

# Badania grudkowania odpadowych mułów węglowych

Jacek Feliks, Antoni Kalukiewicz

Odpady górnicze, zwane również wydobywczymi, to skały pochodzące z robót górniczych i przygotowawczych, udostępniających złożę kopaliny głównej. Odpady te stanowią znaczną ilość (ok. 27%) ogólnej ilości odpadów przemysłowych (rys. 1).

Ilość tych odpadów, jak pokazują raporty środowiskowe, nie maleje, chociaż większość nowo tworzonych odpadów zostaje poddana odzyskowi. Jednak około 1,6 [mln Mg] rocznie zostaje poddane unieszkodliwianiu poprzez składowanie.

Największą część odpadów górniczych stanowią odpady przerobcze, które obejmują materiał skalny wydobyty wraz z urobkiem i oddzielany w procesach wzbogacania kopaliny (np. w trakcie sortowania, rozdrabniania, płukania, flotacji), a ich udział w ogólnej masie odpadów wynosi średnio 88%. Z dotychczasowych badań wynika, że odpady węglowe mają cechy umożliwiające liczne zastosowania w:

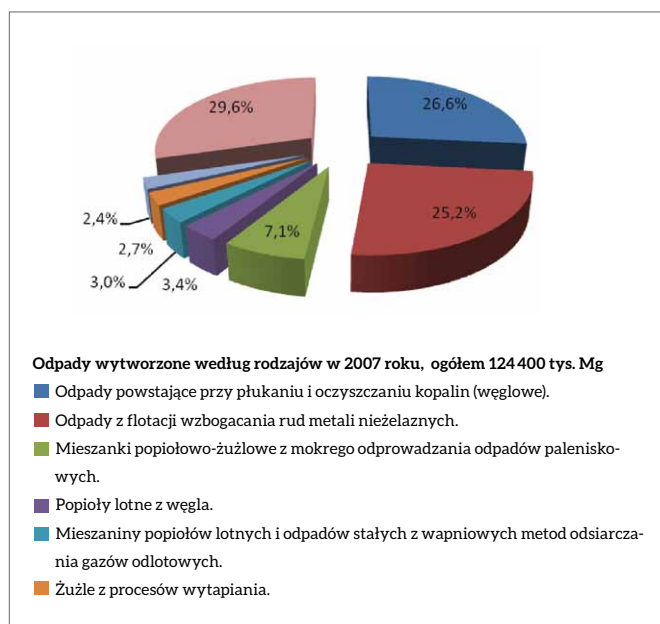
- budownictwie hydrotechnicznym i inżynieryjnym;
- produkcji wyrobów budowlanych i ogniotrwałych;
- w rolnictwie jako nawóz lub podłoże;
- przy odzysku węgla oraz jako surowiec niskoenergetyczny (muły) do spalania w elektrowniach;
- jako podsadzka i materiał uszczelniający w robotach inżynierskich.

Dużą część wyżej wymienionych odpadów stanowią muły węglowe, które powstają w trakcie procesów wzbogacania węgla

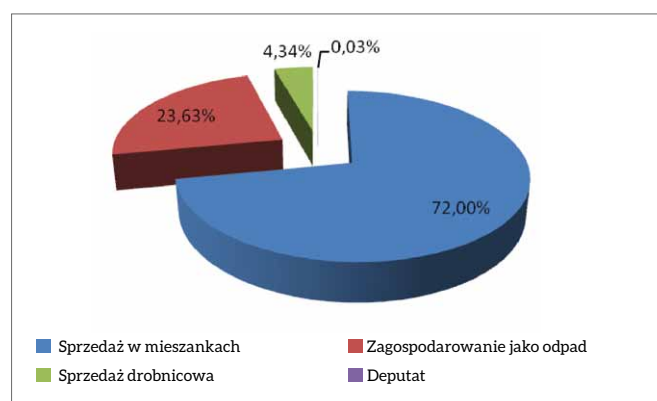
**Streszczenie:** W trakcie procesów wzbogacania węgla w zakładach przeróbki mechanicznej kopalń węgla kamiennego powstają muły węglowe. Są to najdrobniejsze klasy o uziarnieniu poniżej 1 mm, w których ziarna o wymiarze poniżej 0,035 mm stanowią 60% masy. W zależności od parametrów jakościowych muły te mogą być kierowane bezpośrednio do mieszanek energetycznych lub deponowane w osadnikach ziemnych. W pracy przedstawiono wyniki badań urządzenia służącego do grudkowania mułów węglowych, zaprojektowanego w KMGPIT, a wykonanego w Kompanii Węglowej.

w zakładach przeróbki mechanicznej kopalń węgla kamiennego. Są to najdrobniejsze klasy o uziarnieniu poniżej 1 mm, w których ziarna o wymiarach 0,035 mm stanowią 60% masy. W zależności od parametrów jakościowych (zawartość popiołu i siarki, wartość opałowia) mogą być one kierowane bezpośrednio do mieszanek energetycznych lub deponowane w osadnikach ziemnych poszczególnych kopalń.

Ekonomicznie opłacalne jest zagospodarowanie mułów w mieszkach energetycznych, jednak problemem jest forma występowania mułu surowego. Duża wilgotność powierzchniowa mułu, wynosząca po odwodnieniu na filtrach około 25–30%, powoduje trudności przy wyładunku tego produktu z wagonów, zwłaszcza w okresie zimowym, z uwagi na brak skutecznych tanih środków zapobiegania zamarzaniu. Muł w klasie poniżej 0,1 mm z dodatkiem rozmytych ilów stanowi zawiesinę praktycznie niedającą się skutecznie w tani sposób odwodnić. Przykładowe parametry techniczne mułów pokazano w tabeli 1.



Rys. 1. Odpady (bez odpadów komunalnych) wytworzone wg rodzajów w 2007 r. [3]



Rys. 2. Struktura rozchodu mułów

Tabela 1. Parametry techniczne mułów węglowych.

Zawartość	KWK Jas-Mos	KWK Piast	Nowa Zelandia
Wody [%]	34,9	25,5	40
Wartość opałowa [kJ/kg]	11 935	8327	25 MJ/kg
Popiołu (w stanie roboczym) [%]	30,25	41,4	<4,5
Siarki [%]	0,71	0,88	

Muł surowy jako produkt końcowy procesu wzbogacania węgla znajduje coraz mniej nabywców i przysparza wiele kłopotów kopalniom. Spowodowane jest to zarówno stosunkowo niską wartością opałową, jak i trudnościami w transporcie, wyładunku i procesie spalania. Z przeprowadzonych analiz wynika, że nieopłacalne jest wprowadzanie procesu flotacji dla mułów energetycznych tak, aby po termicznym suszeniu dołączać je do koncentratów. Najkorzystniejszym sposobem obniżenia zawartości wilgoci w mule węglowym jest oddziaływanie chemiczne, w wyniku którego obniżona zostanie wilgotność przemijająca mułu węglowego, umożliwiającą jego mieszanie do mieszanek energetycznych. Jako spoiwa stosowane są:

- bentonit;
- wapno hydratyzowane;
- wapno palone;
- szkło wodne;
- gips;
- cement.

Proces grudkowania (granulacji) może być wykonywany z wykorzystaniem technologii aglomeracji ciśnieniowej lub beciśnieniowej. Pierwsza z metod polega na ściśnięciu danej porcji materiału ziarnistego, co powoduje wyparcie powietrza z przestrzeni międzyziarnowych. Proces ten powoduje łączenie ziaren. Do poprawy wytrzymałości aglomeratu dodaje się zazwyczaj płynny środek wiążący. Proces ten nazywa się brykietowaniem, a maszyny brykietarkami. Do metody ciśnieniowej stosuje się, oprócz brykietarek, prasy walcowe, tłokowe oraz ślimakowe. Metody ciśnieniowe stosuje się do węgla kamiennego, mialu węglowego i w przemyśle chemicznym. Wadą tej metody jest wysoka energochłonność procesu, znaczna ilość koniecznych środków wiążących i niskie parametry wytrzymałościowe produktu. Druga z metod, beciśnieniowa (peletyzacja, grudkowanie, granulowanie), polega na mieszaniu lub przesypaniu materiału grudkowanego w celu powstania grudek (peletek). W tej metodzie stosuje się głównie grudkowniki bębnowe (rys. 3), talerzowe (rys. 4), wibracyjne (rys. 5) oraz mieszalniki [2].

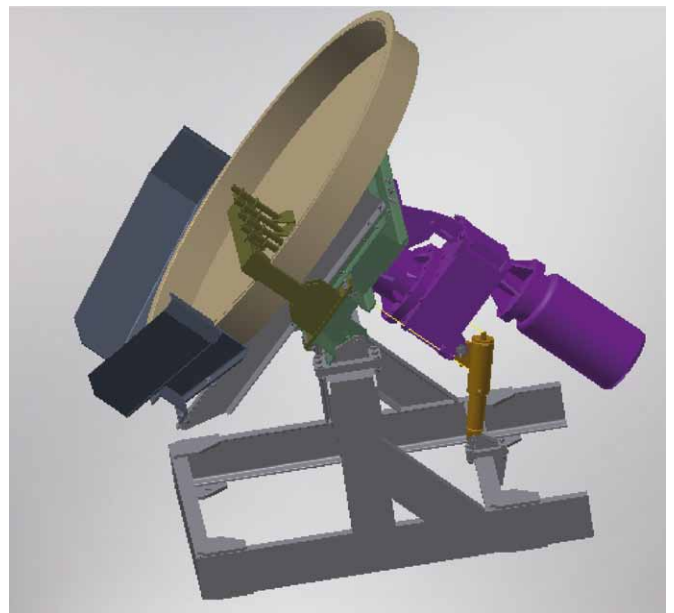
Zaletami metod beciśnieniowych w porównaniu z metodami ciśnieniowymi są niska energochłonność oraz mniejsza ilość dodatków wiążących.

W Katedrze Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych zaprojektowano stację do grudkowania mułów węglowych. Instalacja została wykonana w Kompanii Węglowej i poddana badaniom eksploatacyjnym w Zakładzie Wzbogacania Mialu KWK Piast (rys. 6). Szczegółowo badania zostały opisane w publikacji [1].

Materiał podawany jest z placu składowego mułu węglowego przy pomocy ładowarki kołowej do kosza zasypowego. Układ



Rys. 3. Grudkownik bębnowy



Rys. 4. Grudkownik talerzowy



Rys. 5. Rynnowy grudkownik wibracyjny

ten zapewnia ciągłość strugi materiału poddawanego grudkowaniu. Pod koszem zamontowano przenośnik zgrzeblowy napędzany silnikiem zasilanym przez przetwornik częstotliwości.





Rys. 6. Widok stacji do grudkowania mułów węglowych



Rys. 7. Ruch materiału na granulatorze talerzowym

Układ ten umożliwia regulację wielkości strugi materiału w zakresie od 30 do 110 Mg/h.

Struga materiału z przenośnika zgrzeblowego podawana jest na przenośnik taśmowy nadawy. Na przenośniku taśmowym, nad mikserem, znajduje się zgarniak, umożliwiający skierowanie materiału na zsuwnię podającą materiał do wnętrza miksera. W dolnej części zsuwni znajduje się układ rozdziału nadawy, kierujący materiał bezpośrednio na mieszadła. Ważnym elementem układu grudkowania mułów węglowych jest układ podawania wapna. Układ umożliwia płynną regulację ilości wapna przez użycie podajnika celkowego. Produkt granulacji odbierany jest przy pomocy przenośnika taśmowego i składowany jest na placu produktu.

Badania eksploatacyjne polegały na ustaleniu odpowiednich obrotów urządzeń:

- granulatora talerzowego;
- bębna miksera;
- mieszadeł.

Prędkość obrotową talerza grudkującego ustawiano tak, aby materiał opadał z możliwie najwyższego punktu, lecz by nie następowało przetrzucanie materiału na zgarniaki (rys. 7).

W wyniku eksperymentu ustalono, że najkorzystniejsze warunki granulowania występują przy ustalonych obrotach na poziomie 35% obrotów znamionowych. Wynoszą one 15 obr/min. Dla takich parametrów granulaty były dobrze rozdrobnione i równomiernie przesuwają się po talerzu, wypełniając jego całą powierzchnię.

Prędkość obrotową bębna ustalono na poziomie 40% obrotów znamionowych. Prędkość obrotowa mieszadeł zależy od rodzaju materiału i ustawiona została na poziomie 80% znamionowej prędkości obrotowej przy pierwszych próbach i znamionowej prędkości obrotowej w trakcie następnych badań. Regulowano również wielkość szczeliny pomiędzy bębniem a klapą zamykającą, ustalając w ten sposób ilość materiału wydostającego się z miksera. W przypadku zbyt małej szczeliny następowało zwiększanie ilości materiału w mikserze, czego skutkiem było zatrzymanie układu z koniecznością jego oczyszczenia.

Produkt granulacji pokazany na rysunku 8 spełniał wymagania stawiane przez kopalnię. Wydajność określona na podstawie



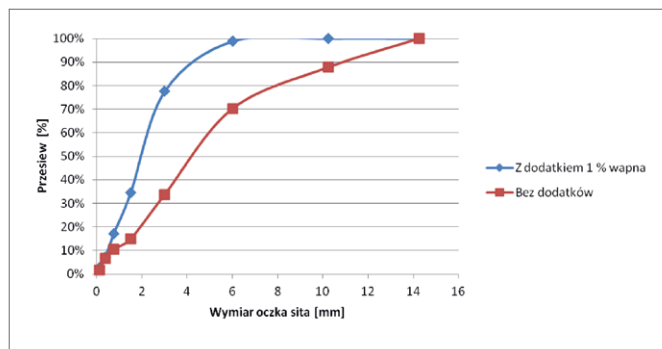
Rys. 8. Usypana przyzma materiału

ilości podawanego mułu wahała się pomiędzy 30 a 70 [Mg/h]. Pobrano próbki produktu i poddano je dalszej analizie. Następnie przebadano pracę granulatora z włączonym układem podawania wapna. Układ zasilany był strugą nadawy o wydajności 50 Mg/h i 1% wapna. Powstały granulaty pokazano na rysunku 9. Podobnie jak w pierwszym przypadku, produkt poddano dalszej analizie. Przyzma zgranulowanego materiału została pozostawiona na placu na okres 1 miesiąca. Po tym czasie nie straciła swoich właściwości, materiał był nadal sypki. Następnym etapem były próby zwiększenia wydajności układu kosztem mniejszego rozdrobnienia produktu. Uzyskano to poprzez większe otwarcie kłapy miksera. W trakcie tych badań uzyskano wydajność dochodzącą do 90 [Mg/h].

Granulaty otrzymane w trakcie badań poddano następnie dalszym badaniom laboratoryjnym. Badania składowych przeprowadzono na dwóch próbkach materiału:

- próbka bez dodatku wapna;
- próbka z 1% wapna.

Wyniki analizy pokazano na rys. 9.



Rys. 9. Krzywe składu ziarnowego

Tabela 2

	Nadawa	Produkt granulacji
Wartość opałowa	8327 [kJ/kg]	8327 [kJ/kg]
Zawartość popiołu	41,4 %	44,6%
Zawartość siarki	0,88 %	0,73%
Wilgotność WTR	25,5 %	24%

Określono również średnią wielkość ziaren. Dla grudek wykonanych bez dodatku wapna wyniosła ona 8,2 mm, a dla grudek z 1% dodatkiem wapna 4,3 mm.

Produkt granulacji poddano analizie w kopalni, określając podstawowe parametry, które pokazano w tabeli 2. Dla porównania pokazano te same parametry nadawy.

Najistotniejszą zmianą w jakości produktu w porównaniu z materiałem wyjściowym jest niższa wilgotność.


## Wnioski

Badania granulowania mułów węglowych przeprowadzone na prototypowym urządzeniu wykazały, że:

- materiał został rozdrobniony, przez co stał się bardziej sypki i nie zbryła się nawet pod wpływem niekorzystnych warunków atmosferycznych;
- zastosowany układ obniża wilgotność produktu, przez co ułatwione jest składowanie i transport materiału;
- zastosowane jako materiał wiążący wapno palone w trakcie spalania wiążąc będzie siarkę, dzięki czemu paliwo otrzymane z tego typu granulatu będzie bardziej ekologiczne.

## Literatura

- [1] FELIKS J.: *Badania laboratoryjne granulowania mułów węglowych*. „Chemik” 5/2012.
- [2] FELIKS J.: *Performance tests of waste coal sludge granulation*. „Polish Journal of Environmental Studies”, vol. 21 no. 5A, 2012.
- [3] Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego, Wydział Ochrony Środowiska, *Dane o odpadach*, Katowice 2008.

 **Jacek Feliks** – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie  
**Antoni Kalukiewicz** – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

artykuł recenzowany