



Regulačné armatúry (5)

V predchádzajúcej časti seriálu sme sa venovali kuželkám regulačných armatúr a vlastnostiam základných typov regulačných armatúr. V piatom pokračovaní sa venujeme kuželkám regulačných ventilov.

Kuželky regulačných ventilov

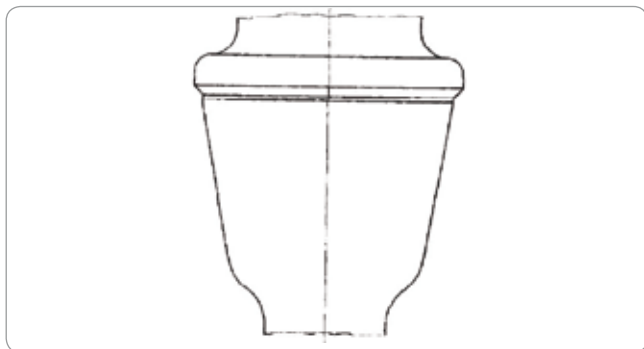
Regulačné ventily používajú niekoľko základných typov konštrukcie škrtiaceho systému, pričom každý z nich má svoje prednosti aj nevýhody, ktoré opíšeme ďalej.

Tvarovaná kuželka

Tvarovaná kuželka, niekedy tiež nazývaná parabolická, je základným typom regulačnej kuželky. Prietokový prierez je tvorený medzikružím medzi premenným priemerom rotačne symetrickej kuželky a sedlom ventilu. Kuželka nie je v sedle vedená, a preto sa najčastejšie používa v kombinácii s dvojitém vedením nad kuželkou a pod ňou. Pri konštrukcii najjednoduchších ventilov iba s jedným letným vedením sa veľmi často vyskytujú vibrácie kuželky v prevádzke a následkom toho krehké únavové lomy materiálu.

Prietokový súčiniteľ

Na prúdenie medzi sedlom a tvarovanou kuželkou sú veľmi priaznivé predpoklady. Prierez a rýchlosť média sa menia plynule, je zachovaný jednoliaty homogénny prúd tekutiny a zaoblené vstupné hrany. Preto sa táto kuželka vyznačuje nízkymi stratami a zároveň vysokým

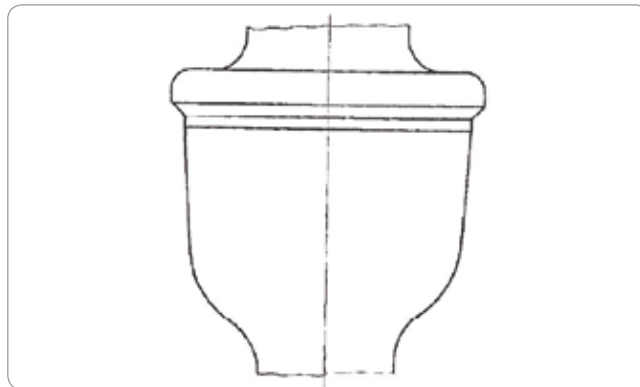


Obr. 9 Tvarovaná kuželka s lineárnou charakteristikou

prietokovým súčiniteľom. S výhodou sa používa v najširšom rozsahu K_v súčiniteľov. Pri najväčších prietokoch sa používa priemer sedla zhodný so svetlosťou ventilu, pri menších prietokoch sa používajú redukované priemery sedla a kuželky. Výhodou je súčasná redukcia tlesniacich plôch a s tým súvisiace možné netesnosti pri zatvorení.

Prietoková charakteristika

Tvarovaná kuželka je veľmi dobre vyrobiteľná. Veľmi dobre sa preto navrhujú a vyrábajú aj zložité charakteristiky (rovnopercentná, parabolická, špeciálna). Vzhľadom na nízky hydrodynamický odpor je pri tejto kuželke najjednoduchšia realizácia rovnopercentnej charakteristiky s vysokým K_v . Je to tiež jediné praktické riešenie tvorby rovnopercentnej charakteristiky pre $K_v < 4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.



Obr. 10 Tvarovaná kuželka s rovnakopercentnou charakteristikou

Vysoké tlakové spády

Škrtenie prietoku média sa deje priamo v priestore medzi tvoriacou krivkou kuželky a sedlom. Táto krivka aj sedlo sú neustále v kontakte s médiom, ktoré vďaka priaznivému tvaru a vysokému tlakovému spádu prúdi vysokou rýchlosťou. Pomerne malá zmena priemeru

kuželky spôsobí výrazné zmeny K_v aj prietokovej charakteristiky. Preto býva tento typ kuželky najmenej odolný proti opotrebovaniu. Je zaujímavé, že správne konštruovaná tvarovaná kuželka je veľmi odolná proti vzniku kavitácie. To je dané veľmi malým najmenším rozmerom škrtiaceho priestoru, ktorý je pre vznik kavitácie veľmi významný. Súčiniteľ D sa tu pohybuje v rozmedzí od 0,4 do 0,8 a závisí od zdvihu. Podstatnou podmienkou je tu smer prúdenia. Vstup média musí byť privedený „pod kuželku“, teda tak, aby kuželka zatvárala proti smeru prúdenia média. Pri prúdení média opačným smerom, teda v smere zatvárania kuželky, sa súčiniteľ D pohybuje medzi 0,2 až 0,4. Odolnosť proti vzniku kavitácie však nesmie byť zamieňaná s odolnosťou proti účinkom kavitácie, ktorá je v tomto prípade z uvedených dôvodov naopak najnižšia.

Hlučnosť

Tvarovaná kuželka má vďaka homogénnemu neroztriedenému prúdeniu média pomerne dobré vlastnosti z hľadiska vzniku hluku. Horšia situácia nastáva, ak sa prekročia určité kritické parametre. Potom tento jednoduchý škrtiaci systém nedáva priveľa možností zdroj hluku lokalizovať a utlmiť. Preto vykazuje veľmi priaznivé vlastnosti pri malých rýchlostiach média a pri nízkych tlakových spádoch, kde sa ako výhoda javí malý hydraulický priemer škrtiaceho prierezu a vysoká odolnosť proti vzniku kavitácie. Nevýhodou potom je, že sa môžu pri zlej konštrukcii prejavovať vibrácie kuželky.

Kuželka s výrezmi

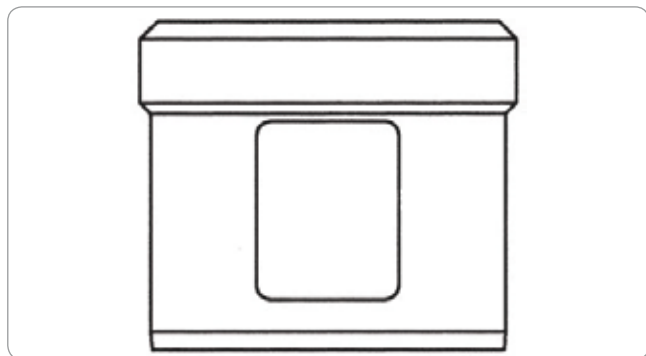
Kuželka s výrezmi, tiež známa ako V-port, je druhým najpoužívanejším typom kuželky pre regulačné ventily. Je tvorená dutým valcom, v ktorého stene sú vyhotovené tri alebo viac výrezov. Veľkosť škrtiaceho prierezu je riadená odkrývaním plochy regulačných výrezov hornou hranou sedla. Kuželka je v celom priebehu regulačného zdvihu vedená v sedle. Preto nepotrebuje dodatočné spodné vedenie.

Prietokový súčiniteľ

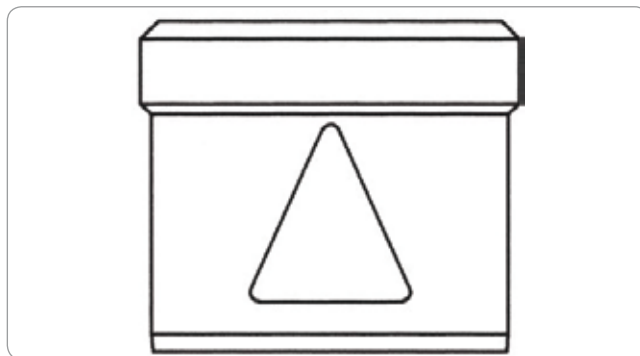
Pomery pri prúdení média kuželkou s výrezmi nie sú už také priaznivé ako pri tvarovanej kuželke. Regulácia prebieha skokom v závislosti od zdvihu a jednoliaty prúd média je rozdelený do niekoľkých prúdov v závislosti od počtu výrezov. Na vstupe aj výstupe z najužšieho miesta sú ostré hrany. Preto je pri tejto kuželke potrebný na dosiahnutie rovnakého prietokového súčiniteľa väčší prietokový prierez ako pri tvarovanej kuželke a tým je rozsah použitia tejto kuželky zmenšený o oblasť maximálnych prietokov. Podobne technicky problematická je štandardná výroba malých K_v (pod $4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$).

Prietoková charakteristika

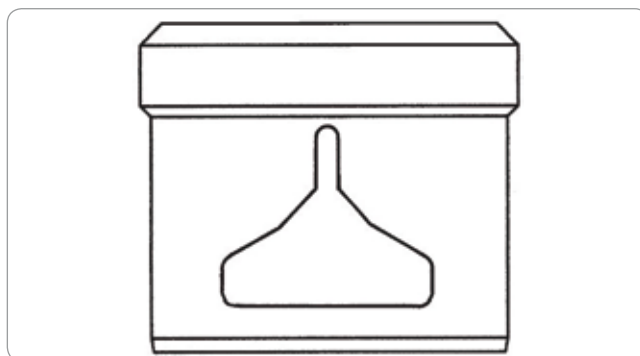
Kuželka s výrezmi je veľmi efektívne vyrobiteľná pomocou moderných technológií, ako je presné odliatie či obrábanie výrezov laserom alebo vodným lúčom. Nie je tu problém vytvorenia dokonale korigovaných prietokových charakteristík s obmedzeniami uvedenými v predchádzajúcom odseku. Najnáročnejšia je realizácia poslednej strmšej časti rovnopercetnej krivky, lebo nie je k dispozícii celý obvod sedla ani priaznivé prietokové pomery. Z týchto dôvodov sa pri tejto kuželke pre maximálne hodnoty K_v často používajú modifikované charakteristiky. Výhodou je veľká odolnosť regulačnej krivky proti zmenám v dôsledku abrázie médiom.



Obr. 11 Kuželka s výrezmi s lineárnou charakteristikou



Obr. 12 Kuželka s výrezmi s parabolickou charakteristikou



Obr. 13 Kuželka s výrezmi s modifikovanou rovnopercetnou charakteristikou

Vysoké tlakové spády

Regulačná partia kuželky je pomerne veľmi dobre odolná proti opotrebovaniu. Horšie je to už so sedlom, ktoré podobne ako pri tvarovanej kuželke tvorí hranicu regulačnej plochy. Priaznivým faktorom je nižšia rýchlosť v priereze, nevýhodou naopak nerovnomerné zaťaženie sedla prietokom média vďaka tvarovaniu výrezov.

Táto kuželka nie je veľmi odolná proti vzniku kavitácie. Súčiniteľ D sa tu pohybuje v rozsahu od 0,15 do 0,5 a je prakticky nezávislý od zdvihu. Tento súčiniteľ nie je rozdielny ani pri rôznom smere prúdenia. Obvykle sa používa vstup média „pod kuželku“. Kuželka s výrezmi je pomerne odolná proti účinkom kavitácie, preto sa pripúšťajú prakticky rovnaké tlakové pomery ako pri ventiloch s tvarovanou kuželkou.

Hlučnosť

Kuželka s výrezmi má prakticky rovnaké vlastnosti z hľadiska vzniku hluku ako tvarovaná kuželka. Je o málo tichšia pri veľkých rýchlostiach a pri vysokých tlakových spádoch. Je tiež odolnejšia proti vibráciám. Ak však nastanú problémy s hlukom, nedáva tento typ veľa priestoru na nápravu.

Dierovaná kuželka

Dierovaná kuželka sa v regulačných ventiloch používa skôr v špeciálnych prípadoch. Je tvorená dutým valcom, v ktorého stene je vyvrtaná sústava dier s jedným alebo viacerými priermi. Veľkosť škrtiaceho prierezu je riadená odkrývaním poľa týchto dier hornou hranou sedla. Kuželka je v celom priebehu regulačného zdvihu vedená v sedle rovnako ako valcová kuželka, a preto ani toto vyhotovenie nepotrebuje dodatočné spodné vedenie. Prietok média kuželkou je v smere zatvárania ventilu, teda „nad kuželku“ a z tohto dôvodu je potrebná určitá opatnosť pri ovládaní ventilov s jednoduchou dierovanou kuželkou pneumopohonmi. Pri uzatváraní prietoku dochádza k zvýšeniu tlakového spádu a vďaka veľmi malej tuhosti sústavy kuželka - pneumopohon môže dôjsť k dorazu („prisatiu“) kuželky do sedla a následnému hydraulickému rázu. Preto sa v týchto prípadoch odporúča rezerva ovládacej sily vo výške minimálne 50 % až 70 % sily potrebnej na ovládanie tohto ventilu pomocou napr. elektrického pohonu.

Prietokový súčiniteľ

Prietoková plocha tohto typu kuželky je tvorená polom dier. Jednoliaty prúd média je roztrieštený do množstva lokálnych prúdov. Vstup aj výstup z najužšieho prierezu je rýchly s ostrými hranami. Na dosiahnutie rovnakého Kv je potrebná prakticky rovnaká prietoková plocha ako pri kuželke s výrezmi. Využitie plochy pláštka kuželky je tu ešte nižšie, a preto je tu ešte väčšie obmedzenie pri veľkých Kv súčiniteľoch pri konkrétnych svetlostiach. Rovnako problematická je aj výroba malých Kv hodnôt.

Prietoková charakteristika

Dierovaná kuželka je principiálne odlišná od predchádzajúcich dvoch typov. Prietoková plocha nie je jednoliata a nemá jednu hranicu, ale je daná sčítaním prierezov jednotlivých dier. Preto nemožno dosiahnuť takú hladkosť krivky a je tu určité zvlnenie prietokovej charakteristiky v rade prekrytia priemerov jednotlivých dier. Vďaka malému využitiu dostupnej valcovej plochy je technicky zložitým vytvorením prietokovej charakteristiky s relatívne veľkým Kv s veľkou strmou (rovnopercentná charakteristika). Rovnako problematická je aj výroba malých Kv súčiniteľov pri požiadavke zachovania normou definovaných odchýlok sklonu charakteristiky. Preto je praktické využitie skôr zamerané na špeciálne kuželky, aby sa zvládol väčší tlakový spád, kde nie sú potrebné extrémne (ani veľké, ani malé) hodnoty Kv.

Vysoké tlakové spády

Dierovaná kuželka je ideálna na zvládnutie vysokých tlakových spádov. Na jednotku prietokovej plochy tu pripadá najväčšia dĺžka hranice, ktorá je tým relatívne málo namáhaná. Navyše môže byť sedlo odclonené zo smeru prúdenia a nemusí byť zaťažované ani odkrývaním prierezu kuželky. Dôležitý je smer prúdenia do vnútra kuželky („nad kuželku“), kde sa stretávajú jednotlivé čiastkové prúdy a zaniká tam značná časť kinetickej energie, ktorá by inak narušovala časti regulačného systému alebo telesa. Kuželka je pomerne

odolná proti vzniku kavitácie. Hodnota D sa pohybuje medzi 0,5 až 0,7 a nezávisí od zdvíhu. Kuželka má však najvyššiu odolnosť proti jej účinkom, lebo najškodlivejšia časť kavitačného procesu – zánik kavitácie spojený s miestnym hydraulickým rázom – sa odohráva prevažne v pomerne izolovanom priestore dutiny kuželky ďaleko od častí, ktorých poškodenie by mohlo spôsobiť zmenu regulačných alebo tesniacich vlastností ventilu.

Hlučnosť

Dierovaná kuželka má veľmi dobré akustické vlastnosti pri regulácii prietoku kvapalín. Dochádza k rozbitiu jednoliateho prúdu média na jednotlivé čiastkové prúdy, ktoré sa navzájom stretávajú v uzavretom priestore vnútri kuželky. Aj tu však najviac záleží na konkrétnom vyhotovení škrtiaceho systému. Pri prúdení stlačiteľných médií sú tu opäť dobré predpoklady zvládnutia problémov s hlukom, ale to v žiadnom prípade neznamená, že použitím dierovanej kuželky sa problém okamžite odstráni. Skôr je tu možnosť kontroly expanzie plynov a pary použitím viacstupňového škrtiaceho systému alebo clôn na výstupe. Tým dochádza k lokalizácii zdroja hluku a tlmia sa akustické kmity média, ktoré sú nesené pracovnou látkou do ďalších častí potrubného systému.

V záverečnej časti seriálu sa budeme zaoberať pohonmi regulačných ventilov.

Zdroj textu a obrázkov: Doubrava, J. – Dyrtr, V. – Klimeš, M. – Marek, V. – Novotný, O. – Suchánek, T.: Regulačné armatúry. 5. upravené a doplnené vydanie, LDM spol. s r.o., 2009.

-tog-