

**Zeszyty Naukowe**Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią  
Polskiej Akademii Nauk

rok 2018, nr 104, s. 163–172

DOI: 10.24425/124369

Wiesław BLASCHKE<sup>1</sup>, Ireneusz BAIC<sup>1</sup>

## **Poprawa parametrów rozdziału węgla w osadzarkach poprzez wstępne uśrednianie nadawy metodą odkamieniania na sucho**

Streszczenie: Nadawa urobku węglowego kierowana do wzbogacania grawitacyjnego składa się z węgla pochodzących z różnych pokładów i frontów eksploatacyjnych. Węgla te różnią się parametrami jakościowymi, a zwłaszcza ilością skały płonnej (kamienia) zmieniającymi się w czasie. Skutkuje to niestabilnością pracy, w szczególności osadzarek. Posiadają one wówczas stosunkowo małą dokładność ocenianą wskaźnikami rozproszenia prawdopodobnego lub imperfekcji. Pogarsza to jakość otrzymywanego koncentratu, którego parametry jakościowe zmieniają się w czasie. Poprawa pracy osadzarek możliwa byłaby poprzez uśrednianie nadawy. Proces ten jest praktycznie niemożliwy ze względu na niezaprojektowanie takiego węzła podczas budowy zakładów, które są w większości przypadków powiązane bezpośrednio z szybem. W artykule autorzy proponują rozwiązanie procesu uśredniania nadawy przed skierowaniem jej do procesu wzbogacania w osadzarkach poprzez wprowadzenie jej odkamieniania w wibracyjno-powietrznych separatorach typu FGX.

Słowa kluczowe: węgiel kamienny, wzbogacanie w osadzarkach, uśrednianie nadawy, sucha separacja

## **Improvement of the parameters of coal separation in jigs by the initial averaging of the feed using the dry deshaling method**

Abstract: The coal fed to gravity enrichment consists of coals coming from different deposits and exploitation fronts. These coals differ in quality parameters, especially the amount of gangue (stone) changing over time. This results in the instability of work, especially jiggers, which have a relatively low accuracy assessed by probable scattering or imperfection rates. This deteriorates the quality of the concentrate obtained, the quality parameters of which change over time. The improvement of jiggers work would be possible by averaging the feed. This process is practically impossible due to the failure to design such a node during plant construction, which are,

<sup>1</sup> Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Oddział Zamiejscowy Katowice, Katowice;  
e-mail: wsblaschke@gmail.com; i.baic@imbigs.pl

in most cases, directly related to the shaft. In the article, the authors propose to solve the process of averaging the feed before directing it to the enrichment process in jiggers by introducing its deshaling in vibratory- air separators of the FGX type.

Keywords: hard coal, enrichment in jigs, average feeds, dry separation

## Wprowadzenie

W krajowych kopalniach węgla kamiennego eksploatacja urobku prowadzona jest najczęściej w kilku frontach eksploatacyjnych znajdujących się w różnych pokładach. Węgłe te posiadają różniące się między sobą parametry jakościowe; eksploatowane pokłady mają różną miąższość, co w wielu przypadkach skutkuje mniejszą lub większą przybierką stropu lub spągu – różnicując ilości kamienia w urobku. Różniący się jakościowo urobek jest przesyłany do szybu, przy czym materiał ten pochodzący z różnych frontów eksploatacyjnych jest mieszany w trakcie podziemnego transportu w przypadkowych proporcjach. Wydobywany skipami urobek trafia do zakładu przeróbki mechanicznej, który to zakład zlokalizowany jest bezpośrednio przy nadszymbiu. Wydobyty materiał trafia najczęściej do węzła klasyfikacji wstępnej lub stacji przygotowania węgla, gdzie rozdzielany jest na przesiewaczach na określone klasy ziarnowe kierowane następnie do dalszych procesów przerobczych.

Z podanych powyżej powodów trafiający do procesów wzbogacania materiał różni się, zmieniającymi się w czasie, parametrami jakościowymi. Dotyczy to zarówno zmiennej ilości ziaren poszczególnych frakcji gęstościowych a zwłaszcza znacznymi wahaniami ilości skały płonnej (kamienia). W trakcie jednej zmiany ilość kamienia w nadawie może się zmieniać od kilkunastu do kilkudziesięciu procent (wahania te uniemożliwiają praktycznie prowadzenie procesu wzbogacania w stabilny sposób i mimo to stosowania automatycznej regulacji odbioru produktów wzbogacania). Zmienne parametry jakościowe nadawy na osadarkę oznaczać mogą, że mamy do czynienia ze wzbogacaniem różnych węgli w tych samych urządzeniach i w niewielkich odstępach czasu.

Problem wzbogacania wspólnego różnych węgli był przedmiotem wielu badań i analiz. Sprawdzano skutki łącznego wzbogacania na wychód koncentratu a także na ustalenie najkorzystniejszej granicy separacji. Udowodniono (A. Terra), że największy wychód koncentratu uzyskuje się wówczas, gdy zawartości popiołu we frakcjach na granicy separacji są jednakowe dla wzbogaczanych węgli inaczej powstają straty substancji węglowej w odpadach i zanieczyszczenia koncentratu ziarnami skały płonnej (Stępiński 1964). Nawet spełnienie tego warunku, wyznaczającego gęstość rozdziału, nie zawsze może być zastosowane gdyż gęstość rozdziału musi dać koncentraty o żądanej przez odbiorców zawartości popiołu. Przytoczone dwa warunki mogą być spełnione tylko w przypadku, gdy nadawa przez cały czas procesu wzbogacania jest uśredniona. Jak wspomniano powyżej, w przypadku wzbogacania węgli z różnych pokładów i różnych frontów eksploatacyjnych przy braku możliwości ich selektywnego transportu do zakładu przerobczego, a więc znacznych waniach składu densymetrycznego w czasie, wykorzystanie postulatów A. Terry jest niemożliwe.

Rozwiązanie zaistniałego problemu mogłoby nastąpić, gdyby była możliwość uśredniania urobku przed podaniem go do procesu wzbogacania. Nie jest to w praktyce krajowych

układów zakład górniczy–zakład przeróbczy możliwe ze względu na brak miejsca, gdzie takie uśrednianie można by było prowadzić. Z tego też względu parametry jakościowe koncentratów wahają się w dość znacznych przedziałach, mimo wprowadzania coraz doskonalszych urządzeń do automatycznej regulacji procesu rozdziału.

Przedstawiony powyżej problem dotyczy głównie wzbogacania w osadzarkach, skutkuje on także małą efektywnością wprowadzenia powszechnie stosowanych w światowych rozwiązaniach, wzbogacania w cyklonach z cieczą ciężką. W stosunkowo małym stopniu dotyczy to wzbogacania grubych ziaren we wzbogacalnikach z cieczą ciężką. W tym przypadku gęstość rozdziału jest ustalana poprzez odpowiedni dobór gęstości cieczy zawieszinowej. W osadzarkach gęstość rozdziału wynika z określonego położenia przegrody (dzięki odpowiedniemu pływakowi) i progu odbiorczego produktów.

W niniejszej pracy autorzy proponują modyfikację węzłów wzbogacania w osadzarkach poprzez wprowadzenie uśredniania nadawy metodą suchą przy wykorzystaniu wibracyjno-powietrznego separatora typu FGX.

## 1. Skuteczność i ocena wzbogacania węgla w osadzarkach

Ocenę pracy osadzarki (a także innych urządzeń do wzbogacania grawitacyjnego) prowadzi się wyznaczając wartość wskaźnika rozproszenia prawdopodobnego lub dla określonej gęstości rozdziału imperfekcji.

Rozproszenie prawdopodobne określane jest jako przedział – gęstość rozdziału plus (lub minus) wartość rozproszenia prawdopodobnego – który może być przekroczony lub nieprzekroczony przez ziarna o gęstości równej gęstości rozdziału. Według Trompa badania Terry pozwalają przyjąć, że rozdział ziaren pokrywa się z funkcją prawdopodobieństwa Gaussa. Terra wprowadza w miejsce parametru funkcji prawdopodobieństwa ( $h$ ) odchyłkę ( $e_p$ ) nazywaną rozproszeniem prawdopodobnym.

W późniejszych latach stwierdzono, że rozproszenie prawdopodobne jest funkcją liniową gęstości rozdziału imperfekcja ( $I$ ) jest równa rozproszeniu prawdopodobnemu podzielonemu przez wartość gęstości rozdziału minus 1. Tak więc imperfekcja ( $I$ ) jest wskaźnikiem stałym dla danej maszyny i niezależnym od gęstości rozdziału.

Według badań francuskiego instytutu CERCHAR również imperfekcja ( $I$ ) nie jest wielkością stałą dla danego urządzenia lecz zależy od wzbogacanej klasy ziarnowej.

Wartości rozproszenia prawdopodobnego osadzarek z automatyczną regulacją powinny kształtować się w granicach (Stępiński 1964)  $e_p = 0,080–0,090$  a bez regulacji  $e_p = 0,115–0,140$ . Według Kozaka i Cagasa (1965) rozproszenie prawdopodobne dla osadzarek powinno kształtować się na poziomie  $e_p = 0,05–0,15$ .

Imperfekcja ( $I$ ) dla gruboziarnistych osadzarek powinna kształtować się według Kozaka i Cagasa na poziomie  $0,08–0,12$ , a dla drobnoziarnistych  $0,12–0,18$ . Według Heidenreicha  $0,12–0,30$ ; według badań GIG dla osadzarek miałowych  $0,12–0,30$  a dla osadzarek ziarnowych  $0,08–0,25$ . Natomiast według badań CERCHAR zależność imperfekcji od klasy ziarnowej wynosi: klasa 1,0–3,0 mm  $I = 0,25$ ; klasa 3,0–6,0 mm  $I = 0,20$ ; klasa 6,0–20,0 mm  $I = 0,19$ ; klasa 20,0–50,0 mm  $I = 0,12$ ; klasa 1,0–50,0 mm  $I = 0,185$  (Stępiński 1964).

W ostatnich latach brak jest doniesień literaturowych dotyczących badań nad dokładnością pracy nowych osadzarek. Wyjątkiem jest praca zespołu S. Ziomber, D. Kowol, P. Matusiak, M. Lagódka, P. Okarmus. W pracy tej (Okarmus 2013) zestawiono wyniki badań skuteczności wzbogacania węgla koksowego w osadzarkach. Badano dwie osadzarki: OM20-P3E oraz OM24D3E. W dwustopniowych osadzarkach wzbogacano klasę ziarnową 20(30)–0,5(0) mm. Otrzymano następujące wyniki:

- osadzarka OM20-P3E:
  - dla pierwszego stopnia  $e_p$  wyniosło od 0,166 do 0,200 – średnio 0,178; imperfekcja (I) wynosiła od 0,196 do 0,244 – średnio 0,217;
  - dla drugiego stopnia  $e_p$  wyniosło od 0,092 do 0,256 – średnio 0,164; imperfekcja (I) wynosiła od 0,196 do 0,365 – średnio 0,274;
- osadzarka OM24-D3E:
  - dla pierwszego stopnia  $e_p$  wyniosło od 0,249 do 0,304 – średnio 0,271; imperfekcja (I) wynosiła od 0,264 do 0,381 – średnio 0,331;
  - dla drugiego stopnia  $e_p$  wyniosło od 0,138 do 0,274 – średnio 0,214; imperfekcja (I) wynosiła od 0,258 do 0,503 – średnio 0,353.

Przeprowadzone badania pokazały, że badane osadzarki pracują z bardzo dużą niedokładnością. Otrzymane wartości wskaźników rozproszenia prawdopodobnego i imperfekcji w znacznym stopniu przekraczają wartości podawane w literaturze z lat 1964–1965, a od tego czasu rozwiązania i automatyczna kontrola pracy osadzarek poczyniła znaczne postępy. Rozproszenie prawdopodobne wskazuje jednoznacznie, że do koncentratu trafiać będą ziarna frakcji o gęstości równej gęstości rozdziału plus rozproszenie prawdopodobne. Wyniki cytowanych badań pokazują, że do koncentratu trafiają ziarna przerostów oraz częściowo ziarna skały płonnej.

Przy idealnej (teoretycznie) pracy osadzarek do koncentratu powinny trafiać ziarna o gęstości poniżej przyjętej gęstości rozdziału.

Gęstości rozdziału ( $d_r$ ) w cytowanych badaniach wynosiły:

- osadzarka OM20-P3E dla pierwszego stopnia  $d_r$  wynosiła od 1,178 do 1,850, a dla drugiego stopnia  $d_r$  wynosiła od 1,471 do 1,702;
- osadzarka OM24-D3E dla pierwszego stopnia  $d_r$  wynosiła od 1,744 do 1,946, a dla drugiego stopnia  $d_r$  wynosiła od 1,532 do 1,774.

Wahania gęstości rozdziału pomiędzy trzema próbami (przeprowadzonymi na tej samej osadzarence) pokazują, że proces przebiega niestabilnie. Powodów może być kilka, ale ponieważ badane osadzarki wyposażone są w automatyczną regulację odbioru produktów rozdziału prawdopodobnym (być może głównym) powodem mogą być wahania jakości nadawy przejawiającej się w zmiennej zawartości kamienia.

## 2. Uśrednianie nadawy przed wzbogacaniem

W praktyce przemysłowej zagranicznych zakładów przeróbki węgla powszechnie stosowane jest uśrednianie jakości nadawy przed podaniem jej do wzbogacania grawitacyjnego (nie dotyczy to wzbogacania w cieczach ciężkich). Czasami urobki uśrednia się przed poda-

niem na zakład przeróbczy. Gdy nie ma takiej możliwości, to dla różniących się jakościowo węgli stosuje się odrębne ciągi technologiczne ich wzbogacania.

Polskie zakłady przeróbcze nie były wyposażane w węzły uśredniania nadawy podawanej na zakład ani także kierowanej do poszczególnych węzłów wzbogacania. Jak już opisano to we wprowadzeniu, uśrednianie nadawy jest niezbędne, gdy na zakład przeróbczy kieruje się urobek węglowy wydobywany z różnych pokładów, który jest mieszany podczas transportu do szybu najczęściej w przypadkowych proporcjach. Wahania zawartości kamienia w nadawie uniemożliwiają praktycznie prowadzenie procesu wzbogacania w stabilny sposób i to mimo stosowania automatycznej regulacji odbioru produktów wzbogacania.

W krajowych warunkach nie ma obecnie możliwości klasycznego (poprzez mieszanie różnych węgli) uśredniania urobku węglowego przed wprowadzeniem go na zakład przeróbczy. Zakłady przeróbcze usytuowane są (prawie we wszystkich przypadkach) przy nadzymbiu i wydobywany urobek trafia bezpośrednio do klasyfikacji wstępnej. Wyprowadzanie urobku, w celu jego uśrednienia, poza zakład przeróbczy jest praktycznie niemożliwe z braku odpowiedniego miejsca, na którym proces ten byłby prowadzony. Dalsze drogi transportu surowego urobku na odpowiedni plac składowy i uśrednianie na nim, a następnie wprowadzanie uśrednionej nadawy na zakład przeróbczy jest skomplikowaną operacją o kosztach porównywalnych do kosztów wzbogacania.

Zdaniem autorów należałoby rozpatrzyć techniczną możliwość uzupełnienia węzła rozdziału węgla w osadzarkach o instalację suchego odkamieniania nadawy, wykorzystując wibracyjno-powietrzne separatory, które w takim przypadku spełniać mogą rolę urządzenia uśredniającego nadawę przed podaniem jej do procesu wzbogacania.

### 3. Koncepcja uśredniania nadawy

Mając na uwadze stosunkowo małą dokładność rozdziału w osadzarkach i praktyczną niemożność (ze względu na duże wahania ilości kamienia w nadawie) zastąpienia ich przez wzbogacanie w cyklonach z cieczą ciężką wydaje się, że drogą poprawy jakości koncentratu tzn. zmniejszenia wahań parametrów jakościowych, byłoby wprowadzenie stabilizacji jakości nadawy bezpośrednio przed wprowadzeniem jej do osadzarek.

W katowickim Oddziale Instytutu Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego prowadzone są, począwszy od 2012 roku badania nad implementacją do warunków polskich technologii *deshaling* – usuwania ziaren kamienia – z urobku węgla kamiennego. Przeprowadzono badania węgli z kilku kopalń. Rezultaty, łącznie 16 artykułów, opublikowano w dwóch zeszytach Czasopisma Technicznego KTT (nr. 154–161 z 2013/14 roku i nr 166 z 2016 roku) na także w innych krajowych i zagranicznych czasopismach.

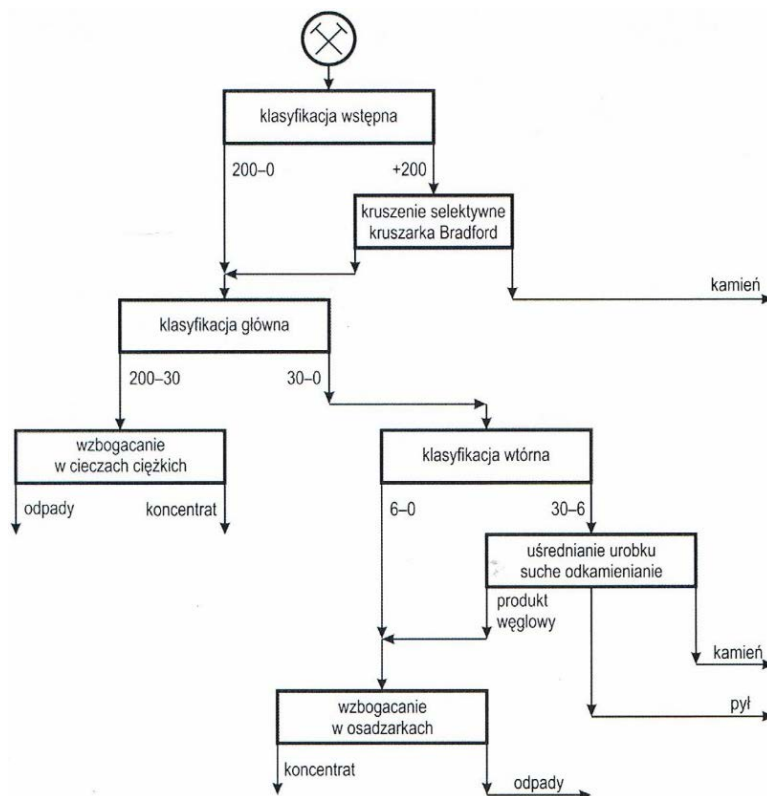
Przeprowadzone badania (Blaschke 2014) wzbogacania węgla koksowego pokazały co prawda, że metodą suchego odkamieniania nie można uzyskać kwalifikowanych koncentratów węgla handlowego, ale wykazały znaczne usunięcie kamienia z badanej nadawy. Interesujące jest otrzymywanie z nadaw, różniących się zawartością popiołu, koncentratów o stabilnej zawartości popiołu.

Do badań pobrano w pewnych odstępach czasu dwie próby nadawy na osadzarki. Materiał badawczy rozdzielono na klasy ziarnowe 50–25 mm, 25–6 mm. Wydzielono też klasę ziarnową 25–0 mm. Klasy te wzbogacono na wibracyjno-powietrznym separatorze. Z punktu widzenia niniejszego artykułu interesujące są rezultaty odkamieniania klasy ziarnowej 50–25 mm. W Próbie I zawartość popiołu w nadawie wynosiła 28,5% a w Próbie II 37,8%. Po odkamienianiu w Próbie I w produkcie węglowym (koncentracie) zawartość popiołu wynosiła 19,9% a w Próbie II 18,5%. Ponieważ badania dotyczyły węgla koksowego otrzymane koncentraty nie mogłyby być produktami handlowymi ze względu na zawartość popiołu nie akceptowaną przez odbiorców. Te produkty węglowe należy więc skierować do wzbogacania w osadzarkach. Dzięki usunięciu części kamienia nadawa na osadzarki ma zbliżoną zawartość popiołu a więc można powiedzieć, że została uśredniona. Tak więc węgiel pochodzący z obu prób mógłby być wspólnie wzbogacany a proces powinien przebiegać bardzo stabilnie. Na marginesie można dodać, że klasy ziarnowe 25–6 mm i 25–0 mm, których próby nie różniły się tak znacznie zawartością popiołu w nadawie dały zbliżone między sobą i podobne do klasy ziarnowej 50–25 mm parametry jakościowe produktu węglowego (koncentratu). Należy tu dodać, że cytowane badania nie były prowadzone pod kątem stabilizacji jakości nadawy lecz sprawdzeniem jak rozdziela się węgiel koksowy podczas suchej separacji.

Otrzymane, niejako przy okazji, wyniki sugerują, że proces suchego odkamieniania może być wykorzystany do uśredniania nadawy przed procesem wzbogacania w osadzarkach. Interesujące byłyby badania rozdziału na wibracyjno-powietrznym separatorze węgla z innych kopalń prowadzone dla nadaw różniących się zawartością w nich kamienia. Przeprowadzone cytowane powyżej badania pozwalają na zaproponowanie modyfikacji węzła wzbogacania w osadzarkach dla przypadków kierowania do nich nadaw różniących się w krótkich okresach czasu znaczną zawartością kamienia.

Na rysunku 1 przedstawiono proponowany przez autorów schemat modernizacji węzła wzbogacania grawitacyjnego. Nie uwzględniono na nim operacji odwadniania wydzielanych w cieczach ciężkich i w osadzarkach produktów, ewentualnej flotacji oraz gospodarki wodno-mułowej.

Urobek transportowany szybem trafia do węzła przygotowania węgla gdzie poddany jest klasyfikacji wstępnej na sicie 200(120) mm. Ziarna grube trafiają do kruszarki Bradforda gdzie poddane są selektywnemu kruszeniu; wydzielany jest kamień. Produkt węglowy łączy się z klasą ziarnową 200(120) – 0 mm i produkty te kierowane są do klasyfikacji głównej na sicie 50 (30) (20) mm. Ziarna górnej klasy transportowane są do węzła wzbogacania w cieczach ciężkich. Ziarna dolnej klasy kierowane są na przesiewacz klasyfikacji wtórnej, na którym częściowo odsiewane są ziarna poniżej 6 mm, które trudno wzbogacają się w separatorach wibracyjno-powietrznych choć pewna ilość tych ziaren jest potrzebna dla utworzenia złoża zawieszinowego w separatorze. Jeżeli w nadawie do węzła wzbogacania w osadzarkach ilość klasy ziarnowej 6–0 mm jest nieduża, to operację jej odsiewania można pominąć. Klasa ziarnowa 50 (30) (20) mm kierowana jest do separatora FGX gdzie poprzez suche odkamienianie (deshaling) pozbawiana jest przeważającej ilości skały płonnej. Ilość usuwanego kamienia zależy od ustalonej gęstości rozdziału najczęściej w przedziale 2,0–2,2 g/cm<sup>3</sup>. W przypadku traktowania separatora jako urządzenia do uśredniania nadawy na osadzarki



Rys. 1. Przykładowy schemat wprowadzania do układu wzbogacania grawitacyjnego węzła uśredniania nadawy przed wzbogacaniem w osadzarkach

Fig. 1. An example of a scheme for introducing the averaging node of feed before enrichment in jiggers into the gravity enrichment system

rozdział prowadzić się będzie dwuproduktowo. Produktami końcowymi będą odpad (kamień) i produkt węglowy. Kamień jest produktem suchym, może być łączony z kamieniem z kruszerek Bradforda i stanowić produkt handlowy. Produkt węglowy pozyskiwany podczas suchego odkamieniania łączony jest z klasą ziarnową 6,0–0,0 mm i kierowany do osadzarek dwu- lub trójproduktowych. W module odpylania z obiegu powietrza cyrkulującego w urządzeniu FGX wychwytywany jest pył, który może być produktem handlowym lub może być dodawany do końcowego koncentratu.

#### 4. Separator wibracyjno-powietrzny typu FGX

Wibracyjno-powietrzne separatory typu FGX opisywane były w krajowej literaturze (Czasopismo Techniczne KTT 2013/14, 2016; Blaschke 2013; Baic 2014). Znalazły one powszechne zastosowanie do suchego wzbogacania węgla. Inne typy podobnych urządzeń



są od kilku lat badane lecz nie znalazły jeszcze szerszego zastosowania. Poniżej przedstawiony zostanie krótki opis budowy, działania i korzyści ze stosowania separatorów FGX.

Separatorzy typu FGX składają się z perforowanego stołu roboczego, urządzenia wibracyjnego, komory powietrznej oraz napędu i mechanizmu pozwalającego zmieniać kąty nachylenia stołu i częstotliwość wibracji. Nadawa surowego węgla jest podawana poprzez zasilacz na płytę roboczą pochyłoną dzięki odpowiedniej regulacji pod różnymi kątami w osi poprzecznej i podłużnej. Płyta robocza wprawiana jest wibratorom w poprzeczny do osi płyty ruch wibracyjny. Pod spodem płyty roboczej znajduje się kilka komór powietrznych zasilanych przez wentylator odśrodkowy. Zawierane powietrze przechodzi przez otwory płyty tworząc wznoszący prąd powietrza. Pod wpływem połączonych sił: wibracji i prądu powietrza podawana na płytę roboczą warstwa węgla surowego unosi się tworząc warstwę sfłuidyzowaną (złoża zawieszinowe). W zależności od gęstości ziaren materiału utworzone złoża fluidalne różnicuje się. I tak materiał lżejszy znajduje się na powierzchni złoża zawieszinowego, a bardziej gęste frakcje znajdują się w dolnej jego partii. Materiał drobny w nadawie wraz z powietrzem stanowi autogeniczny ośrodek (medium), tzn. tworzy z powietrzem suspensję „powietrze–ciało stałe”. Medium to tworzy w rezultacie warunki do skrępowanego opadania cząstek złoża w zależności od ich wielkości i gęstości.

Z uwagi na to, że płyta robocza pochyłona jest w kierunku poprzecznym, materiał o małej gęstości znajdujący się na powierzchni złoża fluidalnego ma tendencję do przesuwania się po tej powierzchni i spadania w sposób ciągły, pod wpływem sił grawitacji, poprzez przegrodę usytuowaną na brzegu stołu (tzw. przesypanie węgla wzbogaconego). Materiał o wyższej gęstości koncentruje się w dolnej części złoża fluidalnego i dzięki podłużnemu pochyleniu płyty roboczej przesuwa się w kierunku wylotu odpadów a poprzez przegrodę kierującą trafia do zsypu odpadów. W zależności od rodzaju nadawy i sposobu ustawienia urządzenia może być wytwarzanych kilka produktów dostosowanych do wymogów użytkowników. Wibracyjno-powietrzne separatorzy powstały głównie w celu odkamieniania urobku węglowego (proces *deshaling*). Parametry pracy separatora są tak ustawiane, aby uzyskać roboczą gęstość rozdziału, pomiędzy ziarnami kamienia a pozostałymi ziarnami, powyżej  $2,0 \text{ g/cm}^3$ . Zapewnia to, że do odpadów nie będą trafiały ziarna węglowe. Praktyka przemysłowa (pracuje już około 2000 separatorów) potwierdza, że w odpadach nie pojawiają się ziarna węgla.

Mając na uwadze ochronę środowiska przed zapyleniem – stół przykryty jest zadaszaniem wraz z zabudowanym odpylaczem, gdzie utrzymywane jest podciśnienie. Zgodnie z danymi podawanymi przez producenta 75% zapyłonego powietrza cyrkuluje w obiegu, tzn. za pomocą wentylatora przechodzi przez odpylacz cyklonowy i jest powtórnie używane. Natomiast 25% powietrza po odpyleniu przez odpylacz workowy ze sprawnością 99,5% uchodzi do atmosfery. W ten sposób urządzenie spełnia surowe wymogi standardów ochrony środowiska.

Zastosowanie procesu suchego odkamieniania umożliwia: aplikację tego rozwiązania technologicznego jako elementu uzupełniającego istniejące ciągi technologiczne wzbogacania węgla metodami mokrymi; efektywne odkamienianie (usunięcie skały płonnej) umożliwiające pewne uśrednienie nadawy na osadzarki lub na cyklony z cieczą ciężką; wydzielenie w węźle odpylania separatora suchych pyłów i drobnych ziaren, co powoduje zmniejszenie



ilości nadawy kierowanej do procesu flotacji; wydzielenie w węźle odpylania separatora suchych pyłów i drobnych ziaren, co skutkuje zmniejszeniem ilości produktów odwadniania, które nie trafią do układu gospodarki wodno-mułowej, zmniejszając zużycie wody i energii oraz ograniczając ilość instalacji i urządzeń oraz dłuższą ich żywotność; obniżenie kosztów eksploatacyjnych procesu mokrego wzbogacania przy zastosowaniu wstępnego odkamieniania co pozwala zmniejszyć ilość nadawy na osadzarki, a także zwiększenie wydajności tego węzła wzbogacania; efektywne wykorzystanie wytwarzanych w tym rozwiązaniu technologicznym produktów odpadowych: kamienia w jako substytutu kruszyw naturalnych w budownictwie, pracach drogowych i inżynierskich oraz jako materiału do ewentualnego wypełniania pustek poeksploatacyjnych, oraz pyłu i bardzo drobnych ziaren jako dodatku do koncentratu lub mogących być produktami handlowymi – badania pokazują ich dobre parametry jakościowe.

Należy także mieć na uwadze efekty ekonomiczne. Według badań przeprowadzonych w USA (Honaker 2007) nakłady inwestycyjne związane z zastosowaniem technologii suchej separacji stanowią 48% nakładów w odniesieniu do metod mokrych a koszty operacyjne związane z stosowaniem technologii suchej separacji stanowią 25% kosztów operacyjnych w odniesieniu do metod mokrych. Natomiast według badań wykonanych w RPA (De Korte 2014) nakłady inwestycyjne związane z zastosowaniem technologii suchej separacji stanowią tylko 25% nakładów w stosunku do wzbogacania w cyklonach z cieczą ciężką a koszty operacyjne stanowią około 32% w stosunku do tej metody.

### Podsumowanie

W niniejszej pracy autorzy sugerują wprowadzenie w węźle wzbogacania w osadzarkach uśrednienia podawanej nadawy. Rozwiązać to można poprzez zastosowanie suchego odkamieniania z wykorzystaniem sprawdzonych w warunkach przemysłowych wibracyjno-powietrznych separatorach typu FGX. Inne urządzenia do suchego odkamieniania nie są tak dokładne i praktycznie znajdują się w fazie badawczej. W pracy pokazano, w jaki sposób można wprowadzić do układu wzbogacania w osadzarkach ten nietypowy sposób uśredniania.

Uśrednianie nadawy kierowanej do wzbogacania w osadzarkach pozwoli na poprawę dokładności rozdziału (niższe wartości współczynników rozproszenia prawdopodobnego i imperfekcji), zmniejszenie strat węgla w odpadach, zmniejszenie zanieczyszczenia ziarnami skały płonnej koncentratów. Uśrednianie jakości nadawy podawanej do procesu wzbogacania w osadzarkach powinno pozwolić na uzyskiwanie stabilnych parametrów jakościowych otrzymywanych produktów handlowych węgla. Wydaje się celowym sprawdzenie proponowanej koncepcji uśredniania nadawy na jednym z zakładów przerobczych, w którym nadawa charakteryzuje się bardzo dużą zmiennością ilości w niej ziaren kamienia, a także występują możliwości przestrzenne zamontowania separatora typu FGX oraz przesiewacza klasyfikacji wtórnej.

Badania wstępne odkamieniania nadawy na wibracyjno-powietrznym separatorze typu FGX przeprowadzić można na półprzemysłowym stanowisku doświadczalnym znajdującym się w Katowickim Oddziale Instytutu Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego.

## Literatura

- Baic i in. 2014 – Baic, I., Blaschke, W., Sobko, W., Szafarczyk, J. i Okarmus, P. 2014. *Badania możliwości usuwania kamienia z urobku węgla koksowego na powietrznych stołach koncentracyjnych*. Monografia: *Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych*. KOMEKO Gliwice: Wyd. ITG KOMAG, s. 65–79.
- Blaschke, W. 2013. Nowa generacja powietrznych stołów koncentracyjnych. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* nr 84. s. 67–74.
- Blaschke i in. 2014 – Blaschke, W., Okarmus, P. i Ziomber, S. 2014. *Skuteczność suchego odkamieniania węgla koksowego metodą separacji na powietrznych stołach koncentracyjnych*. Monografia: *Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych*. KOMEKO Gliwice: Wyd. ITG KOMAG, s. 81–91.
- Czasopismo Techniczne 2013/1014. Kwartalnik Krakowskiego Towarzystwa Technicznego Nr 154–161, Rok 133–134. Kraków. s. 3–51.
- Czasopismo Techniczne 2016. Kwartalnik Krakowskiego Towarzystwa Technicznego Nr 166, Rok 136. Kraków. s. 3–47.
- De Korte, G.J. 2014. Dry processing of coal-status update. Report Csi/Nre/Mmr/Er/2014/0040/B. Coaltech, South Africa.
- Honaker, R.Q. i Luttrell, G.H. 2007. Development of an advanced deshaling technology to improve the energy efficiency of coal handling, processing, and utilization operations. U.S. Department of Energy, Industrial Technologies Program, Mining of the Future, ID Number: DE-FC26-05NT42501.
- Kozak, J. i Cagas, Z. 1965. Hodnoceni upravitelnosti a zpusobu upravy nerostnych surovin. SNTL/SVTL. Praha, s. 193.
- Okarmus i in. 2013 – Okarmus, P., Kowol, D., Matusiak, P., Łagódka, M. i Ziomber, S. 2013. *Zwiększenie skuteczności wzbogacania węgla koksowych poprzez modernizację węzłów osadzarkowego wzbogacania*. Monografia: *Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych*. KOMEKO Gliwice: Wyd. ITG KOMAG, s. 159–166.
- Stępiński, W. 1964. *Wzbogacanie grawitacyjne*. Warszawa: PWN, s. 113–115.