

klasyfikator, wzbogacanie, surowce mineralne

Piotr MATUSIAK*

Daniel KOWOL

KLASYFIKATOR PULSACYJNY JAKO SPRAWDZONE URZĄDZENIE DO OCZYSZCZANIA SUROWCÓW MINERALNYCH

Wymagania ochrony środowiska oraz kryteria efektywności wymuszają na producentach wysoką jakość kruszyw. Klasyfikator pulsacyjny jako wielokrotnie stosowane urządzenie pozwala na spełnienie tych wymagań. W artykule przedstawiono zasadę działania klasyfikatora pulsacyjnego, przedstawiono odmiany rozwiązań konstrukcyjnych oraz przykłady wdrożeń klasyfikatorów. Opisano możliwości zastosowania klasyfikatora z łóżem zawieszinowym do rozdziału drobnoziarnistych surowców mineralnych.

1. WPROWADZENIE

Klasyfikatory pulsacyjne przeznaczone są do oddzielania zanieczyszczeń organicznych (drewno, lignit, węgiel) i zanieczyszczeń węglanowych (kreda) od kruszywa o granulacji 16(32)–2(0) mm. Jest to urządzenie, w którym odbywa się w sposób ciągły rozdzielanie mieszaniny żwirowo-piaskowej w pulsującym ośrodku wodnym, w wyniku czego następuje rozdział mieszaniny na trzy produkty: żwir, piasek i odpady.

Do podstawowych zalet klasyfikatora pulsacyjnego należy zaliczyć:

- możliwość doboru parametrów cyklu pulsacji wody do zmiennych parametrów nadawy, co pozwala na skuteczny rozdział i oczyszczanie frakcji żwirowo-piaskowej,
- automatyczne sterowanie procesem,
- dostosowanie produktów do wymagań odbiorcy i norm jakościowych,
- bezobsługowa eksploatacja urządzenia,
- możliwość dostosowania konstrukcji do wymagań odbiorców.

Podstawowe parametry techniczne klasyfikatorów zaprojektowanych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG przedstawiono w tabeli 1.

* Instytut Techniki Górniczej KOMAG, 44-101 Gliwice, ul. Pszczyńska 37,
pmatusiak@komag.eu, kowol@komag.eu

Podstawowe parametry techniczne klasyfikatorów typu KOMAG

Parametr	Jednostka	Wydajność nominalna [t/h]			
		80	100	150	200
całkowita powierzchnia robocza	[m ²]	ok. 4,0	ok. 4,0	ok. 4,0	ok. 4,0
zapotrzebowanie mocy wraz z dmuchawą i sprężarką	[kW]	30,5	30,5	42	42
zapotrzebowanie wody	[m ³ /h]	140–170	150–200	250–300	300–320
ciśnienie wody	[MPa]	0,1	0,1	0,1	0,1
masa z konstrukcją mobilną	[kg]	ok. 18 000	ok. 19 000	ok. 21 500	ok. 21 900
masa bez konstrukcji mobilnej	[kg]	ok. 9150	ok. 9950	ok. 12 600	ok. 13 000

2. KLASYFIKATOR PULSACYJNY

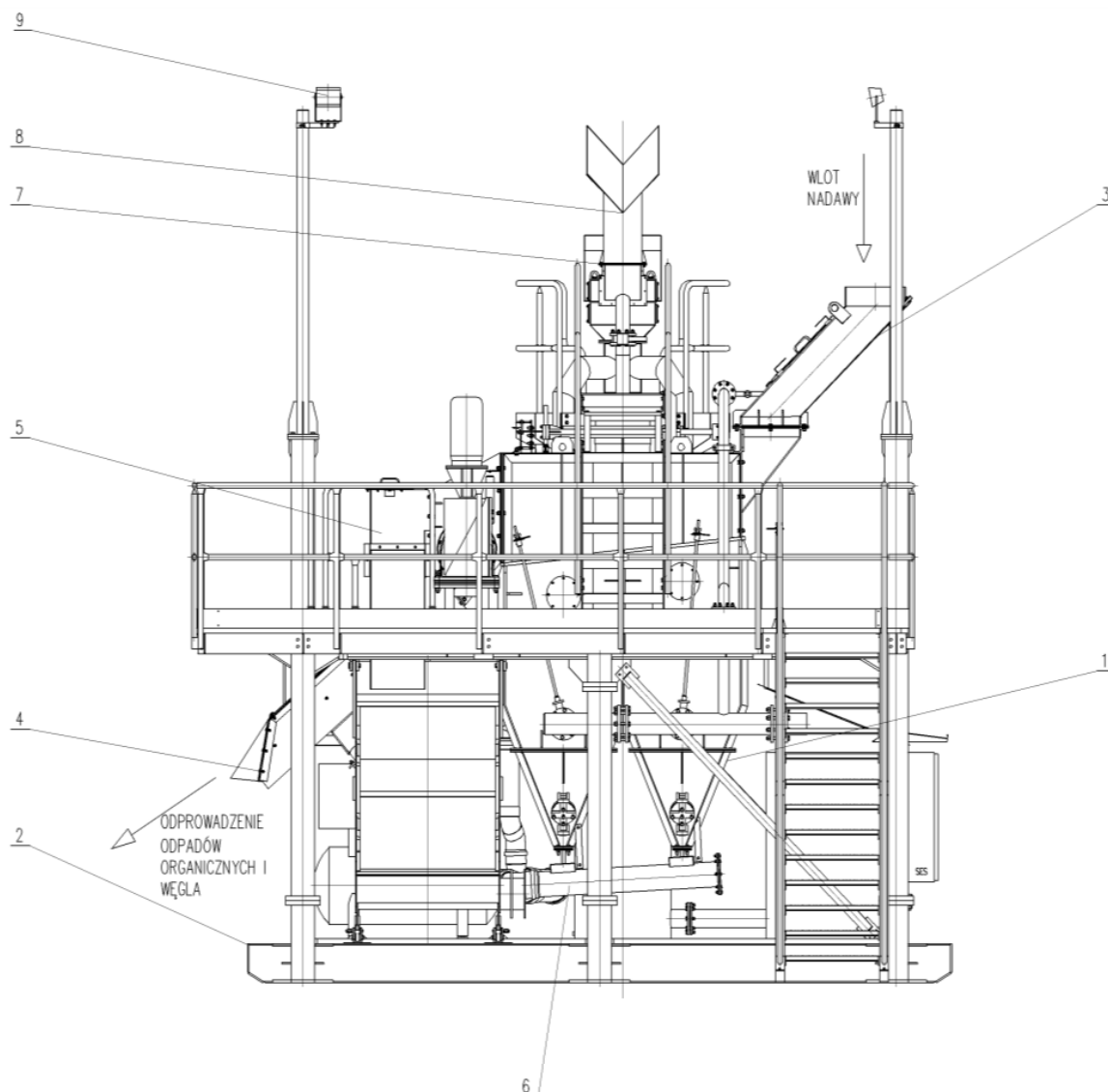
2.1. BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA

Klasyfikator pulsacyjny przeznaczony jest do rozdziału nadawy żwirowo-piaskowej o granulacji 16(32)–2(0) mm na dwa produkty (żwir i piasek) oraz wydzielania zanieczyszczeń organicznych i mineralnych. Składa się on z (rys. 1):

- 1 – komory roboczej,
- 2 – podbudowy z podestem dla obsługi i schodami,
- 3 – zsuwni nadawy,
- 4 – zsuwnia odprowadzenia żwiru,
- 5 – koryta przelewu odpadów,
- 6 – instalacji odprowadzającej wodę i piasek,
- 7 – zaworu pulsacyjnego ZP-4 (rys. 2),
- 8 – tłumika wylotu powietrza,
- 9 – oświetlenia klasyfikatora.

Zasada działania klasyfikatora opiera się na typowym procesie wzbogacania grawitacyjnego minerałów i polega na rozwarstwieniu w pulsacyjnym ośrodku wodnym, odpowiednio przygotowanej nadawy według jej składu ziarnowego oraz gęstości składników [3]. Produktem koncentratowym są ziarna żwirowe o zmniejszonych udziałach zanieczyszczeń i ziaren piaskowych, natomiast produktem odpadowym ziarna piaskowe i zanieczyszczenia. Produkt koncentratowy wyprowadzany jest na końcu koryta roboczego z poziomu jego pokładu sitowego za pomocą wynoszącego obrotowego odbieralnika. Produkt odpadowy odprowadzany jest przez krawędź progu przelewowego koryta roboczego oraz przez otwory stożków wypływowych w dolnej części klasyfikatora.

Prawidłową pracę urządzenia zapewnia system elektronicznego sterowania, który umożliwia dobór charakterystyki pulsacji wody i odbiór oczyszczonego żwiru. Dodatkowo wyposażenie klasyfikatora stanowią: sprężarka śrubowa oraz dmuchawa powietrza roboczego.



Rys. 1. Klasyfikator pulsacyjny K101 [5]

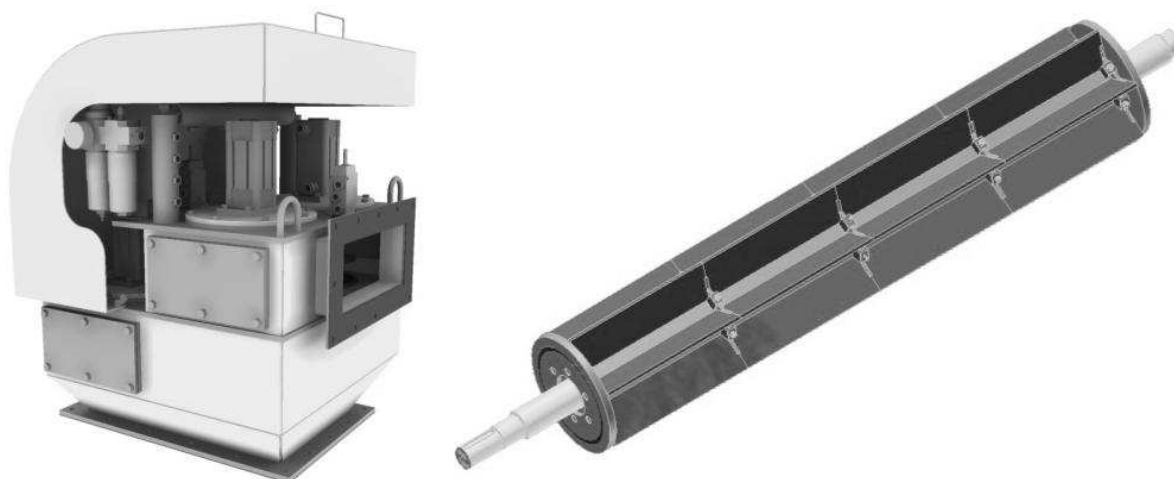
Fig. 1. K101pulsatory jig [5]

2.2. ROZWÓJ KONSTRUKCJI KLASYFIKATORA

Konstrukcja klasyfikatora podlega ciągłemu rozwojowi. W 2010 roku powstał zmodernizowany w stosunku do pierwotnej wersji K100, klasyfikator K101. Zmieniono w nim m.in. zawór pulsacyjny (rys. 2), co pozwoliło na niezależne sterowanie układu zasilania powietrzem roboczym. Zastosowano również nowy algorytm pracy, zainstalowano skuteczniejszy tłumik wylotu powietrza roboczego oraz zmodernizo-

wano urządzenie odbioru produktu. Wprowadzono możliwość alternatywnego rozwiązania układu odbioru oczyszczonego kruszywa; zastosowano elastyczny wygarniacz odbieralnika, umożliwiającą zwiększenie maksymalnej wielkości ziaren w nadawie do 32 mm (rys. 2).

Wprowadzono szereg zmian i ulepszeń w celu zwiększenia zakresu parametrów regulacyjnych, w celu uzyskania wyższej skuteczności oczyszczania kruszywa.



Rys. 2. Zawór pulsacyjny ZP-4 oraz wygarniacz elastyczny odbieralnika
Fig. 2. ZP4 pulsatory valve and elastic receiver for a jig

2.3. REGULACJE CZYNNIKÓW PROCESOWYCH KLASYFIKATORA

Istotną rolę w uzyskiwaniu wysokiej skuteczności oczyszczania kruszywa pełnią regulacje czynników procesowych.

Jedną z możliwości jest regulacja ilości powietrza roboczego, wykorzystywanego do wywoływania ruchu pulsacyjnego wzbogacanego materiału. W doborze działania zaworów pulsacyjnych uwzględnia się dwa istotne parametry, tj. skuteczność rozdzielu oraz wydajność urządzenia. W związku z tym, że rozdział zanieczyszczeń od kruszywa i transport materiału wzdłuż klasyfikatora możliwy jest jedynie wtedy, gdy pod wpływem przepływu strumienia wznoszącego wody następuje rozluźnienie warstwy łoża, udział tej fazy ruchu pulsacyjnego (wlotowej) wody jest największy. Udział fazy wylotowej jest ograniczony do niezbędnego minimum w celu odprowadzenia z komory pulsacyjnej zużytego powietrza.

W klasyfikatorze pulsacyjnym możliwe jest również sterowanie natężeniem przepływu sprężonego powietrza za pomocą ręcznych zaworów zabudowanych w kolektorach wlotowo-wylotowych, oddzielnych dla każdej z dwóch komór pulsacyjnych. Dla intensyfikacji ruchu pulsacyjnego, w pierwszej części komory roboczej, z najniższą warstwą łoża stosowane jest pełne otwarcie zaworu. Zasilanie drugiej komory, poło-

żonej bliżej progu przelewowego jest ograniczane, w celu minimalizacji negatywnego wpływu zmian pracy odbieralnika produktu żwirowego na stabilność warstwy rozdzielczej.

Kolejnym ważnym czynnikiem procesowym podlegającym regulacji jest tzw. woda dolna. Ilość wody dolnej dostarczanej pod komory jest regulowana przez główny zawór przepustnicowy oraz dodatkowo poprzez dwa oddzielne zawory przepustnicowe różnicujące przepływ wody pomiędzy komorami pulsacyjnymi.

W celu uzyskania właściwego rozluźnienia materiału wymagana jest maksymalizacja dopływu wody dolnej do pierwszej części klasyfikatora, korzystnie wpływająca na wzrost prędkości transportu materiału wzdłuż koryta roboczego oraz poprawiająca warunki operacji rozwarstwiania, ze względu na większe rozluźnienie materiału.

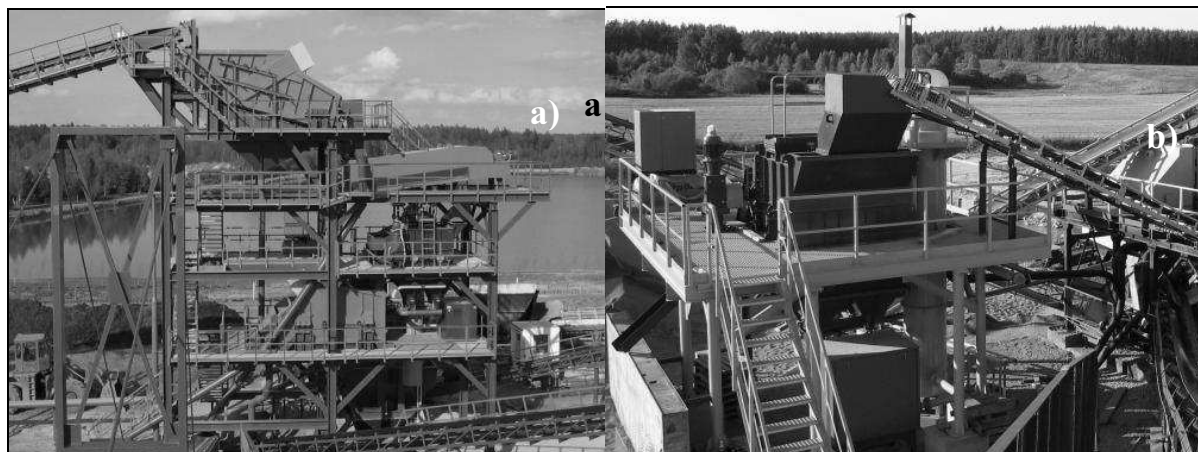
Ilość wody przepływającej przez łożę klasyfikatora i odprowadzanej z niego przelewem jest zależna od parametrów nadawy. Wraz ze wzrostem gęstości zanieczyszczeń wymagane jest stosowanie większego natężenia strumienia wody oraz intensyfikacja strumienia wznoszącego wody podczas ruchu pulsacyjnego, dla wydłużenia czasu rozluźnienia łoża. Szczególnie istotną operacją jest odprowadzanie produktów z przestrzeni roboczej klasyfikatora, ze względu na niską zawartość substancji lekkich, których osadzanie się w łożu nie prowadzi do utworzenia jednorodnej warstwy.

Ustalenie położenia warstwy rozdzielczej oraz minimalnej grubości dokonywane jest przez regulację położenia czujników zbliżeniowych systemu sterowania, pozwalających na dostosowanie do gęstości i rozmiaru oddzielanych zanieczyszczeń. Doświadczenia z prac wdrożeniowych wykazały, że wraz ze wzrostem rozmiaru i gęstości cząstek zanieczyszczeń wymagane jest zmniejszanie różnicy wysokości pomiędzy ww. warstwą, a krawędzią progu przelewowego oraz jednoczesne zwiększanie natężenia przepływu i ruchu pulsacyjnego wody [4].

2.4. WDROŻENIA KLASYFIKATORÓW PULSACYJNYCH [5]

Doświadczenia z badań prototypu klasyfikatora, będącego efektem realizacji projektu finansowanego przez KBN były podstawą wdrożeń klasyfikatorów pulsacyjnych w:

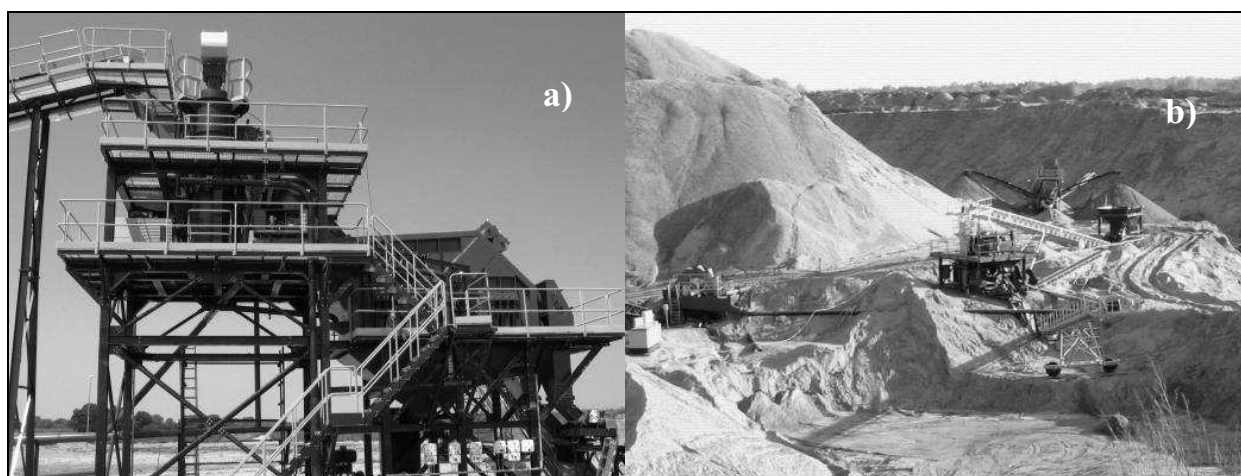
- Żwirowni KSM sp. z o.o. w Borzęcinie (2005) – rysunek 3a.
- Zakładzie Produkcji Kruszyw i Prefabrykatów w Suwałkach; wybudowano nowy układ technologiczny, a klasyfikator (rys. 3b) zastosowano do oczyszczania nadawy żwirowo-piaskowej.
- Żwirowni PRInż. Surowce Sp. z o.o. w Januszkowicach; po raz pierwszy klasyfikator posadowiono na własnej mobilnej konstrukcji (rys. 4a).



Rys. 3. Klasyfikator K-100 w Borzęcinie (a) i Suwałkach (b) [5]
 Fig. 3. K-100 pulsatory jig near Borzęcin (a) and Suwałki (b) [5]



Rys. 4. Klasyfikator K-100 w Januszkowicach (a) oraz w Zdziechowicach (b) [5]
 Fig. 4. K-100 pulsatory jig near Januszkowice (a) and Zdziechowice (b) [5]



Rys. 5. Klasyfikator K-150 w Bierawie (a) oraz klasyfikator K80 w okolicach Lublina (b) [5]
 Fig. 5. K-150 pulsatory jig near Bierawa (a) and K80 pulsatory jig near Lublin (b) [5]

- Zakładzie Produkcji Betonów w Zdzeszowicach (rys. 4b); w obu ww. przypadkach urządzenie wykorzystano do wydzielania z nadawy zanieczyszczeń organicznych, nowością było zastosowanie zsuwni: rozprawdzającej nadawę i produkt oraz odwadniającej odpady.
- Żwirowni Bierawa; w wyniku prac rozwojowych skonstruowano klasyfikator o zwiększonej wydajności do 150 t/h (K-150) – rysunek 5a.
- Żwirowni Rokitno; najnowsza realizacja – klasyfikator K-80 dla, w którym kruszywo zanieczyszczone jest ziarnami kredowymi o wysokiej gęstości (rys. 5b), wykorzystywany do oddzielnego oczyszczania nadawy żwirowej w dwóch klasach ziarnowych 16–8 oraz 8–2 mm.

We wszystkich przypadkach wdrożenia klasyfikatora pulsacyjnego osiągnęto sprawność wydzielania zanieczyszczeń organicznych na poziomie 90–96% [5], co pozwoliło na uzyskiwanie produktu żwirowego o wymaganych parametrach jakościowych.

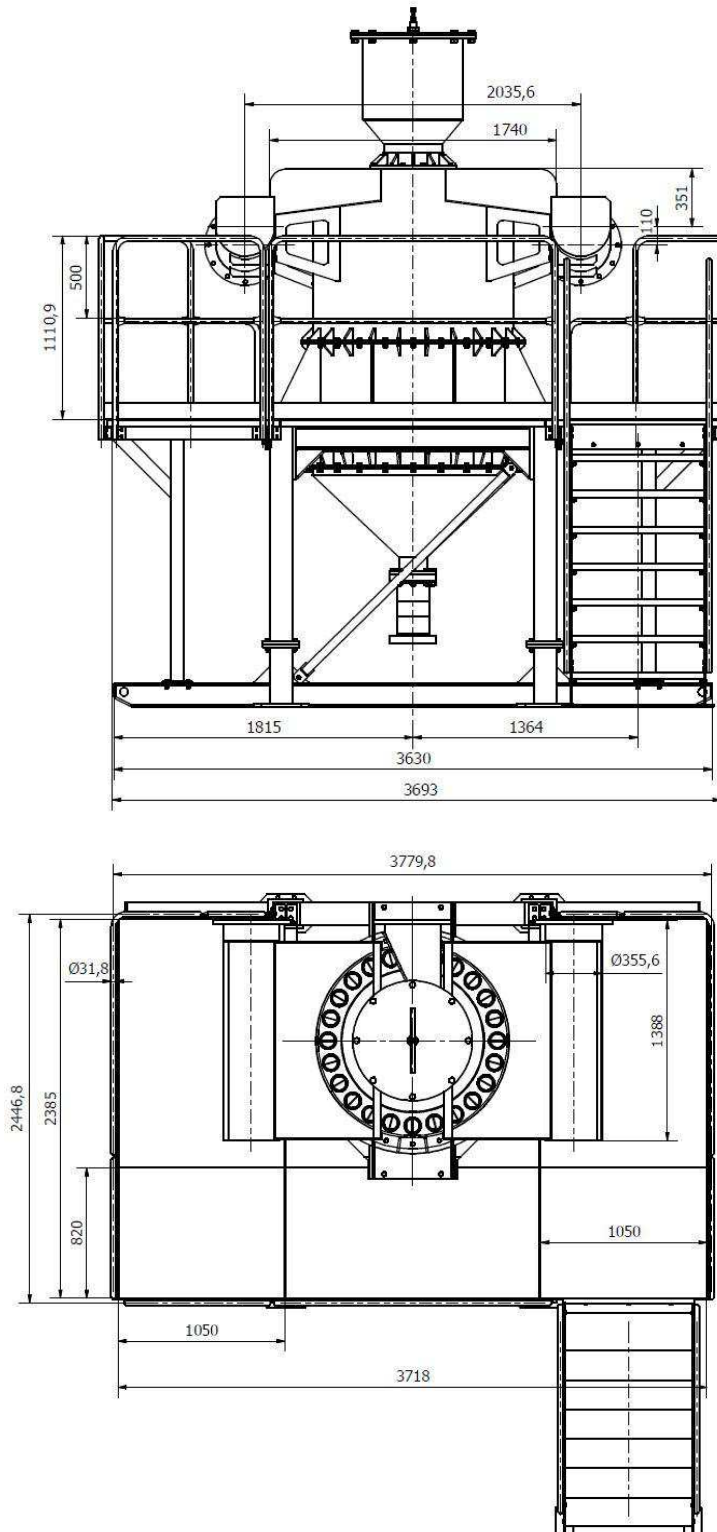
3. KLASYFIKATOR ZAWIESINOWY

Prowadzone w ITG KOMAG prace badawcze w zakresie rozdziału drobnouziarnionych kruszyw mineralnych pozwoliły na opracowanie prototypowego klasyfikatora zawiesinowego. Klasyfikator ten przeznaczony jest do wzbogacania niezagęszczonych nadaw piaskowych w klasie ziarnowej 2(4)–0 mm, będących dolnym produktem przesiewacza, otrzymywanym podczas klasyfikacji wstępnej oraz/lub z pogłębiarki ssącej lub produktem podsitowym klasyfikatora pulsacyjnego.

Klasyfikator zbudowany jest z pojedynczej komory roboczej o przekroju kołowym, umożliwiającej rozdział materiału na dwa produkty:

- oczyszczony i wstępnie zagęszczony piasek gruboziarnisty ($> 0,15$ mm) odprowadzany z dolnej części komory roboczej przez regulowany układ wylewowy,
- zanieczyszczenia, wraz z piaskiem drobnoziarnistym ($< 0,15$ mm), odprowadzane z większością wody procesowej poprzez górną krawędź komory roboczej.

W procesie wzbogacania w klasyfikatorze zawiesinowym rozdział gęstościowy ziaren uzależniony jest od prędkości strumienia wznoszącego wody w komorze oraz gęstości zawiesiny. Strumień nadawy wprowadzany jest do górnej części komory roboczej, w której gęstość ośrodka regulowana jest ilością dostarczanej wody dolnej oraz wychodem oczyszczonego produktu. Oczyszczony produkt odbierany jest za pomocą mechanizmów upustowych, wyposażonych w zawory zaciskowe, opcjonalnie stożkowe lub kulowe, zasilane pneumatycznie lub hydraulicznie i wyposażone w pozycjometr. Elektroniczny system regulacji kontroluje parametry procesu i dokonuje niezbędnych regulacji dla utrzymania skuteczności rozdziału. Pozwala to dostosować pracę urządzenia do zmian składu nadawy, bez wpływu na jakość produktów końcowych [6].



Rys. 6. Klasyfikator zawieszinowy [6]
Fig. 6. Suspension classifier [6]

4. PODSUMOWANIE

Klasyfikator pulsacyjny jest innowacyjnym rozwiązaniem pozwalającym na produkcję piasku i żwiru spełniającego wymagania jakościowe oraz dostosowanie produktów do wymagań rynku [1]. Zasada jego działania opiera się na typowym procesie wzbogacania, poprzez rozwarstwianie w pulsacyjnym ośrodku wodnym odpowiednio przygotowanej nadawy, wg jej składu ziarnowego oraz gęstości składników.

Zastosowane w klasyfikatorze rozwiązanie systemu elektronicznego sterowania i zaworu pulsacyjnego nowej generacji umożliwia:

- dobór parametrów cyklu pulsacji wody do zmiennych parametrów nadawy,
- automatyczne sterowanie i kontrolę procesu,
- bezobsługową eksploatację,
- uzyskanie wysokiej skuteczności rozdziału produktów oraz wydzielania zanieczyszczeń organicznych i mineralnych.

Niewątpliwą zaletą klasyfikatora typu KOMAG jest możliwość dostosowania konstrukcji do wymagań konkretnego odbiorcy, pod względem warunków miejsca zabudowy oraz oczekiwanej wydajności i jakości produktów handlowych [2, 3].

Klasyfikator pulsacyjny jest urządzeniem pozwalającym na otrzymanie produktów spełniających wymagania norm PN ISO i jest konkurencyjnym cenowo w porównaniu z urządzeniami zagranicznych producentów.

Dotychczas dokonano siedmiu wdrożeń klasyfikatora pulsacyjnego. Prowadzenie prac udoskonalających skutkuje kolejnymi wdrożeniami zmodernizowanych urządzeń.

LITERATURA

- [1] LENARTOWICZ M., MATUSIAK P., KOWOL D., ŁAGÓDKA M., *Innowacyjne rozwiązanie klasyfikatora pulsacyjnego do oczyszczania surowców mineralnych*, Maszyny Górnicze, nr 3–4/2010.
- [2] OSOBA M., LUTYŃSKI A., *Nowa generacja osadzarek pulsacyjnych typu KOMAG do pozyskiwania żwiru i piasku*, Maszyny Górnicze, nr 2/2004.
- [3] OSOBA M., *Osadzarki wodne pulsacyjne typu KOMAG do przeróbki kruszyw naturalnych*, KOMEKO, Mat. konf., Zakopane 2006.
- [4] *Określenie skuteczności rozdziału w klasyfikatorach pulsacyjnych typu KOMAG i opracowanie bazy danych w zakresie ich parametrów technologiczno-konstrukcyjnych* (niepublikowane), ITG KOMAG.
- [5] Prace statutowe ITG KOMAG 2002–2012.
- [6] *Klasyfikator do rozdziału drobnoziarnistych surowców mineralnych*, Prace statutowe ITG KOMAG 2009–2010.

PULSATORY JIG AS A PROVEN DEVICE FOR WASHING OF MINERALS

Regulations as regards environment protection and effectiveness criteria force the manufacturers to offer high-quality aggregates. Pulsatory jig as repeatedly used device enables meeting mentioned above requirements for minerals. Principle of pulsatory jig operation is presented in the paper. Versions of design solutions and examples of implementations of pulsatory jigs are given. Application possibilities of suspension classifier for separation of fine minerals are described.