



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

BEZPEČNOST AUTOMATIZOVANÝCH PRŮMYSLOVÝCH ARMATUR V PROVOZNÍCH PODMÍNKÁCH

SAFETY OF AUTOMATED INDUSTRIAL VALVES IN OPERATING CONDITIONS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Kryštof

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Bc. Ondřej Kryštof
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce:	Ing. Luboš Kotek, Ph.D.
Akademický rok:	2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Bezpečnost automatizovaných průmyslových armatur v provozních podmínkách

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Volba průmyslových armatur v procesním průmyslu zásadním způsobem ovlivňuje bezpečnost navržené technologie. Diplomová práce je zaměřena na tvorbu a ověření postupu pro volbu armatur s ohledem na různá pracovní prostředí a požadovanou funkci.

Cíle diplomové práce:

Rešerše literárních zdrojů v dané problematice.

Vytvoření rozhodovacího stromu pro výběr vhodné armatury z hlediska bezpečnosti:

- podle požadované funkce,
- dle parametrů media,
- dle stupně automatizace.

Výběr případové studie.

Identifikace zdrojů rizik průmyslového procesu.

Volba průmyslových armatur, ověřovací výpočet.

Seznam literatury:

Roček, J. (2002): Průmyslové armatury. Vyd. 1. Informatorium, Praha.

Mannan, S. (2005): Lee's loss prevention in the process industries: hazard identification, assessment and control. 3rd ed. Elsevier, Amsterdam.

Vinopal, S. (1991): Regulační armatury: odvození základních výpočetních vztahů : komentář k ČSN 13 4509. 1. vyd. Vydavatelství norem, Praha.

Guidelines for engineering design for process safety. 2nd ed. (2012). Center for Chemical Process Safety, New York.

Cheremisinoff, N. P. (2001): Practical guide to industrial safety: methods for process safety professionals. M. Dekker, New York.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ANOTACE

Výběr vhodné a bezpečné armatury s příslušenstvím závisí na obecných specifikacích pro výrobní závod. Pro správnou volbu armatury jsou důležité faktory, jako tlaková ztráta při průtoku armaturou, úniky do okolního prostředí skrze ucpávku, těleso a příruby nebo aplikaci, pro kterou je armatura určena. Aplikace je použití armatury k uzavírání, regulaci, zabránění zpětnému toku media atd. Armatura musí odolat chemickým látkám a látkám s proměnlivým skupenstvím, teplotě a jejím výkyvům, tlaku, korozi, erozi a průtočnému množství. Tyto vlastnosti určují tlakovou a teplotní třídu, připojení do potrubí a materiály těsnění jako je ucpávka, sedla, těsnění mezi přírubami, atd. Tyto a další specifikace, uvedené v této diplomové práci, pomohou určit vhodný typ armatury. Dále se tato diplomová práce zabývá konstrukčním provedením armatur a příslušenstvím. Poslední kapitoly jsou zaměřeny na výpočet pojistného ventilu a na vhodnou volbu armatury včetně ovládání a příslušenství.

ANNOTATION

Choosing suitable and safe valve with accessories depends on general specifications for plant. Using valve for on/off, throttling, back-flow prevention, etc., pressure drop is related with Kv value or leakages from piping systems are main factors for properly valve selection. Valve have to resist chemicals and substances that may change the state, temperature and its fluctuation, pressure, corrosion and erosion. This properties determine pressure class, temperature resistance, connection into pipe and sealing material as gland packing, seats, seal between flange etc. This and other specification, listed in this thesis, can help determine suitable type of valve. This thesis deals construction design of valve and accessories as well. The last chapters are focused on calculation of safety valve and selection safe and appropriate control valve with accessories.

KLÍČOVÁ SLOVA

Armatura, ventil, kulový kohout, pneumatický pohon, elektrický pohon, volba armatury

KEY WORDS

Valve, ball valve, pneumatic actuator, electric actuator, selection valve

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KRYŠTOF, O. *Bezpečnost automatizovaných průmyslových armatur v provozních podmínkách*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2016, 97 s., Vedoucí diplomové práce Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Luboši Kolkovi, Ph.D. za vedení a cenné rady. Rád bych poděkoval kolegům z firmy VALVE CONTROL s.r.o. za praxi, materiály a informace, které mi byly poskytnuty. V poslední řadě bych rád poděkoval rodině a blízkému okolí za podporu ve studiu a za to, že jejich víra mne dovedla ke zdárnému konci.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Luboše Kotka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27.5.2016

.....
Ondřej Kryštof

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	POŽADAVKY NA ARMATURY	17
2.1	Analýza rizik.....	17
2.2	Media	17
2.3	Inherentní, aktivní a pasivní bezpečnost.....	18
2.4	Cerifikace.....	24
3	SELEKCE ARMATUR	27
3.1	Základní požadavky pro volbu armatury.....	27
3.2	Program pro selekci armatur a jeho popis	28
3.3	Grafické prostředí a výstup programu	29
4	PRŮMYSLOVÉ ARMATURY	31
4.1	Základní materiály těles.....	32
4.2	Vhodnosti současných těsnících materiálů používaných v armaturách	34
4.3	Čtvrtotáčkové armatury (Quarter turn valve)	36
4.4	Zdvihové armatury	49
4.5	Bezpečnostní armatury	57
4.6	Ostatní armatury	59
5	OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ ARMATUR	61
5.1	Ruční armatury	61
5.2	Pneumatické pohony.....	62
5.3	Hydraulické pohony	69
5.4	Elektrohydraulické pohony.....	69
5.5	Elektropohony	70
6	NÁVRH VHODNÝCH ARMATUR	73
6.1	Výpočet zaručeného výtoku pojistného ventilu.....	73
6.2	Navržení automatizované armatury.....	78
7	ZÁVĚR	85
8	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ	87
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	89
10	SEZNAM OBRÁZKŮ	95
11	SEZNAM PŘÍLOH	97

1 ÚVOD

Armatura je potrubní díl, který má za úkol otevřít nebo uzavřít průtok, snížit tlak nebo průtok, zabránit zpětnému toku, čistit médium od nežádoucích částic, pojistit potrubí nebo tlakové nádoby od přetlaku nebo podtlaku. [1]

Provoz zařízení s armaturami může být zatížen významnými riziky, zejména v chemických nebo energetických závodech. Je velmi důležité tato rizika co nejvíce minimalizovat. Informace o možných nebezpečích a o vhodných preventivních opatřeních se dají získat z historie konkrétního zařízení, nebo zařízení obdobných (přehled nehod a havárií, vyšetřovací zprávy ze šetření, atd.), z norem a oborových standardů nebo nezávislou identifikací a posouzením rizik. Obecně platí, že čím je větší riziko vzniku nežádoucí situace, tím je větší důvod pro lepší bezpečnostní zařízení. I když v procesu dosáhneme vysokého stupně automatizace, mají zaměstnanci přímý vliv na celkovou bezpečnost a ekonomičnost procesu. [1]

Identifikace rizik a zvolení vhodných protiopatření je klíčem k bezpečnému provozu. V některých případech je nebezpečí obtížné identifikovat, a pokud mu není zamezeno, může způsobit nežádoucí, nebezpečnou situaci, která může mít za následek ohrožení zdraví zaměstnanců nebo značné škody na majetku či životním prostředí. Škody jsou přímo úměrné typu procesu a jeho podmínkám. V základní formě může nebezpečí představovat únik média přes ucpávku, těleso nebo příruby. Únik přenáší energii ve formě tlaku, což potencionálně představuje další nebezpečí. Únik taktéž s sebou může nést ohrožení toxickou nebo hořlavou látkou, což případně vede k požáru, výbuchu nebo vystavení se jedům. [1]

Cílem této diplomové práce je provést rešerši literárních zdrojů týkajících se inherentní, aktivní a pasivní bezpečnosti automatizovaných průmyslových armatur.

V praktické části se práce zabývá možností tvorby rozhodovacího stromu pro výběr vhodné armatury z hlediska bezpečnosti. Na tento problém bude nahlíženo jako na komplexní problém o mnoha neznámých parametrech, které se mohou navzájem ovlivňovat, proto není možné vytvořit rozhodovací strom konvenčními způsoby. Z tohoto důvodu bude vypracován program pro selekci armatur, který vyhodnotí vhodné armatury dle zadaných parametrů a pro danou funkci za pomoci kódu VBA v programu Microsoft Excel s integrovanou kontrolní heuristickou analýzou, která zabráni výskytu dodatečných rizik (např. volba nevhodného typu těsnění). Výstupem z tohoto programu budou katalogové listy jednotlivých typů armatur.

V diplomové práci jsou rovněž systematicky rozebrány požadavky na armatury a sestavy z hlediska vhodnosti použití, konstrukčních materiálů a druhů pohonů.

Součástí praktické části práce je rovněž výklad ověřovacího výpočtu výtoku z pojistného ventilu a popis postupu volby vhodné armatury pro dané použití a pracovní podmínky s návrhem pohonu a jeho příslušenství.

2 POŽADAVKY NA ARMATURY

V této části jsou uvedeny bezpečnostní požadavky pro dané aplikace a nezbytné nařízení vlády, týkající se průmyslových armatur a příslušenství a certifikace, která je důkazní součástí splnění těchto požadavků.

2.1 Analýza rizik

Analýza rizik je organizovaná snaha identifikovat a vyhodnotit závažnost nebezpečných situací spojených s procesem nebo aktivitou. Analýzy rizika se používají k identifikaci slabých míst v konstrukci a provozu zařízení, které by mohly vést k ohrožení zdraví lidí nebo životního prostředí. Tyto metody poskytují informace, které mohou pomoci při rozhodování ke zlepšení bezpečnosti a provozuschopnosti. Analýza rizik se obvykle zaměřuje na otázky bezpečnosti procesu a na účinky neplánovaného úniku chemických nebo hořlavých látek ve výrobním závodě na personál nebo veřejnost. [1]

Analýza rizik by měla být prováděna po celou dobu životnosti procesu. Používá se k vyhodnocení rizika již v raném stádiu výzkumu a vývoje, podrobném návrhu zařízení a jeho konstrukci a pravidelně v průběhu provozní životnosti, dokud není proces odstaven a zařízení demontováno. Analýza rizik i během procesu životního cyklu může objevit důležité vady a nedostatky. [1]

Identifikace rizik je proces, který je pro analýzu rizik nezbytný a nutně jí předchází. Zaměřuje se na základní rovinu potencionálně nebezpečných materiálů a hlavních technologických postupů výrobního závodu. [1]

Při analyzování rizik je důležité pověřit pouze kvalifikované osoby, které provedou posouzení a odhad rizik. To je základním stavebním kamenem analýzy rizik a důležitým vodítkem k navržení vhodného bezpečnostního systému. Odhad rizika bere v úvahu okolní obyvatelstvo a životní prostředí. [1]

Analýza rizik zahrnuje procesní metody pro odhalení potencionálních nebezpečí. Mezi tyto metody patří: Identifikace nebezpečí, Co když, Kontrolní list, HAZOP, FMEA, FTA, ETA, HTA – úkolová analýza

Je nutné určit, bude-li standardně armatura v procesu otevřená nebo uzavřená. [1]

2.2 Media

Mediem se myslí plynná, kapalná nebo pevná látka proudící potrubím. Prachy, páry nebo plyny mohou tvořit výbušnou atmosféru, což je v současné době největší ohrožení ve výrobních závodech se zaměřením na explozivní látky, ale i na výrobní závody používající hořlavé nebo výbušné plyny a páry. Speciálním případem jsou doly, kde jsou podmínky nastaveny na velmi vysokou bezpečnost provozu. [1]

S ohledem na výše uvedené je třeba zdůraznit, že oheň má 4 hlavní výstupy: plyn, plamen, teplo a kouř. Druhy hořlavých látek, které hoří, určují výslednou kombinaci výstupů. Například ropa produkuje velký oblak černého kouře, ethylen má velký plamen téměř bez kouře a vodíkový plamen může být neviditelný, což je velmi nebezpečné. V této diplomové práci se ale budu zabývat prevencí a ochranou před ohněm a požárem. [1]

Vystavení se toxickým chemikáliím může vést k nemoci nebo biologickým změnám v těle. Chemikálie mohou být vdechnuty, absorbovány, požitý nebo injekčně vstříknuty. Největší nebezpečí představuje chemikálie, která je vdechnuta a která není cítit. [1]

Media mají i korozivní účinky, kterým lze předejít výběrem vhodného materiálu. Pokud k volbě materiálu nebude přistupováno zodpovědně, může dojít k haváriím velkých rozměrů. Například kyselina chlorovodíková je silná žíravina, která během chvíle rozpustí mosaz a jiné železné kovy, které nejsou chráněny výstelkou (teflonem).

2.3 Inherentní, aktivní a pasivní bezpečnost

Pojmem inherentní bezpečnost se rozumí vlastnosti armatur, které jsou dány materiálovými vlastnostmi, fyzikálními zákony a jsou do armatur implementovány, Aby byly armatury zcela bezpečné, používá se aktivní bezpečnost, což jsou zařízení a prvky pro ochranu armatur a okolí před nežádoucí nebezpečnou situací, kterou může být požár nebo výbuch. Pokud již k této situaci dojde, existují zařízení pro snížení účinku této situace. Tyto zařízení spadají do bezpečnosti pasivní.

2.3.1 Norma IEC 61508

Každá látka ale i děj, jev, fyzická či fyzikální situace s sebou nese nebezpečí ohrožení zdraví lidí, nebo může způsobit škody na životním prostředí či na zařízení. Armatury jsou technické zařízení, na které mohou být kladeny nároky na takzvanou zvýšenou funkční bezpečnost. Je nutno vyhledat a omezit rizikové faktory, aby bylo vyhověno danému bezpečnostnímu provozu. SIL (Safety Integrity Level) slouží k hodnocení míry bezpečnosti technického zařízení a nabývá hodnot od 1 do 4, přičemž hodnota 1 je nejnižší hodnota bezpečnostní integrity a hodnota 4 je nejvyšší hodnota bezpečnostní integrity technického zařízení. Ačkoli se tato norma vztahuje na elektrická zařízení, dnes se již certifikují i samotné armatury. [29]

Zařízení musí projít třemi základními kroky, aby získalo certifikát SIL. Prvním krokem je stanovení rizik a jejich analýza pro požadovanou integritu bezpečnosti SIL metodou HAZOP (studii nebezpečnosti a provozuschopnosti), kvantifikace míry nezbytného omezení rizika zahrnují graf rizika, analýzou vrstev ochrany (LOPA) a matici rizik. Druhým krokem je omezení rizik a třetím krokem je vyhodnocení bezpečnostní integrity. [29]

2.3.2 PED

Na průmyslové armatury, dle Evropské unie, pohlížíme jako na výrobky stanovené a tudíž je posuzujeme podle Směrnice PED 97/23/ES a nařízení vlády č. 26/2003 Sb. o tlakových zařízeních. Ve směrnici pro tlakové nádoby je uvedeno, že každá armatura s menší světlostí než DN 25 nemůže mít posouzení shody a zároveň je uvedeno, že se za nebezpečné tlakové zařízení považuje taková armatura, která má provozní parametry od 0,5 bar. Norma ČSN EN 12266-1 říká, že každé lité těleso armatury nad DN 25 s určitou tlakovou třídou musí být tlakově odzkoušeno, pokud se nejedná o sériově vyráběnou armaturu. Norma taktéž udává zkoušky těsnosti těles a sedel uzavíracích a zpětných armatur. Těsnost tělesa se však zkouší kapalinou nebo plynem, kde tlak kapaliny musí mít vyšší než 1,5 násobek dovoleného tlaku armatury a tlak plynu musí být nižší než 1,5 násobek dovoleného tlaku. Uvedené zaručuje dostatečné odzkoušení armatur pro bezpečný provoz. Pro ujištění o odzkoušení armatur a vhodnosti jejich použití, stačí výrobce požádat o písemné prohlášení o shodě. [6]



Obr. 1) Antistatická „blow out“ hřidel kulového kohoutu

2.3.3 Požadavky na zařízení určené do prostředí s nebezpečím výbuchu (ATEX)

V praxi je třeba k požáru nebo výbuchu třech zásadních složek. Zdroj iniciace, hořlavá nebo výbušná látka a vzduch. Vzduch v pracovních prostředích nemůžeme odstranit stejně jako látky hořlavé, se kterými se pracuje. Veškerá pozornost se tedy soustředí na zdroj iniciace, který můžeme snadno ovlivnit a zajistit tak, že k hoření nedojde. [2]

Na armatury, ale i na příslušenství, se vztahuje směrnice 94/9/ES o zařízeních a ochranných systémech určených pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu. Jedná se o prostředí, ve kterém jsou přítomny výbušné plyny, páry nebo prachy v množství, které vyžaduje speciální požadavky na konstrukci, testování, montáž, instalaci, uvedení do provozu a používání elektrického zařízení tak, aby bylo zajištěno, že výbušná atmosféra nezpůsobí výbuch v okolním prostředí. [61]

Tabulka 1) Důležité typy ochrany [61]

Typ ochrany	Název ochrany	Popis
d	Pevné zapouzdření	Pokud se atmosféra uvnitř zařízení s pevným zapouzdřením vznítí, musí toto zařízení odolat tlaku a teplotě vytvořené hořením a nepřenést hoření mimo toto zařízení.
e	Zvýšená bezpečnost	Platí pouze pro provozní zařízení nebo pro jejich části, ve kterých za normálních podmínek nevznikají jiskry ani elektrický oblouk, nedosahují nebezpečných teplot a jejichž jmenovité napětí nepřekračuje hodnotu 1 kV.
i	Jiskrová bezpečnost	Energie proudového obvodu je omezena na hodnotu, která vylučuje nebezpečně vysoké teploty nebo přeskočení jiskry, respektive zapálení atmosféry elektrickým obloukem.
m	Zalité zapouzdření	Zdroj vznícení je uložen do zalévací hmoty tak, že nemůže vznítit nebezpečnou výbušnou atmosféru
c	Bezpečná konstrukce	Značení, jež se přiděluje neelektrickým zařízením, u kterých je ověřeno a prověřeno, že nemohou způsobit vznícení výbušné atmosféry.

Výbušná atmosféra vznikne, pokud se hořlavé látky smísí se vzduchem. Nebezpečí výbuchu proto existuje všude tam, kde se zachází s hořlavými látkami. Používání elektronických a elektrických zařízení mnohonásobně zvyšuje riziko vzplanutí, a to díky působení elektrické energie. Abychom zabránili škodám na výrobním zařízení, zraněním obsluhy nebo dokonce ztrátám na lidských životech, je potřeba sjednotit pravidla pro zacházení s hořlavými látkami. Příčiny a podmínky pro vzplanutí hořlavých látek mohou být například elektrické jiskry a oblouky vznikající při přerušení spojení elektrických obvodů, přehřátí vodiče z důvodu vadného přístroje, mechanické jiskření úderem pohybujícího se objektu do stacionárního objektu, elektrostatické jiskření zatížených součástí, chemické reakce, výboje, radiové vlny atd. [61]

Výše uvedená směrnice se netýká pouze elektrických zařízení ale i samotných armatur a pneumatických pohonů, a to díky takzvané statické elektřině. Pokud by nebyla koule pevně spojena s hřídelí, může se stát, že se od sebe koule a hřídel vzdálí, a tím může přeskočit náboj a následně vznikne jiskra. Pro zamezení přeskočení jiskry se používá neustálé spojení mezi komponenty pro odvod statické elektřiny. Může být použita kulička na pružince jako na obrázku 1 nebo grafitové těsnění. [3]

Na kulový kohout s antistatickou kuličkou v hřídeli se vystavuje prohlášení se značením dle ATEX II 2GD c, kde c je typ ochrany. Tato nebo velmi podobná značení jsou stejná pro všechna neelektrická zařízení určená pro použití do zóny s nebezpečím výbuchu. Důležité typy ochrany jsou uvedeny v tabulce 1.

2.3.4 Ochrana proti požáru

Žárupevnost můžeme definovat jako vlastnost materiálu odolávat vysokým teplotám, konkrétně schopnost materiálu odolávat plastickým deformacím za vysokého tlaku a vysoké teploty. Za žárupevný materiál lze považovat takový materiál, který lze používat i od teplot 1000°F což odpovídá 538°C. Pro armatury vystavené tak vysokým teplotám musí být provedeny příslušné opatření a testy. [4]

Test dle BS 6755-2 1987

Armatura se testuje v uzavřené poloze pod tlakem, kde médiem je voda. Teplota se udržuje mezi 760 až 980°C po dobu 30 minut. Za tuto dobu se hodnotí únik media do atmosféry. Po skončení testu a ochlazení se armatura testuje na těsnost v sedlech. [7] [8]

2.3.5 Norma API 607

Jedná se o bezpečnostní funkci armatury, která zabraňuje šíření požáru v potrubí nebo zaručuje těsnost sedla při požáru pod armaturou. Norma API 607 se týká měkkotěsnících armatur, které musí udržet během požáru i po něm médium před ventilem. Pokud však požár v potrubí nebo pod armaturou měkké těsnění vytaví a zničí jej, musí být armatura schopna i nadále těsnit, dokud se armatura neotevře nebo není měkké těsnění nahrazeno. Test probíhá téměř za stejných podmínek jako dle normy BS 6755-2, názorně ukázáno na obrázku 2. Jedno z možných technických řešení je dvojité těsnění, při kterém je jedno měkkotěsnící a druhé je kovové. Při požáru měkké těsnění shoří, ale kovové těsnění vydrží. Díky tlaku media je kovové těsnění dotlačeno k tělesu jako na obrázku 3. Fire test se používá pro zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti provozu nebezpečných látek a v petrochemických a jiných vysoce rizikových aplikacích. [7] [23]



Obr. 2) Průběh testu zkoušky FIRESAFE [32]



Obr. 3) Funkce kovového těsnění při požáru [23]

2.3.6 Těsnost v sedle

V průmyslových armaturách je třeba hodnotit netěsnost v sedlech. Uzavírací armatury mají zpravidla vyšší těsnost v sedle nežli armatury regulační. Dle normy ČSN EN 12266-1 se netěsnost hodnotí písmeny A-G, kde A je nejvyšší těsnost (takzvaná vzduchotěsnost). V dnešní době již bývá požadavek na vzduchotěsnost i pro regulační armatury. Ta se dá zaručit, pouze když je regulační armatura nová. Při škrcení dochází nejen ke ztrátě tlaku ale i ke zrychlení média v určitém místě armatury. To má za následek úbytek materiálu nebo další mechanické poškození. [6]

2.3.7 Kryogenní aplikace

Kryogenní armatura se používá, pokud teplota média dosahuje méně nežli -100°C . Při tak nízkých teplotách je nutné mít prodloužení, které izoluje hřídel, vřeteno nebo pohon od chladu. Prodloužení musí být použito i pro vysoké teploty. Armatury bývají velmi dobře izolovány tak, aby byl únik chladu minimální a bývají umístěny ve speciálním zemním boxu. Dalším problémem je únik plynů nebo zkapalněných plynů skrz ucpávku nebo příruby, což stanovuje norma BS 6364. Tato norma říká, že za všech provozních podmínek v rámci maximálního povoleného rozsahu teplot a tlaků musí být 100% těsnost tělesa a ucpávky a nesmí docházet k úniku média z potrubního systému do okolního prostředí. Za kryogenních

podmínek je povolena netěsnost v sedle a to maximálně 100 milimetrů krychlových za sekundu vynásobeno vnitřním průměrem armatury, tj. vzorcem $N_s = DN \cdot 100 \frac{mm^3}{sec}$. Po kryogenní aplikaci, za standardních nekryogenních podmínek pak musí být ventil opět 100% těsný i v sedle, ale až po uplynutí určitého časového intervalu, během kterého dojde ke zvýšení teploty samotného ventilu z kryogenní na běžnou. Pro kryogenní aplikace musí být použity vhodné materiály. Průběh zkoušky je vyfocen na obrázku 4. [2] [12]

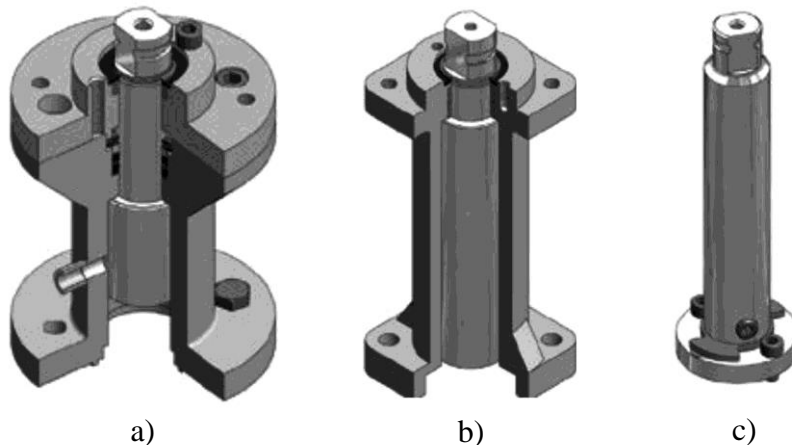
Na obrázku 5a) je bezpečnostní prodloužení, určené ke zjištění emisních úniků ucpávky a umožňující osazení pohonem, stejně jako prodloužení složené, které je uvedeno na obrázku 5b). Na obrázku 5c) je jednoduché prodloužení pro ovládání pákou.

2.3.8 Vysokotlaké aplikace

Aby se medium mohlo potrubím pohybovat, musí být pod tlakem. Některé aplikace vyžadují tlak i více než 2000 bar. K tomu, aby armatury takový tlak vydržely, bývají do detailu opracované a vyrábí se kováním. U zdvihových armatur musí být směr proudění nad kuželkou, aby bylo možné ventil uzavřít i tak bude třeba větší ovládací síly. [2]



Obr. 4) Průběh testu zkoušky kryogenního ventilu [30]



Obr. 5) Druhy prodloužení hřídele [17]

2.3.9 Ochrana nátěrem nebo štítem

Pokud je třeba armatury, pohony a příslušenství ochránit před požárem úplně, můžeme použít jednu ze tří typů ochrany. Prvním je speciální epoxidový nátěr, který se dá použít pouze na konstrukce. Dalším typem ochrany je nerezový kryt, který se díky dodací lhůtě a ceně v současné době nahrazuje boxy s vysoce hustými keramickými vlákny. Keramická vlákna jsou speciálně tvarovaná do požadovaných rozměrů boxu.

Stupeň ochrany se hodnotí podle možných typů ohně, hořlavé látky, doby trvání plamene nebo požadované doby odolání ochranného krytu. Rozeznáváme dva základní typy hoření, a to „pool fire“ a „jet fire“. Požadavek na pasivní bezpečnost před požárem pomocí boxu v současné době roste, a to především v petrochemii a na ropných vrtech, jak na zemi, tak i na moři. Ochrana boxem s keramickými vlákny je zobrazena na obrázku 6.[16]

2.3.10 Izolace

Izolace se používá především k udržení teploty media (například páry) což vede ke snížení nákladů. Ze uvedeného důvodu se izolují také armatury. Další důležitou vlastností izolace je zabránění popálení kůže při náhodném dotyku. Častým problémem u automatizovaných armatur může být prostor pro izolaci. Aby bylo možné armaturu zaizolovat, používá se prodloužení nebo konzola a spojka. Tím je umožněno zaizolování armatury ale i tepelné odizolování pohonu. Izolace dále zabraňuje kondenzaci na potrubí, tlumí zvuk a může sloužit jako ochrana před požárem. Je nutno ji vyrábět tak, aby bylo zabráněno absorpci tekutin a tím vzniku korozi pod izolací na potrubí nebo armatuře a musí být zabráněno absorpci hořlavin a tím možnosti vznícení a hoření látek spolu s izolací. [1]

2.3.11 Korozivzdorný nátěr

Ocelové materiály jsou na vzduchu, ve vodě nebo půdě vystaveny takovému prostředí, které může vést ke korozi. Pro zabránění korozi a její pronikání materiálem a tím znehodnocení armatury se používají ochranné nátěry. Základním kritériem pro volbu vhodného nátěru je stupeň korozivní agresivity atmosféry a doba, po kterou má nátěr odolat vlivům této atmosféry. Nátěry se používají především pro armatury vyrobené z uhlíkové oceli. [10]

2.3.12 Hlukové znečištění

Tento druh pasivní bezpečnosti se týká se především regulačních ventilů. Pokud při škrcení (regulaci) plynů a par bude tlak na výstupu asi o 46% menší než tlak na vstupu, považuje se toto proudění za kritické a rychlost proudění dosahuje v nejužším místě průtoku regulačního ventilu rychlosti zvuku. Tento kritický poměr má za následek zvýšení hluku. Čím bude tlak na výstupu menší než 46%, tím vyšší bude hladina hluku. [20]

2.3.13 Uzamykání ovládacího prvku & KKS

I v dnešní době automatizace je velká část armatur ovládána ručně. Pro zamezení nechtěné nebo neoprávněné změně polohy ovládacího prvku se používají uzamykací zařízení. Nejednoduší uzamknutí je mezi pákou a přírubou pomocí visacího zámku, jako na obrázku 7a). U zdvižných armatur musí být přídatné zařízení a řetěz, který se uzamkne pomocí visacího zámku, jako je uvedeno na obrázku 7b).



Obr. 6) Pasivní ochrana boxem s keramickými vlákny [16]

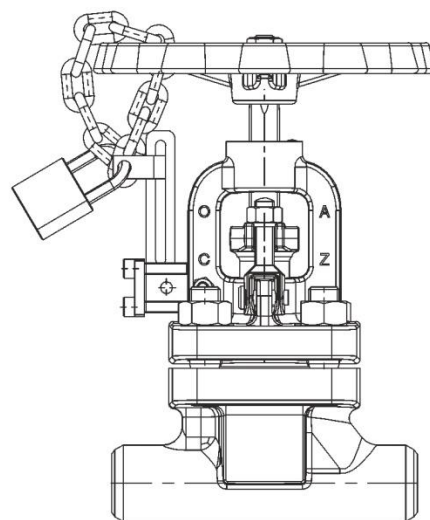
KKS je číselné nebo písmenné označení armatury, napsané na plastovém, nerezovém nebo jiném štítku přidrátovanému k armatuře. Obvykle se KKS přiřazuje již při projektování chemického, průmyslového nebo jiného závodu. Pro obsluhu má ověřovací funkci. Dostane-li obsluha pokyn pro přestavení armatury, dostane i KKS armatury. Před přestavením obsluha zkontroluje shodu mezi KKS přijatou a KKS přidrátovanou k armatuře.

2.4 Cerifikace

Certifikace armatur je postup, který hodnotí parametry armatury a kontroluje shodu mezi požadovanými a skutečnými vlastnostmi armatury. Certifikát je papír, který vydává certifikační organizace jako důkaz splnění požadavků.



a)



b)

Obr. 7) Uzamykání páky[21] Uzamykání ručního kola [22]

2.4.1 TA-LUFT

TA-LUFT je certifikát o nízkých emisních únicích skrze ucpávky armatur. Používá se především v chemickém a petrochemickém průmyslu. Test probíhá za teploty 0-40°C a armatura se napouští tlakem po své dovolené tlakové maximum. Testovacím médiem je helium. Hodnotí se emisní úniky z ucpávky. [9]

TA-LUFT certifikaci, ale i jiné ověřování, provádí známá nezávislá zkušební laboratoř TÜV SÜD. Jako v Německu certifikační organizace TÜV, existuje i ve Velké Británii společnost, která provádí nezávislá ověřování bezpečnosti zařízení. Touto organizací je LOYD'S register. LOYD'S register je organizace, která se od počátku zabývala bezpečností lodních systémů a zařízení. V posledních letech organizace expandovala do další infrastruktury země jako například energetiky nebo dopravy. Expanze organizace zaručuje přísun nových testovacích technických zařízení a tím se tak organizace stává celosvětově uznávanou. [66] [67]

2.4.2 Silicone free

Některé výsledné produkty, například barvy, nesmí obsahovat silikon, který je ale obsažen v některých lubrikantech. To klade zvýšené požadavky na lubrikanty armatur a pro ujištění, že armatura není lubrikovaná takovým mazadlem se používá certifikát nebo prohlášení o shodě. Tím se výrobce nebo dodavatel zaručuje dodáním takové armatury, kterou si zákazník skutečně objednal.

2.4.3 Odmaštění na kyslík

Určitý typ aplikací vyžaduje dokonalou kompatibilitu s kyslíkem. Nežádoucími se stávají oleje, mazadla nebo prach. Po vhodné výrobě a čištění se musí armatura kvalitně zabalit, aby odmaštění vydrželo do doby montáže armatury do potrubí. Po celém procesu montáže, čištění a balení se vystavuje certifikát nebo prohlášení o shodě.

2.4.4 Certifikáty do potravinářství, vodárenství

Při splnění požadavků armatur vhodných do potravinářství se vydává certifikát nebo prohlášení. V České republice se nejčastěji jedná o certifikát FDA (food and drug administration). Uznávané jsou ale i další certifikáty o vhodnosti armatur pro použití v potravinářství. Podobné certifikáty existují i pro farmacii.

Při splnění požadavků armatur vhodných pro pitnou vodu se vydá certifikát nebo prohlášení o vhodnosti armatury pro pitnou vodu.

2.4.5 Ostatní

Stejně jako u výše uvedeného se vystavují prohlášení o shodě pro výrobky stanovené jako ATEX, PED, certifikáty na SIL, FIRESAFE a stejně tak i na další požadované aplikace nebo funkce automatizovaných armatur.

Nejčastějším požadavkem je však materiálové prohlášení o shodě podle normy ČSN EN 10204 a to inspekční certifikát 3.1, kterým se výrobce armatur zavazuje, že skutečně dodává materiál shodný s materiálem objednaným.

3 SELEKCE ARMATUR

Jak bylo zmíněno v předchozích kapitolách, návrh vhodné a bezpečné armatury je velmi důležitý z bezpečnostní a ekonomické stránky. Cílem této diplomové práce je vytvoření rozhodovacího stromu pomocí programu vytvořeného v Microsoft Excelu.

3.1 Základní požadavky pro volbu armatury

Pro správné navržení armatury je třeba znát 5 základních parametrů, a to medium, teplotu, pracovní tlak, světlost a typ armatury. Těchto 5 parametrů nám napoví, jak moc je medium korozivní, vyžaduje-li armatura další posouzení shody dle nařízení vlády, jaké mohou být vyžadovány certifikáty a jaká bude cena armatury.

Teplota je hodnota, kterou je důležité sledovat nejen z hlediska hodnoty pracovního tlaku (diagram teplota-tlak, tlaková třída armatury) ale i z hlediska media. Zpravidla totiž platí, že čím je vyšší teplota media, tím korozivněji toto medium působí na materiál armatury. Na teplotě media je přímo závislá i volba tělesa a měkkého těsnění armatury. Typy armatur se podle funkce dělí na uzavírací, regulační, pojistné, čistící, chránící před zpětným tokem a další, uvedené v této diplomové práci.

Světlost armatury si zpravidla počítá projektant, který uzavírací, bezpečnostní nebo zpětnou armaturu navrhuje. V případě regulační armatury je pro správné navržení velikosti nutné znát zejména průtok, teplotu, druh media a diferenční tlak, tedy tlak před armaturou a za armaturou, není potřeba znát světlost. U uzavíracích armatur není třeba znát světlost, je ale třeba znát hodnotu Kv (více viz kapitola 6.2.2). Základní rozměrové světlosti armatur jsou uvedeny v tabulce 2 do světlosti DN150, nad tuto hodnotu se armatury vyrábějí po hodnotě 50 mm, tedy ...150, 200, 250, ...

Pracovní tlak je nedílnou součástí pohybu kapalin, plynů, par a pevných látek. Je tedy nutné tuto hodnotu započítat do návrhu armatury. V současné době jsou normovány tlakové třídy, které vyjadřují maximální pracovní tlak, který může na armaturu za daných teplotních podmínek působit. Tyto tlakové třídy jsou při návrhu armatur často zaměňovány za tlak pracovní. Pokud je pracovní tlak roven tlakové třídě (při vyšší teplotě), je třeba zvolit armaturu s vyšší tlakovou třídou, čímž se armatura prodraží. Základní tlakové třídy jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 2) Světlosti armatur

DIN [mm]	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
ANSI [inch]	¼	3/8	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	4	5	6

Tabulka 3) Tlakové třídy potrubí

DIN [bar]	16	40	64	100	140	250	420
ANSI [lbs]	150	300	400	600	800	1500	2500

3.2 Program pro selekci armatur a jeho popis

V rámci řešení diplomové práce byl vytvořen software pro volbu armatury s názvem Valve Selector. Při jeho vývoji byla využita následující literatura: [15], [21], [22], [41], [42], [43], [44].

Po otevření programu v záložce NÁVRH jsou buňky (B2 až B10), do kterých je nutno vepsat pracovní parametry maximální a minimální teploty a maximálního a minimálního tlaku. Toto jsou základní informace pro volbu armatury, jelikož každý typ armatury má svůj předdefinovaný interval použitelnosti, co se teploty a tlaku týká.

Materiál tělesa, těsnění, vnitřní průměr potrubí DN a funkce armatur musí být voleny ze seznamu (buňky B5 až B10). V tomto případě stačí na buňku kliknout a požadovaný materiál, rozměr nebo funkci vybrat. Funkcí se myslí aplikace armatury k danému účelu a zahrnuje všechny armatury (uvedené v kapitole 4), které jsou logicky rozděleny do tří skupin (regulační, bezpečnostní a speciální).

Po úspěšném navolení VŠECH parametrů je nutno kliknout myší na tlačítko KONTROLA. Pokud jsou parametry reálné a funkce jsou vybrány správně, změní se barva jednotlivých vhodných typů armatur na zelenou. Po této selekci je možno na dané tlačítko typu armatury kliknout. Po chvíli se objeví PDF soubor s informacemi o zobrazovaném typu armatury (ukázkový obrázek, použití, konstrukce, výhody, nevýhody), je tedy nejen nutné mít program Microsoft Excel minimální verzi z roku 2007 s podporou maker, ale i PDF prohlížeč. Pokud jsou tlakové nebo teplotní podmínky pro zvolený materiál nevyhovující, otevře se okno s výzvou a doporučením o změně materiálu těsnění nebo tělesa. Tato výzva je pouze informativní. Ostatní části armatury nejsou materiálově řešeny. Tyto části mohou být příruby, kuželka, koule, vřeteno, hřídel apod. Všechny hodnoty nejen tlakové, teplotní ale i materiálové jsou pouze orientační a jsou zadány do programu na základě zkušeností.

Je velmi pravděpodobné, že na poptání v současné době zvládnou konstruktéři navrhnout a vyrobit i armaturu, která bude mimo teplotní i tlakové intervaly tohoto programu. Selektce armatur nebere v úvahu tlakově-rozměrovo-teplotní závislost. Tuto funkci lze vytvořit pouze na konkrétní typ armatury od konkrétního výrobce. Selektce armatur nebere v úvahu materiálovou odolnost a tuto je nutno volit dle vhodnosti na dané medium. Pokud je zadána bezpečnostní funkce, není možné mít současně zadanou i speciální funkci (musí být zvoleno NE) a naopak. Toto pravidlo platí i při kombinaci s buňkou B8 (Regulační funkce). Příkladem může být skutečnost, že pojistný ventil nemůže být armatura, která se používá pro regulační účely a zároveň nemůže být použita jako jedna z funkcí speciálních. Výjimku tvoří konstrukce zpětných ventilů s filtry, zpětných ventilů s ventily uzavíracími apod., které však tato makra neznají a hodnotí pouze jednu funkci ke konkrétnímu účelu. Program hlídá, jsou-li výše uvedené funkce v pořádku a při špatně navolených funkcích otevře hlášení o chybě, stejně jako v případě zvolení nevhodného materiálu na zadané parametry teploty a tlaku. Tato hlášení nedovolí pokračovat ve výběru vhodné armatury před tím, než jsou tyto funkce opraveny.

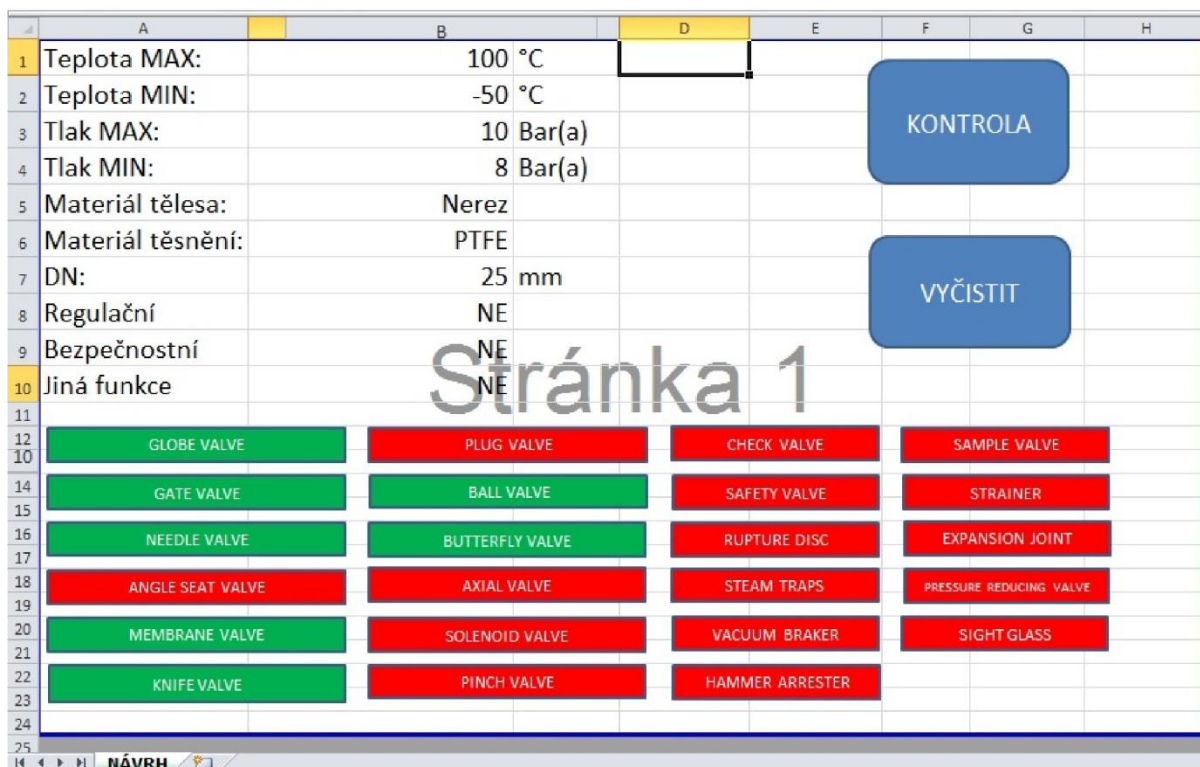
Po zadání správných hodnot je velmi pravděpodobné, že se ukáže vícero vhodných typů armatur. Výběr toho správného typu armatury již záleží na vhodnosti použití na dané medium a taktéž na ceně a zkušenostech technika. Po ukončení selektce a zjištění požadovaných informací by se Microsoft Excel neměl ukládat, měl by se uzavírat bez uložení. Mezi jednotlivými selekcemi by mělo být použito tlačítko VYČISTIT.

3.3 Grafické prostředí a výstup programu

Na obrázku 8 je zobrazen náhled grafického prostředí programu. Jak bylo zmíněno, do buněk B1 a ž B4 se wpisují hodnoty teplot a tlaku a do položek B5 až B10 se hodnoty volí ze seznamu. Ostatní buňky, stejně jako makra jsou zamknuty, tudíž jednotky musí být převedeny na jednotky uvedené v buňkách C1 až C4. Světlost DN musí být taktéž převedena do metrické soustavy jednotek (k tomu účelu může být použita tabulka 2).


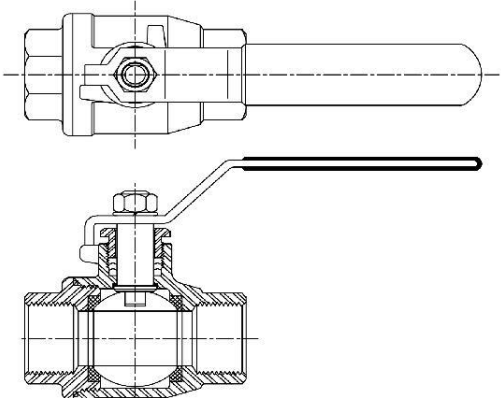
Na obrázku 8 ve spodní části jsou uvedeny jednotlivé tyty armatur, přičemž pouze na zeleně podbarvené obdélníky lze kliknout pro zobrazení PDF dokumentu s dalšími informacemi o dané armatuře. Modré obdélníky vpravo nahoře jsou tlačítka pro zpuštění maker kontroly, která se musí provádět po zadání všech parametrů a zpuštění makra vyčistit, které vrátí program do původního stavu (stavu po otevření programu).

Další informace o materiálech, odolnostech, vhodnostech, podmínkách, bezpečnostech a důvodech, proč zvolit konkrétní armaturu, je uvedeno v této diplomové práci.



Obr. 8) Grafické prostředí programu

Ukázka PDF výstupu z programu

	FAKULTA ústav výrobních strojů, STROJNÍHO systémů INŽENÝRSTVÍ a robotiky	
	BALL VALVE KULOVÝ KOHOUT	
		
Použití:	Všechny výrobní závody používající plynná nebo kapalná média	
Konstrukce:	<i>Těleso:</i>	Třídílné těleso Dvoudílné těleso Jednodílné těleso se zašroubovatelnou koncovkou Double block and bleed Mezipřírubové provedení Tři a více cestné těleso Těleso pro dnový kulový kohout Top entry Vyhřívaný plášť Výstelkové těleso
	<i>Koule:</i>	Pevně uložená koule Plovoucí koule Vrtaná koule Koule s V-portem Koule se speciálním profilem Válcový ventil PFA potažená koule
	<i>Hřídel:</i>	Anti-blow-out Jednodílná hřídel a koule Prodloužené provedení
	<i>Ucpávky:</i>	Dotahovatelná Nedotahovatelná
Výhody:	Skvělá těsnost Rychlé otevření nebo uzavření Malé rozměry a váhy Možnost vícecestných provedení Nižší požadavky na ovládání vzhledem ke zdvižným armaturám Se speciální koulí mohou sloužit jako regulační armatura	
Nevýhody:	Nevhodné pro abrazivní média nebo znečištěná média	
Brno 2016		
O. Kryštof		

Obr. 9) Příklad výstupu z programu

4 PRŮMYSLOVÉ ARMATURY

Průmyslové armatury jsou nedílnou součástí průmyslových celků například pro rozvod energie, vody, plynu a umožňují provoz, spouštění a odstavení provozů. Každá aplikace je různě náročná na požadavky armatur a na jejich spolehlivosti závisí hospodárnost a bezpečnost celého průmyslového závodu. Obor průmyslových armatur má mnoho odvětví, s tím přichází i mnoho konstrukčních a fyzikálních principů. Pro volbu vhodné bezpečné armatury je třeba znát i jejich konstrukci, jelikož právě konstrukce je první věc, která se při požadavku na zvýšenou bezpečnost upravuje. Proto je dobré znát typy armatur a jejich výhody, abychom pro použití určili správnou armaturu. Obecně se armatury dělí na uzavírací a regulační. Typy připojení armatur do potrubí jsou uvedeny v tabulce 4. Rozměrová harmonizace armatur je uvedena v tabulce 5.

Přírubové spojení se používá k rychlému vytažení armatury z potrubí a následné její opravě nebo údržbě. Používá se od světlosti DN15. Je nutno mít na paměti, že při první montáži nebo znovu vložení armatury do potrubí je nutno vložit nebo nahradit těsnění mezi přírubami. Výjimku tvoří klapky s manžetou.

Závitové spojení se používá tam, kde jsou vyžadovány minimální hmotnosti armatur a možnost vytažení armatury z potrubí. Používá se do světlosti DN100.

Přivařovací spojení je nerozebíratelné spojení armatury a potrubí. Výhodou je nízká hmotnost a žádný únik média přes spojení armatury s potrubím. Výjimku tvoří rozebíratelné třídílné armatury.

Tabulka 4) Typy připojení armatur

Typ připojení	Druh připojení	Norma
Přírubové a mezipřírubové	Typ B, Hrubá těsnící lišta	ČSN EN 1092-1 ANSI B16.5
	Typ D, Drážka	
	Typ E, Výkružek	
Závitové (vnitřní a venkovní)	Trubkový G	ČSN EN ISO 228-1
	Trubkový R	ČSN ISO 7-1
	NPT	ASME B 1.20.1
Přivařovací	Tupý svar	ASME/ANSI B16.25
	Koutový svar	ASME/ANSI B16.1
	Polyfúzní svařování	DVS 2207 d
	Lepení	-
Převlečná matice		ČSN 13 7665
Matice K/M		DIN 11864/1
Clamp		ISO 2852 DIN 32676
Svěrací prstence / zářezné kroužky		DIN 3861

Tabulka 5) Rozměrová harmonizace armatur

Norma	Název - popis
ČSN EN 558-1	Průmyslové armatury - Stavební délky kovových armatur pro použití v potrubních systémech
ISO 5211	Průmyslové armatury - připevnění pohonu k čtvrtotáčkovým armaturám
ČSN EN 1092-1	Příruby a přírubové spoje - Kruhové příruby pro trubky, armatury, tvarovky a příslušenství

4.1 Základní materiály těles

Materiálové inženýrství je jedním z důležitých pilířů bezpečného provozu armatur. Materiály mají přímý vliv na rozměrovou, teplotní, tlakovou, korozivní odolnost a případnou procesní vhodnost. Stává se tak nejdůležitějším voleným parametrem při návrhu armatury. Pro ověření skutečně dodávaného materiálu armatury se používá certifikát 3.1 kvalifikovaný normou ČSN EN 10 204. Certifikát se zpravidla vystavuje za příplatek, jelikož se musí provést chemický rozbor materiálu armatury. [11]

Armatury jsou dnes vystavovány vysokým a nízkým teplotám, tlakům od vakua až po 2000 bar, korozivním prostředím a mediím. Z těchto důvodů je nutné porozumět současným materiálům používaných pro odlévání nebo kování těles ale i materiálům pro výrobu těsnících prvků jako sedla nebo ucpávky. [2]

Některá media se za běžných teplot nemusí korozivně projevat. Je však známým jevem, že při zvyšující se teplotě, korozivzdornost materiálu klesá.

Pro konkrétní popsání jsou uvedeny níže v diplomové práci tlakově teplotní grafy. Na obrázku 10 je zobrazena tlaková závislost a rozdílnost mezi nerezovou a uhlíkovou ocelí pro tělesa armatur s tlakovou třídou PN 420. V obrázku 11 jsou zobrazeny další materiály pro tlakově teplotní závislost a tlakovou třídu PN 16 nebo ANSI 150.

4.1.1 Nerezová ocel

Nerezová ocel má největší rozsah použití a dobrou odolnost proti tečení materiálu, což umožňuje použití materiálu do vysokých teplot.

Feritické, martenzitické a duplexní nerezové oceli jsou náchylné stát se křehkými při nízkých teplotách. Austenitické oceli díky umístění atomů v kubické plošně centrované mřížce dovolují použití pro velmi nízké teploty. Právě tyto oceli jsou vhodné pro materiály těles kryogenních armatur. S vhodnými legurami odolají i velmi vysoké teplotě. Nevýhodou je špatná svařitelnost nerezových materiálů. Nerezová ocel se standardně používá od teplot -273°C do 1000°C . [54] [31] [28]

4.1.2 Uhlíková ocel

Uhlíková ocel se používá pro neagresivní kapaliny, jako vzduch nebo pára, pro vyšší teploty a tlaky než které zvládnou bronzové nebo mosazné tělesa armatur. Uhlíkové oceli jsou díky procentuálnímu množství uhlíku snadno svařitelné a mohou být použity v rozmezí od -46°C do teplot 450°C . [15]

4.1.3 Litina

Litiny mají velmi podobná použití jako uhlíkové oceli, jsou mnohem levnější ale díky tranzitní křivce (diagram teplota-vrubová houževnatost) mají špatnou odolnost proti tečení materiálu a špatně snášejí vysoký tlak a tah, který vychází z napětí v potrubí. Litiny, jak už název napovídá, jsou vhodné k odlévání, ale nejsou vhodné pro vysoké a nízké teploty. Litiny se používají od -10°C do 200°C . Pro tělesa armatur se používá jak šedé tak tvárné litiny. [15]

4.1.4 Mosaz a bronz

Mosazná nebo bronzová tělesa armatur se používají od -40°C do $+300^{\circ}\text{C}$ a tlaku 50 bar. Tento materiál je převážně určen pro závitová připojení a pro malé světlosti armatur. Mosaz a bronz jsou oproti jiným materiálům levné a dostupné, proto se používají pro rozvody vody, vzduchu a plynu v téměř každé obydlené budově. [15]

4.1.5 Plastové materiály

Plastové materiály jsou chemicky odolné proti korozi, jsou lehké, levné a snadno se tvarují do požadovaných tvarů na rozdíl od kovových materiálů. U plastů platí, že čím vyšší teplota tím nižší životnost. Používají se pro teploty od -40°C do $+140^{\circ}\text{C}$. [33]

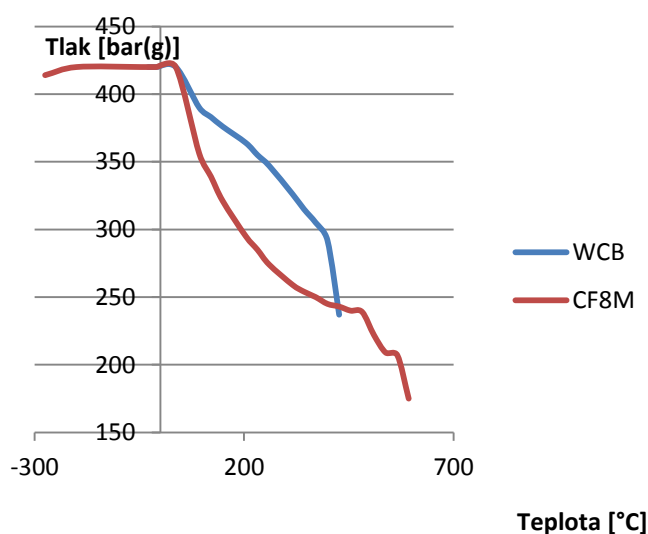
4.1.6 Speciální slitiny

4.1.6.1 Hastelloy

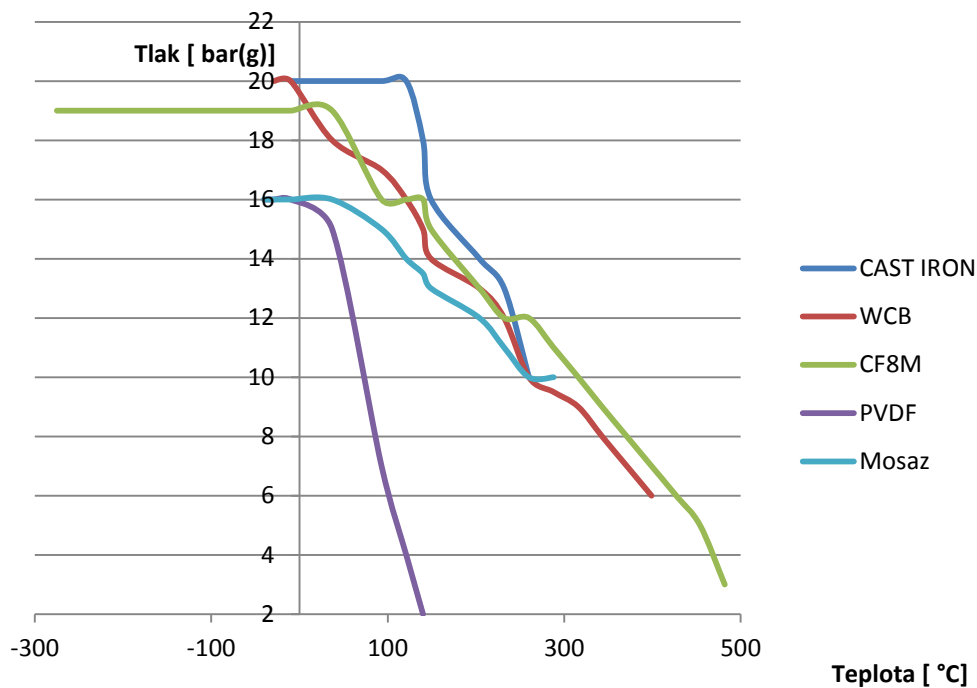
Materiál zvaný Hastelloy byl speciálně vyvinut pro odolnost na vysoce korozivní media jako kyselina chlorovodíková, fluorovodíková, sírová a podobně. Jedná se o neželezný kov, kde hlavními složkami jsou Cr-Ni-Mo, který může nahradit plastové materiály v oblasti teplotní a tlakové odolnosti, bezpečnosti zařízení nebo havarijních plánů. [34]

4.1.6.2 Monel

Další neželezným kovem je Monel, který je pravděpodobně korozně nejlépe vhodný materiál na kyselinu fluorovodíkovou ve všech koncentracích. Jedná se o kov, kde hlavními složkami jsou Ni-Cu. Stejně jako Hastelloy je i Monel vhodný za určitých podmínek a koncentrací pro kyselinu sírovou a chlorovodíkovou. [55]



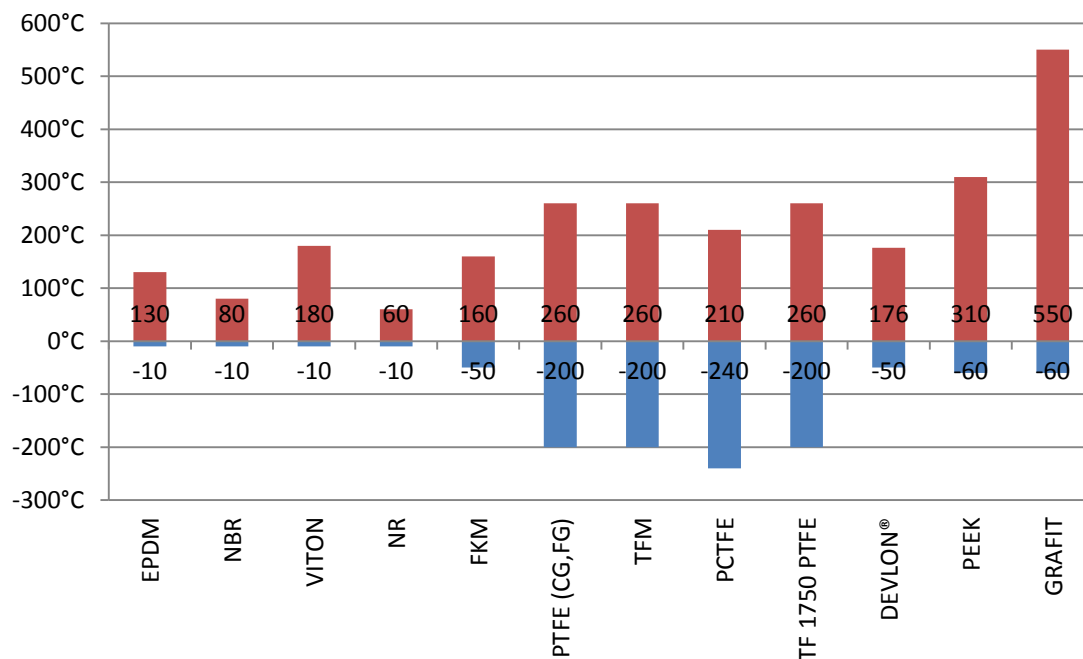
Obr. 10) Teplotní posouzení materiálu WCB a CF8M pro tlakovou třídu PN420



Obr. 11) Teplotní posouzení materiálu těles pro tlakovou třídu PN20

4.2 Vhodnosti současných těsnících materiálů používaných v armaturách

Těsnící materiály se používají díky své elasticitě a schopnosti utěsnit medium mezi tělesem a kuželkou, koulí, diskem a podobně. Na obrázku 13 je uveden přehled tlakových a na obrázku 12 je uveden přehled teplotních odolností materiálu. Zdroje pro tyto odolnosti, stejně jako odolnosti materiálů těles, jsou uvedeny v jednotlivých kapitolách materiálů.



Obr. 12) Teplotní použitelnost měkkotěsnících materiálů

4.2.1 EPDM

EPDM je vhodný pro minerální kyseliny, minerální alkalické roztoky, organická rozpouštědla, alkoholy, sladkou i slanou vodu a nevhodný pro uhlovodíky. Použití pro teploty od -10°C do 130°C. [19]

4.2.2 NBR

NBR je vhodný pro minerální a rostlinné oleje, plyny, nearomatické uhlovodíky, živočišné a rostlinné tuky a vzduch. Není vhodný pro organické a minerální kyseliny, chlór, alkoholy a aromatické uhlovodíky. Použití pro teploty od -10°C do 80°C. [19]

4.2.3 Teflon

Teflon (PTFE) je v současnosti nejrozšířeněji používaným materiálem pro těsnění a je vhodný pro mnohá odvětví. Teflon má vynikající chemickou odolnost a těsnící schopnost, výborné kluzné a dielektrické vlastnosti ale má nízkou odolnost proti otěru. Teflon je nevhodný na fluor a za použití vhodných přísad je použitelný pro teploty od -200°C do 260°C. Jednou z přísad zvyšující odolnost teflonu na teplotu jsou uhlíková vlákna, skleněná vlákna pak zvyšují odolnost proti tlaku. [19]

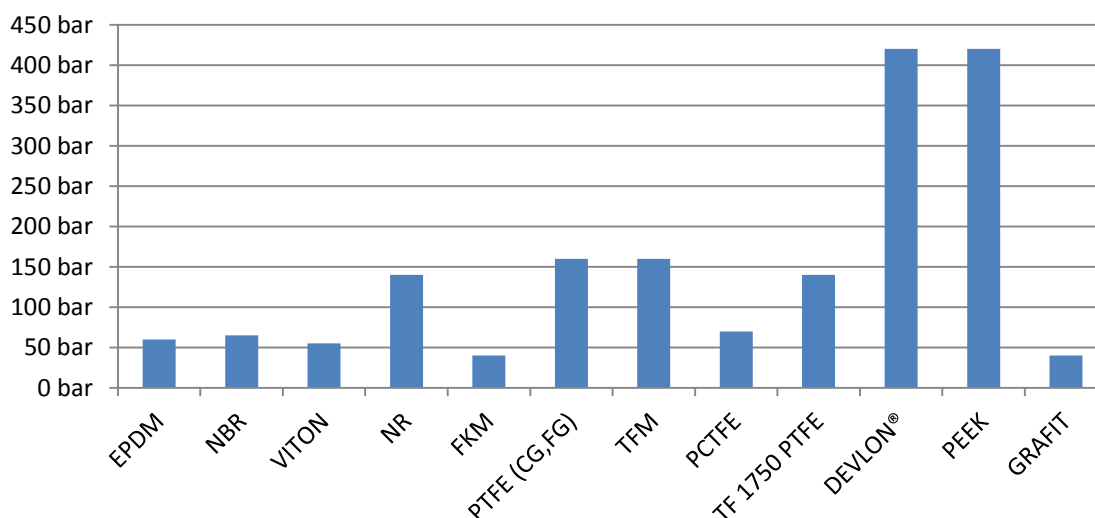
TFM neboli teflon druhé generace má stejné chemické vlastnosti jako PTFE, ale je mnohem odolnější na tlak za zvýšených teplot. [56]

PCTFE / Kel-F® / Neoflon® jsou názvy pro další variace teflonu, které se používají především pro kryogenní aplikace s použitelností až do -240°C. Nejsou vhodné na chlor a bělidlo. [35]

TF 1750 PTFE je teflon pro modelování za vysokého tlaku a teploty. Standardní teflon se nedá tlakově modelovat do požadovaných tvarů. Tato variace teflonu to umožňuje při tlaku 20-25 MPa. Spékací teplota je 380°C. Používá se pro výstelkové armatury. [57]

4.2.4 VITON

VITON (FPM) je materiál vhodný pro kyseliny, tuky, uhlovodíky, rostlinné a minerální oleje a paliva. Není vhodný pro páru a horkou vodu, bezolovnaté benzíny, ketony, aminy a freony. Použití pro teploty od -10°C do 180°C. [19]



Obr. 13) Tlaková použitelnost měkkotěsnících materiálů

4.2.5 Přírodní kaučuk

Tento materiál zvaný NR je vhodný pro vodu, alkoholy, abrazivní materiály, ketony. Není vhodný pro uhlovodíky, kyseliny, báze a oxidační činidla. Použití pro teploty od -10°C do 60°C . [19]

4.2.6 Silikon

Silikon (FKM) je vhodný pro páru a velmi teplou vodu. Není vhodný pro uhlovodíky, silné kyseliny a báze. Použití pro teploty od -50°C do 160°C . [19]

4.2.7 DEVLON

DEVLON® je materiál vhodný pro teploty od -50°C do 176°C a vysoké tlaky až do 420 bar. Výhody spočívají v dlouhé životnosti, dobré odolnosti proti opotřebení a abrazi a lepšími kluznými vlastnostem než má vysokotlaký materiál PEEK. [36]

4.2.8 PEEK

PEEK je měkkotěsnicí materiál s nejlepšími pevnostně tepelnými charakteristikami. Používá se pro teploty od -60°C do 310°C a vysoké tlaky až do 420 bar. Pokud je PEEK použit, stává se jeho velkou nevýhodou zvýšení tření v pohybových částech armatury, což má za následek zvýšení kroutícího momentu a tím musí být použita i vyšší ovládací síla. PEEK není vhodný na chlór, brom, kyselinu dusičnou a koncentrovanou kyselinu sírovou v poměru 75% a víc. [37]

4.2.9 Grafit

Grafit je odolný proti všem organickým i anorganickým tekutinám s výjimkou vysoce oxidujících chemikálií a koncentrovaných oxidujících minerálních kyselin. Díky své vysoké teplotní odolnosti je grafit využíván pro armatury s certifikátem FIRE SAFE. Je vhodný za teplot od -60°C do 550°C . [37] [36]

4.2.10 COLMONOY

COLMONOY je slitina Ni, Cr, a B, která má dobrou odolnost na vysoké teploty, přičemž bod tání je 1180°C . COLMONOY má vysokou schopnost odolávat abrazi a korozi. [58]

4.2.11 TUNGSTEN

TUNGSTEN je Švédské označení pro wolfram. Má nejvyšší bod tání ze všech kovů (3410°C) a při teplotách nad 1650°C má nejvyšší pevnost v tahu. Má vynikající chemické vlastnosti, avšak koroduje při styku s minerálními kyselinami. [38]

4.3 Čtvrtotáčkové armatury (Quarter turn valve)

Čtvrt otáčkové armatury mají uzavírací element, který se otáčí okolo své vlastní osy s otočením o 90° . Uzavíracím elementem může být koule, kužel nebo talíř. V této kapitole je pojednáno a vysvětleno jak a za jakých podmínek mohou čtvrtotáčkové armatury regulovat průtok.

4.3.1 Kulové kohouty (Ball valve)

Kulové kohouty jsou v současné době nejpoužívanější, čtvrtotáčkové, obousměrné uzavírací armatury. Do určitého rozsahu jsou kulové kohouty velmi levné, lehké a velkou výhodou mají v tom, že se jedná o plnoprůtočné armatury, což znamená, že v přímém proudění media nebrání žádná součást armatury a má tedy nízké ztráty tlaku při průtoku a je tak ekonomicky

nejvýhodnější armaturou. Uzavíracím členem je koule uložená v sedlech nebo čepech. Kulové kohouty nejsou standardně používány pro regulaci vzhledem k jejich špatné regulační charakteristice a ke zvýšenému opotřebení sedel.

Nevýhodou kulových kohoutů je, že jsou náchylné na mechanické nečistoty, které mohou poškrábat sedla nebo koule a tím tak způsobit netěsnost v sedle. Abrasivní media působí na koule a sedla stejným efektem ale s větším účinkem než mechanické nečistoty. Tato nevýhoda redukuje použitelnost kulových kohoutů a stává se tak jejich hlavní a patrně jedinou významnou nevýhodou.

Kulové kohouty se vyrábí odléváním nebo kování. V dnešní době jsou lubrikovány po celou dobu životnosti, případně se lubrikují při výměně těsnění ucpávky nebo sedel. Existuje mnoho konstrukčních druhů kulových kohoutů, které byly vyvinuty a vyrobeny na základě potřeb zákazníků a jednotlivé konstrukční prvky jsou uvedeny v této diplomové práci.

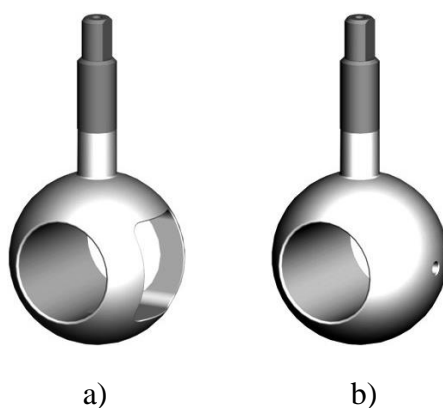
4.3.1.1 Pevně nebo volně uložená koule

Volně uložená koule je v kulovém kohoutu uložená na sedlech. Vůle mezi drážkou koule a perem hřídele umožňuje malý pohyb koule ve směru potrubí a to až do místa, kde se koule setká se sedly. Tento pohyb zajišťuje tlak v potrubí, který na kouli tlačí ve směru proudění. Díky tomu koule přesně dosedne do sedla a tato funkce zajišťuje velmi dobrou těsnost. Dá se říct, že čím vyšší je tlak, tím lepší je těsnost u kulových kohoutů s volně uloženou koulí.

Pevně uložená koule se používá u větších světlostí kulových kohoutů a může být uložena v deskách nebo na čepech. Nevýhodou je složitější provedení dotěsnění sedel, což mohou zajišťovat pružiny, které sedla ke kouli dotlačí. Spodní čep pevně uložené koule je uložen v ložisku.

4.3.1.2 Vrtaná koule

Vrtaná koule se používá jako bezpečnostní funkce kulového kohoutu a umožňuje únik zkapalněného plynu z koule v uzavřeném stavu. Dalším řešením je koule se speciálním „Cs“ vrtáním, což je ale technologicky složitější na výrobu. Pokud se nepoužije bezpečnostní zařízení, které umožní únik media z prostoru koule, může při vyjmutí nebo otevření kulového kohoutu z potrubí zkapalněný plyn opět přejít do plynného stavu, čímž může údržbáři, který bude kulový kohout servisovat, při otevření expandovat na tělo nebo do obličejce. Při vyvrtání koule se stává tento kulový kohout jednosměrnou armaturou. Příkladem media může být čpavek, který se dnes používá v mnoha odvětvích průmyslu. „Cs“ koule je na obrázku 14a) a vrtaná koule na obrázku 14b).



Obr. 14) Hřídel s koulí s „Cs“ vrtání vlevo a standardní vrtaná koule vpravo[21]

4.3.1.3 Ucpávky

Ucpávky tvoří teflonové nebo gumové kroužky, které mohou být dotahované pomocí matice. Teflonové kroužky bývají poskládány z takzvaných „V“ profilů, které do sebe zapadají a při dotažení matice se deformují, čímž dávají požadovanou těsnost ucpávky díky tlaku kroužků na hřídel a těleso. Pokud se ucpávka nedá dotahovat, bývá vybavena talířovými pružinami. Tuto ucpávku můžeme nazývat samodotahovací. Občas bývá ucpávka vybavena grafitem, který se používá pro odvedení statické elektřiny nebo pro kulové kohouty s certifikátem FIRESAFE.

4.3.1.4 Anti-blow-out

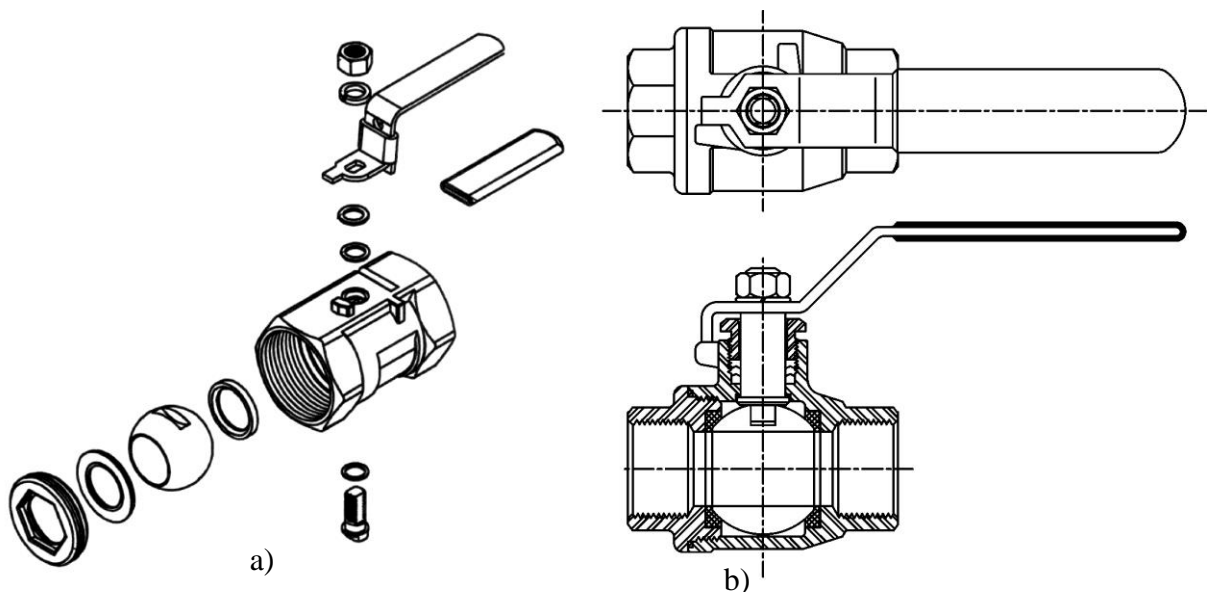
Tato hřídel se vkládá do kulového kohoutu zevnitř tělesa a nad čepem má velký průměr hřídele, který je menší než vyvrtaný průměr kulového kohoutu pro hřídel. Tato konstrukce zaručuje, že hřídel z tělesa nemůže za působení tlaku vyskočit a zároveň může posloužit s měkkotěsnícím O-kroužkem jako vhodné první těsnění ucpávky. Na obrázku 1 je vpravo Anti-blow-out hřídel kde na pravé straně je vyfrézován čep na velkém průměru hřídele.

4.3.1.5 Redukovaný průtok

Kulové kohouty s redukovaným průtokem mají o světlost menší vrtání koule. Příklad je kulový kohout s připojením DN25, který má vrtání koule DN20 nebo menší. Výhodou je, že takový kulový kohout zvládne vyšší zatížení od tlaku média než stejný kulový kohout bez redukce světlosti, nevýhodou je vyšší ztráta tlaku. U některých kulových kohoutů to ale vyplývá ze samotné konstrukce, například u jednodílného závitového kulového kohoutu uvedeného na obrázku 15a).

4.3.1.6 Dvoucestný, dvoudílný kulový kohout se závitovými koncovkami

Tento kulový kohout je téměř nejlevnější provedení ze všech kulových kohoutů a je zobrazen na obrázku 15b). Většinou se používají pro jednoduché aplikace a nejsou vhodné pro aplikace se zhoršenými tepelnými a tlakovými podmínkami. Dal by se nazvat kulovým kohoutem pro „vodo-topo-plyn“. Vše ale záleží na výběru materiálů, velikosti kulového kohoutu a ucpávce.



Obr. 15) Jednodílný kulový kohout s reduk. průtokem a volně uloženou koulí vlevo [15];
dvoudílný, závitový kulový kohout s volně uloženou koulí vpravo[15]

4.3.1.7 Kulový kohout bez mrtvých prostor (Ball valve without death space)

Jedná se o kulový kohout, který má speciálně zvětšené sedla, která zasahují do mrtvých prostor v kulovém kohoutu a tím zabráňují ulpívání média za kouli v takzvaných mrtvých prostorech. Stejného efektu dosáhneme pomocí sférického tělesa kulového kohoutu nebo použitím válcového ventilu, který je uveden na obrázku 16.

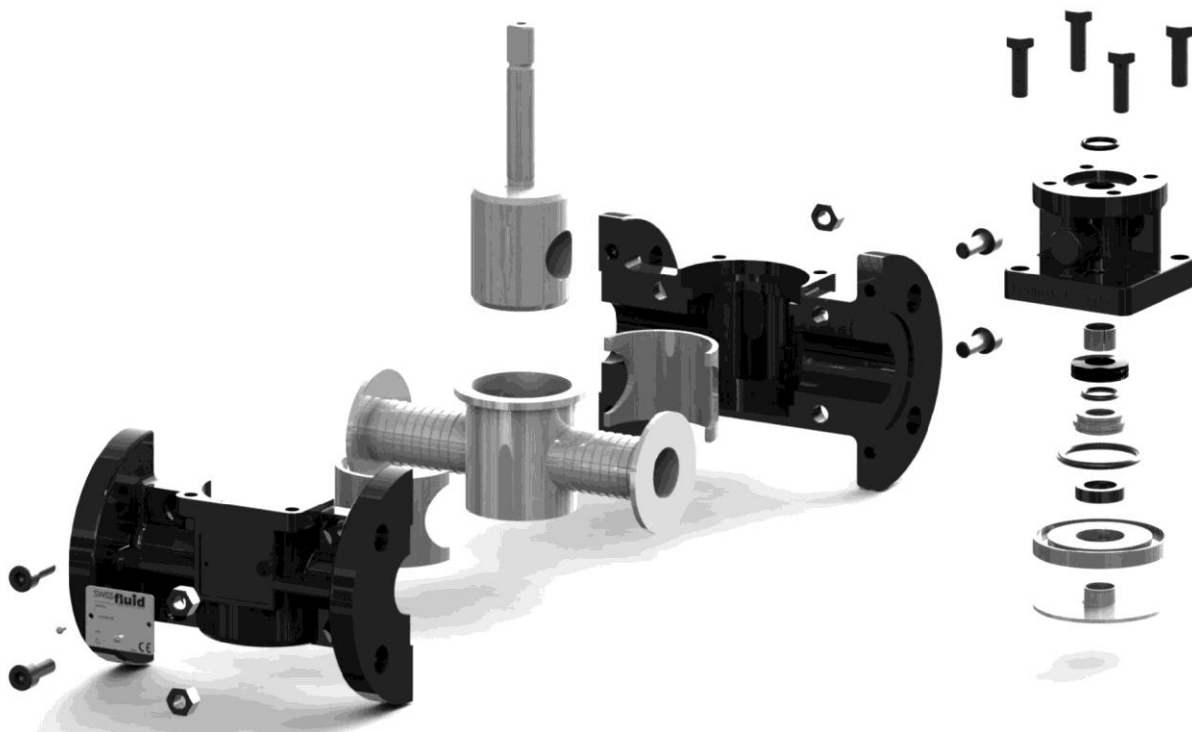
4.3.1.8 Třídílný kulový kohout stažený pomocí šroubů a s různým připojením

Jedná se o konstrukci, která je technicky neproveditelná nad světlostí DN100. V hlavním tělese, kde je umístěna koule, jsou umístěny i obě sedla, což ale není podmínkou. Výhodou je nižší hmotnost, lepší cenová dostupnost, snadná údržba a výměna náhradních dílů.

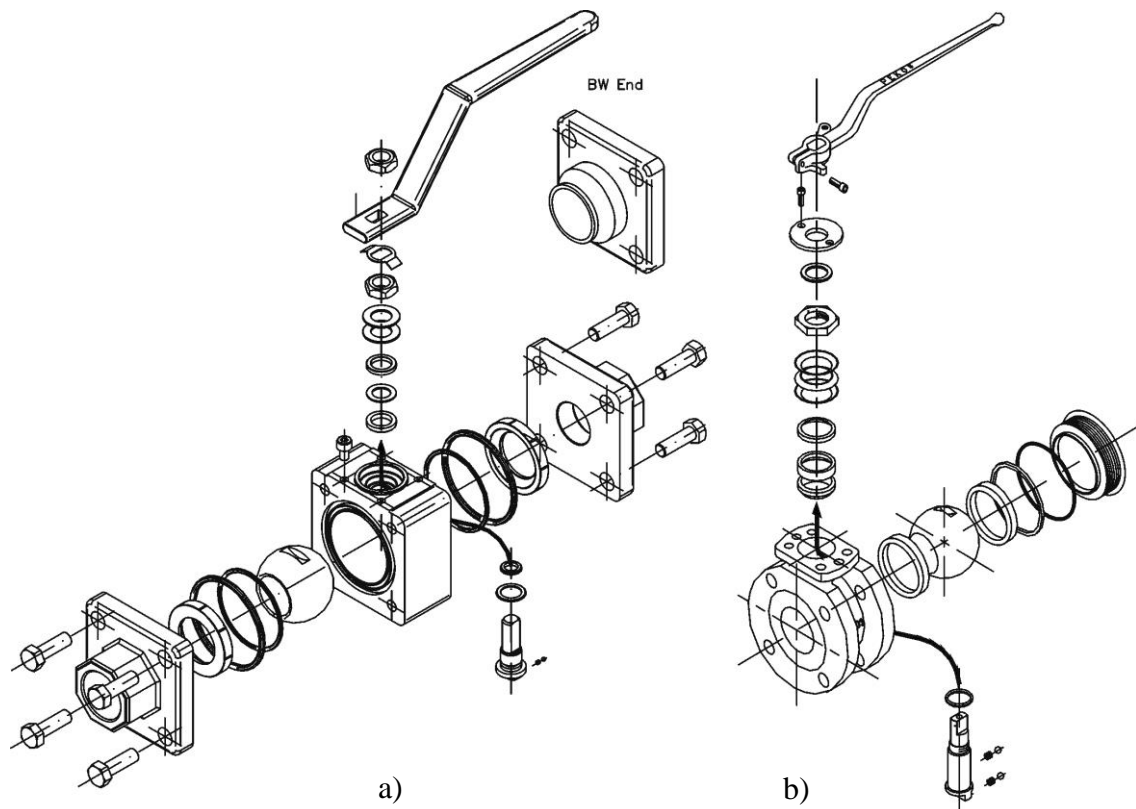
Třídílný kulový kohout je téměř jediná možnost, jak použít přivařovací připojení armatur do potrubí v tak malých světlostech a zároveň možnost výměny sedel. Navaří se pouze koncovky a po ochlazení se mezi ně vloží těleso s koulí, sedly a poté se koncovky stáhnou šrouby. Konstrukce je zobrazena na obrázku 17a).

4.3.1.9 Mezipřírubový kulový kohout (Wafer ball valve)

Jedná se o kulový kohout s krátkou stavební délkou a je nejčastěji vyráběn jako jednodílný kulový kohout, kde je dovnitř tělesa zašroubována matice jako u kulového kohoutu s redukováným průtokem nebo je na hlavní těleso přišroubována příruba. Výhodou je krátká stavební délka a menší hmotnost. Nevýhodou může být horší těsnost v sedle díky vlastní konstrukci a špatná výměna těsnících elementů za podmínky použití šroubovací matice, díky které se může několikanásobně zvýšit kroučící moment kvůli přílišnému dotažení matice do tělesa. Mezipřírubový kulový kohout je uveden na obrázku 17b).

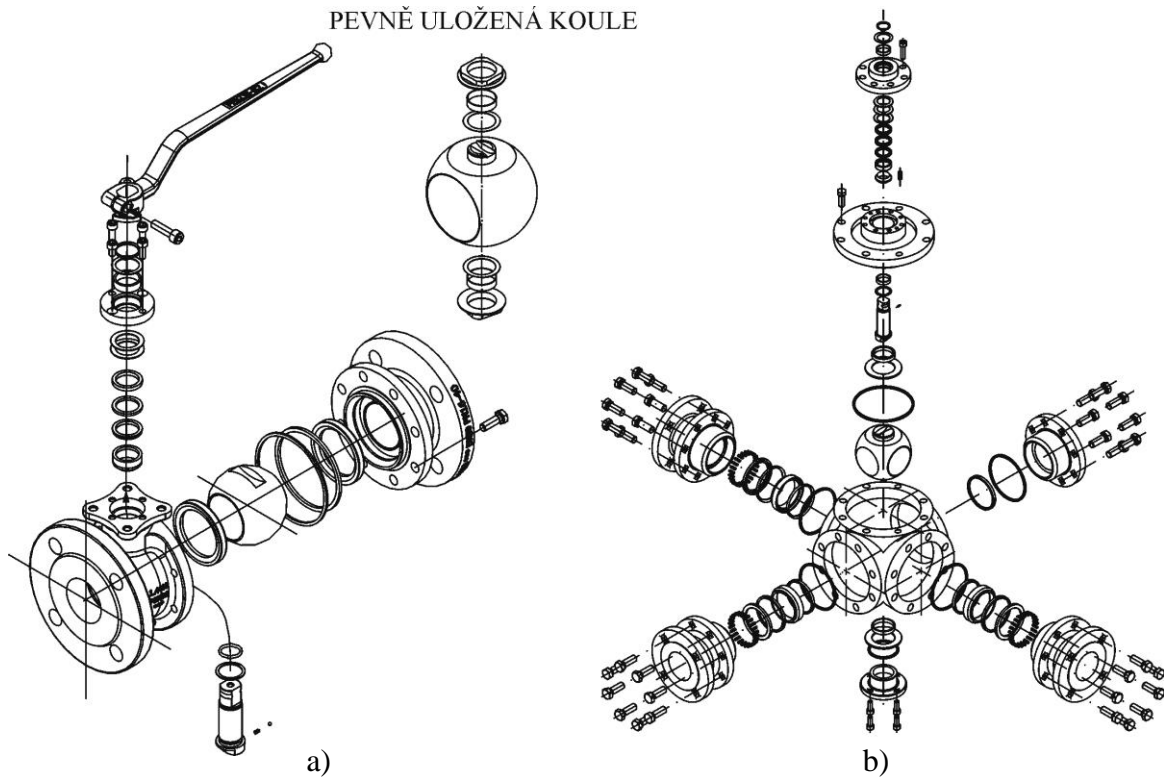


Obr. 16) Dělený výstelkový válcový ventil [21]

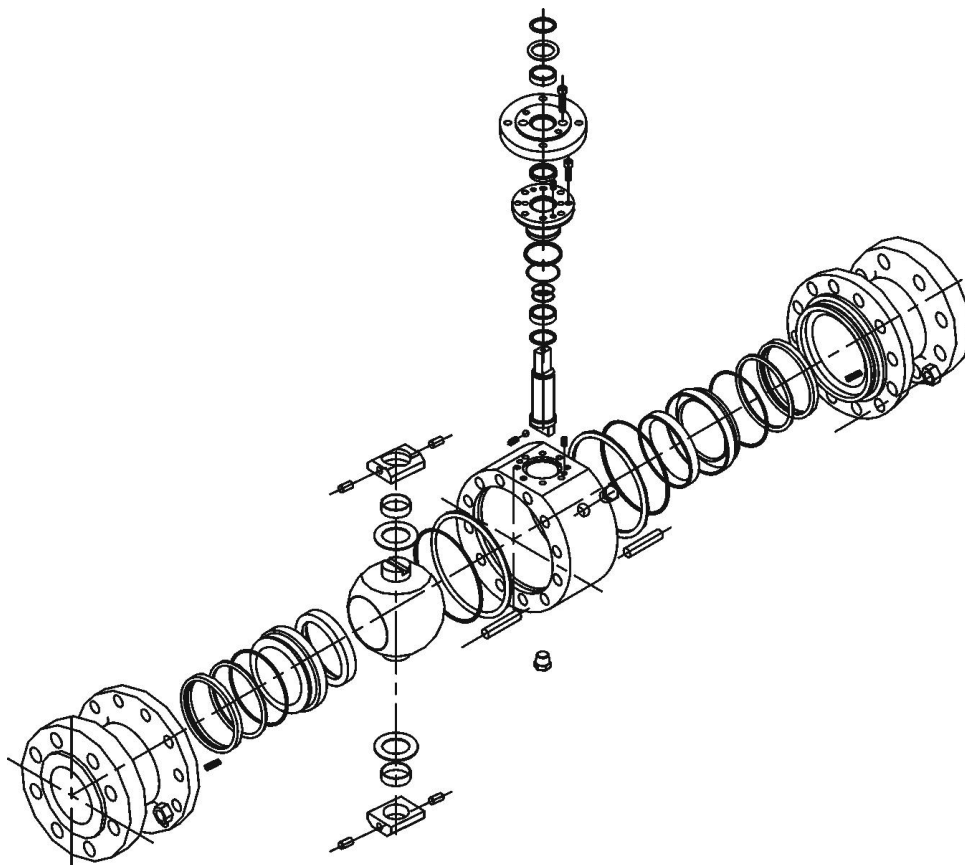


Obr. 17) Třídílný kulový kohout s volně uloženou koulí vlevo [18];
Mezipřírubový, jednodílný kulový kohout s plovoucí koulí vpravo [18]

PEVNĚ ULOŽENÁ KOULE



Obr. 18) Dvojdílný přírubový kulový kohout s plovoucí koulí vlevo [18];
Čtyřcestný přírubový kulový kohout s pevně uloženou koulí vpravo [18]



Obr. 19) „FULL TRUNION“ kulový kohout s pevně uloženou koulí [18]

4.3.1.10 Dvojdílný kulový kohout (split body)

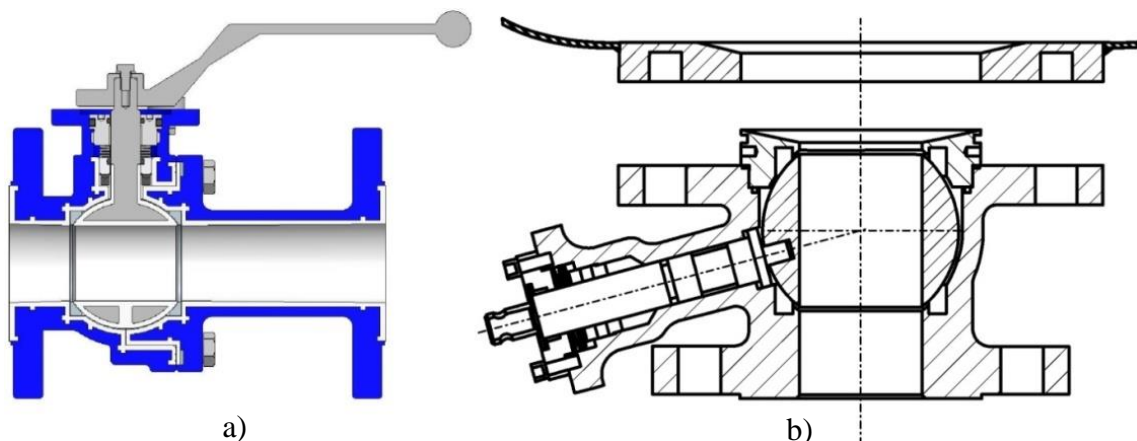
Dvojdílný kulový kohout je nejčastěji používaný kulový kohout s krátkou ale i dlouhou stavební délkou a s přírubovým připojením armatury do potrubí. V každém z těles je umístěno sedlo a tyto tělesa jsou k sobě sešroubována. Tato konstrukce umožňuje snadnou výměnu sedel, je však těžší než mezipřírubové provedení. Dvojdílný kulový kohout je uveden na obrázku 18a).

4.3.1.11 Tří a vícecestný kulový kohout

Je kulový kohout se 2 vstupy a jedním výstupem nebo naopak. Používá se přepouštěcí vrtání koule „L“, směšovací nebo rozdělovací vrtání „T“. Je to drahá a velmi těžká armatura, co se týká přírubového připojení, ale stále levnější než použití dvou armatur, které jsou navíc automatizovány. Může existovat v závitovém připojení do rozměru 2“ (DN50). Náhradou za třícestný kulový kohout může být třícestný kuželový kohout. Pro snížení nákladů se vyrábí i čtyř nebo pěticestné kulové kohouty určené pro konkrétní aplikace. Čtyřcestný kulový kohout je uveden na obrázku 18b).

4.3.1.12 Kulový kohout (Full trunion)

Jedná se o přírubový kulový kohout se sedly, které jsou dotlačovány ke kouli pružinami a s pevně uloženou koulí. Tento kulový kohout se používá pro vyšší tlaky a velké světlosti. Jedná se taktéž o třídílnou konstrukci zašroubovanou pomocí šroubů. Používá se s dalšími výhodami jako „double block and bleed“ a podobně. Je to jeden z nejtěžších a nejdražších druhů kulových kohoutů a je zobrazen na obrázku 19).



Obr. 20) Výstelkový kulový kohout s koulí spojenou s hřídelí vlevo [21];
Dnový kulový kohout s natočenou hřídelí vpravo [18]

4.3.1.13 Výstelkový kulový kohout „Lined ball valve“

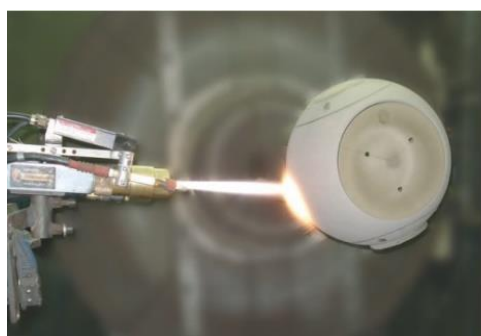
Kulový kohout speciálně vyvinutý pro potřeby chemie. Těleso, koule a vnitřní díly, které přijdou do kontaktu s médiem, jsou potaženy výstelkovým teflonem PFA. Tato konstrukce je uvedena na obrázku 20a). Další výhody a nevýhody záleží na dané konstrukci kulového kohoutu, ale vzhledem ke složitosti povlakování a technologie jako takové jsou tyto kulové kohouty vyráběny ve dvoudílném provedení a do světlosti DN 200. Důležitou informací je, že výstelkové mohou být téměř všechny armatury uvedené v této diplomové práci.

4.3.1.14 Kulový kohout se sedly kov na kov

Tento kulový kohout se používá při vyšších teplotách než kulové kohouty měkkotěsnící, kde by se běžné plastomery a elastomery při teplotě více než 240°C roztavily. Tyto kulové kohouty lze použít až do teploty 650°C. Koule je speciálně upravována pomocí nanášení vrstev chrom-karbidu nebo kobalt-chromu jako je na obrázku 21a) a dále je broušena, jak je zobrazeno na obrázku 21b). Ucpávka na hřídeli a sedla musí být ze speciálních materiálů. Jedním z nich může být grafit, který dobře snáší vysoké teploty.

4.3.1.15 Dnový ventil (Tank bottom ball valve)

Je speciální druh kulového kohoutu, který je přivařen ze spodu nádrže nebo tanku a umožňuje tak její kompletní vypuštění. Připojení do nádrže jsou normalizována a používají se německé normy DIN. Z důvodů malých prostor pro umístění páky nebo pohonu je hřídel pootočená



a)



b)

Obr. 21) Nanášení Chrom-karbidu na kouli vlevo; broušení koule vpravo [17]

pod určitým úhlem od nádrže, což není podmínkou ale významnou výhodou, jelikož pod nádrží většinou nebývají velké prostory a počítá se každý centimetr. Z těchto důvodů je konstrukce koncipována jako mezipřírubová se zašroubovatelnou maticí. Provedení dnového kulového kohoutu vyžaduje speciální vrtání koule a má zvýšený požadavek na krouťací moment a je zobrazeno na obrázku 20b),

4.3.1.16 Kryogenní kulové kohouty

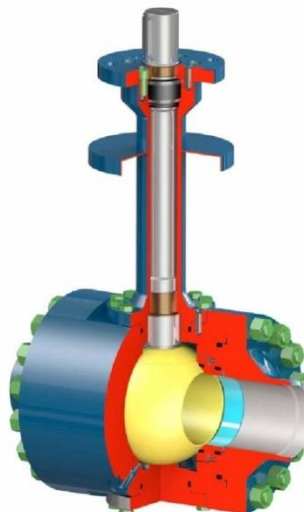
Jedná se o kulové kohouty se speciálními materiály a s dobrou vrubovou houževnatostí. Ve většině případů se vyrábějí z nerezové oceli. Mohou to být kulové kohouty měkkotěsnící ale i kohouty kov na kov. Používají se až do teploty -254°C . Jako měkké těsnění může být použit tzv. KEL'F® což je variace známého polytetrafluorethylene – PTFE neboli teflonu. U tak nízkých teplot je předpoklad, že zařízení nebude provozováno neustále pod tak nízkou teplotou ale jen například při stáčení do přepravních tanků a podobně. Taktéž u tak nízkých teplot nemůže být vyžadována 100% těsnost v sedlech. Díky nízkým teplotám musí být prodloužení hřídele pro ovládání ruční pákou nebo pohonem. Více je uvedeno v kapitole 3.7. Konstrukce kryogenního kulového kohoutu je na obrázku 22b) a jeho zkoušení je zobrazeno na obrázku 22a).

4.3.1.17 Vyhřívavý kulový kohout (Heating jacket)

Kulový kohout používaný u medií, které při nižších teplotách než pracovních, přejdou z fáze kapalné do fáze tuhé. Aby bylo umožněno znovu proces rozběhnout anebo udržovat, je třeba pevnou látku zpětně převést na kapalinu. K tomu slouží vyhřívavý kulový kohout opláštěný dalším plechem, který je ke kulovému kohoutu nejčastěji přivařen. Toto opláštění má jeden vstup a jeden výstup pro přivedení teplé vody, páry nebo oleje. Při protékání teplého média přes opláštění toto médium předává tepelnou energii kulovému kohoutu, který ji předává médiu a umožní tak spustit celý proces. Vyhřívavé armatury se hojně využívají v potravinářství a nemusí se jednat pouze o kulové kohouty. Ohřev armatury ale může probíhat i otopnou spirálou. Vyhřívavý kulový kohout je uveden na obrázku 23b).

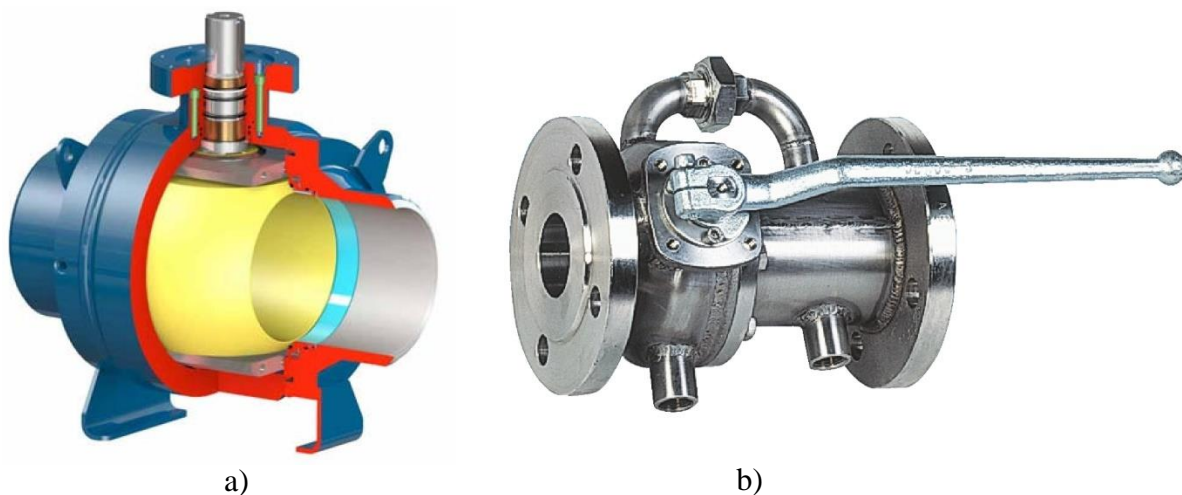


a)



b)

Obr. 22) Kryogenní zkouška vlevo [25];
TRUNNION kryogenní kulový kohout s prodlouženou hřídelí vpravo [25]



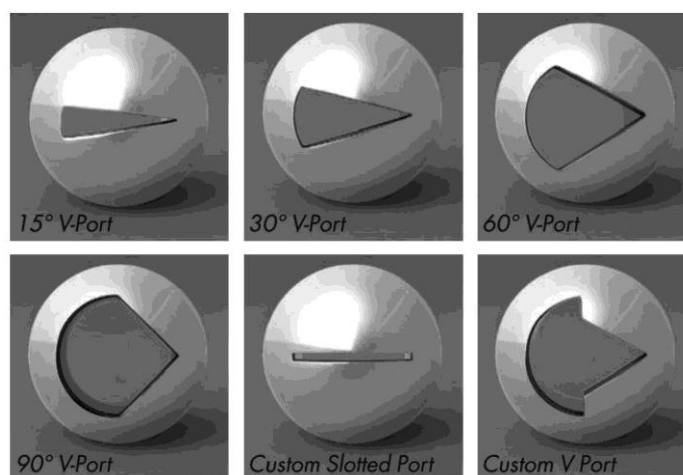
Obr. 23) Celosvařovaný kulový kohout s koulí uloženou v deskách vlevo [25];
Kulový kohout přírubový s otopným pláštěm vpravo [17]

4.3.1.18 Kulový kohout fully welded

Význam „fully welded“ neboli třídílný kulový kohout celosvařovaný znamená, že jsou tři části tělesa k sobě svařeny. Koule se vloží do tělesa a sedla do koncovek. Koncovky se vloží do hlavního tělesa. Koncovky i hlavní těleso mají připravené zkosení pro orbitální nebo jiný druh svařování. Po svaření vznikne jedno těleso. Tato konstrukce se často používá pro montáž v podzemí pro větší typy kulových kohoutů, které jsou lehčí než kulové kohouty „Full union“. Pokud je celosvařovaný kulový kohout montován do podzemí, musí být použito prodloužení pro ovládání převodovkou nebo pohonem. To platí pro všechny armatury uložené do podzemí. Celosvařovaný kulový kohout je uveden na obrázku 23a).

4.3.1.19 Kulový kohout Top entry

Top entry kulový kohout bývá jednodílný, což ale není pravidlem. Sedla a koule se vkládají z vrchu od osy hřídele do tělesa. Výhody jsou v nižší hmotnosti (především u velkých světlostí) a ve výměně sedel nebo ucpávky přímo v potrubí. To umožňuje použití přivařovacího připojení v kombinaci s dlouhou životností tělesa. Tato konstrukce je typická pro uzavírací ventily.



Obr. 24) Příklady provedení koulí pro regulační kulový kohout [24]

4.3.1.20 Regulační kulový kohout

Jak již bylo zmíněno, kulový kohout není pro regulační účely vhodný, pokud však místo klasické koule dáme kouli s V-portem nebo s pouhým obdélníkovým výřezem, získáme tak lepší průtokovou charakteristiku tím, že se otvor pozvolna zvětšuje. Příklady koulí jsou uvedeny na obrázku 24. Kvůli opotřebení musí být použity lepší sedla nebo musí být upravena konstrukce. Takový kulový kohout má výhody jak regulačního ventilu, tak i kulového kohoutu. V současné době není moc využíván, ale díky ceně v malých rozměrech má budoucnost. Některé výrobní závody používají pro regulaci své aplikace kulový kohout se standardní koulí, což není zcela ideální ale v některých případech dostačující.

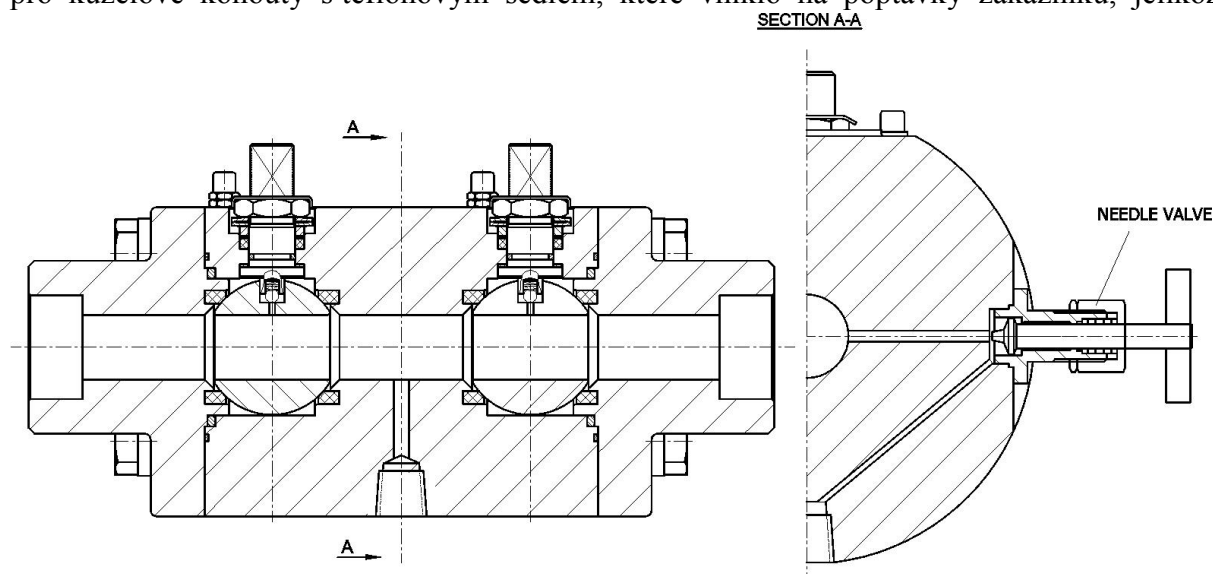
4.3.1.21 Kulový kohout s funkcí DBB & DIB

DBB nebo DIB je označení pro armaturu nebo skupinu armatur s funkcí odpuštění média z prostoru koule s anglickým názvem „Double Block (Isolation) & Bleed“. Hlavní rozdíl mezi DBB a DIB je v tom, že DBB vyžaduje stejný tlak před i za ventilem. U DIB můžeme odpustit medium z prostoru koule i při rozdílném diferenčním tlaku. Používá se pro vzorkování, chemickou injektáž, přívzdušnění, připojení manometru nebo vypuštění média. [65]

Existují minimálně dvě technická provedení. Prvním je pevně uložená koule se sedly dotlačovanými pružinami. Tato konstrukce zpravidla umožňuje pouze DBB funkci. Druhým způsobem může být kulový kohout se dvěma pákami a tedy i dvěma koulemi. Druhé technické provedení je uvedeno na obrázku 25. Aby bylo vždy možno bezpečně odpustit tlak z prostoru koule nebo mezi koulemi, je použit jehlový ventil nebo jiný bezpečný vypouštěcí systém. Poté se spodní zátkou vypustí zbylé medium.

4.3.2 Kuželový kohout (Plug valve)

Kuželový kohout je čtvrtotáčková armatura s nízkými tlakovými ztrátami, používána pro funkci otevřeno zavřeno a je zobrazen na obrázku 26. Kuželový kohout má velké tření mezi kuželkou a sedlem, jelikož kuželka musí dosedat a přiléhat velmi přesně aby se zamezilo nežádoucím únikům. Pro snížení tření jsou kuželové kohouty přimazávány, což však neplatí pro kuželové kohouty s teflonovým sedlem, které vniklo na poptávky zákazníků, jelikož



Obr. 25) „Double block and bleed“ přivařovací kulový kohout s jehlovým ventilem [15]



Obr. 26) „TOP ENTRY“ kuželový kohout s teflonovým sedlem [26]

mnoho procesů vyžaduje bezolejové armatury. Stejně jako kulový kohout i kuželový kohout může být vybaven výstelkou a může být i více cestný. V současné době se kuželové kohouty moc nevyužívají, jelikož jsou dražší na výrobu i údržbu nežli kohouty kulové.

4.3.3 Klapka (Butterfly valve)

Klapky jsou čtvrtotáčkové, obousměrné armatury s krátkou stavební délkou a s takzvaným srdíčkem (talířem, diskem) uprostřed, který je uložen pomocí jedné hřídele nebo hřídele a čepu. Vyrábějí se v provedení přírubovém, mezipřírubovém a mezipřírubovým se závitovými oky. Další připojení se vyrábějí u potravinářských klapek do světlosti DN150 a jsou uvedeny v tabulce 4. Klapka se závitovými oky může být použita jako armatura ukončovací.

S talířem uprostřed není nutné mít dlouhou zástavbovou délku, ale je nutné počítat s tím, že talíř při otevírání bude zasahovat do potrubí. Z toho důvodu se armatura nemůže montovat do potrubí v otevřeném stavu. Existují i klapky s dlouhou stavební délkou, která je větší nebo rovna světlosti DN.

Klapky musí mít pevně ustanovený talíř a to díky jedné celkové hřídeli nebo hřídeli dělené. Nevýhodou je, že talíř brání průtoku kapalin a zvyšuje tak tlakovou ztrátu ale zároveň výhodou v tom směru, že klapka může talířem škrtnit průtok, a to v mezích od 0 do 90°. Každá klapka tedy může být i regulačním prvkem v systému.

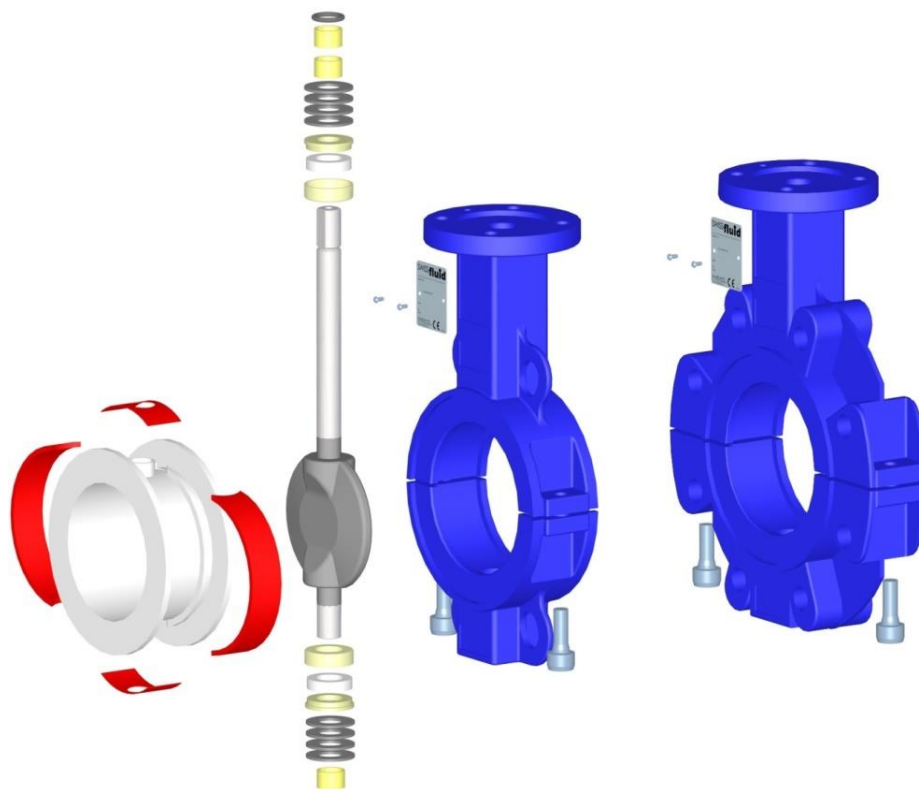
Při regulaci je klapka v mezipoloze. Pokud není klapka automatizována nebo není použita převodovka, může se disk působením tlaku v potrubí začít otáčet. Pro zabránění nežádoucímu pootočení není zpravidla třeba velké síly a většina klapek tento případný problém řeší na principu tvarového spoje mezi uzamykacím zařízením páky a polohovacího

puku. Páka obsahuje uzamykací zařízení, které se odemkne stlačením, tím se uzamykací zařízení vysune z polohovacího puku a odpojí tak tvarový spoj. Poté lze klapku přestavit. Možnost regulace natočením hřídele a disku a následné spojení tvarového spoje mezi polohovacím zařízením páky a puku je obvykle umožněno po 10 – 20°, kde záleží na výrobě polohovacího puku. Při použití převodovky je puk i páka odstraněna a regulace probíhá za pomoci ukazatele směru, umístěném na vrchu převodovky.

4.3.3.1 Centrická klapka

Toto technické provedení má disk otáčející se kolem svého středu a středu hřídele klapky a je zobrazeno na obrázku 27. Klapka není náročná na výrobu, ale pokud je mezi tělesem a diskem umístěna manžeta z elastomeru, aby se dosáhlo těsnosti A dle ČSN EN 12266-1, má klapka velmi vysoký počáteční krouticí moment, který je nutné vyvinout pro přestavení klapky. Po otevření asi 5° tento krouticí moment skokově klesá. Tyto klapky se nazývají měkkotěsnící a jsou vhodné do tlakové třídy PN16.

Měkkotěsnící, mezipřírubové, centrické klapky nepotřebují těsnění mezi přírubou díky manžetě, která úmyslně zasahuje dále než těleso a dá se tak vložit mezi příruby, stáhnout šrouby a tím těsní. Tyto klapky nejsou vhodné pro velké podtlaky, jelikož podtlak může nasát manžetu do potrubí, i když je manžeta uchycena mezi tělesem klapky a přírubou. Pro podtlak by měla být použita vulkanizovaná manžeta, nalepená manžeta na těleso nebo jinak upravena, aby bylo zabráněno vsátí do potrubí. Klapky bez manžety s těsněním kov na kov mohou být použity při vhodném provedení ucpávky na podtlak, ale ztrácí výhody absence těsnění mezi přírubou a vzduchotěsnosti. Centrické klapky s těsněním kov na kov se výborně hodí na hrubé škrcení a vysoké teploty až do 1000°C.



Obr. 27) Centrická klapka s děleným tělesem a manžetou z teflonu v mezipřírubovém i LUGovém provedení [21]

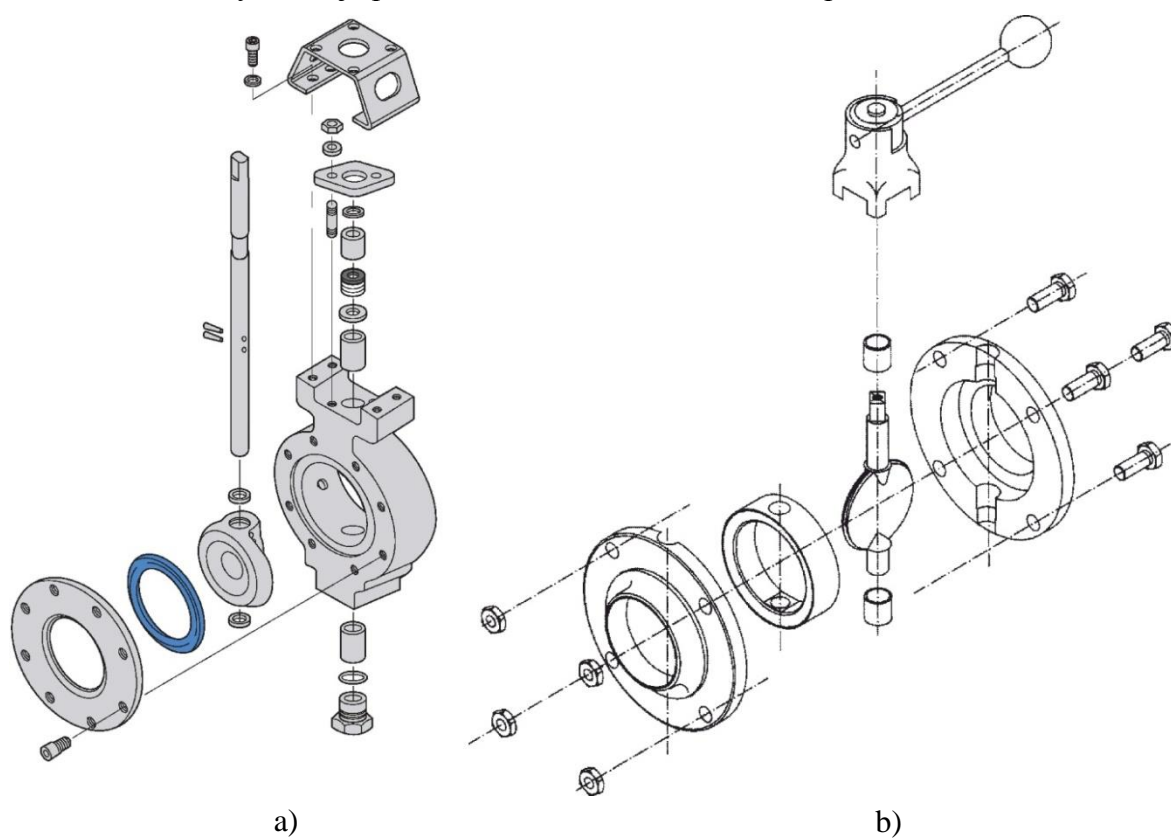
Stejně jako potažené a výstelkové kulové kohouty existují i klapky. Klapka má teflonovou manžetu a talíř je potažen PFA. Z pravidla se používá měkkotěsnící, centrická klapka. Tato klapka se používá mnohem více nežli jiné výstelkové armatury a její konstrukce je uvedena na obrázku 27.

4.3.3.2 Excentrická klapka

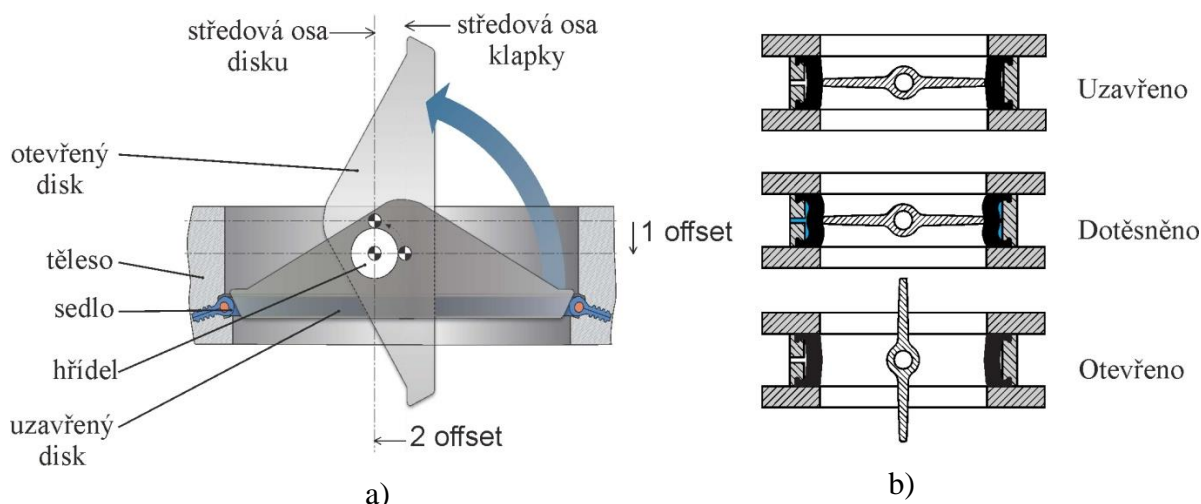
Dvou nebo tří-excentrická klapka má osu otáčení mimo osu hřídele a osu potrubí nebo disku. Díky vyosení a tím excentrické dráhy disku dochází k minimálnímu kontaktu s tělesem nebo sedlem, a to má značný vliv na snížení počátečního kroutícího momentu, což je výhoda oproti centrickým klapkám. Vyosení zvyšuje vliv kroutícího momentu vyvozeného od tlaku z potrubí. Trojitá excentricita umožňuje vyrobit klapku s těsněním kov na kov a s třídou těsnosti VI. Díky excentrické konstrukci je možno vyrábět klapku pro tlakovou třídu PN63 a čtyř-excentrické klapky i PN160. Dvou-excentrické provedení a vysvětlení je uvedeno na obrázku 29a) a excentrická klapka je zobrazena na obrázku 28a). [27]

4.3.3.3 Klapka s nafukovací manžetou

V tělese klapky je otvor pro přívod stlačeného vzduchu. Mezi tělesem a manžetou je prostor pro tento stlačený vzduch, který když se přivede, tak zvětší objem manžety do středu klapky a tím dotěsní talíř, jak je uvedeno na obrázku 29b) ve třech stavech klapky. Použitím této konstrukce se docílí menšího tření, opotřebení a delší životnosti, jelikož se vzduch před otevřením mezi tělesem a klapkou vyfoukne. Díky tomu se mnohonásobně snižuje počáteční kroutící moment. Používají se pouze při automatizaci, jelikož vyžadují přítomnost stlačeného vzduchu. Další nevýhodou je potřeba nestandardních ovládacích prvků.



Obr. 28) Dvou-excentrická klapka vlevo [23]; Potravinářská klapka vpravo [15]



Obr. 29) Excentrické provedení klapky vlevo [23];
Provedení klapky s nafukovací manžetou vpravo [39]

4.3.3.4 Potravinářská klapka

Klapka vyráběná od světlosti DN 15 do světlosti DN200 může mít speciální připojení jako clamp, K/M, převlečná matice a podobně. Potravinářské klapky mají delší stavební délku a srdce tím nezasahuje do potrubí. Hřídel je zpravidla součástí srdce. Tyto klapky mají jednoduchý design a jsou vyráběny z materiálů vhodných pro kontakt s potravinami. Potravinářská klapka je uvedena na obrázku 28b).

4.4 Zdvihové armatury

Zdvihové armatury mají osu pohybu uzavíracího elementu kolmo k ose potrubí nebo mírně pod úhlem a jsou ovládané zpravidla pomocí ručního kola. Ve speciálním případě je osa pohybu uzavíracího elementu shodná s osou potrubí. Tyto armatury při zdvihu uzavíracího elementu otevírají průtok. Pohyb je prováděn přímým posuvem pomocí táhla, nebo pomocí šroubu. Ovládání posuvem nebo otáčením mají za následek mnohem vyšší opotřebení ucpávek než u čtvrtotáčkových armatur. Z důvodu opotřebení existují zařízení pro dotahování ucpávek. V této kapitole je pojednáno i o regulačních ventilech s osou pohybu regulačního elementu kolmo na osu.

Pokud je použita armatura s vřetenem, je čas otevření nebo uzavření armatury zdlouhavý, což je velká nevýhoda oproti čtvrtotáčkovým armaturám. Pokud je použito místo vřetena táhlo, je uzavření v případě havárie okamžité. To má za následek potřebu mnohem vyšších ovládacích sil, které navíc nejsou zpřevodované jako v případě stoupajícího nebo nestoupajícího vřetene. Přímý pohyb pomocí táhla je charakteristický pro regulační ventily ovládané pneumatickým pohonem.

Při špatném dimenzování a konstrukci ručního kola vzhledem k jeho velikosti a uchopení ku velikosti armatury může dojít k problému s ručním kolem vůbec pootočit. To svádí k použití trubky nebo jiného pomocného zařízení, čímž se ale může armatura v koncových polohách poškodit.

4.4.1 Stoupající vřeteno

Pohyblivým členem je šroub. Šroub je přímo připojen k disku nebo klínu a zasouvání nebo vysouvání probíhá za pomoci neotáčivé, s tělesem pevně spojené matice. Provedení bývá zpravidla těžší ale levnější. [5]

4.4.2 Nestoupající vřeteno

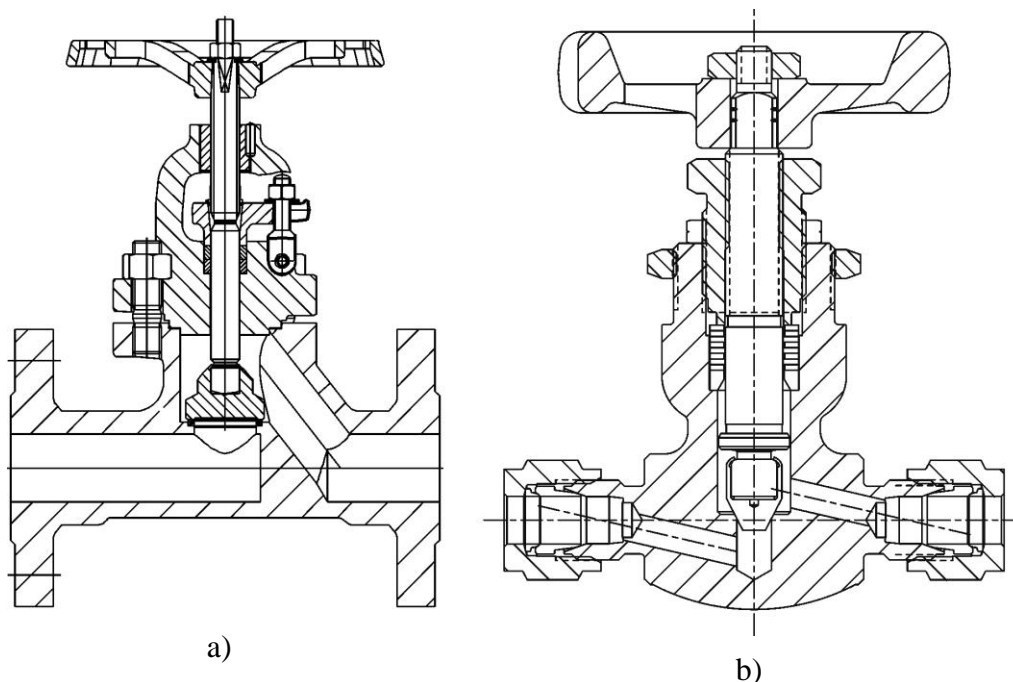
U nestoupajícího vřetene je pohyblivým členem matice, která se s klínem nebo diskem neotáčivě vysouvá a zasouvá. Pohyblivým členem může být přímo klín či talíř. Jedná se o dražší řešení než u stoupajícího vřetene, ale používá se v místě s omezeným prostorem. Nevýhodou je, že uživatel opticky nepozná, zdali je ventil uzavřený nebo otevřený. [5]

4.4.3 Uzavírací ventil (Globe valve)

Uzavírací ventil je obecně taková konstrukce, kde disk je rovnoběžný s osou potrubí a kolmý na osu vřetene. Nárožní uzavírací ventil má však směr proudění otočený o 90° a osa hřídele je tak zpravidla rovnoběžná s osou směru proudění. Hlavní výhodou je změna směru toku a menší ovládací síly, díky jinému průběhu proudění tekutiny. Tato konstrukce je uvedena na obrázku 32b). [5]

Speciálním uzavíracím ventilem je ventil jehlový. V podstatě je to stejná konstrukce jako u ventilů typu globe s tou výjimkou, že je jehlový ventil speciálně navržený pro velmi vysoké tlaky a malé rozměry. Další použití je dle tvaru kuželky nebo jehly s určením pro on / off aplikace, s pevným trnem pro velké tlaky a velké počty cyklů, s pevným trnem a měkkým těsněním pro nižší krouticí moment a pro velmi čisté plyny vysokých tlaků. Jehlový ventil je díky svým malým průtočným plochám velmi citlivý na čistotu media. Tato konstrukce je uvedena na obrázku 30b).

Disk může být vyměněn za regulační kuželku a vzniká tak regulační ventil. Při provedení výměny za regulační kuželku vznikne ventil s nejlepšími regulačními vlastnostmi a může být v provedení se stoupavým, nestoupavým vřetenem nebo táhlem.



Obr. 30) Uzavírací ventil kovaný vlevo [22]; jehlový ventil vpravo[41]

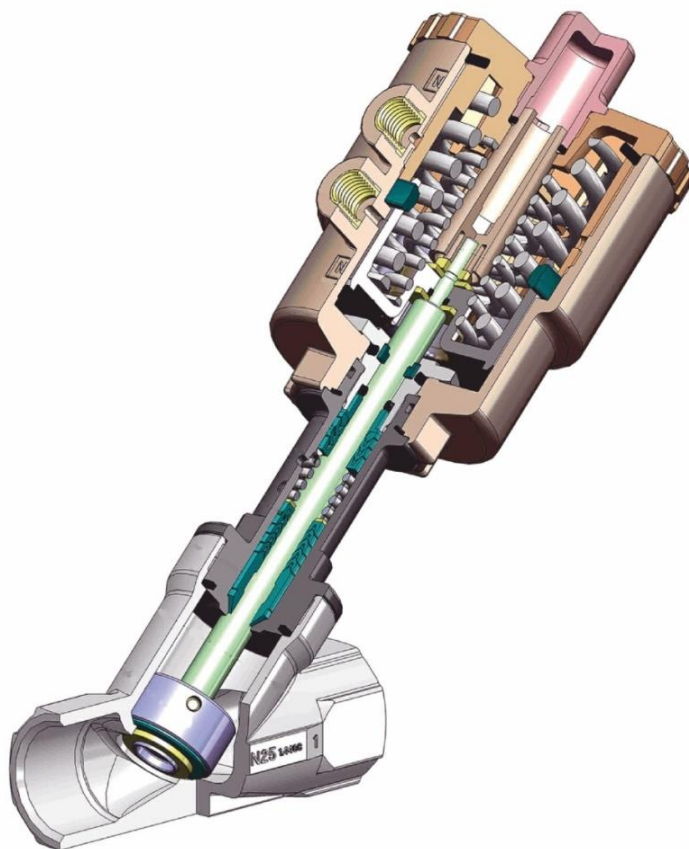
Sedlo v tělese je možno umístit třemi způsoby, a to zašroubováním, svařením nebo vložením s přesahem, takzvaným zapresováním. Víko může být zašroubované, vložené a zašroubované pomocí šroubů nebo vložené a svařené. Ucpávkové víko za pomoci šroubů dotlačuje ucpávku, která se mezi hřídelí a tělesem rozpíná a zvyšuje tak její těsnost, která se časem, díky pracovním cyklům, snižuje.

Pro zvýšení těsnosti ucpávky slouží zpětné sedlo. Jedná se o zařízení umístěné za diskem nebo kuželkou, které v případě, že bude ventil plně otevřen, zajede do drážky nebo odfrézovaného kuželu a tím tak zabrání zvýšení tlaku na ucpávkový systém a dosáhne tak zvýšenou těsnost v ucpávce. Zpětné sedlo se dá použít u většiny zdvihových armatur a nevyužívá se u regulačních ventilů, jelikož těsnicí funkce nastává až při plném otevření. [40]

Pro vysoké tlaky se tělesa ventilů vyrábějí kováním a průchozí díry se vrtají. Pokud je tlak příliš velký, používá se takzvaný „bypass“ jako zařízení pro částečné vyrovnání tlaku nebo alespoň snížení tlaku. Bypass se může vyjádřit jako obtok, což je jeho anglický překlad. Kovaný uzavírací ventil je uveden na obrázku 30a). [5] [52]

4.4.3.1 Šikmé sedlové ventily (Angle seat valve)

Jsou obousměrné, nejčastěji pneumaticky ovládané armatury s nakloněnou osou čepu, táhla nebo vřetena. Používají se pro své dobré průtočné charakteristiky, velké počty cyklů a dlouhou životnost. Šikmé ventily jsou jednoduše opravitelné. Nevýhodou je, že se konstrukčně vyrábí do světlosti DN50. Mohou být ovládané i elektricky pomocí solenoidů nebo ručním kolem. Šikmý sedlový ventil s jednočinným pohonem je uveden na obrázku 31.



Obr. 31) Jednočinný pneumatický pohon NC se šikmým sedlovým ventilem [42]

4.4.3.2 Typy ucpávek uzavíracích a regulačních ventilů

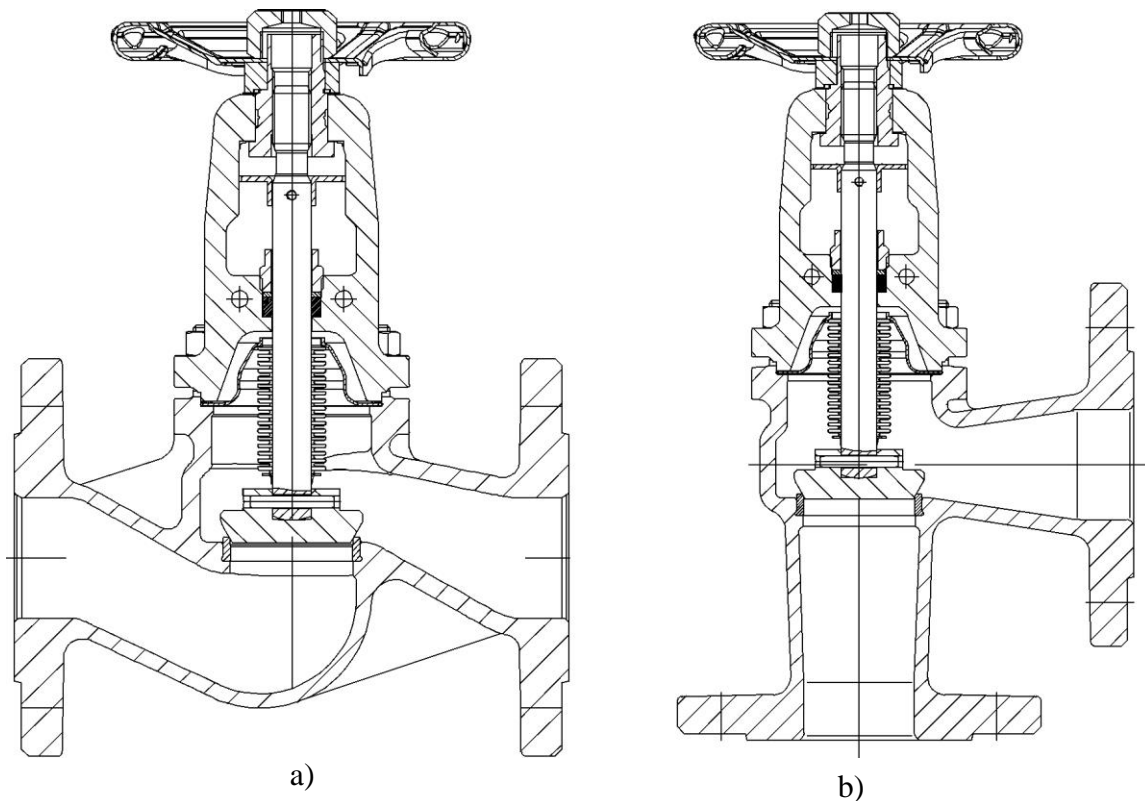
Volba vhodné ucpávky má vliv na velikost potřebné ovládací síly, těsnosti, teplotní a tlakové použitelnosti, chemické odolnosti, životnosti a cenové dostupnosti. [20]

Ucpávka z O – kroužku z EPDM má výhody ve spolehlivosti, vysoké životnosti, dlouhodobé těsnosti a nízké třecí síly, což umožňuje použití pohonů s malými ovládacími silami. Nevýhoda je v omezené použitelnosti, a to pouze pro neagresivní média. Ucpávka je teplotně použitelná pouze od teplot 0°C až do 140°C. [20]

Ucpávka z PTFE má výhody ve vysoké těsnosti, vhodnosti použití na celou škálu PH, nízké třecí síly, jednoduché výměny ucpávky a je vhodná pro agresivní média. Díky své dlouhé životnosti a teplotní odolnosti od 0°C až do 260°C je nejpoužívanějším typem ucpávky. [20]

Ucpávka z grafitu má výhodu v použitelnosti až do teploty 550°C. Použitelná je na celou škálu PH a ucpávku je možné dotěsnit. Nevýhodou je velká třecí síla, což má za následek velké osově síly a nutnost použití silnějších pohonů. [20]

Ucpávka z vlnovce má výhody ve velkém rozsahu teplot od -50°C do 550°C. Díky jeho konstrukci je zaručená absolutní těsnost ventilu a nevyžaduje velké ovládací síly. Ucpávka z vlnovce je vhodná na aplikace pro silně agresivní, jedovatá nebo jinak nebezpečná média, u kterých je vyžadována absolutní těsnost ventilu. Ucpávka z vlnovce je vhodným řešením pro teploty média pod bodem mrazu, kdy namrzání táhla způsobuje předčasné zničení ucpávky. Naopak při vysokých teplotách se používá jako chladič. Nevýhodou je nutný vyšší prostor nad ventilem a s tím související vyšší cena armatury. Uzavírací ventil s vlnovcem je uveden na obrázku 32a) a 32b), kde je zobrazen nárožní uzavírací ventil s vlnovcem. [20]



Obr. 32) Uzavírací ventil s vlnovcem vlevo, uzavírací ventil nárožní s vlnovcem vpravo [22]

4.4.3 Volba vhodného typu regulační kuželky

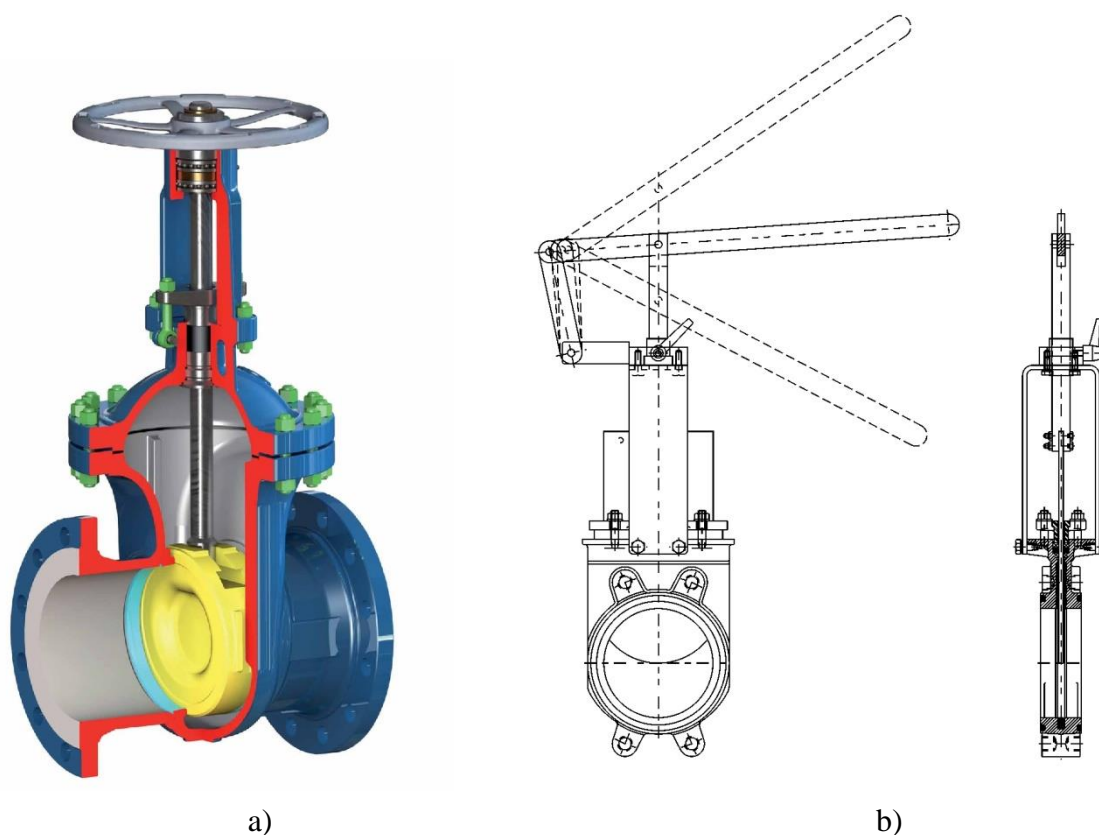
Regulační kuželka se používá pro regulační ventily typu globe. Válcová kuželka s výřezy by se neměla používat v případě nadkritických tlakových spádů, pokud je vstupní přetlak p_1 větší než 4 bary a pro regulaci syté páry. Na tyto podmínky by se měla používat kuželka děrovaná. Děrovaná kuželka by se měla také použít v případech nebezpečí kavitace, z důvodu velkého tlakového spádu, v případech nebezpečí eroze stěn tělesa armatury a z důvodu vysokých rychlostí regulovaného média. [20]

Při nutnosti regulovat nízký průtok, kdy je třeba použití tvarované kuželky, bude-li tlak na vstupu větší než 16 bar a bude-li nadkritický tlakový spád, musí být opatřena kuželka i sedlo návarem z tvrdokovu. [20]

4.4.4 Uzavírací šoupě (gate valve)

U uzavíracího šoupěte je uzavíracím elementem deska nebo klín a díky tomu je třeba značných zdvihů pro plné otevření armatury. Výhodou je plný průtok s minimálními tlakovými ztrátami. Vyrábí se se stoupavým i nestoupavým vřetenem kde třmenové uzavírací šoupátko se stoupavým vřetenem je uvedeno na obrázku 33a).

Pro regulaci je to velmi vhodná armatura a to dokonce bez velké tlakové ztráty. Použití uzavíracího šoupěte k regulaci zapříčiní vibrace kuželky, po určitých cyklech vyklání kuželky a tím její rychlé opotřebení a zničení stejně jako zničení sedel. Proto i přes dobré regulační schopnosti se uzavírací šoupě nedoporučuje k regulaci používat, jelikož se tím velmi výrazně snižuje životnost kuželky a sedel.



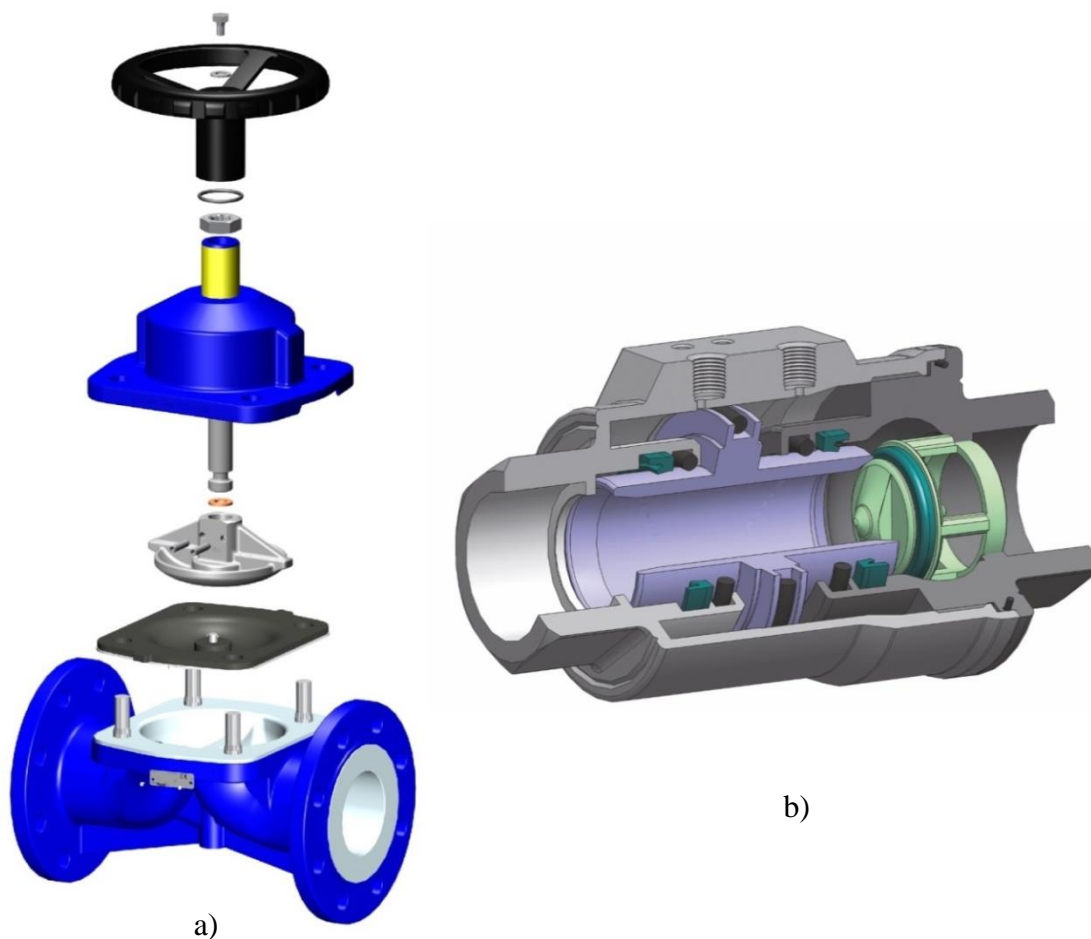
Obrázek 33) Třmenové uzavírací šoupátko se stoupajícím vřetenem [25];
Pákové nožové šoupátko[15]

Existují v provedení se sedlem a bez sedla, kde sedlo může být poškození nahrazeno. Díky své konstrukci se používají pro velké světlosti, malé tlaky, neagresivní media a páru. Existují ale také vysokotlaká kovaná šoupátka a vysokoteplotní, vodou chlazená šoupátka. [25] [5]

4.4.5 Nožové šoupátko (Knife valve)

Nožové šoupátko vychází z konstrukce uzavíracího šoupátka. Uzavíracím elementem je nůž, což je úzký asi 6mm tlustý plech. U nožových šoupatků se utěsňuje především nůž. Ucpávka je má tedy velkou obvodovou plochu a k jejímu utěsnění se používá voskovaná bavlna nebo drahá, teflonová ucpávka z impregnovaného teflonového vlákna. Díky velké ploše ucpávky se nožová šoupatka používají pouze do tlaku PN16 a s rostoucí světlostí se odolnost na tlak snižuje. Používá se hojně v papírnictví nebo vodárenství a vzhledem k těsnění se může použít i pro abrazivní média a media s většími fragmenty.

Nožová šoupatka jsou jedny z mála uzavíracích ventilů, které mohou být uzavírány a otevírány pákou, toto provedení je na obrázku 33b). Standardně se vyrábí jako jednosměrně těsná armatura. V případě proudění pevných částic je možno dodat šoupatko se dvěma protichůdnými noži, což zabraňuje uvíznutí pevného tělesa mezi nožem a tělesem a zabraňuje tak plnému uzavření. Protichůdné nože se setkávají přímo ve středu potrubí. Další velkou výhodou je možnost výroby v jiných než kruhových profilech.



Obrázek 34) Výstelkový membránový ventil [21]; Axiální ventil [42]

4.4.6 Membránový ventil (Diagraph valve)

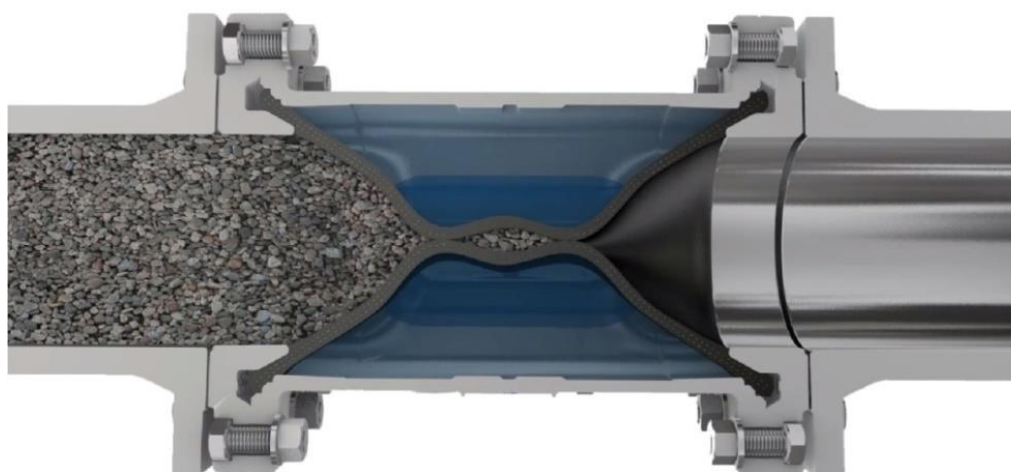
Membránový ventil je zdvihová armatura s čepem či diskem připojeným k membráně. Tato armatura nemá žádné mrtvé prostory, a proto je vhodná pro aseptické a potravinářské účely. Velkou výhodou je, že v kontaktu s médiem je pouze membrána a těleso, pohyblivé části jsou médiem nedotčeny. Pokud je použita vhodná kombinace materiálů membrány, případně potažení tělesa teflonem, dosáhneme skvělé armatury pro využití v chemickém průmyslu, která má navíc i schopnost regulovat průtok. Nevýhodou je, že se konstrukčně se vyrábějí do světlosti DN300 a používají se pro nízké provozní tlaky. Výstelkový membránový ventil je uveden na obrázku 34a).

4.4.7 Koaxiální ventil (Axial valve)

Koaxiální ventil má pohyb uzavíracího členu rovnoběžný s osou potrubí. Uzavíracím elementem je píst, který slouží i jako píst pneumatického pohonu a je základní částí koaxiálního ventilu. Velkou výhodou je, že má již zabudovaný pneumatický pohon, jelikož se používá pro velké počty cyklů otevření a uzavření. Nevýhodou je, že se používá pro nízké provozní tlaky a konstrukčně se vyrábí do světlosti DN50. Průtoková charakteristika není ideální, ale ventil může být používán pro miliony cyklů, což ostatní armatury nedovedou. Koaxiální ventil je uveden na obrázku 34b).

4.4.8 Hadicový ventil (Pinch valve)

Hadicový ventil je konstrukčně jednoduchý, plnoprůtočný a abrazivně odolný ventil. Tato armatura může mít zabudovaný pneupohon jako axiální ventil, ale může být i mechanicky nebo elektricky ovládaný. Hlavním členem armatury je těleso a membrána z NBR. Při přivedení stlačeného vzduchu se membrána smrskne a působí proti médiu, až membrána celkově vyplní celou světlost armatury. Maximální provozní tlak je 6 bar, ale ovládací tlak musí být 8 bar, aby bylo zajištěno zavření armatury. Pro hadicové ventily uzavírané mechanicky nebo elektricky může být dovolený tlak až PN16. Hadicový ventil je vhodný pro regulaci media a je uveden na obrázku 35.



Obr. 35) Hadicový ventil pneumaticky ovládaný [44]

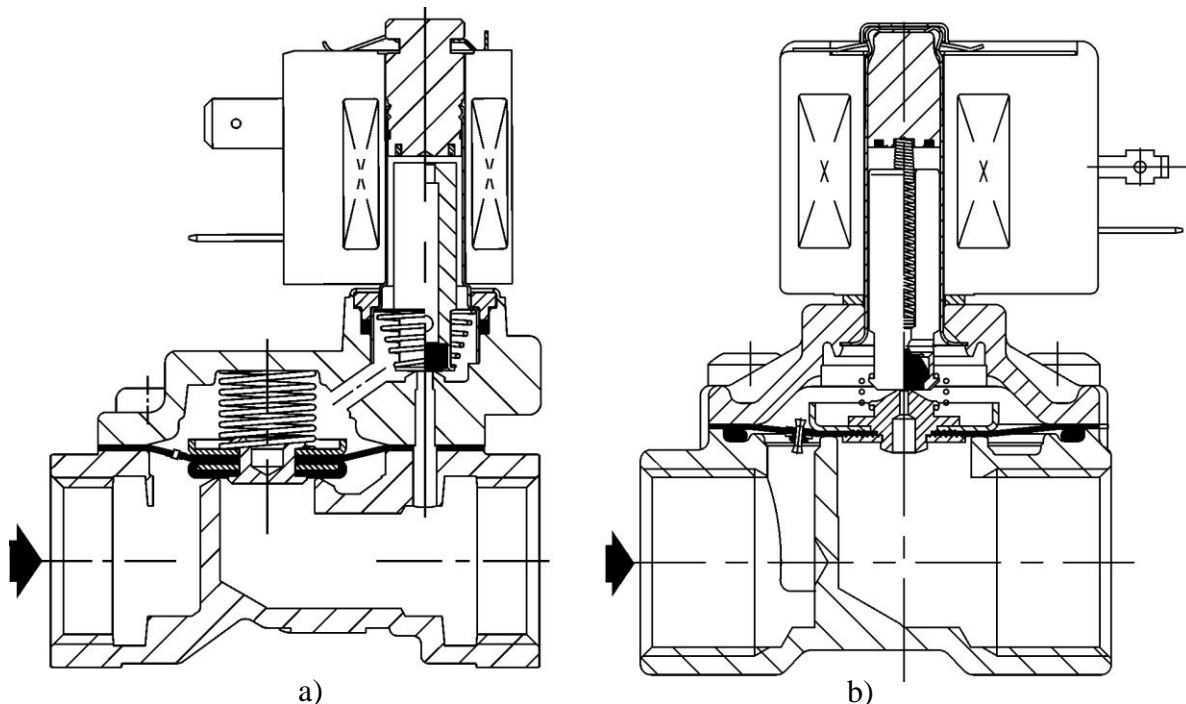
4.4.9 Solenoidový ventil (Solenoid valve)

Většinu armatur lze ovládat pneumaticky a bylo třeba nalézt způsob jak snadno a rychle uzavírat armaturu elektricky bez elektropohonu s dlouhou uzavírací dobou. Pro tento způsob byl vynalezen solenoidový ventil. Při přivedení elektřiny do solenoidu si cívka přitáhne jádro a tím umožní zdvih talíře nebo membrány a umožní tak průtok.

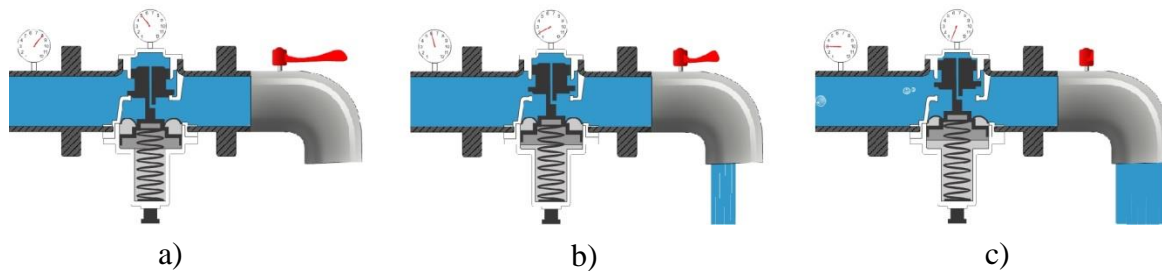
Solenoidové ventily se vyrábějí ve dvou základních provedeních a to přímo řízený, který je uvedený na obrázku 36a) nebo nepřímo řízený (obrázek 36b)). Výhodou přímo řízeného je, že pracuje od nulového tlaku, což většina nepřímo řízených ventilů nezvládne. Nepřímo řízená funkce se používá pro větší světlosti z důvodů omezení velikosti a výkonosti cívky a funguje na principu vyrovnání tlaků před a za ventilem, nežli se solenoidový ventil plně otevře. U přímo řízeného ventilu se disk nebo membrána zdvihne přímo po přivedení napětí. Jejich značná výhoda je, že mohou více než konkurovat uzavíracím ventilům s pneupohonem jelikož dokáží uzavřít nebo otevřít armaturu za méně než vteřinu a přitom nepotřebují k ovládní stlačený vzduch. V dnešní době se dají za značnou cenu sehnat i v přírubovém provedení a s koncovými spínači. Jejich nevýhodou je, že se dají použít pouze pro nízké provozní tlaky a teploty.

4.4.10 Redukční ventil (Pressure reducing valve)

Redukční ventil je speciální typ armatury, který slouží k nastavení a udržování požadovaného tlaku na výstupu z ventilu. Tlak na výstupu musí být vždy nižší než tlak vstupní. Redukční ventil pracuje na principu vyrovnání síly vyvozené z výstupního tlaku a síly pružiny. Výstupní tlak nastavujeme dotažením nebo povolením šroubu, což přitlačí nebo povolí pružinu. Je-li tedy tlak za ventilem roven tlaku nastavenému, redukční ventil je uzavřený (obrázek 37a). Je-li tlak za ventilem nižší nežli tlak nastavený, redukční ventil je plně otevřen (obrázek 37c). Je-li tlak za ventilem nižší nežli tlak nastavený a zároveň mu není roven je redukční ventil v mezipoloze (obrázek 37b).



Obr. 36) Nepřímo (vlevo) a přímo ovládaný solenoidový ventil (vpravo) [15]



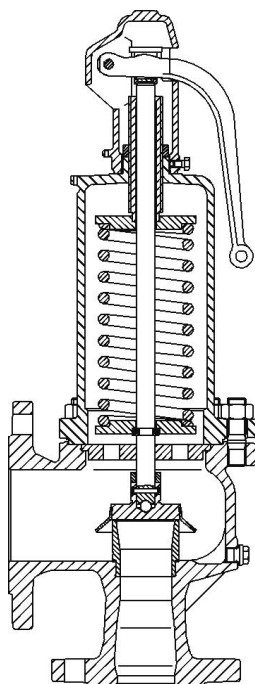
Obr. 37) Princip funkce přímo aktivovaného redukčního ventilu [15]

4.5 Bezpečnostní armatury

Mezi tyto armatury nepatří jen pojišťovací armatury a průtržné membrány. Dalšími bezpečnostními armaturami mohou být přivzdušňovací ventil, zpětné armatury, rychlouzavírací armatury nebo další systémy a sestavy určené a navržené k ochraně potrubí nebo procesu.

4.5.1 Pojistné ventily, Průtržné membrány

Pojistné ventily nebo průtržné membrány jsou typy armatur, které se z pravidla dávají na tlakové nádoby. Mají za úkol vypustit nebezpečný tlak ze systému. Pokud by tyto typy armatur nebyly umístěny na tlakovém zařízení, mohlo by dojít k roztržení nádoby, uniknutí nebezpečné látky nebo výbuchu. Pojistný ventil funguje zpravidla na principu přetlačování pružiny a tlakem ze systému. Pokud je tlak na hranici výpusti nebo je špatně nastavený, může docházet k únikům pracovní látky a tím i k obrovským finančním ztrátám. Za to, že je pojistný ventil nastaven na správný tlak, odpovídá výrobce této armatury. Při nastavení zároveň dá na pojistný ventil plombu a vystaví prohlášení o nastavení pojistného tlaku. Pojistné ventily se vyrábějí ve třech provedeních, a to proporcionální, plnozdvižný a normální. Plnozdvižný pojistný ventil je vykreslen na obrázku 38.



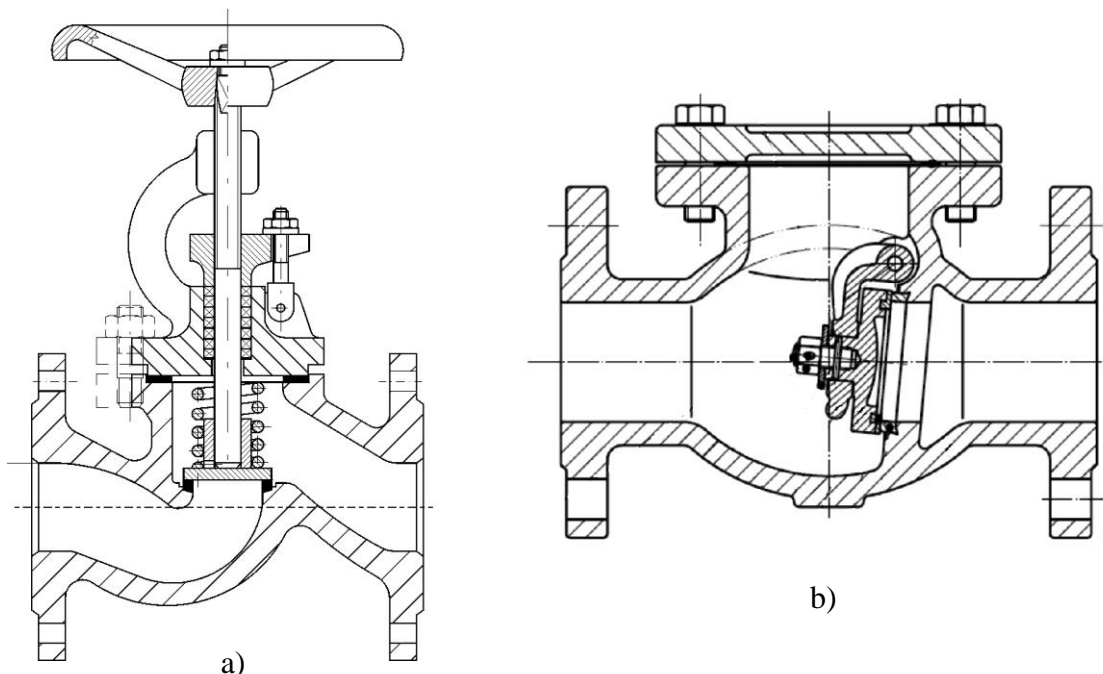
Obr. 38) Plnozdvižný pojistný ventil přírubový s nadlehčovací pákou [22]

Průtržná membrána je bezpečnostní zařízení vyrobeno speciálními technologiemi a k protržení dochází při předem stanoveném tlaku a umožní tak nežádoucímu přetlaku uniknout. Je to armatura na jedno použití, tudíž při roztržení membrány musí být nahrazena membránou novou, a proto si koncový zákazník objednává průtržné membrány přímo k sobě do skladu, aby byl umožněn nepřetržitý provoz a nevznikly tak finanční ztráty kvůli odstávce zařízení. Další výhodou u průtržných membrán je dokonalá těsnost, a tedy procesní látka neuniká. Jejich výroba je ale nákladná a výrobce musí mít velkou zkušenost nejen s materiálovým inženýrstvím, ale také s metodami výroby, použití a mechaniky trhlin. Díky tomu se dají vyrobit na nízké otevírací tlaky a s vysokou přesností otevření. Velkou nevýhodou průtržných membrán je, že po protržení průtržné membrány, pokud není v sérii s pojistným ventilem, unikne všechna pracovní látka ze zařízení.

Aby bylo možné předejít ztrátám, umísťuje se do série průtržná membrána a pojistný ventil. Toto spojení má i výhodu v testování pojistného ventilu. Při napuštění prostoru otevíracím tlakem mezi průtržnou membránou a pojistným ventilem dojde k otevření pojistného ventilu, ale průtržná membrána se neprotrhne, jelikož se jedná o jednosměrnou armaturu a musí být umístěna do potrubí v dané poloze. Při testování musí být celé zařízení odstaveno, jelikož průtržná membrána funguje na principu porovnání tlaku před a za membránou, stejně jako pojistný ventil.

4.5.2 Zpětné armatury (Check valve)

Zpětné armatury slouží na zabránění zpětného toku armatury v potrubí. Při průchodu media potrubím působí pohybová energie media na talíř, kouli nebo disk a ten se otevře a umožní tak průchod media. Těsnění může být kov na kov nebo měkkotěsnící.



Obr. 39) Zpětný ventil s uzavíracím ventilem typu „GLOBE“ [45]
Zpětná klapka přírubová typu „SWING“ [15]

Nejčastěji je používána zpětná klapka, která je v přírubovém provedení zobrazena na obrázku 39b). Další provedení této klapky je s talířem a pružinou pro lepší dotěsnění a rychlejší uzavření. Podobné provedení je možno provést s čepem uprostřed a na něj zavěšených dvou takzvaných uší, které do uzavřené polohy tlačí pružina. Toto poslední provedení se používá pro větší světlosti. Dalším provedením zpětných armatur je zpětný ventil. Může mít různá provedení, nejčastěji v talíři, který se neotáčí, ale posouvá v ose potrubí. Toto provedení má ale velké ztráty tlaku, a proto se používá Y provedení, které má příznivější průtokové charakteristiky. Tyto armatury s pružinou však pracují od určitého tlaku, tedy ventil se otevře, až tlak media přetlačí pružinu.

U většiny zpětných armatur je problém s návratem disku nebo talíře při zpětném toku do uzavřené pozice, protože časem tyto silné nárazy způsobí poškození těsnicí plochy. U malých zpětných klapek a ventilů je naopak problém s abrazivními médii, které mohou značně poškodit těsnicí plochy. Některé typy zpětných klapek umožňují výměnu sedla. Velkou výhodou je kombinace zpětného ventilu a uzavíracího ventilu, který je uveden na obrázku 39a). [45]

4.5.3 Tlumič vodních rázů (Water hammer arrestor)

Tlumič vodních rázů je zařízení, určené k zabránění nebo snížení následků vodního rázu. Existuje v provedení válcovém nebo kopulovém. Pracuje na principu vyrovnání sil mezi tlakem vody a stlačeným vzduchem nebo pružinou na druhé straně armatury. Voda a vzduch nebo voda a pružina jsou od sebe odděleny membránou nebo pístem.

4.5.4 Přivzdušňovací ventil (Vacuum breaker)

Přivzdušňovací ventil, zavzdušňovací ventil nebo téže přerušovač vakua je bezpečnostní zařízení používané u tlakových kotlů nebo jiných nádrží používajících páru. Při ochlazení pára kondenzuje a tím se v nádobě rapidně snižuje tlak. Přivzdušňovací ventil při podtlaku začne do nádoby přisávat vzduch, aby bylo zabráněno nežádoucím účinkům podtlaku na tlakovou nádobu či kotel.

4.6 Ostatní armatury

4.6.1 Filtr (Strainer)

Nečistoty z media lze odstranit za použití vhodných filtrů. Nejčastější jsou filtry konstrukce Y pro malé světlosti a konstrukce T, která se používají pro velké filtry s velkým množstvím nečistot. Samozřejmostí je čištění a výměna ocelových sít. Důležitá je filtrační schopnost, kterou nejčastěji obstarává ocelové síto s určitou velikostí ok.

4.6.2 Odvaděč kondenzátu (Steam traps)

Armatura pracující na mnoha principech, která má za účel odvod nežádoucího kondenzátu z parního potrubí, kde rychle letící kapičky kondenzátu způsobují ničení potrubí a armatur a tím snižují jejich životnost. Dosáhne-li spojování kapiček celého průřezu potrubí, pak tímto potrubím letí rychle takzvaná vodní zátka, která při nárazu na konkrétní armaturu má přímo zničující účinek. Odvaděče kondenzátu neodvádí pouze kondenzát, ale i nezkondenzované plyny a vzduch. Nejčastěji používané odvaděče kondenzátu jsou plovákové, termostatické, bimetalové a termodinamické. [59]

4.6.3 Kompenzátor (Expansion joint)

Armatura navržená pro spojení vyosených potrubí a na kompenzování tahu či tlaku v potrubí nebo slouží ke kompenzaci teplotních dilatací potrubí.

4.6.4 Průhledítko (Sight glass)

Armatury pro pozorování parametrů media v potrubí. Průhledítko může mít zabudovaný ukazatel průtoku. Průhledítka do nádrže mohou mít zase osvětlení nebo stěrače.

4.6.5 Vzorkovací ventil (Sampling valve)

Armatura používána v potravinářském či chemickém průmyslu pro odebrání vzorku z potrubí. Příkladem může být vzorkovací ventil plnoprůtočný třicestný. V cestě kolmé na průtok se nachází koule s vrtanou dírou, která však není provrtaná skrz. Při otočení vrtáním koule směrem k potrubí se prostor v kouli zaplní médiem. Při zpětném otočení koule o 180° se obsah media v kouli vyprázdní do připravené nádoby. Výše popsany plnoprůtočný třicestný vzorkovací ventil se dá použít pouze v chemii, jelikož není zaručena jeho sanitace.

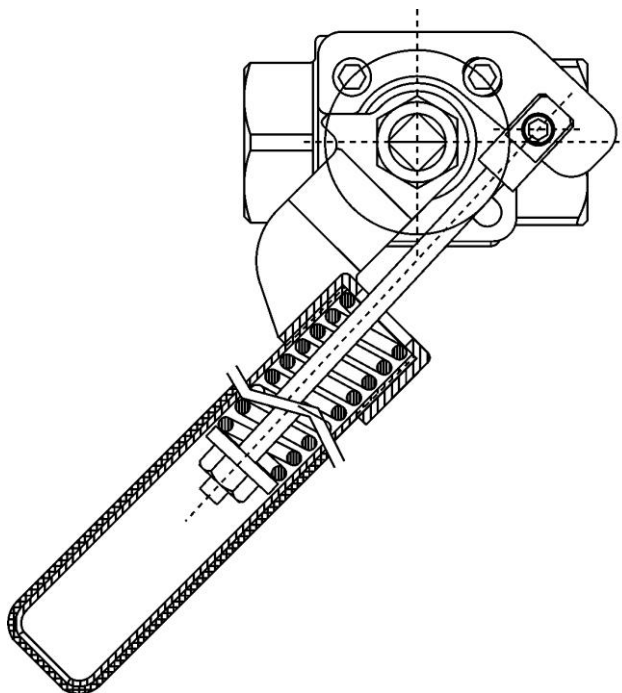
5 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ ARMATUR

5.1 Ruční armatury

Ručním ovládním se myslí přestavování armatur za pomoci lidské síly. Dělí se především podle toho, je-li armatura čtvrtotáčková nebo zdvižná. Čtvrtotáčkové armatury jsou ovládány ruční pákou. Velké světlosti mají vyšší krouticí moment, a proto je nutné použít převodovku. Převodovka však již nemá páku, ale ruční kolo a otevření nebo zavření již není otázkou okamžiku. Uzavírací armatury mají zpravidla ruční kolo, kde převod z rotačního na posuvný pohyb probíhá pomocí šroubu a ovládání je již zpřevodované. Zvýšení krouticího momentu lze efektivně kompenzovat zvětšením ovládacího kola. Pokud je třeba umístit armaturu vysoko nad zemí a není k dispozici žádný druh ovládní, může se armatura ovládat převodovkou s řetězovým kolem.

Čtvrtotáčkové armatury mají na hřídeli nebo páce zářez „I“ nebo „L“ případně „T“ nebo „X“ k označení odkud-kam zrovna proudí médium nebo je-li armatura otevřená nebo uzavřená, kde I značí dvoucestný ventil, L nebo T značí třicestnou armaturu s vrtáním L nebo T a X značí čtyřcestnou armaturu, kde médium proudí z potrubí jedna do potrubí dva a z potrubí tři do potrubí čtyři. Při otočení koule proudí z potrubí jedna do potrubí čtyři a z potrubí tři do potrubí dva. Existuje mnoho nastavení nejen čtyřcestných ale i třicestných kulových kohoutů.

Dalším speciálním provedením uzavírání čtvrtotáčkových armatur je páka s pružinou, takzvaná „dead man handle“. Tato bezpečnostní páka zaručuje navrácení armatury do původní polohy poté, co obsluha přestane na páku vyvíjet sílu potřebnou pro otevření a udržení armatury v otevřené poloze. Funkce je zaručena pružinou umístěnou v páce. Nevýhodou je nutnost přetlačovat nejen krouticí moment vyvíjený armaturou, ale i moment vyvíjený od pružiny. Toto provedení je zobrazeno na obrázku 40.



Obr. 40) „Dead man handle“ v otevřené poloze [15]

Dalším speciálním provedením uzavírání čtvrtotáčkových armatur je páka s pružinou, takzvaná „dead man handle“. Tato bezpečnostní páka zaručuje navrácení armatury do původní polohy poté, co obsluha přestane na páku vyvíjet sílu potřebnou pro otevření a udržení armatury v otevřené poloze. Funkce je zaručena pružinou umístěnou v páce. Nevýhodou je nutnost přetlačovat nejen kroutící moment vyvíjený armaturou, ale i moment vyvíjený od pružiny. Toto provedení je zobrazeno na obrázku 38.

Speciálním ručním ovládním je převodovka mezi pneupohonem a čtvrtotáčkovou armaturou, která se nazývá odpojitelná. Používá se v případě nutnosti přestavení armatury, kdy není možné přestavit armaturu za pomoci pneupohonu. Hřídel pneumatického pohonu je spojená s hřídelí převodovky, která je pevně spojená s hřídelí armatury. Je tedy zřejmé, že při přestavování armatury je přestavován i pneumatický pohon, což je třeba zahrnout v návrhu převodovky. V případě potřeby otočení armatury se v převodovce spojí ozubené kolo s kolem šnekovým, ke které je připojeno ruční kolo, pomocí kterého lze armaturu přestavit. Jedná se tedy o krajní bezpečnostní prvek. V současné době se používají i integrovaná ruční kola v pneuphonech, ty se ale dají použít pouze do určitých velikostí kroutících momentů.

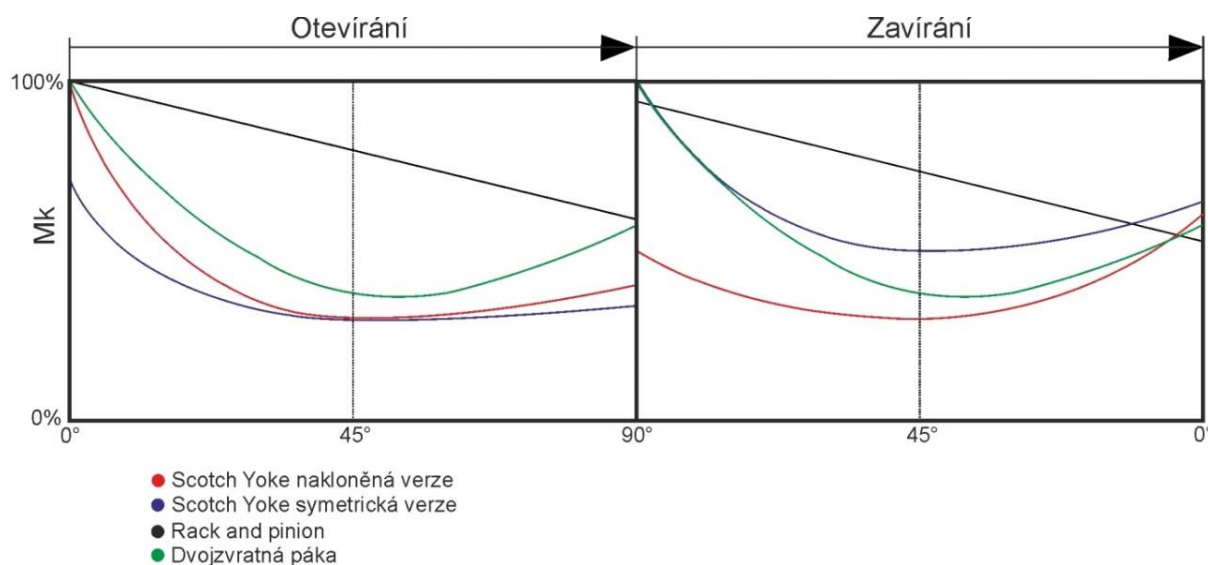
5.2 Pneumatické pohony

Pneumatické pohony převádí energii stlačeného vzduchu na energii pohybovou. Zajišťují ovládání nebo řízení armatur. Vyrábějí se ve dvou provedeních jako jednočinné a dvojčinné provedení. U dvojčinného pohonu se pro otevření napouští vzduch do komory 1 a pro uzavření do komory 2, přičemž vzduch z komory 1 musí být odpuštěn a naopak. U jednočinného pneupohonu se používá pro uzavření energie pružiny nebo sady pružin. Tím však vzniká potřeba tyto pružiny přetlačovat spolu s odporem armatury, proto jsou jednočinné pohony větší a dražší než pohony dvojčinné. Výhoda plynoucí z okamžitého uzavření armatury je z bezpečnostních důvodů v některých procesech nezbytná.

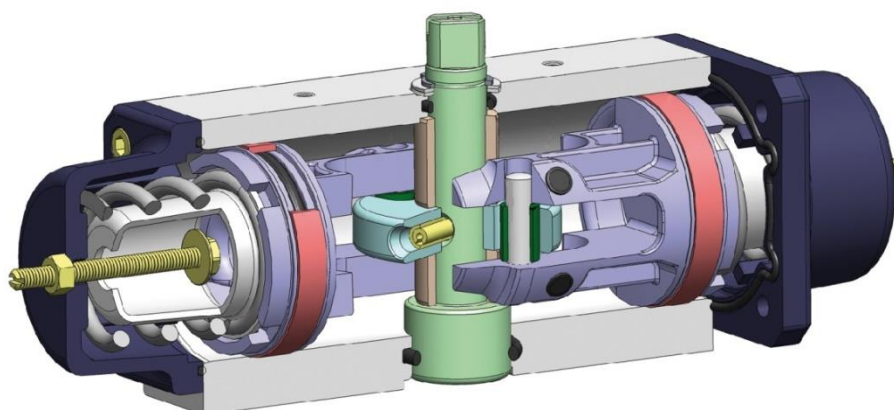
Aby bylo zajištěno přestavení uzavíracího nebo regulačního členu armatury pneupohonem do požadované polohy, musí být zajištěn dostatečný tlak vzduchu. Standardně se používá 4-8 bar(g), ale ani tlak 2,5 bar(g) není úplnou výjimkou, přičemž platí, že čím nižší tlak v systému, tím větší a dražší musí být pneupohon. Pokud je přestavováno větší množství armatur najednou, musí být zajištěno dostatečné množství tlakového vzduchu v systému.

Při navrhování vhodného pneupohonu by měl být vzat v potaz průběh kroutícího momentu armatury a posléze započítat takzvaný safety faktor (SF) neboli bezpečnostní faktor, který nabývá hodnot od 20% do 60% kroutícího momentu armatury. Stlačený vzduch nebo další inertní plyny, které nezpůsobují korozi, mohou být taktéž použity jako hnací médium a v současné době existují i pohony, které je možno ovládat zemním plynem. Rosný bod hnacího plynu by měl být -20°C nebo alespoň o 10°C chladnější, než je okolní teplota. Velikost částic ve vzduchu by neměl přesahovat $20\ \mu\text{m}$. Na obrázku 41 můžeme nalézt průběh kroutících momentů čtvrtotáčkových pneupohonů. Průběhy na obrázku 41 mají pouze informativní charakter a srovnávat jeden s druhým nelze až na pohon Scotch Yoke, který je shodný pro nakloněnou i symetrickou verzi pohonu.

Některé pneumatické pohony je možno vybavit koncovými dorazy. Na pneupohonu, který je na obrázku 43, lze vidět červeně znázorněnou dorazovou desku, která se opírá o dorazový šroub v koncové poloze.



Obr. 41) Srovnání průběhů čtvrtotáčkových pneumatických pohonů



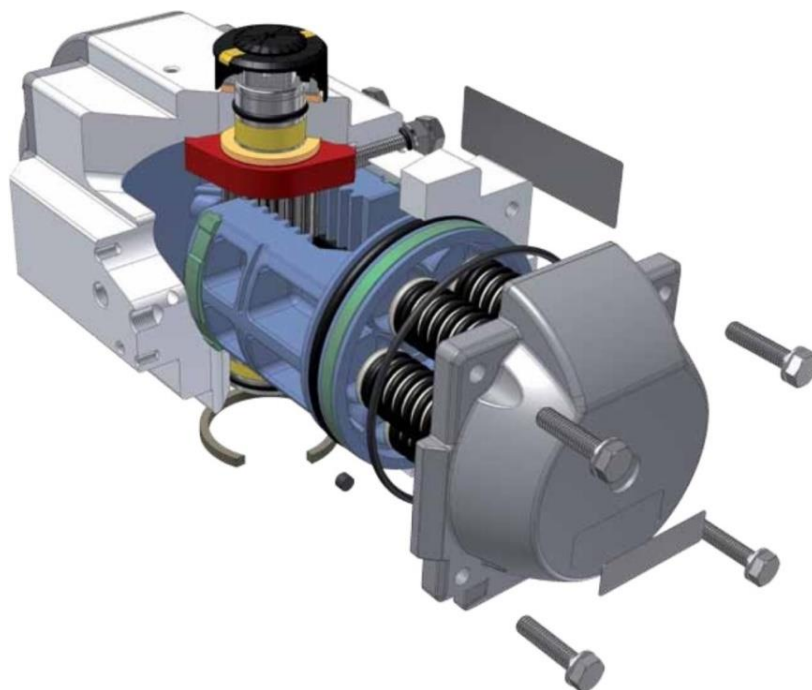
Obr. 42) Jednočinný pneumatický pohon na principu dvouzvrtné páky [43]

5.2.1 Dvouzvrtná páka

Energie, která vzniká působením tlaku vzduchu na dva posuvné písty, je přenášena dvojitou pákou na výstupní hřídel čtvrtotáčkového pohonu. Kinematika tohoto mechanismu poskytuje nejvyšší krouticí moment při otevírání a je tedy vhodný na měkkotěsnící klapky. Pneumatický pohon s dvouzvrtnou pákou je uveden na obrázku 42.

5.2.2 Rack and pinion

Je čtvrtotáčkový pneumatický pohon pracující na principu přenosu síly pomocí ozubeného kola a hřebenu. Tlak přivedený do komory se rozpíná a tlačí na píst, který přes hřeben přenáší sílu na ozubené kolo a dále na unášecí kámen a na armaturu. Tento typ pneumatického pohonu je uveden na obrázku 43. Tyto pneumatické pohony mají možnost nastavitelných dorazových šroubů, které umožňují otočení hřídele pohonu v rozmezí od 86° do 94° a zároveň mají příznivou charakteristiku průběhu kroutícího momentu, jak u dvojitých tak i jednočinných pneumatických pohonů pro kulové kohouty se stálým kroutícím momentem.



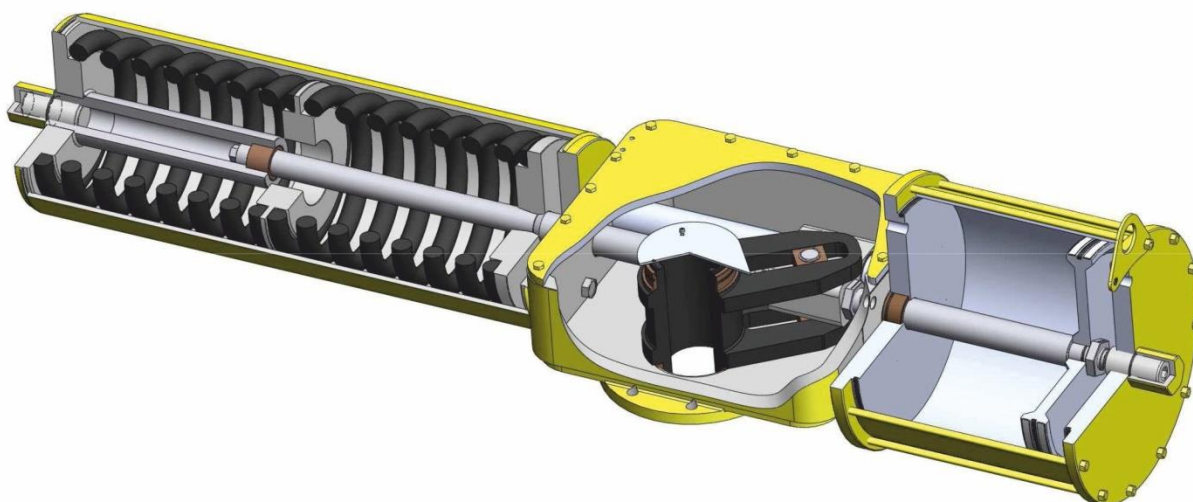
Obr. 43) Jednočinný pneumatický pohon „RACK AND PINION“ s ukazatelem polohy [46]

5.2.3 Pístové

Klasický pístový pohon, uvedený na obrázku 44, se používá pro zdvižné armatury a pracuje na principu přepouštění vzduchu pod a nad pístem. Jako každý pneumatický pohon se i tento skládá z pístu, čepu napojeného na píst, těsnění, válce a případně pružiny nebo sady pružin.



Obr. 44) Dvočinný pístový pneumatický pohon [47]



Obr. 45) Jednočinný pneumatický pohon „Scotch Yoke“ [48]

5.2.4 Scotch Yoke (Heavy duty)

Scotch Yoke pneumatický pohon, zobrazen na obrázku 45, je určen pro čtvrtotáčkové armatury a velké kroutící momenty až 250kNm. Vyrábí se v jednočinném i dvojčinném provedení. Kombinují výhody pístových pneupohonů a pneupohonů s pákou. Ve srovnání kroutících momentů pohonů na obrázku 39 lze vidět kroutící moment symetrické a nakloněné verze, jejichž rozdíl spočívá v počátečním stavu vahadla v anglickém překladu YOKE. Nakloněná verze poskytuje větší kroutící moment na začátku otevírání pohonu, ale při zavírání výrazně ztrácí a to díky páce, která je více nakloněná k pneumatickému válci.

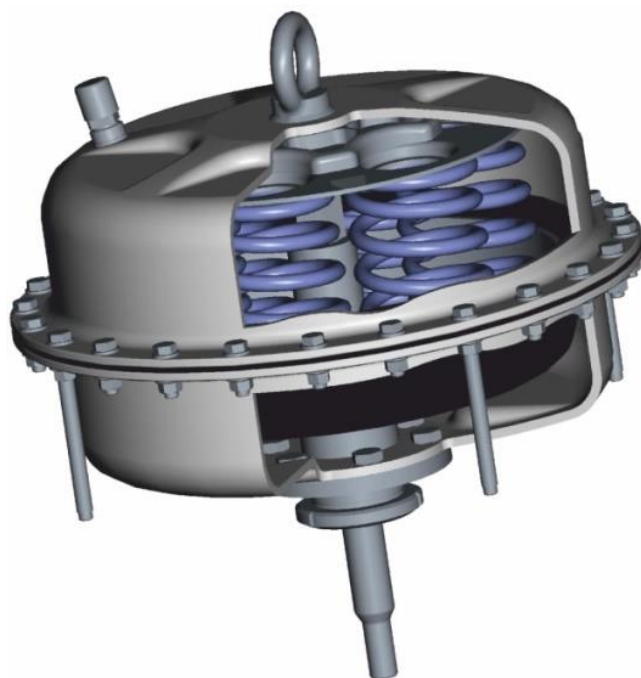
5.2.5 Membránové

Membránový pneumatický pohon (zobrazen na obrázku 46) se používají pro zdvižné armatury. Vyrábějí se v jednočinném provedení, jelikož musí mít kvůli konstrukci tvarovací plech, který zabrání ničení manžety při napouštění nebo vypouštění vzduchu tím, že manžetě brání ve volném pohybu a odebere jí tak stupně volnosti. Pružiny se vkládají pro držení plechu na správném místě a zajišťují návrat do uzavřené nebo otevřené polohy při výpadku vzduchu. Fungují na principu napouštění komory, kde nejsou umístěny pružiny, přičemž kruhový okraj membrány vyrobené z NBR je připevněn mezi 2 kryty. Tento typ pneumatického pohonu se nehodí pro velké zdvihy, a proto se používají u regulačních ventilů.

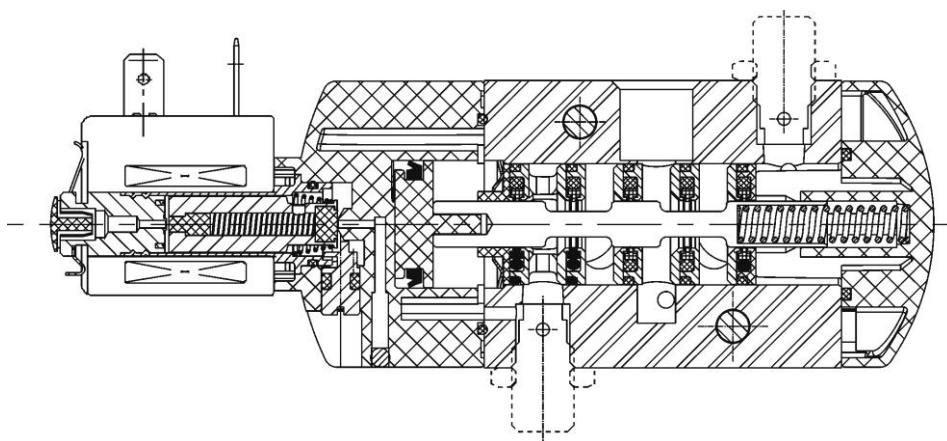
5.2.6 Příslušenství pneumatických pohonů

5.2.6.1 Ventily pro řízení, solenoidové ventily

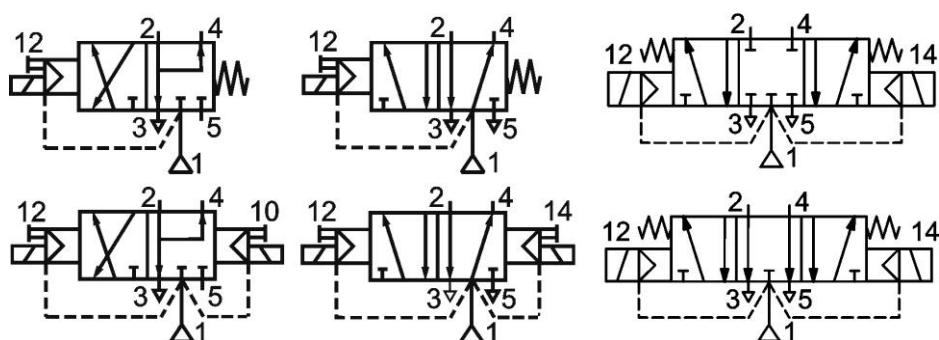
Solenoidové ventily nebo ventily pro řízení jsou zařízení pro rozvod vzduchu zpravidla z jednoho vstupu na vícero možných výstupů. Fungují díky pohybu tvarovanému čepu, který umožňuje přepouštění vzduchu z jednoho výstupu na druhý. Pohyb čepu nejčastěji ovládá solenoidová cívka a do původní polohy čep často uvádí pružina; tato konstrukce je uvedena na obrázku 47. Dalším druhem ovládání může být páka, tlačítko nebo přivedený tlakový vzduch.



Obr. 46) Jednočinný membránový pneumatický pohon [15]



Obr. 47) Monostabilní solenoidový ventil [60]



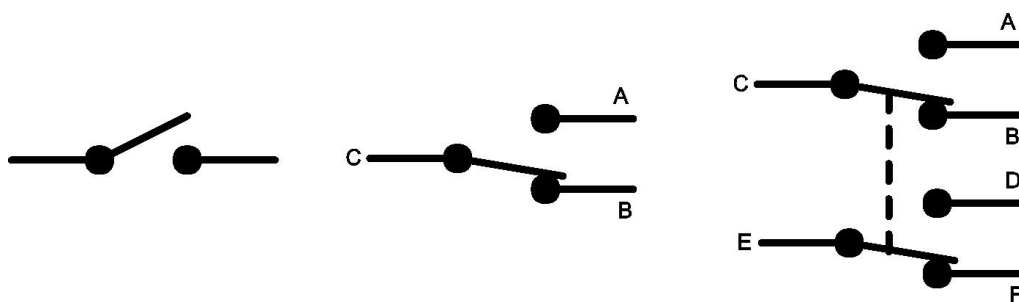
Obr. 48) Schématické znázornění základních přepouštěcích provedení solenoidových ventilů [60]

Tyto ventily se díky své schopnosti přepouštět tlak vzduchu z jednoho výstupu na druhý se používají k ovládnání pneupohonů. Existují i v provedení pro hydraulické pohony a tedy pro vyšší tlaky a kapaliny. Pokud je v daném procesu vícero ovládaných armatur, mohou se ventily pro řízení umístit do rozváděcí skříně. Nedoporučuje se pro vícero pneupohonů použít jeden ventil kvůli maximálnímu průtočnému množství. Maximální průtočné množství je takové množství vzduchu, které proteče ventilem za jednotku času. Pokud je tedy více pneupohonů, je i větší objem k naplnění vzduchem a jelikož ventilem proteče pouze určité množství vzduchu, tak pneupohony nedokáží měnit polohu za požadovaný čas. Pro zvýšení bezpečnosti může být vyvinut systém ovládnání skládající se z několika ventilů pro řízení a dalších pneumatických prvků. Schémata různých druhů provedení monostabilních i bistabilních solenoidových ventilů jsou uvedeny na obrázku 48.

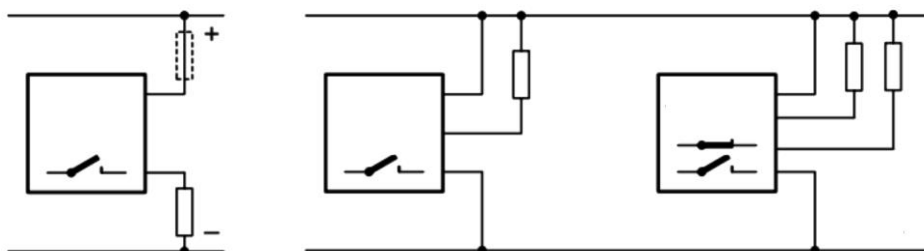
Důležitým ovládacím prvkem jsou škrťací ventily, které slouží k úmyslnému přiškrcení vzduchu a tím ke zpomalení otevírání nebo zavírání armatury. Škrťací ventily se vkládají mezi pneupohon a elektromagnetický ventil nebo za něj. K vizuální kontrole polohy elektromagnetického ventilu může být použit konektor s LED diodami.

5.2.6.2 Koncové spínače

Koncové spínače jsou zařízení určená ke zjištění stavu otočení nebo zdvihu armatury zaslané signálem do velína. Jsou umístěny na pneupohonu nebo na konzole zdvihové armatury. Používají se i v případě ručně ovládaných armatur, obvykle se umísťují nad armaturu nebo převodovku, ale vše záleží na daném typu armatury a možnostech uchycení a snímání. Pro snímání koncových poloh se standardně používají elektromechanické a indukční spínače. Mezi nejčastější požadavky patří umístění spínačů do boxů nebo optická lokalizace stavu otočení koncového spínače, takzvaný místní optický ukazatel. Boxy mohou být hliníkové, nerezové nebo plastové dle prostředí, ve kterém budou použity. Volí se proto s ohledem na vysokou nebo nízkou teplotu, dle stupně korozivní ochrany, dle prostředí s nebezpečím



Obr. 49) SPST vlevo, SPDT, uprostřed, DPDT vpravo [62]



Obr. 50) Dvoudrát vlevo, třídrát PNP i NPN uprostřed, Čtyřdrát PNP i NPN vpravo [15]

výbuchu nebo dle stupně krytí IP. Podmínkami prostředí, jak je uvedeno výše, se ale musí řídit všechna elektrická zařízení určená k ovládní nebo kontrolování průmyslových armatur. Elektromechanické spínače se vyrábějí v provedení SPST, SPDT a DPDT, což je schématicky vysvětleno na obrázku 49. Indukční snímače se vyrábějí v provedení dvou, tří nebo čtyřdrátovém, což lze vidět, a princip funkce pochopit, z obrázku 50.

5.2.6.3 Pozicionéry

Pozicionéry jsou zařízení určená k řízení polohy otočení nebo zdvihu při regulaci průtoku armaturou. Fungují na principu porovnávání měřené hodnoty, která je proměnná s hodnotou nastavenou. Některé pozicionéry mají neustálou spotřebu vzduchu, a to i když se armatura nepřestavuje. Spotřeba vzniká kvůli určování velikosti a směru odchylky. Zpětnou vazbu pozicioneru tvoří skutečný stav otočení nebo zdvihu armatury. Ten je přenášen přes páky na přepážku, a to ji tlačí blíže k trysce, tím se ale sníží průtok na trysce a zvýší se tlak na výstupu. V pneupohonu se tím zvýší tlak a změní stav zdvihu nebo otočení armatury. Rozdíl mezi tryskou a přepážkou se stabilizuje tak, že do pneupohonu jde vzduch potřebný k udržení nastavené hodnoty zdvihu nebo otočení. [2]

Požadovaná hodnota otočení nebo zdvihu se nejčastěji nastavuje za pomoci proudového nebo napěťového vstupního signálu 0-10V, 0-20mA, 4-20mA nebo pomocí tlakové hodnoty 0,2-1bar(g). Pozicionéry mohou být vybaveny koncovými spínači, vysílačem polohy nebo ukazatelem polohy.

Pokud pozicionéru vypadne napájení, automaticky spadne na svou nejnižší miliampérovou hodnotu. To zapříčiní uzavření armatury nebo její přestavení do původní polohy. Je-li tento stav nežádoucí, může se použít bezpečnostní nastavení, takzvaná jednotka „fail freeze“, která uzamkne pozicioner v současné poloze.

Pokud je třeba dálkově komunikovat s pozicionérem, využívá se digitální komunikace protokolem HART (Highway Addressable Remote Transducer), který probíhá po proudové smyčce. Takový pozicionér má přívlastek smart neboli chytrý. Díky HART komunikaci můžeme pozicionér nastavit nebo přenastavit, číst naměřené hodnoty, provádět vzdálenou diagnostiku nebo řešit poruchy a problémy. [43]

Boostry

Přes pozicionéry může proudit pouze omezené množství vzduchu za jednotku času, což je u velkých mnohalitrových pohonů komplikace, protože potřebují kvůli bezpečnostním funkcím být přestavovány rychleji. Boostry jsou zařízení, která umožní dodávat vzduch přímo do pneupohonu a zároveň mají s pozicionérem schopnost srovnávat pootočení armatury vzhledem k proudové nebo napěťové smyčce.

Existují i zařízení, kterým se říká boostry, ale ty mají funkci zvyšovat tlak vzduchu před spotřebičem vzduchu jako je pneumatický pohon. Vzhledem k tomu, že dvojčinné i jednočinné pneumatické pohony pracují v rozpětí od 2,5 bar do 8 bar, se tento typ boostrů nepoužívá.

5.2.6.4 Filtr-regulátor

Filtr-regulátor je zařízení pro čištění a tlakovou úpravu vzduchu. Obvykle se vkládá před pneupohon nebo solenoid. Jak název napovídá, skládá se ze dvou zařízení, filtr s filtrační vložkou s určitou filtrační schopností a regulátorem tlaku.

Filtr zachycuje mastnotu, prach a kondenzát. Aby bylo možné toto znečištění odstranit, používá se automatické, poloautomatické nebo manuální odkalování. Pokud je filtrační vložka znečištěna, může se z krytu filtru vyjmout a vyměnit nebo vymýt. Regulátor tlaku snižuje tlak na výstupu a funguje jako regulační armatury. V systému je nutností mít větší tlak vzduchu, než je nutný pro ovládání armatur. Pokud se přestavuje větší počet armatur, tlak rychle klesá. Z toho důvodu bývá ve vzdušníku, což je tlaková nádoba, tlak i více než 10 bar a je nutné jej před armaturou upravovat.

5.2.6.5 Rychloodvzdušňovací ventil

Standardně je odfuk řešen solenoidem, ten však nemusí požadované množství vzduchu z pneupohonu tak rychle přepustit. Rychloodvzdušňovací ventil, jak už název napovídá, se používá pro rychlé odvzdušnění jednočinných pneumatických pohonů, které se používají jako bezpečnostní a je třeba je rychle uzavřít. Rychloodvzdušňovací ventil se vkládá mezi pohon a solenoidový ventil.

5.3 Hydraulické pohony

Hydraulické pohony jsou konstrukčně stejné jako pohony pneumatické, jen se skládají z materiálů, které odolávají vysokým tlakům. Jsou menší a v případě dvojčinných pohonů jsou i lehčí. Hnacím médiem je hydraulický olej, který hydraulické čerpadlo stlačí i více než 210 bary. Proto je pístová část mnohem menší než u pneumatických pohonů. Hydraulický pohon musí odolávat vyšším tlakům a tím je dražší než pneumatické provedení, především co se rozvodů a čerpadla týká, ale dokáže při stejných velikostech a hmotnostech vyvinout mnohem větší sílu nebo kroutící moment a proto se lépe hodí na místa, kde se hodnotí každý gram váhy armatury a příslušenství. Na obrázku 52 lze vidět na pravé straně hydraulický pohon, který přetlačí pružinu a kroutící moment vyvozený od armatury. Tento typ hydraulického pohonu se nazývá Scotch yoke.

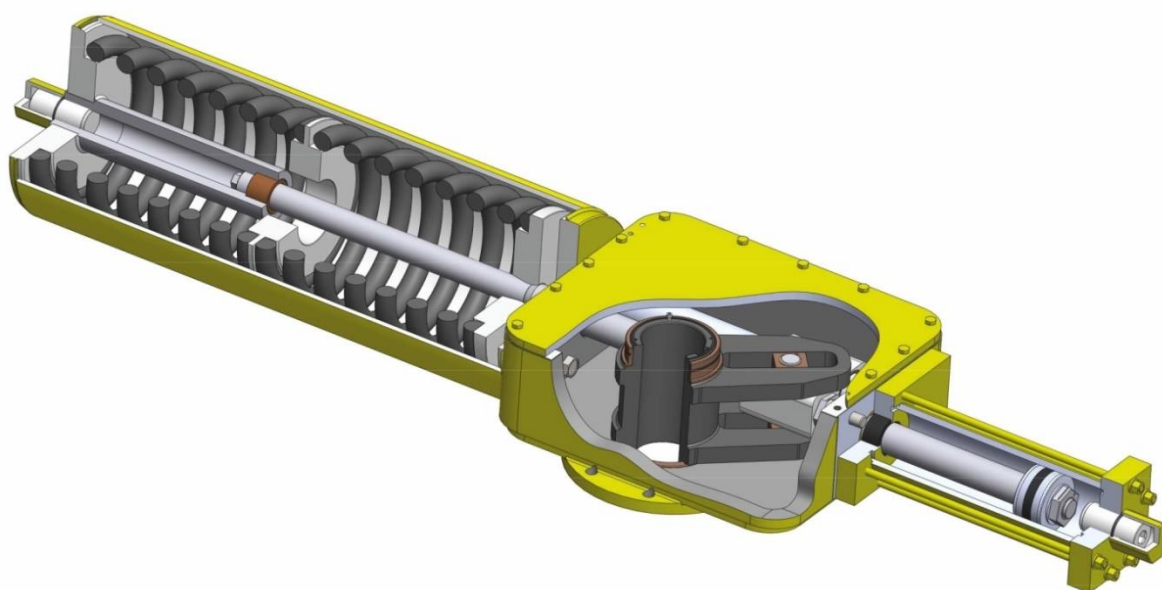
Hydraulické pohony typu „rack and pinion“ pracují za stejných tlaků jako pneumatické pohony v rozmezí 6-10 bar, jelikož jejich konstrukce neumožňuje vyšší tlak media.

5.4 Elektrohydraulické pohony

Velmi výhodný pohon v případech, kdy není dostupný jiný zdroj energie, nežli zdroj elektrický a kde jsou potřeba vysoké rychlosti přestavení armatury, které elektrické pohony nezvládnou. Jedná se o spojený z pravidla jednočinný hydraulický pohon „rack and pinion“ s čerpadlem a nádrží. Obě jednotky jsou spojeny hliníkovými destičkami a splňují obecné požadavky na bezpečnost procesu. Tento typ elektrohydraulického pohonu je společně s koncovým spínačem a s odpojitelnou převodovkou uveden na obrázku 51.



Obr. 51) Elektrohydraulický pohon s odpojitelnou převodovkou a koncovým spínačem [48]



Obr. 52) Jednočinný hydraulický pohon „Scotch Yoke“ [48]

5.5 Elektropohony

Elektropohony jsou konstrukčně mnohem složitější než pohony pneumatické, protože musí mít převodovku, řídicí desku elektromotor apod. Díky tomuto vybavení jsou mnohem dražší, ale nepotřebují tlakový vzduch pro ovládní jako pneumatické pohony. Jelikož musí být použita převodovka, pohybují kouli, talířem nebo zdvihají kuželku mnohem pomaleji. Převodovky elektropohonů pro ovládní armatur se vyrábí pro zdvihové a čtvrtotáčkové armatury. Protože je převodovka nezbytnou součástí, lze elektrické pohony použít pro velké kroučící momenty.

Jednou z ochran elektropohonů může být omezovač kroutícího momentu. Ten v případě nenadálého zvýšeného odběru kroutícího momentu způsobí zastavení elektrického pohonu a vydá upozornění hlášení o poruše svítící LED diodou na elektropohonu nebo v řídicí centrále. Další výhodou elektropohonů bývají zabudované elektromechanické či jiné koncové spínače, hlášení o poruše, optický ukazatel polohy nebo nouzové ruční ovládání.

Pro nízké kroutící momenty je možno použít stejnosměrného napájení 12-48 VDC. Připojení je nejčastěji přes svorkovnici nebo konektor. Pokud je elektrické připojení přes svorkovnici, pak je do krytu elektropohonu vyveden kabel, který je utěsněn průchodkou.

Některé z průmyslových aplikací vyžadují možnost otočení o 180°. Pneumatické pohony potřebují příliš dlouhé těleso a nejsou k tomuto účelu vhodné. Konstrukci elektropohonů, jak hardwarově, softwarově tak i převodově, je možné uzpůsobit pro otočení o 180° s možností zastavení po 90°.

Pokud bude elektropohon použit ve venkovním prostředí, například v našich klimatických podmínkách, je velmi pravděpodobné, že díky tepelnému zahřívání elektromotoru a okolní chladné teplotě může teplota uvnitř krytu elektropohonu dosáhnout rosného bodu. Kondenzát může způsobit zkrat základní desky a tím zničit elektropohon. Aby bylo zabráněno vzniku kondenzátu, používá se topný odpor. Ten zvýší teplotu uvnitř elektropohonu a zamezí tvorbě kondenzátu.

5.5.1 Zatěžovatel (duty cycle)

Při přeměně elektrické energie na mechanickou se v elektropohonu část elektrické energie přemění na energii tepelnou, což je nežádoucí jev, který se nedá odstranit. Jmenovitý výkon elektropohonu musí být takový, aby teplo vytvořené elektromotorem nepřekročilo oteplení příslušné izolační třídy vinutí, ale měl by být navržen tak, aby se k tomuto oteplení přiblížilo. Tepelná třída izolace se pohybuje od 60 do 125°C a jednotlivé hodnoty jsou označeny písmeny A-H. Zatěžovatel nabývá hodnot od 10% do 100%. Pokud je zatěžovatel 30% znamená to, že čas běhu elektromotoru je 30% z celkového času (100%) kdy dojde k vychladnutí motoru na původní teplotu což je teplota okolí. [49]

Tabulka 6) Druhy zatížení

Označení zatížení	Druh zatížení
S1	Trvalé zatížení
S2	Krátkodobý chod
S3	Přerušovaný chod
S4	Přerušovaný chod s rozběhem
S5	Přerušovaný chod s elektrickým brzděním
S6	Přerušované zatížení
S7	Přerušované pravidelné zatížení s elektrickým brzděním
S8	Přerušované pravidelné zatížení se změnami otáček spojenými se změnami zatížení
S9	Nepravidelné zatížení a změny otáček
S10	Zatížení s nespojitými stálými zatíženími

Příklad

Pro lepší představu o zatěžovateli uvádím příklad k přesnému vyložení. Čas přestavení čtvrtotáčkového elektromotoru je 6 sekund a zatěžovatel má 30%. Pro přestavení o 90 stupňů potřebuje tedy 6 vteřin. Pro úplné vychladnutí motoru po ukončení přestavovacího cyklu je třeba 14 vteřin. Trojčlenkou zjistíme, že pokud 30% času je 6 vteřin, 100% času je 20 vteřin. Cyklus oteplování tedy trvá 6 vteřin a ochlazování 14 vteřin. Se zatěžovatelem se podle normy IEC 34-1 uvádí i druhy zatížení, které jsou značeny S1 až S10. Tyto druhy zatížení jsou uvedeny v tabulce 6. [53]

Pokud je tedy elektropohon v neustálém běhu, může dojít k přehřátí motoru. Aby k této situaci nedošlo používá se tepelného spínače na vynutí cívky motoru, které elektromotor vypnou. Po ochlazení opět dojde k znovu zapnutí elektromotoru. [53]

5.5.2 Pozi elektropohon

Pozi nebo taky polohový elektropohon je vybaven dalším hardwarem a softwarem pro naprosto přesné nastavení polohy zdvihu nebo otočení. Stejně jako u pozicionérů je elektropohon možno ovládat 0-20mA, 4-20mA nebo 0-10V. Aby bylo možno kontrolovat polohu, používá se zpětnovazební vysílač, který zasílá informaci do řídicího střediska ve stejné formě jako ovládací napájení. Kvůli dalšímu hardwaru a softwaru jsou pozi elektropohony velmi drahou záležitostí, z toho důvodu se využívá 3 bodové zapojení elektropohonu, díky kterému lze armaturu zastavit v určité poloze. [49]

5.5.3 Fail safe elektropohon

Je bezpečnostní typ elektropohonu, který je vybaven záložním zdrojem (bateriemi) a tím dokáže přestavit armaturu v případě výpadku elektrické energie. Může se použít jako alternativní náhrada za jednočinný pneumatický pohon v těch místech, kde není možno přivedení tlakového vzduchu. Elektropohony se záložními zdroji se vyrábí pouze do určité velikosti kroutících momentů elektropohonů kvůli omezenému výkonu baterií. [49]

6 NÁVRH VHODNÝCH ARMATUR

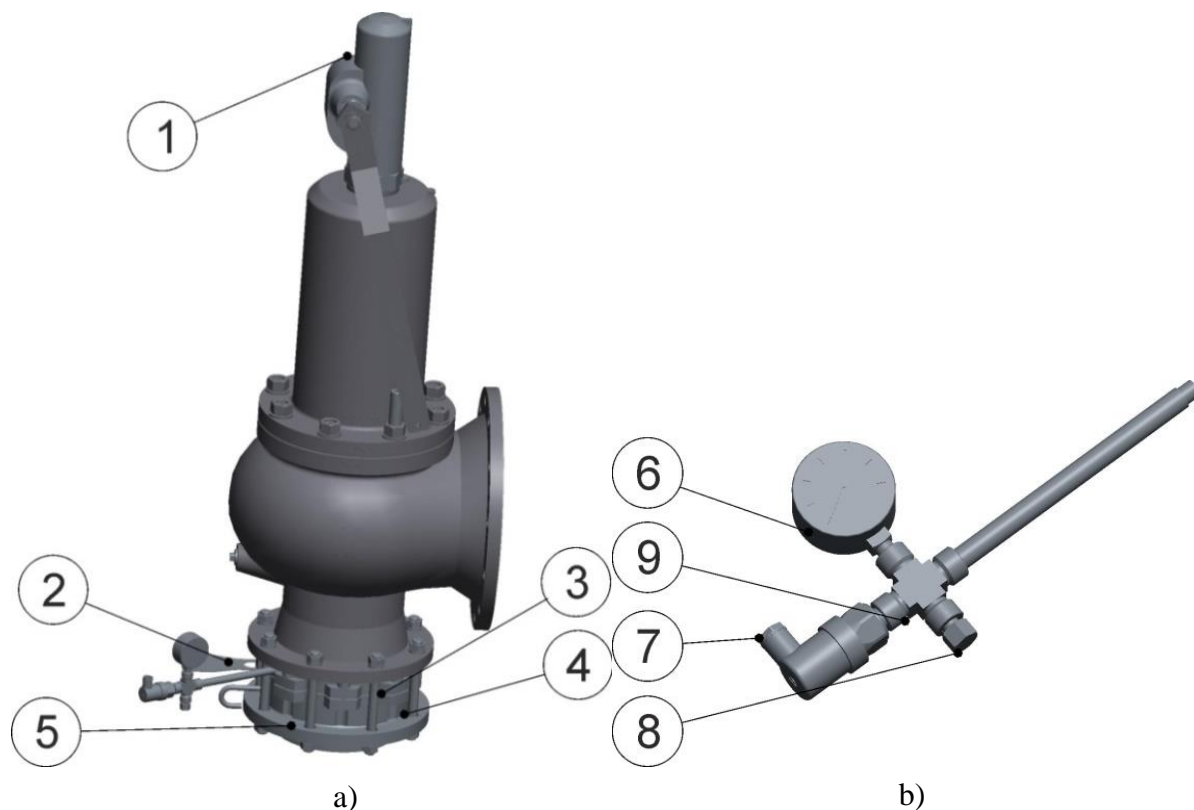
6.1 Výpočet zaručeného výtoku pojistného ventilu

Základní vstupní parametry pro návrh byly zjištěny z realizovaného projektu firmy BS&B Safety Systems. Úkolem bylo navrhnout průtržnou membránu o světlosti DN200 s otvácím tlakem 6 bar(a) na Vinyl chlorid při teplotě 150°C.

6.1.1 Popis současného stavu poznání

Vinyl chlorid je chemická látka, která se vyjadřuje vzorcem C_2H_3Cl , a která se používá k výrobě jejího polymeru PVC (celým názvem polyvinylchlorid). Jedná se o extrémně hořlavou, toxickou a karcinogenní látku. Pro toto medium musí být použita kombinace průtržná membrána ② s pojistným ventilem ①, jelikož je vyžadován nulový únik vinylchloridu z provozu. Při užití této kombinace musí být zaručeno, aby průtržná membrána ② nefragmentovala a nepoškodila nebo nezničila pojistný ventil ①. Čísla v kruhu jsou v tomto a následujícím odstavci referenční odkazy k obrázku 53a) a 53b). [50]

Uhlíková i nerezová ocel je za běžných podmínek na vinyl chlorid použitelná, ale plastové materiály a elastomery s touto látkou reagují, proto vhodné nejsou. Pro použití v chemickém závodě na výrobu PVC se doporučuje použít ochranu proti korozi. Volba nerezového materiálu je velmi vhodná. Při tomto mediu a teplotě 150°C se však i nerezová ocel stává dlouhodobě nevhodnou a to je další důvod k použití průtržné membrány ②.[64]



Obr. 53) Sestava pojistného ventilu a průtržné membrány vpravo; příslušenství vlevo

Aby membrána dlouhodobě odolávala zadaným podmínkám, je použití MONELOVÉ membrány s teflonovou folií doporučenou volbou. Pro držák membrány, který se skládá z horní ③ a spodní příruby ④ je doporučena nerezová ocel s teflonovým nástřikem. Aby byly splněny všechny bezpečnostní podmínky, například z důvodu koroze nebo poškození průtržné membrány ②, je nutné sledovat stav tlaku mezi průtržnou membránou ② a pojistným ventilem ①. Je-li sestava umístěna mimo dosah kontroly, je nutné sestavu vybavit tlakovým spínačem ⑦. Pro testování pojistného ventilu je nutné mít další otvor pro přívod tlakového dusíku, k čemuž slouží otvor zaslepený zátkou ⑧ a manometr ⑥, který slouží i k přímé kontrole stavu tlaku mezi průtržnou membránou ② a pojistným ventilem ①. [15]

Sestava musí být provedena podle ČSN EN ISO 4126-3. Úkolem je výpočet zaručeného výtoku z pojistného ventilu. Pro výpočet je uvažovaná plynná forma vinylchloridu. [14]

6.1.2 Volba pojistného ventilu

Jak je uvedeno výše, musí být použit pojistný ventil. Pojistný ventil nebude vystavován účinkům vinyl chloridu dlouhodobě, a to i v případě korozního selhání membrány a úniku media do prostoru mezi průtržnou membránou a pojistným ventilem, jelikož se v tomto prostoru zvyšuje tlak media, který je odhalen kontrolory na místním manometru nebo tlakovým spínačem, který vyšle signál o změně tlaku do řídicího střediska. Po zjištění úniku by měl být proces odstaven a membrána nahrazena za novou. Z výše uvedeného vyplývá, že můžeme bezpečně zvolit nerezový materiál 1.4408. Pro tuto aplikaci volím plnozdvížný, přírubový pojistný ventil s uzavřeným krytem a odlehčovací pákou.

6.1.2.1 Parametry pojistného ventilu

Tyto parametry vycházejí ze zvoleného plnozdvížného pojistný ventilu firmy VYC [51] a parametry media vychází ze zdroje [50].

Výtokový součinitel: $\alpha = 0,52$ [-]

Nejmenší průřezný průměr: $d_o = 155 \text{ mm} \Rightarrow A_o = 18870 \text{ mm}^2$

Molekulová hmotnost: $M = 62,5 \text{ g/mol}$

Měrná tepelná kapacita při konstantním tlaku:

$c_p = 53,625 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ (při 1,013 bar(g) a 25°C)

6.1.2.2 Výpočet zaručeného výtokového součinitele

Zaručený výtokový součinitel α_w je poměr skutečného a teoretického výtoku sníženého o 10% kde poměr skutečného a teoretického výtoku α , vychází z konstrukce pojistného ventilu a experimentálně jej stanovuje výrobce. Zaručený výtokový součinitel se tedy vypočítá podle rovnice (1).

Vstupní údaje:

$\alpha = 0,52$

Zaručený výtokový součinitel [13]

$$\alpha_w = \alpha \cdot 0,9 \quad (1)$$

$$\alpha_w = 0,52 \cdot 0,9$$

$$\alpha_w = 0,468 [-]$$

6.1.2.3 Výpočet funkce izoentropického exponentu

Izoentropický exponent χ a je potřebný pro výpočet funkce izoentropického exponentu C a vypočítá se podílem měrné tepelné kapacity při konstantním tlaku c_p měrnou tepelnou kapacitou při konstantním objemu c_v jak je uvedeno v rovnici (4). Jelikož z media vinyl chlorid je známa pouze hodnota c_p , je nutno dopočítat hodnotu c_v pomocí Mayerového vztahu (3). Z Mayerova vztahu je však neznámá plynová konstanta r , kterou dopočítáme pomocí vzorce pro výpočet plynové konstanty (2). Pro tento výpočet je uvažován vinylchlorid jako ideální plyn. Funkce izoentropického exponentu se vypočítá podle rovnice (5). [13]

Vstupní údaje:

$$R_m = 8314,3 \text{ J} \cdot \text{k}_{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$M = 62,5 \text{ g/mol}$$

$$c_p = 53,625 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \text{ (při } 1,013 \text{ bar(g) a } 25^\circ\text{C)}$$

Výpočet plynové konstanty

$$r = \frac{R_m}{M} \quad (2)$$

$$r = \frac{8314,3}{62,5}$$

$$r = 133,03 \text{ [J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$$

Výpočet měrné tepelné kapacity při konstantním objemu.

Mayerův vztah

$$c_p - c_v = r \Rightarrow c_v = c_p - r \quad (3)$$

$$c_v = |79,405 - 133,03|$$

$$c_v = |79,405| \text{ [kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$$

Výpočet izoentropického exponentu

$$\chi = \frac{c_p}{c_v} \quad (4)$$

$$\chi = \frac{53,625}{79,465}$$

$$\chi = 0,675 [-]$$

Výpočet funkce izentropického exponentu [13]

$$C = 3,948 \cdot \sqrt{\chi \cdot \left(\frac{2}{\chi+1}\right)^{\frac{\chi+1}{\chi-1}}} \quad (5)$$

$$C = 3,948 \cdot \sqrt{0,675 \cdot \left(\frac{2}{0,675+1}\right)^{\frac{0,675+1}{0,675-1}}}$$

$$C = 2,054 [-]$$

6.1.2.4 Určení typu výtoku

K určení typu výtoku, tedy určení, zda je nadkritický nebo podkritický, zjistíme podle vztahu (8). Pro výpočet je třeba znát skutečný tlak na vstupu (6) pojistného ventilu při plném otevření, protitlak při plném otevření (7), izentropický exponent a jednotlivé dílčí tlaky. [13]

Vstupní údaje:

$$p_o = 6 \text{ bar}(a)$$

$$p_{pc} = 1 \text{ bar}(a)$$

$$p_p = 0 \text{ bar}(a)$$

$$K_{op} = 10\% \Rightarrow 1,1$$

Výpočet tlaku při plném otevření [13]

$$p_{max} = p_o \cdot K_{op} \quad (6)$$

$$p_{max} = 6 \cdot 1,1$$

$$p_{max} = 6,6 \text{ bar}(a) = p_1$$

Výpočet protitlaku při plném otevření [13]

$$p_2 = p_p + p_{pc} \quad (7)$$

$$p_2 = 0 + 1$$

$$p_2 = 1 \text{ bar}(a)$$

Určení typu výtoku [13]

$$\frac{p_2}{p_1} \leq \left(\frac{2}{\chi+1}\right)^{\frac{\chi}{\chi-1}} / \frac{p_2}{p_1} > \left(\frac{2}{\chi+1}\right)^{\frac{\chi}{\chi-1}} \quad (8)$$

$$\frac{1}{6,6} \leq \left(\frac{2}{0,675+1}\right)^{\frac{0,675}{0,675-1}}$$

$$0,15 < 0,6919 \Rightarrow \text{Nastává kritický výtok}$$

6.1.2.5 Výpočet měrného objemu

Pro výpočet měrného objemu využijeme stavové rovnice ideálního plynu (9)(10), kde je třeba znát parametry procesu. [13]

Vstupní údaje:

$$t = 150^{\circ}C$$

$$r = 133,03 [J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$$

$$p_1 = 6,6 \text{ bar}(a)$$

Výpočet termodinamické teploty

$$T = t + 273,15$$

$$T = 150 + 273,15$$

$$T = 423,15^{\circ}K$$

Stavová rovnice ideálního plynu

$$p \cdot v = r \cdot T \Rightarrow v = \frac{r \cdot T}{p_1} \quad (9)$$

Výpočet měrného objemu

$$v = \frac{r \cdot T}{p_1} \quad (10)$$

$$v = \frac{133,03 \cdot 423,15}{6,6 \cdot 101300}$$

$$v = 0,085 [m^3 \cdot kg^{-1}]$$

6.1.2.6 Výpočet zaručeného výtoku

Výpočet zaručeného výtoku se vypočítá podle rovnice (11). [13]

Vstupní údaje:

$$d_o = 155 \text{ mm} \Rightarrow A_o = 18870 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_w = 0,468 [-]$$

$$C = 2,054 [-]$$

$$p_1 = 6,6 \text{ bar}(a)$$

$$v = 0,085 [m^3 \cdot kg^{-1}]$$

Vzorec pro výpočet zaručeného výtoku [13]

$$Q_z = 0,9117 \cdot A_o \cdot \alpha_w \cdot C \cdot \sqrt{\frac{p_1}{v}} \quad (11)$$

$$Q_z = 0,9117 \cdot 18870 \cdot 0,468 \cdot 2,054 \cdot \sqrt{\frac{0,66}{0,085}}$$

$$Q_z = 46082 \text{ kg/hod}$$

Zaručený výtok z pojistného ventilu je 46082 kg/hod plynu. Skutečný výtok plynu může být vyšší, jelikož byly ve výpočtu zahrnuty různé redukční součinitele.

6.2 Navržení automatizované armatury

V zadání této diplomové práce bylo navrhnout a zvolit vhodnou armaturu, včetně ovládání dle parametrů a požadavků zákazníka. V takových případech, jako je tento, se zpravidla klapky již vyrobené přiřazují k požadovanému procesu a to z důvodu ceny a dodacích termínů, kde vyrobít armaturu od počátku může trvat i více než 20 týdnů. Můžeme říct, že se armatury porovnávají s odolnostmi a vhodným použitím dle výrobního programu dodavatele. Pouze armatury velkých světlostí nebo armatury, které jsou navrhovány technologií a konstruktéry se vyrábějí na míru, z tohoto důvodu se armatury standardně vyrábí z určitých materiálů, jako v případě nerezů 1.4408, což je chemicky odolný materiál nebo uhlíkové oceli 1.0619. Stejně tak se používají i měkká těsnění. Více o materiálech těles nebo materiálech měkkotěsnících lze nalézt v kapitole 4.1 a 4.2.

6.2.1 Zadávací parametry automatizované průmyslové armatury

Základní vstupní parametry pro návrh byly zjištěny z nabídkového řízení firmy VALVE CONTROL s.r.o. Zadání je záměrně voleno na hranici sériově vyráběných klapek.

Nabídka měla být vystavena pro zadávací parametry: [15]

Regulační armatura před reaktorem

Požadovaná světlost: DN200

Doporučený typ armatury: Čtvrtotáčková klapka se závitovými oky

Doporučené těsnicí materiály: PTFE

Vhodnost materiálů pro media: Hydroxid sodný, kyselina dusičná a hlavně organické látky

Teplota media: -25°C až +150°C

Teplota okolí: 20°C až 25°C

Tlak: 0 až 6 bar(a), požadavek na vyhovění vakuu

Požadavek na ATEX: II 2 G Ex i IIB T3

Požadavek na potravinářský certifikát, TA-LUFT

Ovládání: jednočinným pneumatickým pohonem FC (NC)

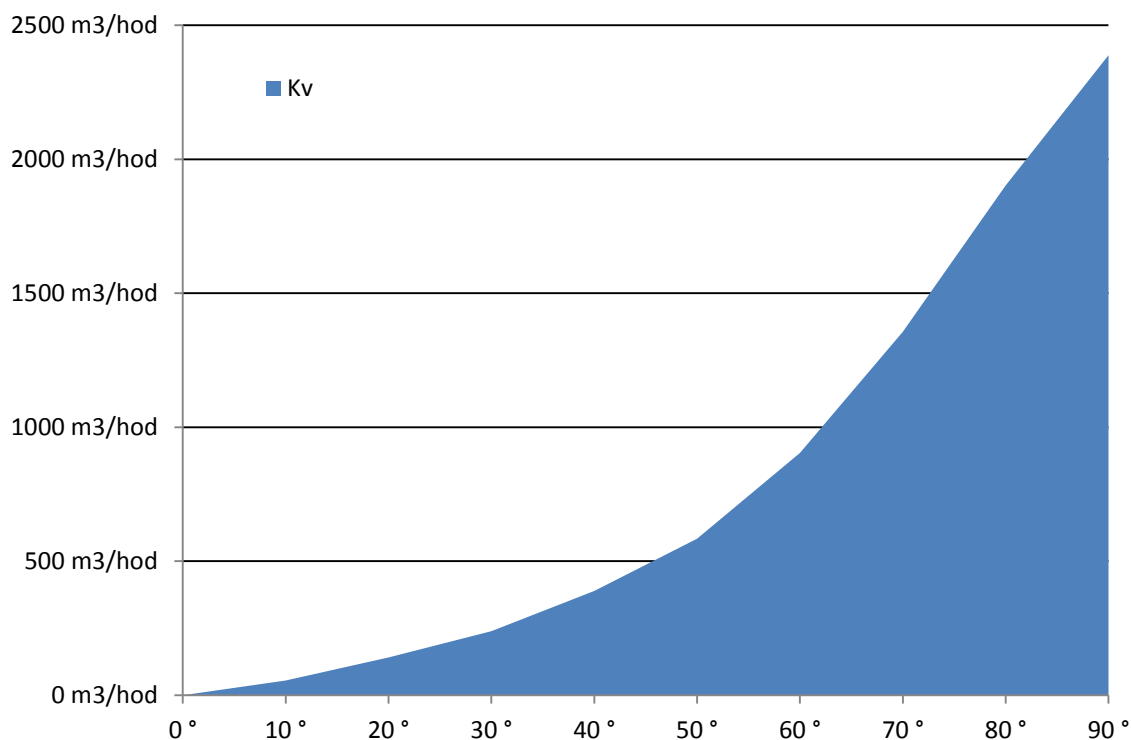
Tlak ovládacího vzduchu: 6 bar(g), možnost redukce a čištění tlaku vzduchu

Požadavek na nouzové ruční ovládání ručním kolem

Pozicioner: Ovládání i zpětná vazba 4-20mA, HART protokol

6.2.2 Návrh klapky

V našem případě zákazník zadal požadovanou světlost klapky. Pokud by se tak nestalo, bylo by k vhodnému návržení nutné znát tlak na vstupu, tlak na výstupu, požadované maximální průtočné množství, teplotu media a typ media nebo jeho hustotu. Z těchto parametrů spočítáme průtokový součinitel, takzvanou hodnotu K_v .



Obr. 54 Velikost hodnoty K_v v závislosti na otočení talíře klapky [23]

Průtokový součinitel K_v vyjadřuje objemový průtok vody v m³/hod, při teplotě 20°C a tlakovém spádu 1 bar za daných podmínek nastavení regulačního členu. Každý typ armatury má různou hodnotu K_v , kde tuto hodnotu experimentálně stanovuje výrobce armatur.

Na obrázku 54 lze vidět graf závislosti hodnoty K_v navrhované klapky vzhledem k pootočení klapky z uzavřené do otevřené polohy. Z tohoto grafu lze vyčíst, že klapkou proteče téměř 2500m³ vody za hodinu při ztrátě tlaku 1 bar. Modře podbarvená část grafu je lokalita hodnoty K_v . Z této lokality vyplývá, že při otočení disku na konkrétní úhel proteče klapkou určité množství vody při ztrátě tlaku 1 bar. [23]

6.2.2.1 Popis tělesa - LUGU

Dle požadavků zákazníka musí být těleso klapky se závitovými oky. Tento typ tělesa se nazývá LUG a těleso klapky je odlito tak, aby v určitých místech mohly být vyvrtány díry a následně vyřezány závity. Umístění vyvrtávaných děr určuje norma ČSN EN 1092-1 pro příruby a přířubové spoje. Místo vrtání lze zjistit z uvedené normy. Tyto rozměry jsou shodné pro všechny přířubové nebo mezipřířubové armatury, kde jediným kritériem je světlost armatury DN a tlaková řada PN. Existují i další normy týkající se připojení armatury do potrubí.

6.2.2.2 Výběr klapky, certifikace

Dvou-excentrická klapka BRAY byla zvolena z důvodu potřeby zákazníka mít certifikátu FDA spolu s prohlášením o shodě 94/9/CE ATEX. Původně navrhovaná centrická, výstelková klapka s černým antistatickým teflonem, který získává svou barvu díky dalším přísadám pro zlepšení vodivosti, kde tyto přísady nesmí být přítomny, aby klapka získala certifikát FDA. Výrobce klapky BRAY vydal prohlášení o splnění požadavků pro získání certifikátu FDA pro bílé PTFE. Navrhovaná klapka prošla atesty a splnila podmínky pro udělení certifikátu TA-LUFT. Tyto zkoušky byly provedeny na klapkách certifikační laboratoří TÜV. Tato klapka také musí splňovat i podmínky stanovené evropskou směrnicí 97/23/ES PED. [23]

U dvou-excentrické klapky talíř dosedá do tělesa téměř bez tření. Nevýhodou je, že materiál tělesa bude přímo vystaven působením protékajících tekutin. Více je popsáno v kapitole 4.3.3.3.

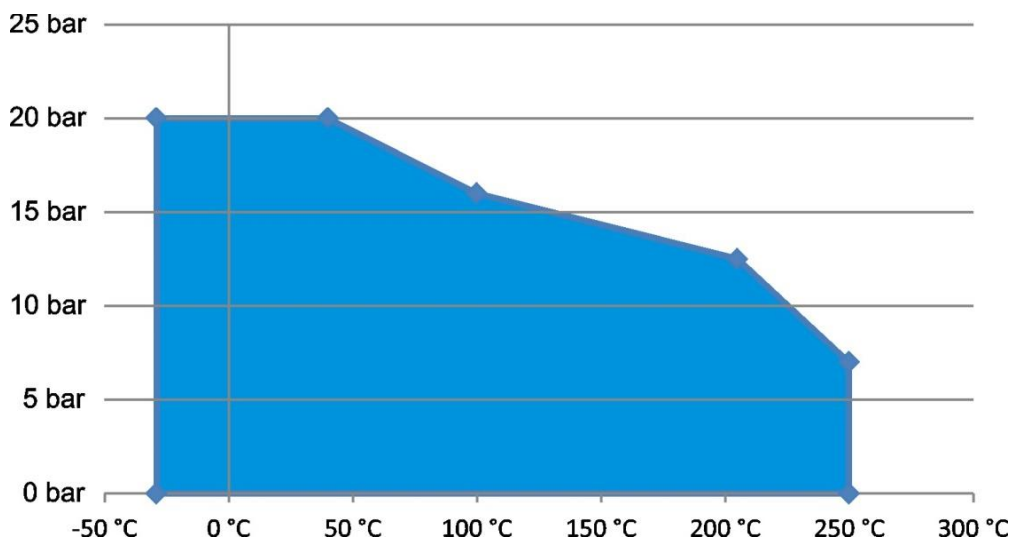
Popis těsnícího elementu

Těsnícím elementem je kroužek, který je vložen do tělesa a je přidržován tlačnou přírubou. Na tento těsnící element dosedá talíř klapky, který putuje z otevřené do uzavřené polohy po excentrické dráze. Těsnící element je na obrázku 56a) označen.

6.2.2.3 Posouzení materiálů

Hlavním médiem je organická látka. Hydroxid sodný a kyselina dusičná jsou používány v nízkých koncentracích pro čištění potrubí. Z toho důvodu musí být austenitická nerezová ocel 1.4408 dostačující. Výrobce navrhované klapky garantuje vhodnost na hydroxid sodný. Vhodnosti materiálu na kyselinu dusičnou bylo provedeno dle [64] a firemních tabulek odolností. Pro těsnící element a ucpávku je vybrán materiál PTFE. [15]

Po selekci materiálů je nutné provést posouzení na odolnost dané klapky na teplotu a tlak. Toto posouzení vyčteme z diagramu teplota-tlak pro danou armaturu a v některých případech musí být zahrnuta světlost armatury. Posouzení se provádí pro průřez maximální teploty a maximálního tlaku. Tyto průřezky musí ležet v diagramu teplota-tlak v použitelné zóně. Použitelná zóna je označena modrým vybarvením. Tento diagram stanovuje výrobce, kde základní použitelnost určují materiály těles a těsnění. Z diagramu teplota-tlak, který je uveden na obrázku 55 můžeme bezpečně usoudit, že armatura vyhoví na zadanou teplotu a zadaný tlak.



Obr. 55) Tlakově teplotní závislost navržené klapky [23]

6.2.2.4 Posouzení klapky na vakuum

V procesu se absolutního vakua nikdy nedosáhne. Tato klapka je vhodná od 3 Pa(a) bez speciální vakuové úpravy. Tuto odolnost zaručuje samotná konstrukce dvou-excentrické klapky díky dosedání talíře na těsnící element. Tuto odolnost na vakuum zaručuje výrobce. [23]

6.2.2.5 Připojení klapky pro ovládání

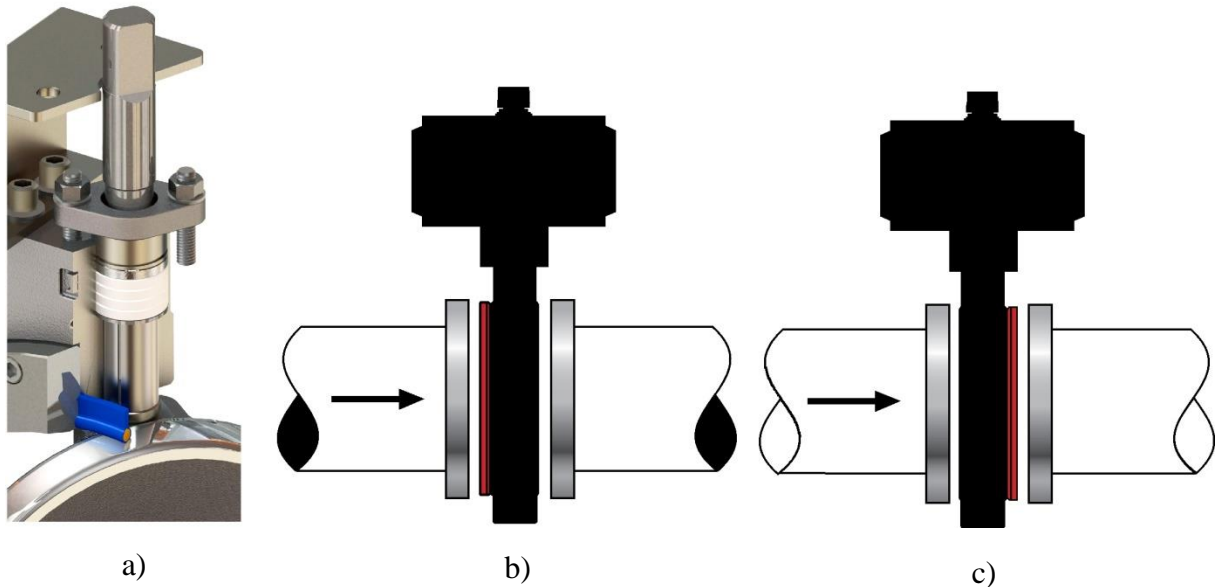
Navrhovaná klapka má dotahovací ucpávku jako uzavírací ventily. Kvůli této konstrukci je nutná prodloužená hřídel a konzola, která nebude zasahovat do přítlačné desky. Tato konzola je uchycena přímo do tělesa dle standardů výrobce a pro připojení k pohonu má čtyři díry na roztečné kružnici typ F10 dle normy ISO 5211. Hřídel této klapky o průměru 22 mm má zploštění 16 mm. Skladba ucpávky, tlačná příruba a konzola je zobrazena v řezu na obrázku 56a), kde lze vidět i zploštění hřídele a přítlačnou desku, která dotahuje ucpávku. [23]

6.2.2.6 Kroutící moment navrhované klapky

Dvou-excentrické klapky mají menší kroutící moment než klapky měkkotěsnící centrické, jejichž nevýhodou ale je, že tento kroutící moment může mít různé průběhy v závislosti na diferenčním tlaku, směru a typu průtoku a umístění klapky tlačnou přírubou po nebo proti směru proudění. Tlačná příruba je zobrazena na obrázku 56b) a 56c) červenou barvou, kde obrázek 56b) znázorňuje tlačnou přírubu umístěnou v potrubí proti směru proudění a 56c) zobrazuje tlačnou přírubu po směru proudění. V tomto případě budeme počítat pouze s nejvyšším kroutícím momentem daný výrobcem pro umístění klapky proti směru proudění a s diferenčním tlakem 10 bar(g), abychom se ujistili, že pneumatický pohon klapkou bezpečně otočí. Tento kroutící moment je 169Nm a lze jej nalézt v [23]. V obrázku 55 lze nalézt maximální kroutící moment, kterým může pneumatický pohon na hřídel klapky působit, aby ji nepoškodil nebo nezničil ukroucením v případě nečekaného zastavení klapky v mezipoloze zaviněné cizím tělesem. Tato hodnota je vynesena v obrázku červenou čarou. [23]

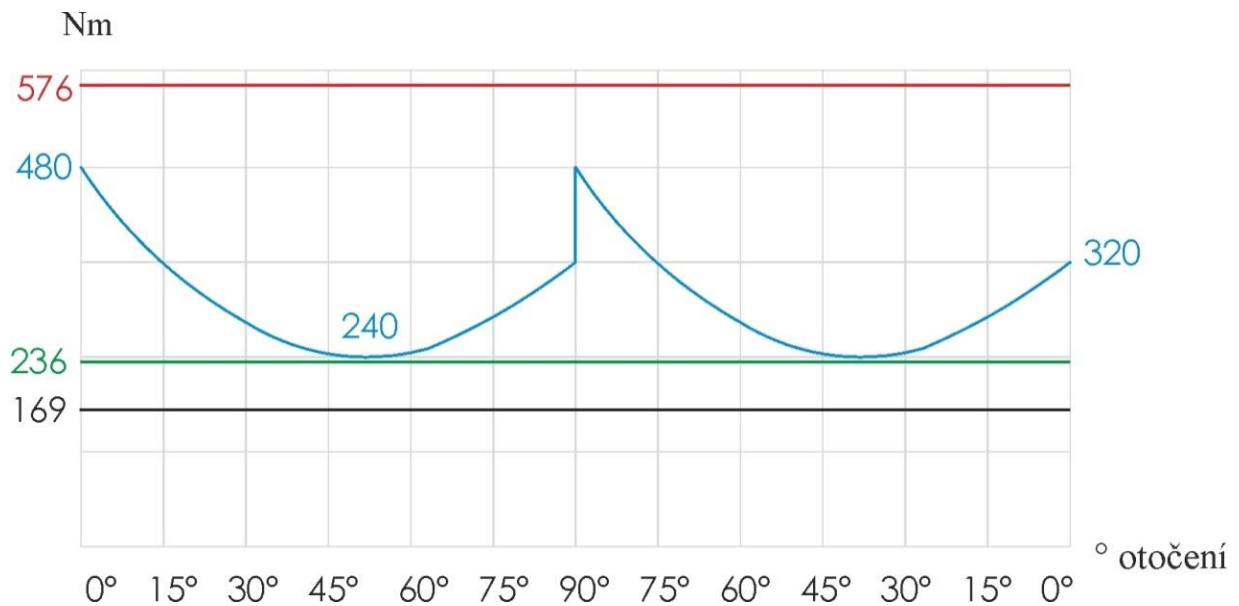
6.2.3 Návrh pneumatického pohonu

Při návrhu pneumatického pohonu je nutné přihlédnout na velikost a průběh kroutícího momentu. Ten vychází z konstrukce pneupohonu a tlaku přiváděného vzduchu. Více o průběhu kroutícího momentu lze nalézt v kapitole 5. V obrázku 57 je průběh kroutícího momentu navrhovaného pneumatického pohonu OMAL zobrazen modrou barvou. Maximální hodnotu 480 Nm má tento pneumatický pohon v počáteční poloze, při pootočení o 50° má poloviční kroutící moment, nežli na začátku a těsně předtím, než je armatura otevřená, má kroutící moment 360Nm. V zadání je požadavek na bezpečnostní funkci pneumatického pohonu „fail close“. Této funkce docílíme jednočinným pneumatickým pohonem, který je přestaven pomocí pružin do původní polohy při shození napětí na pozicionéru. Pozicionér v případě shození napětí reaguje, jako by byla nastavena hodnota 4mA. Tedy při zadání hodnoty na pozicionéru menší než 20mA začne pozicionér z komory odpouštět vzduch a pružiny v tomto okamžiku vyvozují kroutící moment, který působí na hřídel armatury silou 480Nm, při pootočení o 50° vyvozují pružiny kroutící moment poloviční a těsně před koncovou polohou vyvozují pružiny kroutící moment o hodnotě 360Nm. [43]



Obr. 56) Řez navrženou klapkou vlevo; klapka s tlačnou přírubou umístěnou proti proudu uprostřed; klapka s tlačnou přírubou umístěnou po proudu vpravo [23]

Krouticí moment potřebný pro otočení navrhouvanou klapkou je uveden na obrázku 55, kde je zobrazen černou čarou. Tento krouticí moment je z bezpečnostních důvodů nutné povýšit o bezpečnostní faktor. V tomto případě volím standardní bezpečnostní faktor firmy VALVE CONTROL s.r.o., který činí 40%. Při vynásobení krouticího momentu klapky bezpečnostním faktorem (1,4) dostaneme hodnotu 236,6 Nm. Tato hodnota je v obrázku 57 zobrazena zelenou barvou. [15]



Obr. 57) Krouticí moment klapky; Krouticí moment klapky se zahrnutím bezpečnostního faktoru; krouticí moment pneumatického pohonu; maximální dovolený krouticí moment pro hřídel klapky [15] [23]

6.2.3.1 Posouzení navrhovaného pneumatického pohonu

Standardně platí, že maximální kroutící moment vyvozený od armatury v součinu s bezpečnostním faktorem musí ležet pod minimální hodnotou kroutícího momentu, který je vyvozen pneumatickým pohonem. V tomto případě, jak lze z obrázku 57 vidět, leží čára maximálního kroutícího momentu armatury vynásobená bezpečnostním faktorem nad křivkou průběhu pneumatického pohonu. Pokud by tato čára křivku protínala, musí se porovnat průběh kroutícího momentu klapky s průběhem kroutícího momentu pneumatického pohonu. Pokud stále bude křivka armatury protínat křivku pohonu, musí daný technik vzít o řadu vyšší pneumatický pohon nebo snížit bezpečnostní faktor. V některých případech pomůže i zvýšení tlaku ovládacího vzduchu.

6.2.3.2 Propojení pneumatického pohonu s klapkou

Propojení klapky s pneumatickým pohonem bude realizováno pomocí odpojitelné převodovky, která zaručuje možnost přestavení klapky ručně. Tato převodovka musí být dimenzována nejen pro přetlačení kroutícího momentu klapky, ale i kroutícího momentu vyvozeného pružinami pneumatického pohonu (více viz kapitola 5). Aby bylo možno přestavit pneumatický pohon pomocí ručního kola, je nutné z pneumatického pohonu dostat vzduch. K tomuto účelu slouží třicestný kulový kohout, který je přes šroubení napojen na pneumatický pohon.

Připojení horní hřídele převodovky s unášecím kamenem pneumatického pohonu se shoduje a zapadne tedy přímo, stejně jako připojení čtyř děr na roztečné kružnici F12 podle ISO 5211. Problém nastává u připojení klapky k převodovce, kde čtyři díry na roztečné kružnici F12 má pneumatický pohon a i klapka stejné, ale již nemá shodnou hřídel převodovky s hřídelí klapky a je tedy nezbytné použití připojovacích dílů konzoly a spojky.

6.2.3.3 Řízení pneumatického pohonu a čistota vzduchu

Řízení pneumatického pohonu je realizováno pozicionérem s HART protokolem proudovou smyčkou 4-20mA. Pozicionér je spojen nerezovou trubicí s kulovým kohoutem, a tak dodává tlakový vzduch do pneumatického pohonu. Zpětná vazba do pozicionéru je zaručena spojením hřídelky pozicionéru a hřídele pneupohonu. Toto spojení je realizováno dle normy VDI/VDE 3845, stejně jako konzola pozicionéru, která drží pozicionér na správném místě pneumatického pohonu. Přívod tlakového vzduchu do pozicionéru je přes filtr-regulátor, který má za úkol vyčistit vzduch od nečistot, které pozicionér díky malým průtokovým kanálkům mohou poškodit a zároveň má za úkol zredukovat tlak vzduchu, který je přiváděn do pozicionéru. Pozicionér je s filtr-regulátorem spojen pomocí šroubení a nerezové trubky.

6.2.3.4 Další posouzení a informace

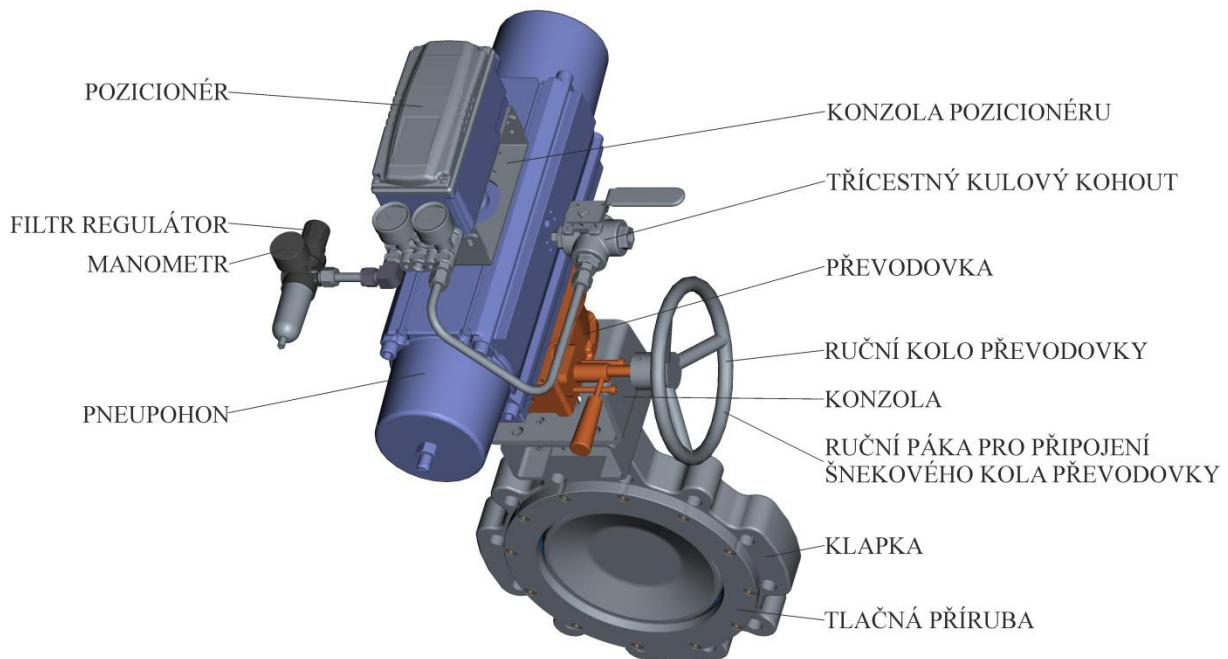
V případech, kdy je požadována odolnost armatury na nízké nebo vysoké teploty by měla být provedena i kontrola pneumatického pohonu, pozicionéru a filtr regulátoru na odolnost vůči okolní teplotě. Vzhledem k tomu, že okolní teplota je 20°C až 25°C, není třeba tuto kontrolu provádět.

Klapka, odpojitelná převodovka, třicestný kulový kohout a pneumatický pohon mají krytí **Ex II 2GD c** a pozicionér **Ex ia IIC T6**, což zaručuje splnění podmínky pro posouzení schody dle směrnice 94/9/ES v případě realizace zakázky. [15]

Vstupy tlakového vzduchu pneumatického pohonu, pozicionéru, kulového kohoutu a filtr-regulátoru jsou 1/4“ podle ISO228-1 nebo ISO 7-1.

6.2.4 Náhled na navrženou sestavu

Vzhledem k nastavení polohy manometru, jak je zobrazeno na obrázku 58, je uvažováno vložení klapky do vertikálního potrubí tlačnou přírubou proti směru proudění. Směr proudění bude tedy probíhat ze spodu na horu. Klapka je zobrazena v uzavřeném stavu. Z tohoto pohledu nelze vidět spojku mezi armaturou a přírubou a hřídelku pozicionéru, lze ale uzříť všechny ovládací členy, kterými se klapka řídí. Tyto členy zahrnují filtr-regulátor a především místní přestavení klapky, ke kterým patří páka kulového kohoutu, ruční páka převodovky a ruční kolo převodovky.



Obr. 58) Navržená sestava dle zadaných parametrů [15]

7 ZÁVĚR

Bezpečnost automatizovaných průmyslových armatur od počátku závisí na identifikaci rizik, jejich analyzování a vyhodnocení. Je-li třeba vsadit novou armaturu do potrubního systému, vydává projektant vyhodnocení bezpečnostní analýzy spolu s parametry procesu. Pro správné navržení vhodné armatury je důležité znát konstrukční provedení průmyslových armatur, jejich ovládání a příslušenství, a to s ohledem na parametry, které projektant zadal.

V této diplomové práci bylo jedním z cílů provedení řešerše literárních zdrojů v dané problematice, tedy bezpečnostních funkcí, systémů, požadavků norem a oborových standardů, požadavků na certifikaci a dalších nároků na pohony a příslušenství. Jedním z bezpečnostních systémů je ochrana před ohněm pomocí boxu z keramických vláken, což se používá především pro pohony a příslušenství, jelikož armatury mohou být vyrobeny z materiálů odolávajících žáru, jak je uvedeno v kapitole 2.3.4. a 2.3.5. Jelikož míra bezpečnosti závisí zejména od použitých materiálů, například s ohledem na korozivní ochranu, jsou v této diplomové práci uvedeny základní materiály těles a těsnění.

Dále byly v práci popsány technické náležitosti průmyslových armatur, pohonů a příslušenství, včetně kritérií pro použití armatur pro média s vysokou nebo nízkou teplotou. Tyto teploty vyžadují speciální provedení materiálů a konstrukcí. Použití armatur do prostředí s nebezpečím výbuchu je velmi komplikované a proto jsou uvedeny základní pojmy a vysvětlení směrnice Evropské unie 94/9/ES běžně nazývané jako ATEX a také směrnice 97/23/ES.

Výpočet zaručeného výtoku, který byl proveden, vyžadoval znalosti media, materiálů a dané problematiky. V případě vinyl chloridu, jakožto velmi nebezpečného plynu, jsem došel k závěru, že musí být použita kombinace průtržná membrána – pojistný ventil. Volba vstupních údajů průtržné membrány vyšla z reálného požadavku průmyslu, k nimž byl navržen pojistný ventil, na kterém byl proveden výpočet zaručeného výtoku. Výpočty proběhly dle citovaných norem a zapotřebí byly i základní termodynamické rovnice pro dopočítání základních parametrů.

Navržení vhodné průmyslové armatury proběhlo dle mých osobních schopností a zkušeností získaných praxí ve společnosti VALVE CONTROL s.r.o. Při návrhu jsem dbal na zadání zákazníka a splnění všech požadovaných bezpečnostních opatření, jakož i splnění zadaných konstrukčních rysů. V kapitole 6.2 lze nalézt nejen navržení bezpečné a vhodné armatury s vlastními certifikáty ale i navržení pneumatického pohonu, filtr-regulátoru, převodovky a pozicionéru. Za pomoci 3D modelovacího programu byl vytvořen výsledný náhled na celou sestavu. Tuto sestavu lze nalézt v kapitole 6.2.4.

Nedílnou součástí diplomové práce je program pro selekci armatur, který dle zadaných pracovních parametrů a požadované funkce usnadní technikovi návrh armatury tím, že nabídne, jaký typ armatury lze použít. Po následném vyhodnocení je možno otevřít katalogový list vhodné (zobrazené) armatury ve formátu *pdf*, kde jsou uvedeny informace o vzhledu, výhodách, nevýhodách, konstrukčních provedeních a možnostech použití. Program je vytvořen za pomoci maker v programu Microsoft Excel. Více v kapitole 3.

8 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

α – výtokový součinitel [-]

α_w – zaručený výtokový součinitel [-]

A_o – nejmenší průtočný průřez [mm²]

C – funkce izoentropického exponentu [-]

c_p – měrná tepelná kapacita při konstantním tlaku [kJ · kg⁻¹ · K⁻¹]

c_v – měrná tepelná kapacita při konstantním objemu [kJ · kg⁻¹ · K⁻¹]

d_o – nejmenší průtočný průměr [mm]

K_{op} – koeficient tlaku při plném otevření [%]

M – molekulová hmotnost [g/mol]

p_1 – skutečný tlak na vstupu pojistného ventilu při plném otevření [bar(a)]

p_2 – protitlak při plném otevření [bar(a)]

p_{max} – tlak při plném otevření [bar(a)]

p_o – otvírací tlak [bar(a)]

p_{pc} – cizí protitlak [bar(a)]

p_p – vlastní protitlak [bar(a)]

Q_z – zaručený výtok [kg/h]

r – plynová konstanta [J · kg⁻¹ · K⁻¹]

R_m – univerzální plynová konstanta [J · kmol⁻¹ · K⁻¹]

t – teplota [°C]

T – termodynamická teplota [°K]

v – měrný objem [m³ · kg⁻¹]

χ – izoentropický exponent [-]

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Knihy

- [1] *Guidelines for Engineering Design for Process Safety 2nd ed* . New York: Wiley, Květen 2012. ISBN 978-0-470-76772-6.
- [2] Considine, Douglas M. *Process instruments and controls handbook 2th edition*. New York: McGraw-Hill, 1974. ISBN 0070124280.
- [3] *VALVE SELECTION HANDBOOK*. Burlington, USA: Elsevier, 2004. ISBN 0-7506-7717-1.
- [4] Sam Mannan . *Lees\' Loss Prevention in the Process Industries 3rd ed* . Texas, USA: Elsevier, 2005. ISBN 978-0-7506-7555-0.
- [5] J. Roček. *Průmyslové armatury*. : Informatorium, 2010. ISBN 859-4-315-0120-6.

Normy

- [6] ČSN EN 12266-1 . *Průmyslové armatury – Zkoušení armatur – Část 1: Tlakové zkoušky, postupy zkoušek a přijímací kritéria – Závazné požadavky*. : , Listopad 2003.
- [7] API 607. *Specification for fire test for valves, Third edition*. Washington, USA: STEP, Duben 1999.
- [8] BS 6755-2. *Testing of valves. Part 2: Specification for fire type-testing requirements*. : British standard, Červenec 1987.
- [9] VDI 2440. *Emission control. Mineral oil refineries*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 2000.
- [10] ČSN EN ISO 12944-5. *Nátěrové hmoty. Ochranné nátěrové systémy*. Praha: , Duben 2008.
- [11] ČSN EN 10 204. *Kovové výrobky. Druhy dokumentů kontroly*. Praha: , Srpen 2005.
- [12] BS 6364. *Specification for valves for cryogenic service*. : BSI, 1984.
- [13] ČSN 13 4309-3. *POJISTNÉ VENTILY. Část 3: Výpočet výtoků*. Praha: ARPO, Květen 1994.
- [14] ČSN EN ISO 4126-3. *Bezpečnostní pojistná zařízení proti nadměrnému tlaku. Část 3: Kombinace pojistných ventilů a bezpečnostních zařízení s průtržnou membránou*. : ARPO, Prosinec 2006.

Materiály poskytnuty firmou

- [15] BÁBÍČEK, M. Interní materiály podniku VALVE CONTROL s.r.o., [cit. 2016-05-16]
- [16] BIANCO, D. Interní materiály podniku BIL-CO Italy, [cit. 2016-05-16]

Firemní dokumentace ONLINE

- [17] PEKOS. *Catalogues*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://pekos.es/catalogues.html>

- [18] PEKOS. *Maintenance manuals*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://pekos.es/maintenance-manuals.html>
- [19] TTV. *Catalogues*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://en.ttv.es/catalogues>
- [20] LDM. *Výrobky*. [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.ldmvalves.com/images/stories/katalog/01083CZ.pdf>
- [21] SWISSFLUID. *Products*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.swissfluid.com/products_us.htm
- [22] ARI ARMATUREN. *ARI-Datasheets*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.ari-armaturen.cz/cz/ke-stazeni/katalogove-listy.html>
- [23] BRAY. *Bray/McCannalok High Performance Butterfly Valve*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <https://www.bray.com/double-offset-valves/high-performance-butterfly-valve>
- [24] BRAY. *Advanced V-Control*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <https://www.bray.com/ball-valves/control-valves/advanced-v-control>
- [25] ARMATURY GROUP. *Produktové katalogy*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.armaturygroup.cz/cz/ke-stazeni/produktove-katalogy/>
- [26] CRANE. *Sleeved Plug Valves*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.cranecpe.com/chem-energy/products/valves/sleeved-plug-valves>
- [27] ARMAST. *KINEVA*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.armast.cz/pdf/klapky/Armast%20TOP_kineva.pdf
- [28] ARMAST. *FLUEX*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.armast.cz/pdf/klapky/Armast%20TOP_fluex.pdf
- [29] PEPPERL+FUCHS. *Úroveň integrity bezpečnosti*. [online]. [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: http://www.pepperl-fuchs.cz/czech_republic/cs/25037.htm
- [30] FLOW CONTROL. *Home*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.flowcontrol.co.uk/fccl_news.htm
- [31] SLÉVÁRNA CHOMUTOV. *Žárupevné oceli*. [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.slevarna-cv.cz/cz/odlitky/zarupevne.php>
- [32] DELTA PACIFIC VALVES. *Valves*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://dpv-uk.com/ball-valves/>
- [33] GLYNWED. *PVDF*. [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.aliaxis-ui.cz/ka-stazeni/prumyslove-potrubni-systemy/ke-stazeni-pps.html>
- [34] HAYNES INTERNATIONAL. *HASTELLOYS® and HAYNES® alloys*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.haynesintl.com/>
- [35] AETNA PLASTICS. *PCTFE / Kel-F® / Neoflon®*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.aetnoplastics.com/products/d/pctfe>

- [36] JAMES WALKER. *Devlon® V-API thermoplastic valve seats Issue 1*. [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: https://www.jameswalker.biz/ru/pdf_docs/184-devlon-v-api-thermoplastic-valve-seats-issue-1
- [37] BI-TORQ. *Ball and Butterfly Valve Seat/Seal Materials*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.bitorq.com/pdf/seat-seal-materials.pdf>
- [38] TUNGSTEN. *Tungsten*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.tungsten.com/materials/tungsten/>
- [39] POSI-FLATE. *Inflatable Seated Butterfly Valves*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.posiflate.com/products/585.html>
- [40] SEVEROČESKÁ ARMATURKA. *Ventil uzavírací hlavicový C09*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.sca.cz/produkt/ventil-uzaviraci-c09/>
- [41] HOKE. *Forged Body, Integral Bonnet Needle Valves*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://catalog.hoke.com/viewitems/needle-valves/0-series-forged-body-integral-bonnet-needle-valv-2>
- [42] OMAL. *Pneumatic valves*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.omal.it/eng/Products/Pneumatic-valves>
- [43] OMAL. *Pneumatic actuators*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.omal.it/eng/Products/Pneumatic-actuators>
- [44] AKO. *Pneumatický hadicový ventil*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.hadicove-ventily.cz/vyroby/pneumaticke-hadicove-ventily.html>
- [45] SEVEROČESKÁ ARMATURKA. *Ventil zpětný uzavíratelný Z26*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.sca.cz/produkt/ventil-zpetny-z26/>
- [46] AIR TORQUE. *Products and services*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://airtorque.it/modules/cms/PrCatPage.php?cc=14&pc=1>
- [47] VAAS. *Actuators & Instrumentation*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.vaaseurope.eu/index.php?webpage=actuators_instrumentation
- [48] QUIFER. *Downloads*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.quiferactuators.com/downloads.htm>
- [49] VALPES. *Actuators*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.valpes.com/products/electric/actuators/range.html>
- [50] AIR LIQUIDE. *Gas Encyclopedia*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?GasID=104>
- [51] VYC. *Safety*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://vycindustrial.com/en/valves/products/safety/>

Elektronické knihy a skripta ONLINE

- [52] SMITH, P.. *VALVE SELECTION HANDBOOK* [online]. 2004. [cit. 2016-05-16]. ISBN 0-7506-7717-1. Dostupné z: <http://kianaco.net/download/ebook/Handbook%20-%20Valve%20Selection.pdf>
- [53] NEBORAK, I., SLÁDEČEK, V.. *ELEKTRICKÉ POHONY* [online]. 2004. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat430/old/Studium/Materialy/EP/ELEKTRICKE%20POHONY%201.pdf>

Internetové zdroje ONLINE

- [54] BRITISH STAINLESS STEEL ASSOCIATION. *Selection of stainless steels for cryogenic applications*. [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=41>
- [55] SPECIAL METALS. *Monel Alloy 400*. [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.specialmetals.com/assets/documents/alloys/monel/monel-alloy-400.pdf>
- [56] PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM. *Polytetrafluoretylen druhé generace*. [online]. 6.4.2016 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/polytetrafluoretylen-druhe-generace.html>
- [57] A3M COMPANY. *DYNEON*. [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://multimedia.3m.com/mws/media/1323840/dyneontm-tf-1750-ptfe.pdf>
- [58] MATWEB. *COLMONOY® 88 Hard-Surfacing Alloy*. [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=f56f7a6677334f9d8c5b6f35097ecf33>
- [59] ŘÍZENÍ A ÚDRŽBA. *Print Správné odvádění kondenzátu: Steam Trap = Odvaděč kondenzátu*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://udrzbapodniku.cz/index.php?id=47&tx_ttnews%5Btt_news%5D=4060&tx_ttnews%5BbackPid%5D=1365&cHash=6ac210d87b
- [60] ASCO. *SPOOL VALVES*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: https://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_en/pdf1/00095gb.pdf
- [61] ASCO. *Hazardous Areas – EXPLOSIONPROOF SOLENOIDS*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_en/pdf1/00129gb.PDF
- [62] SPST, SPDT, and DPDT. *Switches Demystified*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.musicfromouterspace.com/analogsynth_new/ELECTRONICS/pdf/switches_demystified_assembly.pdf

- [63] AUTOMATIZACE. *HART – Digitální komunikace po proudové smyčce*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/hart-digitalni-komunikace-po-proudove-smycce>
- [64] COLE-PARMER. *Chemical resistance*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.coleparmer.com/Chemical-Resistance>
- [65] WHAT IS PIPING. *BALL VALVE DESIGN FEATURES*. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.whatispiping.com/ball-valve-design-features-literature-part-3>

Certifikační organizace ONLINE

- [66] TÜV SÜD Czech. *Profil*. [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.tuv-sud.cz/cz-cz/o-tuev-sued/tuev-sued-czech/profil>
- [67] *LOYD'S REGISTER GROUP. Limited*. [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.lrqa.cz/o-nas/lloyds-register-group-limited/>

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1) Antistatická „blow out“ hřidel kulového kohoutu	19
Obr. 2) Průběh testu zkoušky FIRESAFE [32]	21
Obr. 3) Funkce kovového těsnění při požáru [23]	21
Obr. 4) Průběh testu zkoušky kryogenního ventilu [30]	22
Obr. 5) Druhy prodloužení hřídele [17]	22
Obr. 6) Pasivní ochrana boxem s keramickými vlákny [16]	24
Obr. 7) Uzamykání páky[21] Uzamykání ručního kola [22]	24
Obr. 8) Grafické prostředí programu.....	29
Obr. 9) Příklad výstupu z programu.....	30
Obr. 10) Teplotní posouzení materiálu WCB a CF8M pro tlakovou třídu PN420	33
Obr. 11) Teplotní posouzení materiálu těles pro tlakovou třídu PN20	34
Obr. 12) Teplotní použitelnost měkkotěsnících materiálů	34
Obr. 13) Tlaková použitelnost měkkotěsnících materiálů	35
Obr. 14) Hřidel s koulí s „Cs“ vrtání vlevo a standardní vrtaná koule vpravo[21].....	37
Obr. 15) Jednodílný kulový kohout s reduk. průtokem a volně uloženou koulí vlevo [15]; dvoudílný, závitový kulový kohout s volně uloženou koulí vpravo[15].....	38
Obr. 16) Dělený výstelkový válcový ventil [21].....	39
Obr. 17) Třídílný kulový kohout s volně uloženou koulí vlevo [18]; Mezipřírubový, jednodílný kulový kohout s plovoucí koulí vpravo [18].....	40
Obr. 18) Dvojdílný přírubový kulový kohout s plovoucí koulí vlevo [18]; Čtyřcestný přírubový kulový kohout s pevně uloženou koulí vpravo [18]	40
Obr. 19) „FULL TRUNION“ kulový kohout s pevně uloženou koulí [18].....	41
Obr. 20) Výstelkový kulový kohout s koulí spojenou s hřídelí vlevo [21]; Dnový kulový kohout s natočenou hřídelí vpravo [18].....	42
Obr. 21) Nanášení Chrom-karbidu na kouli vlevo; broušení koule vpravo [17]	42
Obr. 22) Kryogenní zkouška vlevo [25]; TRUNNION kryogenní kulový kohout s prodlouženou hřídelí vpravo [25]	43
Obr. 23) Celosvařovaný kulový kohout s koulí uloženou v deskách vlevo [25]; Kulový kohout přírubový s otopným pláštěm vpravo [17]	44
Obr. 24) Příklady provedení koulí pro regulační kulový kohout [24]	44
Obr. 25) „Double block and bleed“ přivařovací kulový kohout s jehlovým ventilem [15].....	45
Obr. 26) „TOP ENTRY“ kuželový kohout s teflonovým sedlem [26]	46
Obr. 27) Centrická klapka s děleným tělesem a manžetou z teflonu v mezipřírubovém i LUGovém provedení [21]	47
Obr. 28) Dvou-excentrická klapka vlevo [23]; Potravinářská klapka vpravo [15].....	48
Obr. 29) Excentrické provedení klapky vlevo [23]; Provedení klapky s nafukovací manžetou vpravo [39]	49
Obr. 30) Uzavírací ventil kovaný vlevo [22]; jehlový ventil vpravo[41]	50
Obr. 31) Jednočinný pneumatický pohon NC se šikmým sedlovým ventilem [42]	51
Obr. 32) Uzavírací ventil s vlnovcem vlevo, uzavírací ventil nárožní s vlnovcem vpravo [22]	52

Obrázek 33) Třmenové uzavírací šoupátko se stoupajícím vřetenem [25]; Pákové nožové šoupátko [15].....	53
Obrázek 34) Výstelkový membránový ventil [21]; Axiální ventil [42].....	54
Obr. 35) Hadicový ventil pneumaticky ovládaný [44].....	55
Obr. 36) Nepřímo (vlevo) a přímo ovládaný solenoidový ventil (vpravo) [15]	56
Obr. 37) Princip funkce přímo aktivovaného redukčního ventilu [15]	57
Obr. 38) Plnozdvíhový pojistný ventil přírubový s nadlehčovací pákou [22]	57
Obr. 39) Zpětný ventil s uzavíracím ventilem typu „GLOBE“ [45] Zpětná klapka přírubová typu „SWING“ [15]	58
Obr. 40) „Dead man handle“ v otevřené poloze [15].....	61
Obr. 41) Srovnání průběhů čtvrtotáčkových pneumatických pohonů.....	63
Obr. 42) Jednočinný pneumatický pohon na principu dvouzvrtné páky [43]	63
Obr. 43) Jednočinný pneumatický pohon „RACK AND PINION“ s ukazatelem polohy [46].....	64
Obr. 44) Dvojitý pístový pneumatický pohon [47]	64
Obr. 45) Jednočinný pneumatický pohon „Scotch Yoke“ [48].....	65
Obr. 46) Jednočinný membránový pneumatický pohon [15].....	66
Obr. 47) Monostabilní solenoidový ventil [60].....	66
Obr. 48) Schématické znázornění základních přepouštěcích provedení solenoidových ventilů [60]	66
Obr. 49) SPST vlevo, SPDT, uprostřed, DPDT vpravo [62]	67
Obr. 50) Dvoudrát vlevo, třídrát PNP i NPN uprostřed, Čtyřdrát PNP i NPN vpravo [15]	67
Obr. 51) Elektrohydraulický pohon s odpojitelnou převodovkou a koncovým spínačem [48].....	70
Obr. 52) Jednočinný hydraulický pohon „Scotch Yoke“ [48]	70
Obr. 53) Sestava pojistného ventilu a průtržné membrány vpravo; příslušenství vlevo.....	73
Obr. 54) Velikost hodnoty K_v v závislosti na otočení talíře klapky [23].....	79
Obr. 55) Tlakově teplotní závislost navržené klapky [23]	80
Obr. 56) Řez navrženou klapkou vlevo; klapka s tlačnou přírubou umístěnou proti proudu uprostřed; klapka s tlačnou přírubou umístěnou po proudu vpravo [23]	82
Obr. 57) Kroutící moment klapky; Kroutící moment klapky se zahrnutím bezpečnostního faktoru; kroutící moment pneumatického pohonu; maximální dovolený kroutící moment pro hřídel klapky [15] [23]	82
Obr. 58) Navržená sestava dle zadaných parametrů [15].....	84

11 SEZNAM PŘÍLOH

Program: Valve selector.xlsx

CD