

Regulačné ventily na použitie v priemyselných procesoch (1)

Problematika koncových regulačných členov, ako sú regulačné ventily, solenoidy, polohovače, regulačné klapky, elektropneumatické prevodníky a pod. je veľmi široká z teoretického, ako aj praktického hľadiska. V článku budú načrtnuté niektoré základné teoretické skutočnosti týkajúce sa regulačných ventilov a pokúsime sa tiež upriamiť pozornosť aj na viaceré praktické aspekty výberu typu regulačného ventilu.

1. Voľba regulačného ventilu

Výber regulačného ventilu pre jednotlivé aplikácie býval kedysi jednoduchý. Obvykle prichádzal do úvahy jeden univerzálny typ ventilu – zdvihový ventil. V dnešnej dobe sa výber rozšíril na väčšiu skupinu výrobkov, kde patria zdvihové a guľové ventily a diskové klapky. Niektoré z nich lákajú zákazníkov ako „univerzálne“ ventily pre takmer všetky veľkosti a akékoľvek použitie, zatiaľ čo iné si činia nárok byť optimálnym riešením pre úzko definované potreby. Ako pri väčšine rozhodnutí, aj voľba regulačného ventilu zahŕňa veľký počet premenných. V nasledujúcej časti uvedieme prehľad výberového procesu.

1.1 Kategórie ventilov

Za „regulačný ventil“ budeme ďalej považovať akýkoľvek silovo poháňaný ventil používaný či už na škrtenie alebo dvojpolohovú reguláciu. Dominantné postavenie medzi regulačnými ventilmi zaisťujú:

- zdvihové ventily – priame alebo rohové,
- rotačné ventily – guľové (plná guľa, segment, excentrická kuželka) alebo klapky.

Ostatními armatúrami, ako napr. posúvače, žalúziové klapky, kohúty a samočinné regulátory sa tu nezaobrábame, lebo ich postavenie z hľadiska regulácie je nevýznamné.

Tieto hlavné typy ventilov, zdvihové alebo rotačné, sú ďalej rozdelené do deviatich podkategórií podľa pomeru ceny a výkonu. V po-

čiatočnej fáze výberového procesu by mali byť do úvahy brané všetky ventily v danej podkategórii. Voľba ventilu zahŕňa postupné zužovanie podkategórií do jednej skupiny a následné porovnanie špecifických ventilov v tejto skupine. V tab. 1 sú uvedené hlavné charakteristické črty najvýznamnejších druhov a typov ventilov určených na reguláciu priemyselných procesov.

1.1.1 Zdvihové ventily

Najvšestrannejšími regulačnými ventilmi sú zdvihové ventily. Dvojcestné – priame a rohové a ventily trojcestné, pracujúce v zmiešavacom alebo rozdeľovacom režime. Na trhu sa vyskytujú vo veľkostiach od DN 15 do DN 500.

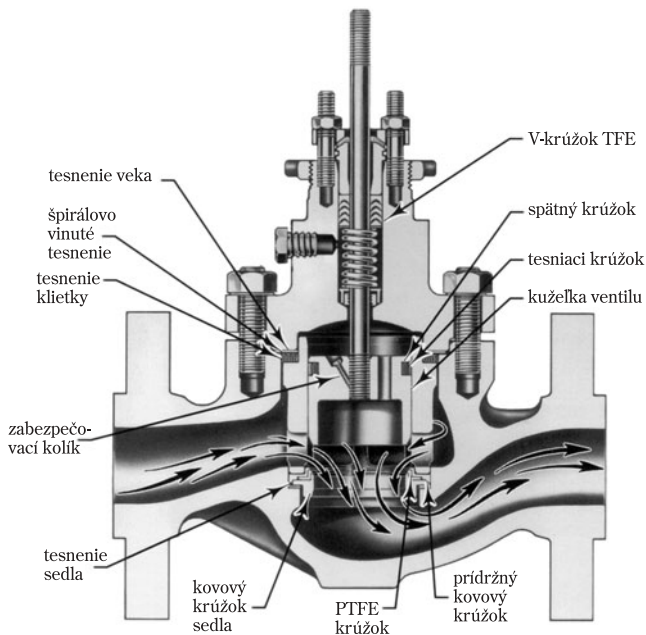
Typickým predstaviteľom zdvihového priameho ventilu štandardnej konštrukcie tlakových rád PN 25 až PN 64 je ventil typ ET (obr. 1). K dispozícii je široký rozsah veľkostí (DN 25 až DN 150), materiálov telesa (oceloliatina, nerezové a špeciálne zliatiny) a spôsobov pripojenia (prírubové, privarovacie). Vyvážená kuželka znižuje potrebnú silu na jej prestavenie a umožňuje teda použitie menšieho pohonu. Tieto ventily sú prednostne určené pre aplikácie s veľkosťami menšími ako DN 80.

Zdvihové ventily môžeme z hľadiska vedenia kuželky rozdeliť na ventily s kuželkou vedenou len v upchávke, alebo v upchávke aj vo vodítku. Osobitnú skupinu – z hľadiska vzniku možných vibrácií najodolnejšiu – tvoria ventily s kuželkou vedenou v kletke. Použitím rôznych typov kužielok a kletiek a ich rôznou kombináci-

typ, resp. druh ventilu	hlavné charakteristiky	typický rozsah veľkosti (DN)	typické štandardné materiály telesa	typické štandardné pripojenie	typické menovité tlaky	relatívna prietoková kapacita	relatívna tesnosť
zdvihový	veľké zaťaženia, odolný voči hluku a kavitácii, viacúčelový	10 až 400	– uhlíková oceľ – liatina – nerez	prírubové privarovacie skrutkované	do PN 400	stredná	výborná
ekonomický zdvihový	malé zaťaženia, nízka cena	15 až 50	– bronz – liatina – uhlíková oceľ	skrutkované	do PN 40	stredná	dobrá
zdvihový	teleso z tyčového mat.	15 až 80	široký výber materiálov	bezprírubové skrutkované	do PN 100	nízka	výborná
guľový, plný otvor	uzatvárací	25 až 600	– uhlíková oceľ – nerez	bezprírubové	do PN 160	vysoká	výborná
guľový, segmentový	určený na škrtenie	25 až 600	– uhlíková oceľ – nerez	bezprírubové prírubové	do PN 100	vysoká	výborná
guľový, excentrická kuželka	odolnosť proti erózii	25 až 200	– uhlíková oceľ – nerez	prírubové	do PN 100	stredná	výborná
disková klapka	bez tesnenia, jednoduchá	50 až 2400	– uhlíková oceľ – liatina – nerez	bezprírubové jednoprírubové privarovacie	do PN 400	vysoká	slabá
vystlané klapky	odolné voči erózii a korózii	50 až 2400	– uhlíková oceľ – liatina – nerez	bezprírubové jednoprírubové	do PN 40	vysoká	dobrá
vysokovýkonné klapky	excentrický disk, všeobecné použitie	50 až 1800	– uhlíková oceľ – nerez	bezprírubové jednoprírubové	do PN 100	vysoká	výborná

Tab.1



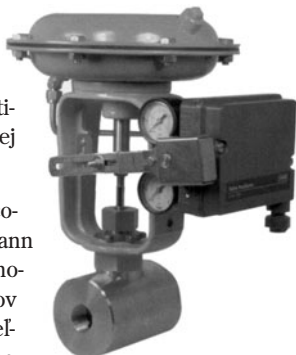


Obr.1 Ventil FISHER typ ET

ciou je možné vytvoriť ventily s rôznymi prietokovými charakteristikami – lineárna, ekvipercenná, rýchlootváracia, špeciálna, ekvipercenná modifikovaná, atď. Ventily sú opatrené pripojovacími prírubami, alebo sa do potrubia prívádzajú alebo upevňujú závitovými spojmi. Z materiálov je pre teleso ventilu k dispozícii ekonomická liatina, rovnako aj uhlíková oceľ, nehrdzavejúca oceľ a ostatné vysokovýkonné materiály. Rozsah menovitých tlakov siaha až do triedy PN400 aj vyššie. Pre mnohé extrémne aplikácie je voľba zdvihového ventilu jedinou možnosťou. Ich konštrukcia ich predurčuje pre použitie na aplikácie s vyskytujúcimi sa vysokými procesnými teplotami, tlakmi a tlakovými spádmi. Konštrukcia umožňuje aj použitie špeciálnych kliečok znižujúcich hluk a zabráňujúcim vzniku kavitácie.

Veľmi dobré škrtiace schopnosti, celkový výkon a všeobecná robustnosť robia nákup priamych ventilov výhodným aj napriek ich vyššej nadobúdacej cene.

Ventil s telesom vyrobeným z valcovaného tyčového materiálu (Baumann 24000 SB, obr. 2) predstavuje ekonomické riešenie zdvihových ventilov pre malé prietoky, rozmery do veľkosti DN 80 a tlaky PN 100. K dispozícii so závitovým pripojením, resp. bezprírubový – len pre vloženie medzi existujúce potrubné príruby. Najväčšia prednosť – dostupnosť špeciálnych materiálov na výrobu telesa. Ventil je s výhodou používaný pre agresívne a korozívne médiá.

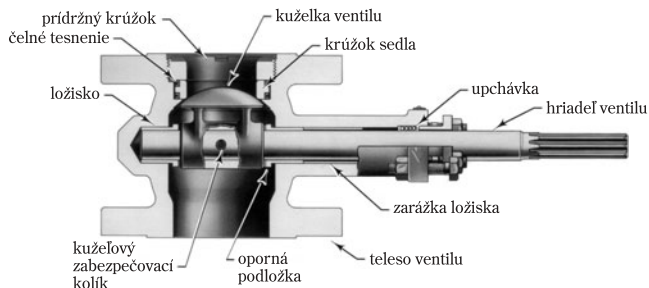


Obr.2 Ventil s telesom z valcovaného tyčového materiálu

1.1.2 Rotačné ventily

1. Guľové ventily s plnoprietokovou guľou. Ventil sa vo všeobecnosti používa pri aplikáciách so škrtitím pri vysokej tlakovej strate alebo dvojpohovú reguláciu a to až pre veľkosti do DN 600. Konštrukcia s plným otvorom predstavuje vysokú kapacitu a nízku tlakovú stratu pri plnom otvorení a nízku citlivosť na opotrebenie vplyvom erozívnych prúdov. Napriek tomu malá odozva prietoku v rozsahu 0 až 20 stupňov natočenia gule robí tento typ nevhodným pre niektoré škrtiace aplikácie. Lepšiu odozvu zabezpečuje novšia konštrukcia ventilu s plnou guľou – ventil s redukovaným otvorom. K dispozícii sú ventily pre menovité tlaky do PN 160 a rôzne kombinácie prípojev a materiálov telesa ventilu.

2. Guľové ventily so segmentom gule. Regulačný prvok v telese ventilu tvorí len segment gule. Ventil sa používa najmä na regulačné účely, nielen na dvojpohovú riadenie. Tieto ventily vy-



Obr.3 Ventil s excentrickou kuželkou

kazujú vo všeobecnosti vyšší regulačný výkon ako ventily s plnou guľou. Rozsah veľkostí je do DN 600 s menovitým tlakom do PN 100.

3. Ventily s excentrickou kuželkou. Táto kategória rotačných ventilov kombinuje vlastnosti zdvihových a rotačných ventilov. Ventily majú vynikajúce škrtiace vlastnosti a odolnosť voči erózii. Rozsah veľkostí je vo všeobecnosti do DN 200 s menovitými tlakmi do PN 100.

Ventil typ V 500 s excentrickou kuželkou je špeciálne navrhnutý pre obtiažne aplikácie vyžadujúce si použitie rotačného ventilu (obr. 3). Jeho charakteristickou vlastnosťou je vysoká tesnosť pri uzavretí, dosiahnutá pohybom kuželky, ktorá je k sedlu prítlačená (podobne ako u zdvihových ventilov) a nie nasúvaná. Ventil vyniká vysokou odolnosťou proti opotrebovaniu odieraním abrazívnymi médiami a je odolný proti erózii spôsobenej odparovaním prúdiaceho média.

4. Diskové klapky sa delia do troch podskupín:

- plne prietocné,
- vystlané,
- vysokovýkonné.

Najzákladnejšou konštrukciou sú plne prietocné klapky, ktoré nemajú žiadne tesnenie – disk klapky sa neopiera o teleso ani pri jej kolmom natočení proti prúdiacemu médiu. Tento typ sa používa pre škrtiace aplikácie tam, kde sa nevyžaduje tesnosť väčšia ako 1 % plného prietoku. Rozsah veľkostí je od DN 50 do DN 2500. Bežné sú vyhotovenia s menovitými tlakmi až do triedy PN 400, k dispozícii sú ventily aj pre široký rozsah teplôt. Ich nevýhodou je nedostatočná tesnosť.

Potreba žiadneho alebo nízkeho priesaku v uzavretom stave bola príčinou vzniku nových konštrukcií, ako sú vystlané a vysokovýkonné motýľové klapky.

Vystlané klapky sú charakterizované elastomérovou alebo fluoroelastomérovou (TFE) výstelkou telesa. Disk klapky je po obvode vybavený len jednoduchou dosadacou plochou, ktorá sa oprie o výstelku pri nulovom natočení disku. Pretože toto tesnenie závisí od vzťahu medzi diskom klapky a výstelkou, sú tieto konštrukcie viac limitové v tlakovej strate. Teplotná odolnosť elastomeru je limitujúca pre celú klapku. Výhodou výstelky je, že procesné médium sa nikdy



Obr.4 Plne prietocná disková klapka ponúka ekonomické riešenie pre škrtiace aplikácie s veľkým prietokom, avšak vzhľadom na chýbajúce tesnenie je jej nevýhodou vyššia netesnosť ako pri ostatných typoch

nedostane do styku s kovovým telesom. Preto sa tento typ klapiek často používa pri mnohých korozívnych aplikáciách. Elastomérom vystlané klapky sú vo všeobecnosti najlacnejšími regulačnými armatúrami v stredných a veľkých veľkostiach.

Vysokovýkonné motýľové klapky sú charakterizované silným hriadeľom a diskom, dostatočne dimenzovanými telesami a kvalitnými tesneniami, ktoré zabezpečujú vysokú tesnosť pri uzavretí aj pri vysokých tlakoch. Excentrické uloženie hriadeľa disku dovoľuje otváranie klapky s minimálnym opotrebovaním a krútiacim momentom. Excentrické uloženie disku umožňuje výmenu krúžku sedla bez demontáže disku. Na trhu je možné nájsť vysokovýkonné motýľové klapky vo veľkostiach DN 500 až 1800 vo vyhotovení medzi-prírubovom, jednorúrbovom alebo prírubovom, s telesami z uhlíkovej alebo nerezovej ocele a v tlakových radoch až do PN100.

2. Všeobecné výberové kritériá

Väčšina kritérií, ktoré je potrebné brať do úvahy pri voľbe druhu a typu ventilu, patrí skôr medzi základné. Napriek tomu však existujú faktory, ktoré by mohol používateľ prehliadnúť, najmä ak je upriamený na jeden alebo len niekoľko málo typov ventilov. Preto uvádzame zoznam dôležitých kritérií, ktoré je potrebné pri voľbe ventilu brať do úvahy.

- menovitý tlak telesa,
- horná a dolná teplotná hranica,
- materiálková kompatibilita a životnosť,
- prietoková charakteristika a regulačný rozsah,
- tlakový spád a maximálna tlaková strata,
- hluk a kavitácia,
- netesnosť pri zatvorení,
- spôsob pripojenia ventilu do potrubia
- vlastností prúdiaceho média,
- prietoková kapacita versus cena

2.1 Menovitý tlak

Menovité tlaky telesa sa obvykle určujú podľa tlakových tried DIN alebo ANSI – najobvyklejšie triedy pre oceľ a nehrdzavejúcu oceľ sú podľa DIN PN 10, 25, 40, 64, 100, 160; podľa normy ANSI sú to triedy 150, 300, 600, 1500.

Pre daný materiál telesa zodpovedá každá tlaková trieda predpísanému profilu maximálnych tlakov, ktoré sa znižujú v závislosti od maximálnej návrhovej teploty procesného média prihliadajúc na pevnosť zvoleného materiálu telesa ventilu. Každý materiál má teda minimálnu a maximálnu prevádzkovú teplotu, odvodenú od straty rozťažnosti alebo pevnosti.

2.2 Teplotná odolnosť

Procesná teplota výrazne ovplyvňuje voľbu ventilu. Rozhodujúcim nemusí byť len hodnota najnižšej a najvyššej teploty procesného média, ale aj jej kolísanie. Ventil ako zariadenie pozostávajúce z dielov vyrobených zpravidla z rozmanitých kovových a nekovových dielov je pri zmene teploty vystavený nepriaznivým účinkom spôsobených rôznou teplotnou rozťažnosťou. Procesná teplota nad 232 °C vyžaduje vylúčenie PTFE (Teflon) tesniacich materiálov. Ich nahradenie iným materiálom v upchávke predstavuje nárast tretej sily pri pohybe tiahla. Vylúčenie PTFE z konštrukcie tesnenia sedla, kuželky, disku znamená pri požiadavke dosiahnutia stanovenej tesnostnej triedy aj zmenu silových pomerov vo vnútri ventilu a súčasne môže vyvolať pri návrhu ventilu aj nutnosť zmeny jeho druhu alebo typu.

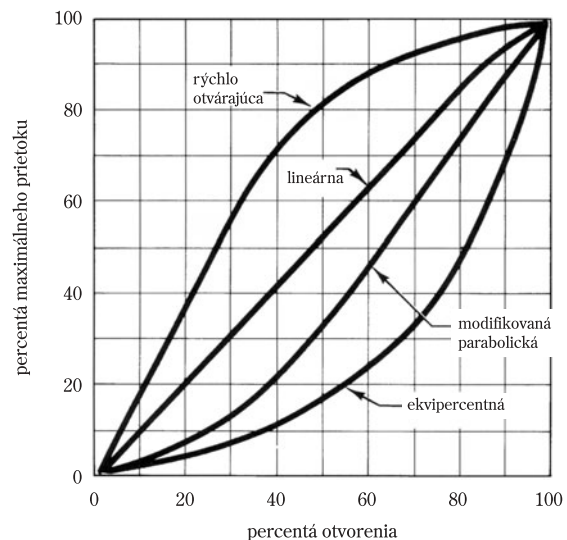
2.3 Voľba materiálu

Predmetom úvahy sa tu môže stať korózia zapríčinená procesným médium, erózia spôsobená abrazívnym materiálom, kavitácia alebo jednoducho prevádzkový tlak a teplota. Materiál potrubia väčšinou určuje materiál telesa. Vzhľadom na to, že vnútri ventilu je väčšia rýchlosť prúdenia, materiál ventilu a potrubia sú často rôz-

ne. Materiál zostavy sedla, kuželky a kletky je zvyčajne funkciou materiálu telesa, teplotného rozsahu a chemicko-mechanických vlastností média.

2.4 Prietoková charakteristika

Toto kritérium výberu vychádza zo vzťahu popisujúcim zmenu prietoku ventilom pri konštantnej tlakovej strate v závislosti od veľkosti jeho otvorenia. Typické prietokové charakteristiky sú rýchlo otvárajúca, lineárna a ekvipercenná. Voľba charakteristiky môže mať silný vplyv na stabilitu alebo regulovateľnosť procesu, pretože predstavuje zmenu odozvy prietoku vo vzťahu k zmene prestavenia regulačného člena ventilu. V záujme kvantitatívneho určenia najlepšej prietokovej charakteristiky pre danú aplikáciu môže byť vykonaná dynamická analýza regulačnej slučky. Pri väčšine prípadov však toto nie je nutné; stanovenie „od oka“ bude dostatočné.



Obr.5 Mnohé regulačné ventily ponúkajú možnosť voľby charakteristiky. Voľba charakteristiky vyhovujúca prevádzkovým požiadavkám sa riadi jednoduchými pravidlami. Dodržiavanie týchto pravidiel pomôže zabezpečiť stabilnú prevádzku ventilu.

2.5 Rozsahový pomer

Podstatnou časťou prietokovej charakteristiky ventilu je jeho rozsahový pomer, čo je pomer jeho maximálneho a minimálneho regulovateľného prietoku. Vo všeobecnosti platí, že rotačné ventily, najmä segmentové guľové ventily, majú väčší rozsahový pomer ako prevážna väčšina zdvihových ventilov.

2.6 Použitie korektorov

Korektor je zariadenie, ktoré pomáha zlepšovať proces regulácie pomocou presného nastavenia polohy regulačného člena ventilu (kuželky, segmentu, ...) v závislosti od prijatého riadiaceho signálu. Napríklad pri ich nasadení v kombinácii s pneumatickým pohonom, zabezpečí korektor nie len výstupný ovládaci pneumatický signál do pohonu zodpovedajúci vstupnému el. analógovému, resp. pneumatickému signálu, ale hodnotu tohoto výstupného signálu tiež koriguje na základe odozvy obdržanej zo spätnoväzobného ramienka. Aj keď sú korektory často automaticky dodávané, môžu byť pri rýchlych procesoch (ako sú regulačné okruhy prietoku kvapalín) na závažnú dobrou reguláciu. Nakoľko tiež zvyšujú počítaciu cenu a zložitosť systému, ich použitie by malo byť dôkladne premyslené. Moderné digitálne korektory, komunikujúce cez HART protokol plnia aj iné funkcie ako je len korekcia výstupného signálu do pohonu na základe odozvy z tiahla ventilu. Digitálnym korektorom možno ľubovoľne preprogramovať konštrukčnú prietokovú charakteristiku ventilu, vyžiť ho na bezdemontážnu diagnostiku ventilu samotného, jeho pohonu atď.

trieda tesnosti	maximálna dovolená netesnosť	skúšobné médium	skúšobný tlak	testovacia procedúra pre danú triedu
I	–	–	–	ak súhlasí dodávateľ a užívateľ, test sa nevyžaduje
II	0,5 % menovitého prietoku	vzduch alebo voda pri teplote 10 – 25 °C	3 – 4 bar (45 – 60 psig) alebo max. prevádzkový diferenčný tlak. Zvolí sa ten, ktorý je nižší	tlak sa privedie na vstup ventilu buď s výstupom otvoreným priamo do vzduchu alebo pripojeného k meraciemu zariadeniu. Ventil uzavretý silou prislúchajúceho pohonu ako uvedené vyššie
III	0,1 % menovitého prietoku	ako uvedené vyššie	ako uvedené vyššie	ako uvedené vyššie
IV	0,01 % menovitého prietoku	ako uvedené vyššie	ako uvedené vyššie	ako uvedené vyššie
V	5 x 10 ⁻¹² m ³ vody za sekundu pri tlakovom spáde 100 kPa na 1 mm priemeru sedla ventilu alebo: 0,0005 ml vody za minútu pri tlakovom spáde 1 psig na 1 palec priemeru sedla ventilu	voda pri teplote 10 – 52 °C	maximálny prevádzkový tlakový spád cez ventil nepresahujúci hodnotu tlaku vychádzajúceho z tlakovej rady ventilu, alebo menej (podľa dohody)	tlak sa na vstup privedie až po naplnení dutín celého telesa ventilu a pripojení potrubia s vodou. Ventil sa uzavrie. Používa sa predpísaná max. sila pohonu ale nie viac, len ak je to prípustné počas testu. Meria sa priesak po ustálení.
VI	nepresahujúca množstvá uvedené tab. 3 v závislosti na menovitom priemere sedla	vzduch alebo dusík pri teplote 10 – 52 °C	3,5 bar (50 psig) alebo max. dovolený diferenčný tlak na uzáver ventilu, ktorý je nižší	tlak sa privedie na vstup ventilu. Pohon nastavený podľa zadanych prevádzkových podmienok. Meria sa počet bublín prebublávajúcich kvapalinou. Meracie zariadenie popisuje norma ANSI/FCI 70-2-1991.

Tab.2

2.7 Tlakový spád

Dôležitým kritériom výberu je maximálny tlakový spád, ktorý môže ventil znášať pri jeho úplnom uzavretí, alebo pri čiastočnom alebo úplnom otvorení. Zdvihové ventily vo všeobecnosti lepšie znášajú tlakové spády pri oboch týchto požiadavkách, pretože majú robustné a veľmi dobre vedené pohyblivé časti. Na rozdiel od zdvihových ventilov sú hodnoty maximálneho tlakového spádu pri mnohých rotačných ventiloch obmedzené pod menovité tlaky telesa. V pootvorenom stave je to dané prietokovými podmienkami a usporiadaním vnútra ventilu. Hydrodynamické sily prúdiaceho média pôsobiace na regulačný člen vyvolávajú nárast hodnoty potrebného ovládacieho krútiaceho momentu. V uzavretom stave dochádza k nepriaznivému ohybovému namáhaniu hriadeľa disku resp. segmentu.

2.8 Hluk a kavitácia

Sú dva javy, ktoré napriek tomu, že nie sú v priamom vzťahu, sa často spájajú, pretože obidva javy sa vyskytujú pri vysokých tlakových spádoch a veľkých prietokoch. Sú eliminované špeciálnymi úpravami viac-menej štandardných ventilov. Kavitácia je spôsobovaná náhlým odparením kvapaliny (v dôsledku tlakových pomerov vznikajúcich pri prúdení ventilom) a následnou implóziou parných bublín je nie len hlučná, ale uvoľnená energia implodovaných bublín spôsobuje eróziu ventilu v blízkosti zániku bublín.

Pri prúdení plynov a pár je hluk spôsobovaný turbulentným a vysokorychlostným prúdením vo vnútri ventilu.

2.9 Tesnosť v uzavretom stave

Netesnosť pri zavretí je závislá od viacerých faktorov, ktoré zahŕňajú tlakovú stratu, teplotu, vyhotovenie dosadacích plôch. U zdvihových ventilov hrá významnú rolu sila potrebná na pritlačenie kuželky do sedla. Používatelia ventilov majú tendenciu preháňať požiadavky na tesnosť, čím zbytočne zvyšujú nadobúdacie náklady. V skutočnosti len veľmi málo regulačných ventilov potrebuje spĺňať aj druhú funkciu – ako tesný uzatvárací ventil. Pretože tesné ventily majú vo všeobecnosti vyššiu počiatočnú cenu a vyžadujú vyššie náklady na údržbu, je potrebné požiadavky na tesnosť seriózne zvažovať. Vysoká tesnosť je veľmi dôležitá pri vysokotlakových ventiloch, kde by netesnosť mohla poškodiť sedlo s následným zničením celej vnútornej zostavy ventilu. V tab. 2 je uvedená

menovitý priemer sedla ventilu		počet bublín za minútu	
palce	mm	ml za minútu	bublíny za minútu
1	25	0,15	1
1 – 1/2	38	0,30	2
2	51	0,45	3
2 – 1/2	64	0,60	4
3	76	0,90	6
4	102	1,70	11
6	152	4,00	27
8	203	6,75	45

Tab.3 Maximálna dovolená netesnosť ventilu v uzavretom stave podľa triedy VI

klasifikácia netesnosti sedla regulačných ventilov v súlade s normou ANSI/FCI 70-2-1991.

2.10 Prietoková kapacita

Kritérium kapacity alebo veľkosti môže byť rozhodujúcim kritériom voľby ventilu. Pre veľmi veľké potrubia sú zdvihové ventily oveľa drahšie ako rotačné. Na druhej strane, pre veľmi malé prietoky nemusia byť k dispozícii rotačné ventily.

Ak je už od počiatku známe, že v budúcnosti bude potrebné regulovať médium za iných procesných podmienok, potom ako najvhodnejšie riešenie sa javí použitie zdvihového ventilu s vymeniteľnou (redukovanou) zostavou sedla a kuželky. Výmena vnútorných častí je podstatne lacnejšia ako výmena celeho ventilu.

Vo všeobecnosti rotačné ventily disponujú väčšou prietokovou kapacitou, ich použitie sa javí výhodnejšie pre aplikácie s menším tlakovým spádom.

V druhej časti bude opísané ešte jedno kritérium výberu ventilu – spôsob pripojenia ventilu do potrubia.

Pokračovanie v budúcom čísle.

Spracované podľa materiálov spoločnosti Emerson Process Management, Fisher Controls International LLC.

-tog-