	1,78	1,93	2,04	3,72	0,62	0,76
22. 05. 05		2,45	1,996	2,65	3,12	4,23	1,02	1,33
02. 06. 05		2,3	1,36	1,87	2,46	4,13	0,722	0,796
14. 11. 05	1,73	2,05	1,79	1,96	2,19	3,77	0,817	1,14
15. 12. 05	1,91	1,06	1,96	1,48	1,83	3,83	1,00	1,10



Obr. 1.86

Zhrnutie:

Prevádzková spoľahlivosť je veľmi dôležitou **podmienkou technických zariadení** rôznej zložitosti. Prognózovanie, odhad a určovanie technických rizík, ktoré podmieňujú spoľahlivosť, je úloha pre špecializované tímy ktoré majú špeciálne technické zabezpečenie.

Predstavte si, že by ste mali možnosť určiť a eliminovať chorobu svojho tela dlho predtým, ako sa prejaví. Ušetrili by ste peniaze za liečenie, pobyt v nemocnici a stratu zárobku. Takáto je filozofia dnešnej údržby technických zariadení.

Údržba predstavuje vysokú položku výrobných nákladov, ktorá je často väčšia ako čistý ročný zisk. S uplatnením proaktívnej údržby je možné ušetriť až 90 % týchto nákladov.

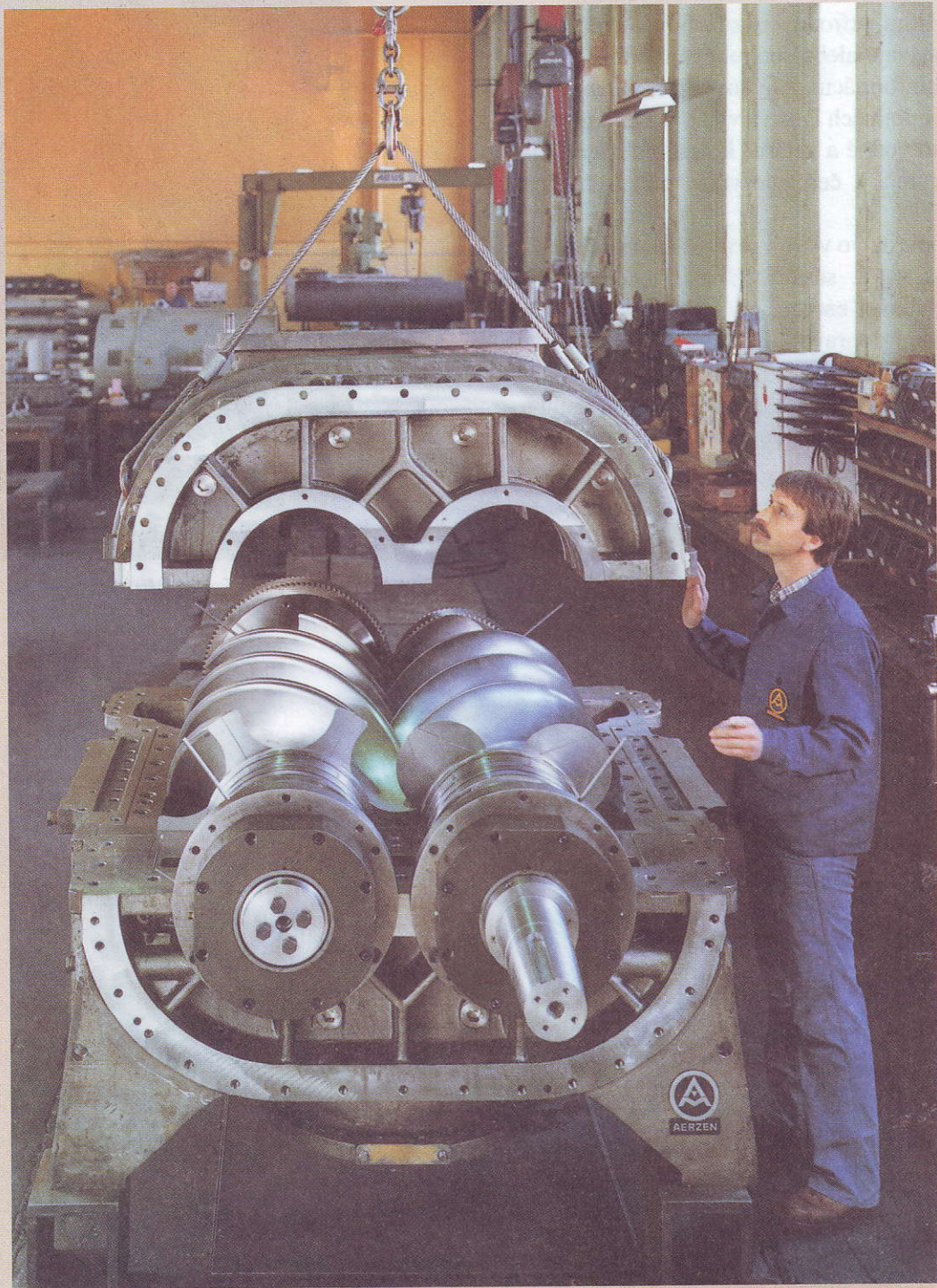
Zmeniť prístup k prevádzke a údržbe nútia prevádzkovateľa rôzne faktory, obmedzené finančné zdroje, počet zamestnancov, silná konkurencia, ekologické predpisy a pod.

Tak ako sa vyvíja technika, vyvíjajú sa aj metódy jej prevádzky a údržby. Diagnostickí a údržbárski technici dnes už ani zďaleka nepripomínajú svojich kolegov z nedávnej minulosti s kladivom, zväzkom kľúčov, skrutkovačom a kusom handry na očistenie zariadenia, prípadne rúk. Do systému prevádzky a údržby sú dnes zapojení všetci od projektanta, realizátora projektu, vrcholového a stredného manažmentu až po posledného zamestnanca.

Nevyhnutná je integrácia nových technológií do zberu dát, riadenia vedomostí a rozhodovacích procesov s použitím výpočtových technológií.

Otázky, úlohy a úvahy:

1. Sformulujte kritériá, ktoré musí spĺňať váš bicykel, motocykel, počítač, vykurovací systém rodinného domu atď., aby bol prevádzkyschopný.
2. Preštudujete si a rešpektujete rady a pokyny na obsluhu týchto zariadení?
3. Musí mať prevádzkovateľ v niektorých prípadoch špeciálne vedomosti, školenie, aby mohol prevádzkovať zariadenie? Skúste povedať konkrétne zariadenie.
4. Čo si myslíte o prevencii a údržbe? Aký k nim máte vzťah?
5. Existuje analógia medzi prevenciou v strojárstve a v zdravotníctve? Aká?
6. Mal by už o údržbe uvažovať projektant, konštruktér a výrobca zariadenia? Svoj názor zdôvodnite.
7. Evidujete náklady na údržbu svojich zariadení? Čo tvorí ich najväčšiu položku?
8. V čom spočíva údržba valivého ložiska?
9. Ako sa prejaví jeho zlý technický stav?
10. Dajú sa tieto prejavy merať?
11. Vysvetlite na ložisku pojem diagnostika.
12. Aký je rozdiel medzi bezdemontážnou a montážnou diagnostikou?
13. Akým spôsobom by ste zabezpečili diagnostikovanie niekoľko desiatok zariadení v reálnom čase?
14. Je možné prevádzkovať zariadenie, ktoré nemá absolútne bezchybný stav?
15. Vysvetlite pojmy tribológia, tribotechnika, vibrodiagnostika, termovízia.
16. Aké sú podmienky na výmenu oleja v spaľovacom motore a prevodovke?
17. Môže sa použiť do motora a prevodovky rovnaký olej? Svoju odpoveď zdôvodnite.
18. Akým druhom údržby je výmena oleja?



2. STROJE

2.1. Úvod

Stroje sú technické zariadenia – systémy – s rôznou zložitou, s vopred určenými úlohami, funkciami.

Stroje využitím prírodných zákonov menia formy energie, vykonávajú alebo spotrebúvajú prácu, prípadne spracúvajú informáciu pohybovými účinkami.

Prvé stroje v dejinách ľudstva využívali energiu vody a vetra. Boli to vodné a veterné kolesá na pohon mlynov na mletie múky, čerpanie vody, pohon kovacích strojov (obr. 2.1).

Podstatný pokrok vo vývoji strojov priniesol vynález parného stroja v 18. storočí. Umožnil dodať väčšie množstvo pohybovej energie pri ťažbe uhlia, v textilnom priemysle, doprave a ďalších priemyselných odvetviach.

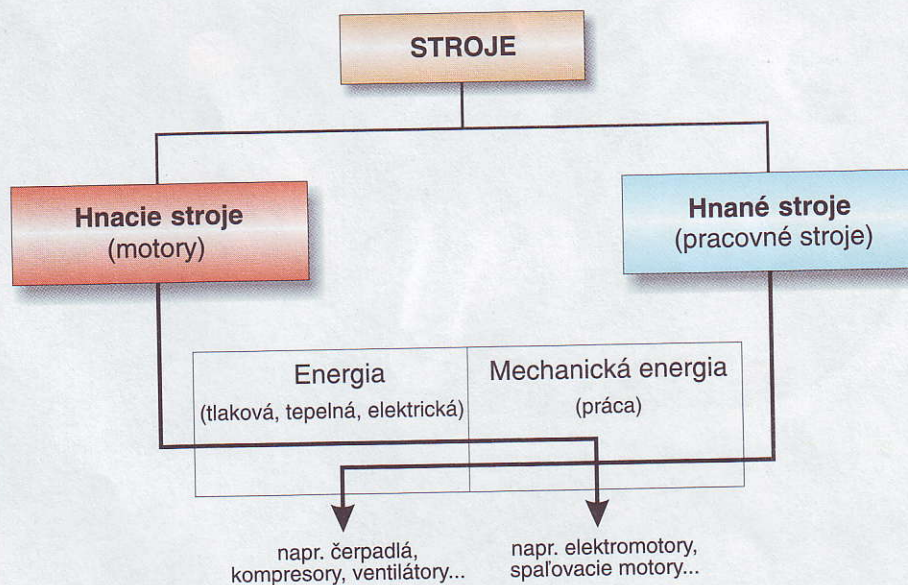
Podobnú úlohu v dejinách zohrali spaľovacie motory, elektromotory, rotačné, lopatkové vodné a parné stroje atď.

Stroje sa z hľadiska vykonávania svojich základných funkcií rozdeľujú na hnacie a hnané (tab. 2.1).



Obr. 2.1

Tab. 2.1



Hnacie stroje, tzv. motory, premieňajú jeden druh energie (v palive, stlačenej tekutine, prehriatej pare) na pohybovú, mechanickú prácu. Sú to tepelné, tlakové motory a elektromotory.

Hnané stroje, tzv. generátory, pracovné stroje, premieňajú vstupnú mechanickú energiu, prácu, na inú, ktorá sa spotrebuje na zmenu vlastností, polohy, najčastejšie tekutín, resp. tuhej látky. Sú to čerpadlá, ventilátory, dúchadlá, kompresory, zdvíhacie a dopravné stroje.

Stroje sa môžu rozdeliť z rôznych hľadísk. Napr.:

- podľa konštrukcie funkčných častí na piestové, lopatkové (rotačné);
- podľa použitia na dopravné, stavebné, chemické, poľnohospodárske atď.

Energetická bilancia strojov, t. j. pomer výkonu k príkonu, musí byť z hľadiska prírodných zákonov menšia ako 100 % (straty). Prvé veterné a vodné kolesá mali pomerne vysokú účinnosť 30 až 40 %. Parné stroje, ktoré ich nahradili, mali účinnosť len 10 až 15 %. Dnešné spaľovacie motory a parné turbíny dosahujú účinnosť 30 až 40 %, vodné turbíny 80 až 90 %. Najvyššiu účinnosť majú elektromotory, 90 až 98 %. Má to veľký význam z hľadiska nákladov na prevádzku strojov a celkové ekonomické hodnotenie.

Parametre stroja sú hodnoty, ktoré charakterizujú stroj a jeho vzťah k okoliu. Základné parametre sú: **výkon, krútiaci moment, otáčky, tlaky, hlavné rozmery, hmotnosti** atď.

Charakteristiky stroja vyjadrujú súvislosti medzi parametrami, napr. $p - V$ (tlak – objem), diagramy piestových strojov, otáčková (rýchlostná) charakteristika spaľovacích motorov. Charakteristiky sú udávané v diagramoch, tabuľkách atď.

2.2. Zdvíhacie a dopravné stroje

Sú to zariadenia, prostriedky rôznej zložitosti určené na zdvíhanie, dopravu a manipuláciu s materiálmi, ale aj ľuďmi v rôznych oblastiach činnosti.

Na obr. 2.2. je napríklad dopravné zariadenie raketoplánu DISCOVERY.

Dopravné a manipulačné operácie predstavujú 30 až 70 % spoločenského pracovného času. Voľba vhodného dopravného systému, ale najmä technológií, ktoré by dopravné operácie obmedzili, zaručuje vyššie úspory a efektívnosť.

Patria sem: zdvíhaky, kladkostroje a navijaky (vrátky), žeriavy, výťahy, dopravníky.

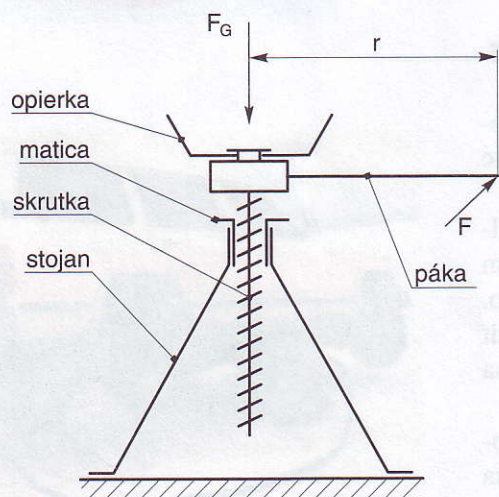
2.2.1. Zdvíhaky

Zdvíhaky sú zdvíhacie zariadenia kusových predmetov menších a stredných hmotností (niekoľko ton) do malých výšok (niekoľko desiatok centimetrov).

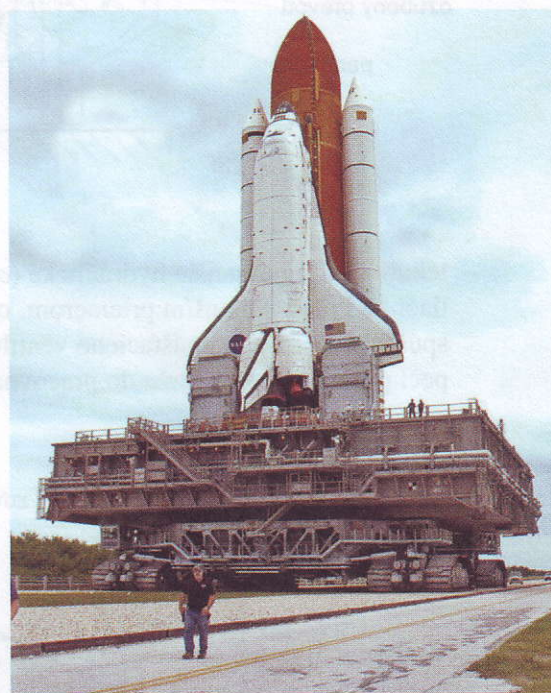
Z hľadiska princípu funkčných častí poznáme:

- **skrutkové**, ich funkčné časti sú skrutka a matica (obr. 2.3). Závit musí byť samozverný, t. j. musí udržať bremeno vo zdvihnutej polohe bez poistenia. Najčastejšie sa používa nerovnoramenný lichobežníkový závit. Zdvíhaky majú nízku účinnosť, len 30 až 40 %, z dôvodu veľkého klzného trenia v závite.

Ovládajú sa ručne, otáčaním skrutky pomocou jednoramennej páky. Skrutka je vyrobená trieskovými spôsobmi obrábania kovov z bežných konštrukčných ocelí, matica býva z bronzu.



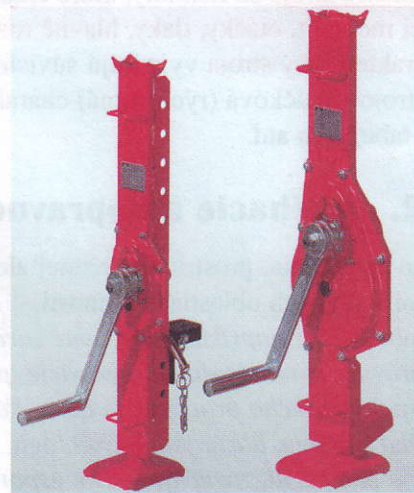
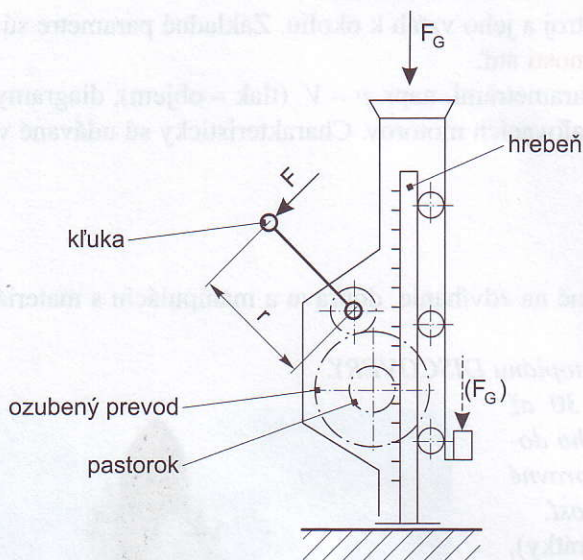
Obr. 2.3



Obr. 2.2

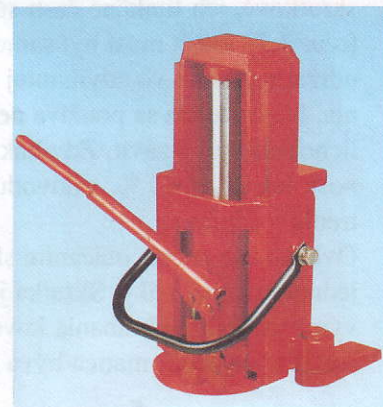
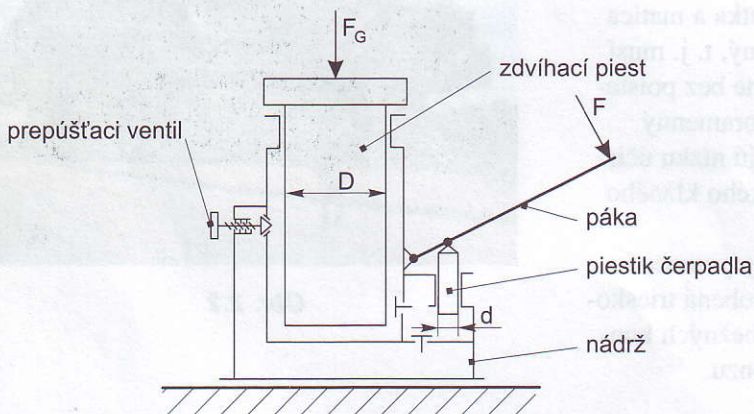


- **hrebeňové**, ich funkčné časti sú hrebeň a pastorok (obr. 2.4). Na zmenšenie ovládacej sily majú najčastejšie dvojnásobný prevod ozubenými kolesami. Ovládajú sa ručne, kľukou. Bremeno vo zdvihnutej polohe je poistené mechanizmom, rohátka – západka. Ich účinnosť je 55 až 65 %. Časti sú vyrobené trieskovými spôsobmi z bežných konštrukčných ocelí.



Obr. 2.4

- **tekutinové**, najčastejšie hydraulické (obr. 2.5). Bremeno dvíha piest s väčším priemerom, pod ktorý tlačí olej piest s menším priemerom, ovládaný dvojramennou pákou, cez výtláčny ventil. Bremeno sa spúšťa otvorením prepúšťacieho ventilu, cez ktorý prúdi olej späť do nádrže. Nasávací ventil zabezpečí prívod oleja z nádrže do pracovného priestoru piesta s menším priemerom.



Obr. 2.5

Tlakový olej môže nahradiť tlaková vzdušnica, ktorá je stlačiteľná, a preto sa takéto usporiadanie používa zriedkavo.

Progresívne sa používajú vankúše vyrobené z odolných materiálov, plnené tlakovým vzduchom (obr. 2.6). Podkladajú sa nenafúknuté pod bremeno. Ich použitie je univerzálne, napr. možno ich použiť na utesnenie pri opravách, haváriách. Nafúknúť sa môžu aj spalinami spaľovacieho motora.

Všetky zdviháky sa najčastejšie používajú ako automobilové, ale ich použitie je univerzálne. Lahko sa ovládajú, ich konštrukcia je jednoduchá a cena pomerne nízka. Ich výroba je typizovaná.



Obr. 2.6

2.2.2. Kladkostroje a navijaky

Kladkostroje

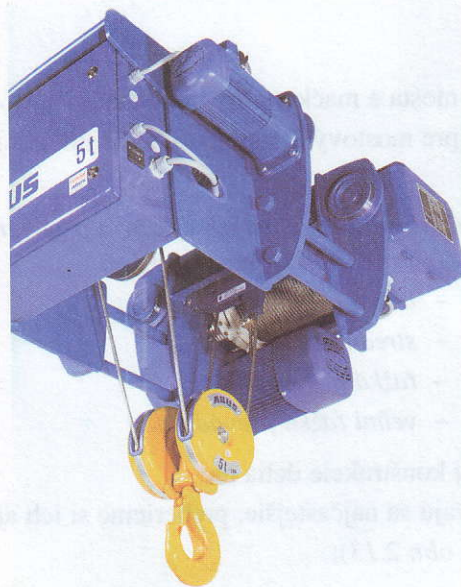
Kladkostroje sú zdvíhacie zariadenia kusových predmetov stredných hmotností do stredných výšok (niekoľko metrov, príp. desiatok metrov).

Z hľadiska konštrukcie sa kladkostroje delia na:

- **násobné**, konopné lano sa vedie cez niekoľko pevných a rovnaký počet voľných (pohyblivých) kladiek. Ťažná sila na voľnom konci lana sa rovná hmotnosti delenej počtom všetkých kladiek (odtiaľ je názov násobné). Používajú sa málo. Sú prenosné, majú ručný pohon;
- **skrutkové** (obr. 2.7), ich funkčné časti sú skrutka a skrutkové koleso. Prevod je spravidla samozverný a nie je potrebné poistenie zdvihnutého bremena proti samovoľnému spúšťaniu. Spojovacím a nosným prvkom je normalizovaná zváraná článková reťaz a k nej sú prispôbené obvodové drážky kladiek. Na reťazi je prostredníctvom kladiek zavesená **kladnica**. Používajú sa často pri montáži. Sú prenosné, majú nízku účinnosť a ručný pohon. Prevod sa môže realizovať aj čelnými ozubenými kolesami;
- **elektrické** (obr. 2.8), ktoré uľahčujú a zrýchľujú manipuláciu s bremenami až do 25 ton. Ovládajú sa diaľkovo. Elektromotor poháňa **bubon**, na ktorý sa navíja oceľové lano cez prevodový mechanizmus s brzdou. Na lane je zavesená **kladnica**. Na nosnej konštrukcii môžu byť inštalované pevne, alebo sa na nej môžu pohybovať ručne, pomocou článkovej reťaze, alebo elektromotorom s prevodovým mechanizmom.



Obr. 2.7



Obr. 2.8



Obr. 2.9

Navijaky

Navijaky, navíjadlá (obr. 2.9) sa používajú na zdvíhanie alebo ťahanie bremien v stavebníctve, alebo pri montážach. Zdvíhacia alebo ťažná sila sa prenáša oceľovým lanom, ktoré sa navíja na bubon. Ten sa môže poháňať cez prevodový mechanizmus ručne, kľukou alebo elektromotorom. Výška zdvihu bremena býva niekoľko metrov až desiatok metrov.

2.2.3. Žeriavy

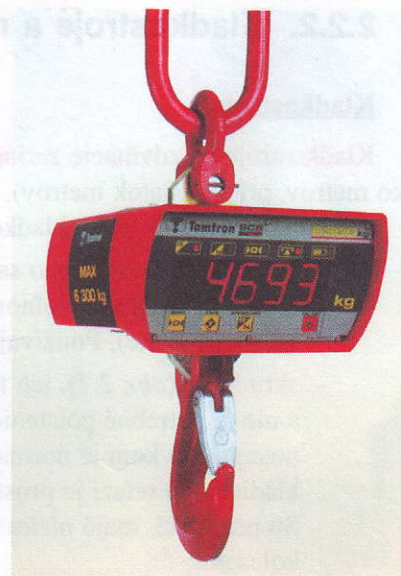
Žeriavy sú zdvíhacie a dopravné zariadenia najčastejšie kusových predmetov s hmotnosťou niekoľko ton až stoviek ton. Dopravné výšky a vzdialenosti môžu byť niekoľko metrov až desiatok metrov (obr. 2.10).

Žeriavy patria medzi tzv. **vyhradené technické zariadenia**, t. j. ich výrobu, montáž, servis, údržbu, opravy, rekonštrukcie atď. môže robiť len firma, ktorá má na to príslušný certifikát.

Žeriavnik musí pred obsluhou žeriava absolvovať žeriavnícke skúšky podľa STN. Viazáč bremien musí byť školený a vlastniť vizačský preukaz. STN podlieha aj umiestnenie žeriava.



Obr. 2.10



Obr. 2.11

Hlavný parameter žeriava je **dovolená hmotnosť bremena** (podľa STN od 0,1 do 1 000 ton). Musí byť viditeľne napísaná na konštrukcii žeriava. Kontroluje sa digitálnou váhou (obr. 2.11), zavesenou na hák žeriava. Váha má vlastný hák na zavesenie bremena.

Ďalšie parametre žeriavov sú:

- výška zdvihu;
- pracovná rýchlosť pojazdu mosta a mačky, príp. bremena;
- rozmery pracovného poľa (pre mostový žeriav je to obdĺžnik, pre stavebný ovál, pre stĺpový kružnica atď.).

Žeriavy sa podľa výpočtu, celkového počtu pracovných cyklov a priemerného vyťaženia delia podľa STN do piatich únavových skupín:

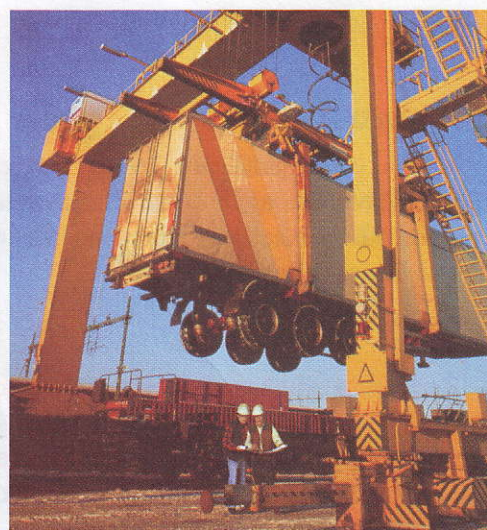
- 0. – veľmi ľahká prevádzka;
- I. – ľahká prevádzka;
- II. – stredná prevádzka;
- III. – ťažká prevádzka;
- IV. – veľmi ťažká prevádzka.

Žeriavy sa z hľadiska tvaru nosnej konštrukcie delia na:

- **mostové** (obr. 2.12), používajú sa najčastejšie, preberieme si ich aj podrobnejšie;
- **portálové** a poloportálové (obr. 2.13);

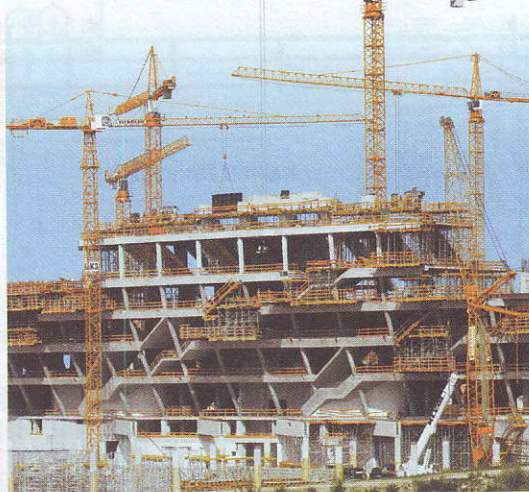


Obr. 2.12



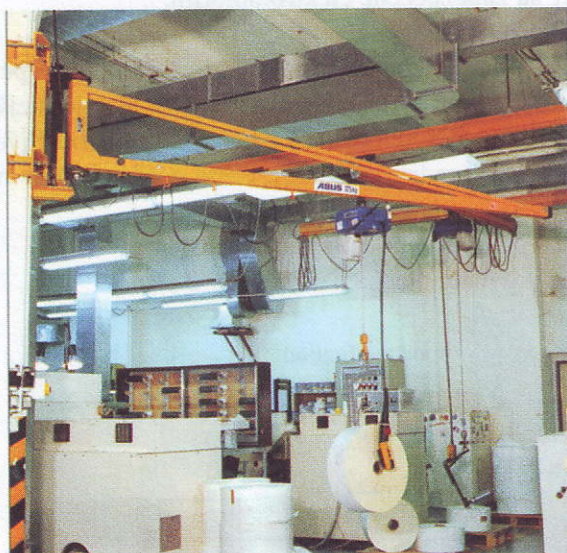
Obr. 2.13

- stĺpové a vežové (stavebné) (obr. 2.14);



Obr. 2.14

- konzolové (obr. 2.15);
- cestné, koľajové a plávajúce (mobilné)
(na obr. 2.16 je portálový a cestný žeriav);



Obr. 2.15



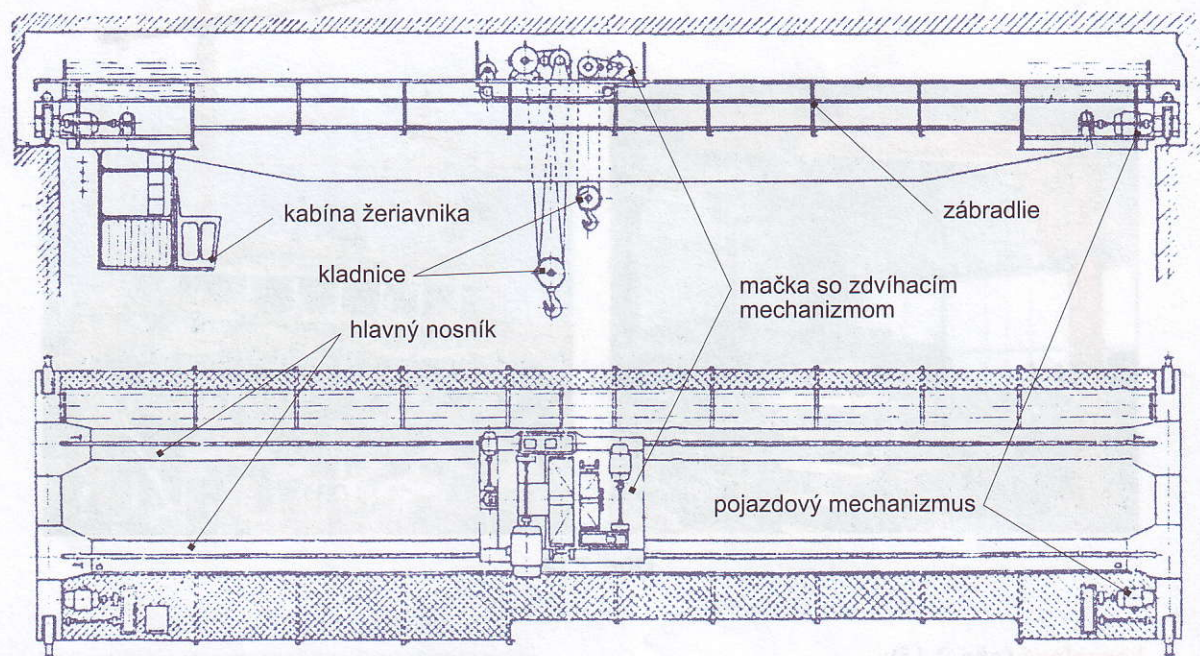
Obr. 2.16

- lanové (na obr. 2.17 je lanové rýpadlo).

Žeriavy sa rozdeľujú z hľadiska ďalších kritérií, napr. podľa druhu pohonu (ručné, elektrické, so spalovacím motorom atď.), účelu a miesta použitia (dielenské, montážne, hutné, stavebné atď.), spôsobu upínania bremena (drapákové, s elektromagnetom, s nádobou na sypké a kvapalné látky, s hákom atď.).



Obr. 2.17

Mostové žeriavy (obr. 2.18)

Obr. 2.18

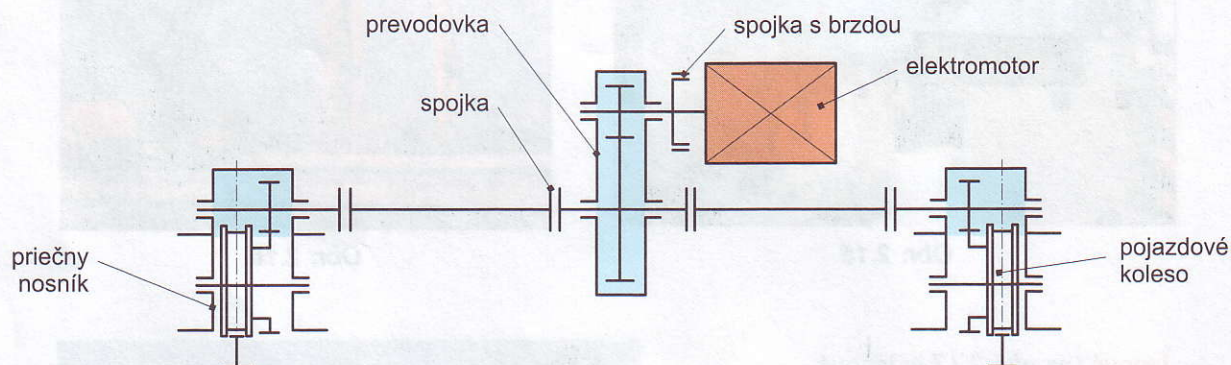
Mostové žeriavy sú najpoužívanejšie. Všetky pohony sú zabezpečené elektromotormi.

Postupne si preberieme najdôležitejšie časti mostového žeriava.

Most s pojazdovým mechanizmom je nosnou časťou žeriava. Konštrukcia musí byť dostatočne pevná, ale ľahká, výrobné a prevádzkovo lacná. Výpočet nosných konštrukcií je normalizovaný. Most je najčastejšie vyrobený z nosníkov rôznych profilov, napr. ohýbané L (sú ľahšie ako valcované) z bežných konštrukčných ocelí, spravidla triedy 11. V minulosti sa spájali nitovaním, dnes výhradne zvaráním. Preto ocel nosníkov musí byť zaručene zvariteľná, napr. 11 373, 11 483, 11 523.

Pojzdový mechanizmus mosta (obr. 2.19) zabezpečí jeho pohyb po koľajniciach.

Mačka sa pohybuje po moste, má vlastný pohybový a **zdvíhací mechanizmus** (obr. 2.20).



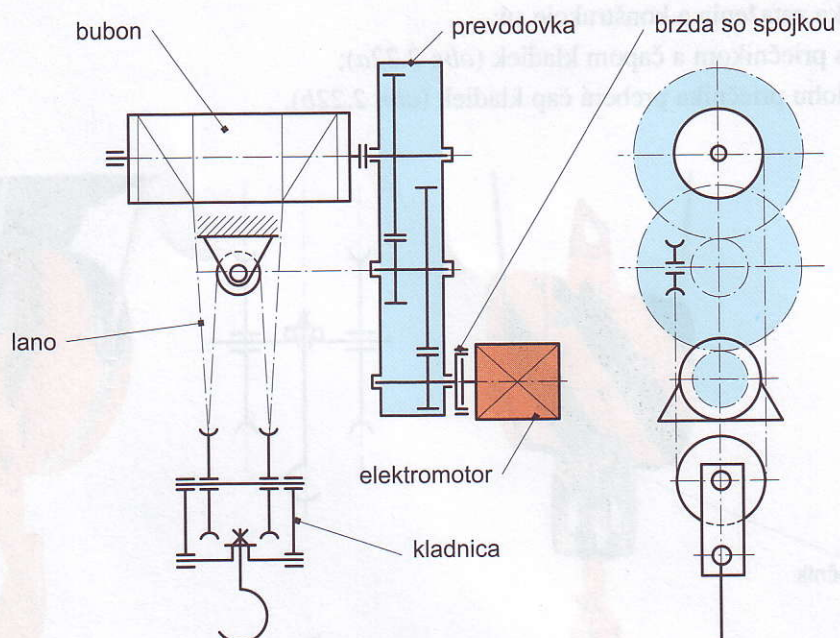
Obr. 2.19

Spojka s brzdou a prevodovka sú bežné strojárske zariadenia.

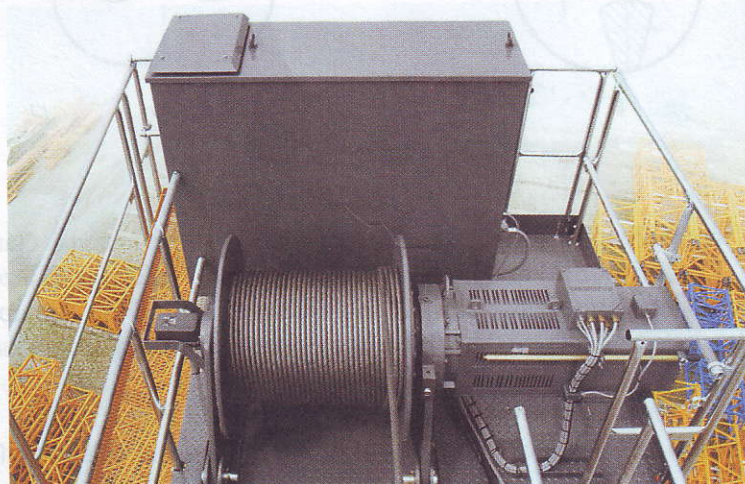
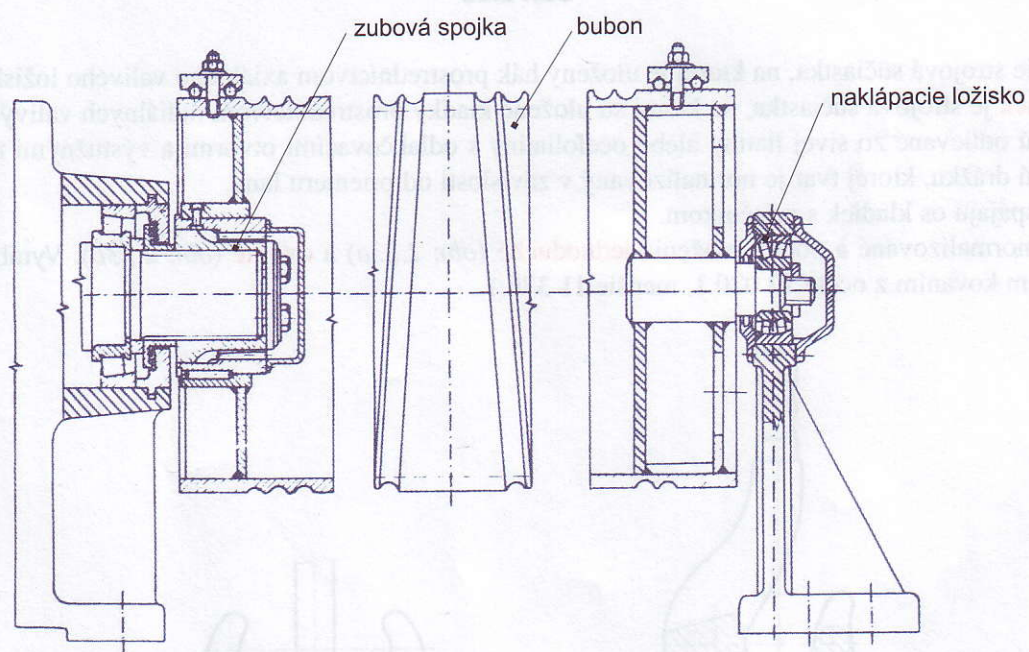
Bubon (obr. 2.21) je zvarok z ocelevej bezšvovej rúry. Po obvode má skrutkovicové žliabky pre lano. Tvar žliabkov je normalizovaný v závislosti od priemeru lana. Bubon je uložený na nosnej konštrukcii na valivých ložiskách. Bubny sa môžu vyrábať aj odlievaním z oceloliatiny 42 2650.1.

Laná sú oceleové, normalizované.

Kladnica je zariadenie, ktoré spája hák s kladkami. Spolu s ostatnými časťami plní funkciu násobného kladkostroja. Menšie žeriavy nemajú kladnicu. Koniec lana je špeciálnou technológiou zaliaty (zliatinou olova) s hákom.



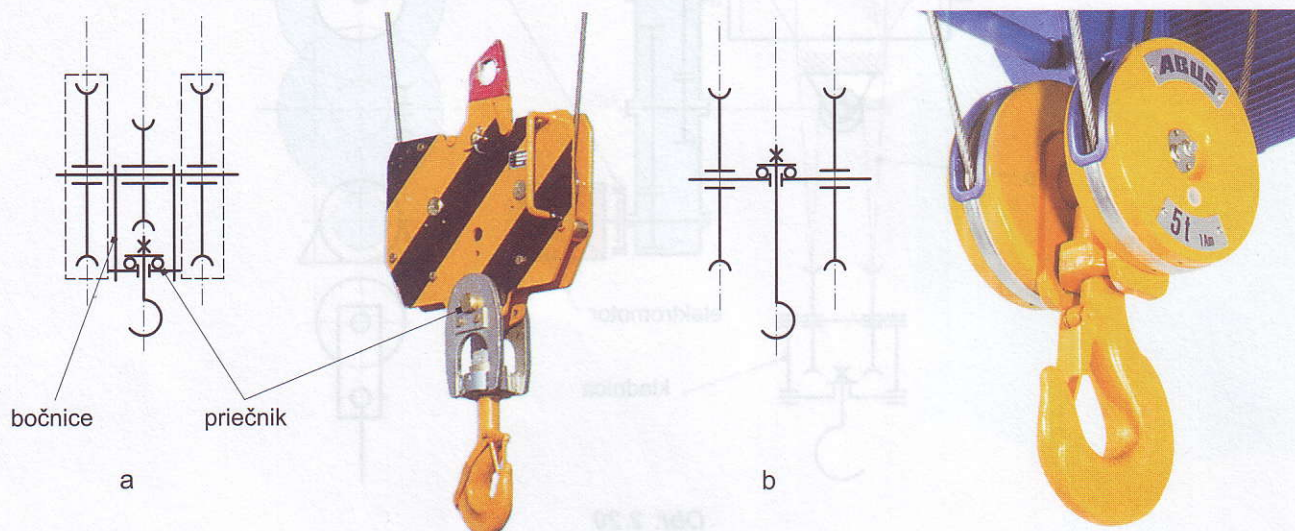
Obr. 2.20



Obr. 2.21

Kladnice z hľadiska zaťaženia a konštrukcie sú:

- **normálne**, s priečnikom a čapom kladiek (obr. 2.22a);
- **skrátené**, úlohu priečnika preberá čap kladiek (obr. 2.22b).



Obr. 2.22

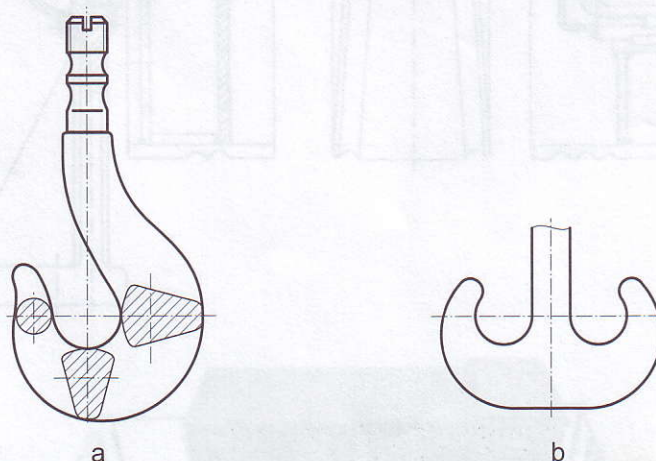
Priečnik je strojová súčiastka, na ktorej je uložený hák prostredníctvom axiálneho valivého ložiska.

Čap kladiek je strojová súčiastka, na ktorej sú uložené kladky prostredníctvom radiálnych valivých ložísk.

Kladky sú odlievajú z sivej liatiny alebo oceľoliatiny s odľahčovacími otvormi a výstužnými rebrami. Po obvode majú drážku, ktorej tvar je normalizovaný v závislosti od priemeru lana.

Bočnice spájajú os kladiek s priečnikom.

Háky sú normalizované a podľa zaťaženia **jednoduché** (obr. 2.23a) a **dvojité** (obr. 2.23b). Vyrábajú sa prevažne voľným kovaním z ocele 12 020.1, menšie 11 376.1.



Obr. 2.23

Reťaze namiesto lana sa používajú menej často. Sú to normalizované zvarané článkové alebo pre väčšie zaťaženia Gallove reťaze. Tvar obvodovej drážky kladiek a bubna je normalizovaný a zodpovedá druhu reťaze.

Brzdy a zdrže pribzďujú alebo úplne zastavia spúšťané bremeno. Pracujú na princípe trenia, elektromagnetického alebo elektrohydraulického. Zdrže môžu pracovať na princípe rohatka – západka.

Brzdený je most a mačka.

Elektrická výzbroj žeriava musí vyhovovať predpisom, ktoré súvisia s elektrickými zariadeniami. Koncové vypínače vypínajú pohybujúce sa časti v krajných polohách. Inštalované sú ďalšie vypínače, blokovacie zariadenia atď.

Prevádzka žeriava podlieha predpisom z oblasti legislatívy, bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a i.

2.2.4. Výtahy

Výtahy sú zdvíhacie zariadenia nákladov a osôb, prevažne vo zvislom, výnimočne v šikmom smere.

Dopravné výšky môžu byť niekoľko metrov až niekoľko sto metrov. Výtahy patria medzi tzv. **vyhradené technické zariadenia**. Pohon výtahov je prevažne elektrický, výnimočne pneumatický.

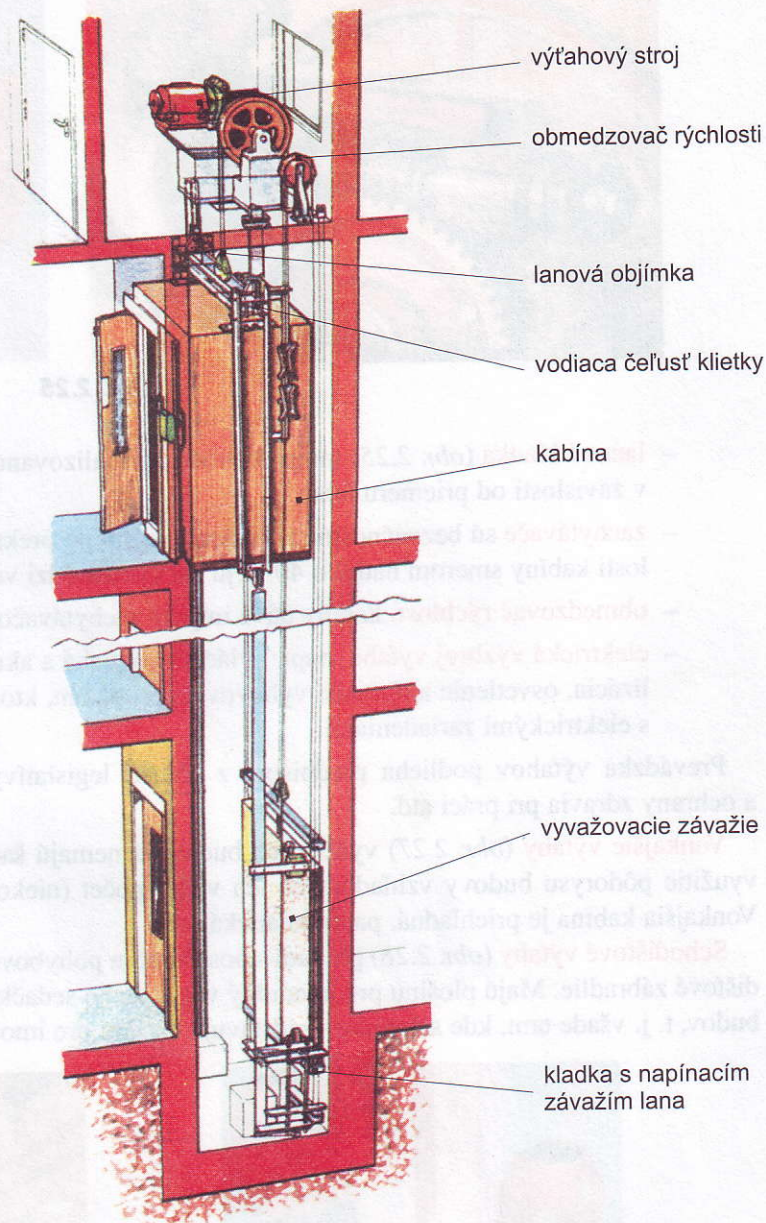
Elektrické výtahy sa podľa STN rozdeľujú na:

- A – na dopravu osôb a nákladu;
- A₁ – so samoobsluhou do nosnosti 1 000 kg, t. j. 12 osôb;
- A₂ – s vodičom;
- B – nákladné so zakázanou dopravou osôb;
- B₁ – do kľetky môžu vstupovať osoby (okrem D2);
- B₂ – do kľetky nesmú vstupovať osoby;
- C – malé, do nosnosti 100 kg;
- D – stolové s poklopom;
- D₁ – s vodičom;
- D₂ – so zakázanou dopravou osôb;
- E – osobné obežné (paternosterové);
- F – výsypné.

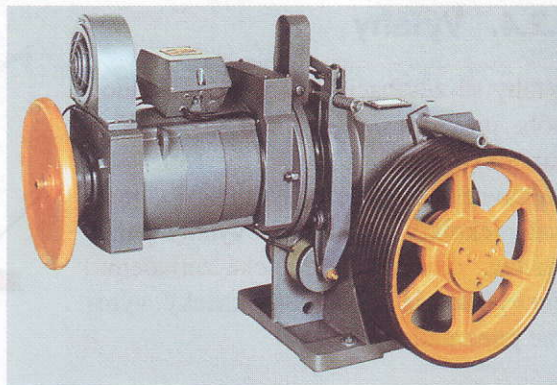
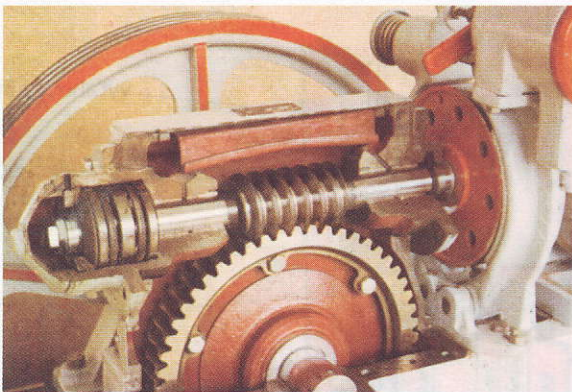
Výtahy ovládané elektromotorom (obr. 2.24) sú najpoužívanejšie.

Hlavné časti výtahu:

- **šachta** je vymedzený priestor, v ktorom sa vo zvislom smere pohybuje kabína, resp. kľetka, a vyvažovacie závažie vo vodidlách upevnených na stenách. V každej stanici sú dvere otvárajúce sa von. Na spodku šachty sú nárazníky pre kabínu a vyvažovacie závažie;
- **kabína** sa používa na dopravu osôb, dvere sa otvárajú dovnútra. **Kľetka, plošina** sa väčšinou používa na dopravu nákladu;
- **vyvažovacie závažie** je zavesené na druhom konci lana (na jednom je kabína). Umožňuje rovnomernejšie zaťaženie a menší výkon elektromotora. Má hmotnosť kabíny a polovicu nosnosti výtahu;
- **lano**, resp. laná, sú normalizované oceľové, zavesené v drážke hnacej kladky výtahového stroja. Výnimočne sa vo výtahoch používa Gallova reťaz;
- **výtahový stroj** je umiestnený nad šachtou (obr. 2.25). Pohon zabezpečuje elektromotor cez spojku s brzdou na samozvernú závitovkovú prevodovku. Tá umožní pohyb len jedným smerom a nie je potrebné kabínu poistovať v pokojovej polohe, príp. pri výpadku elektrického prúdu. Závitovka je hnacia a hnané závitovkové koleso je na spoločnom hriadeľi s lanovou kladkou;



Obr. 2.24



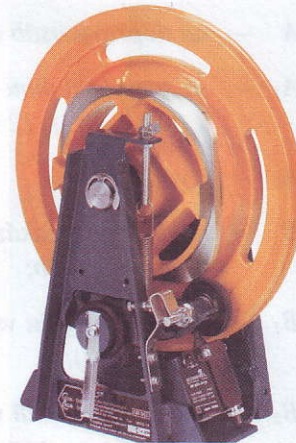
Obr. 2.25

- **lanová kladka** (obr. 2.25) má po obvode normalizovanú drážku v závislosti od priemeru lana;
- **zachytávače** sú bezpečnostné zariadenia, ktoré po prekročení rýchlosti kabíny smerom nadol o 40 % ju zachytia medzi vodidlami;
- **obmedzovač rýchlosti** kabíny dáva impulz zachytávačom (obr. 2.26);
- **elektrická výzbroj výťahu**, napr. ovládače, optická a akustická signalizácia, osvetlenie atď., musí vyhovovať predpisom, ktoré súvisia s elektrickými zariadeniami.

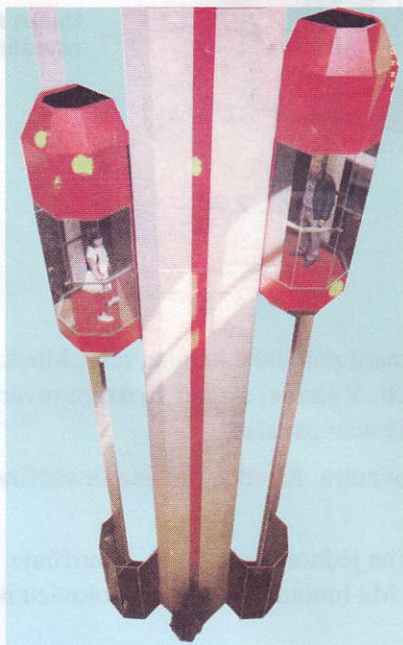
Prevádzka výťahov podlieha predpisom z oblasti legislatívy, bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci atď.

Vonkajšie výťahy (obr. 2.27) výškových budov už nemajú šachtu, čo ušetrí využitie pôdorysu budovy vzhľadom na ich veľký počet (niekoľko desiatok). Vonkajšia kabína je priehľadná, panoramatická.

Schodišťové výťahy (obr. 2.28) pre ľudí s postihnutím pohybového ústrojenstva sa montujú na špeciálne schodišťové zábradlie. Majú plošinu pre invalidný vozík alebo sedačku. Montujú sa do rodinných domov, verejných budov, t. j. všade tam, kde schodište predstavuje bariéru pre imobilného človeka.



Obr. 2.26



Obr. 2.27



Obr. 2.28

Parkovacie výťahy pre osobné automobily v spoločných garážach, ale aj na voľnej ploche parkoviska sú progresívne z hľadiska úspory zastavanej plochy.

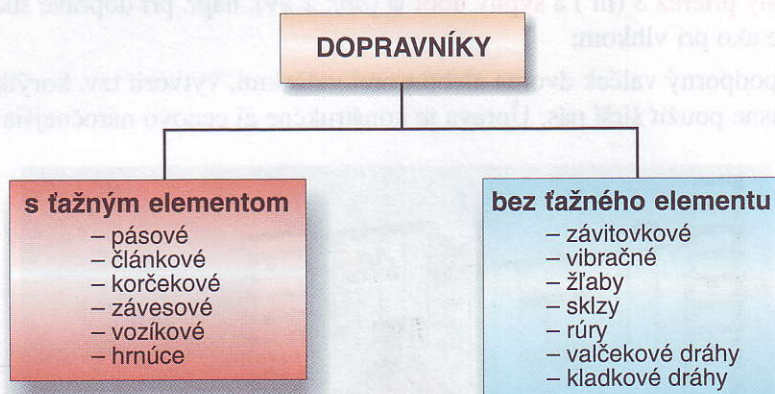
Známe zasklené parkovacie vežové výťahy používa predajca miniautomobilov SMART (Mercedes) v rámci svojho marketingu.

2.2.5. Dopravníky

Dopravníky sú dopravné zariadenia na dopravu sypkých alebo kusových materiálov menších a stredných hmotností na vzdialenosť niekoľkých metrov, ale aj desiatok kilometrov. Sú normalizované. Smer dopravy môže byť vodorovný, šikmý alebo zvislý.

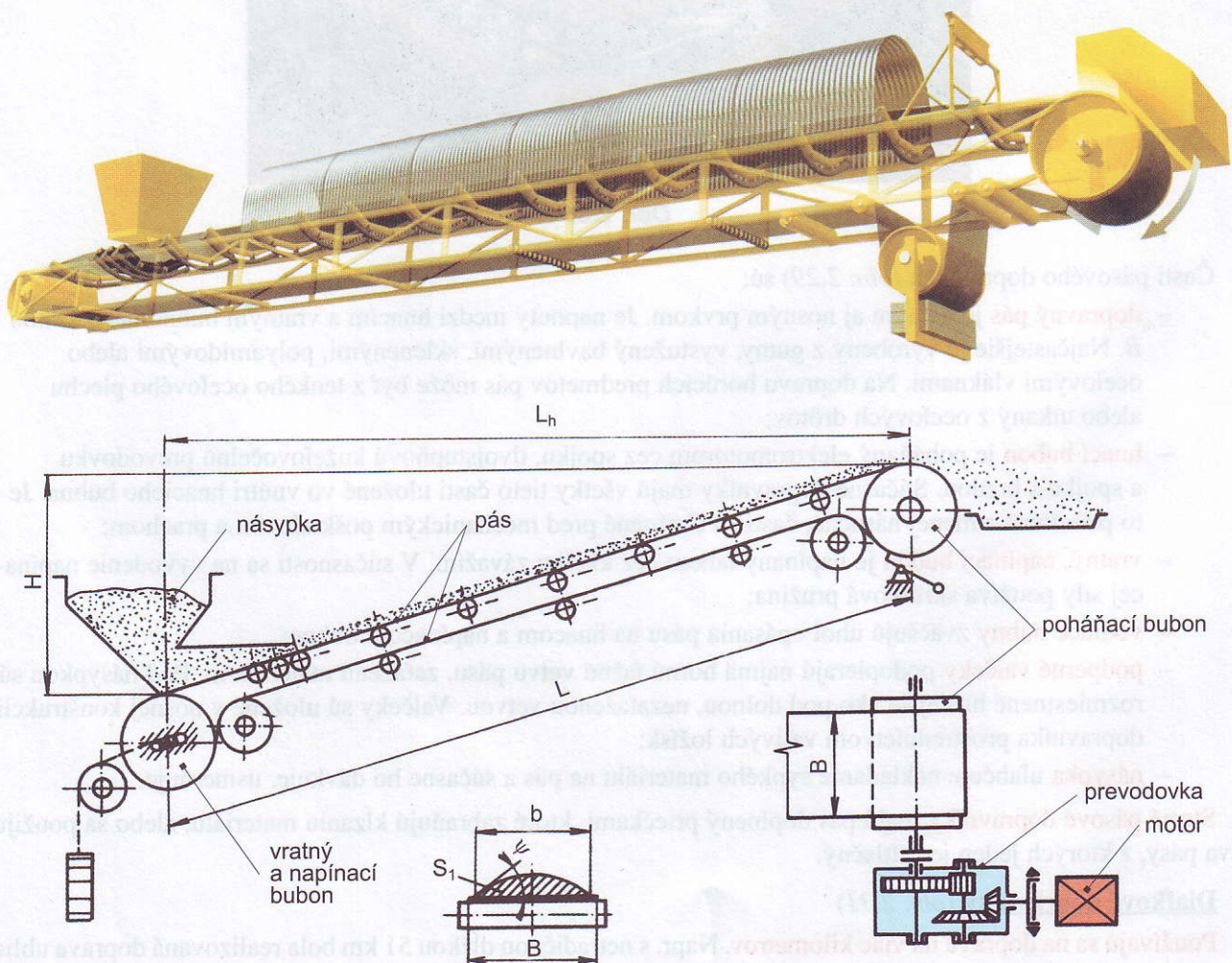
Rozdelenie dopravníkov z hľadiska konštrukcie je uvedené v tab. 2.2.

Tab. 2.2



Pásové dopravníky

Pásový dopravník slúži na dopravu sypkých i kusových materiálov aj na viackilometrové vzdialenosti (obr. 2.29).



Obr. 2.29

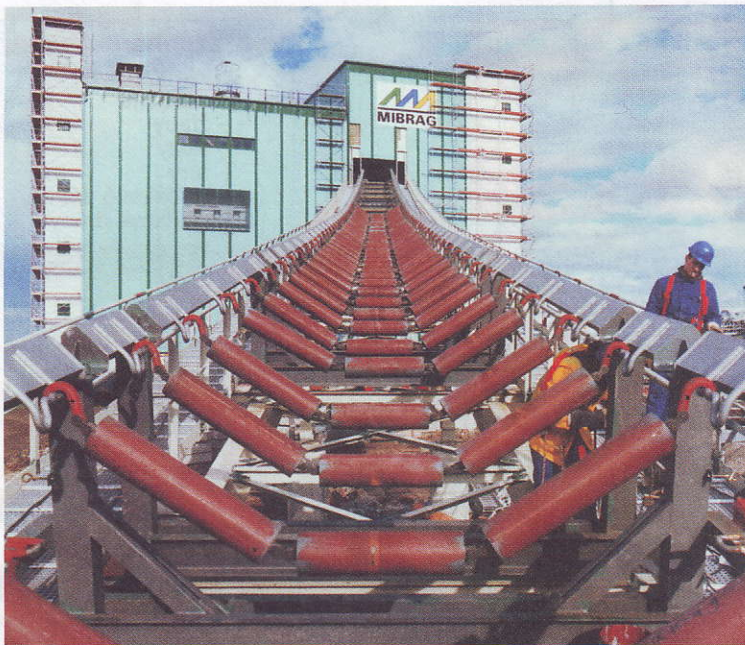
Najčastejšie sa používajú ako mobilné. Pohon je realizovaný elektromotorom.

Hlavné parametre pásových dopravníkov sú:

- dopravné množstvo, tzv. **objemový** alebo **hmotnostný prietok**;
- dopravná **vzdialenosť** L_h (m);
- dopravná **výška** H (m).

Prietoky sa vypočítajú z rovnice kontinuity. Možnosti ich zvýšenia pri konštantnej rýchlosti pásu sú:

- zväčšiť tzv. **sytný prierez** S (m^2) a **sytný uhol** ψ (obr. 2.29), napr. pri doprave suchého piesku sú tieto hodnoty menšie ako pri vlhkom;
- nahradiť jeden podporný valček dvoma alebo tromi valčkami, vytvoriť tzv. korýtkové usporiadanie, čo umožní súčasne použiť širší pás. Úprava je konštrukčne aj cenovo náročnejšia (obr. 2.30).



Obr. 2.30

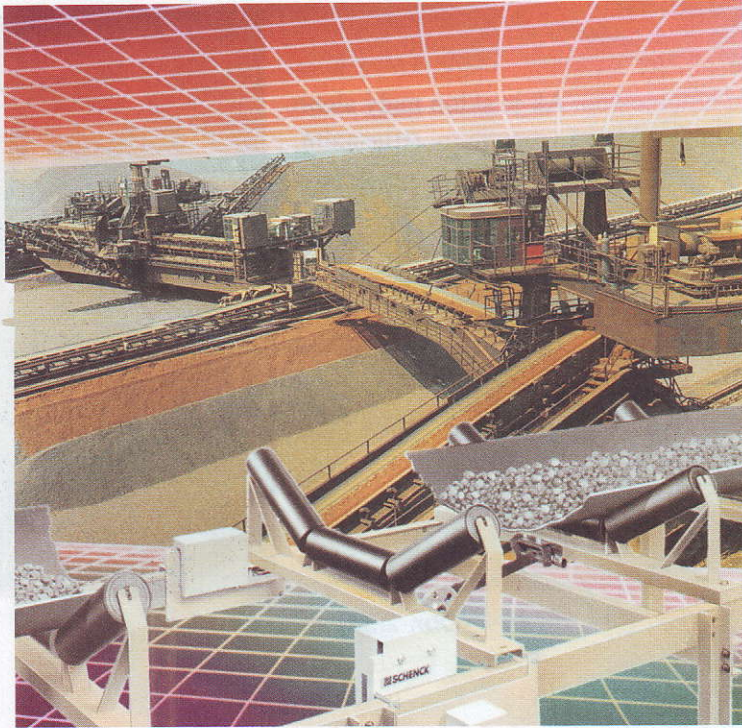
Časti pásového dopravníka (obr. 2.29) sú:

- **dopravný pás** je ťažným aj nosným prvkom. Je napnutý medzi hnacím a vratným bubnom, so šírkou B . Najčastejšie je vyrobený z gumi, vystužený bavlnenými, sklenenými, polyamidovými alebo ocelovými vláknami. Na dopravu horúcich predmetov pás môže byť z tenkého oceleového plechu alebo utkaný z ocelových drôtov;
- **hnací bubon** je poháňaný elektromotorom cez spojku, dvojstupňovú kuželovočelnú prevodovku a spojku s brzdou. Súčasné dopravníky majú všetky tieto časti uložené vo vnútri hnacieho bubna. Je to priestorovo menej náročné, časti sú chránené pred mechanickým poškodením a prachom;
- **vratný, napínací bubon** je napínaný lanom cez kladku závažím. V súčasnosti sa na vyvodenie napínacej sily používa skrútková pružina;
- **vodiace bubny** zväčšujú uhol opásania pásu na hnacom a napínacom bubne;
- **podperné valčeky** podopierajú najmä hornú ťažnú vetvu pásu, zaťaženú materiálom. Pod násypkou sú rozmiestnené hustejšie ako pod dolnou, nezaťaženou vetvou. Valčeky sú uložené v nosnej konštrukcii dopravníka prostredníctvom valivých ložísk;
- **násypka** uľahčuje nakladanie sypkého materiálu na pás a súčasne ho dávkuje, usmerňuje.

Strmé pásové dopravníky majú pás doplnený priečkami, ktoré zabraňujú kĺzaniu materiálu, alebo sa použijú dva pásy, z ktorých jeden je prítlačný.

Dialkové dopravníky (obr. 2.31)

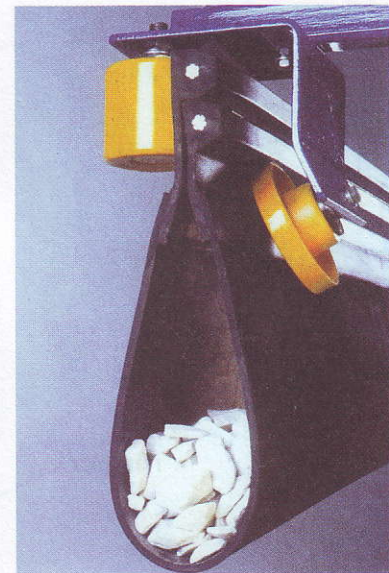
Používajú sa na dopravu na viac kilometrov. Napr. s netradičnou dĺžkou 51 km bola realizovaná doprava uhlia z povrchovej bane. Kapacita 2 000 ton za hodinu, prakticky 24 hodín denne, pri rýchlosti pásu 4 až 6 $m \cdot s^{-1}$ umožnili úplne vylúčiť železničnú dopravu.



Obr. 2.31

Dopravníky s uzatvoreným pásom do tvaru hrušky (obr. 2.32)

V týchto dopravníkoch sa dopravujú prašné zdraviu škodlivé materiály (napr. sadra, kaolín, popolček, sklená vata). Pás je otvorený len v priebehu nakladania a vykladania. Dpravovaný materiál a aj okolie sú chránené pred vzájomným vplyvom. Dopravník môže prekonávať prudké zákruty aj stúpania až 35°. Dpravované množstvo môže byť 10 až 400 m³h⁻¹.

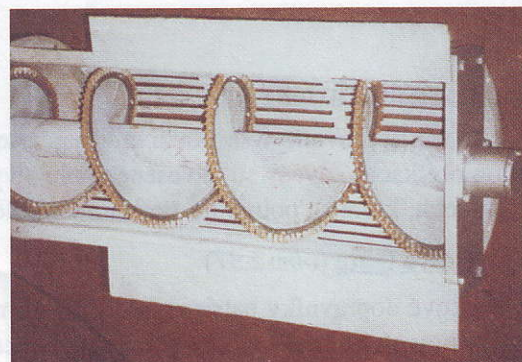


Obr. 2.32

Závitovkové dopravníky (obr. 2.33)

Slúžia na dopravu sypkých materiálov na kratšie vzdialenosti.

Všetci poznáte mlynček na mletie mäsa alebo maku. Princíp posúvania materiálu závitovkového dopravníka je rovnaký. Tento dopravník patrí do skupiny dopravníkov bez ťažného elementu. Otáčajúca sa závitovka je jedno- alebo dvojchodová, vložená v žľabe alebo rúre. Posúva a súčasne premiešava dopravný materiál.



Obr. 2.33

Sklzy, žlaby (obr. 2.34)

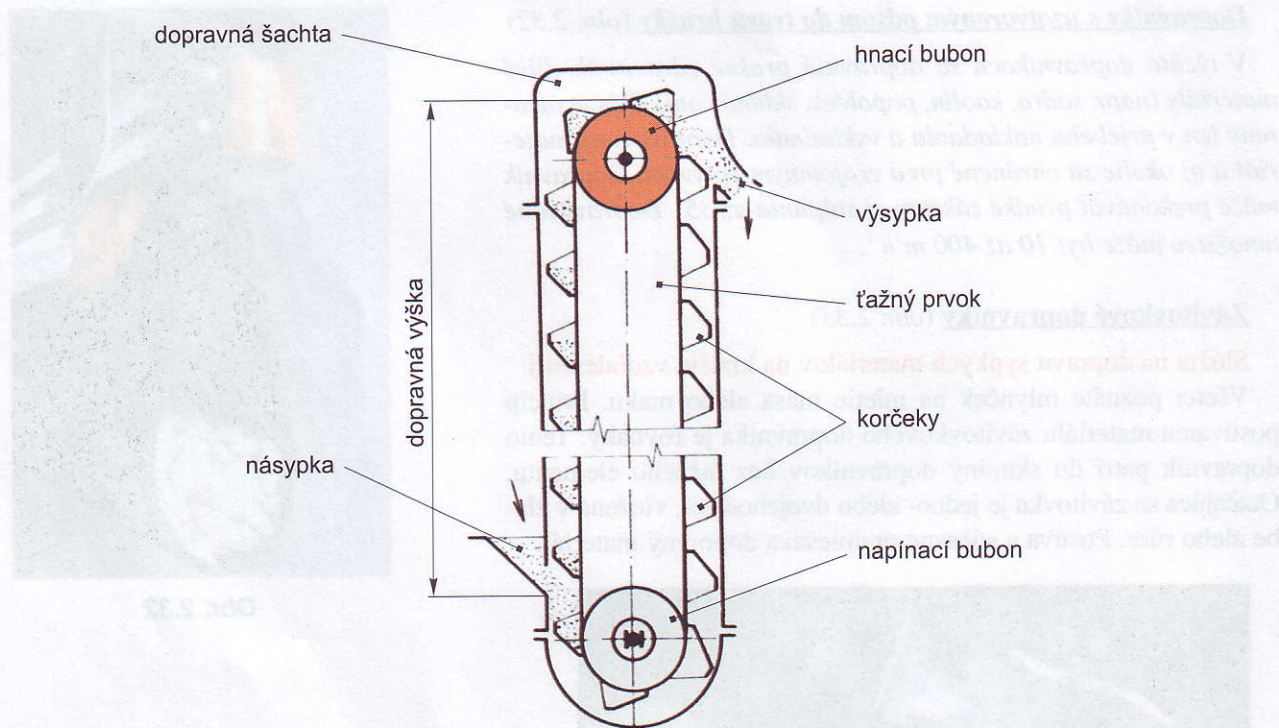
Sklzy a žlaby sú rôzne plochy so sklonom, po ktorých sa pohybuje materiál vlastnou hmotnosťou. Ak je sklon malý alebo trenie veľké, pohyb materiálu sa podporí vibráciami, striasaním, vyvodeným mechanicky.



Obr. 2.34

Korčkové elevátory (obr. 2.35)

Korčkové elevátory sa používajú na strmú alebo zvislú dopravu sypkých materiálov v korčech upevných na páse. Korček sa sám naplní cez násypku a vyprázdni cez výsytku.



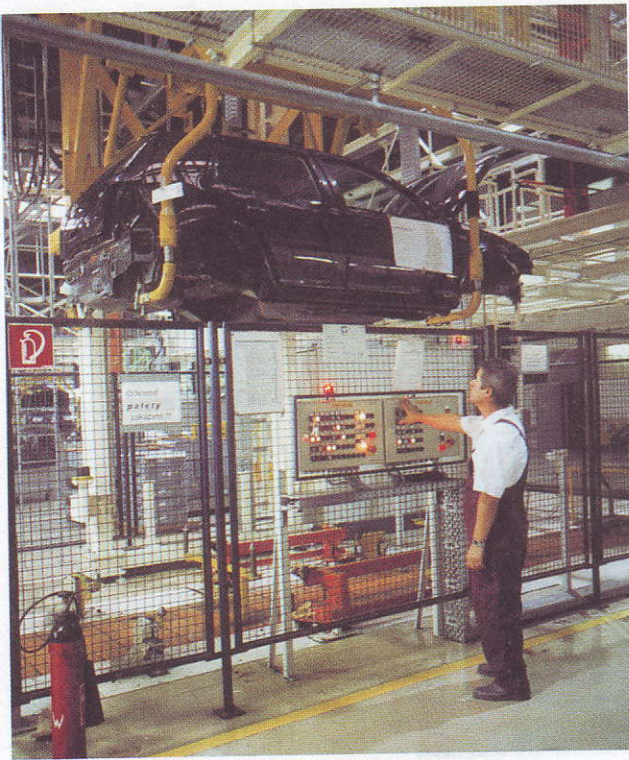
Obr. 2.35

Závesové dopravníky (obr. 2.36)

Závesové dopravníky sa používajú najčastejšie pri montáži väčších výrobkov v hromadnej výrobe, napr. v automobilkách. Závesy sú zavesené spolu s výrobkami na konštrukcii a sú v pohybe. Ak sú výrobky uložené vo vozíkoch, ktoré sa pohybujú po zemi na kolesách, potom sú to vozíkové dopravníky.

Valčekové trate (obr. 2.37)

Valčekové dopravníky patria do skupiny dopravníkov bez ťažného elementu. Väčšie kusové predmety s rovnou plochou alebo menšie, uložené v prepravkách alebo paletách, sa pohybujú po voľne sa otáčajúcich valčekoch bez pohonov alebo s pohonom. Keď sú valčeky bez pohonu, potom má trať sklon alebo pohyb predmetov musí zabezpečiť obsluha.

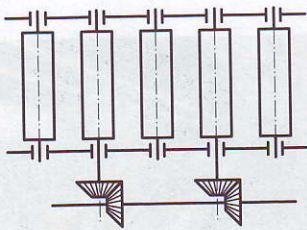


Obr. 2.36

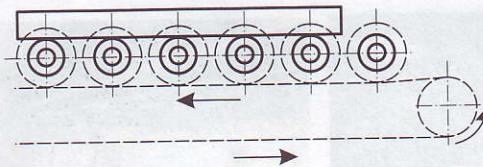


Obr. 2.37

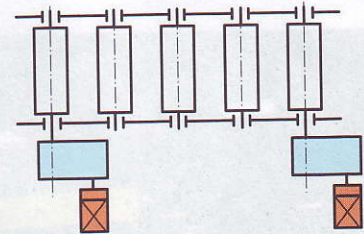
Samostatný pohon môžu mať len niektoré valčeky alebo všetky, napr. reťazovým prevodom, prevodom s ozubeným remeňom, kužeľovým súkolesím a pod. (obr. 2.38).



pohon niektorých valčekov
od jedného hriadeľa,
kužeľovým súkolesím



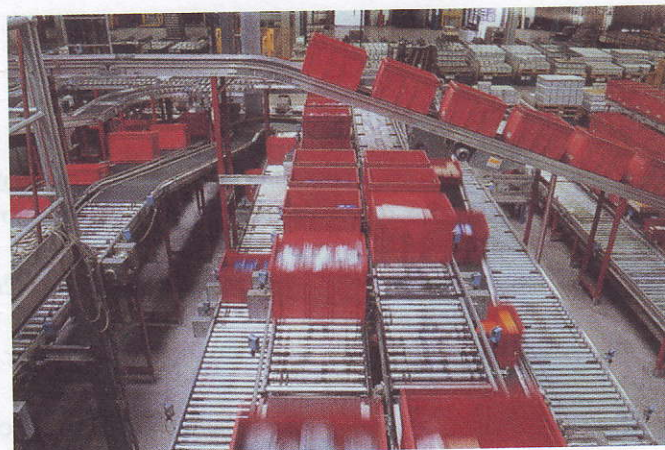
pohon valčekov
reťazou



samostatný pohon
niektorých valčekov

Obr. 2.38

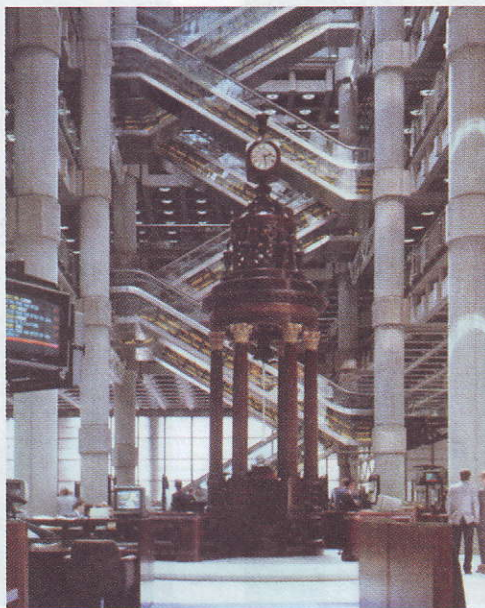
Valčeková trať môže mať zákruty s rôznymi polomerami, križovatky. Keď sa použijú prídavné zariadenia, trať môže byť inštalovaná na viacerých poschodiach nad sebou, ale aj vedľa seba ako viacprúdová (obr. 2.39).



Obr. 2.39

Eskalátory (obr. 2.40)

Eskalátory, **pohyblivé schody**, boli prvýkrát inštalované na Svetovej výstave v Paríži v roku 1900 americkou firmou *OTIS*. Premávajú prevažne v priamom smere, ale môžu sa konštruovať aj v zákrutách.



Obr. 2.40

Pohyblivé chodníky (obr. 2.41)

Pohyblivé chodníky sa inštalujú vo veľkých priestoroch, vo výstavných centrách, letiskových halách a pod. Premávajú v priamom smere, zákrutách a miernych stúpaniach.



Obr. 2.41

Zhrnutie:

Stroje rôznej zložitosti využívalo ľudstvo od dávnych čias. Kvalitatívny zlom nastal v 18. storočí vynájdением parného stroja. Odvtedy nastal búrlivý rozvoj výroby a používania strojov z hľadiska množstva, sortimentu a ich kvality.

Zdvíhacie, dopravné stroje, manipulačné zariadenia a malé mechanizačné prostriedky patria dnes k modernej strojárskej, ale aj stavebnej, potravinárskej atď. výrobe.

Zdviháky rôznej konštrukcie a ovládania patria k najjednoduchším. Sú napr. aj časťou povinnej výbavy automobilov.

Kladkostroje, navijaky s ručným alebo strojovým ovládaním uľahčujú práce najmä v kusovej a malo-sériovej výrobe.

Žeriavy sa uplatňujú pri manipulácii s bremenami v stavebníctve, doprave, ale aj v strojárstve. Stĺpové žeriavy sa používajú v dielňach, mostové vo výrobných halách, ale aj tepelných, vodných, jadrových elektrárnach. Podstatne uľahčujú manipuláciu s predmetmi, zvyšujú produktivitu práce, minimalizujú možnosti vzniku pracovného úrazu a chorôb z povolania. Niekedy si na obsluhu vyhradených technických zariadení vyžadujú kvalifikáciu, napr. žeriavnické, prípadne viazačské skúšky.

Výťahy sú nenahraditeľné v stavebníctve. Sú inštalované vo výškových budovách najmä na dopravu osôb, ale aj materiálov pri ich stavbe a prevádzkovaní. Uprednostňujú sa tzv. panoramatické výťahy s presklenou kabínou umiestnenou na fasáde budovy zvonku. Takéto výťahy nemajú požiadavky na zastavanú plochu (nie je to nezanedbateľné pri vysokých cenách pozemkov v atraktívnych lokalitách). Budova ich môže mať aj niekoľko desiatok s obrovskou dopravnou kapacitou.

Požiadavky na komfort, prevádzkovú bezpečnosť a spoľahlivosť týchto vyhradených dopravných zariadení sú dnes na veľmi vysokej úrovni. Z tohto dôvodu prevádzka a prípadná rekonštrukcia výťahov v budovách u nás bude pravdepodobne v blízkej budúcnosti veľmi problematická a nákladná.

Dopravníky sa dnes používajú nielen na klasickú dopravu sypkých materiálov, ale aj kusových, kašovitých atď. Používajú sa čoraz viac aj na dopravu ľudí.

Materiály **ťažných elementov** sa stále vyvíjajú a skvalitňujú vzhľadom na dopravované materiály (skupenstvo, hmotnosť, teplotu, vzdialenosť). Dopravované vzdialenosti môžu byť aj niekoľko desiatok kilometrov. Nenahraditeľné sú vo výrobných a montážnych linkách nielen v strojárskom, ale aj elektrotechnickom, chemickom, potravinárskom priemysle atď.

Často sa používajú dopravníky **bez ťažného elementu**, najčastejšie valčekové trate. Môžu byť inštalované ako viacprúdové, s križovatkami, výhybkami, mimoúrovňové s viacerými podlažiami.

Na dopravu ľudí vo viacerých poschodiach sa používajú eskalátory (pohyblivé schody). Na rovine, prípadne menších sklonoch sa používajú pohyblivé chodníky.

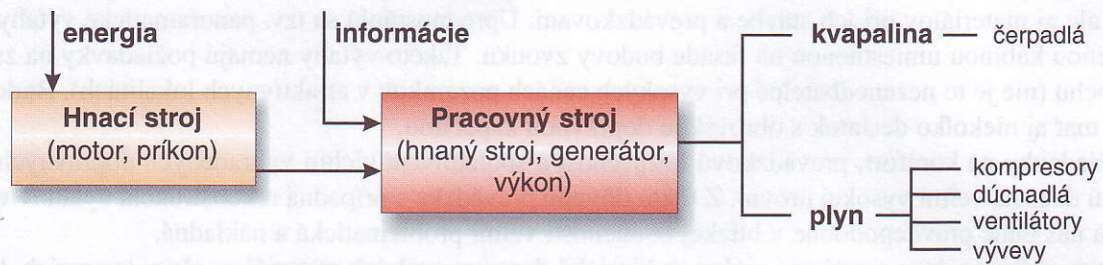
Otázky, úlohy a úvahy:

1. Videli ste už skutočný vodný alebo veterný mlyn? Kde? Z akých materiálov boli vyrobené ich funkčné časti?
2. Ktoré hnacie stroje sa zaslúžili v histórii o technický pokrok ľudstva? Niektoré z nich sa zachovali do dnešných čias. Videli ste niektoré? Princíp činnosti ostal rovnaký. Čo sa oproti minulosti zmenilo? Ktoré zmeny sú najradikálnejšie?
3. Ktoré dôležité parametre charakterizujú stroj?
4. Vysvetlite na konkrétnom stroji pojem „účinnosť“.
5. Skúste zoradiť stroje podľa účinnosti.
6. Ktoré zdvihacie stroje a zariadenia máte vo svojom okolí? Ktoré z nich ste už použili?
7. Aký význam majú zdvíhacie stroje a zariadenia pre človeka?
8. Môžu niektoré zo zdvíhacích strojov pôsobiť za určitých okolností aj negatívne (napr. na životné prostredie, na architektúru miest...)?
9. Viete, ktoré typy zdvihákov patria do výbavy automobilu a na čo sa používajú?
10. Aké negatívne vplyvy z hľadiska ekológie má nafukovací vankúš plnený výfukovými plynmi?
11. Pri akých činnostiach sa najčastejšie používajú kladkostroje, navijaky, žeriavy?
12. Nájdite v strojných tabulkách laná.
13. Ktoré typy žeriavov sa najčastejšie používajú v strojárstve?
14. Aké vlastnosti a predpoklady musí spĺňať žeriavnik, prípadne viazač bremien?
15. Aké výhody a nevýhody má prídavná digitálna váha žeriava?
16. Na príkladoch vysvetlite pojem „vyhradené technické zariadenie“.
17. Z ktorých hlavných častí sa skladá mostový žeriav?
18. Poznáte aj iné typy výťahov ako tie, ktoré sú nainštalované v obytných domoch?
19. Nakreslite a v obrázku popíšte schému normálnej a skrátenej kladnice.
20. Nakreslite a vysvetlite pojmy: „sypný prierez“ a „sypný uhol“.

2.3. Pracovné stroje (generátory)

Pracovné stroje (generátory) sú hnané zariadenia, ktoré vytvárajú podmienky na pohyb a stláčanie látok, najčastejšie tekutín (kvapalín a plynov) (tab. 2.3).

Tab. 2.3



Zdrojom mechanickej energie na ich pohon sú **hnacie stroje** (motory), zabezpečujúce tzv. **príkon**. Na riadenie využívania vstupnej, mechanickej energie na pohon pracovných strojov sú potrebné **informácie**. Pracovné stroje vzhľadom na tekutinu, ktorú dopravujú a stláčajú, sa rozdeľujú na:

- **čerpadlá**, resp. **hydrogenerátory**, ich pracovnou tekutinou je kvapalina;
- **kompresory** (pre vysoké tlaky), **dúchadlá** (pre stredné tlaky) a **ventilátory** (pre nízke tlaky), ich pracovnou tekutinou sú plyny, príp. para, najčastejšie vzduššina. Na dosiahnutie podtlaku vzduššiny sa používajú **vývevy**.

2.4. Čerpadlá

Pred preberaním tejto časti odporúčame zopakovať si hydraulické mechanizmy a ich prvky a klukové mechanizmy.

Čerpadlá sú hnané pracovné stroje, ktoré dopravujú kvapaliny alebo zvyšujú ich tlak (hydrogenerátory). Dopravené množstvo Q [m^3s^{-1}], tlak p [MPa].

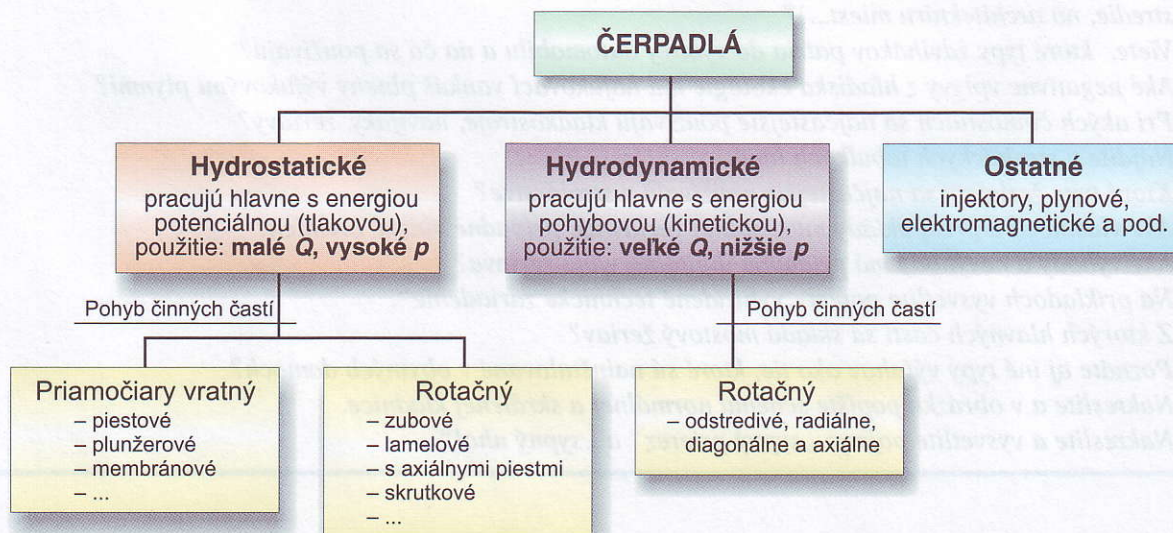
Teória tekutinových mechanizmov definuje nasledujúce pojmy.

Čerpadlá sú hnané pracovné stroje na dopravu, čerpanie kvapalín, pričom ich určujúcou veličinou je **prietok**, resp. **dopravené množstvo**. Používajú sa na čerpanie a dopravu kvapalín vodovodmi, ropovodmi a pod.

Hydrogenerátory sú hnané pracovné stroje na zvyšovanie tlaku kvapalín, pričom ich určujúcou veličinou je **tlak**. Používajú sa v hydrostatických mechanizmoch na generovanie tlaku kvapaliny.

Čerpadlá vzhľadom na princíp práce uvádzame v tab. 2.4.

Tab. 2.4



Hydrostatické čerpadlá pracujú prevažne s tlakovou energiou.

Pohyb činných častí môže byť:

- priamočiary vratný;
- rotačný.

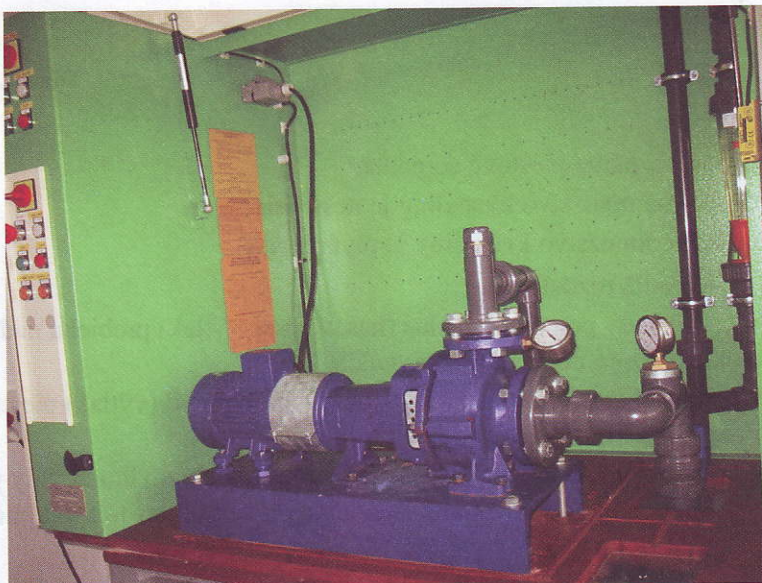
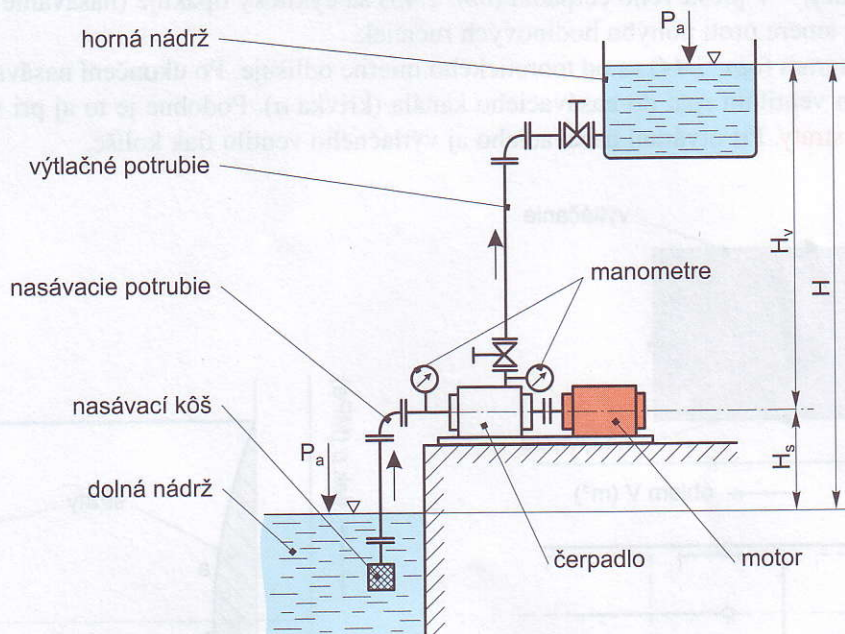
Najpoužívanejšie čerpadlá s priamočiarym vratným pohybom činných častí sú: piestové, plunžerové, membránové atď.

Z čerpadiel s rotačným pohybom činných častí sú najpoužívanejšie: zubové, lamelové, s axiálnymi piestikmi a skrutkové (vretenové).

Hydrodynamické čerpadlá pracujú prevažne s kinetickou energiou. Pohyb činných častí je rotačný. Najpoužívanejšie sú odstredivé, radiálne, diagonálne, axiálne čerpadlá atď.

Ostatné čerpadlá, ktoré sa nedajú zaradiť jednoznačne do predchádzajúcich skupín. Z nich sú najpoužívanejšie prúdové (injektory), plynotlakové, zdvižné, elektromagnetické atď.

Na obr. 2.42 vidíte schému čerpacej stanice.



Obr. 2.42

2.4.1. Hydrostatické čerpadlá

Piestové čerpadlá

Zo všetkých spomínaných čerpadiel sa často používajú piestové čerpadlá. Ich spoločným znakom je **kľukový mechanizmus**.

Piest pri pohybe z hornej polohy do dolnej nasaje cez **nasávací** ventil určitý objem kvapaliny a nasledujúcim pohybom z dolnej polohy do hornej ju vytlačí cez **výtlačný** ventil.

Mechanická energia pohonu (elektromotora) **sa priamo mení** na tlakovú. Vyplýva z toho vyššia účinnosť piestových čerpadiel v porovnaní s hydrodynamickými, rotačnými (účinnosť η je podiel výkonu a príkonu).

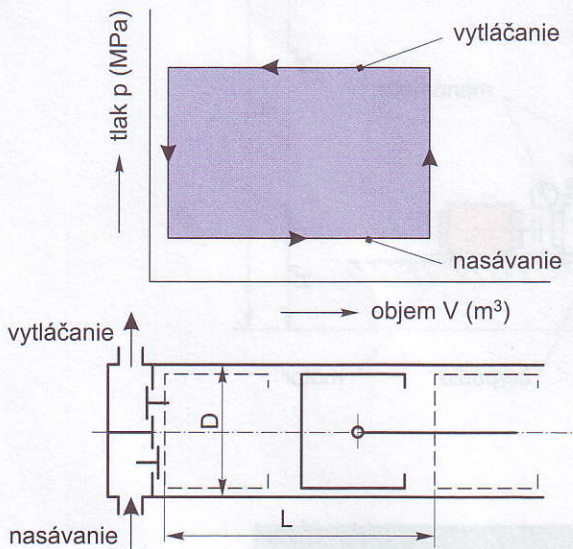
Majú samonasávaciu schopnosť, sú necitlivé na tlakové zmeny a môžu sa použiť aj na čerpanie kvapalín s vyššou viskozitou. Používajú sa na menšie objemové prietoky Q , ale vysoké tlaky $p = 15$ až 50 MPa i viac. Nevýhodou sú ich väčšie rozmery a hmotnosti, udržiavacie náklady a cena.

Práca všetkých piestových strojov sa znázorňuje v obehových, pracovných diagramoch, tzv. indikátorových $p - V$ diagramoch (tlak – objem).

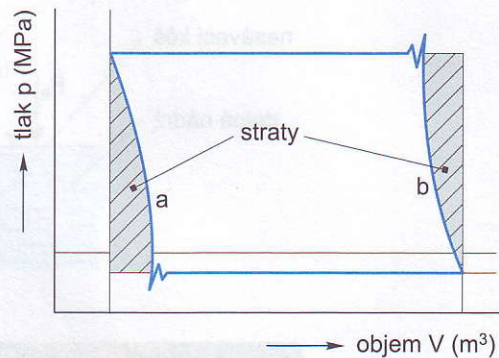
Diagram $p - V$ je grafické znázornenie priebehu tlaku p [MPa] od objemu V [m³] pracovných obehov piestových strojov. Diagram sa získa meraním tlaku vo valci v závislosti od zdvihu piesta (objem nie je potrebný, lebo plocha piesta je konštantná).

Teoretický diagram $p - V$ piestového čerpadla (*obr. 2.43*) sa cyklicky opakuje (nasávanie s výtlakom), čo je zobrazené šípkami v smere proti pohybu hodinových ručičiek.

Skutočný $p - V$ diagram (*obr. 2.44*) sa od teoretického mierne odlišuje. Po ukončení nasávania časť kvapaliny preteká pootvoreným ventilom späť do nasávacieho kanála (krivka *a*). Podobne je to aj pri výtlaku (krivka *b*). Sú to tzv. **objemové straty**. Pri otváraaní nasávacieho aj výtlačného ventilu tlak kolíše.



Obr. 2.43



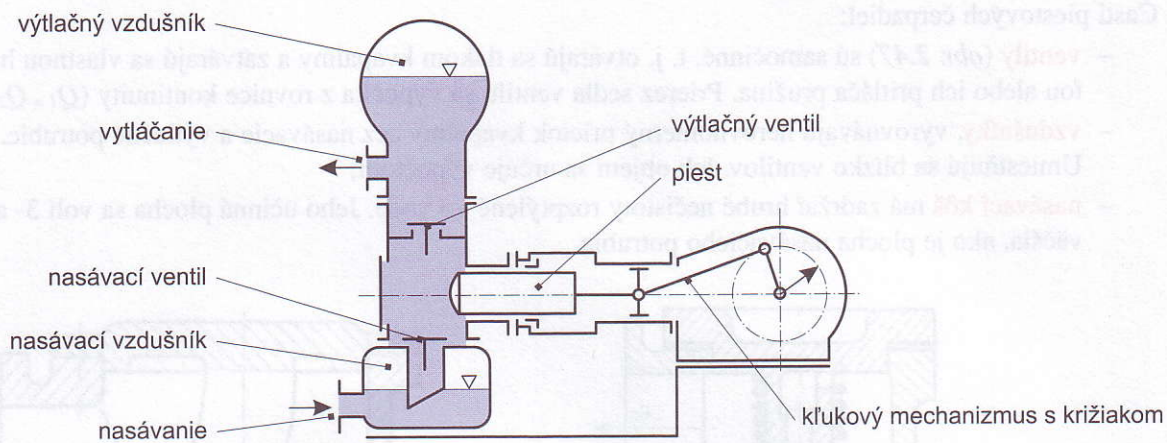
Obr. 2.44

Vzhľadom na počet valcov poznáme piestové čerpadlá:

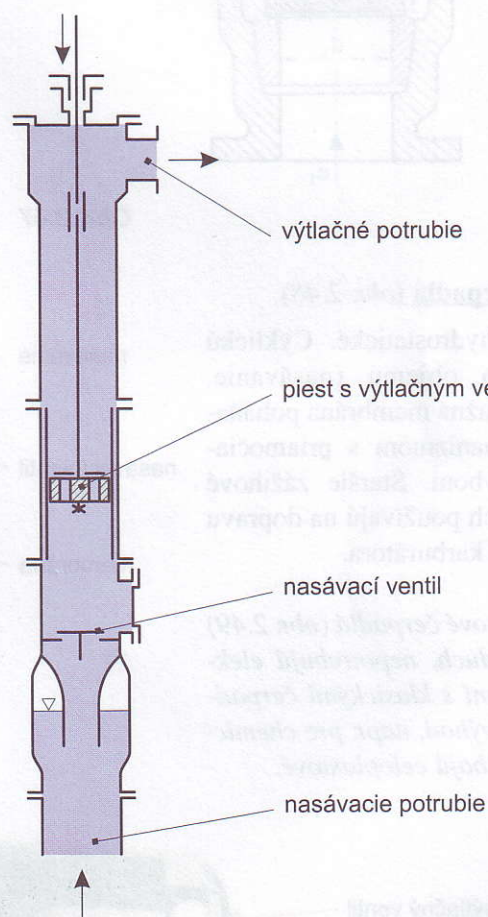
- **jednovalcové**, dodávané množstvo kvapaliny je nesúvislé;
- **viacvalcové**, dodávané množstvo kvapaliny je plynulejšie.

Podľa spôsobu práce sa čerpadlá rozdeľujú na:

- **jednočinné** (*obr. 2.45*), celý pracovný cyklus (nasávanie a výtlak) prebieha nad piestom. Používajú sa pri malých prietokoch, ktoré nemusia byť plynulé;
- **dvojčinné**, celý pracovný cyklus prebieha nad (nasávanie) aj pod (výtlak) piestom. Prietoky sú plynulejšie;
- **diferenciálne**, nasávajú ako jednočinné, ale vytlačujú pri oboch zdvihoch. Sily pôsobiace na piest sú približne rovnaké (polovičné v porovnaní s jednočinným čerpadlom). Preto môžu mať menšie rozmery;
- **zdvižné** sa používajú na čerpanie vody z hlbokých studní. Objemový prietok je rovnaký ako pri jednočinných piestových čerpadlách (*obr. 2.46*).



Obr. 2.45



Obr. 2.46

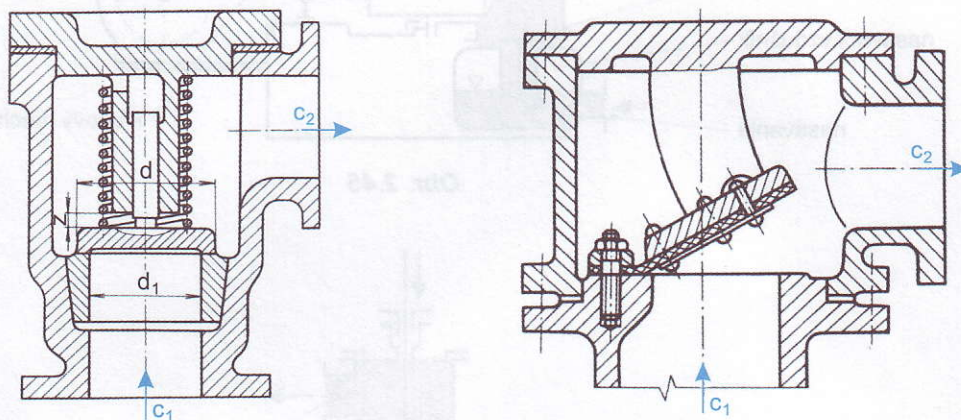
Objemový prietok jednočinného, jednovalcového čerpadla sa vypočíta:

$$Q_v = V \cdot n \cdot \eta_v = S \cdot L \cdot n \cdot \eta_v = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot n \cdot \eta_v \quad (m^3 \cdot s^{-1})$$

- vo vzorci
- Q_v objemový prietok ($m^3 \cdot s^{-1}$);
 - V objem vytlačený za 1 otáčku (m^3);
 - n počet otáčok kľuky (s^{-1});
 - η_v objemová účinnosť;
 - S plocha piesta (m^2);
 - L zdvih piesta (polomer kľuky) (m);
 - D priemer piesta (m).

Časti piestových čerpadiel:

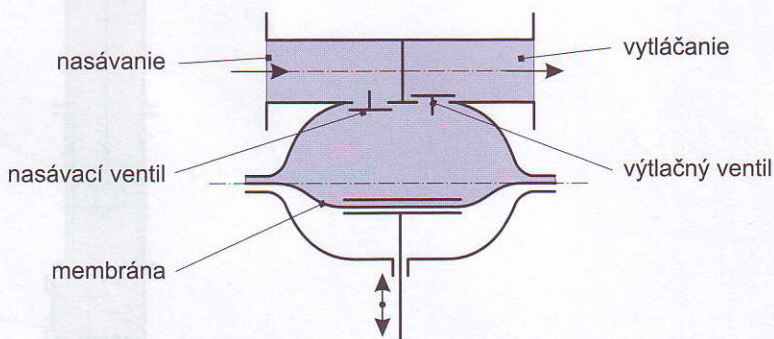
- **ventily** (obr. 2.47) sú samočinné, t. j. otvárajú sa tlakom kvapaliny a zatvárajú sa vlastnou hmotnosťou alebo ich pritláča pružina. Prierez sedla ventilu sa vypočíta z rovnice kontinuity ($Q_1 = Q_2$);
- **vzdušníky**, vyrovnávajú nerovnomerný prietok kvapaliny cez nasávacie a výtlačné potrubie. Umiestňujú sa blízko ventilov. Ich objem sa určuje výpočtom;
- **nasávací kôš** má zadržať hrubé nečistoty rozptýlené vo vode. Jeho účinná plocha sa volí 3- až 5-krát väčšia, ako je plocha nasávacieho potrubia.



Obr. 2.47

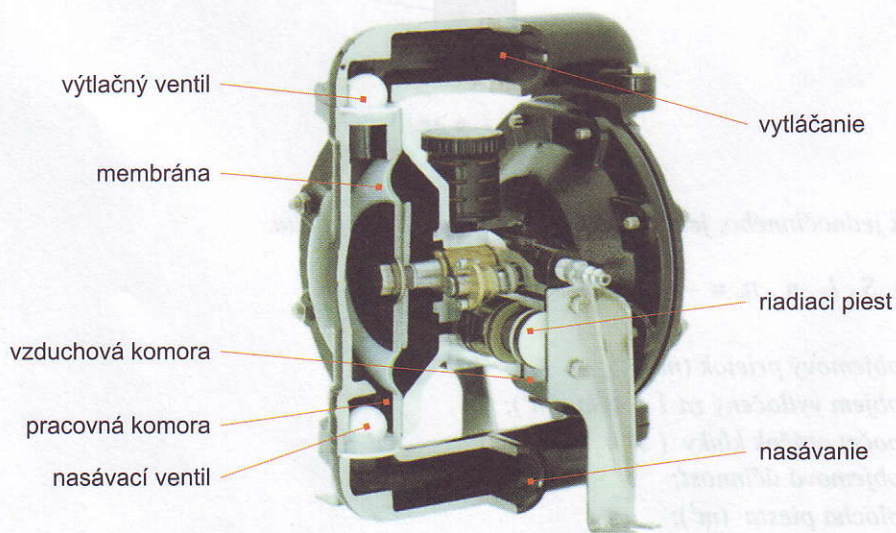
Membránové čerpadlá (obr. 2.48)

Sú to čerpadlá hydrostatické. Cyklickú zmenu pracovného objemu (nasávanie, výtlač) vykonáva pružná membrána poháňaná zdvíhacím mechanizmom s priamočiarým, vratným pohybom. Staršie zážihové spaľovacie motory ich používajú na dopravu benzínu z nádrže do karburátora.



Obr. 2.48

Vzduchomembránové čerpadlá (obr. 2.49) poháňa stlačený vzduch, nepotrebnú elektromotor. V porovnaní s klasickými čerpadlami majú niekoľko výhod, napr. pre chemický priemysel sa vyrábajú celoplastové.



Obr. 2.49

Nasledujúce hydrogenerátory (prvoradé je vytvárať tlak, nie dodávať kvapalinu) sme sa učili pri hydraulických mechanizmoch. Sú to zubové, lamelové, piestové radiálne, piestové axiálne a skrutkové hydrogenerátory.

Zubové hydrogenerátory patria do skupiny hydrostatických. Zmenu pracovného objemu vykonávajú otáčajúce sa, spoluzaberajúce zuby súkolesia. Hydrogenerátor je neregulačný. Regulácia je možná zmenou otáčok. Rovnomernosť prietoku závisí priamo úmerne od počtu zubov. Vyrábajú sa aj s tromi ozubenými kolesami (pre vyššie tlaky) alebo s vnútorným ozubením (pokojnejší chod, ale vyššia cena).

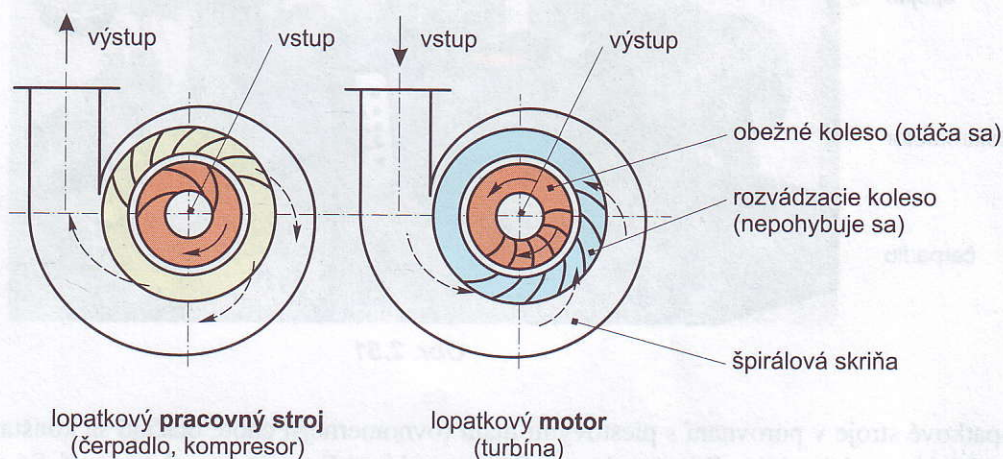
Lamelové hydrogenerátory patria do skupiny hydrostatických. Zmenu pracovného objemu vykonávajú otáčajúce a vysúvajúce sa lamely uložené radiálne v rotore. Os rotora vzhľadom na pracovný priestor je excentrická. Excentricita sa dá plynule meniť. Hydrogenerátor je tak plynule regulovateľný v určitom regulačnom rozsahu.

Všetky hydrostatické čerpadlá, resp. hydrogenerátory, pracujú ako hnané stroje (generátory), ale môžu pracovať aj ako hnacie stroje (motory). V praxi sa konštruujú samostatne, najmä z dôvodu účinnosti.

2.4.2. Hydrodynamické čerpadlá

Patria medzi hnacie rotačné lopatkové stroje (generátory). Princíp práce majú rovnaký ako hnané rotačné lopatkové stroje (motory), ale v obrátenom cykle.

Pre názornosť a na porovnanie sú schematicky nakreslené spolu v jednom obrázku (obr. 2.50). Majú rovnaké hlavné časti.



Obr. 2.50

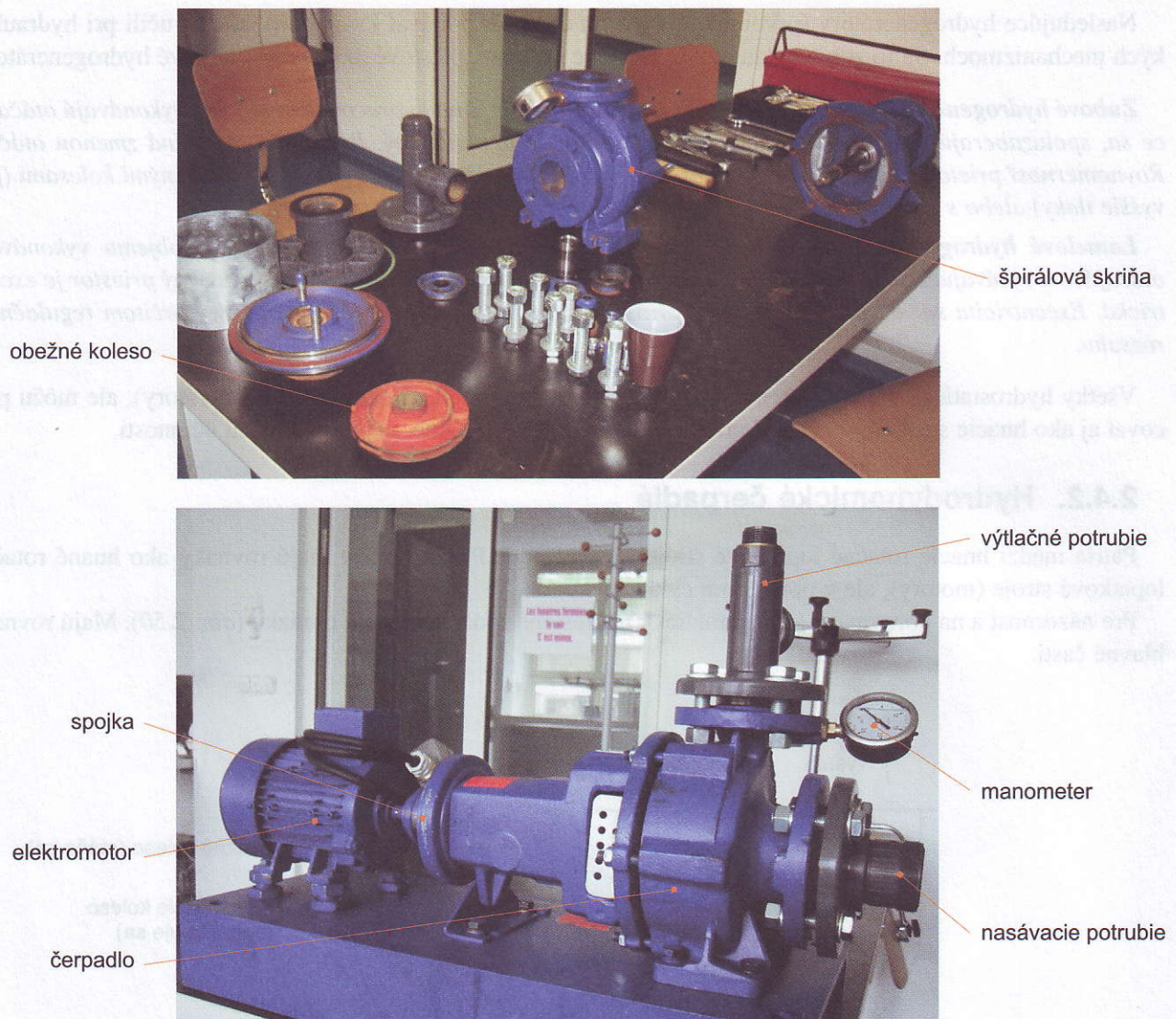
Hydrodynamické čerpadlá pracujú tak, že rotor sa prostredníctvom spojky otáča, najčastejšie elektromotorom. Jeho mechanická energia (krútiaci moment) sa mení v medzilopatkovom priestore obežného kolesa na kinetickú (pohybovú) energiu kvapaliny, ktorá prúdi do medzilopatkového priestoru rozvádzacieho kolesa. Tam sa kinetická energia kvapaliny mení na tlakovú a prúdi cez prírubový výstup špirálovej skrine do potrubia.

Prúdiaca kvapalina nesmie na lopatky narážať, musí okolo nich prúdiť.

Hydrodynamické čerpadlá sa používajú na dopravu veľkých množstiev kvapalín v potrubí. Ich určujúcou veličinou je **objemový tok**, prietok. Vyvođený tlak v kvapaline nie je určujúci. Majú nižšiu účinnosť ako piestové, lebo dochádza k dvojnásobnej premene energií.

Hlavné časti rotačných, lopatkových strojov (obr. 2.51):

- **špirálová skriňa**, odvádza kvapalinu zo stroja (generátor) alebo ju rovnomerne privádza (motor). Vyrába sa odlievaním zo sivej liatiny alebo oceloliatiny, výnimočne ako plechový zvarok. Skriňa je vyplnená kvapalinou;
- **rozvádzacie koleso** (difúzor) s lopatkami je pevne uložené v špirálovej skrini, neotáča sa;
- **obežné koleso** (rotor) s lopatkami je otočne uložené v skrini prostredníctvom ložísk. Menšie obežné kolesá sú celistvé, väčšie sú skladané.



Obr. 2.51

Lopátkové stroje v porovnaní s piestovými majú rovnomernejší chod, otáčajú sa konštantnou uhlovou rýchlosťou. Majú vysoké otáčky. Pri rovnakom výkone majú menšie rozmery a hmotnosť. Sú náročné na dynamické vyváženie. V medzilopátkových priestoroch nastáva zmena energií. Viacnásobná premena energie spôsobuje podstatne nižšiu účinnosť, ako majú objemové čerpadlá. Prúdiaca kvapalina vysokou rýchlosťou spôsobuje zvláštny jav, s ktorým sa nestretávame pri iných strojoch. Je to kavitácia (obr. 2.52).



Obr. 2.52

Kavitácia je veľmi zložitý fyzikálno-elektrochemický jav. V rýchlo prúdiacej kvapaline nad lopatkou vzniká podtlak. Z kvapaliny sa začnú uvoľňovať bublinky pár a vzduchu, ktoré sa posúvajú do priestoru s vyšším tlakom, kde pri dotyku s materiálom lopatky **implodujú** (opak explózie). Uvoľnený priestor po implózii okamžite vyplní kvapalina. Náraz na lopatku je veľmi prudký. Nárazy sú také silné, že sú v istej fáze aj počutelné. V mieste nárazu vzniká mechanické poškodzovanie (vytrhávanie) povrchu materiálu, zväčšené korozívnym účinkom vzdušného kyslíka. Navyše vplyvom lokálneho ohriatia vzniká miniatúrny termoelektrický obvod, ktorý násobí korozívny účinok. Postupným úbytkom materiálu lopatky sa stáva rotor nevyváženým, čo spôsobuje chvenie a zvýšenie namáhania ložísk. Kavitáciou sú ohrozené aj vodné turbíny, lodné skrutky, armatúry atď. Vodné stroje je možné konštruovať tak, aby pracovali v podmienkach superkavitácie. Parné bublinky tak implodujú mimo aktívnych kovových častí.

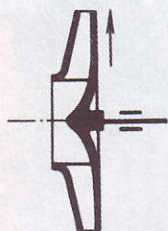
Kavitáčné vplyvy a možnosti ochrany proti kavitácii sú v odbornej literatúre.

Hydrodynamické čerpadlá môžu mať hriadeľ rotora:

- **vertikálny** (zvislý);
- **horizontálny** (vodorovný).

Z hľadiska prietoku pracovnej kvapaliny rozlišujeme čerpadlá (obr. 2.53):

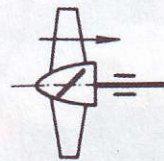
- **radiálne**, výstup pracovnej kvapaliny je kolmý na os hriadeľa (nezohľadňuje sa jej vstup);
- **axiálne**, výstup pracovnej kvapaliny je rovnobežný s osou hriadeľa;
- **diagonálne**, výstup pracovnej kvapaliny zvierá s osou hriadeľa určitý uhol.



radiálne koleso



diagonálne koleso



axiálne koleso

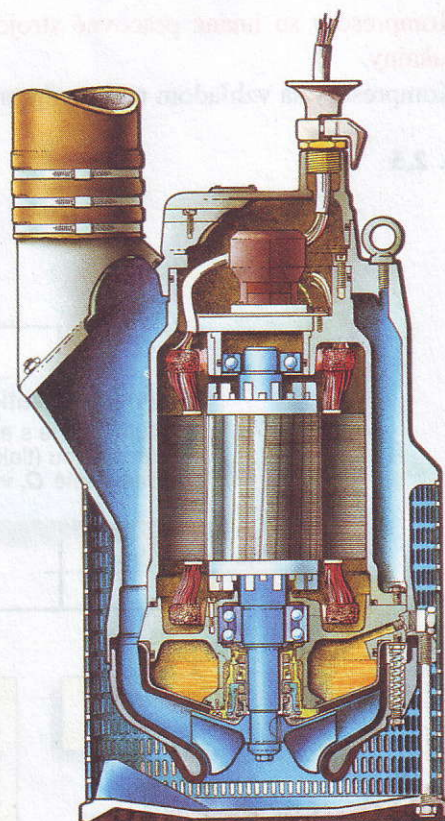
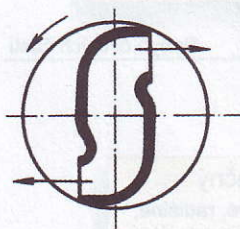
Obr. 2.53

Obežné kolesá hydrodynamických čerpadiel môžu byť zaraďované za sebou, čím sa zvyšuje dosiahnutý tlak. Hovoríme o **jednostupňových a viacstupňových** čerpadlách.

Výpočty prúdenia kvapaliny v lopatkových strojoch, ich konštrukcia, tvar, rozmery atď. sú v odbornej literatúre.

Kalové čerpadlá (obr. 2.54)

Kalové čerpadlá sú zvláštnym druhom hydrodynamických čerpadiel. Používajú sa na čerpanie veľmi znečistených kvapalín, napr. kalov, bahnitej vody, splaškov, fekálií atď. Na obrázku je nakreslené obežné koleso čerpadla.



Obr. 2.54

Ponorné čerpadlá (obr. 2.55)

Ponorné čerpadlá sa používajú na čerpanie kvapalín z hĺbok, ktoré môžu byť aj znečistené, napr. vrtov, hlbokých zatopených jám atď. Čerpadlo spolu s hnacím elektromotorom tvorí dokonale vodotesný monoblok, ktorý sa ponorí do kvapaliny. Elektrický kábel je tiež vodotesný.

Ďalšie špeciálne hydrodynamické čerpadlá, napr. pre potravinársky, chemický priemysel, sú v odbornej literatúre.

Mobilné čerpadlá (obr. 2.56)

Často sa používajú mobilné čerpadlá s dávkovacou pištoľou. Výhodné je použitie priamo v prevádzke, napr. na prečerpávanie pohonných látok, riedidiel, olejov priamo zo sudov.



Obr. 2.55



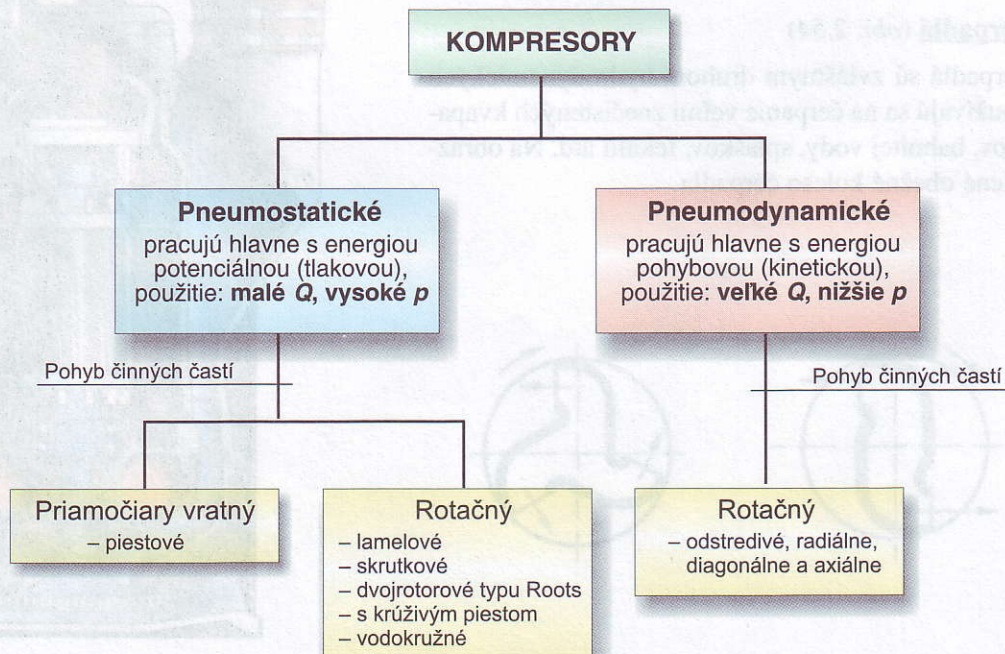
Obr. 2.56

2.5. Kompresory

Kompresory sú hnané pracovné stroje, ktoré dopravujú alebo zvyšujú tlak plynov, príp. pár, najčastejšie vzdušniny.

Kompresory sa vzhľadom na princíp práce rozdeľujú (tab. 2.5.) na:

Tab. 2.5



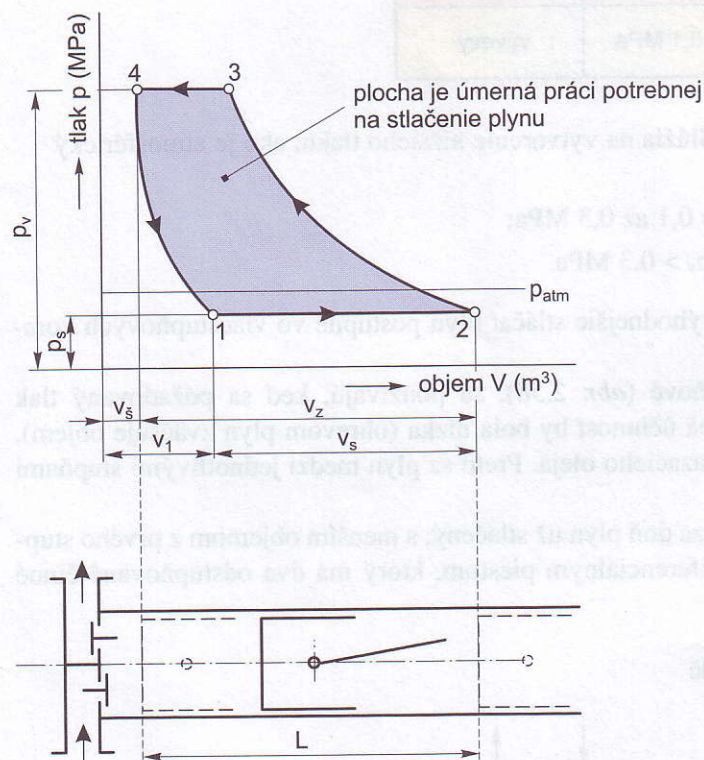
- **pneumostatické kompresory**, pohyb činných častí je priamočiary, vratný alebo rotačný. Z priamočiarych sú najpoužívanejšie piestové kompresory. Z rotačných sú najpoužívanejšie lamelové, skrutkové (vretenové), dvojrotorové typu Roots, s krúžiovým piestom a vodokružné;
- **pneodynamické kompresory**, pohyb činných častí je rotačný.

2.5.1. Pneumostatické kompresory

Piestové kompresory

Zo skupiny pneumostatických kompresorov s priamočiarym pohybom činných častí sú najpoužívanejšie piestové kompresory. Ich spoločným znakom je **kľukový mechanizmus**, podobne ako majú piestové čerpadlá. Podobný je aj spôsob nasávania a výtlačku, výhody a nevýhody. Rozdielna je len pracovná látka – plyn.

Pracovný diagram $p - V$ sa cyklicky opakuje. Na obr. 2.57 je diagram teoretický, so škodlivým priestorom. **Škodlivý priestor** – objem – je priestor vo valci, v ktorom zostáva nevytlačенý plyn piestom v hornej polohe.



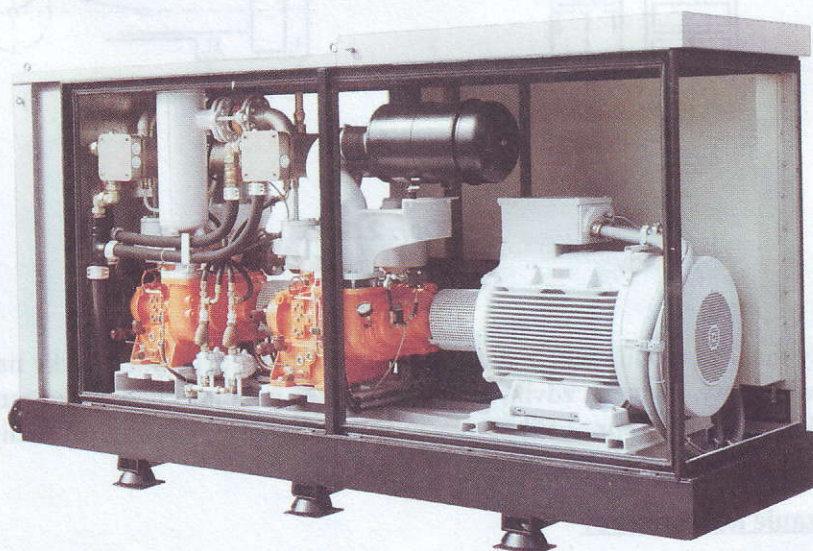
Opis diagramu:

- 1 – 2 nasávanie do priestoru valca;
- 2 – 3 adiabatické stlačenie;
- 3 – 4 výtlač z priestoru valca;
- 4 – 1 stlačený plyn v škodlivom priestore adiabaticky expanduje z výtlačného tlaku na nasávací a vyplní časť objemu valca, o ktorý sa zmenší objem nasávaného vzduchu.

V bode 1 sa nasávací ventil otvorí a v bode 2 sa zatvorí.

V bode 3 sa výtlačný ventil otvorí a v bode 4 sa zatvorí.

- V_s – škodlivý objem;
- V_z – zdvihový objem (nad valcom, medzi hornou a dolnou polohou piesta);
- V_1 – objem, do ktorého expanduje plyn stlačený v škodlivom objeme;
- V_s – nasávaný objem;
- L – zdvih piesta.



Obr. 2.57

Objemový prietok kompresora sa vypočíta podobne ako piestového čerpadla. Ostatné výpočty sú v odbornej literatúre.

Piestové kompresory sa podobne ako piestové čerpadlá používajú na vysoké tlaky plynov, ale môžu sa použiť aj na pomerne veľké objemové prietoky.

Pri stlačení plynu sa časť privedenej práce na pohon kompresora mení na kompresné teplo, plyn sa ohrieva, a preto kompresory patria medzi stroje hnané tepelné.

Piestové stroje na stláčanie a dopravu plynov sa vzhľadom na dosiahnutý výtláčny tlak rozdeľujú (tab. 2.6) na:

Tab. 2.6

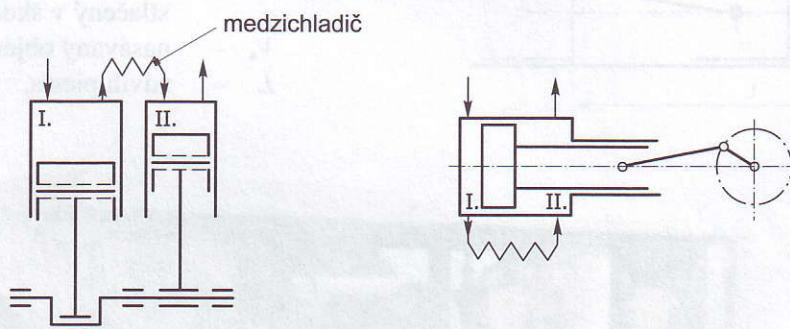
Piestové stroje	nad 0,3 MPa	kompresory
	0,1 až 0,3 MPa	dúchadlá
	do 0,1 MPa	vývevy

- **vývevy**, výtláčny tlak je do $p_v < 0,1$ MPa. Slúžia na vytvorenie nižšieho tlaku, ako je atmosférický tlak v uzatvorenom priestore;
- **dúchadlá**, pracujú s výtláčnym tlakom $p_v = 0,1$ až 0,3 MPa;
- **kompresory** stláčajú plyny na vyššie tlaky $p_v > 0,3$ MPa.

Keď potrebujeme stlačiť plyn na vyššie tlaky, je výhodnejšie stláčať plyn postupne vo viacstupňových kompresoroch.

Viacstupňové kompresory, najčastejšie dvojstupňové (obr. 2.58), sa používajú, keď sa požadovaný tlak nemôže dosiahnuť v jednostupňovom. Jeho objemová účinnosť by bola nízka (ohrevom plyn zväčšuje objem). Vysoká teplota plynu môže spôsobiť aj vznietenie mazacieho oleja. Preto sa plyn medzi jednotlivými stupňami ochladzuje v **medzichladiči**.

Druhý stupeň má už menší objem, pretože prichádza doň plyn už stlačený, s menším objemom z prvého stupňa. Môže sa použiť aj jednovalcový kompresor s diferenciálnym piestom, ktorý má dva odstupňované činné prierezy.



Obr. 2.58

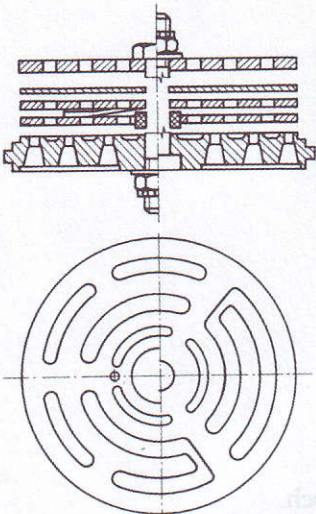
Ventily

Ventilové rozvody majú za úlohu riadiť vstup a výstup z valca. Hlavné požiadavky na ventily sú: dobrá tesnosť, malé prietokové odpory, rozmery, zdvih, hmotnosť, tichý a pokojný chod, nízka cena atď.

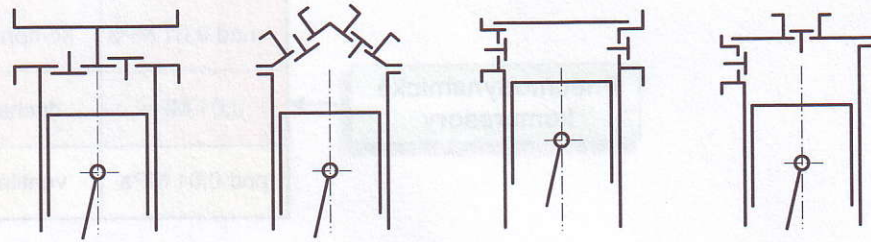
Platničkové (doskové) ventily (obr. 2.59) sa používajú najčastejšie. Uložené sú rôznym spôsobom v hlave valca kompresora (obr. 2.60).

Chladenie a mazanie kompresorov

Chladenie zabezpečuje spoľahlivý chod, zlepšuje dopravnú účinnosť a zlepšuje podmienky na mazanie olejom.



Obr. 2.59



Obr. 2.60

Mazanie kompresora má za úlohu znižovať trenie medzi funkčnými plochami, chladí ich a odplavovať nečistoty. Mažú sa vnútorné steny valcov a kľukový mechanizmus. Najčastejšie roztrekovaním alebo tlakovým spôsobom.

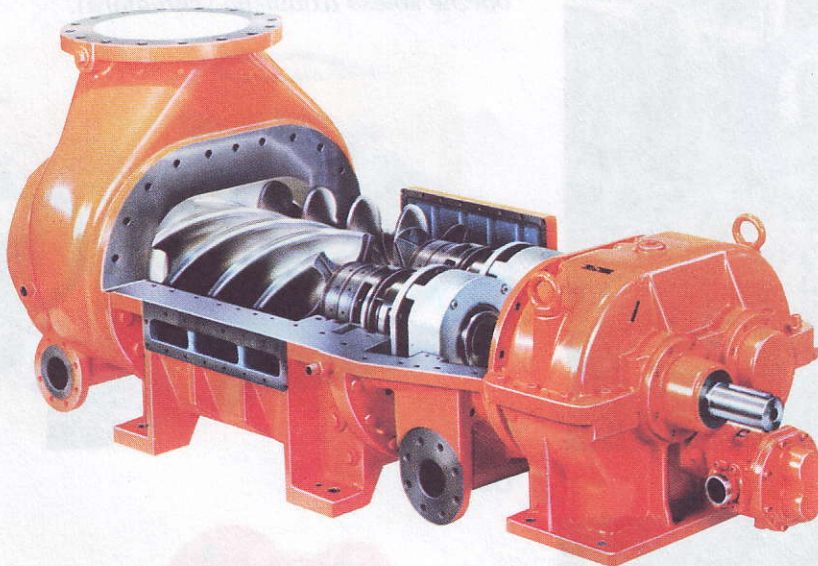
Regulácia

Množstvo dodávaného plynu sa reguluje:

- prechodným vypnutím hnacieho elektromotora (prerušované);
- zmenou otáčok elektromotora;
- pri konštantných otáčkach elektromotora, napr. uzatvorením alebo škrtením nasávania, prepúšťaním plynu z výtlaku do nasávania atď.

Prevádzka, najmä veľkých a dôležitých piestových kompresorov, údržba, opravy, zásady bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci sú v príslušných predpisoch a odbornej literatúre.

Medzi pneumostatické **rotačné** kompresory patria napr. lamelové, skrutkové (obr. 2.61), ktoré pracujú na rovnakom princípe, ako už opísané hydrogenerátory.



Obr. 2.61

2.5.2. Pneumodynamické kompresory

Patria medzi hnané rotačné lopatkové stroje (generátory) podobne ako hydrodynamické čerpadlá s tým rozdielom, že ich pracovnou látkou sú plyny, pary, najčastejšie vzdušnica. Pracujú podľa rovnakého princípu a spravidla sa aj rovnako rozdeľujú.

Vzhľadom na dosiahnutý **pracovný pretlak** rozlišujeme (tab. 2.7):

Tab. 2.7

Pneumodynamické kompresory	nad 0,01 MPa	kompresory
	0,01 MPa	dúchadlá
	pod 0,01 MPa	ventilátory

- ventilátory pracujú s pretlakom do 10^4 Pa, čiže 0,01 MPa;
- dúchadlá 0,01 MPa;
- kompresory stláčajú plyny nad 0,01 MPa.

Ventilátory

Používajú sa pri väčších objemových prietokoch a menších pracovných pretlakoch.

Podľa pracovného tlaku, ktorý dosahujú, hovoríme o ventilátoroch:

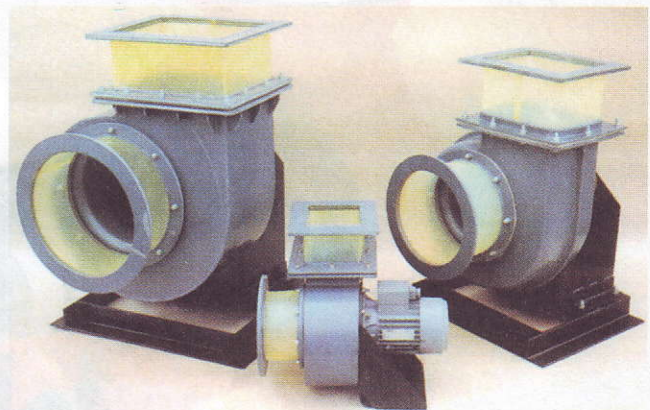
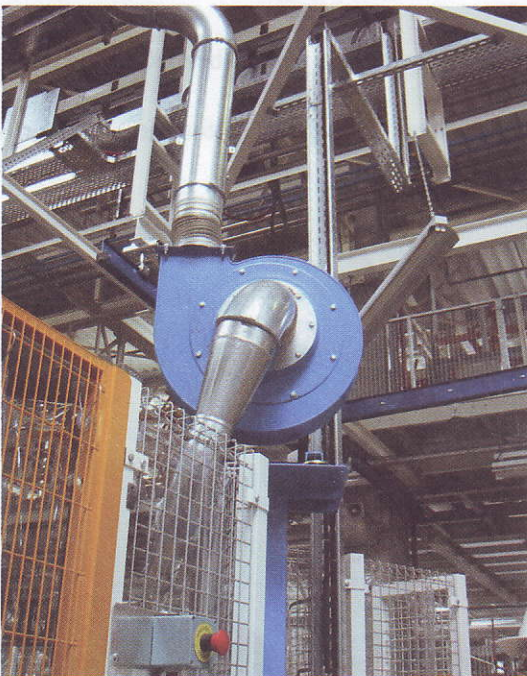
- nízkotlakových $p = 50$ až $1\ 000$ Pa;
- stredotlakových $p = 1\ 000$ až $4\ 000$ Pa;
- vysokotlakových $p = 4\ 000$ až $10\ 000$ Pa.

Ventilátory, ktoré odsávajú vzdušninu z uzatvoreného priestoru a pracujú s podtlakom, sú **exhaustory**.

Ventilátory sa používajú na dopravu vzduchu vo vykurovacích, vetracích a klimatizačných systémoch, na prívod horúceho vzduchu do vysokej pece atď.

Z hľadiska smeru dopravovaného plynu poznáme ventilátory:

- radiálne (odstredivé), vstup do obežného kola je axiálny a výstup je radiálny (na obr. 2.62 je ventilátor na odsávanie výparov vzniknutých pri bodovom zvarovaní a celoplastový ventilátor, ktorý sa používa v chemickom priemysle);
- axiálne (osové), vstup aj výstup je axiálny (na obr. 2.63 je axiálny ventilátor na odsávanie spalín vo zvarovni a obežné koleso axiálneho ventilátora).



Obr. 2.62



Obr. 2.63

Obežné koleso ventilátora s priemerom 3 m na obr. 2.64 má hydraulicky nastaviteľné lopatky. Dodáva $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ vzduchu.

Dúchadlá

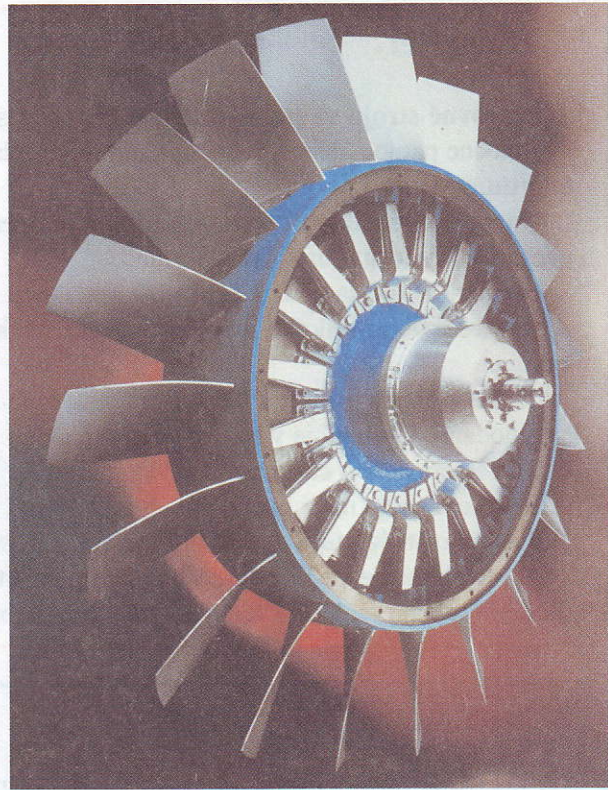
Používajú sa na dosiahnutie pracovného pretlaku viac ako 10^4 Pa . Sú jedno a viacstupňové.

Kompresory

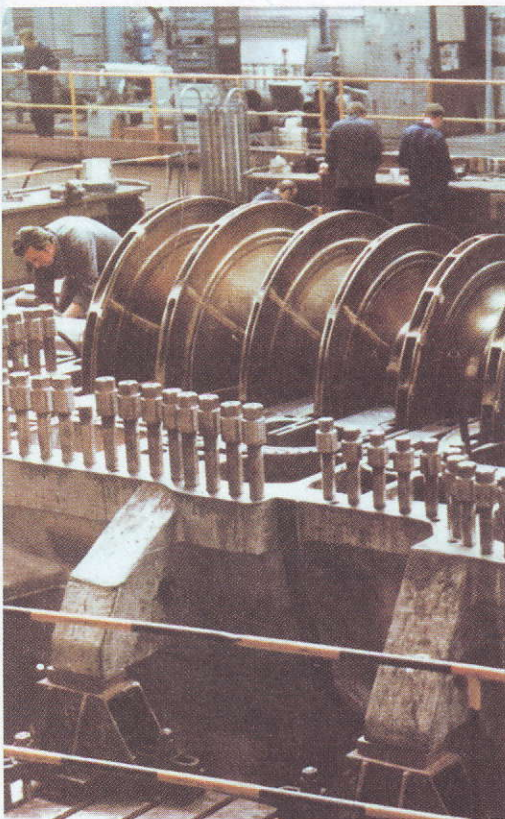
Kompresory sa používajú na dosiahnutie vyššieho pracovného pretlaku. Majú väčší počet pracovných stupňov s medzichladičmi, tzv. vonkajšie chladenie. Teleso skrine chladia vnútorné kanáliky, cez ktoré preteká chladiaca voda, tzv. vnútorné chladenie.

Pohon zabezpečuje najčastejšie elektromotor, ale môže sa použiť plynová (spaľovacia) alebo výnimočne parná turbína.

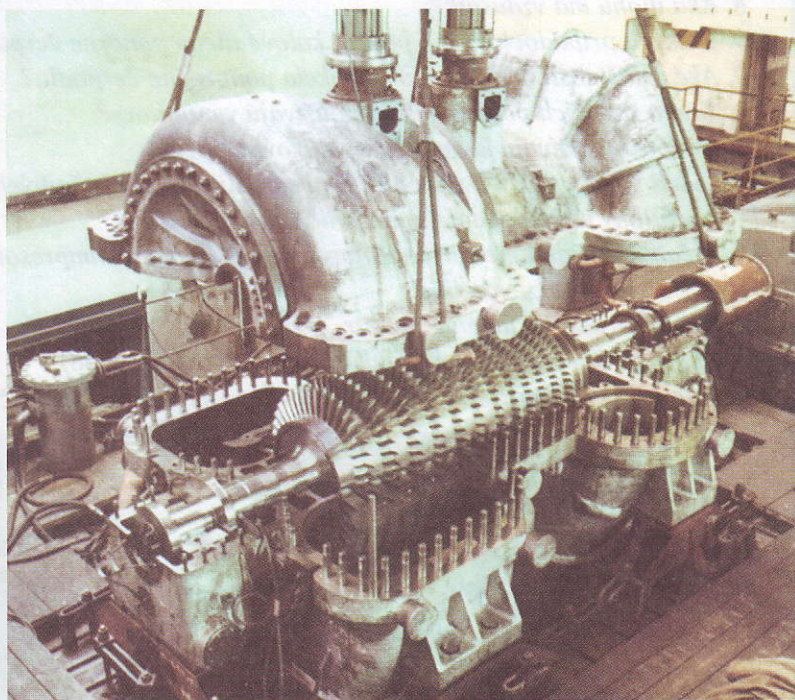
Rotor s lopatkami musí byť vzhľadom na vysoké otáčky a často aj hmotnosti dokonale staticky a dynamicky vyvážený. Na obr. 2.65 je montáž radiálneho viacstupňového kompresora. Na obr. 2.66 je otvorený viacstupňový axiálny kompresor.



Obr. 2.64



Obr. 2.65



Obr. 2.66

Prevádzka, najmä veľkých a dôležitých lopatkových kompresorov, údržba, opravy, zásady bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci sú v príslušných predpisoch a odbornej literatúre.

Zhrnutie:

Pracovné stroje sú hnané zariadenia. Najčastejšie sú poháňané elektromotorom, spaľovacím motorom, výnimočne parnou alebo spaľovacou turbínou. **Ich úlohou je zabezpečiť prietok, dopravu, resp. zvýšiť tlak tekutín.**

Pracovnou tekutinou **čerpadiel**, resp. hydrogenerátorov, sú **kvapaliny, ventilátorov, dúchadiel a kompresorov plyny**, najčastejšie vzdušnina.

Piestové stroje sa používajú, keď je potrebnou veličinou **tlak** tekutín a prietok je len sprievodná veličina.

Odstredivé, lopatkové stroje sa používajú, keď je hlavnou veličinou **prietok** a tlak je len sprievodná veličina.

Charakteristickou časťou piestových strojov je **klukový mechanizmus** so všetkými výhodami, ale najmä nevýhodami. Uložený je v bloku (valec s hlavou).

Charakteristickou časťou odstredivých strojov je **rozdávacie a obežné koleso**. Uložené sú v špirálovej skrini. Tieto stroje majú menej pohyblivých častí, pokojný chod, sú náročné na vyváženie obežného kolesa.

Piestové stroje majú vyššiu účinnosť ako odstredivé.

Na dosiahnutie vyšších tlakov sa stroje konštruujú ako viacstupňové.

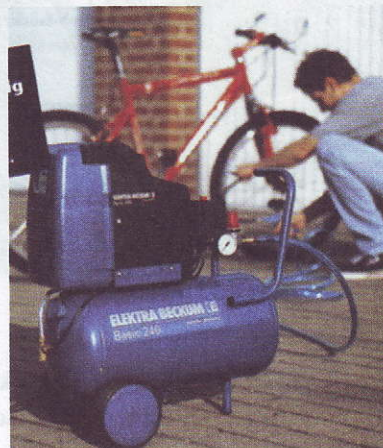
Stroje sa dajú regulovať rôznymi spôsobmi, ktoré závisia predovšetkým od ich veľkosti a použitia.

Otázky, úlohy a úvahy:

1. Vysvetlite rozdiel medzi hnacím a hnaným strojom.
2. S ktorými strojmi ste už prišli do styku? Viete ich zaradiť?
3. Aký je rozdiel medzi hydrogenerátorom a čerpadlom?
4. Ktoré látky patria pod spoločný názov „tekutiny“?
5. Poznáte nejaké konkrétne praktické použitie piestového alebo odstredivého čerpadla?
6. Skúste sformulovať výhody a nevýhody jedno- a viacpiestových strojov.
7. Aké výhody a nevýhody má klukový mechanizmus?
8. Akú úlohu má vzdušník?
9. V akých prípadoch by ste použili kalové alebo ponorné čerpadlo?
10. Aké zvláštnosti musí mať konštrukcia ponorného čerpadla?
11. Kde a za akých podmienok sa používajú ventilátory?
12. Načo sa používajú kompresory v lakovniach?
13. Videli ste už tlakovú nádobu? Čím sa odlišuje od obyčajných nádob?
14. Aké úlohy má chladenie a mazanie kompresora?
15. V čom je rozdiel medzi ventilátorom, dúchadlom a kompresorom?
16. Načo slúži medzichladič?
17. Konkretizujte zariadenie na obr. 2.67.
18. Akým zariadením je možné fúkať pneumatiky (obr. 2.68)?
19. Nakreslite a v obrázku popíšte klukový mechanizmus bez križiaka.



Obr. 2.67

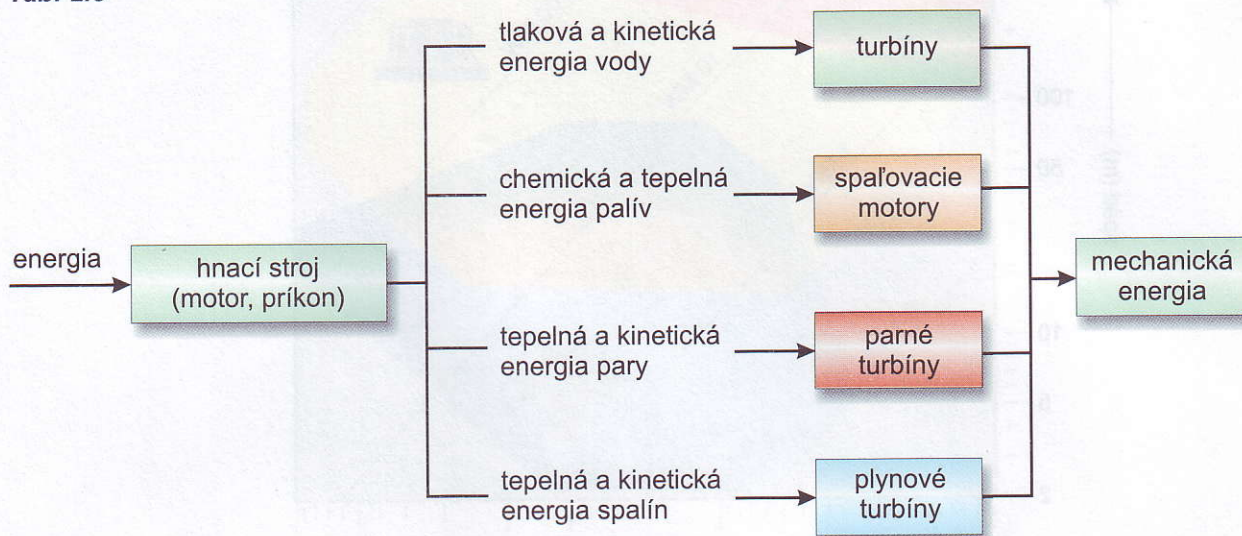


Obr. 2.68

2.6. Hnacie stroje (motory)

Hnacie stroje (motory) sú hnacie zariadenia. Sú zdrojom energie pre pracovné stroje (generátory). Vzhľadom na druh média, z ktorého získavajú energiu, sú to (tab. 2.8):

Tab. 2.8



- **vodné turbíny**, využívajú energiu vody;
- **spaľovacie motory**, využívajú chemickú energiu palív, ktorá sa ich spaľovaním mení na tepelnú a ďalej na mechanickú prácu;
- **parné turbíny**, využívajú tepelnú a kinetickú energiu pary;
- **plynové turbíny**, využívajú tepelnú a kinetickú energiu spalín, príp. plynov, tlakového vzduchu.

K progresívnym zdrojom predovšetkým elektrickej energie patria:

- **veterné elektrárne**, využívajú kinetickú energiu vetra;
- **solárne elektrárne**, využívajú najmä tepelnú energiu Slnka a súčasne môžu byť aj zdrojom tepelnej energie.

Veterná a solárna energia patria k obnoviteľným zdrojom energie. Sú ekologické k životnému prostrediu.

2.7. Vodné motory

Vodné turbíny patria medzi hnacie rotačné lopatkové stroje, ktoré **využívajú energiu vody**. Jej **potenciálna** (polohová) **energia sa mení na kinetickú**. Tú odovzdá vodnej turbíne. Krútiaci moment hriadeľa sa použije na pohon hnaného stroja, najčastejšie alternátora, na výrobu elektrického prúdu.

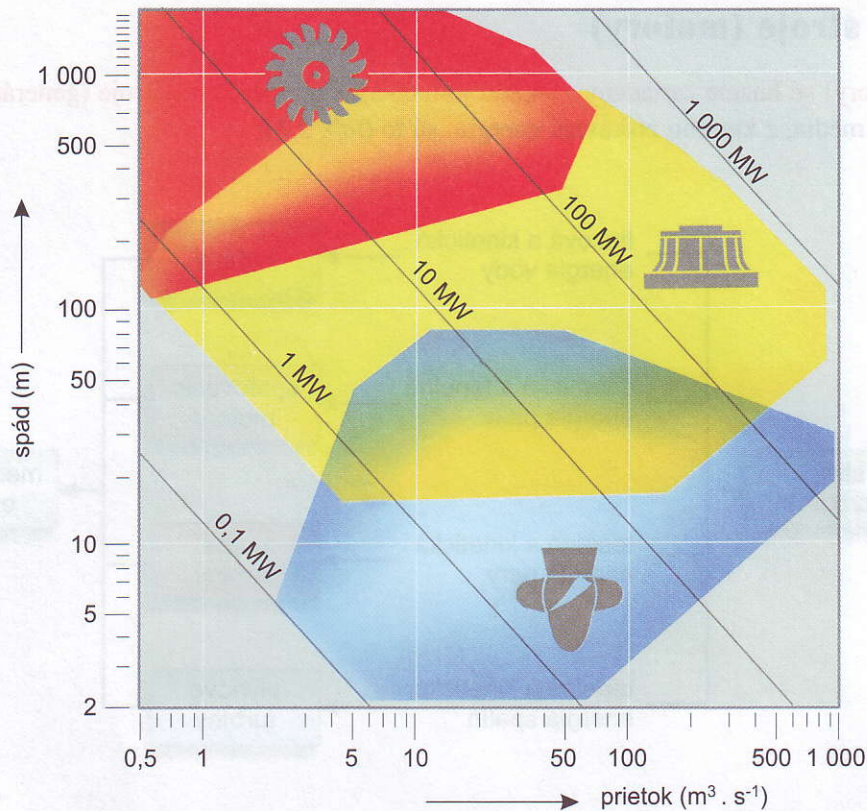
Podľa polohy hriadeľa rotora rozoznávame turbíny:

- **so zvislým hriadeľom**, napr. Kaplanova, Francisova, Deriazova turbína;
- **s vodorovným hriadeľom**, napr. Peltonova turbína.

Podľa priebehu tlaku pred a za obežným kolesom sú turbíny:

- **rovnotlakové**, akčné, majú pred aj za obežným kolesom rovnaký tlak, t. j. tlaková energia sa nemení. Celá tlaková energia vody sa mení na pohybovú v rozvádzačom zariadení. Na lopatkách obežného kolesa odovzdá voda špecifickú pohybovú energiu obežnému kolesu, napr. Peltonova turbína;
- **pretlakové**, reakčné, majú pred obežným kolesom väčší tlak ako za ním, t. j. tlaková energia sa mení. Len časť tlakovej energie vody sa mení na pohybovú v rozvádzačom zariadení. Na lopatkách obežného kolesa odovzdá voda špecifickú tlakovú aj pohybovú energiu obežnému kolesu, napr. Kaplanova, Deriazova, Francisova turbína.

Po zohľadnení využitia spádu, prietoku vody turbínou, resp. konštrukcie sú najpoužívanejšie turbíny Kaplanova, Francisova, Peltonova, prípadne Deriazova (je konštrukčným variantom Kaplanovej turbíny) (obr. 2.69).



Obr. 2.69

Rozdelenia z ďalších hľadísk sú v odbornej literatúre.

Vodné dielo je komplexný systém na výrobu elektrickej energie (obr. 2.70).

Časti vodného diela:

- **vodná nádrž**, v nej sa nahromadí voda s určitou polohovou energiou;
- **priehradový múr**, v ktorom je umiestnená strojovňa s turbogenerátormi (turbína spolu s alternátorom);
- **privádzacie a odvádzacie zariadenia**, kanály, **čistiace a uzatváracie zariadenia** atď.

Základné parametre vodného diela sú:

- **spád vody** (m), závisí od výšky priehradového múru;
- **prietok vody** turbínami ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);

Z hľadiska veľkosti spádu rozoznávame vodné diela:

- **nížkotlakové** so spádom do 15 m (napr. Gabčíkovo, Vážske kaskády);
- **stredotlakové** so spádom do 60 m;
- **vysokotlakové** so spádom nad 60 m (napr. Čierny Váh).

Kaplanova turbína

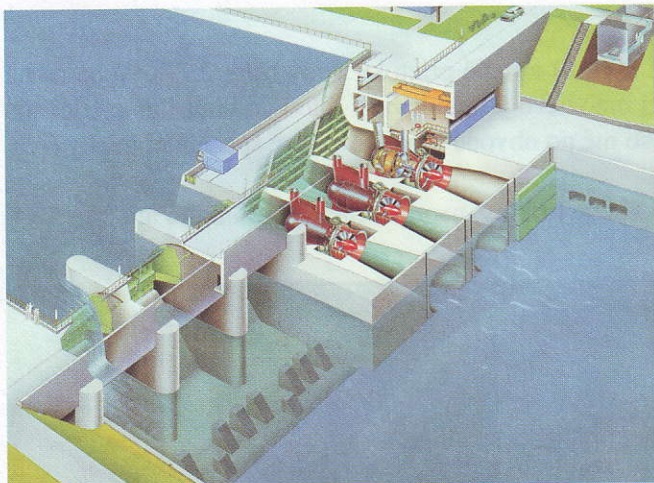
Kaplanova turbína je najpoužívanejšia. Je vhodná pre malé spády a veľké prietoky vody (obr. 2.71).

Rozvádzacie koleso je pevné, neotáča sa, jeho **lopatky sa natáčajú** v závislosti od **polohy lopatiek obežného kolesa** (obr. 2.72), **ktoré sa tiež natáčajú**. Natáčanie lopatiek zabezpečujú špeciálne mechanizmy, ovládané serвомotormi. Takto je možné turbínu regulovať, t. j. meniť jej otáčky.

Rotujúce lopatky obežného kolesa sú namáhané na ohyb prúdom vody a na ťah odstredivými silami. Obežné koleso je uložené v špirálovej skrini.



Obr. 2.70



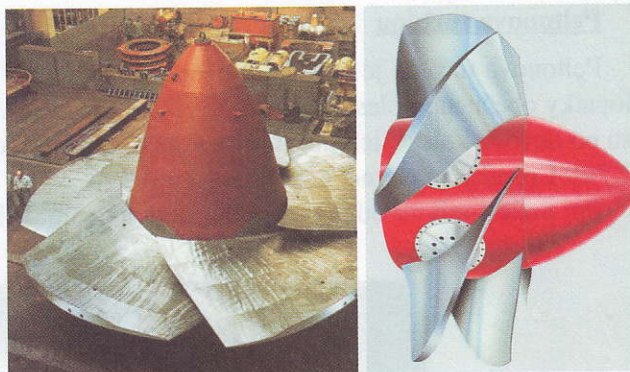
Obr. 2.71

Na najznámejšej vodnej elektrárni v Gabčíkove je inštalovaných osem Kaplanových turbín, každá s výkonom 90 MW. Priemer obežného kolesa je 9,33 m, lopatka má dĺžku viac ako 3 m. Každá turbína potrebuje na plný výkon prietok vody $500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Na obr. 2.73 je jedna zo štyroch lopatiek Kaplanovej turbíny v Gabčíkove.

Francisova turbína

Francisova turbína je vhodná pre stredné spády a stredné prietoky vody (obr. 2.74). **Rozvádzacie koleso** (obr. 2.75) je pevné, neotáča sa, jeho **lopatky sa natáčajú**, čo má vplyv na smer vstupu vody na **lopatky obežného kolesa** (obr. 2.76). Tie **sú pevné**, nenatáčajú sa. Takto je možné turbínu regulovať. Obežné koleso je uložené v špirálovej skrini.

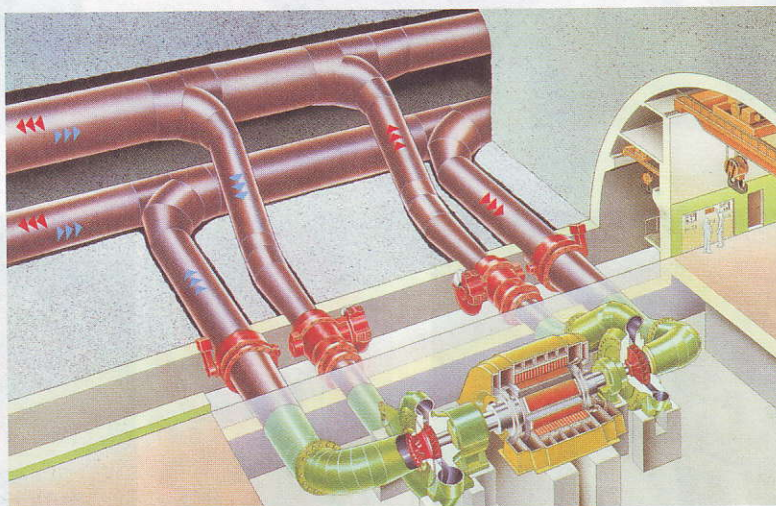
U nás je takáto turbína v Ružíne.



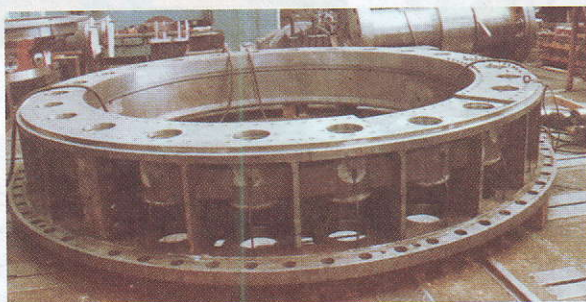
Obr. 2.72



Obr. 2.73



Obr. 2.74



Obr. 2.75

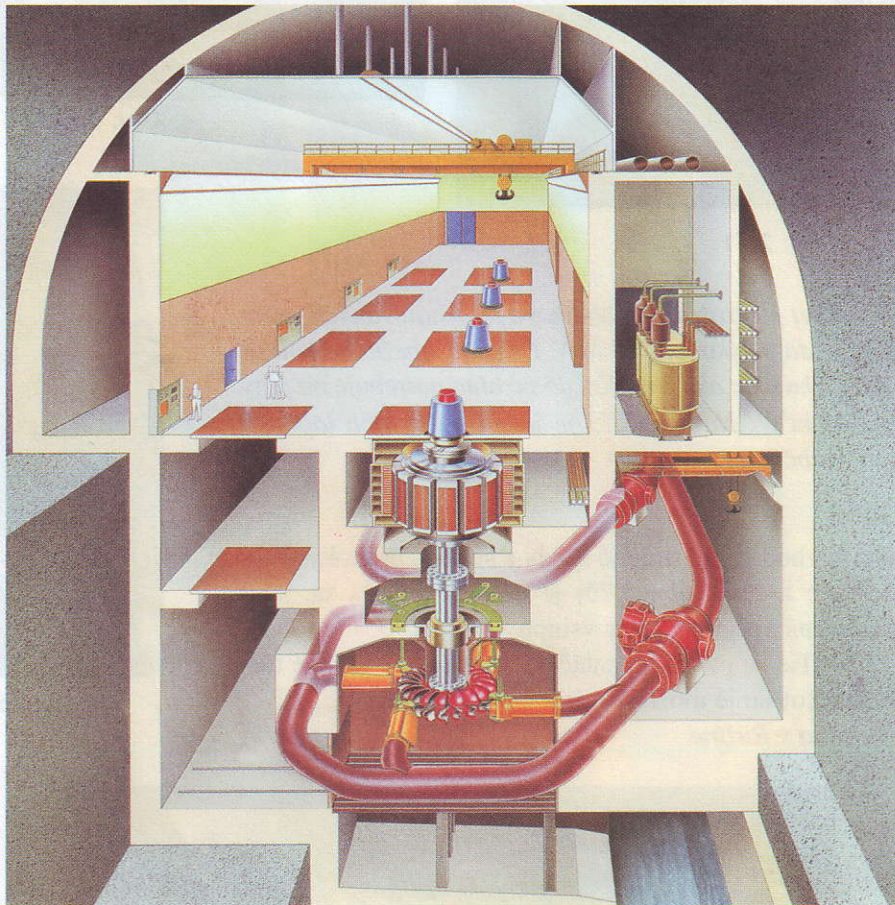


Obr. 2.76

Peltonova turbína

Peltonova turbína je vhodná pre veľké spády (100 až 200 m) a malé prietoky vody (obr. 2.77). Voda sa na lopatky obežného kola privádza **dýzami** (obr. 2.78). Jej množstvo je **regulované ihlou** vo vnútri dýz. Uložené sú po obvode kola, ich počet býva 2 až 6. Obežné koleso má po obvode lopatky v tvare špeciálnej misky (obr. 2.79). Lopatky sú pevné, nenatáčajú sa.

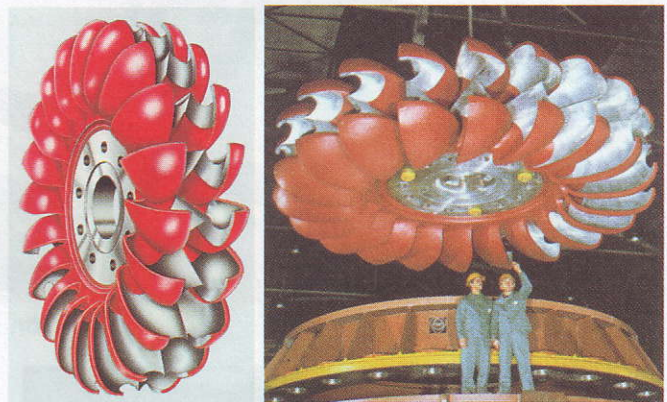
Pre malé a mikrovodné elektrárne sa používajú ďalšie vodné turbíny, napr. Deriazova, Bánkiho atď.



Obr. 2.77



Obr. 2.78



Obr. 2.79

Prečerpávacie vodné elektrárne

Prečerpávacie vodné elektrárne pracujú v čase energetickej špičky niekoľko hodín. Majú dve vodné nádrže, hornú a dolnú. Keď je turbína v prevádzke, voda z hornej nádrže preteká turbínou a hydrogenerátor vyrába elektrický prúd. V noci, keď je elektrickej energie prebytok, alternátor pracuje ako elektromotor a roztáča turbínu, ktorá pracuje ako lopatkové čerpadlo. Prečerpáva vodu z dolnej nádrže do hornej. Tento cyklus sa periodicky opakuje.

U nás je to napr. Liptovská Mara, Čierny Váh. Elektrárň Čierny Váh má rozdiel výšky hornej a dolnej nádrže viac ako 430 m. Prítok vody do dolnej nádrže spracúva Kaplanova turbína s výkonom 768 kW. V prečerpávacej časti je nainštalovaných šesť trojstrojových prečerpávacích jednotiek. Skladajú sa z motorgenerátora, Francisovej turbíny a akumuláčného čerpadla.

K prečerpávacím turbínam patrí aj turbína HONE brnianskych konštruktérov Hosnédl – Nechleba.

Vodné turbíny majú pomerne vysokú účinnosť (90 až 93 %). V porovnaní s ostatnými spôsobmi výroby (tepelné, jadrové) je ekologický. Nezaťažuje exhalátmi a škodlivinami životné prostredie. Nevýhodou je závislosť od množstva vody v prírode.

Špeciálne vodné elektrárne

Sú inštalované na moriach a oceánoch. Sú to elektrárne:

- prílivové, ktoré využívajú kinetickú energiu morského prílivu. Rozdiel hladín pred prílivom a po ňom je aj niekoľko metrov;
- elektrárne, ktoré využívajú kinetickú energiu lámania morských vln.

2.8. Stroje využívajúce tepelnú energiu

Rozvoj parných a spaľovacích turbín je spojený s geniálnym Slovákom Aurelom Stodolom, rodákom z Liptovského Mikuláša (1859) (obr. 2.80).

Aurel Stodola správne pochopil obmedzené možnosti parného stroja, ktorý v tom čase dominoval v priemysle. Vo veku 33 rokov mu udelili profesorskú hodnosť na Vysokej škole technickej v Zürichu (Švajčiarsko). Pôsobil tam až do svojej smrti v roku 1942. S úctou a obdivom sa o jeho práci vyjadril aj v tom čase mladý docent Albert Einstein vo svojich prednáškach z teoretickej fyziky na tej istej univerzite.



Obr. 2.80

Stroje využívajúce tepelnú energiu sú hnacie lopatkové stroje, motory, ktoré tepelnú energiu pary alebo spálených plynov menia na mechanickú energiu.

2.8.1. Parné turbíny

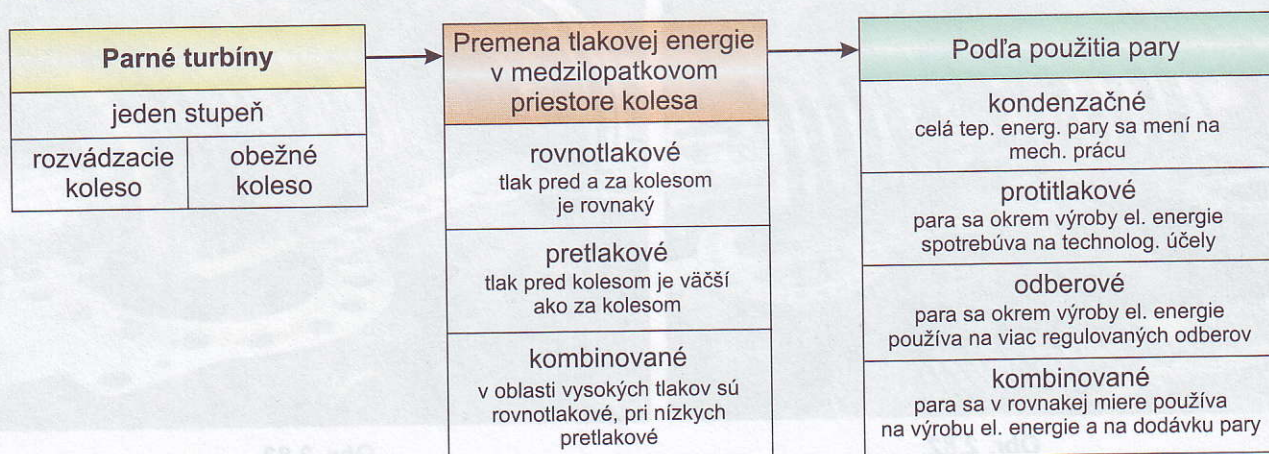
Parné turbíny sú hnacie lopatkové stroje, motory, s uzavretým tepelným obehom, v ktorých sa tepelná energia pary mení na mechanickú energiu.

Parné turbíny najčastejšie poháňajú alternátory na výrobu elektrickej energie, ale aj čerpadlá, kompresory, lode atď. Para s určitými parametrami, vyrobená v parogenerátore, prechádza medzi lopatkovými priestormi rozvážacieho zariadenia, v ktorom expanduje (rozpína sa), pričom sa časť energie mení na pohybovú. Potom para vstupuje do medzi lopatkového priestoru obežného kolesa, odovzdá mu svoju energiu a rotor roztočí.

Sekcia nepohyblivých lopatiek rozvážacieho zariadenia a príslušný rad lopatiek obežného kolesa tvoria pracovný stupeň.

Druhy parných turbín podľa premeny tlakovej energie pary a podľa jej použitia sú v tab. 2.9.

Tab. 2.9



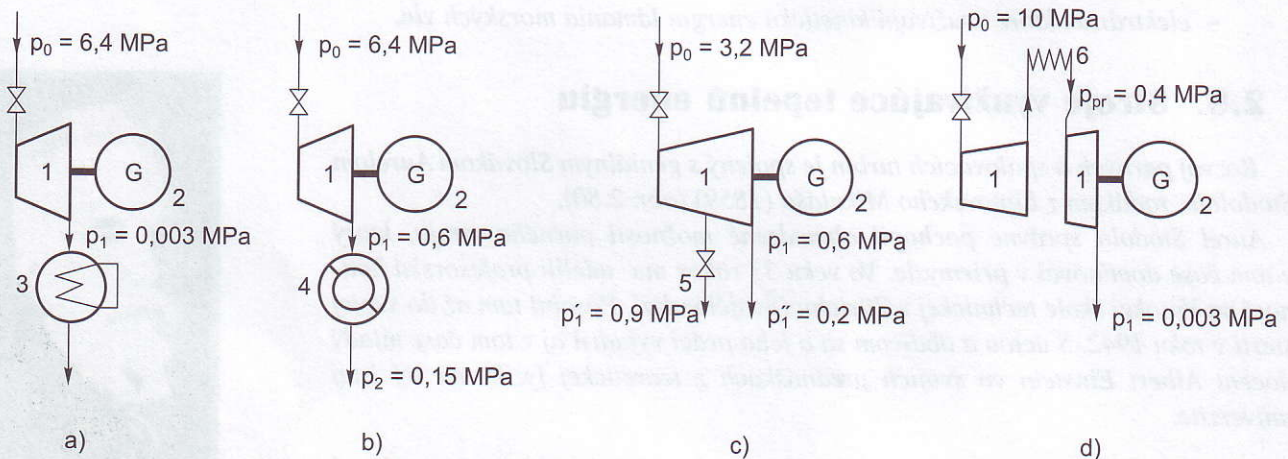
Z hľadiska **premeny tlakovej energie** v medzilopatkovom priestore obežného kolesa sa pracovné stupne parnej turbíny rozdeľujú na:

- **rovnotlakové**, akčné, v ktorých sa obežné koleso otáča v priestore s konštantným tlakom;
- **pretlakové**, reakčné, v ktorých je pred obežným kolesom väčší tlak ako za ním;
- **kombinované**, veľké parné turbíny v oblasti vysokých tlakov sú rovnotlakové a v oblasti nízkych pretlakové.

Vzhľadom na počet pracovných stupňov sa parné turbíny rozdeľujú na:

- **jednostupňové**, malé parné turbíny;
- **viacstupňové**, spracúvajú veľký tepelný spád s dobrou účinnosťou a para postupne expanduje v jednotlivých stupňoch (zopakujme si, že jeden stupeň je rozvážacie a obežné koleso).

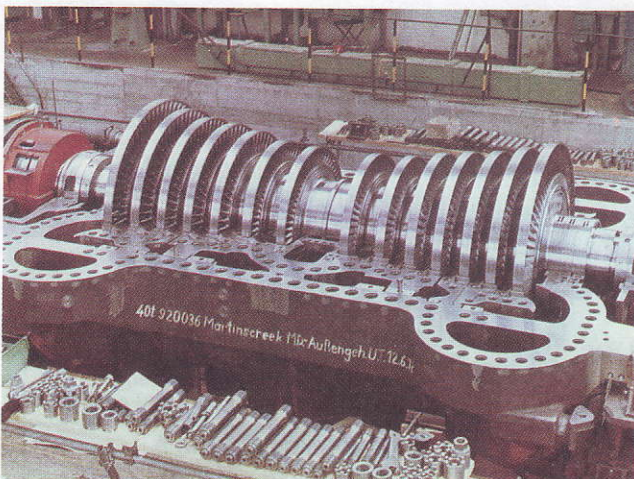
Z hľadiska **použitia pary vystupujúcej z turbíny** sa tieto turbíny rozdeľujú na (obr. 2.81):



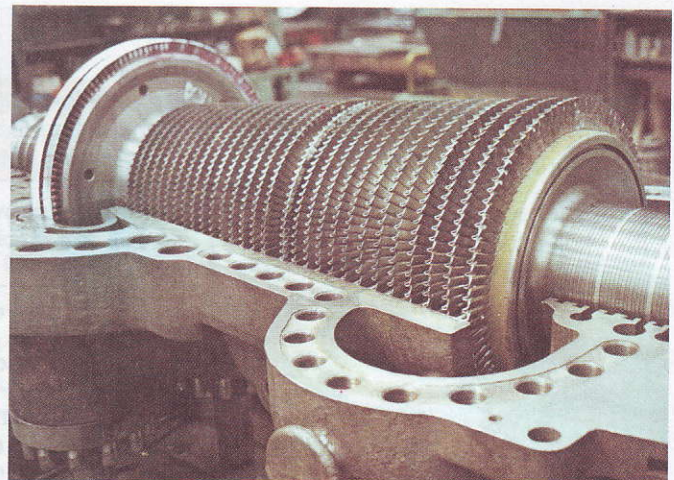
- | | | |
|---------------------------|--------------------|---------------------|
| 1 – turbína | 3 – kondenzátor | 5 – odber |
| 2 – trojfázový alternátor | 4 – spotrebič pary | 6 – prihrievač pary |

Obr. 2.81

- **kondenzačné** (obr. 2.81a), používajú sa najmä v tepelnej elektrárni. Celá tepelná energia pary sa mení na mechanickú prácu hriadeľa turbíny (krútiaci moment) a tá sa mení na elektrickú energiu vyrobenú v alternátore. Zvyšná para skondenzuje v kondenzátore. Na obr. 2.82 je rovnotlaková kondenzačná turbína;
- **protitlakové** (obr. 2.81b, obr. 2.83), používajú sa, ak okrem výroby elektrickej energie je potrebná para s určitými parametrami na technologické účely alebo vykurovanie;



Obr. 2.82



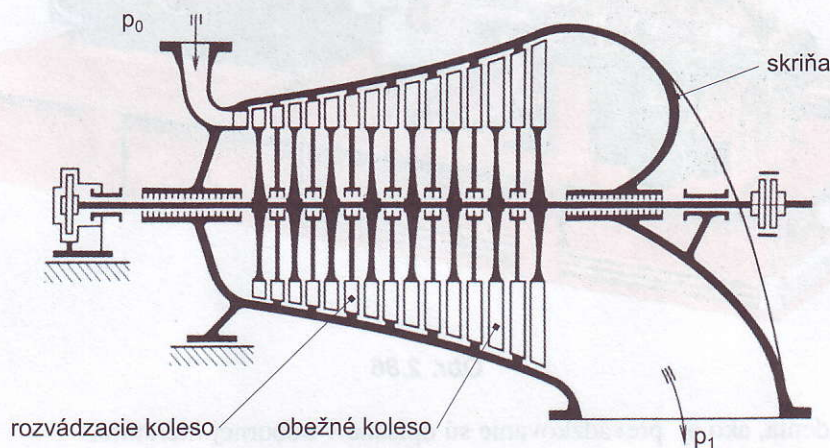
Obr. 2.83

- **odberové** (obr. 2.81c), používajú sa, keď je okrem výroby elektrickej energie potrebných viac regulovaných odberov pary. Tlak je konštantný, a keď poklesne, potom do nízkotlakovej časti turbíny prichádza menšie množstvo pary;
- **kombinované** (obr. 2.81d), používajú sa v teplárenskej prevádzke, kde sú inštalované turbíny protitlakové aj kondenzačné. Elektrárňou produkuje elektrickú energiu aj paru, ktorá sa rozvádza prevodom k spotrebiteľom.

Celková účinnosť parnej turbíny je len 16 až 35 %, maximálne 40 %. Účinnosť je možné zvýšiť napr. prehriatím pary pred vstupom do nízkotlakovej časti. Para sa prehreje v prehrievači, ktorý je umiestnený v parogenerátore.

Parogenerátor je zariadenie na výrobu pary so základnými parametrami (tlak 10 až 30 MPa, teplota 500 až 600 °C). Tam sa **voda** pomocou tepla získaného horením rôznych palív (pevné, kvapalné, plynné alebo teplota získaná z jadrového reaktora) **mení na sýtu, prehriatu paru**.

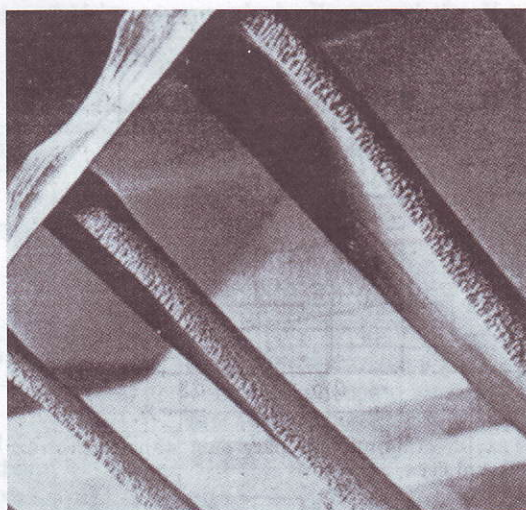
Hlavné časti rovnotlakovej kondenzačnej parnej turbíny (obr. 2.84):



Obr. 2.84

- **skriňa** je delená vodorovnou rovinou na spodok skrine a veko. Spolu sú zmontované bez tesnenia špeciálnymi predpätými obvodovými skrutkami. Je odliata z oceloliatiny;
- **rotor** je vyrobený z výkovku sústružením. Lopatky má vsadené po obvode najčastejšie do drážok tvaru *T*. Vyrobené sú z vysokolegovaných ocelí, najčastejšie kopírovacím frézovaním. Rotor musí byť dokonale vyvážený. Pri vysokých teplotách a tlakoch sa musí uvažovať s trvalým „tečením“ materiálu (creep).

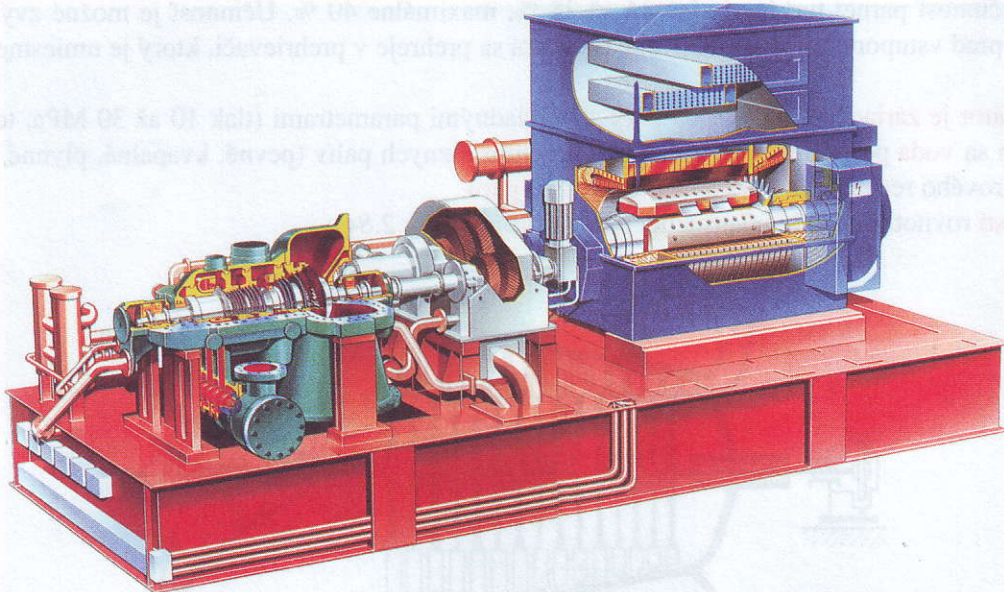
Lopatky poškodzuje **erózia** (obr. 2.85) pomerne malým množstvom veľkých kvapiek vody, ktoré sa neprehriali na paru a majú veľkú kinetickú energiu;



Obr. 2.85

- **rozdávacie zariadenie**, koleso je lopatkovaný veniec. Z montážnych dôvodov je delený alebo segmentový;
- **upchávk** zabraňujú úniku pary medzi hriadeľom rotora a skriňou. Používajú sa labyrintové upchávk.

Pre prevádzkovateľa je výhodný modulárny systém na výrobu elektrickej energie s kompaktnou (celistvou) konštrukciou na spoločnom základnom ráme (obr. 2.86). Má kondenzačnú parnú turbínu (max. teplota pary 540 °C, tlak pary 12 MPa), kondenzátor pary, prevodovku a generátor elektrického prúdu s výkonom 40 MW.



Obr. 2.86

Ďalšie časti a zariadenia, ako aj prevádzkovanie sú opísané v odbornej literatúre.

Parné turbíny sú a ešte dlho budú nenahraditeľné pri výrobe elektrickej energie v tepelných elektrárnach. Sú inštalované aj v sekundárnej časti jadrových elektrární.

Netradičné zdroje, napr. veterné, slnečné elektrárne, sú v našich zemepisných podmienkach obmedzené. Niektoré sa nevyskytujú vôbec, napr. prílivová elektráreň alebo výroba elektrickej energie z morských vln.

2.8.2. Plynové turbíny

Plynové turbíny sú hnacie lopatkové stroje, motory.

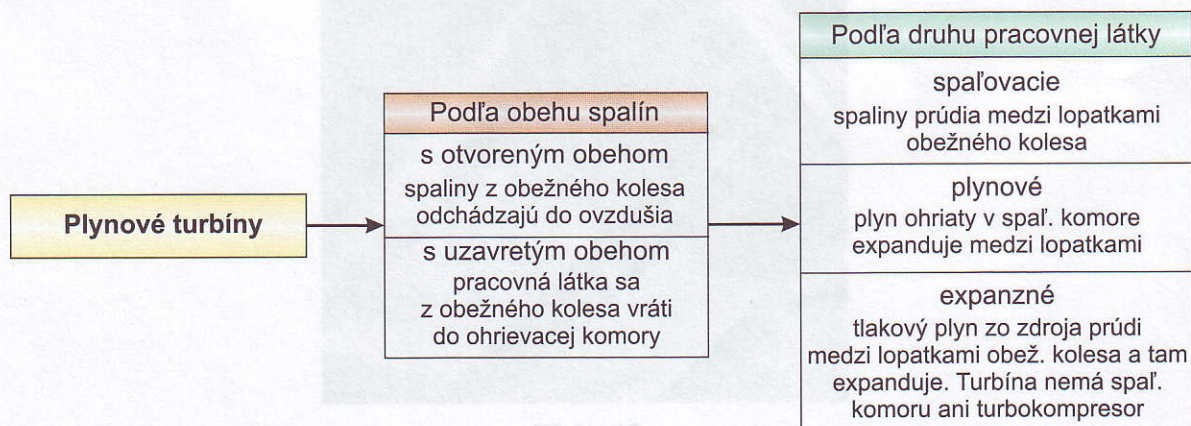
V medzilopatkovom priestore rotora prúdi teplonosná látka, ktorá počas pracovného cyklu nemení skupenstvo.

Plynové turbíny poháňajú napr. alternátory na výrobu elektrickej energie (špičkové elektrárne), kompresory pri doprave zemného plynu v plynovode. Používajú sa na pohon lodí, železničných a cestných vozidiel, lietadiel (turbovrtuľové motory).

Pracujú podľa rovnakého princípu ako parné turbíny a sú aj konštrukčne podobné.

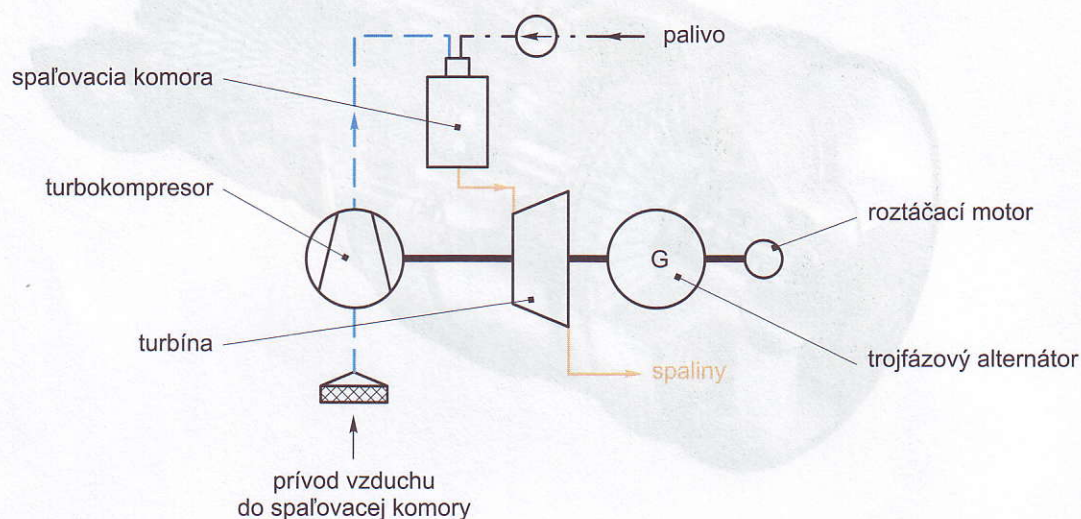
Rozdelenie plynových turbín podľa obehu a podľa druhu pracovnej látky vidíte v tab. 2.10.

Tab. 2.10



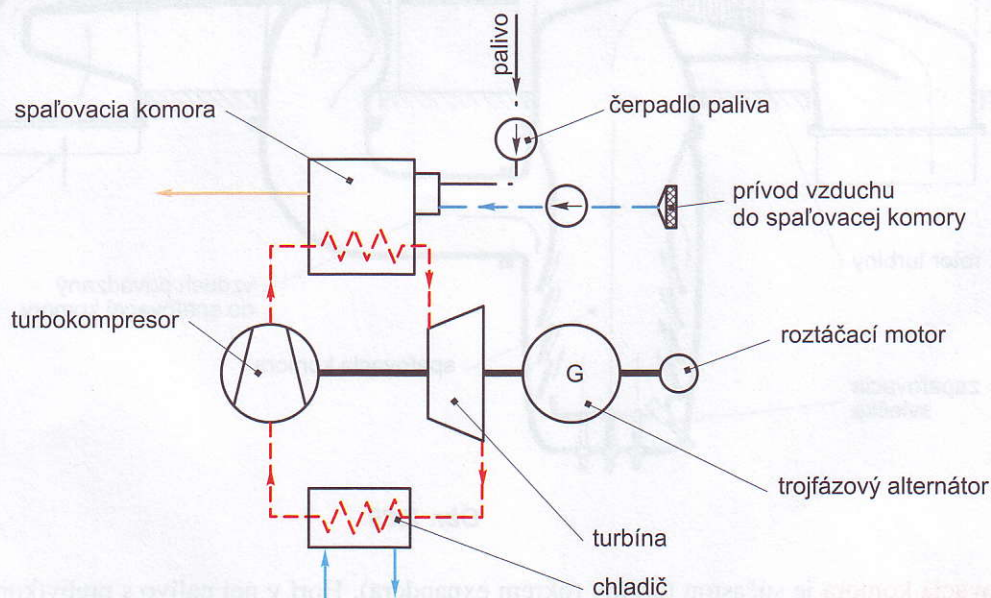
Z hľadiska spôsobu obehu spalín turbíny pracujú:

- **s otvoreným obehom** (obr. 2.87), spaliny po expanzii v turbíne odchádzajú cez tlmič výfuku do ovzdušia. Sú konštrukčne jednoduchšie, lacnejšie. Pracovný priestor je znečisťovaný exhalátmi zo spalín. Majú nízku účinnosť, len okolo 20 %;



Obr. 2.87

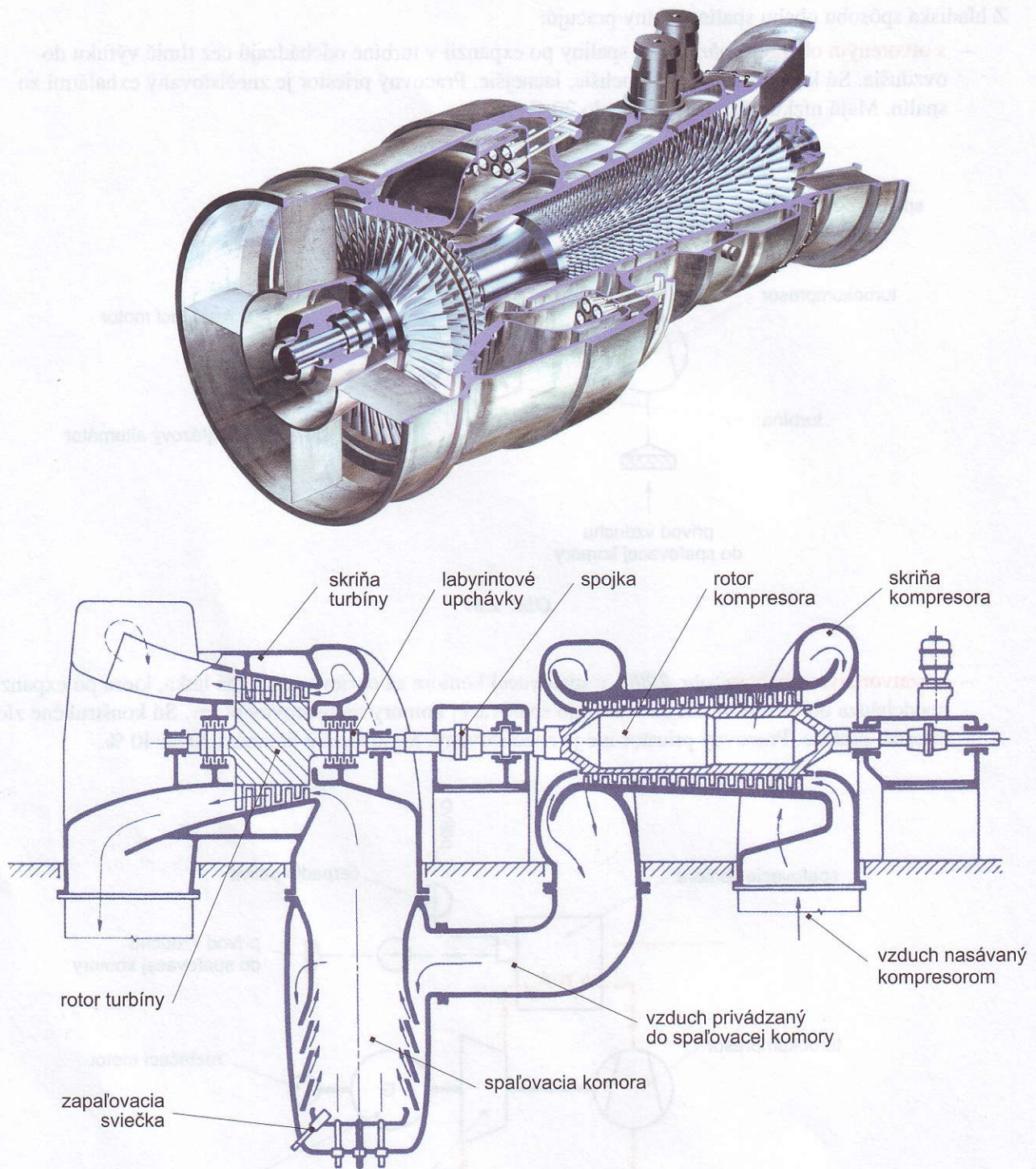
- **s uzatvoreným obehom** (obr. 2.88), v spaľovacej komore sa ohrieva pracovná látka, ktorá po expanzii neodchádza do ovzdušia, ale sa vracia do spaľovacej komory na opätovný ohrev. Sú konštrukčne zložitejšie, drahšie. Pracovný priestor nie je znečisťovaný. Majú vyššiu účinnosť 30 až 40 %.



Obr. 2.88

Vzhľadom na druh pracovnej látky sa plynové turbíny rozdeľujú na:

- **spaľovacie**, spaliny zo spaľovacej komory prúdia medzi lopatkami obežného kolesa, na obr. 2.89 je spaľovacia turbína s otvoreným obehom na spaľovanie zemného plynu;
- **plynové**, vhodný plyn ohriaty v spaľovacej komore prúdi medzi lopatkami obežného kolesa, kde expanduje. Výhodou je, že obežné lopatky nie sú v priamom styku so spalinami;
- **expanzné** (expandéry), tlakový plyn zo zdroja prúdi medzi lopatkami obežného kolesa a tam expanduje. Takáto turbína nemá spaľovaciu komoru ani turbokompresor.



Obr. 2.89

Spaľovacia komora je súčasťou turbíny (okrem expandéra). Horí v nej palivo s prebytkom vzduchu, ktorý je vháňaný **turbokompresorom**. Ten je na spoločnom hriadeli s turbínou. Znižuje jej výkon až o dve tretiny.

Podľa skupenstva sa **palivá** pre plynové turbíny rozdeľujú na:

- **kvapalné**, ktoré sú podstatne menej kvalitné ako pre spaľovacie motory. Používajú sa ľahké vykurovacie oleje, mazut, surová ropa. Môžu byť vyrobené aj z uhlia;
- **plynné**, vhodné pre plynové turbíny. Používa sa zemný alebo vysokopecný, tzv. kychťový plyn;
- **tuhé**, používajú sa nepriamo tak, že sa najskôr spracujú na plyn.

Účinnosť plynových turbín rastie s teplotou pracovnej látky. Je to limitované žiarupevnosťou konštrukčných materiálov. Teplota spalín je 600 až 950 °C. Používajú sa nehrdzavejúce, vysokolegované ocele alebo špeciálne zliatiny napr. NIMONIC (až 80 % Ni). Povrch sa upravuje keramickým striekaním. Pre letecké turbíny s prevádzkovou teplotou 1 250 °C sa používa konštrukčná keramika.

Plynové turbíny potrebujú na rozbeh rotora cudzí zdroj, ktorý musí zabezpečiť asi 25 % prevádzkových otáčok. Používa sa elektromotor, spaľovací motor a pod.

Rotor musí byť dokonale vyvážený, staticky aj dynamicky.

Chladenie vonkajších, príp. vnútorných častí sa realizuje prúdiacim vzduchom.

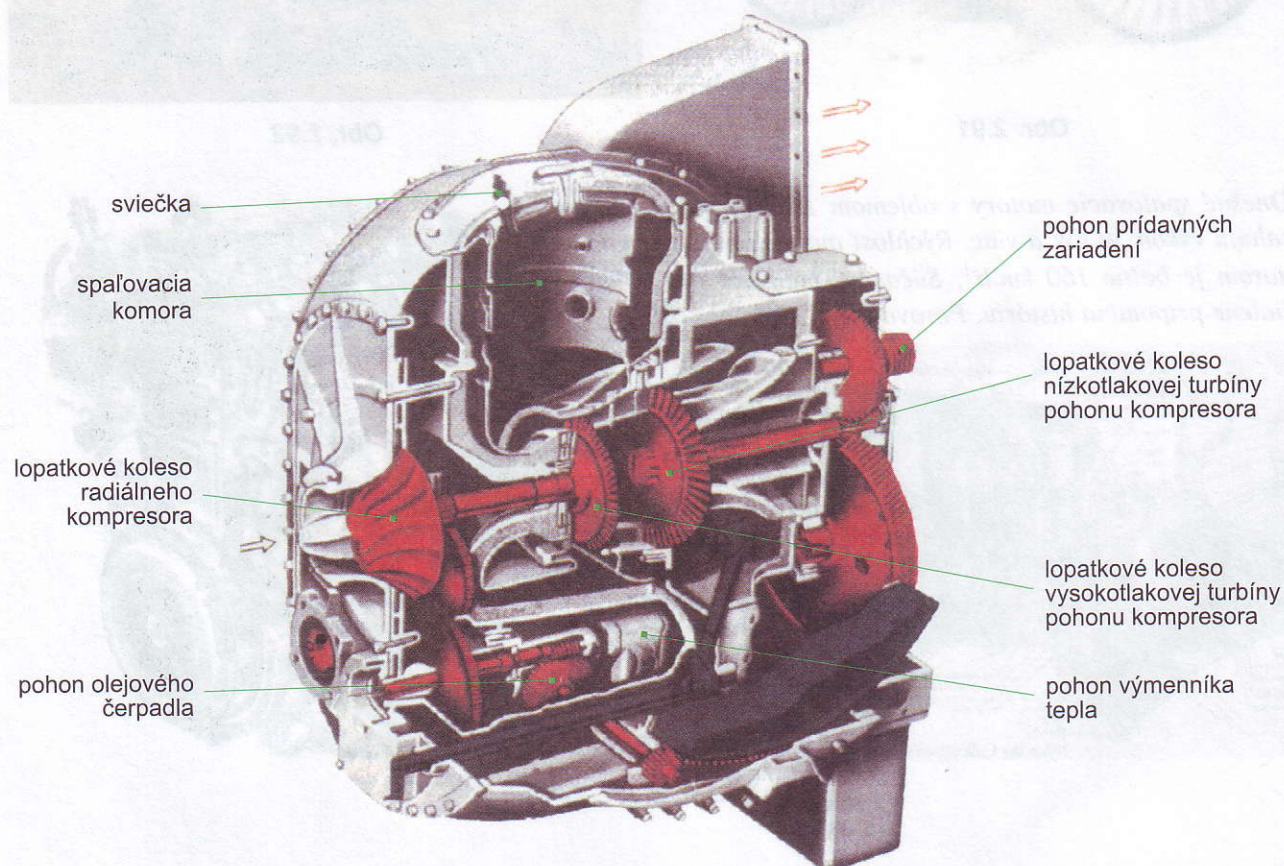
Spaľovacia turbína dvojhriadelová (obr. 2.90) je vhodná na pohon automobilov. Vysokotlaková turbína poháňa kompresor a nízkotlaková na samostatnom hriadeli poháňa automobil. Optimálna prevádzka turbíny je pri stálom, menovitom výkone. Keď pracuje pri čiastočnom zaťažení, prudko stúpne spotreba. Používa sa na pohon ťažkých nákladných automobilov po diaľnici ustálenou rýchlosťou. Výhodou v porovnaní s piestovým spaľovacím motorom je menší počet súčiastok. Rotujúce sú iba dve:

- kompresorové koleso s jeho hnacou vysokotlakovou turbínou na spoločnom hriadeli;
- hnacia (výstupná) nízkotlaková turbína.

Spaľovacia turbína dvojhriadelová má menšie rozmery a hmotnosť, vysokú životnosť, nižšie náklady na údržbu, malú spotrebu oleja a tým menší obsah škodlivín. Má pokojný chod bez vibrácií a veľmi nízke nároky na palivá.

Nevýhodou je hlučnejší nasávací a výfukový systém, vysoká teplota plynov si vyžaduje kvalitné a drahé konštrukčné materiály lopatiek. Tepelná účinnosť je nižšia, čo spôsobuje vyššiu spotrebu palív.

Použitie spaľovacích turbín na pohon cestných vozidiel je zatiaľ obmedzené.



Obr. 2.90

2.8.3. Piestové spaľovacie motory

Automobily okolo nás považujeme dnes za bežnú súčasť života. Prvý automobil v histórii, ktorý si dal v roku 1886 v Nemecku patentovať BENZ, bola trojkolka kočiarového typu (obr. 2.91).

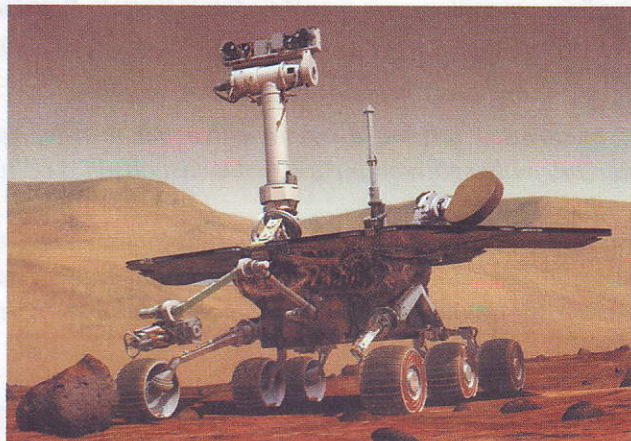
Odvtedy automobily prekonali obrovský vývoj. Všetci poznáte dnešné automobily alebo špeciálny „lunochod“, na ktorom sa americkí kozmonauti vozili po povrchu Mesiaca. Začiatkom roku 2004 sa na povrchu Marsu pohyboval šesťkolesový elektromobil – robot Spirit Mission DELTA II (obr. 2.92) s hmotnosťou 174 kg a rozmermi (výška x dĺžka x šírka) 1,5 m x 1,6 m x 2,3 m. Poháňali ho motory napájané solárnymi lítiovo-iónovými

batériami s výkonom 140 W, ktoré zabezpečovali funkčnosť aj ostatných systémov. Celkové náklady na výrobu, vyslanie a aktivity boli 820 miliónov dolárov.

Je logické, že podobný vývoj prekonal aj hnacie jednotky automobilov, dnes predovšetkým spaľovacie motory. Princíp ich činnosti je prakticky stále rovnaký. Zmenila sa konštrukcia, použité materiály, palivá, prídavné zariadenia, ale najmä pribudla elektronika a mikroelektronika. Dokumentuje to jednovalcový spaľovací motor Benzovej trojkolky s objemom 0,954 litra a výkonom 0,9 koní (0,662 kW). Maximálna rýchlosť trojkolky bola 18 km.h⁻¹. V technickom múzeu Henryho Fonda sa zachoval obraz motora legendárneho automobilu Ford T (spomínali sme ho v časti 1.5) aj s opisom jednotlivých častí (obr. 2.93).

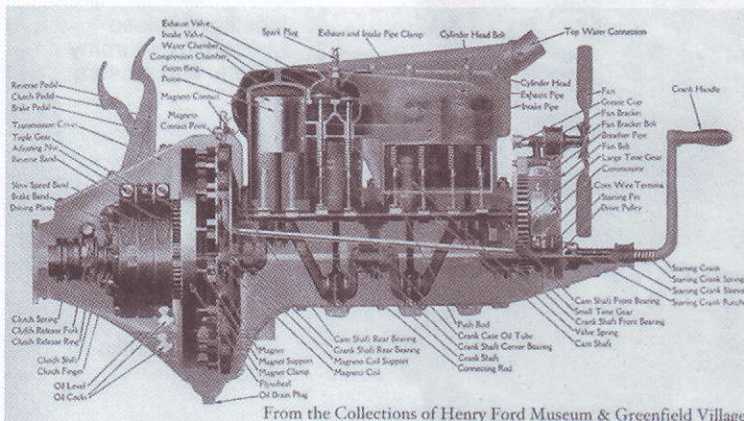


Obr. 2.91



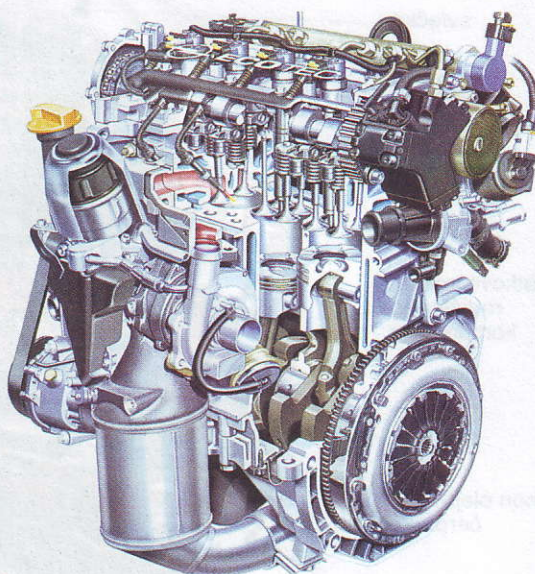
Obr. 2.92

Dnešné spaľovacie motory s objemom 1 liter (1 000 cm³) dosahujú výkon 50 kW a viac. Rýchlosť automobilu s takýmto motorom je bežne 160 km.h⁻¹. Súčasný spaľovací motor iba vzdialene pripomína históriu. Porovnaj si to na obr. 2.93.



From the Collections of Henry Ford Museum & Greenfield Village

Obr. 2.93



Vývoj spaľovacích motorov má takú akceleráciu, ktorá je porovnateľná s mikroelektronikou a výpočtovými technológiami. Slovensko sa v najbližšej budúcnosti dostane počtom vyrobených automobilov na počet obyvateľov na popredné miesto v Európe. Preto sa budeme spaľovacími motormi zaoberať podrobnejšie.

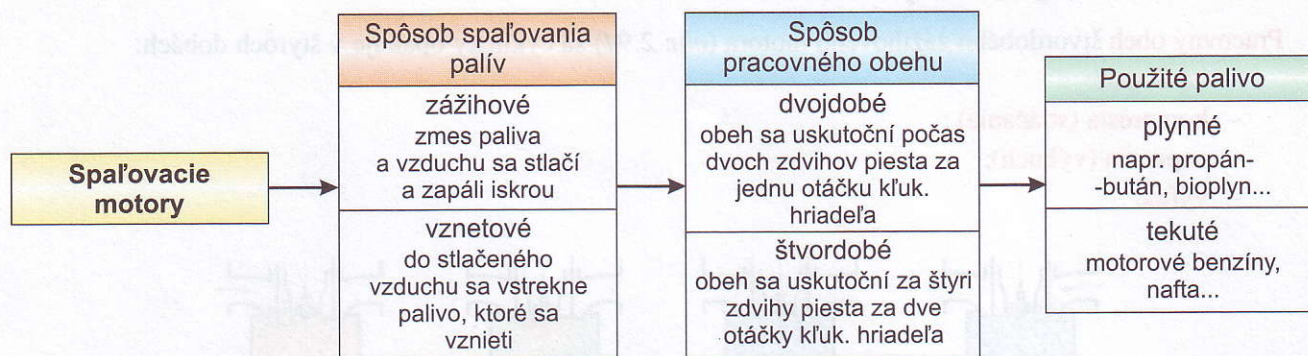
Spaľovacie motory sú hnacie tepelné piestové stroje (motory). Chemická energia ich palív sa horením v pracovných priestoroch valcov sčasti mení prostredníctvom kľukového mechanizmu na mechanickú energiu. Výnimkou je Wankelov motor, ktorý nemá kľukový mechanizmus.

Rozdelenie spaľovacích motorov podľa rôznych kritérií vidíte v tab. 2.11.

Podľa **spôsobu spaľovania palív** sa spaľovacie motory rozdeľujú na:

- **zážihové** (OTTOV motor), zmes motorového benzínu so vzduchom sa zapáli elektrickou iskrou;
- **vznetové** (DIESELOV motor), do stlačeného a zohriateho vzduchu kompresnou prácou sa vstreknú motorová nafta, ktorá sa následne vznieti.

Tab. 2.11



Podľa **spôsobu obehu**, resp. počtu pracovných dôb, sa zázihové aj vznetové motory rozdeľujú na:

- **dvojdobé** (dvojtaktné), pracovný obeh prebehne počas dvoch zdvihov piestov, za jednu otáčku kľukového hriadeľa;
- **štvordobé** (štvortaktné), pracovný obeh prebehne počas štyroch zdvihoch piestov, za dve otáčky kľukového hriadeľa.

Vzhľadom na **použité palivo** sa spaľovacie motory rozdeľujú na:

- motory na **plynné palivá**, napr. propán-bután *LPG* (tankuje sa v tekutom stave), zemný plyn *CNG* s tlakom 20 až 25 MPa (v tekutom stave *LNG* pri teplote $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$), svietiplyn, generátorový, koksársky, kychtový, bioplyn. Progresívny a ekologický je vodík (tankuje sa v tekutom stave *LH2* pri kryogénnej teplote $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ alebo v plynnom stave *CGH2* s tlakom v nádrži až 70 MPa);

- motory na **tekuté palivá**, motorové benzíny a nafta.

Motorové benzíny a nafta sú ropné produkty. Ich cena na svetovom trhu stále stúpa, a preto je nevyhnutné hľadať iné, obnoviteľné zdroje (napr. biomasy). Sledovanou hodnotou palív je obsah síry (max. 0,03 až 0,05 %).

Názov „benzín“ je mladší ako vynález spaľovacieho motora aj automobilu. Bol odvodený z priezviska jedného z priekopníkov motorizmu Carla Fridricha Benza;

- motory na **pevné palivá** majú obmedzené použitie. Pevné palivo sa používa nepriamo, napr. drevo sa splyňuje v špeciálnom zariadení a palivom v motore je plyn. Do budúcnosti je tento druh paliva perspektívny.

Spaľovacie motory sa rozdeľujú podľa ďalších hľadísk, napr. podľa počtu a polohy valcov, účelu (stacionárne, mobilné, koľajové, lodné, letecké atď.), druhu ventilového rozvodu, spôsobu plnenia, chladenia atď.

Progresívne palivá pre motory sú alkoholy metanol a etanol, BIODIESEL vyrobený z repky olejnej, SUNDIESEL alebo SUNFUEL, vyrobené z drevenej alebo ľubovoľnej biomasy. Tieto progresívne palivá sú ohladupľnejšie k životnému prostrediu. Množstvo uhľovodíkov (CH) sa zníži o 40 %, oxidu uhoľnatého (CO) o 70 % a pevných častíc, sadzí o 44 % pri zanedbateľnom poklese výkonu motora.

Oktánové číslo (OČ) motorových benzínov vyjadruje ich antidetonačnú schopnosť (klepanie motora) pri spaľovaní.

Je to percentuálny pomer dvoch čistých uhľovodíkov:

- **izooktánu** (OČ = 100) s vysokou antidetonačnou schopnosťou;
- **heptánu** (OČ = 0) s minimálnou antidetonačnou schopnosťou.

Detonačné spaľovanie je škodlivé, motor sa prehrieva, je hlučnejší a viac mechanicky namáhaný.

Motorové benzíny majú OČ 95, 98 až 100 i viac.

Antidetónátory sú látky na zvýšenie OČ.

Sú to látky najčastejšie éterického pôvodu, Slovnaft používa prísadu ANABEX.

V minulosti používané prísady na báze olova (olovnaté benzíny) sa dnes nepoužívajú z dôvodu ochrany životného prostredia.

Cetánové číslo (CČ) motorovej nafty vyjadruje jej **reaktivitu**, t. j. schopnosť po vstreknutí vznietiť sa a zhoariť.

Je to percentuálny pomer dvoch uhľovodíkov:

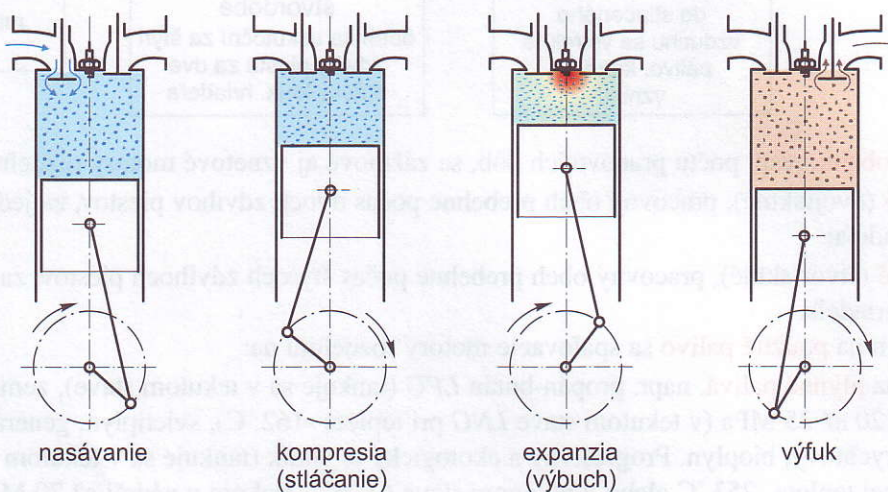
- **cetánu** (CČ = 100) s vysokou reaktivitou;
- **metylnaftalénu** (CČ = 0), resp. heptametyl nonánu (CČ = 15), s minimálnou, resp. nízkou reaktivitou.

Motorová nafta má CČ 49 až 56, SUNDIESEL až 70. CČ neovplyvňuje výkon vznetového motora.

2.8.3.1. Štvordobý zážihový motor

Pracovný obch štvordobého zážihového motora (obr. 2.94) sa cyklicky opakuje v štyroch dobách:

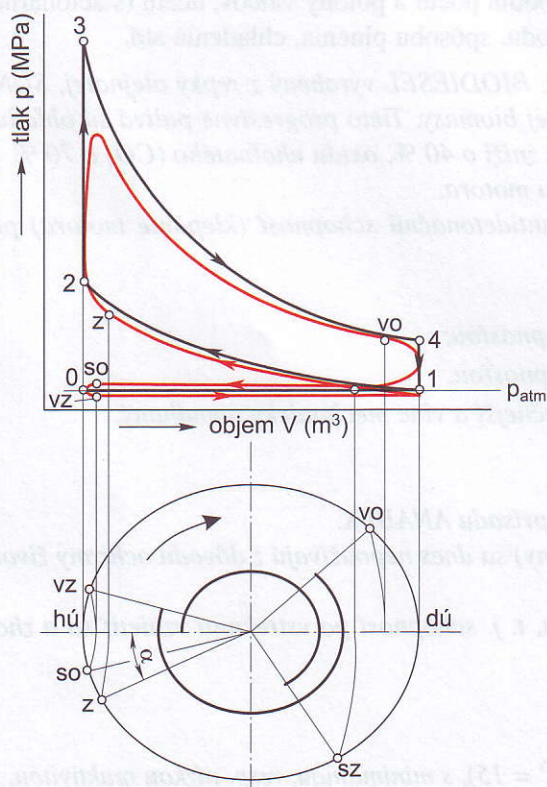
- nasávanie;
- kompresia (stláčanie);
- expanzia (výbuch);
- výfuk.



Obr. 2.94

Obch štvordobého zážihového motora, ktorý je najrozšírenejší, vidíte v $p - V$ diagrame. Na obr. 2.95 je znázornený skutočný (naznačený červenou krivkou) a teoretický obch, ktorý sa cyklicky opakuje. Diagram sa uvádza spolu s kruhovým diagramom časovania ventilového rozvodu. V bode Z nastane zapálenie zmesi benzínu so vzduchom iskrou, ktorá preskočí medzi kontaktmi elektrickej sviečky.

Teoretický obch je zjednodušený viacerými predpokladmi, ktoré umožnia zložitú termodynamickú výpočty tzv. zmiešaného obchu.



Opis $p - V$ diagramu skutočného obchu:

- 0 - 1 nasávanie, pod tlakom, ktorý je nižší ako atmosférický;
- 1 - 2 adiabatická kompresia (stláčanie);
- Z bod pred hornou polohou piesta, v ktorom preskočí medzi elektródami zapalovacej sviečky elektrická iskra;
- 2 - 3 výbuch, za stáleho objemu stúpa teplota aj tlak;
- 3 - 4 adiabatická expanzia (pracovný zdvih);
- 4 - 1 pokles teploty aj tlaku, za stáleho objemu;
- 1 - 0 výfuk, spaliny sú vytlačené zo spaľovacieho priestoru;
- hú - horná úvrať (poloha) piesta;
- dú - dolná úvrať (poloha) piesta;
- SO - nasávací ventil otvorený;
- SZ - nasávací ventil zatvorený;
- VO - výfukový ventil otvorený;
- VZ - výfukový ventil zatvorený;

Obr. 2.95

Kompresný priestor – objem – je priestor, v ktorom zostávajú nevytlačené spaliny v hornej polohe.

Kompresný pomer sa vypočíta:

$$\varepsilon = \frac{V_k + V_z}{V_k} = \frac{V_1}{V_2}$$

V_k kompresný objem (m^3);

V_z zdvihový objem (m^3). Je to objem medzi dolným a horným zdvihom piesta. Je to charakteristický parameter motora, v praxi sa udáva v cm^3 alebo litroch.

Zdvihový objem sa vypočíta:

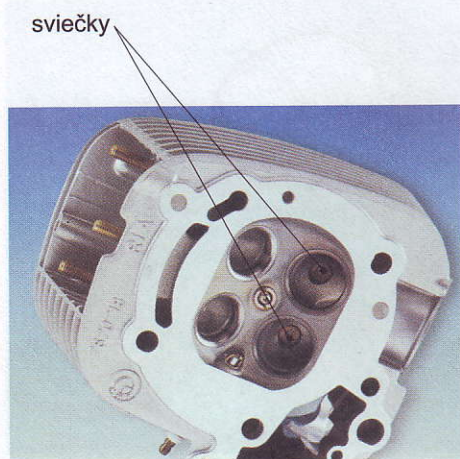
$$V_z = i \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \quad (m^3)$$

i počet valcov;

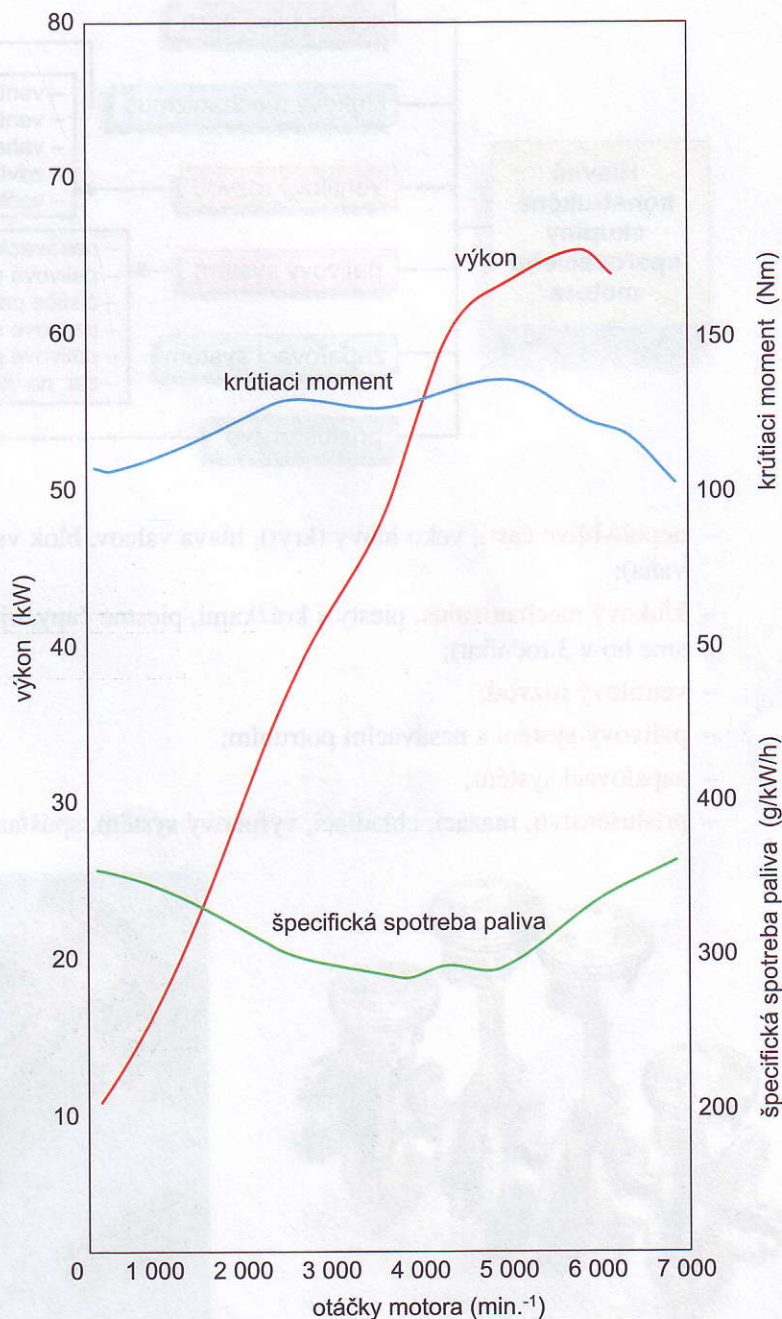
D priemer valcov (m), hlavný rozmer motora;

L zdvih piestov (m), hlavný rozmer motora.

Kompresný pomer zážihových spaľovacích motorov býva $\varepsilon = 8$ až 12. Motory s vyššou hodnotou majú vyššiu účinnosť, ale vyžadujú si benzín s vyšším oktánovým číslom, inak vzniká detonačné spaľovanie. Ďalšie požiadavky sú kompaktný (polguľový) spaľovací priestor, umiestnenie zapalovacej sviečky v najteplejšom mieste, použitie dvoch sviečok na jeden valec (obr. 2.96) atď.



Obr. 2.96



Obr. 2.97

Otáčková (výkonová) charakteristika. Keď ste listovali v motoristických časopisoch, určite ste si všimli pri obrázku nového spaľovacieho motora diagram, tzv. otáčkovú (dynamickú) charakteristiku (obr. 2.97). Je to grafická závislosť výkonu, krútiaceho momentu a špecifickej (mernej) spotreby paliva v závislosti od otáčok.

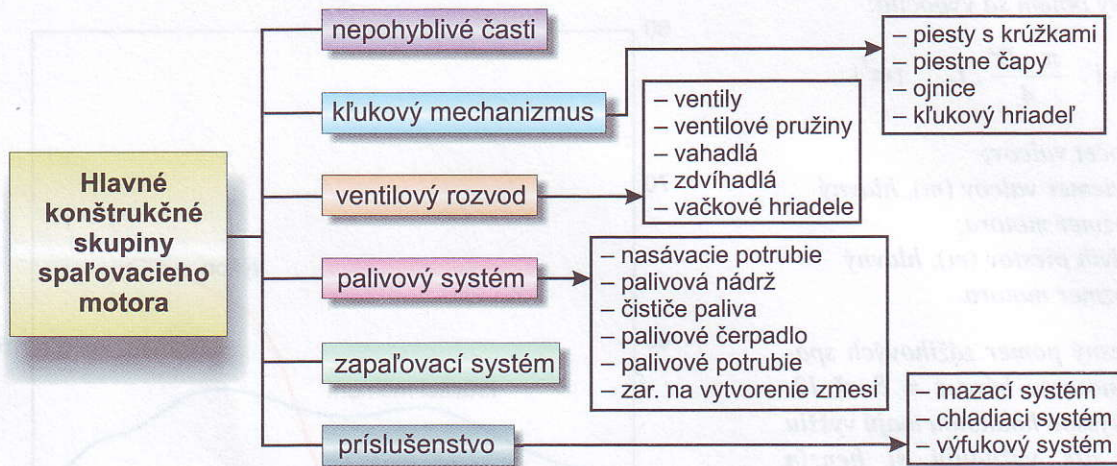
Prvé dve hodnoty a ich rozmery sú všeobecne známe. Špecifická spotreba má rozmer $g \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1}$, t. j. gram na kilowat za hodinu. Je to rozdiel od bežnej spotreby, ktorá sa udáva v litroch na 100 km. Špecifická spotreba

umožňuje porovnať motory s rôznym obsahom a výkonom, teda od mopedového, stacionárneho, osobného a nákladného automobilu. Diagram je dôležitý aj pre bežného užívateľa. Udáva, pri akých otáčkach má motor maximálny výkon (dôležité pre maximálnu rýchlosť), maximálny krútiaci moment (dôležité pre akceleráciu a jazdu v teréne) a minimálnu špecifickú spotrebu (dôležité pre úspornú jazdu a minimálne množstvo exhalátov).

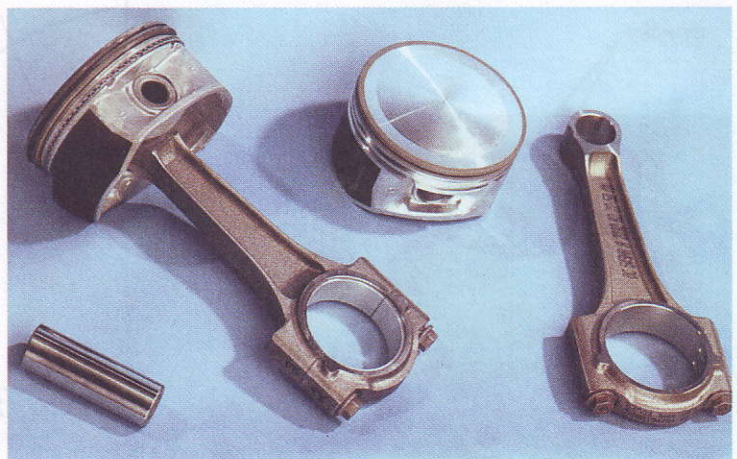
Keď je krivka krútiaceho momentu plochá, potom si motor nevyžaduje časté radenie prevodových stupňov (dôležité pre vznetrové motory). Keď je krivka strmá, je to opačne (motory športových automobilov).

Hlavné konštrukčné skupiny (časti) štvordobého zážihového motora (tab. 2.12) sú:

Tab. 2.12



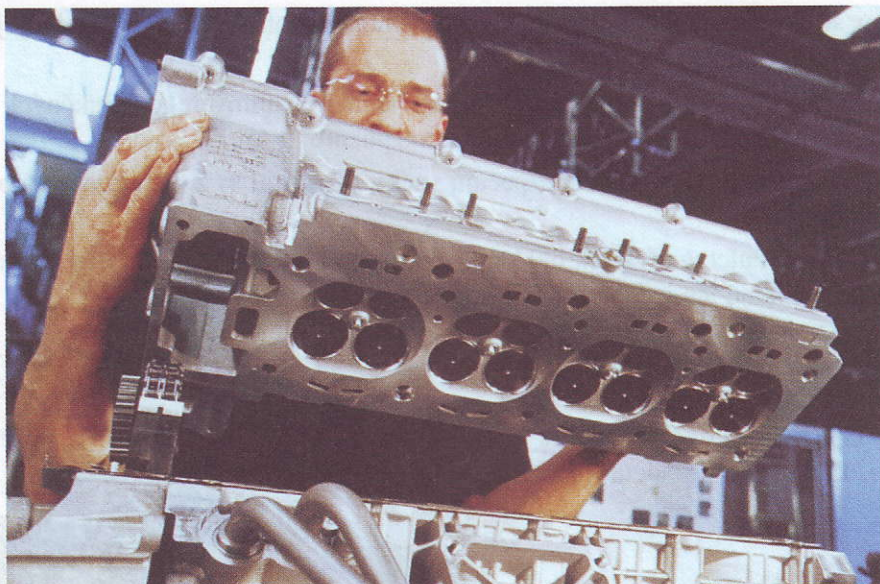
- **nepohyblivé časti**, veko hlavy (kryt), hlava valcov, blok valcov, kľuková skriňa, spodné veko (olejová vaňa);
- **kľukový mechanizmus**, piesty s krúžkami, piestne čapy, ojnice, kľukový hriadeľ (obr. 2.98), (prebrali sme ho v 3.ročníku);
- **ventilový rozvod**;
- **palivový systém** s nasávacím potrubím;
- **zapaľovací systém**;
- **príslušenstvo**, mazací, chladiaci, výfukový systém, spúšťanie motora.



Obr. 2.98

Nepohyblivé časti

Sú to tlakové odliatky. Predtým sa vyrábali z liatin, dnes zo zliatin hliníka. Špičkové technológie odlievania a výpočtové metódy umožnia vyrobiť tieto časti s extrémne tenkými stenami a tým znížiť ich hmotnosť pri zachovaní tuhosti. Kryt hlavy valcov je plechový výlisok, niekedy aj olejová vaňa. Na obr. 2.99 vidíte hlavu štvorvalcového motora.



Obr. 2.99

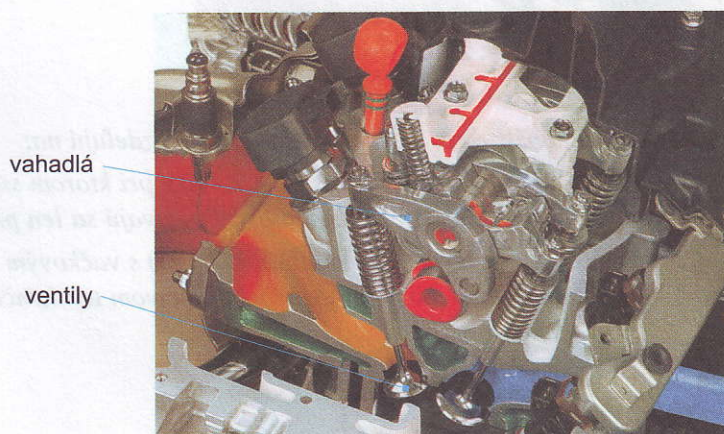
Ventilový rozvod

Je to zariadenie, dnes zložitý systém riadený elektronickou riadiacou jednotkou motora, ktorá zohľadňuje množstvo vstupných údajov tak, aby zmes bola dodaná do spaľovacieho priestoru v optimálnom množstve, kvalite a čase. Aj výfukové plyny musia byť dokonale odvedené v optimálnom čase (obr. 2.100).

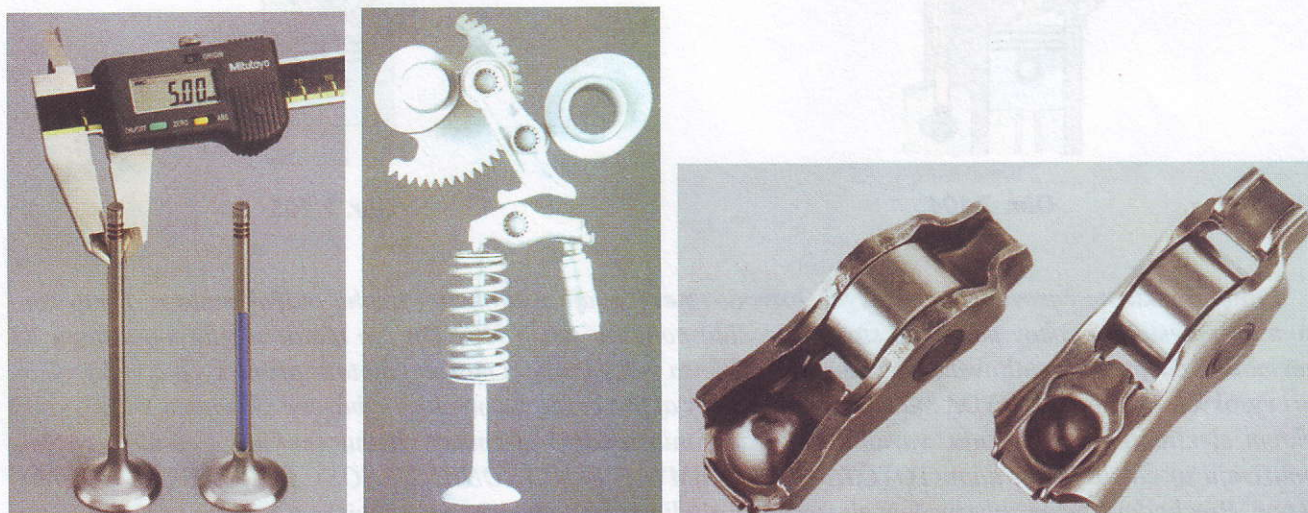
Hlavné, funkčné časti ventilových rozvodov:

- ventily;
- ventilové pružiny;
- vahadlá;
- zdvíhadlá;
- vačkový hriadeľ.

Ventily sú nasávacie a výfukové. Používajú sa aj vo dvojiciach alebo sú 3 nasávacie a 2 výfukové pre jeden valec (päťventilové rozvody). Majú dve časti, driek a tanier. Vyrábajú sa zápusťkovým kovaním z legovaných žiarupevných ocelí. Obrábajú sa trieskovými spôsobmi, dokončujú sa brúsením. Na obr. 2.101 vidíte ventily a vahadlá.



Obr. 2.100



Obr. 2.101

Ventilové pružiny sú skrutkové, normalizované, v špeciálnom vyhotovení. Často sa zdvojujú (pružina v pružine). Ich úlohou je zatvárať ventil.

Vahadlá otvárajú ventily. Vyrábajú sa zápusťkovým kovaním z kvalitných konštrukčných ocelí. Obrábajú sa len funkčné plochy. Trenie znižuje zalisované mosadzné puzdro.

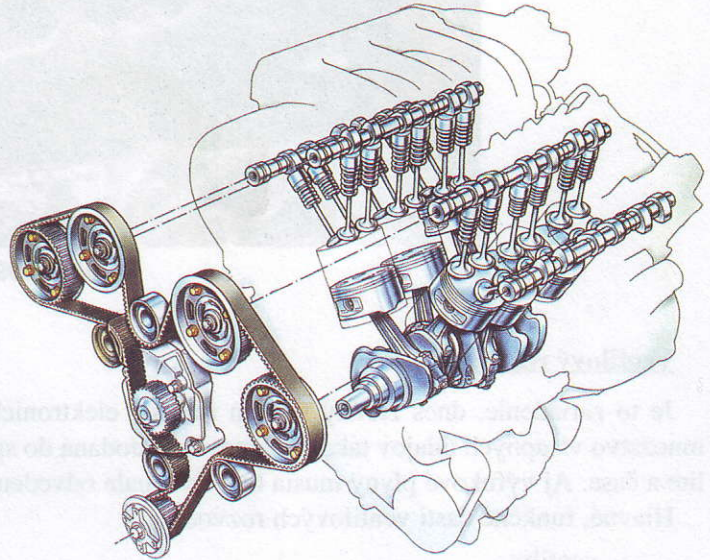
Zdvíhadlá ovládajú vahadlá, ich zdvih zabezpečujú vačky. Vyrábajú sa z tyčí, konce sú pechované z kvalitných konštrukčných ocelí.

Váčkové hriadele prostredníctvom vačiek ovládajú ventily, najčastejšie jeden hriadeľ nasávacie a druhý výfukové. Staršie konštrukcie majú len jeden váčkový hriadeľ (obr. 2.102).

Váčkový hriadeľ je poháňaný od kľukového hriadeľa reťazovým prevodom alebo prevodom s ozubeným remeňom. Prevod musí pracovať presne, bez sklzu. Otáčky váčkového hriadeľa sú polovičné ako kľukového hriadeľa (obr. 2.103).



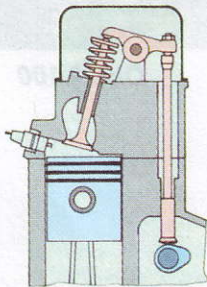
Obr. 2.102



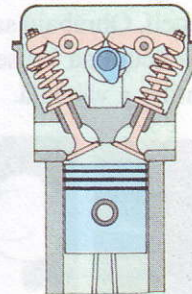
Obr. 2.103

Z hľadiska konštrukcie sa ventilové rozvody rozdeľujú na:

- **OHV (Over Heads Valves, obr. 2.104)**, pri ktorom sú ventily zavesené zhora v hlave valcov. Majú veľký počet súčiastok a hmotnosť. Používajú sa len pri nízkootáčkových motoroch;
- **OHC (Over Head Camshaft, obr. 2.105)** s váčkovým hriadelom v hlave valcov. Vačky ovládajú ventily vahadlami alebo priamo, prostredníctvom tzv. hrnčekových zdvíhadiel. Používajú sa pri vysokootáčkových motoroch.



Obr. 2.104



Obr. 2.105

Tvrde, direktívne časovanie ventilových rozvodov nevyhovuje v širokom rozsahu otáčok motora. Preto koncom osemdesiatych rokov minulého storočia začala používať firma HONDA pre motor svojho monostopu FI **variabilné** časovanie ventilového rozvodu. Dosiahne sa veľký krútiaci moment motora pri nízkych a veľký výkon pri vysokých otáčkach. HONDA má dnes svoje motory aj pre bežné automobily vybavené systémom VTEC, ktorý okrem elektronického riadenia, variabilného časovania umožní aj zmeny zdvihu ventilov. Podobné systémy používajú aj ďalšie firmy, napr. TOYOTA (VVT-i), BMW (VELVETRONIC, VANOS), PORCHE (VARIOCAM) a pod. Prechodový režim zabezpečuje elektronická riadiaca jednotka motora v závislosti od jeho otáčok, zaťaženia, rýchlosti jazdy, teploty motora a ďalších parametrov.

Palivový systém

Palivový systém s nasávacím potrubím má za úlohu vytvoriť optimálnu zmes benzínu so vzduchom v závislosti od režimu motora a dopraviť ju do spaľovacieho priestoru. Zmes môže byť:

- **bohatá**, má prebytok benzínu. Zvyšuje spotrebu a nežiaduce exhaláty vo výfukových plynoch;
- **chudobná**, má prebytok vzduchu. Znižuje spotrebu aj exhaláty, ale príliš dlho sa spaľuje.

Teoretický zmiešavací pomer benzínu a vzduchu pre optimálne spaľovanie zmesi je 1 kg benzínu a 14,7 kg vzduchu. Bol stanovený tzv. stechiometrickými výpočtami.

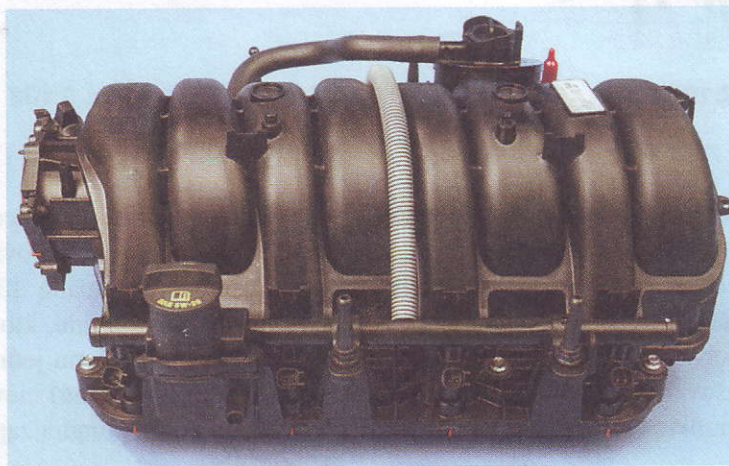
Zmes je spáliteľná za bežných podmienok od 8 až 18 kg vzduchu na 1 kg benzínu.

Už dnes dokážu motory spaľovať extrémne chudobnú zmes s 25 kg vzduchu (v budúcnosti až 50). Je to podmienené úpravami spaľovacieho priestoru s použitím dvoch zapalovacích sviečok. Vstrekovací systém zabezpečí vrstvenie zmesi tak, aby v priestore elektród sviečky bola optimálna zmes a ďalej už chudobná. To nezabezpečí karburátor.

Časti palivového systému sú:

- nasávacie potrubie s čističom vzduchu;
- palivová nádrž;
- čističe paliva;
- palivové dopravné čerpadlo;
- palivové potrubie;
- zariadenia na vytvorenie optimálnej zmesi, karburátory alebo vstrekovacie systémy.

Nasávacie potrubie s čističom vzduchu má za úlohu priviesť do spaľovacieho motora optimálne množstvo vzduchu bez nečistôt. Výkonné motory používajú tzv. **ladené** nasávacie (ale aj výfukové) potrubia s optimalizovanými rozmermi a tvarom. Progresívnym konštrukčným materiálom môže byť aj konštrukčný plast (obr. 2.106).



Obr. 2.106

Palivová nádrž, predtým plechový výlisok, dnes už výhradne z konštrukčných plastov, je uložená tak, aby bola chránená pri kolíziách a havárii. Je uložená čo najnižšie v automobile, aby nezvyšovala ťažisko.

Čističe paliva a vzduchu sú spravidla jednorazové. Využíva sa filtračný účinok, najčastejšie špeciálneho papiera.

Palivové dopravné čerpadlo, staršie motory používali membránové (AC – pumpu), poháňané od kľukového hriadeľa vačkou. Dnes sa používa lopatkové alebo odstredivé čerpadlo, umiestnené v blízkosti palivovej nádrže, alebo priamo v nej aj s elektromotorom.

Palivové potrubie je vyrobené z bezšvových oceľových rúrok. Je vedené tak, aby ho v motorovom priestore neovplyvňovalo teplo, a možnosti mechanického poškodenia musia byť minimálne.

Zariadenia na vytvorenie optimálnej zmesi sú:

- **karburátory**, v automobilových motoroch sa už nepoužívajú. Napr. ŠKODA Favorit bol posledný automobil, ktorého motor používal karburátor. Nedokázal zabezpečiť optimálne zloženie v každom režime a z ekologického hľadiska nevyhovovalo ani zloženie výfukových plynov. Používajú ho ešte niektoré motocyklové motory;

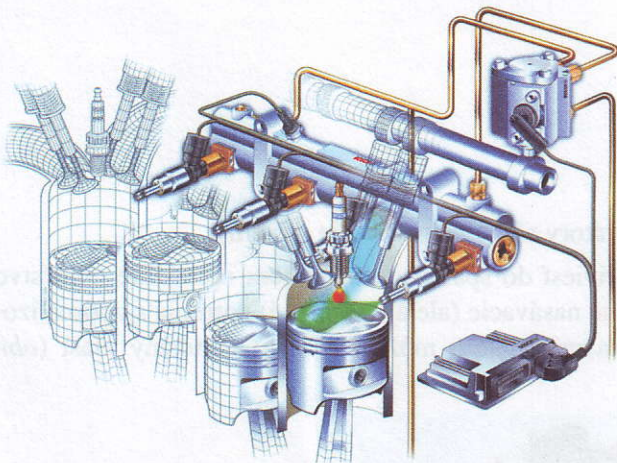
- **vstrekovacie systémy** vstreknú jemne rozptýlený benzín pod tlakom do nasávaného vzduchu v optimálnom množstve a kvalite v závislosti od rôznych prevádzkových podmienok. Zabezpečuje to elektronická riadiaca jednotka motora.

Podľa **spôsobu a miesta vstrekovania** sa systémy rozdeľujú na:

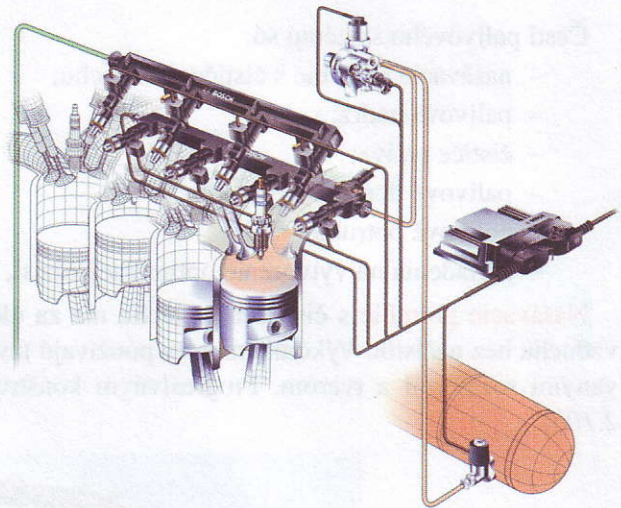
- **vstrekovanie nepriame** – jednobodové, palivo sa vstrekuje nízkym tlakom do nasávacieho potrubia dýzou tak, že prúd smeruje k nasávaciemu ventilu. Je to starší a menej efektívny spôsob;
- **vstrekovanie priame** – viacbodové (obr. 2.107), palivo sa vstrekuje vysokým tlakom priamo do valca dýzou. Je to novší a efektívnejší spôsob.

Vstrekovacie systémy môžu dodávať palivo pod tlakom kontinuálne (nepreušovane), prerušovane (sekvenčne alebo vrstvene).

Bivalentný (kombinovaný) vstrekovací systém pre benzín a stlačený zemný plyn CNG vyvinula firma BOSCH (obr. 2.108).



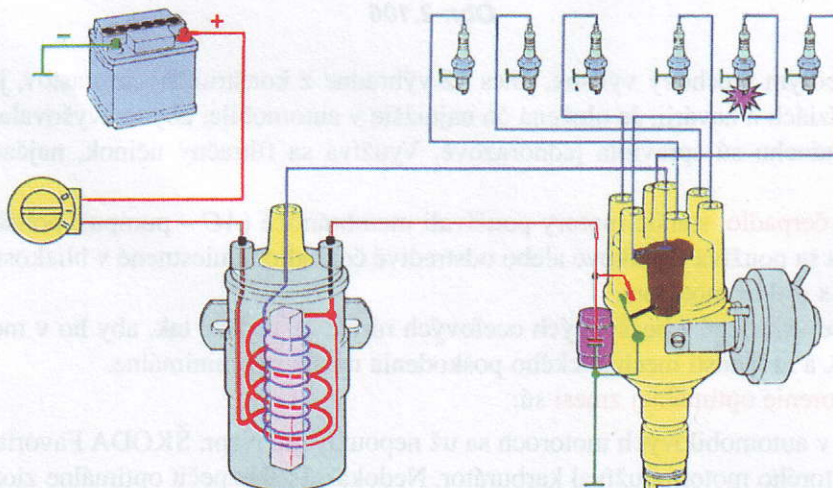
Obr. 2.107



Obr. 2.108

Zapaľovací systém

Zapaľovací systém je zariadenie, dnes už zložitý systém riadený elektronickou riadiacou jednotkou motora. Zohľadní množstvo vstupných údajov tak, aby elektrická iskra medzi elektródami zapaľovacích sviečok preskočila v presne stanovenom čase a maximálnej intenzite. Na to je potrebné napätie 15- až 20-tisíc voltov. Akumulátor (batéria) elektrickej energie má napätie 12 voltov jednosmerného prúdu, ktorý nie je možné transformovať. Klasické **dynamobatériové zapaľovanie** (obr. 2.109) používa na premenu jednosmerného prúdu na striedavý mechanický prerušovač a na transformáciu prúdu zapaľovaciu (indukčnú) cievku. Prúd s vysokým napätím sa rozdeľuje na jednotlivé sviečky mechanickým rozdeľovačom podľa poradia zapaľovania.



Obr. 2.109

Zapaľovacia sviečka má dve elektródy, strednú (plus pól) a postrannú (mínus pól), ktorá je ukostrená. Elektrická iskra preskočí medzi nimi ešte pred hornou polohou piesta.

Na zlepšenie funkcie sa používajú 2 alebo 4 postranné elektródy (obr. 2.110a), príp. tzv. kotúčová elektróda (obr. 2.110b). Všetky prvky sú navzájom pospájané nízko- a vysokonapäťovými káblami. Pohon kumulovaného rozdeľovača s prerušovačom je zabezpečený mechanicky od kľukového hriadeľa (kuželovým súkolesím).

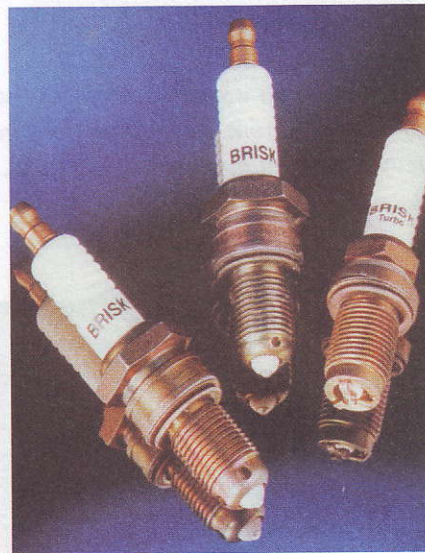
Toto zapaľovanie nezabezpečuje optimálnu funkciu vo všetkých prevádzkových režimoch motora a má nízku spoľahlivosť. Funkcia zapaľovania sa dnes realizuje elektronicky.

Na výrobu zapaľovacích sviečok sa používajú kvalitné materiály, špičkové výrobné technológie a sú pomerne spoľahlivé. Nie je však možné zabrániť opaľovaniu ich elektród a prípadným poruchám spôsobených elektrickým skratom. Tieto dôvody, ale aj stále sa sprísňujúce požiadavky na zníženie emisií vo výfukových plynch a zníženie spotreby motorového benzínu viedli k vyvinutiu laserového zapaľovania, ktoré je už pripravené na sériovú výrobu.

Zážihovalé motory so vstrekovacími systémami pracujú s vrstvenou zmesou, v ktorej je možné zvoliť optimálne miesto na zapálenie.



a



b

Obr. 2.110

Príslušenstvo štvordobého zážihového motora

Mazací systém zabezpečuje zníženie trenia pohyblivých funkčných častí, ich chladenie a odplavovanie nečistôt z trecích plôch. Mazanie je realizované tlakovým olejom. Zdroj tlaku je najčastejšie zubový hydrogenerátor vložený v olejovej vani. Motorový olej obsahuje rôzne inhibítory (prísady). Najdôležitejšia je prísada na zvýšenie odolnosti proti vysokým teplotám, obmedzuje tvorbu **karbónu** v spaľovacom priestore.

Chladiaci systém zabezpečuje optimálnu pracovnú teplotu motora. Odvedie 20 až 30 % privedeného tepla. Podľa druhu chladiacej látky rozlišujeme chladenie:

- **vzduchové**, chladiaci vzduch prúdi pod tlakom medzi chladiacimi rebrami. Je jednoduchšie, ale málo účinné. Používa sa len výnimočne;
- **vodné**, chladiacia kvapalina prúdi pod tlakom dvojplášťovým blokom a hlavou motora. Zdrojom tlaku je najčastejšie lopatkové odstredivé čerpadlo. Prietok je regulovaný. Systém je zložitejší, zvyšuje hmotnosť motora, ale je účinnejší. Kvapalina sa chladí vo výmenníku tepla, v tzv. chladiči. Jeho chladiaci účinok je podporovaný tlakovým vzduchom. Prietok vzduchu je regulovaný a vyvedený ventilátorom. Chladiaca kvapalina obsahuje rôzne inhibítory. Najdôležitejšie sú prísady proti korózii a zamrznutiu.

Výfukový systém zabezpečuje odvádzanie spalín s minimálnym odporom, tlmenie hluku a redukovanie škodlivín. Výfukové potrubie upevnené na bloku valca je odliate z liatiny. Je extrémne tepelne namáhané, niekedy až do červeného žiaru. Spaliny odchádzajú s vysokou rýchlosťou, čo je sprevádzané hlukom. Tlmiče pracujú na rôznych princípoch, často sa kombinujú, napr. reflexie (odrazu) a absorpcie (pohlčovania).

Výkonné motory používajú tzv. ladené výfukové potrubie.

Katalyzátory sú zariadenia, ktoré oxidačnými a redukčnými reakciami neutralizujú škodliviny vo výfukových plynoch.

Styková plocha aktívnej vrstvy a prúdiacich výfukových plynov je vyrobená z keramického nosiča, na ktorý je nanosená vrstvička Al_2O_3 (oxidu hlinitého). Vykryštalizovaná má veľmi členitý povrch, ktorý zodpovedá až dvom futbalovým ihriskám. Na túto plochu je naparená molekulová vrstvička vzácnych kovov platiny, ródia a paládia.

Katalyzátor potrebuje na svoju činnosť určitú teplotu, ktorá sa musí dosiahnuť v čo najkratšom čase po naštartovaní motora. Preto sa umiestňuje v blízkosti motora, príp. sa použijú dva (menší sa zohreje skôr).

V súčasnosti sa používa tzv. **trojcestný katalyzátor** (obr. 2.111), ktorý neutralizuje tri zložky:

- redukciami mení NO_x na dusík N_2 ;
- oxidáciou mení CO na oxid uhličitý CO_2 ;
- oxidáciou mení CH_x na oxid uhličitý CO_2 a vodu H_2O .

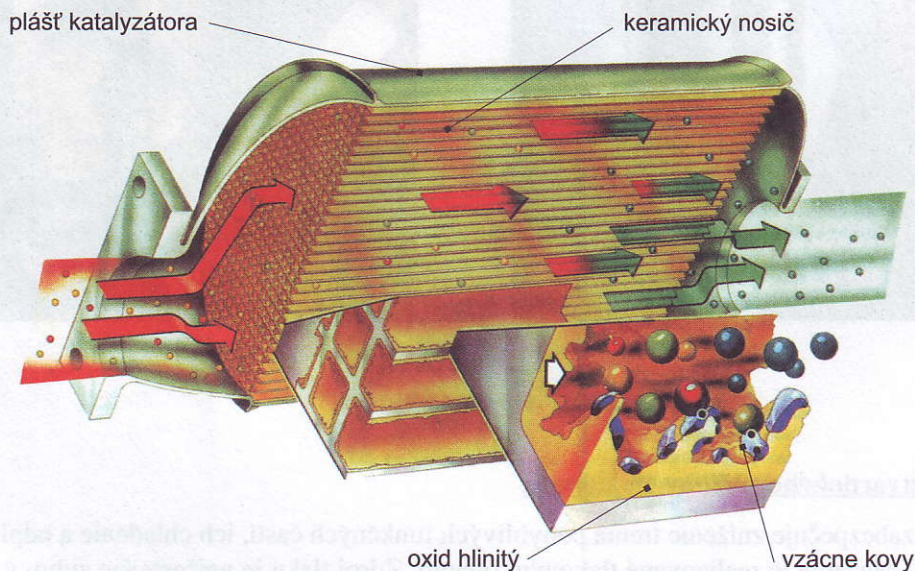
Katalyzátor si na svoju činnosť vyžaduje určité presne stanovené množstvo kyslíka v spalinách.

Súčiniteľ prebytku vzduchu $\lambda = 1$ (lambda) je, keď teoretický zmiešavací pomer sa rovná 14,7.

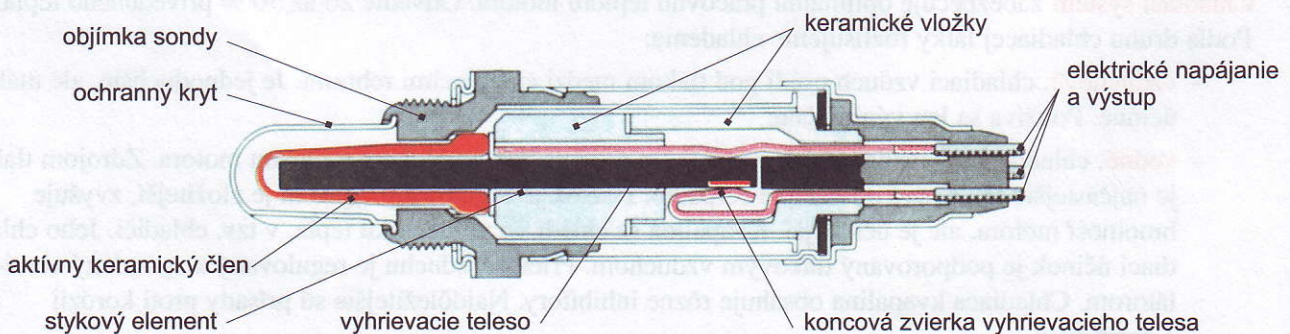
Keď $\lambda < 1$ zmes je bohatá,

keď $\lambda > 1$ zmes je chudobná.

Súčiniteľ prebytku vzduchu v spalinách meria tzv. **lambda sonda** (obr. 2.112), ktorá je umiestnená vo výfukovom potrubí pred katalyzátorom. Je to keramický galvanický článok. Meria prítomnosť voľného kyslíka v spalinách, ktorý je nevyhnutný na činnosť katalyzátora. Spätnou väzbou ovplyvňuje činnosť elektronickej riadiacej jednotky motora.



Obr. 2.111



Obr. 2.112

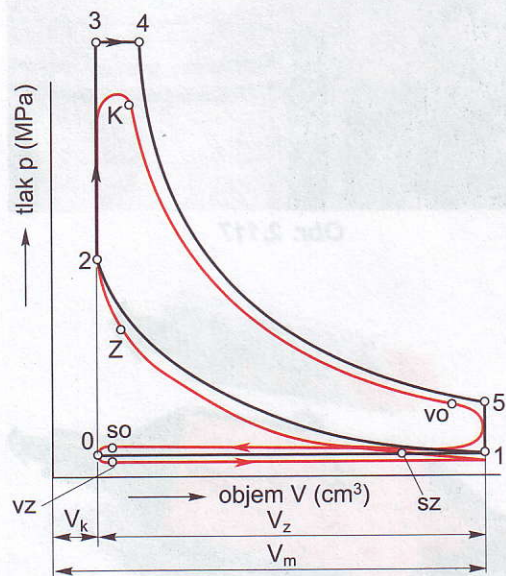
Spúšťanie spaľovacích motorov sa realizuje elektrickým štartérom, elektromotorom, ktorý odoberá elektrickú energiu z akumulátora. Uvažuje sa použiť namiesto 12 V siete na 24, 32 i viac voltov. Dôvodom je používanie čoraz väčšieho počtu spotrebičov v automobile.

2.8.3.2. Štvordobý vznetový motor

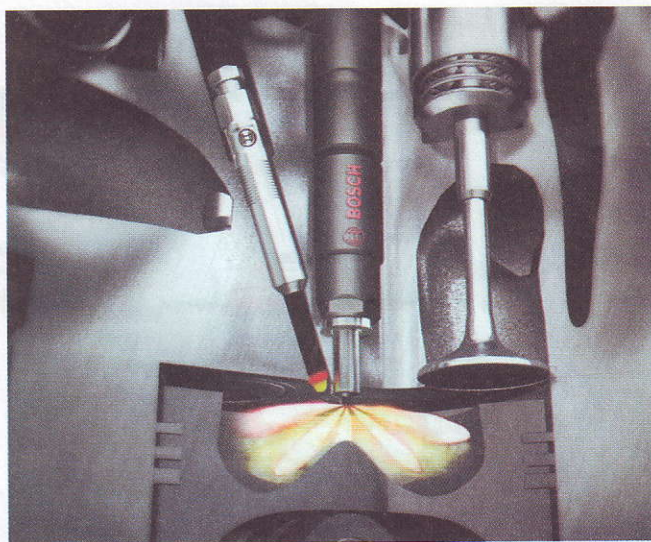
Piesty si nasávajú vzduch do valcov, ktorý sa po stlačení zohreje na teplotu 850 °C aj viac. Do takto stlačeného a zohriateho vzduchu vo valci sa vstrekuje dýzou palivo, ktoré sa vznieti (odtiaľ jeho názov).

Pracovný diagram $p - V$ štvordobého vznetového motora vidíte na obr. 2.113. Obeh skutočný a teoretický sa cyklicky opakuje.

V hlave valca je umiestnená dýza a **žeraviaca sviečka** (tzv. žhavič) (pozri obr. 2.114), ktorá uľahčí naštartovanie studeného motora. Po zohratí motora sa vyraduje z činnosti.



Obr. 2.113



Obr. 2.114

Klasické piestikové čerpadlo spojené s vysokotlakovým potrubím sa nahradilo systémom čerpadlo – dýza a najmä akumulárnym systémom common rail tretej generácie.

Niektorí možno máte doma piezoelektrický zapaľovač plynu. Neobsahuje náplň horľavej kvapaliny alebo plynu ani zdroj elektrického prúdu, a predsa po stlačení páčky preskočí medzi elektródami iskra. Poznáte princíp piezoelektrického javu?

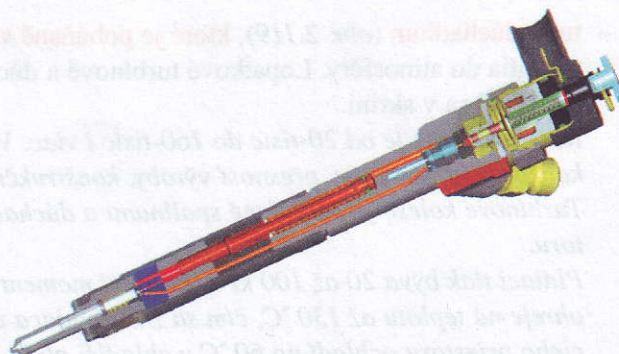
Pri tretej generácii akumulárného vstrekovacieho systému common rail (spoločná cesta) pre vznetové motory boli použité vstrekovacie na piezoelektrickom princípe, ktoré nahradili elektromagnetické vstrekovacie so selektoidovými ventilmi. Piezoelektrické telesá (obr. 2.115) majú kryštalickú štruktúru, ktorá pod napätím mení zdvih ventilu v priebehu 0,1 až 2 milisekundy.

Vstrekovanie motorovej nafty je sekvenčné v piatich dávkach s tlakom až 180 MPa. Dýza má osem otvorov s priemerom 145 mikrometrov. Výkon motora sa zvýši o 5 až 7 % pri menšej spotrebe. Znížia sa škodlivé emisie vo výfukových plynoch o 15 až 20 % a poklesne hlučnosť motora o 3 dB. Zariadenie má menšie rozmery a hmotnosť. Common rail štvrtej generácie používa hydraulicky zosilnené vstrekovacie nafty HADI (obr. 2.116), ktoré tlak 135 MPa zvýšia až na 250 MPa.

Vo vývoji sú aj ďalšie systémy.



Obr. 2.115

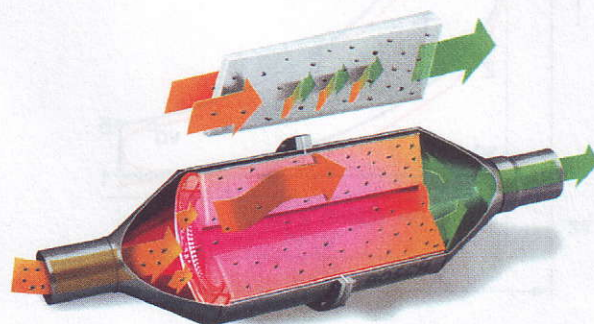
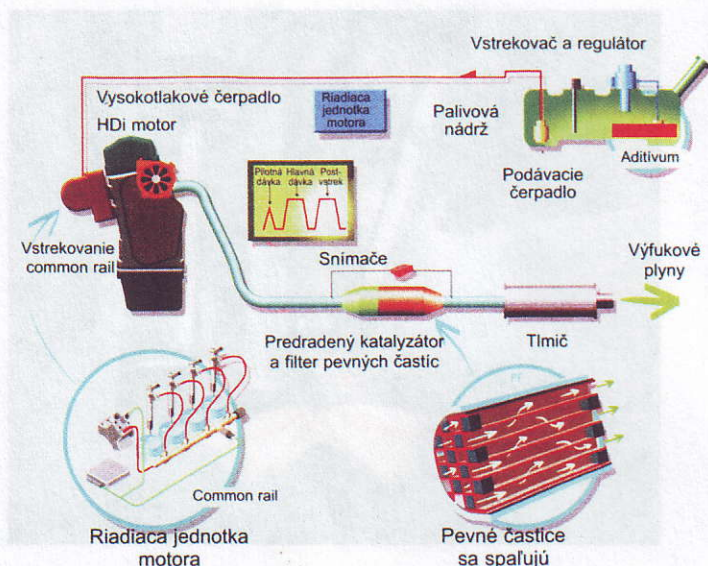


Obr. 2.116

Inteligentné žeraviace sviečky (obr. 2.117) majú kumulovanú funkciu, merajú aj tlak vo valci na piezoelektrickom princípe. Spätnou väzbou ovplyvňujú činnosť palubného počítača. Chod motora je kultivovanejší, zníži sa hluk a spotreba, zvýši sa výkon. Zloženie výfukových plynov je priaznivejšie. Pevné častice, sadze, vzniknuté pri horení, sa zachytávajú a neutralizujú v špeciálnom filtri (obr. 2.118).



Obr. 2.117



Obr. 2.118

Nevýhodou vznetrových motorov je ešte stále tvrďší a hlučnejší chod, najmä pri voľnobežných a nízkych otáčkach. Majú väčšie rozmery, hmotnosť a cenu.

Výhodou je vysoký krútiaci moment už v oblasti nižších otáčok. Ďalej sa mierne zvyšuje v určitom rozsahu. Rozsah pracovných otáčok je podstatne nižší. Motor sa menej opotrebuje a má vyššiu životnosť.

Preplňovanie motorov

Preplňovanie vznetrových a zážihových motorov je najvhodnejší spôsob zvýšenia ich výkonu (ďalšie sú zvýšiť ich objem alebo otáčky). Preplňovaním sa dostáva do spalovacieho priestoru **väčšie množstvo vzduchu**, a tak je možné zvýšiť aj množstvo paliva na jeden pracovný obeh.

Alternatívou k zvýšeniu výkonu preplňovaním je **znižovať jeho objem** pri rovnakom výkone alebo zlepšiť zloženie výfukových plynov.

Podľa spôsobu pohonu dúchadla, resp. kompresora potrebného na preplňovanie, sa používajú tieto spôsoby preplňovania:

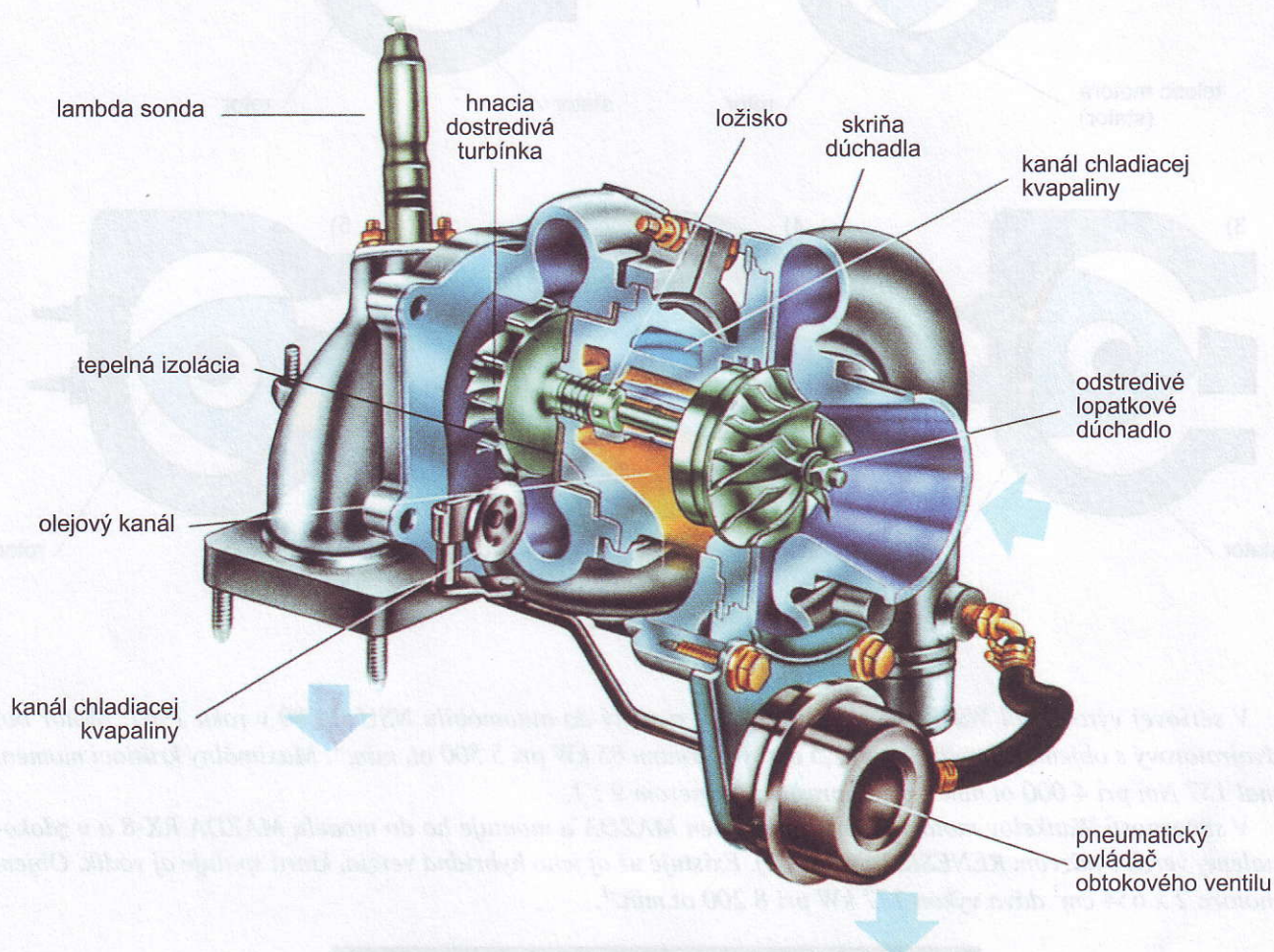
- **turbodúchadlom** (obr. 2.119), ktoré je poháňané výfukovými plynmi motora. Inak by odchádzali bez využitia do atmosféry. Lopatkové turbínové a dúchadlové kolesá sú uložené na spoločnom hriadeľi a otáčajú sa v skrini.

Rozsah otáčok je od 20-tisíc do 160-tisíc i viac. Vysoké otáčky a teploty kladú vysoké nároky na ich konštrukciu, mazanie, presnosť výroby, konštrukčné materiály, vyváženie, atď.

Turbínové koleso je poháňané spalinami a dúchadlové nasáva a tlačí vzduch do spalovacieho priestoru.

Plniaci tlak býva 20 až 100 kPa, krútiaci moment sa zvýši o 25 až 50 % i viac. Stlačením sa vzduch ohreje na teplotu až 130 °C, čím sa zníži plniaca účinnosť. Preto sa vzduch pred vstupom do spalovacieho priestoru ochladí na 60 °C v chladiči plniaceho vzduchu, tzv. intercooler. Nevýhodou turbodúchadla je jeho závislosť od otáčok, t. j. veľké množstvo vzduchu dodáva len pri vysokých otáčkach;

- **dúchadlom** (kompresorom) **poháňaným od kľukového hriadeľa**. Pohon odoberie časť výkonu spaľovacieho motora a nevyužije sa kinetická energia výfukových plynov. Výhodou je nižšia závislosť od otáčok.
Používajú sa dúchadlá s rotujúcimi piestami typu Roots, skrutkovité, špirálové (6-dúchadlo), Comprex atď.;
- **dúchadlom s nezávislým pohonom**, elektromotorom, použitie sa predpokladá v blízkej budúcnosti.



Obr. 2.119

Wankelov motor

Dr. Felix Wankel (1902 až 1988) (obr. 2.120) so svojím vynálezom Wankelovým motorom s krúživými piestmi odstránil najväčšiu nevýhodu klasických spaľovacích motorov – kľukový mechanizmus.

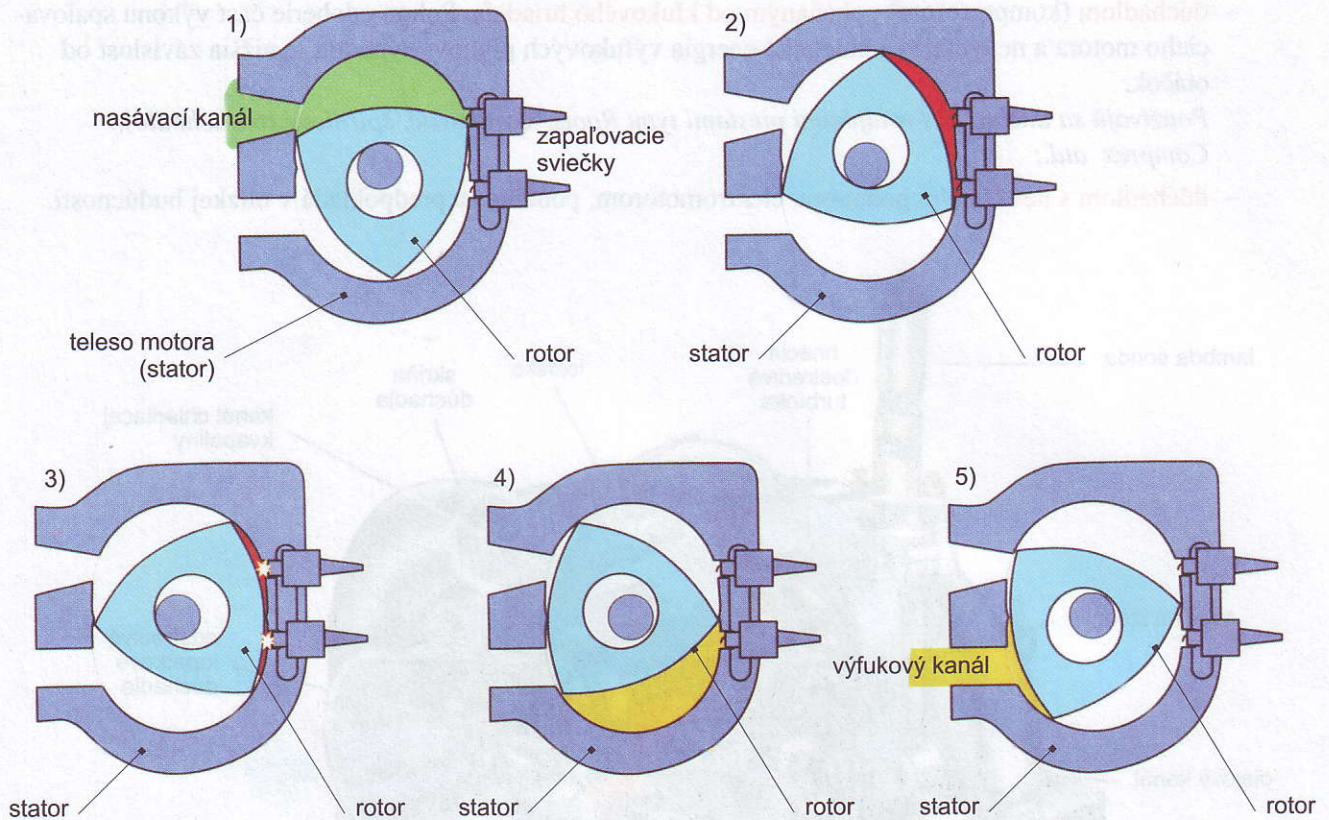
Tento motor nepotrebuje ventilový rozvod, podobne ako dvojtaktný spaľovací motor. Pracuje na štyri doby ako klasický zážihový motor. Spaľuje bežné automobilové benzíny a dnes už aj vodík. Rotujúci trojuholníkový piest má trochoidný tvar. Na jednu otáčku piestu prebehne celý štvordobý pracovný obeh (obr. 2.121). Vrcholy piesta sú utesnené axiálnymi tesniacimi lištami.

Výhodou motora je podstatne menší počet súčiastok. Rotujúce sú iba dve súčiastky: piest a výstredníkový hriadeľ. Má tichý a pokojný chod podobne ako elektromotor. Nie je náročný na oktánové číslo.

Nevýhodou je mierne vyššia spotreba paliva (10 až 15 %), nekompaktný spaľovací priestor mesiačkovitého tvaru, mierne nižšia účinnosť, vyššia spotreba oleja (maže sa zmesou podobne ako v dvojtaktnom motore).



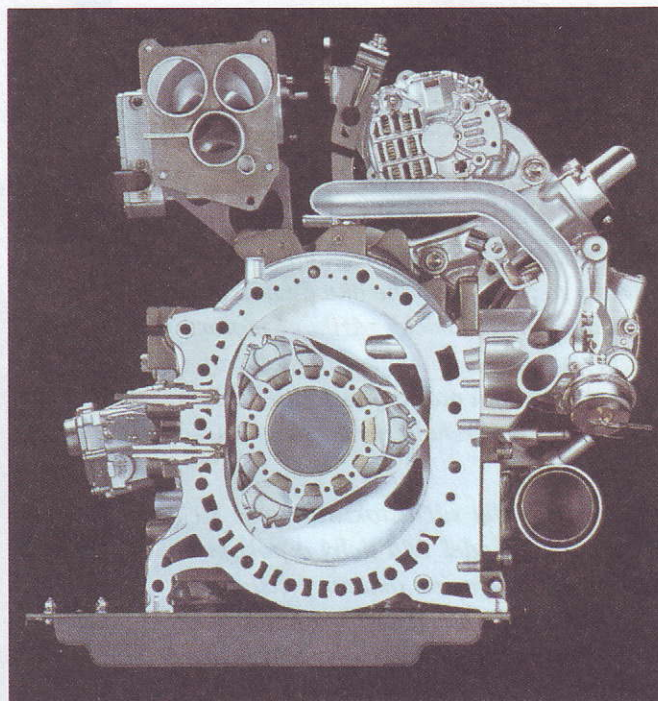
Obr. 2.120



Obr. 2.121

V sériovej výrobe bol Wankelov motor prvýkrát použitý do automobilu NSU Ro 80 v roku 1967. Motor bol dvojrotorový s objemom komôr $2 \times 497,5 \text{ cm}^3$ s výkonom 85 kW pri $5\,500 \text{ ot. min.}^{-1}$. Maximálny krútiaci moment mal 157 Nm pri $4\,000 \text{ ot. min.}^{-1}$ s kompresným pomerom $9 : 1$.

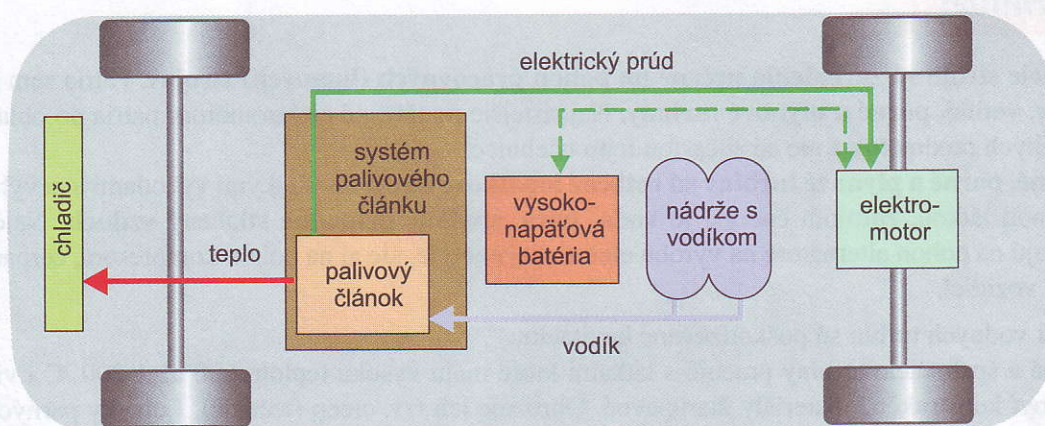
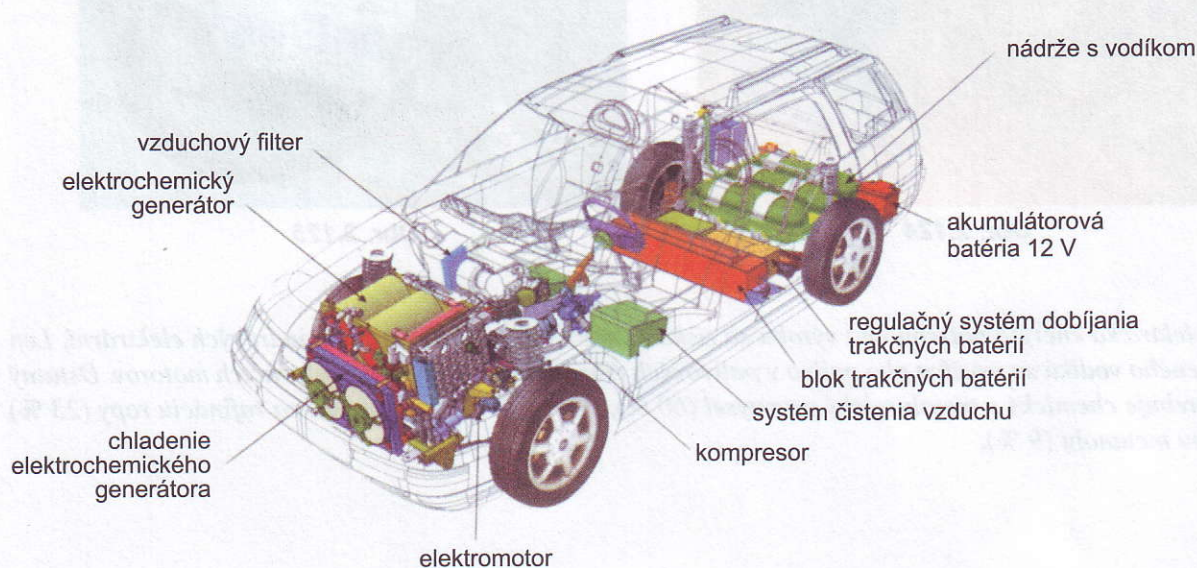
V súčasnosti Wankelov motor sériovo vyrába len MAZDA a montuje ho do modelu MAZDA RX-8 a v zdokonalenej verzii s názvom RENESIS (obr. 2.122). Existuje už aj jeho hybridná verzia, ktorá spaľuje aj vodík. Objem motora $2 \times 654 \text{ cm}^3$ dáva výkon 177 kW pri $8\,200 \text{ ot. min.}^{-1}$.



Obr. 2.122

Progresívne pohony

Špeciálny druh pohonu automobilu je palivový článok. Vodík z nádrže sa mení reakciou priamo na elektrický prúd. Automobil je vlastne elektromobil (obr. 2.123). Pribežný elektrický výkon článku je 66 kW, čo by stačilo na zásobovanie elektrickou energiou niekoľko rodinných domov.



Obr. 2.123

Pri brzdení sa hnací elektromotor mení na generátor elektrického prúdu, ktorý sa akumuluje do vysokonapäťovej lítiovo-iónovej batérie. Z nej elektromotor odoberá prúd pri pomalej jazde. Pri rýchlej sa zapája aj palivový článok. Je to hybridný pohon s nulovými emisiami.

Princíp palivového článku objavil anglický vedec Robert GROVE pred viac ako 160 rokmi. V podstate je to opak elektrolýzy vody. Elektrochemickou reakciou vodíka na anóde a redukciiou kyslíka na katóde sa uvoľňujú voľné elektróny, čím vzniká elektrické napätie. Odpadom je teplo a vodná para.

Prvé použitie ako zdroj elektrickej energie bolo vo vesmírnych moduloch NASA. Dnes sa používa na pohon elektromobilov, elektrovlakov, ale aj ako zdroj elektrickej energie pre rodinné domy. Odpadové teplo sa používa na vykurovanie.

Ručné svietidlo, baterka (obr. 2.124) je napájaná vodíkovým palivovým článkom s výkonom 1W. S jednou náplňou vodíka svieti 24 hodín. Zdrojom svetla je veľká LET dióda. Cena baterky je 1 000 dolárov. Účinnosť baterky je viac ako 50 % a je predpoklad, že sa bude ešte zvyšovať.

Jedna z prvých čerpacích staníc na vodík je v Berlíne (obr. 2.125).

Až 95 % vodíka sa dnes vyrába z neobnoviteľných zdrojov, a to reformovaním zemného plynu (48 %) a z ropy (18 %). Z hľadiska budúcnosti je to neperspektívne. Perspektívne sú výroby z obnoviteľných zdrojov, najmä elektrolýzou alebo termickým štiepením vody.



Obr. 2.124



Obr. 2.125

Lacná elektrická energia potrebná na výrobu sa získa z veterných, solárnych alebo jadrových elektrární. Len 8 % vyrobeného vodíka sa využíva ako palivo v palivových článkoch raketových a spaľovacích motorov. Ostatný vodík spotrebuje chemický a metalurgický priemysel (60 %), petrochemický priemysel na rafináciu ropy (23 %) a na výrobu metanolu (9 %).

Zhrnutie:

Hnacie stroje sú zariadenia určené na pohon pracovných (hnaných) strojov. Patria sem **spaľovacie motory, vodné, parné a plynové turbíny**. Najčastejšie používané elektromotory patria do oblasti elektrotechnických predmetov a nie sú súčasťou tejto učebnice.

Vodné, parné a plynové turbíny sú rotačné lopatkové stroje so všetkými výhodami a nevýhodami. Ich pracovnou látkou, zdrojom energie je **voda, para, spaliny, prípadne stlačený vzduch**. Najčastejšie sa používajú na pohon alternátora na výrobu elektrickej energie, ale aj na pohon kompresora, čerpadla a motorových vozidiel.

Časti vodných turbín sú poškodzované kavitáciou.

Parné a spaľovacie turbíny pracujú s látkami ktoré majú vysokú teplotu 600 až 1 200 °C i viac, a preto musia byť konštrukčné materiály žiarupevné. Ohrozuje ich tzv. creep (tečenie). Lopatky parných turbín sú poškodzované eróziou mikroskopických kvapiek vody zo sytej pary.

Vodné turbíny sú z ekologického hľadiska najpriateľnejšie na výrobu elektrickej energie. Keď sa para pre parnú turbínu vyrobí v ekologických parogenerátoroch, potom je aj táto technológia akceptovateľná.

Spaľovacie turbíny sú menej používané, ale pre svoje nízke nároky na palivá majú budúcnosť, najmä na pohon motorových vozidiel tzv. hybridných v kombinácii s elektromotorom.

Piestové spaľovacie motory sa používajú na pohon rôznych hnaných strojov, najznámejšie je použitie na pohon motorových vozidiel cestných, ale aj koľajových a lodí.

Najrozšírenejšie sú s priamočiarym pohybom piesta a kľukovým mechanizmom, ale používajú sa aj s rotačným pohybom piesta, tzv. Wankelov motor. Poháňajú ich rôzne palivá, najrozšírenejšie motorový benzín a nafta sú z ekologického hľadiska len ťažko akceptovateľné a patria k neobnoviteľným zdrojom energie. Používajú sa aj ekologické palivá vyrábané z rastlín, biomás, ktoré patria k obnoviteľným zdrojom energie. Kompromisom sú plyné palivá propán-bután a najmä zemný plyn. Progresívny je vodík, ktorý sa spaľuje priamo alebo v tzv. palivovom článku, potom je to pohon elektrický. Experimentuje sa aj so solárnou energiou, čo je obmedzené klimatickými podmienkami. Používajú sa aj hybridné spaľovacie motory, ktoré spracúvajú rôzne palivá.

Vývoj spaľovacieho motora od svojho vzniku prekonal obrovský kvalitatívny, ale aj kvantitatívny rozvoj. Moderné spaľovacie motory sú doplnené množstvom prídavných zariadení, ktoré riadi počítač.

Dnešné spaľovacie motory len principiálne pripomínajú svojich predchodcov.

Otázky, úlohy a úvahy:

1. Ktoré hnacie stroje poznáte? Na čo sa využívajú?
2. Načo sa používa vodná turbína?
3. Poznáte niektoré vodné diela na Slovensku?
4. Videli ste niektoré z najväčších vodných diel na svete, prípadne aj nedokončené, alebo ste o nich čítali?
5. Aké časti má vodné dielo?
6. Aké pozitívne a negatívne vplyvy má vodné dielo na ekológiu krajiny?
7. Porovnajte tieto vplyvy s ostatnými technológiami výroby elektrického prúdu.
8. Aká prírodná katastrofická udalosť by mohla zničiť vodné dielo?
9. Aké turbíny sú inštalované na Vodnom diele na Dunaji? Prečo?
10. Aké výhody má prečerpávací vodná elektrárň?
11. S akým deštruktívnym javom sa stretávame vo všetkých zariadeniach, ktorými preteká voda?
12. Dá sa tento jav pozorovať aj na domácich armatúrach?
13. Koľko rokov asi uplynulo od patentovania prvého automobilu a kto ho skonštruoval?
14. Poznáte niektoré mená výrobcov automobilov s dlhoročnou tradíciou?
15. Pohybovali sa automobily na iných planétach našej slnečnej sústavy?
16. Opíšte vývoj automobilov.
17. Aké spoločné znaky má dnešný spalovací motor so svojimi predchodcami a čím sa odlišujú?
18. Vymenujte niektoré hladiská rozdelenia spalovacích motorov.
19. Ktoré tradičné a progresívne palivá sa používajú pri spalovacích motoroch?
20. Poznáte ekologické palivá a z čoho sa vyrábajú?
21. Aké výhody a nevýhody je možné očakávať po prestavbe motora na propán-bután LPG?
22. Ktoré zložky výfukových plynov sú neekologické a prečo?
23. Prečo výrobca motora predpisuje oktánové číslo motorového benzínu?
24. Aký je vzťah medzi oktánovým číslom a kompresným pomerom motora?
25. Aké je detonačné spaľovanie a ako sa dá eliminovať?
26. V akom diagrame sa znázorňuje priebeh spaľovania?
27. Ktoré sú nepohyblivé časti spalovacieho motora?
28. Čo viete o kľukovom mechanizme z predchádzajúcich ročníkov?
29. Ktoré časti kľukového mechanizmu sú normalizované?
30. Vymenujte časti ventilového rozvodu.
31. Poznáte niektoré progresívne spôsoby ovládania ventilového rozvodu a čo je ich účelom?
32. Aký je pomer vzduchu a benzínu v zmesi a aké hodnoty môže nadobudnúť?
33. Čo je chudobná zmes a aké má výhody?
34. Za akých podmienok je chudobná zmes spáliteľná?
35. Opíšte katalyzátor, jeho úlohy a zásady správneho prevádzkovania.
36. Z akých častí sa skladá zapalovací systém?
37. Poznáte progresívne zapalovacie sviečky?
38. Čo patrí k príslušenstvu spalovacieho motora?
39. Aké sú zásadné rozdiely medzi vznietovým a zážihovým motorom?
40. Opíšte výhody a nevýhody vznietového motora.
41. Aký význam má preplňovanie spalovacích motorov?
42. Poznáte históriu a súčasnosť Wankelovho motora?
43. Poznáte niektoré hybridné pohony automobilov?
44. Poznáte vodíkový palivový článok a jeho aplikácie?
45. Prečo je na vozidlách nádrž na palivo umiestnená čo najnižšie? Ako to ovplyvňuje ťažisko automobilu?

2.9. Technická úprava prostredia

V prostredí, ako sú dielne, priemyselné haly, laboratóriá, kancelárie, učebne, obytné miestnosti, t. j. všade tam, kde sa zdržujú ľudia, je potrebné vytvoriť komplexné podmienky, aby sa splnili **hygienické kritériá**. Sú to:

- vykurovanie;
- vetranie, klimatizácia;
- vlhkosť a čistota vzduchu (prach, peľ, ale aj baktérie, roztoče);
- hlučnosť;
- osvetlenie.

Hygienické a energetické kritériá stanovuje norma STN 73 0540.

Pri teplote 20 °C a optimálnej relatívnej vlhkosti vzduchu 60 % je teplota rosného bodu 12 °C. Keď sa zvýši vlhkosť napr. nedostatočným vetraním, dochádza ku kondenzácii vodných pár. Najskôr sa vyzrážajú na miestach tepelných mostov. Povrch vlhne a môže dôjsť ku vzniku plesní.

2.9.1. Vykurovanie

Účelom vykurovania je vytvoriť také vnútorné životné prostredie, ktoré najlepšie vyhovuje ľudskému organizmu. Dosiahnuť stav, pri ktorom človek nepociťuje nadmerné teplo alebo chlad, tzv. **tepelnú pohodu**.

Niekedy je predpísaná teplota dôležitá ako jedna z podmienok dodržania technologického postupu, napr. laboratóriá, skleníky, montážne pracoviská atď.

Teplota vo vykurovaných miestnostiach je normalizovaná, napr.:

- obytné miestnosti, kancelárie, učebne 20 °C;
- kúpeľne, sprchy 22 °C;
- nemocničné izby, ordinácie, ošetrovne 24 °C;
- predsieni, chodby, dielne 16 °C;
- schodištia, sklady 10 °C;
- garáže 5 °C.

Človek vyprodukuje určité množstvo tepla, tzv. tepelný výkon:

- v pokoji 82 W;
- ľahká fyzická práca 175 W;
- ťažká fyzická práca 315 W;
- beh 577 W.

Tepelný výkon sa sleduje len v tom prípade, keď je v uzatvorenom priestore vysoká koncentrácia ľudí, napr. športové, koncertné a najmä tanečné haly.

Vykurované miestnosti majú tepelné straty, úniky tepla cez steny, okná, dvere, stropy, podlahy atď. Pri výpočtoch únikov cez steny, stropy, dlážky sa zohľadňujú susedné priestory, napr. či je susedná miestnosť vykurovaná, či je to chodba, schodište, pivnica atď. Dôležité je, z akých materiálov sú vyrobené steny, stropy, podlahy. Dôležitá je ich konštrukcia. Na straty má vplyv aj konštrukcia a materiál okien a dverí. Úspory sa dosahujú správnym zateplením.

Súčinitele prestupu tepla sú normalizované, napr.:

- vonkajšia tehlová stena s hrúbkou 30 cm 1,2 až 2,9 W. m⁻². K⁻¹,
- vnútorná tehlová stena podľa hrúbky 1 až 2,2 W. m⁻². K⁻¹,
- strop alebo dlážka s izoláciou 0,8 až 1,3 W. m⁻². K⁻¹,
- okná, dvere 2,5 až 4,6 W. m⁻². K⁻¹.

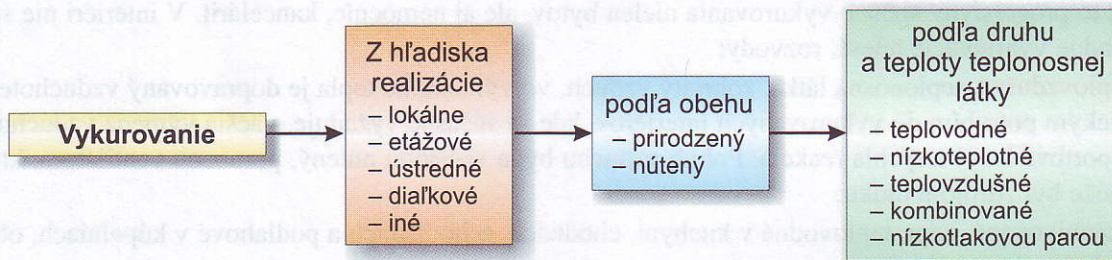
Výpočet tepelných strát sa robí podľa normy. V našich klimatických podmienkach je potrebné vykurovať šesť až sedem mesiacov v roku, v horských oblastiach aj dlhšie. Na to sa spotrebuje 60 až 75 % všetkej energie. (príprava teplej úžitkovej vody 15 až 25 %, varenie 5 %, osvetlenie a ostatné 5 až 10 %).

Zníženie teploty v miestnosti o 1 °C znamená úsporu nákladov na vykurovanie a energiu o 6 %.

Tepelná pohoda pri relatívnej vlhkosti vzduchu 30 % (príliš suchý vzduch) sa dosiahne pri 23 °C. Rovnakú tepelnú pohodu dosiahneme pri optimálnej 60 % vlhkosti už pri teplote 21 °C. Znamená to úsporu nákladov 12 %.

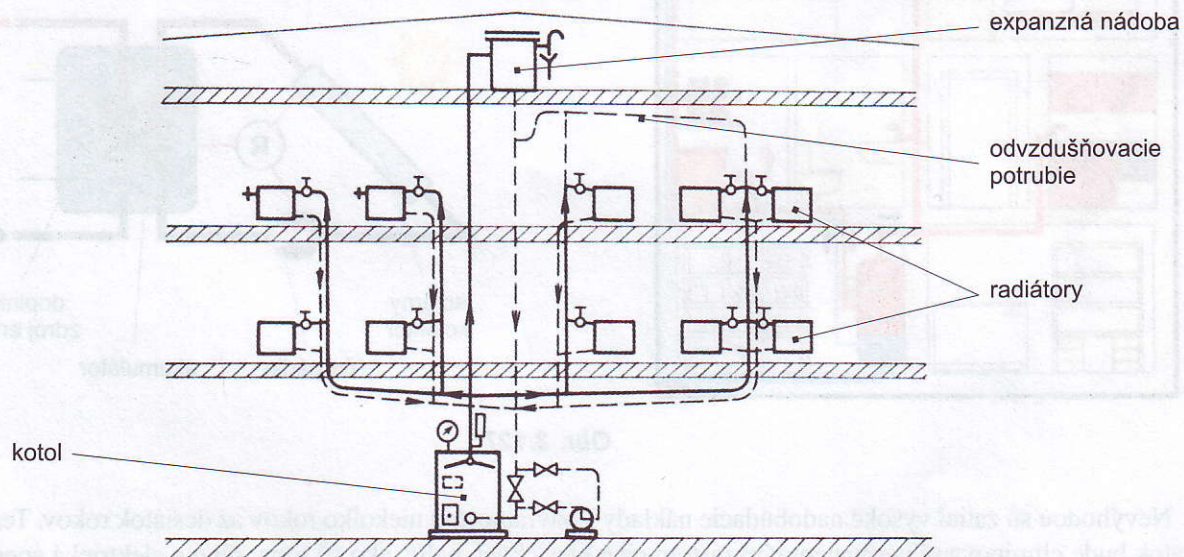
Vykurovanie si rozdelíme z hľadiska realizácie a z hľadiska druhu a teploty teplotnej látky (tab. 2.13).

Tab. 2.13



Z hľadiska realizácie je vykurovanie:

- **lokálne**, miestne. Zdroje tepla sú umiestnené priamo v interiéri. Môžu byť na tuhé, kvapalné, plyné palivá alebo sa používa elektrická energia. Vykurujú sa len určité miestnosti podľa potreby. Výhodou je rýchla reakcia, jednoduchá regulácia, relatívne nižšia spotreba palív atď.;
- **etážové** pre rodinný dom (obr. 2.126). Zdroj tepla, kotol, môže spotrebúvať rôzne energie. Umiestnený býva v pivnici alebo priamo vo vykurovanej miestnosti (zavesený). V kotli sa ohrieva teplotná látka (upravená voda), ktorá prostredníctvom potrubného rozvodu, odovzdáva teplo cez plochy vykurovacích telies do interiérov;
- **ústredné vykurovanie** niekoľkých budov sa realizuje z centrálnej kotolne, kde sa súčasne ohrieva aj veľké množstvo úžitkovej vody. Spaľovať sa môžu aj menej ušľachtilé pevné palivá. Dôsledne musí byť vyriešené zachytávanie a neutralizácia pevných častíc (popola), ktoré často obsahujú síru;
- **diaľkové vykurovanie** viacerých sídlisk aj vo viacerých mestách. Jadrová elektrárň v Jaslovských Bohuniciach vyrába elektrický prúd. Pritom produkuje ešte také množstvo tepla, že ho môže dodávať súčasne do viacerých miest. Teplotnou látkou je tlaková horúca voda, dopravovaná tlakovým potrubím, horúcovodom, do výmenníkových staníc, kde odovzdáva teplo ohrievanej úžitkovej vode.



Obr. 2.126

Obeh teplotnej látky môže byť:

- **prirodzený** (menej účinný);
- **nútený** (účinnjší). Teplotnú látku pri cirkulácii poháňa obehové čerpadlo, zapojené do potrubného systému vykurovacej sústavy.

Z hľadiska druhu a teploty teplotnej látky ústredné vykurovanie sa rozdeľuje na:

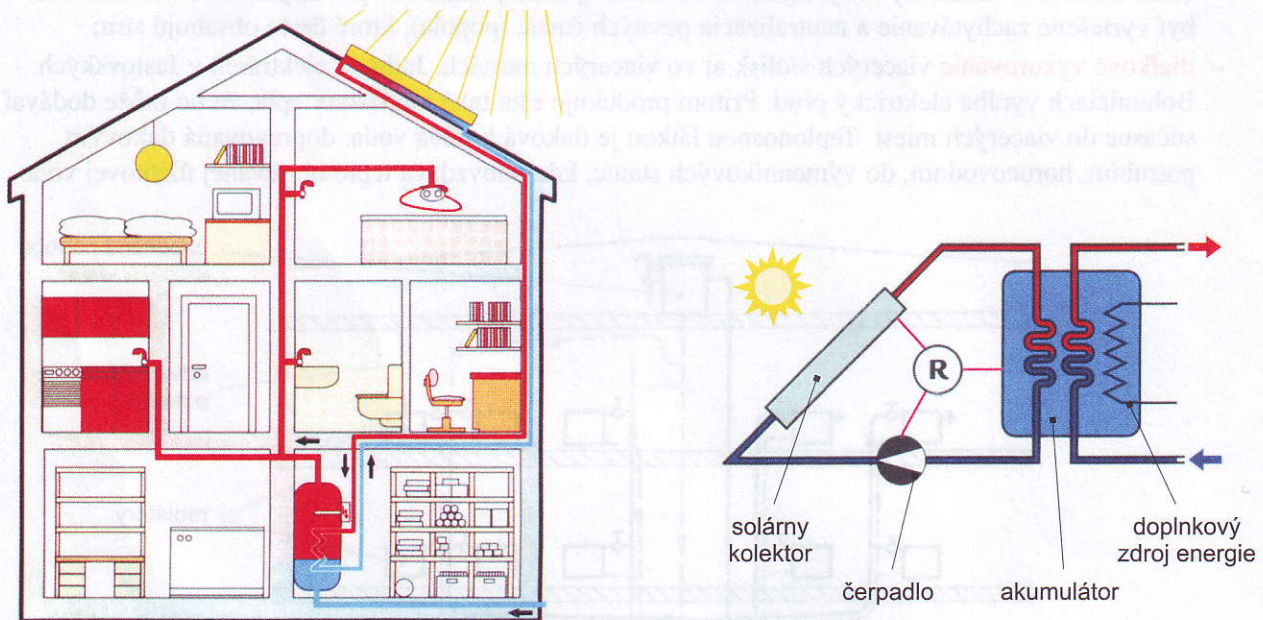
- **teplovodné**, teplotná látka, voda, je ohriata v kotle na 60 až 90 °C a rozvádzaná potrubím do vyhrievacích telies. Ich povrchová teplota z bezpečnostných a hygienických predpisov nesmie byť vyššia ako 60 °C a menej;

- **nízko-teplotná**, teplotonosná látka, voda, je ohriata v kotli a rozvádzaná potrubím do **podláh, stien** alebo **stropov**. V nich sú zabudované rúrky z ocele, zliatin medi alebo konštrukčných plastov. Povrchová teplota podlahového vykurovania je maximálna 28 °C, stenového až 60 °C a stropného 40 až 50 °C. Je to progresívny spôsob vykurovania nielen bytov, ale aj nemocníc, kancelárií. V interiéri nie sú žiadne vyhrievacie telesá, rozvody;
- **teplovzdušná**, teplotonosná látka, zohriaty vzduch, vo výmenníku tepla je dopravovaný vzduchotechnickým potrubím do vykurovaných interiérov, kde sa súčasne vyžaduje väčšia výmena vzduchu (športové haly) a rýchla reakcia. Pohyb vzduchu býva väčšinou nútený, pomocou ventilátora, ktorý môže byť zdrojom hluku;
- **kombinované**, napr. teplovodné v kuchyni, chodbách, schodištiach a podlahové v kúpeľniach, obývacích interiéroch;
- **nízkotlakovou parou** sa používa len výnimočne na vykurovanie priemyselných skladov, výrobných hál. Pretlak pary je 0,005 až 0,05 MPa. Nevhodná je vysoká povrchová teplota vykurovacích telies, náročná regulácia a možnosť korózie vnútri systému.

Vykurovacie telesá bývajú oceľové, liatinové, zo zliatiny hliníka alebo keramické.

Teplotonosná látka musí obsahovať inhibítory proti korózii, vodnému kameňu, zamrznutiu, rozmnožovaniu biologických prvkov, napr. rias, húb, baktérií.

Vykurovanie **solárnymi (slnecnými) kolektormi** (obr. 2.127) a **tepelnými čerpadlami** (nimi je možné aj chlaďť) patrí k reálnym, progresívnym systémom. Ich prevádzka je nízkonákladová a maximálne ekologická. Využívajú tzv. obnoviteľné zdroje energie.



Obr. 2.127

Nevýhodou sú zatiaľ vysoké nadobúdacie náklady s návratnosťou niekoľko rokov až desiatok rokov. Tento nedostatok bude eliminovaný permanentným rastom cien klasických palív, ako sú ropa, plyn a elektrická energia.

Vykurovanie **infražiaricmi** patrí k progresívnym a úsporným spôsobom vykurovania elektrickou energiou.

Názvoslovie, výpočty, zásady projektovania, výroby prvkov, montáže, regulácie atď. sú spravidla normalizované. Dodržané musia byť normalizované zásady pre výrobu a prevádzkovanie tlakových nádob, vykonávanie zväračských prác atď.

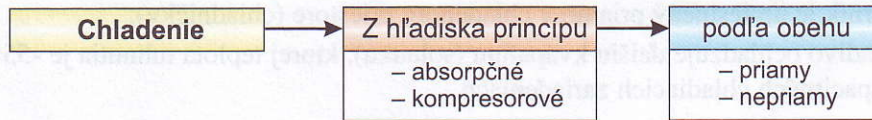
2.9.2. Chladiace obehly a tepelné čerpadlo

Pri niektorých oblastiach ľudskej činnosti je požiadavka znížiť teplotu prostredia, napr. v potravinárskom priemysle (chladničky), chemickom priemysle, stavebníctve (klimatizácia, raziť tunelov v tzv. tekutých pieskoch), elektrotechnike (supravodiče, v strojárstve) atď.

Úlohou strojového chladenia je znížiť teplotu vo vymedzenom prostredí pod teplotu okolia.

Druhy chladenia vidíte v tab. 2.14:

Tab. 2.14

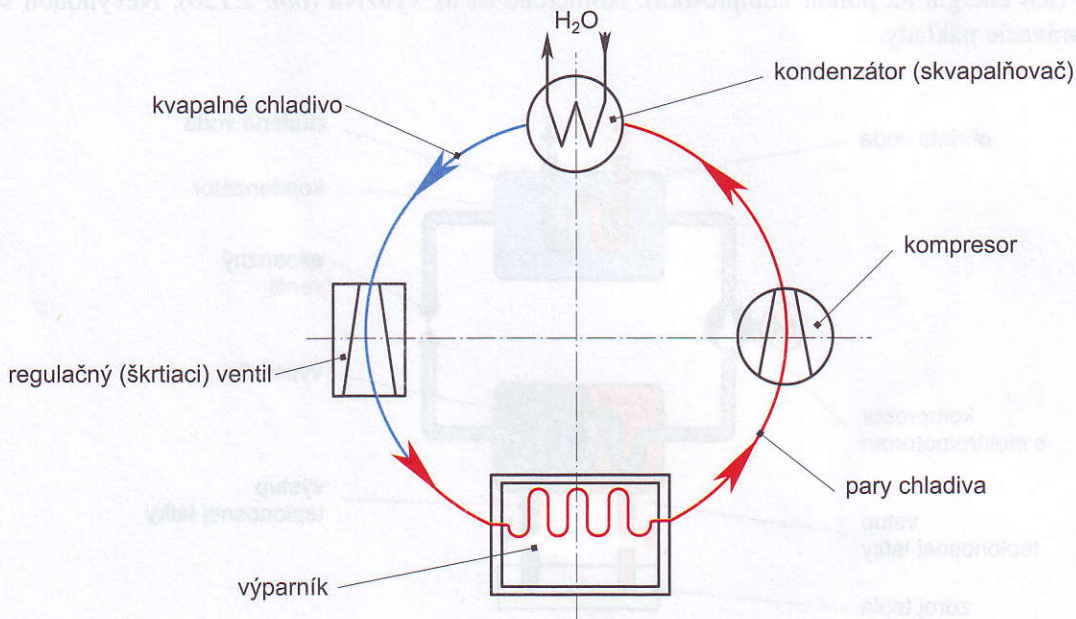


Najznámejšie sú dva spôsoby chladiacich obehov:

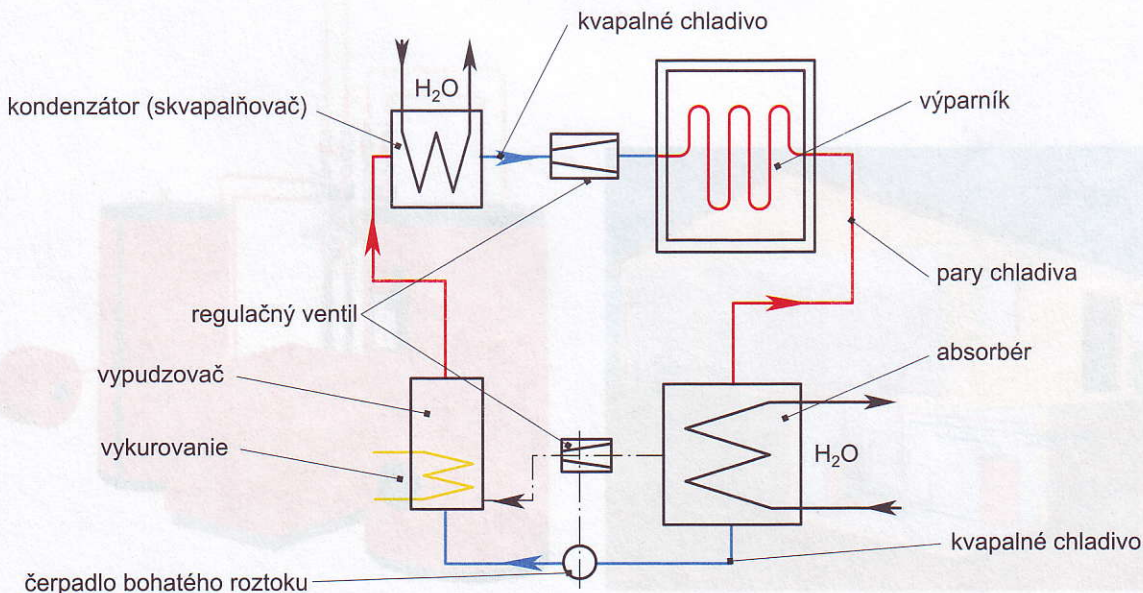
- kompresorový, používa sa častejšie;
- absorpčný (sorpčný).

Kompresorový chladiaci obeh (obr. 2. 128) obsahuje chladivo, ktoré sa vo výparníku odparuje a ochladzuje jeho priestor. Pary chladiva odsáva kompresor. Tie prechádzajú kondenzátorom (skvapalňovač), kde menia skupenstvo. Je to v podstate výmenník tepla, umiestnený zvonku na zadnej časti chladničky. Kvapalina prejde škrtiacim ventilom a po znížení tlaku je vedená znovu do výparníka. Tento cyklus sa opakuje. Nevýhodou je hlučnosť kompresora a jeho prípadné poruchy.

Absorpčný chladiaci obeh (obr. 2.129) nepotrebuje kompresor, je bezhlučný a menej poruchový. Spravidla má vyššiu spotrebu elektrickej energie. Môže sa nahradiť zemným plynom. Obeh obsahuje absorbér (pohlčovač), ktorý pohlcuje a vypudzuje ohriate pary chladiva do kondenzátora.



Obr. 2.128



Obr. 2.129

Oba obehu môžu byť:

- **priame**, výparník je umiestnený priamo v chladenom priestore (chladničky);
- **nepriame**, chladivo ochladzuje ďalšiu kvapalinu (solanku), ktorej teplota tuhnutia je $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Používa sa vo veľkokapacitných chladiacich zariadeniach.

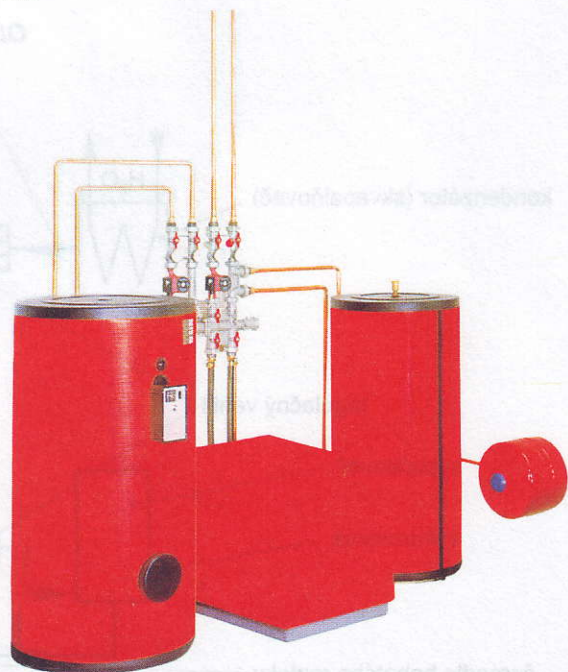
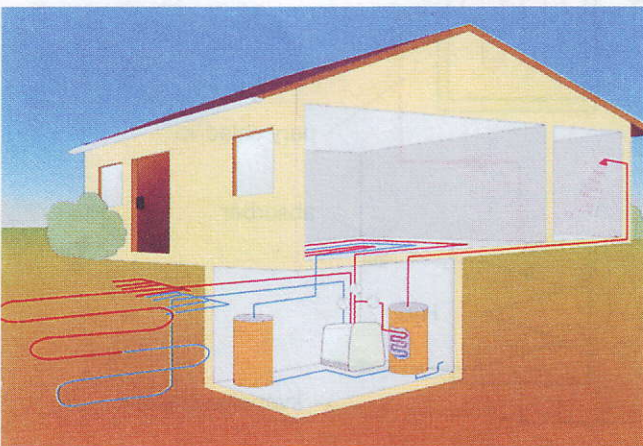
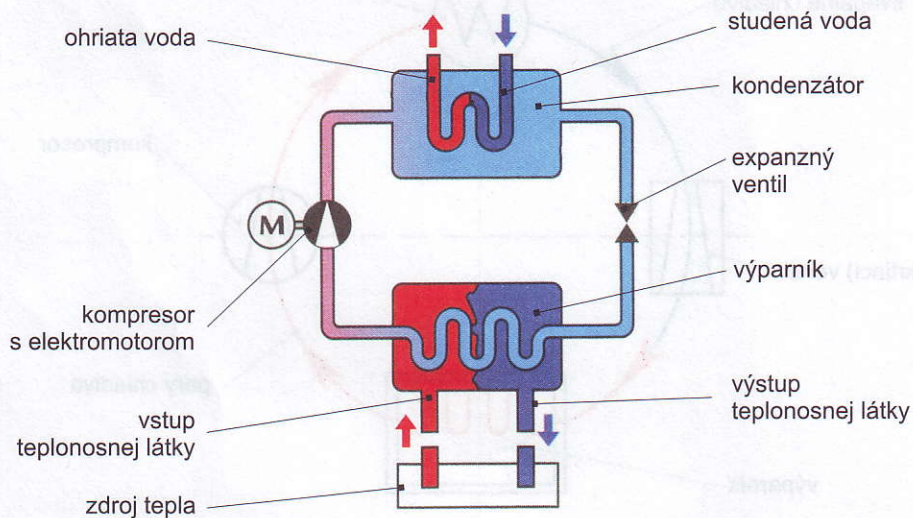
Chladivá môžu byť rôzne (napr. chladiaci efekt kolínskej vody na tvári v horúcom lete si môžeme overiť. Na odparenie liehu sa spotrebuje teplo, ktoré sa odoberie pokožke). Najstaršie chladivo je amoniak (čpavok), oxid uhličitý CO_2 . Dnes sa používajú bezfreónové chladivá, ktoré sú z ekologického hľadiska najpriateľnejšie.

Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo pracuje na rovnakom princípe ako chladiace obeh, kompresorový a absorpčný. Jeho primárnou úlohou je **produkcia tepla, prípadne chladu** v klimatizačných jednotkách. Princíp bol opísaný už v minulom storočí anglickým fyzikom lordom KELVINOM.

Princíp činnosti tepelného čerpadla je v tom, že odoberá teplo jednému prostrediu, napr. vonkajšiemu vzduchu, vode, rieke, pôde a pod., a odovzdáva ho vykurovanému prostrediu alebo ohrieva úžitkovú vodu. **Účinnosť systému sa zvyšuje s rozdielom teplôt týchto prostredí.**

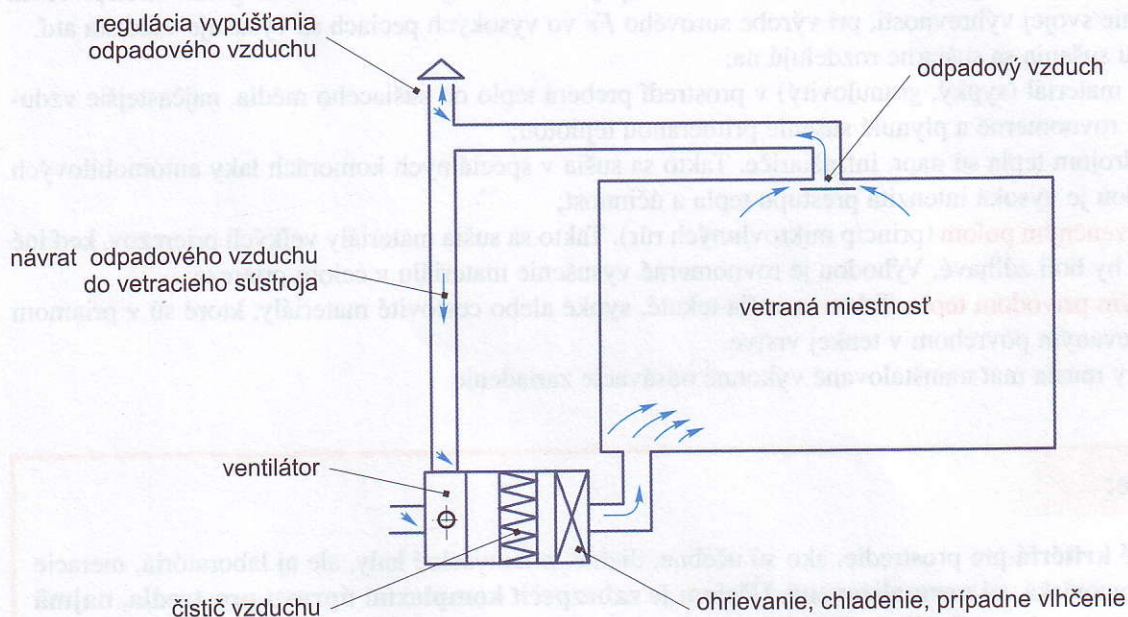
Tento spôsob nízkotepelného vykurovania je veľmi ohľaduplný k životnému prostrediu a má nízke prevádzkové náklady (len energia na pohon kompresora). Komerčne sa už využíva (obr. 2.130). Nevýhodou sú zatiaľ vysoké obstarávacie náklady.



Obr. 2.130

2.9.3. Vetrание, klimatizácia

Vetrание je výmena opotrebovaného vzduchu v uzatvorenom priestore technologickými procesmi za čerstvý vzduch z vonkajšieho prostredia (obr. 2.131).



Obr. 2.131

Vetrание sa rozdeľuje na:

- **prirodzené**, prenikaním vzduchu netesnosťami cez medzery okien, dverí a iných technologických otvorov;
- **samočinné**, prenikanie vzduchu inštalovanými vetracími otvormi, ktorých prierez je možné regulovať;
- **nútené**, vzduch je vháňaný cez inštalované vetracie otvory ventilátormi s miernym **pretlakom** alebo, ak ho odsáva, potom s miernym **podtlakom**.

Rýchlosť prúdenia vzduchu pri vetrání nesmie byť vyššia ako $0,2$ až $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dôvody sú hygienické, vzniká pocit prievanu. Prietok vzduchu nesmie byť vyšší ako 20 až $70 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ na osobu, a to podľa charakteru a účelu miestností.

Klimatizácia je komplexná úprava vzduchu v uzatvorených priestoroch.

Od klimatizácie sa vyžaduje:

- **výmena vzduchu**, vetrание;
- **ohrievanie alebo chladenie vzduchu** tak, aby bola zabezpečená tepelná pohoda;
- zabezpečenie optimálnej **relatívnej vlhkosti** vzduchu (pre osoby 60% , pri technologických postupoch sušenia podstatne menej, tropické skleníky 90%). Keď je vonkajšia relatívna vlhkosť vzduchu vysoká (v trópoch 90 až 100%), vzduch sa vysušuje;
- **čistota** vzduchu (filtrácia). Vyžaduje sa odstránenie prachu, peľov, ale aj choroboplodných zárodkov (napr. v operačných sálach).

Z hľadiska používaných tlakov sa klimatizačné zariadenia rozdeľujú na:

- **nízkotlakové** s pretlakom vzduchu do 100 Pa , rýchlosťou prúdenia 3 až $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Ich nevýhodou sú veľké priemery rozvodných potrubí a s tým súvisiace vyššie nároky na priestor a obstarávacie náklady;
- **vysokotlakové** s pretlakom vzduchu až 2000 Pa a rýchlosťou prúdenia 10 až $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Výhodou sú menšie priemery rozvodných potrubí, čo je dôležité najmä vo výškových budovách;
- **decentralizované**, sú to tzv. klimatizačné jednotky dimenzované na objem interiéru, napr. laboratória, meracie pracoviská atď. Klimatizačné jednotky sa montujú do autobusov, nákladných aj osobných automobilov.

2.9.4. Priemyselné sušenie

Vyžaduje sa pri spracúvaní látok, napr. v textilnom, chemickom, potravinárskom, drevárskom priemysle, ale aj v poľnohospodárstve na sušenie obilia v silách, sena a iných produktov. V potravinárskom priemysle sa takto vyrába sušené mlieko, instantné polievky, káva, ovocné nápoje vo forme granúl atď. V energetike sa napr. sušia palivá na zvýšenie svojej výhrevnosti, pri výrobe surového Fe vo vysokých peciach sa vysušuje vsádzka atď.

Podľa spôsobu sušenia sa sušiarne rozdeľujú na:

- **konvekčné**, materiál (sytký, granulovitý) v prostredí preberá teplo od sušiaceho média, najčastejšie vzduchu. Výhodou je rovnomerné a plynulé sušenie primeranou teplotou;
- **sálaním**, zdrojom tepla sú napr. infražiariče. Takto sa sušia v špeciálnych komorách laky automobilových karosérií. Výhodou je vysoká intenzita prestupu tepla a účinnosť;
- **vysokofrekvenčným polom** (princíp mikrovlnných rúr). Takto sa sušia materiály veľkých prierezov, keď iné spôsoby sušenia by boli zdĺhavé. Výhodou je rovnomerné vysušenie materiálu v celom priereze;
- **s kontaktným prívodom tepla**. Takto sa sušia tekuté, sytké alebo cestovité materiály, ktoré sú v priamom kontakte s vyhrievaným povrchom v tenkej vrstve.

Všetky sušičky musia mať nainštalované výkonné odsávacie zariadenie.

Zhrnutie:

Hygienické kritériá pre prostredie, ako sú učebne, dielne, priemyselné haly, ale aj laboratória, meracie a kontrolné pracoviská, sú **normalizované**. Účelom je zabezpečiť komplexnú úpravu prostredia, najmä vykurovanie, vetranie, optimálnu vlhkosť vzduchu, jeho čistotu. To je úlohou klimatizácie.

Vykuruje sa rôznymi systémami s rôznou účinnosťou, efektivitou a obsluhou. Náklady v našich klimatických podmienkach sú vysoké, a preto optimalizácia systémov, ale aj zatepľovania má veľký význam. Najlacnejšia energia je tá, ktorá sa nespotrebuje.

Chladienie má význam nielen v potravinárskom priemysle, ale je aj súčasťou klimatizácie. Energetická náročnosť týchto systémov je vysoká. Preto sú významné **tepelné čerpadlá**, ktoré veľmi efektívne využívajú tepelné rozdiely rôznych prostredí.

Progresívne sú palivové články (palivom je vodík H), ktoré dokážu vyrobiť elektrický prúd a súčasne aj teplo.

Priemyselné sušenie sa uplatňuje v potravinárskom, ale aj strojárskom priemysle. Energetická náročnosť je tiež vysoká.

Otázky, úlohy a úvahy:

1. Ktoré mikroklimatické podmienky prostredia musia byť splnené, aby vyhovelí zásadám hygieny?
2. Viete, aká je optimálna relatívna vlhkosť vzduchu pre človeka a prečo?
3. Vysvetlite pojem „tepelná pohoda“ pre človeka v rôznych prostrediach.
4. Určite, aký typ kúrenia máte doma a v škole.
5. Ktorý typ vykurovania by ste navrhli pre športovú halu?
6. Poznate princíp tepelného čerpadla?
7. Môžeme sa v našich klimatických podmienkach úplne spoľahnúť na solárne vykurovanie?
8. Čo má spoločné tepelné čerpadlo a chladiaci obeh vašej chladničky?
9. Poznate ďalšie použitie chladiacich systémov okrem domácností?
10. Viete, prečo platíte príplatok pri zakúpení chladničky za jej ekologickú likvidáciu po jej vyradení?
11. Ktoré chladivá sú ekologicky vyhovujúce?
12. Viete, prečo sa vo veľkokapacitných chladiacich zariadeniach používa nepriame chladienie?
13. Viete, čo je solanka a prečo sa používa v druhom okruhu?
14. Skúste vymenovať dvojice prostredí, ktoré sa môžu použiť na funkciu tepelného čerpadla.
15. Bolo vo vašom okolí inštalované tepelné čerpadlo?

Literatúra

1. DUDÍK, D. a kolektív: Strojárska technológia. Bratislava: Alfa 1978.
 2. FRANK, A. a kolektív: Strojárska technológia 4. Praha: SNTL 1978.
 3. GERIK, P. a kolektív: Kraftfahrzeugtechnik. Braunschweig: Westerman Schulbuchverlag GmbH 1991.
 4. HLUCHÝ, M. a kolektív: Strojárska technológia 2. 1. diel. Praha: Scientia 2001.
 5. HLUCHÝ, M. a kolektív: Strojárska technológia 2. 2. diel. Praha: Scientia 2001.
 6. HLUCHÝ, M. a kolektív: Strojárska technológia pre SPŠ nestrojnícke. Bratislava: Alfa 1997.
 7. KOČOVSKÝ, P. a kolektív: Náuka o materiáli pre odbory strojnícke. Vydala Žilinská univerzita v Žiline Mojzesova 20, 010 26 Žilina, v edičnom rade vysokoškolské učebnice, vytlačilo EDIS vydavateľstvo ŽU v júni 2001.
 8. KOPERNICKÝ, V.: Stroje pre 4. ročník SPŠ strojnícckych. Bratislava: Alfa 1987.
 9. KREIBICH, V.: Strojárska technológia IV. Bratislava: Alfa 1988.
 10. NOVOTNÝ, F. a kolektív: Výrobné konštrukcie. Bratislava: SVTL 1963.
 11. ŘASA, J. a kolektív: Strojárska technológia 4. Praha: Scientia 2003.
 12. ŘASA, J. a kolektív: Strojárska technológia 3. Praha: Scientia 2001.
 13. SKOČOVSKÝ, P. a kolektív: Náuka o materiáli pre odbory strojnícckie. Žilina: EDIS 2001.
 14. SKOPAL, V. a kolektív: Stroje a zariadenia. Bratislava: Alfa 1988.
 15. SKOPAL, V. a kolektív: Stavba a provoz strojů IV. Praha: SNTL 1987.
 16. ŠAVEL, J.: Elektrotechnologie materiály, technologie a výroba v elektronice a elektrotechnice. Praha: BEN – technická literatura 2004.
 17. ŠIDÁK, J. a kolektív: STROJE. Bratislava: Alfa 1971.
 18. TOMÁŠEK, J. a kolektív: STROJE. Bratislava: Alfa 1970.
 19. VÁVRA, P. a kolektív: Strojnícké tabuľky pre SPŠ strojnícckie. Bratislava: Alfa 1983.
 20. ZDENĚK, J., ŽDÁNSKÝ, B.: Automobily 3 Motory. Brno: Avid 2000.
- Firemné prospekty, časopisy

STROJNÍCTVO IV

Katarína Michalíková, Oldrich Michalík

Šéfredaktorka: RNDr. Veronika Zvončeková

Návrh obálky a grafická úprava Peter Semančík

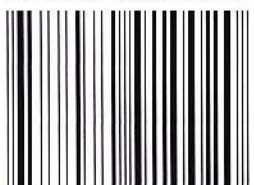
Vyšlo v EXPOL PEDAGOGIKA, spol. s r. o., Bratislava,
riaditeľ Ing. Peter Červeňanský

Vytlačilo KASICO, a. s.

ISBN 80-8091-002-2



ISBN 80-8091-002-2



9 788080 910020

skl. č. 9-91-406