

Franciszek PLEWA*, Marcin POPCZYK**, Zdzisław MYSŁEK**

Rodzaje produktów wytwarzanych w energetyce zawodowej i możliwości ich wykorzystania w podziemnych technologiach górniczych

STRESZCZENIE. Pozyskiwanie energii w Polsce oparte jest przede wszystkim na spalaniu węgla zarówno kamiennego jak i brunatnego. Działalność ta powoduje powstawanie znacznych ilości odpadów w postaci żużli, popiołów lotnych i produktów odsiarczania. Stosowane obecnie różne metody odsiarczania w zakładach energetycznych skutkują powstawaniem odpadów różniących się pod względem fizycznym i chemicznym. Jednym z kierunków ich odzysku jest przemysłowe wykorzystanie w podziemnych technologiach górniczych. W referacie przedstawiono rodzaje obecnie stosowanych przez energetykę zawodową metod odsiarczania i rodzaje powstających odpadów oraz zaprezentowano możliwości ich wykorzystania dla określonych technologii górniczych wraz z podaniem kryteriów ich stosowania.

SŁOWA KLUCZOWE: górnictwo, zagospodarowanie odpadów energetycznych, ochrona środowiska

Wprowadzenie

Polska energetyka zawodowa od wielu lat oparta jest głównie na spalaniu węgla kamiennego i brunatnego i nic nie wskazuje na to, że tendencja ta w najbliższym czasie

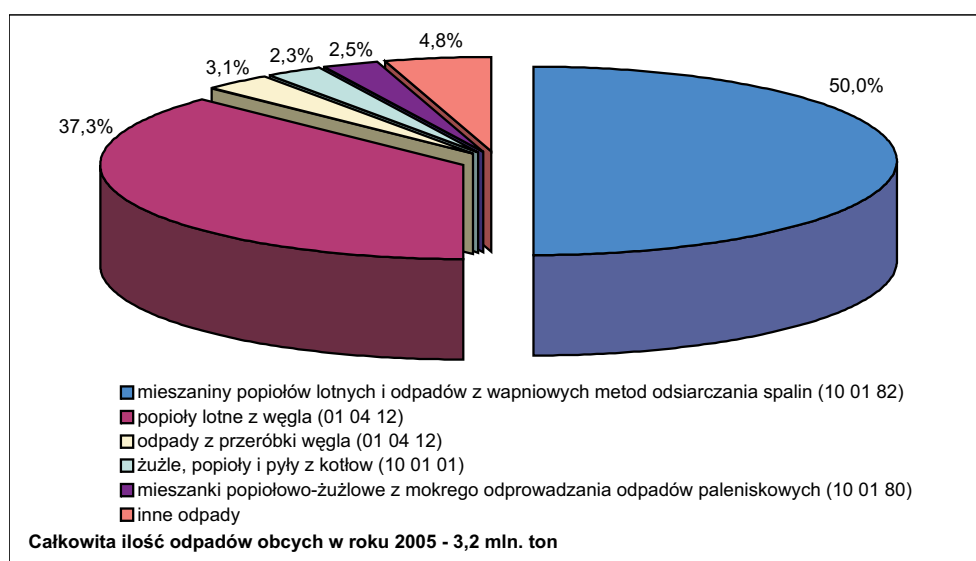
* Prof. dr hab. inż., ** Dr inż. — Politechnika Śląska, Gliwice.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Wiesław BLASCHKE

znacząco ulegnie zmianie. Zobowiązania międzynarodowe wprowadzające zaostrzenia przepisów dopuszczających emisję dwutlenku siarki, tlenków azotu jak i innych związków (CO₂, HCl, HF, węglowodory) narzucają wprowadzanie technologii oczyszczania gazów spalinowych. W Polsce podstawowymi technologiami wpływającymi na oczyszczanie gazów spalinowych są:

- ❖ mokra metoda odsiarczania,
- ❖ sucha metoda odsiarczania,
- ❖ półsucha metoda odsiarczania,
- ❖ spalanie w kotłach fluidalnych.

Zastosowanie jednej z tych metod nierozłącznie związane jest z powstawaniem znaczącej ilości odpadów różniących się pod względem własności fizycznych i chemicznych. Własności te warunkują kierunek ich unieszkodliwiania w tym odzysku. Jednym z kierunków gospodarczego wykorzystania odpadów energetycznych jest górnictwo podziemne, które od wielu lat jest ich masowym odbiorcą. W roku 2004 w górnictwie zagospodarowano 3,2 mln. ton produktów z energetyki, natomiast w roku 2005 2,8 mln. ton. Udziały procentowe poszczególnych rodzajów odpadów obcych (wytworzonych poza zakładem górniczym) w stosunku do całej ilości zagospodarowanych w kopalniach węgla kamiennego odpadów w roku 2005 przedstawiono na rysunku 1 [1]. Jak widać odpady pochodzące z energetyki zawodowej w roku 2005 stanowiły 92,1% ogółu odpadów obcych wykorzystanych w podziemnych technologiach górniczych.



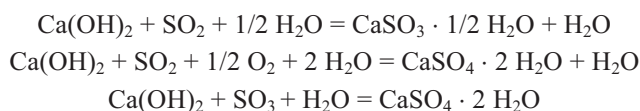
Rys. 1. Procentowy udział odpadów obcych zagospodarowanych w podziemnych wyrobiskach górniczych kopalń węgla kamiennego w Polsce w roku 2005

Fig. 1. The percentage share of foreign waste in total waste disposed in underground excavations of Polish coal mines in year 2005

1. Rodzaje produktów odsiarczania powstające w energetyce zawodowej

1.1. Produkty powstające w półsuchej metodzie odsiarczania

Metody półsuchego odsiarczania spalin charakteryzują się tym, że sorbent doprowadzany jest do węzła odsiarczania spalin w postaci zawiesiny, a reakcja chemiczna zachodzi w fazie ciekłej. W metodzie tej związki SO₂ i SO₃ absorbowane są ze spalin w rozpylonym sorbencie. Sorbentem może być np. roztwór wapna, który w kontakcie z tlenkami siarki reaguje według następujących równań:



Warunki temperaturowe są tak dobrane, żeby produkt odsiarczania odbierany był ze strumienia spalin w stanie suchym [4].

Proces odsiarczania można przeprowadzić przed lub po odpyleniu spalin.

Spaliny bezpośrednio z kotła po odpyleniu są wprowadzane do reaktora, gdzie jednocześnie kierowana jest zawiesina sorbentu w postaci mleczonek wapiennych. Zawiesina ta jest podawana za pomocą specjalnych dysz. Produkty odsiarczania wychwytywane są przez elektrofiltrów lub filtry workowe.

Wymiary cząstek produktu poreakcyjnego wynoszą około 20µm i są mniejsze niż cząstki zwykłego popiołu które posiadają wymiar około 45µm. Odpad jest proszkiem o barwie szarej lub jasnoszarej i wilgotności nie przekraczającej 1%, posiadającym własności higroskopijne. Stan suchy popiołu umożliwia jego magazynowanie w silosach i transportowanie tradycyjnymi środkami transportu jak w przypadku cementu.

Skład produktu może różnić się znacznie dla poszczególnych instalacji i sposobów prowadzenia oczyszczania spalin [4, 5].

Zaletą tej metody jest niewątpliwie wysoka sprawność odsiarczania. Przy stosowaniu sorbentu (wodorotlenku wapnia) w nadmiarze 30–40% w stosunku do zapotrzebowania stechiometrycznego, czyli Ca/S = 1,3–1,4, można uzyskać sprawność odsiarczania wynoszącą około 90% [4]. Wadą tej metody są wysokie koszty eksploatacji.

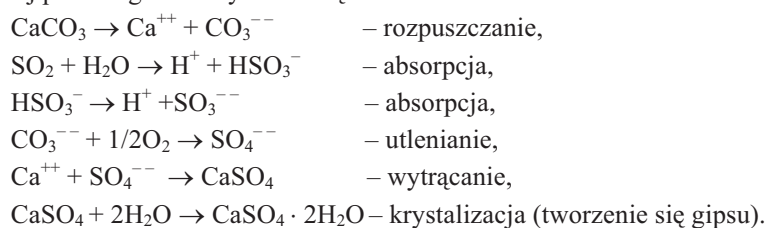
1.2. Produkty powstające w mokrej metodzie odsiarczania

Metoda mokra jest najczęściej używaną metodą odsiarczania na świecie. Jest wiele wariantów tej metody różniących się rozwiązaniami technicznymi oferowanymi przez różne firmy. W skrócie metody te polegają na płukaniu wstępnie odpylonego strumienia spalin

wodnymi zawiesinami lub roztworami związków wapnia, głównie węglanu wapnia. Dwutlenek siarki absorbowany jest w wodnej zawieszynie mączki wapiennej o pH = 5,7–5,8. Proces ten opisuje następująca reakcja chemiczna [3, 5].



której poszczególne fazy stanowią:



Uzyskana zawiesina produktu odsiarczania jest napowietrzana w celu utlenienia siarczynu wapnia i następnie odwadniana za pomocą hydrocyklonów i wirówek ślimakowych. Produktem procesu w tej metodzie jest gips dwuwodny tzw. „reagips”. Jakość gipsu syntetycznego zależy od jakości sorbentu i od stopnia odpylenia spalin [4].

Stosując sorbent o charakterystyce:

- ✧ zawartość CaCO_3 min. 90%,
- ✧ zawartość MgCO_3 maks. 5%,
- ✧ zawartość SiO_2 maks 8%,
- ✧ rozdrobnienie 80%, poniżej 0,06 mm,

otrzymujemy gips syntetyczny o bardzo dobrej jakości. Istnieje możliwość stosowania odpadowych sorbentów wapiennych (alkaliczny popiół lotny, wapno pokarbidowe), ale ma to zasadniczy wpływ na późniejszą jakość produktu odsiarczania.

W porównaniu z innymi metodami odsiarczania spalin, metoda mokra wapienna wykazuje następujące zalety [5]:

- ✧ dużą skuteczność odsiarczania wynoszącą 90–95% przy bardzo małym nadmiarze wapnia ($\text{Ca/S} = 1,02\text{--}1,2$),
- ✧ dużą skuteczność (ok. 90%) usuwania pyłów w zakresie najdrobniejszych frakcji,
- ✧ prostotę aparatów i urządzeń,
- ✧ łatwo dostępny sorbent,
- ✧ niewygórowane nakłady inwestycyjne oraz koszty eksploatacyjne.

Do wad tej metody można zaliczyć [5]:

- ✧ konieczność podgrzewania oczyszczonych spalin, spowodowana możliwością wystąpienia trudności eksploatacyjnych związanych z tworzeniem się osadów na powierzchni aparatów,
- ✧ duża ilość produkowanych odpadów wymuszająca konieczność ich zagospodarowania z uwagi na ochronę środowiska naturalnego.

1.3. Produkty powstające w suchej metodzie odsiarczania

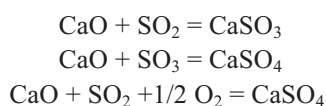
Metody suche odsiarczania charakteryzują się tym, że procesy wiązania chemicznego SO₂ przebiegają w stanie suchym, tj. w układzie: gaz–ciało stałe. Metoda ta oparta jest przede wszystkim na adsorpcji na sorbentach stałych i absorpcji z reakcją chemiczną z jednoczesnym suszeniem produktów odsiarczania [3]. Metoda sucha odsiarczania stosowana jest przy spalaniu w kotłach klasycznych oraz kotłach fluidalnych.

1.3.1. Spalanie w kotłach klasycznych

Dla kotłów konwencjonalnych opracowano kilka wariantów tej metody z zastosowaniem sorbentu wapiennego [4]:

- 1) odsiarczanie bezpośrednie przez domieszanie sorbentu do paliwa,
- 2) odsiarczanie bezpośrednie przez domieszanie sorbentu do powietrza palnikowego,
- 3) proces wysokotemperaturowy, w którym sorbent dozowany jest do kotła,
- 4) proces niskotemperaturowy, w którym sorbent dozowany jest do spalin przed odpyleniem.

Metoda sucha odsiarczania spalin w kotłach klasycznych polega na wprowadzaniu materiałów wapiennych, a dokładnie na wdmuchiwanie do spalin drobno zmielonego addytywu w postaci kamienia wapiennego lub mączki wapiennej. W wysokiej temperaturze panującej w komorze paleniskowej kotła kamień wapienny rozkłada się na CaO i CO₂. Tlenek wapnia wiąże dwutlenek i trójtlenek siarki na siarczyn i siarczan wapnia według reakcji:



Produkty reakcji, czyli powstały siarczyn i siarczan wapnia usuwane są z odpylacza spalin razem z popiołem lotnym [5]. Efektywność procesu zależy od stopnia rozdrobnienia addytywu, sposobu i miejsca jego wprowadzania do komory paleniskowej kotła, czasu trwania reakcji oraz optymalnej ilości masowej wapnia do siarki zawartej w spalinach [3].

Metoda sucha wapienna wykazuje następujące zalety:

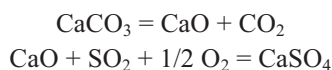
- ✧ mniejsze zużycie wody niż w innych metodach,
- ✧ mniejsze zapotrzebowanie energii w wyniku wyeliminowania operacji z bardzo dużymi objętościami strumieni zawiesin oraz podgrzewania oczyszczonych gazów,
- ✧ mniej problemów z gromadzeniem odpadów, gdyż produkty te z wyjątkiem soli sodowych są nierozpuszczalne, łatwe do przetworzenia na niepyłący granulaty, umożliwiając jego przechowywanie i przemysłowe wykorzystanie,
- ✧ mniej skomplikowana instalacja odsiarczania niż w innych metodach zmniejszająca koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

Wadą tej metody jest mała wydajności procesu odsiarczania spalin, która wynosi od 20 do 40% i dlatego metody te są preferowane w procesach oczyszczania gazów z mniejszych źródeł emisji [6].

1.3.2. Spalanie w kotłach fluidalnych

Specyficzną odmianą suchego odsiarczania spalin jest spalanie węgla w złożu fluidalnym. Istota wiązania SO_2 w palenisku fluidalnym polega na wprowadzaniu wraz z węglem sorbentu o granulacji ok. 1mm w postaci sproszkowanego kamienia wapiennego [4], który powinien zawierać powyżej 50% węglanu wapnia i być powierzchniowo suchy. Dzięki niższej temperaturze spalania w kotłach fluidalnych nie zachodzi zjawisko spiekania sorbentu, oraz zmniejsza się ilość wytwarzanych w procesie spalania tlenków azotu.

Złożo fluidalne zapewnia dobry kontakt spalin ze stałym sorbentem. W warstwie fluidalnej zachodzi wiązanie siarki zawartej w węglu, spalającej się na dwutlenek siarki z dodanym do węgla sorbentem. Dwutlenek siarki wiąże się z tlenkiem wapnia, tworząc siarczan wapnia wg reakcji:



W przypadku spalania w kotłach fluidalnych sorbent jest dużo lepiej wykorzystywany, gdyż temperatura spalania jest niższa niż w paleniskach pyłowych i wynosi około 850°C , i kontakt pomiędzy sorbentem a tlenkami siarki jest dłuższy.

Wysoką wydajność procesu wiązania SO_2 w siarczyny wapnia uzyskuje się dzięki warunkom utleniającym w całym palenisku [4].

Produktem suchej metody odsiarczania spalin jest tzw. popiół lotny po suchym odsiarczaniu, zawierający pozostałości po spalaniu węgla oraz produkt odsiarczania, który głównie stanowi siarczan wapniowy w postaci anhydrytu oraz wolny tlenek wapniowy [6].

Ze względu na niższe temperatury spalania popioły z palenisk fluidalnych mają inne parametry fizyczne i chemiczne niż popioły z palenisk konwencjonalnych. Niższa temperatura powoduje, że nie powstaje faza szklista związana z topieniem się kwarcu.

Ilości otrzymywanych popiołów są zwiększone o [4]:

- ✧ związki wapnia z siarką (gips), chlorem, fluorem i fosforem,
- ✧ wolne wapno palone CaO ,
- ✧ mineralne zanieczyszczenia wprowadzone z kamieniem wapiennym.

Metoda sucha odsiarczania w kotłach fluidalnych wykazuje następujące zalety:

- ✧ duża skuteczność odsiarczania (ok. 95%),
- ✧ pozwala na jednoczesne usuwanie SO_2 , HCL , HF i znaczne ograniczenie emisji NO_x ,
- ✧ efektywne spalanie węgla niskokalorycznego, zawierającego bardzo dużo popiołu, a także paliw odpadowych (produkty wzbogacania węgla, odpady komunalne).

2. Uwarunkowania prawne zagospodarowania odpadów energetycznych w podziemnych technologiach górniczych

Do najważniejszych aktów prawnych regulujących postępowanie z odpadami należy zaliczyć :

- ✧ Ustawę o odpadach (Dz.U. z 2001r. nr 62 poz. 628) z późn. zmianami,
- ✧ Prawo Geologiczne i Górnicze (Dz.U. nr 27 poz. 96 z 01.03.1994 roku) z późn. zmianami,
- ✧ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2005r. w sprawie podziemnych składowisk odpadów (Dz.U. nr 110 poz. 935),
- ✧ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 marca w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami (Dz.U. nr 49 poz. 356),
- ✧ Dyrektywę 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego wchodzącą w życie dnia 1 maja 2008 r.

Oprócz wymienionych powyżej istnieje wiele aktów wykonawczych, które nakładają na „wytwórców” odpadów szereg obowiązków, a w tym przede wszystkim obowiązek postępowania z odpadami w sposób zgodny z zasadami ochrony środowiska i ochrony zasobów naturalnych. Gospodarka odpadami, w myśl uregulowań Ustawy o Odpadach, sterowana i kontrolowana jest przez organa administracji rządowej i samorządowej. Jednak z reguły podstawą wszelkich decyzji administracyjnych a także związanych z technologią wykorzystania lub unieszkodliwiania odpadów, jest znajomość ich charakterystyki ilościowo-jakościowej.

Zgodnie z załącznikiem nr 1 do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 marca 2006r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami zgodnie z kierunkiem R14 określonym w Ustawie o Odpadach, w podziemnych technologiach górniczych możliwy odzysk odpadów pochodzących z energetyki zawodowej przedstawiono w tabeli 1.

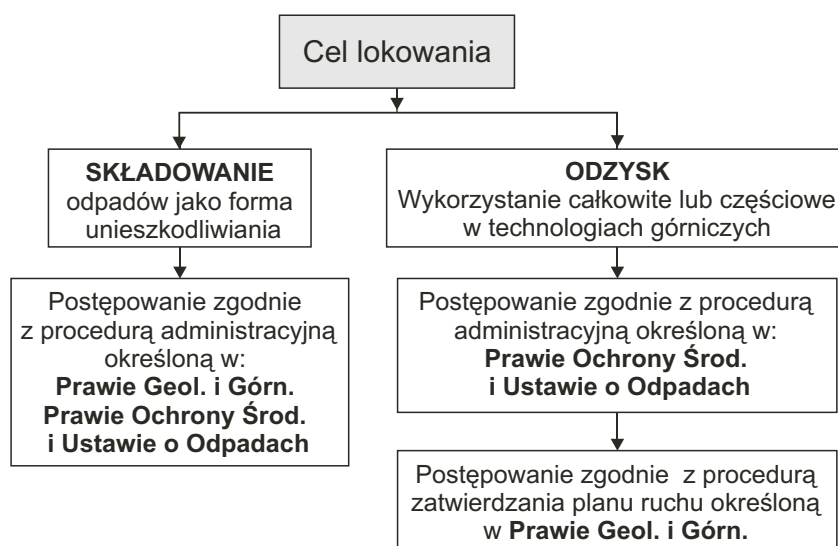
TABELA 1. Wyciąg z katalogu odpadów

TABLE 1. Abstract from the Waste Catalogue

Kod	Rodzaj odpadu
10 01 01	Żużle, popioły paleniskowe i pyły z kotłów (z wyłączeniem pyłów z kotłów wymienionych w 10 01 04)
10 01 02	Popioły lotne z węgla
10 01 05	Stale odpady z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych
10 01 24	Piaski ze złóż fluidalnych (z wyłączeniem 10 01 82)
10 01 80	Mieszanki popiołowo-żużlowe z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych
10 01 82	Mieszanki popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych (metody suche i półsuche odsiarczania spalin oraz spalanie w złożu fluidalnym)

3. Lokowanie odpadów energetycznych w technologiach górniczych

Istniejące obecnie kierunki gospodarczego wykorzystania odpadów w górnictwie poprzez odpowiednie uregulowania normalizacyjne narzucają określony zakres parametrów i wymagań, które muszą być spełnione, aby zostały dopuszczone do zastosowania. Ogólnie można powiedzieć, że na dzień dzisiejszy prawnie możliwe jest lokowanie odpadów energetycznych w podziemiu kopalń jako składowanie lub odzysk (rys. 2). Sam fakt sprowadzania odpadów do pustek podziemnych nie przesądza czy jest to składowanie czy odzysk natomiast decydujący jest tutaj cel tego lokowania. Należy zwrócić uwagę, że obecnie w Polsce składowanie odpadów w podziemiu kopalń węgla kamiennego się nie stosuje.



Rys. 2. Kierunki lokowania odpadów w podziemiu kopalń

Fig. 2. Directions of waste storage in underground mines

Lokowanie odpadów w podziemnych technologiach górniczych w formie odzysku wymaga wcześniejszego przeprowadzenia wielu badań w celu opracowania bezpiecznej technologii ich wykorzystania. Wykorzystanie odpadów do prac dołowych w kopalniach obwarowane jest wieloma ograniczeniami tak formalno-administracyjnymi jak i technicznymi. Jednym z kryteriów oceny przydatności odpadu do wykorzystania jest jego uciążliwość ekologiczna. Uciążliwość ta jest limitowana m.in. poprzez regulacje, zapisane w Polskiej Normie PN-G/11011:1998 „Materiały do podsadzki zestalanej i doszczelniania zrobów – wymagania i badania”.

Jak wcześniej wspomniano, własności odpadów determinują możliwość ich podziemnego lokowania [11, 12, 13]. Opracowanie odpowiedniej technologii sporządzania i hydrotransportu mieszanin sporządzonych na bazie materiałów odpadowych pozwala na gospodarcze wykorzystanie ich jako materiału w następujących technologiach górniczych:

- ✧ podsadzka zestalana,
- ✧ doszczelnianie zrobów zawałowych,
- ✧ likwidacja zbędnych wyrobisk i pustek poeksploatacyjnych,
- ✧ budowa korków i tam podsadzkowych,
- ✧ likwidacja szybów i szybków,
- ✧ izolacja pól pożarowych w tym budowa tam przeciwwybuchowych,
- ✧ iniekcja warstw porowatych i luźnych,
- ✧ wykonywanie barier izolacyjnych.

Na podstawie przeprowadzonych w szerokim zakresie badań laboratoryjnych oraz badań w skali przemysłowej, można ustalić kryteria dla hydromieszanin sporządzonych na bazie odpadów energetycznych do zastosowania w obecnie stosowanych technologiach górniczych. Kryteria te przedstawia tabela 2 [7, 15, 16].

Obecnie największa ilość odpadów energetycznych w podziemnym górnictwie węgla kamiennego wykorzystywana jest w technologii doszczelniania zrobów zawałowych. Związane jest to bezpośrednio ze znaczną poprawą warunków wentylacyjnych i szeroko rozumianego bezpieczeństwa pracy przy stosunkowo niskich nakładach finansowych, co sprawia, że technologia ta stosowana jest powszechnie w polskich kopalniach węgla kamiennego.

Podsumowanie

Unowocześnienie procesów spalania węgla oraz procesów odsiarczania podyktowane ochroną środowiska i ekonomią determinują powstawanie wciąż nowych rodzajów odpadów. Popioły lotne pochodzące z energetyki zawodowej od wielu lat wykorzystywane są w podziemnych technologiach górniczych w postaci zestalających się hydromieszanin. Podstawowym ich składnikiem są popioły lotne pochodzące z różnych instalacji spalania węgla i odsiarczania.

Wprowadzenie hydromieszanin sporządzonych na bazie odpadów energetycznych do technologii górniczej przyczynia się znacząco dla ochrony środowiska naturalnego oraz posiada pozytywny wpływ na następujące zagadnienia związane z eksploatacją górnictwem:

- ✧ ograniczenia wpływów eksploatacji na powierzchnię terenu dzięki zastosowaniu podsadzki zestalającej (głównie górnictwo rudne) i innych technologii wypełniania przestrzeni powstającej w trakcie wybrania złoża i zbędnych wyrobisk,
- ✧ ograniczenia ilości składowanych odpadów drobnociarnistych na powierzchni,
- ✧ lepszego wykorzystania złoża, gdyż stosowanie podsadzki zestalanej oraz pasów podsadzkowych pozwala wyeliminować filary lub zmniejszyć ich wymiary,

TABELA 2. Kryteria zastosowania hydromieszanin na bazie odpadów energetycznych w technologiach górniczych [7]

TABLE 2. The application criteria in mining technologies for hydromixture made on the basis of power plant waste

Technologia	Parametr									
	rozległość [mm]	czas tężenia	koniec zestalania	wytrzymałość na ściskanie	rozmakalność „k”	woda nadosadowa	ściśliwość	wodoprzepuszczalność [m/s]		
Podsadzka zestalana	160–180	<24 godz.	<2 dni	0,5 MPa po 7 dniach	<20%	<7%	<15%	<10–7		
Doszczelnianie zrobów zawalowych	210–240	- *	<28 dni	0,1 MPa po 28 dniach	<80%	<14%	- *	- *		
Wypełnianie zbędnych pustek i wyrobisk	160–210	<7 dni	<14 dni	0,5 MPa po 28 dniach	<20%	<7%	- *	- *		
Wykonywanie korków i pasów podsadzkowych	160–180	<2 dni	<2 dni	0,5 MPa po 7 dniach	<20%	<7%	<5%	<10–7		
Izolacja pól pożarowych w tym budowa tam przeciwwybuchowych	160–210	- *	<28 dni	0,1 MPa po 28 dniach	<20%	<14%	<5%	<10–8		
Korki izolacyjne	160–180	<2 dni	<3 dni	0,5 MPa po 7 dniach	<10%	<7%	<5%	<10–9		
Iniekcja warstw porowatych i luźnych	160–210	- *	<14 dni	0,5 MPa po 28 dniach	<20%	<7%	<7%	<10–7		

* Brak danych nie oznacza możliwości ograniczeń wynikających z warunków technologicznych.

- ✧ poprawy warunków klimatycznych i ograniczenia wpływu gazów ze zrobów,
- ✧ ułatwienia w profilaktyce przeciwpożarowej realizowanej przez zastosowanie doszczelniania zrobów oraz budowę tam i korków podsadzkowych.

Literatura

- [1] DULEWSKI J., 2007 — Nowe regulacje prawne w zakresie gospodarki odpadami w przemyśle wydobywczym. Szkoła Eksploatacji Górniczej, Szczyrk 19–23.02.2007.
- [2] PLEWA F., MYSŁEK Z., 2001 — Zagospodarowanie odpadów przemysłowych w podziemnych technologiach górniczych. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [3] WARYCH J., 1992 — Oczyszczanie gazów, procesy i aparatura. Wyd. Naukowo-Techniczne.
- [4] Praca zbiorowa wykonana przez Eko-Efekt sp. zo.o. NFOŚiGW – Warszawa, Biuro Studiów, Projektów i realizacji Inwestycji BIPROKWAŚ – Gliwice, Instytut Ekonomiki Przemysłu Chemicznego oddział w Gliwicach. Instytut Mineralnych Materiałów Budowlanych Oddział w Krakowie: „Utylizacja gipsu syntetycznego z instalacji odsiarczania spalin”. Instytut Ekonomiki Przemysłu Chemicznego O/Gliwice, listopada 1993 r.
- [5] KUCOWSKI J., LAUDYN D., PRZEKWAŚ M., 1995 — Energetyka a ochrona środowiska. Wyd. Naukowo-Techniczne.
- [6] KANAFEK J., FOJCIK E., 1998 — Wykorzystanie popiołów lotnych w górnictwie – aspekty techniczne. Ochrona Środowiska, Prawo i Polityka, nr 1/11/98, Wrocław.
- [7] POPCZYK M., 2002 — Ekologiczne i górnicze aspekty przemysłowego wykorzystania odpadów energetycznych i poflotacyjnych w podziemiach kopalń. Praca doktorska, Gliwice.
- [8] MAZURKIEWICZ M., PIOTROWSKI Z., TAJDUŚ T., 1997 — Lokowanie odpadów w kopalniach podziemnych. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków.
- [9] BABCZYŃSKI W., 2001 — Modelowanie wymywalności substancji chemicznych z podziemnych składowisk odpadów. Praca doktorska. Politechnika Śląska, Wydz. Górnictwa i Geologii.
- [10] PALARSKI J., 2001 — Chemiczne i fizyczne właściwości materiałów mineralnych i produktów odpadowych, służących do wypełniania wyrobisk i izolacji składowisk odpadów. Monografia pt: „Jakość Środowiska Techniki i Technologie” Biblioteka KOMEKO.
- [11] CHUDEK M., JANICZEK S., PLEWA F., 2001 — Materiały w budownictwie geotechnicznym. Tom I – Materiały w budownictwie podziemnym. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [12] CHUDEK M., JANICZEK S., PLEWA F., 2001 — Materiały w budownictwie geotechnicznym. Tom II – Klasyczne materiały wiążące oraz materiały z surowców uciążliwych dla środowiska. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [13] CHUDEK M., JANICZEK S., PLEWA F., 2001 — Materiały w budownictwie geotechnicznym. Tom III – Materiały i konstrukcje do utrzymania oraz likwidacji wyrobisk podziemnych. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [14] Ustawa o odpadach (Dz.U. nr 62 poz. 628 z dnia 20.06.2001r) z późniejszymi zmianami.
- [15] PLEWA F., POPCZYK M., MYSŁEK Z., 2006 — Możliwości wykorzystania w technologiach górniczych popiołów lotnych z procesu półsuchego odsiarczania spalin. XII Międzynarodowe Sympozjum Geotechnika 2006, Gliwice-Ustroń 17–20.10.
- [16] PLEWA F., POPCZYK M., MYSŁEK Z., 2007 — Optymalizacja składu mieszaniny odpadów przemysłowych stosowanych w technologii doszczelniania zrobów zawałowych. Szkoła Eksploatacji Górniczej, Szczyrk 19–23.02.

Franciszek PLEWA, Marcin POPCZYK, Zdzisław MYSLEK

Kinds of products generated by power engineering and utilization possibilities of their in underground mining technologies

Abstract

Environment protection and economy considerations forces changes in coal combustion and desulfurization processes. It causes production of new kinds of waste material. Volatile ash coming from power engineering in form of hydromixture are utilized in underground mining technologies for many years. In every case the main component of the mixtures was volatile ashes coming from different coal combustion installations.

Application of hydromixtures made on the basis of power plant waste in mine workings contributes to natural environment protection and has positive effect on the following problems connected with exploitation of mines:

- ✦ limitation of surface deformations thanks of consolidating filling application (mainly in ore mines) and other filling methods of empty space making by exploitation,
- ✦ limitation of the fine-grained waste quantity on the surface,
- ✦ better utilization of deposit (the consolidating filling application allows to eliminate pillars and reduce their dimensions),
- ✦ improvement of climatic conditions and reduction of gases outflow from cavings,
- ✦ fire prevention realized by grouting of cavings and building of backfill plugs and dams.

KEY WORDS: mining, power plant waste management, environment protection