

## Filtry automatyczne i półautomatyczne dla górnictwa

mgr inż. Norbert Rawicki  
dr inż. Krzysztof Nieśpiałowski  
mgr inż. Mateusz Wójcicki  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

### Automatic and semi-automatic filters for the mining industry

#### Streszczenie:

Rosnące wymagania klientów górnictwa węglowego oraz zapotrzebowanie rynku na nowoczesne zespoły filtracyjne wymusza podejmowanie prac rozwojowych dotyczących zautomatyzowania pracy filtrów z wkładami szczelinowymi. Zadanie takie podjęli specjaliści Instytutu Techniki Górniczej KOMAG przy współpracy z firmą ELEKTRON s.c. W jego wyniku opracowano szereg nowoczesnych rozwiązań. W artykule przedstawiono ich przykłady. Omówiono budowę i zasadę działania filtrów automatycznych opracowanych w ITG KOMAG oraz przedstawiono wyniki badań jednego z rozwiązań, uwzględniając jego funkcjonalność i spełnienie założeń dotyczących parametrów przepływu.

Słowa kluczowe: górnictwo, zespoły filtracyjne, filtr automatyczny, badania

Keywords: mining industry, filtration units, automatic filter, tests

#### Abstract:

Increasing demand of coal mining industry clients as well as market need for state-of-the-art filtration units forced undertaking the research projects on automation of operation of filters with screen inserts. KOMAG specialists decide to undertake realisation of this research project in collaboration with ELEKTRON. In the result variety of state-of-the-art designs were developed. Examples of these designs are given. Design and principle of operation of automatic filters developed in KOMAG are discussed as well as test results from one of the solutions, including its functionality and assumed flow parameters are presented.

## 1. Wstęp

W różnych gałęziach przemysłu, w tym w górnictwie węgla kamiennego, do filtracji niskoprocentowej emulsji olejowo-wodnej (ciecz typu HFA) powszechnie stosowane są filtry z wkładami szczelinowymi. W oparciu o doświadczenia z obserwacji ich pracy w kopalniach węgla kamiennego w ITG KOMAG podjęto prace nad opracowaniem filtrów szczelinowych działających w cyklu automatycznym. Istotą sterowania ręcznego, przy dużych przepływach i dużym ciśnieniu pracy, jest wymuszenie dużej siły do przesterowania zaworu. Opracowane filtry działające w cyklu automatycznym pozbawione są tej niedogodności i nie wymagają nadzoru ze strony operatora.

## 2. Zastosowanie 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, z pomocą elementu zgarniającego lub rewersyjnego płukania strumieniem filtratu. Proces czyszczenia może być dokonywany 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 w celu wymiany wkładu, a jedynie krótkotrwałe płukanie strumieniem wstecznym, sprawiła, że filtry znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle [5], a w szczególności w:

- elektrowniach konwencjonalnych, do oczyszczania wody chłodzącej generatory, a tym samym wydłużające pracę łożysk ślizgowych wałów turbin elektrowni wodnych,
- elektrociepłowniach, do ochrony wymienników ciepła poprzez zabezpieczenie ich przed zatkaniem 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, przed sterylizacją promieniami ultrafioletowymi, w procesie odwróconej osmozy oraz w procesie filtracji membranowej,
- przemyśle papierniczym, do zasilania dysz zraszających wodą na sitach papierniczych,
- przemyśle górniczym, w instalacjach hydraulicznych zasilanych emulsją oraz w instalacjach zraszania wodnego i wodno - powietrznego organów urabiających kombajnów ścianowych, chodnikowych i innych układów zmniejszających zapylenie w procesach transportu urobku [6].

### 3. Filtr automatyczny z manometrem różnicowym

Jednym z filtrów automatycznych opracowanych w ITG KOMAG jest filtr oparty na pomiarze spadku ciśnienia za pomocą manometru różnicowego (rys. 1). Filtr taki składa się z płyty wkładów filtracyjnych oraz zespołów wkładów umieszczonych w dwóch komorach filtracyjnych A i B.

W pierwszej fazie pracy filtra ciecz zanieczyszczona wpływa do jego wnętrza od dołu i poddawana jest filtracji w obu komorach filtracyjnych. Po stopniowym wzroście oporów przepływu (wg założonej wartości), filtr automatycznie uruchamia proces oczyszczania wkładów. Oczyszczanie rozpoczyna się w komorze A, gdzie zespół rozdzielaczy odcina dopływ cieczy zanieczyszczonej, a umożliwia przepływ popłuczyn. Po określonym przez program sterujący czasie, następuje oczyszczanie w komorze B. Komora wkładów filtrujących A zostaje ponownie otwarta dla strumienia cieczy filtrowanej i proces oczyszczania wkładów następuje w komorze B. Po czasie oczyszczania (zaprogramowanym dla komory A), komora B rozpoczyna ponownie proces oczyszczania. Pracą filtra steruje dedykowany dla niego sterownik, wykonany w technologii iskrobezpiecznej. Zastosowany w filtrze manometr różnicowy jest również urządzeniem wykonanym w technologii iskrobezpiecznej. Zaletą opracowanego rozwiązania jest to, że jeden sterownik może obsługiwać kilka filtrów automatycznych, a ich filtracja może odbywać się jednocześnie, posobnie lub niezależnie.

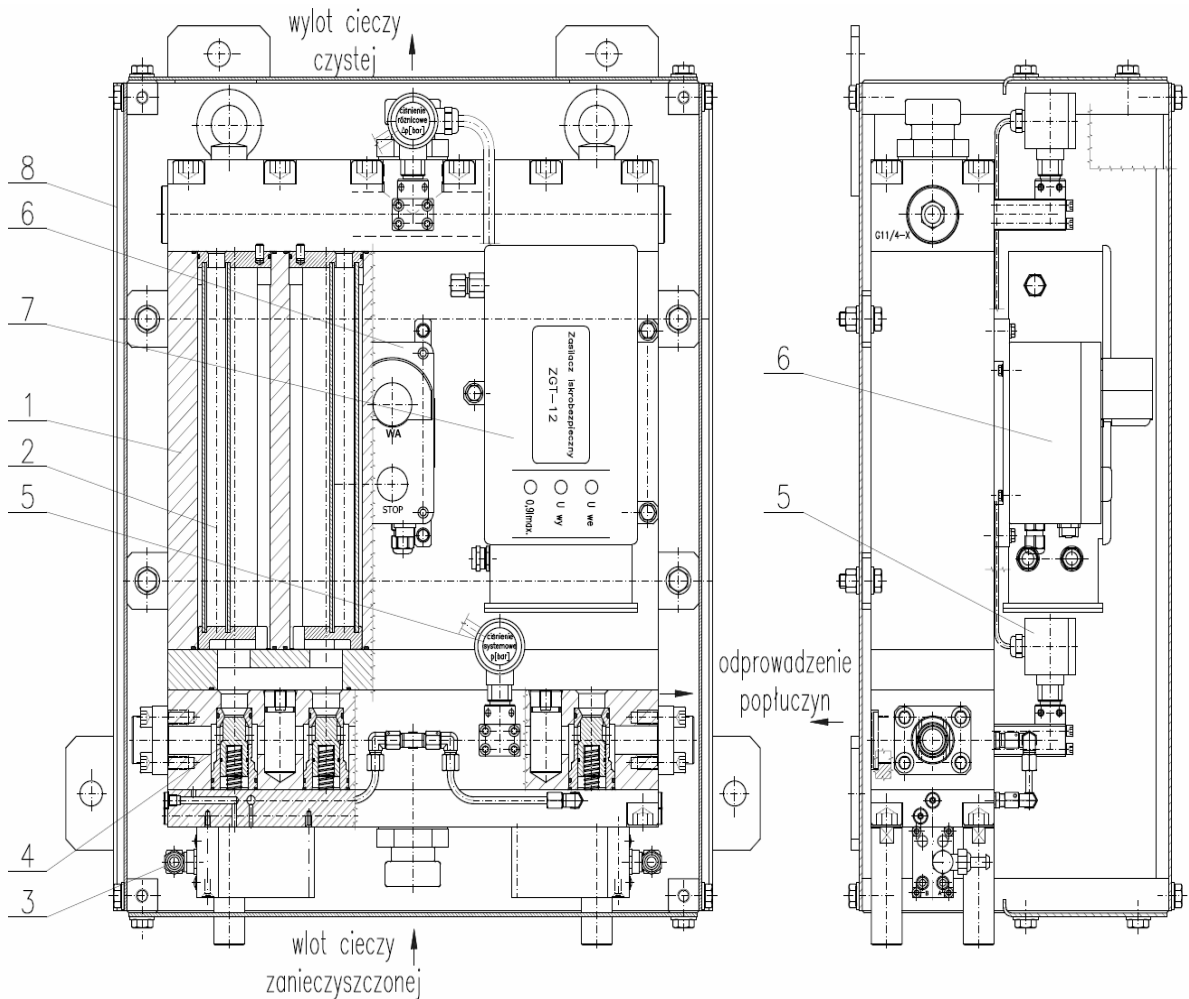
Specjaliści z ITG KOMAG przeprowadzili szereg badań opisywanego filtra automatycznego. Ich zakres obejmował:

- wyznaczenie oporów przepływu emulsji olejowo-wodnej przez filtr dla przepływów do 200 dm<sup>3</sup>/min,
- przeprowadzenie próby funkcjonalności, w tym:

- jednoczesna filtracja obu podzespołów filtrujących,
- filtracja komory lewej i regeneracja komory prawej,
- filtracja komory prawej i regeneracja komory lewej,
- przeprowadzenie próby obciążenia ciśnieniowego, w tym:
  - obciążenie ciśnieniem pracy ( $p_{nom}$ ) wynoszącym 35 MPa – próba przeprowadzona trzykrotnie, z koniecznością utrzymania ciśnienia (podczas próby) przez czas wynoszący 10 minut,
  - obciążenie ciśnieniem wyższym o 50% od ciśnienia pracy, to jest wynoszącym 52,5 MPa – próba przeprowadzona raz, z koniecznością utrzymania ciśnienia przez czas wynoszący 5 minut.

Po przeprowadzeniu badań, na podstawie otrzymanych wyników, sformułowano następujące wnioski:

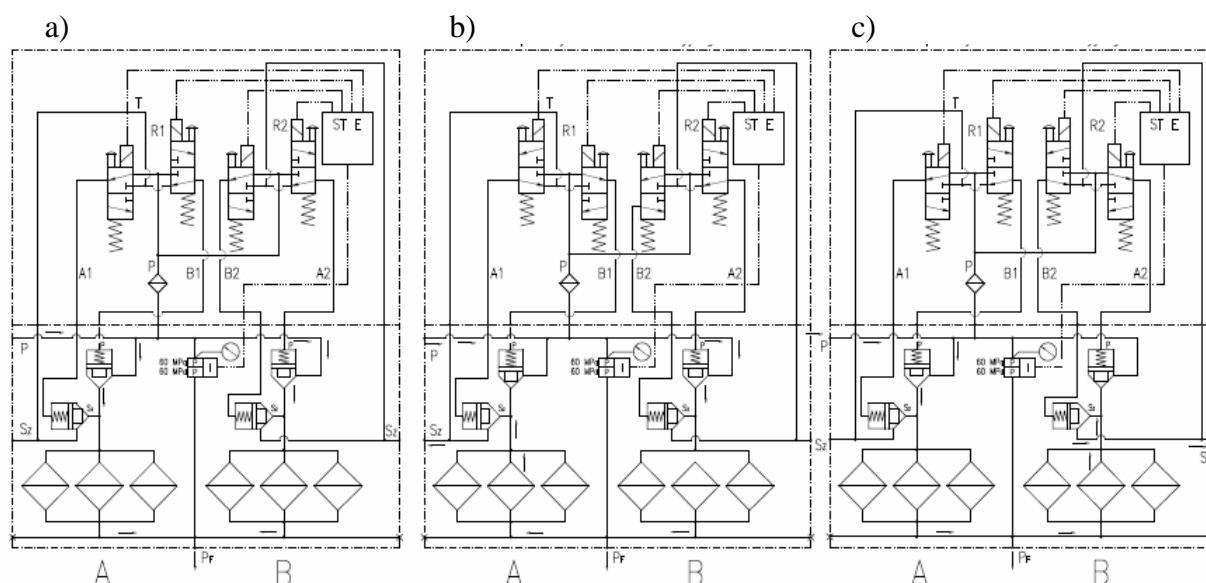
- Konstrukcja i budowa filtra spełnia wymagania wytrzymałościowe na statyczne obciążenie ciśnieniowe do założonej wartości, nie wykazując odkształceń obudowy ani przecieków.
- Filtr charakteryzuje się znikomymi oporami wewnętrznymi przy przepływie ok. 160 dm<sup>3</sup>/min w granicach od 0,1 - 0,2 MPa.
- Zaobserwowano płynne przełączanie się sterowania pomiędzy obiema komorami filtracyjnymi.
- Zbadano funkcjonalność sterownika uznając, że sterownik cechuje się relatywnie prostą obsługą, czytelnym wyświetlaczem oraz nieskomplikowanym sposobem przeprogramowywania nastaw różnicy ciśnień.



Rys. 1. Automatyczny filtr szczelinowy rewersyjny wysokociśnieniowy dla dużych przepływów [1]  
 (1 – płyta wkładów filtracyjnych, 2 – zespół wkładów, 3 – zawór pilotowy, 4 – rozdzielacz zaworowy,  
 5 – manometr różnicowy, 6 – sterownik, 7 – zasilacz iskrobezpieczny, 8 – osłona)

Na rysunku 2 przedstawiono schemat funkcjonalny pracy filtra, w tym:

- pracę filtracyjną całego filtra i stan włączenia poszczególnych rozdzielaczy zaworowych – a),
- proces regeneracji komory A – b),
- proces regeneracji komory B – c).



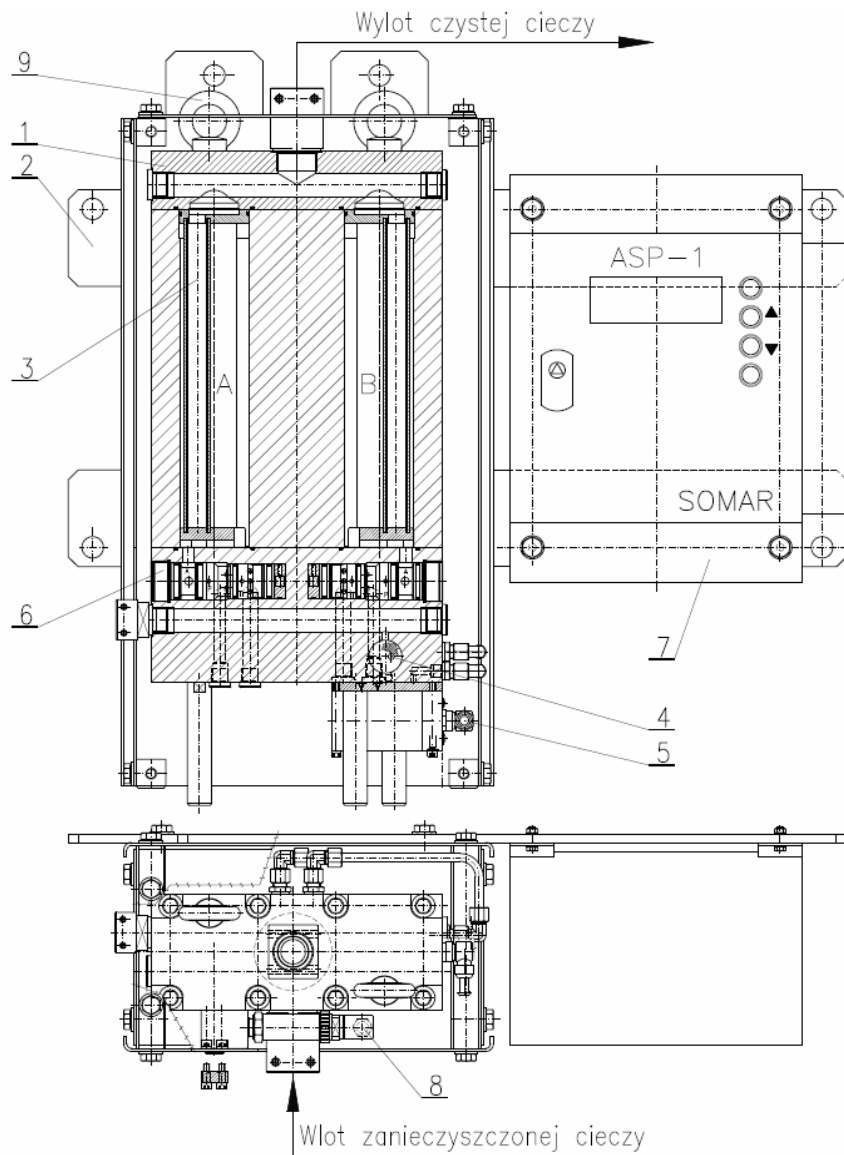
Rys. 2. Schemat funkcjonalny pracy automatycznego filtra rewersyjnego [1]

W celu zabezpieczenia filtra przed uszkodzeniami mechanicznymi umieszczono go w masywnej osłonie ze stali nierdzewnej. Osłona posiada otwory pozwalające na montaż filtra w dogodnym miejscu.

#### 4. Filtr automatyczny z zaworami 3-drogowymi

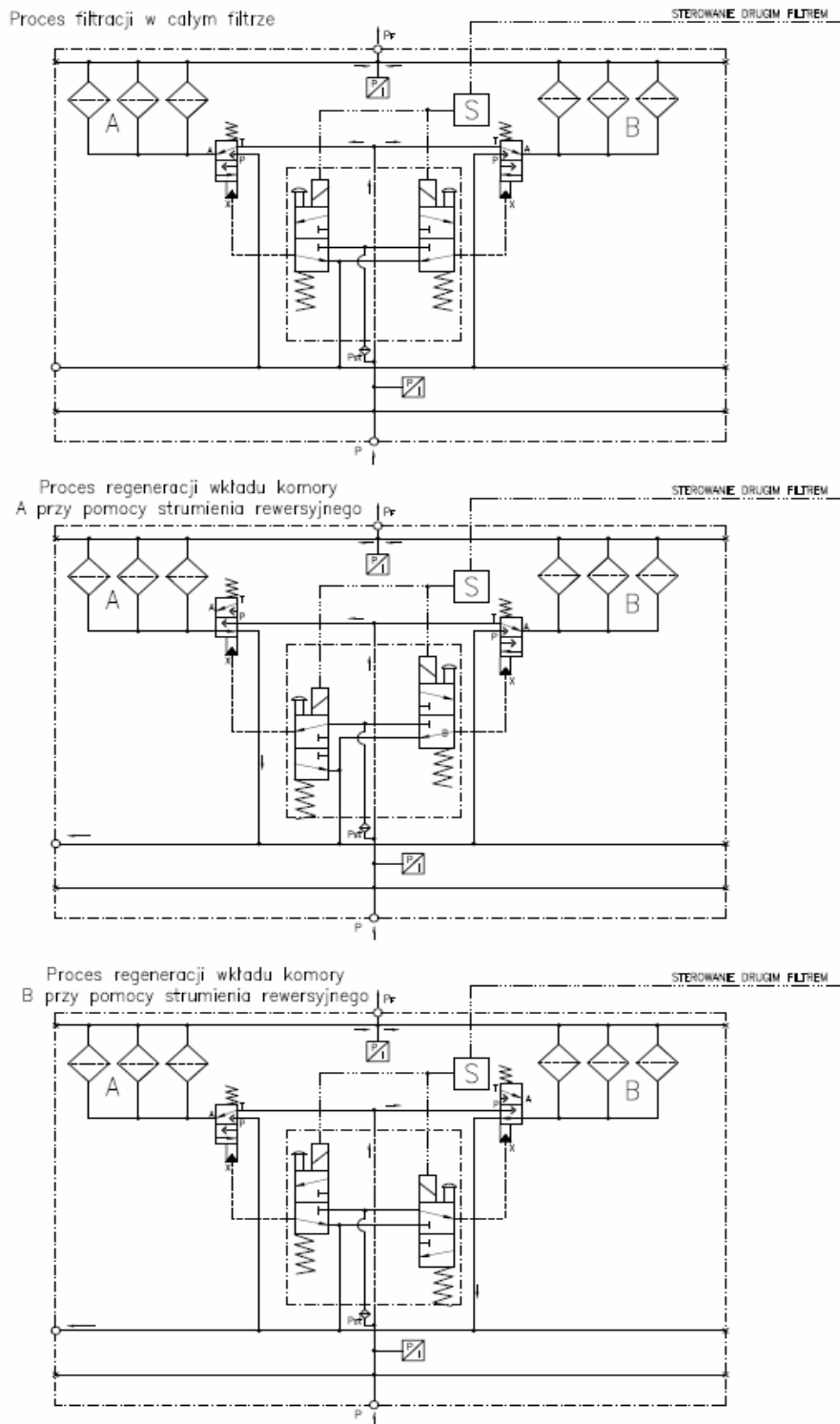
Wersją filtra automatycznego jest filtr wyposażony w hydrauliczne zawory 3-drogowe – rysunek 3. Jest on przeznaczony dla przepływów o średniej wartości. Głównym elementem sterującym są dwa, 3-drogowe, gniazdowe zawory nabojoye. W stanie normalnej pracy filtra, zespół sterujący, za pomocą dwóch elektronicznych przetworników ciśnienia, kontroluje stan zanieczyszczenia wkładów filtracyjnych. Po osiągnięciu programowo ustalonej różnicy ciśnienia między przetwornikami, następuje proces regeneracji (oczyszczania) wkładów. Sygnał hydrauliczny jest generowany przez sterowany elektronicznie zawór pilotowy. Hydrauliczną gałąź sterowania wyposażono w oddzielny filtr, oczyszczający medium sterujące.

Sterownik posiada możliwość indywidualnego dopasowania procesu regeneracji wkładów filtracyjnych do konkretnych potrzeb. Po przekroczeniu ustalonej różnicy ciśnienia, następuje proces regeneracji wkładów filtracyjnych, począwszy od komory A, a po zaprogramowanym czasie, przepłukiwanie w komorze B. Czas przepłukiwania można ustawiać indywidualnie poprzez zmianę nastaw sterownika. Po zakończeniu przepłukiwania drugiej komory (B), sterownik wznawia funkcję filtracji całego, doprowadzanego medium. W przypadku podłączenia do sterownika większej liczby filtrów, proces regeneracji wkładów następuje kolejno, jeden po drugim.



Rys. 3. Filtr automatyczny wykorzystujący do sterowania przepłukiwaniem zawory 3-drogowe gniazdowe [3]  
 (1 – płyta wkładów filtracyjnych, 2 – osłona, 3 – wkład filtracyjny, 4 – filtr sterowania, 5 – rozdzielacz  
 zaworowy, 6 – zawór sterujący, 7 – sterownik, 8 – przetwornik ciśnienia, 9 – ucha transportowe)

Na schemacie funkcjonalnym (rys. 4) pokazano filtr sterowany zaworami gniazdowymi, natomiast na rysunku 5 - gniazdowy zawór 3-drogowy.



Rys. 4. Schemat funkcjonalny filtra automatycznego sterowanego zaworami 3-drogowymi gniazdowymi [3]



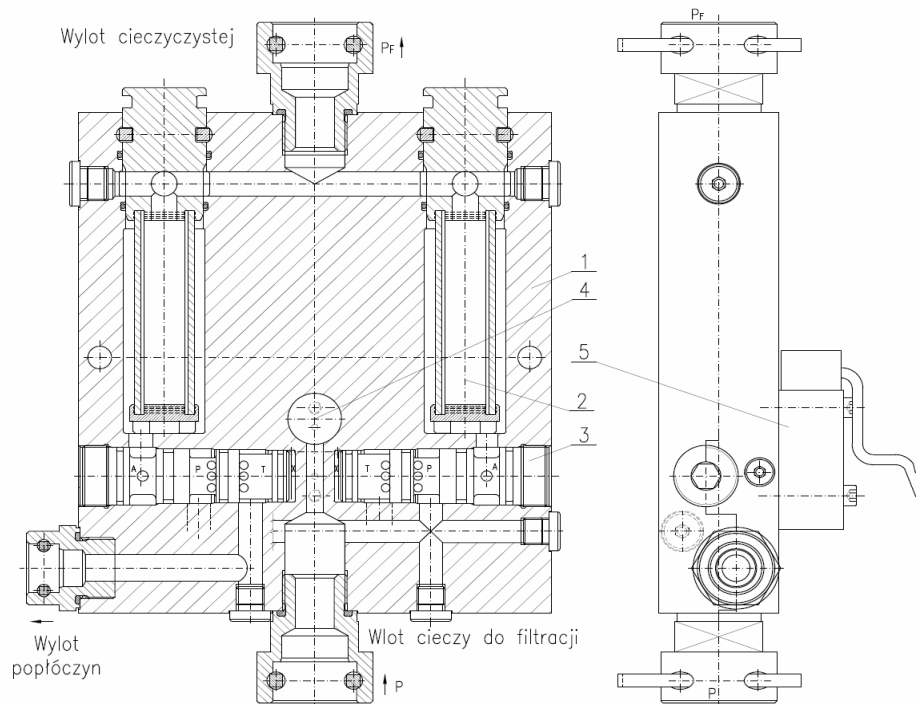


Rys. 5. Zawór 3-drogowy gniazdowy [4]

## 5. Filtry półautomatyczne

Dla użytkowników o mniejszym zapotrzebowaniu na przefiltrowaną wodę i zainteresowanych niższymi kosztami zakupu, opracowano filtr półautomatyczny. Składa się on z płyty wkładów filtracyjnych, w której zamontowano wymienne wkłady filtracyjne. Dzięki prostocie wykonania wkłady mogą być szybko wymieniane, bez konieczności rozkręcania filtra. Pracownik obsługujący (po zaobserwowaniu wzrostu różnicy ciśnień między dwoma manometrami na wlocie i wylocie) ręcznie, przesterowuje zawór pilotowy, za pomocą dźwigni, odpowiednio dla komory A lub B i uruchamia proces oczyszczania wkładu. Medium sterujące jest filtrowane oddzielnym filtrem, umieszczonym w gałęzi sterowania.

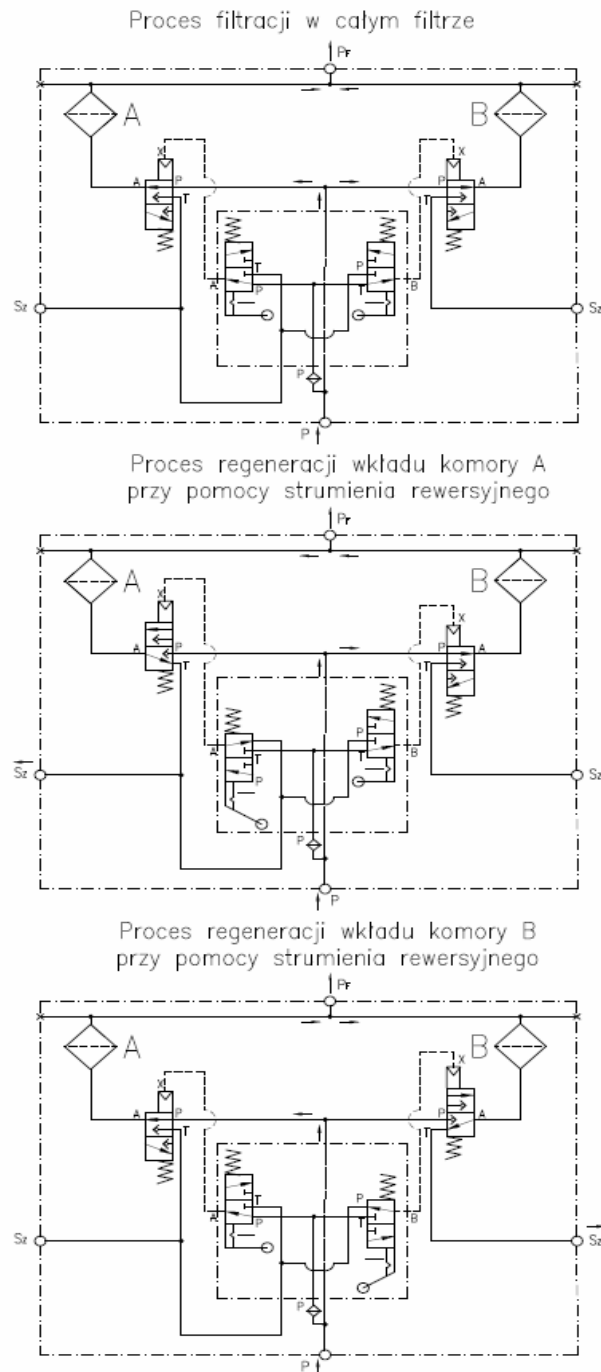
Na rysunku 6 pokazano filtr półautomatyczny, natomiast na rysunku 7 jego schemat funkcjonalny. Na rysunku 8 przedstawiono filtr technologiczny, zapewniający poprawną pracę układu sterowania.



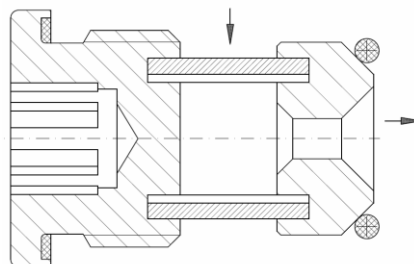
Rys. 6. Filtr półautomatyczny [2]

(1 – płyta wkładów filtracyjnych, 2 – wkład filtracyjny, 3 – zawór sterujący, 4 – filtr sterowania, 5 – zawór pilotowy)





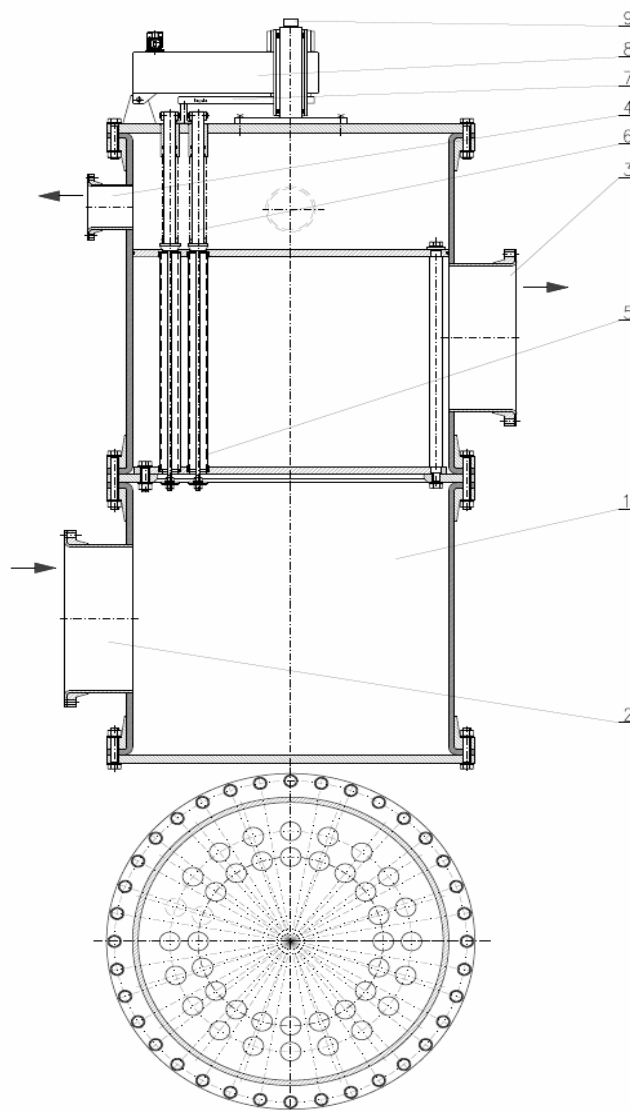
Rys. 7. Schemat funkcjonalny filtra półautomatycznego [2]



Rys. 8. Filtr technologiczny zapewniający poprawną pracę układu sterowania [2]

Na rysunku 9 pokazano filtr wielkogabarytowy, do filtracji wody z naturalnych zbiorników, o bardzo dużym natężeniu przepływu. Filtr składa się z korpusu, króćca dolotowego wody zanieczyszczonej, króćca odprowadzenia wody czystej po filtracji, króćca odprowadzenia popłuczyn oraz wkładów filtracyjnych. Układ napędowy, składający się z przekładni walcowej z wałem drążonym i silnikiem elektrycznym, napędza układ otwierania i zamykania przepływu wody płuczającej wkłady. Regeneracji strumieniem rewersyjnym podlegają jedynie dwa wkłady filtracyjne, a nad poprawnością pracy czuwa układ sterowania wraz z enkoderem. Wyłączenie pracy dwóch wkładów filtracyjnych, dzięki ich liczbie jest praktycznie niezauważalne podczas procesu uzdatniania wody.

Zastosowanie materiałów kompozytowych chroni filtr przed korozją, a prosta konstrukcja zapewnia jego dużą wydajność oraz umożliwia elastyczne ustawienie króćców filtra, co umożliwia jego dopasowanie do rurociągu wodnego podczas montażu.



Rys. 9. Filtr wielkogabarytowy do filtracji wody [opracowanie własne]

(1 – korpus, 2 – króciec dolotowy wody zanieczyszczonej, 3 – króciec odprowadzania wody oczyszczonej, 4 – króciec odprowadzania popłuczyn, 5 – wkład filtracyjny, 6 – zamknięcie wkładu filtracyjnego, 7 – krzywka, 8 – zespół napędowy, 9 – enkoder)

## 6. Podsumowanie

ITG KOMAG wspólnie z firmą ELEKTRON s.c. z Radzionkowa opracowali serię filtrów szczelinowych, zgodnie z zapotrzebowaniem klientów. Nowe rozwiązania filtrów produkuje firma ELEKTRON s.c., w tym filtry automatyczne i półautomatyczne, które przedstawiono w niniejszym artykule.

Założeniem, w opracowywanych przez ITG KOMAG filtrach, jest to, by w miarę możliwości dopasowywać asortyment produkcyjny do zapotrzebowania klienta, biorąc pod uwagę jego wymagania odnośnie ciśnienia pracy, natężenia przepływu, typu sterowania czy łatwości montażu w miejscu zabudowy. Zróżnicowane wymagania klientów wymusiły powstanie zróżnicowanych konstrukcji filtrów, co z kolei przyczyniło się do widocznego zwiększenia ich produkcji.

## Literatura

- [1] Dokumentacja techniczna nr W69.050.07. ITG KOMAG, Gliwice 2014 (materiały niepublikowane)
- [2] Dokumentacja techniczna nr W69.050.12. ITG KOMAG, Gliwice 2015 (materiały niepublikowane)
- [3] Dokumentacja techniczna nr W69.050.15. ITG KOMAG, Gliwice 2016 (materiały niepublikowane)
- [4] Famur: katalog standardowych komponentów hydraulicznych; wyd. 1/12/2013
- [5] <https://www.hydac.com/pl-pl/serwis/download/katalogi.html> (04.01.2018)
- [6] Rawicki N., Nieśpiałowski K., Rojek P.: Innowacyjne rozwiązania filtrów szczelinowych opracowanych w ITG KOMAG. Maszyny Górnicze 2014 nr 3. s. 44-52

*Czy wiesz, że ....*

*...Prairie Mining zapowiada, że w planowanej kopalni Jan Karski w województwie lubelskim 75% produkcji stanowić będzie węgiel koksowy typu 34. Przyjęcie takiego założenia stało się możliwe po analizie próbek z kolejnego odwiertu. Badania potwierdziły występowanie na tym terenie pożądanego w Unii Europejskiej surowca, wykorzystywanego do produkcji koksu. Działająca tuż obok kopalnia Bogdanka wydobywa węgiel energetyczny. Produkcja węgla koksowego pozwoli Prairie uzyskiwać wyższe ceny sprzedaży. Produkt kopalni będzie droższy, niż zakładano we wstępnym studium wykonalności, opracowanym w 2016 roku. Władze Prairie przekonują, że dostrzegają duże i wciąż rosnące zapotrzebowanie na ten rodzaj surowca ze strony europejskiego przemysłu stalowego. Prairie ma w planach także reaktywację kopalni Dębieńsko na Śląsku, posiadającej złoża węgla koksowego.*

*Rzeczpospolita 2018 22 lutego s.A24*