

Innowacyjne rozwiązania filtrów szczelinowych opracowanych w ITG KOMAG

Streszczenie

Potrzeby klientów górnictwa węglowego oraz zapotrzebowanie rynku na nowoczesne zespoły filtracyjne stały się przyczyną podjęcia prac rozwojowych w kierunku skonstruowania innowacyjnych filtrów szczelinowych. Zadania tego podjęli się specjaliści Instytutu Techniki Górniczej KOMAG przy współpracy z firmą Elektron opracowując całą gamę nowoczesnych rozwiązań wyżej wymienionych filtrów szczelinowych. W niniejszym artykule przedstawiono stan wiedzy na dotyczący filtrów szczelinowych w aspekcie ich zastosowania w różnych gałęziach przemysłu. Omówiono budowę i zasadę działania oraz rozwój konstrukcji filtrów opracowanych w ITG KOMAG na przełomie ostatnich lat. Przedstawiono również wyniki badań filtra, uwzględniając jego funkcjonalność i spełnienie jego założeń dotyczących parametrów przepływowych.

Słowa kluczowe: filtr szczelinowy rewersyjny, wkłady filtrów, badania filtrów szczelinowych

Keywords: reversible slotted screen, screen inserts, testing the slotted screens

Summary

The mining industry customers' as well as market demand for filtration units led to undertake the research projects aiming at development of state-of-the-art slotted screens. Specialists from KOMAG took on the task, in collaboration with Electron, and have developed variety of state-of-the-art designs of the abovementioned slotted screens. State of art of the slotted screens in the aspect of their use in different industries is given. Design and principle of operation as well as design evolution of the filters designed in KOMAG within recent years is discussed. The results from testing the filter functionality as well as meeting its assumed flow parameters are presented.

1. Wstęp

W różnych gałęziach przemysłu, w tym także w górnictwie węgla kamiennego, do filtracji niskoprocentowej emulsji olejowo-wodnej (media typu HFA), stosowane są szeroko filtry szczelinowe. Rozwoju ich podjął się ITG KOMAG we współpracy z firmą Elektron s.c. z Radzionkowa. Opracowano typoszereg rozwiązań zgodnie z zapotrzebowaniem kopalń. Wprowadzono nowe rozwiązania m.in.: zdalne sterowanie rewersyjnym oczyszczaniem wkładów filtracyjnych. Dla sprawdzenia przeprowadzono badania, w celu wyznaczenia charakterystyk przepływowych, wytrzymałości na ciśnienie oraz funkcjonalności nowego filtra szczelinowego.

2. Zakres stosowania filtrów szczelinowych w przemyśle

Filtry szczelinowe można podzielić na dwie grupy:

- liniowe – montowane w przewód zasilający – dla ich oczyszczenia wymagane jest wyłączenie zasilania a tym samym przerwanie procesu filtracji,
- z wewnętrznym oczyszczaniem, realizowanym elementem zgarniającym lub rewersyjnym płukaniem strumieniem filtratu. Proces czyszczenia

może być realizowany automatycznie lub ręcznie, na podstawie informacji o różnicy wartości ciśnienia występującego na wlocie i wylocie z filtra.

Praca w systemie ciągłym bez konieczności wyłączania urządzenia dla wymiany wkładu, a jedynie krótkotrwałe płukanie strumieniem wstecznym sprawiła, że filtry znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle [3].

Filtry szczelinowe znajdują zastosowanie w:

- elektrowniach konwencjonalnych do oczyszczania wody chłodzącej generatory, oraz dla wydłużenia pracy łożysk ślizgowych wałów turbin elektrowni wodnych,
- elektrociepłowniach do ochrony wymienników ciepła poprzez zabezpieczenie ich przed zatkanie i zużyciem,
- przemyśle chemicznym do oczyszczania wody procesowej,
- przemyśle hutniczym do oczyszczania ciśnieniowego odlewów z masy formierskiej oraz do chłodzenia wielkich pieców i linii walcowniczych,
- technice uzdatniania wody pitnej jako filtry wstępnego oczyszczania,
- technice ochrony środowiska do odwadniania osadów oraz przed sterylizacją promieniami

ultrafioletowymi, w procesie odwróconej osmozy oraz w procesie filtracji membranowej,

- przemyśle papierniczym do zasilania wodą dysz zraszających na sitach papierniczych,
- przemyśle górniczym do instalacji hydraulicznych zasilanych emulsją oraz do instalacji zraszania wodnego i wodno – powietrznego organów urabiających kombajnów ścianowych, chodnikowych oraz innych układów zmniejszających zapylenie w procesach transportu urobku.

3. Filtry szczelinowe – różne wykonania wkładów filtracyjnych

Ze względu na stosowane medium, głównie wodę lub emulsję olejowo-wodną, wkłady filtrów szczelinowych wykonywane są ze stali nierdzewnych typu 316L lub 316 Ti (według polskiej normy są to stale 00H17N14M2 lub H17N13M2T). Mają one formę wkładów o kształcie cylindrycznym lub stożkowym. Wkłady te charakteryzują się zdolnością do przenoszenia dużych obciążeń mechanicznych, niewielkimi spadkami ciśnienia oraz dużym współczynnikiem powierzchni otwartej i zadowalającą dokładnością filtracji w wielu zastosowaniach przemysłowych. Dzięki gładkiej powierzchni od strony gromadzenia się zanieczyszczeń, oprócz oczyszczania wkładu filtracyjnego strumieniem rewersyjnym, wkład można oczyszczać zgarniaczami mechanicznymi, uruchamianymi ręcznie lub w cyklu automatycznym [6].

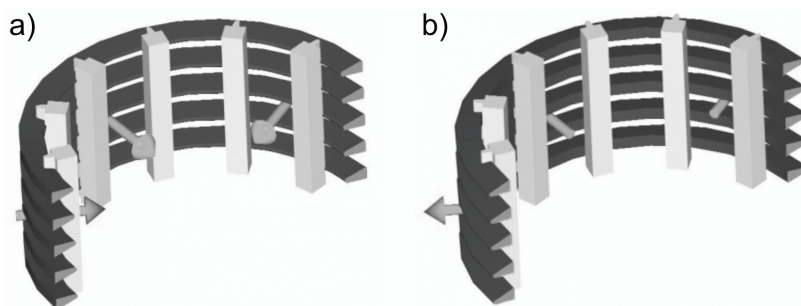
Wkłady filtrów szczelinowych można podzielić na promieniowe oraz osiowe.

Wkłady szczelinowe promieniowe wykonywane są

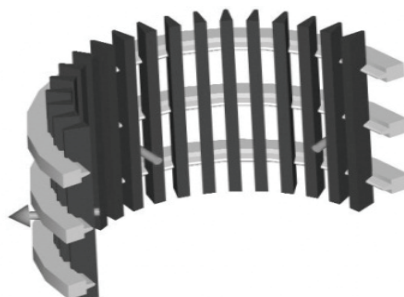
jako wkłady typu **RADIAL FOTI** [2] oraz **RADIAL FITO** (rys. 1). We wkładach szczelinowych **RADIAL FOTI** powierzchnia filtracyjna utworzona jest na zewnętrznej powierzchni pierścieni o przekroju trójkątnym. Pierścienie te mocowane są do wzdłużnych belek nośnych poprzez zgrzewanie tak, by odstęp między pierścieniami tworzył szczelinę filtracyjną. Wielkość szczeliny filtracyjnej określa dokładność filtracji. Podobnie zbudowane są wkłady szczelinowe typu **RADIAL FITO** z tą różnicą, że powierzchnia filtracyjna jest wykonana od wewnętrznej strony wkładu.

Dla zwiększenia wydajności filtracji oraz uproszczenia mechanicznego oczyszczania wkłady szczelinowe wykonywane są również jako osiowe (rys. 2), w których elementy filtrujące usytuowane są pionowo i są mocowane do pierścieniowych belek mocujących za pomocą zgrzewania. Powierzchnia gładka filtracyjna znajduje się od wewnętrznej strony sita. Takie ukształtowanie daje możliwość najprostszego oczyszczania wkładu za pomocą łukowego zgarniacza - rysunek 3 [4]. Podobnie jak w wkładach szczelinowych promieniowych, powierzchnię filtrującą w wkładach osiowych uzyskuje się poprzez utworzenie szczeliny między prętami o przekroju trójkątnym, mocowanych do pierścieni mocujących. Wielkość szczeliny pomiędzy poszczególnymi prętami określa dokładność filtracji.

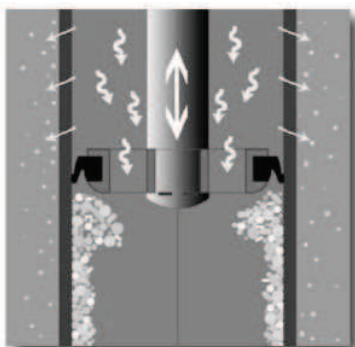
Wkłady szczelinowe pozwalają na wykonanie filtrów umożliwiających filtrację mediów dla dużych i bardzo dużych przepływów, przy zachowaniu stosunkowo niewielkich wymiarów gabarytowych samego filtra z dokładnością filtracji najczęściej mieszczącą się w granicach od 25, 50, 100, do 200 μm .



Rys.1. Wkłady szczelinowe promieniowe typu **RADIAL FOTI** (a) i **RADIAL FITO** (b) [2]



Rys.2. Wkład filtracyjny szczelinowy osiowy [2]

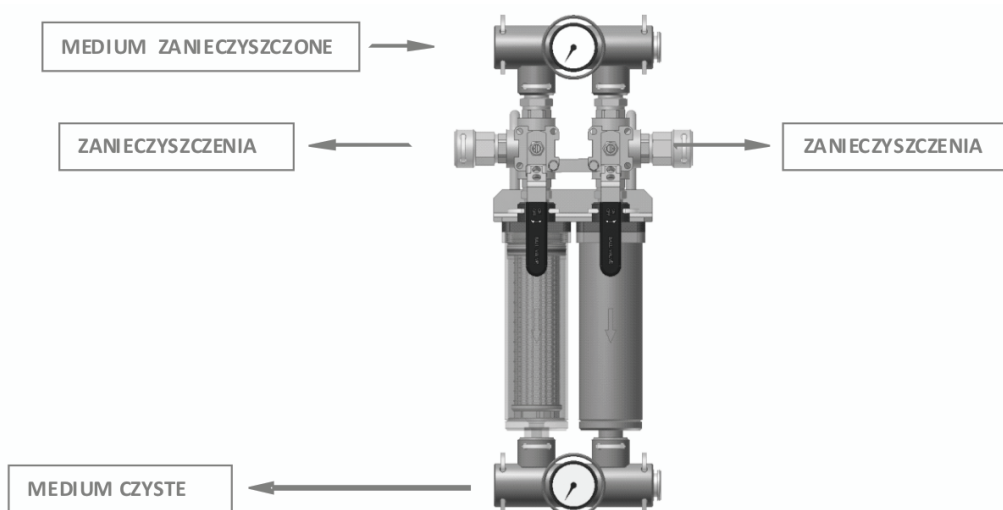


Rys.3. Przykład mechanicznego tłokowego zgarniacza zanieczyszczeń [4]

4. Rozwój konstrukcji filtrów szczelinowych

W odpowiedzi na sformułowane potrzeby użytkowników, Instytut Techniki Górniczej KOMAG wspólnie z firmą Elektron s.c. opracował rozwiązania filtrów szczelinowych dla potrzeb górnictwa węglowego. Dzięki zunifikowanemu układowi przyłączeniowemu, filtry w sposób prosty można podłączać do istniejących instalacji wodnych. Jednym z pierwszych opracowanych filtrów szczelinowych był filtr typu: FR-80 - rysunek 4 [5, 7].

Filtr ten można stosować dla przepływu o wartości do 80 dm³/min i ciśnienia o wartości do 4 MPa. Składa się on z dwóch komór filtracyjnych, w których oczyszczanie odbywa się poprzez skierowanie strumienia medium przez filtr w odwrotnym kierunku, kierując popłuczyny do kanału odprowadzania zanieczyszczeń. Czyszczenie wkładów filtracyjnych wykonuje się naprzemiennie. Przy wzroście różnicy wartości ciśnienia do z góry ustalonego poziomu przeprowadza się płukanie kolejno obu wkładów poprzez przesterowanie zaworów kulowych. Schemat działania filtra szczelinowego FR-80 pokazano na rysunku 5.



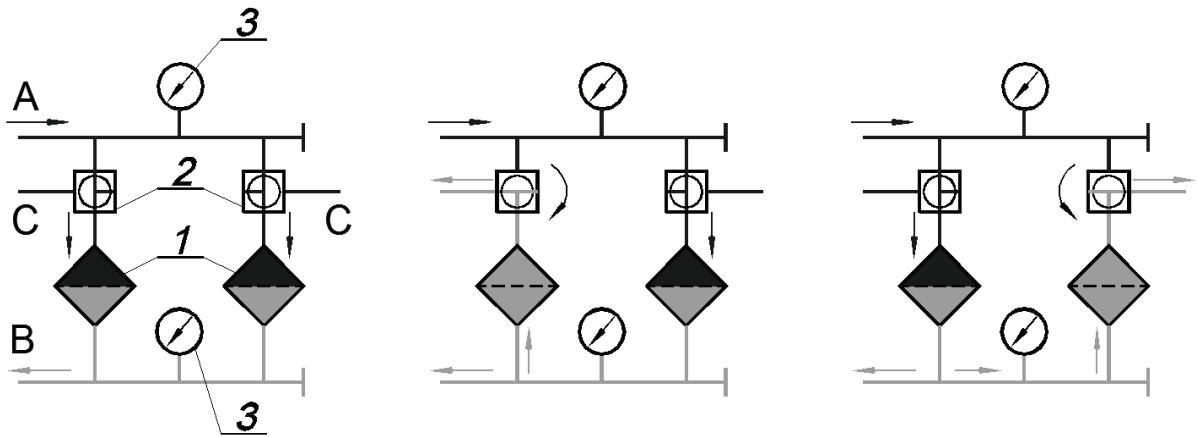
Rys.4. Filtr szczelinowy rewersyjny FR-80 [5]

Na rysunku 6 przedstawiono wysokociśnieniowy filtr rewersyjny typu EWFR-250/40-P, przewidziany dla przepływu o wartości do 250 dm³/min i ciśnieniu o wartości do 40 MPa. Filtr składa się z komory wkładów szczelinowych (poz. 1), kolektora medium zanieczyszczonego (poz. 2), w którym znajduje się zespół zaworowy sterujący strumieniem medium w kierunku filtracji lub w kierunku oczyszczania wkładów filtra. Przewodzenie zaworów sterujących realizowane jest za pomocą pokrętki (poz. 4). Filtr mocowany jest dwoma wspornikami (poz. 5). Dwa manometry (poz. 3), jeden w kolektorze medium zanieczyszczonego i drugi w kolektorze medium czystego, pozwalają określić różnicę wartości ciśnienia na wejściu i wyjściu z filtra, a tym samym konieczność oczyszczania wkładów. Schemat funkcjonalny wysokociśnieniowego filtra rewersyjnego przedstawiono na rysunku 7.

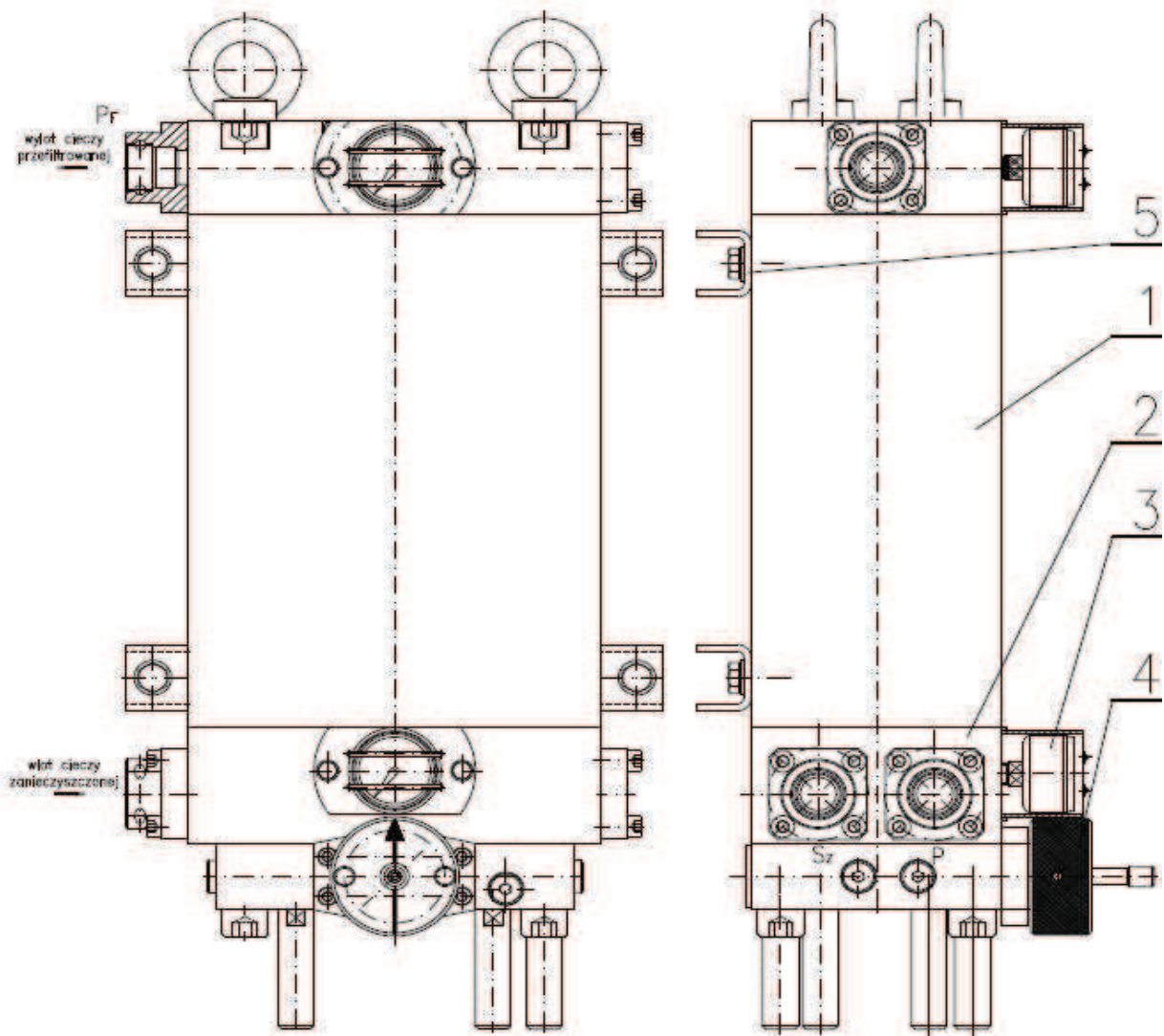
Zastosowanie zaworowego sterowania przełączanego za pomocą pokrętki daje możliwość zdalnego sterowania rewersyjnym oczyszczaniem wkładów szczelinowych.

Innym rozwiązaniem wysokociśnieniowego filtra rewersyjnego jest filtr typu EWFR-250/40-R, skonstruowany dla przepływu o wartości 250 dm³/min i ciśnieniu o wartości 40 MPa. Filtr pokazano na rysunku 8. W odróżnieniu od filtra EWFR-250/40-P, zastosowano w nim sterowanie rewersyjnym strumieniem czyszczącym za pomocą zaworów kulowych, montowanych do płyty kolektorowej.

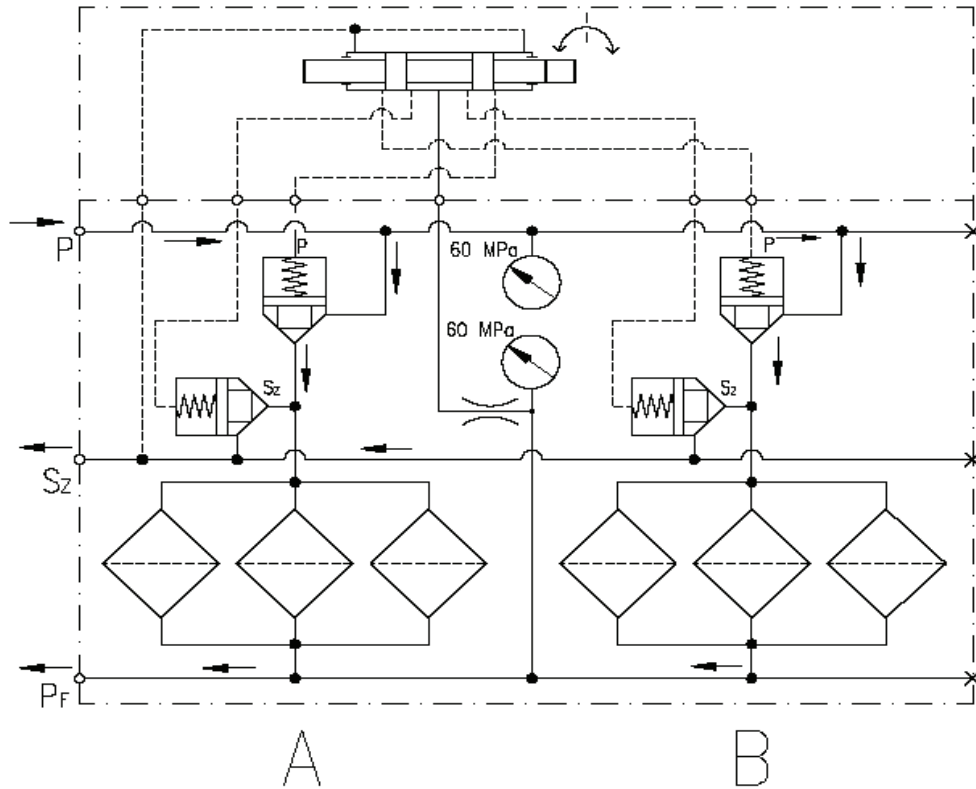
Na rysunku 9 pokazano filtr wysokociśnieniowy rewersyjny typu EWFR-800/40-RP przewidziany dla przepływu o wartości 800 dm³/min i ciśnieniu zasilania o wartości 40 MPa. Konstrukcyjnie różni się on od wyżej wymienionego filtra zdwojonym układem filtrującym oraz wbudowaniem zaworów kulowych sterujących rewersyjnym płukaniem wkładów filtra do płyty kolektorowej cieczy zanieczyszczonej. Na rysunku 10 pokazano schemat funkcjonalny filtra rewersyjnego EWFR-800/40-RP.



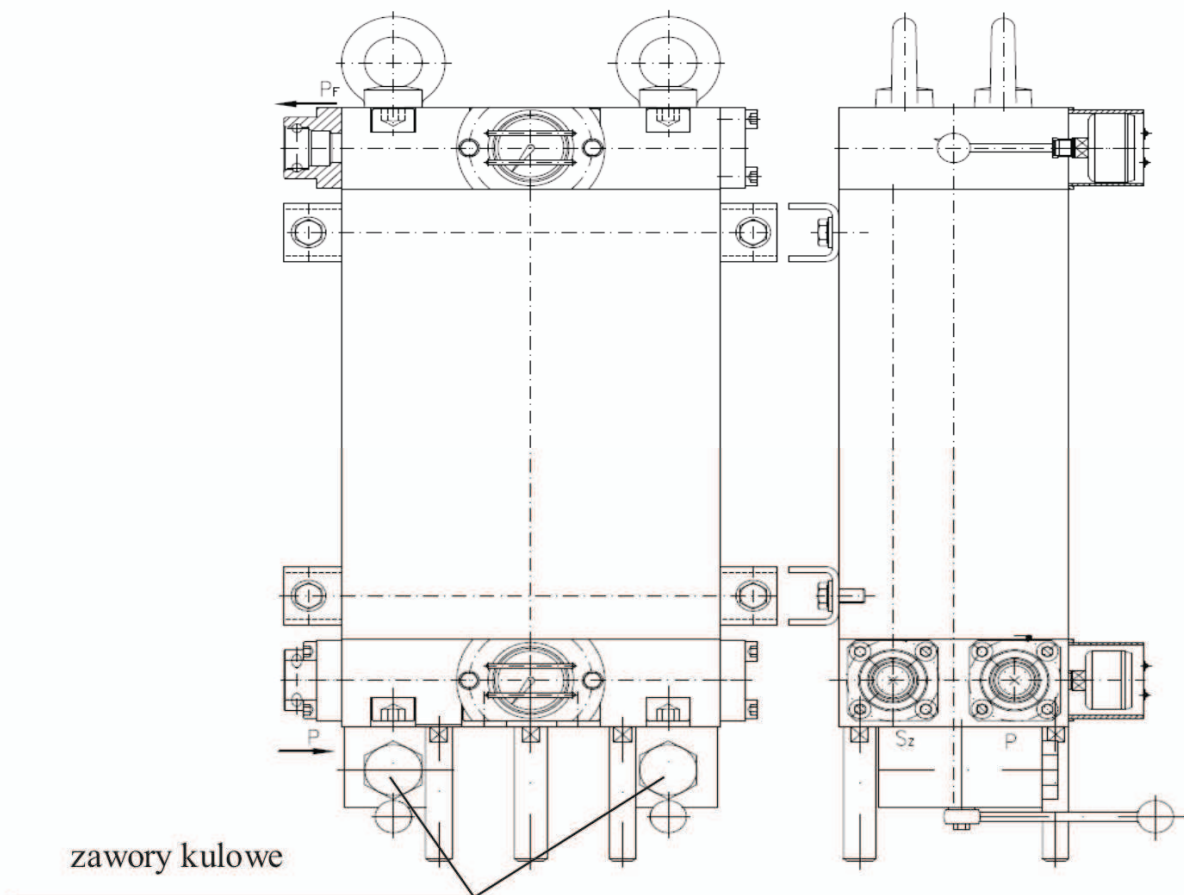
Rys.5. Schemat działania filtra: 1 - wkłady filtracyjne, 2 - zawory kulowe, 3 - manometry, A - dopływ wody zanieczyszczonej, B - wypływ wody przefiltrowanej, C - wypływ zanieczyszczeń [5]



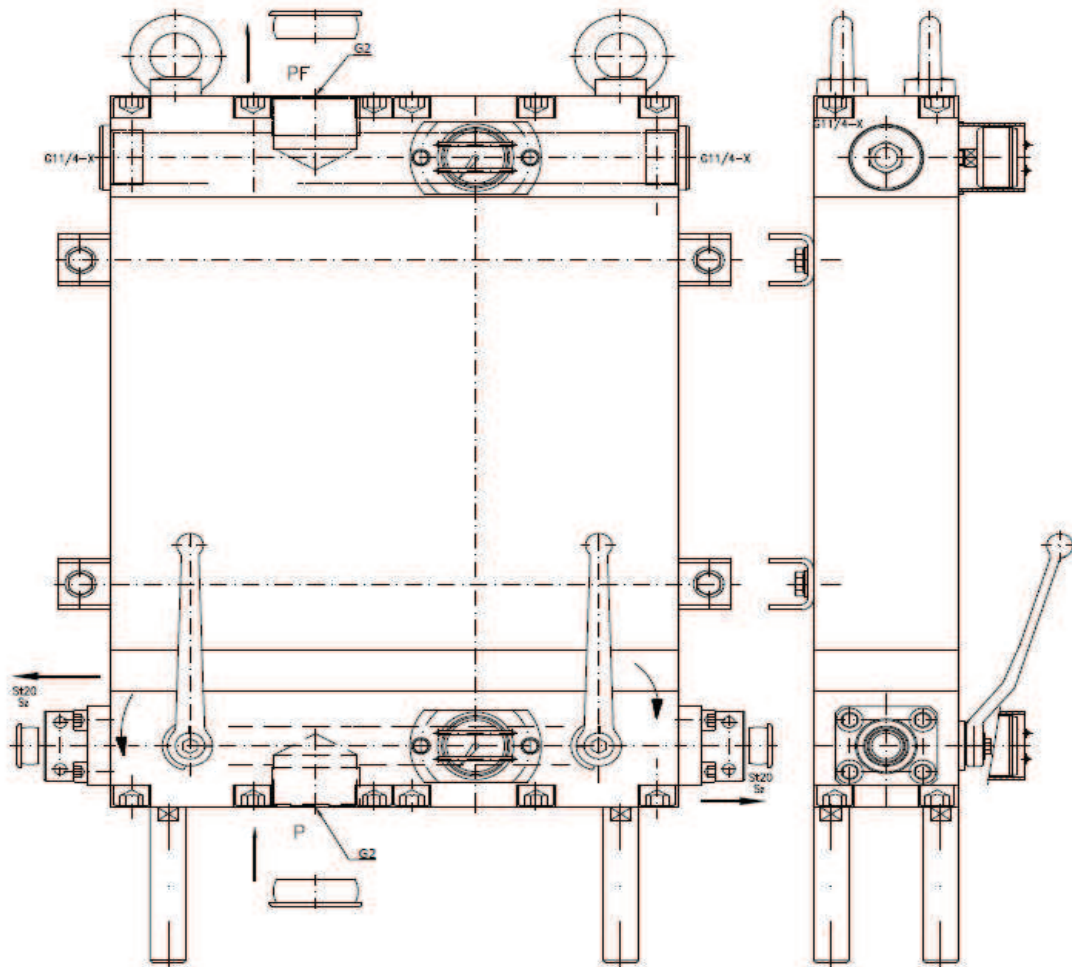
Rys.6. Wysokiśnieniowy filtr rewersyjny EWFR-250/40-P [8]



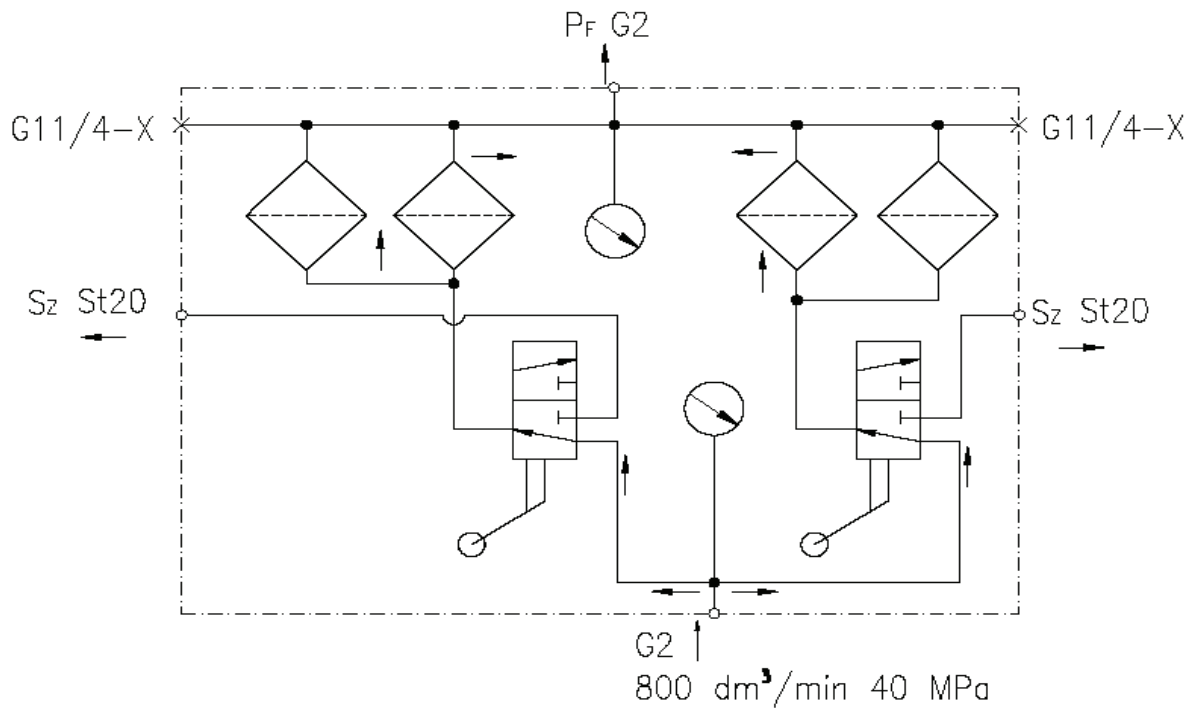
Rys.7. Schemat funkcjonalny wysokociśnieniowego filtra rewersyjnego EWFR-250/40-P [8]



Rys.8. Wysokociśnieniowy filtr rewersyjny EWFR-250/40-R [8]



Rys.9. Wysokociśnieniowy filtr rewersyjny EWFR-800/40-RP [8]



Rys.10. Schemat funkcjonalny filtra rewersyjnego EWFR-800/40-RP [8]

5. Badania filtrów szczelinowych

Celem sprawdzenia założeń konstrukcyjnych filtry szczelinowe poddano badaniu na specjalnie przygotowanym stanowisku badawczym.

Do badań stanowiskowych wytypowano filtr typu EWFR-250/40-P. Program badań przewidywał:

- określenie oporów przepływu,
- wykonanie próby szczelności, dla ciśnienia wynoszącego 40 MPa (nominalne ciśnienie pracy),
- wykonanie próby szczelności, dla ciśnienia wynoszącego 60 MPa (dla 50% przeciążenia),
- sprawdzenie funkcjonalności filtra.

Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 11. Na rysunku 12 zobrazowano zabudowę filtra na stanowisku. Filtr zasilany był niskoprotentową emulsją olejowo-wodną, podawaną przez wysokociśnieniową pompę nurnikową, z przepływem o wartości 200 dm³/min i maksymalnym ciśnieniu o wartości do 60 MPa.

Na rysunku 13 przedstawiono wykres spadku ciśnienia w funkcji czasu, przy przepływie o wartości

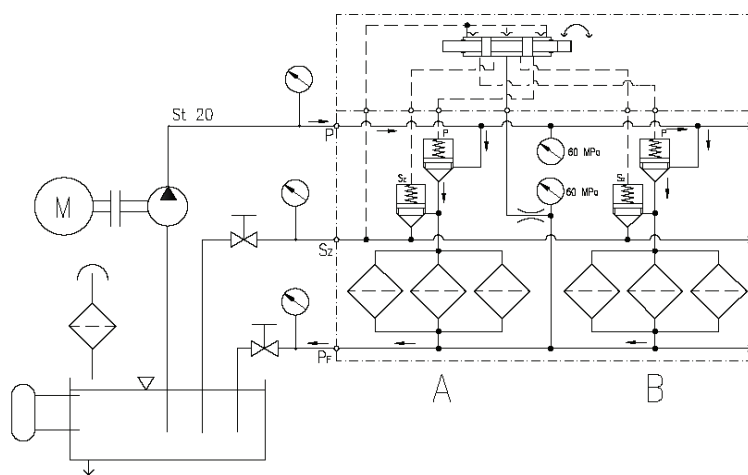
200 dm³/min w czasie i ciśnieniu zasilania o wartości 22 MPa.

Wartość spadku ciśnienia na filtrze wynosiła 1 MPa. Sporym utrudnieniem w badaniach była pulsacja pochodząca z pompy nurnikowej. Zmniejszono ją (w pewnym zakresie) tłumikiem pulsacji.

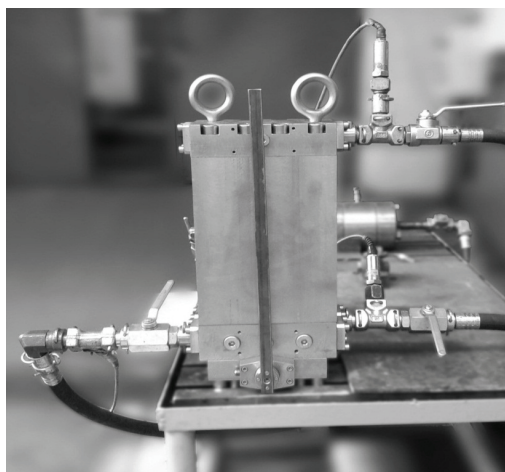
Filtr szczelinowy poddano kilkakrotnej próbie szczelności. Wyniki prób pokazano na rysunkach 14 i 15. Poniższe wykresy obrazują pełną odporność filtra na zadane ciśnienie.

Po każdej próbie szczelności filtr poddawano szczegółowym oględzinom zewnętrznym w celu sprawdzenia czy nie wystąpiły odkształcenia lub miejscowe nieszczelności.

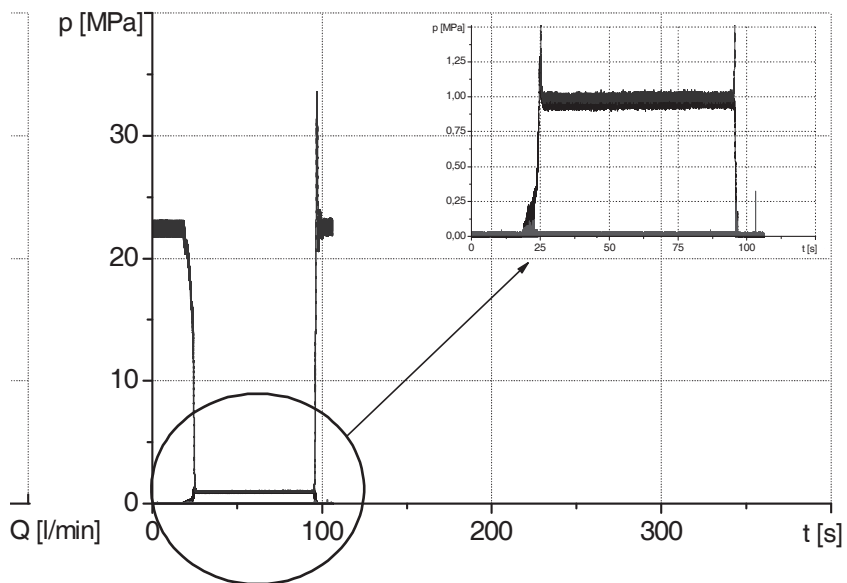
Ostatnią próbą było sprawdzenie funkcjonalności, w tym poprawnego działania nowego sterowania włączania płukania lewej i prawy komory filtrującej. Wysterowanie filtra przeprowadzano za pomocą pokrętła (poz. 4 rys. 6). W trakcie badań stwierdzono poprawną pracę układu sterującego powodującego płynne włączanie płukania dla lewej i oddzielnie prawej komory filtrującej.



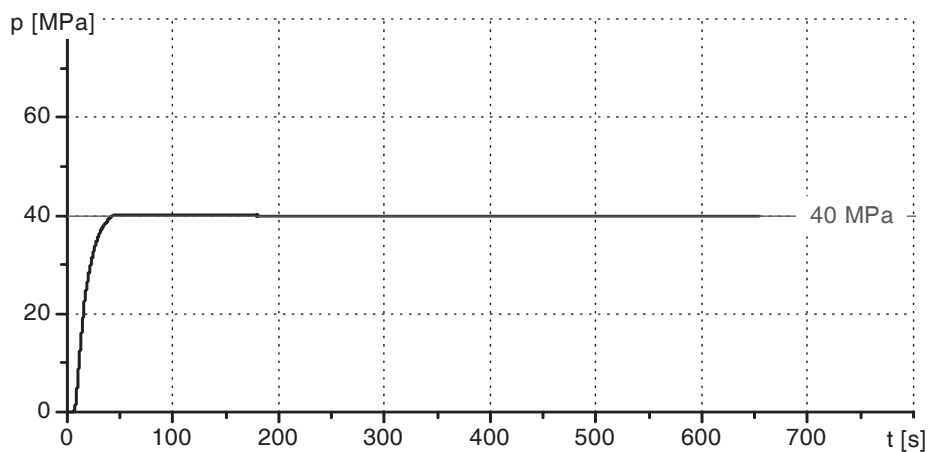
Rys.11. Schemat stanowiska badawczego [8]



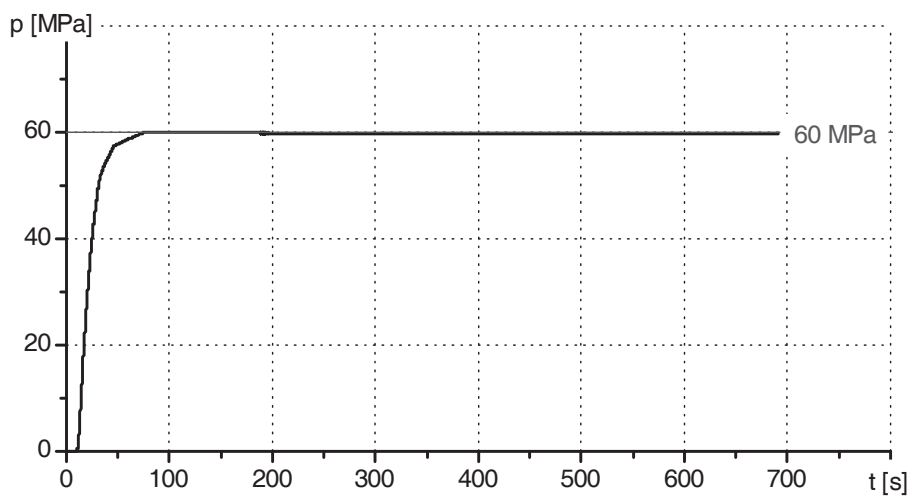
Rys.12. Zabudowa filtra na stanowisku badawczym [8]



Rys.13. Wykres spadku ciśnienia przy przepływie medium o wartości 200 dm³/min [1]



Rys.14. Próba szczelności filtra ciśnieniem o wartości 40 MPa [1]



Rys.15. Wykres obciążenia filtra ciśnieniem o wartości 60 MPa [1]

6. Podsumowanie

ITG KOMAG wspólnie z firmą ELEKTRON s.c. Radzionków opracowało serię filtrów szczelinowych, przeznaczonych do pracy z ciśnieniem o wartości do 40 MPa i przepływem o wartości do 800 dm³/min. Filtry w zależności od potrzeb i wymagań klientów mogą być wyposażone w różne mechanizmy sterowania płukaniem komór filtracyjnych. Uniwersalna konstrukcja umożliwia zastosowanie dowolnych przyłączy hydraulicznych, co daje możliwości podłączenia filtra do już istniejących instalacji.

Przeprowadzone w ITG KOMAG badania filtrów szczelinowych potwierdziły ich poprawną pracę. Uzyskano również cenne doświadczenie pomocne w projektowaniu. Dzięki temu będzie można w przyszłości podjąć się wykonania filtrów o jeszcze większym przepływie i dla różnych mediów.

Literatura

1. Aleksa D., Czubaszek J., Wodarz M.: Badania wysokociśnieniowego filtra rewersyjnego EWFR-250/40-P, ITG KOMAG Gliwice 2013. (praca nie publikowana).
2. Katalog firmy Chem Tech.
3. Katalog firmy Hydac.
4. Katalog firmy Hydro-Elektra.
5. Nieśpiałowski K.: Filtr rewersyjny FR-80. *Maszyny Górnicze* 2012 nr 1. s. 44-47.
6. Nieśpiałowski K., Jasiulek T., Miziak M.: Nowy filtr do oczyszczania wody i cieczy niskolepkich. *Hydraulika i Pneumatyka* 2012 nr 1 s. 23-26.
7. Nieśpiałowski K.: Układ sterowania filtra samoczyszczącego. *Pneumatyka* 2012 nr 2 s. 40-45.
8. Nieśpiałowski K., Rawicki N.: Opracowanie koncepcji wysokociśnieniowego filtra rewersyjnego. ITG KOMAG, Gliwice 2013. (praca nie publikowana).

Artykuł wpłynął do redakcji we wrześniu 2014 r.