

VŠB – TU OSTRAVA, Fakulta bezpečnostního inženýrství



Zařízení pro dopravu a uskladnění tekutin

Ing. Eva Veličková

Obsah:

1.	TLAKOVÉ NÁDOBY	2
1.1.	TLAKOVÉ NÁDOBY STABILNÍ (TNS)	4
1.2.	TLAKOVÉ NÁDOBY K DOPRAVĚ PLYNŮ	11
2.	POTRUBÍ	18
2.1	ČÁSTI POTRUBÍ:.....	22
2.1.1	Trubky	23
2.1.2	Tvarovky	23
2.1.3	Spoje trubek	24
2.1.4	Kompenzační zařízení	29
2.1.5	Armatury	31
2.2	ULOŽENÍ POTRUBÍ	32
2.3	OCHRANA POTRUBÍ	33
2.4	KRESLENÍ A ZNAČENÍ POTRUBÍ.....	35
3	ARMATURY	38
3.1	UZAVÍRACÍ ARMATURY	38
3.1.1	Kohouty	38
3.1.2	Ventily	40
3.1.3	Šoupátka	41
3.1.4	Klapky	42
3.2	REGULAČNÍ ARMATURY	43
3.2.1	Regulační ventily	43
3.2.2	Redukční ventil	44
3.3	ZPĚTNÉ ARMATURY	45
3.3.1	Zpětný ventil	45
3.3.2	Zpětná klapka	46
3.4	POJISTNÉ ARMATURY	47
3.4.1	Pojistný ventil	47
3.5	ODLUČOVACÍ PŘÍSTROJE	47
3.5.1	Odkalovací ventil	48
3.5.2	Odvaděče kondenzátu	48
3.5.3	Odvzdušňovací ventil	49
3.6	MĚŘICÍ PŘÍSTROJE	49
3.7	OVLÁDÁNÍ ARMATUR	50
4	ČERPADLA A KOMPRESORY	52
4.1	HYDRAULICKÉ STROJE	52
4.1.1	Pístová čerpadla	55
4.1.2	Membránová čerpadla	56
4.1.3	Rotační objemová čerpadla	56
4.1.4	Vřetenová čerpadla	57
4.1.5	Odstředivá (centrifugální) čerpadla	57
4.1.6	Proudová čerpadla	58
4.2	STROJE NA STLAČOVÁNÍ VZDUCHU	59
4.2.1	Objemové kompresory	60
4.2.2	Rychlostní kompresory	61
4.3	RYCHLOSTNÍ POMĚRY NA OBĚŽNÉM KOLE	62
5	GRAFICKÉ ZNAČKY ARMATUR A ULOŽENÍ POTRUBÍ	65
6	POUŽITÁ LITERATURA:	67

1. Tlakové nádoby

Značná část výrobního a pomocného zařízení v průmyslu pracuje ve srovnání s normálními poměry za zvýšeného nebo sníženého tlaku, případně i teploty. Tyto okolnosti mají vliv nejen na provedení a vybavení těchto zařízení, ale i na stránku provozní a bezpečnostní. Proto mluvíme o tlakových nádobách jako zvláštní skupině strojního zařízení.

Tlaková zařízení jsou konstrukční tlakové celky tvořící vymezené prostory s pevnými, nepohyblivými stěnami, na které působí plynné nebo kapalné látky vnitřním přetlakem. Vyhrazená tlaková zařízení jsou definována vyhláškou Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu č. 18/1979 Sb., ve znění vyhlášky ČÚBP a ČBÚ č. 97/1982 Sb. a vyhlášky ČÚBP a ČBÚ č. 551/1990 Sb. Jde o následující zařízení:

- **parní a kapalinové kotle:** konstrukční přetlak přesahuje 0,07 MPa a teplota pracovní látky převyšuje při tomto přetlaku bod varu,
- **tlakové nádoby stabilní:** nejvyšší pracovní přetlak přesahuje 0,07 MPa a obsahují plyny, páry nebo žíravé, jedovaté a výbušné kapaliny jakékoliv teploty nebo jakékoli kapaliny s teplotou převyšující bod jejich varu při přetlaku 0,07 MPa,
- **kovové tlakové nádoby na přepravu plynů:** kritická teplota je nižší než + 50°C, anebo při teplotě + 50°C je absolutní tlak par vyšší než 0,3 MPa.

Za tlaková zařízení se považují nádoby, potrubí, bezpečnostní výstroj a tlaková výstroj; zahrnují se také prvky připojené k součástem vystaveným tlaku, jako jsou například příruby, hrdla, spojky, podpory, závěsná oka.

- Nádobu je těleso navržené a zhotovené tak, aby mohlo být naplněno tekutinou pod tlakem, včetně součástí, které jsou k němu přímo připevněny a zasahují až k místu spojení s jiným tlakovým zařízením; může se skládat z více než jednoho tlakového prostoru.
- Potrubí jsou potrubní části určené k přepravě tekutin, pokud jsou navzájem spojeny tak, že tvoří jeden tlakový systém; potrubí zahrnuje trubky nebo soustavu trub či trubek, tvarovky, dilatační spoje, hadice popřípadě jiné části vystavené tlaku; za potrubí se považují také trubkové výměníky tepla skládající se z trubek a určené k chlazení nebo ohřívání vzduchu.
- Bezpečnostní výstroj jsou zařízení určená k ochraně tlakového zařízení před překročením nejvyšších pracovních mezí; zahrnují zařízení jak pro přímé omezení tlaku, jako jsou pojistné ventily, membránová průtržná pojistná zařízení, vzpěrné tyče, řízené pojistné systémy, tak omezující zařízení, která buď uvádějí v činnost regulační zařízení nebo zabezpečují odstavení nebo odstavení a blokování, jako jsou tlakové spínače, teplotní spínače nebo hladinové spínače a bezpečnostní měřicí, řídicí a regulační systémy související s bezpečností.
- Tlaková výstroj jsou zařízení, která mají provozní funkci a jejichž těleso je vystaveno tlaku.

Nejvyšší pracovní tlak (PS): nejvyšší tlak udávaný výrobcem, pro který je tlakové zařízení navrženo; je definován pro určité místo udané výrobcem, kde jsou připojena ochranná a omezující zařízení, popřípadě ochranná nebo omezující zařízení, nebo nejvyšší bod tlakového zařízení, popřípadě kterékoli jiné stanovené místo.













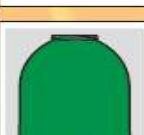

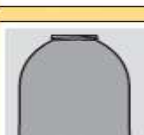

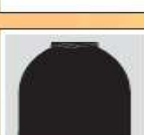
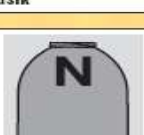
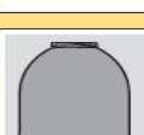
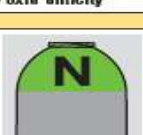
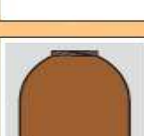

Nejvyšší, popřípadě nejnižší dovolená teplota (TS): výrobcem udaná nejvyšší, popřípadě nejnižší teplota, pro kterou je tlakové zařízení navrženo.

Tekutina: plyny, kapaliny a páry jak v podobě čisté fáze, tak ve směsi; tekutina může obsahovat suspensi pevných látek.

Tlaková nádoba: uzavřené těleso jednoduchého geometrického tvaru (válec, koule, kužel) obsahující tekutinu pod přetlakem, naplněné buď zcela plynem nebo kapalinou, nebo zčásti kapalinou pod přetlakem stlačeného plynu (vzduch, dusík) nad hladinou kapaliny ve stanovených nebo regulovaných mezích (regulačním ventilem).

Definice tlakové nádoby se liší, obecně je tlaková nádoba každá nádoba obsahující buď plyn s tlakem vyšším než atmosférickým, nebo kapalinu s tlakem vyšším než hydrostatickým. Tlakové nádoby podléhají pravidelným revizím podle provozních předpisů a norem. Aby se zabránilo záměně plynů, používají se pro různé plyny odlišné redukční ventily a liší se i barevné značení lahví.

Tabulka 1 Barevné značení tlakových nádob:

Stávající stav	Nový	Stávající stav	Nový
 modrá modrá	 bílá šedá (modrá)	 šedá šedá (černá)	 jasně zelená šedá (jasně zelená)
Kyslík		Xenon, Krypton, Neon	
 bílá bílá	 kaštanová kaštanová (bílá, šedá)	 červená červená	 červená červená
Acetylen		Vodík	
 hnědá hnědá	 tmavě zelená šedá (hnědá, tmavě zelená)	 červená červená	 červená šedá
Argon		Formovací plyn (směs dusík/vodík)	
 zelená zelená	 černá šedá (zelená)	 šedá šedá	 jasně zelená šedá
Dusík		Směs argon/oxid uhličitý	
 černá černá	 šedá šedá	 šedá šedá	 jasně zelená šedá
Oxid uhličitý		Stlačený vzduch	
 hnědá hnědá	 hnědá (jasně zelená) šedá (hnědá)	Poznámka: Válcová část láhve může být označena různými barvami, z nichž jedna je zde zobrazena barevně a ostatní jsou uvedeny v závorce.	
Helium			

Projektanti při návrhu tlakové nádoby musejí dbát na to, aby návrh vyhovoval platným směrnícím a bezpečnostním předpisům.

Tlakové nádoby dělíme na **stabilní**, které jsou pevně připojeny ke zdroji tlaku, a **tlakové nádoby k dopravě plynů**, které nejsou připojeny ke zdroji tlaku.

Při návrhu nádoby je nutno pamatovat na přístupnost z důvodu revize, oprav a čištění vnitřku nádoby. Důležitá je také možnost sledování koroze na vnitřní stěně. Tlakové nádoby o průměru 800 mm a větším, pokud jsou průlezné, musí mít průlez minimálně 320x420mm, nebo kruhový průlez ϕ 450 mm. Oválný průlez se uzavírá vhodným víkem. U nádob o průměru pod 800 mm musí být umožněna prohlídka otvorem min. ϕ 80 mm. Trubkové výměníky a přivařené topné pláště autoklávů uvedené opatření mít nemusí. Nádoby, které mají snímatelné dna, víka nebo hrdla umožňující prohlídku a čištění nádoby, nemusí mít zvláštní průlezy nebo otvory, mají-li snímatelné části aspoň rozměry výše uvedené. Vnitřní příslušenství nádob, jako míchadla, topné a chladicí hady, přepážky, narážecí plechy a jiné mají být odnímatelné.

Patky k uložení nádoby mají být na plášti. Jde-li o velké zatížení, podkládají se zesilujícím plechem. Nesmějí však zacházet do obvodového svaru dna a pláště. Menší nádoby do průměru 1200mm a celkové váze 5000kg, mohou být uloženy na několika nohách, které vycházejí ze dna nádoby. Uložení sklopných nádob musí být řešeno pro polohu stabilní. Každá nádoba je vybavena výstrojí, jejíž rozsah je dán druhem a velikostí nádoby.

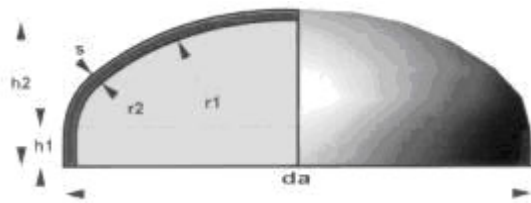
1.1 Tlakové nádoby stabilní (TNS)

Z hlediska technického i právního se považuje za tlakovou nádobu stabilní každá nádoba nebo skupina nádob, které tvoří trvalý, proti okolí oddělený celek navzájem neuzavíratelných částí. Tlaková nádoba stabilní je nádoba, na jejíž stěny působí tlak pracovní látky, nádoba nemění své stanoviště nebo je přenosná, převozná, popř. pojízdná a je trvale nebo přechodně spojena se zdrojem tlaku a neslouží k dopravě kapalin a plynů, vzniká spojením tlakových částí nádoby.

Tento celek (nádoba) je naplněn pracovní látkou, která vyvolává na jeho stěnu vnitřní nebo vnější přetlak. Protože za provozu může tlak a teplota v nádobě kolísat, rozlišujeme nejvyšší dovolený přetlak a nejvyšší dovolenou teplotu, jako hodnoty, kterých může pracovní látka v nádobě vůbec dosáhnout. Nejvyšší dovolený přetlak se označuje na manometru červenou značkou. Za pracovní teplotu a tlak považujeme ty hodnoty obou veličin, které za provozu zpravidla existují.

V provozu musíme tlakové nádoby zabezpečit proti překročení udaného tlaku (pojistným ventilem) a teploty (tavnou pojistkou nebo poplašným zařízením).

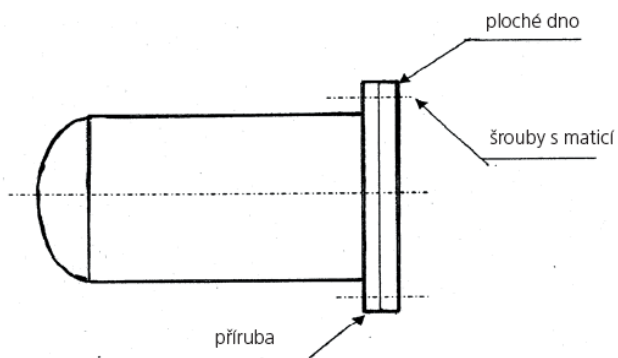
Z pevnostního hlediska má mít tlaková nádoba jednoduchý tvar – válec nebo koule. Válcová je podle osy buď stojatá nebo ležatá. Její hlavní částí jsou plášť a dna. Dna tlakových nádob jsou obvykle klenutá – střední a vyšší tlaky, nebo půlkulová pro vysoké a velmi vysoké tlaky. Menší nádoby mohou mít rovná dna, která jsou pevnostně nevýhodná. V chemickém průmyslu jsou často případy, kdy je do aparátu zabudován trubkový systém (topná stěna, výměníky tepla, kondensátory). Konce trubek jsou zaválcovány do vrtaných otvorů rovných trubkových den (trubkovnic, trubkových čel). Pevnosti spoje se docílí mnohonásobným vyztužením dna trubkami aparátu. Spojení musí být nejen pevné, ale i těsné. Je-li dno odnímatelné, nazýváme ho víkem. Pevným příslušenstvím nádob jsou průlezy, hrdla a kontrolní otvory, uzavřené pevně těsným víkem.



Obr. 1 Klenuté dno



Obr. 2 Půlkulové dno



Obr. 3 Jednoduchá tlaková nádoba s plochým dnem



Obr. 4 Válcová tlaková nádoba stojatá



Obr. 5 Válcová tlaková nádoba ležatá

Obr. 6 Kulová tlaková nádoba



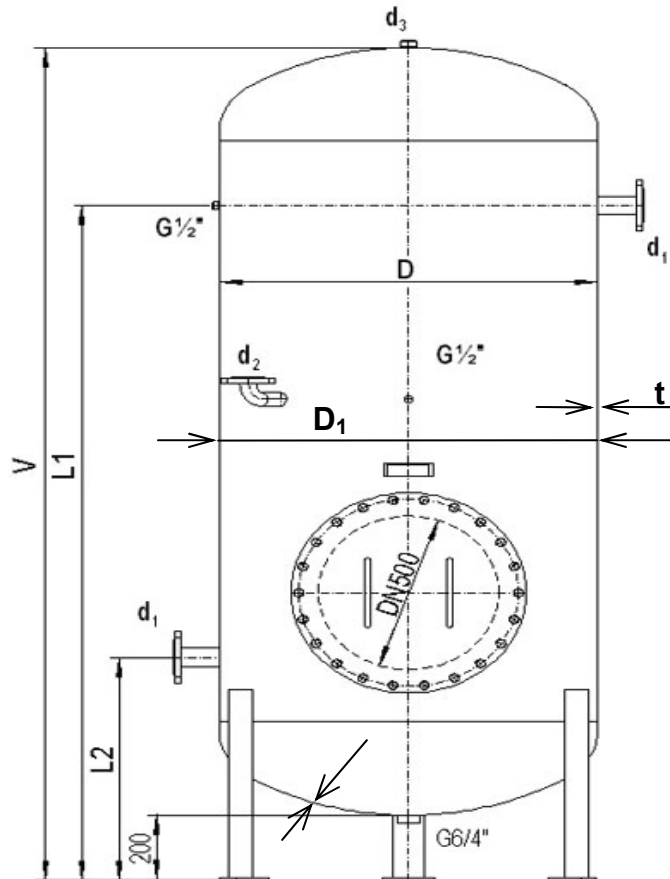
Stabilní nádoby mohou být výrobní (pracovní) a uskladňovací.

Výrobní tlakové nádoby jsou vytápěné i netopené (např. reaktory, autoklávy, zařízení odpařovací, destilační, rektifikační, absorpční a jiné, tepelné výměníky, kondensátory apod.), pokud pracují za vakua nebo přetlaku.

Stabilní tlakové nádoby uskladňovací se používají k uskladňování plynů, tj. plynů stlačených, zkapalněných a pod tlakem rozpuštěných.

Podle poměru D_1/D (t/D) dělíme nádoby na tenkostěnné a tlustostěnné.

Pro tenkostěnné nádoby platí $D_1/D \leq 1,1$ ($t/D \leq 0,1$), pro tlustostěnné nádoby jsou poměry opačné.



Obr. 7 Tlaková nádoba hlavní rozměry

Namáhání vnitřním přetlakem:

$$\text{Napětí v podélném řezu: } \sigma_{\perp} = \frac{F_{\perp}}{S_{\perp}} = \frac{p D l}{2 l t} = \frac{p D}{2 t}$$

Přetlakem p na nádoby vzniká osová síla, která vyvolává v příčných řezech nádoby napětí σ_{\parallel} :

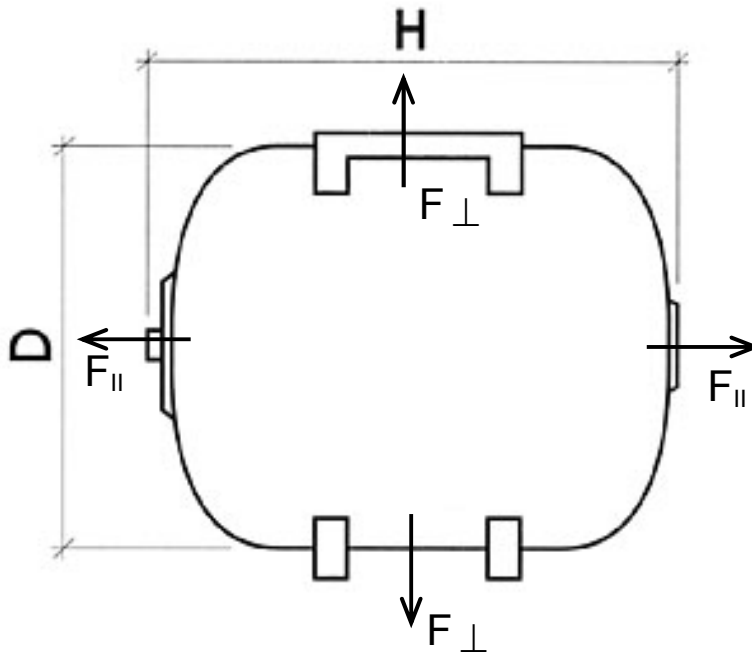
$$\sigma_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{S_{\parallel}} = \frac{p \cdot \frac{\pi D^2}{4}}{\pi D t} = \frac{p \cdot D}{4 t}$$

Z tohoto je patrné, že v podélných řezech je namáhání stěny nádoby dvojnásobné než v příčných, proto se taky nádoba trhá podélně. Tloušťka stěny se proto počítá podle napětí v podélném řezu a pevnost se vyjadřuje podmínkou: $\sigma_{\perp} \leq \sigma_{Dt}$.

Dovolené napětí se vypočte z meze pevnosti R_m (σ_{pt}), nebo meze kluzu R_e (σ_{kt}):

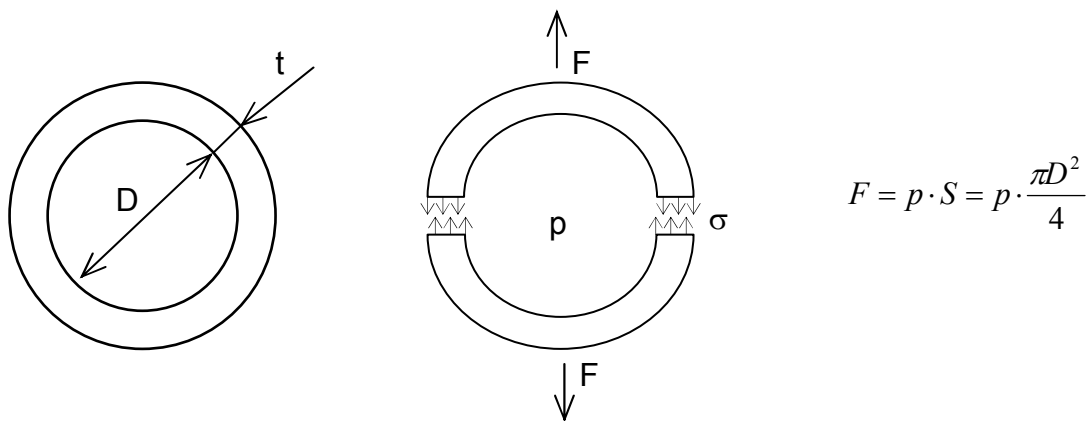
$$\sigma_{Dt} = \frac{\sigma_{pt}}{n} \qquad \sigma_{Dt} = \frac{\sigma_{kt}}{n_1}$$

n , n_1 jsou koeficienty bezpečnosti (1,5 a více).



Obr. 8 Namáhání vnitřním přetlakem ve válcové tlakové nádobě

Pro koule platí:



Obr. 9 Namáhání vnitřním přetlakem v kulové tlakové nádobě

Napětí ve stěně koule:
$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}}{\pi \cdot D \cdot t} = \frac{p \cdot D}{4 \cdot t}$$

Základní pojmy – tlakové nádoby stabilní (ČSN 69 0010 část 1.1, ČSN 69 0012):

Tlaková nádoba stabilní:

nádoba, na jejíž stěny působí tlak pracovní látky, nádoba nemění své stanoviště nebo je

přenosná, převozná, popř. pojízdná a je trvale nebo přechodně spojena se zdrojem tlaku a neslouží k dopravě kapalin a plynů, vzniká spojením tlakových částí nádoby.

Pracovní látka (tekutina):

kapalina, pára nebo plyn, obsažené v tlakovém prostoru nádoby.

Tlaková část nádoby:

část nádoby, na jejíž stěny působí tlak pracovní látky (např. plášť, dno, příruba, hrdlo).

Netlaková část nádoby:

část nádoby, na kterou tlak pracovní látky nepůsobí a je na nádobě umístěna z vnější strany (např. patka, sedlová podpora, nosná noha, úchyty, izolace), nebo je umístěna uvnitř nádoby v tlakovém prostoru, avšak tlakem není namáhána (vnitřní úchyty vestavby, vestavba v níž je vnitřní i vnější tlak vyrovnán ap.).

Pracovní přetlak:

vnitřní nebo vnější přetlak, který vzniká při normálním průběhu pracovního procesu.

Nejvyšší pracovní přetlak:

nejvyšší hodnota vnějšího nebo vnitřního přetlaku, kterou smí přetlak v tlakové nádobě dosáhnout za provozu a na níž smí být také nejvýše nastaveno pojistné zařízení. Pro pojistné ventily je nejvyšší pracovní přetlak roven otevíracímu přetlaku, přípustné krátkodobé překročení nejvyššího pracovního přetlaku při otevírání pojistného ventilu na plný průtok se určuje podle ČSN 69 0010-5.2 (viz ČSN 69 0010-4.2).

Výpočtový přetlak:

výpočtovým přetlakem p v provozních podmínkách se rozumí přetlak, pro nějž se provádí pevnostní výpočet. Výpočtový přetlak pro tlakovou nádobou nebo její část je roven nebo je větší než nejvyšší pracovní přetlak.

Zkušební přetlak:

přetlak zkušební látky, jímž se zkouší nádoby nebo jejich části při tlakové zkoušce, určí se podle ČSN 69 0010-7.1.

Pracovní teplota stěny:

teplota stěny, při které se nádoba při normálním průběhu provozuje.

Nejvyšší pracovní teplota:

nejvyšší hodnota, které smí teplota pracovní látky dosáhnout v nádobě za provozu.

Nejnižší pracovní teplota:

za nejnižší pracovní teplotu tlakové nádoby nebo její části, pokud není stanoveno jinak, se považuje nejnižší pracovní teplota látky, která danou část nádoby obtéká.

V Čechách se za nejnižší atmosférickou teplotu považuje teplota mínus 20°C, není-li pro určitý případ dohodou mezi výrobcem a odběratel stanoveno jinak.

Výpočtová teplota:

výpočtová teplota za provozu se určí na základě tepelných výpočtů nebo měření.

Za výpočtovou teplotu stěny části tlakové nádoby se považuje nejvyšší hodnota teploty stěny, při normálním průběhu pracovního procesu.

Při teplotě pod 20° C se za výpočtovou teplotu pro určení dovoleného namáhání bere teplota – 20°C .

Výstroj nádoby:

armatura a přístroje nutné k ovládání, řízení a kontrole bezpečného, spolehlivého a hospodárneho provozu.

Bezpečnostní výstroj:

výstroj, kterou musí být nádoba vybavena k zajištění bezpečnosti provozu nádoby.

Požadavky na výstroj TNS jsou především bezpečnostního charakteru, i když musí splňovat požadavky na řádné řízení provozu, odstavování z provozu, regulaci některých parametrů atp. Z bezpečnostních hledisek výstroj musí zajišťovat nádobu před překročením maximálního pracovního tlaku a maximální, resp. minimální, pracovní teploty. Ostatní aspekty jsou velmi různorodé podle druhu tlakové nádoby a druhu tlakového media

Základní požadavky na výstroj

TNS musí mít alespoň tuto výstroj:

- Uzavírací zařízení pro odpojení od potrubí přivádějícího, popř. odvádějícího, pracovní látku. Tento požadavek je dán tím, že TNS umožňuje kdykoliv se oddělit od zdroje tlaku (např. v případě poruchy) bez odstavování celé výroby atp. Tento požadavek se zvýrazní u skupiny stejných nádob.
- Obsluze i údržbě přístupné zařízení k vypouštění tvořícího se kondenzátu nebo celého obsahu nádoby. Pokud lze uzávěry přivádějícími a odvádějícími látku z nádoby kdykoliv vypustit, nemusí mít TNS zvláštní vypouštěcí zařízení.
- Tlakoměr ukazující vnitřní přetlak v připojeném tlakovém prostoru TNS v MPa (kPa), vybavený armaturou umožňující kontrolu tlakoměru za provozu (trojcestným kohoutem apod). Tlakoměr musí být na každém tlakovém prostoru, pokud mají rozdílné pracovní přetlaky. Při měření tlaku par nebo horkých kapalin, jejichž teplota zvyšuje teplotu přístroje nad 60°C, musí přivodní trubka tlakoměru tvořit kondenzační (vodní) smyčku.
- Alespoň jedno pojistné zařízení zabezpečující nádobu před překročením nejvyššího pracovního přetlaku. Zařízení musí být zajištěno proti nedovolenému zásahu do jeho funkce. Má-li nádoba několik tlakových prostorů s rozdílnými tlaky, musí mít každý takovýto prostor vlastní pojistné zařízení.
- Nádoba ohřívána spaliny, u níž může snížení hladiny pod stanovenou výši způsobit přehřátí stěn nádoby, musí mít alespoň jeden stavoznak.
- Odvětrávací uzávěr na nejvyšším místě nádoby.
- Teploměrem musí být vybaveny nádoby pracující s přehřátými parami a kapalinami o teplotě vyšší než 50°C. Nejvyšší nebo nejnižší teplota musí být na teploměru vyznačena červenou rýskou nebo jiným vhodným způsobem.

Uvedené základní požadavky je třeba doplnit o zabezpečení otevíratelných nádob. Tyto nádoby musí mít zařízení, které umožní snížit pracovní přetlak před otevřením nádoby na tlak atmosférický, popř. ochladit vnitřní obsah pod nebezpečnou teplotu.

Nádoby s rychlouzávěrem, popř. s centrálním uzávěrem, musí mít zařízení, které znemožní otevření uzávěru před snížením pracovního přetlaku na tlak atmosférický. U otevíratelných nádob musí být též vyloučeno plnění nádoby tlakovým mediem, pokud centrální uzávěr nebo rychlouzávěr nezajistí spolehlivě víko (dveře apod.) v uzavřené poloze.

Pokud se používá sestav stabilních tlakových nádob (baterií), musí se označit ovládací ventily k jednotlivým nádobám.

- Nádobky na zkapalněné plyny musí být opatřeny zařízením na kontrolu výšky hladiny kapaliny.
- Pojistné ventily (s výjimkou plynotěsných ventilů) musí být takové, aby bylo možno snadno a bezpečně ověřit jejich průchodnost; ventily i výfukové potrubí musí být umístěny a upraveny tak, aby při jejich činnosti nemohlo dojít k ohrožení obsluhy nebo jiných osob. Výfukové potrubí pojistného ventilu nesmí vytvořit smyčku. Pojistné ventily musí být namontovány tak, aby osa ventilové kuželky byla svislá, pokud se umístí v jiné poloze, musí být pro tuto polohu konstruovány.
- Nádobky umístěné na volném prostranství musí být zajištěny proti manipulaci nepovolanými osobami a povětrnostním vlivům.

Pro TNS je povoleno užívat armatury, které vyhovují příslušným ČSN např. 13 3060 a 13 3041. U nádob, kde dochází za provozu k varu náplně v pracovním prostoru a jsou vybaveny dálkovým teploměrem, se zajišťuje možnost jeho kontroly umístěním jímky pro kontrolní teploměr na vhodném místě nádoby. Přivádějí-li se do TNS nebo se v ní mohou tvořit vznětlivé nebo jedovaté plyny a páry, musí být spolehlivě zamezeno jejich unikání na pracoviště (např. odváděcími trubkami od pojistných ventilů nebo membránových pojistek), přičemž jedovaté plyny musí být zneškodněny filtrem nebo jiným způsobem.

Veškerá výstroj musí být zabezpečena před manipulací nepovolanými osobami a u nádoby umístěné mimo budovu také před atmosférickými vlivy a zároveň veškerá výstroj, zejména pojistná zařízení, musí být umístěna tak, aby byla přístupná za provozu.

Ve zvláštních případech lze použít jiného zařízení místo pojistného ventilu, mohou to být např.:

- průtržné membrány (používané samostatně nebo v kombinaci s pojistným ventilem),
- signalizační tlakoměry,
- tavné pojistky,
- signalizační teploměry.

Tyto případy připadají v úvahu, pokud pracovní látka může způsobit nespolehlivost pojistných ventilů, např. u plynů obsahujících značné množství prachových částic, dále u kryogenních plynů ap. Jiným důvodem je, pokud chceme zabránit unikání cenných nebo jedovatých látek netěsným pojistným ventilem. Pokud se týká tlakoměru, lze ho nahradit teploměrem v případě pracovní látky, kterou je kapalina a její sytá pára, u níž je zákonitý vztah mezi tlakem a teplotou, kdy určité teplotě odpovídá určitý tlak a naopak. Jestliže nejvyšší pracovní přetlak TNS není nižší než nejvyšší pracovní přetlak zdroje a je vyloučeno zvyšování tlaku v TNS např. vlivem probíhající chemické reakce nebo ohřevu, není umístění pojistného ventilu a tlakoměru na TNS povinné, pokud samotný zdroj tlaku je opatřen tlakoměrem a vyhovujícím pojistným zařízením. Tento případ může být např. u rozvodu tlakového vzduchu, kdy je jištěn plný výkon v kompresorovně, další TNS osazené v rozvodu nemusí být samostatně jištěny pojistnými ventily a ani vybaveny pojistnými ventily ap. Když vezmeme v úvahu opačný případ, tj. TNS s max. pracovním přetlakem nižším než je tlak jejího zdroje, musí mít mimo uzavírací ventil ještě redukční zařízení nebo zařízení (např. tlakový spínač), které při dosažení max. pracovního přetlaku vyloučí další dodávání pracovní látky s přetlakem vyšším.

Kde by pracovní látka podle zkušeností působila trvale netěsnost pojišťovacího ventilu, je možno jej nahradit signalizačním manometrem, s případnou registrací.

U korodujících látek nebo tam, kde nejsou ventily spolehlivé konstrukce, se mohou nahradit tavnými pojistkami nebo signalizačními teploměry. Tavná pojistka má dutinu kovového

pouzdra vyplněnou slitinou o určitém bodu tání. Tím je tlaková nádoba, která jich má několik, chráněna proti stoupaní tlaku v důsledku vyšší teploty. U tlakových nádob, kde může dojít k explozi, pojistné ventily nestačí a provoz se zabezpečuje průtržnou membránou. Je dimenzována tak, aby se protrhla při zkušebním přetlaku. Membrány i tavné pojistky jsou pouze prostředky náhradní.

Tlakové nádoby stabilní se umísťují do provozních místností, na volné prostranství, jsou uloženy v zemině nebo jsou zasypany. Tlakové nádoby jsou uzemněny, nádoby uložené v zemině nebo zasypané musí být chráněny proti bludným proudům. Sklopné nádoby musí být opatřeny zařízením zamezujícím jejich samovolnému sklopení.



Obr. 10 Zasypaný zásobník



Obr. 11 Nadzemní nádrže

Tlakové nádoby se vyrábějí z jednoho výkovku, z výkovků jednotlivých dílů svařených v jeden celek, jako odlitek, jsou skruženy z plechu s podélnými svary, nebo jsou vytvořeny jako vícevrstevné nebo vinuté stěny. Dna nádob jsou převážně polokruhovitěho tvaru vyrobena z výlisků nebo výkovků, dna velkých průměrů jsou vyrobena svařením vylisovaných segmentů. Hrdla a výztuhy jsou do pláště zavařovány. Kulová tlaková nádoba je vyrobena z vylisovaných segmentů svařených na místě montáže, je opatřena průlezy a hrdly pro výstroj a je umístěna na podpěrném systému, pevně zakotveném v základech. Materiál používaný pro výrobu nádob musí vyhovovat normám, používají se uhlíkové a slitinové oceli, šedá litina, měď, hliník a jiné prvky, případně slitiny. Na svařované části tlakových nádob lze použít takový základní materiál, který je vhodný ke svařování.

1.2 Tlakové nádoby k dopravě plynů

Jde o zvláštní skupinu nádob, užívaných k přepravě stlačených, zkapalněných nebo pod tlakem rozpuštěných plynů. Tlakové nádoby k dopravě plynů mění mezi naplněním a vyprázdněním své stanoviště. Jejich provozní podmínky jsou tvrdší. Jde vesměs o kovové nádoby, které nepracují s nízkými teplotami nebo s výbušnými látkami. Obecně rozlišujeme tyto druhy transportních nádob:

- láhve
- trubkové nádoby
- tlakové sudy
- kryogenní nádoby
- svazky lahví
- bateriový vůz
- cisterny

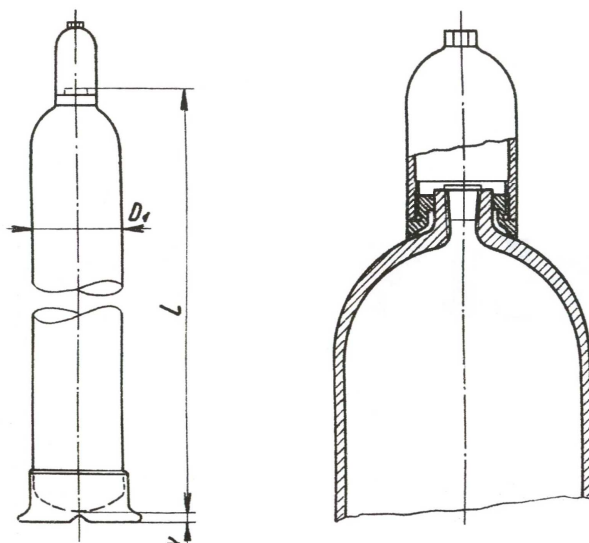
Tlakové nádoby k dopravě plynů mají mít jednoduchý válcový tvar, klenutá nebo půlkulová dna. Podstatný rozdíl při navrhování je v tom, že u stabilních nádob se vychází z nejvyššího dovoleného přetlaku, kdežto u přenosných nádob se vychází z tlaku zkušebního.

Tlakové nádoby k dopravě plynů:

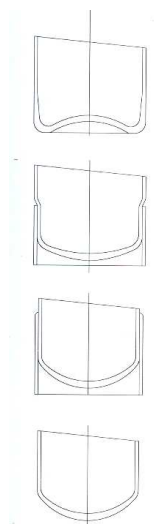
- Nádoba musí být opatřena alespoň jedním uzavíracím ventilem, pokud není stanoveno jinak.
- Na každé nádobě musí být trvale vyznačeny základní technické údaje, popřípadě i základní provozní podmínky.
- Pojistná zařízení nádob musí být neuzavíratelně spojena s tlakovým prostorem a zajištěna tak, aby manipulace s nimi byla nepovolaným osobám znemožněna; pojistky musí být provedeny tak, aby při průtoku plynu pojistkou nedošlo k rotaci nádoby.
- Nádoby s obsahem plynů, které spolu vytvářejí nebezpečnou směs, nesmějí být skladovány ve společném prostoru. Láhve s plynem musí být zajištěny proti převržení.
- Vyprázdňené láhve na nebezpečné plyny musí být skladovány stejným způsobem jako plné láhve.
- Nádoby na dopravu plynů musí být barevně označeny a nádoby na nebezpečné plyny musí být opatřeny též bezpečnostním označením. Vyznačeny musí být i prostory k umístění nádob.
- Uzávěry cisteren musí být zabezpečeny proti manipulaci nepovolanými osobami.
- Silniční cisterny musí být opatřeny alespoň dvěma uzavíracími ventily zapojenými v sérii.
- Cisterny musí být opatřeny zemnicím zařízením.

Láhve

Za láhve se považují válcové nádoby do vnějšího průměru 420 mm a délky 2000 mm s vnitřním objemem do 150 l. Užívají se pro všechny druhy plynů. Tvar i velikost ocelových láhví je normalizována. Nádoby na plyny musí mít nejméně jeden otvor na plnění a vyprazdňování. Ten musí dovolovat i vnitřní prohlídku a čištění nádoby. U ocelových láhví se za tento otvor pokládá hrdlo pro uzavírací ventil. Láhve mají ochranné kloboučky, které slouží k ochraně lahvového ventilu během přepravy a skladování. Uzavřené ochranné kloboučky je nutno před použitím odšroubovat, otevřené ochranné kloboučky jsou pevně přichyceny k lahvi a umožňují připojení redukčního ventilu. Dno lahve může být konkávní nebo konvexní s kroužkem nebo s patkou.



Obr. 12 Tlaková láhev



Konkávní dno

Konvexní s patkou dno

Konvexní s kroužkem dno

Konvexní dno

Obr. 13 Druhy den tlakových láhví

Příkladem lahví jsou ocelové láhve na technické plyny, ocelové láhve na stlačený zemní plyn, ocelové láhve pro hasicí techniku, ocelové láhve pro dýchací a potápěcí přístroje, ocelové láhve pro nápojovou techniku.



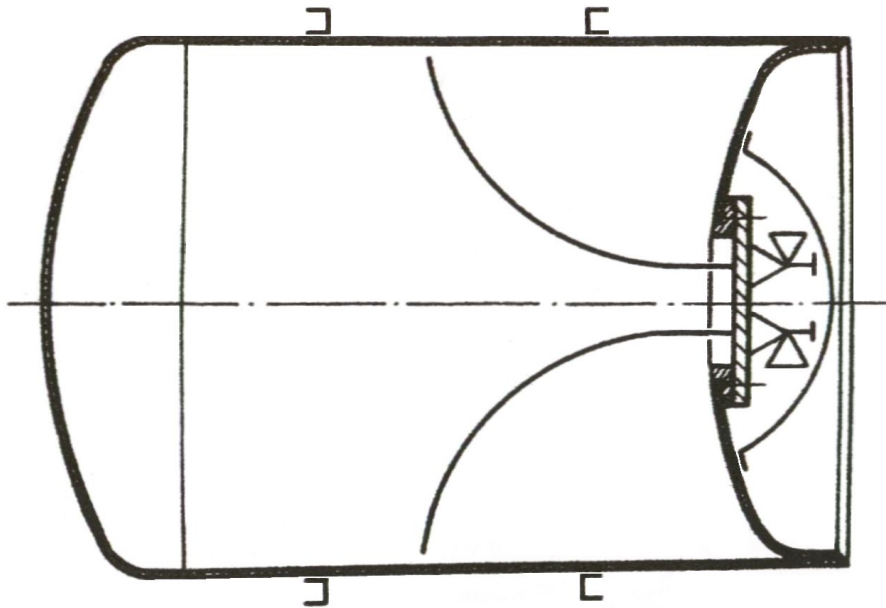
Obr. 14 Příklad použití tlakových láhví

Trubkové nádoby

Jsou to bezešvé přepravní tlakové nádoby o vnitřním objemu 150 l až 5000 l.

Tlakové sudy

Jsou to válcové nádoby o objemu od 100 do 800 l, obvykle o průměru pod 1000 mm. Jsou vybaveny obručemi pro válení. U každého sudu je předepsán kontrolní otvor o ϕ 200 mm, umístěný centrálně na klenutém dně. Dno je vyduté, aby bylo možno na něm uložit ventily, které budou chráněny před poškozením.



Obr. 15 Tlakový sud

Kryogenní nádoby

Jsou přepravní tepelně izolované tlakové nádoby pro zkapalněné plyny o vnitřním objemu do 1000 l.

Svazky lahví

Jsou přepravní svazky lahví spojené navzájem sběrným potrubím a držící pevně pohromadě.



Obr. 16 Svazek lahví

Bateriový vůz

Systém několika lahví nebo svazků lahví spojených mezi sebou společným potrubím, který je trvale připevněn na vozidlo tak, že tvoří automobilový přívěs nebo návěs, nebo železniční vůz určený pro dopravu plynů.



Obr. 17 Bateriový vůz

Cisterny

Jsou sňímatelné cisterny, přemístitelné cisterny, cisternové kontejnery, vícečláňkové cisternové kontejnery, cisternové vozy a vozidla s jednou nebo více cisternami, nádrže nebo nádoby bateriových vozidel.



Obr. 18 Cisternový vůz

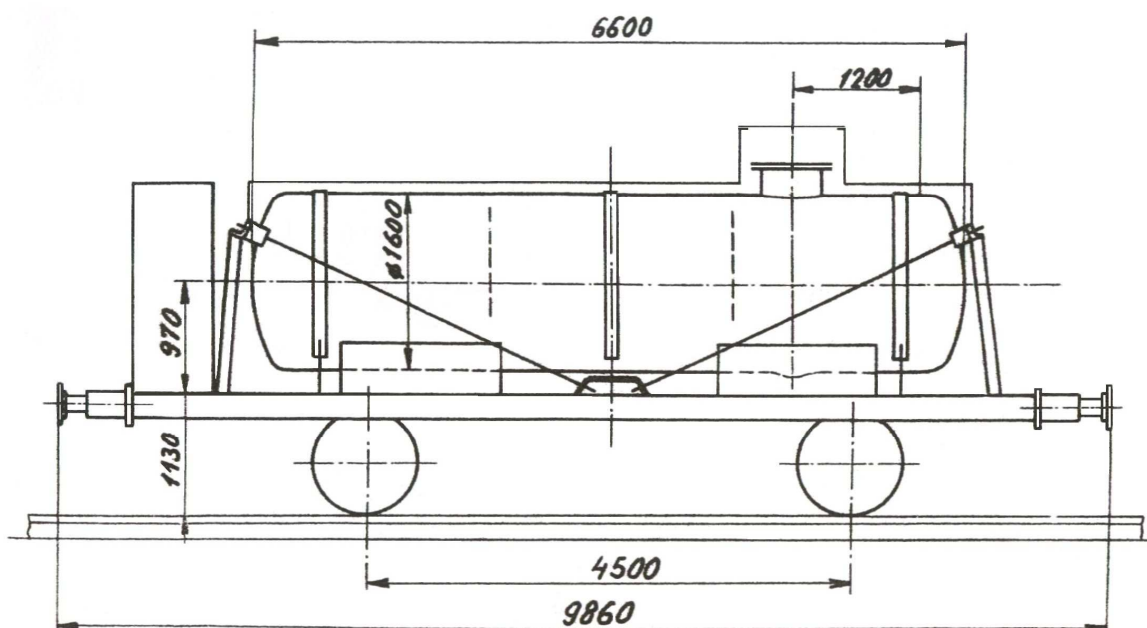


Obr. 19 Cisternový návěs



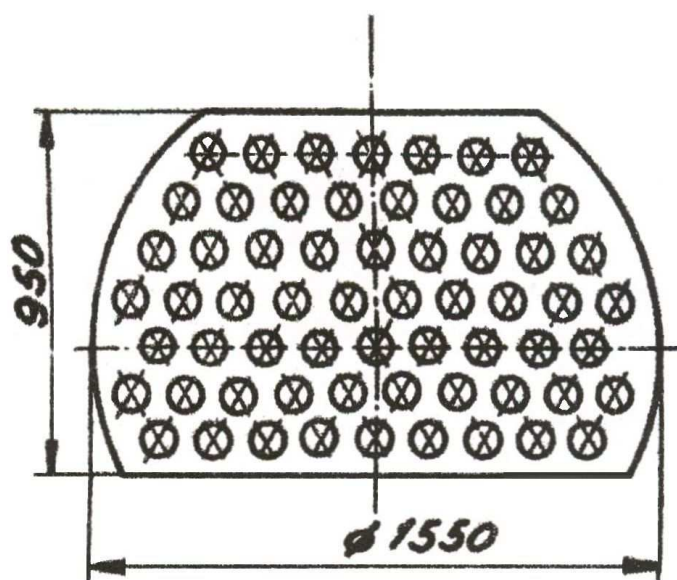
Obr. 20 Železniční cisterna

Cisterny mají obvykle tvar ležaté, válcové nádoby libovolných rozměrů a průměru nejvýše asi 2700 mm. Je-li průměr nad 1500 mm, znamená to zvýšenou opatrnost. Cisterny jsou snímatelné a nesnímatelné. Mají-li cisterny nad 800 mm a objem nad 1000 l, je třeba je vybavit průřezem o minimálním průřezu $\phi 450$ mm nebo ovál 400 x 450 mm. Je-li cisterna ležatá, dává se průřez nahoru a uzavírá se pevným víkem a šrouby, je umístěn uprostřed nebo blíže konce. Patky k uložení cisterny patří výhradně na plášť, pokud cisterna neleží přímo v sedlech podvozku. Kotvící příslušenství je odnímatelné, ke dnům cisterny nepřivažené.



Obr. 21 Cisterna

Aby se zabránilo volnému pohybu kapaliny a hydraulickým rázům za dopravy, je vnitřek cisterny doplněn peřejníky. Jsou to děrované mezistěny, kterými se vnitřek cisterny podélně rozdělí na oddíly, ne delší než 3,5 m. Peřejník mění proudění kapaliny z laminárního na turbulentní. Díky tomu proudící kapalina v nádrži rychle ztrácí svou kinetickou energii a kopíruje pohyb nádrže. To je důležité zvláště u cisteren pro dopravu velkých objemů kapaliny, kde by setrvačnost nekontrolovaně proudící kapaliny mohla velmi nepříznivě ovlivnit jízdní vlastnosti vozidla.



Obr. 22 Peřejník

Přenosné nádoby, bez ohledu na druh se mohou používat pouze na plyn, na který byly vyrobeny a zkoušeny a jehož název je vyražen do stěny nádoby. Plnění láhví, sudů i cisteren je vázáno nejvyšším dovoleným plněním, tj. vahou kapaliny připadající na 1 litr vnitřního objemu nádoby.

Výstroj tlakových nádob k dopravě plynů:

- Spolehlivý uzavírací ventil: je-li připojen na závit pak je u hořlavých plynů levý, u ostatních pravý. Ventily průmyslových lahví jsou chráněné kloboučky. Ventily sudů mají ponornou a vyprazdňovací trubku.
 - Pojistné zařízení: Je to pružná membrána, tavné zátky a pojistný ventil.
- Ocelové láhve nad 12 l mají patky a ochranné kloboučky. Veškerá výstroj musí být z materiálu, který není plněnou látkou korodován.

Tlakové nádoby k dopravě plynů se mohou vyrábět z oceli, mědi, slitin hliníku, kompozitů a z plastů. Oceli se používají všechny kromě oceli třídy 10, vyrobené v Martinových pecích, kyslíkových konvertorech, příp. elektrických pecích. Je možno je vyrábět jako bezešvé, svařované a na tvrdo spájené (z připravených plechů a za tepla lisovaných den). Bezešvé jsou nejlepší a vhodné pro všechny tlaky. U hliníkových slitin je jiný způsob nepřípustný. Bezešvé provedení je předepsáno pro vyšší tlaky. Svařování je u malých a středních tlaků nejběžnější. U některých plynů se svary na vnitřní straně z korozních důvodů přebrousí. Sudy a cisterny mohou být pouze svařované nebo bezešvé. Svary musí být provedeny z obou stran, s výjimkou svařovaných lahví a uzavíracích svarů sudů. Měděné nádoby mohou být spájené. Spájení na tvrdo je dovoleno jen u lahví s tloušťkou stěny menší než 8mm. Spoj však musí být přesažný. Kompozity jsou charakterizovány základním materiálem na bázi teplem tvrditelné pryskyřice, množstvím a orientací vyztužujících vláken a laminačním nebo tvářecím postupem ochranné vrstvy a postupem ovíjení konstrukčního laminátu.

2. Potrubí

Tekuté látky (kapaliny, plyny a páry) se dopravují na kratší a někdy také na dlouhé vzdálenosti potrubím. Na krátké vzdálenosti lze potrubím dopravovat přímo i sytké tuhé hmoty. Proudící tekutina slouží často zároveň k přenosu tepelné nebo tlakové energie z místa na místo, popř. s sebou může unášet a tak dopravovat některé tuhé hmoty, např. uhelný prach, dřevěné piliny, obilí a jiné v proudu vzduch, nebo písek a jiné zeminy, řízky v cukrovaru apod. v proudu vody.

Dopravovaná látka je v potrubí uzavřena a zpravidla při průtoku nemění své skupenství, jen sytá pára může ochlazením částečně kondenzovat (tj. přeměnit se v kapalinu). Stav proudící látky (její teplota a tlak) se mohou při průtoku měnit. Teplota klesá nebo stoupá hlavně účinkem vnějšího ochlazování nebo oteplování. Tlak se mění jednak změnou statické výšky – u klesajícího nebo stoupajícího potrubí vedoucího kapaliny, jednak přeměnou energie tlakové v energii pohybovou a vlivem průtokových odporů.

Kapaliny, popř. sytké hmoty mohou protékat potrubím vlastním spádem (působením vlastní tíhy). Aby tyto látky potrubím protékaly, musí mít potrubí sklon k místu, kam vedou.

Dopravuje-li se kapalina do místa výše položeného, musí mít při vstupu do potrubí určitou tlakovou energii na překonání síly od vlastní hmotnosti a průtokových odporů. Velikost tlaku kapaliny na počátku potrubí závisí na výškovém rozdílu konce a začátku potrubí (tzv. výtlačné výšce), na měrné váze kapaliny, na délce a na průměru potrubí a rychlosti proudění. Plyny a páry protékají potrubím jen tehdy, mají-li na počátku potrubí určitou tlakovou energii, potřebnou k překonávání průtokových odporů a na působení průtokové rychlosti.

Jsou různé druhy potrubí:

a) podle druhu dopravované látky

- parní (parovody)
- vzduchové (vzduchovody)
- vodní (vodovody a potrubí kondenzátní)
- plynové (plynovody)
- olejová
- naftové (ropovody)
- benzínové
- pro kyseliny, louhy apod.

b) podle účelu

- přívodní
- odpadní
- vypouštěcí
- napájecí
- odkalovací
- větrací
- chladicí
- mazací
- sací
- výtlačná
- výfuková
- plnicí
- dálková
- pro pneumatickou nebo hydraulickou dopravu

- c) podle tlaku dopravované látky v potrubí
 - vysokotlaká
 - nízkotlaká
 - podtlaková (vakuová)

- d) podle umístění
 - vnitřní (potrubí v budovách)
 - vnější (potrubí mimo budovy)
 - povrchová (nadzemní)
 - podzemní

Na potrubí jsou kladeny tyto základní požadavky:

- Těsnost – dopravovaná látka nemá na své cestě unikát.
- Teplota dopravované látky se nemá dopravou pokud možno měnit.
- Tlakové ztráty – tlak látky má při dopravě co nejméně poklesnout vlivem pasivních odporů v potrubí.
- Možnost regulace, případně uzavření dopravovaného množství.
- Potrubí se musí uložit pevně, ale tak, aby mělo možnost se změnou teploty dilatovat.
- Povrch potrubí se musí chránit proti rozrušování chemickými vlivy vnějšími i od procházející látky.

Potrubí se skládá z jednotlivých trubek a různých tvarovek s příslušnými spoji a z součástí k uložení a připevnění trubek. Kromě toho jsou v potrubí různé přístroje, sloužící k řízení průtokového množství, uzavírání, vyprazdňování, ochraně, měření apod., které se označují společným názvem armatura.

Při návrhu potrubí se vychází z daného průtočného množství dopravované látky za jednotku doby, z něhož se určí rozměry potřebného průřezu trubek a armatur. Volba jednotlivých součástí potrubí se dále řídí stavem a vlastnostmi protékající látky (tlakem, teplotou, viskozitou, chemickými vlastnostmi – korozivními účinky, zápalností, mechanickou čistotou – abrazivními účinky, usazováním, popř. i elektrickým působením na vznik statického náboje v potrubí třením).

Základním rozměrem trubek kruhového průřezu je **jmenná světlost** označovaná DN a číslem udávajícím průměr trubky v milimetrech (např. DN 350). Velikost průtočného (světlého) průřezu potrubí pro daný objem protékající látky se určí z rovnice kontinuity:

$$Q_v = S \cdot v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v \quad \Leftrightarrow \quad d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot v}}$$

- Q_v – objemový průtok (m^3s^{-1})
- S – plocha příčného průřezu trubky (m^2)
- v – rychlost protékající látky (ms^{-1})
- d – světlost potrubí (m)

Objemový průtok bývá obvykle zadán. Volba rychlosti proudění se provádí podle osvědčených zvyklostí a zkušeností v určitém oboru.

Tabulka 2 Střední rychlosti nejobvyklejších látek:

Proudící látka	Střední rychlost (ms ⁻¹)
voda	1 – 3
voda, místní síť	0,6 – 0,8
voda, turbínový převod	1 – 7
olej	1 – 2
plyn o nízkém tlaku	3 – 10
plyn o vysokém tlaku	5 – 15
stlačený vzduch	3 – 10
sytá pára	10 – 25
přehřátá pára	30 – 60

Správná volba průtočné rychlosti je velmi důležitá, protože se projeví na hospodárnosti provozu potrubí. Zvolí-li se malá rychlost, vychází potrubí velké a tedy těžké a drahé, vzrostou i udržovací náklady. Zvolí-li se větší rychlost, bude potrubí sice menší, lehčí a lacinější, ale vzroste neúměrně tlaková ztráta a spotřebuje se více energie na její překonávání, to znamená, že stoupnou náklady na spotřebovanou energii.

Druhou základní veličinou určující v podstatě tloušťku stěn a jakost materiálu trubek a ostatních částí potrubí je **jmenovitý tlak**. Značí se PN s připojeným číslem udávajícím přetlak media v (MPa) – např. PN 0,6. Jmenovité tlaky jsou normalizovány v ČSN 13 0010. Jmenovitý tlak je nejvyšší přípustný přetlak, který může mít protékající látka o teplotě do 200°C.

Společně s jmenovitým tlakem PN se obvykle uvádí pracovní stupeň, což je společné označení určitého rozmezí k sobě přiřazených pracovních přetlaků a pracovních teplot. Označuje se velkými písmeny A, B, C nebo římskými číslicemi I až XI, a uvádí se ve jmenovateli zlomku, kde v čitateli je hodnota PN. Např. PN 0,6/III nebo PN 6,4/B.

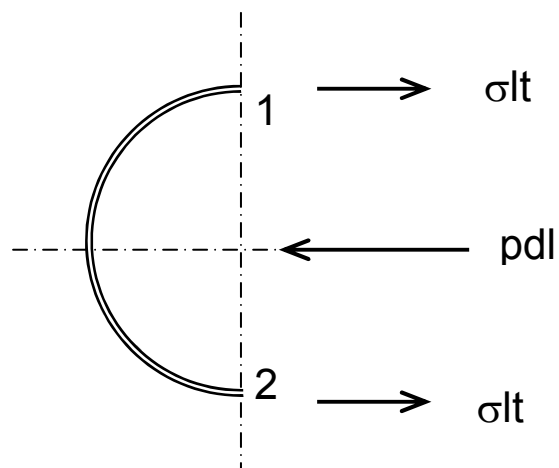
Určení tloušťky stěny potrubí:

Uvažuje-li se část tenkostěnné trubky o průměru d (mm), délky l (mm) a tloušťce stěny t (mm), na níž působí vnitřní přetlak p (MPa), je rovnováha sil na jedné polovině prstenu

$$p \cdot d \cdot l = 2 \cdot \sigma \cdot l \cdot t .$$

Z tohoto vyjde tloušťka stěny $t = \frac{p \cdot d}{2 \cdot \sigma}$.

σ je normální napětí (tahové) v myšlených průřezech 1 a 2. Ze vzorce je patrné, že čím je větší vnitřní přetlak p a průměr trubky d , tím tlustší musí být její stěna nebo musí být větší pevnost materiálu, aby nenastalo roztržení.



Obr. 23 Rovnováha sil v podélném průřezu

Protékají-li potrubím horké látky (např. pára), zhoršují se mechanické vlastnosti materiálu a je nutno volit tloušťku stěn přiměřeně větší nebo materiál jakostnější (např. ocel místo šedé litiny) než v případě, že by v potrubí byla látka studená (do 200°C).

Proto uvádí norma ještě pojem **pracovní přetlak**, tj. tlak dovolený pro skutečný provoz trubky nebo armatury za dané teploty. Pracovní přetlaky, přiřazené ke každému jmenovitému tlaku, jsou rozděleny do 11 **pracovních stupňů** I až XI podle nejvyšší pracovní teploty.

Uplatňují-li se jiné vlivy zhoršující pevnost materiálu, např. hydraulické rázy, ořesy, chemické účinky apod., nebo se kladou zvýšené požadavky na bezpečnost (protékající látky jsou jedovaté, zápalné, výbušné), volí se při konstrukci, trubky s přiměřeně vyšším PN, zpravidla nejbližše vyšším. Kdyby se musel respektovat např. vliv ořesů a rázů, pak se volí pro bezpečnost trubky s ještě vyšším PN.

Tabulka 3 Jmenovité tlaky (PN) a pracovní stupně dle ČSN:

Jmenovitý tlak PN	Nejvyšší pracovní přetlak p_{pmax} v MPa											Společný zkušební přetlak	
	Pracovní stupně												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI		
	Nejvyšší pracovní teplota t_{max} ve °C											$p_{pz}(MPa)$ **)	
200	300	400	425	450	475	500	525	550	575	600			
0,4	0,04											Ve vývoji	0,1
1	0,1	0,08											0,2
2,5	0,25	0,2											0,4
4 *)	0,4	0,32											0,63
6,3	0,63	0,5	0,4										0,9
10	1	0,8	0,63										1,5
16	1,6	1,3	1						0,8				2,4
20 *)	2	1,6	1,3						1				3
25	2,5	2	1,6						1,3				3,8
32 *)	3,2	2,5	2						1,6				4,8
40	4	3,2	2,5						2				6
50 *)	5	4	3,2						2,5				7,5
63	6,3	5	4						3,2				9,5
80 *)	8	6,3	5						4				12
100	10	8	6,3						5				15
125 *)	12,5	10	8						6,3				19
160	16	12,5	10						8				24
200 *)	20	16	12,5						10				30
250	25	20	16						12,5				35
320	32	25	20						16				45
400	40	32	25						20			55	
500	50	40	32						25			63	
630	63	50	40						32			80	
800	80	63	50						40			100	

Mezi důležité pojmy potrubí ještě patří:

- **pracovní teplota** – je to teplota provozního média, která je trvale udržována za provozu
- **nejvyšší pracovní přetlak** – je pracovní přetlak provozního média, který odpovídá plnému využití příslušného pracovního stupně
- **nejvyšší pracovní teplota** – je pracovní teplota, odpovídající plnému využití pracovního stupně
- **zkušební přetlak** – je přetlak zkušebního média, kterým se zkouší potrubí nebo jeho části, je normalizován
- **zkušební teplota** – je to teplota zkušebního média, kterým se zkouší potrubí nebo jeho části

- **výpočtový přetlak** – je to přetlak, s kterým se uvažuje v pevnostním výpočtu (nejvyšší pracovní přetlak pracovního média, nebo přetlak určený normami jednotlivých oborů)
- **výpočtová teplota** – je to teplota, s kterou se uvažuje ve výpočtech (je stanovena normami jednotlivých oborů, nebo je to teplota pracovního média).

Tabulka 4 Jmenovité světlosti DN dle ČSN:

JMENOVITÉ SVĚTLOSTI DN (mm)			
1 +)	20 +)	300 *)	2 000 *)
1,2 +)	25 *)	350 *)	2 200 +)*)
1,6 +)	32 +)	400 *)	2 400 *)
2 +)	40 *)	450 +)*)	2 600 +)*)
2,5 +)	50 *)	500 *)	2 800 +)*)
3 +)	65 *)	600 *)	3 000 *)
4 +)	80 *)	700 *)	3 200 +)*)
5 +)	100 *)	800 *)	3 400 *)
6 *)	125 *)	900 +)*)	3 600 +)*)
8 +)*)	150 *)	1 000 *)	3 800 +)*)
10	175 +)	1 200 *)	4 000 *)
12	200 *)	1 400 *)	
13 +)	225 +)	1 600 *)	
15 *)	250 *)	1 800 +)*)	

Poznámky:

- **Normy:** ČSN 13 0015, platnost od 01.03.1984
- V ČR se používají pouze DN označené značkou *).
- DN označené +) není dovoleno používat pro armatury všeobecného použití

Tabulka 5 Porovnání světlostí DN(mm) a světlostí v palcích ("):

JMENOVITÁ SVĚTLOST							
DN		DN		DN		DN	
(mm)	(")	(mm)	(")	(mm)	(")	(mm)	(")
6	1/8	32	1 1/4	125	5	400	16
8	1/4	40	1 1/2	150	6	450	18
10	3/8	50	2	200	8	500	20
15	1/2	65	2 1/2	250	10	600	24
20	3/4	80	3	300	12		
25	1	100	4	350	15		

2.1 Části potrubí:

Přes různorodé požadavky, které jsou kladeny na různé druhy potrubí, mají všechna potrubní zařízení určité společné části. Nejdůležitější jsou tyto:

- trubky
- tvarovky
- spoje trubek
- kompenzátory
- armatury
- uložení a upevnění potrubí
- zařízení pro vyprazdňování

2.1.1 Trubky

Vlastní potrubí (trubky) jsou důležitou součástí celého potrubního systému, které navzájem propojuje celé provozní celky nebo jednotlivé zařízení – např. rozvody tepla z kotelny na jednotlivé spotřebiče, rozvody po strojích... Charakteristickým údajem potrubí je jeho rozměr: DN (jmenovitý průměr), D (vnější průměr), s (tloušťka stěny), l (délka).

Označení trubek:

- trubky závitové: TRUBKA TR DN 25 – 2500 ČSN 425710.0
- ostatní trubky: TRUBKA TR KR 108 x 4 – 2500 ČSN 426711

Rozdělení trubek (potrubí) můžeme provést buď podle geometrického tvaru trubky na potrubí kruhové, čtvercové nebo obdélníkové, nebo podle použitého materiálu:

- ocelové
- litinové
- z jiných kovů (měď, mosaz, hliník, slitiny hliníku)
- plastové
- z plastů a pryže
- skleněné
- kameninové, betonové

Ocelové trubky jsou buď bezešvé (tažené nebo válcované) nebo svařované (podélně nebo spirálově). Některé trubky mají ochranné povlaky proti korozi – pozinkované (vně nebo uvnitř), asfaltové, pogumované, cementované, potažené polyetylénem.... Ocelové trubky jsou buď závitové nebo obyčejné. Závitové trubky se předepisují jmenovitou světlostí, ostatní trubky vnějším průměrem a tloušťkou stěny.

Ocelové trubky se používají zejména k vedení horkých kapalin, plynů a par vysokých tlaků. Litinové trubky se vyrábějí z šedé litiny a používají se k vedení kapalin a plynů nízkého tlaku a teploty (voda, svítiplyn). Jsou odolnější proti korozi než trubky ocelové, ale jsou méně poddajné a méně pevné.

Měděné, mosazné a hliníkové mají dobrou tepelnou vodivost a odolnost proti korozi – užívají se u ohříváčů, chladičů, kondenzátorů.

Pro vedení odpadních vod (kanalizace) se užívá trubek z plastických hmot nebo kameninových, skleněné mají časté užití v potravinářském průmyslu.

Ohebné trubky neboli hadice pro vodu a jiné kapaliny nízkého tlaku a teploty jsou nejčastěji pryžové.

2.1.2 Tvarovky



Obr. 24 Různé druhy tvarovek

Tvarovky slouží k dělení, spojování nebo změně směru toku proudící látky (tvarovky T, Y, oblouky, ohyby, kolena). Patří sem také přechody pro změnu průřezu potrubí, zaslepovací dna, víka a slepé příruby. Tvarovky pro závitová spojení jsou označovány souhrnným názvem – **fitinky**. Všechny druhy tvarovek jsou normalizovány. Materiál tvarovek se volí stejný jako materiál vlastního potrubí.

2.1.3 Spoje trubek

Všechny trubky jsou vyráběny v určitých délkách, a proto pro jejich spojení do potrubních tras slouží spoje trubek. Výběr vhodného spojení trubek kromě materiálů ovlivňuje i řada dalších okolností, zejména pracovní přetlak, možnosti montáže a demontáže a světlost potrubí.

Tabulka 6 Materiály a spojování trubek:

Materiál	Spojení
ocel, ocelolitina	svařované, hrdlové, přírubové, šroubením, trubkovou přípojkou
litina	hrdlové
plasty	svařované, lepené, šroubením, hrdlové
měď	pájené, závitové mosazné tvarovky, samosvorné tvarovky
sklo	lepené, zatavením
beton, kamenina	hrdlové

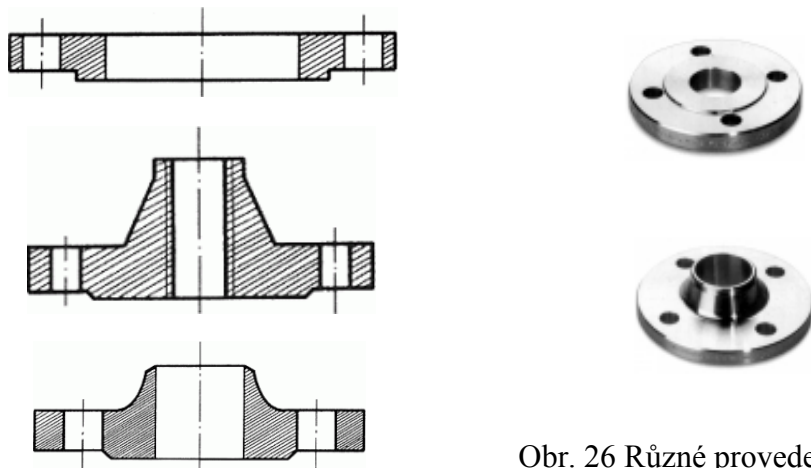
Spoje přírubové

se používají hlavně tam, kde je zapotřebí časté rozebírání. Jsou tvořeny dvěma přírubami, těsněním a šrouby. Příruby jsou většinou kruhové. S ohledem na požadavek vzájemného pootočení se volí počet šroubů vždy dělitelný čtyřmi. Přírubové spoje se používají pro potrubí malých i velkých průměrů, pro nízké i vysoké pracovní přetlaky a teploty. *(Příruba je zesílený okraj trubky nebo jiné součásti, který je určený pro spojení s jinou částí. Příruba trubky má většinou tvar mezikruží. V něm jsou vyvrtány otvory pro spojení šrouby s přírubou druhé trubky. Spojování přírubami se používá v případě, že je požadován rozebíratelný spoj a trubky není možné spojit pomocí šroubení.)*



Obr. 25 Přírubový spoj

Příruby pevné jsou pevně spojeny s trubkami i ostatními částmi potrubí a zařízením na něž potrubí navazuje. Pevné příruby jsou na konce trubek upevněny buď svařou nebo závitovým spojem, nebo jsou vytvořeny jako litá hrdla, odlitá s částí potrubí jako celek. Litá hrdla bývají rovněž součástí tvarovek, armatur a jiných celků.

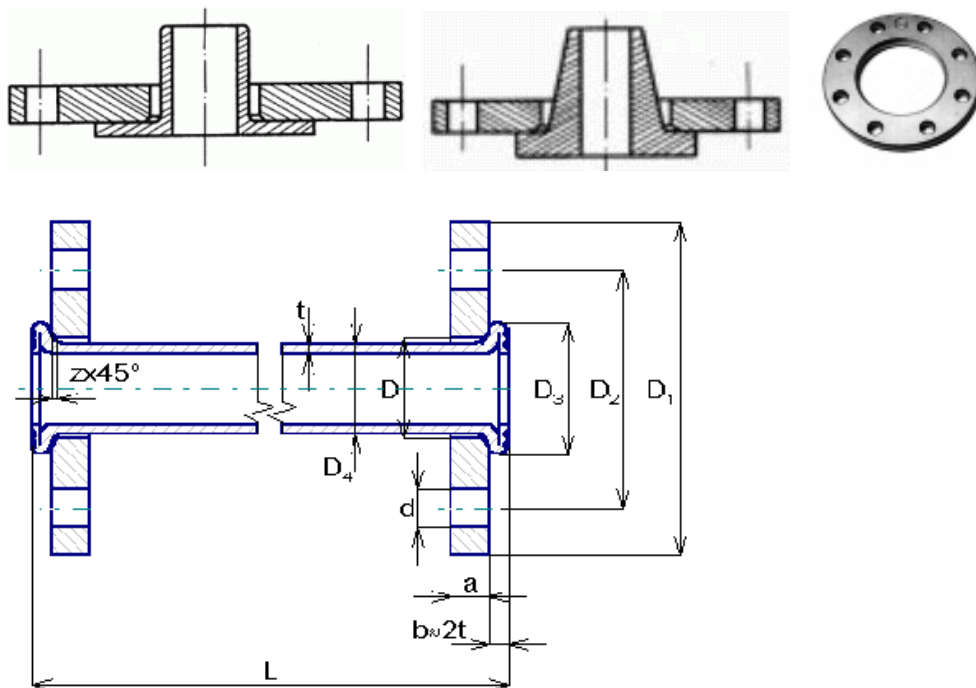


Obr. 26 Různé provedení přírub



Obr. 27 Pevné příruby

Příruby točivé jsou nasazeny na trubky nebo vhodně upravené konce ostatních částí potrubí a spojovaných zařízení volně a otočně. Opírají se přitom o úhelníkovou obrubu, kroužek, nebo obrubu s krkem, které jsou pevně spojeny s trubkou, nebo o lem vytvořený z okraje trubky. Točivé příruby se nepoužívají pro potrubí s proměnným tepelným režimem.

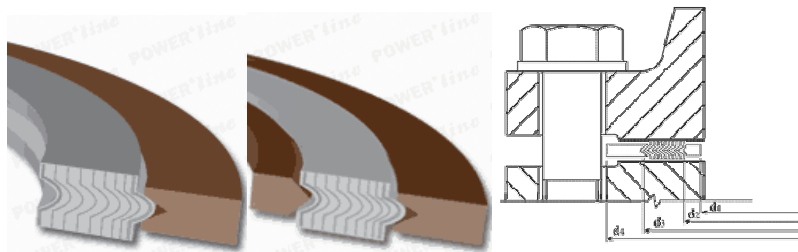


Obr. 28 Točivé příruby

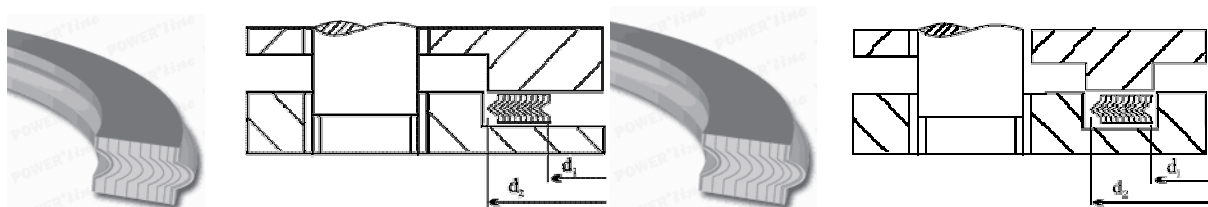
K dosažení těsnosti přírubových spojů se vkládá mezi příruby těsnění. Materiál těsnění musí být takový, aby při dotažení šroubového spoje vyplnil nerovnosti povrchu těsněných ploch i svoje vlastní. Tvary a materiál těsnicích kroužků jsou pro obvyklé případy normalizovány.



Obr. 29 Těsnění přírub



Obr. 30 Příklad těsnění pro příruby s hladkou těsnicí lištou



Obr. 31 Příklad těsnění pro příruby v provedení nákrůžek a výkrůžek, pero / drážka

Jedním z důležitých faktorů efektivnosti utěsnění je **druh, typ a jakost těsnění**. Těsnění se vyrábí z těsnicích materiálů.

Jako **těsnicí materiály** se používají různé látky, často jejich kombinace tak, aby se dosáhlo vhodných požadovaných vlastností. Převážně se používá:

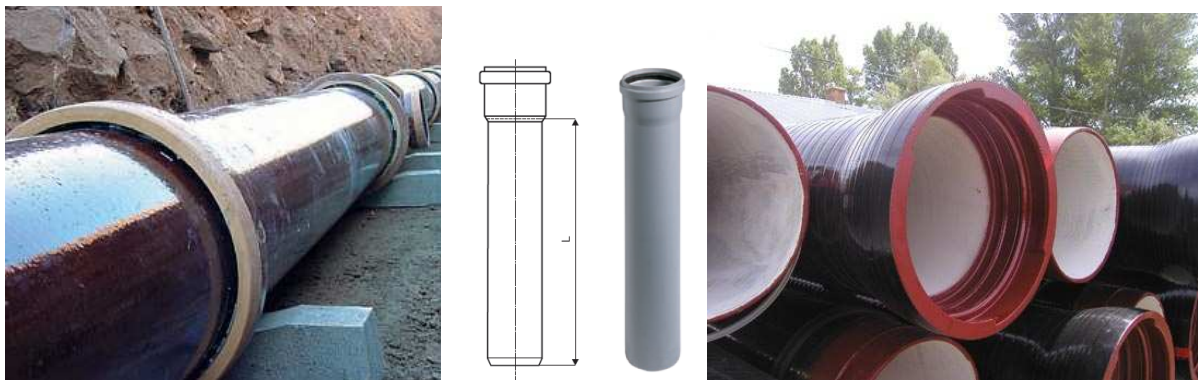
- elastomerů (např. různé pryže),
- plastomerů (např. PTFE),
- vláknitých materiálů (např. azbestových a bezazbestových vláken),
- uhlíkových materiálů (např. měkkých a tvrdých),
- keramických materiálů (např. kysličníku hliníku),
- karbidů (např. karbidy křemíku),
- kovů (např. železných a neželezných),
- ostatních látek (např. plnidel, impregnačních látek, antikoročních látek, antioxidačních látek, atp)

Těsnění je strojní součást charakterizovaná **tvarem, rozměry, složením, a vlastnostmi**. Tyto parametry charakterizují jakost těsnění. Na jakost těsnění má vliv nejen druhy a jakost všech

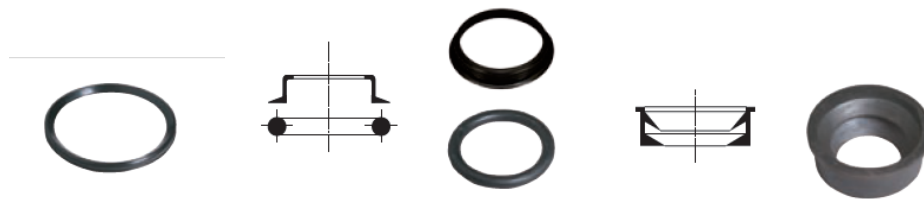
použitých těsnicích materiálů ale i způsob jeho výroby. Typů a druhů těsnění je velké množství.

Spoje hrdlové

U hrdlových spojů je vždy na jednom konci trubky hrdlo a druhý konec je hladký. Spojení vytvoří např. utěsnění spáry konopným provazcem, rozšířená kuželová část se zalije asfaltem nebo olovem nebo jsou jednotlivé trubky a tvarovky vždy na jednom konci opatřeny hrdlem s těsnicím kroužkem. Trubky bez hrdel je možné spojovat pomocí přesuvek, spojek dvouhrdlých a samostatných hrdel. Spoj se dá vytvořit také tak, že se na rovný konec nanese na úkos originální montážní mazivo a rovnoměrně se rozetře, těsnicí kroužek musí být před zasunutím suchý a bez maziva.



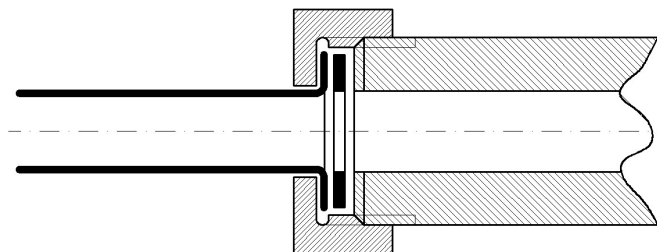
Obr. 32 Hrdlové spoje



Obr. 33 Těsnění hrdlových spojů

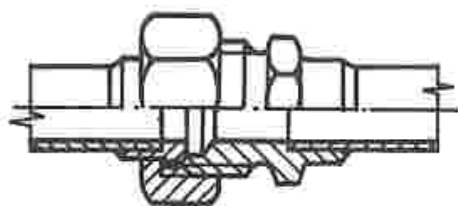
Strojírenské šroubení

Trubky malých světlostí se rozebíratelně spojují šroubením. Trubka je ke šroubení připojena tak, že přesuvná matice vyvodí po utažení příslušný těsnicí tlak mezi těsnicím prstencem a trubkou.

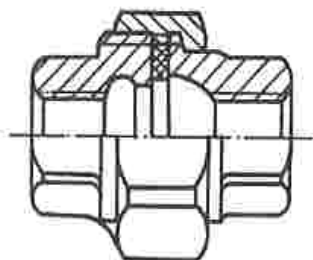


Obr. 34 Strojírenské šroubení

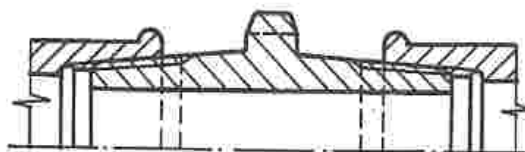
strojírenská trubková



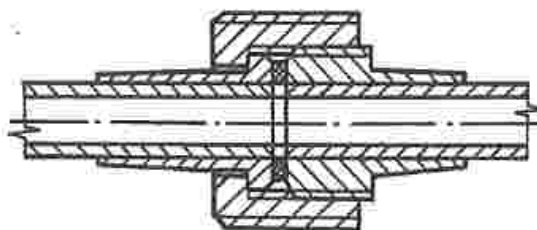
fitinkové z litiny



závitová dvojitou vsuvkou



lepené trubky z PVC

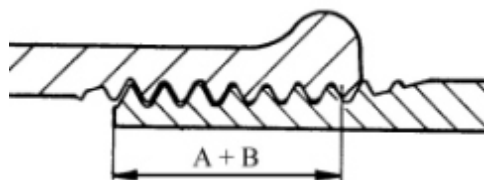


Obr. 35 Různá provedení strojírenského šroubení

Závitové spoje

Na koncích spojovaných trubek se vyřízne vnější trubkový závit a trubky se spojí našroubováním další součásti – fitinku – s vnitřním závitem. Fitinky slouží nejen ke spojení přímých kusů, ale vytváří se jimi i ohyby a odbočky, redukce průřezů apod.

Při spojení vnitřního válcového a vnějšího kuželového závitu se dosahuje těsnosti spoje zašroubováním za hranici prvního úplného kontaktu vnitřního a vnějšího závitu. Dalším utahováním dojde k utěsnění na několika závitech. Jako těsnící prostředky se obvykle používají konopí, těsnící pasty, těsnící pásy. Volba vhodného těsnícího prostředku je závislá na druhu přepravovaného média a jeho teplotě.



Obr. 37 Závitový spoj



Obr. 36 Různé druhy fitinek

Svarové spoje

Svarové spoje se používají pro trvalé spojení ocelových trubek, přírub a armatur. Svary musí mít pevnost a vlastnosti takové, aby mohly přenášet síly vzniklé provozním namáháním. Ocelová potrubí se svařují tavně, a to plamenem, elektrickým obloukem a pod tavidlem. Svařované ocelové potrubí je nutno podrobit nedestruktivní zkoušce jako je např. tlaková zkouška, zjišťování povrchových vad, elektromagnetické zkoušky, zkoušky ultrazvukem,

prozařování paprsky, zkouška tvrdosti apod. Pro některé druhy potrubí je způsob zkoušení svarů a počet zkoušených svarů předepsán příslušnými normami.

2.1.4 Kompenzační zařízení

Vlivem ohřátí nebo ochlazení potrubí (např. venkovní teplota) dochází k jeho prodloužení nebo zkrácení, říkáme, že dochází k teplotní dilataci. Mnohem větší rozdíly v délkách potrubí nastanou, dopravují-li se potrubím velmi teplé tekutiny (např. pára, která může mít teplotu až 500°C). Touto tepelnou dilatací vzniká přídavné pnutí, které, může být příčinou překročení dovoleného napětí. Se vzniklými tahovými, tlakovými silami nebo ohybovými momenty při dilataci se musí počítat při spojení nebo zakotvení potrubí. Návrh potrubní trasy se provádí tak, aby se co nejvíce využilo vlastní pružnosti potrubního systému a v těch případech, kdy to nestačí, se používá kompenzačních zařízení – kompenzátory a kompenzační útvary.

Délková roztažnost:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \mathcal{G}$$

Δl - délková roztažnost (m)

l_0 - počáteční délka (m)

α - koeficient délkové roztažnosti (K-1)

$\Delta \mathcal{G}$ - teplotní rozdíl (K) nebo (°C)

Tabulka 7 Střední koeficienty délkové roztažnosti některých materiálů:

plastická hmota, PVC	0,000078
zinek	0,000030
hliník	0,000024
měď	0,000016
beton	0,000013
ocel	0,000012
litina	0,000010
sklo	0,000008

Kompenzační útvary

Rovinné kompenzační útvary jsou tvořeny vhodným vedením potrubí, čímž dovolí vyrovnávat teplotní dilataci. Jsou obvykle z rovných trubek a ohybů tvaru L, Z, S, P a U. Obdobné útvary, mimo L, lze použít i jako prostorové, které mají větší kompenzační schopnost, ale jsou složitější na výpočet.

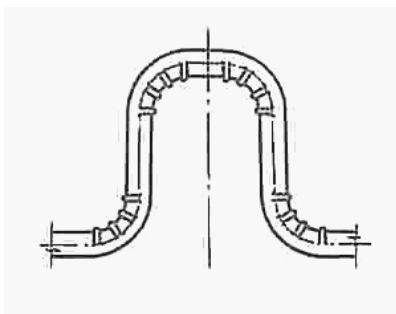
Kompenzátory

Rozlišujeme tyto kompenzátory:

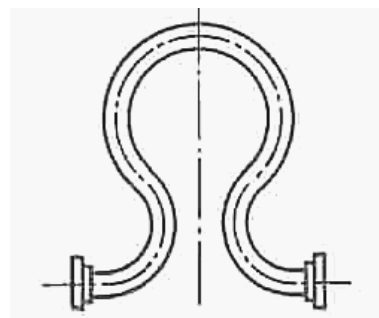
- osové: vyrovnávají roztažení (stlačení) v ose potrubí svou možností stlačení (roztažení).
- kloubové: je nutno použít vždy dvojici kompenzátorů s táhly.

Osové kompenzátory:

- Kompenzátory U – vyrovnávají teplotní dilataci pružností ohnuté trubky, jsou normalizované. Nevýhodou těchto kompenzátorů je velký nárok na prostor, výhodou je velká bezpečnost.

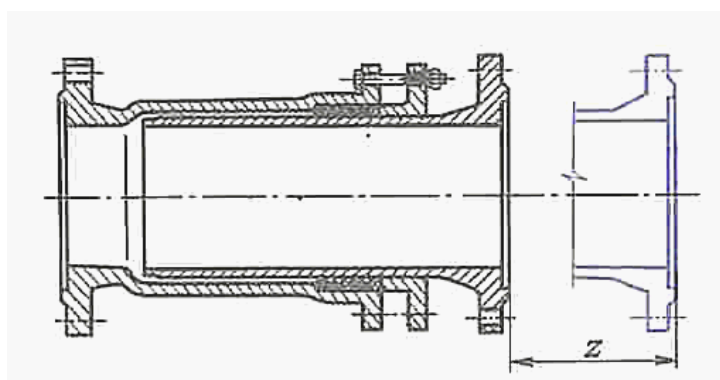


Obr. 38 Kompenzátor tvaru U



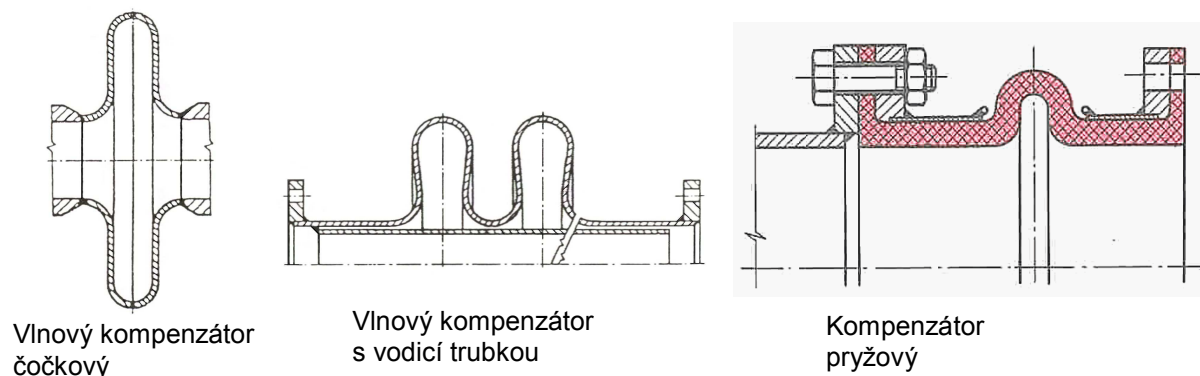
Obr. 39 Lyrový kompenzátor

- Ucpávkové kompenzátory – mají velkou vyrovnávací schopnost při malém vnějším průměru – většinou není větší než je průměr přírubového spoje. Možnost použití je omezena teplotou (max. 250°C) a tlakem (používá se pro nižší tlaky). Je třeba věnovat pozornost utěsnění a zajistit souosost připojených potrubí.



Obr. 40 Ucpávkový kompenzátor

- Kompenzátory s pružnými prvky – základ tvoří pružný prvek, který vytváří nejjednodušší vlnový kompenzátor krabicový a čočkový. U těchto kompenzátorů je třeba si uvědomit, že čím je větší rozdíl mezi vnějším průměrem D a malým průměrem d kompenzátoru, tím je větší dilatační schopnost kompenzátoru, ale tím také vznikají velké síly od přetlaku na mezikruží, které je nutno zachytit do pevných bodů. Zvětšení kompenzační schopnosti kompenzátoru lze zvětšením počtu vln. Pro nízké teploty lze použít kompenzátory pryžové.



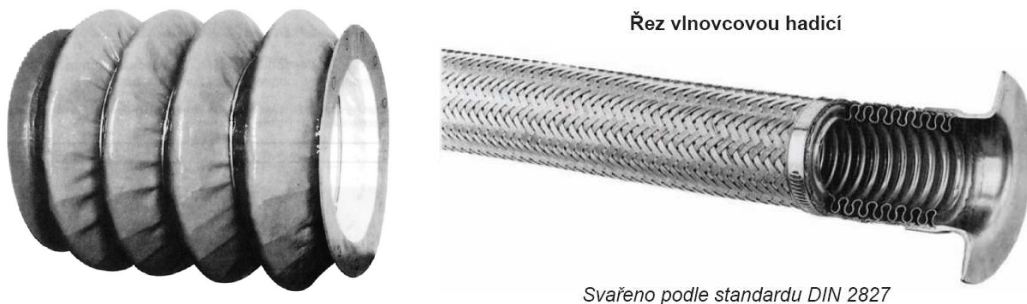
Vlnový kompenzátor
čočkový

Vlnový kompenzátor
s vodící trubicí

Kompenzátor
pryžový

Obr. 41 Kompenzátory s pružnými prvky

Využití celkové kompenzační schopnosti potrubní trasy a kompenzátorů lze dosáhnout jejich předpětím při montáži. Podle teploty při montáži a teplot, při kterých bude potrubí pracovat, musíme kompenzátor při montáži roztáhnout.



Svařeno podle standardu DIN 2827

Obr. 42 Příklady kompenzátorů s pružnými prvky

2.1.5 Armatury

Všechny přístroje osazené v potrubí se nazývají armatury. Slouží k řízení průtoku dopravované tekutiny, úplnému zastavení průtoku nebo plní pojistné a regulační úkoly.

Armatury lze rozdělit podle různých hledisek:

- a) podle funkce
 - armatury uzavírací
 - armatury zpětné
 - armatury pojišťovací
 - armatury regulační
- b) podle materiálu
 - armatury ocelové
 - armatury litinové
 - armatury mosazné
- c) podle způsobu připojení
 - armatury přírubové
 - armatury přivařované
 - armatury nátrubkové (vnitřní závit)
 - armatury čepové (vnější závit)
 - armatury hrdlové
 - armatury se šroubením
 - armatury kombinované
- d) podle polohy jak jsou umístěné v potrubí
 - armatury přímé (vodorovné, svislé)
 - armatury rohové

Připojovací rozměry:

Důležitými připojovacími rozměry armatur jsou:

a) jmenovitá světlost

- u uzavíracích a zpětných armatur je vždy stejná světlost jako má potrubí
- u pojišťovacích a regulačních armatur má vždy menší světlost, než, jakou má potrubí – jmenovitá světlost těchto armatur se musí vypočítat podle závazných vzorečků pro proudění danou armaturou

b) stavební délka

- u přírubových armatur je to vzdálenost mezi těsnicími plochami
- u přivařovacích armatur je to vzdálenost mezi krajními čelními plochami upravených konců hrdel armatury
- u rohových armatur je to vzdálenost základní plochy jednoho hrdla od osy druhého

Připojovací rozměry se musí volit podle normy spoje – příruby armatur musí odpovídat normám přírubových spojů potrubí a pro přivařovací armatury platí zásady pro svarové spoje.

2.2 Uložení potrubí

Aby mohl kompenzátor dilataci převzít, je potrubí kotveno – jsou zřízeny pevné body, které zachytí osovou sílu, vyvolanou odporem kompenzátoru. Ostatní podpory musí umožňovat volné roztahování uloženého potrubí. Často se využívá podpor válečkových. Kompenzace je zvláště důležitá u dlouhých potrubí parních a kondenzačních. Naproti tomu je většina potrubí provozů stavěna jako prostorový systém, který vyvolává dilataci svou poddajností.

Všechna průmyslová potrubí se stavějí se spádem ve směru toku. Výjimku tvoří výtlačná potrubí vodovodní, případně jiných kapalin, kde je spád opačný. Aby se proudem vynášel z potrubí uvolněný vzduch nebo plyn. U hlavních potrubí bývá spád asi 1:150, u rozvodů plynu kolem 4%, u vodovodních asi 2 – 3%.

Provozní potrubí mají spády podstatně větší, aby se dobře vyprazdňovala. Potrubí, u kterých předpokládáme kondenzaci par (parní potrubí), zabezpečujeme plynulým odváděním kondenzátu. Venkovní potrubní řad základních energií, zejména vody je členěn větovitě nebo způsobem okružním. U okružního způsobu je možno zásobovat spotřební místo ze dvou stran a jistota dodávky je větší – užívá se např. u rozvodů vody a plynu. Důležité je i rozdělení delších potrubí na úseky oddělené uzavíracími armaturami, takže je možno části potrubí odstavit a opravovat samostatně.

Způsob stavby venkovních potrubí pomocných látek a energií závisí na druhu a místních poměrech. Uložení může být nadzemní, v zemi (volně) nebo v potrubních kanálech. S výjimkou šedé litiny znamená volné uložení do země zvýšenou korozi a provozní riziko. Stavba v potrubních kanálech je drahá, kanály musejí být průlezné, přesto je potrubí méně kontrolovatelné, poškozují se vlhkostí, výpary, vodou a jinak. V provozech převažuje nadzemní způsob uložení.

Potrubí jsou uložena na ocelových sloupech, mostní konstrukci, betonových sloupcích, nástěnných konzolách, nebo je zavěšeno na polokruhových třmenech s táhly, která jsou zakotvena na stěnách nebo střešní konstrukci.



Obr. 43 Příklady uchycení potrubí

Potrubí, které není třeba rozebírat, se ukládá do země a zasypává sytkým materiálem – např. litinové s hrdlovými spoji, svařované a proti působení vlhkosti a omezení koroze se asfaltuje nebo jinak upravuje. Potrubí s přířbovými spoji je ukládáno do uzavřených kanálů, aby spojovací šrouby v zemi nezkorodovaly.

Vodovodní potrubí – venkovní se kladou výhradně do země, s dostatečnou krycí výškou, aby byla chráněna i za velkých mrazů před zamrznutím (pomáhá to také k rovnoměrnější teplotě vody). Před uložením litinového potrubí do země musí být půda ve výkopu řádně upěchována, nebo se potrubí klade na tuhý podklad. Často bývá výkop společný několika vodním potrubím, která jdou paralelně v různých výškách, aby bylo možné křižování odboček. Je dobré ukládat vodovodní řadu nad úroveň kanalizace, čímž se chrání před následky, kdyby kanalizační potrubí prasklo. Úseky hlavního vodovodního potrubí jsou odděleny šoupátky, pro která se vyzdí menší přístupné šachty. Na vodovod bývají napojeny hydranty, tj. odbočky pro nadzemní odběr vody k účelům užitkovým a požárním.

Rozvod stlačeného vzduchu a plynů se provádí podle obecných zásad. Podle potřeby jsou potrubí odvodněna. U vysokých tlaků se omezuje co nejvíce počet spojů. U plynů je třeba sledovat i možnost vzniku výbušných směsí a v ohroženém případě potrubí zabezpečit (pojišťovací klapky, membrány).

2.3 Ochrana potrubí

Velkým nepřítelem potrubí je jeho koroze, tj. rozrušování kovů a jejich slitin chemickými vlivy. Litinové trubky lépe odolávají korozi, přesto však i litina působením některých látek zkoroduje (např. působením síranu vápenatého, sirovodíkové vody). Koroze se projevuje značným měknutím (grafitací litiny). Litina je narušena tak, že se dá na postižených místech krájet. Tyto škodlivé pochody jsou u potrubí uloženého v zemi podporovány bludnými proudy a vlhkostí prostředí.

Tekutiny dopravované potrubím je nutno chránit před chemickým vlivem materiálu potrubí a naopak potrubí je třeba chránit před vlivy dopravované látky, před vlivem ovzduší nebo zeminy. Ochrana dopravované látky před ochlazováním nebo oteplováním vlivem odlišné teploty ovzduší má za cíl omezení ztrát tepelné energie. Z hlediska hospodárnosti i

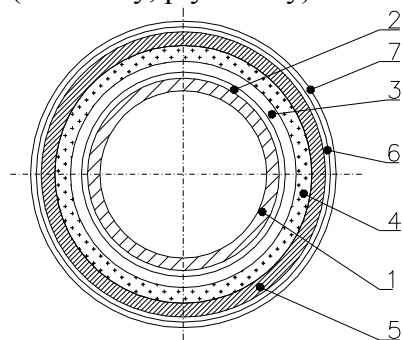
bezpečnosti, by všechny povrchy o teplotě vyšší než 50°C měly být izolovány. Týká se to i chladicích médií. K izolaci se užívá materiálů o malé tepelné vodivosti λ .

Dopravovanou látku a potrubí lze chránit různými nátěry nebo ochrannými povlaky. Litinové potrubí se nejčastěji chrání asfaltováním, ocelové trubky lze chránit zinkováním. Ztráty tepelné energie se omezí tepelnou izolací, která spočívá v obalení materiálem se špatnou tepelnou vodivostí. Příruby se neizolují, aby zůstaly snadno přístupné, nebo se zakrývají částečně snímatelnými kryty.

Nejčastěji používané izolační materiály:

- křemelina (infuzoriová hlinka)
- skelná vata
- strusková vlna
- asfaltový papír
- pěnový polystyren
- pěnový beton

Izolační materiál se přikládá ve formě skruží (křemelina) nebo vaty, pásů a polštářů, stáhne se, ovine papírem nebo tkaninou a omaže. Krycím nátěrem se izolace dokončí. Tak je chráněna i proti vnikání vlhkosti. Ochranné obaly používáme především u potrubí ukládaných do země (vodovody, plynovody). Používá se bitumenový obal.



- 1 – trubka
- 2 – základní nátěr
- 3 – asfaltový nátěr
- 4 – skleněná vata
- 5 – lepenka
- 6 – asfaltový nátěr
- 7 – vápenatý nátěr

Obr. 44 Bitumenový obal potrubí

Neizolovaná potrubí se opatřují ochranným nátěrem a k odlišení potrubí pro různé látky slouží barevné odstíny.

Potrubí je nutno chránit proti elektrickým bludným proudům, kterými se mnohdy rychle rozruší. Bludné zemní proudy unikají z elektrických tratí a z uzemnění různých elektrických zařízení. Protože elektrická vodivost kovu je mnohonásobně větší než půdy, stává se potrubí jejich vodičem, ovšem na úkor své životnosti.

Způsoby ochrany proti bludným proudům:

- potrubí se rozdělí na úseky vzájemně od sebe izolované vložkami
- potrubí se spojí deskami vyrobenými z materiálu s jiným elektrickým potenciálem než má železo (např. z hliníku, zinku, hořčíku), tak je potrubí polarizováno jako katoda a nenastane v něm rozrušování povrchu, protože se rozrušuje anoda – tzv. anodická ochrana
- potrubí se na několika místech opatří doplňovacím uzemněním, které koroduje místo potrubí
- potrubí se zvláštním zdrojem proudu polarizuje na katodu – tzv. katodická ochrana
- trubky jsou vyrobeny z vrstev hliníkové oceli, která je anodou a chráněné vrstvy vyrobené ze slitinové oceli s přísadami mědi a niklu, která je katodou.

Před mrazem se potrubí chrání ukládáním do země nebo izolací. Týká se to především vodovodního potrubí, chránit je však nutno i plynovody a vzduchovody, aby v nich

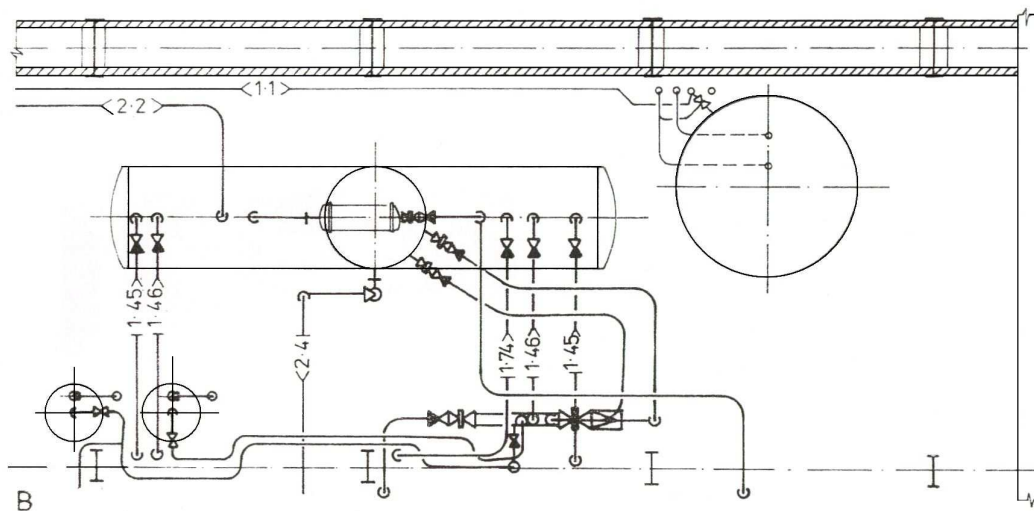
nezamrzala sražená voda. Vodovody se proto ukládají, podle složení zeminy 1,5 až 2m hluboko, plynovody do hloubky 0,9 až 1,25m. V zemi je potrubí chráněno nejen proti mrazu, ale i proti nárazům.

2.4 Kreslení a značení potrubí

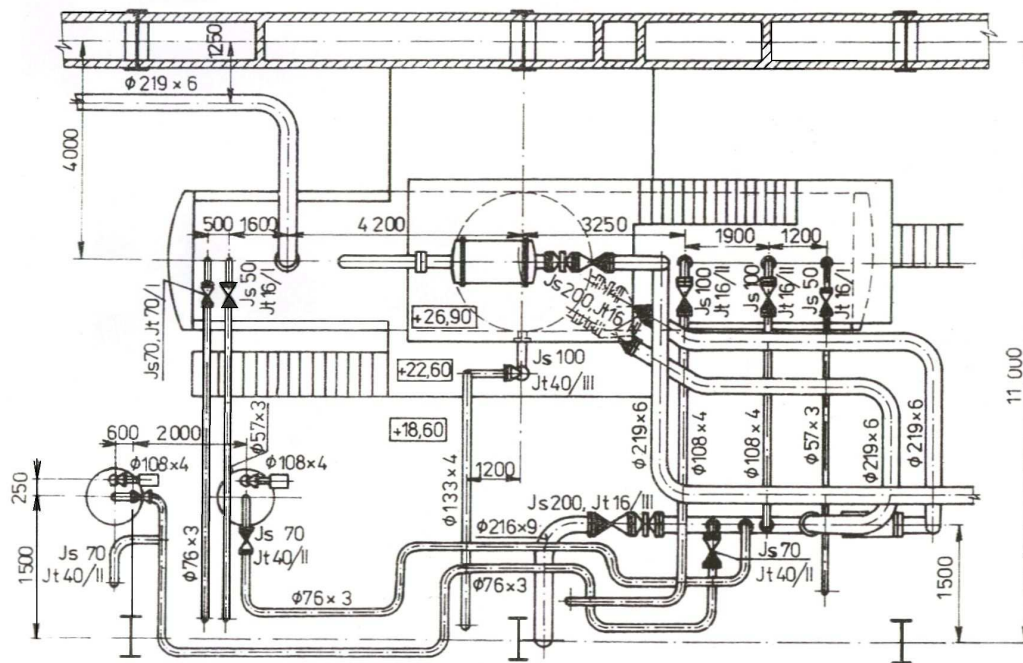
Malá potrubí, kterými se rozvádějí tekutiny u jednotlivých strojů (mazací a tlakový olej, chladicí voda, tekuté palivo vzduch...) se zakreslí do výkresu sestavení příslušného stroje a všechny součásti rozvodu se uvedou v kusovníku. Velká potrubí v energetických, hutních, chemických, potravinářských a jiných závodech se kreslí podle obdobných zásad jako montážní výkresy velkých strojních zařízení, tj. zjednodušeně. Potrubí instalovaná v budovách pro rozvod vody, plynu, topné páry a pro kanalizaci a větrání, a dále vnější potrubí pro dálkový rozvod těchto nebo jiných látek, se kreslí podle norem pro výkresy ve stavebnictví.

Rozsáhlá tzv. průmyslová potrubí se sestavují jednak z normalizovaných a typizovaných prvků (trubky, tvarovky, armatury), které se na montáž dodávají ze skladu a jednak z částí předem vyrobených (oblouky, kompenzátory...). Většinou se kreslí ve zmenšení schematickým způsobem.

Na dispozičních výkresech, které jsou hlavním podkladem pro montáž, se potrubí v příslušném stavebním objektu zakresluje pravoúhlým promítáním v potřebném počtu pohledů a řezů tak, aby bylo patrné situační prostorové rozmístění. Potrubí se obvykle zobrazuje ve zmenšení (1:10 až 1:200), buď jednoduchými (jednočarovými) nebo dvojitými plnými (dvojčarovými), čárkovanými nebo čerchovanými a jinými čarami. K trasám se píše rozměry trubek a na čarách se značí směr potrubí a druh protékající látky. Spoje, uložení pro potrubí a armatury se kreslí schematickým podle ČSN.



Obr. 45 Dispoziční výkres jednoduchými čarami



Obr. 46 Dispoziční výkres dvojčarový

Návrh potrubí a provedení musí zabezpečovat, aby

- nebezpečí přetížení v důsledku nepřipustné vůle nebo nadměrných sil vznikajících např. na přírubách, spojích, vlnových nebo hadicích bylo vhodným způsobem regulováno například pomocí podpor, výztuh, ukotvení, vyrovnání polohy a předpětí závěsů,
- tam, kde je možnost, že uvnitř potrubí pro plyny dojde ke kondenzaci, byly k dispozici prostředky pro odvodnění a odstranění usazenin z níže položených oblastí zařízení, aby se zabránilo poškození vlivem vodních rázů nebo koroze,
- byla patřičně vzata v úvahu možnost poškození vlivem turbulence a vzniku vírů. Pokud může dojít ke značné korozi nebo otěru, musí být učiněna taková opatření, která
 - sníží tyto účinky na co nejmenší míru vhodným řešením návrhu, např. zvětšením tloušťky materiálu nebo použitím výstelky či přeplátování,
 - umožní výměnu součástí, které jsou nejvíce postiženy,
 - v návodech upozorní na opatření k zajištění trvale bezpečného používání.
- byla patřičně vzata v úvahu možnost nebezpečí únavy vlivem vibrací v potrubí,
- tam, kde potrubí obsahuje tekutiny skupiny 1, byly k dispozici vhodné prostředky a zařízení k odstavení těch odběrových potrubí, jejichž velikost představuje značné nebezpečí
- bylo na nejmenší míru sníženo nebezpečí náhodného výtoku, místa odběru musí být na straně zařízení zřetelně označena údajem o obsažené tekutině,
- poloha a trasa podzemního potrubí byla vyznačena přinejmenším v technické dokumentaci k usnadnění bezpečného provádění údržby, kontroly a úprav.

Potrubí je tím těsnější, čím je menší počet přírub, protože ty jsou zdrojem netěsností.

Hlavní příčiny havárií potrubí

- nesprávné umístění podpory na potrubí
- nedokonale vykompenzované teplotní pnutí
- únava materiálu způsobená vibracemi

- nevhodný materiál a nevhodné svary na potrubí
- koroze a eroze
- nedostatečná kontrola a nedokonale prováděné měření síly stěny
- nevhodná konstrukce přírubových spojů
- tepelné nebo hydraulické rázy
- netěsnost uzavíracích prvků
- lokální reakce

3. Armatury

Všechny přístroje osazené v potrubí se nazývají armatury. Armatury slouží k uzavírání nebo regulaci průtoku, mění vlastnosti (parametry) protékající látky, případně zabezpečují a kontrolují provoz potrubí. Jsou to jednak uzávěry, armatury na odvodnění nebo odvzdušnění, zařízení pojišťovací a prostředky pro měření a kontrolu průtoku.

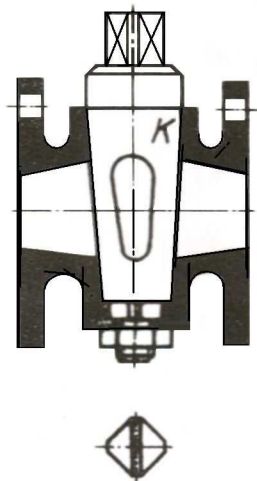
3.1 Uzavírací armatury

Uzavírací armatury jsou základní skupinou armatur, jejichž správná funkce má mimořádný vliv na spolehlivost zařízení. Uzavírací armatury různých konstrukcí se používají k přerušení toku dopravované tekutiny, souhrnně je nazýváme uzávěrky. Na všech druzích (ventily, šoupátka, kohouty a klapky), které se navzájem liší konstrukčním uspořádáním, požadujeme spolehlivou a dlouhodobou funkci, odolnost za provozních podmínek, snadnou obsluhu a možnost opravy nebo výměny. Žádoucí je i malý průtočný odpor. Uzávěry jsou nejrozšířenější armatury, a jsou kromě toho i základem konstrukce mnohých dalších přístrojů. Mohou se ovládat mechanicky, pneumaticky, hydraulicky nebo elektricky, a to buď ručně nebo automaticky – plovákem, tlakem tekutiny, tepelnou roztažností látek... Nejběžnější z nich jsou normalizovány v řadách podle DN a PN, a jsou vyráběny ve specializovaných firmách.

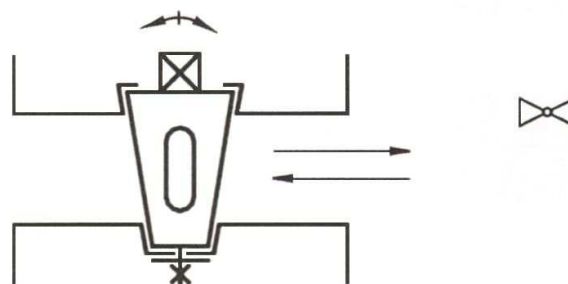
3.1.1 Kohouty

Kohouty uzavírají průtok otočením kuželky, která je zabroušena do sedla v tělese kohoutu. Kuželovitost uzavíracího kužele bývá 1:4 až 1:8. Na kužel i těleso kohoutu se používá stejný materiál, aby obě části měly stejnou tepelnou roztažnost. Mosaz a bronz je vhodný u malých světlostí a tam, kde musí materiál lépe odolávat chemickým vlivům protékající tekutiny než šedá litina.

Kohouty jsou jednoduché a mají malý průtokový odpor, ale při rychlém otevření nebo uzavření způsobují v potrubí tlakový ráz.



Obr. 48 Kohout



Obr. 47 Kohout - schématicky

Nehodí se pro znečištěné tekutiny, poněvadž by se jejich zabroušené dosedací plochy rychle opotřebovaly. Otvírání a zavírání větších kohoutů vyžaduje větší sílu, proto jsou normalizovány pro DN 10 až 100 a PN 6.

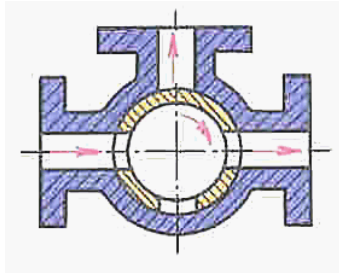
Na čelní ploše čtyřhranu kuželky je vždy rýhou vyznačeno provedení otvorů (směr průchodu), aby bylo zřejmé postavení kohoutu. V potrubí může být kohout vřazen jako průchozí nebo výstupní (též nazývaný zobákový). Kohouty uzavírají průtok otočením kužele **K**, zabroušeného v kuželovém sedle tělesa, o 90°. Kužel se otáčí rukojetí nasazenou na čtyřhranu.

Podle konstrukce a použití se dělí kohouty na:

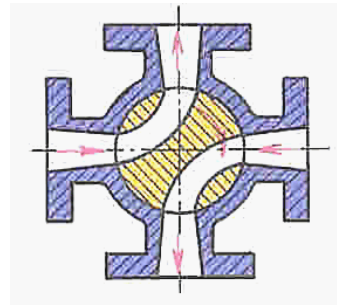
- přímé a nárožní
- dvoucestné, trojcestné, čtyřcestné
- výtokové a průtokové

Průtokové kohouty mohou být podle způsobu připojení přírubové nebo nátrubkové (s vnitřním závitem), výtokové kohouty jsou zpravidla zobákové – tj. s ohnutým hrdlem a s přírubou nebo nátrubkem na druhém hrdle.

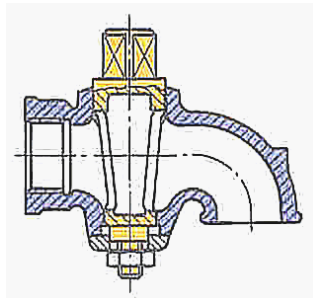
kohout
trojcestný



kohout
čtyřcestný



kohout
zobákový



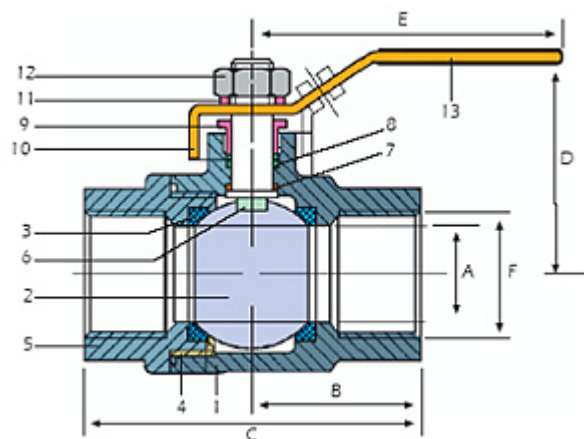
Obr. 49 Příklad y provedení kohoutů

Kohouty se vyrábějí bez ucpávky nebo ucpávkové s víkem. Kužel v tělese má sklon k zadírání. Používají se pro malé tlaky a poměrně malé světlosti.

Dnes jsou rozšířenější kulové kohouty. Vlastním uzavíracím orgánem je koule, která má válcový otvor pro průtok stejného průměru jako vstup do kohoutu, takže tvoří přímý průtočný kanál se zanedbatelnými hydraulickými ztrátami. Je to nejpříznivější případ ze všech uzavíracích armatur. Kulový kohout může pracovat s vysokými tlaky při relativně malé potřebné ovládací síle. Z tohoto důvodu jsou často využívány u energetických zařízení.

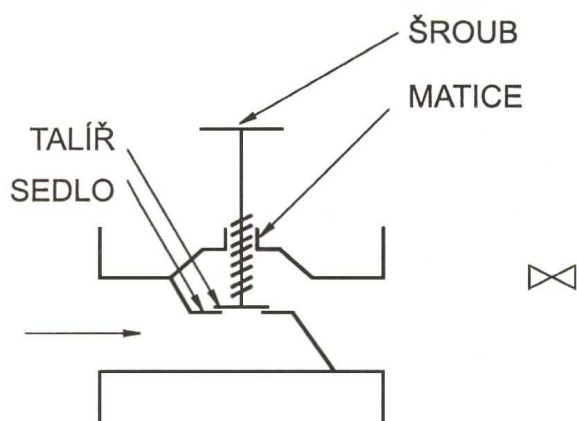


Obr. 50 Kulový kohout

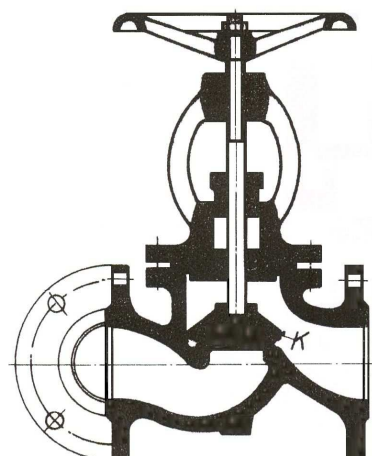


Obr. 51 Kulový kohout v řezu

3.1.2 Ventily



Obr. 52 Ventil - schématicky



Obr. 53 Ventil

Ventily uzavírají průtok přitisknutím kuželky (talíře) **K** do sedla ve směru průchodu tekutiny sedlem. U uzavíracích ventilů je kuželka otočně uložena na konci vřetena, které se posouvá otáčením ručního kolečka v závitu pevné matice ve víku ventilu. Podle způsobu připojení se rozeznávají ventily přírubové, nátrubkové (s vnitřním závitem), čepové (s vnějším závitem) a přivařovací. Uzavírací ventily jsou podle směru průtoku přímé a nárožní, pro snížení hydraulických odporů mívají přímé ventily šikmé vřeteno.

Ventily jsou uzavěrky vhodné pro všechny druhy kapalin a plynů, a to i pro velké tlaky a vysoké teploty. Konstrukčně jsou složitější než kohouty a mají větší průtokový odpor (tekutina mění svůj směr). Při ručním uzavírání a otevírání je rychlost kuželky malá, a proto nepůsobí v potrubí rázy. Díváme-li se na ruční kolečko ve směru osy jeho vřetena, zavírá se ventil otáčením kolečka vpravo – tj. ve směru hodinových ručiček. Závit vřetena je vně tělesa a tudíž nepodléhá chemickým vlivům dopravované tekutiny. Výška zdvihu ventilu bývá $\frac{1}{4}$ průměru sedla. Uvedený průměr vyplývá z požadavku neměnné rychlosti proudění v potrubí, ventilovým sedlem a kolem talíře. Nevýhodou ventilů je jejich velký odpor, který kladou průtoku látky. Pro snížení tlakové ztráty se vyrábějí šikmé ventily (v přímém ventilu mění tekutina směr proudění dvakrát). Normy stanovují rozměry ventilů pro DN 10 až 400 a PN 6 až 100. Tělesa a víka ventilů pro PN 6 až 16 se vyrábějí z šedé litiny, pro vyšší PN z lité oceli. Přesahuje-li teplota látky 250°C, je vždy použita litá ocel.



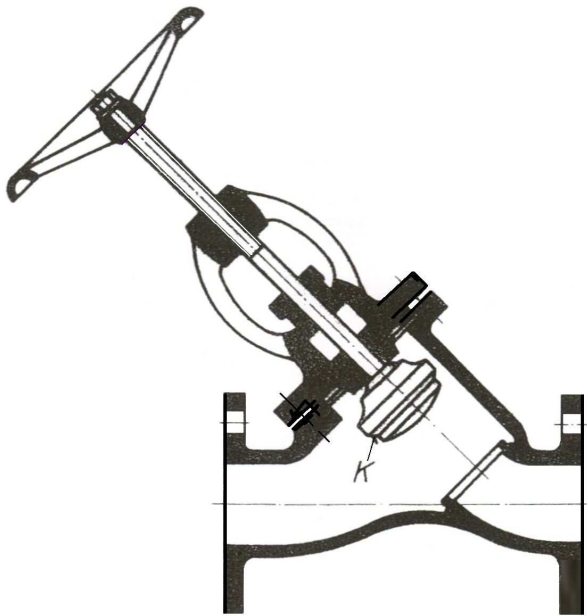
Obr. 54 Přímý ventil automaticky ovládaný



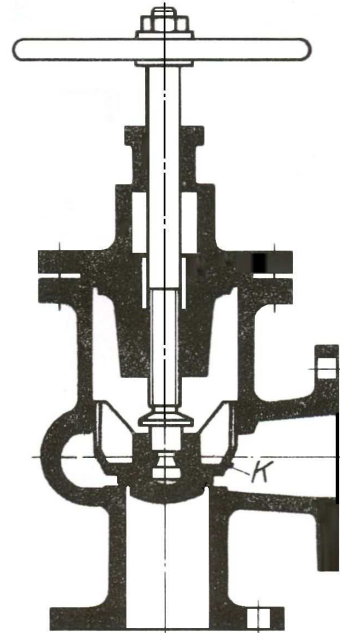
Obr. 55 Šikmý ventil

Podle konstrukce, obsluhy a použití jsou ventily:

- přímé, nárožní
- trojcestné, dvojcestné
- talířové, válcové a kulové
- s ručním ovládním a samočinně automaticky ovládané



Obr. 56 Šikmý ventil



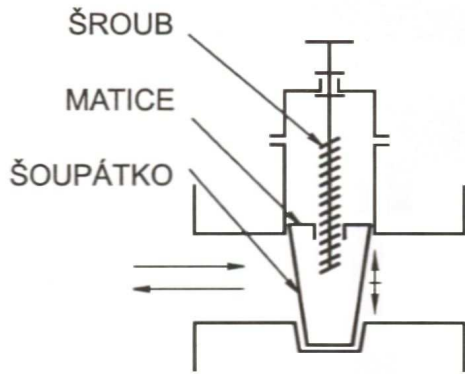
Obr. 57 Nárožní ventil

Ventily se používají i pro jiné účely než uzavírací.

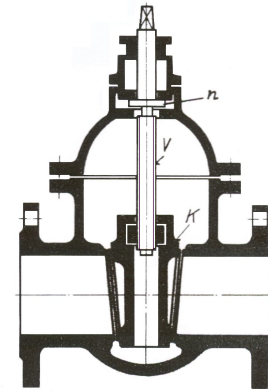
3.1.3 Šoupátka

Šoupátka uzavírají průtok v potrubí podobně jako stavidlo v kanále zasouváním klínové nebo rovinné desky mezi dvě sedla. Deska se posouvá vřetenem, které je axiálně vedeno nákrůžkem pod ucpávkou a při otáčení ručním kolečkem se šroubuje v matici uložené neotočně v desce. Nevýhodou této konstrukce je, že není vidět, jestli je šoupátko otevřené nebo zavřené. Proto se dává přednost konstrukci, u níž je vřeteno pevně spojeno s klínovou deskou a šroubuje se do matice v náboji ručního kolečka, uloženého otočně na víku šoupátka a axiálně vedeného. Vysunutě vřeteno ukazuje otevřenou polohu šoupátka.

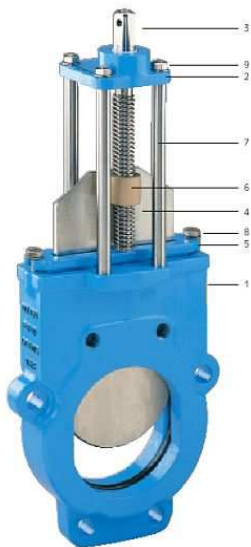
Průtok tekutiny šoupátkem je přímý, a proto mají šoupátka malý průtokový odpor. Otvírají a zavírají se pozvolna, takže v potrubí nezpůsobují tlakové rázy. Pro vodovodní potrubí do PN 10 a pro DN 40 až 600 jsou normalizována oválná šoupátka, pro větší průměry potrubí – až do DN 2000 se užívají plochá šoupátka, která mají krátkou stavební délku. U šoupátek s větší jmenovitou světlostí a pro vysoký tlak tekutiny působí na klín uzavřeného šoupátka velká síla, která znesnadňuje otevření šoupátka. Proto se taková šoupátka opatřují obtokem, uzavíraným pomocným ventilem, kterým se před otevřením šoupátka přepustí tekutina na druhou stranu desky, aby se jednostranně působící tlak tekutiny částečně nebo zcela vyrovnal. Velká šoupátka, např. u vodních turbín, se často ovládají hydraulicky – deska je spojena tyčí s pístem válce a posouvá se tlakovou vodou nebo olejem. Pro vyšší teploty (páry) se používají šoupátka s rovinným dvojdílným srdcem, jehož části se rozpínají pružinou, aby byla zaručena těsnost i při deformacích horkého tělesa.



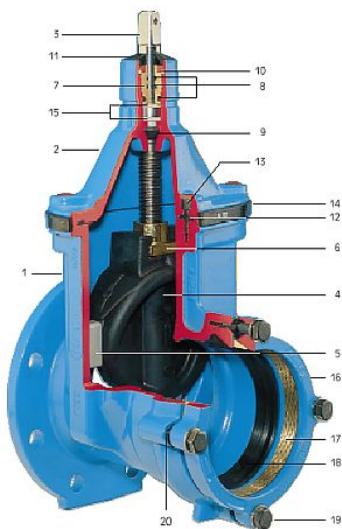
Obr. 58 Šoupátko - schématicky



Obr. 59 Šoupátko



- 1 těleso
- 2 ložiskový kolík
- 3 vřeteno
- 4 deska
- 5 vedení desky
- 6 vřetenová matice
- 7 sloupek
- 8 šestihranný šroub
- 9 šestihranná matice



- 1 vrchní díl
- 2 těleso
- 3 vřeteno s závitem
- 4 klín
- 5 vedení klínu
- 6 matice
- 7 pouzdro O-kroužků
- 8 O-kroužek
- 9 zpětné těsnění
- 10 pojistný kroužek
- 11 stírací kroužek
- 12 těsnění víka
- 13 šrouby s vnitřním šestihranem
- 14 ochrana
- 15 kluzné podložky
- 16 upínací kroužek
- 17 svěrný kroužek
- 18 těsnění s chlopněmi
- 19 šrouby a podložky
- 20 opěrné pouzdro

3.1.4 Klapky

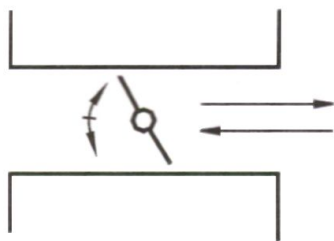
Obr. 60 Příklady provedení šoupátek

Klapky jsou v principu kruhové, přesněji elipsovitě desky, které se otáčejí pomocí páky kolem osy kolmé k ose potrubí. Nejsou běžným uzavíracím přístrojem. Vyhovují tam, kde nejsou velké nároky na těsnost, při nízkých tlacích a je-li potřeba rychlé otvírání a zavírání. Nejčastěji se klapky používají k regulaci objemového průtoku tekutiny – mění tak průtočný průřez, a proto se nazývají škrtící klapky.

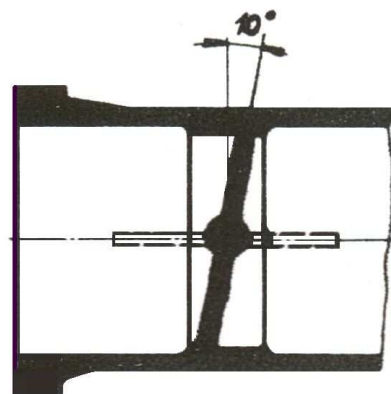
Škrtící klapky jsou v zavřené poloze skloněny k ose potrubí asi pod úhlem 80° , aby nedošlo k jejich vzpříčení v potrubí.

Velkou předností klapky jsou nízké průtokové odpory. Klapky mohou být použity jako bezpečnostní. Účelem jednostupňové bezpečnostní klapky je uzavřít potrubí při poruše zařízení. Klapka je uvedena v činnost samočinně měřicím impulzem, který je odebírán z téhož nebo jiného potrubí, v němž nastalo nežádoucí zvýšení nebo snížení tlaku.

Uzavírací přístroje jsou připojovány k potrubí přírubami, hrdly, nátrubky, šroubením, nebo se k němu přivaří nebo připájí. Přivařením se ušetří spojovací součást, ale spoj se stane nerozebíratelný.



Obr. 61 Škrtící klapka - schématicky



Obr. 62 Škrtící klapka

3.2 Regulační armatury

Regulační ventily regulují průtok pracovní látky změnou velikosti průtokové plochy v průtočném kanálu ventilu během zdvihu, a tím změnu hydraulických odporů. Zatímco hlavním požadavkem na uzavírací ventily je uzavření průtoku a dostatečná těsnost uzavřeného ventilu na jedné straně, na druhé straně je požadavek na malé ztráty tlaku při plném otevření, požadavky na regulační ventily jsou téměř obrácené. Trvalý provoz v polohách otevřeno – zavřeno se nepředpokládá. Regulační ventily se provozují v mezipolohách, přičemž se těsnost při nulovém zdvihu většinou nepožaduje a nepředpokládá. Průtok regulačním ventilem se může měnit změnou průtočné plochy v nejužším místě nebo změnou tlakového spádu před a za ventilem.

3.2.1 Regulační ventily

V nejjednodušším tvaru mohou být ruční – reguluje se ručním kolem nebo pákou, poloha regulačního orgánu se nastavuje podle pozorování měřicího přístroje (např. tlakoměru). Regulační ventily mohou být vybaveny vlastní regulací (čidlem a silovým zařízením pro přestavování kuželky), nebo mohou být řízené (určeny pro přestavování pohonem a regulátorem polohy, popř. dalšími řídicími členy).



Obr. 63 Příklad regulačních ventilů (s ručním kolem nebo automatické)

Regulační ventily zahrnují všechny ventily, které regulují nějakou veličinu týkající se průtoku pracovní látky. Regulace se uskutečňuje změnou průtokové plochy regulačního ventilu v závislosti na zdvihu. Nastavení zdvihu na potřebnou hodnotu zajišťuje pohon.

Existují ale redukční ventily, u nichž je pohon a řídicí zařízení integrováno – je součástí ventilu. Tyto ventily se také řadí mezi regulační ventily, jsou to redukční ventily, které udržují tlak za ventilem na konstantní velikosti, a regulátory diferenčního tlaku a regulátory teploty.

3.2.2 Redukční ventily

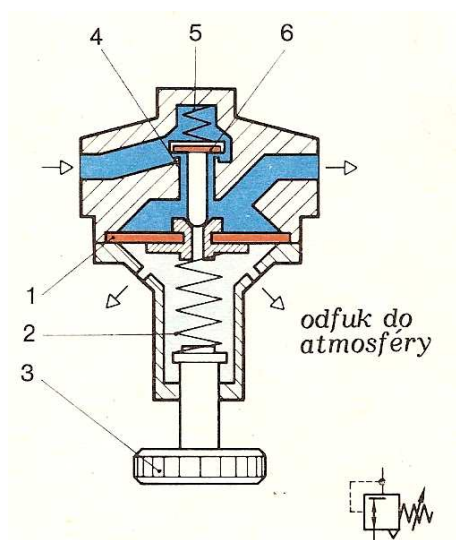
slouží k zmenšení nebo udržování konstantního tlaku v potrubí za ventilem, i když tlak před ventilem kolísá. Zmenšuje-li se regulovaný tlak za ventilem, pružina tlačí membránu, a tím kuželku směrem dolů, ventil se otevírá a tlak stoupá. Stoupá-li v prostoru za ventilem tlak (např. proto, že se zmenšuje odběr protékající tekutiny, prohýbá tlak tekutiny membránu směrem vzhůru proti napětí pružiny, kuželka spojená s membránou se zavírá a zmenšuje tlak za ventilem. Velikost tlaku za ventilem se reguluje napětím pružiny pomocí šroubu. Membrána je buď pryžová, nebo pro vyšší tlaky kovová.

Redukční ventil udržuje na svém výstupu konstantní tlak i při kolísání tlaku rozvodné sítě a proměnné spotřebě vzduchu. Primární tlak musí být vždy větší než tlak sekundární. Existují dva typy redukčních ventilů:

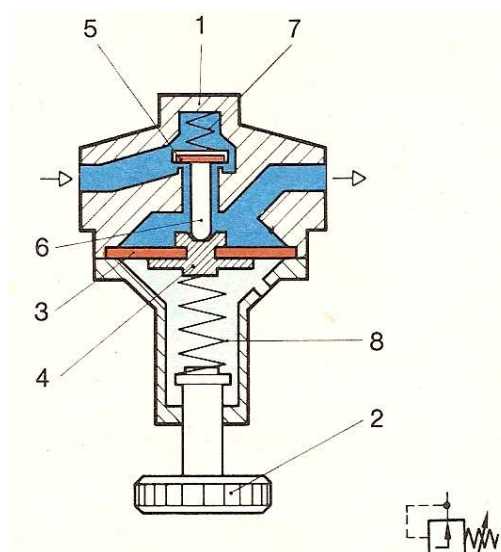
- redukční ventil s odfukem do atmosféry
- redukční ventil bez odfuku do atmosféry

U prvního typu je hodnota výstupního tlaku udržována membránou (1), na jednu stranu membrány působí výstupní tlak, na druhou stranu působí síla pružiny (2), nastavitelná šroubem (3). Při zvýšení tlaku membrána překoná tlak pružiny a tím průtočný průřez na ventilovém sedle (4) přivře, případně zcela uzavře. Výstupní tlak je tedy regulován množstvím přitékajícího vzduchu. Zvýšením odebíraného množství vzduchu tlak klesne a pružina začne otevírat ventil. Regulace nastavitelné hodnoty výstupního tlaku se tedy dosahuje stálým otevíráním, či přivíráním ventilového sedla. Aby nedocházelo k rozkmitání, je pohyb ventilového dřívku (6) tlumen například mechanicky pružinou (5). Při náhlém zvýšení tlaku na výstupní straně se membrána prohne ještě dále a kromě uzavření ventilu se ještě otevře průtočný ventil ve středu membrány a tím dojde ke snížení tlaku odfukem do atmosféry.

Ventily pracující na obdobném principu se používají i jako pojišťovací ventily



Obr. 64 Redukční ventil s odfukem do atmosféry



Obr. 65 Redukční ventil bez odfuku do atmosféry

U redukčních ventilů bez odfuku do atmosféry je stavěcím šroubem (2) nastaveno předpětí pružiny (8) a tím i současně předpětí membrány (3). Tím je i nastavena velikost průtoku, neboť zdvihátko ventilu více, či méně otevře průtočný průřez ventilu. Jestliže se zvýší tlak na výstupní straně, prohne se membrána proti síle pružiny (1), ta přitlačí zdvihátko (6) tak, že přivře nebo uzavře průtok ventilovým sedlem (5). Po poklesu tlaku na výstupní straně se ventilové sedlo více otevírá a tím je pokles tlaku vyrovnáván.

Redukční ventily jsou obvykle umísťovány přímo na konkrétní stroj, nebo zařízení. Mívají kompaktní uspořádání společně se vzduchovým čističem, měřičem tlaku a případně i rozprašovačem oleje.

3.3 Zpětné armatury

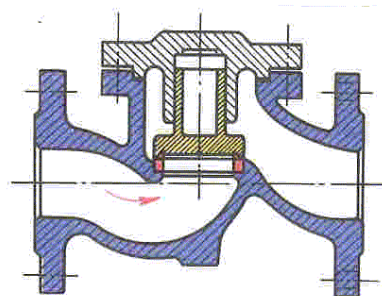
Zpětné armatury zabráňují zpětnému průtoku pracovní látky. Jejich funkce je plně automatická a je řízena silovými účinky pracovní látky na vlastní uzávěr a jeho tíhou. U zpětných armatur má jejich poloha zamontování v potrubí výrazný vliv na funkci a vlastnosti armatury.

3.3.1 Zpětné ventily

dovolují průtok potrubím pouze jedním směrem, jakmile ustane proudění, nebo se obrátí směr proudu, ventil se samočinně uzavře. Zpětný ventil sestává z kuželky dosedající na sedlo. Kuželka je k sedlu přitlačována většinou pružinou. Tlak média v propustném směru způsobí odtažení kuželky od sedla, vzniklým průřezem pak proudí médium.

Zpětné ventily se používají např. v napájecím potrubí parních kotlů, v sacím koši u čerpadel. Kuželky těchto ventilů musí mít řádné vedení, aby se nepřičily.

Konstrukční variantou je kuličkový ventil. Pracuje s

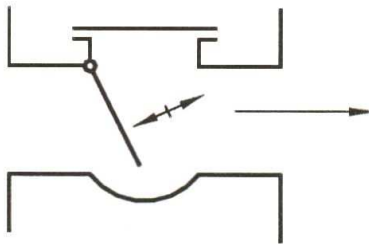


Obr. 66 Zpětný ventil

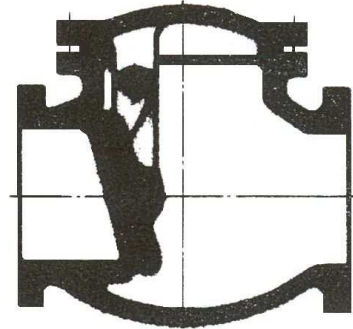
kuličkou, unášenou v pracovním směru proudem média. Při obrácení toku je kulička médiem vtláčena do osazení a zastaví tak průtok nežádoucím směrem.

3.3.2 Zpětné klapky

Klapky lze použít jako přístroj umožňující průchod tekutiny pouze jedním směrem – potom se jedná o zpětné klapky. Hlavní součástí zpětných klapek je talíř, ve většině případů opatřený kovovým sedlem, pro některé pracovní podmínky i měkkým těsněním. Talíř je pohyblivě uložen na páce. U klasické konstrukce je páka otočná v čepu mimo proud pracovní látky. Průběh uzavírání je u klapek nepříznivější než u ventilů, proto mají klapky tendenci při uzavírání způsobit tlakové rázy. Zejména pro menší jmenovité tlaky může být klapka vybavena závažím, které podporuje zavírání talíře.



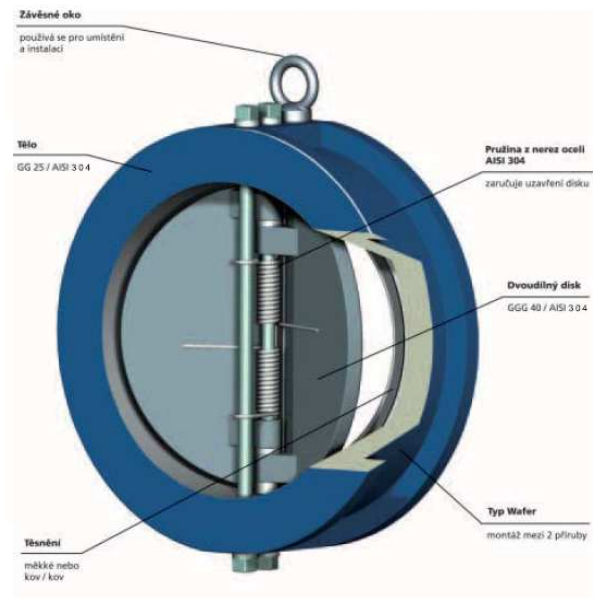
Obr. 67 Zpětná klapka - schématicky



Obr. 68 Zpětná klapka

Dvojitá zpětná klapka, tzv. motýlová

Talíř je rozdělen na poloviny, uprostřed průtoku je můstek, v němž jsou střední těsnicí plochy. Půltalíře jsou k sedlům přitlačovány pružinami.



Obr. 69 Motýlová klapka

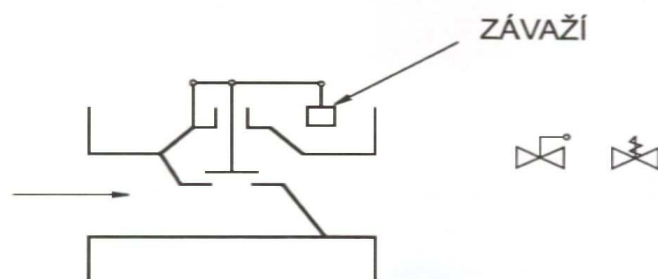
Pro velké světlosti se pro vodárenská zařízení někdy používá vícenásobná zpětná klapka, která má těleso dělené a ve střední desce je umístěno několik talířů, které jsou součástí menších klapek. Tím je dosaženo tlumení tlakových rázů.

3.4 Pojistné armatury

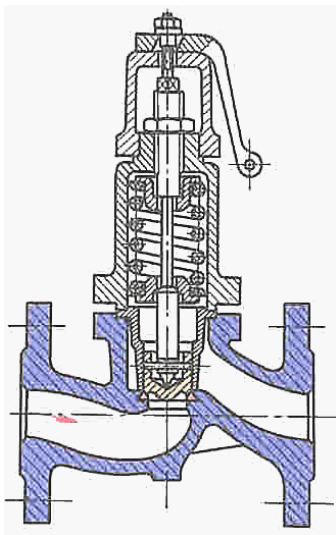
Jsou automaticky pracující bezpečnostní armatury, které zajišťují tlaková zařízení jako poslední pojistka proti destrukci výbuchem. Při ohrožení tlakového zařízení nedovoleným zvýšením tlaku (z jakéhokoliv důvodu), odpustí pojistné ventily část pracovní látky ze zařízení a tím se sníží tlak. Po snížení tlaku na přípustnou velikost musí pojistný ventil zařízení uzavřít, protože další únik by znamenal ztráty. Při normálním provozu má být pojistný ventil těsný.

3.4.1 Pojistné ventily

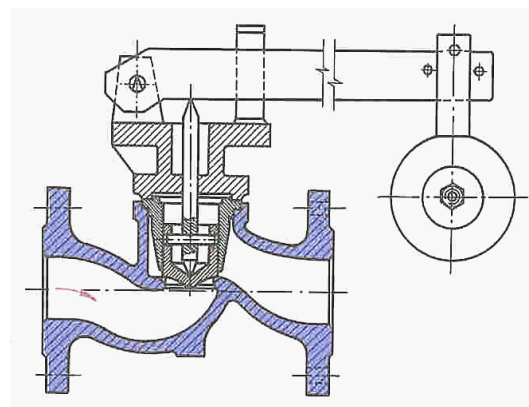
Pojistný ventil zabráňuje překročení určitého maximálního tlaku v potrubí nebo v uzavřené tlakové nádobě, parním kotli apod. Kuželka, která je přitlačovaná do sedla závažím nebo pružinou, se samočinně tehdy, překročí-li přetlak kapaliny nastavenou velikost.



Obr. 70 Pojistný ventil - schématicky



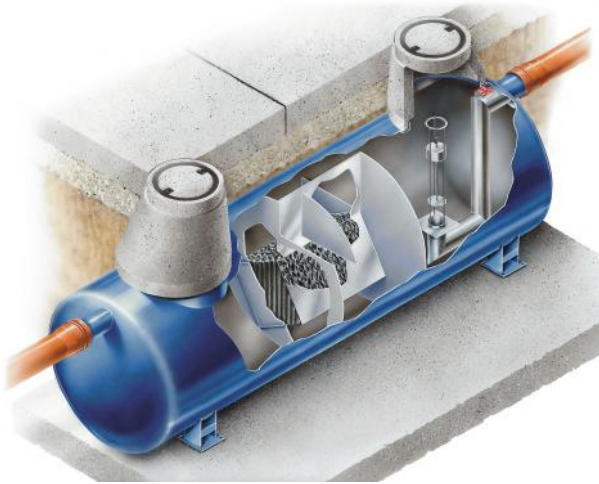
Obr. 71 Pružinový ventil přímý



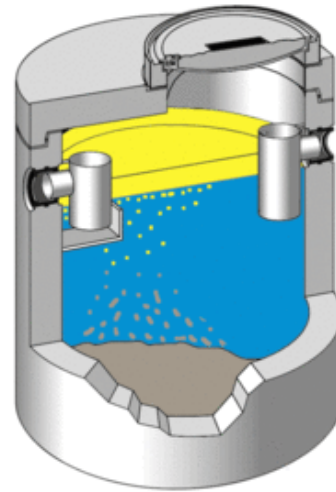
Obr. 72 Závažový ventil přímý

3.5 Odlučovací přístroje

Mezi odlučovací přístroje patří odvaděče kondenzátu (samotraty), odlučovače oleje, vody a vzduchu, filtry, sací koše, lapače kalu aj.



Obr. 73 Odlučovač ropných látek



Obr. 74 Odlučovač tuků a škrobů

3.5.1 Odkalovací ventil

Dopravovaná tekutina může obsahovat řadu příměsí a nežádoucích látek, které se usazují na nejnižších místech kotlů a kotlových bubnů jako kal. Odstranění se provede např. odkalovacím ventilem.

Odkalovač separuje z vody nečistoty a kaly, které mohou způsobit zanášení a ucpávání potrubí a hlavně výměníků kotlů. Instaluje se na hlavním přívodu ze systému před zařízením, které má být chráněno před nečistotami. Ve vertikálním tělese jsou nečistoty zachycovány a klesají ke dnu sběrné kalové jímky. Odtud mohou být jednoduchým způsobem odkaleny přes vypouštěcí ventil, a to i při plném provozu zařízení, bez nutnosti přerušení dodávky vody.

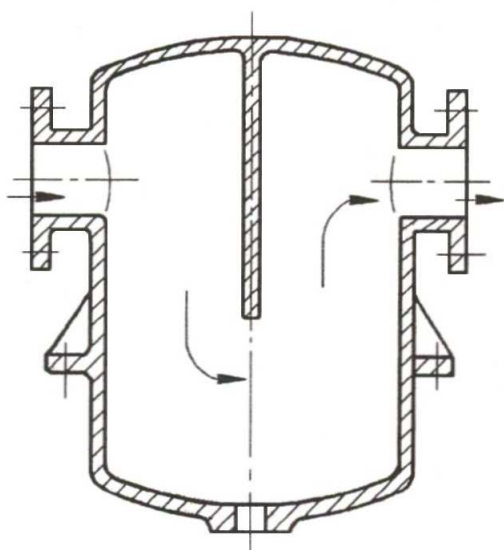


Obr. 75 Odkalovací ventil

3.5.2 Odvaděče kondenzátu

U páry vzniká v potrubí při dopravě a v topném prostoru kondenzát, který se musí na vhodném místě odstranit – k tomu slouží odlučovače. Pro možnost opravy odvaděče kondenzátu se zřizuje obtok. K odlučování kondenzátu z potrubí větších světlostí se používají válcové nádoby. Ve zvětšeném průřezu těchto nádob klesne rychlost páry a současně se změjí její směr proudění, tím kapky kondenzátu klesají – protože jsou těžší, a jímají se ve spodní části nádoby. V parním topném systému je třeba odpouštět kondenzát samočinně. Odlučovače

splňující tento požadavek jsou ventily ovládané plovákem nebo smrštěním trubice, která se ochladí kondenzátem. Po vypuštění kondenzátu se trubice opět parou ohřeje a svým roztažením uzavře vypouštěcí otvor.



Obr. 76 Odvaděč kondenzátu



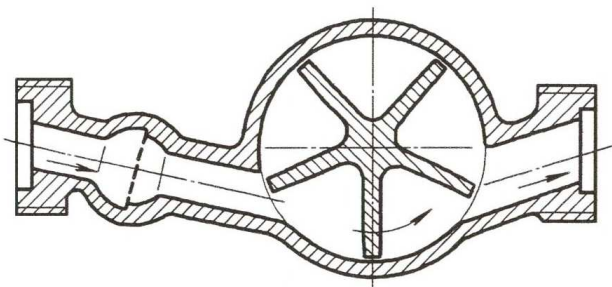
Obr. 77 Hadicový odlučovač kondenzátu

3.5.3 Odvzdušňovací ventil

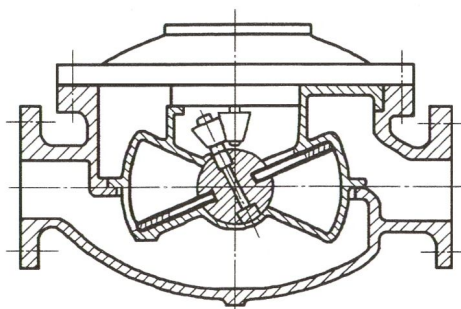
U delších potrubí na dopravu kapaliny, které není možno stavět se stoupáním po celé délce, se na vyvýšených místech hromadí uvolněný vzduch (plyn). Tvoří se tzv. vzduchový polštář, který může způsobit přerušování kapalinového sloupce. Proto se tato místa plynule odvzdušňují plovákovým ventilem.

3.6 Měřicí přístroje

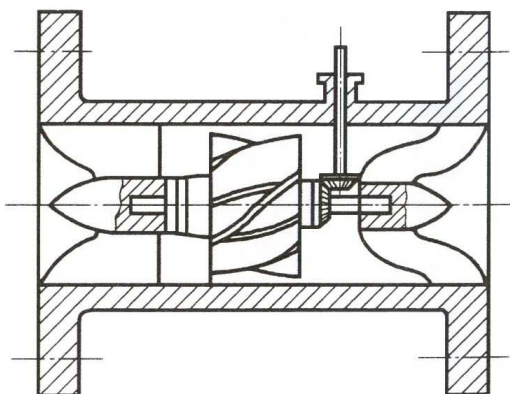
Důležitým doplňkem provozních potrubí jsou prostředky k měření, především množství a vlastností protékající látky. Pro měření průtoku neutrálních a studených kapalin lze použít měřičů, pracujících na principu mechanickém – lopatkové kola, vrtule se šroubovitými lopatkami nebo otáčejícími se deskami. U agresivních kapalin nebo vyšších teplot se využívá přístrojů založených na principu škrcení – clony, dýzy.



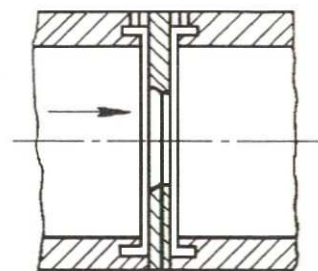
Obr. 78 Lopatkový vodoměr



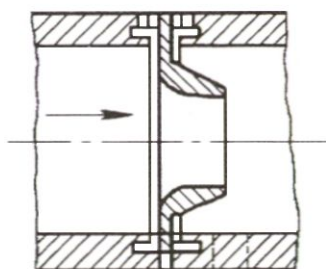
Obr. 79 Deskový vodoměr



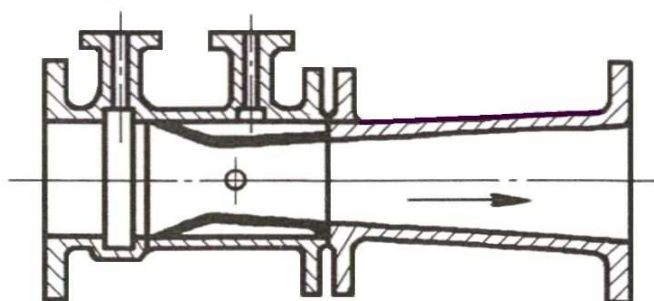
Obr. 80 Šroubový vodoměr



Obr. 81 Clona



Obr. 82 Dýza



Obr. 83 Venturiho trubice

K měření tlaku neutrálních látek se používají manometry. Montují se na potrubí prostřednictvím smyčky, která je chrání před vysokou teplotou a nárazy. Manometr lze odstavit kohoutem – obvykle trojcestným, aby byla možnost opravy a výměny, event. kontroly cejchovaným manometrem. Na manometrech důležitých míst je červený index, označující nejvyšší dovolený přetlak. Funkce těchto manometrů je periodicky kontrolována. Pro agresivní látky je nejvhodnější manometr s membránou. Malé přetlaky se měří také kapalinovým sloupcem pomocí U-trubic. Tento způsob je běžný ve vzduchotechnice a dopravě plynů.

Teplota protékajících látek se měří nejčastěji škalovým teploměrem. Podle potřeby je odečítání vyvedeno na přístupné místo – dálkové teploměry, nebo doplněno registrací. Teploměry se vkládají do jímek, které jsou do stěny potrubí zavařeny nebo zašroubovány.

3.7 Ovládání armatur

Mezi nejběžnější způsoby ovládání armatur patří ovládání

- ruční
- elektrickými servomotory
- pneumatické
- hydraulické

Ruční ovládání – nejjednodušší je ovládání ručním kolem, které je připevněno přímo na vřeteno nebo na matici vřetena. Ruční kola jsou normalizována a jsou obvykle uložena pomocí pera čtyřhranu. U některých nízkotlakých armatur lze použít ovládání ruční pákou.

Ovládání elektrickými servomotory – je buď s posuvným nebo otáčivým pohybem výstupního hřídele.

Ovládání pneumatické a hydraulické – používá se hlavně tam, kde potřebujeme rychlé otevření a uzavření armatury.

V případech, kdy nejde armaturu ovládat přímo z prostoru, kde je umístěna, nebo kde nelze umístit servomotor, lze využít ručního kola s řetězkou, prodloužených vřeten s nástavcem a stojanem apod.

4. Čerpadla a kompresory

4.1 Hydraulické stroje

Podle smyslu přeměny energie dělíme hydraulické stroje na:

1) Motory

- primární – přeměňují přírodní hydraulickou energii – **turbíny**
- sekundární – přeměňují umělou hydraulickou energii – **hydromotory a rekuperační turbíny**

V obou případech jde o přeměnu energie hydraulické na mechanickou. Využívají se všechny složky hydraulické energie E_h (tlaková, rychlostní a polohová). U hydromotorů a rekuperačních turbín převládá člen tlakové energie, u turbín složka polohové energie.

2) Čerpadla – přeměňují mechanickou energii na hydraulickou.

3) Reverzibilní stroje – mohou pracovat v obou směrech přeměny energie, buďto jako turbína (hydromotor), nebo jako čerpadlo.

4) Složená soustrojí (hydraulické mechanismy) – zprostředkují přenos energie mechanické hydraulickou cestou. Oproti přenosu energie plynným médiem vynikají hydraulické mechanismy vysokou účinností, která vyplývá z neměnnosti vnitřní energie kapalin při změně tlaku. (Kapaliny se neohřívají při stlačování a nechladnou při rozpínání).

Fyzikální podstata práce čerpadel:

1) **Přímá přeměna**

Tlaková energie kapalného média se získá bezprostředně působením pracovního elementu čerpadla (př. pístu) na kapalinu. Tlak kapaliny je v tomto případě hydrostatický, proto nazýváme tato čerpadla **hydrostatická** (např. čerpadla pístová, zubová, vřetenová, vibrační, membránová).

2) **Nepřímá přeměna**

Při nepřímé přeměně se mění energie mechanická na hydraulickou. Tlaková hydraulická energie souvisí s pohybem pracovního elementu čerpadla (př. oběžným kolem) nepřímo přes rychlostní energii, která je primárně kapalině udělena. Tlak kapaliny je v tomto případě hydrodynamický, proto se tato čerpadla nazývají **hydrodynamická** (např. čerpadla odstředivá, periferická, s paprskovými koly).

Čerpadla neboli pumpy slouží k dodávání pitné a užitkové vody, k odčerpávání vody, při hašení požárů, k napájení parních kotlů, k dopravě různých technických kapalin v chemické, potravinářské a jiné výrobě, k tlakovému mazání strojů, u hydraulických pohonů atd. Kapalina se jimi buď zvedá do otevřené nádrže a odtud teče potrubím, popř. otevřeným kanálem na níže položená místa spotřeby, nebo se vtlačuje do uzavřené nádrže, odtud ji tlačí vzduchový (plynový, parní) polštář do potrubí, nebo čerpadlo tlačí kapalinu přímo na místo použití. Tlak získaný čerpadlem se spotřebuje zčásti na vtlačení kapaliny do prostoru s vyšším tlakem než je tlak v místě jejího odběru a na překonání výškového rozdílu obou míst, z části se spotřebuje po cestě hydraulickými odpory.

Pracovním médiem čerpadel jsou kapaliny. Kapaliny jsou mezistupněm mezi plynnými a tuhými látkami. Vynikají velkou pohyblivostí a zaujímají libovolný tvar nádob (vlastnost plynů), na druhé straně se vyznačují malou stlačitelností a poměrně velkou měrnou hmotností (vlastnost tuhých látek).

Nejčastější kapalinou v oboru dopravy je u čerpadel voda. V oboru přenosu energie hydraulickou cestou jsou to oleje.

Nositelkou hydraulické energie v potrubních systémech a hydraulických strojích je pracovní kapalina různých druhů a vlastností.

Hydraulická energie má v podstatě dvě modifikace:

- 1) potenciální energie
 - tlaková
 - polohová
- 2) kinetická energie (rychlostní, pohybová)

Při proudění kapaliny existují ve všech bodech proudu obě formy současně a jsou vzájemně vázány.

Mírou energetického obsahu kapaliny je její měrná energie, definovaná jako energie vztažená na jednotku hmotnosti 1kg kapaliny.

Na příkladu libovolného skloněného potrubí můžeme vyjádřit zachování a změny hydraulické energie mezi dvěma po sobě následujícími, rozdílně výškově situovanými průřezy. V daném (libovolném) průtokovém průřezu je celková **měrná** energie kapaliny E určena součtem **tlakové** měrné energie E_p , **polohové** měrné energie E_h a **kinetické** měrné energie E_k :

$$E = E_p + E_h + E_k \quad (J \cdot kg^{-1})$$

Zavedeme-li následující fyzikální veličiny:

p	- absolutní statický tlak v kapalině	(Pa)
ρ	- měrná hmotnost kapaliny	($kg \cdot m^{-3}$)
g	- tíhové zrychlení ($g \approx 9,81 m \cdot s^{-2}$)	($m \cdot s^{-2}$)
h	- výška těžiště průtokového průřezu od základní vztažné roviny	(m)
c	- střední rychlost proudění (dána zákonem zachování hmotnosti, resp. rovnicí kontinuity) v průřezech, v nichž se stanovuje tlak p	($m \cdot s^{-1}$)

Pak celkovou měrnou energii můžeme vyjádřit:

$$E = \underbrace{\frac{p}{\rho}}_{\text{tlaková}} + \underbrace{g \cdot h}_{\text{polohová}} + \frac{c^2}{2} \quad (J \cdot kg^{-1})$$

celková potenciální kinetická

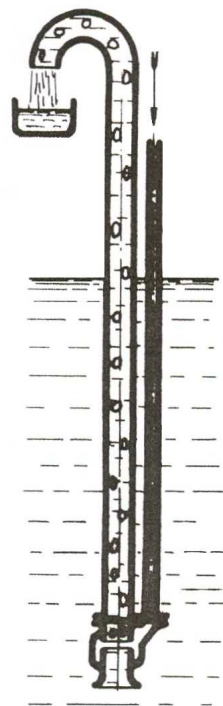
Pro časově ustálené proudění **ideální**, tj. nestlačitelné, neviskózní kapaliny potrubím mezi body 1 a 2, platí ze zákona zachování energie (podle Bernoulliho) k libovolné vztažné rovině pro celkové měrné energie:

$$E_1 = E_2 = konst. \quad (J \cdot kg^{-1})$$

$$\frac{p_1}{\rho} + g \cdot h_1 + \frac{c_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + g \cdot h_2 + \frac{c_2^2}{2} = konst. \quad (J \cdot kg^{-1})$$

Kapaliny lze zvedat a dopravovat různým způsobem:

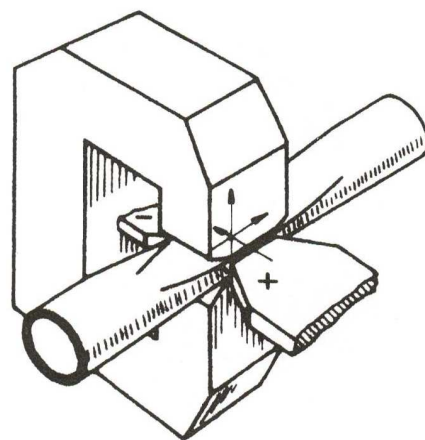
- a) Nabíráním do nádob zvaných korečky, které jsou upevněny na svislém kole nebo uzavřeném řetězu, popř. pásu, a jsou jím mechanicky zdvihány vzhůru, kde se samočinně vylévají do sběracího kanálu. Voda se takto čerpala již ve středověku při zavlažování půdy.
- b) Snížením měrné váhy kapaliny smíšením se vzduchem ve svislé výstupní troubě, takže směs stoupá přetlakem vnějšího sloupce kapaliny – tzv. mamutové čerpadlo.
- c) Přímým tlakem plynu nebo páry na hladinu v uzavřené nádrži (v tzv. monžíku) nebo v komorách parního pulsometru.
- d) Přímým tlakem pístu, membrány nebo křídla na kapalinu při střídavé změně objemu pracovního prostoru (čerpadla s kmitavým pohybem – např. pístová)
- e) Přímým tlakem rotující činné části čerpadla na kapalinu uzavřenou proti vtokovému i výtokovému kanálu (rotační objemová čerpadla – lamelová, zubová).
- f) Rotačním pohybem lopatkového kola, které unáší kapalinu a uděluje jí rychlost a tlak (turbínová čerpadla odstředivá nebo axiální).
- g) Pohybovou energií proudu dopravní látky (vody, páry, plynu), vytékající velkou rychlostí z dýzy a strhující s sebou dopravovanou kapalinu (proudová čerpadla).
- h) Rázovou přeměnou pohybové energie při náhlém zastavení proudu dopravované kapaliny (trkače).
- i) Přímou přeměnou energie elektromagnetického pole na pohybovou energii kapaliny (magnetohydrodynamická čerpadla).



Obr. 84 Mamutové čerpadlo

Z uvedených principů se nejvíce uplatňují čerpadla pístová, rotační odstředivá a objemová, a čerpadla proudová.

Druh (použitý funkční princip) a konstrukční provedení čerpadla se řídí dopravovaným množstvím, tlakem (dopravní výškou) a vlastnostmi (zejména teplotou, vazkostí, čistotou a chemickou agresivitou) čerpané kapaliny.



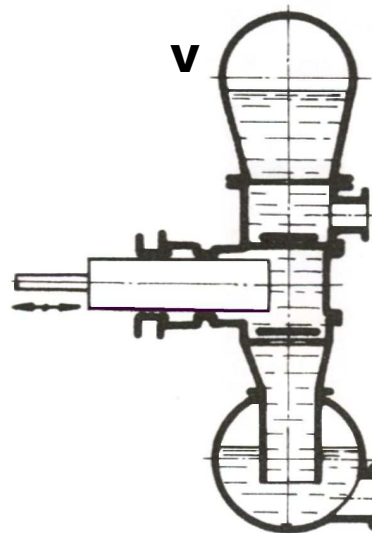
Obr. 85 Magnetohydrodynamické čerpadlo

Množství se udává zpravidla objemovými jednotkami (l/s , l/min , m^3/s).

4.1.1 Pístová čerpadla

Pístová čerpadla se uplatňují hlavně pro vysoké tlaky a pro poměrně menší množství, protože jejich maximální otáčky (přesněji střední pístová rychlost) jsou omezeny setrvačnými silami hmot a pohybem vratným, tedy i sloupcem dopravované kapaliny. Pro velká množství vycházejí příliš rozměrná.

Pístové pumpy s motorickým pohonem mají ponejvíce klikový mechanismus. Stejně jako pístové motory mohou být jednočinné a dvojčinné, ležaté nebo stojaté, a jedno-, dvou- a více válcové. Píst se provádí buď kotoučový nebo plunžrový, rozvodové orgány jsou většinou samočinné talířové a kroužkové záklopký (ventily). Na sací a výtlačné straně se tyto pumpy opatřují tzv. větrníky, tj. prostory, jejichž vzdušní obsahy vyrovnávají pulzace tlaku kapaliny, a to tím více, čím jsou tyto vzdušní obsahy větší. Čím je větší počet činných ploch pístu, tím menší stačí větrníky.



Obr. 86 Typické uspořádání jednočinného plunžrového čerpadla

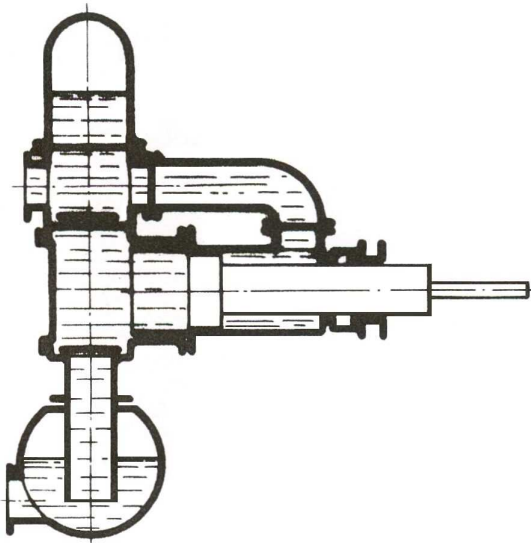
Princip činnosti jednočinného plunžrového čerpadla:

Je – li plunžr (plunžr – dlouhý dutý píst) ojnici vtlačen do válce, vytlačuje vodu přes výtlačný ventil, sací ventil je uzavřen. Při pohybu zpět saje, sací ventil se otevře. Proud vody je přerušovaný. Když se na konci zdvihu ventil náhle zavře, zastaví se najednou pohyb vody. Tím by vznikl ráz. Proto je ve výtlačném potrubí větrník V. Stlačený vzduch v něm zachytí svou pružností proud vody. Vzduch se ve větrníku střídavě rozpíná a stlačuje. Při vytlačování se nejdříve celý obsah válce vytlačí do větrníku. Asi polovina vody hned vyteče, druhá polovina ve větrníku zůstane a stlačuje vzduch. Tento zbytek je později při sání vzduchem také vytlačen z větrníku, takže voda je dodávána skoro nepřetržitě.

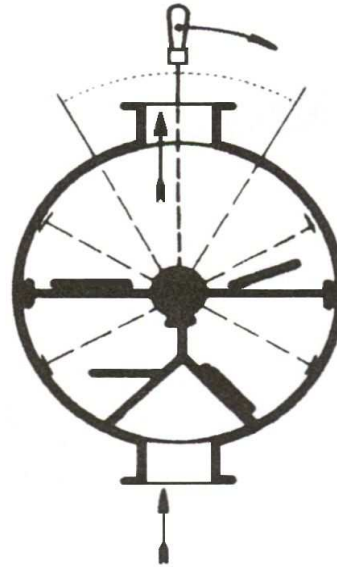
Dvojčinné plunžrové čerpadlo má větší výkon a stejnoměrnější proud vody. Plunžr pracuje v obou válcích, saje i tlačí při každém zdvihu.

Ležaté diferenciální čerpadlo nasává jako jednočinné, ale vytlačuje jako dvojčinné. Má tedy rovnoměrnější dodávku i rozdělení práce na oba zdvihy než čerpadlo jednočinné, při poměrně stejné jednoduchosti konstrukce.

Pístová čerpadla se pohánějí od elektrického nebo spalovacího motoru obvykle řemenovým převodem do pomala. Malá pístová čerpadla pro občasné použití se pohánějí také ručně, obvykle pákou (např. stojanové pumpy u studní). Pro různé pomocné účely, např. k přečerpávání technických kapalin ze sudů, slouží ruční křídlové čerpadlo.



Obr. 87 Ležaté diferenciální čerpadlo

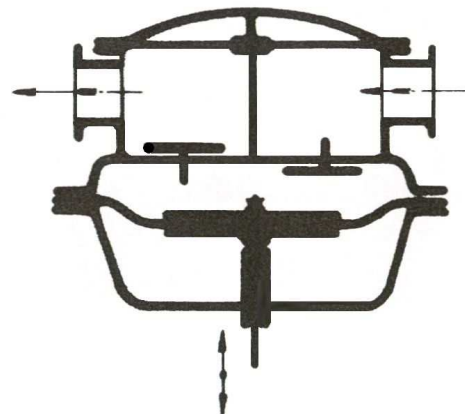


Obr. 88 Křídlové čerpadlo

4.1.2 Membránová čerpadla

Membránová čerpadla pracují na stejném principu jako čerpadla pístová. Píst nahrazuje poddajná deska (membrána), obvykle pryžová nebo kožená, která odděluje těsně pracovní prostor od prostoru hnacího mechanismu. Membránová čerpadla se hodí k čerpání vody znečištěné hlinou nebo pískem. Běžně se jich užívá také jako podávacích čerpadel na benzín u automobilových motorů.

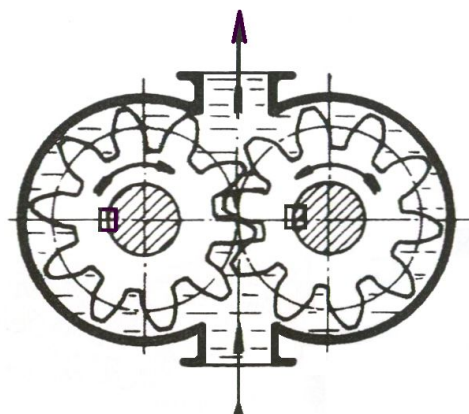
Pístové čerpadlo použijeme při některých provozních požadavcích, jako je např. čerpání lehce odpařitelných nebo viskózních kapalin, nutnost spouštění suché pumpy apod.



Obr. 89 Membránové čerpadlo

4.1.3 Rotační objemová čerpadla

Z rotačních objemových čerpadel jsou nejrozšířenější pro svou jednoduchou konstrukci zubová čerpadla. Nemají ventily a kapalina se dopravuje kontinuálně zubovými mezerami obou kol, která spolu zabírají a těsně přiléhají ke stěnám čerpadla. Používá se jich pro čerpání olejů u oběžného tlakového mazání strojů a u různých hydraulických pohonů. Ve výtlačném potrubí musí být pojistný ventil, aby se čerpadlo zvýšením odporu (např. ucpáním) nepoškodilo.



Obr. 90 Zubové čerpadlo

4.1.4 Vřetenová čerpadla

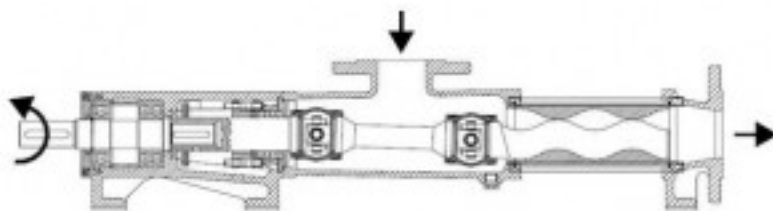
Princip vychází ze vzájemného působení pevně uloženého statoru, ve kterém se excentricky otáčí rotor. Rotor tvoří oblý závit s velkým stoupáním a malou výškou závitu. Je uložen ve statoru z pružného materiálu, který přeneseně představuje matici s dvojitým chodem. Při otáčení však nedochází k posuvu rotoru. Tím vzniknou v meziprostoru buňky – prostory pro čerpanou kapalinu.



Obr.91 Vřetenové čerpadlo

Při chodu se rotor odvaluje po statoru, a tím tvoří těsnicí místa, která způsobují čerpání

kapaliny. Rotor je uložen přes hřídel v ložiskové části s ucpávkou. Při otáčení rotoru vzniká excentricita, která musí být nějakým způsobem kompenzována tak, aby pohonná hřídel nepoškozovala uložení ložiska.

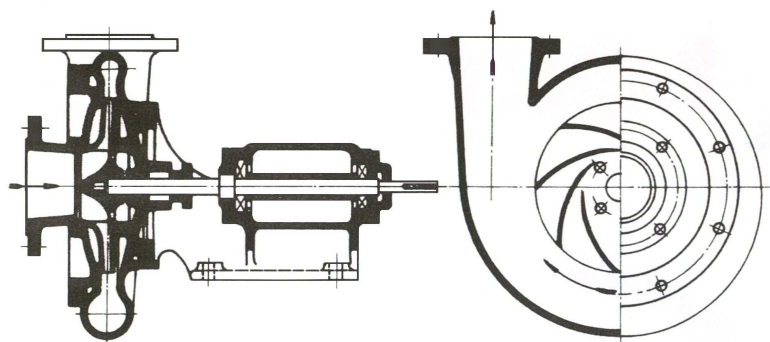


Obr. 92 Princip vřetenového čerpadla

4.1.5 Odstředivá (centrifugální) čerpadla

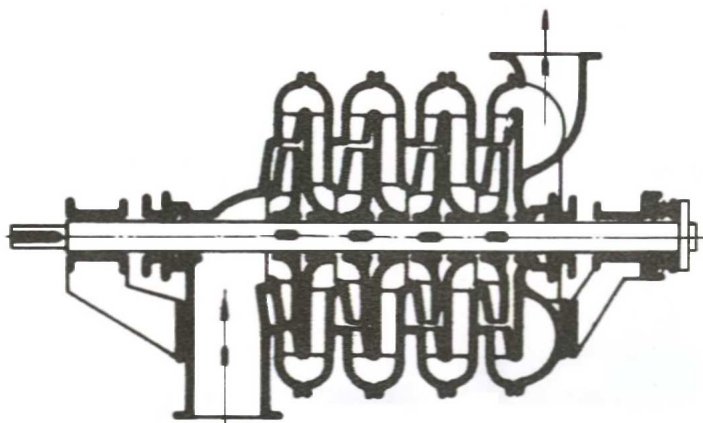
Ve spirální skříně se otáčí lopátkové kolo. Voda se nasává do jeho středu a odstředivou silou se vrhá k obvodu, čímž se její rychlost mění v tlak. Čím rychleji se kolo točí, tím výše je voda vytlačena. Lopátkové kolo neběží ve skříně těsně, proto nemůže při spuštění zředit vzduch v prostoru sacího potrubí. Odstředivé čerpadlo si nemůže samo nasát vodu. Musí být před spuštěním naplněno vodou a teprve po jejím vytlačení saje dále samo. Proto je v sacím koši dole ventil, aby voda při zastavení čerpadla nevytekla.

Odstředivá čerpadla pracují opačně než vodní turbíny – mechanická práce se mění v tlakovou a pohybovou energii kapaliny. Tlak kapaliny vyvozuje jednak odstředivá síla, která působí na kapalinu unášenou lopátkovým kolem, jednak se získává částečnou přeměnou kinetické energie kapaliny, zejména je-li za oběžným kolem vytvořen difuzor. Aby byla odstředivá síla a rychlost kapaliny při výtoku z oběžného kola co největší, volí se otáčky čerpadla co nejvyšší. Proto se odstředivá čerpadla pohánějí elektromotorem nebo parní turbínou přímo, bez převodu. Při volnoběžnějším hnacím stroji se zařadí mezi čerpadlo a motor řemenový převod do rychla.



Obr. 93 Odstředivé čerpadlo

Obvodová rychlost oběžného kola je omezena pevností materiálu, hydraulickými poměry, popř. při přímém spojení s motorem jeho otáčkami. Proto je omezen i tlak, který dá jedno oběžné kolo.

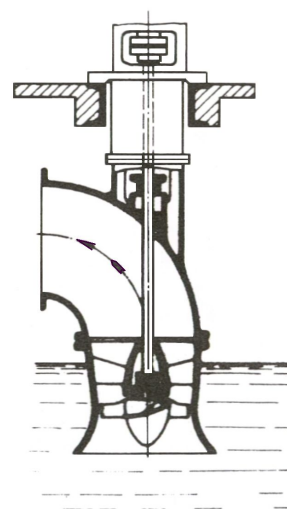


Obr. 94 Horizontální vícestupňové čerpadlo

Pro vyšší tlaky se musí zařadit větší počet kol za sebou a kapalina se převádí z jednoho kola do druhého lopatkovým difuzorem (převodním kolem), v němž se zmenšuje její rychlost, ale vzrůstá tlak.

Centrifugální pumpy dosahují tak dobrých účinností, že se jim dává přednost před pístovými čerpadly, pokud se nejedná o zvláště velké tlaky nebo malé množství.

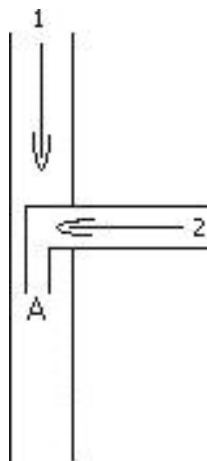
Pro největší množství a malé dopravní výšky se stavějí axiální čerpadla vrtulová. Vrtulové čerpadlo má oběžné kolo s úzkými lopatkami tvaru vrtule. Má větší účinnost než čerpadlo odstředivé.



Obr. 95 Vrtulové čerpadlo

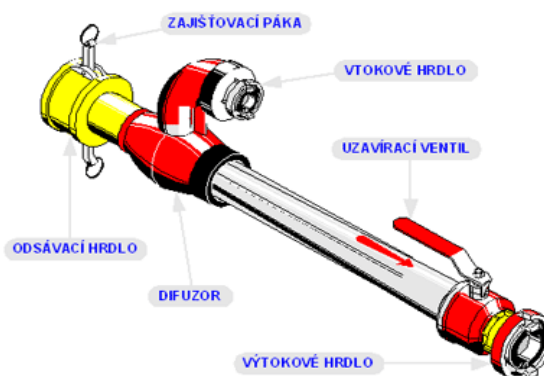
4.1.6 Proudová čerpadla

Proudová čerpadla mají jednoduchou konstrukci bez pohyblivých součástí. Energie se přivádí dopravní tekutinou, vytékající velkou rychlostí z trysky. Při ústí trysky klesá tlak, takže se přisává dopravovaná tekutina, mísí se s akční tekutinou a ta jí uděluje část své pohybové energie.



Trubicí 1 rychle proudí kapalina, trubice 2 vede do odčerpávaného prostoru.

Obr. 96 Princip ejektoru



Obr. 97 Ejektor

Proudové čerpadla se nazývají injektory, vtlačují-li do nějakého prostoru, nebo ejektory, slouží-li k odsávání kapalin. Proudová čerpadla mají proti poháněným čerpadlům nižší účinnost.

4.2 Stroje na stlačování vzduchu

K stlačování a přemísťování vzdušín (plynů a par) se užívá kompresorů, dmýchadel, ventilátorů a vývěv. Tyto stroje slouží k různým účelům. Kompresory stlačují např. vzduch pro pohon pneumatických strojů a nástrojů nebo pro plynové turbíny, plyny při jejich zkapaňování a dálkové dopravě potrubím, páry ve strojním chlazení apod. Dmýchadly se vhání vzduch do vysokých pecí, do větraných prostor. Ventilátory se větrají místnosti, prohání proud vzduchu chladiči automobilů, vývěvy odsávají plyny a páry v chemické a potravinářské výrobě, z kondenzátorů parních motorů apod.

Stlačování je tepelná změna stavu, vzdušina se stlačením zahřívá. Teplota stlačeného plynu závisí na počáteční teplotě a na kompresním poměru, tj. na poměru absolutního tlaku výtlačného p_2 k sacímu p_1 .

Aby se zmenšila práce potřebná ke stlačení (zvětšila účinnost), popř. zlepšily podmínky pro mazání, chladí se kompresory – menší vzduchem, větší vodou. Při vyšších kompresních poměrech se komprese rozděluje na dva nebo několik stupňů a plyn se mezi nimi chladí ve zvláštních chladičích.

Vzdušiny lze stlačovat buď zmenšováním objemu (dmýchadla a kompresory objemové), nebo přeměnou kinetické energie v tlakovou (stroje lopatkové a proudové). Výkon stroje je dán kompresním poměrem a váhovým množstvím vzdušiny, kterou kompresor stlačuje nebo dopravuje za jednotku času. Množství vzdušiny se však zpravidla udává v objemových jednotkách (l/s , l/min , m^3/s , m^3/h) nasátého objemu.

Stroje na stlačování vzdušín se dělí podle kompresního poměru, resp. výtlačného tlaku na:

- kompresory, které pracují s kompresním poměrem větším než 3:1, podle výtlačného tlaku se rozeznávají kompresory nízkotlaké, středotlaké, vysokotlaké a hyperkompresory.
- dmýchadla – stlačují obvykle z atmosférického tlaku na tlak až 0,3 MPa (kompresní poměr nanejvýše 3:1)
- ventilátory – tj. odstředivé a osově lopatkové stroje, které vyvozují malé přetlaky a slouží jen k přemísťování vzdušín, rozeznávají se ventilátory nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké
- vývěvy, které nasávají plyny a páry za nižšího tlaku než 0,1 MPa a ačkoliv vytlačují obvykle jen proti atmosférickému tlaku, pracují často s vysokým kompresním poměrem, vývěvy pro hluboké vakuum bývají proto vícestupňové. Rotační lopatkové vývěvy pro menší podtlaky se nazývají exhaustory.

Podle způsobu stlačování a konstrukčního uspořádání se rozeznávají **objemové** stroje pístové a rotační, a **rychlostní** lopatkové stroje odstředivé a stroje proudové (směšovací). U objemových kompresorů dochází ke zvýšení tlakové energie zmenšením pracovního prostoru pohybem pístů u kompresorů pístových, nebo prohýbáním pružné membrány u kompresorů membránových. U rychlostních kompresorů (lopatkové a proudové) je pracovní prostor neměnný. Kinetická a z části tlaková energie plynu se zvyšuje v oběžném kole. Ve statoru za

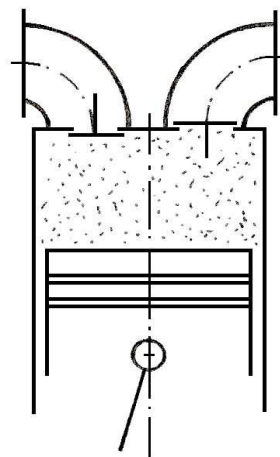
rotorem se kinetická energie mění na tlakovou. Podle směru pohybu plynu vůči ose stroje se rotační lopátkové stroje dělí na turbokompresory radiální, axiální a diagonální.

4.2.1 Objemové kompresory

Pístové kompresory a dmýchadla

mají většinou samočinné sací a výtlačné ventily, podobně jako pístová čerpadla. Menší kompresory se dělají obvykle jednoválcové nebo dvouválcové, stojaté, ležaté i šikmé, větší jsou až osmiválcové a uspořádáním válců jako u spalovacích motorů v řadě, do V, W apod. Velké několikastupňové kompresory a pístová dmýchadla pro velká dopravní množství se stavějí zpravidla ležaté. Kompresory bývají jednočinné i dvojčinné, často s diferenciálními písty (u vícešupňových). Dmýchadla jsou obvykle dvojčinná.

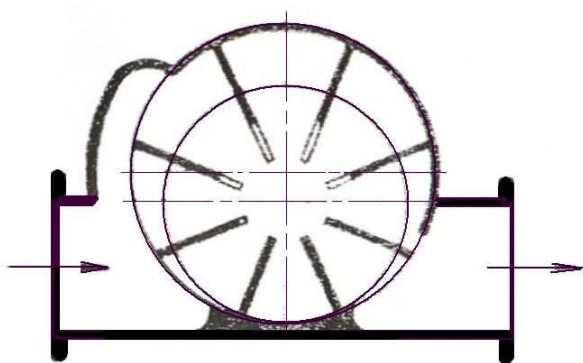
Pohánějí se od klikového hřídele, nejčastěji elektromotorem, řidčeji spalovacím motorem. Uplatňují se tu i konstrukce se společným klikovým hřídelem, popř. s volnými protiběžnými písty.



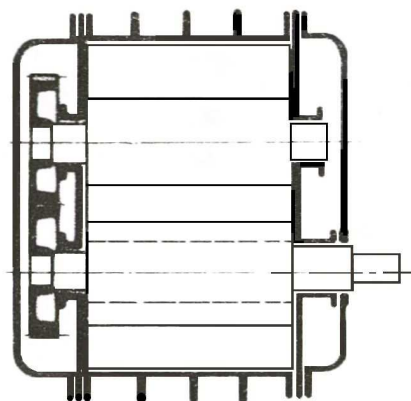
Obr. 98 Princip konstrukce malého, vzduchem chlazeného kompresoru

Rotační objemové kompresory a dmýchadla

mají buď jeden rotor, např. buben s posuvnými lamelami nebo valivý píst, uložený výstředně ve válcovitém tělese, nebo dvě proti sobě rotující tělesa, jejichž tvar zajišťuje trvalý styk při zachování co možno valivého vzájemného pohybu (Rootsovo dmýchadlo). Hodí se pro nižší kompresní poměry a malá až střední množství. Dovolují vysoké otáčky, takže vyjdou malé a lehké, mohou být poháněny přímo elektromotorem bez převodu. U nejlepších konstrukcí lze dosáhnout účinností pístových strojů. Naproti tomu jejich výroba je u mnohých konstrukcí obtížná a rychleji se opotřebují.



Obr. 99 Rotační lamelový kompresor (buben s posuvnými lamelami)

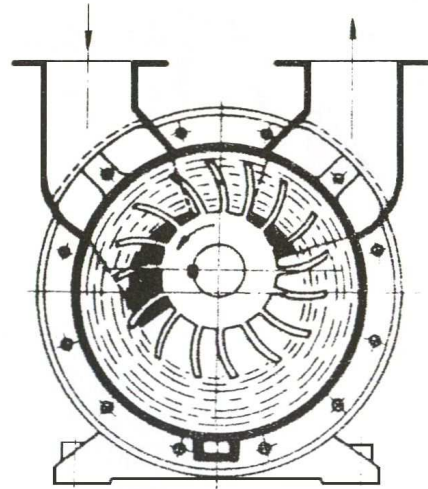


Obr. 100 Rootsovo dmýchadlo

Vodokružné vývěvy

Princip postupného zmenšování objemu rotujícím pístem se uplatňuje u vodokružných vývěv. Lopátkové kolo, umístěné excentricky v tělese a postranním vstupním a výstupním kanále,

vytvoří z vhodné kapaliny rotující prsten, který se periodicky vzdaluje a přibližuje k náboji kola a tím mění objem činného prostoru mezi lopatkami.



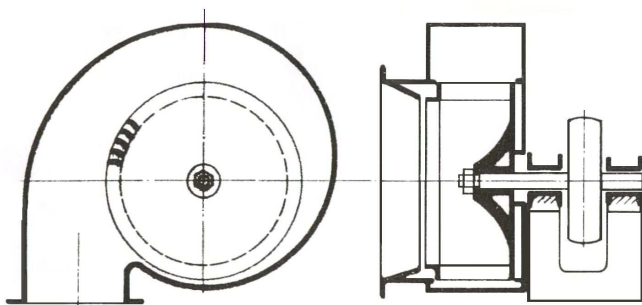
Obr. 101 Vodokružná vývěva

4.2.2 Rychlostní kompresory

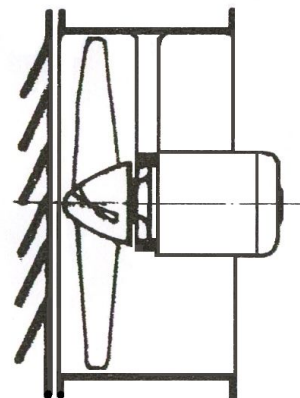
Lopátkové kompresory, dmýchadla a ventilátory

pracují na stejném principu jako odstředivá a vrtulová čerpadla. Podle směru proudění vzdušiny mezi lopatkami oběžného kola se rozdělují na radiální (odstředivé, centrifugální) a axiální (osové). K urychlení vzdušiny musí mít oběžné kolo vysoké otáčky, podle velikosti kola a požadovaného tlaku několik tisíc až desítky tisíc ot./min. Proto se tyto stroje pohánějí zpravidla přímo elektromotory, nebo parními, popř. plynovými turbínami (tzv. turbodmýchadla a turbokompresory).

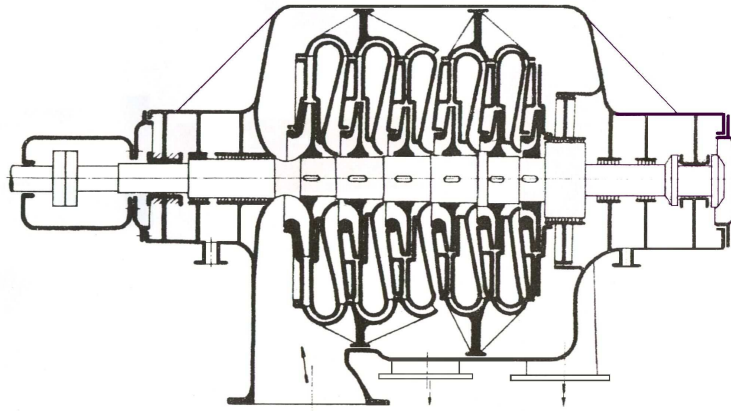
Lopátkové stroje se hodí pro velká množství a menší tlaky. Pro větší tlaky se provádějí podobně jako odstředivá čerpadla víceúhňové.



Obr. 102 Odstředivý ventilátor s transmisním pohonem do rychla



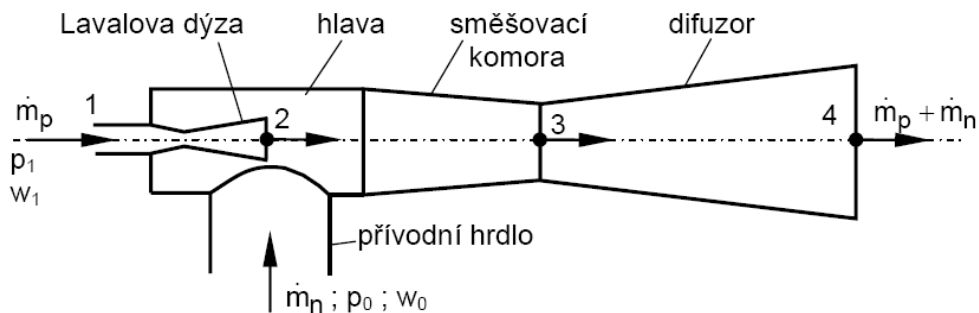
Obr. 103 Malý osový ventilátor (větrák) spojený přímo s elektromotorem



Obr. 104 Šestistupňový radiální turbokompresor

Proudové kompresory

Základní částí proudových kompresorů (ejektorů) je dýza, ve které dosahuje hnací látka podkritické či nadkritické rychlosti, směšovací komora, kde dochází k míšení se stlačeným plynem a difuzor transformující energii kinetickou na tlakovou.



Obr. 105 Proudový kompresor

Proudové kompresory nemají pohybuující se části, proto jsou výrobně jednoduché, provozně spolehlivé a finančně nenáročné. Podstatným nedostatkem proudových kompresorů je velmi malá účinnost, která obvykle nepřesahuje 30%. Dělí se na ejektory pracující jako vývěvy a injektory, které se využívají ke stlačování plynu do spotřebičů.

4.3 Rychlostní poměry na oběžném kole

Při průtoku plynu oběžným kolem musíme uvažovat tři rychlosti:

c – absolutní rychlost, uvažovaná vzhledem k nepohyblivému systému

w – relativní rychlost, uvažovaná vzhledem k otáčejícímu se systému kola

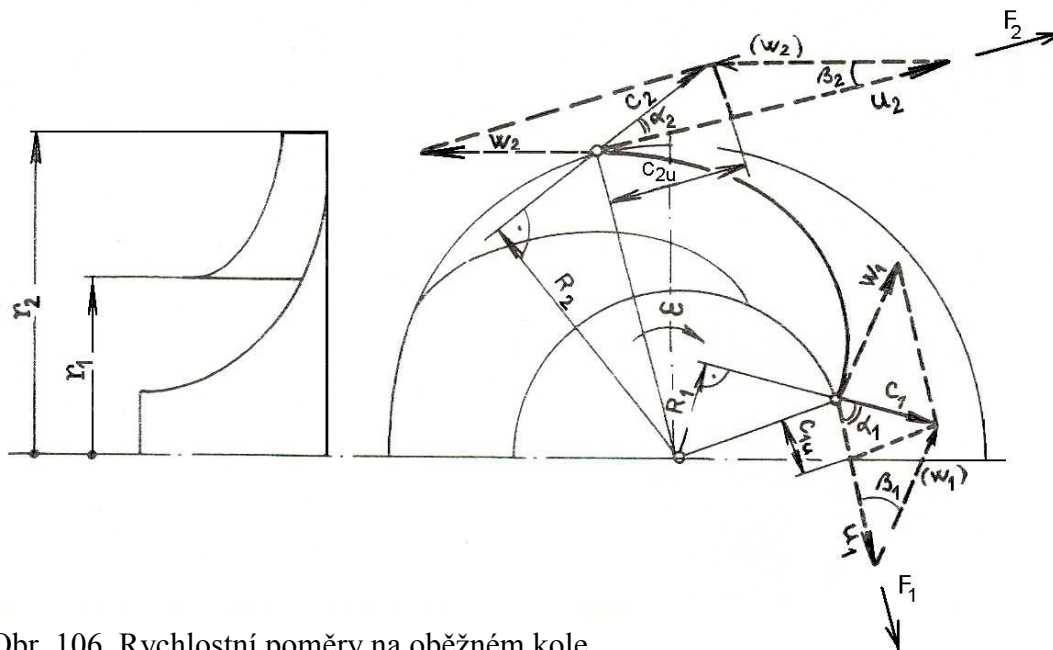
u – obvodová rychlost v uvažovaném bodě

Absolutní rychlost proudu je dána vektorovým součtem:

$$c = u + w$$

Tyto rychlosti jsou vyhodnocovány na vstupu **1** (u_1, w_1, c_1) a na výstupu **2** (u_2, w_2, c_2).

Plyn vstupuje do oběžného kola ze sacího prostoru s absolutní rychlostí c_1 – směr má být pokud možno radiální. Po vstupu do kola je současně unášen obvodovou rychlostí u_1 směrem tečny k vnitřnímu kolu. Vlivem rotace oběžného kola je plyn strháván, takže úhel α_1 je o něco menší než 90° . Trojúhelník rychlostí při výstupu z oběžného kola se sestaví z obdobných podmínek. Obvodová rychlost u_2 má směr tečny k oběžnému kolu a její velikost vychází z průměru kola a otáček. Relativní rychlost w_2 má směr tečny k lopatce a její velikost je dána průřezem kanálu v oběžném kole a množstvím plynu. Absolutní rychlost je dána geometrickým součtem rychlostí u_2 a w_2 .

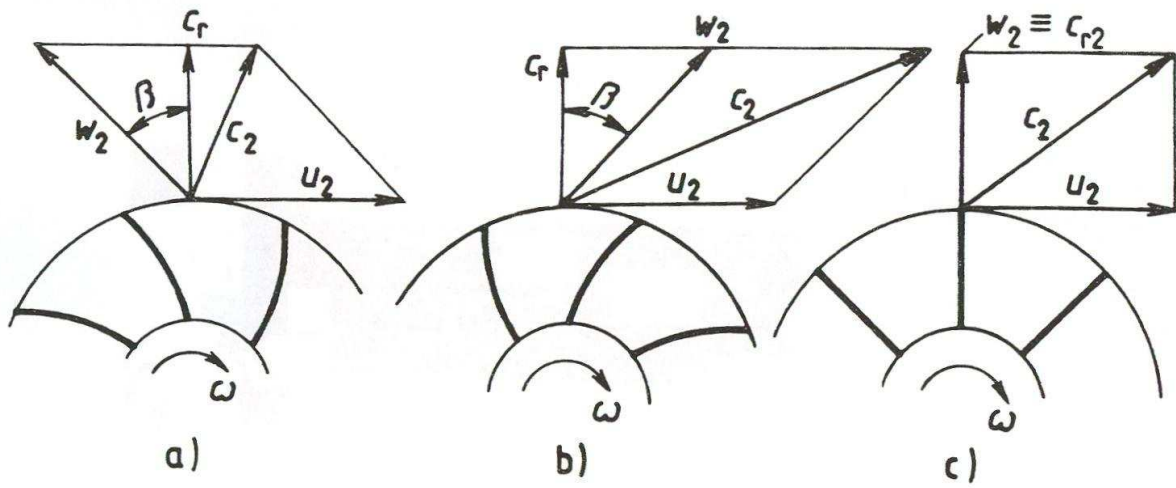


Obr. 106 Rychlostní poměry na oběžném kole

Zvýšení měrné energie plynu v oběžném kole Y lze považovat za měrnou technickou práci přiváděnou na hřídel ideálního stupně. Toto vyjádření měrné energie je nazýváno Eulerovou turbinovou rovnicí v pracovním tvaru:

$$Y = u_2 \cdot c_{2,u} - u_1 \cdot c_{1,u} \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1})$$















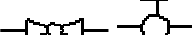




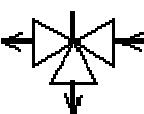
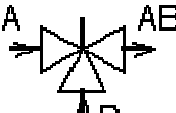



Lopatky radiálního stupně mohou být s radiálním výstupem, dopředu nebo dozadu zahnuté. Stupeň s lopatkami zahnutými dopředu vykazuje velkou celkovou energetickou výšku. Velký podíl z této energie však zaujímá energie kinetická, jejíž převod na tlakovou vyžaduje zařazení difuzoru. Dosáhnout v něm dostatečného stupně tlakové přeměny s přijatelnou účinností je však dost velký problém. Proto se toto uspořádání volí jen zřídka a dává se přednost výstupnímu úhlu oběžných lopatek v radiálním směru nebo ještě lépe dozadu zahnutých.

















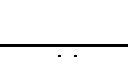



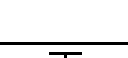




Obr. 107 Tři základní typy lopatkového kola radiálního kompresoru
 a) dozadu zahnuté, b) dopředu zahnuté, c) radiální

5. Grafické značky armatur a uložení potrubí

Tabulka 8 Grafické značky armatur a uložení potrubí:

Značka	Název
Pevný bod	
Posuvný bod	
Valivé uložení	
Suvné vedení	
Kompenzátor obecně	
U kompenzátor	
Lyra kompenzátor	
Vlnovcový kompenzátor	
Pryžový kompenzátor	
Ucpávkový kompenzátor	
Ventil obecně šikmý	
Ventil obecně přímý	
Ventil obecně rohový	
Zpětný ventil (ve směru šipky průtočný)	
Kohout přímý	
Kohout rohový	
Šoupě	
Pojistný ventil přímý	
Pojistný ventil rohový	
Trojcestná armatura obecně-ventil	
Trojcestný směšovací ventil	
Klapka obecně	
Uzavírací klapka	
Škrťací klapka	

Zpětná klapka	
Odvzdušňovací ventil obecně	
Redukční ventil	
Přírubová armatura	
Hrdlová armatura	
Závitová armatura	
Navařovací armatura	
Průhledítko	
Odlučovač plynů	
Odlučovač (separátor kapek) obecně	
Omezovač teploty vody	
Odvaděč kondenzátu obecně	
Mechanický odvaděč kondenzátu	
Termodynamický odvaděč kondenzátu	
Termostatický (termický) odvaděč kondenzátu	
Filtr	
Sítový odlučovač, ev. filtr	
Připojení armatur	
Přírubový spoj	
Svarový spoj	
Spoj šroubením	
Hrdlový spoj	
Ovládání armatur	
Ruční ovládání	
Ovládání pohonem – obecně	

6. Použitá literatura:

- [1] J. Havlík, T. Szlachta: *Základy strojnictví*, skriptum VŠB – TU Ostrava 1996
- [2] J. Bláha, K. Brada, *Příručka čerpací techniky*, Praha 1997, Vydavatelství ČVUT
- [3] J. Roček, *Průmyslové armatury*, Praha 2002, ISBN 80-7333-000-8
- [4] ČSN 69 00 10 Tlakové nádoby stabilní
- [5] ČSN 07 83 05 Tlakové nádoby k dopravě plynů