

Marek Cała¹, Antoni Tajduś¹, Radosław Pomykała¹, Rafał Przysaś²,
Justyna Adamczyk¹, Agnieszka Stopkowicz¹, Waldemar Kępys¹,
Daniel Wałach¹, Mateusz Blajer¹, Malwina Kolano¹

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

²Tauron Wydobycie S.A.

ODPADY ENERGETYCZNE I WYDOBYWCZE JAKO SKŁADNIKI PRODUKTÓW DLA GÓRNICCTWA, BUDOWNICTWA I GEOINŻYNIERII

Słowa kluczowe: odpady wydobywcze, popioły, kruszywa, mieszaniny wiążące

STRESZCZENIE

Efektywne zagospodarowanie odpadów wydobywczych jest dla polskich kopalń węgla kamiennego kluczowym elementem działań w zakresie ograniczania niekorzystnego oddziaływania na środowisko. Z powodu rosnących ograniczeń prawno-finansowych drastycznie kurczą się możliwości składowania tego typu materiałów. Coraz chętniej odpady wydobywcze wykorzystywane są w geoinżynierii oraz budownictwie, szczególnie drogowym i hydrotechnicznym. W branżach tych wysokie wymagania jakościowe dotyczące właściwości stosowanych materiałów zmuszają zakłady górnicze do wytwarzania produktów – mieszanin wiążących lub spoiwowo-kruszywowych o określonych parametrach. Ich składnikami są bardzo często odpady energetyczne – zwykle popioły lotne.

W artykule opisano program badań mieszanin wiążących oraz spoiwowo-kruszywowych wytwarzanych z odpadów z przeróbki węgla kamiennego oraz odpadów energetycznych – popiołów lotnych i żużli fluidalnych, powstających w zakładach Grupy Tauron.

1. WSTĘP

Eksploatacja węgla kamiennego powoduje powstanie odpadów, których źródłem są roboty górnicze związane z udostępnianiem i urabianiem pokładów, jak również procesy jego wzbogacania oraz procesy przetwórcze w elektrowniach i elektrociepłowniach. Zagospodarowanie odpadów, w tym odpadów wydobywczych i energetycznych, jest obowiązkiem ich wytwórcy zgodnie z ustawą o odpadach oraz ustawą o odpadach wydobywczych. Obowiązek ten wiąże się z koniecznością poniesienia dodatkowych kosztów, których wielkość zależy od ilości i właściwości powstających odpadów oraz możliwych kierunków ich zagospodarowania. Dużą rolę odgrywa tu umiejętność dopasowania właściwości powstających materiałów odpadowych do lokalnych warunków i potrzeb, przy jednoczesnym ograniczeniu ich ewentualnego, negatywnego wpływu na środowisko. Jednym ze sposobów na spełnienie tych warunków jest przetwarzanie odpadów, poprzez ich rozdrabnianie, separowanie, granulowanie, a także tworzenie różnego typu nowych produktów (np. mieszanek).

W kraju i na świecie uboczne produkty spalania (UPS) są od wielu lat wykorzystywane w różnych gałęziach gospodarki. Wymaga to jednak dokładnej wiedzy na temat właściwości fizyko-chemicznych popiołów oraz umiejętności wykorzystania tych materiałów. Z powodu niejako „naturalnej” zmienności właściwości UPS, a także dla optymalizacji właściwości mieszanek z ich udziałem, konieczne są systematyczne i szerokie badania w tym kierunku.

2. TRADYCYJNE I PERSPEKTYWICZNE KIERUNKI WYKORZYSTANIA ODPADÓW WYDOBYWCZYCH I ENERGETYCZNYCH

Wykorzystanie odpadów wydobywczych i energetycznych w takich branżach jak górnictwo, budownictwo czy geoinżynieria już od wielu lat jest powszechną praktyką. O konkretnym kierunku zagospodarowania decydują przede wszystkim względy ekonomiczne ograniczane przez uwarunkowania prawne, wynikające z aspektów i wymagań środowiskowych, właściwości fizyko-mechanicznych, technicznych i in. Do najbardziej rozpowszechnionych kierunków wykorzystania odpadów wydobywczych z kopalni węgla kamiennego, w postaci skały płonnej oraz mułów, należą m.in. [1, 6, 9, 12]:

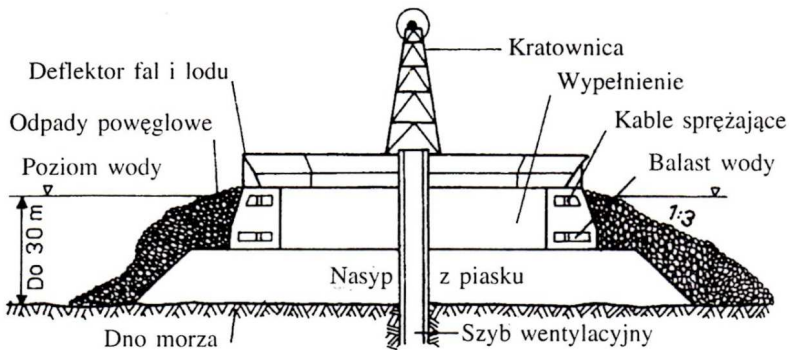
- wypełnianie terenów niekorzystnie przekształconych (takich jak zapadliska, wyeksploatowane wyrobiska odkrywkowe);
- utwardzanie powierzchni terenu;
- zastosowanie w podziemnych technologiach górniczych (jako składnik mieszanin podsadzkowych oraz do doszczelniania zrobów dla likwidacji zagrożenie pożarowego);
- likwidacja zagrożeń pożarowych w obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych będących w fazie eksploatacji oraz po zamknięciu;
- wykorzystanie w budowlach ziemnych, w tym drogowych i hydrotechnicznych,
- rekultywacja techniczna i biologiczna obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych i zwałowisk skał płonnych pochodzących z górnictwa węgla kamiennego lub ich części;
- wykorzystanie energetyczne jako składnik mieszanek energetycznych (odpady drobnoziarniste);
- produkcja materiałów budowlanych i ceramiki budowlanej.

Z punktu widzenia zakładu górniczego konieczne jest przede wszystkim ograniczenie kosztów zagospodarowania odpadów. Dlatego w pierwszej kolejności poszukiwane są kierunki niewymagające ponoszenia kosztów związanych z przetwarzaniem odpadów. Za taki kierunek można uznać wykorzystanie odpadów z przeróbki węgla kamiennego (kamienia popłuczkowego) do rekultywacji terenów zdegradowanych, w tym zalewisk i obszarów szkód górniczych [3, 7]. Tereny takie mają jednak ograniczoną pojemność. Inną metodą oferującą dodatkowe korzyści dla zakładu górniczego jest wykorzystanie odpadów drobnoziarnistych (mułów wraz popiołami lotnymi) do wytwarzania zawieszin stosowanych jako podsadzka zestalana lub mieszanin do doszczelniania zrobów ścian zwałowych. Jest to jedna z niewielu technologii pozwalających zagospodarować odpady mułowe bez konieczności ich odwadniania. Ma ona szereg zalet, wśród których jedną z najważniejszych jest skuteczne ograniczanie zagrożenia pożarowego w kopalniach podziemnych [8, 11]. Kierunek ten pozwala na zagospodarowanie jedynie części strumienia odpadów, wymaga również posiadania przez kopalnię odpowiedniej infrastruktury technicznej (instalacji podsadzkowej). W podobny sposób, choć na mniejszą skalę, istnieje możliwość wykorzystania odpadów drobnoziarnistych do izolacji obiektów unieszkodliwiania odpadów w celu zwalczania w nich zagrożeń pożarami endogenicznymi.

Obecnie za najbardziej perspektywiczne kierunki zagospodarowania odpadów wydobywczych oraz produktów z nich uzyskanych, należy uznać wznoszenie różnego rodzaju budowli ziemnych, hydrotechnicznych czy

drogowych (m.in. budowa nasypów drogowych i kolejowych, dróg, wałów przeciwpowodziowych i obwałowań zbiorników wodnych). Pomimo, iż nie jest to stosunkowo nowy kierunek stosowania odpadów wydobywczych, spotyka się jednak z szerokim zainteresowaniem [2, 4, 5, 10, 14]. Świadczą o tym liczne budowle wykonane z wykorzystaniem takich materiałów. Poniżej zaprezentowano wybrane przykłady takich obiektów.

Sztuczna wyspa na Morzu Beauforta – Kanada (rys. 1). Obiekt wykonany został na potrzeby wydobywania ropy naftowej z dna morskiego. Jego konstrukcję stanowią stalowe segmenty kesonów, które zostały zatopione w morzu na przygotowanym wcześniej nasypie z piasku. Wnętrze kesonu wypełnione jest piaskiem. Sztuczna wyspa natomiast utworzona jest ze zwałowanych wokół kesonu odpadów węglowych [13].



Rys. 1. Wyspa kesonowa z odpadów powęglowych na Morzu Beauforta (Kanada) [14]

Całoroczny stok narciarski „Alpin Center” w Niemczech to kolejny imponujący przykład budowy geotechnicznej z udziałem odpadów wydobywczych. Gigantyczny, kryty stok narciarski w Bottrop (rys. 2.), wybudowany został w 2001 roku na składowisku odpadów górniczych. Stok mierzy 640 metrów długości i 30 metrów szerokości. Stok „Alpin Center” jest uważany za najdłuższy w Europie. Ponadto w kompleksie znajduje się restauracja i dyskoteka. Obiekt wykonany został przez firmę RAG (MGG mbH) i miasto Bottrop z inicjatywy Marc’a Girardelliego.



Rys. 2. Całoroczny stok narciarski w Bottrop [16]

Przykładem wykorzystania odpadów wydobywczych jest zrealizowana modernizacja **wałów przeciwpowodziowych na Wiśle w okolicy Oświęcimia** (rys. 3.). Wały zostały wzniesione z wykorzystaniem kruszyw z Zakładu Górniczego Janina [4]. W 2015 r. wykonano badania mające na celu ocenę właściwości skały pływnej po okresie od wbudowania 15-12 lat, 12-10 oraz 2-1- roku [15]. Wykonane badania polowe oraz laboratoryjne nie wykazały istotnych, negatywnych, zmian właściwości badanych materiałów [15].



Rys. 3. Wał przeciwpowodziowy na Wiśle w okolicy Oświęcimia wznoszone z wykorzystaniem kruszyw z Zakładu Górniczego Janina [4]

3. KIERUNKI ROZWOJU WYTWARZANIA PRODUKTÓW Z UDZIAŁEM ODPADÓW WYDOBYWCZYCH I ENERGETYCZNYCH

Kiedy wyczerpywane zostają możliwości zagospodarowania odpadów o takich właściwościach, z jakimi opuszczają zakład przerobczy, poszukiwane są kierunki zagospodarowania, w których wymagania dla stosowanych materiałów są wyższe, ale możliwe do osiągnięcia. W takich przypadkach konieczne staje się podniesienie parametrów jakościowych stosowanych materiałów. W zależności od stawianych wymagań dla zastosowania w wybranych kierunkach, może być wymagana modyfikacja właściwości konkretnych odpadów lub produktów z ich udziałem. W takich przypadkach stosuje się wcześniejsze „uprzydatnienia” odpadów poprzez bezpośrednią modyfikację ich właściwości lub też stosowanie odpadów w postaci mieszanek z innymi materiałami.

Takie produkty (kruszywa), po uzyskaniu odpowiednich aprobat technicznych potwierdzających ich parametry jakościowe, są oferowane szerszej grupie odbiorców. W zależności od właściwości samych odpadów, stopnia ich przetworzenia czy też stosowanych dodatków, zakres możliwych kierunków zagospodarowania ulega znacznemu poszerzeniu. Co więcej materiał taki staje się identyfikowalny, posiada swoją charakterystykę i ograniczony poziom zmienności parametrów. Wymaga to wprawdzie poniesienia nakładów związanych z certyfikowaniem, a następnie stałych wydatków wynikających z konieczności przygotowania produktu. Jest to jednak rekompensowane znacznym rozszerzeniem możliwych kierunków zastosowania.

Zakłady Górnicze Tauron Wydobycie od dawna podążają już „ścieżką produktową” poszukując nowych kierunków zagospodarowania odpadów wydobywczych. Przykładem takiego podejścia są oferowane kruszywa na bazie odpadów z przeróbki węgla kamiennego oraz popiołów, jak i granulaty mułowe możliwe do zastosowania w kierunku energetycznym lub geotechnicznym.

Jednak wytworzenie konkretnych produktów oraz uzyskanie na nie aprobat technicznych nie może być traktowane jako ostateczne rozwiązanie problemu odpadów. Wyczerpujące się możliwości zagospodarowania odpadów w „tradycyjnych” kierunkach, wzrost wymagań odbiorców rynkowych, zmuszają wytwórców odpadów (zarówno zakłady górnicze, jak i energetyczne) do podejmowania nowych inicjatyw. Podejmowane działania koncentrują się na ciągłym doskonaleniu oferty produktowej (podnoszeniu jakości produktów), przy jednoczesnym dążeniu do realizacji idei „kopalni/elektrowni bezodpadowej”. Konieczne jest także poszukiwanie

możliwości efektywnego zagospodarowania odpadów do tej pory mniej chętnie widzianych na rynku. Przykładem takich odpadów są żużle (piaski) fluidalne.

Żużle fluidalne charakteryzujących się „gorszym” składem chemicznym i potencjalnie większą różnorodnością i zmiennością właściwości w porównaniu do popiołów lotnych. Wstępne badania tych materiałów wskazały, że jedną z możliwości zwiększenia masowego wykorzystania żużli fluidalnych, jak i dostosowywania ich właściwości do rosnących wymagań użytkowych, jest ich separacja w zależności od wielkości ziaren. Informacje zawarte w literaturze krajowej i zagranicznej pokazują, że separacja popiołów wykonywana jest rzadziej niż popiołów lotnych. W przypadku separacji popiołów lotnych powstają tzw. „popioły kwalifikowane”, które mogą znaleźć szerokie zastosowanie w budownictwie, na przykład do wytwarzania betonów samozagęszczalnych oraz wysokowartościowych. Jest to wynikiem pozytywnego wpływu miąższości popiołów na właściwości betonów, takich jak: dobrą wytrzymałość mechaniczną, zmniejszenie ilości wody zarobowej, zwiększenie odporności na korozję chlorkową i siarczanową, wzrost rozlewności, poprawa właściwości reologicznych [6].

Separacja pozwala na wydzielanie z popiołów dennych określonych frakcji ziarnowych, charakteryzujących się właściwościami innymi od właściwości popiołów nieseparowanych. Stwarza to nowe możliwości ich wykorzystania, a także może wpłynąć na zwiększenie efektów ekologicznych oraz ekonomicznych odzysku takich materiałów. Szczególnie ważne są tu różnice w zakresie właściwości pomiędzy wyodrębnionymi frakcjami ziarnowymi, które w istotny sposób wpływają na możliwy zakres ich zagospodarowania. Dobrym przykładem jest tu wymywalność zanieczyszczeń chemicznych. Separacja pozwala bowiem wyodrębnić takie frakcje, które będą spełniały wymagania środowiskowe w zakresie wymywalności zanieczyszczeń chemicznych.

Doskonalenie oferty produktowej w sensie jakościowym powinno koncentrować się na zapewnieniu produktów o wąskim lub określonym zakresie zmienności właściwości. Równie istotną kwestią jest ocena możliwości zmiany właściwości produktów na skutek interakcji pomiędzy składnikami mieszaniny, zmiany właściwości w czasie, a także pod wpływem czynników zewnętrznych. Oczywiście nadal aktualne i istotne jest spełnienie wymagań środowiskowych.

Wszystkie te warunki czynią starania o uzyskanie produktów o coraz lepszych właściwościach zadaniem niezwykle trudnym, głównie z uwagi na różnorodne i zmienne właściwości materiału bazowego. Badania i analizy w tym kierunku rozpoczęto na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii AGH w celu określenia możliwości opracowania nowych produktów

z wykorzystaniem materiałów odpadowych pochodzących z zakładów Grupy Tauron.

4. CHARAKTERYSTYKA BADANYCH ODPADÓW

Przedmiotem badań były odpady wydobywcze i energetyczne wytwarzane w zakładach Grupy Tauron. Podstawowym materiałem, składnikiem mieszanin spoiwowo-kruszywowych, była skała płonna pochodząca z ZG Janina (Tauron Wydobycie) o uziarnieniu 0-31,5mm. Przy czym dla części badań konieczne było odsiewanie najgrubszych ziaren (powyżej 10mm).

Ważnym składnikiem mieszanin spoiwowo-kruszywowych był granulat mułowo-popiołowy wytwarzany w ZG Janina. Granulat stanowi mieszaninę drobnoziarnistych odpadów mułowych oraz popiołu lotnego w ilości od 5-10%. Dodatek popiołu do tego materiału pozwala na obniżenie wilgotności mułu z ok. 25 do ok. 13%, a także na formowanie granul o średnicy do 20mm.

Podstawowym odpadem energetycznym uwzględnionym w badaniach był popiół lotny fluidalny pochodzący z Elektrowni Jaworzno. Popiół ten wykorzystywany był niemal we wszystkich rodzajach mieszanin i często traktowany jako materiał porównawczy (wzorcowy) dla odsiewanych frakcji popiołów dennych.

Istotną częścią materiałów, składników wielu rodzajów mieszanin, były popioły denne (żuźle/piaski) fluidalne pochodzące z Elektrowni Jaworzno oraz Siersza. Materiały te w ograniczonym stopniu stosowano wprost, jako składniki mieszanin. Znaczna część badań dotyczyła natomiast mieszanin zawierających separowane frakcje popiołów dennych. Jako główną średnicę podziałową wyznaczono 0,63 mm, a dodatkową: 0,315 mm.

Zestawienie badanych odpadów oraz zakres ich wykorzystania w poszczególnych typach mieszanin i badań przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Rodzaje odpadów wykorzystywane do badań z przewidywanym kierunkiem zastosowania produktów

| Lp. | Opis materiału | Mieszanki wiążące | | | Mieszanki spoiwowo-kruszywowe |
|------|--|-------------------------|------------------|--------|-------------------------------|
| | | Zawiesiny dla górnictwa | Zaczyny i spoiwa | Betony | |
| 1. | Skała płonna / kruszywo o uziarnieniu 0-31,5 mm z ZG Janina | | | | V |
| 2. | Granulat mułowo-popiołowy z ZG Janina | | | | V |
| 3. | Popiół lotny fluidalny z E. Jaworzno III, kod 10 01 82 | V | V | V | V |
| 4. | Popiół denny fluidalny (żużel fluidalny) z E. Jaworzno III, kod 10 01 24 | | | | V |
| 4.a. | frakcja poniżej średnicy podziałowej 0,63 mm lub 0,315 mm | V | V | V | |
| 4.b. | frakcja powyżej średnicy podziałowej 0,63 mm lub 0,315 mm | | | V | V |
| 5. | Popiół denny fluidalny (żużel fluidalny) z E. Siersza, kod 10 01 24, | | | V | V |
| 5.a. | frakcja poniżej średnicy podziałowej 0,63 mm lub 0,315 mm | V | V | V | |
| 5.b. | frakcja powyżej średnicy podziałowej 0,63 mm lub 0,315 mm | | | V | V |
| 6. | Cement portlandzki CEM I | | V | V | |

5. CHARAKTERYSTYKA ZAKRESU BADAŃ PRODUKTÓW NA BAZIE ODPADÓW WYDOBYWCZYCH I ENERGETYCZNYCH

Od niemal roku prowadzone są intensywne prace badawcze odpadów energetycznych i wydobywczych pochodzących z zakładów Grupy Tauron PE. Badania realizowane są wielowątkowo i dotyczą zarówno podstawowych cech odpadów, jak i właściwości różnego typu mieszanin z ich udziałem. Celem prowadzonych badań jest szeroka analiza właściwości

odpadów, ocena ich zmienności, weryfikacja oraz ewentualne rozszerzenie zakresu i kierunków ich wykorzystania. Zakres prowadzonych badań uwzględnia:

- Charakterystyka popiołów i żużli oraz odpadów wydobywczych (z przeróbki węgla kamiennego),
 - Badania podstawowych właściwości materiałów.
- Badania właściwości mieszanin wiążących z udziałem odpadów energetycznych i górniczych:
 - Badania zawiesin dla górnictwa, spoiw, zaczynów, betonów,
 - Badania właściwości mieszanin w stanie płynnym/po zarobieniu,
 - Badania czasu wiązania,
 - Ocena właściwości wytrzymałościowych.
- Badania właściwości mieszanin spoiwowo-kruszywowych.
- Badania i ocena zakres zmienności właściwości badanych materiałów oraz mieszanin z ich udziałem.

5.1. Charakterystyka popiołów i żużli

Podstawowe badania wchodzące w zakres charakterystyki odpadów wydobywczych i energetycznych uwzględniały określenie takich właściwości jak: gęstość, skład ziarnowy, skład chemiczny czy wymywalność zanieczyszczeń chemicznych. Szczególnie istotne jest tu ostatnie z wymienionych badań, ponieważ stanowi ono jeden z najważniejszych parametrów mogących ograniczać zakres wykorzystania odpadów z uwagi na wymagania środowiskowe. Tradycyjnie już w eluatach wodnych popiołów, w szczególności tych zawierających produkty odsiarczania spalin, obserwuje się wysokie zawartości siarczanów oraz wartości pH.

5.2. Właściwości mieszanin wiążących z udziałem odpadów energetycznych i odpadów z przeróbki węgla kamiennego

Tworzenie mieszanin wiążących z udziałem odpadów energetycznych jest jednym z najpopularniejszych sposobów produkcji materiałów do zastosowania w budownictwie i geoinżynierii. Podejście to umożliwia wytwarzanie mieszaniny o określonych i oczekiwanych właściwościach. W sposobie tym, dzięki stosunkowo łatwej modyfikacji receptur możliwe jest zapewnienie uzyskania założonych właściwości mieszaniny również wtedy, gdy zmieniają się właściwości poszczególnych składników.

Wśród różnych możliwych zastosowań mieszanin wiążących z udziałem odpadów energetycznych, prowadzone badania koncentrowały się na produktach na potrzeby górnictwa, geoinżynierii i budownictwa. W związku z tym badano zawiesiny popiołowo-wodne, spoiwa, zaczyny oraz betony. Badania wszystkich rodzajów mieszanin uwzględniały: określane właściwości w stanie płynnym, po zestaleniu/związaniu oraz podczas sezonowania. W zależności od kierunku zagospodarowania i stawianych wymagań normowych stosowano odmienne zakresy badań. Różnice dotyczyły zakresu badań, metodyki przygotowania i kształtu próbek.

Badania mieszanin zaraz po sporządzeniu, o ile posiadały postać płynną, uwzględniały określenie podstawowych parametrów reologicznych modeli Bingham'a oraz Ostwalda – De Waele (potęgowego), a także rozlewności według wymagań stawianych mieszaninom podsadzkowym. Dla wszystkich rodzajów mieszanin zawierających wyłącznie materiały drobnoziarniste badano czas wiązania. Czas pomiędzy odczytami różnił się jednak i wynosił od 15 minut dla zaczynów, do 12 godzin w przypadku zawiesin podsadzkowych. Zestalone/związane próbki mieszanin były przedmiotem badań właściwości mechanicznych, w szczególności wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie.

5.3. Właściwości mieszanin spoiwowo-kruszywowych

Tworzenie mieszanin spoiwowo-kruszywowych to prawdopodobnie najbardziej popularny i obiecujący kierunek zagospodarowania odpadów z przeróbki węgla kamiennego. Mieszaniny poddane badaniom przygotowywano z przeważającym udziałem skały płonnej z ZG Janina (od 60 do 90%), a jako dodatki stosowano granulaty mułowo-popiołowy oraz odpady energetyczne. Badania takich mieszanin koncentrowały się na ocenie właściwości istotnych dla zapewnienia stabilności i trwałości budowli wznoszonych z ich udziałem. Zwracano uwagę na takie cechy, jak:

- wymywalność zanieczyszczeń chemicznych składników mieszanin oraz samych mieszanin,
- właściwości wytrzymałościowe: kąt tarcia wewnętrznego, kohezja,
- nośność (wskaźnik nośności CBR),
- edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej i wtórnej,
- pęcznienie liniowe.

5.4. Zmienność właściwości

Zmienność właściwości odpadów energetycznych i odpadów z przeróbki węgla kamiennego wynika z samej ich natury oraz pochodzenia. Cecha ta jest źródłem szeregu ograniczeń związanych z wykorzystaniem tych materiałów. Dotyczy to zarówno właściwości mogących wpływać ograniczająco na zakres wykorzystania takich materiałów, jak i na te, determinujące cechy użytkowe wytwarzanych mieszanek. Z uwagi na to, że wytwórcy odpadów mają ograniczone możliwości wpływania na właściwości samych odpadów, badania prowadzono dla kilku prób materiałów, pobieranych w pewnych odstępach czasowych. Dla najlepiej rokujących receptur powtarzano założony zestaw badań w celu określenia zakresu zmienności zarówno właściwości materiałów bazowych, jak i samych produktów.

6. PODSUMOWANIE

Wdrożenie „podejścia produktowego” do zagospodarowania odpadów otworzyło nowe perspektywy i możliwości wykorzystania odpadów. Nowe kierunki wiążą się jednakże z koniecznością zapewnienia możliwie najlepszych parametrów mieszanek produktowych, niekiedy o różnych właściwościach dedykowanych dla konkretnych zastosowań. Wymaga to od producenta mieszanek zapewnienia stabilizacji, optymalizacji i specjalizacji w zakresie właściwości wytwarzanych produktów na bazie odpadów. Badania właściwości technologicznych różnego rodzaju mieszanin na bazie odpadów, powinny zmierzać do określenia zestawu właściwości szczególnie istotnych dla wybranych kierunków zagospodarowania, a także ograniczenia, lub określenia zakresu, zmienności właściwości produktów. Przed wprowadzeniem nowych produktów na rynek, konieczne jest także wykonanie szczegółowych badań w zakresie wyeliminowania niekorzystnych interakcji pomiędzy składnikami mieszanin, ocena wpływu czasu i oddziaływań zewnętrznych na właściwości wytwarzanych produktów na bazie odpadów. Dopiero tak zgromadzona wiedza o zachowaniu się produktów na bazie odpadów zapewni możliwość bezpiecznego ich stosowania i użytkowania.

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom odbiorców, a także dla zapewnienia zbytu, konieczne będzie opracowanie katalogu produktów na bazie odpadów, o właściwościach zoptymalizowanych dla wybranych kierunków zagospodarowania. Produkty takie wymagać będą szczegółowej i bieżącej analizy właściwości zarówno materiałów bazowych, jak również

właściwości wytworzonych produktów. W przyszłości konieczne będzie elastyczne i dynamiczne zarządzanie strumieniem odpadów, w celu optymalizacji ich wykorzystania.

7. LITERATURA

- [1] Ajdukiewicz J. „Rzecz o geosyntetykach i nasypach. Pozytywne doświadczenia z lokalizacji obiektu na IV (V) kategorii oddziaływań górniczych”, *Geotechnika i Budownictwo Specjalne 2006 – XXIX ZSMGiG*.
- [2] Blaschke W., 2009. Czyste technologie węglowe: nowe podejście do problemu. *Przegląd Górniczy*, nr 10, tom. 65, s. 23 – 27.
- [3] Cała M. i inni „Mining waste management in BSR. Min-Novation Project, 2013.
- [4] Fraś A., Przysaś R. Ekologiczne i ekonomiczne aspekty zagospodarowania odpadów górniczych i UPS w TAURON Wydobywanie S.A. Materiały XXII Międzynarodowej Konferencji „Popioły z energetyki”, Krynica Zdrój 21-23 października 2015 r.
- [5] Góralczyk S. (red.), Baic I., Blaschke W., Kłopotek B.B., Koziół W., Lutyński A., Machniak Ł., Piotrowski Z., Pomykała R., Szafarczyk J., Witkowska-Kita B., Żbikowska E. *Gospodarka Surowcami odpadowymi z węgla kamiennego*. Wyd. Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego. Warszawa 2011
- [6] Hycnar J.J., Szczygielski T., Lysek N., Rajczyk K., 2014. Kierunki optymalizacji zagospodarowania ubocznych produktów spalania węgla. *Piece Przemysłowe i Kotły*, nr 5-6, str. 16-27.
- [7] Koziół W., Kawalec P., 2002. Produkcja kruszyw z surowców odpadowych i ich zastosowanie w budownictwie komunalnym i inżynierskim. Materiały Szkoły Gospodarki Odpadami, Kraków/Rybro, 10-13 września 2002. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica. Katedra Ekologii Terenów Górniczych.
- [8] Koziół W., Piotrowski Z., Pomykała R., Machniak Ł., Baic I., Witkowska-Kita B., Lutyński A., Blaschke W.: Zastosowanie analitycznego procesu hierarchicznego (AHP) do wielokryterialnej oceny innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa kamiennego, *Rocznik Ochrona Środowiska*, 2011 t. 13 cz. 2 s. 1619–1634.
- [9] Piotrowski Z., Pomykała R., Kanafek J.: The utilization of energy waste in Polish underground coalmines. *WOCA 2009 Proceeding, International Ash Utilization Symposia Series, CAER UK, Lexington, 2009*.
- [10] Piotrowski Z., Pomykała R., Kęps W., 2010. Odpady górnicze – czy cenny materiał? XII Międzynarodowa Konferencja Naukowa. Teoretyczne i praktyczne problemy zagospodarowania odpadów hutniczych i przemysłowych. Zakopane, 2010.

- [11] Plewa F., Mysłek Z., 2001. Zagospodarowanie odpadów przemysłowych w podziemnych technologiach górniczych. Monografia Politechniki Śląskiej, Nr 23.
- [12] Pomykała R.: Properties of waste from coal gasification in entrained flow reactors in the aspect of their use in mining technology. Archives of Mining Science, 2013, vol. 58 Issue: 2 Pages: 375-393.
- [13] Raport Techniczny INORA. Konstrukcja nasypu drogowego z szerokim wykorzystaniem właściwości geosyntetyków.
- [14] Skarżyńska K.M. „Odpady powęglowe i ich zastosowanie w inżynierii lądowej i wodnej”. Wyd. AR w Krakowie, 1997.
- [15] Zespół pod kierunkiem Cała M., Wykonanie analizy stateczności wybranych odcinków wałów wiślanych w okolicy Oświęcimia z wbudowanymi materiałami odpadowymi pochodzącymi z TAURON Wydobyćie S.A., Fundacja Nauka i Tradycje Górnicze. Praca niepublikowana. 2015.

WASTE FROM POWER GENERATION AND EXTRACTIVE INDUSTRIES AS CONSTITUENTS OF PRODUCTS FOR MINING, CONSTRUCTION AND GEOTECHNICS

Keywords: mining waste, fly ash, aggregate, binding mixtures

ABSTRACT

Effective management of mining waste is, for Polish coal mines, a key element of measures to limit the adverse impact on the environment. Due to increasing legal and financial restrictions, possibilities of disposal of this type of materials is drastically shrinking. Mining waste are increasingly willing to used in geo-engineering and construction sector, especially in road industry and hydro-engineering. In these branches high quality requirements for the properties of the materials used are forcing mining companies to manufacture products – mixtures with specific parameters. Very often fly ashes are the key ingredient in such mixtures.

The article describes the research program for mixtures of binding and binder-aggregate mixtures produced from the waste from processing of coal and fly and bottom ash from fluidized bed boilers, formed in the power plant belonging to Tauron Company.
