

# Technologia odzysku koncentratu węglowego z odpadów pogórnich przez wdrożenia urządzeń typu KOMAG

dr inż. Piotr Matusiak  
dr inż. Daniel Kowol  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

## Streszczenie:

W artykule przedstawiono proces wdrażania klasyfikatorów pulsacyjnych na składowisku odpadów pogórnich w Przechlebiu. Zaprezentowano również wyniki skuteczności rozdziału klasy ziarnowej 30-5 mm w klasyfikatorze pulsacyjnym. Omówiono problemy związane z zanieczyszczeniem wody obiegowej stosowanej w procesie odzysku koncentratu węglowego z odpadów.

Słowa kluczowe: górnictwo węgla kamiennego, odpady, wzbogacanie, klasyfikator

Keywords: coal mining, waste, beneficiation, pulsatory jig

## Abstract:

The implementation process of pulsatory jigs at the mine waste in Przechlebie is presented. Results of effectiveness of separation of different grain size 30-5 mm in pulsatory jig are presented. Problems of polluting the water used in the process of recycling coal from the coal waste is discussed.

## 1. Wstęp

Na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, na hałdach zgromadzonych jest ok. 100 mln Mg odpadów, powstałych w wyniku procesów wydobywania i przeróbki węgla kamiennego [1].

Niska skuteczności procesów wzbogacania, szczególnie do połowy XX w., spowodowała, że na hałdy trafiało, obok skały płonnej, stosunkowo dużo ziaren węglowych [6].

Zawarty w odpadach węgiel ulegał częstym samozapłonem, co w konsekwencji wywoływało zagrożenie zanieczyszczenia atmosfery gazami (CO, CO<sub>2</sub>) oraz niebezpieczeństwo zanieczyszczenia wód powierzchniowych i gruntowych chlorkami i siarczkami. Grunt zajmowany przez składowiska odpadów stał się dodatkowo nieużytkiem rolnym [7].

W latach 90-tych rozpoczęto rekultywację składowisk odpadów w celu odzysku węgla i innych minerałów oraz zagospodarowania terenów, które w wyniku ww. zagrożeń wydawały się być stracone dla środowiska i niemożliwe do innego użytkowania [4].

Zastosowanie metody grawitacyjnego wzbogacania umożliwiło wydzielanie ze składowisk ziaren organicznych i pozwoliło na produkcję tzw. kruszywa wtórnego oraz dodatkowo, energetycznego koncentratu węglowego [3, 4]. Składowiska odpadów pokopalnianych stanowią zatem obecnie wtórne złoża materiałów użytecznych.

Kruszywo wtórne w zależności od swojej jakości, może być wykorzystane do:

- tworzenia mieszanek do betonu,
- budowy nasypów,
- budowania warstw mrozoodpornych, odsączających,
- tworzenia zasypki obiektów inżynierskich,
- makroniwelacji terenów,

- rekultywacji terenów,
- budowy wałów przeciwpowodziowych,
- utwardzania nawierzchni gruntowych,
- zimowego utrzymania dróg [3, 4, 6].

Pozyskiwanie kruszyw wtórnych jest zgodne z podstawowymi celami gospodarki odpadami, tj.: minimalizacji ilości odpadów oraz minimalizacji ich wpływu na środowisko [3, 4].

## 2. Centralne składowisko odpadów pogórnich w Przechlebiu

Na terenie powiatu gliwickiego powstały pod koniec XIX wieku trzy duże piaskownie:

- największa w Pyskowicach, kopiająca pokłady Dzierżno,
- w Rzeczycach, kopano zbiornik Pławniowice,
- oraz piaskownia w Przechlebiu.

Wyrobiska wypełniała stopniowo woda, tworząc wyspy, półwyspy i zatoki, a wokół zaczęły rosnąć łubin, brzoza i akacja. Ponieważ woda była wyjątkowo czysta, zarybiono ją, a wzdłuż brzegu utworzono liczne plaże. Dalsze pogłębianie spowodowało powstawanie wysp, np. tzw. archipelag wysp Kolorado (rys. 1) [10].



Rys. 1. Plaże znajdujące się na terenie dzisiejszego składowiska odpadów w Przechlebiu [10]

W 1954 roku zakończono eksploatację piasku w Przechlebiu i zdecydowano o przemysłowym wykorzystaniu wyrobiska.

Z uwagi na wydobycie węgla sięgające 220 mln Mg rocznie i metody wzbogacania węgla o niskiej skuteczności, generujące ogromne ilości odpadów pogórnich, poszukiwano miejsca do ich składowania.

W 1955 roku utworzono w Przechlebiu centralne składowisko odpadów pogórnich z 13 kopalń (między innymi z kopalń: Makoszowy, Pstrowski, Bielszowice, Chwałowice,

ZMP i Krupiński). W okresie późniejszym składowano tam również pyły i żużle z elektrowni (m.in. Zabrze i Rybnik).

W latach 90-tych stopniowo ograniczono składowanie odpadów, by zakończyć ostatecznie ich składowanie ok. 2000 roku.

### 3. Klasyfikator pulsacyjny K-102 do przetwarzania odpadów z hałd kopalnianych

W 2014 roku ITG KOMAG zdecydował o opracowaniu technologii umożliwiającej odzysk węgla kamiennego zawartego w składowisku pokopalnianym w Przechlebiu. Wstępne badania wykazały stosunkowo dużą zawartość węgla w odpadach, która w zależności od miejsca pobrania próbek, wynosiła od 10 do 16%.

Doświadczenia KOMAG-u z wdrażania osadzarek pulsacyjnych do wzbogacania węgla kamiennego posłużyły do zaprojektowania maszyny do rozdziału i oczyszczania kruszywa - klasyfikatora pulsacyjnego.

Podstawą procesu rozdziału materiału w klasyfikatorze pulsacyjnym jest jego rozwarstwienie w pulsacyjnym ośrodku wodnym, na pokładzie sitowym, według gęstości i rozmiaru ziaren.

Opracowano typoszereg klasyfikatorów pulsacyjnych, pozwalający na ich zastosowanie w zależności od oczekiwanej wydajności. Podstawowe parametry klasyfikatorów typu KOMAG zestawiono w tabeli 1.

Dotychczasowe wdrożenia klasyfikatorów pulsacyjnych w kopalniach kruszyw potwierdziły wysoką skuteczność rozdziału wzbogacanego (oczyszczonego) materiału.

**Podstawowe parametry techniczne klasyfikatorów typu KOMAG [5]**

Tabela 1

Typ klasyfikatora		K-60	K-80	K-100 (K-101)	K-102	K-150	K-200
Wydajność nominalna	t/h	60	80	100	100	150	200
Całkowita powierzchnia robocza	m <sup>2</sup>	ok. 2,0	ok. 4,0	ok. 4,0	ok. 4,0	ok. 4,0	ok. 4,0
Zapotrzebowanie mocy	kW	22,5	30,5	30,5	42	42	42
Zapotrzebowanie wody	m <sup>3</sup> /h	120-140	140-170	150-200	150-250	250-300	300-320
Ciśnienie wody	MPa	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Masa klasyfikatora z konstrukcją mobilną	kg	ok. 15000	ok. 18000	ok. 19000	ok. 25500	ok. 21500	ok. 21900
Masa klasyfikatora bez konstrukcji mobilnej	kg	ok. 7500	ok. 9150	ok. 9950	ok. 11500	ok. 12600	ok. 13000

Modernizacje konstrukcji i prace badawcze umożliwiły rozwój klasyfikatorów i rozszerzanie zakresu ich zastosowania [2, 5, 7] do przetwarzania odpadów z hałd kopalnianych. Zaprojektowano klasyfikator pulsacyjny K-102 nr 1, który uruchomiono jesienią 2015 r. na centralnym składowisku odpadów w Przechlebiu (rys. 2).

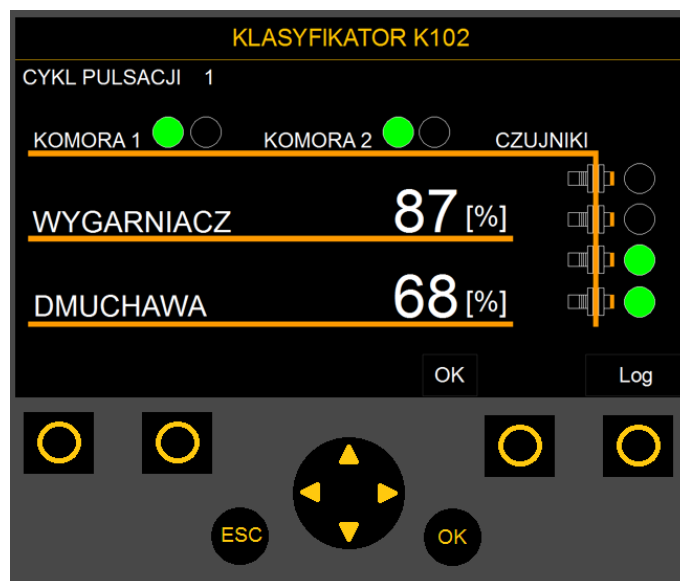


Rys. 2. Klasyfikator pulsacyjny K102 nr 1 zabudowany w instalacji do rekultywacji składowiska pokopalnianego Przechlebie [11]

W 2016 roku uruchomiono drugi klasyfikator pulsacyjny K-102 w Przechlebiu, przedstawiony na rysunku 3. Klasyfikator wyposażono w nowoczesny autorski system sterowania typu KOMAG (rys. 4), który umożliwia dobór parametrów pracy urządzenia w zależności od wymaganych parametrów ilościowo-jakościowych produktów rozdziału.



Rys. 3. Klasyfikator pulsacyjny K102 nr 2 zabudowany w instalacji do rekultywacji składowiska pokopalnianego [11]



Rys. 4. Główny ekran panelu operatorskiego systemu sterowania klasyfikatora pulsacyjnego K102 nr 2 [9]

#### 4. Technologia odzysku węgla na składowisku w Przezchlebiu

Urabiany materiał z hałdy poddawany jest wstępnej klasyfikacji na sucho, na dwupokładowym przesiewaczu, o wielkości otworów równych 100 mm, na górnym pokładzie oraz 35 mm na dolnym pokładzie.

Ziarna o wymiarach <math><35\text{ mm}</math>, z niewielką ilością nadziarna, kierowane są, poprzez klasyfikację, do procesów wzbogacania w klasyfikatorze pulsacyjnym oraz na wzbogacalnikach zwojowych (spiralach).

Klasyfikacja wstępna prowadzona jest na dwupokładowym przesiewaczu PWP 1,8x5,5, wyposażonym w natryski na obydwu pokładach sitowych. Wymiary otworów kwadratowych na przesiewaczu wynoszą 35 mm na pokładzie górnym oraz 3 mm na pokładzie dolnym.

Produkt międzysitowy, w zakresie 35-3 mm, stanowi nadawę do wzbogacania w klasyfikatorze pulsacyjnym.

W wyniku wzbogacania w klasyfikatorze uzyskiwane są trzy produkty: produkt koncentratowy, odprowadzany ponad progiem przelewowym, produkt odpadowy usuwany za pomocą obrotowego wygarniacza oraz produkt przepadu drobnych ziaren przez sita.

Produkt koncentratowy poddany zostaje następnie odwodnieniu na przesiewaczu jednopokładowym, wyposażonym w elektrowibratory, o rozmiarze szczeliny sita równej 1 mm. Produkt odpadowy odwadniany jest na poliuretanowym sicie stałym, a następnie na sicie łukowym o szczelinach równych 1 mm.

Obecnie eksploatowane są dwa układy technologiczne, złożone z przesiewacza klasyfikacji wstępnej, klasyfikatora pulsacyjnego oraz dodatkowych urządzeń zasilających i odwadniających.

Produkt przepadu przez sita, o rozmiarze otworów równych 2,5x25 mm, kierowany jest, wspólnie z przesączem z sit odwadniających odpady i produktem dolnym przesiewacza klasyfikacji wstępnej, na przesiewacz wibracyjny o szczeliny równej 3 mm. Produkt dolny

(3-0 mm), połączony z przesączem z odwadniania produktu koncentratowego klasyfikatora za pomocą pompy, kierowany jest do wzbogacania do układu hydrocyklony-wzbogacalniki zwojowe.

Celem hydrocyklonów jest przygotowanie nadawy, poprzez jej odmulenie, do wzbogacalników zwojowych, w których podlega rozdziałowi na produkty koncentratowe i odpadowe. Obydwa produkty wzbogacania zostają odwodnione na przesiewaczach wibracyjnych.

Wody procesowe pochodzące z układów wzbogacania kierowane są do czterodzielnego osadnika ziemnego, w których następuje sedymentacja ziaren najdrobniejszych (<0,5 mm).

## **5. Badania skuteczności odzysku ziaren węglowych z zastosowaniem klasyfikatora pulsacyjnego K-102 w Przechlebiu**

Przemysłowe badania skuteczności odzysku ziaren węglowych w klasie ziarnowej 30-5 (0) mm przeprowadzono na składowisku odpadów pokopalnianych w Przechlebiu.

Nadawą kierowaną do wzbogacania na klasyfikator K-102 był produkt międzysitowy z dwupokładowego przesiewacza klasyfikującego, o otworach sit równych: 30 mm (pokład górny) oraz 5 mm (pokład dolny). Obciążenie klasyfikatora pulsacyjnego materiałem podczas badań kształtowało się na poziomie ~ 80 t/h.

Pobrane próbki, po ich odmuleniu (usunięciu ziaren <0,5 mm), poddano analizom laboratoryjnym w zakresie składu gęstościowego oraz oznaczenia w uzyskanych frakcjach zawartości popiołu i wartości opałowej.

Nadawa przeznaczona do wzbogacania charakteryzowała się wysoką zawartością popiołu 77,91% oraz niską wartością opałową 4,44 MJ/kg. Przeważający udział w nadawie stanowiła frakcja o gęstości >1,8 g/cm<sup>3</sup> równa 90,53%.

Wyniki badań wykazały, że we wzbogaczonych odpadach powęglowych udział ziaren substancji palnej osiągał zróżnicowane wartości. W analizowanym przypadku wychód produktu koncentratowego wyniósł 7,66%, średnia zawartość popiołu wynosiła 19,96%, a wartość opałowa była równa 26,16 MJ/kg.

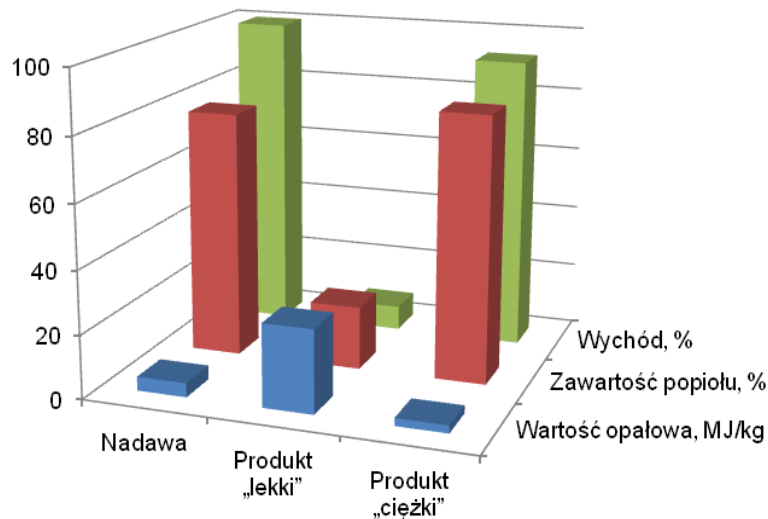
Produkt odpadowy procesu wzbogacania, o wychodzie równym 92,34%, charakteryzował się śladową zawartością ziaren węglowych (<1,5 g/cm<sup>3</sup>) - 0,15%, wysoką zawartością popiołu - 83,61% oraz niską wartością opałową - 2,45 MJ/kg.

Wyniki analiz fizykochemicznych nadawy i produktów przemysłowego wzbogacania zestawiono w tabeli 2 i zobrazowano graficznie na rysunku 5.

Wyniki analiz fizykochemicznych nadawy i produktów wzbogacania w klasyfikatorze pulsacyjnym K-102 w Przechlebiu – Klasa ziarnowa 30-5 (0,5) mm [9]

Tabela 2

Gęstość frakcji [g/cm <sup>3</sup> ]	Nadawa			Produkt koncentratowy			Produkt odpadowy		
	Wychód [%]	Popiół [%]	Wartość opałowa [MJ/kg]	Wychód [%]	Popiół [%]	Wartość opałowa [MJ/kg]	Wychód [%]	Popiół [%]	Wartość opałowa [MJ/kg]
< 1,3	3,05	3,35	31,75	39,44	3,18	32,63	0,03	4,73	31,35
1,3-1,4	1,13	11,35	28,79	14,20	10,72	29,80	0,04	12,79	27,95
1,4-1,5	1,07	22,50	24,48	13,05	21,88	25,25	0,08	22,73	24,25
1,5-1,6	0,89	31,52	21,63	9,85	31,39	21,89	0,15	32,25	21,56
1,6-1,7	1,73	38,60	18,87	11,33	38,18	19,08	0,93	39,75	18,61
1,7-1,8	1,60	47,35	15,35	4,53	44,99	16,45	1,36	49,05	15,15
1,8-2,0	3,69	55,36	12,31	4,50	54,58	12,65	3,62	55,72	12,42
> 2,0	86,84	84,86	1,92	3,10	77,79	4,28	93,79	85,81	1,65
Suma	100,00			100,00			100,00		
Średnia		77,91	4,44		19,96	26,16		83,61	2,45
Wychód produktu, %	100,00			7,66			92,34		



Rys. 5. Parametry nadawy i produktów wzbogacania [9]

W oparciu o wyniki analiz odzyskiwanego koncentratu węglowego w Przechlebiu wyznaczono wartości parametrów charakteryzujących proces rozdziału oraz jego skuteczność: gęstość rozdziału ( $d_{50}$ ), rozproszenie prawdopodobne ( $E_p$ ) i imperfekcję ( $I$ ).

Ocena efektów wzbogacania odpadów kopalnianych wykazała, że klasyfikator pulsacyjny pracował z wysoką skutecznością rozdziału: współczynnik imperfekcji wynosił  $I=0,124$ , natomiast rozproszenie prawdopodobne było równe  $E_p=0,081 \text{ g/cm}^3$ , przy gęstości rozdziału wynoszącej  $d_{50}=1,651 \text{ g/cm}^3$ .

W trakcie eksploatacji klasyfikatora pulsacyjnego wykonano również dodatkowe analizy laboratoryjne próbek produktu koncentratowego, wraz z badaniami porównawczymi równoległej pracy klasyfikatorów pulsacyjnych K-102 nr 1 oraz K-102 nr 2, zainstalowanych w Przezchlebiu. Wyniki zamieszczono w tabeli 3.

**Porównanie pracy klasyfikatorów pulsacyjnych K-102 nr 1 oraz K-102 nr 2  
w Przezchlebiu**

Tabela 3

Data	Klasyfikator K102 nr 1		Klasyfikator K102 nr 2	
	Wartość opałowa [kJ/kg]	Popiół [%]	Wartość opałowa [kJ/kg]	Popiół [%]
19.09	25307	13,5	24601	16,1
22.09	25284	15,5	23113	20,5
26.09	25753	14,9	26554	11,9
03.10	26167	13,6	26832	10,1
06.10	25311	15,7	25521	15,5
17.10	25975	12,0	24379	17,8
24.10	27252	8,8	25013	15,6
27.10	24653	14,2	25495	15,0
03.11	26183	13,6	23245	23,3
08.11	27158	12,1	26658	13,1
10.11	26258	12,0	26501	10,0
14.11	24635	16,3	24517	18,8
22.11	26288	11,0	26318	12,9
28.11	24014	17,2	26305	11,6
01.12	24577	15,2	25808	14,0
12.12	21815	24,5	21895	20,8
15.12	25061	15,5	26924	11,3
19.12	23589	18,2	28050	7,9
Średnia	25293	14,6	25429	14,7

Można stwierdzić, że możliwe jest uzyskiwanie wysokojakościowych koncentratów energetycznych, w których zawartość popiołu nie przekracza 12%, a wartość opałowa była wyższa od 26 MJ/kg.



Uzyskana średnia wartość opałowa w stanie roboczym, dla obu urządzeń, była zbliżona i wynosiła ponad 25 MJ/kg, natomiast odchylenie standardowe nie przekraczało 1,4 MJ/kg. Zawartość popiołu w koncentracie wynosiła od 8,8 do 23,3%. Zawartości popiołu większe niż 20% spowodowane były niewłaściwymi ilościami podawanych mediów zasilających klasyfikator lub czynnikami, takimi jak: uszkodzony przesiewacz klasyfikujący czy duża zawartość frakcji drobnej w wodzie obieguj.

Występujące różnice w wartościach parametrów jakościowych produktów wynikały prawdopodobnie ze stosunkowo dużej zmienności nadawy kierowanej do wzbogacania, spowodowanej zmianą miejsca eksploatacji. Pobierana nadawa w kolejnych dniach mogła pochodzić z różnych kopalń, więc stąd różnica jej właściwości fizyko-chemicznych. Zarówno zmiany składu granulometrycznego materiału, jak i składu gęstościowo-popiołowego, miały znaczący wpływ na uzyskiwane parametry ilościowo-jakościowe produktów rozdziału.

## 6. Problem gromadzenia się frakcji drobnych w klasyfikatorze

Zaprojektowany w ITG KOMAG klasyfikator pulsacyjny K-102 do pracy wymaga zasilania sprężonym powietrzem roboczym w ilości 25-31 m<sup>3</sup>/h, oraz wodą procesową w ilości 150-250 m<sup>3</sup>.

Woda procesowa krąży w obiegu zamkniętym. Z klasyfikatorów transportowana jest następnie do zbiornika o wielkości ok. 35.000 m<sup>3</sup>, skąd, po częściowym oczyszczeniu (osadzeniu) jest pompowana powtórnie do klasyfikatorów. Niestety zawiera ona powyżej 30 g/l frakcji drobnych, co ma niekorzystny wpływ na pracę klasyfikatorów.

W przypadku równoczesnej pracy dwóch (trzech lub czterech) klasyfikatorów bardzo szybko następuje zwiększenie zawartości frakcji drobnych w wodzie procesowej. Jednym ze sposobów skutecznego rozwiązania tego problemu może być zastosowanie do wydzielenia z obiegu ziaren drobnych zagęszczacza promieniowego typu Dorr. Przyjęto, że na terenie składowiska eksploatowane będą mogły być w przyszłości 4 układy wzbogacania z klasyfikatorem pulsacyjnym oraz istniejący układ hydrocyklony - wzbogacalniki zwojowe.

W tym przypadku ilość wody, którą powinny przyjąć urządzenia zagęszczające wynosi około 600 m<sup>3</sup>/h dla dwóch klasyfikatorów. Dla zapewnienia wysokiej skuteczności sedymentacji zawiesiny przewidziano zastosowanie dwóch zagęszczaczy Dorr o średnicy 12 m (rys. 6).



Rys. 6. Zagęszczacz promieniowy Dorr o średnicy 12 m [8]

W wyniku procesu zagęszczania uzyskany zostanie przelew, o zawartości części stałych, nie przekraczający wartości 30 g/l, oraz wylew o zagęszczeniu ok. 450 g/l.

Zagęszczacz typu Dorr zostanie wyposażony w nowoczesny układ dozowania flokulantów, odczynników stosowanych do przyspieszenia opadania ziaren, wyposażony w system sterowania typu KOMAG [8].

## 7. Podsumowanie

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG opracowano nowe rozwiązanie urządzenia do grawitacyjnego wzbogacania w pulsującym ośrodku wodnym, klasyfikatora pulsacyjnego K-102. Urządzenie dostosowano do wzbogacania opadów pogórnich i odzysku węgla kamiennego. Wdrożenie pierwszego klasyfikatora K-102 na terenie centralnego składowiska odpadów w Przezchlebiu i uzyskane doświadczenia pozwoliły na rozbudowę instalacji do rekultywacji hałd do 3 systemów. W najbliższym czasie planowana jest budowa kolejnego 4 systemu.

Przeprowadzone badania przemysłowego wzbogacania odpadów powęglowych wykazały wysoką skuteczność działania urządzenia, która pozwoliła na uzyskanie produktów wzbogacania o pożądanych przez użytkownika parametrach jakościowych i korzystnych wskaźnikach dokładności rozdziału.

Analizowano obieg wodno-mułowy, który jest newralgicznym układem w zakładach przeróbki węgla kamiennego i innych surowców mineralnych.

Nieprawidłowa praca obiegu wpływa na straty ekonomiczne, które związane są z pogorszeniem skuteczności rozdziału wzbogacanego materiału, koniecznością zwiększenia poboru świeżej wody oraz zwiększonym zużyciem odczynników chemicznych (flokulantów).

Warunkiem, który powinien być spełniony przez powyższy układ, jest utrzymanie niezmiennej i niskiej zawartości części stałych w wodzie procesowej.

Uruchomienie 3 oraz 4 systemu będzie wymagało przeprowadzenia prac związanych z poprawą jakości wody procesowej. Najkorzystniejszym rozwiązaniem problemu wydaje się być zastosowanie zagęszczacza promieniowego typu Dorr.

## Literatura

- [1] Korban Z.: Problem odpadów wydobywczych i oddziaływania ich na środowisko, na przykładzie zwałowiska nr 5A/W-1 KWK „X”, *Górnictwo i Geologia*, 2011, Tom 6, s.109 -120
- [2] Kowol D., Matusiak P.: Zastosowania klasyfikatora pulsacyjnego typu KOMAG do oczyszczania trunowzbogalnych surowców mineralnych, *Mining Science - Mineral Aggregates*, 2014, vol. 21(I), s. 99-108
- [3] Kowol D., Matusiak P.: Badania skuteczności osadzarkowego oczyszczania kruszywa z ziaren węglanowych, *Mining Science - Mineral Aggregates*, 2015, vol. 22(I), s. 83-92
- [4] Kozioł W., Kawalec P.: Kruszywa alternatywne w budownictwie, *Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne*, 2008, Lipiec – Sierpień Nr 4, s. 34-37
- [5] Matusiak P., Kowol D.: Klasyfikator pulsacyjny jako sprawdzone urządzenie do oczyszczania surowców mineralnych, *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Studia i Materiały, Gór. Geol. XVII*, 2012, nr 134/41 s. 191-199
- [6] Matusiak P., Kowol D.: Zastosowanie osadzarkowego procesu wzbogacania do odzysku surowca ze składowiska odpadów górniczych. *Mining Science - Mineral Aggregates*, 2016 nr 1 s. 115-125, ISSN 2300-9586
- [7] Matusiak P. i inni: Nowe wdrożenia wzbogacalników pulsacyjnych typu KOMAG, W: *Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność*, KOMEKO 2016, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2016
- [8] Matusiak P., Kowol D.: Oczyszczanie wody procesowej w węźle wzbogacania na składowisku odpadów pogórnich. W: *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Monografia kruszywa mineralne, t. 1*, 2017
- [9] Różański Z., Supotnik T., Matusiak P., Kowol D., Szpyrka J., Mazurek M., Wrona P.: Coal recovery from a coal waste dump. Materiały na konferencję: MEC 2016, Mineral Engineering Conference, Świeradów Zdrój, 25-28 September 2016 s. 1-9, ISSN 2267-1242
- [10] <http://www.spprzezchlebie.wieszowanet.pl/index.php/historia-przezchlebia>
- [11] Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG