artykuł sponsorowany

Mirosław SZUSTER

ZAWORY ZWROTNE KULOWE DO CIECZY ZANIECZYSZCZONYCH

systemu SZUSTER - NIEMOŻLIWE stało się REALNE

I. WSTĘP

Artykuł omawia ważne problemy związane z armaturą zwrotną do cieczy zanieczyszczonych (ścieków).

Od kilkudziesięciu lat nurtują one nie tylko producentów armatury lecz także, i to w większym stopniu, projektantów oraz użytkowników układów pompowych i instalacji, a także producentów pomp. O ile dla mediów czystych dopracowano się w miarę skutecznych i niesprawiających większych kłopotów w eksploatacji zaworów zwrotnych, to dla ścieków problem ten nie był dotychczas w należyty sposób rozwiązany.

II. ZAWORY ZWROTNE STOSOWANE DO ŚCIEKÓW

Zawory zwrotne klapowe

1. Zawory o konstrukcji klasycznej, używane są zazwyczaj z dodatkową dźwignią i obciążnikiem - obecnie praktycznie niestosowane do ścieków.
2. Zawory z klapą zawieszoną na zawiasie gumowym, stosowane do ścieków, zwłaszcza wstępnie oczyszczonych.

Wady: długi czas zamykania, ograniczone pozycje zabudowy (preferowana zabudowa pozioma), niedostateczne samooczyszczanie się, podatność obrzeża uszczelniającego klapy na uszkodzenia.

Zawory zwrotne kulowe

1. Zawory o konstrukcji klasycznej z wlotem i wylotem w jednej linii, w których element zamykający (kula) w położeniu pełnego otwarcia znajduje się poza przepływem. Zastosowanie tych zaworów w gospodarce wodno ściekowej wzrasta z roku na rok, zwłaszcza w zastosowaniu do ścieków surowych.

Wady: powolne reagowanie na zmiany przepływu, właściwości zależne od doboru kuli, niestabilność pracy przy prędkościach przepływu do 3 m/s, a niekiedy i większych.

2. Zawory kątowe w kształcie „T" z wlotem i wylotem pod kątem 90°, w których kula w położeniu pełnego otwarcia znajduje się w osi gniazda zaworu.

Wady: ograniczone zastosowanie; do ścieków rozdrobnionych i nie zawierających twardych części stałych (pompownie ciśnieniowe z pompami rozdrabniającymi), duże opory przepływu i podatność kuli na wibracje.

III. PODSTAWOWE KRYTERIA DOBREGO ZAWORU ZWROTNEGO

1. Jak najmniejszy współczynnik oporu przepływu ζ,
2. Jak najmniejsza prędkość przepływu cieczy, powyżej której następuje całkowite otwarcie elementu zamykającego w zaworze,
3. Stabilizacja oporów przepływu przy pełnym otwarciu zaworu zwrotnego (ζ = constans),
4. Jak najkrótszy czas zamykania elementu zamykającego po zaniku przepływu

ad. 1. Klasyczne zawory zwrotne kulowe, w porównaniu z klapowymi, charakteryzują się wyższymi współczynnikami oporu przepływu ζ, które na ogół wynoszą $\zeta = 1 \div 2$ przy ich pełnym otwarciu i w stanie czystym.

ad. 2. Praktycznie brak jest zaworów zwrotnych, a zwłaszcza kulowych, w których następuje całkowite otwarcie przy prędkościach przepływu cieczy niższych od 1 m/s **(eksploatacja zaworów zwrotnych przy ich pełnym otwarciu zwiększa ich żywotność).**

ad. 3. Stabilizacja oporów przepływu (ζ = constans) przy pełnym otwarciu zaworu następuje zwykle przy prędkościach przepływu cieczy w granicach 1,5÷5,5 m/s, z tym że wartości wyższe (3÷5,5 m/s) odpowiadają zwłaszcza zaworom zwrotnym kulowym.

ad. 4. Brak na ten temat danych technicznych i obiektywnej oceny producentów armatury zwrotnej, zwłaszcza dotyczącej zaworów zwrotnych kulowych.

Gęstość kuli jest dobierana w zależności od konkretnej konstrukcji zaworu zwrotnego kulowego. Dobór ten jest podyktowany kompromisem między minimalizacją oporów przepływu (w tym ograniczeniem wibracji elementu zamykającego), a szybkością zamknięcia zwrotnego. Dąży się tym samym do zwiększenia ciężaru właściwego kuli, błędnie sądząc, że szybciej będzie ona reagowała na przepływ zwrotny, nie biorąc pod uwagę zwiększenia bezwładności tego elementu.

Rozważyć można zatem sytuację, w której kula wykonuje ruchy w kanale odchylonym klasycznego zaworu liniowego i w pewnym momencie, gdy oddala się ona od gniazda, nastąpi zwrotny przepływ cieczy. Wówczas jej powrót w stronę przeciwną (w kierunku do gniazda) nastąpi z opóźnieniem, spowodowanym jej bezwładnością (tym większym, im większa jest różnica pomiędzy gęstością kuli, a gęstością przepływającej przez zawór cieczy)[1]. Może to wtedy prowadzić do nieprzewidzianego i groźnego w skutkach uderzenia hydraulicznego, większego niż gdyby w tym momencie kula była nieruchoma, albo do uszkodzenia pompy przez spowodowanie wirowania w kierunku przeciwnym do normalnego.

Innym jeszcze stosowanym zabiegiem jest dobieranie, na etapie rozruchu instalacji pompowej, kuli o odpowiedniej gęstości np. regulując tę gęstość przez wypełnienie kuli odpowiednim śrutem.

Jak z przytoczonych uwag wynika, klasyczne zawory zwrotne kulowe dalekie są jeszcze od doskonałości, pomimo ich niewątpliwych zalet. A niewątpliwie zaletami są:

1. - mała wrażliwość na zanieczyszczenia,
2. - brak elementów ruchomych (zawiasowych),
3. - łatwość konserwacji,
4. - pełny, niezawężony przekrój przepływu,
5. - dość niskie opory przepływu.

IV. HISTORIA ZAWORU ZWROTNEGO KULOWEGO - STAN TECHNIKI

Pierwsze dojrzałe konstrukcje zaworów zwrotnych kulowych powstały już przed drugą wojną światową, czego dowodem może być amerykański opis patentowy nr US 1 700 234 z roku 1928 (rys. 1, 2). W zasadzie, w każdym obecnie produkowanym zaworze zwrotnym kulowym o konstrukcji klasycznej znajdzie się większość elementów znanych z wyżej wymienionego patentu. Jeżeli pojawiły się „nowe" konstrukcje, to wynikały one zwłaszcza z chęci poprawienia drobnych szczegółów, ominięcia ważnych patentów czy praw autorskich. Z istotnych zmian, które wprowadzono później, można wymienić tak zwany kanał odciążający, obniżający znacznie opory przepływu (amerykański opis patentowy nr US 4 501 292). Jedną ze specyficznych odmian tego kanału ujawniono w polskim opisie patentowym nr PL 174939.

[1] dotyczy kuli tonącej

Rys. 1

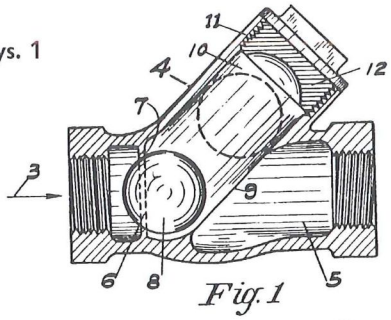


Fig. 1

Rys. 2.

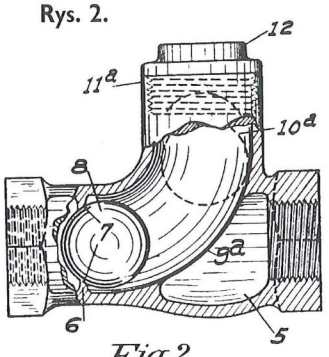


Fig. 2

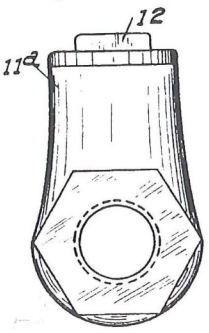


Fig. 3

Zupełnie nowa koncepcja i konstrukcja zaworu zwrotnego kulowego powstała w wyniku potrzeby takiego zaworu dla instalacji mieszania osadu w komorze fermentacyjnej (WKF) na terenie oczyszczalni ścieków w Komorowicach (Bielsko-Biała) w 1996 roku.

Wymagania postawione temu zaworowi były następujące:

- małe opory przepływu ($\zeta = 1 \div 1{,}2$) przy prędkościach przepływu przez rurociąg w granicach 1÷ 2 m/s (ζ = constans przy zmiennej prędkości przepływu),
- pełne otwarcie zaworu w zakresie wyżej wymienionych prędkości przepływu i brak drgań kuli przy przepływie osadu fermentacyjnego (~ 3% s.m.).

Wymagania te okazały się **„NIEMOŻLIWE"** do spełnienia (dla kuli tonącej).

Skłoniło to autora do podjęcia prac nad konstrukcją takiego zaworu zwrotnego kulowego, który spełniałby powyższe wymagania.

Tak powstał przedstawiony dalej **zawór zwrotny kulowy - systemu SZUSTER**.

V. KLASYCZNE ZAWORY ZWROTNE KULOWE. SŁABE PUNKTY

Od strony techniki wykonania i eksploatacji pompowni:

1. Utrudniony dostęp do kuli, a w szczególności do gniazda (czyszczenie gniazda, a zwłaszcza regeneracja jego przylgi stożkowej jest możliwa tylko po zdemontowaniu zaworu z linii rurociągu).

2 Możliwość blokowania kuli przez gromadzące się zanieczyszczenia pod pokrywą wyczystną zaworu.

Uwaga: Może to doprowadzić do niepełnego otwierania się zaworu, a tym samym do wzrostu oporów przepływu przez zawór w trakcie jego eksploatacji. Z tego względu projektanci zakładają opory przepływu nawet dwukrotnie wyższe ($\zeta = 2 \div 3$) - dotyczy to zwłaszcza konstrukcji, w których pokrywa wyczystna jest mniej oddalona od gniazda (nieco przesłonięty przelot przez kulę w jej położeniu pełnego otwarcia).

Od strony przepływu i zachowań podczas uderzeń hydraulicznych:

1. W przypadku eksploatacji zaworu, przy jego niepełnym otwarciu ($v < 3$ m/s), zmiana parametrów przepływu może natychmiast spowodować zmianę oporów przepływu.

Uwaga: wywołuje to niekiedy, wibracje elementu zamykającego (kuli), niekorzystne z punktu widzenia przepływu, zwłaszcza przy przepływie ścieków surowych, w których w składzie znajdują się większych rozmiarów części stałe. Dotyczy to zwłaszcza konstrukcji, w których pokrywa wyczystna jest bardziej oddalona od gniazda (całkowicie odsłonięty przelot przez kulę w jej położeniu pełnego otwarcia).

2. Przy wysokich parametrach przepływu i ciśnienia element zamykający (kula) niekiedy nie chowa się do kieszeni kanału odchylonego lecz pozostaje w przepływie, naprzeciw gniazda, co w bardzo dużym stopniu zwiększa opory przepływu.

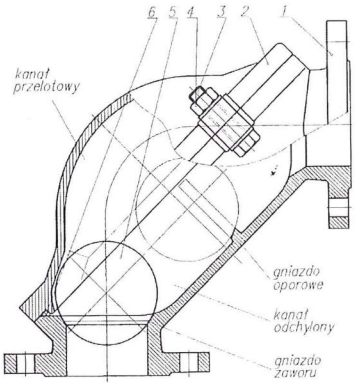
Uwaga: Ten sam skutek zwiększenia się oporów przepływu może spowodować np. zablokowanie częściami stałymi, tak zwanego kanału odciążającego zaworu.

3. Ze względu na niestabilność elementu zamykającego (kuli) przy prędkościach przepływu przez zawór w granicach 1÷3 m/s reakcja na przepływ zwrotny może być opóźniona (patrz rozważania w punkcie III).

VI. ZAWÓR ZWROTNY KULOWY SYSTEMU SZUSTER

Zasada działania

Zawór zwrotny kulowy systemu SZUSTER (rys. 3) zapewnia niespotykaną w innych tego typu zaworach niezawodność i pewność działania dzięki swojej konstrukcji i zasadzie pracy - swobodnie poruszającej się kuli w kanale odchylonym, który przecina kanał przelotowy na obu jego końcach. Jako jedyny zawór zwrotny kulowy perfekcyjnie wykorzystuje prawa fizyki.



1. Korpus
2. Pokrywa
3. Śruba
4. Nakrętka
5. Kula
6. Uszczelka

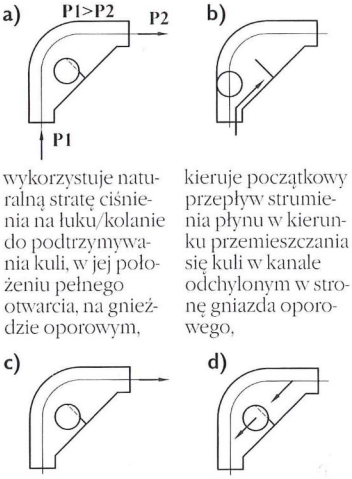
Materiały:

Korpus:	żeliwo szare
Pokrywa:	EN-GJL 250 zgodnie z PN-EN 1561
Kula:	Tworzywo sztuczne pokryte gumą NBR (EPDM)
Uszczelka:	NBR (EPDM)

Rys. 3. Zawór zwrotny kulowy systemu SZUSTER. Budowa

Główne zalety:

- **pełne otwarcie** przy prędkościach przepływu strumienia płynu **mniejszych od 1 m/s !!!** (przy gęstości kuli 1,25 kg/dm^3) - rys 4a,
- kanał odchylony i gniazdo oporowe zostają szybko przepłukane, co praktycznie eliminuje blokowanie się zaworu - rys 4b,
- kula osadza się na gnieździe oporowym i zamyka przepływ przez kanał odchylony, co zabezpiecza szczelinę pomiędzy kulą a ścianką kanału odchylonego przed zablokowaniem częściami stałymi i nie zakłóca głównego przepływu płynu przez zawór (**ζ = 0,9-1,0 !!**) - rys 4c,



a) wykorzystuje naturalną stratę ciśnienia na łuku/kolanie do podtrzymywania kuli, w jej położeniu pełnego otwarcia, na gnieździe oporowym,

b) kieruje początkowy przepływ strumienia płynu w kierunku przemieszczania się kuli w kanale odchylonym w stronę gniazda oporowego,

c) kieruje główny przepływ strumienia płynu tak, aby omijał kulę w jej położeniu pełnego otwarcia,

d) kieruje początkowy przepływ zwrotny strumienia płynu w stronę kuli (po najkrótszej drodze) celem osadzenia jej bez opóźnień na gnieździe zaworu.

Rys. 4. Działanie zaworu systemu SZUSTER

- skuteczne zamknięcie zaworu już przy prędkościach zwrotnego strumienia płynu mniejszych od 1 m/s - rys. 4d.

I tak **NIEMOŻLIWE** stało się **REALNE**, a nawet więcej, przerosło oczekiwania.

VII. ZAWÓR ZWROTNY KULOWY systemu SZUSTER. MOCNE PUNKTY

Od strony techniki wykonania i eksploatacji pompowni:

1. *Zastępuje jednocześnie kolano w instalacji pompowej.*

a) umożliwia się tym samym dogodny dostęp do pokrywy zaworu z powierzchni gruntu - dla systemu pompowni bez podestu i stropu pośredniego,
b) po zdjęciu pokrywy zaworu bardzo dobry dostęp do kuli i gniazda zaworu (którego przylgę stożkową można regenerować bez demontażu zaworu z rurociągu), a także możliwa inspekcja odcinka pionowego i poziomego rurociągu. **Uwaga:** w praktyce klasyczne zawory liniowe demontuje się w całości z linii rurociągu (w razie ich awarii) i zamienia się na sprawne (ze względu na utrudniony dostęp do kuli, gniazda), co prowadzi niekiedy do naruszenia konstrukcji orurowania pompowni,
c) upraszcza zabudowę w pompowni suchej (w budynku), zastępując kolano bezpośrednio za pompą, co w niektórych przypadkach zmniejsza zapotrzebowanie na powierzchnię do zabudowy,
d) eliminuje jedno połączenie kołnierzowe (potencjalne miejsce ewentualnego przecieku/awarii).

2. *Niewrażliwy na zapchanie substancjami pływającymi, gęstymi i łatwo sedymentującymi zawiesinami, a także w hydrotransporcie (połączenie kanału przelotowego z kanałem odchylonym, od wlotu do wylotu, bez przewężeń).*

a) brak możliwości gromadzenia się zanieczyszczeń „pod pokrywą wyczystną" czyli przed gniazdem oporowym,
b) ze względu na szeroki przelot gniazda oporowego praktycznie niemożliwy jest wzrost oporów przepływu w trakcie eksploatacji zaworu,
c) ograniczenie do minimum możliwości gromadzenia się zanieczyszczeń w kanale odchylonym ze względu na płukanie startowe - gdy kula unosi się w górę i płukanie wsteczne - przy zamykaniu zaworu (cykliczne płukanie z jednej i drugiej strony przy włączaniu i wyłączaniu pompy)[2].

3. *Element zamykający (kula) posiada rdzeń pełny z twardego tworzywa pokrytego gumą.*

a) eliminuje się efekt znikania kuli z zaworu, gdy pod wpływem uderzeń kuli zniszczona zostaje, pusta w środku, skorupa rdzenia kuli, a kula zachowuje się wtedy jak piłka i dostaje się do rurociągu, co często powoduje groźne konsekwencje,
b) zbliżony ciężar właściwy pełnego rdzenia z tworzywa do powłoki gumowej eliminuje błędy wyważenia kuli i tym samym zwiększa się jej trwałość,
c) łagodzi nieprzyjemne efekty akustyczne i wstrząsowe podczas uderzeń hydraulicznych.

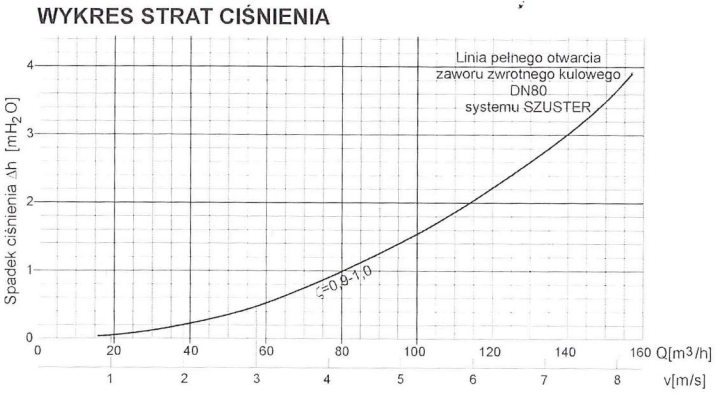
Od strony przepływu i zachowań podczas uderzeń hydraulicznych:

1. Pełne otwarcie zaworu przy prędkościach przepływu cieczy mniejszych od 1 m/s - dla kuli o gęstości $\rho_k = 1{,}2 \div 1{,}35$ kg/dm^3. Kula oparta o gniazdo oporowe, w wyniku oddziaływania na nią różnicy ciśnień przed i za gniazdem oporowym, nie podlega wibracjom; ζ = **constans**). **Uwaga:** dla prędkości przepływu mniejszych od 0,8 m/s zawór może być wyposażony w lżejszą kulę ($\rho_k < 1{,}2$ kg/dm^3). Jest to korzystne rozwiązanie dla układów pompowych z agregatami pompowymi o dużych mocach i długich rurociągach, gdzie mają zastosowanie urządzenia rozruchowe typu SOFT-START oraz przetwornice częstotliwości (falowniki).
2. Szybka reakcja na przepływ zwrotny cieczy.

a) niewielka różnica gęstości kuli i gęstości wody daje małą bezwładność elementu zamykającego (kuli)[3],
b) nieruchomo oparty o gniazdo oporowe element zamykający (kula) (ζ = constans) daje powtarzalność wyników wzrostu ciśnienia przy nagłym wyłączeniu pompy. **Uwaga:** Umożliwia to dokonanie dokładnej oceny skutków przepływu wstecznego fali ciśnienia na etapie rozruchu instalacji pompowej, przy tych samych parametrach przepływu,
c) rozszerzenie przekroju przepływu między wylotem a gniazdem oporowym daje, przy ruchu wstecznym cieczy, impuls ciśnieniowy oddziaływujący bezpośrednio na element zamykający (kulę).

VIII. PODSUMOWANIE

Zawór zwrotny kulowy systemu SZUSTER to jedyny znany ze stanu techniki na świecie zawór zwrotny kulowy, który przy tak niskim współczynniku oporu przepływu **($\zeta = 0{,}9 \div 1{,}0$) ma pełne otwarcie dla prędkości przepływu mniejszych od 1 m/s** i nie zawężony przekrój przepływu (rys. 5). Ponadto, ponieważ zawór zastępuje kolano, dla którego $\zeta = 0{,}3 \div 0{,}4$, to można stwierdzić, że **część konstrukcyjna zaworu zwrotnego (nie licząc łuku) ma współczynnik oporu przepływu $\zeta = 0{,}5 \div 0{,}7$.**



Rys. 5. Strata ciśnienia i ciśnienie otwarcia zaworu systemu SZUSTER

Jeżeli w instalacji pompowej zawór ten może zastąpić kolano, to jest to rozwiązanie optymalne pod każdym względem.

Literatura:

d) Amerykański opis patentowy nr US 1700234,
e) Amerykański opis patentowy nr US 4501292,
f) Polski opis patentowy nr PL 174939,
g) M. Szuster, polskie opisy zgłoszone w UP RP oraz w kilkudziesięciu krajach świata w ramach PCT (Patent Cooperation Treaty).

AUTOR:

mgr inż. Mirosław Szuster jest właścicielem firmy BIURO TECHNICZNE „SZUSTER"; oraz Prezesem Zarządu firmy „Białogon International" Sp. z o. o. w Kielcach. fax 041 345 5154

Kontakt: *BIURO TECHNICZNE „SZUSTER" ul. Małopolska 28/3, 40-737 Katowice, tel./fax: (0 32) 2526 476*

[2] dotyczy kuli tonącej
[3] dotyczy kuli tonącej