



# Sito jako kluczowy element konstrukcyjny maszyn stosowanych w procesach przeróbczych decydujący o uzyskaniu optymalnych parametrów produktu

Piotr PASIOWIEC<sup>1)</sup>, Barbara TORA<sup>2)</sup>, Jerzy WAJS<sup>1)</sup>, Klaudia BAŃCZYK<sup>1)</sup>,  
Leszek STRĄCZYŃSKI<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Progress Eco

<sup>2)</sup> AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

DOI: 10.29227/IM-2017-02-07

## Abstrakt

Artykuł przedstawia szerokie spektrum zastosowania sit szczelinowych zgrzewanych. Prezentowane są nowe rozwiązania konstrukcyjne oraz nowoczesne sposoby ich montażu. Artykuł charakteryzuje sita szczelinowe zgrzewane, jako kluczowe elementy maszyn klasyfikujących i układów filtracyjnych w procesach przeróbczych wzbogacania węgla kamiennego, wydobywania i rafinacji ropy naftowej oraz uranu. Przedstawiono sita, jako element, który podlega ciągłemu procesowi rozwoju, w celu zapewnienia urządzeniom przeróbczym maksymalnej skuteczności technologicznej, prostej i łatwej obsługi, bezawaryjnej pracy oraz efektywności ekonomicznej.

Słowa kluczowe: sita szczelinowe zgrzewane, przeróbka węgla, rafinacja ropy, wzbogacanie uranu

## Wprowadzenie

Definicję sita można ująć następująco – jest to powierzchnia z regularnie rozłożonymi otworami (zwanyymi oczkami, szczelinami), o jednakowym wymiarze i kształcie, stosowana w urządzeniach do klasyfikacji i odwadniania. Sito jest najważniejszym elementem roboczym przesiewacza, na którym dokonuje się proces rozdziału ziaren. Dlatego też, od właściwego doboru cech konstrukcyjnych sita, dla określonych warunków technologicznych, zależy w dużym stopniu skuteczność prowadzonego procesu (przesiewania, filtracji).

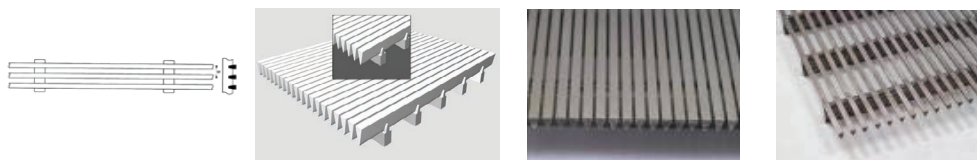
Skuteczność (dokładność) przesiewania zależy między innymi od kształtu i układu otworów sita, ich wymiarów oraz ich liczby na określonej powierzchni. Kształt otworów sita i geometryczne formy bocznych ścianek tych otworów, w znacznym stopniu uzależniają możliwość przejścia przez nie przesiewanego ziarna. Rodzaj tworzywa, z którego wykonane jest sito, wpływa na trwałość form geometrycznych otworów oraz na gładkość powierzchni sita, krawędzi otworów czy szczelin. W przemyśle surowców mineralnych sita obecne są w każdym procesie technologicznym, w którym potrzebne jest wydzielenie produktu bądź odpadu o cechach geometrycznych, określonych wielkością otworu sita z materiału podawanego na urządzenie sortujące.

Sita techniczne znalazły zastosowanie w szeroko pojętych procesach filtracji. Ich zadaniem w tych procesach jest ochrona urządzeń wchodzących w skład

instalacji przed zanieczyszczeniami mechanicznymi oraz redukcja ładunku zanieczyszczeń w czynniku.

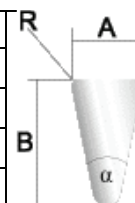
Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie różnorodnego spektrum stosowania sit szczelinowych zgrzewanych, z naciskiem na nowe rozwiązania w zakresie ich konstrukcji oraz nowoczesne sposoby ich montażu. W artykule prezentujemy sita szczelinowe zgrzewane, jako kluczowe elementy maszyn klasyfikujących i układów filtracyjnych w procesach przeróbczych, związanych z wzbogacaniem węgla kamiennego, wydobywaniem i rafinacją ropy naftowej oraz uranu. Chcemy pokazać sita, jako element, który podlega ciągłemu procesowi rozwoju, w celu zapewnienia urządzeniom przeróbczym maksymalnej skuteczności technologicznej, prostej i łatwej obsługi, bezawaryjnej pracy oraz efektywności ekonomicznej.

Sita szczelinowe są uniwersalnym produktem, który znalazł szerokie zastosowanie w bardzo wielu gałęziach przemysłu: od wzbogacania węgla i uranu, poprzez procesy wydobywcze i przetwórcze ropy naftowej i gazu ziemnego (w tym gazu z łupków), przemysł spożywczy, cukrowniczy, browarniczy, papierniczy, ochrony środowiska, chemiczny aż po elementy stosowane w budownictwie i architekturze. Łatwiej wymienić branże, w których sita szczelinowych się nie stosuje, niż wymienić wszystkie gałęzie przemysłu. Precyzja i powtarzalność wykonania szczelin o minimalnej wartości 30 mikronów (sita z profili Sb6, Sb8 i Sb10), w połączeniu z zastosowaniem drutów profi-



Rys. 1. Sito szczelinowe zgrzewane

| Tabela 1.                           |        |           |         |         |              |
|-------------------------------------|--------|-----------|---------|---------|--------------|
| Wymiary drutów profilowanych typ Sb |        |           |         |         |              |
| Lp.                                 | Profil | A (mm)    | B (mm)  | R (mm)  | $\alpha$ (°) |
| 1                                   | 6 Sb   | 0,5±0,02  | 1,2±0,1 | 0,1 max | 15±1         |
| 2                                   | 8 Sb   | 0,6±0,02  | 1,2±0,1 | 0,1 max | 20±1         |
| 3                                   | 10 Sb  | 0,75±0,02 | 1,4±0,1 | 0,1 max | 20±1         |
| 4                                   | 12 Sb  | 1,0±0,02  | 2,0±0,1 | 0,3 max | 23±1         |
| 5                                   | 18 Sb  | 1,5±0,02  | 2,5±0,1 | 0,3 max | 23±1         |
| 6                                   | 22 Sb  | 1,8±0,02  | 3,7±0,1 | 0,3 max | 23±1         |
| 7                                   | 28 Sb  | 2,2±0,02  | 4,5±0,1 | 0,3 max | 23±1         |
| 8                                   | 34 Sb  | 2,8±0,02  | 5,0±0,1 | 0,3 max | 23±1         |
| 9                                   | 42 Sb  | 3,4±0,02  | 6,5±0,1 | 0,3 max | 23±1         |
| 10                                  | 50 Sb  | 3,4±0,02  | 7,5±0,1 | 0,3 max | 23±1         |



| Tabela 2.                                                 |         |          |          |          |         |              |             |            |                  |
|-----------------------------------------------------------|---------|----------|----------|----------|---------|--------------|-------------|------------|------------------|
| Wymiary drutów profilowanych typ Sbb i drutów specjalnych |         |          |          |          |         |              |             |            |                  |
| Lp.                                                       | Profil  | A (mm)   | B (mm)   | C (mm)   | R (mm)  | $\alpha$ (°) | $\beta$ (°) | Profil Sbb | Profil specjalny |
| 1                                                         | 34 Sbb  | 2,2±0,02 | 5,0±0,01 | 2,5±0,01 | 0,2 max | 23±1         | 4           |            |                  |
| 2                                                         | 42 Sbb  | 2,8±0,02 | 6,5±0,01 | 3,0±0,01 | 0,2 max | 23±1         | 4           |            |                  |
| 3                                                         | 50 Sbb  | 4,4±0,02 | 7,5±0,01 | 5,0±0,01 | 0,2 max | 23±1         | 4           |            |                  |
| 4                                                         | 2,4x5,0 | 2,4±0,02 | 5,0±0,01 | 0,8±0,01 | 0,2 max | 23±1         | 0           |            |                  |
| 5                                                         | 3,0x6,5 | 3,0±0,02 | 6,5±0,01 | 1,0±0,01 | 0,2 max | 23±1         | 0           |            |                  |

lowych o tolerancji 2 mikronów powodują, że rozwój wielu procesów technologicznych bez zastosowania sit szczelinowych byłby niemożliwy.

### Charakterystyka techniczna sit szczelinowych zgrzewanych

Sita szczelinowe zgrzewane produkowane są w oparciu o metodę zgrzewania elektro-oporowego, która polega na zgrzewaniu profilowanych drutów roboczych do układu nośnych prętów. W wyniku tego powstają mocne sita zdolne do przenoszenia dużych obciążeń.

Sita szczelinowe zgrzewane charakteryzują się:

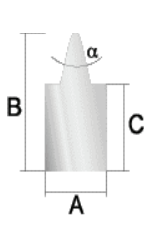
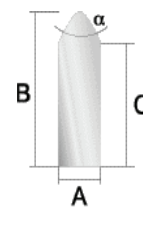
- zdolnością do przenoszenia dużych obciążeń,
- dużym współczynnikiem powierzchni otwartej,
- niską podatnością na zaślepienie,
- idealnie równą i gładką powierzchnią,
- dużą precyzją wykonania,

- zwiększoną skutecznością i dokładnością separacji i odwodnienia.

Druty profilowe dzielimy na dwie zasadnicze grupy. Pierwsza, to profile powierzchniowe tworzące powierzchnię filtracyjną. Wykonuje się je z drutów profilowanych typu Sb, Sbb oraz profili specjalnych.

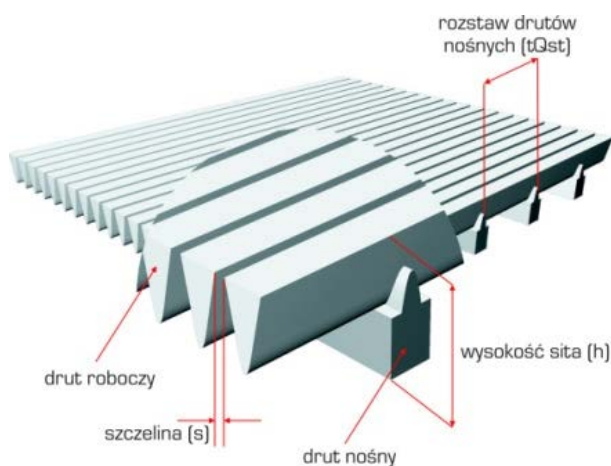
Druga, to druty nośne, poprzeczki, wykonuje się je z drutów profilowanych typu Q, Sb oraz profili specjalnych, pokazanych na rysunku 2. Przekrój możliwości stosowanych profili roboczych oraz nośnych przedstawiono w tabelach nr 1, 2 i 3. Najczęściej stosowanym materiałem do wykonywania sit szczelinowych zgrzewanych jest stal nierdzewna i kwasoodporna (chromowa lub chromoniklowa z dodatkami min molibdenu, tytanu i manganu). Zakres szczelin mieści się w przedziale od 0,02 ÷ 20,0 mm.

Sita szczelinowe zgrzewane mogą występować jako:

| Tabela 3.              |        |                |                 |                |              |                                                                                    |                                                                                     |
|------------------------|--------|----------------|-----------------|----------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Wymiary drutów nośnych |        |                |                 |                |              |                                                                                    |                                                                                     |
| Lp.                    | Profil | A (mm)         | B (mm)          | C (mm)         | $\alpha$ (°) | Poprzeczka typ Q                                                                   | Poprzeczka typ 10x30                                                                |
| 1                      | Q25    | $2,0 \pm 0,03$ | $3,0 \pm 0,01$  | $2,0 \pm 0,01$ | $50 \pm 2$   |  |  |
| 2                      | Q35    | $3,0 \pm 0,03$ | $5,0 \pm 0,01$  | $3,7 \pm 0,01$ | $20 \pm 2$   |                                                                                    |                                                                                     |
| 3                      | Q53    | $5,0 \pm 0,05$ | $3,0 \pm 0,01$  | $1,0 \pm 0,01$ | $50 \pm 2$   |                                                                                    |                                                                                     |
| 4                      | Q55    | $4,0 \pm 0,06$ | $8,5 \pm 0,01$  | $5,0 \pm 0,01$ | $30 \pm 2$   |                                                                                    |                                                                                     |
| 5                      | 10x3   | $3,0 \pm 0,04$ | $10,0 \pm 0,01$ | $8,0 \pm 0,01$ | $22 \pm 2$   |                                                                                    |                                                                                     |
| 6                      | 34 Sb  | $2,8 \pm 0,02$ | $50 \pm 0,01$   | 0              | $23 \pm 1$   |                                                                                    |                                                                                     |



Rys. 2. Przykłady profili drutów nośnych



Rys. 3. Konstrukcja płyt sit szczelinowych zgrzewanych

- płaskie
- rury

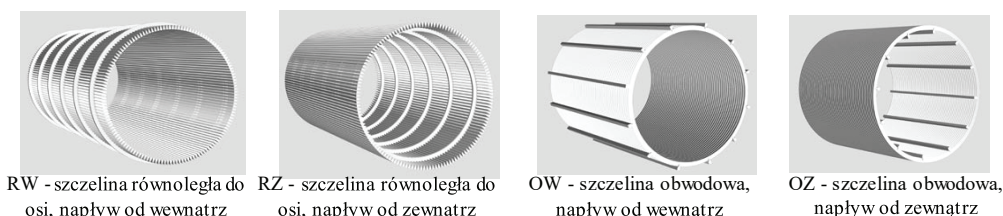
Płaty sit szczelinowych powstają poprzez zgrzewanie specjalnie profilowanych drutów roboczych do drutów nośnych pod kątem 90°. Szczegółowy schemat konstrukcji tych płyt przedstawia rysunek 3.

Technologia zgrzewania sit szczelinowych pozwala na: stosowanie różnych drutów roboczych, uzyskanie różnych szczelin w jednym sicie, zastosowanie różnych drutów nośnych oraz różnych odległości między drutami nośnymi w jednym sicie, uzyskanie dużej płaskości sita (brak falistości drutów roboczych pomiędzy drutami nośnymi), dokładną kontrolę jakości wykonanych zgrzein.

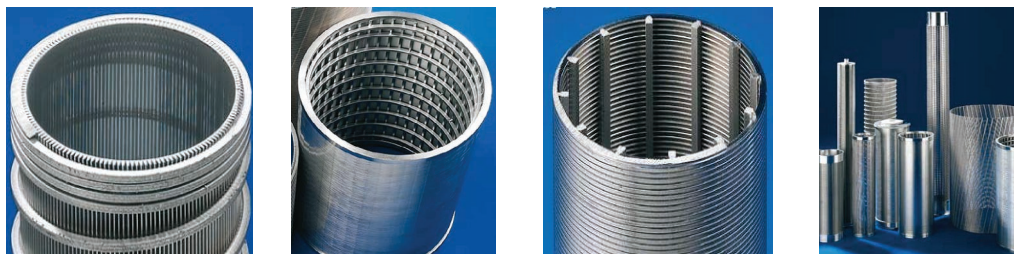
Rury szczelinowe powstają poprzez jednoczesne nawijanie po spirali i zgrzewanie do ułożonych wzdłuż

rury drutów nośnych specjalnie profilowanych drutów roboczych. Technologia ta pozwala na wykonanie sit szczelinowych do aplikacji, gdzie wymagana jest bardzo duża dokładność szczeliny oraz wysoka wytrzymałość sita. Dzięki zastosowaniu nowoczesnej technologii zgrzewania, można uzyskać dowolne odległości pomiędzy drutami nośnymi i bardzo dokładną i powtarzalną szczelinę. Znajdują swoje zastosowanie głównie w procesach filtracji, jako element filtrujący w przemyśle spożywczym, ochronie środowiska i innych. W ochronie środowiska stosowany jest w oczyszczalniach ścieków do wstępnego podczyszczania ścieków komunalnych i przemysłowych. Rury szczelinowe są wykonywane w czterech odmianach, przedstawionych na rysunku 4:

- szczelina obwodowa, napływ od zewnątrz



Rys. 4. Odmiany konstrukcyjne rur szczelinowych



Rys. 5. Przykłady rur szczelinowych

- szczelina obwodowa, napływ od wewnątrz
- szczelina równoległa do osi, napływ od zewnątrz
- szczelina równoległa do osi, napływ od wewnątrz

Przykłady rur szczelinowych przedstawia rysunek nr 5.

Zastosowanie sit szczelinowych zgrzewanych w maszynach przeróbczych do wzbogacania węgla kamiennego

### 1. Pokłady sitowe w przesiewaczach wibracyjnych

Sita płaskie przeznaczone do zabudowy na przesiewaczach wibracyjnych wykonuje się w segmentach (modułach), pozwalających na ich szybką wymianę. W zależności od rozwiązania konstrukcyjnego mogą być okute płaskownikami, wykonane w ramie z poliuretanu lub ramie ze specjalnie wyprofilowanego kształtownika. Przykłady rozwiązań ram sit szczelinowych płaskich przedstawia rysunek 6.

Nowoczesną i bardzo funkcjonalną konstrukcją sit szczelinowych jest ich zabudowa w ramach poliuretanowych w systemie klinowym.

Zalety systemu klinowania: lekka konstrukcja, łatwy i szybki montaż i demontaż, brak złączy śrubowych.

Rysunek 7. przedstawia ideę zabudowy pokładu sit szczelinowych zgrzewanych w ramie poliuretanowej w systemie mocowania klinami.

### 2. Łoża sitowe w osadzarkach

Osadzarki wodne pulsacyjne stosuje się głównie do wzbogacania węgla kamiennego surowego oraz pozyskiwania żwiru i piasku, z równoczesnym wydzieleniem zanieczyszczeń organicznych i mineralnych na zasadzie grawitacyjnego rozdziału węgla na frakcje o określonej gęstości, w pulsującym ośrodku wod-

nym. Pulsujący ruch wody wywołany jest sprężonym powietrzem, cyklicznie dozowanym przez urządzenia rozrządowe do komór wodno-powietrznych, znajdujących się pod pokładem sitowym osadzarki. Woda do procesu wzbogacania i transportu warstwy węgla doprowadzona jest do każdej sekcji osadzarki w ilości dostosowanej do wielkości i składu nadawy. W zależności od jakości węgla surowego i jego składu densymetrycznego oraz żądanych parametrów produktów wzbogacania stosuje się wzbogacanie dwuproduktowe lub trójproduktowe.

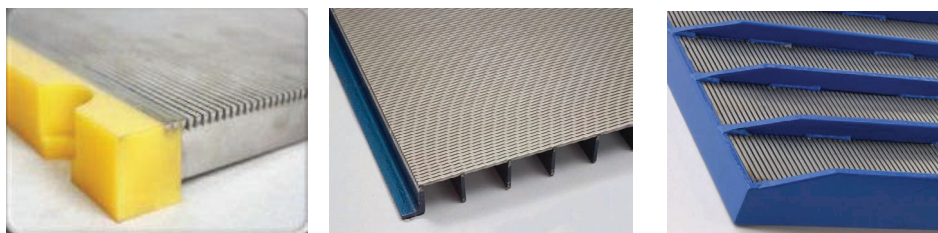
Sita szczelinowe płaskie z drutami profilowymi zgrzanymi pod kątem  $\beta$  względem drutów nośnych (poprzeczek) pracują jako przegrody w łozach osadzarek. Szybkość przepływu zależy od wielkości szczeliny. Możliwość regulacji kąta  $\beta$  zawiera się w zakresie  $\beta=0-12^\circ$  (standard  $\beta=10^\circ$ ). Schemat takiego sita przedstawia rysunek 8.

### 3. Wkłady do sit łukowych

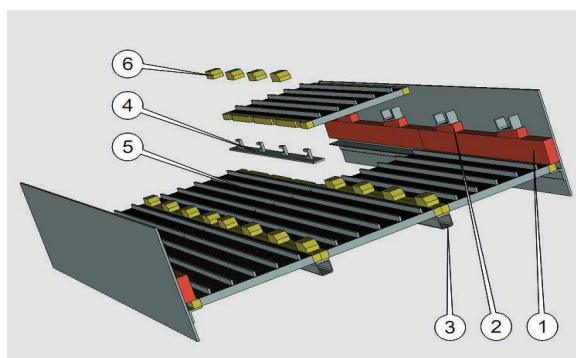
Wkłady szczelinowe sit łukowych są głównie stosowane przy odwadnianiu cząstek stałych z płynów. Zasada działania sita łukowego, pokazanego na rysunku 9. sprowadza się do odseparowania części stałych od ciekłych na sicie szczelinowym.

Zależnie od rodzaju pracy możemy je podzielić na sita łukowe z napływem grawitacyjnym i ciśnieniowym. W procesie mechanicznej przeróbki węgla stosowane są do odmulania mialu węglowego oraz kontroli mulów przed flotacją. Jakość separacji urządzenia zależy od parametrów zawiesiny i rodzaju zastosowanego sita. Zastosowane sita szczelinowe o drutach profilowych w kształcie trójkąta i szczelinie o kształcie klinowym, pozwalają uniknąć blokowania się części stałych w szczelinach i powodują samooczyszczanie się sita.

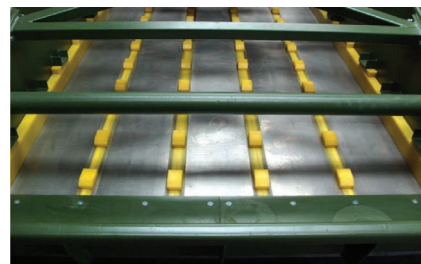




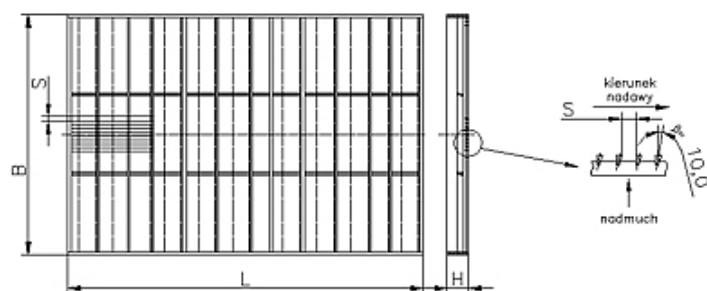
Rys. 6. Przykłady ram sit szczelinowych



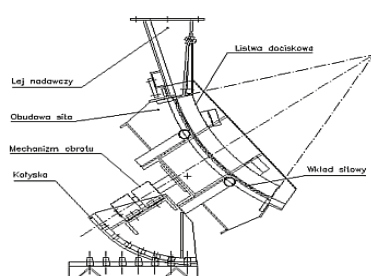
1. Boczna listwa ochronna
2. Klin
3. Profil stalowy
4. Adapter systemu klinowego
5. Segment sita szczelinowego
6. Klin mocujący



Rys. 7. Idea zabudowy pokładu sit szczelinowych w systemie klinowania



Rys. 8. Sito płaskie z drutami profilowymi zgrzanymi pod kątem  $\beta$



Rys. 9. Sita łukowe

Sito szczelinowe pozwala separować elementy, które są mniejsze niż rozmiar szczeliny tzn. ich wymiar ma ~60% wielkości szczeliny. Żądaną wydajność można uzyskać wielkością wkładu sitowego lub ilością urządzeń. Filtracyjne sito łukowe jest urządzeniem grawitacyjnym nie zużywającym energii elektrycznej. Dla intensywnych procesów z „trudnymi” zawiesinami, w których może następować zalepianie się szczelin, można zastosować system natryskowy do przemywania i oczyszczania powierzchni roboczej sita. Typ dobrego drutu profilowego i szczeliny warunkuje prześwit sita i jego wydajność. Głównymi zaletami sit łukowych są: wysoka skuteczność odwodnienia, niski poziom hałasu i wibracji, wysoka bezawaryjność i niski koszt eksploatacji.

#### **4. Sita rynnowe i zsuwnie**

Wkłady rynnowe wykonywane są z sita o szczelinie równoległej do osi z napływem filtrowanego medium od wewnątrz (RW) i zewnątrz (RZ). Mogą posiadać również konstrukcję wzmacniającą. Sito wytwarzane jest w technologii zgrzewanych drutów profilowych typu Sb na drucie wsporczym. Sita rynnowe stanowią przeważnie dna zbiorników, zsuwni oraz przenośników ślimakowych, w których oprócz transportu konieczna jest jeszcze dodatkowo funkcja odwadniania bądź separacji. Rysunek 10 przedstawia schemat i przykłady sita rynnowego typu RW okutego.

#### **5. Wkłady i kosze do wirówek**

W wirówkach odwadniających są stosowane wkłady w kształcie stożków lub cylindrów. Pracują one w układach dynamicznych i służą do końcowego odwadniania nadawy.

Mogą być wykonane w wersji z konstrukcją wsporczą, samonośną wzmocnioną przez żebra, pierścienie, kołnierze, które stanowią integralną całość konstrukcji sita, lub bez konstrukcji wsporczej, jako wkłady sitowe do stelaży nośnych wielokrotnego użytku. Wymianie w tej sytuacji podlega jedynie kosz sitowy. Przykładowe rodzaje koszy sitowych do wirówek odwadniających przedstawia rysunek 11.

Ze względów wytrzymałościowych w wirówkach o większej wartości obrotów stosuje się kosze szczelinowe, których powierzchnia robocza pokryta jest dodatkową warstwą odporną na ścieranie o grubości do 200 mikrometrów (chrom, węgliki wolframu).

#### **6. Odśrodkowe sita odwadniające OSO**

Odśrodkowe sita odwadniające pokazane na rysunku 12 należą do grupy statycznych urządzeń przerobczych stosowanych do odmulania i odwadniania mialu węglowego. Są to urządzenia, które pracują bez użycia energii elektrycznej, nie wymagają stałej obsługi oraz nie wytwarzają hałasu. Podstawowymi elementami

sita OSO są: dysza zasilająca, obudowa kierownicy, wkładka sitowa - kierownica, kosz sitowy stożkowy, wanna zbiorcza z odbiorem części stałych i odbiorem przesącza.

W ostatnich latach wkłady sitowe szczelinowe OSO podlegają znaczącym zmianom konstrukcyjnym i budowane są jako elementy segmentowe przykręcane śrubami lub mocowane poprzez nabijane elementy szczelinowo – poliuretanowe. Rozwiązanie takie jest przedstawione na rysunku 13. Pozwala ono na szybką wymianę zużytego segmentu sitowego a nie całego stożka sitowego.

Zastosowanie sit szczelinowych zgrzewanych w wydobywaniu i rafinacji ropy naftowej i gazu ziemnego

Technologia wydobywania ropy i gazu zakłada stosowanie w odwiertach filtrów, z wykorzystaniem rur szczelinowych zgrzewanych, nazywanych filtrami przeciwpiaśkowymi. Konstrukcja filtra składa się z korpusu z otworami na zewnętrznej powierzchni, do którego zamocowany jest element filtracyjny. Korpus posiada gwintowane końcówki przyłączeniowe. Filtr może być wykonany z korkami, usuwanymi po podłączeniu filtra (montażu w odwiercie) lub bez korków. Elementem filtracyjnym jest rura szczelinowa zgrzewana typu OZ. Szczelinę i ilość otworów w korpusie filtra, na długości jednego metra bieżącego elementu filtracyjnego, dobiera się w zależności od warunków i wymagań eksploatacyjnych. Filtry tego typu są wkładami jednorazowego użytku.

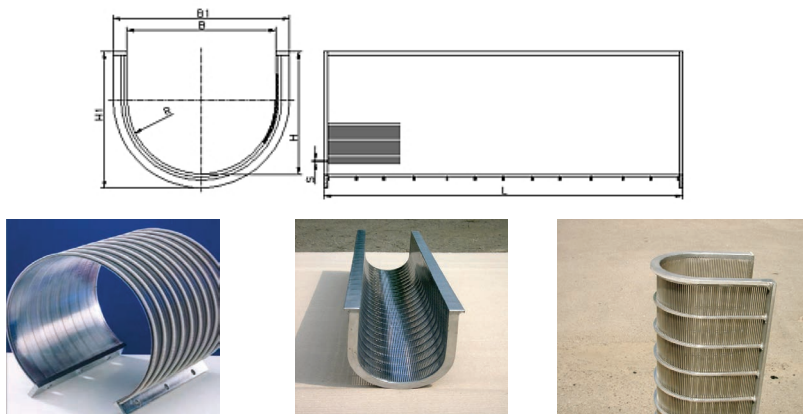
Stosowane są dwa rozwiązania konstrukcyjne filtrów przeciwpiaśkowych:

Z zastosowaniem rury perforowanej jako elementu nośnego, którego cechą charakterystyczną jest sposób wykonania – wzdłuż rury perforowanej ułożone są ciasno poprzeczki, do których zgrzewany jest spiralnie profil. Zaletą takiego rozwiązania jest sztywna konstrukcja, wyższa wytrzymałość, zmniejszenie ryzyka rozwijania profilu. Otwory w rurze stanowiącej korpus (rys. 14 i rys. 15) wykonywane są na wiertarkach wielorzecionowych.

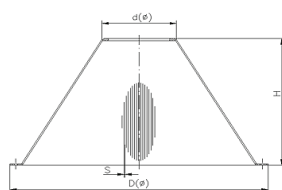
Bez rury perforowanej. Cechą charakterystyczną filtra jest brak rury perforowanej jako elementu nośnego. Stąd też wymiary profilu i poprzeczki sita szczelinowego muszą być odpowiednio większe. Rozwiązanie takie wyklucza możliwość tworzenia się martwych stref i zmniejsza straty hydrauliczne przy przepływie medium.

Filtr składa się z prostych odcinków połączonych przegubowo. Długość odcinków prostych wynosi od 0,8 do 5 m. Ilość połączeń dobiera się w zależności od promienia krzywizny długości stosowanego filtra. Konstrukcja taka pozwala na zmniejszenie siły tarcia i łatwiejsze umiejscowienie filtra w odwiercie.

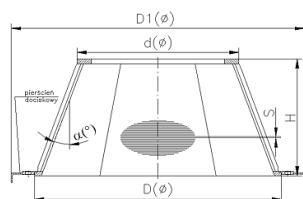
Elementy wewnętrzne reaktorów do reformingu. Sita szczelinowe znajdują zastosowanie w elementach



Rys.10. Sito rynnowe typu RW okute

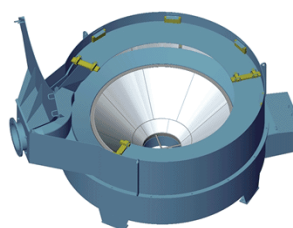
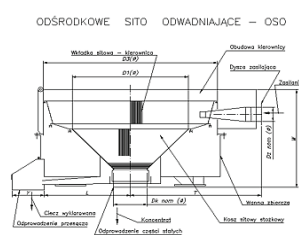


Kosz sitowy wirówki EBW typ 36

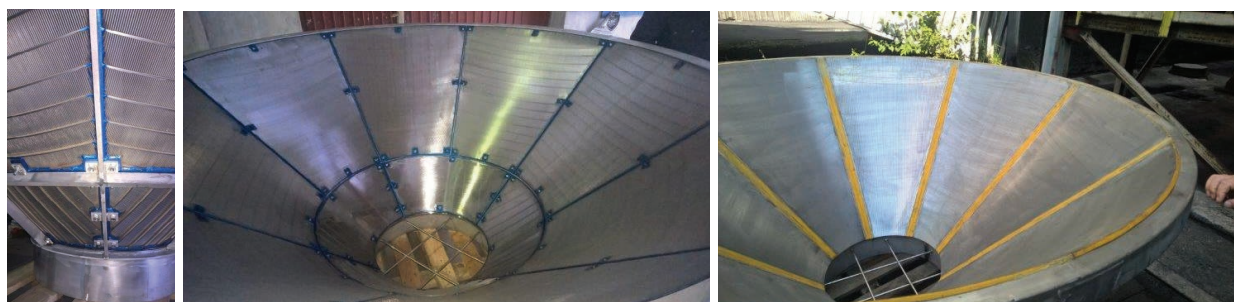


Kosz sitowy wirówki Nael 3a

Rys. 11. Przykładowe rodzaje koszy do wirówek odwadniających



Rys. 12. Odśrodkowe sito odwadniające (OSO)



Rys. 13. Wkłady modułowe odśrodkowych sit odwadniających (OSO)



reaktora w procesie reformingu (reforming katalityczny, reformowanie benzyny) wobec lekkich frakcji ropy naftowej lub produktów krakingu w celu otrzymania paliw o wysokiej liczbie oktanowej. Urządzenia, w większości przypadków, produkowane i dostarczane są jako kompletne. Elementy wewnętrzne reaktorów wykonane z sit szczelinowych dostarczane mogą być też jako części wymieniane w czasie remontów reaktorów. Typowy zestaw elementów wewnętrznych reaktora reformingu zawiera: dozownik, górną pokrywę, centralną rurę, podłogę, scalopy.

### Wydobycie i wzbogacanie uranu

Uran jest metalem ciężkim, występującym powszechnie w przyrodzie, nie tylko w skałach ale też w wodzie, roślinach, zwierzętach a nawet w ciele człowieka. Dla celów przemysłowych największe znaczenie mają bloki skalne z dużą zawartością minerałów uranowych. Istnieją trzy główne metody wydobywania uranu:

- odkrywkowa
- głębinowa (system wydobywania podobny do kopalń węglowych)
- otworowa, inaczej trawienia podziemnego (ISL - In Situ Leaching) - polega na ługowaniu, upłynnianiu skały i wypompowywaniu jej na powierzchnię

Ruda wydobyta w kopalniach lub odkrywcę musi być poddana wieloetapowej obróbce, zanim zostanie z niej wyprodukowane paliwo jądrowe. Pierwszym etapem obróbki po wydobywaniu jest kruszenie bloków skalnych, mielenie i ługowanie - w rezultacie otrzymujemy tzw. yellowcake, czyli oczyszczony uraninit  $U_3O_8$ . Składa się on w ponad 99% z nierozszczepialnego izotopu  $U-238$  i w mniej niż 1% z rozszczepialnego  $U-235$  (a tylko ten może być wykorzystany jako normalne paliwo jądrowe).

Rury szczelinowe stosowane są do wydobywania uranu metodą ługowania podziemnego jak również w zakładach wzbogacania uranu (filtry pionowe, poziome i stożkowe).

Budowa kolumny SNK (Sorpcyjna Kolumna Ciśnieniowa) W kolumnie jest 18 filtrów cylindrycznych oraz 1 filtr stożkowy zabezpieczający znajdujący się poza kolumną.

Warunki eksploatacji kolumn SNK i wkładów filtracyjnych:

- napływ roztworu do filtracji: z zewnątrz do wewnątrz
- praca kolumn szeregowo w cyklach: sorpcja/desorpcja i mycie/regeneracja żywicy (z zastosowaniem roztworu)
- obszar roboczy kolumny wypełniony jest żywicą jonowymienną
- filtry zamocowane są w górnej części kolumny służą do przyspieszenia filtracji i zapobieganiu przedo-

stawiania się dużej frakcji żywicy jonowymienniej

- obieguowa ilość roztworu w kolumnie wynosi  $400 \text{ m}^3/\text{h}$
- filtry wytrzymują ciśnienie max 6 bar wynikające z zaślepienia szczelin filtra
- materiały filtra przystosowane do specyficznych roztworów stosowanych na zakładzie (żywica oraz skoncentrowany roztwór  $H_2SO_4$ ,  $U$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ca$ ,  $Cl$ , o pH 1,5 – 1,7; i w temperaturze od 50 do 500 C)
- materiał filtra szczelinowego: AISI 316L
- waga netto filtra : konstrukcja powinna być lekka, max do 75 kg
- graniczna długość filtra: 850 mm
- średnica zewnętrzna z uwzględnieniem elementów ochronnych: nie więcej niż 460 mm.
- szczelina:  $0,300 \text{ mm} \pm 0.020 \text{ mm}$
- powierzchnia filtracji (prześwit): komplet sit cylindrycznych składający się z 18 sztuk zapewnia przepuszczalność roztworu, bez uwzględnienia oporu żywicy, nie mniej niż  $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- pole powierzchni otwartej (prześwit) nie mniej niż 24 %.
- drut profilowy zapewnia samooczyszczenie powierzchni filtracyjnej

W czasie pracy kolumny SNK może nastąpić uszkodzenie filtrów szczelinowych cylindrycznych, przykład na rysunku 22.

Proces ten nie jest do końca zbadany i następuje prawdopodobnie pod wpływem nagłego wzrostu miejscowego ciśnienia w kolumnie. Uszkodzeniu ulega filtr, który znajduje się w pobliżu, co powoduje wyciek żywicy do filtra stożkowego, zabezpieczającego. Daną kolumnę wyłącza się z eksploatacji, spuszcza żywicę do momentu ustalenia, który filtr uległ uszkodzeniu. Następnie wymienia się uszkodzony wkład filtracyjny na nowy. Dotychczasowe sposoby wyeliminowania uszkodzeń (deformacji) polegały na wprowadzaniu różnych rozwiązań konstrukcyjnych – zmianie poprzeczki sit szczelinowych, zastosowaniu dodatkowych wzmocnień.

Filtry szczelinowe stosowane przy wydobywaniu uranu metodą ługowania. Metoda otworowa (ISL – In Situ Leaching) polegająca na wpompowaniu pod powierzchnię ziemi substancji ługujących (kwas siarkowy), upłynniających rudę, a następnie wypompowaniu rozpuszczonych minerałów na powierzchnię. W procesie wydobywania uranu tą metodą stosowane są filtry z zastosowaniem sita szczelinowego zgrzewanego typu OZ.

Typowe długości rury szczelinowej: 5,75 m, 2,8 m;

Szczelina sita cylindrycznego: 0,35 mm;

Średnica sita: około 113 mm.

Filtry zaopatrzone są w końcówki z gwintem za-





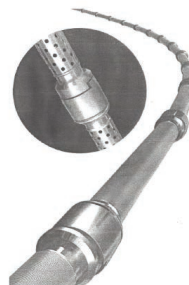
Rys. 14. Filtr przeciwiaskowy z rurą perforowaną wsuwaną w rurę szczelinową



Rys. 15. Filtr przeciwiaskowy z rurą perforowaną



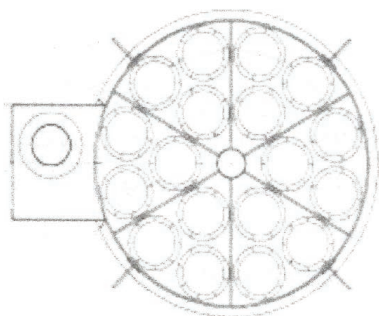
Rys. 16. Filtr przeciwiaskowy bez rury perforowanej



Rys. 17. Filtr przeciwiaskowy tzw. snake



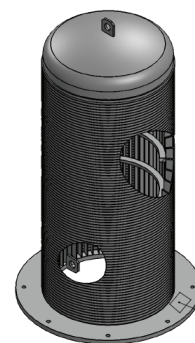
Rys. 18. Reaktory do reformingu ropy z zabudowanymi sitami szczelinowymi



Rys. 19. Widok z góry kolumny SNK



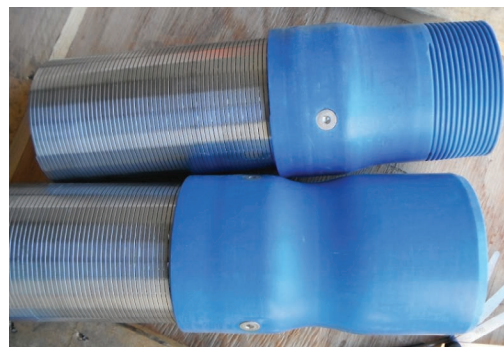
Rys. 20. Filtry w kolumnie filtracyjnej SNK



Rys. 21. Filtr pionowy do kolumny SNK



Rys. 22. Uszkodzony filtr kolumny SNK



Rys. 23. Filtry szczelinowe stosowane przy wydobyciu uranu

pewniające łączenie kolejnych filtrów podczas wprowadzania do otworu wydobywczego.

### **Podsumowanie**

Konieczność ciągłego podnoszenia skuteczności technologicznej sit szczelinowych, jakości wykonania, przy jednoczesnym poszukiwaniu możliwości obniżania kosztów eksploatacji, wymusza ciągły rozwój ich rozwiązań konstrukcyjnych. Prace konstrukcyjno-technologiczne nad doбором materiałów do produkcji sit technicznych oraz ich budową są skierowane również na poszukiwanie optymalnych rozwiązań mających na celu zapewnienie ich funkcjonalności, łatwego i sprawnego sposobu montażu oraz bezawaryjnej pracy. Liderem na polskim rynku, a w ostatnich latach także europejskim, w rozwoju sit szczelinowych zgrzewanych jest Progress Eco.

Zapotrzebowanie na energię elektryczną, a co za tym idzie na surowce energetyczne, będzie wraść. Warto jeszcze raz podkreślić, że niemożliwym byłoby prowadzenie procesów przeróbczych zmierzających do uzyskania odpowiedniej jakości parametrów energetycznych węgla, ropy, gazu ziemnego i uranu bez zastosowania sit szczelinowych zgrzewanych.

Ilość i różnorodność aplikacji przemysłowych sit szczelinowych zgrzewanych sprawiają, że jest to uniwersalny produkt spełniający najwyższe wymagania stawiane najnowocześniejszym materiałom przemysłowym podlegający nieustannemu rozwojowi i doskonaleniu ich konstrukcji. Sita szczelinowe odgrywają kluczową rolę w procesach przeróbczych w zapewnieniu najwyższej jakości wzbogacanych surowców.

## Literatura – References

1. Banaszewski T.: Przesiewacze, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1990.
2. Sztaba K.: Przesiewanie, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1993
3. Blaschke S., Blaschke W.: Maszyny i urządzenia w przeróbce kopalin. Sita. Skrypt uczelniany nr 1145. Wydawnictwo AGH, Kraków 1989.
4. Jonczak P., Pasiowiec P., Śmiejek Z.: Technologiczne i ekonomiczne racje istnienia nowych rozwiązań w obszarze stosowania sit produkcji Progress Eco S.A.; Nowoczesne systemy przeróbcze surowców mineralnych z uwzględnieniem problemów ochrony środowiska; KOMEKO 2004 Ustroń.
5. Tora B., Pasiowiec P., Śmiejek Z.: The possibilities of using the centrifugal dewatering sieve In the system of classification; 7th Conference on Environment and Mineral Processing, VŠB – TU Ostrava 2003.
6. Pasiowiec P.: Analysis of Work and Optimization of Centrifugal Dewatering Sieve, Doctoral dissertation, Ostrava 2008.
7. Pasiowiec P., Wajs J., Bańczyk K., Borkowski W., Bogusław A., Tora B.: Rozbudowa układu klasyfikacji i odwadniania w Zakładzie Przeróbczym PG Silesia na bazie przesiewaczy wibracyjnych produkcji Progress Eco; Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych : bezpieczeństwo – jakość – efektywność. Monografia, KOMAG 2015.
8. Hycnar J.J., Pasiowiec P., Bańczyk K., Wajs J., Tora B.: Zwiększenie skuteczności odwadniania i klasyfikacji zawiesiny wody odciekowej w instalacjach odwadniania żużla przy zastosowaniu sit OSO, XXIX konferencja z cyklu: Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej pt. Paliwa dla energetyki – mix energetyczny. Zakopane, 2015.
9. Drzymała J.: Podstawy mineralurgii, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2001
10. Pasiowiec P., Bańczyk K., Wajs J., Gawlista S., Tora B., Burek A.: Comparative analysis of dewatering efficiency and distribution of materials in centrifugal dewatering sieve with steel and polyurethane insert; 19th Conference on Environment and Mineral Processing, VŠB – TU Ostrava 2015.
11. Laskowski J., Łuszczkiewicz A.: Przeróbka kopalin, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1989
12. Materiały reklamowe, prace badawcze i dokumentacje firmy Progress Eco Sp. z o. o. Sp. K.
13. <http://progresseco.pl>

## *Screening as a Key Element of Construction Of Machinery Used in Processing Processes for Obtaining Optimum Product Parameters*

*The article presents a wide spectrum of application of welded slotted sieves. We present new solutions of sieves design in terms of their construction and modern methods of installation.*

*The article presents the welded slotted sieves, as key elements of machines and systems for classifying and filtration processes in coal mining and processing, extraction and refining of crude oil and uranium.*

*The paper shows a screen as an element that is subject of a continuous process development, in order to ensure maximum effectiveness of the devices in beneficiation technology, simple and easy maintenance, faultless operation and economic efficiency.*

*Keywords: welded slotted sieves, coal processing, crude oil refining, uranium beneficiation*