

Mariusz OSOBA  
Politechnika Śląska, Gliwice

## ODKAMIENIANIE UROBKU SUROWEGO WĘGLA KAMIENNEGO

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono potrzebę odkamieniania urobku surowego węgla kamiennego w polskich zakładach górniczych w celu zamknięcia cyklu produkcyjnego paliwa węglowego. Odniesiono się do wniosków płynących z projektów „foresight”, dotyczących górnictwa węgla kamiennego [6, 12]. Omówiono możliwe do zastosowania metody odkamieniania. Wymieniono potencjalne możliwości zagospodarowania odpadów kamiennych poza dołem kopalni. Zwrócono uwagę na konieczność wykonywania laboratoryjnych badań technologicznych skał przywęglowych w celu podjęcia decyzji o wykorzystaniu odpadów w danej technologii dołowej lub powierzchniowej. Wskazano też na problemy techniczne związane z przepustowością szybu, które mogą powodować ograniczenie produkcji sortymentów węglowych, i tym samym być powodem zastosowania odkamieniania na dole kopalni.

## RUN-OF-MINE COAL STONE WASHING

**Summary.** Because of the coal quality many different beneficiation techniques are required which cause creation of separate technological systems. The article presents applicable methods of stone washing that could be used, potential methods of coal waste disposal other than underground and necessity for stone washing from run-of-mine coal in Polish coal mines in order to close coal fuel production cycle.

### 1. Wstęp

Górnictwo węglowe jest jedną z największych odpadotwórczych gałęzi przemysłu w Polsce, co jest konsekwencją produkcji konwencjonalnego nośnika energii, jakim jest węgiel kamienny. Odpady wydobywcze powstają przy poszukiwaniu surowca, jego wydobywaniu i wzbogacaniu. W latach 80. ubiegłego stulecia każdej tonie wydobytego węgla towarzyszyło ok. 0,5 Mg odpadów, natomiast obecnie jest to, w zależności od kopalni, około 0,25÷0,35 Mg [4]. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego w 2007 roku

wytworzono w Polsce 124,4 mln Mg odpadów, w tym odpady powstałe przy wydobywaniu węgla kamiennego stanowiły 34,4 mln Mg. Dało to około 50% wszystkich odpadów przemysłu wydobywczego i około 27% ogółu odpadów wytworzonych przez przemysł w Polsce (według danych WUS Katowice w 2007 r. górnictwo węgla kamiennego wytworzyło 30,5 mln Mg odpadów). Odpady wytworzone w produkcji węgla kamiennego stanowiły około 40% jego wydobycia, z kolei w odpadach tych około 94% stanowiły odpady przeróbcze, które w procesach wzbogacania kopaliny zostają wydzielone, w wyniku czego powstają odpady gruboziarniste w klasie ziarnowej 200-20 mm, drobnoziarniste w klasie 20-0,5 mm oraz mułowe i poflotacyjne o uziarnieniu  $<1(0,5)$  mm [8]. Analizując przyczyny powstawania tak dużej ilości odpadów, można zauważyć, że wysoka jakość procesów wzbogacania węgla przyczynia się do produkcji lepszych koncentratów, ale również większej ilości odpadów, powstających w miejscu ich przeróbki. Oznacza to także, że słabo wzbogacony węgiel przyczynia się do powstawania odpadów, jeśli nie w zakładach przeróbczych, to w elektrowniach w postaci żużli, popiołów lub zanieczyszczenia powietrza.

Główne typy skał przywęglowych to łupki, mułowce i piaskowce, różniące się między sobą właściwościami fizykochemicznymi. Realizując wnioski i wytyczne z projektu „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego” [12] skały te powinny być wstępnie wydzielane na dole kopalni, czyli urobek surowy powinien zostać poddany procesowi odkamieniania. Na rys. 1 przedstawiono w postaci schematu blokowego docelowy proces wzbogacania, w perspektywie roku 2020, charakterystyczny dla wszystkich typów węgla kamiennych [7].

<b>ODKAMIENIANIE UROBKU PRZYGOTOWANIE NADAWY</b> 200 – 20 (10) mm i 20 (10) – 0 mm	
<b>WZBOGACANIE W CIECZY CIĘŻKIEJ</b> 200 – 20 (10) mm	
WARIANT 1 2-produktowe	WARIANT 2 3-produktowe
<b>WZBOGACANIE W OŚRODKU WODNYM</b> 20 (10) – 0,5 mm lub 20 (10) – 6 (3) mm	
WARIANT 1 2-produktowe	WARIANT 2 3-produktowe
<b>FLOTACJA</b> < 0,5 mm	
<b>OBIEG WODNO-MUŁOWY</b>	
<b>ZAŁADUNEK</b>	

Rys. 1. Schemat blokowy charakteryzujący proces wzbogacania węgla kamiennego  
Fig.1. Diagram of coal preparation process

## 2. Metody odkamieniania urobku surowego węgla kamiennego

Wydobywany urobek węgla kamiennego zawiera znaczną ilość skały płonnej, mieszczącej się szczególnie w grubych klasach ziarnowych  $>80(100)$  mm [2]. Ilość kamienia osiąga wartość od 30 do nawet 70% w klasie ziarnowej  $>50$  mm. Do tej pory jednak nie rozwiązano na skalę przemysłową problemu wydzielenia z urobku kamienia bezpośrednio w podziemiach kopalń, co prawdopodobnie jest następstwem braku sprawdzonej technologii i maszyn do tego celu przeznaczonych, oraz warunków, w jakich takie maszyny muszą pracować. W literaturze zagranicznej, szczególnie niemieckiej, pojawiały się rozwiązania koncepcji urządzeń do wydzielenia odpadów w warunkach dołowych, opartej na zastosowaniu osadzarki wodnej z ruchomym łóżem roboczym, o niskiej zabudowie, wyposażonej w przenośnik łańcuchowy do wynoszenia i odwadniania kamienia. Również w Polsce pod koniec ubiegłego stulecia, w KOMAG-u, powstały koncepcje i dokumentacje konstrukcyjne urządzeń do wydzielenia kamienia w warunkach dołowych. Są to kruszarka bębnowa KB-3200x5000D do wydzielenia metodą suchą kamienia z urobku oraz osadzarka pulsacyjna z kołem wynoszącym KOD do wydzielenia kamienia metodą moką, stanowiącą podstawowy element **Kompleksu Odkamieniającego Dołowego** [3].

### 2.1. Dobór technologii wydzielenia odpadów z urobku w podziemiach kopalń

Wydzielanie kamienia z urobku może się odbywać z wykorzystaniem różnic gęstości węgla oraz skały płonnej, co jest stosowane w osadzarkach wodnych pulsacyjnych oraz wzbogacalnikach z cieczą ciężką, lub wykorzystując proces selektywnego kruszenia. Celem stosowania tej technologii jest przygotowanie urobku surowego do wzbogacania w zakładzie przerobczym przy jednoczesnym wydzieleniu z niego grubych ziaren kamiennych. Technologia odkamieniania może być realizowana metodą suchą lub moką.

"Sucha" metoda odkamieniania wykorzystuje ideę selektywnego kruszenia urobku surowego, znaną w światowej przeróbce mechanicznej już od wczesnych lat 50. Idea ta polega na zrzucaniu ziaren węgla i kamienia z odpowiedniej wysokości na twarde podłoże. Ziarna węglowe i przerostowe, jako mniej zwarte, ulegają przy upadku rozkruszeniu. Zwarte ziarna kamienne pozostają nienaruszone. Stosowanie tej technologii daje pozytywny skutek dla materiału, w którym występuje znaczna różnica w zwieźłości kamienia i węgla, w związku z tym decyzja o jej wykorzystaniu powinna być poprzedzona badaniami stopnia kruszenia nadawanego materiału [9].

"Mokra" metoda odkamieniania najczęściej jest realizowana w osadzarkach wodnych z pulsacją wywołaną sprężonym powietrzem lub w separatorach zawieszinowych z cieczą ciężką.

Dobór technologii zależy od parametrów węgla, warunków technicznych oraz infrastruktury miejsca, w jakim ma pracować instalacja wydzielenia odpadów. Dobierając technologię do konkretnych parametrów urobku, należy przyjąć, że udział ziaren  $>50$  mm w urobku mieści się w granicach  $20\div 30\%$ , a udział kamienia zawarty w urobku w klasie ziarnowej  $>50$  mm przyjmuje się średnio  $50\%$ .

### *2.1.1. Wydzielanie odpadów z urobku metodą suchą*

Dla metody suchej wydzielenia skały płonnej z urobku przyjmuje się, jako warunek efektywnego rozdrabniania, wskaźnik selektywności kruszenia  $i_s \geq 2$ , obliczany ze stosunku wskaźnika urabialności kamienia i węgla, stosując wskaźniki zwięzłości  $F$  wg Protodiakonowa (liczby określające zwięzłość próbki skały w stosunku do zwięzłości skały przyjętej za wzorzec).

Do technologii suchej wydzielenia odpadów z urobku przewidziano zastosowanie kruszarki bębnowej Bradford KB-3200x5000D, do której można wprowadzić nadawę o maksymalnym ziarnie  $300 \times 300 \times 400$  mm. Wydzielona klasa ziarnowa powyżej wielkości ziarna podziałowego dla zadanej wielkości otworów w płytach sitowych stanowi wydzielony kamień, natomiast klasa poniżej wielkości ziarna podziałowego, która przepada jako produkt dolny, jest przewidziana do dalszego wzbogacania w zakładzie przeróbczym.

Metoda sucha ma ograniczone zastosowanie, tzn. tylko do takiego urobku, który jest podatny na selektywne kruszenie. Przy ocenie podatności na selektywne kruszenie można przyjąć jako kryterialną wartość wskaźnika „ $i_s$ ”, ale właściwą ocenę należy ustalić na podstawie konkretnych parametrów urobku, otrzymanych w trakcie badań podatności danego materiału na samoistne kruszenie pod wpływem grawitacji.

Badania te prowadzi się dwiema metodami, przy czym pierwsza („zrutowa”) polega na opuszczaniu pojedynczych brył węgla, przerostu i kamienia na metalową płytę z wysokości zbliżonej do zakładanej średnicy bębna kruszarki, a druga („bębnowa”) - na podaniu urobku „obróbce” w odpowiednim bębnie. Porównanie wyników uzyskanych obiema metodami przeprowadzone przez Amerykańskie Biuro Górnictwa (USBM) wykazało, że węgiel podatny na kruszenie wskutek uderzenia o płytę niekoniecznie musi być podatny na rozdrabnianie wywoływane ścieraniem. Dany gatunek węgla może mieć te własności zdecydowanie różne. Próba zrutowa jest bardziej przydatna do pomiaru podatności na

kruszenie, które zachodzi przy przeróbce dużych klas ziarnowych, przepływających w cienkich warstwach, nie dając jednak odpowiednich wyników dla kruszenia zachodzącego w wielkomasowym strumieniu węgla. Metoda bębnowa wykorzystuje zarówno siłę grawitacji, jak i ścieranie i z tego względu jest, być może, bardziej przydatna do typowego stosowania.

Gilmore i Nicolls (w *Annual Book of ASTM Standards*) twierdzą, że w celu całkowitego określenia wytrzymałości i podatności węgla na kruszenie jest konieczne przeprowadzenie prób obiema wymienionymi metodami. Próba bębnowa jest uważana za bardziej przydatną przy ocenie zachowania się węgla w trudnych warunkach transportu i przeróbki, podczas gdy próba zrzutowa daje informacje co do zachowania się węgla w łagodniejszych warunkach.

Jako alternatywne rozwiązanie wydzielenia odpadów z urobku metodą suchą można podać tutaj np. wariant z zastosowaniem:

- dwóch jednopokładowych przesiewaczy WK1-2,6x5 o ruchu kołowym z sitami o oczku kwadratowym 200 mm zabudowanych posobnie,
- stacjonarnego rusztu o szerokości 2,2 m i długości 5 m, ewentualnie jednego przesiewacza WK1-2,6 x 5.

W obu przypadkach przesiewacze lub ruszt stacjonarny rozdzielają nadawę na klasy >200 mm i 200-0 mm, przy czym produkt dolny jest kierowany do zakładu przeróbczego na powierzchnię, a produkt górny pozostawiony do lokowania w podziemiach kopalń. Zastosowanie tych stosunkowo prostych rozwiązań zakłada jednak pozostawianie w odpadach >200 mm części substancji palnej i może być stosowane tylko w przypadku małego procentowego udziału węgla w tej klasie ziarnowej. W związku z tym decyzja o wyborze jednego z rozwiązań powinna być poprzedzona bardzo dokładnymi badaniami technologicznymi urobku surowego, szczególnie w grubych klasach ziarnowych, oraz analizą opłacalności, uwzględniającą potencjalne zyski z obniżenia kosztów transportu pozostawianej w podziemiach kopalni masy węgla i straty wynikające z bezpowrotnego tracenia substancji palnej w klasie >200 mm.

### *2.1.2. Wydzielanie odpadów z urobku surowego węgla kamiennego metodą mokrą*

Technologię wydzielenia kamienia z urobku metodą mokrą, wykorzystującą różnicę gęstości skały płonnej i węgla można podzielić na:

- metodą mokrą osadzarkową, gdzie oddzielanie kamienia od węgla przebiega podobnie jak w procesie wzbogacania w klasycznej osadzarce wodnej pulsacyjnej, a do realizacji wydzielenia kamienia w podziemiach kopalń można wykorzystać osadzarkę z kołem

wynoszącym KOD, której wersja do odkamieniania urobku w klasie ziarnowej 150(200)÷50 mm została zrealizowana na powierzchni KWK BUDRYK [1],

- metodę mokrą zawiesinową, gdzie proces oddzielania kamienia od węgla przebiega jak wzbogacanie we wzbogacalniku z cieczą ciężką zawiesinową.

Do wydzielania kamienia metodą mokrą zawiesinową w KOMAG-u opracowano w 2001 roku koncepcję technologii i koncepcję wzbogacalnika zawiesinowego z cieczą ciężką zawiesinową opartą na obciążniku magnetytowym. Jest to wzbogacalnik przystosowany do warunków pracy w wyrobiskach górniczych, składający się z trapezowego koryta roboczego oraz zgrzeblowych urządzeń do wyprowadzania frakcji tonącej (odpadów) i frakcji pływającej (czystego węgla) [10].

Technologia wzbogacania w cieczy ciężkiej jest najdokładniejszą metodą wydzielania poszczególnych frakcji, dzięki czemu wydzielanie kamienia z urobku odbywa się bez strat węgla. Równocześnie jest to technologia uniwersalna i przystosowana do każdego typu węgla, odporna na zmiany wielkości nadawy oraz umożliwiająca wzbogacanie dużych ziaren (300x300x400). Metoda ta wg opracowanej w KOMAG-u koncepcji pozwala wzbogacać ziarna w przedziale 250÷80(50) mm, przy udziale kamienia w nadawie dochodzącym do 100%. Konstrukcja wzbogacalnika zawiesinowego może być dostosowana do pracy oraz możliwości jego przetransportowania w warunkach dołowych.

### **3. Czy warto odkamieniać urobek surowy węgla kamiennego?**

W zakończonym w 2008 r. projekcie, dotyczącym rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego w perspektywie do 2020 roku [12], przedstawiono konieczność budowy w polskich kopalniach węgla kamiennego węzła odkamieniania urobku surowego, który zapewni wydzielenie i pozostawienie dużej części odpadów kamiennych na dole kopalni, a jednocześnie pozwoli na odpowiednie przygotowanie nadawy na zakład przeróbczy [11]. Wydaje się, że ta, w wielu wypadkach słuszna, koncepcja powinna być jednak stosowana w sytuacji, kiedy wspomniany kamień nie spełnia wymogów odpowiednich norm jakościowych, które pozwoliłyby go zagospodarować z zyskiem na powierzchni. Oczywiście w tym celu należałoby wykonać na etapie prac przygotowawczych odpowiednie badania technologiczne, określające parametry fizykochemiczne tego surowca, wykonać analizę ekonomiczną opłacalności wydobywania go na powierzchnię, porównując wszystkie aspekty związane z zastosowaniem technologii odkamieniania na dole kopalni i pozosta-

wiania tam kamienia oraz jego wydobycia i przeróbki w zakładach przeróbczych oraz ewentualnego powierzchniowego zastosowania. Dzisiaj jednak tego typu perspektywiczne, kompleksowe działania są podejmowane sporadycznie, na wiele badań i związanych z tym inwestycji brakuje środków finansowych, a o wszystkim decyduje bieżący rachunek ekonomiczny. Gdyby jednak wykonać tego typu analizy długoterminowe, oparte na wyliczeniu wszystkich potencjalnych zysków i strat, z pewnością okazałoby się, że wiele „nieopłacalnych” w danym momencie inwestycji, po kilku czy kilkunastu latach stosowania, będzie źródłem znacznych zysków dla kopalni. W tym miejscu należy zadać pytanie, czy dzisiaj dysponujemy innowacyjnymi technologiami zagospodarowania odpadów kamiennych z górnictwa węgla kamiennego? W prowadzonym aktualnie kolejnym projekcie „foresight”, poświęconym wykorzystaniu odpadów kamiennych jako produktu (surowca) w różnych technologiach dołowych i powierzchniowych [6], zidentyfikowano ponad trzydzieści różnych już istniejących, często wdrożonych technologii zagospodarowania odpadów. Mogą one być prawie natychmiast zastosowane po odpowiednim rozpoznaniu warunków górniczo-geologicznych.

O konieczności odkamieniania mogą też zadecydować względy techniczne, np. związane z przepustowością (wydajnością) szybu. W sytuacji, gdy zależy nam na dużej produkcji sortymentów węglowych, znaczny udział kamienia w całości urobku surowego transportowanego na zakład przeróbczy może ograniczać wielkość ich produkcji i sprzedaży. W tym świetle operacja wydzielania i lokowania odpadów w podziemiach kopalń staje się pierwszym ogniwem zamkniętego cyklu produkcyjnego, realizowanego w danej kopalni, drugim ogniwem tego cyklu jest powierzchniowy zakład przeróbczy, wzbogacający urobek surowy po wstępnym odkamienianiu, a trzecim, zamykającym cykl produkcyjny zakładu górniczego, są instalacje, umożliwiające przygotowanie i zagospodarowanie odpadów, pochodzących z zakładu przeróbczego zarówno na powierzchni, jak i pod ziemią.

Oceniając zatem koncepcję dołowej stacji odkamieniania, należy stwierdzić, że przez wydzielenie pewnej części urobku na dole daje ona możliwość ilościowej i jakościowej regulacji przygotowania nadawy na zakład przeróbczy, zwłaszcza jeśli chodzi o żądany skład densymetryczny nadawy. Zmieniając w ten sposób parametry procesu wzbogacania, można w określonych granicach zmieniać lub stabilizować skład i właściwości stałych odpadów wzbogacania tak, aby możliwe było ich maksymalne wykorzystanie przy uwzględnieniu koniecznych nakładów inwestycyjnych oraz wymogów danego środowiska i regionu.

#### 4. Kiedy nie odkamieniać urobku surowego węgla kamiennego?

Wydaje się, że odkamienianie powinno być stosowane wtedy, kiedy daje szansę na obniżenie kosztów produkcji paliwa węglowego przez zmniejszenie kosztów transportu na powierzchnię kopalni, kosztów przeróbki i remontów maszyn i urządzeń. Oczywiście zyski można osiągnąć również w przypadku różnych zastosowań na dole kopalni, np. z lokowania kamienia w pustkach poeksploatacyjnych. Jednak istnieją przecież możliwości wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego na powierzchni, np. w rekultywacji terenów, budownictwie czy pracach inżynierskich [5, 6]. Należałoby się więc zastanowić, co jest bardziej opłacalne, z zastosowania której technologii można osiągnąć większe korzyści. Przykład jednej z kopalń JSW S.A. pokazuje, że kopalnie węgla kamiennego mogą i powinny stać się bardzo ważnym producentem materiałów odpadowych, nadających się do zagospodarowania na powierzchni. Odpady górnicze, uzyskane w procesach pozyskiwania węgla w tej kopalni, stanowią rozkruszone fragmenty karbońskich skał ilastych. Ze względu na sposób ich pozyskiwania, formę występowania, a także możliwości ich zagospodarowania można je podzielić na grupy:

I – materiał skalny z robót przygotowawczych, zawierający gruboziarniste ziarna skał piaskowca i mułowca,

II – odpady z mechanicznej przeróbki węgla (łupek o uziarnieniu  $120\div 20$  mm i  $20\div 0$  mm),

III – odpady poflotacyjne o uziarnieniu  $0,5\div 0$  mm.

Dobowe wydobycie węgla w tej kopalni [21] wynosi ok. 9600 Mg, a odpadów ok. 3000 Mg. Największą część, wynoszącą ponad 97%, potencjalnie najbardziej przydatną do budowy dróg i autostrad, stanowią odpady grupy II, uzyskiwane z mechanicznej przeróbki węgla z płuczki osadzarkowej w klasie ziarnowej  $20\div 0$  mm i płuczki zawieszinowej z cieczą ciężką w klasie  $120\div 20$  mm. Materiały te wymagają w każdym przypadku indywidualnej oceny ich budowlanej przydatności, w tym również oceny trwałości struktury, dają jednak potencjalnie największe korzyści, mogące wystąpić w wyniku gospodarczego wykorzystania odpadów grupy II. Jest to spowodowane dużą ilością tych właśnie odpadów, które są wytwarzane podczas procesów przeróbczych (ok. 1000000 Mg rocznie). Na podstawie wykonanych analiz w laboratorium TPA Instytutu Badań Technicznych znajdującym się przy autostradzie A1, w Katedrze Przeróbki Kopalni i Zagospodarowania Odpadów Politechniki Śląskiej, zgodnie z obowiązującymi normami [15, 16, 17, 18, 19, 20] opracowano wyniki badań, w trakcie których wykonano analizę sitową, oznaczenie: wilgotności naturalnej kruszywa, wilgotności optymalnej i maksymalnej gęstości szkieletu kruszywa, wskaźnika nośności CBR, wskaźnika



wodoprzepuszczalności, wskaźnika piaskowego, kapilarności biernej, wskaźnika różnoziarnistości i zawartości części organicznych.

Na podstawie wykonanych badań uziarnienia ustalono, że odpady górnicze z tej kopalni, pochodzące z płuczek węglowych, zawierające rozkruszone fragmenty skały z dominującym udziałem łupków ilastych (iłowców) z niewielką domieszką piaskowców, mułowców i okruchów węgla, charakteryzują się następującymi cechami:

- gruboziarnistym, w miarę jednorodnym, uziarnieniem (klasa ziarnowa 120÷0 mm) częściowo podatnym na mechaniczne rozdrobnienie, co praktycznie powinno umożliwić wypełnienie wolnych przestrzeni międzyziarnowych w kruszywie podczas formowania i zagęszczania nasypów z zastosowaniem ciężkiego sprzętu budowlanego,
- korzystnymi ostrymi kształtami ziaren zwiększającymi stateczność kruszywa (wytrzymałość na ściskanie), sprzyjającymi bezpiecznemu formowaniu wysokich i stromych nasypów, ziarna o ostrych krawędziach podczas zagęszczania klinują się między sobą,
- wysoką nośnością (odpornością na odkształcenia pod obciążeniem) uzyskaną po właściwie przeprowadzonym procesie zagęszczenia kruszywa, utrzymującą się nawet po jego przewilgoceniu, spowodowanym np. podciąganiem wody gruntowej lub opadami deszczu.

Wyniki wykonanych badań wykazały dobre właściwości materiału, jakim są łupki przywęglowe do stosowania go w budownictwie drogowym. Podobne wnioski są zapisane w aprobacie technicznej z roku 2008 wydanej w KWK „Borynia” na okres 5 lat przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie [13], mówiącej o przydatności łupków nieprzepalonych, pochodzących z robót górniczych w tej kopalni, do budowy dróg i autostrad w Polsce. Instytut ten pozytywnie ocenia i stwierdza także przydatność wyrobu budowlanego do stosowania w inżynierii komunikacyjnej, a kruszywo skalne pochodzące z KWK „Borynia” o uziarnieniu 120÷0 mm może być stosowane w budownictwie drogowym i komunikacyjnym w robotach ziemnych do:

- warstw nasypów, w tym w strefie przemarzania wg PN-S-02205:1998 [12],
- nasypów, jako samodzielny materiał lub składnik odziarniający wg PN-S-02205:1998 [12],
- warstw nasypów z wypełnieniem wolnych przestrzeni materiałem drobnoziarnistym lub po ulepszeniu hydraulicznymi spoiwami w celu poprawy właściwości kruszywa,
- niwelacji i rekultywacji terenu z dodatkowymi warstwami oraz w budownictwie wodnym do budowy wałów.

Dlatego kopalnia ta może prowadzić sprzedaż tego materiału dla firm, które realizują budowę np. autostrady A1 Bełk – Świerklany oraz Świerklany - Gorzyczki. Z pozyskanych informacji

wynika, że do budowy tych odcinków autostrady są wykorzystywane z powodzeniem odpady powęglowe z KWK „Marcel”, które bardzo dobrze sprawdzają się w praktyce.

## 5. Podsumowanie

Ogólnie można stwierdzić, że bez wstępnego odkamieniania pod ziemią zagospodarowanie całości odpadów wytwarzanych przez zakład przeróbczy będzie niemożliwe i nie uniknie się konieczności wywożenia części tych odpadów na hałdy. Natomiast mniejsza ilość kamienia i o mniejszej granulacji może być bez specjalnych nakładów wykorzystana przy budowie najniższych warstw dróg, do budowy zapór i tam lub tym podobnych robót budowlanych i ziemnych. Odpady poflotacyjne zaś mogą być, po zmieszaniu z pewnymi dodatkami (pył dymnicowy), wykorzystane do produkcji samozestalających się mieszanek, które po sprowadzeniu rurociągami pod ziemię są stosowane do podsadzania wyrobisk. W tym świetle dołowa stacja odkamieniania urobku, zapewniając na wstępie pewną elastyczność procesu wzbogacania, pozwala na zamknięcie cyklu produkcyjnego zakładu górniczego, jakim jest kopalnia. W ocenie tej należy uwzględnić nakłady górniczo-inwestycyjne związane z budową stacji odkamieniania pod ziemią oraz zysk wynikający z eksploatacji nie tylko tej stacji, lecz również wynikające stąd rezultaty efektywniejszej pracy zakładu przeróbczego na powierzchni i możliwości całkowitego wykorzystania wytworzonych odpadów. Na nakłady górniczo-inwestycyjne składa się koszt wykonania komór, z uwzględnieniem możliwości wykorzystania istniejących wyrobisk, oraz koszt instalowanych maszyn i urządzeń. Dobrane w różnych wariantach koncepcji urządzenia, zarówno do odkamieniania metodą suchą, jak i moką, wymagają komór o przeciętnych wymiarach, bez konieczności stosowania specjalnych materiałów i metod wykonawczych, przy czym urządzenia te mogą być wykonane w wersjach dzielonych, specjalnie przystosowanych do transportu i montażu w podziemiach kopalni. Innym czynnikiem, który należy uwzględnić przy ekonomicznej ocenie inwestycji, jest procentowa zawartość kamienia w urobku. Im większa jest jego zawartość, tym opłacalność pozostawienia go pod ziemią wzrasta, ponieważ zwiększa się wydatnie zysk z tytułu nietransportowania odpadów w szybie. Niebagatelne znaczenie mają też względy techniczne, związane z przepustowością szybu, która w pewnych warunkach może ograniczać wielkość produkcji i sprzedaży paliwa węglowego.

Analizując wspomniane wcześniej rozwiązania instalacji do wydzielania i lokowania odpadów w podziemiach kopalń, w aspekcie możliwości zagospodarowania odpadów poflotacyjnych w postaci samozestalających się mieszanek stosowanych do podsadzania wyrobisk, a także biorąc pod uwagę eliminację kosztów składowania gruboziarnistych odpadów na hałdach, można uzyskać dodatni wynik ekonomiczny, związany z zamknięciem procesu wzbogacania. Jednak dla pełnego obrazu należy brać pod uwagę, że:

- technologie wydzielania odpadów w poszczególnych metodach zakładają dolną granicę wielkości ziaren wynoszącą 50 mm, należy tutaj jednak rozważyć, czy w warunkach dołowych, w przypadku dużego zawilgocenia urobku, przygotowanie nadawy do podania na instalację wydzielającą odpady nie będzie wymagało zbyt rozbudowanego układu wysiewania klasy 50÷0 mm, może bardziej optymalne będzie wysiewanie klasy >80 mm i wydzielanie z niej kamienia,
- dolna granica wielkości ziaren wydzielonych odpadów, będąca wynikiem przeprowadzonej analizy składu ziarnowego urobku, powinna być dostosowana do wydajności instalacji,
- w założeniach projektowych należy przyjąć, że instalacja przewidziana do każdej metody wydzielania odpadów z urobku powinna działać w pełnej automatyce,
- wydajność instalacji do wydzielania odpadów w warunkach dołowych powinna być ściśle określona i dostosowana do możliwości składowania odpadów lub bezpośredniego ich pobierania przez systemy podsadzania,
- najbardziej wrażliwym elementem systemu, pozwalającego wydzielać na bieżąco odpady z urobku w ciągłym procesie wydobywania, będzie możliwość stałego odbioru odpadów z instalacji,
- stosując jako kryterium oceny skuteczność wydzielania odpadów bez strat węgla, odporność instalacji na zmiany wielkości nadawy oraz możliwość przyjęcia 100% kamienia technologicznie najkorzystniejsza jest metoda mokra zawieszinowa wydzielania odpadów z urobku, która, niestety, jest metodą dosyć drogą, wymagającą ostrego reżimu pracy.

Ponieważ szacunkowo do wybudowania 1 km autostrady potrzeba około 30 tys. Mg kruszywa [14], a GDDKiA zakłada wybudowanie ponad 1000 km autostrad w latach 2008–2012, co daje w przybliżeniu zapotrzebowanie na 30 mln Mg kruszywa, warto zastanowić się nad takim wykorzystaniem odpadów kamiennych. Oczywiście, nie należy zapominać o korzyściach płynących z zastosowania odkamieniania urobku surowego na dole kopalni oraz względach technicznych, związanych z przepustowością szybów i podejmować decyzje o wyborze technologii zagospodarowania surowca kamiennego na podstawie odpowiednich badań technologicznych i analiz ekonomicznych.

## BIBLIOGRAFIA

1. Doros Z., Osoba M.: Zwiększenie efektywności wydzielenia gruboziarnistych odpadów kamiennych z urobku węgla surowego. Zeszyty Naukowe, Górnictwo z. 231, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1996.
2. Dubiński J., Turek M., Aleksa H.: Postęp w technologii i przeróbce mechanicznej węgla w polskich kopalniach. Innowacyjne systemy przeróbcze surowców mineralnych. Wydawnictwo CMG KOMAG, Gliwice 2006.
3. Jędo A.: Osadzarka z kołem odwadniającym do wzbogacania urobku węgla kamiennego. Mechaniczna przeróbka kopalin i gospodarka odpadami w aspekcie ochrony środowiska. materiały konferencyjne, Wydawnictwo CMG KOMAG, Szczyrk 1995.
4. Koperski J., Lech B.: Produkcja kruszyw z odpadów powęglowych. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007.
5. Kuczyńska I., Bednarek A., Marcinkiewicz D., Cukiernik Z., Demkiewicz B.: Nowe spojrzenie na procesy przeróbki w kontekście minimalizacji odpadów. Innowacyjne systemy przeróbcze surowców mineralnych. Wydawnictwo CMG KOMAG, Gliwice 2006.
6. Lutyński A.: Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego. Kwartalnik AGH, Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 34, Zeszyt 4/1, Kraków 2010.
7. Lutyński A., Osoba M.: Problemy mechanicznej przeróbki węgla kamiennego w perspektywie roku 2020. Wydawnictwo CMG KOMAG, Gliwice 2007.
8. Lutyński A., Szpyrka J.: Zagospodarowanie drobnoziarnistych odpadów ze wzbogacania węgla kamiennego. Kwartalnik AGH, Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 34, Zeszyt 4/1, Kraków 2010.
9. Skiba J., Łabużek K.: Badania kruszenia węgla i skał towarzyszących z pokładu 358 z KWK Makoszowy w celu prognozowania kruszenia selektywnego w KWK Budryk. CMG KOMAG, Gliwice 1981 - prace własne.
10. Sorek S.: Eksploatacja złóż surowców mineralnych oraz przeróbka pozyskanego surowca w zamkniętym procesie wydobywczym. System wydzielenia i lokowania odpadów w warunkach dołowych. Koncepcja instalacji do wydzielenia odpadów z substancji palnej i lokowania ich w podziemiach kopalń. CMG KOMAG, Gliwice 2001 - prace własne.
11. Tumidajski T., Gawenda T., Niedoba T., Saramak D.: Kierunki zmian technologii przeróbki węgla kamiennego w Polsce. Gospodarka Surowcami Mineralnymi 2008, tom 24, zeszyt 1/2.
12. Turek M. i inni: Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice 2008.
13. Aprobata Techniczna Instytutu Badawczego Dróg i Mostów nr AT/2008-03-2378.
14. Szacunkowe dane z budowy autostrady A1 Świerklany-Bełk. TPA Instytut Badań Technicznych Sp. z o.o. – praca niepublikowana.
15. Norma PN-S-02205:1998, Drogi samochodowe. Roboty Ziemi. Wymagania i Badania.
16. Norma PN-EN 933-8:2001, Badania geometrycznych właściwości kruszyw – Część 8: Ocena zawartości drobnych cząstek. Badanie wskaźnika piaskowego.

17. Norma PN-S-06102:1997, Drogi samochodowe. Podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie.
18. Norma PN-B-04481:1988, Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
19. Norma PN-B-04493:1960, Grunty budowlane. Oznaczanie kapilarności biernej.
20. Norma PN-B-04492:1955, Grunty budowlane. Badania właściwości fizycznych. Oznaczanie wskaźnika wodoprzepuszczalności.
21. [www.jsw.pl/borynia](http://www.jsw.pl/borynia)

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Piotr Wodziński

### **Abstract**

The article presents necessity for stone washing from run-of-mine coal in Polish coal mines in order to close coal fuel production cycle. References are made to the results of foresight project regarding coal mining industry [6, 12]. Applicable methods of stone washing that could be used were described. Potential methods of coal waste disposal other than underground were mentioned. The need for laboratory tests of coal gangue for further use either in underground or surface technology was highlighted. Technical problems connected with shaft capacity which in turn may result in reduction of output and at the same may give reasons to coal washing underground were indicated.